

高浓度稀土浸出液的协同分步萃取试验研究

李洪博, 韩 东, 张津榕, 姜 雪, 葛富彪, 胡振光

(桂林理工大学 化学与生物工程学院, 广西 桂林 541004)

[摘 要] P204 和 P507 常用作萃取剂用于稀土浸出液的萃取, 采用单一萃取剂萃取难以有效分离、富集稀土, 本文利用 P507 萃取高浓度稀土溶液时对轻稀土萃取能力较弱而 P204 萃取能力强的特点, 创新性提出采用 P507 与 TBP 协同萃取中重稀土, 然后采用 P204 与 TBP 协同萃取轻稀土的工艺, 并进行了萃取、反萃取试验, 得出以下结论。在试验原料条件下, 采用二级萃取工艺, 当相比 $A/O = 10/1$ 、pH 值 4.0、常温、P507 体积分数 35%、TBP 体积分数 5% 时, P507 + TBP 对中、重稀土的萃取率较佳, 均能达到 90% 以上; 采用二级萃取工艺, 在 P204 体积分数 35%、TBP 体积分数 5%、相比 $A/O = 15/1$ 、常温、萃取时间 5 min 的条件下, P204 + TBP 对轻稀土的萃取率达到 97%。P507 与 P204 的负载有机相在适当的酸性条件下, P507 负载有机相经二级逆流反萃、P204 负载有机相经三级逆流反萃后均可得到高浓度的稀土富集液, 浓度值达到直接进入萃取分离线的要求。该研究在低能耗、低试剂消耗条件下实现了稀土提取利用及初步分离, 所生产的氯化稀土溶液可以直接进入稀土分离厂进行分离提纯, 为高浓度稀土回收分离提供了参考。

[关键词] 稀土浸出液; 协同萃取; 中、重稀土; 轻稀土; P507; P204; TBP; 反萃

[中图分类号] TF845

[文献标志码] A

[文章编号] 1672-6103(2023)06-0053-07

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2023.06.006

稀土具有特殊的物理和化学性质被应用于各种高科技领域, 如电气和电子、汽车、催化、可再生能源、医疗和国防等^[1-6], 全球市场对稀土元素的需求日益增加^[7-8]。

溶剂萃取可以从低浓度的稀土浸出液中富集回收稀土, 得到的高浓度氯化稀土可直接作为产品用于分离单一稀土, 具有产品纯度高、试剂消耗量少、生态环境友好、生产过程连续等优势, 符合非沉淀富集法生产的发展方向^[9-11]。常用的萃取剂有 P204 (二(2-乙基己基)磷酸酯) 和 P507 (2-乙基己基膦酸单-2-乙基己基酯), 已经广泛应用于工业生产^[12-13]。

在萃取稀土过程中, 由于 P507 相对萃取能力较弱, 通常使用碱皂化增强 P507 的萃取能力, 但在皂

化过程中会产生大量废水造成环境污染^[14], Zhang 等^[15]采用 P507 和 P204 分别与 TBP 协同萃取实现了镧与铈的分离, 并成功将稀土浓度富集到 53.48 g/L。P204 由于萃取能力较强, 在萃取稀土过程中难以反萃中、重稀土^[16-17]。在稀土的萃取分离过程中, 可能会产生乳化或者分相难现象, 造成生产流程的紊乱, 通常采用协同萃取的方式减少上述现象的发生^[18-20]。

本文针对高浓度稀土浸出液采用单一萃取剂 P507 萃取轻稀土难, P204 反萃中、重稀土困难、有机相难分相的问题, 创新性提出采用 P507 与 TBP 协同萃取中重稀土, 然后采用 P204 与 TBP 协同萃取轻稀土的工艺, 与前人研究成果对比, 该工艺能解决 P507 萃取轻稀土萃取率低及反萃 P204 有机相中夹带中重稀土的问题; 加入 TBP 协同萃取可以使有机相黏度减小、分相迅速, 从而改变萃取界面性能, 增大萃取有机相的饱和容量, 实现稀土的高浓度富集与稀土的初步分离。

1 试验部分

1.1 试剂与仪器

稀土料液采用高纯稀土矿(中铝广西有色稀土

[收稿日期] 2023-02-20 [修订日期] 2023-04-04

[录用日期] 2023-04-09 [出版日期] 2023-12-28

[第一作者] 李洪博(1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向为稀土冶金。

[通信作者] 胡振光(1975—), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为稀土冶金。

[基金项目] 广西科技计划项目(RZ2200000063)资助。

[引用格式] 李洪博, 韩东, 张津榕, 等. 高浓度稀土浸出液的协同分步萃取试验研究[J]. 中国有色冶金, 2023, 52(6): 53-59.

