维普资讯 http://www.cqvip.com

第55卷 第3期
2003年8月

有色金属
NONFERROUS METALS

Vol.55, No.3
August 2003

Mac-10捕收剂优先浮选高硫含铜矿石新工艺

刘广义[1],戴塔根[2],钟 宏[1],王 晖[1],韩仁海[1,2],李 丹[1,2],陈秀斤[1,2]

(1. 中南大学,长沙 410083; 2. 新桥矿业公司技术中心,安徽铜陵 244131)

摘 要:以Mac-10为捕收剂,研究新桥硫铁矿高硫含铜矿石降低药剂成本、提高选矿指标的新工艺。结果表明,在石灰用量3kg/t、矿浆pH 9.5左右、Mac-10用量48g/t的条件下,采用Mac-10优先选铜工艺浮选新桥硫铁矿,可获得铜品位14.28%、金品位16.94g/t,铜回收率84.47%、金回收率34.42%的铜精矿,与黄药工艺相比,铜精矿品位提高3.97%,铜回收率提高1.26%,铜精矿中金的品位和回收率分别提高7.42g/t和8.64%。

关键词:选矿工程;高硫含铜矿石;浮选;Mac-10捕收剂;黄铁矿

中图分类号:TD952; TD923$^+$.7; TD923$^+$.13 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-0211(2003)03-0087-04

新桥硫铁矿是我国第二大硫铁矿基地,矿石储量1.8亿t,年产硫铁矿100万t、铜金属量3000t,副产金300kg、银6500kg。选厂目前在高碱介质中采用黄药优先浮选回收铜,然后硫酸酸化、丁黄药浮选浮铜尾矿回收硫的工艺流程。这种工艺原矿药剂单耗很大(选铜工段石灰消耗超过12kg/t矿石,选硫工段丁黄药消耗超过1.5kg/t矿石,同时消耗大量起泡剂和硫酸),选厂药剂成本过高。公司技术中心曾经与相关单位合作,用选择性比丁黄药更好的捕收剂如丁胺黑药和酯105(硫氮丙腈酯)等进行过优先选铜试验[1],以期降低石灰用量和选矿药剂成本,但未取得理想的效果。

从黄铜矿和黄铁矿的软硬酸碱性出发,结合新桥矿矿石的特点,研究开发出了选择性更好、捕收能力更强的Mac-10捕收剂,在显著降低生产石灰用量和选矿生产药剂成本的前提下,提高铜硫分离效率、提高伴生铜、金等浮选指标。

1 实验方法

1.1 矿样性质

新桥硫铁矿是以黄铁矿为主并伴生铜、金、银等有价组分的大型硫化铁矿床。主要矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿等。金矿物以自然金为主,其次是银金矿。含银矿物为自然银、银金矿、铋银矿和硫铜银矿等。黄铁矿呈他形、自形、半自形,以松散粒状或团块粒状、交代残余体形式存在,一般粒度0.2~5mm,与磁黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿及脉石连生。细粒黄铁矿常呈完好的晶形被包裹于黄铜矿中,磁铁矿、磁黄铁矿、方铅矿等包裹于黄铁矿中。黄铜矿呈他形粒状结构,以星点状、团块状、细脉状分布于脉石中,一般粒度0.1~2mm。与黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、铁闪锌矿、脉石等连生,常包裹有黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、铁闪锌矿等。

1.2 试验程序

试验矿样取自选矿厂皮带样,为两矿样的混合矿,其含铜0.43%左右,含硫34.51%左右。矿样破碎至-2mm,混匀后备用。所用球磨机为XMBΦ200mm×400mm型。每次磨500g矿样,磨矿浓度为50%,磨矿细度为-0.074mm70%。粗选用1.5lXFD-63型单槽浮选机,每次浮选矿样500g;精选用0.5lXFD-63型单槽浮选机。试验用水为选矿厂生产回水,pH值为8.5~9.5,石灰为生产用工业石灰。

