

药剂在稀土浮选体系中的 交互作用与相关关系

任 俊^{1,2)} 卢寿慈¹⁾

1) 北京科技大学资源工程学院, 北京 100083 2) 包头钢铁公司, 包头 014010

摘要 用三因素二次回归正交实验研究了 Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 浮选药剂在稀土浮选体系中的交互作用, 提出了浮选指标与三者用量的相关数学模型和用等值曲线法讨论 Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 之间的交互作用规律, 并进行了实践验证. 结果表明, Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 三者之间存在着强度不同的交互作用, 以 H_{205} 与 Na_2SiO_3 作用最为强烈, H_{205} 与 H_{102} 次之, Na_2SiO_3 与 H_{102} 较弱. 该交互作用规律在新宝力格稀土选厂应用收到了较好效果. 在精矿品位和回收率与原来相近的情况下, H_{102} 用量保持原有水平, 而 Na_2SiO_3 和 H_{205} 的用量分别降低了 19.46 % 和 39.52 %.

关键词 浮选药剂, 浮选, 交互作用, R 稀土

中图分类号 TD923.1

浮选是根据物料自身所具有的表面活性或经药剂处理之后获得疏水亲气特性, 在相界面(水—气或水—油界面)聚集, 或发生气泡吸附分离来达到物料的富集和提纯. 它是一个十分复杂的物理化学过程, 其浮选效果受控于多种因素及这些因素间的交互作用. 浮选药剂制度是浮选工艺最重要的一个组成部分, 它不仅是浮选指标的重要影响因素, 而且又是构筑浮选工艺成本的主要要素. 国内外学者在稀土浮选工艺和药剂的研制和应用方面研究较多^[1~6], 推动了浮选技术的发展. 但是, 在浮选体系药剂之间的交互作用对浮选的影响研究尚未见到报道. 本文研究在稀土浮选体系中药剂间的交互作用对浮选的影响, 建立药剂用量与浮选指标的相关数学模型, 并尝试用等值曲线法研究药剂间的交互作用规律, 为现场技术人员预先选择合适的药剂参数, 解决遇到的具体实际分选问题提供基础.

1 试验

1.1 试料与方法

试验用试料系 -0.074 mm 粒级含量占 95 % 的白云鄂博富稀土中贫氧化矿, 其主要稀土矿物为氟碳铈矿和独居石(比例为 6.5:3.5), 尚含有少量的氟碳钙铈矿和黄河矿, 稀土矿物单体解离度为 90 %, 伴生矿物以萤石、铁矿物为主, 重晶石、方解石和磷灰石次之. 试料主要成分(质量分数 / %)为: RE_2O_3 , 8.2; Fe, 25.3; F, 9.56; BaO, 6.58; CaO, 14.88; P, 1.43; MgO, 0.46; Al_2O_3 , 1.02; SiO_2 , 9.18.

浮选用 XJK 型单槽浮选机, 容积 750 ml. H_{205} 为捕收剂, Na_2SiO_3 为伴生矿物抑制剂, H_{102}

为起泡剂. 浮选产品经烘干、称重及化学分析后计算浮选回收率(ϵ). 分离效率(E)用下式计算:

$$E = \frac{\beta_0(\epsilon - \gamma)}{100\beta_0 - \alpha} \times 100\%$$

(1)

式中, ϵ 为精矿回收率, γ 为精矿产率, β_0 为纯矿物品位, α 是试料品位.

1.2 试验设计与结果

根据浮选工艺实践及 Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 在浮选中的作用, 试验采用浮选矿浆的质量分数40%, 温度 30℃, 浮选时间 8 min. Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 的变化见表 1.

表1 因素水平编码表

因素	编码记号	基准水平(0)	变化区间	kg/t	
				上水平(+1)	下水平(-1)
Na_2SiO_3	x	4	2	6	2
H_{205}	y	2	1	3	1
H_{102}	z	0.3	0.2	0.5	0.1

采用三因素二次正交回归试验设计进行试验, 经过对所得数据的二次回归分析, 得出该体系精矿品位(β)、回收率(ϵ)和分离效率(E)与 Na_2SiO_3 (x), H_{205} (y), H_{102} (z) 三者用量的回归方程:

$$\beta = 92.9 - 4.3x - 22.64y - 188.14z + 3.25xy + 30.13yz + 38.03xz - 0.68x^2 - 0.78y^2 - 84.8z^2$$

(2)

$$\epsilon = 45.29 + 2.8x + 28.06y + 13z - 2.07xy - 20.3yz + 9.9xz - 1.15x^2 - 2.17y^2 + 100z^2$$