开发有限公司)在盐酸条件下溶解制备,再使用氧化镁的上清液调节至 pH = 4.0,得到的稀土料液成分见表 1。试验用到的其他化学试剂的信息见表 2。

表 1 稀土料液中不同元素浓度

Table 1 The concentration of different elements in rare earth liquid mg/L

元素	浓度	元素	浓度
Mg	112.4	Tb(重)	17.5
La(轻)	383.0	Dy(重)	59.5
Ce(轻)	37.3	Ho(重)	23.1
Pr(轻)	82.6	Er(重)	76.0
Nd(轻)	300.3	Tm(重)	9.6
Sm(中)	174.1	Yb(重)	64.8
Eu(中)	5.8	Lu(重)	9.3
Gd(中)	61.7	Y(重)	1 011.4

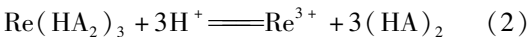
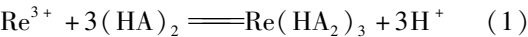
表 2 试验试剂

Table 2 Experimental reagents

名称	厂家	规格
HCl	重庆川东化工有限公司	分析级
NH ₄ ·H ₂ O	西陇科学有限公司	分析级
TBP(磷酸三丁酯)	天津市富宇精细化工有限公司	分析级
P204(二-(2-乙基己基)磷酸酯)	江西奉兴化工有限公司	≥95%
P507(2-乙基己基磷酸单 2-乙基己基酯)	江西奉兴化工有限公司	≥95%
磺化煤油	宙合化工	工业级

1.2 萃取与反萃机理

在萃取过程中主要是 P507 和 P204 发生作用,在反应过程中以二聚体的形式与稀土离子发生反应形成配合物,加入 TBP 能减少分相时间,反应方程见式(1);在反萃过程中 P507 和 P204 形成的聚合物在反萃过程中形成氯化稀土,反应方程见式(2)。



采用 P507 和 P204 分别与 TBP 协同萃取,二者构成的体系对稀土进行萃取达到分相时间短、无皂化的目的。

1.3 试验方法

试验采用的工艺流程见图 1。在稀土萃取过程

中,由于中、重稀土相对容易萃取,而 P507 萃取能力相对 P204 较弱,因此采用 P507 萃取中、重稀土,采用 P204 萃取轻稀土。在 P507 和 P204 萃取过程中均加入 TBP 和磺化煤油,加入 TBP 目的是减少分相时间,加入磺化煤油目的是减小萃取剂黏度,起到稀释作用。

萃取和反萃试验中,将水相和有机相混合在分离漏斗中,手动振荡 5 min,以确保完全平衡,然后让混合物静置分离。

1.4 分析及计算

分析检测采用的设备为电感耦合等离子体发射光谱仪(HKYT-799),来源于北京华科易通分析仪器有限公司。

水相中稀土的浓度通过电感耦合等离子体发射光谱仪测定;而有机相中稀土的浓度通过差减法(萃取前离子浓度 - 萃取后离子浓度)进行测定,用盐酸从加载的 P507 中去除 HREEs(重稀土元素),从 P204 中去除 LREEs(轻稀土元素),采用 ICP-AES 法(HKYT-799)测定液相中离子的浓度。萃取率(E,%)根据式(3)计算。

$$E = \frac{C_i - C_a}{C_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中: C_i 表示初始浓度,mg/L; C_a 表示萃取后浓度,mg/L。

