

## 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라니움 흡착의 열력학적 및 운동학적특성

전 순 진

아미독심형킬레트수지는 우라니움에 대한 선택성이 높고 흡착용량이 큰것으로 하여 널리 이용되고있으며 그것의 분리성능과 기계적세기, 화학적안정성을 개선하기 위한 연구[3, 4]가 진행되고있다.

우리는 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라니움흡착의 열력학적 및 운동학적특성을 고찰하였다.

### 실 험 방 법

U(VI)용액은 질산우라닐을 증류수에 용해시켜 제조하였으며 아미독심-술폰산형킬레트수지는 선행연구[1]의 방법으로 합성하였다.

우라니움흡착량의 결정 우라니움흡착량은 각이한 농도의 U(VI)용액 100mL속에 아미독심-술폰산형킬레트수지를 0.2g씩 넣고 주어진 온도에서 24h동안 흡착시킨 다음 아르세나조 III에 의한 비색법으로 용액속의 U(VI)농도를 분석하고 다음식으로 결정하였다.

$$q = \frac{V(C_0 - C)}{m}$$

여기서  $q$ 는 우라니움흡착량(mg/g),  $C_0$ 과  $C$ 는 각각 흡착전과 후의 U(VI)농도(mg/L),  $V$ 는 U(VI)용액의 체적(L),  $m$ 은 아미독심-술폰산형킬레트수지의 질량(g)이다.

우라니움흡착률의 결정 우라니움흡착률( $F$ )은 랭뮤어흡착등온식으로부터 결정한 우라니움 포화흡착량( $q_{\infty}$ )에 대한 우라니움흡착량의 비로 결정하였다.

### 실험결과 및 해석

우라니움흡착의 열력학적특성 아미독심-술폰산형킬레트수지의 우라니움흡착등온선은 그림 1과 같다.

그림 1로부터 아미독심-술폰산형킬레트수지의 우라니움흡착량은 흡착온도가 높아짐에 따라 커진다는것을 알수 있다.

아미독심-술폰산형킬레트수지의 우라니움흡착등온식을 확정하기 위하여 그림 1로부터 프로인들리히흡착등온식

$$\lg q = \frac{1}{n} \lg C + \lg K_F$$

와 랭뮤어흡착등온식

$$\frac{C}{q} = \frac{C}{q_{\infty}} + \frac{1}{K_L q_{\infty}}$$

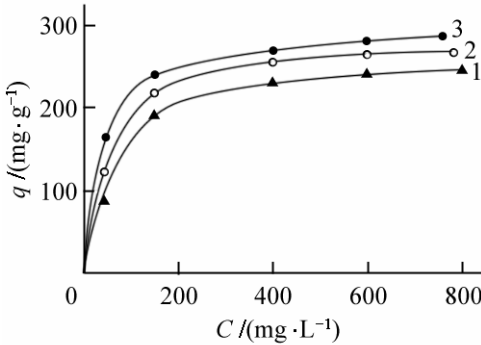


그림 1. 아미독심-술폰산형킬레트수지의 우라늄흡착등온선  
1-3은 흡착온도가 각각 293, 313, 333K인 경우

의 결수들을 얻고 식

$$R^2 = \frac{\sum (q_i - \bar{q}_i)^2 - \sum (q_i - q_{\text{계}})^2}{\sum (q_i - \bar{q}_i)^2}$$

으로 해당한 등온식들과의 상관관계를 평가하였다.(표 1) 여기서  $q_i$ 와  $q_{\text{계}}$ 는 각각 주어진 온도에서의 흡착량측정값과 계산값,  $\bar{q}_i$ 는  $q_i$ 들의 평균값이다.

표 1로부터 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착과정은 랭뮤어흡착등온식에 따른다는것을 알수 있다.

랭뮤어흡착등온식에 해당한 표 1의 자료에 기초하여 결정한 우라늄흡착의 열역학적특성량들은 표 2와 같다.

표 1. 프로인들리히흡착등온식 및 랭뮤어흡착등온식과의 상관관계

T/K	프로인들리히흡착등온식			랭뮤어흡착등온식		
	$K_F/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	$n$	$R^2$	$q_{\text{표}}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	$K_L/(\text{L} \cdot \text{mg}^{-1})$	$R^2$
293	25.36	2.713	0.901	274.1	19 830	0.997
313	29.98	2.857	0.920	281.1	24 540	0.998
333	41.33	3.263	0.921	284.0	38 500	0.999

표 2. 랭뮤어흡착등온식에 해당한 표 1의 자료에 기초하여 결정한 우라늄흡착의 열역학적특성량들

T/K	$\Delta G/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta S/(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$
293	-20.33		
313	-22.38	16.20	124.2
333	-25.26		

표 2로부터 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착은 자발적으로 진행되는 흡열과정이며 용액속에 존재하는 이온들에 의한 흡착경쟁을 동반한다는것을 알수 있다.

우라늄흡착의 운동학적특성 교반속도와 우라늄흡착률사이의 관계는 표 3과 같다.