(3)

$$E = 5.87 + 12.06x + 28.86y + 7.39z - 0.9xy + 4.95yz - 0.57xz - 1.38x^2 - 6.17y^2 + 50z^2$$

(4)

对方程 (2), (3), (4) 经 F 检验结果表明, 回归方程是高度显著的, 即试验数据与所采用的二次回归方程是符合的. Na_2SiO_3 与 H_{205} , H_{205} 与 H_{102} 和 Na_2SiO_3 与 H_{102} 的交互作用效应在不同程度上对浮选指标的影响有一定显著性. 为了检验上述方程计算值的命中情况, 特安排了 10 次试验, 通过比较计算值与试验值(见表 2)可知, β , ϵ 的最大相对偏差一般分别在 6.37%, 5.97% 以下, 表明方程在其适用范围内较精确, 用其描述该体系的浮选指标是合适的.

表2 β, ϵ 命中检验表

序号	变化因素(kg · t ⁻¹)			浮选指标 / %				相对偏差 / %	
	Na_2SiO_3	H_{205}	H_{102}	β 试验值	ϵ 试验值	β 计算值	ϵ 计算值	β	ϵ
1	2	2	0.3	21.67	91.59	23.05	92.25	6.37	0.72
2	4	2	0.3	39.91	84.00	42.07	80.85	5.41	-2.56
3	3	1	0.5	17.16	95.31	16.98	97.43	-1.05	2.24
4	4	2	0.1	44.93	73.11	44.01	71.45	-2.05	-2.27
5	6	3	0.1	40.04	49.08	38.40	50.65	-4.10	3.20
6	5	2	0.3	48.99	71.33	49.56	73.20	1.16	2.62
7	3	3	0.1	29.01	88.00	28.99	88.75	-0.07	0.85
8	5	3	0.1	35.94	67.58	36.61	65.65	1.86	-2.86
9	4	2	0.5	30.69	93.11	32.34	98.67	5.38	5.97
10	2	1	0.3	31.00	82.64	32.45	80.93	4.68	-2.07

2 Na₂SiO₃, H₂₀₅, H₁₀₂ 的交互作用规律

解β和ε的二次回归方程 (2)和(3)可绘制出 Na₂SiO₃—H₂₀₅, H₂₀₅—H₁₀₂ 及 H₁₀₂ — Na₂SiO₃ 对两因素间的β和ε的等值线图(见图 1~图6). 由等值线图可以看出, Na₂SiO₃, H₂₀₅, H₁₀₂ 3种药剂对各浮选指标的影响及其交互作用.

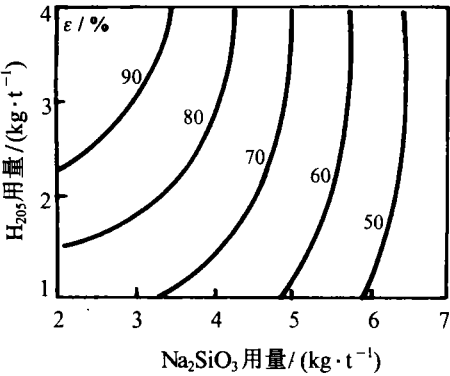


图1 Na₂SiO₃与H₂₀₅的ε等值曲线(H₁₀₂ 0.2 kg/t)

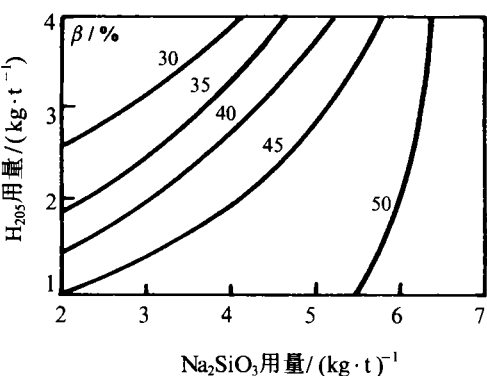


图2 Na₂SiO₃与H₂₀₅的β等值曲线(H₁₀₂ 0.2 kg/t)

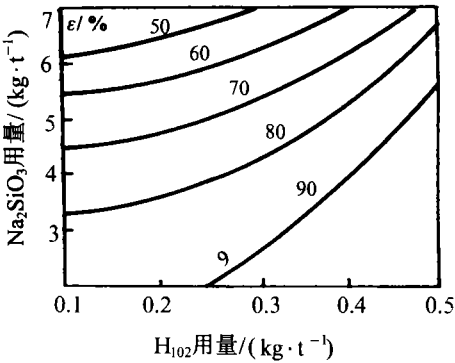


图3 Na₂SiO₃与H₁₀₂的ε等值曲线(H₂₀₅ 2 kg/t)

