

转盘萃取塔选择性分离富集钢渣浸出液中的钢 试验研究

世仙果¹, 李兴彬², 江国豪³, 朱应旭¹, 李科¹, 张泽林¹

(1. 云锡文山锌铜冶炼有限公司, 云南 文山 663700;

2. 昆明理工大学 冶金与能源工程学院, 云南 昆明 650093;

3. 重庆市武隆区应急救援指挥中心, 重庆 武隆 408599)

摘要:针对湿法炼锌产出的含钢渣浸出液, 采用转盘萃取塔分离溶液中的钢、铁, 研究了溶液中钢铁离子萃取效果、金属离子萃取顺序、轻重两相的分离效果及乳化情况。考察了转盘转速、进料流量、P204 浓度、溶液酸度、反应温度和相比等因素对分离效果的影响。结果表明: 在反应温度 25 °C、重相体积流量 7.8 L/h、P204 浓度 20%、转盘转速 360 r/min、溶液酸度 60 g/L、相比 $V_O/V_A=1/1$ 优化条件下, 钢萃取率可达 75%, 杂质铁萃取率小于 5%, 轻重两相基本完全分离, 并无乳化现象; 萃取等温线结果表明, 在相比 $V_O/V_A=1/1$ 条件下, 采用 3 级逆流萃取可实现完全萃取钢; 负载有机相先采用稀硫酸洗涤, 再以 5 mol/L 盐酸作为反萃取剂, 在相比 $V_O/V_A=1/1$ 条件下反萃取, 钢反萃取率超过 98%, 反萃取液经过置换处理后可返回湿法炼锌流程, 有机相可再生使用。

关键词: 转盘萃取塔; 湿法炼锌; 钢; 萃取; 浸出渣; 选择; 分离; 富集

中图分类号: TF843.1; TF804.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2617(2024)02-0158-08

DOI: 10.13355/j.cnki.sfyj.2024.02.008

20 世纪 50 年代, 英荷壳牌石油公司提出了转盘萃取塔(RDC)的设备概念^[1], 因其具有操作简单、处理量大、成本低、占地面积小和维修方便等特点, 在石油化工、湿法冶金和制药行业等得到广泛应用^[2]。转盘萃取塔是一种机械式搅拌萃取塔, 塔内安装很多圆环, 利用塔内的转盘转动提供机械能, 使进入塔体内的两相充分分散后接触和混合, 增强传质过程, 提高传质效率^[3]。转盘萃取塔发展迅速, 根据其结构特点可分为偏心转盘萃取塔、增强聚并塔、自稳定高效萃取塔、开式涡轮转盘萃取塔和开孔转盘萃取塔等^[4]。

近年来, 研究人员对转盘萃取塔的实际应用开展了一系列研究, 主要集中在转盘萃取塔的传质过程特性、传质单元高度、传质效率、金属分离回收等方面。如在塔径 7.6、21.9 cm 的转盘萃取塔中分别进行甲苯-丙酮-水体系传质, 小塔径比大塔径的传质单元数大, 且随着萃取塔塔径不断

增大, 其传质效率逐渐下降, 转盘萃取塔放大效应明显^[2,5-6]; 在转盘萃取塔中用清水萃取煤油中的苯甲酸, 转盘转速、油层厚度与传质单元高度成反比, 原料进样口流量与传质单元高度成正比^[7]; 用直径 100 mm 的转盘色谱柱研究糠醛润滑油系统的流体力学和传质特性^[8], 液滴特征速度, 两相流速和分散相保持率之间的关系近似中等转子转速下 Logsdail 等^[9]提出的相关性; 利用计算流体力学(CFD)方法, 以水为连续相, 对 3 种不同规模的转盘萃取塔内的单相流动的流场进行模拟^[10], 随塔径增大, 级内混合减弱, 级间返混增加; 用萃取塔提纯辣椒油树脂, 在原料进料流量 20 L/h、重相进料流量 40 L/h、转速 360 r/min 条件下可保持轻相物料中溶剂 A 和辣椒油树脂半成品配比为 1/6^[11]; 用 P204 和 TBP 组成的协同萃取剂在转盘萃取塔中从硫酸溶液中直接萃取钼, 在较高的转子转速下转盘萃取塔可从水溶液和硫酸介质

收稿日期: 2023-11-30

第一作者简介: 世仙果(1995—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为湿法冶金。

中直接提取 Mo(VI), 萃取率约为 90.4%^[12]。转盘萃取塔因其操作方便、传质效率高、分离容易、萃取效果好的特点而被广泛应用于石油化工行业,但用于有色金属行业中萃取金属离子的研究却鲜见报道。溶剂萃取钢技术较为成熟,但实际生产中仍存在水相和油相分离效果差、乳化层增多、溶液含油超标、辅料用量增大等问题。

