

不同磨矿方式对浮选尾矿回收的试验研究

陈宏超¹, 贺旭然^{1,2,3,4,5}, 邓建林¹, 董军民¹, 赵建强¹, 常文¹, 杨宇超¹

- (1. 包钢(集团)公司宝山矿业公司, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古科技大学矿业与煤炭学院, 内蒙古 包头 014010;
3. 内蒙古自治区矿业工程重点实验室, 内蒙古 包头 014010;
4. 内蒙古自治区煤炭安全开采与利用工程技术研究中心, 内蒙古 包头 014010;
5. 内蒙古煤炭绿色开采与绿色利用协同创新中心, 内蒙古 包头 014010)

摘要:在磨矿-弱磁-强磁-浮选复杂选铁流程中,为了改变浮选尾矿铁品位较高、铁金属量损耗大的选铁工艺流程现状,对浮选尾矿采用磨矿-磁选再回收工艺,采取不同磨矿(球磨、艾砂磨)方式、不同粒度浮选尾矿进行单一变量的磁选回收对比试验。浮选尾矿经艾砂磨机磨矿后,随着细粒级矿物占比的提高,磁选精矿产率由76.73%下降至48.78%,品位由38.1%上升至61.15%,回收率由86.20%降低至78.29%。浮选尾矿经球磨机磨矿后,在相同磁选条件下,磁选铁精矿产率由78.05%下降至56.63%,品位由38.10%上升至55.78%,回收率由92.80%降低至82.92%。

关键词:球磨;艾砂磨;磁选精矿

中图分类号:TD951

文献标识码:B

文章编号:1009-5438(2025)02-0010-04

Experimental Study on Recycling Flotation Tailings with Different Ore Grinding Modes

Chen Hongchao¹, He Xuran^{1,2,3,4,5}, Deng Jianlin¹, Dong Junmin¹,
Zhao Jianqiang¹, Chang Wen¹, Yang Yuchao¹

- (1. Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. School of Mining and Coal, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
3. Inner Mongolia Key Laboratory of Mining Engineering, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
4. Inner Mongolia Research Center for Engineering Technology of Safe Coal Mining and Utilization, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
5. Inner Mongolia Collaborative Innovation Center for Green Mining and Green Utilization of Coal, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

收稿日期:2024-08-15

作者简介:陈宏超(1971-),男,河南省阜阳市人,高级工程师,现从事选矿技术工作。

Abstract: In order to change the current situations that iron grade of flotation tailings is higher and loss of ferrous metal is great in the complex process of iron separation of ore grinding, weak magnetic separation – high intensity magnetic separation – flotation, the recycling process of ore grinding – magnetic separation is adopted for flotation tailings. The contrast test for recovery of magnetic separation with single variable is carried out with different ore grinding modes (ball mill and attrition mill) and flotation tailings of different granularities. With the increase of proportion of fine minerals, the yield of magnetic concentrate is decreased from 76.73% to 48.78%, grade is increased from 38.1% to 61.15% and recovery rate is decreased from 86.20% to 78.29% after grinding flotation tailings by attrition mill. The yield of magnetic iron concentrate is decreased from 78.05% to 56.63%, grade is increased from 38.10% to 55.78% and recovery rate is decreased from 92.80% to 82.92% after grinding flotation tailings by ball mill under the same magnetic separation conditions.

Key words: ball mill; attrition mill; magnetic concentrate

因白云鄂博矿矿物种类多,矿石性质复杂,嵌布粒度细^[1-4],目前对铁的反浮选尾矿回收所使用的工艺流程相对较长,并且较为复杂,矿物回收率较低,造成极大浪费,已经无法满足目前白云鄂博矿选矿生产要求。随着矿产资源的开发利用,白云鄂博矿尾矿堆存问题已经越来越引起重视^[5],因此改进工艺流程是当前的重点。对浮选尾矿中的铁矿物进行回收利用,可缓解尾矿堆存引发的环境问题,减少

稀有资源的流失,进而减少环境负荷,推动经济社会的可持续发展。

1 试验原材料及方法

1.1 原矿的性质

本次试验将白云鄂博矿经磨矿、弱磁 – 强磁 – 浮选工艺流程分选后的浮选尾矿作为试验的原矿。表1为矿石多元素分析结果。

表1 矿石多元素分析结果(质量分数)

										%
TFe	FeO	SiO ₂	P	S	F	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO
38.1	12.04	3	0.398	0.96	6.702	0.13	0.25	17.54	2.37	0.56

由表1可得,原矿铁品位为38.1%,具有较高的回收价值,只针对回收铁精矿,其原矿中S、F等杂质含量较高,且将铁回收后会减少铁对后续其他有用矿物回收产生的不利影响。

