

P204 顺序萃取分离电镀污泥中铁铝镍试验研究

罗 振^{1,2}, 兰 馨², 曲 展³, 朱遂一²

- (1. 无锡市新都环保科技有限公司, 江苏 无锡 214200;
2. 仲恺农业工程学院 资源与环境学院, 广东 广州 510000;
3. 南京大学 环境学院环境与健康研究院, 江苏 苏州 215000)

摘要:研究了采用 P204 萃取剂按顺序萃取分离电镀污泥中杂质铁铝和重金属镍, 探讨了 pH 对萃取过程的影响机制。结果表明: 电镀污泥经硫酸预处理后所得浸出液富含镍, 所得不溶物主要为硫酸钙和硅; 以 20% P204+80% 磺化煤油作为有机相, 在萃取相比 $V_0/V_A=1/1$ 、电镀污泥浸出液初始 pH=0.9 条件下, 铁和铝萃取率分别达 99.9% 和 97.6%, 而镍损失率低于 2%; 将萃余液 pH 调至 4.5, 以 15% P204+85% 磺化煤油为有机相, 在萃取相比 $V_0/V_A=1/1$ 条件下, 经过 4 级萃取, 镍萃取率可达 98%; 用 2 mol/L 硫酸进行 4 级反萃取, 所得富镍反萃液经蒸发结晶可得镍质量分数为 22% 的硫酸镍晶体。

关键词: 电镀污泥; P204; 萃取; 镍; 铁; 铝; 分离; 硫酸

中图分类号: TF804.2; TF815

文献标识码: A

文章编号: 1009-2617(2024)05-0559-07

DOI: 10.13355/j.cnki.sfyj.2024.05.012

电镀污泥是一种含重金属的有毒有害废弃物, 大量产生于表面处理行业, 通过直接填埋或焚烧制备建筑材料进行处理, 会造成大量重金属损失, 同时也存在污染风险^[1]。因此, 回收电镀污泥中的重金属, 则可同步削减电镀污泥产量, 并降低其潜在的环境污染风险。

电镀污泥中含有铜、锌、镍、铬等重金属, 相对而言, 镍更具有经济价值, 因此受到更多关注^[2-3]。目前, 从电镀污泥中分离回收镍的方法较多, 包括湿法溶解—萃取分离、火法煅烧—水浸萃取、电化学—膜分离等; 但其中一些方法因受到场地条件和管理水平制约, 或者要求高温高压条件, 使其应用受到了一定限制。相较而言, 强酸溶解结合多级萃取分离法则因在温和条件下即可高效分离电镀污泥中的重金属镍而得到了广泛应用^[4-6]。除镍等重金属之外, 电镀污泥中还含有铁、铝、钙、镁等杂质, 通常可先采用 P507、N235、Cyanex 272 和 PC-88A 等萃取剂分离, 再采用特异萃取

剂, 如 HBL 110、Aliquat 336 和 P204 等萃取萃余液, 从中高效回收镍^[7-15]。尽管已有萃取法在分离回收电镀污泥中的镍方面取得了一定成果, 但大多侧重于去除含量较高的杂质以获得含镍溶液, 而含量较低的杂质离子仍残留在溶液中, 除杂效果不是很理想; 另外, 还存在部分萃取剂价格昂贵或萃取剂只能萃取单一金属镍等缺点, 难以达到高效回收利用电镀污泥中有效组分的目的。

针对上述问题, 试验研究了用单一萃取剂 P204 在不同 pH 条件下按顺序逐步萃取电镀污泥铁、铝和镍, 对试验条件进行了优化, 并探究了萃取机制, 以期含镍电镀污泥的高效资源化利用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 污泥的预处理

试验用电镀污泥呈灰绿色, 取自河北霸州某

收稿日期: 2024-06-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(52200156); 江苏省社会发展面上项目(BE2023697)。

第一作者简介: 罗振(1989—), 男, 硕士, 主要研究方向为固废资源化。

通信作者简介: 曲展(1993—), 男, 博士, 助理教授, 主要研究方向为多金属固废资源化。E-mail: quz@nju.edu.cn;

朱遂一(1981—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为富铁污泥资源化。E-mail: zhuisuiyi@zhku.edu.cn。

电镀公司废水处理站,含水率为 41.7%。取 50 g 污泥放入 100 mL 3 mol/L 硫酸溶液中,超声 5 min,持续搅拌 90 min 后静置分层,溶液顶部产物为灰色絮体,经离心分离后得到绿色酸溶液。分别调节硫酸浓度为 1 和 5 mol/L,重复上述试验。

