

doi:10.3969/j.issn.1671-9492.2020.05.022

选择性铜捕收剂 BK916 在某铜矿快速浮选中的应用

罗思岗^{1,2}, 赵志强^{1,2}, 路亮^{1,2}, 胡杨甲^{1,2}, 赵杰^{1,2}

(1. 矿冶科技集团有限公司, 北京 100160;

2. 矿物加工科学与技术国家重点实验室, 北京 102628)

摘要:某铜矿铜品位为 1.09%、硫含量 1.63%, 伴生金、银品位分别为 0.14 g/t 和 10.87 g/t, 在研究矿石矿物学特性的基础上, 进行了铜捕收剂考查和工艺流程结构的试验研究, 结果表明, 采用选择性铜捕收剂 BK916 结合快速浮选工艺流程, 可获得铜品位为 24.03%、铜回收率为 93.68% 的铜精矿, 其中金、银回收率分别为 45.33% 和 68.31%, 相比常规浮选流程, 选矿指标明显提高。

关键词:选择性铜捕收剂; 铜矿; 快速浮选

中图分类号:TD923+.13; TD952

文献标志码:A

文章编号:1671-9492(2020)05-0117-05

Application of Selective Copper Collector BK916 in Rapid Flotation of Copper Ore

LUO Sigang^{1,2}, ZHAO Zhiqiang^{1,2}, LU Liang^{1,2}, HU Yangjia^{1,2}, ZHAO Jie^{1,2}

(1. BGRIMM Technology Group, Beijing 100160, China;

(2. State Key Laboratory of Mineral Processing Science and Technology, Beijing 102628, China)

Abstract: A copper mine contains 1.09% Cu and 1.63% S, associated gold and silver are 0.14 g/t and 10.87 g/t. On the basis of the process mineralogical study, the copper collector was investigated and the process structure was studied. The results show that the copper concentrate with copper grade of 24.03% and copper recovery of 93.68% can be obtained by using the selective copper collector BK916 combined with the rapid flotation process, and the gold and silver recovery are 45.33% and 68.31% respectively. Compared with the conventional flotation process, flotation index was significantly improved.

Key words: selective copper collector; copper ore; rapid flotation

铜是现代工业中用途最广、最重要的金属原料之一, 随着我国经济社会的发展, 铜金属的需求量逐渐增加, 而铜资源日趋减少, 且呈现贫、细、杂的特点, 因此开发新型高效铜捕收剂和采用新工艺是提高资源综合利用率的有效途径^[1-2]。某铜矿含铜 1.09%, 但嵌布粒度细、赋存状态复杂, 并且伴生有金和银, 本文在研究矿石中铜矿物的赋存状态和嵌布粒度的基础上, 开展了铜捕收剂考查和工艺流程结构优化的研究工作, 以达到提高铜浮选指标及提高伴生金、银回收率的目的。

1 矿石性质

1.1 矿石主要化学成分和铜化学物相分析

矿石的化学多组分分析结果见表 1, 矿石中

铜的化学物相分析结果见表 2。从表 1 和表 2 分析结果可知, 矿石中主要的回收元素为铜, 其含量为 1.09%, 伴生元素金、银的品位分别为 0.14 g/t 和 10.87 g/t, 可考虑综合回收。矿石中的铜矿物大部分为黄铜矿, 另有少量的辉铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝等硫化铜矿物; 含铁的矿物主要为磁铁矿及少量的褐铁矿; 此外, 矿石中含有微量的磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿等矿物; 非金属矿物主要为石英、透闪石、方解石, 其次为石榴子石、黑柱石及少量的绿泥石、绿帘石、绢云母等其它矿物。

1.2 铜矿物的赋存状态及嵌布粒度

铜矿物以黄铜矿为主, 主要呈粒状、不规则状或者脉状、网脉状分布于脉石矿物中, 其中有部分黄铜

收稿日期: 2020-02-13

作者简介: 罗思岗(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事贵金属、金(银)多金属矿分离技术研究。E-mail: luosigang@bgrimm.com

