

冶金工业技术革新资料

第 7

# 向工业垃圾要铜

——用联合选矿法处理含铜工业垃圾

北京冶炼厂

冶金工业出版社

## 毛主席语录

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

### 向工业垃圾要铜

——用联合选矿法处理含铜工业垃圾

北京冶炼厂

随着我国工业生产的迅速发展，工业废渣和垃圾也日益增多。特别是一些大的城市，更显得突出。合理解决废渣、垃圾的综合利用，消除其危害，变废为宝，这对于发展生产，保护环境，多快好省建设社会主义，都具有重要的政治意义和经济意义。

北京市机械、冶金等工厂企业，在生产铜、铜合金以及这些金属熔铸等热加工过程中，每年产出数千吨含有大量铜

的灰土炉渣等工业垃圾。这些工业垃圾含铜品位很高，平均达5~8%，是一笔颇大的财富。我厂的广大职工在批林批孔运动的推动下，认真贯彻“鞍钢宪法”，开展“工业学大庆”的群众运动，自力更生艰苦创业，在有关单位的协助下，花了十四个月时间，用了不到10万元的投资，建成一座日处理25吨含铜工业垃圾的联合选矿法选铜机械化车间。从1974年9月正式投产以来，运转正常，每年可回收杂铜几百吨，仅仅一个月的生产就将建设投资全部收回。同时，这个联合法选铜车间，还解决了过去淘洗法不能处理低品位、细粒（粉状）灰土炉渣以及不能立即废弃尾矿等问题。现将该法介绍如下。

## 一、原 料

含铜灰土炉渣，来源于本市有色冶金、金属材料、机械加工等几十个有关工厂企业，和本厂金属切削铜末、废铜热加工熔炼的炉渣。这些炉渣基本上分为二类：一类是“二遍土”，即有的单位将炉渣经破碎筛分和手工淘洗，把大于2毫米以上的铜粒大部分回收；另一类是铜的熔炼、铸造（包括反射炉、电炉、坩埚熔化）等原渣。

对炉渣进行物质组成分析发现，铜在渣中是以金属铜与锌、铁、铝、铅等元素化合成各种铜合金的形态存在。从反射色来看，可分为紫色、浅紫色、黄色和黄白色四种。其中以紫色、浅紫色和黄色合金（即黄铜和紫铜）为多，约占70%，黄白色合金少。另外还有一部分结合铜，即硅酸铜  $\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2$  或  $\text{CuSiO}_3$ ；亚铁酸铜  $\text{CuO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  和铁酸铜  $\text{CuO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。由于炉渣的长期堆存而被氧化，形成少量氧化铜（以  $\text{Cu}_2\text{O}$  为主）。上述四种不同颜色合金的主要铜，

锌、铁成份的典型定量分析结果见表1。

表1 铜合金主要成份的典型分析

| 合金种类  | 元 素 (%) |      |       |
|-------|---------|------|-------|
|       | Cu      | Zn   | Fe    |
| 紫 色   | 94.94   | 0.21 | 0.72  |
| 浅 紫 色 | 81.34   | 0.88 | 0.86  |
| 黄 色   | 79.85   | 1.63 | 0.75  |
| 黄 白 色 | 66.00   | 2.94 | 10.85 |

由表1看出，紫色合金是含少量杂质的紫铜；其它三种不同颜色的合金，都属含不同数量的铜、锌、铁和铅、锡的合金。四种合金经光谱分析，发现有微量或痕量的镍、钴、铬、锰和钛，在目前情况下，这些金属尚无回收的价值。

灰土渣的成份：碳是以焦炭、石墨（坩埚）、煤渣形态残留或混入渣中，含量为10~20%不等；二氧化硅，含量高达24.86~46.63%；还有钙、镁、铝等氧化物及少量碳酸盐或硫酸盐。另外，原料中还混入大量砖头、瓦片、铁块、木材、纱头等杂物。

原料中铜的平均品位约5~8%，少数高达20%。铜在渣中呈粗细极不均匀包裹体和嵌镶，粗粒一般在10毫米左右，最粗者达30毫米以上（长条状、树枝状），细粒最小到0.003毫米。在炉渣中铜按粒度分布规律是：原渣中大于0.5毫米的金属量占全部金属量79.80~82.48%；“二遍土”中大于0.5毫米的金属量占全部金属量的64.41%。“二遍土”中金属按粒度的典型分布率如表2所示。