试验采用转盘萃取塔处理锌湿法冶炼产出的含钢渣浸出液,旨在研究不同条件下钢、铁分萃取效果、轻相和重相分离效果及溶液乳化特点,以期生产过程中存在的问题提供解决思路,同时为其应用于冶金行业其他方面提供技术参考。

1 试验部分

1.1 试验原料

试验原料为云南文山某湿法炼锌厂产出的含钢渣浸出液, pH=0.2, 主要化学成分见表 1。

In ³⁺	Zn ²⁺	ΣFe	Fe ²⁺	Ca ²⁺	As ³⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ₂ SO ₄
0.82	20.06	21.49	20.66	0.49	0.03	0.44	3.70	61.80

由表 1 看出, 溶液中除钢之外, 还含有锌、铁、铝等杂质。而根据不同 pH 下 P204 萃取金属离子萃取率(图 1)可知^[13], 在当前溶液的酸度下仅能实现铁离子的微量萃取, 其余杂质离子几乎不能被萃取。

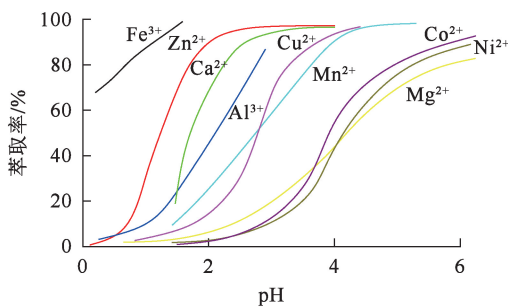


图 1 不同 pH 下 P204 萃取金属离子的萃取率

1.2 试验原理与方法

1.2.1 试验原理

水溶液中钢离子以 In³⁺、InSO₄⁺、In(SO₄)₂⁻ 和 In(SO₄)₃³⁻ 等多种形式存在, 在温度 25 °C、[In³⁺]=0.01 mol/L、[SO₄²⁻]=1 mol/L 条件下,

得到钢离子在不同 pH 下的物种分布^[14], 结果如图 2 所示。

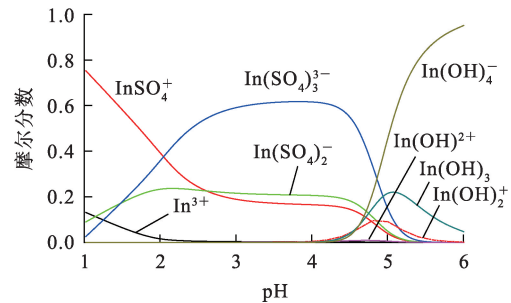


图 2 不同 pH 下钢离子的物种分布

试验用含钢渣浸出液中的钢以 In(III) 形式存在, 故采用 P204 作为萃取剂(酸性磷类萃取剂), 磺化煤油作为稀释剂。由于酸性磷类萃取剂在非极性溶液中常以二聚体形式存在(以 H₂R₂ 表示), 因此其萃取过程可表示为



平衡常数 K_{ex} 可表示为

$$K_{ex} = \frac{[InR_3 \cdot 3HR][H^+]^3}{[In^{3+}][H_2R_2]^2} \quad (2)$$

为表征溶液中游离钢离子与总钢离子浓度之比, 引入系数 δ , 计算公式为

$$\delta = \frac{[In^{3+}]}{[In]_T} = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^n \alpha_j (N^{m-})^j} \quad (3)$$

此时, 分配系数(D)为

$$D = \frac{[InR_3 \cdot 3HR]}{[In^{3+}]} \delta \quad (4)$$

对式(1)~(4)作 lg 函数得

$$\lg D = \lg \delta + \lg K_{ex} + 2 \lg (H_2R_2) - 3pH \quad (5)$$

1.2.2 试验方法

以含钢渣浸出液为重相、P204-磺化煤油为轻相, 其中轻相由塔底进入, 作为分散相向上流动, 经塔顶分离段分离后由塔顶流出; 重相由塔顶进入, 塔底流出, 两相呈逆流接触^[10]。在固定转盘搅动下, 分散相呈小液滴, 增大传质面积。

萃取率(E)计算公式为

$$E = \frac{\rho_0 V_0 - \rho_1 V_1}{\rho_0 V_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中: ρ_0 —萃前液中金属离子质量浓度, g/L; V_0 —萃前液体积, L; ρ_1 —萃余液中金属离子质量浓度, g/L; V_1 —萃余液体积, L。