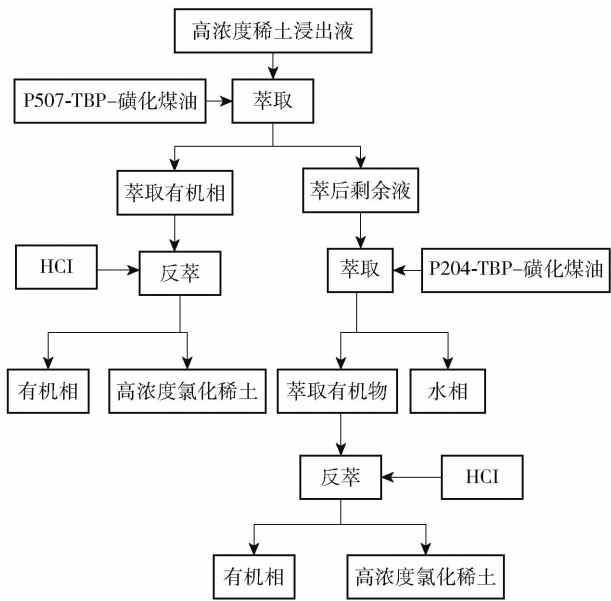


图 1 分布萃取流程工艺

Fig. 1 Distributed extraction process diagram

2 结果与讨论

2.1 非皂化 P507 萃取中、重稀土

2.1.1 萃取剂浓度对稀土萃取率的影响

在相比 $A/O = 10/1$ (相比 A/O 代表萃取过程中水相体积与油相体积的比值)、pH 值 4.0、常温、反应时间 5 min 的条件下,考察非皂化 P507 体积分数对中、重稀土萃取率的影响,结果如图 2 所示。

结果表明,当萃取剂 P507 体积分数大于 25% 时,重稀土 (HREE) 几乎完全被萃取,这是因为重稀土元素离子半径较小,易被萃取;而中稀土 (MREE) 萃取率受萃取剂 P507 体积分数影响较大,当体积分数从 20% 上升至 35% 时,萃取率从 10% 上升到 75% 以上,体积分数再增加,萃取率变化不大;轻稀土 (LREE) 萃取率则受萃取剂 P507 体积分数影响不大,当体积分数从 20% 上升至 35% 时,萃取率仅有微量增加,这是因为轻稀土离子半径大,较难被萃取,同时萃取剂在离子交换过程中释放了大量的 H^+ ,所以轻稀土萃取率受萃取剂 P507 体积分数影响不大。因此,最佳萃取剂体积分数为 35%。

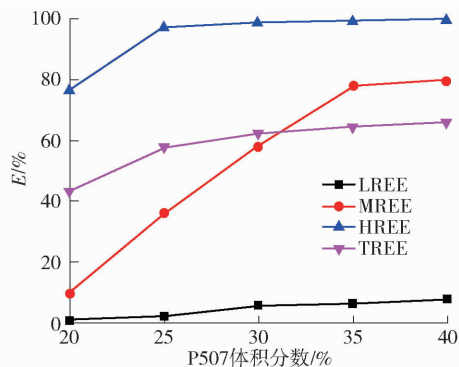


图 2 不同萃取剂浓度对稀土萃取率的影响

Fig. 2 Effects of different extractant concentrations on the extraction efficiency of rare earth

2.1.2 协同萃取 TPB 浓度对稀土萃取率的影响

在相比 $A/O = 10/1$ 、pH 值 4.0、常温、P507 体积分数 35%、反应时间 5 min 条件下,考察 TBP 体积分数对稀土萃取率的影响,结果如图 3 所示。数据表明,随着 TBP 体积分数的增加,重稀土萃取率几乎没有变化,轻、中稀土的萃取率逐渐下降,这可能是 TBP 分子与萃合物配合形成大分子,由于膦氧键上的电子云密度大,质子化形成氢键,增加了萃合物的溶解度,但也抑制了萃取剂发挥作用。因此,综合考

虑选择 TBP 体积分数为 5%。

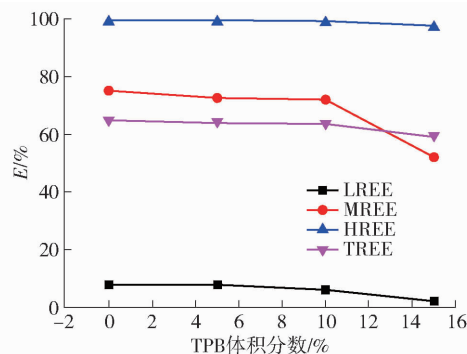


图 3 TBP 浓度对萃取率的影响

Fig. 3 Effects of TBP concentration on extraction efficiency

2.1.3 萃取时间对稀土萃取率的影响

在相比 $A/O = 10/1$ 、pH 值 4.0、常温、P507 体积分数 35%、TBP 体积分数 5% 条件下,考察反应时间对稀土萃取率的影响,结果如图 4 所示。数据表明,重稀土的萃取率随着时间的延长几乎不发生改变,萃取率均在 98% 以上;中稀土在前 5 min 随着时间增加萃取率迅速增加,在 5 min 以后趋于稳定;轻稀土萃取率随着时间的增加缓慢增加,变化不大。因此,通过控制反应时间,可以很好地分离轻稀土和中重稀土,也可以观察其他离子萃取率随时间的变化,实现离子的除杂,获得所需金属。