表 2 “二遍土” 中金属铜按粒度分布率

| 类别<br>粒度(目) | W          | $\gamma$   | $\beta$    | $\gamma \cdot \beta$ | $\rho$       |
|-------------|------------|------------|------------|----------------------|--------------|
|             | 重 量<br>(克) | 产 率<br>(%) | 品 位<br>(%) | 部 分 金 属<br>量         | 金属分布率<br>(%) |
| +4          | 93.50      | 14.65      | 8.30       | 121.50               | 13.41        |
| +6          | 50.50      | 7.85       | 25.06      | 195.00               | 21.60        |
| +8          | 42.80      | 6.70       | 19.42      | 130.00               | 14.40        |
| +20         | 95.00      | 14.95      | 9.12       | 135.10               | 15.02        |
| +60         | 129.10     | 20.30      | 7.48       | 152.00               | 16.81        |
| +80         | 43.80      | 6.86       | 4.82       | 33.00                | 3.61         |
| +100        | 27.00      | 4.24       | 5.32       | 22.60                | 2.50         |
| +120        | 35.00      | 5.48       | 4.82       | 26.40                | 2.92         |
| +170        | 17.60      | 2.76       | 4.92       | 13.60                | 1.52         |
| +200        | 16.00      | 2.51       | 4.74       | 11.86                | 1.31         |
| -200        | 88.20      | 13.80      | 4.54       | 62.60                | 6.90         |
|             | 638.50     | 100.00     | 9.03       | 903.66               | 100.00       |

## 二、炉渣选铜特点

1. 由于铜在炉渣中呈粗细极不均匀包裹体或嵌镶，在破碎过程中，2~10毫米以上的铜（占全部铜47.66%）已和炉渣分离，为了避免金属过于粉碎而造成金属的流失，必须在磨矿前将已单体分离的金属回收，所以在工艺中采用阶段破碎，阶段选别的原则。

2. 灰土炉渣中，铜和渣的比重相差很大，其等落系数达5.48，因而采取跳汰、摇床等重力选矿方法回收大于0.3毫米以上单体铜，其效果是比较好的。同时金属铜的可浮性能极好，故细粒部分则采用浮选方法进行有效回收。在原料中（包括“二遍土”和原渣），大于0.5毫米金属铜的含量分别达64.41%和79.80~82.48%，用重选方法可以回收其中的60~70%。因此，生产中选用了“重选回收，浮选把关”

的原则。

3. 原料中残存和混入大量的焦炭、煤渣、石墨等，在浮选时，由于它们的可浮性比金属铜还好，即在不捕收剂时，只加入少量起泡剂，经充气搅拌，就可上浮。因此，为了避免大量的含碳物质混入精矿，保证浮选精矿品位，则必须在浮铜前先除掉碳。浮碳时，铜会被碳挟带上浮，故在浮碳时，一定要控制铜的上浮。为此，除合理选择捕收剂和控制浮碳时间外，还采用了低浓度浮选等措施来达到铜碳分离。

表 3 “二遍土”选碳小型试验结果

| 时 间<br>(分) | 碳上浮量<br>(%) | 碳精矿品位<br>(%) | 碳精矿含铜量<br>(%) | 铜在碳精矿中<br>作业损失率<br>(%) |
|------------|-------------|--------------|---------------|------------------------|
| 2          | 70.49       | 45.87        | 1.73          | 1.94                   |
| 4          | 83.60       | 39.05        | 2.47          | 3.86                   |
| 6          | 87.86       | 33.18        | 2.94          | 5.69                   |
| 8          | 89.90       | 30.80        | 3.16          | 6.75                   |
| 10         | 90.96       | 29.66        | 3.29          | 7.36                   |
| 12         | 91.56       | 29.04        | 3.39          | 7.73                   |

从上表中可以看到，开始时碳上浮速度快，随着时间延长，而上浮速度变慢。铜在碳中的损失亦随时间延长而增加。如果选碳时间控制在5分钟内，铜在碳精矿中的含量为2.78%，作业损失率为4.96%，对原渣损失率不超过3.5%。对原渣亦作同样试验，浮碳时间为6分钟时，碳上浮量达80%以上，而铜在碳精矿中的损失（对原渣）不超过1%。

