

Studies on the Technique of Separation of Iron from a Leaching Solution RFeCO_3

Shaolong Qing, Wanming Zhang*

Xichang College, Xichang Sichuan
Email: *heszwm@163.com

Received: Jun. 19th, 2017; accepted: Jul. 11th, 2017; published: Jul. 14th, 2017

Abstract

In this study, RFeCO_3 was oxidized and roasted, and then soaked with HCl for only once, and the immersion liquid was as a raw material. And the separation of non-rare earth impurities such as impurity elements in rare earth was studied under various conditions with two different extraction agents N_{235} and TBP. The results showed that the extraction effect of N_{235} was better than that of TBP, and the effect of the extraction of rare earth iron of N_{235} was more than 90% under different extraction conditions and different acidity. The best effect was 99.56%. The optimum acidity of separation iron in the same concentration of N_{235} is about $c(\text{H}^+) = 2.0 \text{ mol/L}$. However, from the economic point of view, N_{235} costs higher than the TBP, and the TBP is applied more widely than N_{235} in industry, so the best way to separate iron should be the concentration of TBP was 40% to extract the iron in the infusion which the acidity was about 2.0 mol/L.

Keywords

RFeCO_3 , Primary Infusion, Iron, Isolated

从 RFeCO_3 一次浸液中分离铁的工艺研究

秦少龙, 张万明*

西昌学院, 四川 西昌
Email: *heszwm@163.com

收稿日期: 2017年6月19日; 录用日期: 2017年7月11日; 发布日期: 2017年7月14日

摘要

本试验以 RFeCO_3 经氧化焙烧后用HCl浸后的一次浸液为原料, 在各种不同的条件下, 用 N_{235} 和TBP两种萃取剂, 研究其对稀土中杂质元素铁等非稀土杂质的分离效果。试验结果表明: N_{235} 的萃取效果要比TBP

*通讯作者。

的萃取效果更好,在不同的萃取剂浓度和不同酸度的条件下 N_{235} 萃取稀土中铁效果可达90%以上,其最佳效果为99.56%;而在相同浓度 N_{235} 中分离铁的最佳酸度为 $c(H^+) = 2.0 \text{ mol/L}$ 左右。但是从经济角度考虑, N_{235} 的成本要比TBP高,在工业上TBP要比 N_{235} 应用更为广泛,故分离铁的最佳工艺,应该选用浓度为40%的TBP来萃取酸度为 2.0 mol/L 左右的浸液中的铁。

关键词

RFCO₃, 一次浸液, 铁, 分离

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

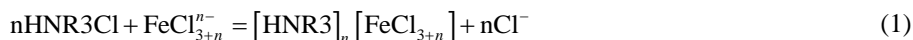
1. 引言

我国稀土资源不仅储量丰富,而且分布广泛,元素齐全,有氟碳铈矿等多种稀土矿[1],其储量约占世界80%,产量约占世界90%以上,储量和产量均居世界首位[2]。而攀西地区是我国第二大稀土矿产地,其主要工业矿物为氟碳铈矿[3]。1965年美国铝公司提出氧化焙烧-盐酸浸取法分解氟碳铈矿的经典方法[4][5],其提取的稀土产品为氯化稀土,是目前工业生产中采用分解精矿工艺之一[6],该方法也是目前研究回收稀土的主要工艺[7]。池汝安等证明盐酸的浸取能力要比硫酸强[8],故用盐酸来进行浸取可以提高稀土中铁等非稀土杂质的分离效果,使稀土回收率得到有效提高。目前除铁的研究方法可以分为沉淀法和萃取法两大类[9],溶剂萃取法已经成稀土提取分离技术重要方向。

N_{235} 萃取法[10](胺类萃取剂),具有较强的萃取铁的能力,田军,池汝安等做过用 N_{235} 有机萃取分离了氯化稀土浸液中的铁[11],证实了水相酸度对铁的萃取效果有重要的影响,而中性磷类如TBP主要适用于盐酸、硝酸体系[12]。

