

某复杂铅锌矿锌精矿降碳试验研究^①

梁治安^{1,2}

(1.昆明理工大学,云南昆明 650504; 2.厦门紫金矿冶技术有限公司,福建厦门 361101)

摘要:针对某复杂铅锌矿选矿所得锌精矿含碳量高的问题,进行了锌精矿降碳试验。采用可溶性淀粉为碳抑制剂,闭路试验获得了锌品位48.71%、含碳0.86%、锌回收率90.28%的锌精矿;与原工艺指标相比,在提高锌精矿品位及回收率的同时,碳含量降至1%以下,降碳效果显著。

关键词:铅锌矿;抑制剂;锌精矿;淀粉;浮选;降碳

中图分类号:TD923

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2024.02.018

文章编号:0253-6099(2024)02-0071-03

Experimental Study on Reducing Carbon Content in Zinc Concentrate of Complex Lead-Zinc Ore

LIANG Zhian^{1,2}

(1.Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, Yunnan, China; 2.Xiamen Zijin Mining & Metallurgy Technology Co Ltd, Xiamen 361101, Fujian, China)

Abstract: As for a zinc concentrate collected from mineral processing of a lead-zinc ore, an experimental study was carried out to reduce the carbon content therein. With soluble starch as the carbon depressant, a concentrate with Zn grade of 48.71%, carbon content of 0.86% and Zn recovery of 90.28% was obtained from a closed-circuit test. Compared with the on-site indicators, both the Zn grade and recovery of concentrate are increased by using this new process, while the carbon content therein is reduced to less than 1%, showing a remarkable carbon-reduction effect.

Key words: lead-zinc deposit; depressant; zinc concentrate; starch; flotation; carbon content reduction

在锌精矿焙烧、浸出过程中,碳的存在会释放多余的热量,导致炉膛内温度升高,影响焙烧工艺稳定性。为了使焙烧温度易于控制,常采用配矿或降低含碳锌精矿的处理量来降低碳质带来的不良影响。某复杂铅锌矿原矿石含碳约6%,选厂采用部分脱碳、铅锌依次优先浮选工艺获得铅精矿和锌精矿,其中锌精矿含碳3%~5%,达不到锌精矿产品质量要求(含碳量小于1%),锌精矿销售困难。开发一种锌精矿降碳工艺对合理开发复杂含碳多金属矿至关重要^[1-6]。本文以该含碳铅锌矿选矿所得锌精矿为研究对象,对其进行降碳试验研究。

1 试样性质

试验所用试样为某含碳铅锌矿原矿经脱碳选铅后的尾矿(以下称原矿),其化学多元素分析结果见表1,

矿物组成及相对含量结果见表2。原矿中主要有价元素为锌,有机碳含量较高;原矿中硫化物主要为黄铁矿、雌黄铁矿、闪锌矿,微量铜硫化物;脉石矿物主要为硅酸盐矿物,以石英为主,少量长石、白云母、黑云母等,有机碳主要为石墨。

表1 原矿化学多元素分析结果(质量分数) %

Pb	Zn	Cu	TS	S ²⁻
0.22	2.01	0.021	14.13	13.81
TFe	SiO ₂	TC	有机碳	As
18.01	42.38	4.85	3.93	<0.01

经显微镜观察,原矿中有机碳主要赋存在石墨中,呈微细粒鳞片状与其他脉石矿物混杂在一起,大部分粒度不超过5 μm,少量碳颗粒粒度较粗,达20~50 μm。

① 收稿日期:2023-11-10

作者简介:梁治安(1987—),男,江西吉安人,硕士,高级工程师,主要研究方向为矿产资源综合利用。E-mail:zhian.liang@zijinmining.com

表2 矿物组成及相对含量(质量分数) %

黄铁矿	磁黄铁矿	黄铜矿	闪锌矿	异极矿
21.44	15.89	0.07	4.22	<0.01
石膏	石英	长石	白云母	黑云母
1.48	15.72	5.19	6.46	4.56
方铅矿	毒砂	砷黝铜矿	磁铁矿	菱铁矿
0.33	0.04	<0.01	0.4	11.05
绿泥石	阳起石	白云石	磷灰石	有机碳
1.31	0.66	4.42	1.92	3.93

