

气。硫酸、有色金属和含铁浸渣是主要产品，其他为附加产品。各类商品的比重，按价值分配如下：硫酸占 57 %，有色金属占 23 %，含铁浸渣和磁铁矿精矿占 10 %，电能和蒸气占 10 %。

尾矿加工生产是有利的。建设化工-冶金联合企业基本投资的回收时间在额定的期限内。按浮选-吸附-萃取工艺综合加工尾矿的国民经济效果，据计算，为 1100 万卢布。

不仅加工现行开采矿石的磁选尾矿，而且加工在索科洛夫-萨尔拜矿床开采期间已积存在废石场中的尾矿也具有一定的好处。利用后者作为原料的经济效果大体上与加工现在生产的尾矿一样。

总之，在索科洛夫-萨尔拜采选联合企业的工业试验条件下，对综合加工湿法磁选含硫磁铁矿矿石的浮选-吸附-萃取流程所做的试验表明，这种流程对于从硫化物-磁铁矿矿石中提取与铁伴生的组分，不论从技术观点还是从经济观点来看都是可行的。

王凤岐译自《Горный Журнал》1980. №5,

10—11, 张肇元校

## 滨海采选公司白钨矿中矿 的综合精选方法

Л. И. Тюленева 等

在钨矿石选矿中获得的滨海采选公司的白钨矿中间产品是不合标准的中矿，因为它含硫达 6%、砷达 1.6%、磷达 0.4%。其中砷的基本物质（70—90% 为毒砂），只有 10—30% 为臭葱石；硫包含在硫化矿物（主要是毒砂，磁黄铁矿，黄铁矿）的组分中。

正如试验室研究所表明的那样，按照盐酸浸出或二次浮选的方法来精选滨海采选公司的白钨矿中矿，不能保证获得符合国定全苏标准要求的标准精矿。

通过焙烧从含毒砂及其他硫化铁物质中除去砷和硫的作法是众所周知的。还研究了在受控环境下从毒砂中蒸馏砷。

在白钨矿中矿杂质含量较高时，砷和硫在焙烧中很大程度上可能被除去，但因所含钙盐和铁盐与砷化合成不挥发的化合物——砷酸盐而阻碍了砷的清除。此外，在焙烧物中还保存着全部的磷和以臭葱石形式存在于原始产物中的一部分砷。这就要通过另外的工序来清除它。在这种情况下，盐酸浸出可能是清除残存杂质的最通用的方法。使用这种方法，除了磷外，还能清除钙盐以及铁和砷的氧化物。

因此，可通过综合使用盐酸浸出和焙烧这两道工序来精选中矿。这种综合方法，由于在盐酸浸出时清除了有碍砷的彻底清除的磷、氧化砷以及钙盐和铁盐，并在焙烧时清除了硫化砷和硫，从而使白钨矿中矿的精选质量得以提高。

有两个综合使用这些方法的方案：先盐酸浸出后焙烧；先焙烧后盐酸浸出。第一种方案最好，因为这样就免去了盐酸浸出后再烘干的额外工序。

本文包含以滨海采选公司的白钨矿中矿为例，用盐酸浸出和氧化焙烧的综合方法进行精选的试验室研究结果。所研究的中矿的组分列入表 1。

表 1 白钨矿中矿和精矿的化学组分，%

| 产品  | WO <sub>3</sub> | P    | As   | S    | CaO  | Fe   |
|-----|-----------------|------|------|------|------|------|
| 中矿  |                 |      |      |      |      |      |
| 1   | 59.3            | 0.26 | 1.63 | 5.70 | 16.0 | 7.53 |
| 2   | 67.2            | 0.28 | 0.26 | 2.24 | 17.4 | 3.02 |
| 3   | 60.7            | 0.40 | 0.33 | 2.80 | 15.7 | 4.43 |
| 4   | 54.3            | 0.25 | 0.93 | 3.62 | 17.6 | 4.28 |
| 5   | 46.9            | 0.39 | 0.46 | 2.81 | —    | —    |
| 精矿  |                 |      |      |      |      |      |
| KШ  | 60              | 0.04 | 0.05 | 0.60 | 未测   |      |
| KШТ | 55              | 0.30 | 0.10 | 1.50 | 未测   |      |

