

# 新疆某浸染状氧化铜镍矿选冶联合试验研究

柏亚林<sup>1</sup>, 杨俊龙<sup>1</sup>, 郭艳华<sup>1</sup>, 王军<sup>2</sup>, 何海涛<sup>1</sup>

1. 西北矿冶研究院, 甘肃 白银 730900;  
2. 白银新大孚科技化工有限公司, 甘肃 白银 730900

中图分类号: TD952.1; TD954 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)01-0105-07  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.01.011

**摘要** 新疆某浸染状氧化铜镍矿含铜 0.89%、镍 0.55%, 为了开发利用该矿产资源, 对其矿石性质进行了详细的研究, 结果表明, 该矿石工业类型属于超基性岩风化壳型铜镍矿, 铜主要以孔雀石、硅孔雀石形式存在, 镍主要赋存于绿泥石中。铜、镍氧化率分别为 74.16%、96.57%, 矿石风化严重, 含泥量较大, 属于难选氧化铜镍矿。在矿石性质研究的基础上, 对矿石进行了浮选、搅拌浸出、池浸等方案对比试验研究, 采用池浸回收铜、镍效果较好。当磨矿细度为-0.074 mm 占 45%、矿浆质量浓度为 20%、硫酸用量为 50 g/L、浸出时间为 24 d 时, 铜浸出率可达 81.27%、镍浸出率为 60.32%; 对铜镍浸出液采用铁置换沉铜—中和除铁—硫化法沉镍, 可以获得海绵铜品位 92.05%、铜置换率为 97.35%, 硫化镍中镍品位为 24.32%、镍沉淀率为 86.78%。最终铜的回收率为 79.12%, 镍的回收率为 52.35%, 实现了铜、镍的有效回收。本研究可为该矿山的开发利用提供技术依据, 也可为同类型氧化铜镍矿石开发利用提供参考。

**关键词** 氧化铜镍矿; 选冶联合; 池浸; 铜镍分离

铜、镍是我国重要的有色金属, 在国民经济中占据重要地位。铜具有良好的导电性、延展性和抗腐蚀等特性, 被广泛应用于电气、机械和化工等领域<sup>[1]</sup>。镍具有良好的机械强度、延展性、耐高温以及化学性质稳定等特性, 广泛用于飞机、雷达和导弹等军工业和航空工业。我国铜镍矿主要以硫化铜镍矿为主, 硫化铜镍矿占全国铜镍矿总储量的 86%。随着我国铜镍资源的不断深入开采, 易选硫化矿石越来越少, 矿石逐渐“贫、细、杂”化。为充分利用铜镍矿产资源, 从氧化铜镍矿资源中回收铜镍成为当今研究的重要方向<sup>[2-7]</sup>。

铜镍矿包括硫化铜镍矿和氧化铜镍矿。硫化铜镍矿常用的选矿工艺包括优先浮选法、混合浮选法、混合—分离浮选法、闪速浮选法、酸浸活化—浮选法、电化学调控浮选法和生物浸出法等。目前, 对氧化铜镍矿的回收工艺研究较少, 主要有火法冶金、湿法冶金和选冶联合等三种方法。本文以新疆某浸染状氧化铜镍矿为研究对象, 该矿石铜、镍氧化率高、含泥大, 一直未得到有效的利用。通过对其进行详细的试验研究, 最终确定采用选冶联合工艺, 为实现该铜镍资源的高效分离及回收提供了技术依据。

## 1 矿石性质

### 1.1 原矿多元素及物相分析

代表性原矿取自新疆某矿, 其化学多元素分析结果见表 1, 主要矿物含量见表 2。铜、镍物相分析结果分别见表 3 和表 4。

从表 1、表 2 中可以看出, 矿石中可以回收的元

表 1 化学多元素分析结果 /%  
Table 1 Multi-element analysis of the raw ore

| 组分 | Cu               | Ni                             | Fe    | S    | CaO  | MgO   |
|----|------------------|--------------------------------|-------|------|------|-------|
| 含量 | 0.89             | 0.55                           | 14.80 | 0.25 | 4.50 | 25.54 |
| 组分 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | As    | Cr   | Co   | Mn    |
| 含量 | 36.83            | 6.44                           | 0.05  | 0.18 | 0.01 | 0.15  |

素为铜、镍, 铜含量为 0.89%, 镍含量为 0.55%。金属矿物主要为褐铁矿, 少量硅孔雀石和孔雀石等; 脉石矿物主要为石英及橄榄石、角闪石等含镁硅酸盐矿物。

由表 3、表 4 可知, 铜主要以氧化铜形式存在, 含

收稿日期: 2022-07-27

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFC1907300); 白银市科发[2021]39号(2021-1-9G)

