

이중액막에 의한 우라늄(VI)연속추출의 해석

현 영 진*

Analysis of Uranium(VI) Continuous Extraction through Emulsion Double Membrane

Yung-Jin Hyun*

ABSTRACT

The uranium(VI) extraction in the continuous vessel was carried out with the flow rates of continuous and organic phase. The initial concentration of uranium(VI) in the external aqueous phase was 1,000 ppm. The mechanism of batch uranium(VI) extraction through the double liquid membrane mediated by D₂EHPA was interpreted by the corrected Advanced Front Model. The continuous uranium(VI) extraction was analyzed by the extraction efficiency due to the above model. The times required for uranium(VI) extraction equilibria decreased with the increase of flow rates in the continuous phase under the constant flow rates in the organic emulsion phase. On the other hand, the times required for uranium(VI) extraction increased with the increase with the increase of flow rates in the organic emulsion phase under the constant flow rates in the continuous phase. Therefore the extent of uranium(VI) extraction decreased with the decrease of the times required for the uranium(VI) extraction equilibria. The main operating variable to increase the uranium(VI) extraction efficiency was proved to be the flow rates of continuous phase. The prediction of the optimum operating conditions for the increase of uranium(VI) extraction satisfied with the decrease of the times required for the uranium(VI) extraction equilibria was necessary for this experiment.

Key words : Extraction efficiency, Flow rate of each phase,

기호설명

a : 정유면체로 본 소액적 한변의 길이 [μm]
 $C_{(uO_2X_2)(HX)_2}$: 우라늄(VI)착체농도 [mol/m^3]

* 제주대학교 화학공학과
Dept. of Chemical Eng., Cheju Nat'l Univ.

$C_{(HX)_2}$: D₂EHPA담체농도 [mol/m^3]

$C_{u(VI)}$: 우라늄(VI)농도 [mol/m^3]

C_H : 수소이온 농도 [mol/m^3]

$D_{u(VI)}$: 우라늄(VI)확산계수 [m^2/s]

d : w/o 정유면체 한변의 길이 [m]

$D_{(uO_2X_2)(HX)_2}$: 우라늄(VI)착체의 확산계수 [m^2/s]

- $D_{eff. (wO_2, X_2), (HX)_2}$: 우라늄(VI)착체의 유효확산계수 [m^2/s]
- K_N : 고부하 우라늄(VI)추출상수 [-]
- k_f : 정반응속도상수 [s^{-1}]
- k_r : 역반응속도상수 [s^{-1}]
- $n(t)$: 평균체류시간 T보다 더 큰 시간을 갖는 액적분율
- N_T : w/o액적의 총수 [-]
- R_o : w/o액적의 외반경 [m]
- R_i : w/o액적의 내반경 [m]
- R_f : w/o액적내 반응전면의 반경 [m]
- R_μ : 소액적의 반경 [μm]
- r : w/o액적의 반경 [m]
- $-\gamma_T$: 우라늄(VI)착체의 역추출 반응속도 [$mol/m^3 \cdot s$]
- t : 추출시간 [s]
- T : 에멀전 유기상의 평균체류시간 [s]
- V_T : 추출조 체적 [m^3]
- ※상첨자
 - v_e : 에멀전 유기상 부피유속 [m^3/s]
 - v_w : 연속상 부피유속 [m^3/s]
 - : 유기상
- ※하첨자
 - I : 내수상
 - II : 외수상
 - o : 초기
 - N : 반응단계

그리이스 문자

- δ : w/o액적의 피막층 두께 [m]
- Φ_1 : w/o액적외경에 기준한 내수상과 액막상의 체적에 대한 내수상체적의 비 [-]
- Φ_1' : w/o액적내경에 기준한 내수상과 액막상의 체적에 대한 내수상체적의 비 [-]
- ϵ : (11)식으로 정의된 무차원수 [-]
- η : (8)식으로 정의된 무차원수 [-]
- χ : (9)식으로 정의된 무차원수 [-]
- Ω : (7)식으로 정의된 무차원수 [-]
- θ : (18)식으로 정의된 무차원수 [-]
- γ : (16)식으로 정의된 무차원수 [-]
- ζ : (10)식으로 정의된 무차원수 [-]
- γ : 우라늄(VI)착체의 농도비

1. 서 론

Li가 이중액막에 의해 탄화수소 혼합물중의 한 성분을 분리한 이래 담체함유 또는 비함유 이중액막이 회분식 추출에 널리 이용되고 있다^(1,2).

