

用树脂吸附从铜电解液中去除锑铋实验

夏栋, 蒋晓云, 刘雅倩, 杨兴海

(长沙华时捷环保科技发展股份有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 研究采用树脂吸附法从铜电解液中去除锑、铋杂质, 考查树脂对锑、铋的吸附能力, 溶液流速和温度对锑、铋吸附的影响, 以及洗脱剂类型、温度和添加剂等因素对锑、铋洗脱的影响。结果表明: 树脂对锑、铋的吸附能力相同; 降低溶液流速和提高温度均可提升锑、铋的吸附率; 动态吸附实验中, 树脂对铜电解液中的 Sb、Bi、Pb 和 Fe 有吸附效果, 平均吸附率分别为 94.4%、97.3%、75.9% 和 28.3%; 锑的洗脱效果主要受酸度和 Cl^- 浓度影响, 铋的洗脱效果主要受 Cl^- 浓度影响; 一定温度下, 在高浓度盐酸溶液中加入少量硫脲有利于 Sb(V) 的洗脱。

关键词: 铜电解液; Sb; Bi; 吸附; 净化

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.01.030

中图分类号: TD98 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2023) 01-0204-07

在传统铜电解精炼过程中, 因铜阳极中的锑、铋等杂质元素不断溶解并在铜电解液中累积, 达到一定范围后会影响到电积铜品质^[1]。因此, 需要对铜电解液进行净化, 对锑、铋等杂质进行开路。

目前, 从铜电解液中去除锑铋杂质主要是诱导电积法, 锑铋杂质等进入黑铜泥^[2]。该工艺处理成本较高, 所得黑铜泥一般返回火法系统也会增加系统负荷, 同时锑铋等杂质会在系统中无效循环, 并未直接开路。共沉淀法^[3]、萃取法^[4]、吸附法^[5]和离子交换法^[6]等, 各有不同优缺点。共沉淀法可有效去除部分杂质, 但易引入新的杂质; 通过调节铜电解液中的杂质比和价态进行共沉淀, 则对控制要求高, 需要增加新工序。萃取法对锑去除效果较好, 对铋去除率偏低, 需要处理电解液中残留的有机相。吸附法对杂质去除率高, 吸附剂的再生较为困难。离子交换法是通过树脂吸附电解液中的锑铋杂质, 然后再通过洗脱、反洗等使树脂再生^[7], 但其需要解决洗脱剂和洗脱废水处理等问题。本实验采用一种新型氨基膦酸螯合树脂从铜电解液中去除锑、铋, 研究新工艺流程与再生方式, 实现铜电解液净化及锑、

铋的综合回收。

1 实验部分

1.1 实验材料与试剂

1.1.1 实验原料与试剂

实验所用铜电解液成分见表 1, 所需 HCl 、 NaCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 和硫脲等试剂均为分析纯试剂。

表 1 铜电解液原液组成/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 1 Composition of copper electrolyte stock solution						
Cu	As	Sb	Bi	Ni	Fe	H_2SO_4
45.54	12.71	0.18	0.26	12.61	0.21	178

1.1.2 树脂

采用一种氨基膦酸螯合树脂 ($\text{R}-\text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{PO}(\text{OH})_2$) 对铜电解液中锑和铋进行吸附脱除, 见图 1。

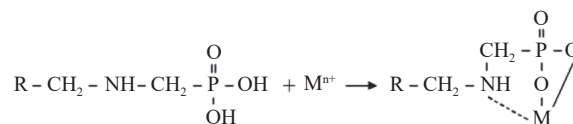


图 1 树脂吸附结构

Fig.1 Resin adsorption structure

收稿日期: 2021-01-18

作者简介: 夏栋 (1988-), 男, 工程师, 从事湿法冶金、废水处理及资源回收。

通信作者: 蒋晓云 (1978-), 女, 博士, 正高级工程师, 从事污染防治与资源综合利用。

1.2 实验方法

1.2.1 静态实验

取一定量的树脂放于一定体积的电解液中，密封后震荡一定时间，然后取出溶液用电感耦合等离子体质谱法分析锑、铋的质量浓度。并计算吸附率 E 、吸附量 Q (mmol/g) 和分配比 D 。