N_{235} 的物理化学性质: N_{235} 属碱性萃取剂,平均分子量387,闪点 189°C ,在 25°C 下密度为 0.8159 cm^4 ,燃点 226°C ,在水中的溶解度低于 0.01 g/L (25°C),毒性(LD50) $442 \text{ mg}\cdot\text{kg}$ [13]。

N_{235} 为三烷基胺,与一次浸液中的铁反应机理:



TBP的物理化学性质:TBP又称磷酸三丁酯,分子式:($\text{C}_4\text{H}_9\text{O}$)₃PO,无色、无臭液体,易燃。相对密度 $0.976(25/4^\circ\text{C})$ 。熔点 $<-80^\circ\text{C}$ 。沸点 289°C ,在沸点温度下有分解; $177^\circ\text{C}\sim 178^\circ\text{C}$ (3.6 kPa)。闪点 146°C 。折射率 $n_D(25^\circ\text{C}) = 1.425$,汽化热 230.7 J/g 。

TBP与一次浸液中铁的反应机理:



故本试验采用 N_{235} 和TBP两种不同的萃取剂来分离稀土中的铁等非稀土杂质元素。

2. 实验

2.1. 试验材料

2.1.1. 试验仪器

pH试纸、温度计、玻璃杯、烧杯、分液漏斗(125 ml)、碱式滴定管、铁架台、烧瓶、量筒(100 ml)、比

色管(25 ml)、容量瓶(100 ml)、移液管(1 ml, 10 ml)、电炉、氟度计(PFS-80, 上海康仪仪器有限公司)、ICP (HK-8100, 北京华科易通分析仪器有限公司)、原子吸收分光光度计(AA320N, 上海仪电分析仪器有限公司)。

2.1.2. 试验原料、试剂

一次浸液(德昌智能稀土)、 N_{235} 、TBP、煤油、蒸馏水、抗坏血酸、溴甲酚绿、氨水(1:1)、盐酸(1:1)、六次甲基四胺、二甲酚橙、EDTA 标准溶液(0.03468 mol/L)、NaOH (0.2537 mol/L 和 20%)、乙酸钠、铁的标准溶液(2 ug/L)、铅的标准溶液(5 ug/L)。

2.1.3. 主要分析方法

稀土采用 EDTA 容量法分析[15], 铁采用原子吸收分光光度计分析。

2.2. 试验设计

2.2.1. 原浸液中成分分析

1) REO 总量的测定(注: REO 为氧化稀土)

用 1 ml 的移液管取 0.5 ml 一次浸液于烧瓶中, 加入适量的水稀释, 加入少量的抗坏血酸, 然后滴入 2~3 滴溴甲酚绿溶液变成黄色, 加入氨水溶液变成蓝色, 之后加入盐酸使溶液恢复黄色, 再加入 10 ml 六次甲基四胺和 3 滴二甲酚橙溶液变成紫色, 用 EDTA 标准溶液滴定, 直到溶液瞬间变成亮绿色为止。

2) 酸度的测定

用 1 ml 的移液管取 1 ml 的一次浸液于烧瓶中, 加入适量的水稀释, 滴入 3 滴溴甲酚绿, 然后用 NaOH 标准溶液滴定直到溶液颜色完全变化为止。

3) F^- 的测定

用 20% 的 NaOH 溶液溶解出一次浸液中的 F^- , 并对其进行适当稀释, 最后用氟度计测定 F^- 的浓度。

4) Fe 的测定

取一次浸液 1 ml 于 100 ml 的容量瓶中并定容, 从容量瓶中取 1 ml 溶液于 25 ml 的比色管中, 加入 5 ml 盐酸(1:1)并定容。用原子吸收分光光度计测定铁的吸光度。

5) Al_2O_3 的测定

取 10 ml 一次浸液于 100 ml 容量瓶中并定容, 然后用 ICP 测定 Al_2O_3 在 REO 中的百分含量。

2.2.2. 相同酸度条件下不同浓度的 TBP 对浸液中铁的分离效果

1) 配制 $CH^+ = 2.0803$ mol/L 的一次浸液和 20%、25%、30%、35%、40% 五组不同浓度的 TBP - 煤油萃取剂。

2) 用量筒量取一次浸液和第一组 TBP 萃取剂各 30 ml ($O/A = 1:1$) 于 125 ml 的分液漏斗中, 摇晃分液漏斗 5 min, 再静置 3 min, 放出萃余液。再量取 30 ml 蒸馏水倒入分液漏斗中, 摇晃 5 min, 再静置 3 min, 放出反萃液, 并量出萃余液、反萃液的体积。