액막에 의해 혼합물을 분리시키는 장점으로 고체막에 의한 분리시 보다 접촉계면적이 증가하는 것이다.

막의 두께가 얇아 용질의 투과속도가 빠르다. 담체의 선정에 따라 촉진수송 또는 능동수송기능에 의해 용질을 선택적으로 분리할 수 있다.

회수조작을 요구하지 않아 운전비용을 절감할 수 있다.

이의 단점으로 액막제조조건에 의해 이중액막의 안정성이 한정되는 것이다. 담체를 재사용하기 위해 별도의 해유화조작이 소요된다^(3,4).

중금속이온, 극미량의 방사성이온, 폐수의 유해성분, 생체물질중 특정성분을 추출하는데 이중액막을 적용하여 이의 조업화 타당성이 검증되었다^(5,6).

Kondo, Teramoto, Ho등은 이중액막에 의한 회분식 분리를 수행하였다. 추출의 정량적 해석을 위한 추출기구예측에 대한 연구가 이들에 의해 진행되었다^(7,8,9). 이들의 연구로 부터 투과모델, 경막모델, Shrinking Core Model, Advancing Front Model, Extended Advancing Front Model 등이 제시되었다.

이중액막에 의한 회분식 추출연구에 기초하여 연속조업조건을 예측하기 위한 연구도 Hatton, Krishma, Ihm 등에 의해 수행되었다^(10,11,12).

추출단의 수와 환류가 추출효과에 미치는 영향, 추출조내에서 연속상과 에멀전유기상의 흐름특성, 추출탑의 높이, 추출조에서 에멀전유기상의 체류 시간분포 등에 대한 연구가 수행되었다.

이중액막에 의한 연속식 추출도 주로 금속이온, 유기성분의 분리에 한정되었다.

본 연구의 대상인 우라늄(VI)추출에 대해 이중액막에 의한 회분식 분리는 물론이고 연속식 분리에 관한 정량적 관계의 규명이 결여된 실정이다. 따라서 D₂EHPA담체함유 이중액막을 이용한 우라늄(VI)회분식 추출로부터 도출된 Corrected Advancing Front Model에 기초하여 연속상유속과 에멀전유기상유속의 변화시 우라늄(VI)추출효과를 정량적으로 예측하기 위한 조업조건을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

II. 이 론

외수상에서 내수상으로 우라늄(VI)이 이동하는 과정을 정량적으로 예측하는데 설정된 가정은 다음과 같다.

일정교반속도이상을 유지함으로써 외수상 계면에서 확산저항이 무시되고 외수상 계면에서 D₂EHPA담체에 의해 우라늄(VI)추출이 빠르게 일어난다.

소액적의 크기가 매우 작아 내수상계면에서 확산저항도 무시된다.

W/O액적의 크기는 균일하고 이들 액적들의 합체현상에 따른 파괴도는 W/O액적의 제조법 위내에서 무시된다.

외수상에서 내수상으로 우라늄(VI)의 물질이동은 액막상에서 우라늄(VI)착체의 확산과 내수상계면에서 우라늄(VI)착체의 역추출에 의해 지배된다.

내수상 체적분율이 φ₁일때 액막상에서 우라늄(VI)착체의 물질수지는 (1)식으로 표시된다.

$$(1-\phi_1) \frac{\partial}{\partial t} C(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} [D_{eff.(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2} r^2 \frac{\partial}{\partial r} C(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2] - \frac{3\phi_1}{R_i} krC(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2 |_{r=R} \quad (1)$$

초기조건 ; at t=0, C(̄uO₂X₂)₂(̄HX)₂ = 0
 경계조건 ; 우라늄(VI)과 D₂EHPA의 고부하 추출시 우라늄(VI)착체의 농도, C(̄uO₂X₂)₂(̄HX)₂ 이 우라늄(VI)착체의 농도비 γ와 추출상수 k_N항으로 표시된다^(13,14).

$$at r=R_o, C(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2 = \frac{K_N C_{u(VI)} C_{(HX)_2} - \gamma C_{H^+}^2}{K_N C_{u(VI)} (2-\gamma)}$$