在生产实践中，选碳时间开始采用约2~3分钟，则铜精矿中由于含碳量高，其品位只达8.6~10%；而选碳时间延长到6~7分钟后，则铜精矿品位提高到13.37~17.84%，这时铜在碳精矿中的损失率（对原渣）1.84%，故适当延长除

碳时间来提高铜精矿品位是可行的。

4. 铜炉渣浮选时捕收剂——黄药的用量大大超过其硫化矿的用量,图1是小型粗选试验中丁基黄药用量变化情况:当黄药用量在400克/吨以下时,粗选回收率仅达30%以下,

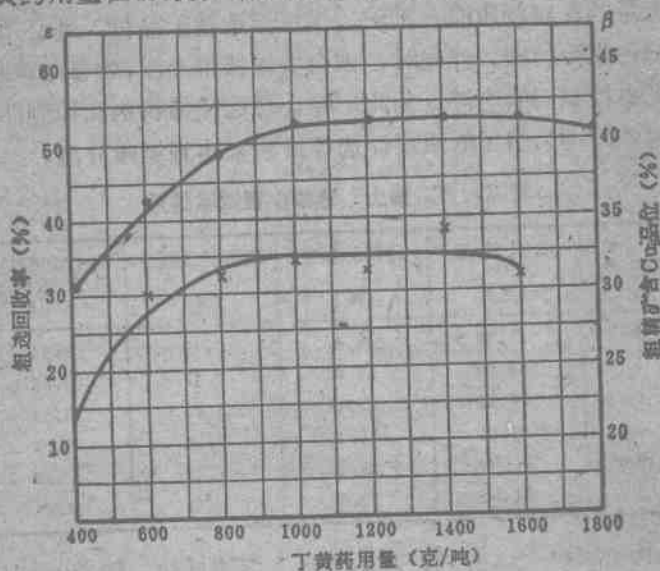


图1 选别“二遍土”时丁黄药用量与回收率、品位关系曲线

只有当黄药用量达1000~1200克/吨时,才能获得较高的回收率和精矿品位。

由图2可见,选别原渣时,黄药用量亦在1000~1400克/吨时,获得较高的回收率和精矿品位。

生产实践中证明:当黄药用量低于200克/吨时,泡沫颜色几乎是白色的,铜基本没有上来,其粗选作业回收率在30%左右。当黄药用量约达500克/吨时,泡沫颜色立即呈

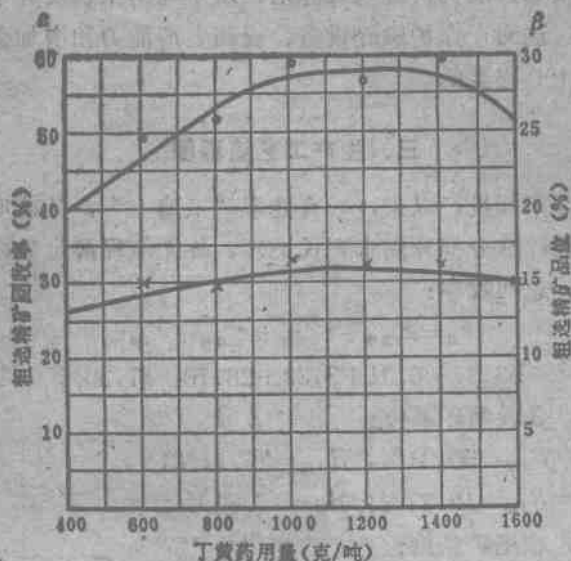


图 2 选别原渣时丁黄药用量与回收率、品位系数曲线

褐色，其作业回收率达50~60%以上。

黄药用量大的原因分析如下：（1）由于炉渣含铜品位比硫化矿高出6~8倍，故捕收剂用量远远超过硫化矿浮选时的用量。（2）由于除碳效率仅在70~80%，因此，矿浆中仍有大量极细碳粒，使其可浮性物质比表面增加而吸附大量捕收剂。（3）分级机溢流先经矿泥摇床进行一次粗选一次扫选，故进入浮选时矿浆浓度只达10~15%，因而浮选药剂用量亦增大。（4）由于原料堆存时间长，故铜氧化较严重，因而捕收剂耗量亦增大。由于以上4个原因，造成炉渣浮选时，捕收剂、起泡剂用量远远超过硫化矿浮选时的用量。

