

粉煤灰酸浸溶液中铁铝离子的萃取分离

贾光林, 李明玉, 王琪瑶, 刘海豪

(暨南大学环境学院, 广东 广州 510632)

摘要: 采用 N503 和 TBP、正辛醇、煤油组成的复合萃取体系, 对粉煤灰酸浸溶液中的铝与铁进行萃取分离, 考察盐酸浓度、氯离子浓度、萃取剂比例对 Fe^{3+} 萃取率的影响, 以低浓度 HCl 溶液反萃负载铁有机相, 并通过逆流实验确定最佳工艺条件. 结果表明, 采用 N503:TBP:正辛醇:煤油=3:1:1:5(ϕ)的萃取体系, 在初始铁浓度为 0.96 mol/L、铝浓度为 0.22 mol/L、萃取相比 O/A=2:1 条件下, 经 5 级逆流萃取, Fe^{3+} 的萃取率大于 99.8%, 铝几乎没有损失. 用 0.01 mol/L HCl 溶液作反萃剂, 反萃相比 O/A=2.5:1, 经 6 级逆流反萃, 反萃液中铝浓度达 1.8 mol/L. 分析了有机相负载铁前后官能团的红外光谱图.

关键词: 粉煤灰; N503; TBP; 萃取; 铁; 铝

中图分类号: TF804.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-606X(2015)03-0584-05

1 前言

粉煤灰是电厂燃煤产生的主要工业废渣^[1], 其氧化物组成复杂, 有些含微量稀有金属^[2]. 近年来, 由于电力消耗攀升, 粉煤灰排放量已十分巨大, 如果不能妥善处理并加以利用, 必将会对人体和生物造成危害^[3]. 随着粉煤灰利用研究的不断深入, 利用高铝粉煤灰生产高纯度氧化铝已成为实现其资源化的最佳途径^[4]. 但粉煤灰组成复杂, 有效富集和分离有价金属元素成为该工艺的关键.

在粉煤灰酸法生产氧化铝工艺中, 回收稀散金属的过程常会导致料液中铁的富集, 为获取高纯度氧化铝, 亟需有效的铝与铁分离方法. 传统湿法冶金工业中, 主要采用沉淀法除去溶液中的铁, 如黄钾铁矾法、针铁矿法和赤铁矿法等^[5], 存在铝损失大及沉渣回收困难且易造成二次污染等问题^[6]. 为了进一步从溶液中分离铝铁, 自 20 世纪 60 年代以来, 人们开始研究溶剂萃取法除铁, 尤其以低铁硫酸铝的除铁研究最多, 选择的萃取体系亦多种多样^[7-12]. Li 等^[13]采用伯胺 N-1923 对低铁硫酸铝进行萃取除铁, 结果表明有机相中加入正辛醇可改善分相情况, 在最佳实验条件下, 萃取率高达 99.99%, 采用 4.0 mol/L 硫酸溶液作反萃剂, 铁反萃率达 96.47%. 吴成友等^[14]用 N235-TBP 从硫酸铝溶液中萃取除铁, 表明 TBP 可改善 N235 萃取铁时的乳化情况并具有协同萃取作用, 优化工艺条件后, 总萃取率达 99.77%. 目前, 国内外已研究的萃取剂多是有机磷类和胺类, 但存在酸性磷类萃取剂选择性不高、胺类萃取剂反萃困难的问题, 研究多集中于低浓度铁的去, 若用于高浓度铁的

萃取, 则极易产生第三相, 且油水分界不清, 甚至难以分相, 严重制约了其在实际生产中的应用.