钢离子浓度测定: 用 1 mL 的移液管取待测

样(萃余液或反萃余液)放置于比色管中并稀释相应倍数(稀释倍数根据离子浓度而定),同时向稀释液中加入 2% 的硝酸,定容后采用火焰原子吸收法测定水相(重相)中钢离子浓度,再通过物料守恒计算有机相(轻相)中钢萃取量。

铁离子浓度测定:用 0.5 mL 移液管取待测液样置于 50 mL 比色管中,再加入 10 mL 磺基水杨酸,定容后置于紫外分光光度计中进行测定,每个样品重复测定 2 次。

1.3 试验仪器

转盘萃取塔型号为 RDC-80,产自郑州天一科技有限公司,其结构如图 3 所示,主要设备参数见表 2。

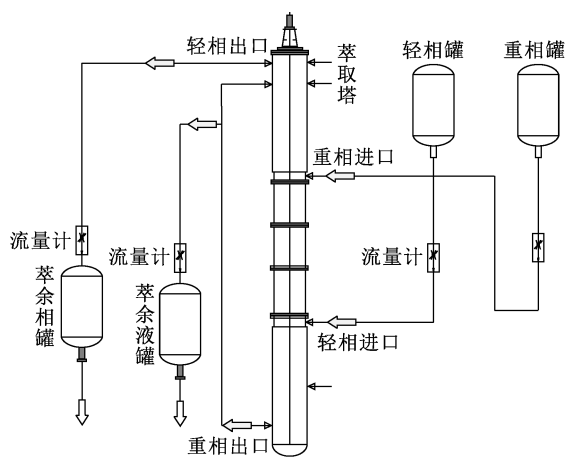


图 3 转盘萃取塔结构

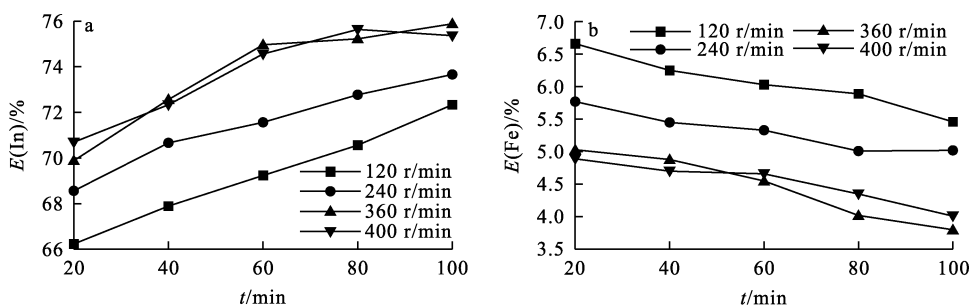


图 4 转盘转速对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

表 2 萃取塔的设备数据

塔总高/ mm	塔内径/ mm	有效 高度/mm	圆盘 间距/mm	环形固定 环/个	圆形 转盘/个
1 850	80	1 000	50	25	25

2 试验结果与讨论

2.1 转盘转速对钢、铁萃取率的影响

在温度 25 °C、P204 浓度 20%、相比 $V_O/V_A = 1/1$ 、溶液酸度 61.8 g/L、常压条件下,从塔顶部加入溶液(重相),体积流量为 7.8 L/h,塔底加入萃取剂 P204(用磺化煤油稀释后),考察转盘转速对钢、铁萃取率的影响,试验结果如图 4 所示。可以看出,随反应时间延长,转盘转速越大,钢萃取率越大,铁萃取率越小,钢铁分离效果越好:转速由 120 r/min 增至 360 r/min,反应 80 min 时,钢萃取率由 67% 增至 75%,铁萃取率由 6.5% 降至 4%。这是由于搅拌速度增大,使得液流的剪刀作用强化^[15],从而使一相分散成更多液滴,相间接触面积增大,轻重两相的相对运动及分散状况得到极大改善,使传质效果增强(见图 5)。但转速增至 400 r/min 时,钢萃取率呈下降趋势,铁萃取率略微上升,这是由于转速过大,轻重两相无法流出,且易产生油水混合物,形成第三相(乳化相),从而导致萃取效率降低^[6]。综合考虑,确定转盘萃取塔最佳转速为 360 r/min。