1.2 试验试剂及设备

萃取剂:二(2-乙基己基)磷酸酯(P204),分析纯,购于常州新元素化学有限公司;稀释剂:磺化煤油(260# 溶油剂),分析纯,购于郑州和成新材料科技有限公司;反萃剂:H₂SO₄,分析纯,购于广东广试试剂科技有限公司;P507、N235、Cyanex272、TBP、Alamine 336、Versatic Acid 10 和异癸醇,均为分析纯,购于上海麦克林生化科技有限公司。

主要设备:电感耦合等离子体质谱仪(ICP-OES, Avio 200, 美国 Perkin),扫描电子显微镜(SEM, Inspect F50, 美国 Fei),X 射线衍射仪(XRD, Rint 2200, 日本 Rigaku),pH 计(S210-S, 美国 Mettler Toledo)。

1.3 试验方法

1.3.1 杂质 Fe、Al 的去除

首先,取 10 mL 电镀污泥硫酸浸出液于 100 mL 容量瓶中,稀释后添加硫酸调节溶液 pH 至 0.9,定容;然后,将 20 mL P204 与 80 mL 磺化煤油混合配制成 20%P204+80%磺化煤油有机溶剂;最后取一定量稀释后的溶液与有机溶剂,按相比 V_O/V_A=1/1 加入到 125 mL 分液漏斗中,振荡 5 min,静置 30 min,分离,得负载有机相 a 和萃余液 a。用电感耦合等离子发射光谱仪分析萃余液 a 中金属离子含量,考察铁铝分离效果。

选取 P507、N235、Cyanex272、TBP、Alamine 336、Versatic Acid 10 和异癸醇 7 种常用萃取剂取代 P204 萃取剂,按照上述试验条件与方法进行萃取对比试验。

萃取试验完成后,在 V_O/V_A=1/1 条件下,用 6 mol/L 盐酸溶液反萃取负载有机相 a,振荡 5 min 后,静置 30 min,分别收集反萃液 a 和贫有机相 b 进行表征。

1.3.2 镍的回收

取 25 mL 萃余液 a,调节 pH 至 4.5,在 V_O/V_A=1/1 条件下,仍使用 15%P204+85%磺化煤油振

荡 5 min,静置 30 min 后分层,得负载有机相 c 和萃余液 b。通过调节 V_O/V_A、P204 用量和溶液 pH,优化试验参数。最后在 V_O/V_A=1/1 条件下,用 2 mol/L 硫酸对负载有机相 c 进行反萃取,即再生处理,得到的反萃液 b 进行蒸发结晶制备硫酸镍晶体。

1.4 分析方法

镍、铁、铝萃取率计算公式如下:

$$E_B = \frac{\rho_{B0} - \rho_{B1}}{\rho_{B0}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:E_B—金属(镍、铁、铝)萃取率,%;ρ_{B0}—浸出液中金属(镍、铁、铝)质量浓度,g/L;ρ_{B1}—萃余液中金属(镍、铁、铝)质量浓度,g/L。

金属分离系数 β_(A/B)、分配比 D 的计算公式如下:

$$\beta_{(A/B)} = \frac{D_A}{D_B} \quad (2)$$

$$D = \frac{[M]_{org}}{[M]_{aq}} \quad (3)$$

式中:β_(A/B)—金属 A(铁或铝)与金属 B(镍)的萃取分离系数;D_A—金属(铁、铝、镍)分离比;D_B—金属(铁、铝、镍)分离比;D—金属(铁、铝、镍)分离比;[M]_{org}—有机相中金属(铁、铝、镍)浓度,[M]_{aq}—水相中金属(铁、铝、镍)浓度。

2 试验结果与讨论

2.1 电镀污泥成分与溶解特征

电镀污泥的主要成分见表 1,硫酸预处理后浸出液中镍、铁、铝质量浓度见表 2。电镀污泥及硫酸预处理后不溶物的 SEM/XRD 分析结果如图 1 所示。

表 1 电镀污泥的主要成分 %

Ni	Fe	Al	Ca	硫酸
15.9	2.2	4.1	0.5	3.82

表 2 硫酸预处理电镀污泥后浸出液中镍、铁、铝质量浓度

硫酸浓度/ (mol·L ⁻¹)	ρ(Ni ²⁺)/ (g·L ⁻¹)	ρ(Fe)/ (g·L ⁻¹)	ρ(Al ³⁺)/ (g·L ⁻¹)
1	19.50	0.009	0.104
3	75.43	11.34	12.67
5	64.31	10.06	9.43