作者简介: 柏亚林(1976—), 男, 甘肃陇南人, 本科, 高级工程师, 主要从事难选矿选冶试验及资源综合利用研究。

表 2 主要矿物含量 /%  
Table 2 The content of the main mineral

| 矿物名称          | 含量  | 矿物名称        | 含量    |
|---------------|-----|-------------|-------|
| 褐铁矿           | 5.0 | 钛铁矿、榍石、白钛石  | 0.2   |
| 孔雀石、硅孔雀石      | 1.2 | 紫硫镍矿        | 0.1   |
| 黄铁矿、镍黄铁矿、磁黄铁矿 | 0.3 | 橄榄石、绿泥石、滑石等 | 50.0  |
| 黄铜矿、铜蓝        | 0.2 | 角闪石等其他脉石    | 41.5  |
| 磁铁矿、磁赤铁矿、赤铁矿  | 1.5 | 合计          | 100.0 |

表 3 铜物相分析结果 /%  
Table 3 The results of copper phase analysis

| 相别  | 硫化铜   | 自由氧化铜 | 结合氧化铜 | 其他   | 总铜     |
|-----|-------|-------|-------|------|--------|
| 含量  | 0.18  | 0.49  | 0.17  | 0.05 | 0.89   |
| 分布率 | 20.22 | 55.06 | 19.10 | 5.62 | 100.00 |

表 4 镍物相分析结果 /%  
Table 4 The results of nickel phase analysis

| 相别  | 硅酸盐镍  | 硫化物镍  | 硫酸镍   | 总镍     |
|-----|-------|-------|-------|--------|
| 含量  | 0.53  | 0.019 | 0.005 | 0.554  |
| 分布率 | 95.67 | 3.43  | 0.90  | 100.00 |

量占总铜的 74.16%，硫化铜含量占 20.22%；镍主要以氧化镍形式存在，含量占总镍的 96.57%，该铜镍矿为典型的氧化铜镍矿石。

1.2 主要矿物嵌布特征

该矿石工业类型为浸染状氧化铜镍矿石，属于超基性岩风化壳型铜镍矿。铜矿物主要为孔雀石  $[\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2]$ 、硅孔雀石  $[\text{Cu}_5\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ ，偶见黄铜矿  $\text{CuFeS}_2$ 、铜蓝  $\text{CuS}$  等硫化铜矿物。孔雀石和硅孔雀石是主要含铜矿物，与褐铁矿、脉石之间关系密切，如图 1 所示。绿泥石扫描电镜能谱微区分析结果见图 2、表 5 所示，通过扫描电镜分析可知，

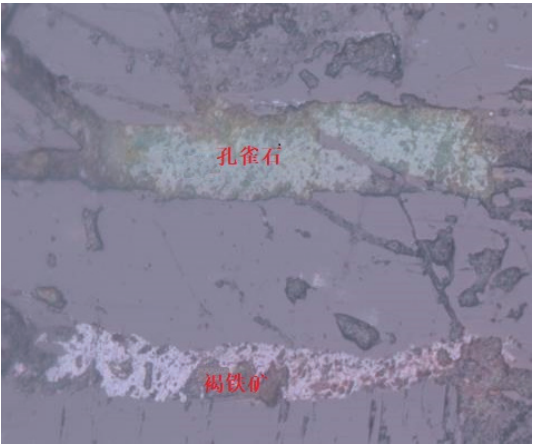


图 1 脉状孔雀石、褐铁矿充填于矿石裂隙中  
Fig. 1 Veined malachite and limonite are filled in ore fissures

镍主要以类质同象形式赋存于绿泥石和少量褐铁矿中，偶见镍黄铁矿和紫硫镍矿。

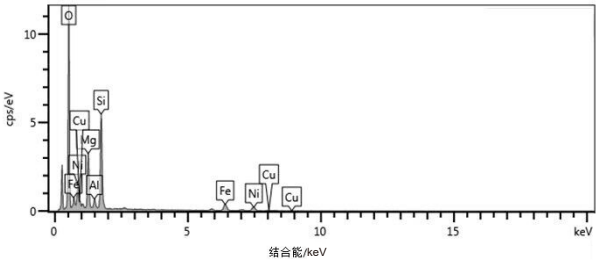


图 2 绿泥石 X 射线能谱分析图  
Fig. 2 X-ray energy spectrum analysis of chlorite

2 试验结果与讨论

2.1 原则工艺流程的确定

由原矿性质研究结果可知，该矿石为氧化铜镍矿，铜的氧化率为 74.16%，镍的氧化率为 96.57%，氧化铜矿根据其矿物成分宜采用浮选或浸出工艺，氧化镍（主要为硅酸镍）采用浮选一般无法回收，多采用火法或湿法冶金工艺进行回收。该矿石铜镍氧化率较高，风化严重，本研究主要针对浮选、搅拌浸出、池浸等三种原则工艺流程进行探索试验<sup>[8-11]</sup>。其中浮选采用硫氧混合浮选工艺，磨矿细度-0.074 mm 占 70%，石灰用量 1 000 g/t、硫化钠 500 g/t、硫酸铜 300 g/t、六偏磷酸钠 500 g/t、丁基黄药 300 g/t、J-622 60 g/t、2 号油 20g/t，其中 J-622 主要成分为酯类、烷基或芳基二硫代磷酸盐及醇类等，是一种对铜镍矿有较好效果的捕收起泡剂；搅拌浸出磨矿细度-0.074 mm 占 80%，浸出时间 8 h，硫酸浓度 60 g/L，矿浆浓度 20%，搅拌速度 300 r/min；池浸磨矿细度-0.074 mm 占 45%，池浸时间 24 d，硫酸浓度 50 g/L，矿浆浓度 20%。三种原则工艺流程对比试验结果见表 6。