本工作选择 *N,N'*-二甲庚基乙酰胺(N503)和磷酸三丁脂(Tributyl Phosphate, TBP)为萃取剂, 正辛醇为改质剂, 煤油为稀释剂, 萃取分离高铁低铝料液中的铝与铁, 不仅获得了较高的铁萃取率, 实现了铝与铁分离, 而且有效抑制了第三相的产生. 同时, 用低浓度盐酸溶液对负载铁有机相的反萃效果良好, 并获得了纯度较高的三氯化铁溶液. 本研究可为粉煤灰酸法生产氧化铝工艺中高铁低铝溶液中铝与铁分离提供参考数据和指导.

2 实验

2.1 材料与试剂

实验料液根据某氧化铝厂酸浸粉煤灰生产氧化铝工艺料液配制, 经过除杂、提取稀散金属, 主要化学组成如表 1 所示, 可见料液中含多种离子, 以 Fe^{3+} , Al^{3+} , H^+ 和 Cl^- 为主.

表 1 实验料液化学组成(mol/L)

Table 1 Chemical composition of solutions (mol/L)			
Solution	Actual solution	Simulation 1	Simulation 2
Hydrochloric acid	2.50	1.60~7.20	1.60~7.20
Fe^{3+}	1.02	0.96	1.43
Al^{3+}	0.21	0.22	0.24
Mg^{2+}	0.02	0.02	0.02
Ca^{2+}	0.01	0.01	0.01
K^+	0.01	0.01	0.01

所用的试剂有, *N,N'*-二甲庚基乙酰胺 [N503, $CH_3C(O)N(CH(CH_3)C_6H_{13})_2$, 纯度 $\geq 95.0\%$], 磷酸三丁脂 [TBP, $(C_4H_9O)_3PO$, 纯度 $\geq 99.0\%$], 正辛醇($C_8H_{17}OH$, 纯度 $\geq 99\%$, 天津科密欧化学试剂有限公司), 稀释剂为

收稿日期: 2015-05-09, 修回日期: 2015-06-03

基金项目: 广东省-中国科学院重大科技项目资助(编号: 2012B090400023)

作者简介: 贾光林(1987-), 男, 甘肃省酒泉市人, 硕士研究生, 环境工程专业; 李明玉, 通讯联系人, E-mail: limingyu2000@163.com.

市售煤油, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (纯度 $\geq 99.0\%$) 和 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (纯度 $\geq 97.0\%$) 均为天津市大茂化学试剂厂产品, HCl (36%~38%, 广州化学试剂厂)。其他试剂均为分析纯。

2.2 实验设备与分析仪器

振荡萃取采用 THZ-82A 型台式恒温振荡器(上海跃进医疗器械厂), 分相采用梨形分液漏斗, 逆流萃取实验采用小型连续萃取槽。分析采用 Optima 2000DV 电感耦合等离子体发射质谱仪(ICP-MS, 美国 PE 公司), EQUINOX55 型傅里叶变换红外吸收光谱仪(FT-IR, 德国 Bruker 公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 萃取与反萃实验

按体积比 30% N503+10% TBP+10% 正辛醇+50% 煤油的比例配制萃取有机相, N503 和 TBP 为萃取剂, 正辛醇为防止第三相出现的改质剂。在室温 25 °C 下将有机相与料液按一定相比置于分液漏斗中, 振荡萃取 5 min。静置至分相清晰, 分离上层有机相和下层萃余液。

将负载铁有机相与含低浓度盐酸的反萃剂按一定相比置于分液漏斗中, 在室温 25 °C 下振荡反萃 5 min, 静置分相至界面清晰, 分离上层有机相和下层反萃液。

2.3.2 分析方法

用重铬酸钾容量法测定料液和反萃液中铁离子浓度, 采用 ICP-MS 测定萃余液中微量铁离子和反萃液中微量铝离子浓度, 用 FT-IR 分析有机相的红外光谱。

3 结果与讨论

3.1 萃取体系的选择

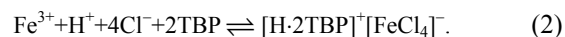
铁是易萃金属之一, TBP 和 P204[二(2-乙基己基)磷酸]、N235(三烷基胺)、N503、仲辛醇等可从盐酸介质中萃取铁。但 P204 的选择性不高, 铝损失较大, N235 的粘度较大不易分相, 仲辛醇的萃取效果受酸度影响较大^[15], 因此, 实验选择对铁选择性较好的 N503 和较易反萃的 TBP 作为萃取剂。其结构式如图 1 所示。