2 试验结果与讨论

2.1 试验方案

选矿厂原选锌流程为“一粗三扫、粗精矿再磨、三次精选”。本文在原工艺流程及药剂制度基础上,通过添加有机碳抑制剂实现锌精矿降碳的目的。试验原则流程图见图1。

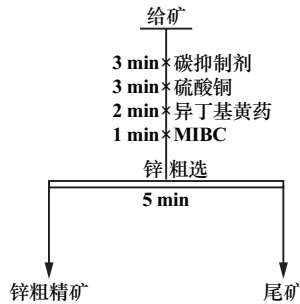


图1 降碳浮选试验流程

2.2 有机碳抑制剂种类试验

由于成矿条件不同,含碳铅锌矿矿石碳化程度不同,碳的可浮性差异很大;有些碳质可浮性相当好,用抑制剂也难以抑制,需浮选脱除;有些碳质与硫化物可浮性相近,在浮选硫化物时必须添加抑制剂将碳抑制到尾矿中。该复杂铅锌矿含碳锌精矿碳含量高、嵌布粒度细,现场工艺采用部分脱碳作业不能完全消除碳质对锌精矿的影响,需在选锌阶段添加碳抑制剂来降低碳质对锌精矿品质的影响。

按照图1所示流程,在粗选调整剂硫酸铜用量150 g/t、捕收剂异丁基黄药用量35 g/t、起泡剂MIBC用量10 g/t条件下,进行了碳抑制剂种类条件试验,结果见表3。由表3可知,可溶性淀粉、腐殖酸钠、木质素磺酸钠均有较好的抑制效果,其中可溶性淀粉在保证锌回收率不降低的情况下可将锌粗精矿中碳品位降至2%以下,降碳效果显著。后续采用可溶性淀粉作为有机碳抑制剂进行试验。

表3 有机碳抑制剂种类试验结果

抑制剂种类及用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Zn	C	Zn	C
无	锌粗精矿	6.72	25.75	4.11	86.48	5.74
	尾矿	93.28	0.29	4.86	13.52	94.26
	给矿	100.00	2.00	4.81	100.00	100.00
可溶性淀粉1 000	锌粗精矿	7.80	22.04	1.62	86.54	2.63
	尾矿	92.20	0.29	5.08	13.46	97.37
	给矿	100.00	1.99	4.81	100.00	100.00
古尔胶400	锌粗精矿	2.36	20.15	3.39	23.56	1.67
	尾矿	97.64	1.58	4.82	76.44	98.33
	给矿	100.00	2.02	4.79	100.00	100.00
腐殖酸钠1 000	锌粗精矿	6.88	25.23	2.09	86.54	3.01
	尾矿	93.12	0.29	4.98	13.46	96.99
	给矿	100.00	2.01	4.78	100.00	100.00
糊精1 000	锌粗精矿	6.22	22.84	2.31	71.29	2.97
	尾矿	93.78	0.61	5.01	28.71	97.03
	给矿	100.00	1.99	4.84	100.00	100.00
木质素磺酸钠1 000	锌粗精矿	5.37	27.84	1.95	74.88	2.16
	尾矿	94.63	0.53	5.01	25.12	97.84
	给矿	100.00	2.00	4.85	100.00	100.00

2.3 锌粗选可溶性淀粉用量试验

按照图1所示流程,在调整剂硫酸铜用量150 g/t、捕收剂异丁基黄药用量35 g/t、起泡剂MIBC用量10 g/t条件下,进行了碳抑制剂可溶性淀粉用量试验,结果见图2。由图2可知,随着可溶性淀粉用量增加,锌粗精矿中碳品位呈先降低后基本不变趋势,锌回收率呈先变化不大后缓慢下降趋势;可溶性淀粉用量1 000 g/t时,锌粗精矿中碳品位达到较低水平,锌回收率与不添加碳抑制剂时基本一致,继续增加可溶性淀粉用量,锌回收率缓慢下降。锌粗选过程中碳抑制剂可溶性淀粉的适宜用量为1 000 g/t。

