

新型组合抑制剂在低品位铜铅硫化矿浮选分离中的应用^①

卜勇杰, 刘润清, 孙伟, 孟庆波

(中南大学资源加工与生物工程学院 湖南长沙 410083)

摘要: 对某低品位多金属硫化矿进行了铜铅混浮-精矿铜铅分离实验研究。采用重铬酸钠、偏重亚硫酸钠、CMC 和水玻璃组合作为抑制剂, 不仅成功实现了铜铅分离, 而且大大降低了重铬酸盐对环境的污染, 获得了良好选矿指标: 铜精矿品位为 16.61%, 回收率为 64.14%; 铅精矿品位为 43.57%, 回收率为 79.54%。

关键词: 浮选; 铜铅分离; 组合抑制剂; 硫化矿

中图分类号: TD923

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.0253-6099.2013.05.012

文章编号: 0253-6099(2013)05-0050-03

Application of Combined Depressant in Separation of Cu/Pb in Low-grade Sulfide Ore

BU Yong-jie, LIU Run-qing, SUN Wei, MENG Qing-bo

(School of Minerals Processing and Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

Abstract: An experimental research was conducted for a low-grade copper-lead-zinc polymetallic sulfide ore with beneficiation technology of copper-lead bulk flotation followed by copper-lead separation. By using a combined depressant consisting of $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CMC and Na_2SiO_3 , a Cu/Pb separation can be successfully realized with pollution caused by dichromate dramatically reduced, leading to a preferable processing index: the obtained copper concentrate grading 16.61% Cu at a recovery of 64.14%, and the obtained lead concentrate grading 43.57% Pb at a recovery of 79.54%, respectively.

Key words: flotation; Cu/Pb separation; combined depressant; sulfide ore

在铜铅锌多金属硫化矿浮选中,因铜铅硫化矿物的可浮性相近,所以无论采用混合或部分混合浮选流程,通常总是把铜与铅矿物选为铜铅混合精矿^[1-3]。由于复杂铜铅锌多金属硫化矿矿石性质复杂多变,铜铅锌矿物矿石性质十分复杂,密切共生,互相交代^[4];铅锌矿物易受难离子活化;铜铅锌矿物嵌生粒度不均,通常部分黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和黄铁矿相互连生和相互包裹^[5];最终导致铜铅分离过程中铜精矿的品位低,铜、铅精矿互含过高,铜回收率低。以上各种原因致使铜铅分离难度增大^[6]。

铜铅分离传统的技术方案主要有抑铜浮铅的氰化物法和抑铅浮铜的重铬酸盐法等,由于这些方法会导致少量贵金属溶解和产生环境污染,正在被其它方法所取代。在铜铅混合精矿分离中,重铬酸盐法是传统的有效方法。由于环保问题,减少或取代重铬酸盐势

在必行^[7-9]。因此采用混合抑制剂是黄铜矿与方铅矿浮选分离研究的重要思路。

1 矿石性质

矿样中矿物组成较多,有用矿物主要为方铅矿、闪锌矿和黄铜矿,其次有少量的黄铁矿、磁黄铁矿等金属矿物;脉石矿物主要为石英、方解石、绿泥石等粘土矿物。该矿石中的主要铅矿物为方铅矿,主要以他形粒状集合体与磁黄铁矿、铁闪锌矿和黄铜矿矿紧密共生,其次呈他形粒状、不规则粒状集合体嵌布于脉石中,方铅矿与铁闪锌矿和磁黄铁矿不仅密切共生,而且嵌布关系复杂,边界参差不齐。矿石以浸染状构造为主,同时矿石结构有他形粒状结构、交代结构、自形晶结构等。综合化学成分特点,可以认为区内矿石属氧化程度较低的低品位铜铅锌多金属硫化矿矿石。原矿样

① 收稿日期: 2013-04-11

基金项目: 国家自然科学基金(51104179)