TBP 是中性磷氧萃取剂, 在低酸度氯化物溶液中

TBP 可通过氧原子上的孤对电子与金属原子生成配位键化合物而实现对金属盐类的萃取^[16,17], 反应式为



在高酸度氯化物溶液中, TBP 亦可通过氧原子上的孤对电子与 H^+ 结合生成阳离子, 继而与金属形成的配合阴离子构成离子缔合体进入有机相, 反应式为



N503 是一种取代酰胺萃取剂, 与乙酰胺相比, 它失去了氢键缔合能力, 水溶性较小, 其分子中的羰基氧原子对 H^+ 或金属离子有较强的配位能力。当用 N503 从盐酸介质中萃取 Fe^{3+} 时^[18,19], 萃合物的结构为 $[\text{H}^+ \cdot 2\text{N503}] [\text{FeCl}_4]^-$, 即萃取反应为

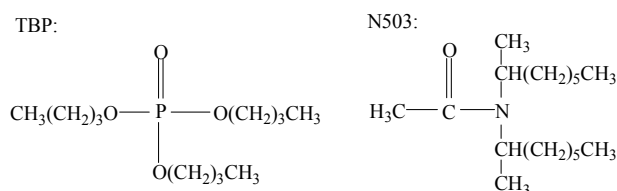
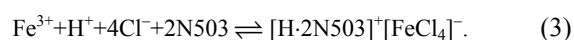


图 1 萃取剂的化学结构式

Fig.1 Chemical structures of extractants

本实验固定料液中 Fe^{3+} 浓度为 0.96 mol/L, Al^{3+} 浓度为 0.22 mol/L, HCl 浓度为 3.2 mol/L, 相比 $\text{O}/\text{A}=1:1$, 分别以 N503 和 TBP 作为单一萃取剂, 煤油为稀释剂, 考察单一萃取体系对 Fe^{3+} 的萃取; 同时以体积比 30% N503+10% TBP+10% 正辛醇+50% 煤油为萃取有机相, 考察复合萃取体系萃取 Fe^{3+} 的效果, 结果如表 2 所示。

由表 2 可知, 在本实验条件下, 当采用单一的 N503 或 TBP 为萃取剂时, 萃取过程中均出现第三相, 且对 Fe^{3+} 的萃取率较低, 分配比较小。而复合体系萃取过程中未出现第三相, 且 Fe^{3+} 的分配比略大于相同浓度下单一体系的分配比之和, 铝铁分离系数也明显增大。故后续实验选取复合萃取体系。

表 2 不同萃取体系对 Fe^{3+} 的萃取效果

Table 2 Extraction results of Fe^{3+} with different extraction systems

Extraction system	Distribution ratio	Extraction rate (%)	Separation factor, $\beta_{\text{Fe/Al}}$	Experimental phenomenon
30% N503	1.12	44.85	520	A third phase appeared.
10% TBP	0.19	10.70	72	A third phase appeared.
Composite system	1.99	66.46	1075	Without third phase

3.2 HCl 浓度对复合体系萃取 Fe^{3+} 的影响

根据 N503 和 TBP 对 Fe^{3+} 的萃取实验, 料液酸度增加对单一萃取剂萃取 Fe^{3+} 有促进作用。在固定料液中 Al^{3+} 浓度为 0.22 mol/L、有机相组成 N503:TBP:正辛醇:煤油=3:1:1:5(ϕ)、相比 $\text{O}/\text{A}=1:1$ 的条件下, 萃取 5 min,