矿呈微细粒浸染状嵌布在脉石矿物中,在磨矿过程中难以单体解离;其次,黄铜矿与磁铁矿紧密嵌布,常见黄铜矿沿磁铁矿边缘进行交代或者沿其裂隙填充,少量黄铜矿呈微细粒包裹在磁铁矿中;有时可见黄铜矿与磁黄铁矿、黄铁矿紧密共生;偶尔可见黄铜

表 1

矿石的主要化学成分分析结果

化学成分	Cu	Pb	Zn	Au ¹⁾	Ag ¹⁾	TFe	S	As	Sb	C
含量	1.09	0.051	0.18	0.14	10.87	17.84	1.63	0.02	0.012	1.99
化学成分	Bi	Ti	Mo	Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
含量	0.017	0.048	0.003	1.07	49.53	1.53	16.87	2.01	0.23	0.02

注:1)单位为 g/t,下同

表 2 矿石中铜的化学物相分析结果

相别	氧化铜	次生硫化铜	原生硫化铜	合计
铜含量	0.012	0.04	1.011	1.063
占有率	1.13	3.76	95.11	100.0

2 原则工艺流程确定

矿石中主要的回收对象是以黄铜矿为主的硫化铜矿物,可浮性较好,一般采用浮选方法^[2]。根据矿石性质,硫化铜矿物的粒度呈粗中细粒不均匀嵌布,有部分黄铜矿呈微细粒浸染状嵌布在脉石矿物中,因此,文中考查了不同磨矿细度条件下硫化铜矿物的解离特性,当磨矿细度为-0.074 mm 占 70%时,硫化铜矿物的单体解离度为 59.60%,解离效果较差;随着磨矿细度的提高,其单体解离程度也随之提高,当磨矿细度分别为-0.074 mm 占 80%和 90%时,硫化铜矿物的解离度分别达到 70.54%和 77.92%,解离情况也不理想,主要是连生体与脉石矿物连生,继续提高磨矿细度,单体解离度增幅较小。根据工艺矿物学分析和探索试验研究结果,一段磨矿很难使铜矿物充分的解离,因此可通过一段磨矿浮选获得较高铜回收率的粗精矿,对粗精矿再磨再精选(常规浮选工艺);或者采用一段磨矿后进行快速浮选,使嵌布粒度粗、已经单体解离的铜矿物尽早浮选出来获得高品位铜精矿,再对快速浮选尾矿进行粗选,尽可能提高铜回收率,对粗精矿再磨再精选(快速浮选工艺)^[3-6];下面将对这两个工艺流程进行对比试验研究。

3 试验结果与讨论

3.1 常规浮选条件试验

3.1.1 磨矿细度试验

磨矿细度是浮选工艺的关键参数,为此进行了

矿与闪锌矿、方铅矿共生。

矿石中硫化铜矿物以中细粒为主,在+0.074 mm 粒级中,硫化铜矿物的占有率为 46.93%,在 0.010~0.074 mm 粒级的占有率为 48.12%,在-0.010 mm 粒级中,其占有率为 4.95%。

磨矿细度试验,试验条件为:矿石中含硫不高,无需高碱条件下抑制黄铁矿,添加石灰 1 500 g/t 调节矿浆 pH 值至 10~11,添加水玻璃 500 g/t 作为脉石抑制剂和分散剂,减少易泥化脉石对浮选的影响,Z-200 用量为 32 g/t,起泡剂 BK204 用量为 12 g/t,试验结果见图 1。

图 1 结果表明,粗精矿中铜的回收率随磨矿细度的提高逐渐提高,而精矿中铜的品位呈先下降后增加趋势,当磨矿细度达到-0.074 mm 占 90%以后,铜回收率提高幅度较小,说明此矿石需要细磨才能获得较高的铜回收率,综合考虑磨矿细度选择-0.074 mm 占 90%开展后续试验。

