

역류하는 평판흐름식분리공정에서 전자기적진동교반이 동위원소농축에 미치는 영향

최성근, 강철, 김지영

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자들은 우리 나라의 현실이 요구하는 문제를 연구하여야 하며 우리 인민에게 필요한것을 만들어 내기 위하여 노력하여야 합니다.》(《김일성전집》 제35권 374페이지)

아말감과 전해질용액사이의 전기화학적교환은 여러가지 금속들을 분리할뿐아니라 일정한 금속의 동위원소들을 분리하는데 리용된다.[1]

역류하는 알카리금속의 아말감-수용액계에서 교반은 상경계면의 접촉을 부단히 갱신하기 위한 중요한 조건의 하나이다.[2, 3]

우리는 평판흐름식분리공정에 전자기적진동교반체계를 도입하고 농축효과를 정량적으로 평가하였다.

1. 평판흐름식분리공정

전자기적진동교반체계를 도입한 평판흐름식분리공정은 그림 1과 같다.

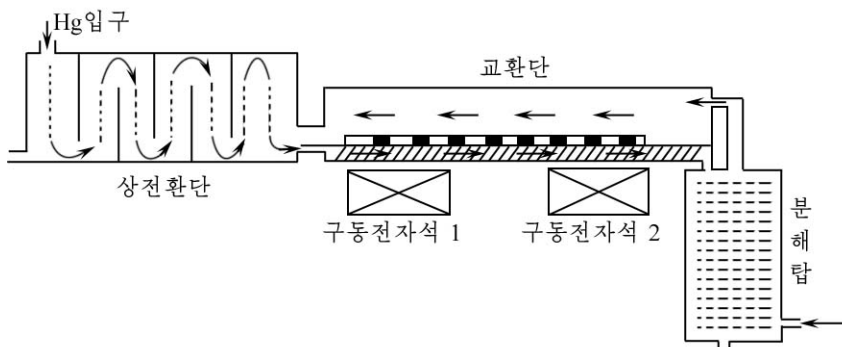


그림 1. 전자기적진동교반체계를 도입한 평판흐름식분리공정

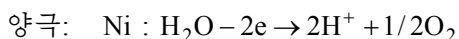
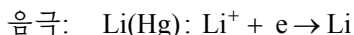
상전환단은 두께가 5mm인 폴리스티롤수지판으로 너비가 100mm인 6개의 칸으로 제조하였다. 상전환단의 음극면적은 7.2dm^2 이고 전해조의 유효체적은 2.16dm^3 이다. 양극은 직경이 0.2mm인 백금선을 4줄로 평행되게 연결하였으며 선들사이의 간격은 약 2cm이다.

교환단의 크기는 길이가 100cm, 너비가 8cm이며 음극면적은 8dm^2 , 유효체적은 2.4dm^3 이다. 교환단양극은 직경이 1mm인 니켈선을 리용하였다. 교환단에서의 전극사이간격은 약 1cm이다. 분해탑의 직경은 7cm이고 길이는 80cm이다. 상전환단과 교환단의 전원은 각각 3kW 정류기로 공급하였다. 진동판은 에폭시수지로 피복하였다.

2. 실험 방법

먼저 상전환단과 교환단에 수은과 용액을 장입한 다음 전자석전원(220V, 60Hz)을 투입한다. 전자기적진동교반체계가 정상이면 전자석이 있는 위치의 수은층이 고르롭게 진동한다. 교환단통로에 진동판을 넣으면 진동판이 맹렬히 진동하면서 교환단상경계에서 진동교반이 일어난다. 전자기적진동교반체계가 정상적으로 가동하면 교환단전해조의 전원을 투입하여 분리공정운전을 시작한다. 이때 교환탑전류와 전압은 각각 100A, 4.5V이다.

교환단의 음극과 양극에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.



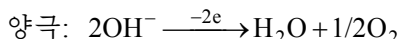
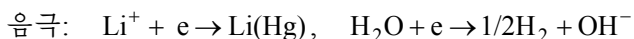
아말감유지전류는 다음의 식으로 계산한다.

$$i = \frac{H_a C_a}{ZF} \quad (1)$$

여기서 F 는 파라데이상수, C_a 는 아말감농도(mol/L), H_a 는 수은류량(mL/min)이다.

상전환단에서 초기에는 분해전압(4~5V)으로 운영하다가 전압을 점차 높이며 높은 농도의 LiOH용액이 폐수쪽으로 흘러나오므로 다시 회수하여 공급한다.

상전환단의 음극과 양극과정은 다음과 같다.



전기분해되는 동안 일정한 시간간격으로 7~8mL정도의 아말감과 수용액시료를 추출하여 농도와 농축도를 각각 측정하였다. 이때 농도는 적정법으로, 농축도는 Pu-Be원천에 의한 핵반응법으로 결정하였다.

3. 실험결과 및 분석

평판흐름식분리공정에서 수은류속을 각이하게 변화시키면서 시간에 따르는 Li의 농축도변화를 측정한 결과는 그림 2-4와 같다.

