

拜耳法赤泥提铁工艺成套技术的研究与应用

邱峰¹, 李蕾², 王宁¹

(1. 东北大学设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110166; 2. 北京中色建设机电设备有限公司, 北京 100029)

[摘要] 从赤泥中回收利用铁资源,对补充我国的铁矿石资源有重要意义。本文所述生产工艺利用高铁铝土矿生产氧化铝后的赤泥进行提铁,通过赤泥—隔渣筛—中磁机—粗选—精选—压滤等过程制得铁精矿。该工艺具有技术成熟可靠、建设投资成本低、运行成本低、对氧化铝工艺系统影响小等优势。

[关键词] 赤泥; 节能; 铁精矿; 磁选

[中图分类号] TD951 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)03-0039-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.03.009

0 引言

近年来,随着国内氧化铝生产的快速发展,所产生的大量赤泥已成为制约氧化铝行业发展和影响环境的重要因素。赤泥是氧化铝生产过程中排出的废渣,含有一定量的有价元素,比如镓、铁、钒、钼、钛、铌等。如何从赤泥中提取这些元素,愈来愈受到重视。从赤泥中回收利用其中的铁资源,对补充我国的铁矿石资源有重要意义。因此,对其赤泥开展综合利用如果成功,既可实现废物资源化,能形成新的产业点,取得较好的经济效益,同时减少赤泥对环境的污染。

1 研究背景

铁含量较高的铝土矿经拜耳法提取氧化铝后,剩余的残渣是拜耳法高铁赤泥。而我国约有90%氧化铝厂采用拜耳法生产氧化铝,其中50%拜耳法铝厂利用高铁矿,目前针对高铁赤泥的研究主要围绕从赤泥中提铁、将赤泥作为原材料整体利用两方面展开的^[1-6]。现阶段赤泥中选铁工艺大多数是将赤泥和添加剂混合后,经过制砖—高温烧结—还原气氛冷却—破碎—磁选,得到磁铁矿或海绵铁,这种工

艺铁的回收率高达80%~90%^[7-10]。但动火工艺研究目前只限于实验室研究,未成功应用到工业化生产,无法实现赤泥大规模利用,且工艺流程复杂、能耗较高。

因此,开发具有一定技术含量的节能型生产工艺,实现赤泥综合利用,很有必要,也将增强企业的市场竞争力。

1.1 国内氧化铝外排赤泥状况

因矿石中氧化铝含量、工艺方法和技术管理水平不同,大约每生产1 t氧化铝要排放0.5~1.85 t的赤泥。据阿拉丁平台数据统计,截至2021年9月,国内氧化铝建成产能8 952万 t/a、运行产能7 480万 t/a,那么每年产生的赤泥将达到1.2亿 t。然而多数赤泥采用露天堆放,不仅占用大量土地,还存在赤泥附液中碱渗透现象,造成地下水体和土壤污染。随着赤泥量的日益增加及环保意识的不断提高,对赤泥综合利用,是环保的一大主题。

1.2 国内外铁矿石供求情况

中国铁矿石储量位居世界前列,但由于其铁矿石资源条件较差,多为贫矿和伴生矿,且地域分布不平衡,采选的技术条件复杂,致使铁矿石的供应远远满足不了钢铁工业发展的需要。另外,国际矿石协议价格低于国内铁矿石价格,导致国内生产所需矿石一半以上依靠进口。

2 工艺研究

2.1 工艺描述

将氧化铝厂赤泥分离及洗涤车间的二次洗涤

[收稿日期] 2021-11-26

[作者简介] 邱峰(1985—),男,辽宁葫芦岛人,高级工程师,硕士,主要从事氧化铝厂设计冶金工艺计算等工作。

[引用格式] 邱峰,李蕾,王宁.拜耳法赤泥提铁工艺成套技术的研究与应用[J].有色设备,2022,36(3):39-42.