3) 用 EDTA 标准溶液滴定萃余液和反萃液中 REO 的含量, 用原子吸收分光光度计测定萃余液和反萃液中铁的吸光度并计算其浓度。

4) 后四组都采用 2) 和 3) 相同的操作方式。

2.2.3. 不同浓度的 N_{235} 萃取剂对浸液中铁的分离效果

1) 用煤油作为稀释剂, 配制体积百分比为 20%、25%、30%、35%、40% 的不同浓度 N_{235} - 煤油萃取剂。

2) 用量筒量取一次浸液和第一组 N_{235} 萃取剂各 50 ml ($O/A = 1:1$) 于 125 ml 的分液漏斗中, 摇晃分液漏斗 5 min, 再静置 3 min, 放出萃余液。再量取 50 ml 蒸馏水倒入分液漏斗中, 摇晃 5 min, 再静置 3 min, 放出反萃液, 并量出萃余液、反萃液的体积。

3) 用 EDTA 标准溶液滴定萃余液和反萃液中 REO 的含量, 用原子吸收分光光度计测定萃余液和反萃液中铁的吸光度并计算其浓度。

4) 后四组都采用第 2) 和第 3) 步相同的操作方式。

2.2.4. 不同酸度条件下 N₂₃₅ 对浸液中铁分离效果

1) 将 2.2.3 中萃取后的 N₂₃₅ 有机相用盐酸洗涤 3 次, 用分液漏斗分离出 N₂₃₅ 有机相。

2) 配制 H⁺ 浓度为 0.5074 mol/L、1.0655 mol/L、1.5197 mol/L、2.1184 mol/L、2.5116 mol/L 五组不同的一次浸液。

3) 用量筒量取第一组一次浸液和 N₂₃₅ 萃取剂各 30 ml (O/A = 1:1) 于 125 ml 的分液漏斗中, 摇晃分液漏斗 5 min, 再静置 3 min, 放出萃余液。再量取 30 ml 蒸馏水倒入分液漏斗中, 摇晃 5 min, 再静置 3 min, 放出反萃液, 并量出萃余液、反萃液的体积。

4) 用 EDTA 标准溶液滴定萃余液和反萃液中 REO 的含量, 用原子吸收分光光度计测定萃余液和反萃液中铁的吸光度并计算其浓度。

5) 后四组都采用第 3) 和第 4) 步相同的操作方式。

2.2.5. 计算方法

REO 浓度计算:

$$C_{\text{REO}} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{REO}}} \div 1000$$

其中: V_{EDTA} 表示滴定所消耗的 EDTA 标准溶液体积, 单位: ml; C_{EDTA} 表示 EDTA 标准溶液浓度, 单位: mol/L; M_{EDTA} 表示 EDTA 的摩尔质量, 单位: g/mol; V_{REO} 表示移取 REO 的体积, 单位: mL。

铁浓度计算:

$$C(\text{g/L}) = \frac{A_0 \times n}{A_{\text{标}}} \times C_{\text{标}} \div 1000$$

其中: A_0 表示试样的吸光度, n 表示稀释的倍数, $A_{\text{标}}$ 表示标准溶液的吸光度, $C_{\text{标}}$ 表示标准溶液的浓度, 单位: ug/L。

H⁺ 的测定

$$C(\text{mol/L}) = \frac{V_{\text{标}} \times C_{\text{标}}}{V_{\text{试样}}}$$

其中: $V_{\text{标}}$ 表示滴定所消耗 NaOH 标准溶液的体积, 单位: ml; $C_{\text{标}}$ 表示 NaOH 标准溶液的浓度, 单位: mol/L; $V_{\text{试样}}$ 表示移取试样的体积, 单位: mL。