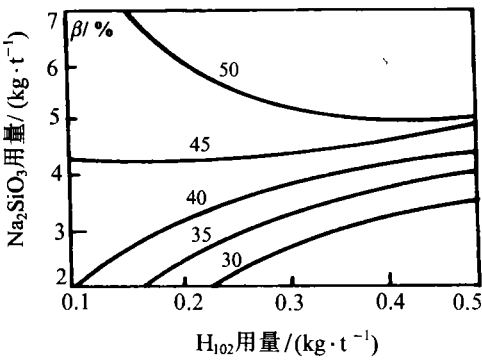


图4 Na₂SiO₃与H₁₀₂的β等值曲线(H₂₀₅ 2 kg/t)

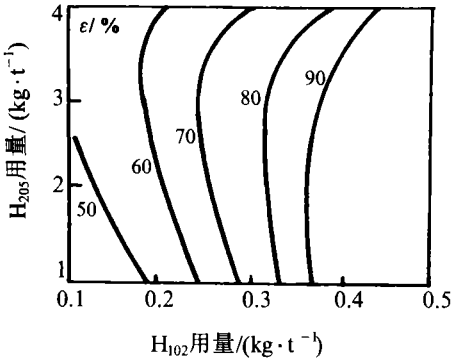


图5 H₂₀₅与H₁₀₂的ε等值曲线(Na₂SiO₃ 4 kg/t)

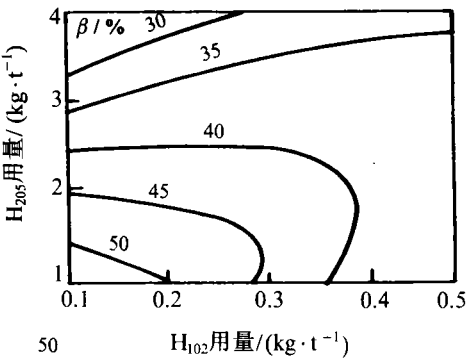


图6 H₂₀₅与H₁₀₂的β等值曲线(Na₂SiO₃ 4 kg/t)

2.1 Na_2SiO_3 与 H_{205} 的交互作用

H_{102} 用量不变时, β 随 Na_2SiO_3 用量增大而提高, ϵ 随其用量增加而降低; β 和 ϵ 不变时, Na_2SiO_3 用量增加或减少, H_{205} 用量需相应增加或减少, 呈互为增加或减少关系, 且增加或减少幅度较大.

2.2 Na_2SiO_3 与 H_{102} 的交互作用

H_{205} 用量不变, β , ϵ 一定时, 对 ϵ 来说, Na_2SiO_3 与 H_{102} 用量呈互为增加关系; 对 β 来说, 当 Na_2SiO_3 用量小于某值时, 其用量关系是互为增加的, 反之 H_{102} 用量增加, 则 Na_2SiO_3 用量减少.

2.3 H_{205} 与 H_{102} 的交互作用

在 H_{205} 与 Na_2SiO_3 用量一定时, ϵ 随 H_{102} 用量增加而提高, 在 H_{205} 用量小于某值时, 随 H_{102} 用量增加而降低; H_{205} 用量大于该值, β 随 H_{102} 用量增加而提高; Na_2SiO_3 用量一定, ϵ 不变, H_{205} 小于某值时, H_{205} 用量增加, 则 H_{102} 用量减少, H_{205} 大于该值时, H_{205} 与 H_{102} 用量呈互为增加关系.

Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 之间的交互作用强弱顺序为: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - \text{H}_{205} > \text{H}_{205} - \text{H}_{102} > \text{H}_{102} - \text{Na}_2\text{SiO}_3$. H_{205} 浮选稀土的 pH 值范围较窄 ($\text{pH} = 8.5 \sim 9.5$), pH 的微小改变能引起稀土品位 (β) 和回收率 (ϵ) 的较大变化 (见图 7). 这就与 H_{205} 和 Na_2SiO_3 间具有显著交互作用有关. 因为 pH 过低不利于 H_{205} 捕收剂质子解离, 难以在稀土矿物表面吸附, pH 过高易于失效, 而 Na_2SiO_3 是强碱弱酸盐, 它不仅起着抑制伴生矿物的作用, 而且同时具有 pH 值的调整作用.