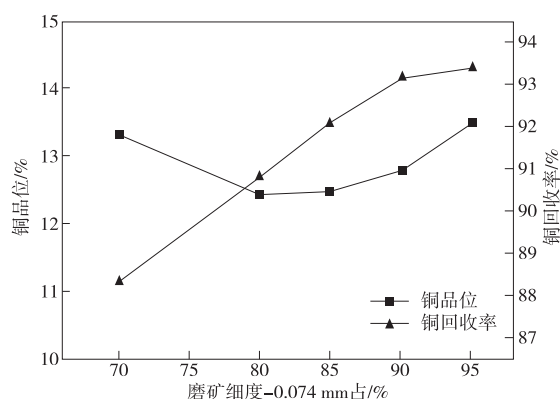


图 1 磨矿细度对铜选矿指标的影响

Fig. 1 Effect of grinding fineness on copper beneficiation index

3.1.2 铜粗选石灰用量试验

在铜浮选时,一般需要添加一定量的石灰作为调整剂,适宜的矿浆 pH 值有利于铜矿物的浮选,同时石灰也是硫铁矿的有效抑制剂,抑制黄铁矿、磁黄铁矿等,铜浮选指标与矿浆 pH 值(石灰用量)关系见图 2,结果表明,在 pH 值为 10~11 范围内,粗精矿中铜回收率较高,此时石灰用量为 1 500 g/t。

3.1.3 铜粗选捕收剂种类试验

黄药类、黑药类和硫氢酯类(以 Z-200 为代表)是硫化铜矿浮选常用的捕收剂,采用乙基黄药、丁基黄药、Z-200 和 BK916 进行了捕收剂种类试验研究,试验结果见图 3。图 3 结果表明,乙基黄药、Z-200 和 BK916 均可获得相近的铜品位和铜回收率,综合考虑选择乙基黄药作为铜粗选捕收剂,其用量为 30 g/t。

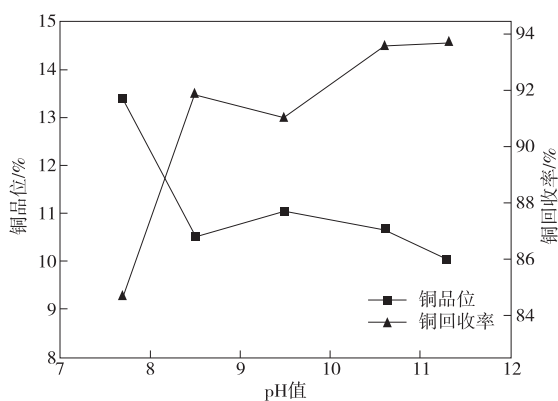


图 2 铜浮选指标与矿浆 pH 值关系

Fig. 2 Relationship between copper flotation indexes and pH values

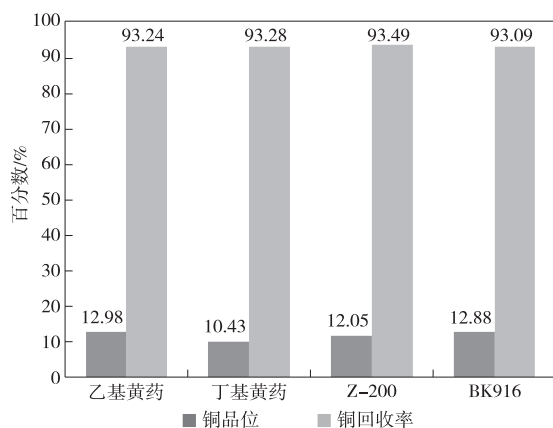


图 3 捕收剂种类试验结果

Fig. 3 Results of collector type tests

3.1.4 铜粗精矿再磨细度试验研究

在粗选磨矿细度为 -0.074 mm 占 90% 条件下,铜矿物的单体解离度只有 77.92%,解离情况不太理想,将影响铜精矿的品位,因此考查了铜粗精矿再磨精选提高铜精矿品位的可行性,试验条件为:石灰 200 g/t 加入磨机,添加水玻璃 200 g/t,采用一次精选作业,进行 -0.038 mm 占 78%、83%、88% 和 91% 的再磨细度试验,试验结果见图 4。从图 4 结果可知,随着铜粗精矿再磨细度的增加,精矿中铜品位逐渐提高,而铜的作业回收率有降低趋势,综合考虑铜品位和铜作业回收率,选择再磨细度为 -0.038 mm 占 83%。