由表 6 可以看出，采用浮选工艺流程，铜、镍的回收率均较低，该方案不可行。采用搅拌浸出和池浸均可回收铜镍，搅拌浸出铜浸出率 68.96%、镍浸出率 48.30%，池浸铜浸出率 71.95%、镍浸出率 50.22%。搅拌浸出一次性投资大，对设备要求较高，生产成本较高。池浸相对于搅拌浸出，虽然浸出周期较长，但工艺条件较为简单、投资小、成本低，生产中更易于实现，且对该矿石的铜镍浸出率最高。因此，确定池浸工艺作为该矿石选别的原则工艺。

2.2 池浸条件试验

2.2.1 磨矿细度对铜镍浸出率的影响

常温下将矿石用酸液进行浸泡，一方面考虑与酸的有效接触，另一方面考虑渗透性问题，因此池浸矿石粒度不能太粗亦不能过细。按图 3 工艺流程及条

表 5 绿泥石 X 射线能谱检测结果

Table 5 X-ray energy spectrum results of chlorite

/%

| 矿物名称<br>及编号 | O     | Mg    | Al    | Si    | Fe    | Ni      | Cu       | 总量     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|
| 镍绿泥石 123    | 46.64 | 11.38 | 1.82  | 18.62 | 9.50  | 9.71    | 2.32     | 100.00 |
| 镍绿泥石 124    | 30.01 | 6.67  | 6.66  | 36.50 | 9.20  | 10.96   | /        | 100.00 |
| 绿泥石 126     | 50.11 | 16.58 | 5.69  | 15.90 | 10.82 | 0.90    | /        | 100.00 |
| 绿泥石 127     | 49.67 | 15.72 | 0.42  | 21.39 | 12.80 | /       | /        | 100.00 |
| 绿泥石 128     | 50.95 | 10.46 | 4.63  | 23.32 | 8.83  | 1.35    | 0.42     | 100.00 |
| 含镍绿泥石 130   | 48.96 | 12.78 | 6.97  | 14.84 | 11.21 | 2.37    | 2.87     | 100.00 |
| 绿泥石 139     | 53.01 | 16.98 | 7.82  | 15.58 | 6.61  | /       | /        | 100.00 |
| 绿泥石 148     | 49.49 | 11.16 | 1.66  | 22.84 | 14.85 |         |          | 100.00 |
| 角闪石 137     | 27.27 | 6.57  | 3.83  | 17.02 | 12.48 | C 21.32 | Ca 11.51 | 100.00 |
| 角闪石 146     | 41.25 | 11.57 | 6.81  | 24.23 | 6.93  |         | Ca 9.20  | 100.00 |
| 蛇纹石 149     | 51.70 | 21.23 | 0.60  | 22.40 | 4.08  | /       | /        | 100.00 |
| 蛇纹石 133     | 45.94 | 21.12 | /     | 24.88 | 8.06  | /       | /        | 100.00 |
| 蛇纹石 131     | 53.68 | 21.85 | /     | 20.73 | 3.74  | /       | /        | 100.00 |
| 滑石 134      | 44.98 | 16.30 | /     | 29.78 | 6.47  | /       | /        | 100.00 |
| 高岭土 136     | 54.28 | 5.55  | 13.46 | 21.23 | 3.92  | /       | 1.57     | 100.00 |
| 方解石 150     | 56.04 | /     | /     | /     | /     | C 19.24 | Ca 24.72 | 100.00 |

表 6 原则工艺流程对比试验结果

Table 6 Results of Principle process flow exploration test

/%

| 原则工艺<br>流程 | 产物<br>名称 | 产率     | 品位   |      | 回收率/浸出率 |        |
|------------|----------|--------|------|------|---------|--------|
|            |          |        | Cu   | Ni   | Cu      | Ni     |
| 浮选         | 粗精矿      | 13.92  | 1.45 | 0.62 | 22.67   | 15.66  |
|            | 尾矿       | 86.08  | 0.80 | 0.54 | 77.33   | 84.34  |
|            | 给矿       | 100.00 | 0.89 | 0.55 | 100.00  | 100.00 |
| 搅拌浸出       | 浸渣       | 81.24  | 0.34 | 0.35 | 68.96   | 48.30  |
| 池浸（未磨）     | 浸渣       | 80.52  | 0.31 | 0.34 | 71.95   | 50.22  |

