无机盐对气液两相泡沫特性的影响研究 李洪强',张文',田承涛²,翁孝卿',郝好稳',李东郎',赵李欣然' (1.武汉工程大学资源与安全工程学院,湖北 武汉 430074;2.湖北三宁化工股份有限 公司,湖北 枝江 443206)

摘要:为更好地揭示并合理利用浮选过程中无机盐对浮选泡沫特性的影响,采用自制的泡沫特性测试系统, 通过对两相泡沫不同高度处泡沫的静压强、气泡直径、泡沫柱的溢流流量进行测定,深入研究了无机盐对泡沫 特性参数的影响规律。结果表明:在两相体系中,NaCl、Na2SO4、MgSO4及AlCl3这四种无机盐可显著减小各 泡沫层高度下的气泡直径,增大泡沫含液率以及泡沫柱表观溢流速度,从而增大微细粒亲水脉石的泡沫夹带, 而 NaClO3 的添加对泡沫特性参数均无显著影响。

关键词:无机盐;泡沫特性;泡沫夹带

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2021.01.034 中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2021) 01-0204-07

因地质条件(如盐湖附近、海洋附近的矿 山浮选)或选矿过程中废水的回用,导致浮选溶 液中不可避免的存在一定浓度的无机盐。无机盐 在泡沫浮洗中产生的一系列影响主要体现在以下 四个方面: (1) 无机盐对泡沫稳定性的影响: Marrucci Nicodemo^[1] 以及 Prince^[2-3] 等的研究均表 明、无机盐的加入可阻止气泡间的相互兼并、并 降低气泡尺寸、提高泡沫的稳定性。Vincent S. J. Craig 等人进一步深入研究、确定了不同离子种类 及组合的无机盐对降低气泡兼并速率的影响规律, 并认为一定量的无机盐离子吸附在气液界面会减 小气泡间的长程吸引力[4-5]。(2)无机盐对矿物 颗粒与气泡间相互作用的影响:无机盐中反荷离 子的吸附会压缩矿物颗粒表面的双电层厚度、颗 粒与气泡碰撞过程中排斥力减小,颗粒-气泡间的 液膜排液速度增加^[6-7]。(3)无机盐对颗粒间相 互作用影响:相关研究主要集中在粉煤灰、煤泥、 石墨的浮选,如张志军^[8]测定煤泥颗粒在不同浓 度无机盐电解质溶液中的粒度分布结果表明、高 价金属阳离子可以更大程度地降低煤泥颗粒表面 电性、进而减少颗粒间的静电斥力、降低颗粒表 面的水化膜厚度,提高颗粒间碰撞几率,使其易 发生凝聚。(4)无机盐对表面活性剂的影响:与 表面活性剂反粒子相同电荷的无机盐可以提高表 面活性剂溶液的表面活性、降低溶液的表面张力。 加入无机盐会使得水化膜破坏、压缩了表面活性 剂的离子基团周围的扩散双电层、屏蔽了离子基 团相互间的静电排斥力,有利于溶液表面层和胶 束中的表面活性剂分子紧密排列、更易形成胶束。 在浮选过程中、当水化膜稳定受到破坏时、捕收 剂离子更容易穿过水化膜到达矿物表面完成吸附 过程、颗粒疏水性得到改善。

收稿日期: 2019-10-08

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51974205);国家青年科学基金项目(51904208);湖北省教育厅科学研究计划项目(B2018048);武汉工程大学大学生校长基金(182) 作者简介:李洪强(1985-),男,副教授,硕士生导师,主要从事难处理矿产资源高效利用,二次资源综合利用等研究工作。 目前,对于无机盐在浮选过程中对于气泡的 稳定性、表面活性剂活性的影响已取得一定成果, 但对于浮选过程中无机盐对于泡沫的微观结构、 排液性能等泡沫特征参数的影响还不够深入。泡 沫排液是一个复杂的物理化学流体力学过程,同 时受多种因素影响,目前为止,这些因素还没有 完全被研究清楚^[9]。浮选泡沫的排液过程会对精 矿水的回收率造成极大地影响,大量研究表明泡 沫精矿的水回收率与亲水脉石的夹带回收率呈线 性关系^[10-13],并符合方程式 Rg=e×Rw^[14],其中, Rg:亲水脉石矿物的夹带回收率,%; e:脉石的 夹带率,或夹带因子; Rw: 泡沫精矿的水回收率,%。

