

## 실관막모듈의 추출효율

최대웅, 박준성  
동의대학교 화학공학과

## Extraction Efficiency of Hollow Fiber-Modules

Dae-Woong Choi, Jun-Sung Park  
Department of Chemical Engineering, Dongeui University

### 1. 서론

산업폐수중에 존재하는 유용성분의 분리제거와 회수는 환경오염방지 및 폐자원 재활용 면에서 중요한 산업적 의미를 갖는다. 기존의 물리·화학적 방법 등이 분리 한계성 때문에 최근에는 실관막 모듈을 이용한 새로운 분리방법이 연구되고 있다.<sup>(1-5)</sup> 이는 두 상이 막에 의해 분리되므로 기존 장치가 갖는 범람(flooding)과 편류(channeling) 현상이 없고, 추출후 두 상의 분리조작이 필요 없으며 기존 장치가 갖는 유속제한 및 밀도차 제한이 없다. 그리고 공정이 간단하고 장치부피가 적어 설치면적이 적게 소요되고 단위부피당 두 상간의 접촉면적이 크므로 물질전달효과가 크며, 에너지 소모량이 적어 경제적이다.

그러므로 최근에는 다양한 분야에서 막공정의 실용화를 위한 연구들이 진행되고 있다.<sup>(6-11)</sup> 본 연구에서는 기존연구<sup>(12-19)</sup>를 바탕으로 하여 추출제는 D2EHPA[di-2-ethylhexyl)phosphoricacid], Lix84(anti-2-hydroxy-5-nonyacetophenoneoxime), TBP (tributy-lphosphate)을, 그리고 유기용매는 n-heptane을 사용하였다. 그리하여 실관막모듈의 추출효율을 단일성분, 혼합성분용액, 혼합추출제, 그리고 연속추출에 대하여 검토하고자 한다.

### 2. 실험

실관막 모듈은 미국의 Hoechst Celanese가 제작한 5PCG-259이며, 장치 또한 동일 회사제작 Liquid/Liquid Extraction System을 사용하였다. 조절된 유량으로 실관막 내부(tube side)로는 중금속 수용상을 공급시키고, 막 외부(shell side)로 D2EHPA, Lix84, TBP을 각각 n-heptane에 희석한 유기상을 공급하여 두 액은 향류 흐름으로 작동시켰다. 수용상인 중금속용액은 농도별로 실험실에서 만들어 사용하였으며 일정시간 간격으로 수용상 용액을 채취하여 목적성분의 농도를 원자흡광분광도계(SPECTR AA-200 HT, Varian Co.)로 분석하였다. Fig.1에 장치의 공정도를 나타내었다.

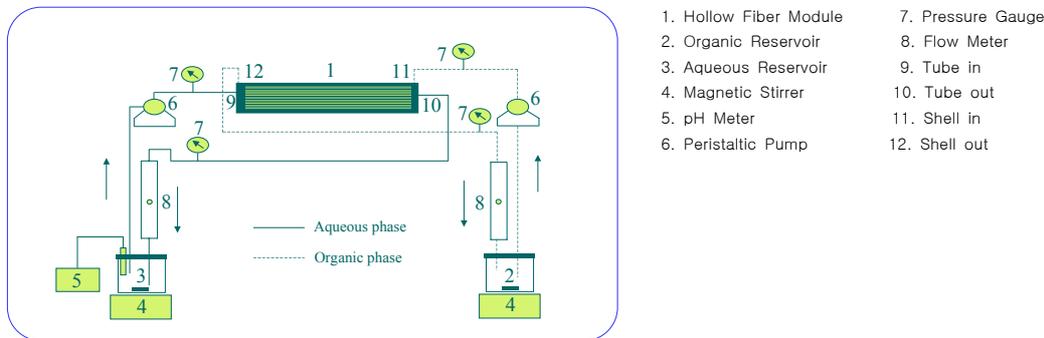


Fig. 1. Schematic diagram for flow loop perstraction

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1) 단일성분추출 및 총괄물질전달계수

Fig. 2는 단일성분의 수용상과 유기상의 공급속도에 따른 총괄물질전달계수( $K_w$ )를 나타내었다. 여기서 수용상의 공급속도가 증가하면 총괄물질전달계수는 증가하였으며 유기상의 공급속도를 증가시켜도 총괄물질전달계수는 큰 변화는 없지만 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 수용상의 공급속도가 총괄물질전달계수의 지배적인 인자임을 알 수 있었다. Fig. 3은 공급속도(수용상과 유기상)에 따른 추출율을 나타내었다. 유기상 30ml/min일 때 수용상유량이 92, 185, 281, 378ml/min 변화하면 추출율은 80, 83, 94, 96%로 각각 증가하였다. 그러나 수용상 공급속도가 30ml/min으로 일정할 때 유기상속도는 30, 92, 185, 378ml/min으로 증가시켜도 추출율은 40, 31, 27, 27%로 조금씩 감소하는 결과를 나타내었다.