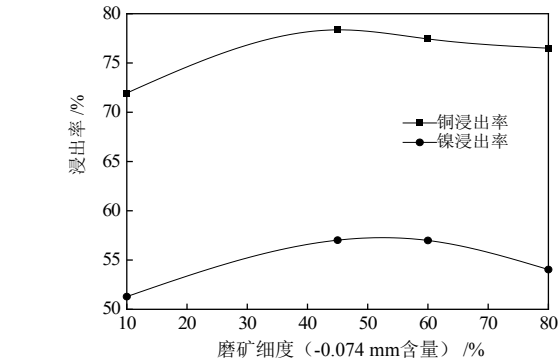


图 4 磨矿细度试验结果

Fig. 4 Results of grinding fineness test

磨矿细度为-0.074 mm 占 45%。

### 2.2.2 硫酸用量对铜镍浸出率的影响

在磨矿细度为-0.074 mm 占 45%、矿浆质量浓度为 20%、浸出时间为 21 d 条件下,进行硫酸用量试验,试验结果见图 5。

由图 5 结果可以看出,硫酸用量对铜镍浸出率影响较大,随着硫酸用量的增加,铜镍浸出率呈上升趋势,当硫酸用量增加到 50 g/L,铜镍回收率不再增加,说明此时硫酸用量已达到饱和。因此,适宜的硫酸用量为 50 g/L。

### 2.2.3 浸出时间对铜镍浸出率的影响

在磨矿细度为-0.074 mm 含量占 45%、矿浆质量浓度为 20%、硫酸用量为 50 g/L 条件下,进行浸出时间试验,试验结果见图 6。

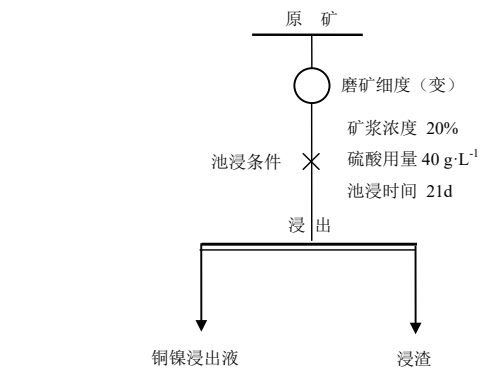


图 3 磨矿细度试验工艺流程及条件

Fig. 3 Process flow and conditions of grinding fineness test

件进行磨矿细度试验,试验结果见图 4。

从图 4 可知,在磨矿细度为-0.074 mm 占 10% 条件下,矿石铜、镍浸出率较低,随着磨矿细度的增加,铜镍浸出率均有所提高,当磨矿细度-0.074 mm 含量超过 45% 时,铜镍浸出率呈下降趋势,这说明磨矿粒度太细,矿石渗透性变差,影响浸出率。因此,适宜的

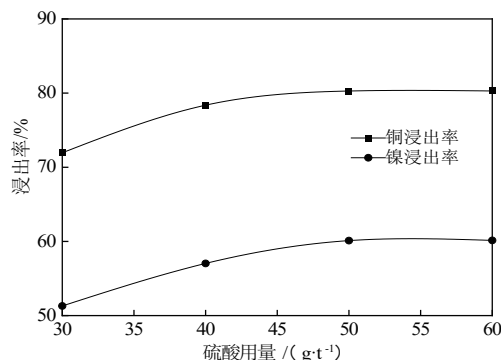


图5 硫酸用量试验结果

Fig. 5 Results of dosage of sulfuric acid

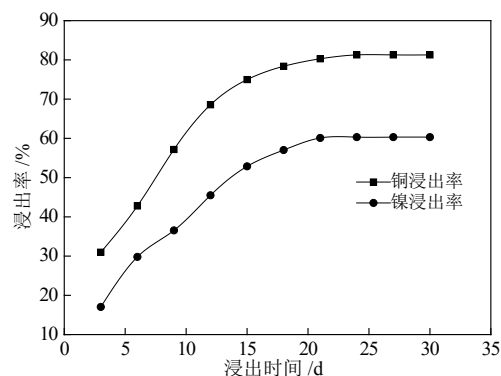


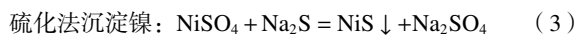
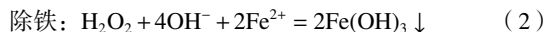
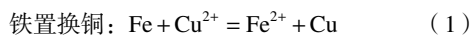
图6 浸出时间试验结果