考察 HCl 浓度对 Fe^{3+} 萃取效果的影响, 结果如图 2 所示。 HCl 浓度由 1.2 mol/L 增加到 7.2 mol/L, Fe^{3+} 萃取率几乎呈线性增加, 初始 Fe^{3+} 浓度为 0.96 mol/L 时, Fe^{3+} 萃取率由 38.28% 增加到 96.55%; 当 Fe^{3+} 初始浓度为 1.43 mol/L 时, 萃取率由 29.60% 上升到 69.51%。由式(2), (3)

可知,在单纯的 N503 或 TBP 萃取过程中,溶液中盐酸浓度升高将有更多 H^+ 与萃取剂中的羰基氧原子或磷酸基氧原子配位形成阳离子,同时,氯离子浓度增加也有助于金属离子形成更多的配阴离子,有利于萃取反应进行.复合萃取体系中,盐酸浓度变化对 Fe^{3+} 萃取结果的影响与单一体系相似.可见,复合体系萃取 Fe^{3+} 的反应机理也可用式(2)、(3)表述.

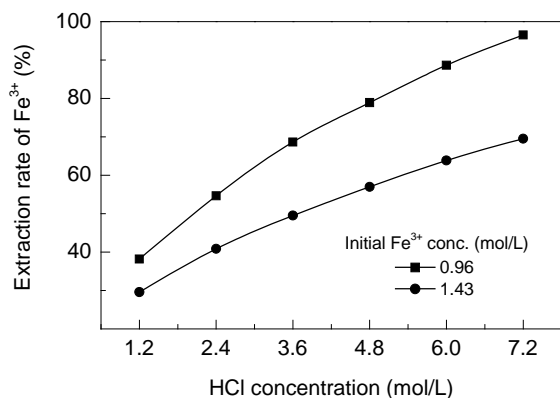


图2 料液中 HCl 浓度对 Fe^{3+} 萃取率的影响
Fig.2 Effect of HCl concentration on extraction rate of Fe^{3+}

3.3 氯离子浓度对复合体系萃取 Fe^{3+} 的影响

根据式(1)~(3)可知,在单纯的 N503 和 TBP 萃取 Fe^{3+} 的过程中,氯离子作为阴离子参与了萃合物的形成,其浓度变化对萃取反应有重要影响.在料液中 Fe^{3+} 初始浓度为 0.96 mol/L 及 Al^{3+} 浓度为 0.22 mol/L、相比 O/A=1:1、萃取时间为 5 min 的条件下,选取盐析作用较小的 NaCl 调节料液中氯离子浓度,研究氯离子浓度变化与 Fe^{3+} 萃取率之间的关系,结果如图 3 所示.

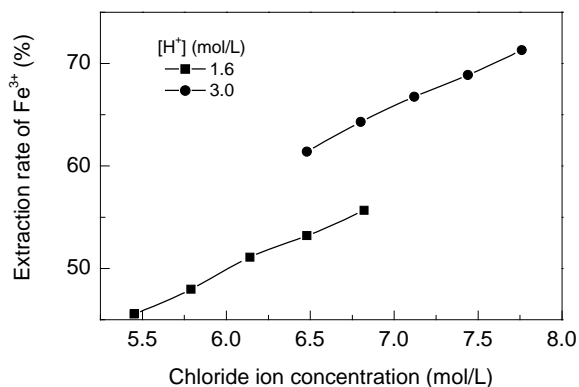


图3 氯离子浓度对 Fe^{3+} 萃取率的影响
Fig.3 Effect of chlorine ion concentration on extraction rate of Fe^{3+}

由图 3 可知,对 H^+ 浓度分别为 1.6 和 3.0 mol/L 的不同料液,用复合体系萃取,随料液中氯离子浓度增加, Fe^{3+} 萃取率均呈线性递增,分别由 45.54% 和 61.40% 增

至 55.68% 和 71.31%,且增加趋势几乎相同.可见,对于复合萃取体系,氯离子可与溶液中的金属离子形成更多的金属配阴离子,继而和萃取剂与 H^+ 形成的阳离子发生离子缔合反应,有利于萃取反应进行, Fe^{3+} 萃取率增加.表明该复合萃取体系中发生的萃取反应与单一体系基本相同.