W/O액적을 한번의 길이가 d인 정6면체로 보고 그것이 한번의 길이가 a인 정6면체의 소액적을 포함하고 있을 때 W/O액적의 피막층 두께 δ는

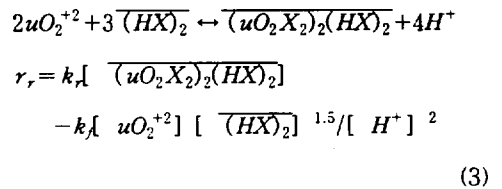
소액적반경 Rμ와 φ₁항의 (2)식으로 표시된다.

$$\delta = R_o - R_i (= d - a) = \left(\frac{4}{3}\pi\right)^{\frac{1}{3}} R\mu (\phi_1^{-\frac{1}{3}} - 1) \quad (2)$$

D₂EHPA담체 (̄HX)₂ 가 외수상계면에서 단량체로 해리되어 HX₂⁻로 이온화된다.

우라늄(VI)이 HX₂⁻와 반응하여 1차우라늄(VI)착체인 Outer Spher Complex가 형성된다.

1차 착체가 HX₂⁻와 반응하여 2차우라늄(VI)착체인 Inner Sphere Complex가 형성되는 과정을 연속단계로 간주하여 우라늄(VI)의 역추출속도 r_r을 (3)식으로 표시하였다^(15,16).



내수상계면에서 우라늄(VI)착체의 역추출속도 r_r, 내수상내에서 우라늄(VI)의 확산 flux, 내수상계면에서 우라늄(VI)재추출속도 r_f, 액막상에서 우라늄(VI)착체의 확산 flux가 각각 정상상태에서 동일하여 이에 따라 우라늄(VI)착체의 유효확산계수 D_{eff.(̄uO₂X₂)₂(̄HX)₂}는 (4)식으로 추산되었다^(17,18).

$$D_{eff.(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2} = \frac{\phi_1^{\frac{2}{3}}}{\frac{(1-\phi_1^{\frac{1}{3}})}{D_{(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2}} + \frac{\phi_1^{\frac{1}{3}}}{D_{u(VI)}} \frac{k_f}{k_r} \frac{C_{(\overline{HX})_2}^{1.5}}{C_{H^+}^2} + \frac{2}{d} \frac{1}{k_r}} + (1-\phi_1^{\frac{2}{3}}) D_{(\overline{uO_2X_2})_2(\overline{HX})_2} \quad (4)$$

외수상계면에서 추출된 우라늄(VI)착체는 액막상에서 확산, 내수상계면에서 역추출 및 재추출의 세과정을 반복하는 유효확산을 통해서 액

적 중심으로 이동한다.

반응전면(reaction front)도 액적 중심을 향하여 좁혀들어간다.

내수상의 수소이온농도가 일정할 때 반응전면의 우라늄(VI)착체 flux가 우라늄(VI)착체의 역추출속도와 동일하고 우라늄(VI)착체와 내수상 수소이온의 양론관계를 고려할 때 (5)식이 표현된다.

$$\frac{dr}{dt} \Big|_{r=R_i} = \frac{4D_{eff. (uO_2X_2)(HX)_2}}{C_{H^+I.O}} \frac{\partial}{\partial r} C_{(uO_2X_2)(HX)_2} \quad (5)$$

무차원변수를 도입하여 (1)식과 (5)식을 무차원의 (12)식과 (13)식으로 표시할 수 있다.

$$\tau \equiv \frac{D_{eff. (uO_2X_2)(HX)_2} \cdot C_{(uO_2X_2)(HX)_2} \cdot t}{R_i^2 \cdot C_{H^+I.O}} \quad (6)$$

$$\frac{(K_N C_{u(V)III} C_{(HX)_2} - r C_{H^+III}^2)}{K_N C_{u(V)III} (2 - r)}$$

$$\Omega \equiv \frac{3\Phi_1' k_r (K_N C_{u(V)III} C_{(HX)_2} - r C_{H^+III}^2)}{R_i K_N C_{u(V)III} (2 - r)} \quad (7)$$

$$\eta \equiv \frac{r}{R_i} \quad (8)$$

$$\chi \equiv \frac{R_f}{R_i} \quad (9)$$

$$\zeta \equiv \frac{C_{(uO_2X_2)(HX)_2} \cdot K_N C_{u(V)III} (2 - r)}{K_N C_{u(V)III} \cdot C_{(HX)_2} - r C_{H^+III}} \quad (10)$$

