

离子浮选法处理放射性废水

赵宝生 蔡青

(核工业第七研究设计院, 山西 太原 030012)

摘要: 运用离子浮选法处理铀同位素生产和研究设施退役过程中产生的化学清洗剂废水不受有机物的影响, 该方法适宜对成分复杂的放射性废水进行处理, 并可回收铀。通过分析影响离子浮选效果的主要因素, 获取了方法的最佳参数。用该方法处理后的废水体积可望减少 99% 而使放射性废物达到最少化。

关键词: 离子浮选; 放射性废水; 铀回收

中图分类号: TL941.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-6931(2004)04-0382-03

Treatment of Radioactivity Liquid Waste With Ion Froth Flotation

ZHAO Bao - sheng, CAI Qing

(The Seventh Research and Design Institute of Nuclear Industry, Taiyuan 030012, China)

Abstract: The treatment method of radioactivity liquid waste in decommissioning of uranium production and research facilities was analyzed by ion froth flotation. The treatment process is not affected by organic contamination, and the uranium can be recovered meanwhile. It is possible to reduce 99% of the volume of the liquid waste containing UO_2^{2+} using this method.

Key words: ion froth flotation; radioactivity liquid waste; uranium recovery

在铀同位素生产和试验研究设施的退役活动中, 化学清洗去污产生大量含铀放射性废水, 废水中含有成分复杂的无机和有机去污成分, 采用其它方法处理、储存和运输均很困难。离子浮选法充分利用废水易于起泡的特点而达到回收金属离子和处理废水的目的。

1 离子浮选法的基本原理

离子浮选法属于泡沫分离技术范畴。方法

基于待分离物质与捕集剂通过化学的、物理的力结合在一起, 在鼓泡塔中被吸附在气泡表面富集, 藉气泡上升带出溶液主体, 达到净化溶液主体和浓缩待分离物质的目的。离子浮选法的分离作用主要取决于组分在气-液界面上的吸附选择性和程度。所使用的捕集剂的主要成分是表面活性剂和适量起泡剂、络合剂和掩蔽剂等。

在添加了捕集剂的 UO_2^{2+} 水溶液中, UO_2^{2+}

在气泡-溶液界面的富集程度符合以下 Gibbs 等温吸附方程式:

$$\Gamma = -\frac{1}{RT} \frac{d\sigma}{d \ln c}$$

式中: Γ 为 UO_2^{2+} 在气-液界面与溶液主体的浓度差, mol/m^2 ; σ 为溶液的表面张力, N/m ; c 为 UO_2^{2+} 在溶液主体中的平衡浓度, mol/L 。

2 离子浮选效果的影响因素分析

2.1 捕集剂

以 HLB(hydrophile and lipophile balance number) 作为合理选择表面活性剂的一个指标, $\text{HLB} = \frac{\text{亲水基部分的分子量}}{\text{表面活性剂的分子量}} \times \frac{100}{5}$, HLB 越高, 离子浮选效果越好。HLB 值的最佳范围为 8~18, 具体应以实验结果为准。可作为捕集剂的物质有 R-OH、R-COOH 和 R-SO₃Na 等(R 为烷基链)。

2.2 表面活性剂浓度

表面活性剂浓度不宜超过临界胶束浓度 CMC, 否则, 分离效率将下降; 表面活性剂浓度又不能太低, 太低则导致泡沫层不稳定。

2.3 pH 值

pH 值对金属离子去除率的影响较大, 图 1^[1] 示出了在添加某种捕集剂后 pH 值对 La³⁺、 UO_2^{2+} 和 Sr²⁺ 离子去除率的影响。图中的纵坐标为 Γ/c , 即金属离子去除率的表征。从图 1 可看出: 这 3 种金属离子的去除率均随 pH 值的变化出现峰值, 且峰值 pH 随离子种类各异。

2.4 温度

温度应达到表面活性剂的起泡温度, 以保持泡沫的稳定性。此外, 还应根据吸附平衡的类型选择温度。通常在常温下进行浮选。

2.5 气流速度

气流速度升高, 泡沫形成速度随之加快, 则单位时间内的去除率上升, 但泡沫中间歇液的含量同时上升, 因而降低了塔顶泡沫的浓度。若气速过大, 则泡沫中气液分离形成乳化气体, 对操作不利。