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (2)$$

$$D = \frac{Q}{C_e} \quad (3)$$

式(1-3)中： C_0 、 C_e 分别为溶液中金属离子的初始和平衡质量浓度，mol/L； V 为溶液体积，mL； m 为干树脂质量，g。

1.2.2 动态实验

动态吸附实验：铜电解液用 1 μm 滤膜过滤后，在一定条件下，自上而下通入装有树脂的砂芯玻璃柱中，考查树脂对不同元素的吸附情况。

负载树脂的洗脱前清洗实验：树脂吸附结束后，在一定条件下，用清洗剂自上而下通入玻璃柱中，将残留在玻璃柱中的铜电解液清洗出。考查 Cu、As、Ni、Fe 等元素的残留情况。

负载树脂的洗脱实验：树脂经前清洗后，在一定条件下，用洗脱剂自上而下通入玻璃柱中，考查洗脱剂对不同元素的洗脱情况。

洗脱后树脂的清洗实验：树脂洗脱结束后，在一定条件下，用自来水自上而下通入玻璃柱中，将残留在玻璃柱中的洗脱剂清洗出。考查再次吸附时，洗脱剂成分在吸附后铜电解液中的残留情况。

在上述动态实验过程中，在玻璃柱下端每隔一定体积连续收集流出液，分析其中金属离子质量浓度。

动态洗脱实验中，总洗脱率计算方式如下。

$$\text{总洗脱率} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \times C_i}{Q_0 \times m} \times 100\% \quad (4)$$

式(4)中： C_i 为第 i 个洗脱后液中金属离子的质量浓度，mol/L； V_i 为第 i 个洗脱后液的体积，mL； Q_0 为洗脱前树脂负载量，mmol/g； m 为干树脂质量，g。

2 实验结果与讨论

2.1 吸附实验

2.1.1 静态吸附实验

分别取 0.25、0.5、1.0、2.0、0.5 g 树脂，均加入 200 mL 含不同锑、铋浓度的铜电解液。在室温下，密封后震荡吸附 3 d。实验结果见表 2。

表 2 静态吸附实验结果
Table 2 Experimental results of static adsorption

元素	实验	C_0 / (mmol·L ⁻¹)	C_e / (mmol·L ⁻¹)	E	Q / (mmol·g ⁻¹)	D
Sb	1	1.36	1.03	24.2%	0.263	256
	2	1.36	0.81	40.0%	0.217	267
	3	1.36	0.60	55.8%	0.151	252
	4	1.36	0.27	80.0%	0.108	400
	5	0.80	0.53	34.0%	0.108	206
Bi	1	1.34	1.04	22.5%	0.241	232
	2	1.34	0.83	37.9%	0.203	244
	3	1.34	0.61	54.6%	0.146	241
	4	1.34	0.27	79.6%	0.107	391
	5	0.89	0.58	34.6%	0.122	212

由表 2 可知，长时间静态吸附实验中，原液锑和铋的摩尔浓度接近时，树脂对锑和铋的吸附率、吸附量和分配比也均接近，说明该树脂对锑和铋的吸附能力相同。

2.1.2 动态吸附实验

将表 1 所述铜电解液，在 15 $^{\circ}\text{C}$ 下，以 12 BV/h 的速度通过装有 100 g (93 mL) 树脂的玻璃柱，间隔 500 mL 取吸附流出液分析锑、铋质量浓度，计算吸附率。铋、锑吸附曲线见图 2。

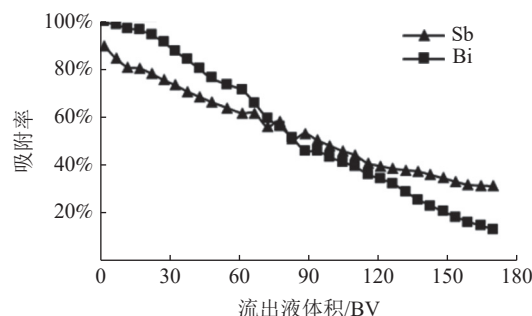


图 2 长时间动态吸附曲线

Fig.2 Long-term dynamic adsorption curve

长时间动态吸附实验中，流出液总体积为 16 L，流出液中锑、铋的平均浓度分别为 81.1 mg/L 和 116.5 mg/L。通过计算可得，锑、铋的吸附量分别为 0.130 mmol/g 和 0.110 mmol/L，分配比分别为 195 和 197。同样说明，动态吸附时该树脂对锑和铋最终的吸附能力相同，但树脂对锑和铋的吸附