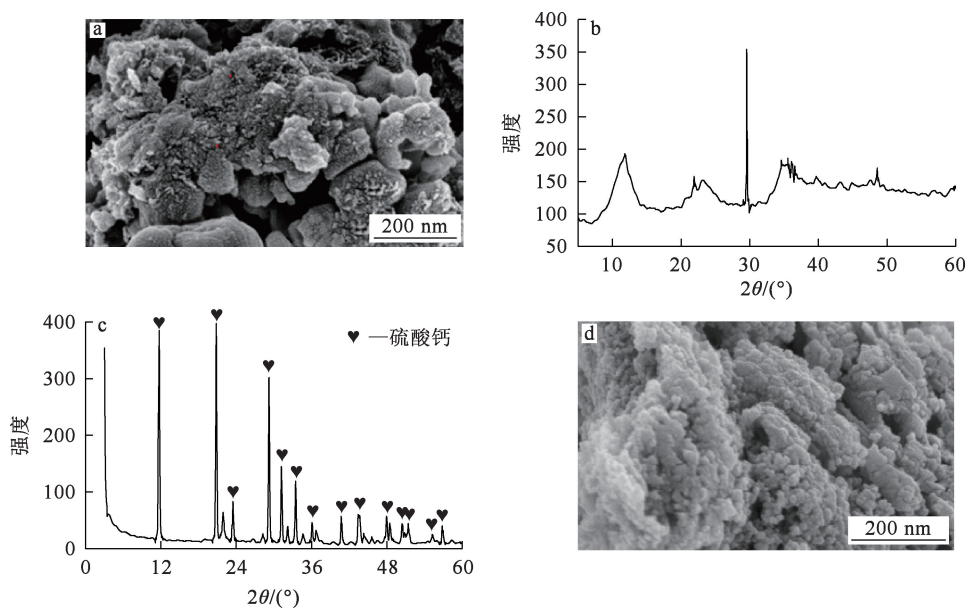


图 1 污泥的 SEM(a)、XRD 谱(b)、硫酸预处理后不溶物的 XRD 谱(c)、SEM(d)

由图 1、表 1~2 看出:电镀污泥呈不规则块状,其 XRD 谱中出现了一个硫酸钙的宽峰;该污泥含铁 2.2%、铝 4.1%、镍 15.9%和钙 0.5%;用 1 mol/L 硫酸预处理污泥后浸出液中镍质量浓度接近 20 g/L,而铁、铝质量浓度均小于 0.1 g/L;硫酸质量浓度增至 3 mol/L,污泥浸出液中镍质量浓度增至 75.43 g/L,铁、铝质量浓度分别达 11.34 g/L 和 12.67 g/L,同时产生了灰色絮状不溶物,其 XRD 谱中出现了尖锐的石膏晶体峰(图 1(c)),表明不溶物以石膏为主;硫酸质量浓度增至 5 mol/L 时,镍、铁、铝质量浓度分别降至 64.31、10.06 和 9.43 g/L。综上,选择 3 mol/L 硫酸溶解电镀污泥浸出液进行试验;但考虑到直接浸出后溶液中镍浓度过高会导致后续萃取过程中出现乳化现象,因此,取上清液稀释 10 倍作为电镀污泥浸出液进行后续试验,稀释后镍、铁、铝质量浓度分别为 7.54、1.13 和 1.27 g/L。

2.2 萃取分离杂质铁铝

2.2.1 萃取剂的筛选

为了考察不同萃取剂对电镀污泥中镍与铁铝的萃取分离效果,试验选用 P507、N235、Cyanex272、TBP、Alamine 336、Versatic Acid 10 和异癸醇 8 种萃取剂分别对电镀污泥浸出液进行萃取试验,试验条件为溶液初始 pH = 0.9、 $V_0/V_A = 1/1$ 、有机相组成为 20% 萃取