因此系统研究无机盐对泡沫排液性能影响对 了解浮选过程中泡沫夹带现象具有重要意义。明 确各种价态的三种阴离子(Cl^{-、}ClO₃^{-、}SO4²⁻)和三 种阳离子(Na⁺、Mg²⁺、Al³⁺)对泡沫特征的影响。 本文采用自制的泡沫性能测试系统,研究五种无 机盐(分别是NaCl、NaClO₃、AlCl₃、Na₂SO₄、 MgSO₄)对两相泡沫的静压强、泡沫层高度以及 泡沫含液率、表观溢流流速等数据的影响规律。 为浮选中控制脉石的泡沫夹带提供理论指导。

1 实验试剂、仪器和方法

1.1 实验试剂与仪器

本实验所用无机盐 NaCl、NaClO₃、Na₂SO₄、 MgSO₄、AlCl₃,均为分析纯,起泡剂为 MIBC, 工业纯,泡沫性能测试装置为实验室自制。由1 个 2 L 的 Φ150 mm 的玻璃搅拌槽通过 1 个锥型过 渡件与 Φ50 mm 的玻璃柱相连(玻璃柱可以防止 泡沫牢牢粘在内壁干扰检测)。以氮气作为气源, 通过砂芯 (P30)进入搅拌槽底部并产生气泡。在 氮气源打开,并将气体流量调至给定值情况下打 开搅拌装置(转速定在 300 r/min),将在实验室 内配置好的 MIBC 溶液(用于两相泡沫研究)、 注入试验装置,泡沫可以循环,通过溶液/矿浆的 添加量来调节泡沫层的厚度,确保泡沫层厚度稳 定为 290 mm。通过该装置测定两相泡沫的静压强、 气泡直径、表观溢流流速,研究两相泡沫的含液率、 排液性能及夹带行为。

1.2 浮选泡沫特征研究方法

以 5×10⁴ mol/L 的 MIBC 溶液为矿浆,利用 自制的泡沫性能测试系统测定气液两相泡沫的静 压强、气泡几何平均直径、泡沫层顶部(即距液 面 0.29 m 处,下同)的溢流流量,研究两相泡沫 的含液率、排液性能及夹带行为。

泡沫中单个气泡的尺寸大小由拍照法来确定。 试验过程中,当泡沫柱达到平衡状态时,利用可 上下自由移动的佳能 550 D 数码相机拍摄靠近玻璃 壁的气泡。为了消除玻璃柱圆壁造成的图像扭曲, 利用一个套在玻璃柱外的视窗来纠正,该视窗由 有机玻璃制成,从上部的注水口向里面灌满水, 该视窗可以自由上下移动,并用烧瓶夹将其固定 在玻璃柱的一定高度处。同时,在拍照时需要在 视窗两侧各给一个侧方位的光源,且光源也能和 视窗、相机一同移动。泡沫大小的测定工作在专 业图像分析软件 Image-Pro Plus Version 6.0 上进行。

泡沫性能测试系统中压强探测管与数字压强 计通过塑料软管与缓冲瓶连通,依据连通器原理, 气管内压强处处相同,可测定压强探测管出口处 的压强。测定时,将压强探测管伸入某一泡沫层 高度处,打开气泵,并调节大小,使气体刚好能 冒出探测管管口,压强计示数即为此处的静压强。

1.3 泡沫特性相关参数计算方法

1.3.1 泡沫含液率 ɛl 的计算

液面上高度 h 处泡沫的含液率 εl 通过该处 泡沫的静压强来计算。规定液面为 0 m 高度处, 距液面 0.29 m 处为泡沫柱顶部位置。设泡沫高度 h 处的压强为 P, 无穷小厚度(Δh)的泡沫层所 产生的无穷小压强为 ΔP, 则 h+Δh 处的压强为 P-ΔP。 由于 $\Delta P = \rho_f g \Delta h$, 式中, P 为静压强, Pa; Δh 为无穷小的泡沫层厚度, m; ρf 为泡沫 层的密度, kg/m³; g 为重力加速度, 9.83 m/s²。 因此 $dP = \rho_f g dh$, 忽略空气的重量, 则 $\rho_f = \rho_w \varepsilon_l$ 式中, ρw 为水的密度, kg/m³; ε_l 为液面上高度 h 处泡沫的含液率。

规定 P 的方向向下, h 的方向向上,则含液 率公式^[15]为: $\varepsilon_1 = -\frac{1}{\rho_* g} \frac{dp}{dh}$,即泡沫某高度处的含 液率可通过对该处的静压强求导而得。

