

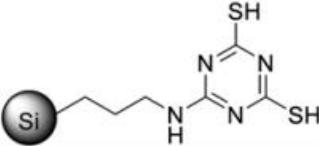
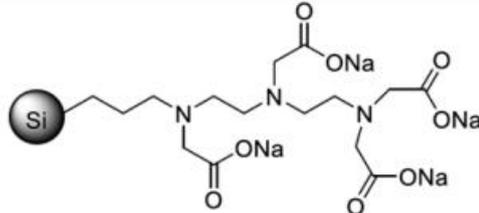
## 【应用合集】No. 12 | 使用 SiliaMetS 对高放射性废液中各种金属离子的分离

高放废液 (High-level liquid waste, 简称 HLLW) 是对乏燃料进行再处理后产生的核废料, 受到各种金属离子的污染, 如铂金属等。本文中, 研究人员证明了金属清除剂可以有效地去除这类废物中的 Pd(II) 和其他 14 种金属离子, 并最终将它们回收。SiliaMetS TAAcONa 被发现是所需清除要求下最有效的一种。各种金属元素在核工业中是必然产生的, 而由裂变反应产生的高放废液 (HLLW) 的管理仍然是一个巨大的挑战。HLLW 含有多种金属离子, 可通过溶剂萃取、离子交换、沉淀和萃取色谱等多种方法去除。其中萃取色谱有许多优点, 只需要使用较少的有机溶剂, 就可实现比液-液萃取更便捷的操作可能性。这就是为什么本文选择使用各种功能化的硅胶来探索萃取色谱法。

### 实验

本研究选用了四种清除剂: SiliaMetS DMT、SiliaMetS TAAcONa、QuadraSil TM AP 和 QuadraSil TM MP (表 1)。在使用玻璃柱萃取色谱分离中, 模拟的 HLLW 样品里有 15 种金属需要清除: Ru、Rh、Pd、Zr、Mo、Re、Cs、Sr、Ba、La、Ce、Nd、Sm、Eu 和 Gd。

表 1: 所使用的清除剂的特征结构

| 所使用的清除剂特征结构       |                      |  |
|-------------------|----------------------|--|
| 产品                | 粒径 ( $\mu\text{m}$ ) | 结构   |
| SiliaMetS DMT     | 40 - 63              |  |
| SiliaMetS TAAcONa | 40 - 63              |  |
| QuadraSil AP      | 49                   |  |
| QuadraSil MP      | 53                   |  |

为了评价它们在不同环境下的清除性能和回收率，我们对各种参数进行了调整，如考虑  $\text{HNO}_3$  浓度、接触时间和温度的影响。实验发现在  $\text{HNO}_3$  中进行吸附选择性测试时，QuadraSil AP 在此条件下对 Pd(II) 的吸附能力差，因此在下面的实验中不予考虑。

本研究的目的是不仅是去除溶液中的 15 种金属离子，更是要回收它们。SiliaMetS DMT、SiliaMetS TAAcONa 和 QuadraSil MP 放入玻璃萃取色谱中得到的清除结果如表 2 所示。如果这种金属完全不能被保留，则在“进料+冲洗”的混合馏分中被检测到。相反，如果金属被清除剂完全保留，但不能回收，它就会残留在柱子上。最后，如果这种金属能被色谱柱保留且也能回收，则会出现在洗脱液(洗脱液 1 至 3)中。

表 2: 15 种金属离子清除率(%)

| 15种金属离子清除率(%)     |          |             |         |        |        |        |         |          |
|-------------------|----------|-------------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|
| 产品                | 步骤       | 留在这个相中的量(%) |         |        |        |        |         |          |
|                   |          | Ru(III)     | Rh(III) | Pd(II) | Zr(IV) | Mo(VI) | Re(VII) | 其它       |
| SiliaMetS DMT     | 进料+冲洗混合液 | 91          | 90      | 0      | 86     | 98     | 97      | 95 - 100 |
|                   | 洗脱液1     | 0           | 0       | 24     | 1      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 洗脱液2     | 0           | 0       | 0      | 2      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 洗脱液3     | 0           | 0       | 0      | 6      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 留在柱上的    | 9           | 10      | 76     | 5      | 2      | 3       | 0 - 5    |
| SiliaMetS TAAcONa | 进料+冲洗混合液 | 95          | 92      | 0      | 13     | 0      | 99      | 93 - 99  |
|                   | 洗脱液1     | 0           | 0       | 100    | 0      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 洗脱液2     | 0           | 0       | 0      | 14     | 0      | 0       | 0        |
|                   | 洗脱液3     | 0           | 0       | 0      | 2      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 留在柱上的    | 5           | 8       | 0      | 72     | 100    | 1       | 1 - 7    |
| QuadraSil MP      | 进料+冲洗混合液 | 92          | 92      | 0      | 12     | 97     | 98      | 94 - 100 |
|                   | 洗脱液1     | 0           | 0       | 0      | 1      | 0      | 0       | 0        |
|                   | 洗脱液2     | 0           | 0       | 0      | 78     | 0      | 0       | 0 - 5    |
|                   | 洗脱液3     | 0           | 0       | 0      | 9      | 0      | 0       | 0 - 1    |
|                   | 留在柱上的    | 8           | 8       | 100    | 0      | 0      | 3       | 0        |

## 结论

本文介绍了使用接枝硅胶吸附剂清除和回收高放废液中各种金属的可能性。 SiliaMetS TAAcONa 被发现是最能够有效去除并回收 Pd(II) 的产品，回收率为 100%。