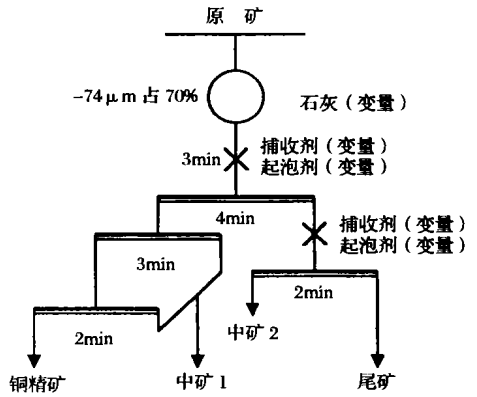


图1 开路浮选试验流程

Fig.1 Flowsheet of opened circuit flotation

收稿日期:2003-05-14

作者简介:刘广义(1974-),男,湖南涟源县人,讲师,博士

维普资讯 http://www.cqvip.com

2 试验结果与讨论

2.1 开路试验

开路试验重点考察矿浆pH值(石灰用量)对浮选指标的影响,流程见图1,试验结果见表1。开路试验结果表明,用Mac-10捕收剂在矿浆pH为8.5～10.5范围内,可取得与丁黄药相近的铜回收率,且铜精矿铜品位比丁黄药工艺提高5%以上。

表1 开路试验条件及试验结果

Table 1 Condition and result of opened circuit flotation experiment

序号	药剂条件/(g·t⁻¹)	产品名称	产率/%	铜品位/%	回收率/%
1	球磨:石灰 12000 粗选:黄药 60 松油醇 80 扫选:黄药 30 松油醇 40 精选:pH>12	铜精矿	3.86	8.48	77.77
		中矿1	4.66	0.634	7.02
		中矿2	2.21	0.353	1.85
		尾 矿	89.27	0.063	13.36
		原 矿	100.00	0.4209	100.00
2	球磨:石灰 16000 粗选:黄药 60 松油醇 80 扫选:黄药 30 松油醇 40 精选:pH>12	铜精矿	3.65	9.30	79.55
		中矿1	4.13	0.532	5.15
		中矿2	1.56	0.467	1.71
		尾 矿	90.66	0.064	13.60
		原 矿	100.00	0.4267	100.00
3	球磨:石灰 2000 pH 8.0 粗选:Mac-10 32 扫选:Mac-10 16 精选:pH 9.0	铜精矿	1.98	16.03	76.10
		中矿1	4.54	0.742	8.08
		中矿2	1.55	0.403	1.50
		尾 矿	91.93	0.065	14.32
		原 矿	100.00	0.4171	100.00
4	球磨:石灰 3000 pH 9.5 粗选:Mac-10 32 扫选:Mac-10 16 精选:pH 9.0	铜精矿	2.16	14.98	76.97
		中矿1	4.49	0.752	8.03
		中矿2	1.65	0.378	1.48
		尾 矿	91.70	0.062	13.52
		原 矿	100.00	0.4204	100.00
5	球磨:石灰 5000 pH 11.0 粗选:Mac-10 32 扫选:Mac-10 16 精选:pH 9.0	铜精矿	1.96	15.95	73.94
		中矿1	4.70	0.694	7.71
		中矿2	1.57	0.438	1.63
		尾 矿	91.77	0.077	16.72
		原 矿	100.00	0.4228	100.00

2.2 闭路试验

在开路条件试验的基础上,按图2所示工艺流程,进行丁黄药和Mac-10药剂的全流程闭路试验,试验条件和结果见表2。

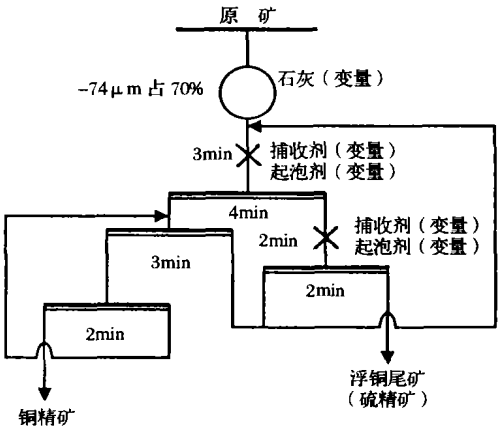


图2 闭路试验流程

Fig.2 Flowsheet of closed circuit flotation

闭路试验结果表明,在矿浆pH为9.5左右,Mac-10用量为48g/t时,可获得铜品位14.28%、金品位16.94g/t,铜回收率84.47%、金回收率34.42%的铜精矿。与对比黄药工艺相比较,Mac-10全优先浮选新工艺的各项指标均有不同程度的提高,其中,铜精矿品位提高3.97%,铜回收率提高1.26%,铜精矿中金的品位和回收率也分别提高7.42g/t和8.64%。