#### 3-2) 혼합성분용액추출

Fig. 4는 5종류의 중금속염이 4종류의 혼합물을 만들어서 추출한 결과를 시간에 따른 분배비( $C/C_0$ )로 나타내었다. 단일 Cr(VI) 성분시는 반응시간 30분에 거의 추출이 완료되었다. 혼합용액 일 때는 60분이 지나서 추출이 거의 완료됨을 알 수 있었다. Cr(VI)-Zn(II)-Ni(II)-Cd(II)계는 Cr(VI) 단일성분 추출과 유사하였거나 나머지는 다소 분배비가 떨어졌다.

Fig. 5는 Cr(VI) 단일성분과 4종류 혼합물의 추출율을 나타내었다. Cr(VI) 단일성분계와 Cr(VI)-Zn(II)-Ni(II)-Cd(II)계는 약 97%, 나머지는 93~94%의 추출율을 나타내었다.

#### 3-3) 단일성분 연속추출

매회 유기상 용액을 제조하여 추출실험을 하였으나 유기용매도 절감하고 작업시간을 단축시키기 위하여 추출제만 매회 추가하여 투입하고 연속추출실험을 하였다. Fig. 6에는 5회 연속추출 결과를 나타내었다. 1회 추출보다 2, 3, 4, 5회가 추출율이 더 좋았으며 특히 4회 추출 때가 시간적으로도 추출이 좋았다. 그러므로 5회까지만 연속추출실험을 한 결과 높은 추출율을 얻을 수 있어 실험이 가능하였다.

Fig. 7은 5회 연속추출을 결과를 나타내었다. 1회 추출시는 추출율이 88%, 2, 3회는 99%, 4, 5회는 98%를 나타내었다. 그러므로 유기용매를 교체 없이 재사용 하여도 추출율이 증가하므로 유기용매 절감과 작업시간 단축에 크게 도움이 되었다.

### 3-4) 혼합추출제에 의한 추출

Fig. 8에는 100ppm Zn(II) 수용액을 Lix84 + TBP 혼합추출제를 사용하여 추출한 추출율과 단독 Lix84와 TBP추출제를 사용한 추출율을 비교하여 나타내었다. 먼저 1group에서 각각 Lix84(0.05mol), TBP(0.025mol) 단독추출제를 사용하였을 때 추출율은 각각 6%, 7% 이었으나 Lix84(0.05mol) + TBP(0.025mol) 혼합추출제를 사용할 때는 추출율이 14.1%로 비슷하였다. 그리고 2group는 추출제 TBP농도를 0.05mol 사용할 때 추출율은 12% 이었으며 Lix84(0.05mol) + TBP(0.05mol) 혼합추출제 사용시는 35%의 추출율을 나타내었다. 약 16% 추출율이 증가하였다. 또한 3group에서는 TBP농도 0.075mol 사용할 때 추출율은 20%이며 Lix84(0.05mol) + TBP(0.075mol) 혼합추출제를 사용할 때는 추출율이 44%로써 약 26% 추출율이 증가하였다. 그러므로 단독추출제를 사용할 때 보다 혼합추출제를 사용하는 것이 추출율을 향상시킬 수 있었다.

## 4. 결과

1. 모듈내의 tube side의 수용액유량이 증가하면 총괄물질전달계수( $K_w$ )와 추출율( $E$ )은 증가하였다. shell side의 유기상유량 증가에 따른 변화는 없었다.
2. Cr(VI) 4성분 혼합용액에서 Cr(VI)추출시 타금속염이 크게 영향을 미치지 못했다.
3. Cr(VI) 연속 5회 추출시는 추출율도 향상되었고, 또한 유기용매와 작업시간을 절감할 수 있었다.
4. Zn(II) 수용액을 혼합추출제(Lix84+TBP)를 사용시 추출율이 향상하였다.

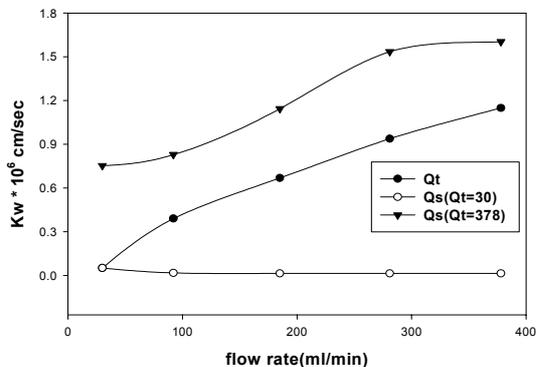


Fig. 2 Influence of  $K_w$  on the aqueous phase flow rate( $Q_t$ ) and organic phase flow rate( $Q_s$ )

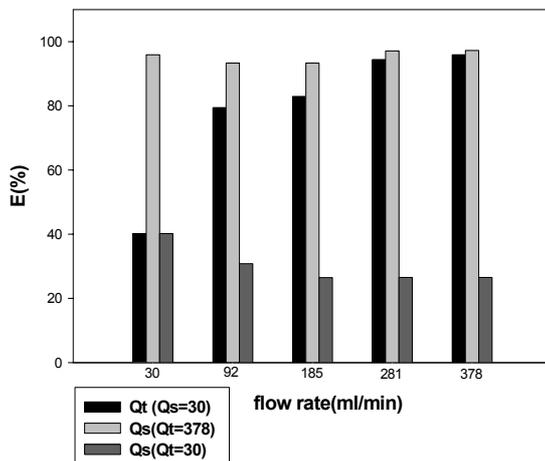


Fig. 3 Influence of flow rate on the extraction efficiency of the Cr(VI) extraction.