剂+80%磺化煤油、振荡时间 5 min。结果如图 2 所示。

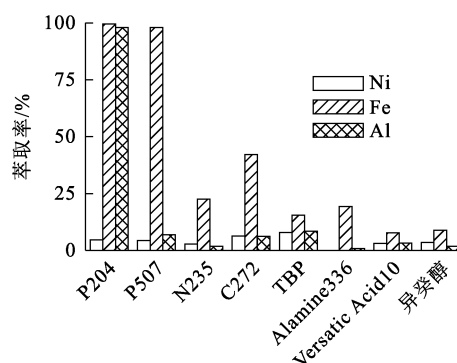


图 2 不同萃取剂对镍、铁、铝的萃取效果对比

由图 2 看出:在 8 种萃取剂中,P204 和 P507 对铁的萃取效果最佳,萃取率接近 100%,而 N235、C272、TBP、Alamine A336、Versatic Acid 10、癸醇 6 种萃取剂的铁萃取率均低于 50%;8 种萃取剂中,除 P204 对铝的萃取率达 98%外,其他 7 种萃取剂萃取铝效果均较差,不足 10%,说明 P204 具有更佳的除铝效果。综上可知,P204 去除电镀污泥中铁铝能力较强,这可能与它具有独特的化学结构,能与铁和铝形成稳定的配合物有关。而其他 7 种萃取剂由于与铁、铝的亲合力较低,导致除铁和除铝效果较差。因此,选择 P204 进行后续试验。

2.2.2 萃取相比对铁、铝和镍萃取分离效果的影响

为进一步优化 P204 的萃取效果,在电镀污泥浸出液平衡 pH=1.2、有机相组成为 20%P204+

80%磺化煤油、振荡时间 5 min 条件下,考察萃取相比 V_O/V_A 对铁、铝和镍萃取率和萃取分离系数的影响,试验结果如图 3 所示。

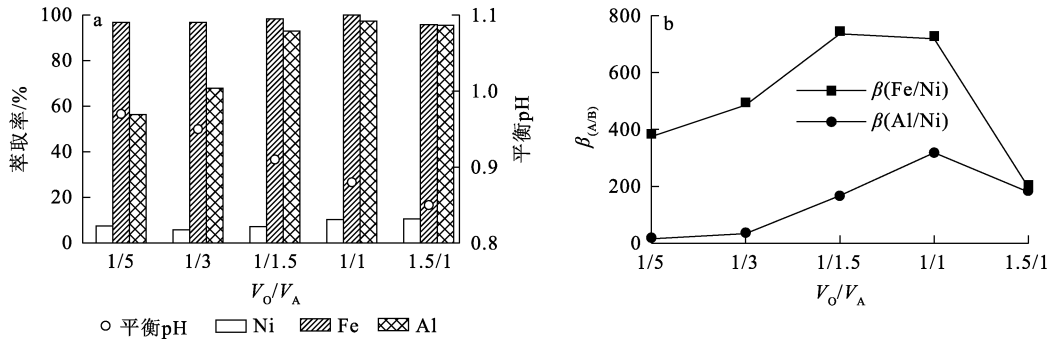


图 3 萃取相比 V_O/V_A 对铁、铝和镍萃取率(a)和萃取分离系数(b)的影响

由图 3(a)看出:随 V_O/V_A 增大,铁萃取率始终保持在较高水平,接近 100%,说明 P204 在除铁方面具有高效性; V_O/V_A 由 1/5 增至 1.5/1 时,铝萃取率显著升高,最大可达 95.50%,镍萃取率也有小幅升高,最大升至 10.55%;同时溶液平衡 pH 由 0.97 降至 0.85,说明随 V_O/V_A 增大更多的 P204 中的一OH 与金属离子结合形成金属配合物,同时释放 H^+ ,导致平衡 pH 有所降低。

由图 3(b)看出: $V_O/V_A=1/1.5$ 时,铁镍分离系数达最大,为 735.83,铁镍分离效果最佳; $V_O/V_A=$

1/1 时,铝镍分离系数达最大,为 167.51,铝镍分离效果最佳,此时铁镍分离系数为 718.50。考虑到铁铝和镍分离效果的差异,确定萃取工艺的 V_O/V_A 为 1/1。该比值不仅能有效提高铁和铝萃取率,同时还能保证镍萃取率。

2.2.3 初始 pH 对铁、铝和镍萃取分离效果的影响

在有机相组成为 20%P204+80%磺化煤油、萃取相比 $V_O/V_A=1/1$ 、振荡时间 5 min 条件下,电镀污泥浸出液初始 pH 对铁、铝和镍萃取率和萃取分离系数的影响,试验结果如图 4 所示。