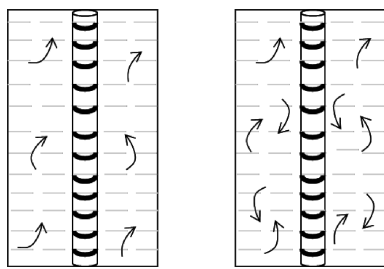


图 5 液滴流动模型

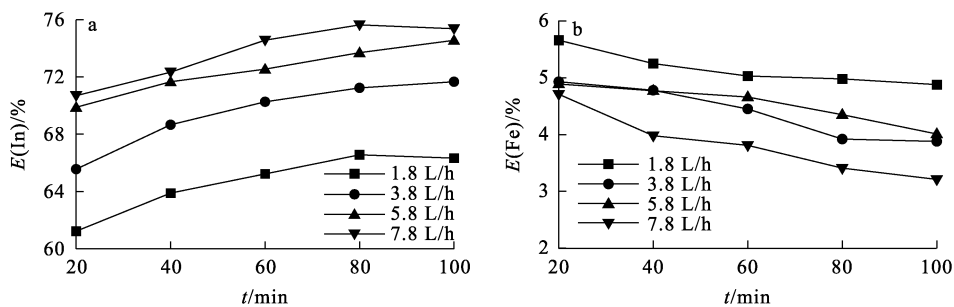


图 6 进料流量对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

由图 6 看出,保持转盘转速和轻、重相的总量之比不变,随进料流量增大,钢萃取率逐渐升高,铁萃取率基本不变;进料流量从 1.8 L/h 增至 7.8 L/h,反应 20 min 时,钢萃取率从 61% 增至 71%;继续延长反应时间,钢萃取率可达 75%。继续增大进料流量,部分轻相与重相混合并流出,使得塔内轻相液面下降,轻、重两相接触时间缩短,传质效率降低,导致钢萃取率降低,且易造成溶液含油超标。

2.2 进料流量对钢、铁萃取率的影响

在温度 25 °C、P204 浓度 20%、相比 $V_O/V_A = 1/1$ 、转盘转速 360 r/min、溶液酸度 61.8 g/L、常压条件下,从塔顶部加入溶液(重相),塔底加入萃取剂 P204(用磺化煤油稀释后),考察重相进料流量对钢、铁萃取率的影响,试验结果如图 6 所示。

综合考虑,确定重相流量以 7.8 L/h 为宜,此时钢萃取效果最佳,且轻、重两相能较好分离。

2.3 反应温度对钢、铁萃取率的影响

在转盘转速 360 r/min、P204 浓度 20%、相比 $V_O/V_A = 1/1$ 、溶液酸度 61.8 g/L 条件下,从塔顶部加入溶液(重相),体积流量为 7.8 L/h,塔底加入萃取剂 P204(用磺化煤油稀释后),考察反应温度对钢、铁萃取率的影响,试验结果如图 7 所示。

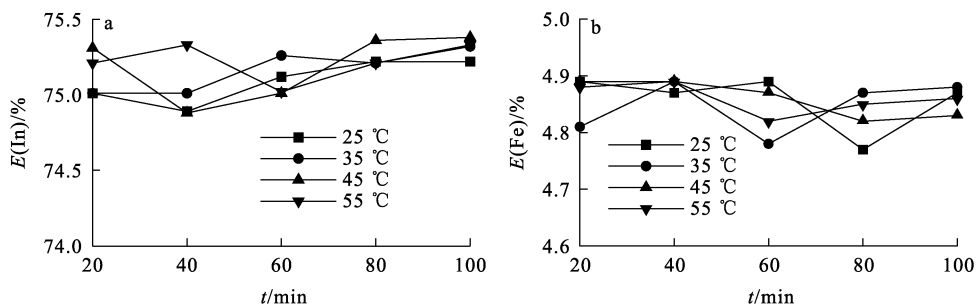


图 7 反应温度对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

由图 7 看出,随温度升高,钢、铁萃取率呈略微升高趋势,这是升高温度使得物质反应活性增强所致;温度从 25 °C 升至 55 °C,钢萃取率几乎不变,约为 75%,铁萃取率约为 4.85%,整体变化趋势不大;继续升高温度,进入有机相中的铁浓度可能会增大,不利于后续反萃取试验。综合考虑,选

择在 25 °C 下开展试验即可。

2.4 P204 浓度对钢、铁萃取率的影响

在温度 25 °C、相比 $V_O/V_A = 1/1$ 、转盘转速 360 r/min、溶液酸度 61.8 g/L 常压条件下,从塔顶部加入溶液(重相),体积流量为 7.8 L/h,塔底加入萃取剂 P204(用磺化煤油稀释后),考察萃取

