

## 双龙镍蛇纹石矿脱泥浮选试验研究

孙大勇, 孙建喜

(北京华夏建龙矿业科技有限公司, 北京 100070)

**摘要:**针对双龙镍蛇纹石矿进行Ni浮选综合回收试验研究,蛇纹石矿磨矿易泥化,影响Ni浮选指标,通过试验对比表明浮选前需脱泥。探讨摇床脱泥工艺条件,确定了摇床粗选-粗选中矿再选-摇床混合精矿浮选工艺流程。然后通过磨矿细度、浮选药剂制度调整,最终获得了精矿Ni品位8.20%,Ni回收率14.09%的综合利用优良指标。

**关键词:**镍蛇纹石矿;综合利用;脱泥浮选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.01.006

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)01-0025-04

蛇纹石是一种以MgO、SiO<sub>2</sub>为主要成份的矿产资源,在我国有较为丰富的储量,目前主要用于生产氢氧化镁、氧化镁、多孔硅、白炭黑等粉体材料<sup>[1]</sup>。蛇纹石中不同程度地含有Ni、Cr、Co等贵重有色金属成分及铁的氧化物。目前蛇纹石中综合回收金属元素的研究多集中于湿法冶金方面,在选矿方面的研究还较少。在有色金属资源逐渐偏紧的环境下,对蛇纹石矿进行选矿综合开发研究,回收其中有用金属元素具有重要意义。

蛇纹石在磨矿过程中易泥化,泥化矿物间易发生非选择性团聚严重,在有用矿物表面形成罩盖,影响有用元素的回收率及精矿品位<sup>[2]</sup>。董兴旺等对蛇纹石等易泥化矿物对铜镍浮选干扰进行研究,提出脱泥后浮选,能提高浮选指标和降低药剂用量<sup>[3]</sup>。唐敏等通过理论计算和试验研究,发现蛇纹石对镍黄铁矿和非硫化矿脉石矿物粗颗粒表面的黏附是非选择性的,矿泥在有用矿物粗颗粒表面的罩盖黏附力比较大,严重影响浮选指标,应采用先脱泥后浮选的工艺流程<sup>[4]</sup>。本文针对双龙镍蛇纹石矿中Ni综合回收进行研究,从该矿Ni浮选综合回收是否需要预先脱泥及脱泥浮选工艺进行探讨,最终确定回收Ni的适合的工艺流程。

### 1 矿石性质

原矿多元素分析结果见表1。

表1 原矿多元素分析结果/%

Table 1 The results of multi-elements of the ore

| MgO   | SiO <sub>2</sub> | Fe   | Ni   | Co   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | CaO  |
|-------|------------------|------|------|------|--------------------------------|------|------|
| 35.82 | 39.57            | 6.68 | 0.21 | 0.02 | 0.41                           | 0.16 | 0.96 |

通过表1可以看出,该蛇纹石矿主要化学成分为MgO和SiO<sub>2</sub>,另外Ni含量较高,Ni在蛇纹石浸出获得Mg、Fe产品时属于杂质,若能综合回收,在浸出前通过选矿的方法提前回收Ni,既有利于浸出作业,还能获得新的经济效益。

### 2 试验设备、药剂及试验矿样制备

#### 2.1 试验设备及药剂

试验及检测设备:PEX-150 mm×250 mm型颚式破碎机、XPC-Φ200 mm型对辊破碎机、ZBSX-92A型震击式两用振摆筛选机、筒式棒磨机、XFG系列挂槽浮选机。