$$\epsilon \equiv \frac{K_N C_{u(V)III} \cdot C_{(HX)_2} - r C_{H^+III}^2}{K_N C_{u(V)III} (2 - r) \cdot C_{H^+III.O}} \quad (11)$$

$$(1 - \Phi_1) \epsilon \frac{\partial \zeta}{\partial \tau} = \frac{1}{\eta^2} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\eta^2 \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) - \Omega \zeta \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \tau = 0, & \quad \zeta = 0 \\ \eta = 1, & \quad \zeta = 1 \\ \eta = \chi, & \quad \zeta = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{d\chi}{d\tau} = 4 \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \Big|_{\eta=\chi} \quad (13)$$

$$\tau = 0, \quad \chi = 1$$

의사정상상태로 간주하여 ϵ 값이 매우 작을 때 perturbation method에 의해 (12)식과 (13)식의 비선형 연립 미분방정식의 0차 해를 구하였다^[19,20]

추출조에서 액적의 평균체류시간이 T일때 액적체류시간 t보다 더 큰 시간을 갖는 액적의 분율 n(t)는 (14)식으로 표시된다.

$$n(t) = e^{-\frac{t}{T}} \quad (14)$$

액적체적에 대한 예멸전 유기상의 hold-up 비로 정의되는 액적총수(N_T)를 고려한 추출조에서 연속상 우라늄(VI)의 물질수지는 (15)식으로 표시된다.

$$v_w (C_{u(V)III.O} - C_{u(V)III}) = \frac{N_T}{T} \int_0^\infty 4\pi R_i^2 D_{eff. (uO_2X_2)(HX)_2} \frac{\partial C_{(uO_2X_2)(HX)_2}}{\partial r} \Big|_{r=R_i} dt \quad (15)$$

외수상 우라늄(VI)의 초기농도에 대한 평형에서 우라늄(VI)착체형성에 참여한 우라늄(VI)농도비 η 는 (16)식으로 표시된다.

$$\eta = \frac{C_{u(V)III.O} - C_{u(V)III}}{C_{u(V)III.O}} \quad (16)$$

(16)식을 (15)식에 대입하여 내수상수소이온물 유속 $v_w C_{H^+I.O}$ 로 나누어 무차원식으로 정리하면 η 는 (17)식으로 표시된다.

$$\eta = \frac{3}{v_w} \int_0^\infty \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \Big|_{\eta=1} e^{-\theta \tau} d\tau \quad (17)$$

$$\theta \equiv \left(\frac{C_{H^+I.O} R_i^2}{D_{eff. (uO_2X_2)(HX)_2}} \right) \left(\frac{v_w^2}{V_E} \right) \quad (18)$$

$$\left[\frac{K_N (2 - \gamma) \cdot T}{K_N C_{(HX)_2} - \gamma \frac{C_{H^+III}}{C_{u(V)III}}} \right]$$

III 재료 및 방법

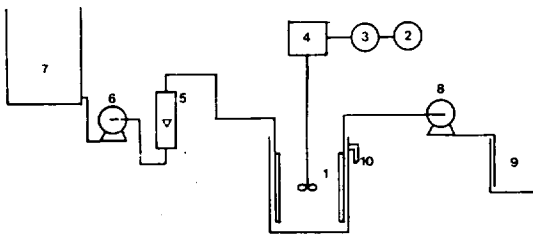
3.1 재료 및 장치

외수상의 우라늄(VI)농도는 1,000ppm, 이중액막내의 담체인 D₂EHPA의 농도는 10⁻³M, 유화제인 Span 80의 농도는 3wt%, 내수상 황산의 농도는 1N을 유지하였다.

추출조의 직경은 12cm, 높이는 15cm, 조작체적은 1.2L로 유지하였다.

교반기의 속력은 310r.p.m, 교반기의 직경은 5cm로 유지하였다.

연속식 추출장치는 Fig. 1에 표시되었다.



- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. Extractor | 6. Pump |
| 2. Voltage regulator | 7. Feed tank |
| 3. Tachometer | 8. Micropump |
| 4. Motor | 9. Emulsion |
| 5. Flow meter | 10. Overflow tap |

Fig. 1 Schematic diagram of CSTR contained (W/O)/W emulsion membrane

급액조(7)의 우라늄(VI)용액을 펌프(6)와 유량계(5)를 통해 일정유량으로 추출조(1)에 유입시켰다.

