

소수성 무기막에 의한 VOCs/water의 분리

송근호, 이광래
강원대학교 화학공학과

The separation of VOCs/water by hydrophobic inorganic membrane

Kun-Ho Song, Kwang-Rae Lee

Dep't of Chemical Engineering, Kangwon National University

1. 서론

산업 발전에 따른 각종 유기용제 및 휘발성유기혼합물(VOCs)의 사용이 점차 증가하는 실정이다. 그러나 유기용제들은 많은 양이 대기중 및 수중으로 방출되고 있으며, 이는 환경적으로 악영향을 끼칠 뿐아니라 경제적으로 막대한 손실이 아닐 수 없다. 최근 VOCs의 회수에 대한 여러 분야에서 광범위하게 연구되어지고 있고, 이중 막분리 공정은 여러 가지 장점을 가지고 있어 기존의 공정을 대체할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

막분리 공정중 투과증발 공정은 VOCs의 회수에 좋은 효율을 가지고 있으나, 투과증발 분리 공정에서 좋은 선택도를 갖는 막 재료일수록 투과량이 적은 단점이 있어 이를 극복하기 위한 많은 연구들이 현재 진행되고 있다. 이와 같은 단점들을 보완하기 위해 active layer를 얇게 coating 해서 만드는 복합막이나 비대칭 형태의 막구조를 도입한 방법들이 투과량을 개선하기 위한 연구로써 수행되어지고 있다.

본 연구에서는 무기막 표면을 실란-커플링제로 코팅하여 소수성으로 개질하고, 개질한 소수성막에 의한 VOCs의 투과특성 실험을 수행하였다.

2. 실험

2.1. 막의 표면 개질에 의한 소수성 막의 제조

표면개질에 의한 소수성막을 제조하였으며, 표면개질을 위한 다공성 지지막은 동서(주)로부터 구입한 튜브형(tubr-type) 알루미나(α - Al_2O_3) 막을 지지체(substrate)로 사용하였다. 지지체는 기공(pore size)이 $0.1\mu m$, 내경과 외경이 6.45mm, 8.0mm, 길이가 75.6mm인 다공성 알루미나 막이다.

알루미나 막의 표면을 소수성으로 개질하기 위하여 silane-coupling

agent(Trichloro-perfluorooctyl silane)를 사용하였다. 코팅전 순수 알루미늄 막 표면의 불순물을 제거하기 위해 아세톤으로 세척하여 건조하였다. 다공성 알루미늄 막의 양단은 테프론 마개를 이용하여 양끝을 밀폐시킨 후, 제조한 코팅용액(헥사데칸 : 실란커플링제 ; 98 : 2 v/v)에 상온에서 12 시간 동안 담가 두어 코팅하였다. 12시간 동안 처리된 알루미늄 막에 잔류한 코팅 용액을 제거하기 위해서 클로로포름으로 알루미늄 막을 세척한 후 건조하였다. 알루미늄 막의 표면에 남아 있는 잔류 클로로포름을 제거하기 위해서 초순수로 수차례 세척하였다. 제조된 막은 120℃에서 30분간 열처리 과정을 거친 후 투과증발 시스템에 적용하기 위해 모듈로 제작하였다.

2.2. 투과 실험

투과증발 실험 장치는 막이 장착되어있는 모듈과 용액과 막의 온도를 일정하게 유지하기 위한 항온조, 투과액을 응축시키기 위한 저온냉각장치 및 진공펌프로 구성되어 있다. 항온조는 20~150℃까지 조절 가능하며, 진공펌프는 10^{-4} torr까지 진공을 만들 수 있다. 막내에서의 진공도는 진공 조절기를 이용하여 실험영역(10~60 torr)에 맞게 설정하였다. 전체 공정라인은 스테인레스 스틸(SUS 316)로 구성하였다.

3. 결과 및 토론

Fig. 2에서 보듯이 공급액의 농도가 0.05wt%에서 5wt%까지 증가하였을 때, butanol flux는 1.32~104.14g/m²h을 나타내었다. 30℃에서 농도 증가에 따른 투과 플럭스는 부탄올의 농도가 1wt%영역 이하에서는 선형적으로 증가하였고, 1wt%영역 이상에서는 지수 함수적으로 증가하였다.