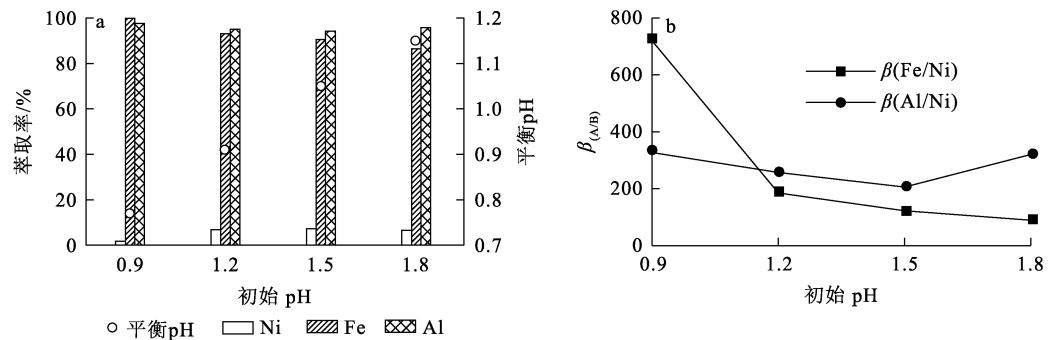


图 4 平衡 pH 对铁、铝和镍萃取率(a)和萃取分离系数(b)的影响

由图 4(a)看出:初始 pH 在 0.9~1.8 范围内,随 pH 升高,铁萃取率逐渐下降,最低为 86.4%,而铝萃取率维持在 94.1%~97.6% 范围内,镍萃取率有小幅升高,最大为 7.2%;同时,

平衡 pH 相较于萃取前,也随 pH 升高呈明显下降趋势。这主要归因于 P204 与金属离子发生酸碱反应,其分子结构中含有的羟基(—OH)与金属离子结合形成金属配合物,同

时释放 H^+ , 因此反应后 pH 相比反应前有所降低。

由图 4(b) 看出, 初始 pH 对金属分离系数的影响显著: pH=0.9 时, 铁镍分离系数为 719.55, 铝镍分离系数为 327.08; 之后随 pH 增大, 铁镍分离系数和铝镍分离系数均明显降低。说明 pH=0.9 时, 铁、铝与镍的萃取分离效果最佳, 通过合理调控 pH, 可进一步优化铁、铝和镍分离过程, 从而提高杂质分离效果和镍回收率。

2.3 P204 萃取回收镍

2.3.1 萃取相比 V_O/V_A 对 P204 萃取镍的影响

试验继续选用 P204 对除铁铝萃余液 a 进行萃取提纯。在萃余液 a 的 pH=4.5、以 15% P204+85% 磺化煤油作为萃取镍有机相条件下, 考察萃取相比 V_O/V_A 对 P204 萃取回收镍的影响, 试验结果如图 5 所示。

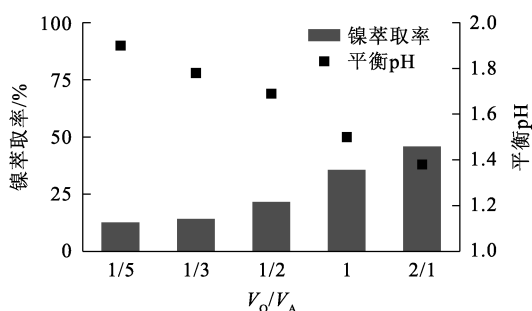


图 5 萃取相比 V_O/V_A 对 P204 萃取回收镍的影响

由图 5 看出: 随 V_O/V_A 从 1/5 增至 2/1, 镍萃取率从 12.6% 升至 47.8%, 这是因为随有机相体积增大, P204 与镍离子的接触面积增加, 会使更多的镍离子被成功萃取回收; 溶液平衡 pH 随 V_O/V_A 增大呈下降趋势, 由 1.9 降至 1.4, 这是因为 V_O/V_A 越大, P204 释放的 H^+ 越多, 造成溶液 pH 降低。为了确保获得较高的镍萃取率, 同时避免萃取剂过度消耗, 实现成本效益与萃取效率的最佳平衡, 试验确定萃取回收镍的最佳相比 $V_O/V_A=1/1$ 。

2.3.2 有机相中 P204 与煤油稀释比对萃取镍的影响

在萃余液 a 的 pH=4.5、萃取相比 $V_O/V_A=1/1$ 条件下, 考察有机相中 P204 与煤油稀释比对萃取回收镍的影响, 试验结果如图 6 所示。