作者简介: 卜勇杰(1988-),男,河南商丘人,硕士,主要从事硫化矿浮选工艺研究。

通讯作者: 孙伟(1973-),男,河北邯郸人,教授,博士研究生导师,主要从事浮选理论及浮选药剂研究工作。

化学多元素分析结果见表 1。

表 1 矿样多元素分析结果(质量分数) / %

Cu	Pb	Zn	Au ¹⁾	Ag ¹⁾	Fe	S
0.12	0.66	1.88	0.41	11.81	23.62	14.20

1) 单位为 g/t。

2 试验方法

采用 XMQ - 240 × 90 锥形球磨机和 XMB200 × 240 三辊四筒磨矿机进行磨矿,采用 XFD 系列单槽和 XFG 系列挂槽浮选机进行浮选。试验用水为自来水,试验试剂均为分析纯。单元试样重 500 g。

3 实验结果与讨论

由于原矿铜铅品位很低,采用石灰作 pH 调整剂及磁黄铁矿抑制剂,亚硫酸钠与硫酸锌组合作闪锌矿抑制剂,乙硫氮与 Z-200 组合作捕收剂。经一次粗选两次精选两次扫选混合浮选流程,开路条件下获得铜铅混合精矿含铜 5% ~ 6%、铅 20.5% ~ 21.5%、锌 6% ~ 7%,铜回收率约 51%,铅回收率 55%。以下进行铜铅分离研究。

3.1 铜铅分离抑制剂种类试验

考察了重铬酸钠、高锰酸钾、焦硫酸钠、亚硫酸钠等作为主要抑制剂与抑制剂 CMC、水玻璃作为辅助抑制剂在铜铅分离试验中的效果,结果见表 2。对 CMC 和水玻璃用量进行了试验,发现 CMC 和水玻璃用量变化对铜铅浮选分离影响不大。

表 2 铜铅分离抑制剂种类试验结果

抑制剂种类	产品名称	产率 / %	品位 / %		回收率 / %	
			Cu	Pb	Cu	Pb
重铬酸钠	铅精矿	1.20	2.31	23.14	16.31	42.52
	铜精矿	0.63	9.63	10.93	35.69	10.28
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00
高锰酸钾	铅精矿	1.44	3.11	12.88	27.93	27.22
	铜精矿	0.63	5.04	23.11	19.77	21.33
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00
焦硫酸钠	铅精矿	1.28	2.61	14.12	20.91	26.61
	铜精矿	0.84	5.26	20.03	27.75	24.87
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00
亚硫酸钠	铅精矿	1.40	3.59	14.04	31.51	28.99
	铜精矿	0.61	4.82	22.95	18.23	20.42
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00

从表 2 可以看出,重铬酸钠作为主要抑制剂时,对于铜铅分离效果较好。因此选用重铬酸钠作为铜铅分离的主要抑制剂。

3.2 铜铅分离重铬酸钠用量试验

重铬酸盐抑制方铅矿是由于铬酸根离子与表面氧化的方铅矿发生化学反应生成难溶的亲水性铬酸铅薄膜,而具有强烈的抑制作用,对铜矿物的浮选没有什么影响。因铬盐有毒,应尽量减少重铬酸盐的用量。

选定重铬酸钠为主抑制剂以后,对重铬酸钠用量进行了试验,结果见表 3。

表 3 铜铅分离重铬酸钠用量试验结果

重铬酸钠用量 / (g · t ⁻¹)	产品名称	产率 / %	品位 / %		回收率 / %	
			Cu	Pb	Cu	Pb
600	铅精矿	1.01	2.83	19.98	17.93	29.79
	铜精矿	0.83	5.67	14.83	29.48	18.14
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00
800	铅精矿	1.20	2.31	23.14	16.31	42.52
	铜精矿	0.63	9.63	10.93	35.69	10.28
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
1 000	铅精矿	1.22	2.12	22.49	16.20	40.43
	铜精矿	0.61	8.64	10.69	32.78	9.54
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00
1 200	铅精矿	1.44	2.79	21.34	25.16	45.29
	铜精矿	0.42	8.99	9.11	23.54	5.61
	原矿	100.00	0.16	0.68	100.00	100.00