Fig. 6 Results of leaching time test

由图6可知,随着浸出时间的增加,铜镍浸出率呈增加趋势,当浸出时间超过24 d后,浸出达到平衡,铜镍浸出率变化不大。因此,适宜的浸出时间为24 d。

### 2.3 铜镍分离试验

铜镍浸出液中可供回收的有价金属为铜和镍,干扰金属离子为铁、铝、钙、镁等。铜镍分离通常采用冶金处理方法,如电积—萃取和置换—除杂—沉淀<sup>[12-13]</sup>,由于电积—萃取工艺一次性投资较大,结合现场实际情况,确定采用铁置换铜—除铁—硫化法沉淀镍工艺方案,原则工艺流程见图7,主要反应如式(1)~(3)所示:



#### 2.3.1 铁粉用量对铜置换的影响

本次试验采用还原铁粉作为铜的置换剂进行铜的置换试验<sup>[14-15]</sup>。由于硫酸残余量较大,因此,在置换中还原铁粉应取过量。取1 L池浸液,在保持浸液温度为50℃条件下进行铜置换铁粉用量试验,置换时间40 min,试验结果见图8。

从图8可以看出,随着铁粉用量的增加,溶液中铜离子浓度逐渐降低,铜置换率逐渐升高,当铁粉用量为6 g/L时,置换效果最好。

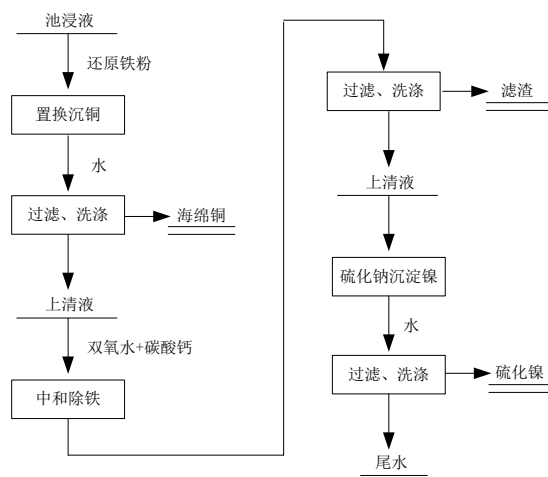


图7 铜镍分离原则工艺流程

Fig. 7 Process flow of separation principle of copper and nickel

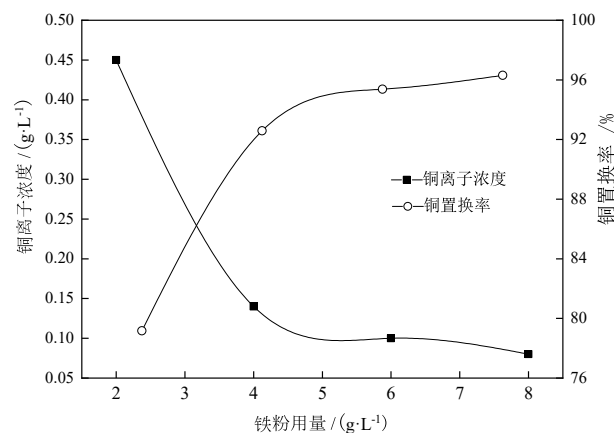


图8 铁粉用量试验结果

Fig. 8 Results of dosage of iron powder

#### 2.3.2 置换时间对铜置换的影响

取1 L池浸液,加入6 g铁粉,在保持浸液温度为50℃条件下进行铜置换时间条件试验,试验结果见图9。

由图9可知,随着置换时间的延长,溶液中铜离子浓度先降低后升高,铜置换率先升高后降低,当置

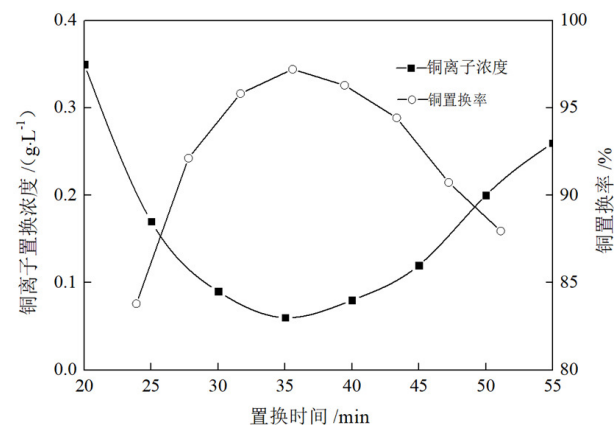


图9 置换时间试验结果

Fig. 9 Results of dosage of displacement time test

换时间为 35 min 时, 溶液中铜离子浓度最低, 铜置换率最高。

2.3.3 铜置换后溶液除铁试验

浸出液进行铁置换铜后, 其溶液中含有较多其他金属离子, 如果直接采用硫化钠沉淀其中的镍, 难以保证硫化镍的品位, 甚至不能产出合格的硫化镍精矿。因此, 对置换铜后溶液进行除铁试验。以双氧水作为氧化剂、碳酸钙粉作为 pH 调整剂, 进行除铁试验, 双氧水用量为 15 g/L, 氧化时间为 30 min, Fe<sup>2+</sup>充分氧化成 Fe<sup>3+</sup>。温度为 50 ℃, 碳酸钙粉用量为 40 g/L, 沉淀时间为 2 h, 除铁试验结果见表 7。