이중액막저장조(9)로 부터 페리스탈틱펌프(8)를 통해 유기상을 일정유속으로 추출조(1)에 유입시켰다.

추출조에서 외수상과 에멀전 유기상을 완전히 혼합시켜 에멀전 유기상의 체류량을 증가시키기 위해 추출조 양벽에 inlet tube를 부착하였다.

두 상의 교반속도는 tachometer의해 조절되었다.

3.2 방법

급액조로 부터 1,000ppm우라늄(VI)용액과 유화제로 부터 에멀전 유기상을 일정유속의 병류

로 추출조에 유입 교반시켰다.

추출시간 변화에 따라 외수상의 우라늄(VI)농도를 측정하여 정상상태의 우라늄(VI)추출에 이르는 거동을 고찰하였다.

외수상 우라늄(VI)농도가 시간변화에 일정해지는 조건을 정상조업조건으로 간주하였다.

외수상의 유속과 유기상의 유속변화에 따른 정상상태의 우라늄(VI)추출효과를 고찰하였다.

IV 결과 및 고찰

4.1 정상 우라늄(VI)추출에 이르는 거동

에멀전 유기상 유속을 3.2ml/min 유지하고 연속상의 유속이 30, 50, 100ml/min일때 우라늄(VI)추출이 정상상태로 도달하는 거동을 Fig. 2에 도시하였다.

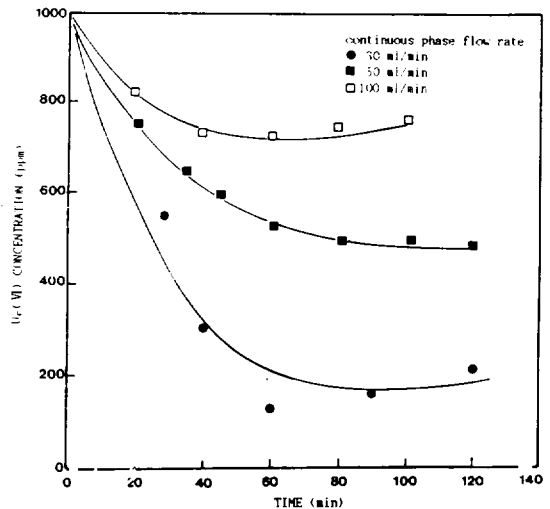


Fig. 2 Dependence of uranium(VI) extraction behavior reaching to steady state on continuous phase flow rate (ext. aq. phase pH 3.12, int. aq. phase 1 N H₂SO₄, emulsifier conc. 3 wt %, carrier conc. 1 mol/m³, W/O rpm 2900, (W/O)/W rpm 375 emulsion phase flow rate 3.2 ml/min)

연속상 유속이 증가함에 따라 (17)식에서 v_{ic} 항이 커지고 액적팽윤에 따른 액적반경 R_i 가 증

가하여 η 가 감소하였다.

연속상 유속이 증가할수록 정상조업에 이르는 시간이 짧아져 우라늄(VI)추출효과도 감소하였다.

연속상 유속이 100ml/min일때 정상조업에 이르는 시간이 약 40분으로 나타났다. 연속상 유속이 30ml/min일때 (17)식에서 v_w 항이 작아지고 액적크기와 에멀전 유기상 체류시간이 일정하여 우라늄(VI)추출효과가 증가하였고 정상조업에 이르는 시간은 약 60분으로 나타났다.

정상조업에 이르는 시간이상에서 조업시 액막의 팽윤과 이에 기인한 파괴로 우라늄(VI)추출효과가 감소하였다.

정상조업시간이상의 조업시 액막팽윤을 억제해야하는 조업조건 도출이 과제로 제시할 수 있었다.