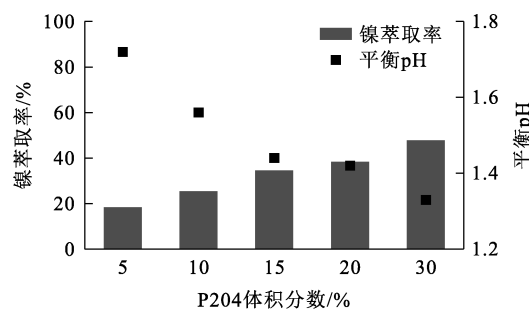


图 6 P204 与煤油稀释比对萃取回收镍的影响

由图 6 看出: 随有机相中 P204 体积分数从 5% 增至 30%, 镍萃取率从 18.4% 升至 47.7%, 这是因为 P204 用量增加能增强其与镍离子的结合能力, 从而提高镍萃取率; 随 P204 体积分数增大, 溶液平衡 pH 从 1.7 降至 1.3。综合考虑, 试验确定选择 15% P204+85% 磺化煤油为有机相进行后续试验。

2.3.3 pH 对 P204 萃取镍的影响

用 15% P204+85% 磺化煤油为有机相, 控制萃取相比 $V_O/V_A=1/1$ 条件下, 考察萃余液 a 的初始 pH 对 P204 萃取回收镍的影响, 试验结果如图 7 所示。

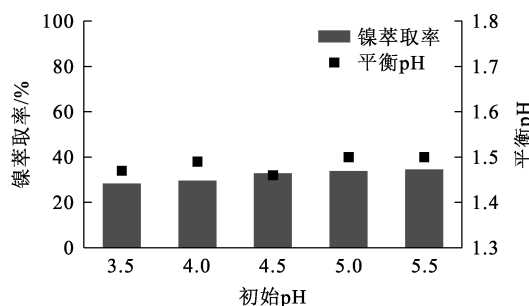


图 7 初始 pH 对 P204 萃取回收镍的影响

由图 7 看出: 溶液初始 pH 对镍的萃取影响不大, pH 从 3.5 升至 5.5, 镍萃取率从 28.2% 升至 34.5%; 随初始 pH 升高, 溶液平衡 pH 先升高后降低, 但基本维持在 1.5 左右, 变化幅度不大, 且在 pH 高于 4.5 后稳定不变。综合考虑, 试验确定调节除铁铝后萃余液 a 的 pH=4.5 为宜。

综上, 确定 P204 萃取回收镍的优化工艺参数为: 萃余液 a 的 pH=4.5, 15% P204+85% 磺化煤油为有机相, 萃取相比 $V_O/V_A=1/1$ 。在该条件下进行 4 级逆流萃取镍试验, 绘制 McCabe-Thiele 曲线, 以优化镍萃取级数, 结果如图 8 所示。可以看出: 在优化工艺条件下 4 级逆流萃取镍, 可有效回收萃余液 a

中剩余的镍。经过进行相应的萃取试验,结果表明经 4 级逆流萃取后镍萃取回收率可达 98%。

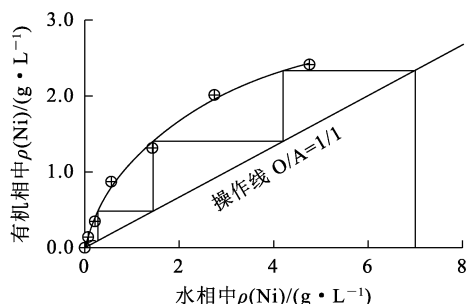


图 8 P204 萃取回收镍的 McCabe-Thiele 曲线

2.3.4 硫酸再生萃取剂

用 2 mol/L 硫酸对负载有取机相 c 进行反萃取,即再生处理。通过 4 级反萃取后,对反萃液进行 ICP 检测分析。结果表明:负载有机相 c 中镍回收率为 98.7%,反萃液 b 中镍质量浓度达 7.3 g/L,而铁、铝质量浓度均低于 0.001 g/L。将反萃液 b 直接进行蒸发结晶,最终可得镍质量分数 22% 的硫酸镍晶体产品,符合 HG/T 2824—2009 工业一级硫酸镍标准要求,证明 P204 可高效选择性地回收镍,具有一定的工业应用潜力。该工艺可为镍资源的高效回收提供了一种新技术途径。