表 7 除铁试验结果  
Table 7 Results of iron removal test

| 浸液离子浓度/(g·L <sup>-1</sup> ) |                  | 置换后溶液中离子浓度/(g·L <sup>-1</sup> ) |                  | 镍损失率/% | 除铁率/% |
|-----------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|--------|-------|
| Ni <sup>2+</sup>            | Fe <sup>2+</sup> | Ni <sup>2+</sup>                | Fe <sup>3+</sup> |        |       |
| 1.20                        | 13.25            | 1.10                            | 6.12             | 8.33   | 53.81 |

由表 7 可知, 使用双氧水+碳酸钙粉进行除铁, 除铁率可达 53.81%, 除铁后镍损失率为 8.33%。

2.3.4 硫化镍沉淀试验

以除铁前含镍贵液和除铁后的含镍贵液作为原料, 分别进行硫化镍沉淀试验, 采用硫化钠作为镍的沉淀剂。通过不同的硫化钠用量、沉淀温度和不同沉淀时间试验对比, 最终确定硫化镍沉淀最佳条件为: 硫化钠用量 5 g/L, 沉淀时间 40 min, 沉淀温度 60 ℃。硫化镍沉淀试验结果见表 8。

表 8 硫化镍沉淀试验结果  
Table 8 Results of nickel sulfide precipitation test

| 沉淀前贵液镍离子浓度/(g·L <sup>-1</sup> ) | 条件      | 沉淀后溶液镍离子浓度/(g·L <sup>-1</sup> ) | 镍品位/% | 镍沉淀率/% |
|---------------------------------|---------|---------------------------------|-------|--------|
| 1.19                            | 不除铁直接沉淀 | 0.13                            | 2.24  | 89.08  |
| 1.07                            | 除铁后沉淀   | 0.02                            | 24.19 | 98.13  |

由表 8 可知, 不除铁直接沉淀, 获得硫化镍品位为 2.24%, 镍沉淀率为 89.08%, 除铁后沉淀可获得硫化镍品位为 24.19%, 镍沉淀率为 98.13%, 除铁沉淀镍的损失率较小。

2.4 全流程闭路试验

根据条件试验确定的最佳条件, 进行池浸—铁置换沉铜—中和除铁—硫化法沉镍全流程闭路试验, 试验工艺流程及药剂制度见图 10, 闭路试验结果见表 9。

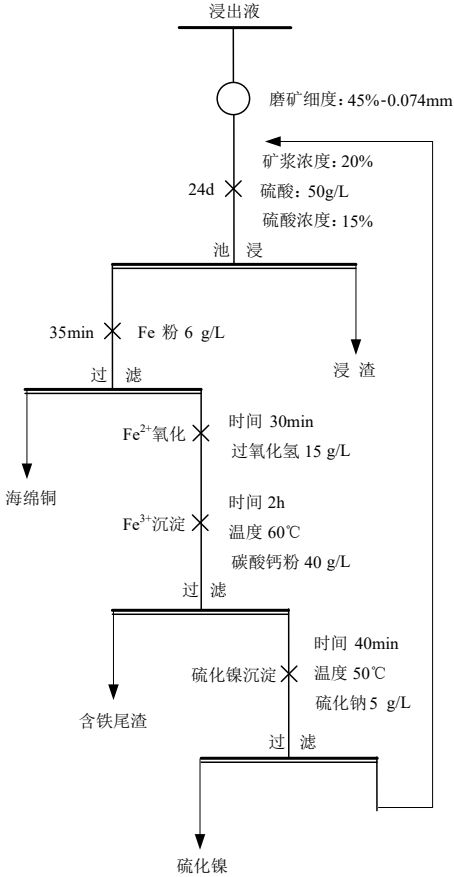


图 10 闭路试验工艺流程及条件  
Fig. 10 Closed circuit test process and conditions

从表 9 中可以看出, 铜的浸出率为 81.27%, 镍的浸出率为 60.32%。对铜镍浸出液采用铁置换沉铜—中和除铁—硫化法沉镍, 可以获得海绵铜品位 92.05%, 铜置换率为 97.35%, 硫化镍品位为 24.32%, 镍沉淀率为 86.78%。最终铜的回收率为 79.12%, 镍的回收率为 52.35%。

表 9 闭路试验结果  
Table 9 Results of Closed circuit test

| 作业名称 | 产品名称 | 产率     | 品位    |       | 回收率    |        |        |        |
|------|------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|      |      |        |       |       | 对作业    |        | 对原矿    |        |
|      |      |        | Cu    | Ni    | Cu     | Ni     | Cu     | Ni     |
| 浸出   | 浸出液  | /      | 2.15  | 1.20  | 81.27  | 60.32  | 81.27  | 60.32  |
|      | 浸渣   | 79.86  | 0.19  | 0.23  | 18.73  | 39.68  | 18.73  | 39.68  |
| 置换沉淀 | 海绵铜  | /      | 92.05 | /     | 97.35  | /      | 79.12  | /      |
|      | 硫化镍  | /      | /     | 24.32 | /      | 86.78  | /      | 52.35  |
|      | 原矿   | 100.00 | 0.89  | 0.55  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