对试验原矿采用化学测试、光学显微镜等方法进行矿物组成和铁矿物物相分析,分析结果见表2、表3。

表2 矿物组成分析(质量分数)

							%
铁矿物	萤石	白云石	硅酸盐矿物	稀土矿物	重晶石、磷灰石	石英、长石	其他
41.30	14.85	17.56	4.49	15.08	4.98	0.67	1.07

从表2浮选尾矿物组成分析可以看出,原矿中存在着可回收利用的矿物以铁矿物为主,占比为41.30%,其中无磁性的萤石、白云石、硅酸盐矿物等矿物占比为43.62%,弱磁性稀土矿物占比为15.08%。

表3 铁矿物物相分析(质量分数)

						%
TFe	Fe – 磁铁矿	赤/褐铁矿	硅酸铁	黄铁矿	菱铁矿	
38.1	35.65	0.5	0.58	0.77	0.6	

尾矿中铁矿物以Fe – 磁铁矿为主,占总铁矿物的93.57%,白云鄂博矿具有贫、细、杂的特点,矿石嵌布复杂,矿物粒度细且共生关系紧密,传统的磨矿方式难以有效解离有用矿物。因此,探索不同的磨矿方式以改变矿石的嵌布特性,提高矿物解离度和选矿效率,具有重要意义。

1.2 试验方法

采用1 kg球磨机和ALC – 1.5L艾砂磨对其进行磨矿试验,采用XCGS – 50磁选管对矿物进行单一变量磁选试验,试验方法见图1。

从表3浮尾矿铁矿物物相分析可以看出,浮选

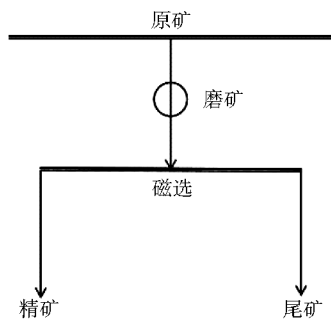


图 1 试验原则流程

2 试验结果及讨论

2.1 不同磨矿方式磁选试验

依照包钢宝山选矿厂对白云鄂博矿中铁矿物弱磁-强磁分选条件,本次试验固定磨矿浓度为 30%,磁选管的磁场强度为 1 800 Oe,改变磨矿时间,对不同磨矿方式下生产出的相同粒度的原矿进行磁选条件试验,试验结果见图 2、图 3。

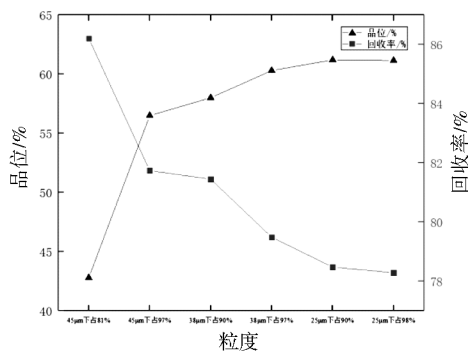


图 2 艾砂磨不同粒度磁选条件试验结果

由图 2 可知,浮选尾矿经艾砂磨磨成不同粒度,在磁选试验中,磁选精矿品位随着细粒级矿物占比增加而提高,回收率随着细粒级矿物占比增加而降低。粒度从 45 μm 下占 81% 磨至 45 μm 下占 97% 的条件下,磁选精矿品位与回收率变化幅度较大,品位提高了 32.01% 至 56.5%,回收率降低了 5.17% 至 81.74%;磨矿粒度至 25 μm 下占 90% 后,经磁选后磁选精矿品位与回收率呈稳定趋势,在磨矿粒度为 25 μm 下占 98% 条件下,可得品位为 61.15%、回收率为 78.29% 的磁选精矿。

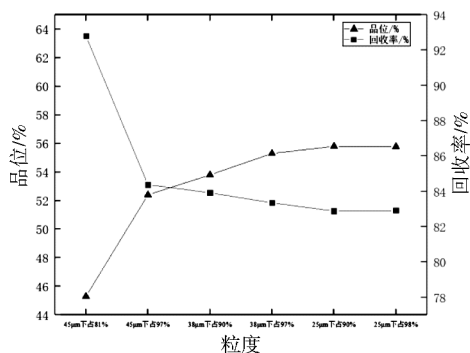


图 3 球磨不同粒度磁选条件试验结果

由图 3 可知,浮选尾矿经球磨磨成不同粒度,在磁选试验中,在粒度 38 μm 下占 97% 之后,随着细粒级矿物占比继续增加,磁选精矿品位与回收率呈稳定趋势,最终精矿产率由 78.05% 下降至 56.63%,精矿品位由 38.1% 提高至 55.78%,回收率由 92.8% 下降至 82.92%。