速率有所不同。

2.1.3 电解液流速对树脂吸附铋、锑的影响

实验条件同 2.1.2, 溶液流速对铋、锑吸附率的影响见图 3。

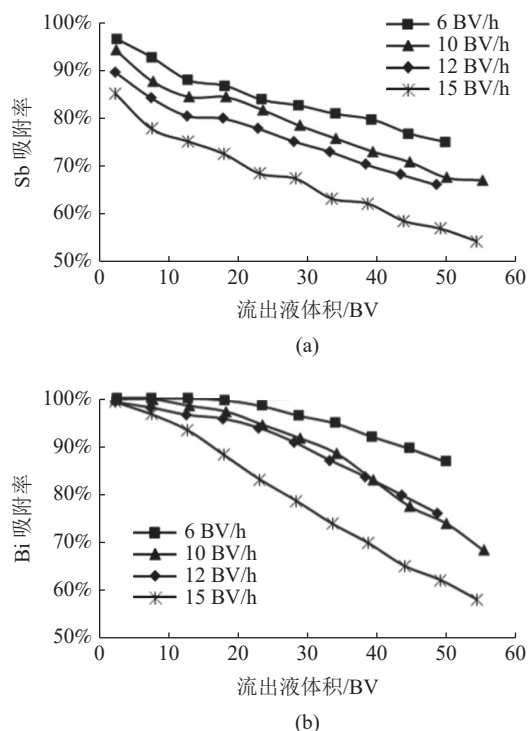


图 3 不同流速吸附曲线

Fig.3 Adsorption curves at different flow rates

由图 3 看出, 锑的吸附曲线较平缓, 吸附率衰减较慢; 铋的吸附曲线则较陡, 吸附率衰减较慢。降低溶液流速, 有利于提高锑、铋的吸附率。

2.1.4 温度对树脂吸附铋、锑的影响

实验条件同 2.1.2, 温度对铋、锑吸附率的影响见图 4。

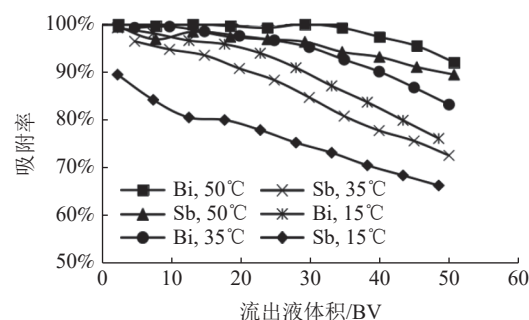


图 4 不同温度吸附曲线

Fig.4 Adsorption curves at different temperatures

由图 4 看出, 提高温度, 可明显提高树脂对铋、锑的吸附率, 对铋的吸附影响尤为明显。因此, 可以推测该吸附过程为吸热反应。铜电解液自身温度通常在 50~60℃ 之间, 有利于该吸附过程。

2.1.5 吸附前后铜电解液的成分变化

实验条件同 2.1.2, 实验温度改为 50℃, 收集前 50 BV 的吸附后液, 混合后分析主要元素的质量浓度。平行两组实验, 结果见表 3。

表 3 铜电解液吸附前后成分/(g·L⁻¹)

Table 3 Composition of copper electrolyte before and after adsorption

成分	Cu	As	Sb	Bi	Ni	Fe	Pb	Zn
原液	45.54	12.71	0.18	0.26	12.61	0.21	0.029	0.206
吸附后液1	45.23	12.56	0.011	0.008	12.55	0.147	0.007	0.204
吸附后液2	45.64	12.63	0.009	0.006	12.60	0.154	0.007	0.199

从吸附后液数据可知, 树脂对 Sb 和 Bi 的平均吸附率分别为 94.4% 和 97.3%; 此外, 还会吸附部分 Pb 和 Fe, 平均吸附率分别为 75.9% 和 28.3%; 其他元素则基本不吸附。

2.2 负载树脂的洗脱前清洗实验

在实验温度为常温、速度为 12 BV/h 的条件下, 选用水和 2 mol/L 硫酸溶液两种清洗剂对吸附后的负载树脂进行清洗后, 再均用 6 BV 的 6 mol/L 盐酸溶液进行洗脱。收集两组实验所得洗脱后液, 分析主要成分见表 4。

结果发现, 用稀硫酸溶液对负载树脂进行清洗, 可有效避免铜、砷残留于树脂中, 防止铜、

砷带入洗脱后液中, 有利于铋、锑的后续回收提纯。

表 4 不同清洗剂条件下所得洗脱后液成分/(g·L⁻¹)

Table 4 Composition of the eluate obtained under different cleaning agent conditions

