

细粒矿物絮团浮选的理论和应用

舒 凯 刘俊波

招金矿业股份有限公司金翅岭金矿 山东招远 265400

摘 要: 絮团浮选是一种有效的方法, 它可以分类细粒中的有用矿物。该法的基本原理是: 首先将细矿粒分散, 在强烈剪切搅拌矿浆时, 再将有用的矿粒选择絮凝, 并添加特效吸附的捕收剂, 使矿粒表面疏水。在絮凝过程中加入少量的非极性油进行强化。首先对絮团浮选法进行了深入浅出的叙述, 然后介绍了几个应用絮团浮选法对细粒金银矿物、细粒硫化矿、细粒煤进行分选的实例。

关键词: 絮团浮选; 选择性疏水絮凝; 硫化矿

Theory and application of fine mineral floc flotation

Kai Shu Junbo Liu

Zhaojin Mining Co., Ltd. Jinchiling Gold Mine Shandong Zhaoyuan 265400

Abstract: Flotation is an effective method, which can classify the useful minerals in fine grains. The basic principle of this method is: first, disperse fine particles, shear the slurry on strong crack, and then select useful particles flocculation, and add special adsorption trap, so that the ore surface hydrophobic. Small amounts of nonpolar oil were reinforced during the flocculation process. Firstly, the flotation method is described briefly, and then several examples of sorting fine grain gold and silver minerals, fine grain sulfide ore and fine grain coal are introduced.

Keywords: Flotation; Selective hydrophobic flocculation; Sulfide ore

一、絮团浮选法的描述

絮团浮选法是由超细矿粒和煤的分选法演变而来的, 由于超细矿粒和煤的分选在絮团浮选过程中, 通过添加少量非性油强化絮凝过程, 可对具有天然疏水性矿粒或吸附特殊表面活性剂的矿粒进行强力搅拌而产生选择性絮凝。为了使脉石矿颗粒呈现出稳定分散的状态, 加入分散剂。

1. 分散

第一段需稳定分散细矿粒, 以防止异相凝结现象的发生, 反之则会使分选作用降低。分散剂要对脉石矿物进行特殊的吸附, 使之具有亲水性。提出将分散剂加入到细矿颗粒的磨矿机中。目前常用的分散剂有: 水玻璃、六偏磷酸钠、硅氟酸钠、三聚磷酸钠、丹宁、木磺酸酯等。

2. 疏水化

分散后再进行疏水。除非对天然疏水性的矿粒不需要添加表面活性剂, 否则添加特殊吸附的表面活性剂到矿浆中, 使特定矿粒具有疏水性。再加入非极性油, 使其铺于疏水矿粒表面, 使矿粒疏水性进一步提高。用油量一般为干供矿量的 0.2%~1.5%。表面活性剂的选用依据是表面活性剂的极性基团的特性和化学性质及目的矿物表面的电性。如硫化矿物, 需应用硫醇、黄药、黑药、氨基甲酸盐等结构中巯基的表面活性剂。

3. 疏水絮凝

此段包括细矿粒调浆, 剪切速度高(搅拌速度高,

搅拌时间长)。此段细粒疏水颗粒因疏水作用及机械能输入而重新组合。疏水絮凝操作一般在混合槽中进行。这一段新工艺需要将此法能耗降低。

4. 絮团浮选

将疏水絮团富集到最后一段的泡沫层中, 然后用系统中的泡沫除去, 得出与普通常规浮选相似的泡沫精粉。这种方法可以把细粒脉石矿物与超细目的矿物分离。

二、细粒矿物的絮团浮选

1. 硫化银扫选精矿的再磨和絮团浮选

resnilo 浮选厂的硫化银扫选精矿, 是墨西哥最大的银精矿生产商, 含有大量的银矿物, 且颗粒为 1~25 μm 。我们的化验室对其进行了再磨和浮选。以 Aerophi3418 为捕获剂。用煤油乳化液加强硫化银矿粒和方铅矿的疏水絮凝, 使硫化银矿物疏水。机械搅拌器转速为 900r/min, 搅拌时间为 10min。如图 1 所示, 精矿银品位与回收率的关系曲线由疏水絮团浮选和常规再磨-分散-浮选获得。由图可见, 本次疏水絮凝浮选成绩大大好于常规浮选。采用絮团浮选和常规浮选, 在银回收率相同(60%)的情况下, 得到的精矿银品位分别为 30 和 25 千克/吨。絮团浮选精矿银在同等品位(30 千克/吨)的情况下, 比常规浮选精矿银的回收率提高 9%。对于高品位的精矿产品来说, 更明显地改善了各项指标。