试验药剂:捕收剂为丁基黄药,起泡剂为松醇油,抑制剂水玻璃。捕收剂和起泡剂均为工业品,抑制剂均为分析纯试剂。试验用水为自来水。

#### 2.2 试验矿样制备

对双龙镍蛇纹石矿破碎,破碎粒度为-3.0 mm,破碎产品经混匀、缩分、取样,分别用于试验研究及

收稿日期:2015-07-06;改回日期:2015-09-23

作者简介:孙大勇(1989-),男,硕士,工程师,主要从事选矿工艺研究。

样品检测。矿样制备流程见图 1。

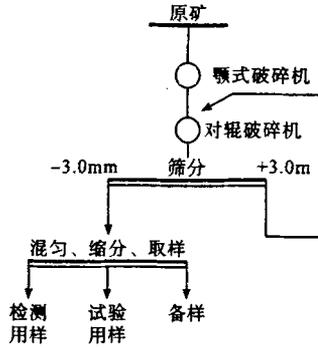


图 1 试验矿样制备流程

Fig. 1 The preparation process of ore samples

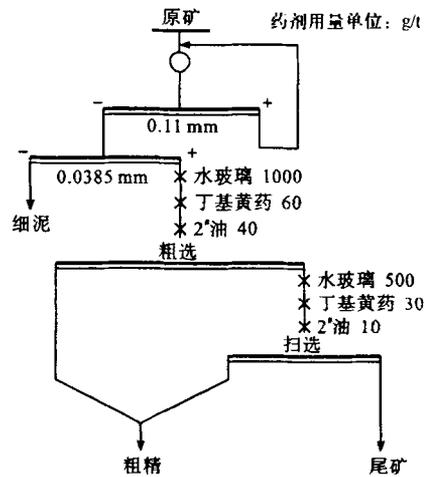


图 3 脱泥试验流程

Fig. 3 Test process of desliming

### 3 脱泥浮选试验条件探讨

#### 3.1 浮选是否脱泥探讨

对原矿进行阶段磨矿,控制磨矿产品粒度为-0.11 mm,分别进行不脱泥浮选试验和脱泥浮选试验,不脱泥探索试验流程见图 2,脱泥探索试验流程见图 3,对比试验结果见表 2。

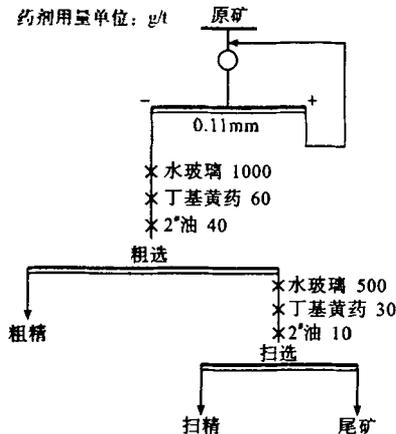


图 2 不脱泥浮选试验流程

Fig. 2 Test process of non-desliming flotation

表 2 对比试验结果

Table 2 Contrast test results

| 工艺流程 | 产品品称 | 产率 /%  | Ni 品位 /% | Ni 回收率 /% |
|------|------|--------|----------|-----------|
| 不脱泥  | 粗精   | 10.21  | 0.22     | 10.89     |
|      | 扫精   | 10.79  | 0.24     | 12.55     |
|      | 尾矿   | 79.00  | 0.20     | 76.56     |
|      | 原矿   | 100.00 | 0.21     | 100.00    |
| 脱泥   | 粗精矿  | 1.70   | 0.86     | 7.30      |
|      | 尾矿   | 58.78  | 0.174    | 21.48     |
|      | 细泥   | 39.52  | 0.22     | 71.22     |
|      | 原矿   | 100.00 | 0.20     | 100.00    |

由表 2 结果可以看出,不脱泥浮选粗精矿产率为脱泥浮选粗精矿产率的 7.11 倍,不脱泥浮选精矿和尾矿品位相差不大,说明浮选并没有有效分离,而脱泥浮选精矿镍品位较高,达到了 0.86%,远远高于原矿,说明脱泥浮选镍得到了富集。并且在试验过程中通过观察浮选试验现象可以看出,不脱泥浮选时浮选泡量极大,有跑槽现象,并且泡很黏,泡上可以明显看到粘了很多细泥;脱泥浮选时,泡较为清爽。从试验现象和试验结果上可以得出,细泥对浮选产生很大的不利影响,导致浮选没有选择性,不能达到富集镍的目的,所以必须选择脱泥浮选。

#### 3.2 脱泥浮选试验条件确定

用重选脱泥的方法,确定浮选粒度为-0.15 mm,分别采用了连续磨矿-摇床脱泥-浮选流程和阶段磨矿-摇床脱泥-浮选流程探索,分为摇床粗料和细料混合进入浮选和只摇床粗料进入浮选,后又根据实际试验情况进行了阶段磨矿-摇床脱泥-摇床中料再摇-浮选,即进行了连续磨矿-摇床脱泥-摇床粗料和中料混合浮选、连续磨矿-摇床脱泥-摇床粗料浮选、阶段磨矿-摇床脱泥-摇床粗料和中料混合浮选、阶段磨矿-摇床脱泥-摇床粗料-浮选、阶段磨矿-摇床脱泥-摇床中料再摇-浮选试验等探索试验,试验结果见表 3。

从表 3 可以看出,摇床粗料和中料混合进入浮选,连续磨矿和阶段磨矿精矿镍品位都很低,只达到了 0.3% 左右,富集效果很不明显,所以摇床粗料和中料混合进入浮选不合理;只摇床粗料进入浮选时,连续磨矿精矿镍的品位和回收率均高于阶段磨矿;