清洗剂类型	Sb	Bi	Cu	As	Fe
水	2.97	5.45	0.21	0.83	0.18
稀硫酸	3.10	5.31	0.02	0.21	0.11

2.3 负载树脂的洗脱实验

2.3.1 洗脱剂组成对铋、锑洗脱的影响

常温下, 用不同组成的洗脱剂在 1 BV/h 速度下对经清洗后的负载树脂进行洗脱, 实验结果见图 5。

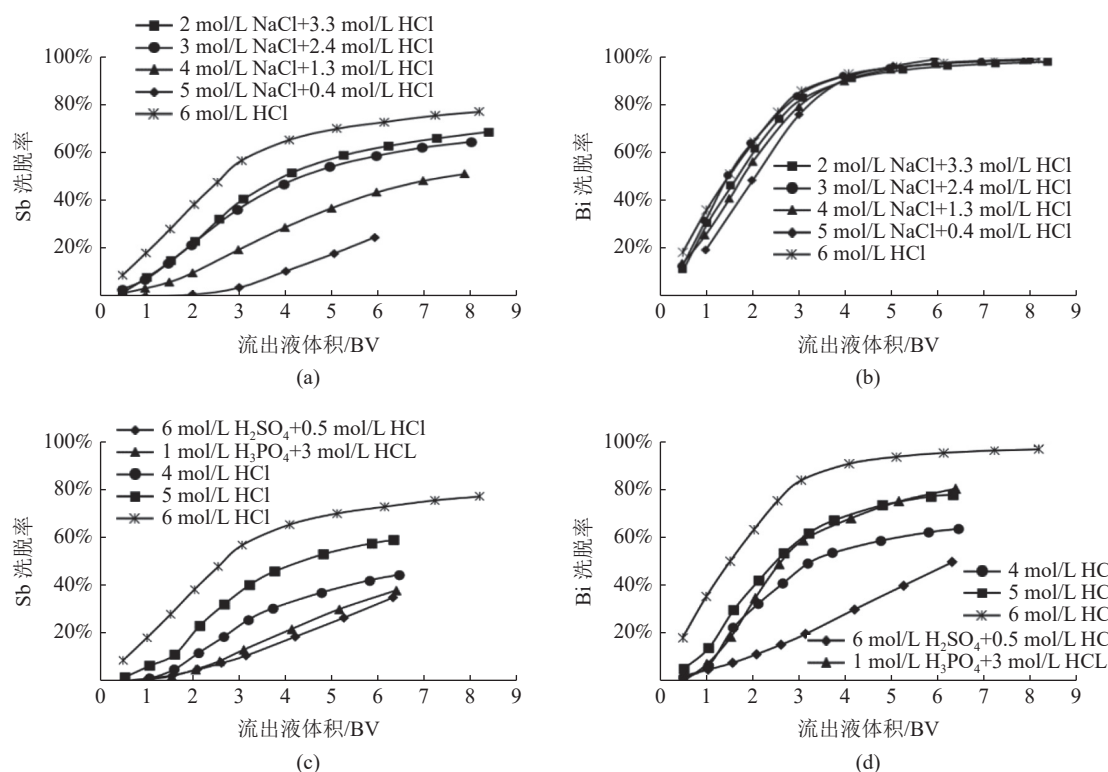


图5 不同洗脱剂溶液洗脱曲线
Fig.5 Elution curves of different eluent solutions

由图5看出，只有高浓度HCl溶液对锑才有较好的洗脱效果；而对铋的洗脱，只需用一定酸度的高浓度氯盐溶液，即可达到很好的洗脱效果。由此可见，在锑铋需要同时洗脱时，可采用6 mol/L盐酸作为洗脱剂。同时，也可先用高浓度氯盐溶液洗脱铋，然后再用高浓度盐酸洗脱锑，可对铋和锑进行初步分离。

2.3.2 温度和添加剂对洗脱的影响

用6 mol/L HCl溶液，添加适量硫脲，在不同温度下，以1 BV/h速度对经清洗后的负载树脂进行洗脱，实验结果见图6。

采用6 mol/L HCl溶液进行洗脱时，温度和硫脲对Bi的洗脱效果影响不大；但通过添加硫脲和升温，可提高锑的洗脱率。有研究表明，高浓度盐酸对Sb(III)有较好的洗脱效果，但对Sb(V)的洗脱效果不佳。高浓度盐酸体系中，在一定温度下，硫脲可将Sb(V)还原成Sb(III)，而Sb(III)更容易洗脱^[8]。

