실리콘막을 통한 VOC/N_2 혼합물의 투과/분리 거동 분석 : II. 염소화탄화수소/N_2 혼합물 투과

이상학, 염충균, 이정민, 송해영*
한국화학연구소 화학공정연구센터, 충남대학교 고분자공학과

Analysis of the permeation behavior of VOC/N2 mixture through PDMS membrane : II. permeation of chlorinated hydrocarbon/N_2 mixture

S. H. Lee, C. K. Yeom, J. M. Lee, H. Y. Song*
Chemical Process and Engineering Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, Department of Polymer Science and Engineering, Choong-Nam National University*

1. 서론

최근 환경문제가 사회적인 문제로 대두되면서 각종 오염물질들의 분리/회수 및 제거에 대한 연구가 광범위한 영역에서 활발히 진행되고 있는 실정이다. 특히, 산업이 발달하면서 점차적으로 그 수요가 증가하고 있는 각종 유기용제 및 휘발성유기용제(VOCs)의 효과적인 분리/회수 기술은 환경적인 문제뿐만 아니라 경제적인 관점에서도 그 필요성이 점점 더 커지고 있다. 막 분리 공정을 이용한 VOCs 혼합물의 분리는 막분리 공정이 가지고 있는 여러 가지 장점으로 기존의 공정을 대체할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 그러나 막분리 공정을 통한 VOCs 혼합물의 분리는 그 연구 역사가 비교적 짧은 데다, 기체-VOCs 혼합물보다는 액체-VOCs 혼합물의 분리에 대한 연구가 주로 행해져 왔기 때문에 기체-VOCs 혼합물에 대한 실험적인 데이터가 부족한 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 VOCs와 가장 친화력이 좋은 실리콘(PDMS)막을 사용하여 기체-VOCs 혼합물의 분리 시 투과물의 투과거동에 대한 기본적인 데이터를 얻는 것을 그 목적으로 하였다. 즉, 투과물의 온도와 농도에 따른 투과도, 용해도 및 확산도 등의 기본적인 데이터를 비롯하여 이들의 전체적인 투과거동이 투과조건에 따라서 어떠한 변화를 보이는가에 대한 정보를 얻는 것을 연구의 기본적인 목적으로 하였다. 이를 위해 실제 우리 주변에서 광범위하게 사용하고 있는 알콜류, 염소화탄화수소류, 벤젠류등의

VOCs와 질소의 혼합물의 투과거동에 대한 정보를 얻고자 하였다. 본 연구팀에서는 이미 알콜류/N_2 혼합물의 투과거동에 대한 연구결과를 이미 발표한 바가 있으며, 이번에 그 두 번째로 염소화탄화수소류에 대한 연구 결과를 발표하고자 한다.

염소화탄화수소류의 VOCs는 광범위한 영역에서 사용하고 있는 VOCs의 하나이며 그 사용량이 점차 증가하고 있는 실정이다. 특히 이들 VOCs들은 그 자체가 가지고 있는 유독성 때문에 사용 후에 반드시 분리 및 회수가 이루어져야하는 VOCs중의 하나이다.

2. 실 험

2. 1. 제 막

본 연구에서 사용한 PDMS막은 말단기에 vinyl기를 가진 PDMS 올리고머와 Pt촉매를 포함하면서 active hydrogen을 가지고 있는 PDMS 올리고머의 두 성분을 혼합하여 제조하였다. 이들 두 성분을 9:1의 비로 n-hexane에 녹인 뒤 수평이 맞추어진 유리 petridish에 부어 약 3시간 동안 후드 안에서 건조하여 용매를 날려보낸다. 그런 뒤 150℃에서 1시간동안 가교반응을 시켰다. 이렇게 제조된 막의 두께는 약 130㎛정도였다.

2. 2. 투과 실험

투과실험은 본 연구팀에서 개발한 연속 흐름식 투과 특성 측정장치를 사용하여 실시하였다. 이 장치는 on-line으로 투과속도와 선택도를 빠른 시간 안에 알 수 있으며, 막 하단부쪽의 투과속도 변화로부터 확산계수 및 용해도 계수를 빠른 시간 안에 구할 수 있다는 장점이 있다[1]. 또한 실시간으로 투과가 진행되는 상황을 관찰할 수 있기 때문에 투과성분들의 막 내부에서의 kinetic거동을 분석 할 수 있다.