阶段磨矿-摇床脱泥-摇床中料再摇-浮选,此种方式浮选精矿镍和钴品位略低于只摇床粗料进入浮选,但回收率远远高于只摇床粗料进入浮选,所以后续浮选试验条件选择为摇床粗摇-粗摇中矿再摇-粗摇精矿和再摇精矿混合进入浮选。鉴于现浮选精矿品位和回收率均较低,进行浮选药剂制度优化试验。

表 3 摇床脱泥-浮选探索试验结果

Table 3 Exploration test results of table desliming-flotation

| 工艺流程                | 产品名称    | 产率 / % | Ni 品位 / % | Ni 回收率 / % |
|---------------------|---------|--------|-----------|------------|
| 连续磨矿-摇床脱泥-浮选        | 粗精      | 6.25   | 0.30      | 8.93       |
|                     | 摇床粗料和中料 | 93.75  | 0.20      | 91.07      |
|                     | 混合浮选    | 100.00 | 0.21      | 100.00     |
| 连续磨矿-摇床脱泥-摇床粗料浮选    | 浮选粗精    | 2.08   | 0.67      | 6.62       |
|                     | 浮选尾矿    | 97.93  | 0.20      | 93.38      |
|                     | 原矿      | 100.00 | 0.21      | 100.00     |
| 阶段磨矿-摇床脱泥-浮选        | 浮选粗精    | 8.03   | 0.29      | 11.09      |
|                     | 摇床粗料和中料 | 91.97  | 0.20      | 88.91      |
|                     | 混合浮选    | 100.00 | 0.21      | 100.00     |
| 阶段磨矿-摇床脱泥-摇床粗料浮选    | 浮选粗精    | 2.33   | 0.54      | 6.00       |
|                     | 浮选尾矿    | 97.67  | 0.20      | 94.00      |
|                     | 原矿      | 100.00 | 0.21      | 100.00     |
| 阶段磨矿-摇床脱泥-摇床中料再摇-浮选 | 浮选粗精    | 3.39   | 0.52      | 8.40       |
|                     | 浮选尾矿    | 96.61  | 0.20      | 91.60      |
|                     | 原矿      | 100.00 | 0.21      | 100.00     |

3.3 浮选细度、药剂制度优化试验

通过上述试验过程及结果推断,浮选精矿品位及回收率较低的原因应在于磨矿粒度及浮选药剂制度的不合理。将矿石磨至-0.15 mm 进入浮选,粒度较粗,大部分嵌布粒度细的硫化镍矿物没有达到有效单体解离导致浮选精矿品位和回收率较低。药剂制度分析浮选中水玻璃作用:(1)抑制蛇纹石,该矿 75.39% 为蛇纹石,需要加入大量的水玻璃才能起到抑制效果,而水玻璃用量过大时,硫化矿物也会受到抑制;(2)分散矿浆,在脱泥之后,浮选过程中已经没有了细泥的不利影响,水玻璃对矿浆的分散作用已经意义不大。综上两点所述,加入水玻璃不利于保证硫化矿的品位和回收率。由于原矿 Ni 品位较低,在浮选过程中难以被捕收剂有效捕收上来,需加入适量硫酸铜活化。浮选条件优化试验流程见图 4,试验结果见表 4。

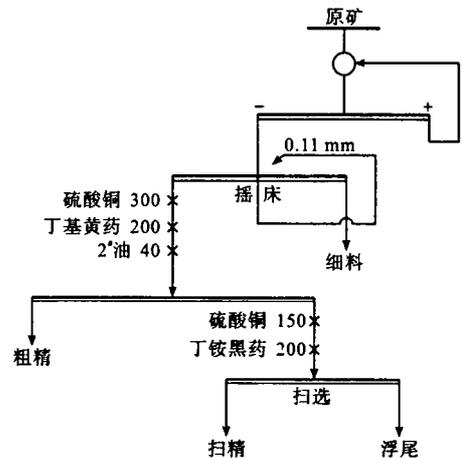


图 4 浮选细度、药剂制度优化试验

Fig. 4 Optimization test of flotation fineness and reagent system

表 4 浮选条件优化试验结果

Table 4 Optimization test results of flotation

| 产品   | 产率 / % | Ni 品位 / % | Ni 回收率 / % |
|------|--------|-----------|------------|
| 粗精   | 0.36   | 8.20      | 14.09      |
| 扫精   | 1.21   | 0.74      | 4.24       |
| 浮尾   | 63.36  | 0.16      | 48.27      |
| 摇床细料 | 35.07  | 0.20      | 33.40      |
| 原矿   | 100.00 | 0.21      | 100.00     |

通过浮选药剂制度优化试验结果可以看出,Ni 的品位有了很大幅度的提高,达到了 8.2%,品位已经达到了优质镍产品的要求;Ni 的回收率也有了一定的提高,但仍较低,可能原因应为 Ni 大部分存在于蛇纹石中,以硫化镍形式存在的 Ni 含量较小。总体来讲,降低磨矿细度和优化药剂制度对 Ni 的回收有很重要意义。

