

## 용융방사와 연신에 의한 용존기체 제거용 중공사 분리막의 제조

김승일, 이의소  
인하대학교 섬유공학과

### Preparation of hollow fiber membrane for degassing by melt spinning and drawing method.

Seung-Il Kim and Eui-So Lee  
Department of Textile Engineering, Inha University, Incheon, Korea

#### 1. 서론

막을 이용한 분리기술은 다양한 종류의 혼합물에서 원하는 물질을 분리 정제하는 기술로 여기에는 고-액, 액-액, 기-액분리가 모두 포함된다. 현재까지 분리공정은 주로 여과, 증류, 추출, 흡착등 방법이 있으나 에너지소비가 많고, 설비투자비가 많이 들며 효율이 낮아 비경제적이라는 문제점을 가지고 있고 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 최근 주목받고 있는 기술이 막을 이용한 분리기술이다. 막을 이용한 분리기술의 장점은 앞서 언급한 바와 같이 에너지소비와 설비비를 최소화하면서도 고효율의 분리효과를 얻을 수 있다는 점에 있다. 이러한 측면에서 액체속에 존재하는 용존기체성분을 분리하는 목적에서도 분리막을 이용하면 기존의 방법보다 저렴한 에너지 및 설비비로 용존기체를 제거할 수 있다.

액체속에 녹아 있는 산소, 질소, 이산화탄소 등의 용존기체성분은 일부 산업에서는 반드시 제거되어야 할 불순물로써 간주되고 있다. 예를 들어, 반도체 제조공정 중 사용되는 세정액 중의 용존산소는 제거되지 않는 실리콘 옥사이드 층을 생성시켜 반도체의 품질불량의 원인이 된다. 또한, 원자력 발전소 및 건물배관 등의 냉각수중의 용존산소는 배관부식의 원인이 되어 배관의 수명단축 및 녹물 발생의 원인이 되므로 이를 제거하기 위하여 많은 노력을 쏟고 있는 실정이다.

용존기체를 제거하는 방법은 여러 가지가 있으나, 가장 효과적인 방법은 탈기막을 이용하는 것으로 이는 기타의 다른 화학약품을 첨가하지 않고도 고효율로 용존기체를 제거할 수 있으며, 진공탑 등을 이용하는 다른 방법에 비해 작은 면적에도 설치가 가능하기 때문이다.

이처럼 탈기막의 산업적인 용도가 넓어지고 있으나 현재까지는 대부분 탈기막의 성능평가에 대한 연구가 진행되어 왔고, 용존기체의 제거에 적합한 탈기막의 제조에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 용융방사와 연신법에 의하여 폴리프로필렌 중공사형 탈기막을 제조하고 그 구조와 특성에 대하여 고찰하여 보았다.

#### 2. 실험

##### 2.1. 시료 및 중공사 제조장치

시료는 (주)대한유화의 폴리프로필렌 5016H를 사용하였으며, 중공사의 제조에 필요한 single screw 형 방사기, Annealing장치 및 연신장치는 (주)한소닉테크에서 제작한 장치를 사용하였다.

##### 2.2. 측정 및 분석

SEM, Porosimeter, WAXD, 편광현미경을 통하여 제조된 중공사의 미세공 구조와 결정구조를 분석

하였으며, 제조된 중공사를 모듈화 한 후 자체 제작한 성능평가장치를 이용하여 제조된 중공사의 용존기체 제거효율을 평가하였다.