2.3.3 负载量对洗脱的影响

常温下，用6 mol/L HCl溶液，以1 BV/h速度对两组不同负载量的树脂进行洗脱锑、铋。两组不同树脂锑和铋的负载量见表5。

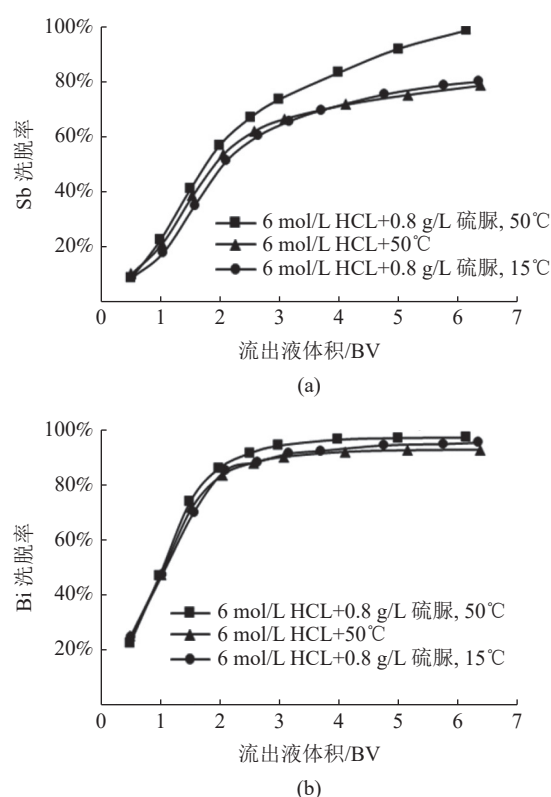


图6 温度和添加剂对锑、铋洗脱的影响
Fig.6 Effects of temperature and additives on the elution of antimony and bismuth

表 5 不同负载量实验的 Sb 和 Bi 树脂负载量/(mg·g⁻¹)
Table 5 Sb and Bi resin loadings of different loading experiments

实验	Sb树脂负载量	Bi树脂负载量
1	14.4	24.5
2	8.7	14.2

两组洗脱实验的锑、铋质量浓度曲线和洗脱率曲线见图 7。

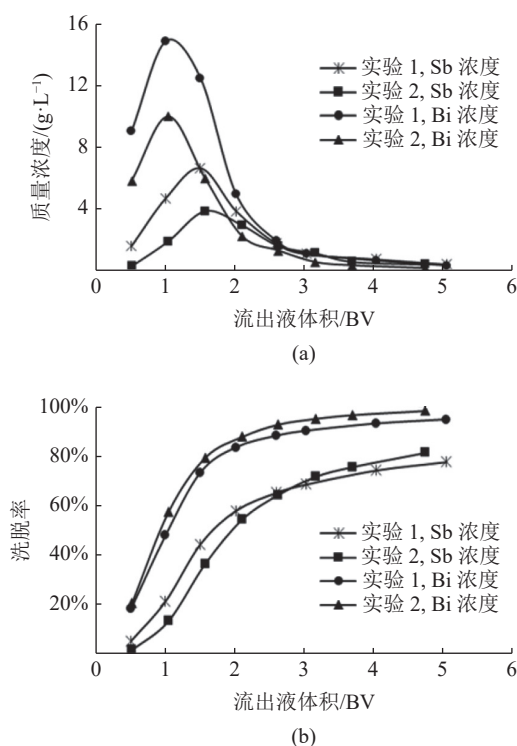
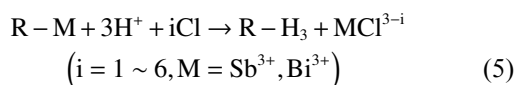


图 7 不同负载量实验的洗脱后液质量浓度和洗脱曲线
Fig.7 Mass concentration and elution curve of the eluent after different loading experiments

由图 7 可以看出, 负载量越大时, 质量浓度曲线中的峰值浓度越高。实验 1 中, 锑和铋的质量浓度峰值分别为 6.7 g/L 和 14.8 g/L; 实验 2 中, 锑和铋的质量浓度峰值分别为 3.9 g/L 和 10.0 g/L。同时, 锑的质量浓度峰值略滞后于铋。而负载量对锑和铋的洗脱曲线基本无影响。