剂 P204 浓度对钢、铁萃取率的影响, 试验结果如

图 8 所示。

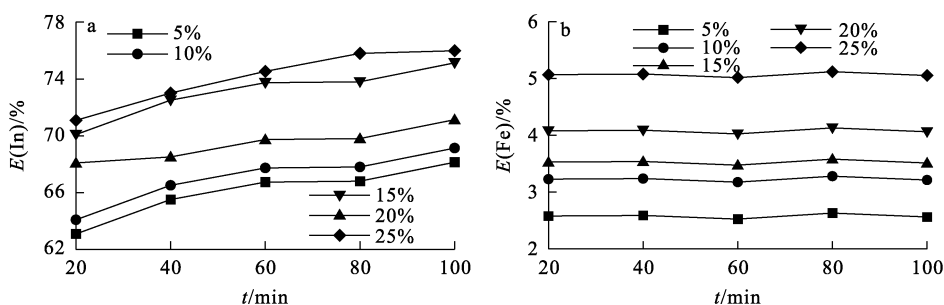


图 8 P204 浓度对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

由图 8 看出, 钢、铁萃取率与 P204 浓度呈正相关关系, 即 P204 浓度越大, 钢、铁萃取率越高: P204 浓度从 5% 增至 20% 时, 钢萃取率从 63% 升至 71%, 铁萃取率由 2.7% 升至 4.1%, 反应时间延长至 100 min 时, 钢萃取率升至 75%; 随 P204 浓度增至 25%, 钢萃取率呈升高趋势, 但杂质铁萃取率从 4.1% 升至 5.2%, 且铁元素过高易使有机相中毒和老化, 降低其使用寿命, 同时使负载有

机相黏度增大。综合考虑, 确定最佳 P204 浓度为 20%。

2.5 重相酸度对钢、铁萃取率的影响

在温度 25 °C、转盘转速 360 r/min、P204 浓度 20%、相比 $V_O/V_A = 1/1$ 、常压条件下, 从塔顶部加入溶液(重相), 体积流量为 7.8 L/h, 塔底加入 P204(用磺化煤油稀释后), 考察重相溶液酸度对钢、铁萃取率的影响, 试验结果如图 9 所示。

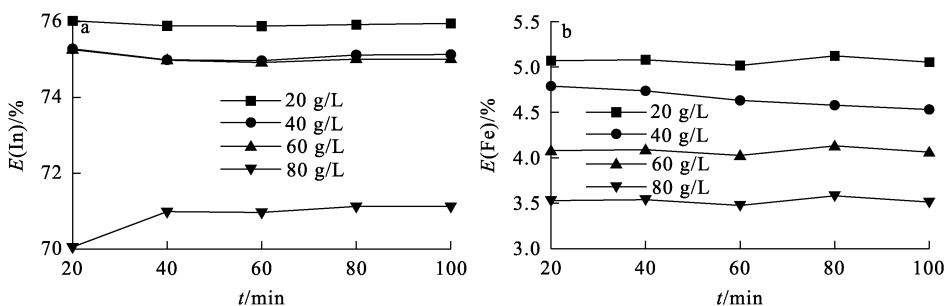


图 9 重相酸度对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

由图 9 看出, 重相初始酸度对钢、铁萃取率的影响表现为酸度越大, 钢、铁萃取率越低: 酸度为 20 g/L 时, 钢、铁萃取率分别为 76% 和 5%; 酸度为 40 g/L 和 60 g/L 时, 两条曲线基本重叠, 表明钢萃取率相近, 而铁萃取率在 40 g/L 时明显更高; 酸度继续增大至 80 g/L 时, 钢、铁萃取率降低, 分别为 71% 和 3.5%。这是由于 P204 萃取钢离子的过程属于阳离子交换过程, 初始酸度越高, 溶液中游离氢离子浓度越大, 促使反应(1)向左移动, 则萃取过程被抑制^[16]。综合考虑, 确定重相初始酸度以 60 g/L 为宜, 既可确保钢萃取效果, 又能降低铁萃取率。