2.3 浮铜尾矿选硫试验

以选铜循环平衡后的浮铜尾矿为给矿,进行硫浮选试验,试验流程见图3,试验结果见表3。试验结果表明,通过硫酸酸化(酸化矿浆pH至7左右),都可从黄药方案和Mac-10方案的选铜尾矿中回收硫,但Mac-10方案选硫成本明显降低。

表2 闭路试验条件和结果

Table 2 Condition and result of closed circuit flotation experiment

方案	药剂用量/(g·t⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
				Cu	Au[1)]	Cu	Au
黄药	球磨:石灰 16000 粗选:黄药 60 松油醇 80 扫选:黄药 20 松油醇 40 精选:pH>12	铜精矿	3.48	10.31	9.52	83.21	25.78
		浮铜尾矿	96.52	0.075	0.983	16.79	74.13
		原矿	100.00	0.4312	1.28	100.00	100.00
Mac-10	球磨:石灰 3000 pH 9.5 粗选:Mac-10 32 扫选:Mac-10 16 精选:pH 9.5	铜精矿	2.56	14.28	16.94	84.47	34.42
		浮铜尾矿	97.44	0.069	0.848	15.53	65.58
		原矿	100.00	0.4328	1.26	100.00	100.00

1)单位g/t。

维普资讯 http://www.cqvip.com

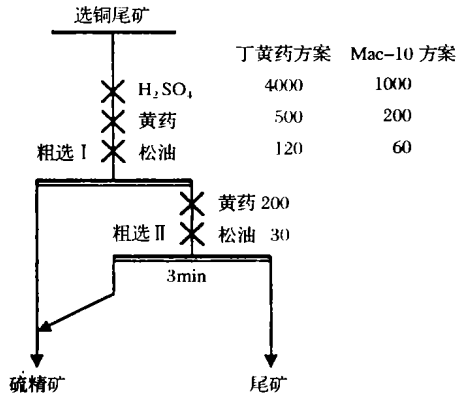


图 3　选硫试验流程

Fig.3　Flowsheet of pyrite flotation

表 3　硫浮选试验结果

Table 3　Condition and result of pyrite flotation experiment

方案	药剂总用量 /(g·t⁻¹)	产品名称	产率 /%	硫品位 /%	回收率 /%
黄药	H_2SO_4:4000 丁黄药:700 松　油:150	铜精矿	3.48	32.29	3.30
		硫精矿	63.38	47.44	88.25
		尾　矿	33.14	8.68	8.45
		原　矿	100.00	34.07	100.00
Mac-10	H_2SO_4:1000 丁黄药:250 松　油:80	铜精矿	2.56	29.74	2.19
		硫精矿	67.89	46.57	91.01
		尾　矿	29.55	8.01	6.80
		原　矿	100.00	34.74	100.00

2.4　讨论

2.4.1　高碱抑制自然金和黄铁矿浮选。新桥硫铁矿伴生金主要以自然金和银金矿存在，且以包裹金为主[2]，嵌布粒度很细。在磨矿细度 −0.074mm 占 70%时，仍有大部分自然金和银金矿未单体解离，这是造成现场选矿金回收率偏低的原因之一。金回收率偏低的另一个重要原因是在黄药优先选铜工艺中使用了大量石灰，使矿浆中羟离子(pH＞12)、钙离子、碳酸钙等含量很大，抑制了金的浮选[3]。有人提出石灰抑制金浮选的电化学机理[4]，氧在金表面还原的中间产物 H_2O_2 把 CaO 氧化为过氧化钙并吸附在金表面，从而阻止捕收剂在金表面的吸附。