F 浓度计算:

$$C(\text{g/L}) = \frac{C_{\text{测}} \times n}{1000}$$

其中: $C_{\text{测}}$ 表示测定的 F 浓度, 单位: mg/L; n 表示稀释的倍数。

3. 结果与分析

3.1. 原浸液中各主要成分浓度(见表 1)

在萃取前对原一次浸液的主要成分进行分析, 主要成分及其浓度如下表 1 所示。

3.2. 在相同的酸度不同浓度的 TBP 条件下试验结果(注: $V_{\text{试样}} = V_{\text{萃取剂}} = V_{\text{蒸馏水}} = 30 \text{ ml}$)

(注: 浸液中 $\text{CREO} = 224.60 \text{ g/L}$, $C_{\text{Fe}} = 5.8432 \text{ g/L}$)

3.2.1. 配制不同浓度的 TBP (见表 2)

在工业上常用 TBP 来萃取稀土中的铁等杂质, 为了探究 TBP 浓度对铁萃取效果的影响, 该实验中配制了五种不同浓度 TBP 萃取剂, 如下表 2 所示。

3.2.2. 萃余液中 REO 和铁的含量(见表 3)

用五种不同浓度的 TBP 萃取剂, 以 1:1 的水相比进行萃取, 采用 EDTA 容量法分析和原子吸收分光光度计来测定 REO 和 Fe 的含量, 其结果如表 3 所示。

3.2.3. 反萃液中 REO 和铁的含量及铁的萃取率(见表 4)

用相同体积的蒸馏水反萃, 测定出反萃液中 Fe 的浓度, 根据表 3 所测定的数据可以算出铁的萃取率, 其结果如下表 4 所示。

3.2.4. 铁的萃取率随萃取剂 TBP 浓度变化曲线(见图 1)

根据表 2 和表 4 中的数据可以绘制出铁的萃取率随 TBP 浓度变化曲线, 如图 1 所示。

结合图 1 的函数图像可以看出: 铁的萃取率随着 TBP 的浓度增加而增加, 浓度增加到 40% 时, 增加趋于平稳。

Table 1. The original extracts of major constituents in concentration

表 1. 原浸液中各主要成分浓度

主要成分	REO(g/L)	Fe(g/L)	Al ₂ O ₃ /REO(%)	F ⁻ (g/L)	H ⁺ (mol/L)
浓度	239.23	6.22	0.7	27.875	1.7429

Table 2. Extracts of different concentrations of TBP

表 2. 不同浓度 TBP 萃取剂

萃取剂编号	TBP(%)	煤油(%)
1	20	80
2	25	75
3	30	70
4	35	65
5	40	60

Table 3. The content of REO and Fe in the extract

表 3. 萃余液中 REO 和铁的含量

萃取剂编号	C _{REO} (g/L)	试样中 REO 占总量比(%)	C _{Fe} (g/L)	萃余液体积(ml)
1	198.09	82.26	1.1508	29
2	195.06	86.85	1.0387	30
3	195.18	86.9	0.317	30
4	197.63	85.06	0.1039	29
5	195.76	84.25	0.035	29

Table 4. The content of REO and iron in the liquid and the extraction rate of iron
表 4. 反萃液中 REO 和铁的含量及铁的萃取率

萃取剂编号	$C_{\text{REO}}(\text{g/L})$	试样中 REO 占总量比(%)	$C_{\text{Fe}}(\text{g/L})$	萃余液体积(ml)	铁的萃取率(%)
1	26.33	11.58	4.672	30	79.96
2	26.33	11.72	4.783	30	81.85
3	28.55	12.47	5.474	30	93.68
4	28.26	12.58	5.6837	30	97.27
5	27.67	12.32	5.7707	30	98.76

