

소수성 무기막에 의한 VOCs/water의 투과증발 특성

송근호, 이광래
강원대학교 화학공학과

The characteristic of pervaporation 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 열처리과정을 거친 후 투과증발 시스템에 적용하기 위해 모듈로 제작하였다.

2.2. 투과 실험

소수성으로 코팅된 막의 VOCs에 대한 투과증발특성을 알아보기 위해 부탄올(butanol)/물, 이소프로판올(isopropyl alcohol)/물의 이성분계 혼합용액을 대상으로 하여 실험하였다. 실험에서 각각 알코올의 농도는 부탄올 0.05~5wt%, 이소프로판올 0.5~30wt%의 농도로 만들었고, 각 농도에 대한 코팅된 막의 투과플럭스, 투과농도, 선택도를 측정하여 소수성 막에 대한 투과증발특성을 조사하였다.

투과증발 실험 장치는 막이 장착되어있는 모듈, 용액과 막의 온도를 일정하게 유지하기 위한 항온조, 투과액을 응축시키기 위한 저온냉각장치 및 진공펌프로 구성되어 있다. 항온조는 20~150℃까지 조절가능하며, 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%~5wt%로 증가하였을 때, butanol flux는 1.32~104.14g/m²h를 나타내었다. 30℃에서 농도 증가에 따른 투과 플럭스는 부탄올의 농도가 1wt%영역 이하에서는 선형적으로 증가하였고, 1wt%영역 이상에서는 증가폭이 감소하게 나타났다.

Fig.3 은 공급액의 조성이 1.0~30wt%로 증가하였을때 isopropy alcohol의 투과플럭스로 공급액의 농도 증가에 따라 4.5~284.7 g/m²h로 증가함을 나타내었다. 앞서 부탄올의 경우와 동일한 현상으로 10wt%이하에서는 공급액의 조성이 증가할수록 투과플럭스는 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었으나, 10wt%이상에서는 투과플럭스의 증가폭이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 코팅막내에 흡착된 물이 세라믹 지지체의 높은

친수성으로 인해서 세공내에서 응축되어, 부탄올 및 이소프로판올의 투과를 방해하게 되고, 공급액의 농도 변화에 따른 막표면에서의 알콜분자들의 수차량 변화의 따른 영향으로 투과플럭스가 감소하는 결과로 나타내었다.

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

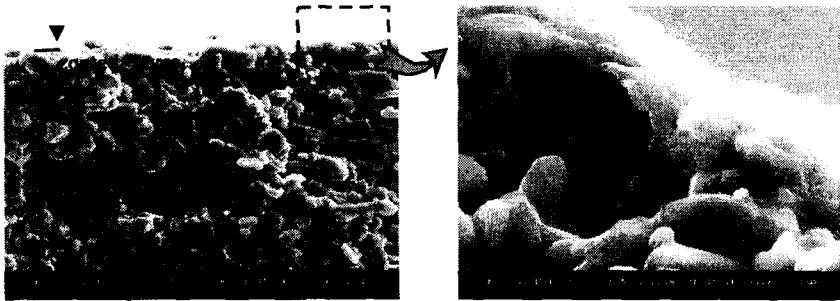


Fig. 1. SEM photographs of the cross section of modified alumina membrane

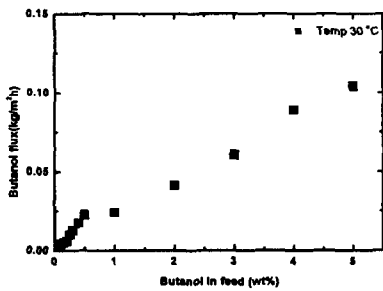


Fig. 2. Butanol permeate flux as a function of feed concentration at 30°C

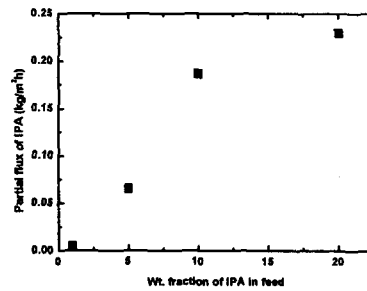


Fig. 3. Isopropyl alcohol permeate flux as a function of feed concentration at 30°C