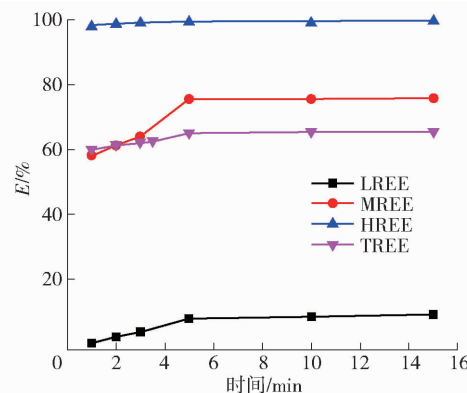


图 4 萃取时间对萃取率的影响

Fig. 4 Effects of extraction time on extraction efficiency

2.1.4 相比对稀土萃取率的影响

在非皂化 P507 体积分数 35%、TBP 体积分数 5%、固定相比 $A/O = 10/1$ 、常温、反应时间 5 min 条件下,考察相比对稀土萃取率的影响,结果如图 5 所

示。

图5数据表明,重稀土在相比A/O小于12时,萃取率变化不大,当相比大于12时,重稀土萃取率快速下降,这是由于重稀土萃取率主要受P507浓度影响,当相比增加到一定值时,由于萃取剂浓度较低,导致重稀土萃取率降低。中稀土在相比A/O大于10时,萃取率快速下降,这表明萃取剂中负载了大量重稀土,使萃取剂的萃取能力下降。轻稀土在相比A/O大于12时,萃取率降至较低水平,接近于零,基本不被萃取,这是因为轻稀土元素半径大较难被萃取,同时萃取剂又负载了大量中、重稀土,释放了大量 H^+ ,因此轻稀土几乎不被萃取。

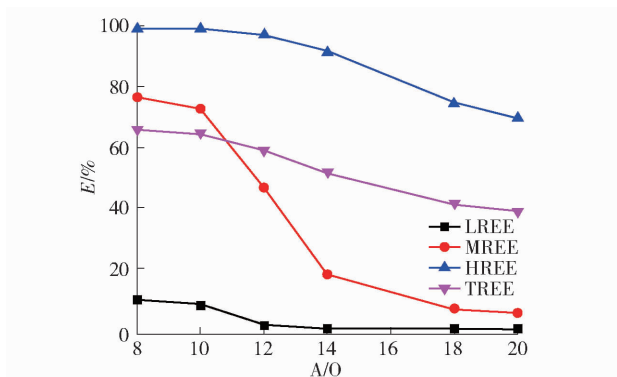


图5 不同相比对稀土萃取率的影响

Fig.5 Effect of different A/O on extraction efficiency of rare earth

2.1.5 萃取逆流级数对稀土萃取率的影响

在相比A/O = 10/1、pH值4.0、常温、P507体积分数35%、TBP体积分数5%条件下,考察不同萃取级数对稀土萃取率的影响,结果如图6所示。因为主要考虑中、重稀土在第一步中尽可能被P507萃取,避免其进入P204的萃取工序,因此P507萃取时要求轻稀土萃取率尽可能低。

图6数据表明,重稀土萃取率受萃取级数影响不大,一直保持在接近完全被萃取的水平;中稀土在一至二级逆流萃取时,萃取率快速增加,再增加萃取级数,萃取率变化不大;轻稀土元素的萃取率随着萃取级数的增加一直呈不断增大趋势。由于每增加一级萃取,就会加入空白萃取剂,使传质动力变大,所以萃取过程中每增加一级萃取都会增加一定萃取效率,考虑到萃取效果和流程复杂程度,选择二级逆流萃取中重稀土。