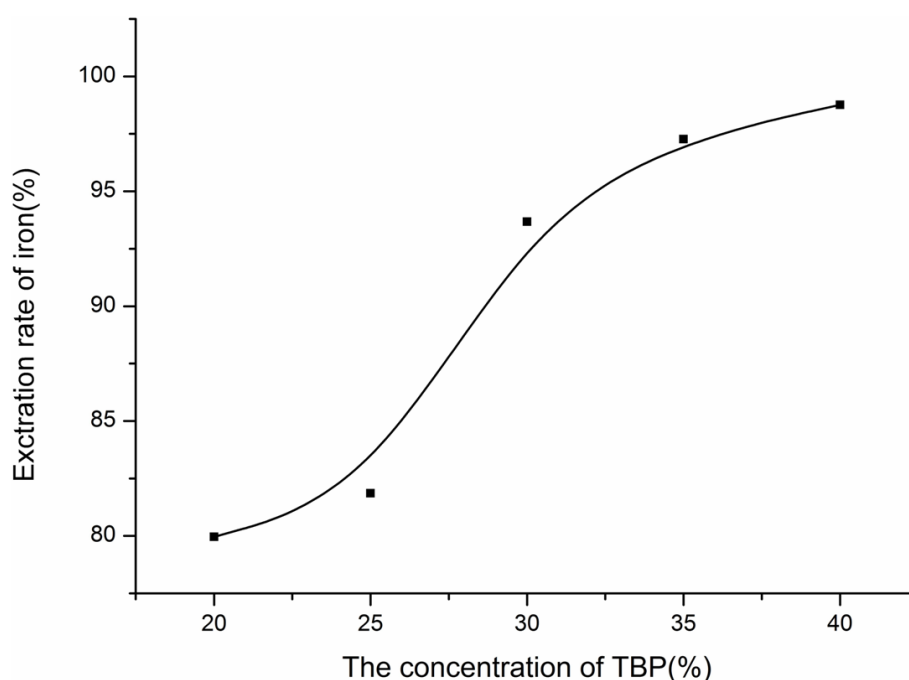


Figure 1. The change curve of the extraction rate of iron with the TBP concentration of the extract
图 1. 铁的萃取率随萃取剂 TBP 浓度变化曲线

3.3. 不同浓度的 N_{235} 条件下试验结果(注: $V_{\text{试样}} = V_{\text{萃取剂}} = V_{\text{蒸馏水}} = 50 \text{ ml}$)

3.3.1. 配制不同浓度的 N_{235} (见表 5)

为了探究 N_{235} 萃取剂浓度对铁的萃取效果, 故配制了五种不同浓度的 N_{235} 的萃取剂, 其结果如表 5 所示。

3.3.2. 萃余液中 REO 和铁的含量(见表 6)

用五种不同浓度的 N_{235} 萃取剂, 以 1:1 的水相比进行萃取, 采用 EDTA 容量法分析和原子吸收分光光度计来测定 REO 和 Fe 的含量, 其结果如下表 6 所示。

3.3.3. 反萃液中 REO 和铁的含量及铁的萃取率(见表 7)

用相同体积的蒸馏水反萃, 测定出反萃液中 REO 和铁的浓度, 根据表 6 所测定的数据可以算出铁的萃取率, 其结果如表 7 所示。

3.3.4. 铁的萃取率随萃取剂 N_{235} 浓度变化曲线(见图 2)

根据表 5 和表 7 中的数据可以绘制出铁的萃取率随 N_{235} 浓度变化曲线, 如图 2 所示。

结合图 2 的函数图像可以看出：铁的萃取率先升高然后下降，在 N_{235} 浓度为 35% 时，铁的萃取效果最好，此时的浓度为萃取铁的最佳浓度。

3.4. 不同酸度用相同浓度 N_{235} 条件下试验结果(注： $V_{\text{试样}} = V_{\text{萃取剂}} = V_{\text{蒸馏水}} = 30 \text{ ml}$)

3.4.1. 不同酸度的浸液中 REO 和铁的含量(见表 8)

根据图 2 可以看出在 N_{235} 的浓度在 35% 时，铁的萃取效果最好，在此浓度条件下进一步探究一次浸液的酸度对铁的萃取效果的影响，故配制了五种不同酸度的一次浸液，并对各一次浸液中的 REO 和 Fe 的浓度液进行了测定，其结果如表 8 所示。

3.4.2. 反萃液中 REO 和铁的含量(见表 9)

用 35% 的 N_{235} 来萃取五种不同酸度的一次浸液，并测定了反萃液中 REO 和 Fe 的浓度，其结果如表 9 所示。

3.4.3. 萃余液中 REO 和铁的含量及铁的萃取率(见表 10)