的底流赤泥通过二洗底流泵输送到赤泥浆液混合槽,同时赤泥混合槽内还需要加入一定量的热水,在赤泥浆液混合槽内进行液固比的调节,待液固比达到要求后,自流进入隔渣圆筒筛,经隔渣圆筒筛分离出的大颗粒作为尾矿送往尾矿储槽,通过隔渣圆筒筛的赤泥浆液自流到中磁机。在中磁机中将铁屑选出送至铁精矿槽,通过中磁机的赤泥浆液自流到粗磁选机。在一定磁场强度下,将铁矿从赤泥中选出,送往精磁选机,分选后的赤泥浆液自流到尾矿槽。精磁选机的铁矿再次经过磁选以提高铁矿石的品味,磁选出的铁矿自流到铁精矿槽,分选后的铁矿浆液自流到尾矿储槽。尾矿储槽的尾矿通过尾矿泵输送返回到赤泥沉降及洗涤车间的三洗水力混合槽。铁精矿储槽的精矿通过精矿泵输送到浓密槽以提高压滤机的进料固含,从浓密槽出来的溢流液返回工艺流程进行循环,浓密机的底流通过底流泵输送到喂料槽,再通过喂料泵输送至铁精矿压滤机。经铁精矿压滤机压滤后的铁精矿用皮带转运到铁精矿堆场,压滤后的滤液回工艺流程进行循环使用。

2.2 工艺过程及原料

生产工艺流程采用赤泥-隔渣筛-中磁机-粗选-精选-压滤-铁精矿,其工艺流程图如图1所示。

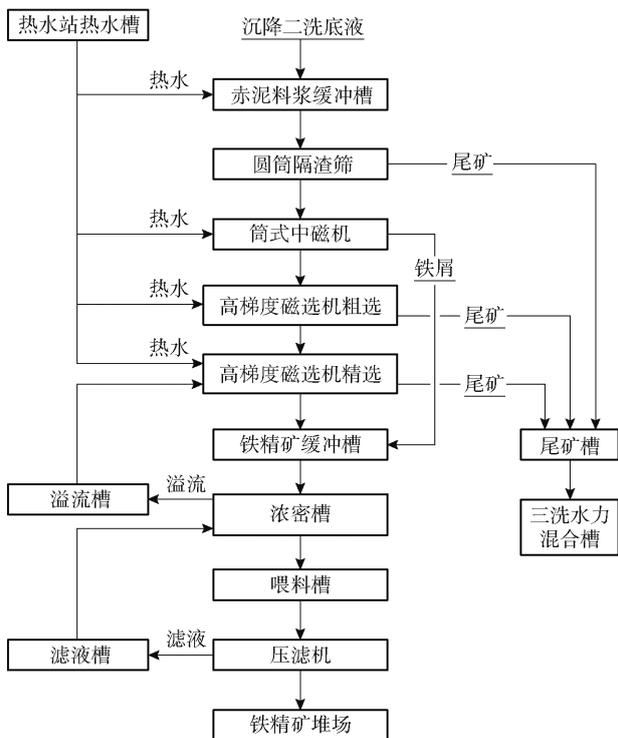


图1 生产工艺流程图

2.3 技术指标

原矿赤泥含 Fe:22%;精矿 Fe 品位 $\geq 52\%$; Fe 回收率 $\geq 22\%$ 。

3 深度提铁经济效益

根据国内某项目赤泥提铁实际生产数据显示,铁精矿(55%)含完全税成本仅为 118 元/吨(折 64% 干基 164 元/t)、销售价格为 180 元/吨(折 64% 干基 251 元/t),远远低于目前市场同类产品成交价格。故本项目产品具有很强的市场竞争力。