3.4 N503 浓度对 Fe^{3+} 萃取的影响

固定料液中 Fe^{3+} 初始浓度为 0.96 mol/L、 Al^{3+} 浓度为 0.22 mol/L、 H^+ 浓度为 1.6 mol/L、有机相中 TBP 和正辛醇浓度不变,改变有机相中 N503 浓度,按相比 O/A=1:1 萃取 5 min,考察 N503 浓度对 Fe^{3+} 萃取率的影响,结果如图 4 所示.有机相中 N503 浓度由 0.25 mol/L 增至 1.50 mol/L, Fe^{3+} 萃取率由 25.15% 增至 60.26%.根据式(3)可知, N503 浓度增加使有机相中有更多羰基氧原子与溶液中的 H^+ 结合生成阳离子,继而与生成的 $[FeCl_4]^-$ 结合成稳定的萃合物,增加了 Fe^{3+} 的萃取率.复合体系中, N503 萃取 Fe^{3+} 的反应机理与单一 N503 萃取体系相同.

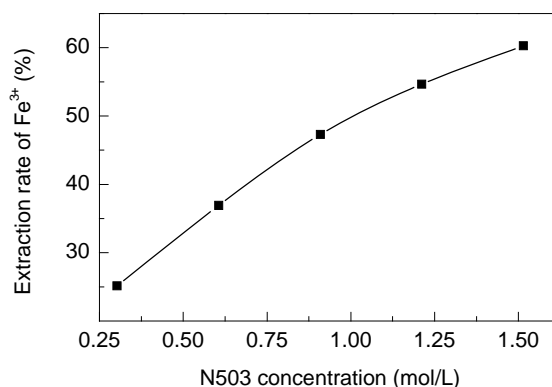


图4 有机相中 N503 浓度对 Fe^{3+} 萃取率的影响
Fig.4 Effect of N503 concentration in organic phase on extraction rate of Fe^{3+}

3.5 负载铁有机相中 Fe^{3+} 的反萃

在简单反萃中,反萃剂的稀释作用可使萃取平衡逆转,萃取反应逆向进行,从而达到反萃的目的^[20].在相比 O/A=1:1 的条件下,将经多级萃取后含铁量为 0.94 mol/L 的负载有机相用不同浓度 HCl 反萃剂反萃 5 min,结果如图 5 所示.当 HCl 浓度由 0 增至 1.2 mol/L, Fe^{3+} 反萃率由 74.72% 降到 60.30%.由式(2)、(3)可知,反萃剂的稀释作用使反应式逆向进行,而 HCl 浓度升高不利于反应逆向进行.可见,酸度越小越易反萃.但若直接用水作反萃液,经 3 次错流反萃后反萃液变浑浊.这是因为经过 2 次错流反萃后,有机相中的 Fe^{3+} 和 H^+ 浓度已较低,在第三次反萃后, Fe^{3+} 在较低酸度的反萃液中发生了水解.因此,需将反萃剂中 H^+ 浓度控制在一定范围内.