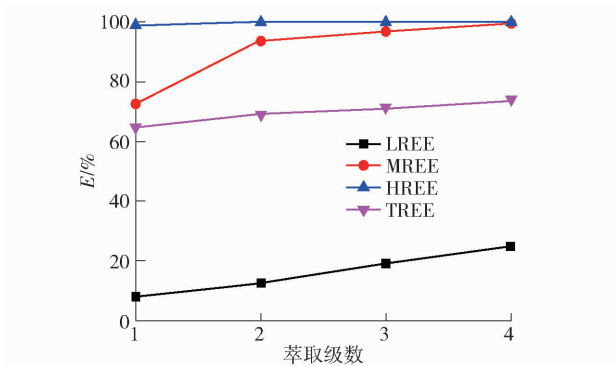


图6 不同逆流萃取级数对萃取率的影响

Fig.6 Effects of different reflux extraction stages on extraction efficiency

2.2 HCl反萃中重稀土

非皂化P507萃取的工艺条件为P507体积分数35%、TBP体积分数5%、相比A/O = 10/1、pH值4.0、常温、反应时间5 min,经过二级逆流萃取得到负载有机相。

对负载有机相采用HCl进行反萃试验。为了研究从P507反萃中、重稀土的理论级数,固定相比O/A = 10进行了一至四级逆流反萃取试验,结果见图7(a)。图7(a)表明,经过二级逆流反萃可以将大部分稀土元素从有机相中释放出来,因此在逆流反萃阶段选择二级反萃工艺。图7(b)是不同相比条件下的二级反萃试验结果,数据表明,有机相稀土反萃率随着相比的增加逐渐减少,反萃料液稀土浓度随着相比的增加逐渐增加,当相比O/A为16时,有机相中稀土反萃率为95.5%,反萃料液中稀土浓度(Q)为243.80 g/L,该浓度值达到了直接进入萃取分离线的要求。

2.3 P204萃取轻稀土

为了使轻稀土萃取级数减少,采用氧化镁调节至pH = 4.0。

为了确认萃余液中轻稀土被萃取的理论级数,在P204体积分数35%、TBP体积分数5%、相比A/O = 15/1、常温、萃取时间5 min条件下,进行一至四级逆流萃取试验,结果见图8(a)。图8(a)表明,经过二级逆流萃取后,萃余液中的大部分轻稀土被萃取至有机相中。