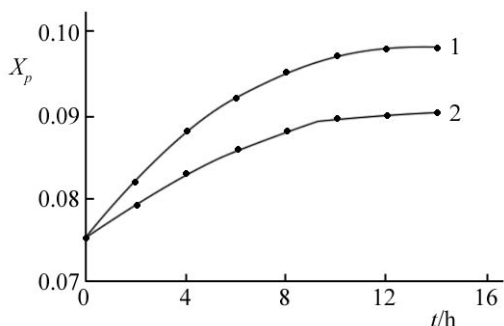


그림 2. 수은류속이 25mL/min일 때
농축도변화
1-교환할 때, 2-교환하지 않을 때

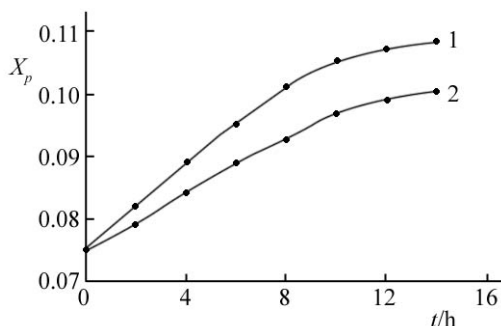


그림 3. 수은류속이 40mL/min일 때
농축도변화
1-교환할 때, 2-교환하지 않을 때

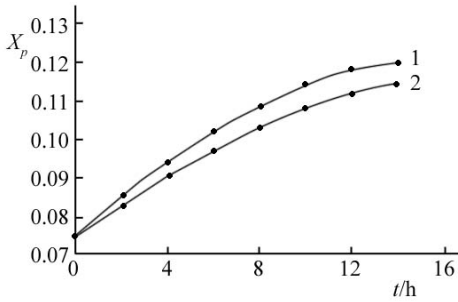


그림 4. 수은류속이 60mL/min일 때
농축도변화
1-교반할 때, 2-교반하지 않을 때

평판흐름식농축공정에서 전환류실험을 통하여 최대농축도와 리론단수, 리론단길이, 교환단전류밀도 등을 결정할수 있다. 이때 다음과 같은 농축방정식이 성립한다.

$$Z = \frac{LF}{aI(\alpha-1)} \ln \frac{X_p(1-X_F)}{X_F(1-X_p)} \quad (2)$$

여기서 a 는 단위길이당 탑면적, L 은 아말감류량, Z 는 탑길이, I 는 교환전류밀도이다.

분배률을 $\xi_0 = \frac{X_p(1-X_F)}{X_F(1-X_p)}$ 로 표시하면 리론단수

는 다음과 같이 표시된다.

$$N = \frac{\ln \xi_0}{(\alpha-1)} \quad (3)$$

여기서 α 는 분리계수로서 대략 1.05이다.

$\alpha-1 \ll 1$ 일 때 수송단길이는 리론단길이와 일치된다.

수송단길이는 다음과 같다.

$$h = \frac{LF}{aI(\alpha-1)} = \frac{Z}{N} \quad (4)$$

즉 실험적으로 얻은 리론단길이로부터 I 를 평가할수 있다.

식 (2)-(4)를 리용하여 실험결과들을 분석하면 다음과 같다.

천연리튬원료가 장입되면 최대농도가 10.8%이므로 $X_F=0.075$, $X_p=0.098$, $\xi_0=1.34$, $\ln \xi = 0.293$ 이다.

따라서 리론단수는 $N=0.293/0.05=5.86$, 수송단길이는 $h=100/5.86=17.1$ 이다.

교환단에서 통로너비가 7cm, 아말감류량이 25mL/min이고 아말감의 농도가 0.6mol/L 이므로 교환단전류밀도는 $I=0.2A/cm^2$ 이다.

맺는 말

평판흐름식분리공정에서 전자기적진동교반은 농축프로필을 파괴하지 않으면서 농축 효과성을 높일수 있다.

전자기적진동교반조건에서는 수은류속을 높일수 있으며 이때 최대농축도, 리론단수와 리론단길이, 교환전류밀도 등 모든 공정지표들이 개선된다.

참고 문헌

- [1] С. Н. Накитенко и др.; Доклады АН СССР, 312, 2, 2, 1990.
- [2] J. R. Black et al.; J. Am. Chem. Soc., 231, 29, 9904, 2009.
- [3] Gu Zhiguo et al.; Progress in Chemistry, 23, 9, 1892, 2011.

주체105(2016)년 2월 5일 원고접수

Effect of the Electromagnetic Vibration Stirring on Isotope Enrichment in Flag Flow Separation Process with Countercurrent

Choe Song Gun, Kang Chol and Kim Ji Yong

Electromagnetic vibration stirring in the flag flow separation process with countercurrent doesn't destroy the enrichment profile and can get higher enrichment effect.

In electromagnetic vibration stirring condition, the production is high several times by the increase of the mercury flow rate.

In this case, all the process parameters such as the maximal enrichment, theoretical stage number and its length, and exchange current density are increased several times.

Key words: enrichment, isotope separation, electrochemical exchange, vibration stirring