2.6 相比对钢、铁萃取率的影响

在温度 25 °C、转盘转速为 360 r/min、P204 浓度

20%、溶液酸度 61.8 g/L、常压条件下, 从塔顶部加入溶液(重相), 体积流量为 7.8 L/h, 塔底加入 P204(用磺化煤油稀释后), 考察相比 V_O/V_A 对钢、铁萃取率的影响, 试验结果如图 10 所示。可以看出, 钢、铁萃取率与相比呈正相关关系, 即随 V_O/V_A 减小, 钢、铁萃取率逐渐降低: $V_O/V_A = 2/1$ 时, 有机相浓度较大, 钢、铁萃取率均达最大, 分别为 76.01% 和 5.61%; $V_O/V_A = 1/1$ 时, 钢萃取率降至 75.52%, 铁萃取率为 4.51%; 继续降低 V_O/V_A 至 1/3 时, 钢、铁萃取率降至最低, 分别为 70.85% 和 3.65%。综合考虑, 确定相比 V_O/V_A 为 1/1, 此条件可满足萃取要求。

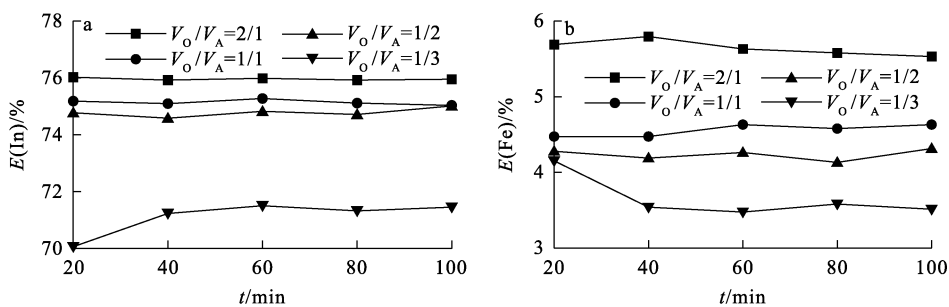


图 10 相对对钢(a)、铁(b)萃取率的影响

2.7 萃取等温线

以水相和负载有机相中的钢离子质量浓度分别作为横轴(x轴)和纵轴(y轴),斜率为试验过程中所用相比,绘制萃取等温线,结果如图 11 所示。

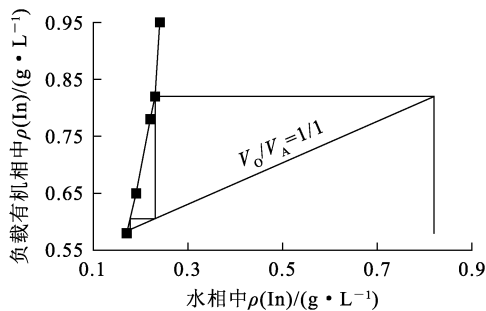


图 11 钢的萃取等温线

由图 11 看出:在重相中钢质量浓度 0.82 g/L、 $V_O/V_A=1/1$ 、两级逆流萃取条件下能实现钢的完全萃取。但考虑到实际生产过程中流量较大,因此,选择三级逆流萃取。

2.8 负载有机相中钢的反萃取

根据萃余液中钢质量浓度计算可知,负载有机相中钢质量浓度约为 0.8 g/L。采用 HCl 作为反萃取剂回收钢(反萃取前用低浓度硫酸洗涤有机相),在反应温度 25 °C、 $V_O/V_A=1/1$ 条件下,考察盐酸浓度对反萃取钢的影响,试验结果如图 12 所示。

由图 12 看出,钢反萃取率与盐酸浓度呈正相关,即当盐酸浓度增大时,钢、铁反萃取率升高:盐酸浓度增至 3 mol/L 时,钢反萃取率提高至 81.82%,而铁反萃取率为 32.58%,这是因为部分铁与钢被 P204 共萃取进入有机相,形成反向胶束,导致低浓度盐酸难以破坏^[17];盐酸浓度继续增至 6 mol/L 时,钢反萃取率为 98.32%,铁反萃取率为 70.65%。考虑到高浓度盐酸会引入大

量氯离子,可能造成设备腐蚀加速问题,因此,确定盐酸浓度以 5 mol/L 为宜。

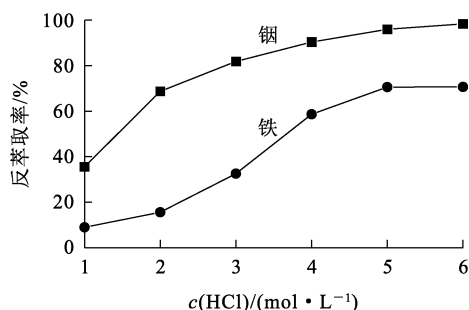
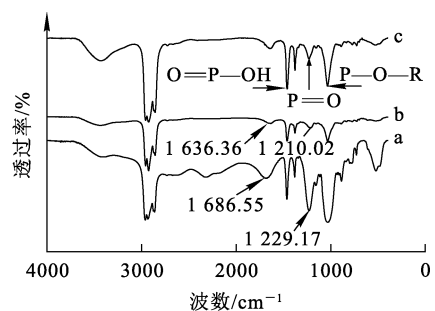