其他试验参数同上,采用二级逆流萃取工艺对不同相比A/O进行了萃取试验,结果见图8(b)。图8(b)表明,当相比A/O = 10/1增大到20/1时,

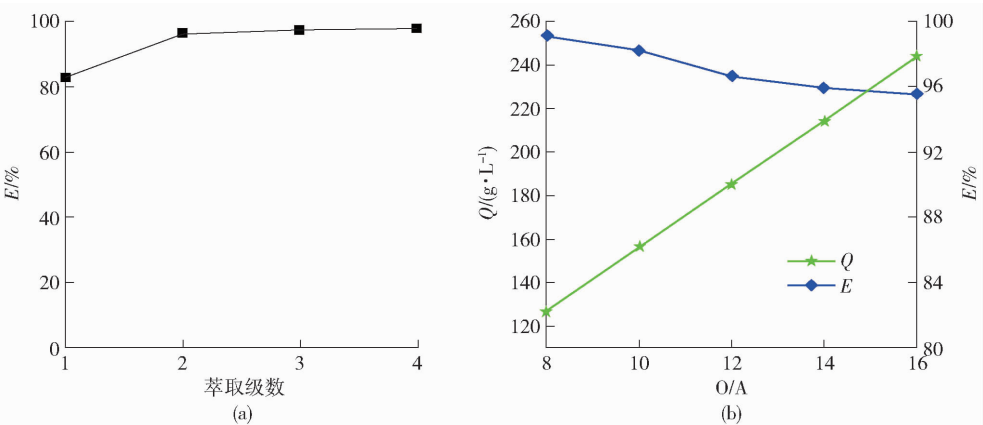


图 7 HCl 反萃中重稀土萃取试验结果

Fig. 7 Extraction of medium heavy rare earth by HCl stripping

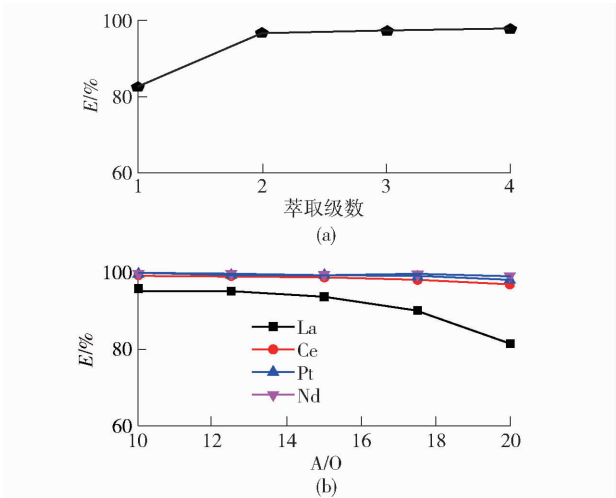


图 8 P204 萃取轻稀土逆流萃取试验结果

Fig. 8 Countercurrent extraction of light rare earth by P204

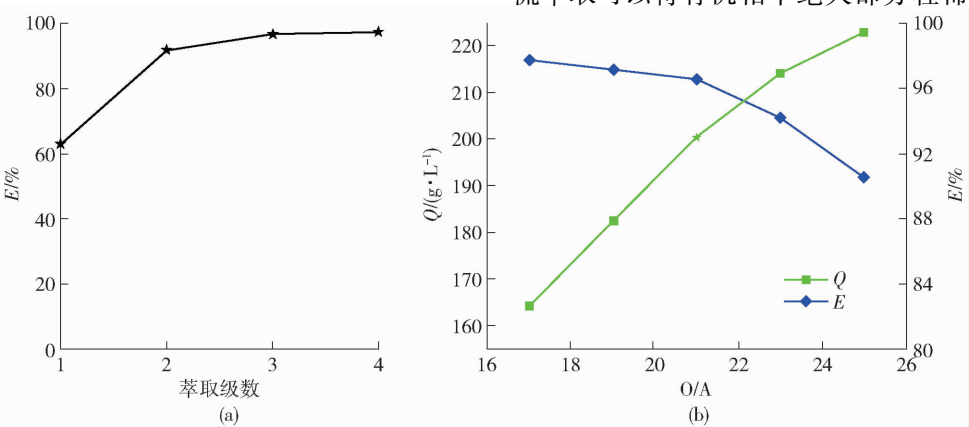


图 9 HCl 反萃轻稀土试验结果

Fig. 9 Test of HCl stripping of light rare earth

Pr/Nd 的萃取率基本上在 99% 以上,Ce 的萃取率缓慢降低,La 的萃取率下降较为明显。随着相比的增加,有机相中负载的轻稀土逐渐增加,但总轻稀土萃取率逐渐降低。

因此,选择相比 $A/O = 15/1$,此时接近 97% 的轻稀土被有效富集到有机相中,仅有 3% 左右的轻稀土残留在萃余液当中,有机相负载轻稀土浓度达到 10.2 g/L,实现了轻稀土从浸出液到有机溶剂的高浓度负载。

2.4 HCl 反萃轻稀土

对上述较优参数下得到的负载轻稀土的有机相进行反萃试验。

为了确定反萃级别,采用 6 mol/L 的盐酸,在相比 $A/O = 21/1$ 条件下进行一至四级逆流反萃取试验,结果如图 9(a) 所示。图 9(a) 表明,通过三级逆流萃取可以将有机相中绝大部分轻稀土反萃出来,

因此,轻稀土反萃阶段采用三级逆流萃取工艺。图 9(b)是不同相比条件下的三级反萃试验结果,数据表明,相比 A/O 从 17/1 增加到 25/1,氯化稀土的浓度逐渐增加,从 160 g/L 增加到 222 g/L;稀土的反萃率逐渐下降,当相比 A/O = 25/1 时,轻稀土浓度达到了 200 g/L,达到了直接进入萃取分离线的要求。

在萃取回收稀土的过程中,采用非皂化的 P507 与 TBP 和 P204 与 TBP 协同分步萃取的方式对高浓度稀土进行富集回收。由于采用协同萃取,萃取过程中都是在酸性条件下进行的,因此,分相性能更加优异,可以提高分相效率,同时可以避免 P507 萃取轻稀土效率低、P204 反萃重稀土困难等问题。产生的高浓度氯化稀土可直接进入稀土分离厂进行稀土分离。