从表 3 可以看出,随着抑制剂重铬酸钠用量增大,铜精矿品位不断提高,回收率先升高后降低;铅精矿品位先升高后降低,回收率逐渐升高。综合考虑铜粗精矿、铅精矿的品位和回收率,以及药剂成本,选取重铬酸钠用量为 800 g/t。此时铜精矿铜品位 9.63%,回收率 35.69%,铅精矿中铅品位 23.14%,回收率为 42.52%。由于原矿铜铅品位较低,铜铅分离过程中矿浆浓度过低会对浮选产生不利影响。

3.3 铜铅分离新型抑制剂探索试验

重铬酸盐的铬离子对环境污染造成不利影响,但是目前仍然没有发现可以取代重铬酸盐的抑制剂,所以减少重铬酸盐用量的新型药剂组合是本文的一个研究重点。为此进行了一系列的研究和探索,发现偏重亚硫酸钠在铜铅分离中有一定效果。加入偏重亚硫酸钠促进了硫化铅氧化为亚硫酸铅和硫酸铅或者其他可溶性铅金属盐,而硫化铜矿物与药剂不反应,或者反应也没有改变其表面的疏水性,仍然可以与捕收剂作用而上浮。

偏重亚硫酸钠用量对铜铅分离的影响见表 4。从表 4 可以看出,偏重亚硫酸钠在铜铅分离过程中有很好的作用。在偏重亚硫酸钠用量为 500 g/t 时,效果较好;用量继续增大,效果变化不大,考虑药剂成本等因素,偏重亚硫酸钠用量取 500 g/t。

表4 铜铅分离新型抑制剂探索试验结果

偏重亚硫酸钠用量 ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	产品名称	产率 /%	品位/%		回收率/%	
			Cu	Pb	Cu	Pb
350	铅精矿	1.31	3.66	18.89	28.20	36.93
	铜精矿	0.55	6.93	20.69	22.42	16.48
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
500	铅精矿	1.32	2.99	20.84	23.22	41.06
	铜精矿	0.53	8.76	17.53	27.71	13.87
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
650	铅精矿	1.36	3.03	18.92	24.24	38.40
	铜精矿	0.51	8.68	21.67	26.04	16.50
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
800	铅精矿	1.30	3.46	18.69	26.46	36.26
	铜精矿	0.52	7.84	20.86	23.98	16.19
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00

与表2结果相比,偏重亚硫酸钠抑制效果要优于高锰酸钾、焦硫酸钠、亚硫酸钠等抑制剂,但比重铬酸钠效果略差。

新型抑制剂虽然有较好的效果,但仍不能完全替代重铬酸钠。为了探索出更好的实验结果,加入少量重铬酸钠到新型抑制剂中,试验结果见表5。

表5 铜铅分离新型抑制剂组合试验结果

重铬酸钠用量 ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	产品名称	产率 /%	品位/%		回收率/%	
			Cu	Pb	Cu	Pb
0	铅精矿	1.32	2.99	20.84	23.22	41.06
	铜精矿	0.53	8.76	17.53	27.71	13.87
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
200	铅精矿	1.50	2.04	21.43	18.00	47.98
	铜精矿	0.36	14.93	11.13	31.62	5.98
	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00

从表5可以看出,加入少量重铬酸钠,提升了新型抑制剂的效果。为此将这一组合抑制剂实验结果与传统的抑制剂效果进行了对比,结果见表6。

表6 铜铅分离新型抑制剂组合与传统重铬酸钠对比试验结果

抑制剂组合	产品名称	产率 /%	品位/%		回收率/%	
			Cu	Pb	Cu	Pb
重铬酸钠	铅精矿	1.50	2.04	21.43	18.00	47.98
偏重亚硫酸钠	铜精矿	0.36	14.93	11.13	31.62	5.98
CMC+水玻璃	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00
重铬酸钠	铅精矿	1.20	2.31	23.14	16.31	42.52
CMC	铜精矿	0.63	9.63	10.93	35.69	10.28
水玻璃	原矿	100.00	0.17	0.67	100.00	100.00