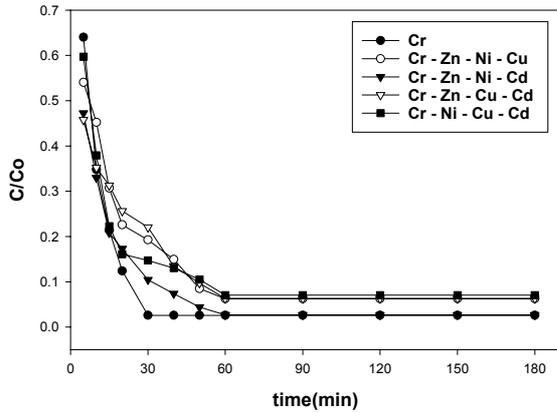


Fig. 4 Influence of 4 component salts mixed solution on the Cr(VI) extraction.

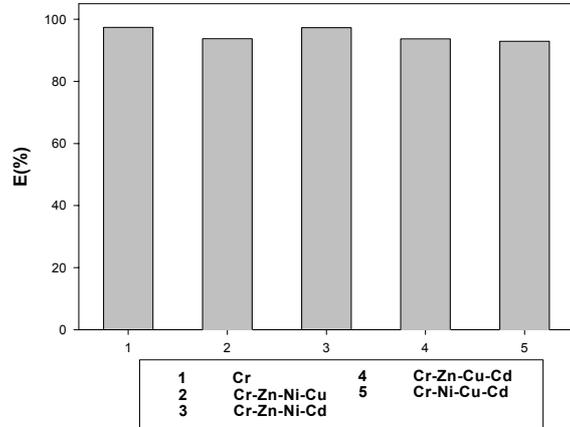


Fig. 5 Extraction efficiency on 4 component salts mixed solution on the Cr(VI) extraction.

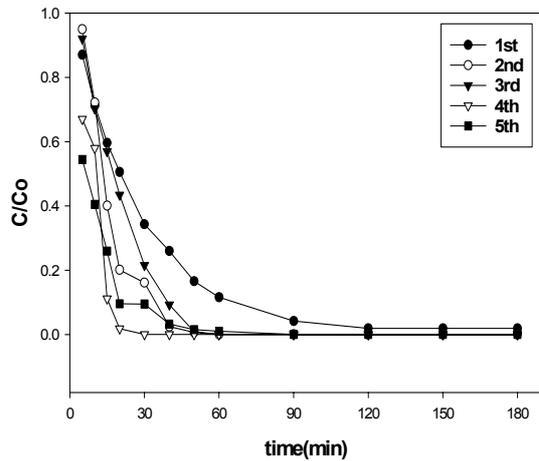


Fig. 6 C/Co vs. time of continuous process extraction on the Cr(VI) extraction.

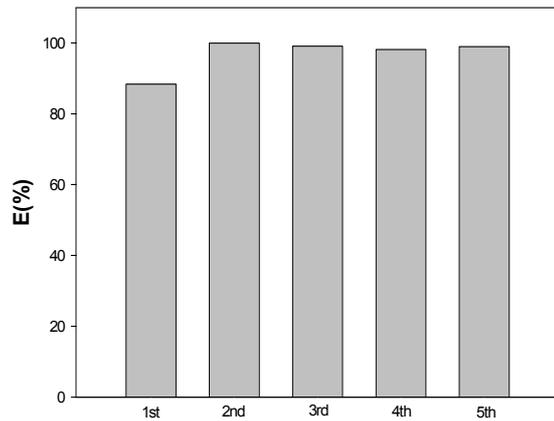


Fig. 7 Extraction efficiency of continuous process extraction on the Cr(VI) extraction.

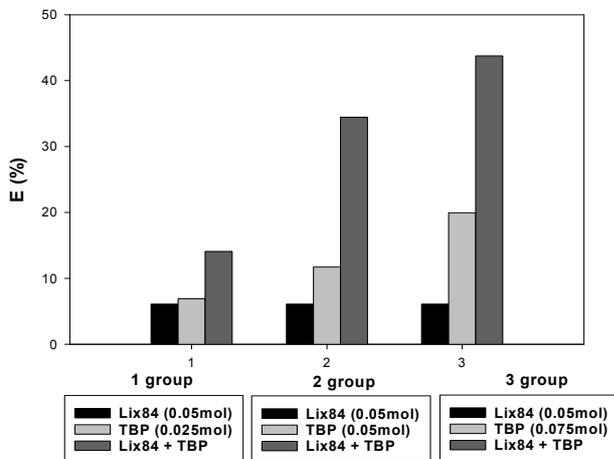


Fig. 8 Extraction efficiency of mixed extractants on the Zn(II) extraction.