1.3.2 泡沫层顶部表观溢流流速 Jimax 的计算

本实验将泡沫层最大高度控制在 0.29 m 处, 并对该处的溢流量进行测定(截取 5 s 内从泡沫槽 流出溶液,并测量体积,便可计算出泡沫层顶部 溢流量。)该流量除以泡沫柱的横截面积,便可 计算出泡沫层顶部的溢流流速 Jmax。,即为泡沫 柱的水回收率。

1.3.3 表观净液速 Ji 的计算

泡 沫 的 表 观 净 液 速 J₁ 的 计 算 式^[15] 为: J₁ = J_e - J_d式中, J₁ 为泡沫表观净液速, m/s; J_e 为 因氮气夹带作用而产生的泡沫表观夹带液速, m/s; J_d表示因泡沫排液作用而产生的表观排液速度, m/s。 1.3.4 泡沫表观夹带液速 Je 的计算

Je 为因氮气夹带作用而产生的泡沫表观夹带 液速, m/s, Je 的计算式^[15] 为: $J_e = J_g(\frac{\mathcal{E}_1}{1 - \mathcal{E}_1})$ 式中, Jg 为某泡沫高度处的表观气体流速, m/s, 其计算 式^[15] 为 $J_g = \frac{V_{gen}}{S}$ 式中, V 氮气为充气量, L/h; S 为泡沫柱的横截面积, m²。

1.3.5 表观排液速率 Ja 的计算

目前,计算泡沫表观排液速率Ja的方法有2种: 其一,依据液相中气泡的上升末速度来计算;其二, 依据泡沫中气泡的几何平均半径及含液率来计算, 本文采用后者。

泡沫表观排液速率的计算公式^[16]为: $J_{d} = -\frac{\rho_{w}gr_{b}^{2}}{\mu}m\varepsilon_{l}^{n}$ 式中, J_{d} 为泡沫表观排液速率, m/s; n 为各泡沫层高度处气泡的几何平均半径, m; μ 为液体的粘度,取水在 25 ℃下的运动粘度 值 0.8949×10⁻³ Pa.s; m 为与表面活性剂种类及浓 度有关的无量纲参数,通过实验测定并计算出 J^{max} 可反算出 m 的大小; n 为与表面活性剂种类及浓 度有关的无量纲参数,对气泡间无相对滑动的刚 性泡沫 n 取值 1.9,对气泡间相对滑动较大的柔性 泡沫 n 取值 2.1,而本实验所用起泡剂 MIBC 产生 的泡沫含液率很高,泡沫中气泡间相对滑动大, 为典型的柔性泡沫,因此 n 取值 2.1^[16]。

2 结果与讨论

2.1 无机盐对气泡直径的影响

当气体通过位于泡沫柱底部的砂芯形成气泡, 在气泡不断上浮的过程中,伴随着气泡碰撞兼并, 并逐渐长大。图1为五种无机盐对泡沫层气泡大 小的影响。



(a.NaCl、b.NaClO₃、c.Na₂SO₄、d.MgSO₄、e.AlCl₃)

图 1 不同泡沫高度下无机盐浓度对气泡大小的影响

Fig.1 The effect of inorganic salt type and comcentration on bubble oliameter under different foam heights

从图 1 可知, NaCl、Na2SO4、MgSO4 及 AlCl3 这四种无机盐显著减小各泡沫层高度下的气泡直 径。以图 1-e 中的 AlCl3 为例, 未添加 AlCl3 时, 0 m、 0.08 m、0.17 m 高度处的气泡直径分别为 0.79 mm、 0.85 mm、0.87 mm; 添加 0.05 mol/L 的 AlCl3 后, 气 泡直径迅速减小到 0.61 mm、 0.63 mm、 0.68 mm; 继续增大AlCl3的浓度, 气泡直径减小的幅度变小, 当浓度达到 0.3 mol/L 时,这三个高度处的气泡直 径分别为 0.55 mm、 0.59 mm、 0.60 mm。对比这四 种无机盐,我们还可以发现一个规律,各种盐的 有效作用浓度(即气泡尺寸的减小开始变缓处的 无机盐浓度)很不一样, NaCl 的有效作用浓度可 能超过 0.5 mol/L, Na2SO4 的有效作用浓度大约在 0.2 mol/L, MgSO4 的有效作用浓度显然在 0.1 mol/L, AlCl₃的有效作用浓度最低,为0.05 mol/L。在近 年来,很多研究结果也表明,无机盐稳定气泡的 作用浓度在 0.1 mol/L 或更高 [17],本文的研究结果 也证实了这一点。NaClO3的添加对气泡直径无影 响、见图 1-a。