高碱介质中，石灰对黄铁矿的抑制作用一是钙以氢氧化钙、硫酸钙或氧化钙等形态吸附在黄铁矿表面，二是高 pH 值，使黄铁矿表面氧化。受石灰抑制的黄铁矿在硫酸酸化时，新鲜表面重新暴露，有利于吸附黄药。另一方面酸化时生成的硫酸钙吸附在黄铁矿表面，矿浆中钙离子越多，生成的硫酸钙越多，吸附在黄铁矿表面的也越多，与黄药的竞争吸附越强烈，要求增大矿浆中黄药的浓度，从而增大黄药的消耗。

而在中等碱性介质中的 Mac-10 全优先浮选工艺，矿浆 pH 为 8.5～10.5，是自然金和硫化铜矿物浮选的适宜 pH 范围，有助于金和铜的回收。而石灰用量为 3kg，比黄药工艺少 13kg，不仅节约石灰用量，减少选铜工段药剂成本，而且减少选硫工段硫酸、丁黄药和松油醇消耗，降低药剂成本。

2.4.2　Pearson 硬软酸碱理论的解释。Pearson 硬软酸碱理论认为，硬酸与硬碱结合，软酸与软碱结合。矿物易接受电子为酸，捕收剂可提供电子为碱。Glembotskii[5]认为，黄铜矿中的铜为软酸，黄铁矿中的铁为硬酸。用 MOPAC 程序包中的 PM3 计算的部分硫化铜矿捕收剂中硫代羰基硫原子的净电荷见表 4。由表 4 可知，丁黄药硫代羰基官能团中硫原子的净负电荷最大，其次是丁胺黑药和酯 105，最小的为 Mac-10。官能团硫代羰基硫原子的净负电荷反映其碱性的相对强弱，净电荷越负，相应的给电子能力越强，碱性越大。Mac-10 硫代羰基中硫原子的净负电荷最小，碱性相对最弱。因此 Mac-10 捕收剂易与黄铜矿作用，而较难与黄铁矿作用，所以 Mac-10 捕收剂既有好的捕收能力，又有高的选择性。四种捕收剂的选择性大小为：丁黄药＜丁胺黑药≈酯 105＜Mac-10。

表 4　捕收剂硫代羰基官能团中硫原子的净电荷

Table 4　Net sulfur atomic charges in thiocarbonyl functional groups of collector

捕收剂	丁黄药	丁胺黑药	酯 105	Mac-10
净电荷	−0.5264	−0.2493	−0.2460	−0.2268

3　结论

新桥硫铁矿采用 Mac-10 优先选铜工艺要求弱碱性或中等碱性(8.5＜pH＜10.5)，为硫化铜矿石和金浮选的适宜 pH 条件，也使后续选硫容易进行，显著降低选矿药剂生产成本，提高铜、金、硫等的选矿指标。在石灰用量 3kg/t、矿浆 pH 9.5 左右、Mac-10 用量 48g/t 的条件下，采用 Mac-10 优先选铜工艺浮选新桥硫铁矿，可获得铜品位 14.28%、金品位 16.94g/t，铜回收率 84.47%、金回收率 34.42%的铜精矿。与黄药工艺相比，Mac-10 优先浮选新工艺铜精矿品位提高 3.97%，铜回收率提高 1.26%，铜精矿中金的品位和回收率分别提高 7.42g/t 和 8.64%。

(下转第 100 页，Continued on p.100)

维普资讯 http://www.cqvip.com

137m³。设备运行2个月,生产测试结果见表2。

表2 KMLZ215/50倾斜板浓密机生产测试结果

Table 2 Results of KMLZ215/50 decline panel thicker operation

给料/(m³·h⁻¹)	给料浓度/%	溢流		底流浓度/%
		含固量/(mg·L⁻¹)	回水率%	
110	1.66	431	86.30	10.2
80	2.01	353	88.64	9.6
120	1.87	457	89.67	10.7
104	2.23	402	87.40	11.3