3 结论

(1)该铜镍矿含铜 0.89%、镍 0.55%, 铜氧化率为 74.16%, 镍氧化率为 96.57%, 矿石中金属矿物主要为褐铁矿, 少量硅孔雀石、孔雀石; 脉石矿物主要为石英

及橄榄石、角闪石等含镁硅酸盐矿物。该矿石风化严重,含泥较大,属于较难选氧化铜镍矿。

(2)在池浸原则工艺流程基础上,进行了详细的条件试验研究,确定池浸最佳条件为:磨矿细度-0.074 mm 占 45%,矿浆浓度为 20%,硫酸用量为 50 g/L,浸出时间为 24 d;铜镍分离最佳条件为:铁粉用量 6 g/L,置换时间 35 min,双氧水用量 15 g/L,碳酸钙用量 40 g/L,硫化钠用量 5 g/L。

(3)对该浸染状氧化铜镍矿采用池浸—铁置换沉铜—中和除铁—硫化法沉镍选冶联合工艺,可以获得海绵铜品位 92.05%、铜置换率为 97.35%,硫化镍品位为 24.32%、镍沉淀率为 86.78%。最终指标为:铜的回收率为 79.12%,镍的回收率为 52.35%。

(4)本次试验研究采用选冶联合工艺,实现了铜镍的高效分离回收,获得较好的试验指标,本研究可为该矿山资源的开发利用提供技术依据,也可同类型氧化铜镍矿石开发利用研究提供参考。

## 参考文献:

- [1] 伦绍雄,陆薇宇. 细粒嵌布贫铜镍矿的特征及其对选矿的影响[J]. *武汉工程大学学报*, 2013, 35(11): 32-36.  
LUN S X, LU W Y. Mineralogical feature of lean copper-nickel ore with finely disseminated and its effects on mineral processing[J]. *Wuhan Inst. Tech.*, 2013, 35(11): 32-36.
- [2] 徐风平. 四川会理某铜镍矿选矿试验研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007: 9-12.  
XU F P. Experimental study on beneficiation of a copper-nickel ore in Huili of Sichuan province[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2007: 9-12.
- [3] 谢杰,胡春梅. 国内外硫化铜镍矿选矿现状及未来发展方向[J]. *矿产保护与利用*, 2018(5): 143-150.  
XIE J, HU C M. Current status and future development of dressing technology on the sulfide nickel - copper ore at home and abroad[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2018(5): 143-150.
- [4] 何浩,邵延海. 我国硫化铜镍矿浮选工艺及药剂研究现状[J]. *矿产保护与利用*, 2020(2): 100-104.  
HE H, SHAO Y H. Research status on flotation process and reagent for copper - nickel sulfid ore[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2020(2): 100-104.
- [5] 李滦宁,马玖彤,张凤君,等. 铜精矿中铜镍的浸出研究[J]. *湿法冶金*, 2001, 20(1): 14-17.  
LI L N, MA J T, ZHANG F J, et al. Study on leaching of copper and nickel from copper concentrate[J]. *Hydrometallurgy of China*, 2001, 20(1): 14-17.
- [6] 唐劭禹,许阳芳,杨磊,等. 浮选-磁选联合工艺处理新疆某铜镍矿[J]. *矿产保护与利用*, 2021(5): 90-96.  
TANG S Y, XU Y F, YANG L, et al. Treatment of a copper nickel ore in Xinjiang by flotation - magnetic separation combined process[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2021(5): 90-96.
- [7] 李博文,阳恒,程少逸,等. 金川硫化铜镍矿酸性介质中新型浮选药剂体系研究[J]. *矿产保护与利用*, 2022(2): 25-31.  
LI B W, YANG H, CHENG S Y, et al. Research on the flotation reagent regime of jinchuan copper - nickel sulfide ore in acidic medium[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2022(2): 25-31.
- [8] 朱福良,黄达,于倩倩,等. 铜镍合金中Cu、Ni的选择性浸出研究[J]. *湿法冶金*, 2008, 27(4): 227-229.  
ZHU F L, HUANG D, YU Q Q, et al. Selective leaching of copper and nickel from copper-nickel alloy[J]. *Hydrometallurgy of China*, 2008, 27(4): 227-229.
- [9] 马红周,朱丽芳,袁守谦,等. 用硫酸从含铜镍渣中浸出铜的试验研究[J]. *湿法冶金*, 2013, 32(6): 357-359.  
MA H Z, ZHU L F, YUAN S Q, et al. Leaching of copper from nickel slag containing copper using sulfuric acid[J]. *Hydrometallurgy of China*, 2013, 32(6): 357-359.
- [10] 阮书锋,居中军,李强,等. 活性氧化镁从硫酸盐介质中选择性沉淀镍钴的研究[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2013(9): 1-4.  
RUAN S F, JU Z J, LI Q, et al. Study on selective precipitation on of nickel and cobalt from sulfate medium with active magnesium oxide[J]. *Non-ferrous metal(Smelting part)*, 2013(9): 1-4.
- [11] 吕晋芳,童雄,崔毅琦. 云南低品位铜镍矿选矿试验研究[J]. *矿产综合利用*, 2011(3): 25-28.  
LV J F, TONG X, CUI Y Q. Experimental study on mineral processing technology for a low-grade copper-nickel ore from Yunnan[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2011(3): 25-28.
- [12] 张英,王毓华,汤玉和,等. 某低品位铜镍硫化矿浮选试验研究[J]. *矿冶工程*, 2009, 29(3): 40-42.  
ZHANG Y, WANG Y H, TANG Y H, et al. Experimental study on the flotation of a low-grade copper-nickel sulfide ore[J]. *Ming and Metallurgical Engineering*, 2009, 29(3): 40-42.
- [13] 周颀,廖乾,解振朝,等. 氧化铜钴精矿浸出试验研究[J]. *矿冶工程*, 2016, 36(6): 84-86.  
ZHOU Y, LIAO Q, XIE Z Z, et al. Leaching test of an oxidized copper-cobalt concentrate[J]. *Mining Engineering*, 2016, 36(6): 84-86.
- [14] 李江涛,库建刚,程琼. 某硫化铜镍矿浮选试验研究[J]. *矿产保护与利用*, 2006(1): 37-39.  
LI J T, KU J G, CHENG Q, et al. Flotation experiment study of copper-nickel sulfide ore[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2006(1): 37-39.
- [15] 邢姜,冷红光,韩百岁,等. 红土镍矿湿法冶金工艺现状及研究进展[J]. *有色矿冶*, 2021, 37(5): 27-32.  
XING J, LENG H G, HAN B S, et al. Metallurgical technology situation and research progress of laterite nickel ore[J]. *Non-ferrous Mining and Metallurgy*, 2021, 37(5): 27-32.