图 12 盐酸浓度对钢、铁反萃取率的影响

2.9 萃取前后有机相的红外光谱对比

试验通过对比分析新鲜有机相和负载有机相的红外光谱确定萃取过程参与反应的官能团。萃取前 P204 有机相、萃取后负载有机相及反萃取后贫有机相的红外光谱分析结果如图 13 所示。



a—萃取前 P204;b—P204 萃合物;c—反萃取后 P204。

图 13 P204 及其萃合物的红外光谱

图 13(a)中 1 032、1 229.17 和 1 686.55 cm^{-1} 处分别归属于 P204 的 P—O—R、P=O 和 P—O—H 的伸缩振动峰,萃取反应发生后,P—O—R 特征峰基本未移动,表明该基团没有参

与萃取配位过程; P=O 的伸缩振动峰由 $1\ 229.17\ \text{cm}^{-1}$ 向 $1\ 210.02\ \text{cm}^{-1}$ 移动, P—OH 的伸缩振动峰由 $1\ 686.55\ \text{cm}^{-1}$ 移动至 $1\ 636.36\ \text{cm}^{-1}$, 且 P—OH 的特征峰基本消失。由此可知, P204 萃取铜过程为 P—OH 键断裂, 氢离子离解进入溶液中, 剩余 P—O 和 P=O 官能团与铜离子结合形成萃合物进入有机相。P204 萃取铜、铁后生成的萃合物结构如图 14 所示^[18]。

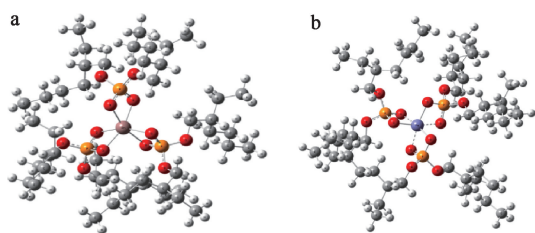


图 14 P204 萃取铜(a)、铁(b)后所生成萃合物结构

3 结论

采用转盘萃取塔从含铜渣浸出液中分离铜、铁是可行的。最佳工艺条件为: 温度 $25\ ^\circ\text{C}$, 重相体积流量 $7.8\ \text{L/h}$, P204 体积浓度 20% , 转盘转速 $360\ \text{r/min}$, 重相酸度 $60\ \text{g/L}$, 相比 $V_{\text{O}}/V_{\text{A}}=1/1$ 。该条件下, 铜萃取率为 75% , 铁萃取率为 4.1% 。用 $5\ \text{mol/L}$ 盐酸为反萃取剂, 负载有机相中 98% 左右的铜可被反萃取, 且几乎不残留铁, 有机相可循环再生。该法工艺运行稳定性好, 可操作性强, 轻重两相的分离效果好, 整个试验过程基本未出现乳化现象。但铜离子萃取效果的提高还有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] REMAN G H, OLNEY R B. The rotating disc contactor: new tool for liquid-liquid extraction [J]. Chemical Engineering Progress, 1955, 51(1): 141-146.

[2] 万银坤, 王运东, 朱慎林. 转盘萃取塔放大效应及其原因的探讨[J]. 中国科技论文在线, 2007(12): 902-909.

[3] 柴诚敬, 贾绍义. 化工原理[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 6.

[4] 王运东, 费维扬, 刘小秦, 等. 新型转盘萃取塔研究开发与工业应用[J]. 化学工程, 2008(4): 1-4.

[5] 温春阳. 转盘萃取塔中乳状液膜法连续处理废水中的 Cu^{2+} [D]. 长春: 长春工业大学, 2017.

[6] 王喆. 轻重交替进料萃取塔传质性能的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.

[7] 代丽雁, 李坤. 转盘萃取塔传质单元高度的测定与影响因素的研究[J]. 广州化工, 2015, 43(5): 166-168.

[8] 倪信娣, 章寿华, 周永传, 等. 糠醛-润滑油系统的流体力学和传质研究[J]. 石油炼制与化工, 1981(2): 30-37.

[9] LOGSDAIL D H, THORNTON J D, PRATT H R C. Liquid-liquid extraction: flooding rates and performance data for a Rotary Disc Contactor[J]. Trans Inst Chem Engrs (London), 1957, 35: 361.

[10] 万银坤, 王运东, 费维扬. 用计算流体力学方法研究转盘塔内的流场[J]. 化学工程, 1999(5): 9-13.