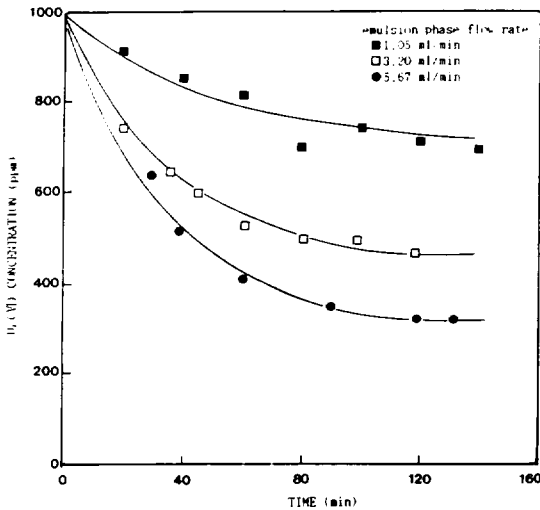


Fig. 3 Dependence of uranium(VI) extraction behavior reaching to steady state on continuous phase flow rate (ext. aq. phase pH 3.12, int. aq. phase 1 N H₂SO₄, emulsifier conc. 3 wt %, carrier conc. 1 mol/m³, W/O rpm 2900, (W/O)/W rpm 375 continuous phase flow rate 50 ml/min)

연속상의 유속을 50ml/min으로 일정하게 유지하고 에멀전 유기상의 유속을 1.05, 3.20,

5.67ml/min로 증가시킬 때 정상우라늄(VI)추출에 이르는 거동을 Fig. 3에 도시하였다. 에멀전 유기상 유속을 증가시킬수록 에멀전 유기상체류시간의 감소에 따른 액막상의 유입량이 증가하여 우라늄(VI)추출효과가 증가하였다.

에멀전 유기상의 유속이 1.05ml/min일때 추출시간에 따라 추출효과가 계속 증가하여 정상조업에 이르는 시간이 대략 50분으로 나타났다.

에멀전 유기상의 유속이 5.67ml/min일때 정상조업에 이르는 시간은 120분으로 나타났다. 또한 120분간 조업시도 추출시간에 따른 우라늄(VI)추출효과가 증가하여 액막의 팽윤에 따른 파괴가 일어나지 않은 것으로 사료되었다. 따라서 본 실험범위에서는 액막의 팽윤에 따른 파괴는 액막의 제조조건에 기인하여 보다는 연속상의 유속과 조업조건의 설정에 달려 있다고 사료되었다.

Fig. 2와 Fig. 3의 우라늄(VI)추출효과를 동시에 고찰해보면 에멀전 유기상 유속을 일정하게 유지하고 연속상의 유속을 30ml/min으로 연속상의 1,000ppm우라늄(VI)농도는 60분후 175ppm으로 감소하였다. 그러나 연속상의 유속을 일정하게 유지하고 에멀전 유기상의 유속을 5.67ml/min으로 유지할 때 연속상의 1,000ppm 우라늄(VI)농도가 60분후 410ppm으로 감소하였다.

이 비교치로 보아 정상조업조건을 결정하는 변수는 연속상의 유속임을 예측할 수 있었다. 따라서 정상조업에 이르는 조건은 액막팽윤을 억제할 수 있는 연속상 유속과 액막상에서 우라늄(VI)착체의 유효확산을 촉진할 수 있는 에멀전 유기상 유속의 최적조건을 제시하는 것으로 추정되었다.

4.2 정상상태에서 우라늄(VI)추출효과

에멀전 유기상 유속을 일정하게 유지하고 연속상의 유속을 증가시킬 때 정상상태의 외수상 우라늄(VI)농도를 Fig. 4에 도시하였다. (17)식에서 에멀전 유기상 평균체류시간 T는 에멀전 유기상 유속 v_e 에 기인하여 일정하지만 연속상 유속 v_w 가 증가할수록 η 가 감소하여 우라늄

(VI)추출효율도 감소하였다.

연속상 유속을 일정하게 유지하고 에멀전 유기상 유속을 증가시킬 때 정상상태의 외수상 우라늄(VI)농도를 Fig. 5에 도시하였다.