투과실험은 35-65℃의 온도범위와 0.3-1.5%의 VOCs 농도범위에서 시행하였으며 각 온도와 농도에서 선택도, 투과도, 확산계수, 용해도 등을 구하여 이들을 각각 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1과 fig. 2에 각각의 VOCs의 농도에 따른 투과도와 선택도에 대해서 나타내었다. 대체적으로 투과도는 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 선택도는 농도에 따라 거의 일정한 값을 보였다. 이와 같은 실험결과를 해석하기 위해서 본 연구에서는 크게 두 가지 관점에 그 초점을 맞추었다. 첫째는 투과물들의 분자크기에 대한 영향으로, 일반적으로

VOCs/N_2의 혼합물이 막 내부로 용해 될 경우 그 확산계수는 분자 크기가 작은 N_2가 크다. 따라서 VOCs의 농도가 증가할 경우 막 내부로 용해되는 VOCs의 농도가 증가하게 되고 그에 따라 전체적인 확산계수는 감소하게 되어 투과도를 감소시키는 원인이 된다. 두 번째 요인은 가소화 현상의 영향으로, 막 내부로 용해되는 VOCs의 농도가 증가하면 고분자 사슬의 유동성을 증가시켜 전체적으로 투과도를 증가시키는 결과를 가져온다. 이때 N_2의 확산도는 증가 할 수도 감소 할 수도 있는데, 이는 막 내부의 VOCs의 농도가 증가하면 고분자 사슬의 유동성이 증가하게 되기 때문에 그에 따라 N_2의 확산도가 증가 할 수 있으며, 반대로 VOCs 분자들이 N_2의 확산을 막아 오히려 확산도가 감소 할 수도 있다. 전자의 경우 선택도가 감소하게 되며, 후자의 경우는 선택도가 증가하게 된다.

위의 두 요인은 혼합물이 막을 투과할 때 그 영향이 복합적으로 나타나게 되며, 투과의 어느 시점에서 어느 요인이 좀더 우세하게 나타나는 지를 알아내는 것은 전체적인 투과거동의 kinetic을 이해하는데 매우 중요하다 아니할 수 없다. 이를 알아보기 위해 본 연구에서는 각각의 투과 조건에 따라 투과도, 용해도 등의 결과뿐 아니라 D_s, $D_{1/2}$, 막 하단부 쪽의 시간에 따른 투과속도의 변화, 용해 activation energy, 확산 activation energy등의 정보를 종합적으로 이용하였다. 여기서 $D_{1/2}$는 혼합물의 투과전반부에 대한 정보를 가지고 있는 확산계수를, D_s는 투과 후반부의 정보를 주로 가지고 있는 확산계수를 나타낸다.

본 연구에서는 위와 같은 여러 정보를 종합하여 투과 조건에 따른 투과거동의 변화의 원인과 전체적인 투과 kinetic을 구체적으로 알아보았다.

4. 참고문헌

1. C. K. Yeom, B, S, Kim, J, M, Lee, J. Membr. Sci., ***161***, 55 (1999)

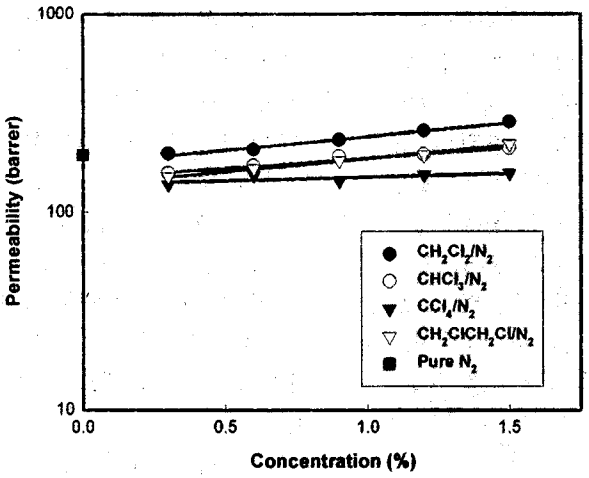

Fig. 1. Permeability with VOCs content in feed mixture

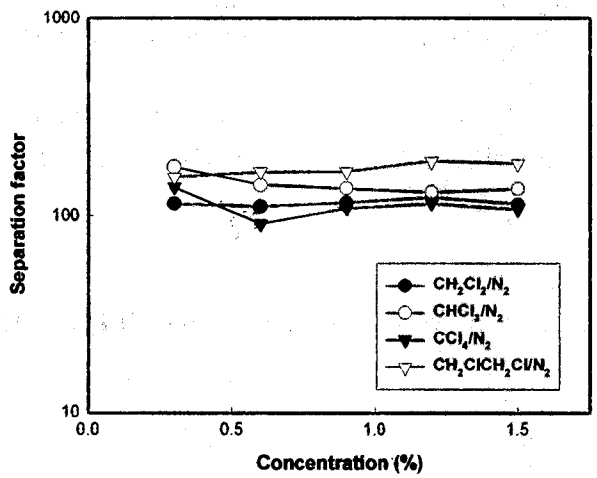

Fig. 2. Separation factor with VOCs content in feed mixture