[11] 冀云武, 李艳莉, 袁新英, 等. 用转盘萃取塔提纯辣椒油树脂的工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2016(3): 107-110.

[12] SHAKIB B, TORAB-MOSTAEDI M, OUTOKESH M, et al. Direct extraction of Mo(VI) from sulfate solution by synergistic extractants in the rotation column[J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2020, 28(2): 445-455.

[13] 马荣骏. 萃取冶金[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009.

[14] 荣浩. 混合萃取体系从硫酸盐溶液中萃取铜的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2016.

[15] 王阁. 影响转盘萃取塔萃取效果的因素分析[J]. 黑龙江科技信息, 2002(7): 112.

[16] 世仙果. 从湿法炼锌富铜渣浸出液中选择性萃取分离回收铜的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.

[17] 刘会洲, 于淑秋, 陈家铺. P204-正辛烷萃取和反萃 Fe(III) 机理的研究[J]. 化工学报, 1991(3): 283-288.

[18] 陈淑梅. 酸性磷类萃取剂分子及其金属萃合物的结构与性质研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.

Selective Separation and Enrichment of Indium from Leaching Solution of Indium Residue by Rotating Disk Tower

SHI Xianguo¹, LI Xingbin², JIANG Guohao³, ZHU Yingxu¹, LI Ke¹, ZHANG Zelin¹

(1. Yunxi Wenshan Zinc Indium Smelting Co., Ltd., Wenshan 663700, China;

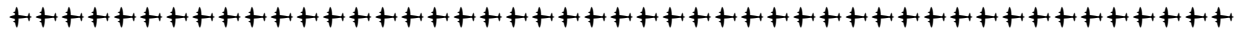
2. Faculty of Metallurgy and Energy Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

3. Chongqing Wulong District Emergency Rescue Command Center, Wulong 408599, China)

Abstract: Aiming at leaching solution of indium residue produced by zinc hydrometallurgy, rotating

disk extraction tower was used to separate indium and iron from the solution. The extraction effects of indium and iron ions in the solution, the extraction sequence of metal ions, the separation effect and emulsification of light and heavy phases was studied. The influences of the rotating disk rotating speed, feed flow rate, concentration of P204, solution acidity, reaction temperature and the phase ratio on separation effects were examined. The results show that under the optimal conditions of reaction temperature of 25 °C, heavy phase volume flow rate of 7.8 L/h, P204 concentration of 20%, rotating disk rotating speed of 360 r/min, initial acidity of 60 g/L, V_O/V_A phase ratio of 1/1, the extraction rate of indium can reach 75%, the extraction rate of impurity element iron is less than 5%. The light and heavy phases are basically completely separated, and there is no emulsification. The result of extraction isotherms shows that complete extraction of indium can be achieved by three-stage countercurrent extraction under the condition of V_O/V_A phase ratio of 1/1. The loaded organic phase is pre-washed with dilute sulfuric acid, and then stripping with 5 mol/L hydrochloric acid under the condition of $V_O/V_A = 1/1$. And the extraction rate of indium is more than 98%. After the replacement treatment, the stripping solution can be directly returned to zinc hydrometallurgy, the organic phase can be recycled after scrubbing.

Key words: rotating disk extraction tower; zinc hydrometallurgy; indium; extraction; leaching residue; selection; separation; enrichment



《湿法冶金》编辑部关于仿冒虚假信息的严正声明

为帮助作者、读者准确识别虚假《湿法冶金》期刊网站和相关诈骗信息,现作如下声明:

1.《湿法冶金》期刊唯一投稿网址为 <https://sfyj.cbpt.cnki.net>,网站已获得百度官网认证,官网具有蓝底白字的“官方”标识;唯一电子邮箱为 shifayejin@163.com。

2.《湿法冶金》由中国核工业集团有限公司主管、核工业北京化工冶金研究院主办,未与任何其他公司、组织或机构合作办刊。

3.本刊不收取审稿费,作者如收到缴纳审稿费的通知即为虚假信息,切勿上当!

4.本刊建立了科学、严谨、规范、自律的稿件审核机制,不存在所谓“内部荐稿”“交钱速发”等学术不端行为,请作者切莫相信此类诈骗信息!

5.对于发现的仿冒我编辑部等虚假信息,本刊将向有关部门进行举报处理。请各位作者、读者提高警惕,谨防上当受骗!

6.编辑部地址:北京市通州区九棵树 145 号

联系电话:010-51675321,51674124。

特此声明!

《湿法冶金》编辑部