공급부에서 butanol의 농도 증가에 따른 선택도를 Fig. 3에 나타내었다. Butanol의 농도가 0.05~0.2wt%영역에서 10.5, 0.3wt%영역에서는 16.0, 그리고 1~5wt%영역에서는 7.0~45.0으로 나타났다. 부탄올의 선택도는 공급액의 농도가 0.3wt%일 때 16으로 최대값을 나타내었다. 이는 공급액에서의 부탄올의 농도 변화에 따른 막표면에서의 알콜수용액의 극성도 변화로 인한 현상으로 수용액내의 극성도가 증가하면 소수성 막 표면에서의 물의 수착이 증가하게 되어 선택도는 감소하는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 기존의 연구자들로부터 부탄올의 경우 0.2~0.5wt%영역에서 극성도가 최소값을 가지게 되면 이와 같은 현상으로 선택도가 반전되어 나타나게 된다.

4. 참고 문헌

1. J. G. Wijmans, R. W. Baker, and A. L. Athayde, "Pervaporation: Removal of organics from water and organic/organic separations", In. Joao, G. Crespo, Karl W. Boddeker, Membrane processes in separation and purification. Netherlands(1993)
2. A. Jonquieres and A. Fane, Filled and unfilled composite GFT PDMS membranes for the recovery of butanols from dilute aqueous solutions: influence of alcohol polarity, J. of Membrane Science, 125(1997) 245-255
3. R. Jiratananon, A. Chanachai, R.Y.M. Huang and D. Uttapap, Pervaporation dehydration of ethanol-water mixtures with chitosan/hydroxyethyl cellulose(CS/HEC) composite membranes, J. of Membrane Science, 195(2002) 143-151
4. B. K. Dutta, W. Ji and S. K. Sikar, Pervaporation : Principles and applications, Separation and Purification, 25(1996) 131-224

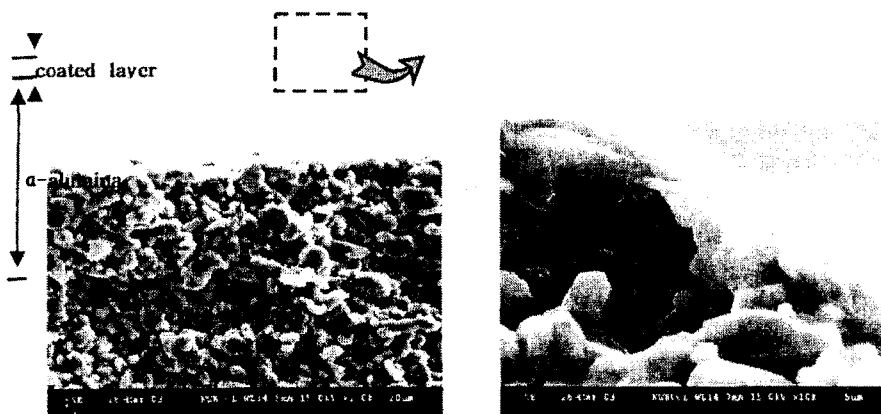


Fig. 1. SEM photographs of the cross section of modified alumina membrane

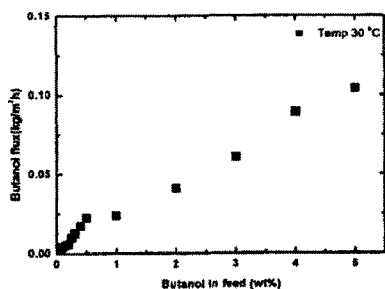


Fig. 2. Butanol permeate flux as a function of feed concentration at 30°C

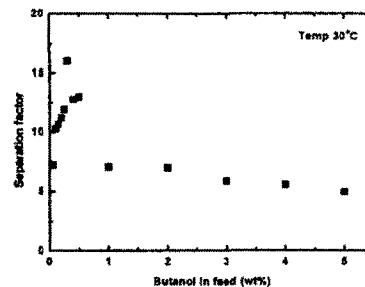


Fig. 3. Effect of feed composition on selectivities of butanol at 30°C