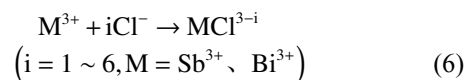
2.3.4 酸度和 Cl⁻浓度对洗脱影响的分析

树脂用氯离子溶液进行洗脱, 主要可能是 Sb³⁺、Bi³⁺与 Cl⁻络合而溶解于溶液中, 见式 (5)。



在 Sb³⁺—Cl—H₂O、Bi³⁺—Cl—H₂O 体系中,

Sb³⁺、Bi³⁺与 Cl⁻可形成多种配合物, 见式 (6) [9]。

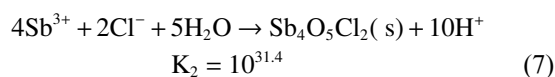


式 (6) 的配合平衡常数见表 6 [10]。

表 6 Sb³⁺、Bi³⁺与 Cl⁻的配合平衡常数
Table 6 Coordination equilibrium constants of Sb³⁺、Bi³⁺ and Cl⁻

平衡常数	lgβ ₁	lgβ ₂	lgβ ₃	lgβ ₄	lgβ ₅	lgβ ₆
Sb-Cl	2.26	3.49	4.18	4.72	4.70	4.10
Bi-Cl	2.35	4.40	5.45	6.65	7.29	7.09

1) 在 Sb³⁺-Cl-H₂O 体系中, 除式 (6) 外, 还会产生 SbOCl、Sb₄O₅Cl₂、Sb₂O₃、Sb(OH)₃ 等多种产物。在酸性环境下, Sb₄O₅Cl₂ 最易形成, 见式 (7) [11]。



按溶液—Sb₄O₅Cl₂ 的平衡计算, 同样在酸性环境下, 忽略除式 (6) 和式 (7) 外其它产物, 则溶液中 Sb 元素的总浓度 [Sb³⁺]_T 为下式 (8) 和式 (9)。

$$[\text{Sb}^{3+}]_{\text{T}}=[\text{Sb}^{3+}]+[\text{SbCl}^{3-\text{i}}]_{\text{T}} \quad (8)$$

$$[\text{Sb}^{3+}]_{\text{T}}=\left\{\frac{[\text{H}^{+}]^{10}}{K_2[\text{Cl}^{-}]^2}\right\}^{1/4}\left\{1+\sum_{i=1}^6\beta_i[\text{Cl}^{-}]^i\right\} \quad (9)$$

以 [H⁺] 浓度为横坐标, lg[Sb³⁺]_T 浓度纵坐标, 根据式 (9) 绘制不同 [Cl⁻] 浓度下的关系图, 见图 8 (a)。

2) 在 Bi³⁺—Cl—H₂O 体系中, 除式 (6) 外, 还会产生 BiOCl、Bi₃O₄Cl、Bi₂O₃、Bi(OH)₃ 等多种产物。在酸性环境下, BiOCl 最易形成, 见式 (10) [12]。



按溶液—BiOCl 的平衡计算, 同时, 在酸性环境下, 忽略除式 (6) 和式 (10) 外其它产物, 则溶液中 Bi 元素的总浓度 [Bi³⁺]_T 为下式 (11) 和式 (12)。

$$[\text{Bi}^{3+}]_{\text{T}}=[\text{Bi}^{3+}]+[\text{BiCl}^{3-\text{i}}]_{\text{T}} \quad (11)$$

$$[\text{Bi}^{3+}]_{\text{T}}=\frac{[\text{H}^{+}]^2}{K_1[\text{Cl}^{-}]}\left\{1+\sum_{i=1}^6\beta_i[\text{Cl}^{-}]^i\right\} \quad (12)$$

以 [H⁺] 浓度为横坐标, lg[Bi³⁺]_T 浓度纵坐标,

根据式(12)绘制不同 $[Cl^-]$ 浓度下的关系图, 见图8(b)。

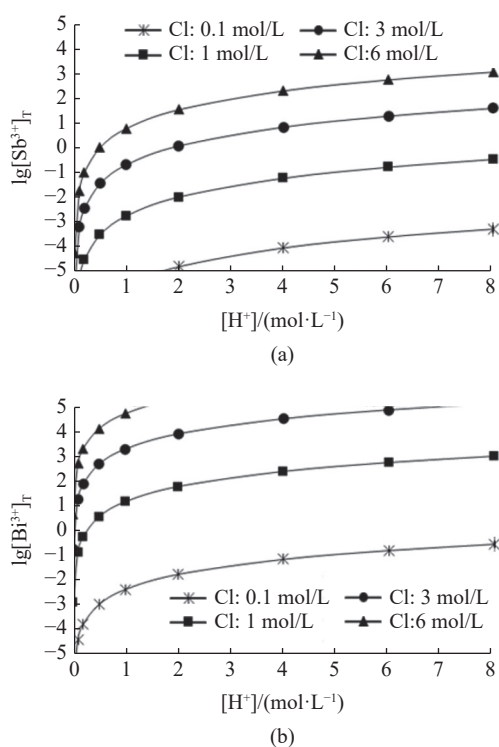


图8 不同 $[Cl^-]$ 浓度下 $lg[Sb^{3+}]_T$ 、 $lg[Bi^{3+}]_T$ 与 $[H^+]$ 浓度关系

Fig.8 Relationship between $lg[Sb^{3+}]_T$, $lg[Bi^{3+}]_T$ and $[H^+]$ concentrations under different $[Cl^-]$ concentrations