5. 原料中混入大量砖头、瓦片、石块、铁块、木材、



纱头等杂物，故物料进入破碎前，用手选出杂物及大于30毫米铜块，这对于保护破碎设备、提高生产能力和增加金属回收都是十分必要的。

### 三、生产工艺流程图

这个车间投产以来，一直处理“二遍土”，其粒度 $<10$ 毫米，破碎筛分部分尚未正式运转，故无流程测定数据。

#### 1. 总回收率：

$$\begin{aligned} e_{\text{总}} &= e_{1\text{筛分}} + e_{2\text{筛分}} + e_{3\text{筛分}} + e_{\text{浮选}} \\ &= 53.37 + 6.91 + 3.32 + 23.70 = 87.30\% \end{aligned}$$

#### 2. 各段精矿品位：

$$\beta_{1\text{精}} = 50.31\%; \quad \beta_{2\text{精}} = 26.11\%;$$

$$\beta_{3\text{精}} = 19.27\%; \quad \beta_{\text{浮}} = 17.83\%$$

#### 3. 总尾矿品位：

$$\beta_{\text{尾}} = 1.43\%$$

原 料 流 程 图

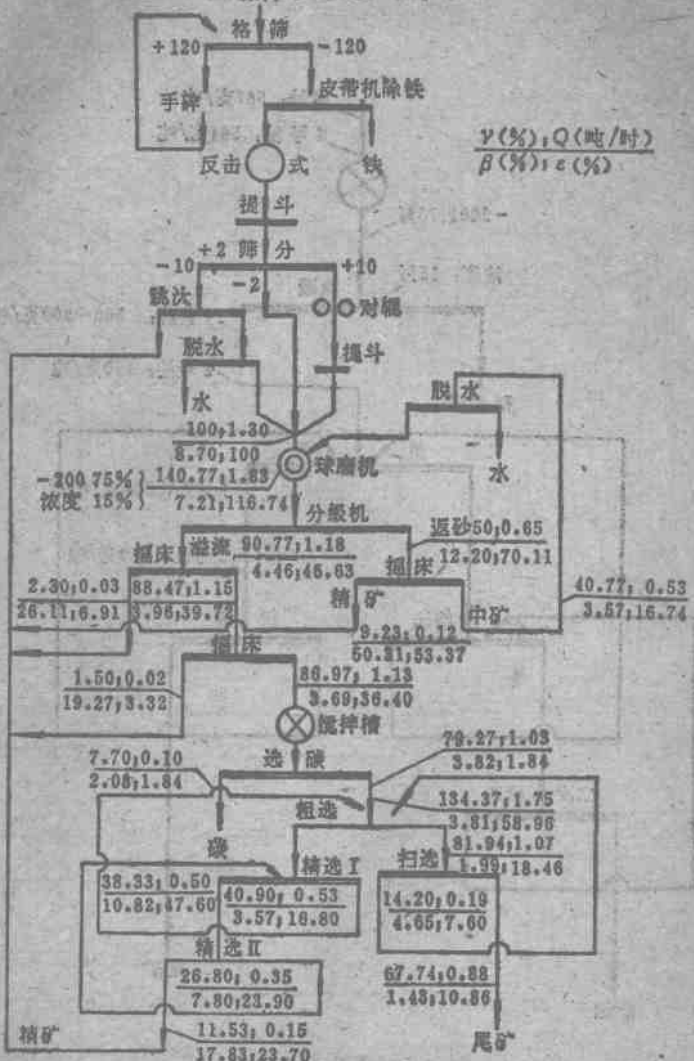


图 3 生产工艺流程图

#### 四、生产浮选药剂制度

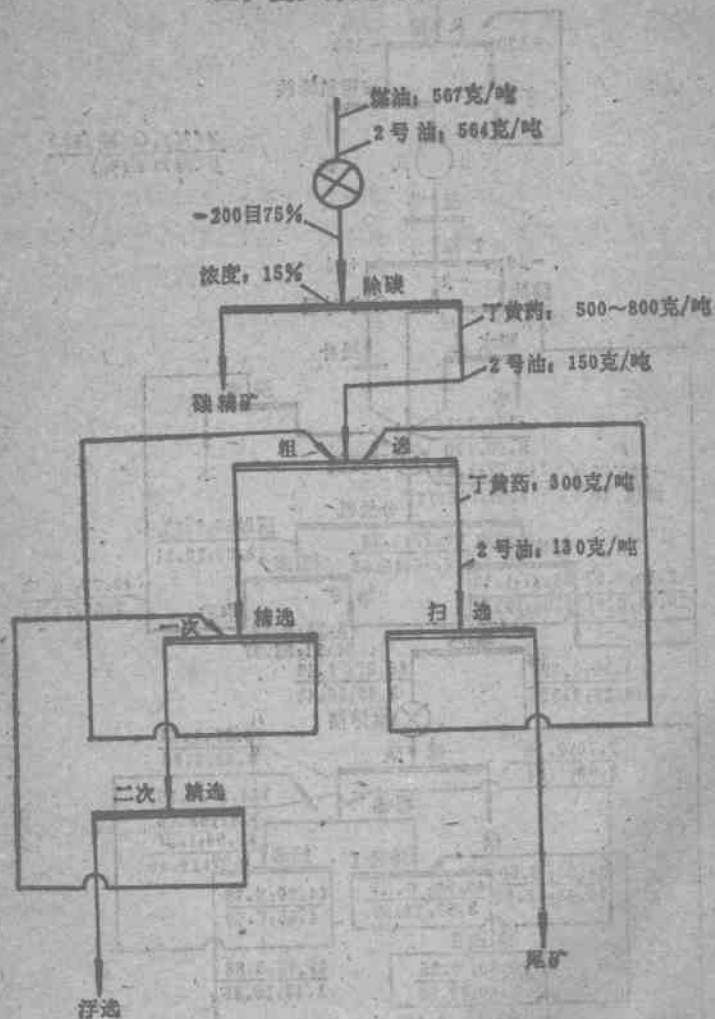


图 4 浮选药剂流程图

### 五、生产设备流程图

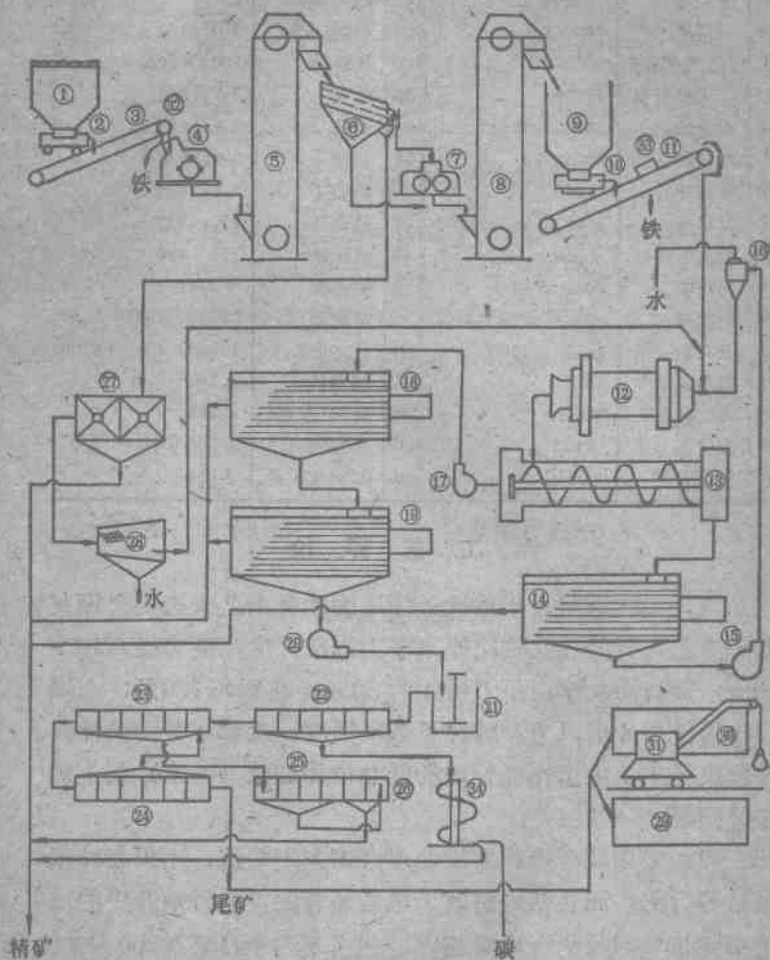


图 5 生产设备流程图

| 编号 | 名称     | 规格型号           | 编号 | 名称     | 规格型号              |
|----|--------|----------------|----|--------|-------------------|
| ①  | 原料仓    | 2000×2000×1000 | ⑮  | 粗砂摇床   | 6S型               |