从表6中可以看出,新型组合抑制剂作用下能获得较好的铜精矿品位和回收率,但铅精矿品位和回收率稍差。但是在新型抑制剂组合中,重铬酸钠用量明显减少,减少了对环境的污染。

铜铅分离要求较严格的工艺条件。矿石中铜铅品

位的变化、铜铅混合精矿脱药程度、药剂用量大小及浮选时间等因素均须很好地控制,否则即使有成功的方法,也未必能得到满意的效果。

3.4 铜铅分离闭路试验

在条件试验的基础上,进行了铜铅分离浮选的闭路试验,试验流程见图1,结果见表7。

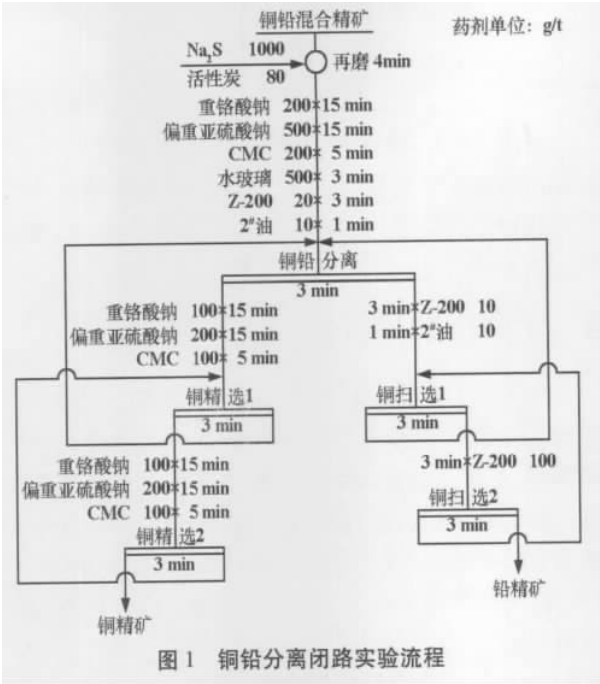


图1 铜铅分离闭路实验流程

表7 全流程闭路试验结果

产品名称	产率 /%	品位/%				回收率/%			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
铜精矿	0.65	16.61	3.21	6.58	35.96	64.14	3.10	2.02	0.75
铅精矿	1.23	2.83	43.57	6.63	37.46	20.67	79.54	3.85	1.48
原矿	100.00	0.17	0.67	2.12	31.07	100.00	100.00	100.00	100.00

由闭路试验结果可知,铜精矿的产率为0.65%,品位为16.61%,回收率为64.14%;铅精矿的产率为1.23%,品位为43.57%,回收率为79.54%。

4 结 论

1) 针对某低品位多金属硫化矿的特征,采用铜铅混合浮选、混合精矿用组合抑制剂进行铜铅分离的试验方案,成功实现了铜铅的有效分离。

2) 重铬酸钠、偏重亚硫酸、CMC和水玻璃组合抑制剂产生的协同效应抑铅浮铜进行铜铅分离是非常有效的,减少了重铬酸钠用量,降低了对环境的污染。

参考文献:

[1] 胡岳华,孙伟,王淀佐. 硫化矿浮选电化学[M]. 北京:清华大学出版社,2009.

(下转第55页)

而絮凝剂的线性机构上具有大量的化学基团(酰胺基),从而絮凝剂的线性结构与多个矿物颗粒相互吸附,起到了架桥连接的作用,因此,3种絮凝剂都有效地提升了尾矿的沉降效果;另一方面,由于尾矿矿浆带有负电荷,加入CPAM后,带有负电荷的矿物颗粒对带有正电荷的絮凝剂线性结构部分具有强烈的吸附作用,在吸附作用下,矿物颗粒表面的部分负电荷被中和,减少了静电斥力,更易于其他的颗粒接近从而吸附,因此,CPAM作用效果较NPAM与APAM更佳^[4]。