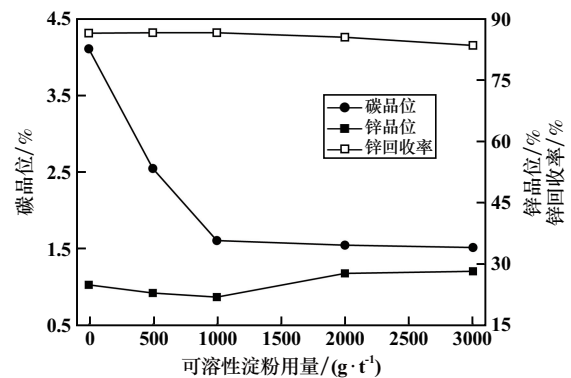


图2 锌粗选可溶性淀粉用量试验结果

2.4 调整剂添加顺序试验

固定可溶性淀粉用量1 000 g/t、硫酸铜用量150 g/t、异丁基黄药用量35 g/t、MIBC用量10 g/t,通过调整可溶性淀粉和硫酸铜的添加顺序,考查调整剂添加方式对降碳效果的影响,结果见表4。由表4可知,先添加

可溶性淀粉抑制有机碳、再添加硫酸铜活化剂锌,可获得较好的锌回收率,且锌粗精矿中碳含量更低。

表 4 调整剂添加顺序试验结果

添加顺序	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Zn	C	Zn	C
先加可溶性淀粉	锌粗精矿	7.76	23.04	1.52	88.58	2.46
	尾矿	92.24	0.25	5.06	11.42	97.54
	给矿	100.00	2.02	4.79	100.00	100.00
同时添加	锌粗精矿	6.82	25.55	2.12	86.57	3.02
	尾矿	93.18	0.29	4.98	13.43	96.98
	给矿	100.00	2.01	4.78	100.00	100.00
先加硫酸铜	锌粗精矿	6.95	24.64	3.22	85.58	4.71
	尾矿	93.05	0.31	4.87	14.42	95.29
	给矿	100.00	2.00	4.76	100.00	100.00

2.5 精选 1 可溶性淀粉用量试验

为了进一步降低锌精矿中碳含量,针对锌粗精矿开展了再磨后精选 1 可溶性淀粉用量试验。选矿厂原来的降碳再磨细度为 $-38\ \mu\text{m}$ 粒级占 92%,本文采用相同的再磨细度进行试验,试验流程见图 3,结果见图 4。

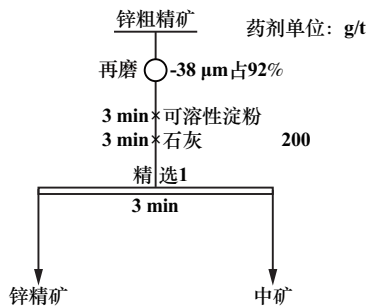


图 3 精选 1 可溶性淀粉用量试验流程

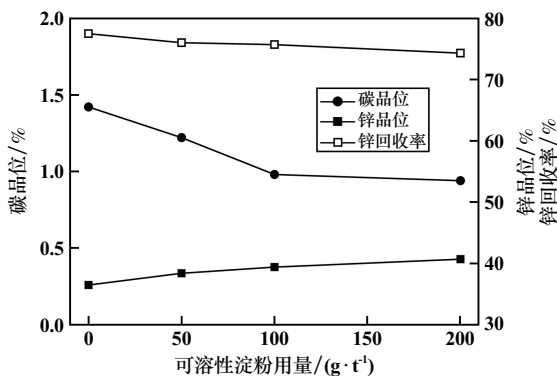


图 4 精选 1 可溶性淀粉用量试验结果

由图 4 可知,随着精选 1 可溶性淀粉用量增加,锌精矿中碳品位呈下降趋势,锌品位呈增加趋势,锌回收率呈缓慢下降趋势;可溶性淀粉用量 $100\ \text{g}/\text{t}$ 时,锌精矿中碳品位降至 1% 以下,继续增加淀粉用量,锌精矿中碳含量变化不大。综合考虑药剂成本,确定精选 1 适宜的可溶性淀粉用量为 $100\ \text{g}/\text{t}$ 。

2.6 闭路试验

在条件试验基础上,进行了闭路试验,试验流程见图 5,结果见表 5。由表 5 可知,在原选锌工艺流程及药剂制度基础上,通过添加可溶性淀粉为碳抑制剂,可获得产率 3.85%、锌品位 48.71%、含碳 0.86%、锌回收率 90.28% 的锌精矿。与现场原工艺指标相比,在提高锌精矿品位及回收率的同时,将锌精矿中碳含量降至 0.86%,降碳效果显著。