| ②  | 给料机    | 往复式            | ⑯  | 细泥摇床   | 6S型               |
| ③  | 皮带机    | 500×9500       | ⑰  | 砂泵     | 2SPA              |
| ④  | 反击式破碎机 | 300×400        | ⑱  | 搅拌槽    | 1000×1000         |
| ⑤  | 斗式提升机  | D250           | ⑲  | 选磷     | 3A, 6槽            |
| ⑥  | 振动筛    | 690×1200       | ⑳  | 粗选     | 3A, 6槽            |
| ⑦  | 对滚机    | 400×250        | ㉑  | 扫选     | 3A, 6槽            |
| ⑧  | 斗式提升机  | D250           | ㉒  | 精选I    | 3A, 4槽            |
| ⑨  | 粉料仓    | 1500×1000×2000 | ㉓  | 精选II   | 3A, 2槽            |
| ⑩  | 圆盘给料机  | φ600           | ㉔  | 跳汰机    | 300×450           |
| ⑪  | 皮带机    | 500×9000       | ㉕  | 脱水筛    | φ300×φ500×1200    |
| ⑫  | 球磨机    | 1000×1200溢流型   | ㉖  | 沉淀池    | 15000×4500×1200   |
| ⑬  | 分级机    | φ500×4000      | ㉗  | 沉淀池    | 15000×4500×1200   |
| ⑭  | 粗砂摇床   | 6S型            | ㉘  | 挖泥机    | 0.2米 <sup>3</sup> |
| ⑰  | 2吋砂泵   | 2SPA           | ㉙  | 除铁(永磁) | φ580              |
| ⑱  | 旋流器    | φ125           | ㉚  | 永磁铁    | φ300              |