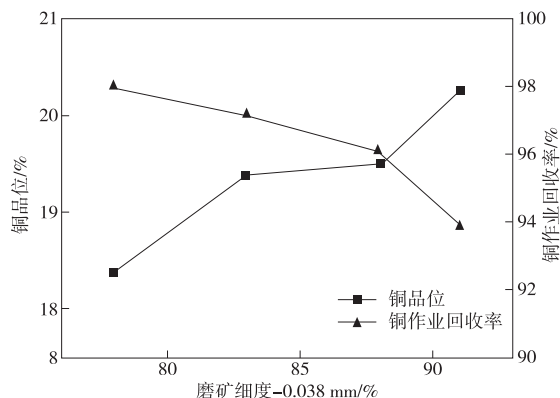


图 4 铜浮选指标与再磨细度关系

Fig. 4 Relationship between copper flotation indexes and regrinding fineness

3.2 快速浮选条件试验

3.2.1 快速浮选捕收剂种类试验

采用快速浮选工艺可以提前浮选出单体解离的硫化铜矿物,获得高品位的铜精矿,而实现快速浮选关键是需要高选择性的铜捕收剂,因此考查快速浮选捕收剂显得特别重要,选择乙基黄药、Z-200、BK916 和 BK901B 进行了对比试验研究,试验采用一次快速粗选和一次精选工艺流程,快速浮选时间为 2 min,试验结果见图 5,由图 5 试验结果可知, BK916 获得的快速铜精矿的铜品位最高,达到 29.32%,表明 BK916 对铜矿物有较高的选择性。

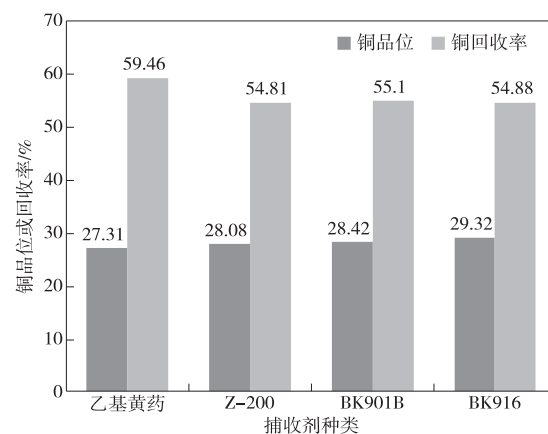


图 5 铜快速浮选捕收剂种类试验

Fig. 5 Collector type tests on copper rapid flotation

3.2.2 BK916 用量试验

BK916 是矿冶科技集团有限公司近年来研发的新型高选择性铜捕收剂,针对 BK916 开展了其用量对快速铜精矿的品位和回收率的影响试验研究,试验采用一次粗选试验流程,试验结果见图 6,由图 6 结果表明,随着 BK916 用量的增加,一次快速浮选