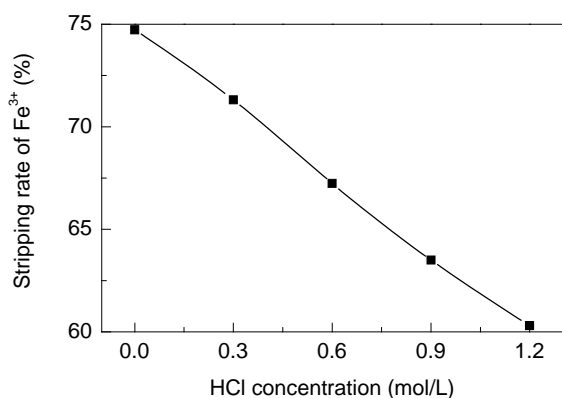


图5 HCl浓度对负铁有机相反萃的影响

Fig.5 Effect of HCl concentration on stripping rate of Fe³⁺

3.6 多级逆流萃取

表3 多级逆流萃取实验平衡数据

Table 3 Equilibrium data of multiple countercurrent extraction experiments

Extraction stage	1	2	3	4	5	Average
Iron concentration of kerosene (mmol/L)	1.48	1.39	1.14	1.20	1.11	1.27
Iron concentration of stripping solution (mol/L)	1.78	1.79	1.81	1.82	1.81	1.81
Aluminum concentration of stripping solution (mmol/L)	0.381	0.363	0.322	0.348	0.326	0.348
Extraction rate of Fe ³⁺ (%)	99.85	99.86	99.88	99.88	99.88	99.87
Stripping rate of Fe ³⁺ (%)	80.21	80.20	80.20	80.20	80.19	80.20

3.7 有机相红外光谱分析

空载有机相、饱和负载有机相和多次错流反萃后有机相的红外光谱见图6。空载有机相中P—O—C, P=O和—CON官能团分别在1026, 1265和1628 cm⁻¹处出现了强的吸收峰; 负载铁后这些官能团的出峰位置发生了偏移, 这与Mishra等^[21]的结果相似。在负载有机相中, P—O—C和—CON的特征吸收频率分别由空载时的1026和1628 cm⁻¹向右偏移到了1032和1650 cm⁻¹, 而P=O由空载时的1265 cm⁻¹向左偏移到了1198 cm⁻¹。负载有机相中官能团特征吸收峰变化的主要原因是磷酸三丁酯的P=O中与磷原子直接相连的烷基R—的吸电子能力弱或有一定给电子能力, 因此, P=O上氧原子的电荷密度较大, 其孤对电子与金属原子有较强的键合能力, 可生成配位键化合物FeCl₃·mTBP, 且磷酸基氧原子也能提供孤对电子与溶液中的氢离子结合, 生成[H·2TBP]⁺阳离子^[22]。同理, 在取代酰胺中分子中, 氮原子上的孤对电子与羰基C=O中的π电子形成了一个共轭体系, 加之氧的电负性很大, 使氮原子的电荷密度降低, 羰基氧原子的电荷密度升高^[23], 与溶液中的H⁺配位生成[H·2N503]⁺阳离子, 进而与溶液中的[FeCl₄]⁻配阴离子结合生成稳定的[H·2TBP]⁺[FeCl₄]⁻和[H·2N503]⁺[FeCl₄]⁻盐, 该结果与式(2), (3)对应。当负载有机相被完全反萃后, 主要官能团P—O—C, P=O和—CON的特征吸收峰基本都恢复到了原来的位置。