표 3. 교반속도와 우라늄흡착률사이의 관계(293K)

교반속도/(r·min <sup>-1</sup> )	100	120	140	150
F	0.892	0.954	0.973	0.974

표 3으로부터 교반속도가 140r/min이상일 때에는 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착이 외부확산의 영향을 거의나 받지 않는다는것을 알수 있다.

아미독심-술폰산형킬레트수지에서 시간에 따르는 우라늄흡착률의 변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착의 반교환시간은 8min이하이고 흡착평형도달시간은 60min정도이다. 이로부터 아미독심-술폰

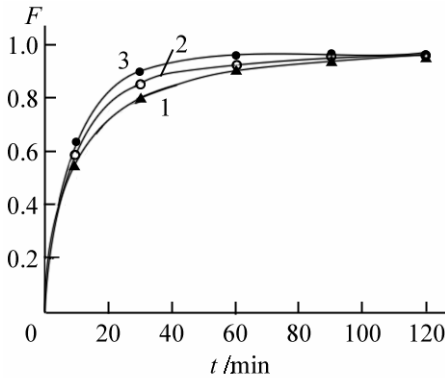


그림 2. 아미독심-술폰산형킬레트수지에서 시간에 따르는 우라늄 흡착량의 변화  
U(VI)용액의 농도 200mg/L, 교반속도 140r/min, 1-3은 그림 1과 같음

산형킬레트수지의 우라늄흡착속도가 아미독심 흡착제들 가운데서 비교적 빠르다는 것을 알 수 있다.(표 4)

표 4. 몇가지 아미독심흡착제들의 흡착평형 도달시간

흡착제의 류형	흡착평형 도달시간 /min
아미독심-술폰산형	60
PVA-g-아미독심형	50[1]
아미독심형	120[2]
PVC-아미독심형	180[3]

한편  $\ln(1-F)-t$ 관계곡선(그림 3)이 직선으로 되는 구간에서 속도상수를 계산하고 그 값에 기초하여 작성한  $\ln k-1/T$ 관계곡선(그림 4)의 각결수로부터 결정한 활성화에너지는 23.52kJ/mol이며 이로부터 경막확산과정이 속도단계라는 것을 알 수 있다.

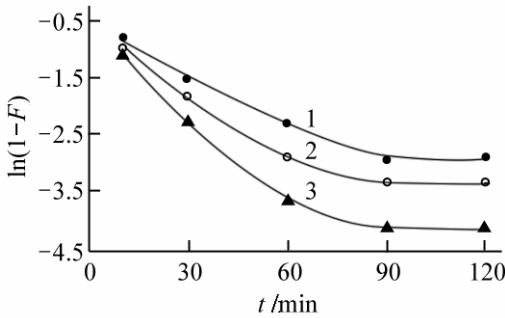


그림 3.  $\ln(1-F)-t$ 관계곡선  
1-3은 그림 1과 같음

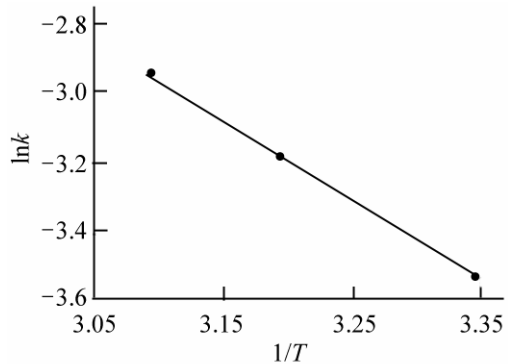


그림 4.  $\ln k-1/T$ 관계곡선

## 맺는 말

1) 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착의 열역학적특성량들은 다음과 같다.

$$\Delta G = -20.33 \text{ kJ/mol (293K)}, \Delta H = 16.20 \text{ kJ/mol}, \Delta S = 124.2 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

2) 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄흡착의 반교환시간은 8min 이하이고 흡착평형 도달시간은 60min이다.

3) 아미독심-술폰산형킬레트수지에 의한 우라늄포화흡착량은 293K에서 274.1mg/g이며 흡착반응의 활성화에너지는 23.52kJ/mol로서 물속단계는 경막확산과정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 63, 11, 92, 주체106(2017).
- [2] 전순진 등; 원자력, 1, 18, 1996.
- [3] Anyun Zhang; Reactive & Functional Polymers, 63, 143, 2005.
- [4] Chi Fang Ting et al.; Chemistry, 56, 11, 1495, 2013.

주체108(2019)년 7월 5일 원고접수

### **Thermodynamic and Kinetic Properties of Uranium Adsorption by the Amidoxime-Sulfonic Acid Type Chelating Resin**

*Jon Sun Jin*

We considered the thermodynamic and kinetic properties of uranium adsorption by the amidoxime-sulfonic acid type chelating resin.

The uranium adsorption rate of the amidoxime-sulfonic acid type chelating resin is rather fast among the amidoxime adsorbents.

Key words: uranium, chelating resin