

## PE11) PDMS를 이용한 기체 분리용 중공사막 코팅조건 최적화 및 개발

### Development and Optimization of Hollow Fiber Membrane Module Coated with PDMS for Gas Separation

안주현 · 심동민 · Eri Eros Lee · Viava Jane Africa · Andrew Premacio · 김성현

정범석 · 정욱진

명지대학교 환경생명정보학부

#### 1. 서 론

기체의 투과도를 증진시키기 위한 멤브레인의 구조는 복합막(composite membrane)으로서 막의 외부에 선택적인 비다공질막이 주조된 다공성 구조로 이루어져 있다[1]. 활성층, 즉 코팅층(coating layer)은 비대칭막의 조밀 층으로서 막의 분리 기능을 담당하고 다공성 구조를 가지는 지지막(support membrane)은 코팅층을 지지해주는 역할을 한다. 기체 투과용 복합막에서 막의 분리에 실질적으로 관여하는 코팅층은 기체의 투과도 및 선택도를 결정하는 중요한 소재로서 기체 분리를 위하여 지지막에 특정 선택층을 코팅할 때에는 결점(defects)이 없어야 한다.

본 연구에서는 휘발성 유기화합물 (VOCs)기체를 처리하기 위한 소재로 PDMS를 사용하였다. PDMS는 고무상 고분자로서 증기상태의 기체를 처리하는데 우수한 재료이고 이산화탄소/질소뿐만 아니라 VOCs/질소와 염소가스 처리에 널리 연구되고 있다[2, 3]. 따라서 polyethylene(PE)/polydimethylsiloxane (PDMS) 복합막 제조를 위하여 PDMS의 코팅 조건을 최적화하였고, 기체의 투과도를 알아보았다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1 실험 재료

본 연구에서는 코팅제로 폴리다이메틸실란 (PDMS) (Dow corning)을 사용하였고, 지지체 중공사막은 폴리에틸렌 (PE)을 사용하였으며, 이는 KMS(주)에서 공급받았다. 이 막은 기공 크기(pore size)가 0.4  $\mu\text{m}$ 로 MF(Micro filtration)막이고, 외경 및 내경이 각각 650, 410 $\mu\text{m}$ 이며, 표면을 친수성으로 개질하지 않은 소수성 막이다. 또한 폴리에틸렌 계열의 재료로 내약품성, 내화확성이 매우 우수하고 열연신법에 기인한 제조 공정으로 제조 원가 또한 저렴하다. 폴리에틸렌 중공사막은 연신공법을 적용하여 인장 강도 (1,733 g f/fil.)가 매우 뛰어나 강한 힘에 의해서 끊어질 염려가 없기 때문에 지지체 막으로서 성능이 우수하였다.

##### 2.2 실험 방법

Dip coating으로 코팅을 수행하였고 여러 가지 변수들; 코팅액의 농도, 코팅 액의 정체(dipping) 시간, 코팅 유속, 코팅 회수를 고려하여 실험을 수행하였다. 코팅된 멤브레인을 모듈로 제작하여 산소/질소의 투과도를 알아보았다.

코팅에 사용된 실린더는 지름 4cm, 길이 50cm 의 투명한 유리로서 아랫부분에 밸브를 연결하여 코팅 속도를 조절 할 수 있도록 제작하였다. 실린더에 PDMS를 채운 후 거품이 없어질 때까지 정치시킨 후, PE fiber를 약 40cm로 잘라 cylinder속에 수직으로 유지하도록 fiber끝에 clip을 매달거나 'c'자형 스테인리스 스틸 튜브에 수직으로 매단다. 일정시간동안 fiber를 코팅용액에 담근 후, PDMS 코팅용액의 속도를 일정하게 유지하여 cylinder 밑 부분에 있는 밸브를 열어준다. 본 코팅 과정을 반복하여 수행하였다. 코팅 용액의 경화조건은 80 $^{\circ}\text{C}$ , 1시간으로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