由图8可以看出, 在 $[H^+]$ 浓度较低时, 提高 $[Cl^-]$ 浓度, 也可迅速升高溶液中 $lg[Bi^{3+}]_T$ 浓度。但如果需要溶液中 $lg[Sb^{3+}]_T$ 浓度较高, 则需要高 $[Cl^-]$ 浓度和高 $[H^+]$ 浓度条件。该关系进一步证明了图5实验结果。

2.4 洗脱后树脂的清洗实验

用 6 mol/L 盐酸溶液洗脱后的树脂, 再用 3 BV 水进行清洗, 然后继续用铜电解液进行吸附。铜电解液吸附前后氯离子的质量浓度分别为 55.6 mg/L 和 64.8 mg/L。因此表明, 用 3 BV 水进行清洗, 可避免盐酸洗脱液中的氯离子带入后续吸附过程的铜电解液中, 可满足铜电解的要求。

3 结 论

(1) 在静态吸附实验中, 树脂对锑、铋的最高吸附量分别为 0.263 mmol/g 和 0.241 mmol/g。结果表明, 该树脂对锑、铋的分配比接近, 吸附能力相同; 但动态吸附初期, 该树脂对铋的吸附速率高于锑。降低流速、提高温度均可提高吸附

效果; 且提高温度对锑、铋的吸附率有明显提升, 可以推测该吸附过程为吸热反应。在温度为 50℃ 下的动态吸附实验中, Sb、Bi、Pb 和 Fe 的平均吸附率分别为 94.4%、97.3%、75.9% 和 28.3%, 对 Cu、As、Ni 和 Zn 基本不吸附。

(2) 从负载树脂上洗脱铋、锑, 铋洗脱效果受酸度和 Cl^- 浓度影响较大, 铋洗脱效果受 Cl^- 浓度影响较大。可用 6 mol/L 的 HCl 溶液将锑、铋一起洗脱; 也可先用酸化后的高浓度氯盐溶液洗脱铋, 再用高浓度盐酸洗脱锑。在一定温度下, 高浓度盐酸溶液中添加适量硫脲有利于对 Sb(V) 的洗脱, 可使树脂中的铋洗脱更彻底。高浓度盐酸洗脱后液可用蒸发方式进行处理, 冷凝盐酸可回用; 酸化后的高浓度氯盐洗脱液可用液碱中和和沉淀回收锑、铋后, 再用盐酸酸化后回用。树脂洗脱前, 用稀硫酸溶液先进行清洗, 有利于防止铜、砷带入洗脱后液中。树脂洗脱后, 可用 3 BV 水进行清洗, 可防止洗脱剂带入铜电解液中。

(3) 采用树脂吸附法从铜电解液中吸附脱除锑、铋, 实现铜电解液净化及锑、铋综合回收。铜电解液净化脱除锑、铋后, 有利于防止砷锑铋共沉物的产生^[13], 改善电解阴极铜的品质。

参考文献:

- [1] 朱祖泽, 贺家齐. 现代铜冶金学 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] ZHU Z Z, HE J Q. Modern Copper Metallurgy [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [3] 陈白珍, 仇勇海, 梅显芝, 等. 电积法脱铜脱砷的现状与进展[J]. 有色金属(冶炼部分), 1998(3):30-32.
- [4] CHEN B Z, QIU Y H, MEI X Z, et al. Status and progress of copper and arsenic removal by electrowinning[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 1998(3):30-32.
- [5] [3] 郑雅杰, 周文科, 彭映林, 等. 砷锑价态对铜电解液中砷锑铋脱除率的影响[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(3):821-826.
- [6] ZHENG Y J, ZHOU W K, PENG Y L, et al. Influence of arsenic-antimony valence state on the removal rate of arsenic, antimony and bismuth in copper electrolyte[J]. Journal of Central South University(Natural Science Edition), 2012, 43(3):821-826.
- [7] [4] 李俊标, 李敬忠, 苏峰, 等. 萃取法回收铜电解液中锑铋研究与实践[J]. 铜业工程, 2017(6):47-51+7.
- [8] LI J B, LI J Z, SU F, et al. Research and practice on recovery of

antimony and bismuth from copper electrolyte by extraction method[J]. *Copper Industry Engineering*, 2017(6):47-51+7.

