

중공사막모듈에 의한 휘발성유기화합물의 제거 및 회수

강창국, 차준석, 전배혁*

국립환경연구원 대기연구부, *연세대학교 자동차기술연구소

Removal and Recovery of VOCs using a Hollow Fiber Membrane Module

1. 서론

다양한 산업공정에서 대기중으로 배출되는 휘발성유기화합물들은 물리, 화학적성질과 그들이 생성되는 기술적인 조건등에 따라 소각, 응축, 흡착, 흡수등의 처리기술들이 사용되어왔다. 이러한 기존의 처리기술들은 안전성, 성능, 운전비, 시설공간 및 비용 등의 면에서 크게 만족스럽지 못하였다. 이에 비하여 분리막을 이용한 공정은 배출가스에 대한 처리농도범위가 광범위하고 장치가 간단하여 시설투자비 및 운전비용이 낮으며 제거효율도 매우 높은 것으로 알려져 있다.

본 실험에서는 비다공성의 중공사막모듈을 통한 휘발성유기화합물(methanol, toluene, carbon tetrachloride)의 분리특성을 고찰하였고, 휘발성 유기화합물의 농도와 feed가스의 유량 및 막양단의 압력차 등을 변화시키면서 막의 성능을 실험적으로 조사하였다.

2. 실험

실험에 사용된 분리막은 다공성비대칭의 중공사형 Polysulfone 지지체(substrate)위에 PDMS(Poly dimethylsiloxane, silicone rubber) 2 μ m 두께로 얇게 코팅한 복합막(thin film composite membrane)이 사용되었다. 분리막의 외경과 내경은 각각 500 μ m, 300 μ m이었고, 유효길이는 29.5cm이었으며, 포팅에 사용한 fiber의 갯수는 25개였다. 분리층의 코팅용액으로는 10wt%의 PDMS를 pentane에 녹여 사용하였으며 coating 후 상온(25 $^{\circ}$ C)에서 하루 동안 경화(curing)시켜 사용하였다.

Gas(N₂)/vapor(VOC) 혼합상태에서 막을 이용한 투과실험은 상온에서 72cmHg이상의 고진공을 모듈의 tube side에 걸어주었으며 shell side로 유입되는 유량은 15 ~ 120 cc/min의 범위에서 변화를 주었다. 대상 VOC의 유입농도의 범위는 3,000ppm ~ 30,000ppm으로 하였고 막모듈의 유입부와 유출부에서 일정 시료를 취하여 G.C FID로 분석하였다.

한편, 막 양단의 압력차에 대한 투과성능을 알아보기 위해 일정한 유입유속(30cc/min)에서 6가지(70, 60, 50, 40, 30, 20cmHg)로 Vacuum level을 조절하여 실험을 하였다. Tube Side를 통하여 투과된 VOC는 cold trap을 통해 응축-회수되고 나머지 가스는 vacuum pump를 통과한후 배출되었다.

3. 결과 및 고찰

Toluene의 경우 15cc/min이하의 유속에서 80~95%의 제거효율을 나타내었고 feed의 농도가 3,000ppm에서 15,000ppm 으로 증가할수록 제거효율이 증가됨을 알수 있었다. 선택적 투과도의 경우 높은 농도, 빠른 유량에서 가장 높은 결과를 얻었다. Methanol의 경우 feed의 유량이 30cc/min 이하에서 유입농도와 상관없이 매우 높은 제거율(100%)을 얻었고 유입유량이 90cc/min인경우 유입농도가 0.3%에서 막을 통과한후 70%까지 농축되었다. 한편 30cc/min의 일정한 유량에서 vaccum level의 변화에 따른 제거효율의 변화는 진공도가 60cmHg일때 급격히 감소됨을 확인하였다.

실험 대상 VOC vapor와 N₂ gas의 선택적 투과도(α)는 실험조건에 따라 Methanol의 경우 10~100, Toluene의 경우 7~50, Carbon Tetrachloride에서는 6~20의 결과를 얻었으며 실험에 사용된 막모듈은 Methanol>Toluene>Carbon Tetrachloride의 순으로 분리능이 높은 것으로 나타났다. 또한 막모듈을 통한 휘발성유기화합물의 제거성능은 낮은 유입유량 및 높은 유입농도의 경우에 가장 효과적임을 알수 있었다.

4. 참고문헌

1. Baker, R.W., Yoshioka, N., Mohr, A.M. and Khan, A.J., "Separation of Organic Vapors from Air", J. Memb. Sci. (1987)
2. Feng, X., Sourirajan, S., Tezel, F.H., and Matsuura, T., "Separation of Volatile Organic Compound/Nitrogen Mixtures by Polymeric Membrane", Ind. Eng. Chem. Res. (1993)