获得的铜粗精矿中铜品位逐渐降低,但铜品位都大于25%,回收率逐渐提高,用量达到8 g/t后趋于稳定,因此铜快速浮选的BK916用量以8 g/t为宜。

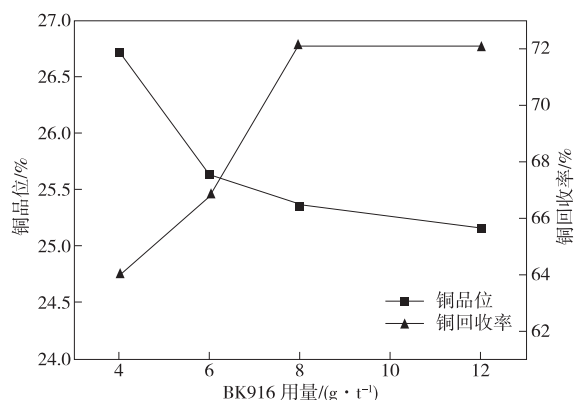


图6 BK916用量对铜快速浮选指标的影响

Fig. 6 Effect of BK916 dosage on rapid flotation index of copper

3.3 闭路试验

对不同工艺方案进行了闭路流程对比试验,铜

常规浮选流程和铜快速浮选流程分别见图7和图8,试验结果见表3。由表3试验结果可知,常规浮选粗精矿不再磨工艺流程可获得铜精矿铜品位20.07%,铜回收率93.03%,其伴生金、银回收率分别为35.76%和66.27%;常规浮选增加粗精矿再磨工艺可显著提高铜精矿品位,获得铜品位为22.16%,铜回收率为93.09%的铜精矿,其伴生金、银回收率分别为43.69%和67.74%,粗精矿再磨之后,伴生金、银回收率也有所提高;采用铜快速浮选工艺可获得一个含铜28.85%的高品位铜精矿,其铜回收率为61.53%,另一个低品位铜精矿含铜18.20%,铜回收率为32.15%,两个铜精矿合计铜回收率为93.68%,其伴生金、银回收率分别为45.33%和68.31%,由此可见,采用选择性铜捕收剂BK916结合铜快速浮选工艺,铜精矿的铜品位、铜回收率和伴生金、银的回收率都有一定幅度的提高,铜精矿铜品位提高约1.87个百分点、铜、金、银回收率分别提高0.59个百分点、1.64个百分点和0.57个百分点。