用相同体积的蒸馏水反萃，测定出反萃液中 REO 和铁的浓度，根据表 9 所测定的数据可以算出铁的

Table 5. Extracts of different concentrations of N_{235}

表 5. 不同浓度 N_{235} 萃取剂

萃取剂编号	$N_{235}(\%)$	煤油(%)
1	20	80
2	25	75
3	30	70
4	35	65
5	40	60

Table 6. The content of REO and Fe in the extract

表 6. 萃余液中 REO 和铁的含量

萃取剂编号	$C_{\text{REO}}(\text{g/L})$	试样中 REO 占总量比(%_	$C_{\text{Fe}}(\text{g/L})$	萃余液体积(ml)
1	199.02	78.2	0.0444	47
2	204.5	83.77	0.0224	49
3	202.52	82.96	0.0088	49
4	202.75	81.36	0.0054	48
5	196.93	77.61	0.0080	47

Table 7. The content of REO and iron in the liquid and the extraction rate of iron

表 7. 反萃液中 REO 和铁的含量及铁的萃取率

萃取剂编号	$C_{\text{REO}}(\text{g/L})$	试样中 REO 占总量比(%)	$C_{\text{Fe}}(\text{g/L})$	反萃液体积(ml)	铁的萃取率(%)
1	13.69	5.49	6.3	48	97.24
2	13.34	5.46	6.223	49	98.12
3	10.49	4.38	6.1547	50	98.95
4	11.77	4.91	6.1926	50	99.56
5	10.07	4.21	6.1597	50	99.03

萃取率，其结果如表 10 所示。

3.4.4. 铁的萃取率随酸度的变化曲线

根据表 8 和表 10 中的数据可以绘制出铁的萃取率随 H^+ 浓度变化曲线，如图 3 所示。

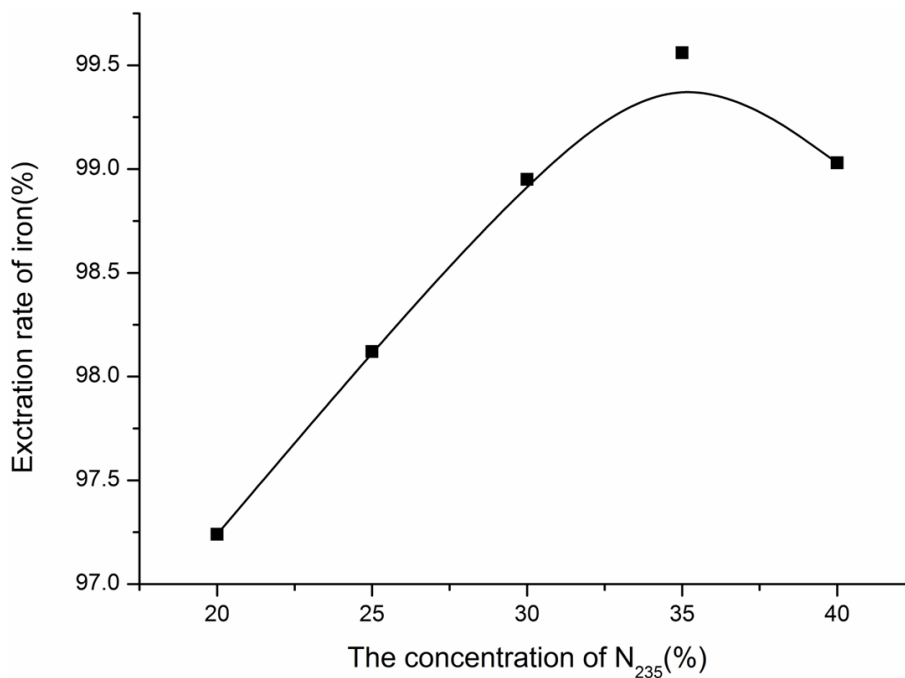


Figure 2. The change of the extraction rate of iron with the concentration of the extract N_{235}