抽取 4 组不同粒度磁选精矿测定主要杂质 F、P 的含量,测定结果见表 4。

表 4 磁选精矿 F、P 化学测定结果(质量分数)

%

名称	粒度	P 含量		F 含量	
		球磨	艾砂磨	球磨	艾砂磨
原矿		0.40	0.40	6.70	6.70
磁选精矿	45 μm 下占 81%	0.38	0.34	5.36	4.36
磁选精矿	45 μm 下占 97%	0.36	0.28	3.42	2.75
磁选精矿	38 μm 下占 97%	0.34	0.24	2.59	1.97
磁选精矿	25 μm 下占 98%	0.29	0.21	2.60	0.98

当筒体旋转时,球磨机的研磨介质会随着筒体上升到一定高度,在重力作用下自由下落,产生冲击

力破碎物料;当搅拌器高速旋转时,艾砂磨带动研磨介质在筒体内做剧烈的圆周运动,研磨介质之间相

互碰撞、摩擦,并且不断与物料颗粒接触,使物料在这种强烈的搅拌作用下被粉碎。在相同磨矿粒度的条件下,艾砂磨较球磨可以更好地打开矿物当中的包裹体、连生体,有利于单体目的矿物回收,无用杂质的抛出。

由表4可知,随着细粒级矿物的增加,在球磨磁选管精矿中,P含量呈下降趋势,相比原矿品位降低27.5%,由于F在矿物中嵌布粒度较细,球磨无法将其连生矿物打开,因此F含量呈现先下降后趋于稳定的趋势,相比原矿品位降低61.2%,但在艾砂磨磁选管精矿中F、P含量一直呈下降趋势,P含量相比原矿降低47.5%,F含量相比原矿降低85.4%。

2.2 不同磨矿方式的粒级筛分

结合磁选管所得铁精矿的品位、回收率和所含杂质F、P含量,对两种磨矿方式(球磨、艾砂磨)所得粒度在38 μm下占比97%的矿样进行粒级筛分,筛分结果见表5。

表5 不同磨矿方式的粒级筛分结果(质量分数)%

粒度	球磨	艾砂磨
>75 μm	0	0
-75 μm ~ +45 μm	1.86	0.23
-45 μm ~ +37.4 μm	1.14	2.77
-37.4 μm ~ +25 μm	35.64	16.14
<25 μm	61.36	80.86
合计	100	100

由表5筛分结果可知,在球磨和艾砂磨两种不同磨矿模式下,粒度在38 μm以下占比97%相同粒度条件下,经过艾砂磨之后的浮尾矿物粒度在<25 μm粒级范围相比球磨高19.5个百分点。在相同磨矿粒度不同磨矿方式下,经艾砂磨后的浮尾矿物解离度较高。

3 结论

(1)对浮选尾矿进行不同磨矿(球磨、艾砂磨)方式的磁选对比试验,在粒度25 μm下占比98%条件下分别可得铁品位为55.78%和61.15%的磁选精矿。

(2)随着细粒级矿物占比的增加,目的铁矿物单体解离度升高,改善了杂质矿物在磁选分选过程中对于目的矿物选别的不良影响,在粒度25 μm下占比98%的条件下,磁选精矿中(球磨、艾砂磨)P品位与原矿相比分别下降至0.29%与0.21%,F品位与原矿相比分别下降至2.60%与0.98%。

(3)根据粒度筛分试验结果分析可得,在相同粒度下,经艾砂磨机磨矿后矿物的细粒级占比高于球磨机,更适用于在磨矿-磁选简单选别流程中对浮选尾矿目的铁矿物的回收利用和杂质矿物的抛除。

参 考 文 献

- [1] 李春龙,李小钢,徐广尧.白云鄂博共伴生矿资源综合利用技术开发与产业化[J].稀土,2015,36(5):151-158.
- [2] 王维维,李二斗,金海龙,等.白云鄂博萤石型稀土-铁矿石工艺矿物学研究[J].有色金属(选矿部分),2020(6):14-18.
- [3] 王维维,李二斗,候少春,等.白云鄂博云母型铁矿石中铁、稀土的赋存状态研究[J].矿产保护与利用,2020,40(5):44-48.
- [4] 付强,金建文,李磊.白云鄂博尾矿库中铁的赋存状态研究[J].矿冶,2017,26(3):94-98.
- [5] 李丹煜,沈茂森.白云鄂博矿选铁尾矿中铁矿物的工艺矿物特征[J].包钢科技,2016,42(2):24-26,29.