| ⑲  | 砂泵     | 1PSB           | ㉛  | 螺旋选矿机  | φ600              |

## 六、工艺评价

1. 实践证明,用重选—浮选联合工艺来选别含铜灰土炉渣是可行的,此法比原来手工淘洗,生产能力提高10~15倍;金属回收率由手工操作的50%提高到87.30%;金属回收量提高4倍以上。减轻了劳动强度,改善了劳动条件。并解决了手工生产不能处理的低品位和细粒(粉末)灰土炉渣等问题。

2. 采用联合选矿方法处理含铜灰土炉渣,不但在技术上是可行的,而且其经济效果也是显著的,就目前我厂的这个车间每年回收的金属量而言,相当于一个日采选200~300吨规模的硫化铜矿山,然而在投资、建设速度、人力各方面

都比建一个矿山要节约得多。其比较见表4。

表4 相当产量的回收车间与矿山比较

| 比较项目<br>类别 | 处理能力<br>(吨/日) | 原料(矿)<br>品位(%) | 年产铜量<br>(吨/年) | 投资<br>(万元) | 工人数<br>(名) | 建设时间<br>(年) |
|------------|---------------|----------------|---------------|------------|------------|-------------|
| 回收铜车间      | 25            | 8              | 400~600       | 10         | 40         | 1~1.5       |
| 硫化铜矿山      | 200~300       | 0.8            | 400~600       | >100       | >500       | >3          |

### 七、存在问题及探讨

用联合选矿方法处理含铜灰土炉渣，是一个新的尝试，故还缺乏经验，因此存在下列问题有待研究解决。

1. 尾渣含铜品位仍在1.43%，相当于矿石可采品位的三倍左右。生产中尾渣品位有时亦可降到0.8~0.9%，回收率提高到91.16~91.94%，但此指标极不稳定。故我们着重研究了尾矿品位高的原因，并分析如下：