2.3 阳离子型絮凝剂用量对沉降效果的影响

由于CPAM效果较好,因此考察了CPAM用量对细粒尾矿沉降的影响,结果见图4。CPAM作用1h后澄清层浊度值见表4。

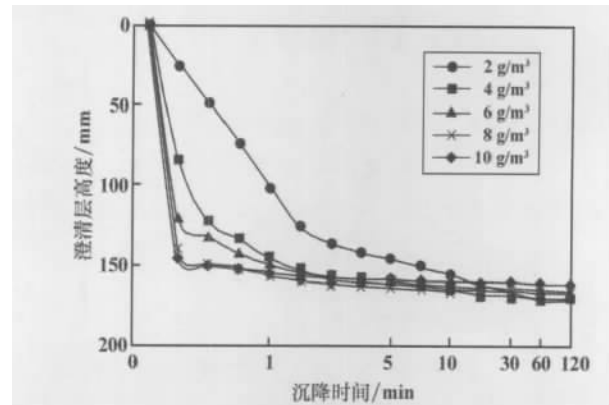


图4 CPAM用量对细粒尾矿沉降效果的影响

表4 不同用量CPAM作用下澄清层浊度值

CPAM 投加量/(g·m ⁻³)	浊度/NTU
2	133
4	62
6	29
8	32
10	35

从图4及表4可以看出,随着絮凝剂投加量增加,沉降速度越快,当投加量由6g/m³增加到8g/m³后,继续增加絮凝剂的投加量,沉降速度并未有明显增加,反而澄清层浊度略有上升。

当投加量较低时,随着投加量增加,矿浆中的絮凝剂线性结构也增加,有更多的基团(酰胺基)与矿物颗粒作用,但是当絮凝剂量过高后,絮凝剂重新变成了稳定的胶体,反而不利于沉降。从尾矿沉降速度、澄清水浊度和药剂消耗量(即成本)综合考虑,较佳投放量为6g/m³。

3 结 论

- 1) 尽管尾矿粒度变细,沉降性能变差,但可通过添加高分子絮凝剂改善沉降效果。
- 2) CPAM絮凝沉降效果较NPAM及APAM更好,其添加量以6g/m³为宜。
- 3) 絮凝剂的使用,一方面提高了尾矿沉降速度,另一方面降低了澄清水的浊度值,这使得尾矿浓密池不仅提高了处理能力,而且提高了回用水的质量,符合“节能减排,循环经济”的产业政策。

参考文献:

[1] 王建斌,刘运杰,杨荣耀,等.某浮选厂废水净化回用的试验研究与工业实践[J].矿产综合利用,2003(1):14-17.
[2] 黎载波,王国庆,邹龙生.有机高分子絮凝剂在印染废水处理中的应用[J].工业水处理,2003,23(4):14-17.
[3] 张去非.絮凝剂对金岭铁矿选矿厂尾矿絮凝沉降速度影响的研究[J].中国矿山工程,2004,33(1):20-24.
[4] 胡波,陈代雄,薛伟.某氧化铜钴矿选矿废水处理与回用试验研究[J].湖南有色金属,2010,26(3):46-50.

(上接第52页)

[2] 朱玉霜,朱建光.浮选药剂的化学原理[M].长沙:中南工业大学出版社,1987.
[3] 罗仙平.难选铅锌硫化矿电位调控浮选机理与应用[M].北京:冶金工业出版社,2010.
[4] 王云,张丽军.复杂铜铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J].有色金属(选矿部分),2007(6):1-6.
[5] 邬顺科,戴晶平,刘运财.易浮难分离的铜铅锌硫化矿石的浮选工艺优化研究[J].国外金属矿选矿,2006(10):21-25.
[6] 李江涛,库建刚,黄加能.亚硫酸钠在铜铅分离浮选中的应用[J].中国矿业,2007(10):54-56.
[7] 罗仙平,王淀佐,孙体昌,等.某铜铅锌多金属硫化矿电位调控浮选试验研究[J].金属矿山,2006(6):30-34.
[8] 王世辉.某难选铜铅矿铜铅分离工艺试验研究与实践[J].矿冶工程,2012(2):49-51.
[9] 范娜,李天恩,段珠.复杂铜铅锌银多金属硫化矿选矿试验研究[J].矿冶工程,2011(4):48-50.