3 结论

本文考察采用 P507 和 TBP 与 P204 和 TBP 协同先后萃取富集高浓度稀土溶液的新方法,并进行了萃取和反萃取试验,对影响稀土萃取率的因素进行了分析,得出以下主要结论。

1)采用 P507 和 TBP 系统萃取中、重稀土,采用二级萃取工艺,当相比 A/O = 10/1、pH 值 4.0、常温、P507 体积分数 35%、TBP 体积分数 5% 时,P507 对中、重稀土的萃取率较佳,均能达到 90% 以上。

2)采用 P204 和 TBP 协同萃取轻稀土,采用二级萃取工艺,在 P204 体积分数 35%、TBP 体积分数 5%、相比 A/O = 15/1、常温、萃取时间 5 min 的条件下,P204 对轻稀土的萃取率达到 97%。

3)P507 与 P204 的负载有机相在 6 mol/L HCl 酸性条件下,P507 负载有机相经二级逆流反萃、P204 负载有机相经三级逆流反萃后均可得到高浓度的氯化稀土富集液,浓度值达到直接进入萃取分离线的要求。

该研究在低能耗、低试剂消耗条件下实现了稀土提取利用及初步分离,所生产的氯化稀土溶液可以直接进入稀土分离厂进行分离提纯,为高浓度稀土回收分离提供了技术参考。

[参考文献]

- [1] A S Patil, A V Patil, C G Dighavkar, et al. Synthesis techniques and applications of rare earth metal oxides semiconductors: a review[J]. Chemical Physics Letters, 2022, 796.
- [2] T A Krajewski, R Ratajczak, S Kobayakov, et al. Electrical properties of ZnO films implanted with rare earth and their

relationship with structural and optical parameters [J/OL]. Materials Science and Engineering B-Advanced Functional Solid-State Materials, 2022, 275. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2021.115526>.

- [3] Ningqiang Zhang, Han Yan, Lingcong Li, et al. Use of rare earth elements in single-atom site catalysis: a critical review—commemorating the 100th anniversary of the birth of Academician Guangxian Xu[J]. Journal of Rare Earths, 2021, 39(3): 233 – 242.
- [4] K S Stegen. Heavy rare earths, permanent magnets, and renewable energies: an imminent crisis[J]. Energy Policy, 2015, 79: 1 – 8.
- [5] Hailing Tu, Honhbin Zhao, Yanyan Fan, et al. Recent developments in nonferrous metals and related materials for biomedical applications in China: a review [J]. Rare Metals, 2022, 41(5): 1410 – 1433.
- [6] 王浩伟,赵德超,汪明亮. 原位自生 TiB₂/Al 基复合材料的腐蚀防护技术研究现状[J]. 金属学报,2022,58(4): 428 – 443. WANG Haowei, ZHAO Dechao, WANG Mingliang. A review of the corrosion protection technology on in situ TiB₂/Al composites [J]. Acta Metallurgica Sinica, 2022, 58(4): 428 – 443.
- [7] L Castro, M L Blazquez, F Gonzalez, et al. Biohydrometallurgy for rare earth elements recovery from industrial wastes [J]. Molecules, 2021, 26(20).
- [8] N Dhawan, H Tanvar. A critical review of end-of-life fluorescent lamps recycling for recovery of rare earth values[J]. Sustainable Materials and Technologies, 2022, 32.
- [9] Yi Zhang, Weidong Guo, Donghao Liu, et al. Rational design of novel carboxylic acid functionalized phosphonium based ionic liquids as high-performance extractants for rare earths[J]. Journal of Rare Earths, 2021, 39(11): 1435 – 1441.
- [10] Dogndong Xu, Zeb Shah, Yu Cui, et al. Recovery of rare earths from nitric acid leach solutions of phosphate ores using solvent extraction with a new amide extractant (TODGA) [J]. Hydrometallurgy, 2018, 180: 132 – 138.
- [11] Pu Xiong, Yimin Zhang, Jing Huang, et al. High-efficient and selective extraction of vanadium (V) with N235 – P507 synergistic extraction system[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2017, 120: 284 – 290.
- [12] Qingli Ye, Guanghui Deng, Bona Luo, et al. Solvent extraction behavior of metal ions and selective separation Sc³⁺ in phosphoric acid medium using P204 [J]. Separation and Purification Technology, 2019, 209: 175 – 181.
- [13] H Yang, W Wang, H Cui, et al. Recovery of rare earth elements from simulated fluorescent powder using bifunctional ionic liquid extractants (Bif-ILEs) [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2012, 87(2): 198 – 205.
- [14] Liangshi Wang, Xiaowei Huang, Ying Yu, et al. Kinetics of rare earth pre-loading with 2-ethylhexyl phosphoric acid mono 2-ethylhexyl ester HEH (EHP) using rare earth carbonates [J].