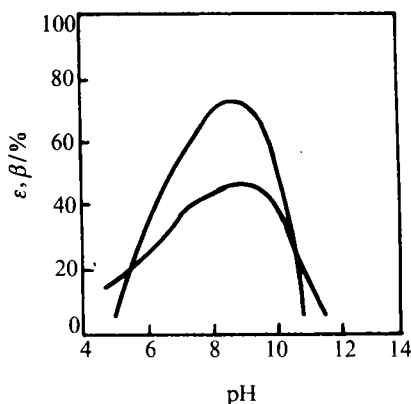


图 7 浮选指标与 pH 的关系

3 应用

新宝力格稀土选矿厂是以白云鄂博富稀土中贫氧化矿为原料采用优先浮选工艺进行生产, 日处理原矿 300 t. 该工艺首先经破磨将原矿磨细至 -200 目含量大于 95 % 的细度, 再经浓缩脱水作业将矿浆浓缩至适当的浓度, 然后进行稀土浮选. 稀土浮选以 H_{205} 为捕收剂, Na_2SiO_3 为伴生矿物抑制剂, H_{102} 为起泡剂, 在弱碱性介质中 ($\text{pH} = 8 \sim 9$) 从含 RE_2O_3 8.0 % 左右的原矿中生产含 RE_2O_3 40 % ~ 45 %, 回收率 60 % 左右的稀土精矿. 药剂消耗: Na_2SiO_3 为 4.42 kg/t, H_{205} 为 2.1 kg/t, H_{102} 为 0.35 kg/t^[7]. 根据 Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 药剂间的交互作用规律来调整控制浮选过程药剂用量配比, 并采用轻抑制轻捕收药剂制度同样能达到原来药剂制度的选别效果. 在精矿品位和回收率与原来相近的情况下, 药剂消耗降低至 Na_2SiO_3 为 3.56 kg/t, H_{205} 为 1.27 kg/t, H_{102} 为 0.35 kg/t, Na_2SiO_3 和 H_{205} 分别降低了 19.46 % 和 39.52 %. 因此大大减少了药剂消耗和工业生产成本, 就此一项该厂每年可节约资金 150 万元左右.

4 结论

Na_2SiO_3 , H_{205} , H_{102} 三者的交互作用强弱顺序为: $\text{H}_{205}-\text{Na}_2\text{SiO}_3 > \text{H}_{205}-\text{H}_{102} > \text{Na}_2\text{SiO}_3-\text{H}_{102}$.

在 β , ε 不变的情况下, H_{102} 一定, Na_2SiO_3 与 H_{205} 用量互为增加; H_{205} 一定, 对 ε 来说, Na_2SiO_3 与 H_{102} 用量呈互为增加关系, 对 β 来说, 当 Na_2SiO_3 用量小于某值, Na_2SiO_3 与 H_{102} 的用量关系呈互为增加的, 反之 H_{102} 用量增加, 而 Na_2SiO_3 用量减少; Na_2SiO_3 一定, ε 不变, H_{205} 小于某值时, H_{205} 用量增加则 H_{102} 用量减少, H_{205} 大于该值时, H_{205} 与 H_{102} 用量呈互为增加关系.

参考文献

- 1 Ren J. Flotation Behavior and Mechanism of Bastnasite with N-hydroxyl. Acta Metallurgical Sinica, 1993, 29(6): 22
- 2 任俊, 卢寿慈, 池汝安. H_{205} 浮选氟碳铈矿作用机理. 中国有色金属学报, 1996, 6(4): 24
- 3 任俊. H_{316} 浮选稀土矿物工业生产试验的研究. 稀土, 1995, 16(5): 23
- 4 池汝安, 王淀佐. 稀土选矿与提取技术. 北京: 科学出版社, 1996
- 5 任俊, 卢寿慈. 铝盐在氟碳铈矿和独居石分离中的作用机理. 有色金属, 1997, 49(2): 39
- 6 肖越信. 四川牦牛坪稀土矿选矿工艺研究. 稀土, 1989, 10(3): 26
- 7 任俊. 优先浮选稀土矿物工业实践的调整与控制. 稀土, 1993, 14(1): 57

Interaction and Corelation of Reagents in Flotation System of Rare-earth Mineral

Ren Jun^{1,2)} Lu Shouci¹⁾

1) Resources Engineering School, UST Beijing, Beijing 100083, China

2) Baotou Iron and Steel Corporation, Baotou 014010, China

ABSTRACT The interaction of Na_2SiO_3 , H_{205} and H_{102} reagents was studied with orthogonal regression method, and a regression mathematical model is yielded. It deals with the dosages of the three reagents as well as the grade (β) and the recovery rate (ε) of RE minerals in flotation system. The experiment results show that the order of the interaction of the reagents is as follows: $\text{H}_{205}-\text{Na}_2\text{SiO}_3 > \text{H}_{205}-\text{H}_{102} > \text{Na}_2\text{SiO}_3-\text{H}_{102}$.

KEY WORDS reagents, flotation, interaction, mathematical model, RE mineral