2.2 无机盐对泡沫含液率的影响

部分无机盐的加入会明显增大各泡沫层高度 处的含液率,结果见图 2。





(a.NaCl, b.NaClO₃, c.Na₂SO₄, d.MgSO₄, e.AlCl₃)

图 2 不同泡沫高度下无机盐浓度对泡沫含液率的影响

Fig.2 Effect of inorganic salt type and concentration on foam liquid holdup at different foam heights

与无机盐对气泡直径影响的规律一致, NaCl、Na₂SO₄、MgSO₄及AlCl₃这四种无机盐的 加入大幅提高了各泡沫层高度处的含液率,如图 2-a、2-c、2-d、2-e;而NaClO₃的加入则几乎没有 影响,见图 2-b,结果与文献一致^[18]。几种无机盐 对泡沫含液率的影响大小顺序为:AlCl₃ > MgSO₄ > Na₂SO₄ \approx NaCl > NaClO₃。

2.3 无机盐对表观表观液速的影响

无机盐对泡沫层顶部表观溢流流速 Jlmax 的 影响见图 3。





很明显, 无机盐对泡沫柱表观溢流速度影响大 小顺序同样为: AlCl₃ > MgSO₄ > Na₂SO₄ ≈ NaCl > NaClO₃。添加 0.1 mol/L 的 AlCl₃ 使泡沫柱的表 观溢流速度迅速增大, 从空白时的 1.851 mm/s 提 高到 3.684 mm/s; MgSO₄ 则在 0.4 mol/L 的浓度下 使泡沫柱观溢流速度大幅增大到 4.770 mm/s; 而 NaClO3 的添加对泡沫柱观溢流速度几乎无影响。

利用泡沫含液率, 气泡半径及泡沫柱溢流流 量等参数, 对高度在 0.29 m 处泡沫层的表观排液 速度计算, 具体结果见表 1。

表 1 无机盐浓度对泡沫表观液速的影响 Table1 Effect of inorganic salt type and concentration on foam apparent velocity

					_		
无机盐 种类	无机 盐浓度 /(mol·L ⁻¹)	εĮ	r _b /(*10 ⁻³ m)	J _e /(mm·s ⁻¹)	J _l ^{max} /(mm·s ⁻¹)	Jd ∕(mm·s ⁻¹)	m
氯酸钠	0	0.327	0.45	11.691	1.851	9.757	46.53
	0.1	0.35	0.43	13.117	2.075	11.042	49.78
	0.2	0.38	0.45	14.893	2.098	12.795	44.45
	0.3	0.39	0.46	15.339	2.144	13.195	42.20
	0.4	0.36	0.45	13.713	1.867	11.846	45.88
	0.5	0.37	0.46	14.419	2.037	12.382	42.92
氯化钠	0.1	0.42	0.38	17.200	2.452	14.749	57.28
	0.2	0.42	0.35	17.550	2.303	15.247	69.96
	0.3	0.43	0.34	18.099	3.015	15.084	72.49
	0.4	0.43	0.30	18.515	2.842	15.673	92.12
	0.5	0.45	0.29	19.880	3.039	16.841	95.70
硫酸钠	0.1	0.41	0.35	1 6.917	2.412	14.505	71.34
	0.2	0.39	0.36	15.413	3.091	12.321	62.57
	0.3	0.41	0.36	16.573	3.210	13.363	63.68
	0.4	0.43	0.36	18.248	3.284	14.964	61.66
	0.5	0.44	0.30	18.556	3.380	15.176	88.27
	0.1	0.42	0.34	17.237	2.947	14.290	72.85
硫酸镁	0.2	0.45	0.33	19.946	3.830	16.116	73.42
	0.3	0.45	0.28	19.847	4.592	15.255	94.17
	0.4	0.49	0.30	23.074	4.770	18.304	86.09
氯化铝	0.025	0.42	0.38	17.503	2.965	14.538	58.05
	0.05	0.43	0.34	18.501	3.389	15.113	68.68
	0.1	0.46	0.32	20.869	3.684	17.185	76.70
	0.2	0.48	0.33	22.113	3.875	18.238	74.01
	0.3	0.49	0.30	23.304	3.861	19.442	87.49