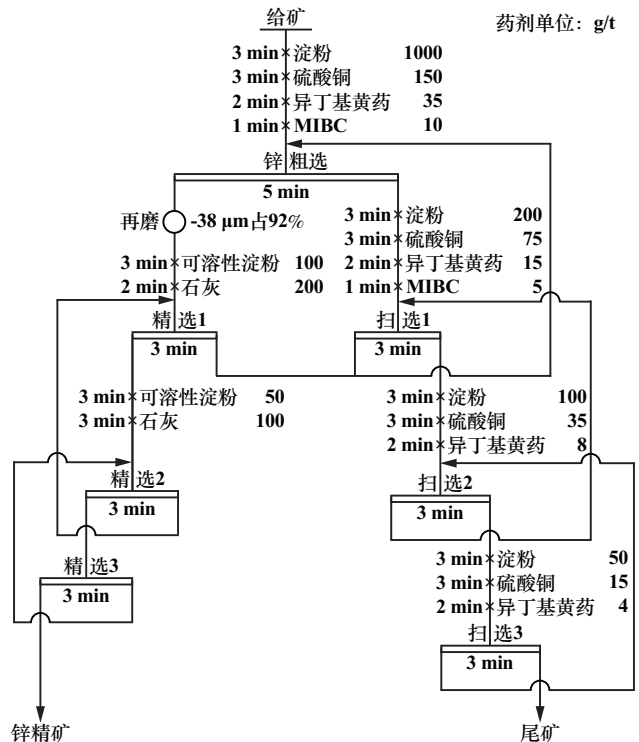


图 5 闭路试验流程

表 5 闭路试验结果

工艺流程	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Zn	C	Zn	C
优化工艺	锌精矿	3.85	48.71	0.86	90.28	0.68
	尾矿	96.15	0.21	5.04	9.72	99.32
	选锌给矿	100.00	2.08	4.88	100.00	100.00
现场工艺	锌精矿	4.02	46.72	3.19	89.89	2.64
	尾矿	95.98	0.22	4.93	10.11	97.36
	选锌给矿	100.00	2.09	4.86	100.00	100.00

3 结 论

1) 某复杂铅锌矿选矿所得锌精矿中主要有价元素为锌,含量为 2.01%,有机碳含量较高,为 3.93%;硫化物主要为黄铁矿、雌黄铁矿、闪锌矿,微量铜硫化物;脉石矿物主要为硅酸盐矿物,以石英为主;有机碳主要赋存在石墨中,可浮性极好,主要呈微细粒鳞片状与其它脉石矿物混杂在一起,大部分粒度不超过 $5\ \mu\text{m}$ 。

(下转第 77 页)

2.4 磨矿对比试验结果

对-3.2 mm 粒级铜冶炼渣进行了磨矿对比试验,并根据颚式破碎和高压辊磨产品的磨矿试验数据绘制了磨矿曲线对比图,见图3。由图3可知,在相同的磨矿条件下,高压辊磨产品较常规破碎产品-0.074 mm 粒级含量提高了约10个百分点。该冶炼渣磨矿细度-0.074 mm 含量60%时,高压辊磨和常规破碎所需时间分别为5.11 min 和6.95 min;磨矿到-0.074 mm 粒级含量60%时的可磨度为136%,说明在该给料粒度情况下,高压辊磨产品比常规破碎产品更易磨,可磨度提高了36个百分点。

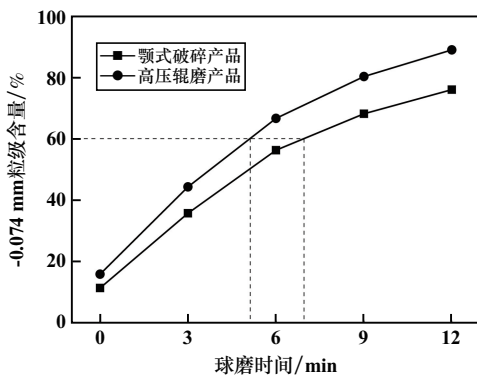


图3 -3.2 mm 粒级铜冶炼渣磨矿曲线对比

3 结 论

1) 铜冶炼渣原料密度为 4.02 g/cm^3 。铜冶炼渣经颚式破碎后,-5 mm 粒级含量为37.97%,-0.5 mm 粒级含量为12.74%,-0.074 mm 粒级含量为3.88%。