2.4 P204 顺序萃取铁、铝和镍的机制探讨

P204 是一种酸性磷酸脂类萃取剂,其在煤油稀释剂中以氢键二聚体结构形式存在,并通过二聚体形式配合金属离子^[12]。在硫酸浸出液中,铁、铝和镍存在多种水合配位离子形态。试验通过美杜莎软件分析计算并得出了金属离子的水解特征,在 pH=0~2 范围内,铁的水合配位离子包括 $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ 、 FeOH^{2+} 、 Fe^{3+} 、 FeHSO_4^+ 、 FeSO_4^+ 和 $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2^-$ (图 9(a))。这些配位离子中 FeSO_4^+ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ 为正一价,能被 P204 的配位基团捕获,生成 P204-Fe 配位体,同时释放与铁相邻的硫酸盐或羟基,进一步通过空间异构转化为稳定的有机-金属配体结构,从浸出液中萃取分离。铝与铁水解特征相似(图 9(b),能够同步被 P204 萃取。与铁/铝不同,镍离子在 pH=0~2 范围内主要以 Ni^{2+} 和 NiSO_4 配体形式存在(图 9(c)),不参与中间体的生成。随 pH 升高,P204 逐渐转变为去质子态,同时镍离子发生水解,这种去质子态的 P204 对水合镍离子具有良好的亲和配位能力,从而生成有

机镍配位体,使镍得到萃取分离。

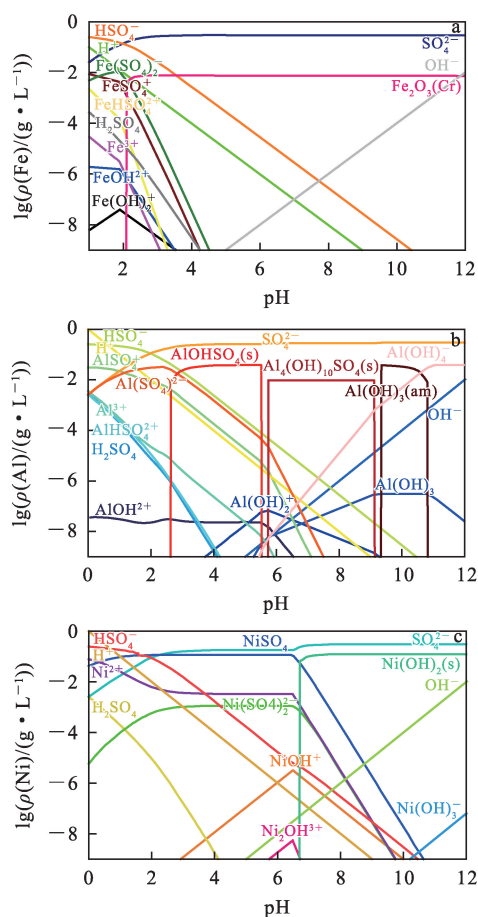


图 9 铁(a)、铝(b)和镍(c)的硫酸盐水解特征

用酸溶液对负载有机相进行反萃取时,可通过改变两相混合溶液 pH 促使铁、铝和镍配位离子的形态发生变化,从而使其从有机-金属配体中分离。如用 2 mol/L 硫酸反萃取时,镍的水合离子可转化成 Ni^{2+} 和 NiSO_4 ,促使配位反应向左进行,导致有机-镍配体解配合,由此实现萃取剂 P204 的再生。

3 结论

采用单一萃取剂 P204,通过调节溶液 pH 可实现电镀污泥中铁、铝和镍的高效分离与回收。污泥电镀污泥经强酸溶解后生成的浸出液在萃取相比 $V_0/V_A=1/1$ 、初始 pH=0.9 条件下,用 P204 进行一级萃取,可去除 99.9% 的铁和 97.6% 的铝,且镍损失仅为 1.72%;进一步将萃余液 pH 调至 4.5 后,通过 4 级萃取可回收 98% 的镍,最终获得符合工业一级标准的硫酸镍晶体产品。该工艺采用单一萃取剂对电镀污泥中的多种金属进行顺序

萃取分离,可简化流程,降低成本,弥补传统多步萃取工艺的不足,具有一定参考价值。但镍的逐级萃取效率仍存在优化空间,未来应重点优化工艺以减少逆流萃取级数,进一步提升其工业化应用潜力。

参考文献:

- [1] 朱佳天,赖夏鹏,孙盼,等. 电镀污泥资源化处理技术现状及发展趋势[J]. 环境科学与技术,2023,46(增刊 1):184-191.
- [2] HUO Y, KHAN A, LIU Y W, et al. Conversion of Fe-bearing minerals in sludge to nanorod erdite for real electroplating wastewater treatment: comparative study between ferrihydrite, hematite, magnetite, and troilite [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 298. DOI: 10. 1016/j. jclepro. 2021. 126826.
- [3] 吉永亮,陈胜利,李瑞基,等. 用 P204+N235 联合萃取分离氯化镍溶液中的镍钴[J]. 湿法冶金,2024,43(4):425-430.
- [4] 王嘉莹,刘志慧,戴梦秋,等. 红土镍矿浸出液萃取分离钴镍的研究[J]. 当代化工研究,2022(8):159-161.
- [5] 杨帆,徐志刚,王永茜,等. 用新型协萃体系从红土镍矿浸出液中萃取镍试验研究[J]. 湿法冶金,2023,42(4):380-387.
- [6] TENG Q, YANG Z C, WANG H J. Recovery of vanadium and nickel from spent-residue oil hydrotreating catalyst by direct acid leaching-solvent extraction[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2023, 33(1): 325-336.
- [7] 张立萍,贾国栋,刘敏福,等. 废炼油催化剂酸浸液中镍的选择性萃取[J]. 湿法冶金,2024,43(2):153-157.
- [8] 刘凯华. 用 P204 从硫酸体系中萃取分离铜镓[J]. 湿法冶金,2021,40(5):386-389.
- [9] 徐靖宸,肖超,罗进爱,等. 采用 P507 从废旧三元电池浸出液中萃取分离镍、钴、锰[J]. 有色金属工程,2021,11(9):69-74.
- [10] 刘鸿飞,殷亮,朱刘. 采用 N235 萃取脱除硫酸镍钴溶液的镉[J]. 矿冶,2020,29(5):79-83.
- [11] 杰西卡. Cyanex 272 从硫酸镍溶液中分离镁钴的研究[D]. 长沙:中南大学,2024.
- [12] 马诗琪,贾悦,陈华艳,等. PC-88A 萃取镍离子的工艺条件探究与优化[J]. 水处理技术,2019,45(10):52-54.
- [13] 莫兴德,肖连生,张贵清,等. HBL110 从红土镍矿加压浸出液中萃取镍的研究[J]. 有色金属(冶炼部分),2014(6):30-33.
- [14] NAYL A A. Extraction and separation of Co(II) and Ni(II) from acidic sulfate solutions using Aliquat 336 [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 173(1/2/3): 223-230.
- [15] 刘士祥,魏栋,董广刚,等. 用 P204 从粗硫酸镍溶液中萃取分离铁锌杂质[J]. 中国有色冶金,2022,51(2):44-49.

Extraction and Separation of Iron, Aluminum and Nickel from Electroplating Sludge by P204 Stepwise Extraction Process

LUO Zhen^{1,2}, LAN Xin², QU Zhan³, ZHU Suiyi²,

(1. Xindu Environment Technology Co., Ltd., Wuxi 214200, China;

2. College of Resource and Environment, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510000, China;

3. Institute for the Environment and Health, Nanjing University, Suzhou 215000, China)

Abstract: Extraction and separation of iron, aluminum and heavy metal nickel from electroplating sludge by P204 stepwise extraction process was studied. The effect of pH on the extraction process was discussed. The results show that the leaching solution of electroplating sludge after pretreatment with sulfuric acid was rich in nickel, and the insoluble substances were mainly calcium sulfate and silicon. Using 20% P204 + 80% sulfonated kerosene as organic phase, the extraction rates of Fe and Al can reach 99.9% and 97.6%, respectively, while the nickel loss rate is less than 2% under the conditions of $V_O/V_A = 1/1$, electroplating sludge leaching solution initial pH = 0.9. When the pH of the raffinate is adjusted to 4.5, $V_O/V_A = 1/1$, and the organic phase is 15% P204 + 85% sulfonated kerosene, the nickel extraction rate can reach 98% after four-stage extraction. The nickel-rich solution is obtained by four-stage stripping with 2 mol/L sulfuric acid, and nickel sulfate crystals with 22% nickel mass fraction are obtained by evaporation and crystallization.

Key words: electroplating sludge; P204; extraction; nickel; iron; aluminum; separation; sulfuric acid