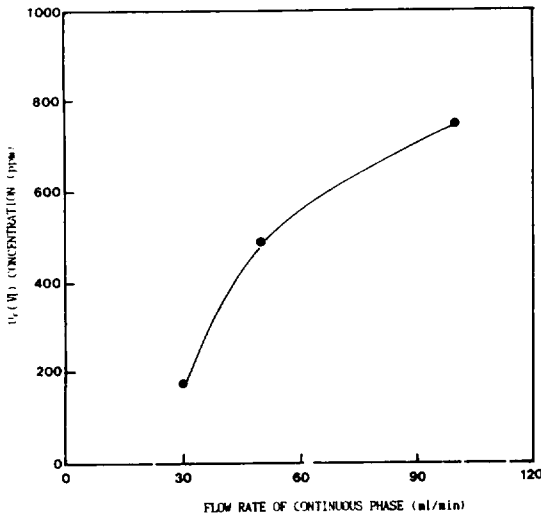


Fig. 4 Dependence of steady uranium(VI) extraction on continuous phase flow rate

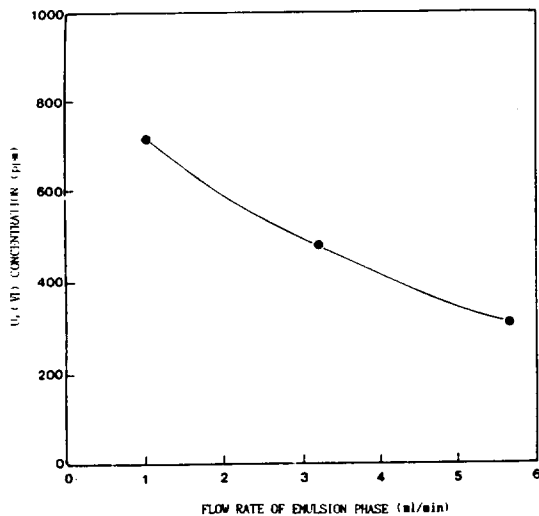


Fig. 5 Dependence of steady uranium(VI) extraction on emulsion phase flow rate

(17)식에서 에멀전 유기상 유속 v_e 를 증가시

킬수록 에멀전 유기상 평균체류시간 T 가 감소하고 η 가 증가하여 우라늄(VI)추출효율이 증가하였다. 정상조업시 에멀전 유기상 유속이 3.2ml/min이고 연속상 유속을 30ml/min-100ml/min로 증가시킬 때 외수상 우라늄(VI)농도는 190-780ppm이고, 연속상 유속이 50ml/min이고 에멀전 유기상 유속을 1.05-5.67ml/min로 증가시킬 때 외수상 우라늄(VI)농도는 760-310ppm을 보여주었다. 따라서 우라늄(VI)추출향상에 영향을 미치는 주 정상조업변수는 본 실험범위에서 연속상 유속으로 사료되었다.

V. 결 론

D₂EHPA담체함유 이중액막에 의한 우라늄(VI)연속추출실험을 한 결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

1. 우라늄(VI)추출효과의 향상에 영향을 미치는 주 조업변수는 연속상 유속으로 나타났다. 에멀전 유기상 유속이 일정할 때 액막상의 체류시간은 연속상 유속과 무관하였다.

2. 에멀전 유기상 유속이 3.21ml/min이고 연속상 유속이 30-100ml/min일 때 우라늄(VI)추출평형에 이르는 시간이 60-40min으로 감소하였다. 우라늄(VI)추출평형에 이르는 시간이 감소할수록 우라늄(VI)추출효과도 감소하였다.

3. 우라늄(VI)추출효과(η)에 미치는 변수는 연속상 유속 v_w , 에멀전 유기상 평균체류시간 T 와 에멀전 액적의 내반경 R_i 임을 확인하였다.

4. 에멀전 유기상 액막의 팽윤과 이에 따른 파괴를 억제하여 우라늄(VI)추출효과를 상승시키는 연속상 유속과 에멀전 유기상 유속의 최적 범위 설정이 연속추출의 주요과제로 제시할 수 있었다.

요 약

외수상 우라늄(VI)농도를 1,000ppm으로 유지하고 에멀전 유기상의 유속과 연속상의 유속을 변화시키면서 연속식 추출조에서 우라늄(VI)추

출을 수행하였다.

우라늄(VI)이 D₂EHPA담체함유 이중액막에 추출되는 기구는 Corrected Advanced Front Model에 의해 해석되었다. 이 해석기구에 기초하여 연속식 우라늄(VI)추출모델을 설정하여 실험치와 비교하였다.

본 실험범위에서는 연속상의 유속과 에멀전 유기상의 체류시간이 우라늄(VI)추출효율에 기여하는 조업변수임을 확인하였다.

연속식 우라늄(VI)추출시 에멀전 유기상 유속을 일정하게 유지하여 연속상 유속이 증가할수록 추출평형에 빨리 도달하였다. 한편 연속상 유속을 일정하게 유지하여 에멀전 유기상 유속의 증가할수록 추출평형에 늦게 도달하였다. 우라늄(VI)추출평형에 도달하는 시간이 짧을수록 우라늄(VI)의 추출효과가 감소하였다.