添加 NaClO₃ 后泡沫的表观排液速度维持在 11.04~13.19 mm/s,与未添加无机盐时基本相同。 添加其他四种无机盐使计算出的泡沫表观排液速 度均大幅提高,如添加 0.3 mol/L 的 AlCl₃,泡沫表 观排液速度大幅提高到 19.442 mm/s。

总之,部分无机盐的加入导致泡沫的排液性 能降低,增大了泡沫的含液率,提高了泡沫柱的表 观溢流速度,必然提高精矿水回收速率,增大脉石 的泡沫夹带,这将不利于浮选。因此降低无机盐对 泡沫排液性能的影响,可有效控制脉石的泡沫夹带。

2.4 无机盐稳定泡沫的机制

近年来,对于无机盐稳定泡沫的机制,学者 们提出了以下几种机理:1)降低气体溶解度;2) 双电层效应;3)改变泡沫的粘度;4)吉布斯-马 兰哥尼效应;5)表面张力效应等^[19]。

较受认可的机制是离子的水化强烈地影响离 子在气液界面的排布,离子在气液界面的富集或 贫化,产生了类似吉布斯-马兰哥尼效应,改变气 泡的液膜强度,从而抑制气泡的兼并,见图4。



图 4 泡沫层高度为 0m 处无机盐浓度对泡沫 / 溶液界面 处气泡直径的影响

Fig. 4 Effect of inorganic salt type and concentration on bubble diameter at foam height as 0 m.

特定离子是否有效影响气泡兼并遵循离子对 效应^[20],即 $\alpha^+ \alpha^-$ 、 $\beta^+ \beta^-$ 离子组合能有效稳定泡沫, 而 $\alpha^+ \beta^-$ 及 $\beta^- \alpha^+$ 离子组合则对泡沫稳定性无影响。 离子属于 α 或 β ,与其在气液界面处的分配系数有 关。依据图 4 的实验结果,可以判定实验所使用 的离子属于 α 或 β 离子,并总结于表 2。研究结果 与 Craig V S J 等的研究结果一致^[20]。

表 2 无机盐离子对规则 Table 2 Inorganic salt ion pair rules

		•	-	
离子	阳离子	Na ⁺	Mg ²⁺	A1 ³⁺
阴离子	符号	α	α	α
Cl	α	有效	/	有效
SO4 ²⁺	α	有效	有效	/
ClO ₃ ⁻	β	无效	/	1

3 结 论

研究了五种无机盐对泡沫特征的影响, NaCl、Na2SO4、MgSO4及AlCla这四种无机盐显 著减小各泡沫层高度处的气泡直径,降低了泡沫 的排液性能,明显增大泡沫的含液率以及泡沫柱 表观溢流速度,在一定程度上易导致泡沫夹带现 象产生;NaClO3的添加对泡沫特征无影响;几 种无机盐对泡沫特征影响大小顺序为:AlCla > MgSO4 > Na2SO4≈NaCl > NaClO3。无机盐能否 抑制泡沫的兼并可采用离子对规则判定。

参考文献:

[1]Marrucci G, Nicodemo L. Coalescence of gas bubbles in aqueous solutions of inorganic electrolytes. Chemical Engineering Science, 1967,22(9):1257-1265.

[2]Prince M J, Blanch H W. Bubble coalescence and breakup in air-sparged bubble columns[J]. Aiche Journal, 2010, 36(10): 1485-1499.

[3]Prince M J, Blanch H W. Transition electrolyte concentrations for bubble coalescence[J]. Aiche Journal, 1990, 36(9): 1425-1429.

[4]Craig V S J, Ninham B W, Pashley R M. The effect of electrolytes on bubble coalescence in water[J]. Journal of Physical Chemistry, 1993, 97(39): 10192-10197.

[5]Craig V S J, Ninham B W, Pashley R M. Effect of electrolytes on bubble coalescence[J]. 1993, Nature, 364(6435): 317-319.

[6]Weissenborn P, Pugh R J. Surface tension of aqueous solutions of electrolytes, relationship with ionhydration, oxygen solubility and bubble coalescence [J].Colloid Interface Sci,1996, 184(2):550-563..

[7]Paulson O, Pugh R J. Flotation of inherently hydrophobic particles in aqueous solutions of inorganic electrolytes[J]. Langmuir,1996,12(20): 4808-4813.