注：为了对比而列入 KШ и KШТ 牌号的精矿组分

在热力研究中，利用了在目镜下从白钨矿中挑出的单颗粒的天然毒砂。在盐酸浸出中使用“Ч”牌号的盐酸。盐酸浸出在容积 0.5 升、机械搅拌矿浆的恒温浮选槽内进行。

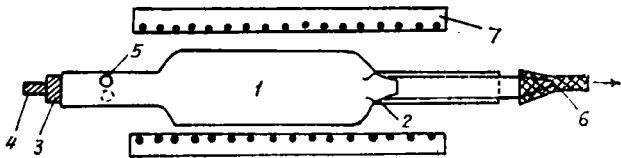


图 1 用于材料焙烧的细颈瓶

1—细颈瓶的工作段；2—石英“裙”；3—橡皮接头；4—搅拌轴；5—工作段通气孔；6—橡皮管；7—电炉

试验是在图 1 所示的装置中进行的。在置于管状炉上的细颈瓶上设一气孔，这样在系统中就造成了受控弱氧化环境。

为了测定焙烧中矿样品的原始参数，在帕乌利克·埃尔杰伊 (Паулик-Эрдей) 衍生系统 (Дериватографа) 的坩埚和园盘中，对单颗粒的毒砂、臭葱石和中矿样品进行了预先测温研究。同时，利用扩散器系统以回收焙烧时分离到气体介质中去的砷化物和硫化物。

利用 PФА、电子显微镜检查以及应用 УРС—50、BS—513 型的“Tesla”电子显微镜和彼尔金·埃耳梅尔—577 ИК 光谱摄影仪等仪器的 ИК 分光镜的方法来控制浸出和焙烧物的相的成分。在浸出试验中应用了 pH—340 型的 pH 仪和其他标准的试验室设备。

按照参考文献 (10) 中阐述的分析方法测定所研究产物中砷、硫、磷和其他组分的含量。

对单矿物颗粒的热分析表明，在与空气有良好接触的情况下，当温度达 400℃ 时，由于矿物的氧化和硫酸铁的形成，样品重量稍有增加 (1.1%)。当温度为 400—490℃ 时，随着样品重量的损耗，可以看出大的放热效应。在 600℃ 时，经烘烤的样品不含毒砂相。铁主要以 α—Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的形式存在。当温度约 600℃ 时，见有硫酸盐的残余形态。提高温度也不能清除焙烧物中的残余砷 (600℃ 时含 2.51%，960℃ 时含 2.8%)。

将重 100 克的白钨矿中矿样品置于恒温浮选槽内，加入 150 毫升的水，把悬浮物搅混并在搅动中加入浓盐酸，使残余浓度达 1.3 H。浸出 1 小时后

从援引资料中可见,在温度达  $400^{\circ}\text{C}$  时,发现样品已经开始分解。在  $\Delta T$ —曲线上记录了不很明显的放热效应,而在  $T\Gamma$ —曲线上记录了样品重量变化的小阶梯。在  $400\text{—}700^{\circ}\text{C}$  温度范围内,样品通常经过两个阶段发生强烈氧化。在差热曲线上可清晰见到第一个氧化放热效应,随后的效应在某些情况下可能由分解吸热效应所综合,在  $\Delta T$ —曲线上并未明显地显示出来,例如中矿的情形。在  $550\text{—}600^{\circ}\text{C}$  温度下,测出样品重量稍有增加。在  $650\text{—}800^{\circ}\text{C}$  温度范围内,在  $\Delta T$ —曲线上见有强烈的吸热效应,在很多情况下样品的重量损耗最大。在白钨矿中矿里的碳酸钙在  $650^{\circ}\text{C}$  时业已开始分解,并在近  $750^{\circ}\text{C}$  时终止。