- Separation and Purification Technology, 2014, 122: 490–494.
- [15] Fengyun Zhang, Wenyuan Wu, Xue Bian, et al. Synergistic extraction and separation of lanthanum (III) and cerium (III) using a mixture of 2-ethylhexylphosphonic mono-2-ethylhexyl ester and di-2-ethylhexyl phosphoric acid in the presence of two complexing agents containing lactic acid and citric acid [J]. Hydrometallurgy, 2014, 149: 238–243.
- [16] Wenjie Zhang, Dongxia Feng, Xian Xie, et al. Solvent extraction and separation of light rare earths from chloride media using HDEHP–P350 system[J]. Journal of Rare Earths, 2022, 40(2): 328–337.
- [17] Xiaoqi Sun, Kristian E Waters. The adjustable synergistic effects between acid-base coupling bifunctional ionic liquid extractants for rare earth separation[J]. Aiche Journal, 2014, 60(11): 3859–3868.
- [18] Yamin Dong, Xiaoqi Sun, Yanliang Wang, et al. Reversed micelle synergistic extraction from phosphonium ionic liquid extractants in diluent for rare earth[J]. Aiche Journal, 2016, 62(6): 2163–2169.
- [19] 崔晓晓, 李勇, 何金桂. [Omim][BF₄]/OP–4 + OP–7/苯甲醇/煤油/P204/HCl 微乳液体系萃取分离轻稀土[J]. 湿法冶金, 2020, 39(6): 511–516.
- CUI Xiaoxiao, LI Yong, HE Jingui. Extraction and separation of light rare earth by [Omim][BF₄]/OP–4 + OP–7/benzyl alcohol/kerosene/P204/HCl microemulsion system [J]. Hydrometallurgy of China, 2020, 39(6): 511–516.
- [20] 左文娟, 胡艳宏, 李梅, 等. 用季胺盐协同萃取稀土元素镧钪试验研究[J]. 湿法冶金, 2020, 39(3): 203–206, 211.
- UO Wenjaun, HU Yanhong, LI Mei, et al. Synergistic extraction of lanthanum and cerium using quaternary ammonium salt[J]. Hydrometallurgy of China, 2020, 39(3): 203–206, 211.

Enrichment of high concentration rare earth leaching solution

LI Hongbo, HAN Dong, ZHANG Jinrong, JIANG Xue, GE Fubiao, HU Zhenguang

(School of Chemical and Biological Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: P204 and P507 are commonly used as extractants for the extraction of rare earth leaching solution. It is difficult to effectively separate and enrich rare earths by single extractant. In this paper, the characteristics of weak extraction ability of P507 and strong extraction ability of P204 for light rare earth were used in the extraction of high concentration rare earth solution. P507 and TBP were innovatively used to extract medium and heavy rare earths, and then P204 and TBP were used to extract light rare earths. The extraction and back extraction experiments were carried out, and the following conclusions are drawn. Under the conditions of the test raw materials, the two-stage extraction process was adopted. When the phase ratio A/O = 10/1, pH 4.0, room temperature, P507 volume fraction 35%, TBP volume fraction 5%, the extraction rate of P507 for medium and heavy rare earths is better, which can reach more than 90%. The extraction rate of light rare earth by P204 reached 97% under the conditions of P204 volume fraction of 35%, TBP volume fraction of 5%, phase ratio A/O = 15/1, room temperature and extraction time of 5 min. Under appropriate acidic conditions, P507 loaded organic phase after two countercurrent stripping, P204 loaded organic phase after three countercurrent stripping can get high concentration of rare earth enrichment solution, and the concentration value can meet the requirements of direct entry into the extraction separation line. This study provides a reference for the recovery and separation of high concentration rare earth.

Key words: rare earth leachate; synergistic extraction; medium and heavy rare earths; light rare earths; P507; P204; TBP; stripping