2) 铜冶炼渣高压辊磨适宜的工作压力为10.0 MPa,对应的功耗为1.81 kWh/t。

3) 高压辊磨工作压力10.0 MPa时,铜冶炼渣一次开路辊磨产品中,-5 mm 粒级含量79.75%,-0.5 mm 粒

级含量29.24%,-0.074 mm 粒级含量9.51%;辊磨产品-0.5 mm 粒级和-0.074 mm 粒级含量增加显著,证实高压辊磨对该铜冶炼渣有良好的挤压粉磨效果。

4) 铜冶炼渣高压辊磨3 mm 闭路粉磨筛分试验循环负荷为57.5%,产品中-0.5 mm 粒级和-0.074 mm 粒级含量分别为42.02%和13.67%;边料循环试验循环负荷为16.80%,产品中-0.5 mm 粒级和-0.074 mm 粒级含量分别为31.49%和9.67%。闭路粉磨效果优于边料循环粉磨效果。

5) 在相同的磨矿条件下,高压辊磨产品较颚式破碎产品-0.074 mm 粒级含量提高约10个百分点,可磨度提高36%,证实高压辊磨有利于提高铜冶炼渣的磨矿效率和选矿技术指标。

参考文献:

- [1] 周松林,耿连胜. 铜冶炼渣选矿[M]. 北京:冶金工业出版社,2014.
- [2] 熊 锋. 高压辊磨机在铜冶炼炉渣选矿中的应用探讨[J]. 现代矿业,2020(4):252-254.
- [3] 瞿 铁,杨剑波,辛亚淘,等. 有色金属选矿用高压辊磨机结构及其工艺[J]. 中国有色金属学报,2022,32(8):2405-2420.
- [4] 陈 兴,陈铁军,韦 东,等. 高压辊磨超细碎对铜铁共生矿分选的影响[J]. 矿冶工程,2023,43(4):61-64.
- [5] 王中才,陈 兴,韦 东,等. 高压辊磨对大冶铁矿碎磨能耗及分选的影响[J]. 矿冶工程,2023,43(2):81-85.
- [6] 朱泊翰,张鹏羽,欧乐明,等. 高压辊磨对低品位金矿浮选的影响研究[J]. 矿冶工程,2022,42(3):80-83.
- [7] 刘 磊,韩跃新,袁致涛,等. 高压辊磨机工作原理及其工艺性能的探讨[J]. 金属矿山,2010(增刊):594-599.
- [8] 魏 波,张宏伟,李丽匣,等. 高压辊磨机粉碎工艺国外应用进展与发展趋势[J]. 金属矿山,2022(2):10-18.

引用本文:薛建森,赵建明,杨晨晨,等. 高压辊磨技术在铜冶炼渣粉磨工艺中的应用研究[J]. 矿冶工程,2024,44(2):74-77.

(上接第73页)

2) 针对该矿石特点,采用可溶性淀粉为碳抑制剂,闭路试验获得了锌品位48.71%、含碳0.86%、锌回收率90.28%的锌精矿。与现场原工艺指标相比,在提高锌精矿品位及回收率的同时,将锌精矿中碳含量降至1%以下,降碳效果显著。

3) 本试验推荐药剂制度简单、药剂成本低、生产指标稳定。研究结果对同类矿石选矿具有较大的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 李 强,常永强,王荣生. 某微细粒含碳高硫铅锌矿选矿试验研究[J].

有色金属(选矿部分),2022(2):108-116.

- [2] 陈经华. 含碳铜钴矿石抑碳提质浮选工艺[J]. 有色金属(选矿部分),2017(1):26-30.
- [3] 于 雪. 某含碳微细粒金矿石浮选工艺研究[J]. 黄金,2011(10):52-56.
- [4] 李 洁,马 晶,等. 某含碳富含磁黄铁矿细粒嵌布铅锌矿石选矿工艺研究[J]. 有色金属(选矿部分),2012(4):23-29.
- [5] 胡熙庚. 有色金属硫化矿选矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1987.
- [6] 曹 飞,曹进成,吕 良,等. 内蒙古某富银铅锌硫化矿浮选分离试验研究[J]. 矿冶工程,2023,43(3):67-71.

引用本文:梁治安. 某复杂铅锌矿锌精矿降碳试验研究[J]. 矿冶工程,2024,44(2):71-73.