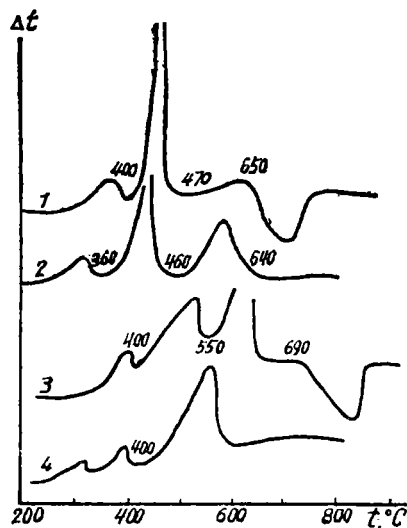


图 2 某些白钨矿中矿样品的 DT 曲线  
1—原始中矿样品 1; 2—浸出后的中矿样品 1;  
3—原始中矿样品 4; 4—浸出后的中矿样品 4  
(1—3 为园盘中的试验, 4 为坩埚中的试验)

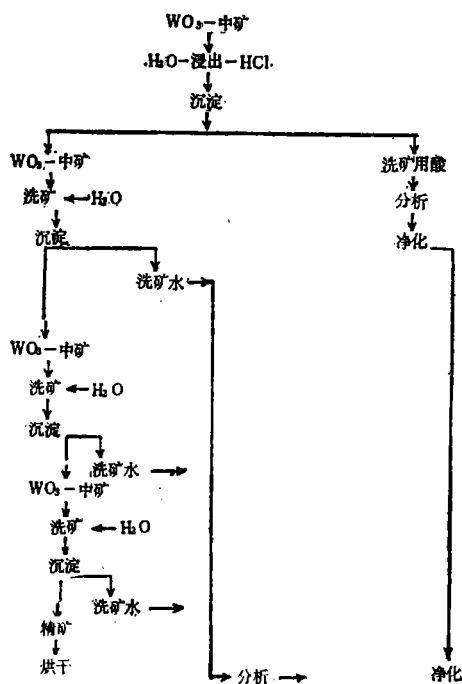


图 3 白钨矿精矿的盐酸浸出流程

表 2 白 钨 矿 中 矿 的 热 分 析 结 果

| 白 钨 矿 中 矿   | 试 验 条 件  |          | 重量<br>变化,<br>% | 杂 质 含 量, %      |       | 效 应<br>性 质* |         |
|-------------|----------|----------|----------------|-----------------|-------|-------------|---------|
|             | 样品<br>容器 | 温度, °C   |                | 持续<br>时间,<br>分钟 | 灰 渣 中 |             |         |
|             |          |          |                |                 | As    |             | S       |
| 未经盐酸浸出的样品 1 | 坩 埚      | 320—360  | 60             | 1.6             | 5.7   | 未测          | (+)     |
|             |          | 400      | 60             | 1.6             | 5.7   | 0.91        | (+)     |
|             |          | 560(600) | 120            | 1.6             | 5.7   | 0.7         | (+ +)** |
|             |          | 650—800  | 60             | 1.6             | 5.7   | 0.73        | (-)     |
|             |          | 920      | 60             | 1.6             | 5.7   | 0.77        | (-)     |
| 经过盐酸浸出的样品 1 | 坩 埚      | 300—360  | 15             | 0.8             | 5.2   | 未测          | (+)     |
|             |          | 400—450  | 15             | 0.8             | 5.2   | 0.75        | (+ +)   |
|             |          | 460—660  | 30             | 0.8             | 5.2   | 0.12        | (+)     |
|             |          | 800      | 30             | 0.8             | 5.2   | 0.06        | (+)     |
| 未经盐酸浸出的样品 4 | 坩 埚      | 380      | 15             | 9.3             | 3.6   | 未测          | (+)     |
|             |          | 420—550  | 30             | 9.3             | 3.6   | 0.87        | (+)     |
|             |          | 550—590  | 15             | 9.3             | 3.6   | 0.65        | (+ +)   |
|             |          | 690—830  | 30             | 9.3             | 3.6   | 0.47        | (-)     |
|             |          | 400      | 15             | 0.50            | 3.1   | 未测          | (+ +)   |
| 经过盐酸浸出的样品 4 | 坩 埚      | 400—500  | 30             | 0.50            | 3.1   | 0.20        | (+)     |
|             |          | 550—680  | 30             | 0.50            | 3.1   | 0.05        | (+)     |
|             |          | 320      | 15             | 0.80            | 5.2   | 未测          | (+)     |