## Beneficiation-metallurgy Combined Process for the Disseminated Copper-nickel Oxide Ore in Xinjiang

BAI Yalin<sup>1</sup>, YANG Junlong<sup>1</sup>, GUO Yanhua<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>2</sup>, HE Haitao<sup>1</sup>

1. Northwest Institute of Mining and Metallurgy, Baiyin 730900, Gansu, China;

2. Baiyin Xindafu Technology Chemical Co.Ltd, Baiyin 730900, Gansu, China

**Abstract:** The disseminated copper-nickel oxide ore in Xinjiang contained 0.89% copper and 0.55% nickel. An in-depth study of the ore properties was carried out to develop and utilize this mineral resource. According to the results, the industrial type of ore belonged to ultrabasic rock weathering crust type copper-nickel ore, and copper was mainly in the form of malachite and chrysocolla, and nickel was mainly exsited in chlorite. The oxidation rates of copper and nickel were 74.16% and 96.57% respectively. The ore was severely weathered and contained large mud, which belonged to a refractory copper-nickel oxide ore. Based on the study of ore properties, comparative tests of flotation, agitation leaching and pool leaching were carried out. The results showed that the recovery of copper and nickel by pool leaching was better. When the grinding fineness was -0.074 mm accounting for 45%, the pulp concentration was 20%, sulfuric acid dosage was 50 g/L and leaching time was 24 d, the copper leaching rate was 81.27% and the nickel leaching rate was 60.32%. The copper-nickel leaching solution was treated by a method of copper replacement with iron - iron neutralization -nickel precipitation with sodium sulphide, and the sponge copper grade was 92.05%, copper replacement rate was 97.35%, nickel grade in nickel sulfide was 24.32%, and nickel precipitation rate was 86.78%. Finally, the recovery rate of copper was 79.12%, and the recovery rate of nickel was 52.35%. The process serves as a technical basis for the development and utilization of the mine, as well as a reference for the development and utilization of the same type of copper-nickel oxide ore.

**Keywords:** cupric nickel oxide ore; combination of beneficiation and metallurgy; pool leaching; copper and nickel separation

引用格式: 柏亚林, 杨俊龙, 郭艳华, 王军, 何海涛. 新疆某浸染状氧化铜镍矿选冶联合试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(1): 105–111.

BAI Yalin, YANG Junlong, GUO Yanhua, WANG Jun, HE Haitao. Beneficiation-metallurgy combined process for the disseminated copper-nickel oxide ore in Xinjiang[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(1): 105–111.

投稿网址: <http://hcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: [kcbh@chinajournal.net.cn](mailto:kcbh@chinajournal.net.cn)