[5] SALARI K, HASHEMIAN S, BAEI M T. 采用不同吸附剂从铜电解液中除锑 (英文)[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2017, 27(2):440-449.

SALARI K, HASHEMIAN S, BAEI M T. Antimony removal from copper electrolytes using different adsorbents (English)[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2017, 27(2):440-449.

[6] 何万年, 赵旺盛, 何思邦. 交换吸附法净化铜电解液中的锑和铋研究[J]. 有色金属 (冶炼部分), 1998(3):27-29+36.

HE W N, ZHAO W S, HE S J. Study on purification of antimony and bismuth in copper electrolyte by exchange adsorption method[J]. *Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy)*, 1998(3):27-29+36.

[7] 程霞霞. 树脂除杂技术在铜电解工业化应用研究[J]. 有色金属 (冶炼部分), 2018(2):46-49.

CHENG X X. Research on industrial application of resin impurity removal technology in copper electrolysis[J]. *Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy)*, 2018(2):46-49.

[8] 张子悦. 用氨基膦酸树脂从铜电解液中除锑[J]. *湿法冶金*, 2011, 30(1):63.

ZHANG Z Y. Antimony removal from copper electrolyte with aminophosphonic acid resin[J]. *Hydrometallurgy*, 2011, 30(1):63.

[9] 唐谟堂. 三氯化铋水解体系的热力学研究[J]. 中南矿冶

学院学报, 1993(1):45-51.

TANG M T. Thermodynamic study on the hydrolysis system of bismuth trichloride[J]. *Journal of Zhongnan Institute of Mining and Metallurgy*, 1993(1):45-51.

[10] 廖婷. 铜转炉白烟灰湿法提取铋的工艺研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2013.

LIAO T. Research on wet extraction of bismuth from copper converter white soot[D]. Changsha: Central South University, 2013.

[11] 杜新玲. $\text{Sb} \sim (\text{Cl}^-) \sim \text{H}_2\text{O}$ 体系中三氯化锑水解平衡的研究[J]. *中国有色冶金*, 2012, 41(5):75-79.

DU X L. Study on hydrolysis equilibrium of antimony trichloride in $\text{Sb} \sim (\text{Cl}^-) \sim \text{H}_2\text{O}$ system[J]. *China Nonferrous Metals*, 2012, 41(5):75-79.

[12] 徐振鑫. 铜阳极泥复合酸浸锑铋工艺及锑铋水解机理研究 [D]. 赣州: 江西理工大学, 2020.

XU Z X. Research on the composite acid leaching of arsenic, antimony and bismuth of copper anode slime and the hydrolysis mechanism of antimony and bismuth[D]. Ganzhou: Jiangxi University of Science and Technology, 2020.

[13] 鲁道荣, 李学良, 林建新. 锑铋对阴极铜沉积过程的影响[J]. *应用化学*, 1998(2):59-62.

LU D R, LI X L, LIN J X. Influence of arsenic, antimony and bismuth on cathode copper deposition process[J]. *Applied Chemistry*, 1998(2):59-62.

Removal of Antimony and Bismuth in Copper Electrolyte by Resin Adsorption

Xia Dong, Jiang Xiaoyun, Liu Yaqian, Yang Xinghai

(Changsha Hasky Environmental Protection Science and Technology Development Co., Ltd., Changsha, Hunan, China)

Abstract: Resin Adsorption was adopted for removal of Sb and Bi in copper electrolyte. A series of investigations were done respectively on: adsorption capacity of resin for Sb and Bi, affects of solution flow rate and temperature for the adsorption of Sb and Bi, affects of eluent types, temperature and additives for the elution efficiency of Sb and Bi. The experimental results showed that, the resin has the same adsorption capacity for Sb and Bi, the adsorption could be improved by the solution flow rate reducing and the temperature increasing. In the dynamic adsorption test, the resin has adsorption effect on Sb, Bi, Pb and Fe in copper electrolyte, and the average adsorption rates are 94.4%, 97.3%, 75.9% and 28.3%, respectively. The elution of Sb was mainly influenced by the concentrations of H^+ and Cl^- . The elution of Bi was mainly influenced by the concentrations of Cl^- . It was beneficial for the elution of Sb (V) by adding thiourea in high concentration HCl solution at a certain temperature.

Keywords: Copper electrolyte; Sb; Bi; Adsorption; Purification