코팅용액의 농도에 따라 코팅 여부를 판단하기 위하여 PDMS용액을 10~55%로 코팅을 수행한 결과, 60% 용액에서 leak없이 온전히 코팅이 되었음을 확인할 수 있었다. 코팅 속도와 코팅 두께의 상관관계를 알아본 결과, 큰 영향은 없는 것으로 확인되었다. 따라서 코팅 시간을 최소화하기 위하여 코팅 속도를 본 시스템이 제어 가능한 0.25cm/sec로 하여 실험을 진행하였다. 코팅 전 support fiber의 dipping 시간이 코팅 두께에 미치는 영향을 알아보기 위하여 코팅 전의 정체 시간을 1~20분으로 조정하여 코팅을 하여 두께를 확인해 보았다. 실험 결과, 코팅 전 정체 시간이 증가할수록 코팅 두께가 증가하는 것으로 나타났지만 그 증가량이 낮기 때문에 코팅 시간을 최소화하기 위하여 코팅 dipping시간을 5분으로 결정하여 실험을 진행하였다.

약 55%의 PDMS 코팅용액을 약 5분간 정치한 후, 0.25cm/sec의 속도로 일정하게 코팅 한번 수행하였을 때, 코팅층이 완전히 조밀(dense)하지 못하여 새는 곳이 있었기 때문에 연속코팅을 수행하였다. 코팅 횟수에 따라 코팅을 한 결과, 코팅횟수가 증가할수록 코팅층의 두께는 증가하였다. 코팅된 멤브레인의 구조는 그림 1, 2와 같다.

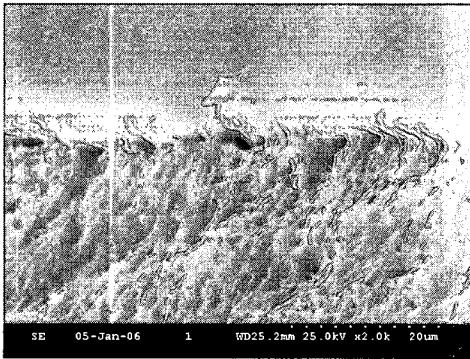


Fig. 1. SEM of interface of the PE membrane coated with PDMS.

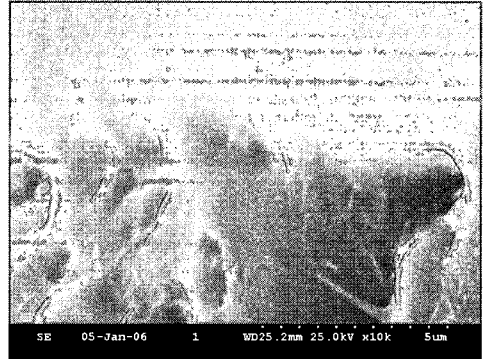


Fig. 2. SEM of magnification of the coating layer.

2회 이상 코팅한 멤브레인은 leak가 없어 모듈로 제작 하였고 이를 이용하여 기체 투과도를 측정하였다. 그 결과 2회 코팅한 멤브레인의 산소 및 질소 투과도는 25℃에서 각각 0.61, 1.15GPU이며 산소/질소 투과도는 2.09이다. 톨루엔과 질소혼합가스에서 톨루엔의 제거율은 약 90% 이상이었다.

### 사 사

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호:20050401-034-750-142-01-00)의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] L. Gales and C. Cost (2002) Removal of acetone, ethyl acetate and ethanol vapors from air using a hollow fiber PDMS membrane module, Journal of membrane society, 197, 211-222.
- [2] Ashwani Kumar et al. Performance of silicone-coated polymeric membrane in separation of hydrocarbons and nitrogen mixtures, Journal of membrane society.
- [3] C.K.Yeom (2002) Modeling and evaluation of boundary layer resistance at feed in the permeation of VOC/N<sub>2</sub> mixtures through PDMS membrane, Journal of membrane society, 204, 303-322.