### 3. 결과 및 토론

본 연구에서 채택한 용융방사와 연신법에 의한 중공사의 제조에는 방사온도, Annealing 조건, 연신조건 등 여러 가지 공정변수가 미세공의 형성에 영향을 미치게 된다. 방사온도의 경우, 온도가 낮을수록 생성되는 미세공의 크기가 감소함을 알 수 있었다. 이는 방사온도가 낮을수록 고분자 용융물의 점도가 높아져 노즐에서 받는 전단응력이 커지고, 따라서 분자의 배향도가 커져 상대적으로 작은 크기의 미세공이 생성되는 것으로 생각된다. 용존기체를 제거하기 위한 용도의 분리막인 경우 상대적으로 미세공의 크기가 작을수록 보다 높은 압력에서 사용가능하기 때문에 가능한 한 방사온도를 낮게 유지시켜 줄 필요가 있음을 알 수 있었다. Annealing 처리조건에 따른 중공사의 미세공 크기의 변화와 밀도의 변화를 관찰한 결과, Annealing 온도가 증가함에 따라 bubble point는 감소하고 maximum pore size는 증가함을 알 수 있었고, 특정한 온도에서는 밀도가 급격히 증가하는 현상을 볼 수 있었다. 용존기체 제거용 분리막 운영의 특성상 미세공의 크기가 작을수록 운영에는 유리하나, annealing 온도가 너무 낮을 경우에는 미세공의 생성이 활발하지 못한 것을 확인하였으며, 일정온도 이상에서 annealing 처리를 해주는 것이 매우 중요한 것으로 나타났다.

또한, 제조된 중공사를 모듈화하여 자체 제작한 용존기체 제거효율 시험장치를 이용하여 운전하여 본 결과 95%이상의 용존기체 제거효율을 나타냄을 확인하였다.

본 연구를 통하여 제조된 중공사의 SEM 사진을 Figure 1에 나타내었다.

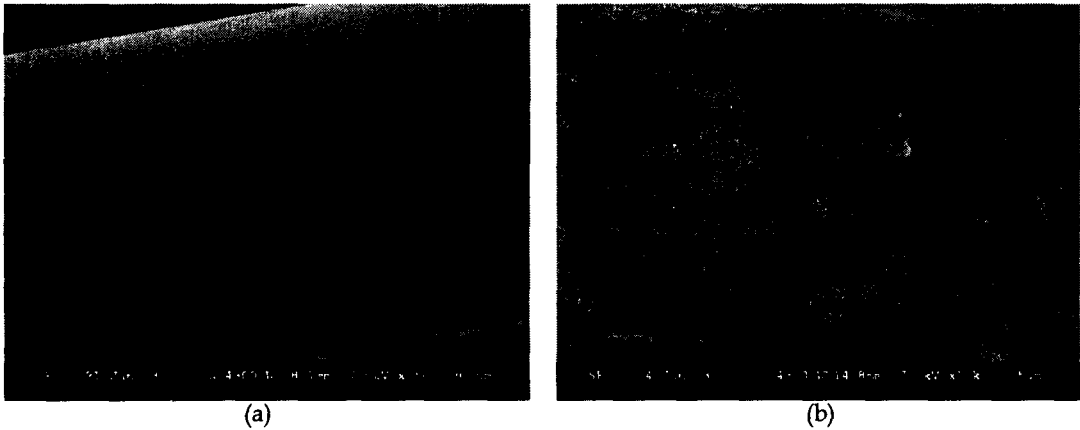


Figure 1. SEM pictures of polypropylene hollow fiber membrane. (a : X250, b : X10,000)

### 4. 결론

용존기체를 제거하기 위한 폴리프로필렌 중공사 분리막의 제조에 있어 여러 공정변수 중 방사온도와 Annealing온도가 미세공의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었으며, 고효율의 용존기체 제거능력을 가진 중공사 분리막은 미세공의 크기에 따른 처리효율을 고려하여 볼 때 0.02~0.04 $\mu\text{m}$ 정도의 미세공의 크기를 가진 소수성의 중공사 분리막이 가장 적절함을 알 수 있었다. 또한, 본 연구를 통해 제조된 중공사 분리막의 성능평가 시험을 통하여 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 8,500ppb정도인 용존산소를 수 ppb단위까지 용존산소를 제거할 수 있음을 확인하였다.