本工艺路线,不仅能带来经济效益,给环境保护、增加就业都带来潜在收益。以上数据成本测算,如表 1 所示。

表 1 不同铁品位铁精矿成本及销售价格对比表

名称	数据
铁精矿含水率/%	16.50
铁精矿 Fe 含量/%	55.00
含水的 55% 铁精矿成本价格/(元/t)	118.00
干基 55% 的铁精矿成本价格/(元/t)	141.32
铁精矿 Fe 含量/%	64.00
干基 64% 铁精矿成本价格/(元/t)	164.44
含水的 55% 铁精矿销售价格/(元/t)	180.00
干基 55% 的铁精矿销售价格/(元/t)	215.57
铁精矿 Fe 含量/%	64.00
干基 64% 铁精矿销售价格/(元/t)	250.84

4 赤泥提铁的研究现状

4.1 磁化焙烧磁选法

该技术为实验阶段工艺技术,还没有工业化,将废渣、碳酸钠和 1% 的添加剂在直径为 0.8 m、高为 0.2 m、倾角为 47° 的造球盘中混合制粒,制得的生球在烘箱内于 105 °C 干燥 2 h,再将干球置于还原炉中还原焙烧。结果表明,在碳酸钠添加量为 8%、还原温度 1 200 °C、时间为 80 min 条件下得到还原产物,还原产物经过磨矿至 -0.074 mm 90% 后在磁场强度为 0.08 T 进行磁选,精矿中铁含量为 90.87% 及铁回收率达到 95.76%^[11]。该方法虽然回收率高,但工艺流程复杂,能耗高。

4.2 直接浸出法

该技术同样为实验阶段工艺技术,赤泥浸出提

取氧化铝和氧化铁的研究,赤泥无需焙烧,在液固比4:1,盐酸浓度为6 mol/L、酸浸温度为109 ℃,时间为60 min,酸浸方式为二次浸出,氧化铝和氧化铁的浸出率分别为89.00%和98.39%^[12]。虽然浸出率高,但是后续分离等工段更为复杂,而且酸性反应条件对设备材质要求较高,也不易于实现工业化。

4.3 水洗磁选法

该工艺方法和磁选铁矿技术相类似,做了相关赤泥选铁实验,试验采用SSS-I-145周期式高梯度磁选机经过一粗一精一扫的磁选后,在给矿品位(以Fe计)为23.19%时,可获得精矿产率10.34%,铁精矿品位(以Fe计)52.03%,Fe回收率23.19%。根据实验结果扫选得到的中矿产率为7.44%,中矿品位(以Fe计)30.14%,其产率较低,中矿品位也较低,因此在工艺流程上不选择扫选。结合部分氧化铝厂赤泥选铁的生产经验,提出采用“赤泥—隔渣筛—中磁机—粗选—精选—压滤—铁精矿”的工艺流程。该工艺流程简单,减少赤泥量,自动化程度较高。

5 研究意义

5.1 补充铁矿石资源

钢铁是重要的结构材料,在我国经济中占有极其重要的地位。生产钢铁需要大量的铁矿石,对于高铁铝土矿来讲,赤泥选铁既给企业带来收益,又对环保事业有贡献,填补国内铁矿石需求缺口。

5.2 推动区域经济发展及工业转型

从世界城市发展规律来看,节能环保工艺促使城市经济成功转型、提升城市影响力和辐射力上起到关键作用。

5.3 促进企业发展

随着铝行业的不断发展,其生产中的废渣排放量也越来越大。对于赤泥的综合利用,国内外学者作了大量研究,但目前为止尚未有较好的处理办法,大都筑坝堆放。

截止2021年,我国国内氧化铝厂年产赤泥量约为1.2亿t,如果按照10%最低产率考虑,至少可以生产1200万吨55%的铁精矿,能给氧化铝企业和生态环境减轻一些负担。

6 结语及建议

磁化焙烧磁选法,回收率高,但工艺流程复杂。直接浸出法虽具有浸出率高等优点,但分离工序复杂,设备要求较高,运行成本较高、上述方法利润空间较小。

水洗磁选法,与拜耳法生产氧化铝中赤泥分离及洗涤车间完美结合,磁选过程中又进行了洗涤,工艺流程简单,生产成本低,而且工业化已应用投产。

水洗磁化法,虽然利润空间大,但是回收率较低,企业盈利后还需要加大投入进行研发新工艺,同时对赤泥里面其它金属的回收也应进行加大研发力度。

[参考文献]