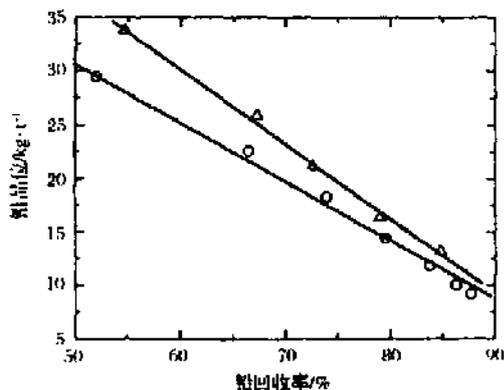


图1 疏水絮团浮选和常规再磨-分散-浮选法处理弗雷尼罗浮选厂银扫选精矿时获得的精矿银品位与回收率之间的关系

Δ-疏水絮团浮选; ○-常规再磨-分散-浮选
2. 絮团浮选矿石中的细粒方铅矿和闪锌矿

ReydePlata 矿石的絮团浮选试验。矿石被磨至 $-37\mu\text{m}$ 。提高铅、铜和锌的回收率, 通过减少细微颗粒的产生。方铅矿、闪锌矿将分别受到考验。方铅矿用黑药和煤油进行疏水絮凝, 此时黄铜矿也进入絮团, 对闪锌矿和硫铁矿用硫酸锌、亚硫酸钠、氰化钠等进行抑制。如图 2、图 3 所示为选别结果。

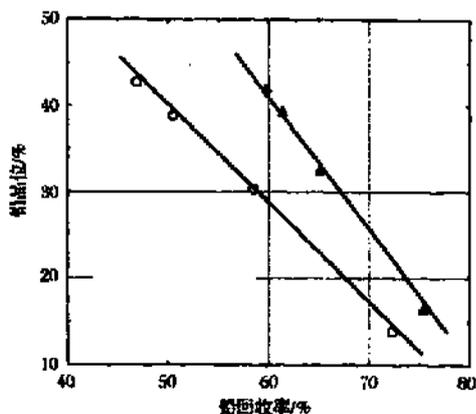


图2 ReydePlata 矿石絮团浮选和常规浮选获得的铅精矿铅品位与铅回收率之间的关系

○-常规浮选; Δ-絮团浮选

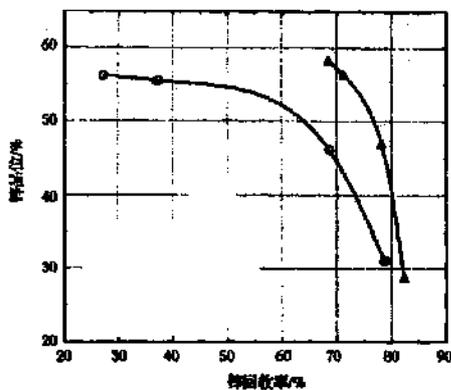


图3 ReydePlata 矿石絮团浮选和常规浮选获得的

锌精矿锌品位与锌回收率之间的关系

○-常规浮选; Δ-絮团浮选

为方便对比, 在同一操作条件下, 采用传统的浮选实验(浮选药剂、粒度、浮选流程等), 但由于混合槽不使用煤油和不进行强力搅拌。考试过程为粗选一次, 精挑细选三次。从两张图可以看出, 在常规浮选曲线中, 絮团浮选曲线位于右侧, 这说明絮团浮选在精矿品位相同的情况下, 其回收率高于常规浮选。如絮团浮选精矿在精矿铅品位均为 40% 的情况下, 比常规浮选精矿的铅回收率提高 11%, 在精矿锌品位为 52% 的情况下提高 15%。两条曲线随着粉矿品位的上升而差异增大, 显示出絮团浮选对精选作业的效果更加明显。换言之, 絮团浮选相对于常规浮选方式, 随着入选次数的增加, 其效率提升更为明显。显然, 从矿石中回收细粒硫化矿, 采用絮团浮选法处理是非常有效的。

3. 从矿石中絮团浮选黄铜矿

絮团浮选试验采用粒度在 $78\% - 38\mu\text{m}$ (含硫化铜 45%、氧化铜 55%) 的铜矿石进行。用黄药、煤油在强烈机械搅拌下 (1400r/min) 诱导硫化铜矿物进行疏水絮凝。如图 11 所示, 通过浮选得到的精矿铜品位与铜回收率之间的关系。在图表中, 还显示了传统的浮选试验结果。从图表中可以看出, 絮团浮选的精矿回收率要高得多。在精矿铜的品味为 12.5%, 铜的回收率为 42%, 这与硫化铜在矿石中的分布率接近。