图 2. 铁的萃取率随萃取剂 N_{235} 浓度变化曲线

Table 8. The content of REO and extracts of different acidity in iron

表 8. 不同酸度的浸液中 REO 和铁的含量

浸液中氢离子浓度(mol/L)	$C_{REO}(g/L)$	$C_{Fe}(g/L)$
0.5074	93.34	3.867
1.0655	115.67	4.732
1.5197	207.65	5.8024
2.1184	198.91	5.8201
2.5116	147.64	5.5238

Table 9. The content of REO and Fe in the solution

表 9. 反萃液中 REO 和铁的含量

浸液中氢离子浓度(mol/L)	$C_{REO}(g/L)$	试样中 REO 占总量比(%)	$C_{Fe}(g/L)$	萃余液体积(ml)
0.5074	84.54	87.55	0.231	29
1.0655	97.3	84.12	0.186	30
1.5197	175.66	84.59	0.618	30
2.1184	167.8	84.36	0.073	30
2.5116	130.04	88.32	0.075	30

Table 10. The content of REO and Fe in the extract and the extraction of iron
表 10. 萃余液中 REO 和铁的含量及铁的萃取

浸液中氢离子浓度(mol/L)	C _{REO} (g/L)	试样中 REO 占总量比(%)	C _{Fe} (g/L)	反萃液体积(ml)	铁的萃取率(%)
0.5074	11.19	11.99	3.559	30	92.03
1.0655	97.3	84.12	0.186	30	95.07
1.5197	175.66	84.59	0.618	30	96.30
2.1184	17.71	8.9	5.706	30	98.04
2.5116	15.03	10.18	5.311	30	96.14

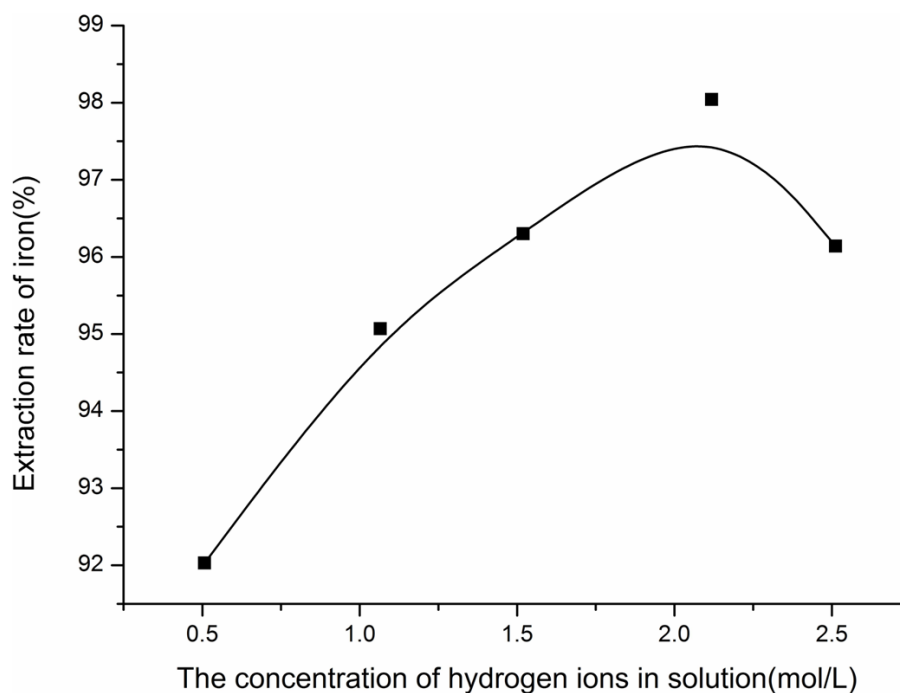


Figure 3. The change of the extraction rate of iron with acidity
图 3. 铁的萃取率随酸度的变化曲线

结合图 3 的函数图像可以看出：随着 H^+ 的浓度增加，铁的萃取率先升高然后下降，一次浸液中在 $C_{H^+} = 2.0 \text{ mol/L}$ 左右铁的萃取效果最好，此时为萃取铁的最佳酸度。