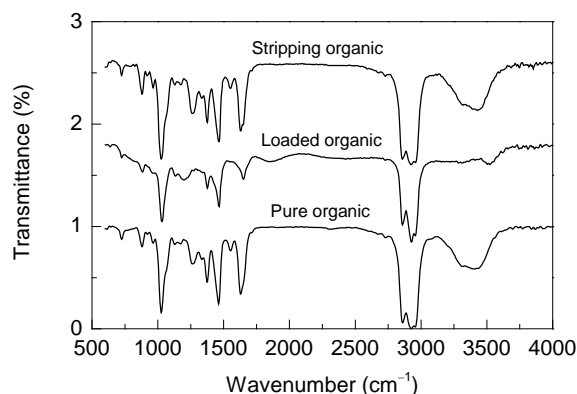


图6 有机相的红外光谱

Fig.6 FT-IR spectra of organic phases

此外, 空载有机相在3200~3400 cm⁻¹处出现了宽而钝的峰, 而负载有机相在此区域内并未出现较强吸收峰, 只是在3522 cm⁻¹处出现了尖而弱的峰。但负载有机相经完全反萃后, 在此区域内又出现了宽而钝的吸收峰。原因是萃取前后有机相中正辛醇分子间氢键的缔合情况发生了变化。空载有机相在3200~3400 cm⁻¹处的峰是由于分子间氢键缔合后的伸缩振动引起的; 而在负载有机相中, 正辛醇分子氧原子上的孤对电子结合了溶液中的H⁺, 形成[H·C₈H₁₈O]⁺阳离子, 分子间氢键缔合作用消失, 故此区域内未出现宽而钝的吸收峰。同理, 负载有机相经反萃后, 分子间氢键缔合作用恢复, 因此在3200~3400 cm⁻¹处又出现了宽而钝的峰。

4 结论

用 N503 和 TBP、正辛醇、煤油组成的复合萃取体系, 对粉煤灰酸浸溶液中的铝与铁进行萃取分离, 考察了盐酸浓度、氯离子浓度、萃取剂比例对 Fe^{3+} 萃取率的影响, 用低浓度 HCl 溶液反萃负载铁有机相, 并通过多级逆流萃取实验确定了最佳工艺条件, 得到如下结论:

(1) 用 N503-TBP-正辛醇复合体系萃取粉煤灰酸浸溶液中的铝与铁, 避免了第三相产生. 料液中氢离子、氯离子浓度和有机相中 N503 浓度增大, 复合体系对铁的萃取效果越好.

(2) 采用体积比为 30% N503+10% TBP+10% 正辛醇+50% 煤油的复合体系, 对 Fe^{3+} 初始浓度为 0.96 mol/L、 Al^{3+} 浓度为 0.22 mol/L 的料液进行铝与铁分离, 萃取相比 O:A=2:1, 经 5 级逆流萃取, 铁萃取率约为 99.8%.

(3) 红外光谱分析表明, 该体系对 Fe^{3+} 的萃取主要是由于萃取剂的官能团中氧原子上的孤对电子与 H^+ 结合形成阳离子, 继而与溶液中金属离子形成的配阴离子缔合形成络盐, 与单一 N503 或 TBP 萃取铁的机理相同.

参考文献:

- [1] Ahmaruzzaman M. A Review on the Utilization of Fly Ash [J]. Prog. Energy Combust. Sci., 2010, 36(3): 327-363.
- [2] 钱觉时, 吴传明, 王智. 粉煤灰的矿物组成(上) [J]. 粉煤灰综合利用, 2001, (1): 26-27.
- [3] Sočo E, Kalemkiewicz J. Investigations on Cr Mobility from Coal Fly Ash [J]. Fuel, 2009, 88(8): 1513-1519.
- [4] 杨利香, 施钟毅. “十一五”我国粉煤灰综合利用成效及其未来技术方向和发展趋势 [J]. 粉煤灰, 2012, (4): 4-9
- [5] 陈家镛, 于淑秋, 伍志春. 湿法冶金中铁的分离和应用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991. 5-8.
- [6] 马荣俊. 湿法冶金新研究 [M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1999. 6-10.