[8] 张志军, 刘炯天, 冯莉, 等. 一种评价煤泥颗粒凝聚效果的激光粒度分析方 [J]. 中国矿业大学学报, 2012, 41(4): 624-

628.

ZHANG Z J, LIU J T, FENG L, et al. A laser particle size analysis formula for evaluating coalescing effect of coal slime particles [J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2012, 41(4): 624-628.

[9]Kruglyakov P M, Karakashev S I, Nguyen A V, et al. Foam drainage[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2008, 13(3): 163-170.

[10]Neethling S J, Cilliers J J. The entrainment of gangue into a flotation froth[J]. International Journal of Mineral Processing, 2002, 64(2): 123-134

[11]Livshits A K, Bezrodnaya R M. Rate of water and solids passage into flotation froth products[J]. Tsvetnye Metally, 1961, 2(11): 14-16.

[12]Jowett A. Gangue mineral contamination of froth[J]. British Chemical Engineering, 1966, 11: 330-333.

[13]Melo F, Laskowski J S, Fundamental properties of flotation frothers and their effect on flotation[J]. Minerals Engineering,2006, 19(6/8):766-773.

[14]Guler T, Akdemir Ü. Statistical evaluation of flotation and entrainment behavior of an artificial ore[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2012, 22(1): 199-205.

[15]Stevenson P. Hydrodynamic theory of rising foam[J]. Minerals engineering, 2007,20(3): 282-289.

[16]Stevenson P. Foam Engineering: Fundamentals and Applications[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

[17]Henry C L, Parkinson L, Ralston J R, et al. A Mobile Gas-Water Interface in Electrolyte Solutions[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112(39): 15094-15097

[18]Henry C L, Dalton C N, Scruton L, et al. Ion-specific coalescence of bubbles in mixed electrolyte solutions[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2007, 111(2): 1015-1023.

[19]Deschenes L A, Barrett J, Muller L J, et al. Inhibition of bubble coalescence in aqueous solutions. 1. Electrolytes[J]. The Journal of Physical Chemistry B, 1998, 102(26): 5115-5119.

[20]Craig V S J, Ninham B W, Pashley R M. Effect of electrolytes on bubble coalescence[J]. Nature, 1993, 364(6435): 317-319.

Study on the Effect of Inorganic Salts on the Characteristics of Gas-liquid Two-phase Froths

Li Hongqiang¹,Zhang Wen¹,Tian Chengtao²,Weng Xiaoqing¹,Hao Haowen¹,Li Donglang¹,Zhao Lixinran¹

(School of Resources & Safety Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei, China) Abstract: In order to understand and reasonably utilize the effects of inorganic salts on the froth characteristics in flotation, the bubble diameter, static pressure and apparent overflow velocity in the two-phase foam at different foam heights were measured by using a self-designed froth overflow rig. The influence rule of inorganic salts on the foam characteristic parameters was further studied. Results indicated that in the two-phase foam, the four inorganic salts of NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ and AlCl₃ effectively lower the diameter of bubbles, and greatly increase the foam liquid holdup and the froth apparent overflow velocity, and as a result, strengthen the foam entrainment of fine hydrophilic gangue, while the addition of NaClO₃ has no significant effect on the foam characteristic parameters.

Keywords: Inorganic salt; Froth characteristics; Froth entrainment

Study on Efficient Recovery Process of Zinc from Cassiterite Polymetallic Sulfide Ore

Lv Chao

(Kunming Metallurgy Institute, Yunnan Key Laboratory for New Technology Of Beneficiation Metallurgy, State Key Laboratory of Pressure Hydrometallurgical Technology of Associated Nonferrous Metal Resources, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: A complex cassiterite polymetallic ore is the type of cassiterite sulfide and skarn. The zinc and tin minerals are mainly iron sphalerite and cassiterite, with the main content of valuable elements Zn 6.04% and Sn1.05%, Fe and S 29.33% and 19.08%, respectively, and the main gangue component SiO₂ 16.63%. In order to design a reasonable and efficient zinc recovery process, a comparative test was conducted. The results showed that the mixed flotation process of desulphurization and zinc-sulfur was selected, and after desulphurization in one stage, two roughing, one scavenging and three cleaningsc the good indexes of zinc concentrate Zn grade 47.06% and Zn recovery 90.76% were obtained, which provided an available way for the development and utilization of similar ores.

Keywords: Cassiterite polymetallic; Iron sphalerite; Desulfurization; Mixed flotation