(1) 由尾矿(渣)筛析资料可以清楚地看出，金属损失大部是在-200目以下，约占总金属量的84.90%，如表5所示。

表5 尾渣中金属按粒度分布规律

| 筛孔网目<br>类别 | 重量<br>W(克) | 产率<br>$\gamma$ (%) | 品位<br>$\beta$ (%) | 金属量<br>$\gamma \cdot \beta$ | 金属分布率<br>$\rho$ (%) | 金属分布率累计<br>(%) |
|------------|------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|
| +100       | 4.80       | 2.34               | 0.88              | 2.06                        | 1.37                | 1.37           |
| +120       | 13.30      | 6.42               | 1.11              | 7.08                        | 4.68                | 6.05           |
| +170       | 16.70      | 8.15               | 1.16              | 9.45                        | 6.19                | 12.24          |
| +200       | 7.10       | 3.46               | 1.25              | 4.33                        | 2.86                | 15.10          |
| +230       | 19.20      | 9.33               | 1.33              | 12.38                       | 8.20                | 23.30          |
| +270       | 44.10      | 21.50              | 1.50              | 32.30                       | 21.40               | 44.70          |
| -270       | 100.00     | 48.80              | 1.70              | 83.30                       | 55.30               | 100.00         |
| 计          | 205.20     | 100.00             |                   | 150.88                      |                     |                |

(2) 从尾渣的物相分析结果发现，铜以结合铜、氧化铜、连生体以及少量金属铜和硫化铜形态存在。其中结合铜约占50%左右。而且粒度极细，最细者为0.0036~0.0072毫米。为了搞清结合铜的可选性，曾对重选（细泥）摇床精矿和浮选精矿进行了物相分析，在细泥摇床精矿中单体紫铜和黄铜等铜合金占70~80%，而结合铜占10%左右；在浮选精矿中，紫铜和黄铜约占50~60%，而氧化铜及铜盐约占40%，结合铜小于5%。从以上分析可以得出结论，损失在尾矿中的铜主要是粒度很细的结合铜。实践证明，这些结合铜的重选效果比浮选好。为此，这个车间准备采取以下措施来降低尾渣铜品位，即第一步增加矿泥摇床和浮选的精矿产率，这就相对降低精矿品位，提高作业回收率，但细泥摇床精矿和浮选精矿均采用湿法冶金，精矿品位下降2~3%影响不大；第二步将浮选尾矿再经扇形溜槽、皮带溜槽或离心选矿机进行富集。

## 2. 用湿法冶金处理细粒摇床精矿和浮选精矿并综合回收锌

实验证明，用反射炉或电炉处理含铜品位在15~20%、粒度-200目占60~70%的细粒精矿其效果不佳。如新建鼓风炉熔炼，则需制团、烧结，而这部分精矿产量不大（约2~3吨/日），因此是不合算的。故准备采用湿法冶金来处理这些精矿，以综合回收铜及锌。即采用氨和碳酸铵系统浸出，再经硫酸镉净化除铅、锡，然后用氢将氨络铜还原成金属铜粉。当铜从碳酸铵络铜溶液中被还原时，而锌不被还原，以碱式碳酸锌形式留在溶液中。当蒸发溶液时， $\text{NH}_3$ 和 $\text{CO}_2$ 便逸出，锌呈 $\text{ZnO}$ 形式析出。然后加酸溶解 $\text{ZnO}$ ，随后电解生产2号锌。这样就实现“两净一纯”综合回收铜锌。而精矿

中的铅、锡和微量镍、钴、铬、锰和钛等元素，目前尚无回收价值。

3. 除碳时所得的碳精矿，其铜含量一般在2%以上，有时高达3.5~4.8%。目前采用螺旋选矿机处理，其作业回收率可达60%，精矿品位可达8~12%。碳精矿中的铜品位可以降低到1~1.5%，总回收率可提高0.6~0.8%。因而碳精矿中铜的损失率可控制在1%左右。

实践证明，采用联合选矿法处理含铜灰土炉渣的效果是比较好的。同时，像这样的小型机械化回收车间，可以就地取材，因地制宜，因陋就简，自己动手，土法上马，符合多快好省的精神。



冶金工业技术革新资料

第 7 号

**向工业垃圾要铜**

——用联合选矿法处理含铜工业垃圾

北京冶炼厂

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 5/8 字数 11 千字

1975年9月第一版 1975年9月第一次印刷

印数 00,001~5,000 册

统一书号: 15062·3217 定价(科一) 0.03 元