- [7] 于淑秋, 伍志春. 叔胺自硫酸铝溶液中萃取除铁 [J]. 化工冶金, 1988, 9(3): 34-41.
- [8] 杨沂凤, 黎先才, 郑皆富. 粗制硫酸铝采用辛酸萃取除铁的研究 [J]. 江西科学, 1997, 15(4): 222-224.
- [9] 沈纬, 王英, 傅洵. 硫酸铝生产过程中的萃取法除铁 [J]. 应用化学, 2002, 19(5): 464-467.
- [10] 刘铭, 周雍茂. 用 N235-TBP 混合体系从硫酸盐溶液中协同萃取除铁 [J]. 中国有色金属学报, 2005, 15(10): 1648-1653.
- [11] 王占宾. 以粉煤灰为原料制备的硫酸铝溶液萃取除铁研究 [J]. 辽宁化工, 2006, 35(12): 708-709.
- [12] 曲海翠. 酸法处理铝土矿的浸出液中铝铁分离研究 [D]. 沈阳: 东北大学, 2009. 54-65.
- [13] Li M Y, He Z M, Zhou L. Removal of Iron from Industrial Grade Aluminum Sulfate by Primary Amine Extraction System [J]. Hydrometallurgy, 2011, 106(3/4): 170-174.
- [14] 吴成友, 余红发. 用叔胺 N235 从硫酸铝溶液中萃取除铁 [J]. 湿法冶金, 2012, 31(3): 160-163.
- [15] 马荣俊. 萃取冶金 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009. 139-150.
- [16] Reddy B R, Sarma P V R B. Extraction of Iron(III) at Macro-level Concentrations Using TBP, MIBK and Their Mixtures [J]. Hydrometallurgy, 1996, 41(3): 299-306.
- [17] 王含渊, 江培海. 钴白合金湿法冶金工艺研究 [J]. 矿冶, 1997, 6(1): 67-69.
- [18] 马恩新, 严小敏, 王三益, 等. N503 在盐酸介质中对铁(III)的萃取平衡及其配合物研究 [J]. 应用化学, 1986, 3(6): 36-39.
- [19] 逯宝娣. 酸性溶液中 N503 萃取元素的特性及规律 [J]. 山西化工, 2005, 25(3): 34-35.
- [20] 张大力, 卢立柱, 柯家骏. 金属离子反萃取的新进展 [J]. 湿法冶金, 1995, (3): 1-3.
- [21] Mishra R K, Rout P C, Sarangi K, et al. A Comparative Study on Extraction of Fe(III) from Chloride Leach Liquor Using TBP, Cyanex 921 and Cyanex 923 [J]. Hydrometallurgy, 2010, 104(2): 298-303.
- [22] Pandey B D, Rupainwar D C. Extraction of Iron(III) with a New and Indigenously Prepared Solvent Tri-iso-amyl Phosphate (TAP) [J]. Inorg. Nucl. Chem., 1979, 41(3): 377-379.
- [23] 王开毅, 成本诚, 舒万银. 溶剂萃取化学 [M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1991. 56-63.

Extraction and Separation of Iron and Aluminum Ions from Acid Leaching Solution of Fly Ash

JIA Guang-lin, LI Ming-yu, WANG Qi-yao, LIU Hai-hao

(School of Environment, Jinan University, Guangzhou, Guangdong 510632, China)

Abstract: The extraction and separation of iron and aluminum ions from acid leaching solution of fly ash were carried out in the composite extraction system with N503 and TBP as extractants, *n*-octanol as modifier and kerosene as diluent. The effects of concentration of HCl in aqueous phase, concentration of chlorine ion and volume fraction of N503 in organic phase on the extraction were examined. And stripping of iron from the iron-loaded organic phase with low HCl solution was conducted and the optimum conditions were obtained by the countercurrent experiments. The results showed that over 99.8% of iron was extracted, but aluminum almost remained unchanged, from the extraction system of 30%(*v*) N503, 10%(*v*) TBP, 10%(*v*) *n*-octanol and 50%(*v*) kerosene under the conditions of initial iron concentration at 0.96 mol/L, aluminum concentration 0.22 mol/L, extractant phase ratio O/A 2:1 and five extraction stages. 0.01 mol/L HCl solution was used as stripping solution, under the stripping conditions of phase ratio O/A at 3:1 and six stripping stages, the iron concentration in the final stripping solution reached 1.8 mol/L. In addition, the FT-IR spectra of both the pure and iron-loaded phases were also presented.

Key words: fly ash; N503; TBP; extraction; iron; aluminum