우라늄(VI)추출향상에 영향을 미치는 주 정상 조업변수는 에멀전 유기상의 체류시간이 아니라 연속상 유속으로 나타났다.

본 연구에서는 D₂EHPA담체함유 이중액막에 의한 우라늄(VI)연속추출시 추출평형에 이르는 시간이 짧아지면서 추출효과를 향상시킬수 있는 최적조업조건 추산이 주요과제로 제시할 수 있었다.

참고문헌

1. N.N.Li, 1968, Separating hydrocarbons with liquid membranes, U.S. pat. 3410794, 12
2. A. N. Gosowami & B. S. Rawat, 1985, Studies on the permeation of aromatic hydrocarbons through liquid surfactant membranes, J. of Memb. Sci. Vol. 24, PP.145-168
3. Robert P. Cahn & Norman N. Li, 1976, Separation of organic compounds by liquid membrane processes, J. of Memb. Sci., Vol. 1, PP.129-142
4. H. K. Lonsdale, 1982, The growth of membrane technology, J. of Memb. Sci., Vol. 10, PP.81-181
5. H. Halwachs, E. Flaschel & K. Schugerl, Liquid membrane transport-A. Highly selective separation process for organic solutes, J. of Memb. Sci., Vol. 6, PP.33-44
6. R. P. Cahn & N. N. Li, 1974, Separation of phenol from wastewater by the liquid membrane technique, Sep. Sci., Vol. 9, PP.505-514
7. K. Kondo, K. Kita & F. Nakashio, 1979, Extraction of copper with liquid membranes containing benzoylacetone, J. Chem. Eng. Jpn. Vol. 12, PP.203-210
8. M. Teramoto & M. Shibutani, 1981, Extraction of amine by W-O-W emulsion system, J. Chem. Eng. Jpn., Vol. 14, PP.122-128
9. W. S. Ho & E. N. Lightfoot, 1982, Batch extraction with liquid surfactant membranes ; A diffusion control model, AIChE J., Vol. 28, PP.662-671
10. T. A. Hatton & D. S. Wardius, 1984, Analysis of staged liquid surfactant membrane operations, AIChE J., Vol. 30, No. 6, PP.934-944
11. Rajamani Krishna & Anshu Sharma, 1987, Effect of emulsion breakage on selectivity in the hydrocarbon mixtures using aqueous surfactant membrane, J. of Memb. Sci., Vol. 34, PP.141-154
12. Jeong, Yeon-Ho, Ihm, Son-Ki & Won, Yang-Soo, Experimental investigation of oil/water/oil liquid membrane, Separation of toluene and n-heptane ; Continuous test of a countercurrent permeator, J. of Memb. Sci., Vol. 32, PP.47-57
13. By C. F. Bass & C. F. Coleman, 1958, The extraction of uranium(VI) by di-(2-ethylhexyl)-phosphoric acid in n-hexane J. Phy. Chem., Vol. 62, No. 3, PP.129-140

14. P. J. Florry, 1953, Principles of polymer chemistry, Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y., PP.9318-9329
15. Yohinobu Sato & Fumiyuki Nakashio, 1989, Extraction kinetics of copper with 2-ethylhexyl-phosphonic acid mono-2-ethylhexyl ester, J. of Chem. Eng. Jpn., Vol. 22, No. 2, PP.182-189
16. Ting-Chia Huang & Ruey-Shin Juang, Kinetics on extraction of copper with D₂EHPA, J. of Chem. Eng. Jpn., Vol. 19, No. 5, PP.379-390
17. Takeshi Kataoka, Satoshi Kimura & Yoshihiro Tomioka, 1989, Batch permeation of metal ions using liquid surfactant membrane, J. of Memb. Sci., Vol. 46, PP.67-80
18. J. Crank, 1979, The mathematics of diffusion, 2nd ed., Cdarendon Press, Oxford, PP.274-285
19. Pedrosa, R. I & G. A. Domato, 1973, Pertubution solutions for spherical solidification of saturated liquids, Trans. ASME J. Heat Transfer, Vol. 95, PP.42-50
20. Janine L. Fales & Pieter Stroeve, 1984, A pertubution solution for batch extaction with double emulsion : Role of continuous phase mass transfer resistance, J. of Memb. Sci., Vol. 21, PP.35-53