| 经过盐酸浸出的样品 1 | 坩 埚      | 350—540  | 30             | 0.80            | 5.2   | 0.63        | (+)     |
|             |          | 540—580  | 15             | 0.80            | 5.2   | 0.43        | (+)     |
|             |          | 730—830  | 15             | 0.80            | 5.2   | 0.05        | (+)     |
|             |          | 800      | 15             | 0.80            | 5.2   | 0.04        | (+)     |
| 经过盐酸浸出的样品 1 | 坩 埚      | 800      |                | 0.80            | 5.2   | 0.04        | 0.2     |
| 经过盐酸浸出的样品 2 | 坩 埚      | 800      |                | 0.19            | 2.1   | 0.09        | 0.80    |
| 经过盐酸浸出的样品 2 | 坩 埚      | 800      |                | 0.19            | 2.1   | 0.03        | 0.30    |
| 经过盐酸浸出的样品 3 | 坩 埚      | 800      |                | 0.20            | 2.7   | 0.08        | 0.60    |
| 经过盐酸浸出的样品 3 | 坩 埚      | 800      |                | 0.20            | 2.7   | 0.04        | 0.50    |

\* (+) 放热效应, (-) 吸热效应.

\*\* 强烈放热效应.

表 3 白钨矿中矿样品在旋转着的细颈瓶的弱氧化环境下的焙烧结果

| 白 钨 矿 中 矿   | 焙烧条件     |                 | 杂 质 含 量, % |      |     |       |      |     |
|-------------|----------|-----------------|------------|------|-----|-------|------|-----|
|             | 温度,<br>℃ | 持续<br>时间,<br>小时 | 原 料 中      |      |     | 矿 渣 中 |      |     |
|             |          |                 | P          | As   | S   | P     | As   | S   |
| 未经盐酸浸出的样品 1 | 800      | 2               | 0.26       | 1.6  | 5.7 | 0.23  | 0.52 | 1.5 |
| 未经盐酸浸出的样品 3 | 600      | 2               | 0.40       | 0.33 | 2.8 | 0.35  | 0.25 | 1.2 |
| 未经盐酸浸出的样品 3 | 600      | 2               | 0.40       | 0.33 | 2.8 | 0.37  | 0.27 | 1.3 |
| 未经盐酸浸出的样品 5 | 600      | 2               | 0.39       | 0.46 | 2.8 | 0.34  | 0.37 | 1.4 |
| 经过盐酸浸出的样品 1 | 600      | 1               | 0.04       | 0.80 | 5.2 | 0.04  | 0.04 | 0.5 |
| 经过盐酸浸出的样品 3 | 600      | 1               | 0.04       | 0.20 | 2.7 | 0.04  | 0.06 | 0.6 |
| 经过盐酸浸出的样品 3 | 800      | 1               | 0.04       | 0.20 | 2.7 | 0.04  | 0.04 | 0.5 |
| 经过盐酸浸出的样品 4 | 600      | 1               | 0.04       | 0.76 | 3.5 | 0.04  | 0.07 | 0.7 |
| 经过盐酸浸出的样品 4 | 800      | 1               | 0.04       | 0.76 | 3.5 | 0.04  | 0.05 | 0.5 |
| 经过盐酸浸出的样品 5 | 600      | 1               | 0.04       | 0.30 | 2.5 | 0.04  | 0.06 | 0.5 |
| 经过盐酸浸出的样品 5 | 800      | 1               | 0.04       | 0.30 | 2.5 | 0.04  | 0.05 | 0.5 |