- [1] 吴琼珍,黎光旺.平果铝土矿拜耳法赤泥综合利用研究[A].轻金—学术论文集[c].1995.
- [2] 梅贤功,袁明亮,陈苾.高铁拜耳法赤泥煤基直接还原工艺的研究[J].有色金属(冶炼部分),1996(2):27-30.
- [3] 罗道成,刘俊峰,易平贵,等.氧化铝厂赤泥综合利用的新工艺[J].中国矿业,2002(5):50-53.
- [4] 肖伟.广西拜耳法高铁赤泥中铝和铁的回收[D].长沙:中南大学,2008.
- [5] 蔡凌波.赤泥直接还原反应行为及其还原强化研究[D].长沙:中南大学,2009.
- [6] Liu W C, Yang J K, Xiao B. Application of Bayer red mud for iron recovery and building material production from aluminosilicate residues [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009;474-478.
- [7] 刘万超,杨家宽,肖波.拜耳法赤泥中铁的提取及残渣制备建材[J].中国有色金属学报,2008(1):188-192.
- [8] 李佩鸿.平果铝矿赤泥直接还原炼铁的研究[J].广西冶金,1999(7):16-19.
- [9] 罗道成,刘俊峰,易平贵,等.氧化铝厂赤泥综合利用的新工艺[J].中国矿业,2002(5):50-53.
- [10] 吴琼珍,黎光旺.平果铝土矿拜耳法赤泥综合利用研究[A].中国有色金属学会第三届轻金属冶金学术会议论文集[C],1995.
- [11] Zhu Deqing, Chun Tiejun, Pan Jian, He Zhen. Recovery of Iron From High - Iron Red Mud by Reduction Roasting With Adding Sodium Salt [J]. Journal of Iron and Steel Re. search, 2012, 19(8): 1-5.
- [12] 鲁桂林,迟松江,毕诗文.赤泥中氧化铝和氧化铁的浸出[J].材料与冶金学报,2010,9(1):31-34.

Research and Application of the Technology of Extracting Iron from Red Mud by Bayer Process

QIU Feng, LI Lei, WANG Ning

Abstract: The recovery and utilization of iron resources from red mud is of great significance to supplement the iron ore resources in China. The production process described in this paper utilizes the red mud produced after the extraction of alumina from high iron content bauxite to extract iron, and obtains iron concentrate through the process of red mud-slag screening-medium magnetic machine-roughing-cleaning-filter press. The process has the advantages of mature and reliable technology, low CAPEX and OPEX, and slight impact on the alumina process system.

Key words: red mud; energy saving; iron concentrate; magnetic separation



敬告读者

为了加快稿件处理速度,缩短稿件出版周期,方便广大作者投稿及查询稿件处理情况。本刊开通由中国知网提供的“腾云”网络采编系统,作者投稿请注册并登录本刊主页上的“作者投稿系统”进行相关操作,网址 <https://yssb.cbpt.cnki.net/>。注册登录后可以向本刊投稿并查询稿件处理状态。请勿重复注册,否则可能导致您的信息查询不完整。

《有色设备》编辑部

恩菲期刊微信公众号上线通知

2021 年 1 月 1 日,中国恩菲工程技术有限公司期刊杂志部正式开通“恩菲期刊”微信公众号,着力打造全天候的媒体服务平台,定期更新期刊动态;分享写作、投稿技巧;及时为读者、作者、审稿专家、编委带来新鲜、生动、有价值的信息资讯。微信用户可通过扫描下方二维码或微信搜索公众号“恩菲期刊”关注我们。

“恩菲期刊”公众号诚邀您的关注!



《有色设备》编辑部