从浮选化学的角度来看, 此时能够浮选的矿物只有硫化铜矿物, 因此可以断定絮团浮选法对细粒矿物的浮选的确可以起到有效的作用。常规浮选精矿铜在精矿铜品位相同的情况下, 回收率为 30%。

4. 从锌冶炼炉渣中絮团浮选细粒金和银

墨西哥锌电冶炼厂位于墨西哥圣路易斯港, 从硫化锌矿物中生产锌金属, 采用电解法。该冶炼厂产出大量含 2000g/tAg 和 2g/tAu 的冶炼渣。矿渣粒度 $d_{50}=10\mu\text{m}$ 。为使矿渣有价金和银循环, 冶炼厂使用普通浮选循环, 获得了 6.5 千克/吨、3.7 千克/吨的精矿银和金, 而银和金的回收率则显示出了 58% 和 37%。通过对渣中的硫化银和金的分析, 发现单体的硫化银颗粒度在 $5\mu\text{m}$ 以下, 而单个金的颗粒度在 $2\mu\text{m}$ 以下。显然, 如此精细的金银颗粒, 用常规的浮选法是无法有效回收的。硫化银、硫化金颗粒于 2003 年 9 月利用絮团浮选法从锌炼厂矿渣中回收。絮团浮选法中加入 300g/t 煤油, 用搅拌槽将 20min 的矿浆机械搅拌均匀 (图 4)。

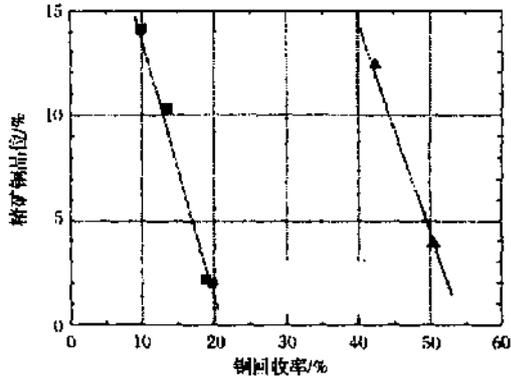


图 11 用絮团浮选和常规浮选法从含硫化铜和氧化铜的矿石中获得精矿的铜品位与铜回收率之间的关系

■ - 常规浮选; ● - 常规浮选; ▲ - 絮团浮选

表 2 在应用絮团浮选法前后从墨西哥锌精炼厂渣中分选银和金的结果

物料	品位 /g t ⁻¹		回收率 /%	
	Ag	Au	Ag	Au
渣给料	2000	2.0		
常规浮选精矿 (2003 年 8 月)	6500	3.7	57.8	36.8
絮团浮选精矿 (2003 年 9 月 以后)	16700	11.0	92.1	87.8

如表 2 所示的分选结果。从上面的表格中可以看出,这次的絮团浮选成绩还是比较不错的。与常规浮选法相比,银的回收率由 58% 提高到 92%,金的回收率由 37% 提高到 88%,同时由于原料中含有大量细粒银和金的硫化矿物(80%~10 μ m),精矿银和金的品位也有所提高。

三、结论

在实验室中,对絮团浮选技术进行了试验,并采用此方法对细粒与超细粒金属矿物进行了分选,结果显示,絮团浮选是一种有效的方法,它可将所提炼物从细粒嵌布中分选出有用的矿物。这一工艺的核心是选择性疏水絮凝,即通过对特效捕获剂的吸附,对动能的输入、非极性油的增加来实现。

参考文献:

- [1] 张婷. 细粒脆硫锑铅矿和铁闪锌矿的絮团浮选行为及其机制研究 [D]. 中南大学, 2019.
- [2] 王婕, 付晓恒, 赵静, 杨磊. 超细粉碎对煤表面性质及超净煤分选的影响 [J]. 煤炭学报, 2019, 41(06): 1524-1532.
- [3] 王婕, 付晓恒, 胡二峰, 赵静, 冯致远, 王鹤. 煤泥絮团分选超净煤的试验研究 [J]. 煤炭学报, 2018, 40(08): 1929-1935.
- [4] 范桂侠. 钛铁矿絮团浮选的界面调控研究 [D]. 中国矿业大学, 2018.