4. 讨论与结果

本试验是以氟碳铈矿经氧化焙烧后用盐酸浸后的一次浸液为原料，在 N_{235} 、TBP 和不同酸度的三种条件下，研究对稀土中铁的分离效果，探索最佳分离工艺条件。采用原子吸收分光光度计测定萃余液、反萃液中铁的吸光度，计算得出铁的萃取率。

从而得到以下结论：

1) N_{235} 萃取剂对稀土中铁的分离效果要比 TBP 的分离效果好，可达 90% 以上，故 N_{235} 是比较理想的萃取剂。

2) N_{235} 萃取剂对稀土中铁的分离效果受其浓度的影响较小，而 TBP 受其浓度的影响比较大，随其浓度的增加而增加，最佳萃取浓度为 40%，最佳萃取率为 98.76%。

3) N_{235} 的最佳萃取浓度为 35%，最佳酸度为 $CH^+ = 2.0 \text{ mol/L}$ 左右。

从经济角度考虑， N_{235} 的成本要比 TBP 高，并且在工业上 TBP 要比 N_{235} 应用更为广泛，故分离铁的最佳工艺，应该选用浓度为 40% 的 TBP 来萃取酸度为 2.0 mol/L 左右的浸液中的铁。

基金项目

四川省教育厅重点课题“轻稀土叶面复合肥的研制及其对凉山烟叶生理性状影响研究”(16ZA0271); 凉山州产学研合作项目“稀土尾矿固体废物综合利用研究”(15cxy0017)。

参考文献 (References)

- [1] 徐光宪, 高松, 等. 稀土萃取分离工艺研究新进展[J]. 中国稀土学报, 1993, 11(3): 193-198.
- [2] 王晴, 王帅, 周纯洁. 稀土提取与分离技术研究进展[J]. 应用化工, 2015(2): 336-339.
- [3] 池汝安, 王淀佐. 稀土选矿与技术提取[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [4] Tilley, G.L. and Doyle, W.E. (1990) Recovery of Lanthanides. U.S. Patent No. 4,973,455.
- [5] 朱国才, 田君, 等. 氟碳铈矿提取稀土的绿色化学进展[J]. 化学通报, 2000, 63(12): 6-11.
- [6] Kruesi, P.R. and Duker, G. (1965) Production of Rare Earth Chloride from Bastnasite. *International Journal of Metals*, 17, 847-849.
- [7] 刘洪, 贾建华, 敖波. 攀西稀土矿泥中稀土回收利用研究进展[J]. 西昌学院报自然科学版, 2006, 20(2): 39-40.
- [8] 池汝安, 徐景明, 何培炯, 等. 川西某氟碳稀土矿矿泥浸取稀土研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 1995(1): 1-4.
- [9] 袁芳沁, 吴克明, 丁倩倩, 柯兴. 湿法炼锌除铁工艺的现状与展望[J]. 矿产综合利用, 2011, 4(2): 30-32.
- [10] 张秀莉, 万雄. N_{235} - 环烷酸萃取分离稀土中的铁[J]. 过程工程学报, 1999(20): 25-28.
- [11] 田君, 池汝安, 朱国才, 等. N_{235} 萃取法分离稀土矿泥氯化浸出液中的铁[J]. 有色金属, 2000, 52(2): 57-60.
- [12] 张魁芳, 刘志强, 曹洪杨, 邱显扬. 用 N_{235} 从富铁高酸度硫酸浸出液中萃取铁[J]. 中国有色金属学报, 2015(5): 1370-1377.
- [13] 姜平国, 吴筱, 廖春发, 焦芸芬, 夏李斌. 用 N_{235} 从赤泥浸出液中提取铁的工艺研究[J]. 江西理工大学学报, 2009, 30(1): 14-16.
- [14] 马保中, 王丽娜, 齐涛, 等. 磷酸三丁脂萃取分离钛铁矿亚熔盐反应产物酸解液中 Fe^{3+} 及金红石型 TiO_2 的制备[J]. 过程工程学报, 2008, 8(3): 504-510.
- [15] 田君, 池汝安, 朱国才, 等. 攀西稀土矿黑色风化矿泥氯化焙砂柱浸稀土研究[J]. 稀土, 2000, 21(4): 9-12.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ms@hanspub.org