4 结 论

(1)通过脱泥和不脱泥浮选试验对比发现,不脱泥浮选没有富集作用,脱泥浮选 Ni 的品位有了较大的提高。

(2)探索了摇床脱泥浮选条件,确定脱泥浮选工艺流程为摇床粗摇-粗摇中矿再摇-粗摇精矿和再摇精矿混合进入浮选。

(3)通过浮选条件优化试验,即降低磨矿细度、不加抑制剂水玻璃、加入适量活化剂硫酸铜,进行浮选,获得了精矿 Ni 品位 8.20%,Ni 回收率 14.09% 的优良综合利用指标。

(下转 52 页)

紧密伴生辉银矿和角银矿,在浮选回收 Cu 金属的同时,应考虑综合回收伴生银。

(2)由于铜矿物和银矿物构成紧密连生体,因此伴生银可在铜精矿中综合回收,铜精矿的各项选矿指标对伴生银的综合回收影响较为显著。

(3)闭路试验研究结果表明,当将入浮粒度由-0.074 mm 80%放粗到 70%后,可以获得较高的 Cu 金属回收率和 Ag 金属回收率(Cu 金属的回收率增加了 3.32%,Ag 金属的回收率增加了 13.47%),增加了经济效益。

参考文献:

[1]选矿设计手册[M].北京:冶金工业出版社,2007.717-

743.

[2]王毓华,邓海波.铜矿选矿技术编[M].湖南:中南大学出版社,2002.6-9.  
[3]丁淑芳,牛艳萍.某含金、银氧化铜矿选矿试验研究[J].资源开发与市场,2014(8):899-902.  
[4]穆国红.低品位铜矿选矿工艺研究[J].有色金属:选矿部分,2008(3):16-18.  
[5]王吉萍.拉拉铜矿选矿新进展[J].有色金属设计,1993:15-17.  
[6]朱俊士.选矿试验研究与产业化[M].北京:冶金工业出版社,2004.1-8.

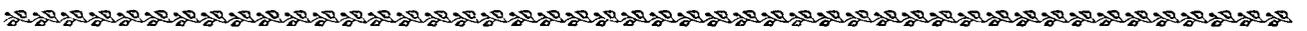
### Study on Comprehensive Recovery of Copper and Associated Silver in a Copper Ore in Sichuan

Xu Youshu

(Sichuan Yisheng Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:**The copper in a copper ore in Sichuan was acted as the main research object. Chalcocite and malachite are the main minerals and a small amount of bornite and chalcopyrite were also included. Silver was the main associated mineral, which has the value of comprehensive recovery. The ore oxidation rate is 25.00%, which belongs to sulfide oxide mixed ore. According to the ore properties, study on comprehensive recovery of the associated silver was carried on. Through the reduction of the grade of copper concentrate, the recovery of copper was increased 3.32% and the recovery of Ag was increased 13.47%. The economic benefit is relatively good.

**Keywords:**Copper ore; Associated silver; Comprehensive recovery; Economic benefit



(上接 27 页)

参考文献:

[1]杨保俊,于少明,单承湘.蛇纹石综合利用新工艺[J].矿冶工程,2003,23(1):47-49.  
[2]马建青,刘星.甘肃金川铜镍矿石中 MgO 对浮选的影响[J].云南地质,2005(4):402-406.

[3]董兴旺,刘俊,郑力,等.铜镍硫化矿浮选预脱泥的试验研究[J].矿产保护与利用,2003(2):28-30.  
[4]唐敏,张文彬.微细粒蛇纹石矿泥在含铂钯铜镍硫化矿浮选中的影响[J].中国矿业,2008,17(4):66-69.

### Experiment Research on Desliming Flotation of Nickel Serpentine Ore

Sun Dayong, Sun Jianxi

(Beijing Huaxia Jianlong Mining Science & Techonology Co., Ltd., Beijing, China)

**Abstract:**Research on the comprehensive recovery of Ni of ShuangLong nickle serpentine ore was carried on. But serpentine ores produce a large number of fine mud after grinding so that flotation indexes of Ni are seriously affected. Desliming is necessary before flotation through comparison test. By Discussing table desliming conditions, the process of table roughing-reelection of middlings-mixed concentrate flotation process is determined. By adjusting grinding fineness and flotation reagent system, good index is obtained and the concentrate grade of Ni is 8.20% and the recovery rate of Ni is 14.09%.

**Keywords:**Nickel serpentine ore; Comprehensive utilization; Desliming flotation