此外, 泡沫的性质、层高、排沫方式、搅拌等也是影响离子浮选的因素。

综上所述, 可得出离子浮选法处理含铀放

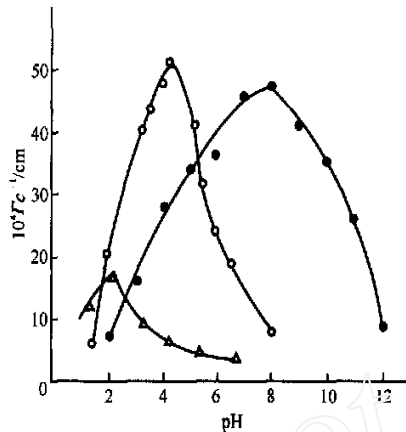


图 1 pH 值对金属离子分离的影响^[1]

Fig. 1 Variation of metal ion reduction with pH value^[1]

△—La³⁺; ○—UO₂²⁺; ●—Sr²⁺

射性废水的理想实验条件为:

- 1) 废水需经稀 HNO₃ 处理将铀全部转化为 UO₂²⁺;
- 2) 硬脂酸钠、松油等的混合物为捕集剂, 硬脂酸钠浓度为 0.006 mol/L;
- 3) 调整 pH=6;
- 4) 常温;
- 5) N₂ 压力为 0.3 MPa(表压);
- 6) 如果废水中铀浓度 ≥ 2 mg/L, 则需进行二次离子浮选处理。

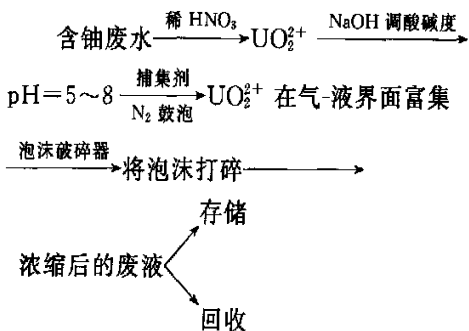
3 设计实验

3.1 实验装置

离子浮选法的实验装置框图^[2] 示于图 2。装置主体为鼓泡塔。

3.2 实验工艺流程

以处理含铀废水为例, 离子浮选法工艺流程可设计如下:



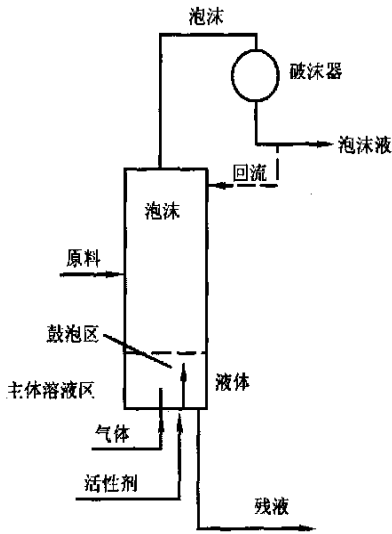


图2 离子浮选实验装置框图^[2]

Fig. 2 Schematic diagram of experimental set-up^[2]

3.3 实验预期结果

结合前苏联科学家的经验^[3],用离子浮选法处理含铀量为 50 mg/L 的废水,经二次离子浮选处理后,含铀量可降至 0.02 mg/L(我国含铀废水的排放标准暂定为 0.05 mg/L);浓缩废

液体积约为原液体积的 1%。经此方法处理后,放射性废物可达到最少化^[4]。

4 结论

离子浮选法具有操作简单、能耗低、效率高和适应性广的特点。作为尝试,它适合于处理铀同位素生产和试验研究设施退役中所产生的含有各种洗涤剂 and 去污剂的放射性废水,尤其是含有有机物的化学清洗剂废水。

可考虑在某铀转化厂组建一小型离子浮选法实验研究基地,针对诸如铀生产废水、核设施退役废水、研究试验机构废水以及核电站废水等的减量化、无害化和资源化进行实验研究。

参考文献:

- [1] 邓修,吴俊生.化工分离工程[M].北京:科学出版社,2000.278.
- [2] 严希康.生化分离工程[M].北京:化学工业出版社,2001.229.
- [3] AA 霍尼克维契.实验室和研究堆的放射性废水处理[M].北京:原子能出版社,1980.80.
- [4] 罗上庚.放射性废物概论[M].北京:原子能出版社,2003.25,169.