在DT—曲线上,可以清楚地发现样品的热特性依其组分和温度纪录条件而产生的变化。这样,在盐酸浸出后便根本不存在碳酸钙的分解效应,而样品4中硫化铁含量的降低造成了盐酸浸出后实际上一个阶段的样品物料的氧化,虽然样品1在良好焙烧条件下经过了两个阶段的氧化作用(曲线2和曲线4)。在中矿盐酸浸出过程中,物料中可能另外出现了硫化物相,以致在随后焙烧时促成了其更强烈的氧化作用。放热效应开始时的温度下降和物料在一个阶段的氧化(曲线4)也表明了这一点。当样品中的扩散阻力下降(在圆盘上进行温度测试)时,最强烈的氧化作用发生在第一阶段及温度较低情况下(曲线1和曲线2)。

从表2数据中得知,在用坩埚焙烧经过盐酸浸出的中矿的情况下,当不能均匀搅拌焙烧物时,残余砷含量有点超过极限允许浓度。此外,当进入的空气有限时,硫便得不到彻底清除。某一数量的硫以硫酸盐的形式残存于物料中。在圆盘里焙烧经过盐酸浸出的中矿时,砷和硫的含量降至所要求的值(分别 $\leq 0.05$ 和 $\leq 0.5\%$ )。但是,在焙烧时过量氧的存在会导致砷的过氧化并形成不挥发的砷化物,因而精矿中砷的含量可能超过 $0.05\%$ 。在焙烧未经盐浸出的白钨矿中矿时,其砷和硫的含量都超出极限允许浓度。

利用所获得的白钨矿中矿的热分析和盐酸浸出资料,我们在求得的最佳温度状态下对经过盐酸浸出的白钨矿中矿进行了一系列的焙烧试验。本着这个目的,把潮湿样品均匀分层放入旋转着的细颈瓶中(见图1)。把细颈瓶工作区温度逐渐增至 $200^{\circ}\text{C}$ ,然后增至 $600-800^{\circ}\text{C}$ ,以便把样品烘干。在弱氧化环境下焙烧两小时,用旋转的细颈瓶进行搅拌。表3中援引的试验结果表明,经过盐酸浸出的焙烧物在温度为 $600^{\circ}\text{C}$ 和均匀搅拌条件下,通过旋转细颈瓶并同时吹入空气的方法,保证获得磷含量 $< 0.04\%$ ,磷 $0.8-0.6\%$ ,砷 $0.08-0.05\%$ 的精矿。将焙烧温度提高到 $800^{\circ}\text{C}$ ,进一步降低了杂质的含量:砷 $\leq 0.05\%$ ,硫 $\leq 0.5\%$ 。

必须指出,由于在盐酸浸出中方解石被浸出,因而提高了钨的品位。钨在盐酸浸出和焙烧中损耗很小。综合处理以后,精选精矿中钨的品位达 $55-60\%$ (原矿中 $45-50\%$ )。

因此,综合采用盐酸浸出和弱氧化环境下的焙烧,有可能精选白钨矿中矿,以获得相当于KШ牌号的精矿。

刘吉成译自《Комплексное использование  
минерального сырья》1980,  
№ 5, 21—27, 王维勇校

## 贫磷块岩矿石的综合利用

Г.Ф.Ранц 等

研制并推广能使矿产资源得到综合利用的高效工艺流程,对开采和加工贫矿石的企业有着特别大的意义。金吉赛普《磷块岩》生产联合公司就属于这样的企业,这个公司开采金吉赛普磷块岩矿床( $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量 $5-7\%$ ,获得优质精矿— $\text{P}_2\text{O}_5$ 达 $30\%$ 的磷粉。利用这种磷酸盐原料,世界上还没有先例。