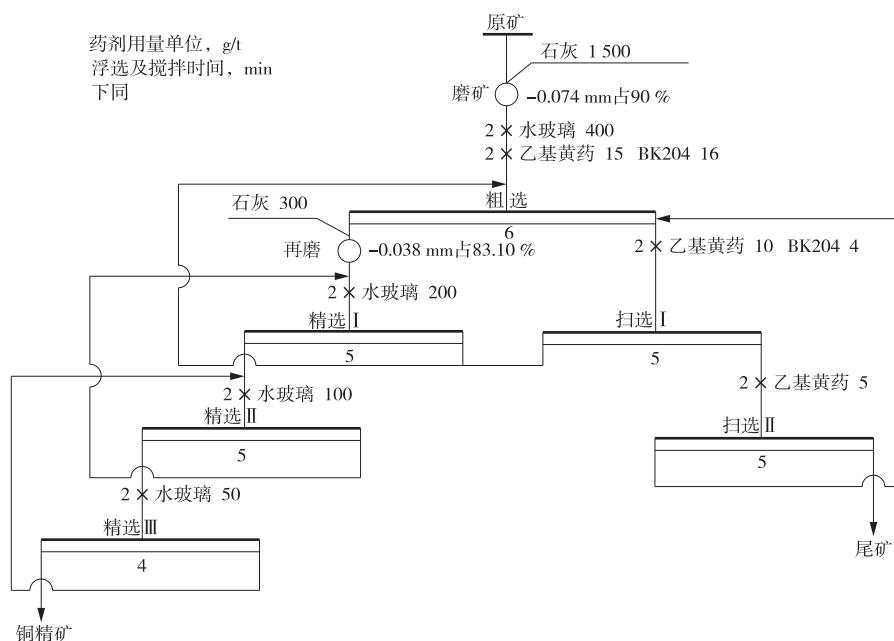


图7 常规浮选工艺闭路试验流程

Fig. 7 Flowsheet of conventional flotation process closed-circuit tests

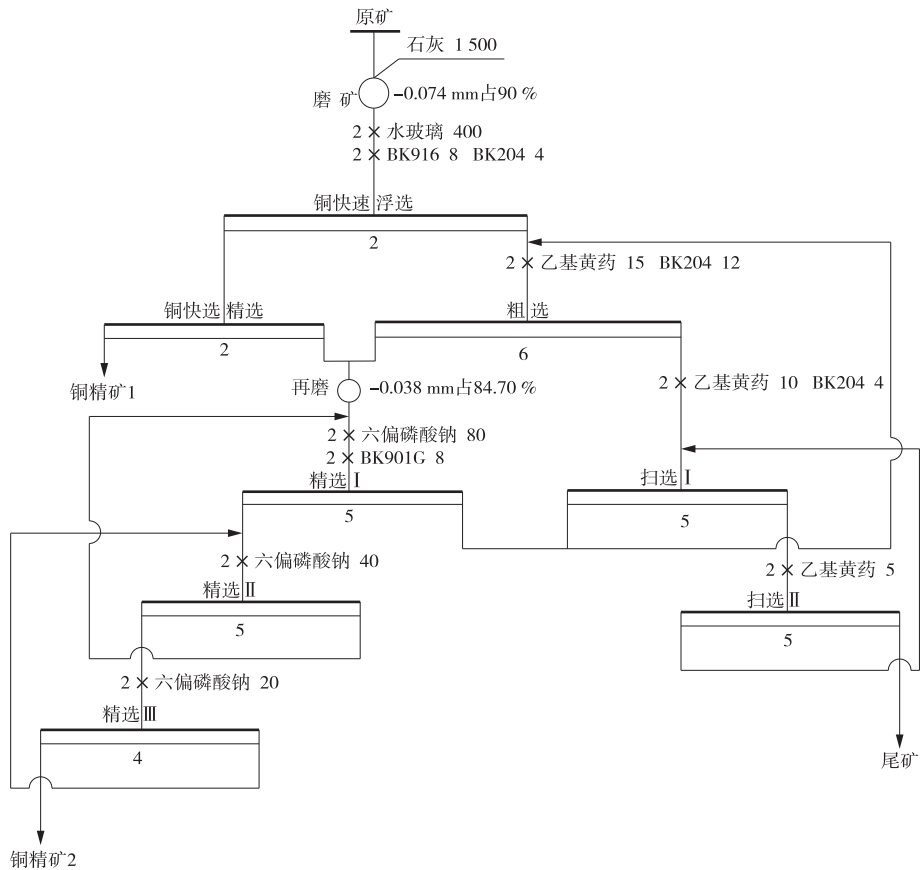


图 8 铜快速浮选工艺闭路试验流程

Fig. 8 Flowsheet of copper rapid flotation process closed-circuit tests

表 3

不同工艺闭路试验结果

工艺流程	产品名称	产率	品位			回收率		
			Cu	Au ⁽¹⁾	Ag ⁽¹⁾	Cu	Au	Ag
常规浮选粗精矿不磨	铜精矿	4.99	20.07	1.06	144.00	93.03	35.76	66.27
	尾矿	95.01	0.079	0.10	3.85	6.97	64.24	33.73
	原矿	100.0	1.08	0.15	10.84	100.0	100.0	100.0
常规浮选粗精矿再磨	铜精矿	4.53	22.16	1.39	158.00	93.09	43.69	67.74
	尾矿	95.47	0.078	0.085	3.57	6.91	56.31	32.26
	原矿	100.0	1.08	0.14	10.57	100.0	100.0	100.0
铜快速浮选工艺	铜精矿 1	2.33	28.85	1.16	196.00	61.53	19.29	42.58
	铜精矿 2	1.93	18.20	1.89	143.00	32.15	26.04	25.73
	总铜精矿	4.26	24.03	1.49	171.99	93.68	45.33	68.31
	尾矿	95.74	0.072	0.080	3.55	6.32	54.67	31.69
	原矿	100.0	1.09	0.14	10.73	100.0	100.0	100.0

4 结论

1) 矿石中主要有价元素铜的品位为 1.09%, 伴生元素金、银的品位分别为 0.14 g/t 和 10.87 g/t; 硫化铜矿物的嵌布粒度呈粗中细粒不均匀嵌布, 部分黄铜矿呈微细粒浸染状包裹在脉石矿物中, 在磨矿过程中难以单体解离, 需要细磨。

2) 针对此矿石开展了铜捕收剂考查和工艺流程结构的试验研究, 进行了常规浮选粗精矿不再磨工

艺、常规浮选粗精矿再磨工艺和铜快速浮选工艺的闭路试验对比, 结果表明, 采用选择性铜捕收剂 BK916 结合铜快速浮选工艺, 可获得铜精矿铜品位 24.03%, 铜回收率 93.68%, 其伴生金、银回收率为 45.33% 和 68.31%; 与常规浮选粗精矿再磨工艺相比, 铜精矿铜品位提高约 1.87 个百分点、铜、金、银回收率分别提高 0.59、1.64 和 0.57 个百分点。

(下转第 135 页)