3 结语

运用倾斜板浓密技术设计的倾斜板浓密机结构简单,大大改善矿浆在浓密机内的流动和分布特性,提高浓密机的容积利用系数,为固体颗粒的沉降创造良好的水力条件,单位占地面积的澄清面积比普通浓密机大3～10倍。斜板板材、板组设计和布置保证斜板板面不因固体颗粒沉积而堵塞,可根据现有地形设计。设备运行可靠,操作、维护简单、方便,特别适用于用地紧张的情况,具有良好的推广前景。

参 考 文 献

[1] 同济大学. 给水工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1980: 285
[2] 黄云平, 富文彬, 潘协文. 倾斜板沉淀池的原理及应用[J]. 中国甜菜糖业, 1998(4): 10
[3] 王文潜. 浅层沉淀原理与斜板浓密设备[J]. 国外金属矿选矿, 1998(5): 5

Application of Decline Panel Technique in Moli Antimony Mine

ZHANG Zhiming[1], *LIU Chaoming*[2], *WANG Jiandong*[2]
(1. *Kunming Metallurgy Research & New Materials Co. Ltd., Kunming* 650031, *China*;
2. *Yunnan Moli Antimony Co. Ltd., Muli* 663304, *Yunnan, China*)

ABSTRACT

Based on the structure and characteristic analysis of the decline panel compressor technique, the application result of two types decline panel compressor in Muli Antimony Mine is described. In the Concentrator of Muli Antimony Co. Ltd., the overflow of ore mud and the purified water with heavy medium, and the overflow of the classifier are treated by KMLZ380/50 and KMLZ-215/50 decline panel compressors. The slurries, with solid contents of 0.8%～1.05% and 1.3%～1.06%, and 68.11% and 54.32% of solid less than 10μm in particle size, and 0.52 and 0.64m/h in settling velocities, are fed in 130～170 and 130～968m³/h, respectively. The solid content in the overflow and underflow from the decline panel compressors are 353～437mg/L and 10%, respectively, and 84.63%～89.67% of water are reused.

KEY WORDS: mineral processing; decline panel technique; application; antimony; compressor

(上接第89页 Continued from p.89)

参 考 文 献

[1] 韩仁海, 王 俊, 王军民. 新桥矿业公司选矿工艺的几项改进[J]. 有色金属, 2002, 54(1): 60
[2] 吴大敏. 新桥矿伴生金银赋存状态及分布规律[J]. 黄金, 2002, 23(2): 16
[3] Allan G C, Woodcock J T. A review of the flotation of native gold and electrum [J]. Minerals Engineering, 2001, 14(9): 931
[4] 郑 昕, 冯其明. 金浮选电化学原理及应用[J]. 矿冶工程, 1995, 15(4): 32
[5] Glembotskii A V. Theoretical principles of forecasting and modifying collector properties [J]. Tsvet Metally, 1978, 51(2): 86

Copper Sulfides Preferential Flotation from Pyrite Ore with Mac-10 Collector

LIU Guangyi[1], *DAI Tagen*[2], *ZHONG Hong*[1], *WANG Hui*[1], *HAN Renhai*[1,2], *LI Dan*[1,2], *CHEN Xiuting*[1,2]
(1. *Central South University, Changsha* 410083, *China*;
2. *Technique Center, Xinqiao Mining Industry Corporation, Tongling* 244131, *Anhui, China*)

ABSTRACT

In order to reduce the regent cost and increase the beneficiation indexes of the floatation of copper ores with high sulfur content from Xinqiao Mining Industry Corporation, Tongling, Anhui, China, a novel ore dressing technology using Mac-10 as collector is investigated. The results indicate that under the condition of 3kg/t lime dosage, slurry pH at 9.5, 48g/t dosage of Mac-10, the copper concentrate with copper grade and recovery 14.28% and 84.47%, gold grade and recovery 16.94g/t and 34.42% respectively is produced by new process, the copper grade and recovery are increased by 3.97% and 1.26% respectively, and for gold in copper concentrate are 7.42g/t and 8.64% respectively, comparing to the current flowsheet.

KEY WORDS: mineral processing; copper ores with high sulfur content; floatation; Mac-10 collector; pyrite