

정수처리용 PVDF 중공사막의 제조와 응용

김종표, 이규성, 양익배*, 박명준, 정승수*, 김진수*

에치투엘 기술연구소

* 에치투엘 (주)

Preparation of PVDF Hollow Fiber Membrane for Drinking Water Treatment and its Applications

Jong Pyo Kim, Gyu Seong Lee, Ik Bae Yang*, Myoung Jun Park,
Seong Soo Jung*, Jin Soo Kim*

Research Institute of Technology, H2L Co., Ltd.

*H2L Co., Ltd.

1. 서론

정밀여과막의 세계 시장은 1990년 1억 6천만 달러를 넘지 못했으나 이후 매년 급상장을 거듭하여 2005년 약 8억 달러에 도달하고 2010년에는 약 12억 5천만 달러에 이를 것으로 예상된다. BCC 분석 자료에 의하면 2005년 정밀여과막은 바이오 분야에 38%, 정수처리 23%, 식음료분야 12%, 공업용수 및 반도체 분야에 각각 11% 등의 시장이 형성되어 있으며, 특히 정수처리 분야에서의 정밀여과막의 시장 규모가 급성장하고 있는데, 1990년 약 400만 달러의 시장 규모가 2005년에는 1억 8천만 달러를 상회하고, 2010년에는 약 3억달러에 이를 전망이다. 정수 처리 분야에서는 가압식 PVDF 정밀여과막을 특히 2002년 초 미국의 EPA에서는 최종 처리수에서의 원생동물을 2-log 이하로 제한하는 규정을 둠으로서 기존의 모래여과 방식에서 정밀여과 방식으로 전환되고 있다.

국내에서도 2009년 하반기부터 개정된 수도법이 발효됨으로써 일 처리용량 5000톤 이상에서도 분리막 공법이 도입될 수 있어 향후 정수공정에서의 분

리막 공정이 보다 확대될 것으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 내화특성과 내구성이 강한 PVDF 정밀여과막을 제조하고 이를 8인치 실증 모듈로 제작하여 구의 pilot plant에서 성능 실험을 수행하여 향후 국내 대형 정수장에서의 분리막 모듈의 적용 가능성을 분석하였다.

2. 실험

PVDF 멤브레인 제조: 열유도상분리법으로 PVDF 멤브레인을 제조하였다. 제조된 멤브레인은 비대칭 구조를 갖는 것으로 고분자의 함량, 용매의 종류 및 복합용매의 조성 유기 및 무기 첨가제의 첨가 및 함량, 제조조건에 따라 다양한 특성과 성능을 보여주었다. 제조된 멤브레인의 특성을 분석하기 위하여, SEM 관찰을 실시하였으며, 강도 측정 및 신도 측정을 위하여 UTM(Universal Testing Machine)을 사용하였다. 또한 경우에 따라서 기공의 크기를 측정하기 위하여 porometer를 사용하였으며, polystyrene bead나 kaoline 등을 이용하여 배제율을 측정하였다.

모듈제조: 위에서 제조된 멤브레인은 8" 직경, 2300mm 길이의 케이스에 장입하여 모듈화하였다. 모듈은 약 75m²의 막면적을 가지고 있으며, 외부에서 내부로 투과하는 외압형으로 제작되었다.

구의 pilot plant 실험: 8" 모듈을 구의 pilot plant에 장착하여 성능시험을 실시하였다. 본 성능 실험은 세계 최고 기술로 평가받는 A사의 분리막 모듈을 대조군으로 동시 실험을 수행하였다. 1.5 m³/m²-day의 정유량 방식으로 매 1분마다 여과압력과 유입수 및 투과수의 탁도를 측정하였다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서 개발한 PVDF 멤브레인의 외측 단면과 표면을 그림 1에 각각 나타내었다.

그림에서 보듯이 중공사막의 외부는 약 1 μm 내외의 매우 얇은 활성 분리층으로 이루어져 공급수 내에 존재하는 입자성 물질이나 원생동물, 조류 등이 제거되며, 내부에는 가지형의 거대 기공으로 구성되어 외부 압력에

의한 멤브레인의 찌그러짐이나 변형을 방지할 수 있도록 되어 있다. 100,000배의 SEM 사진에서 보듯이 분리막의 표면은 기공의 모습을 찾아볼 수 없는데, 이는 본 연구에서 제조된 멤브레인이 제균, 제탁 성능이 뛰어날 뿐만 아니라 입자성 물질에 의한 기공 폐쇄로 인한 막오염을 감소시킬 수 있어 뛰어난 내오염성을 지닐 것으로 사료된다. 중공사막의 내경은 0.7 mm이고 외경은 1.3 mm정도이며, porometer 측정결과 기공크기 및 분포가 대부분 측정되지 않는 매우 작은 기공을 가지고 있어서 한외여과막과 거의 유사한 정도의 기공구조를 갖는 것으로 판단된다.

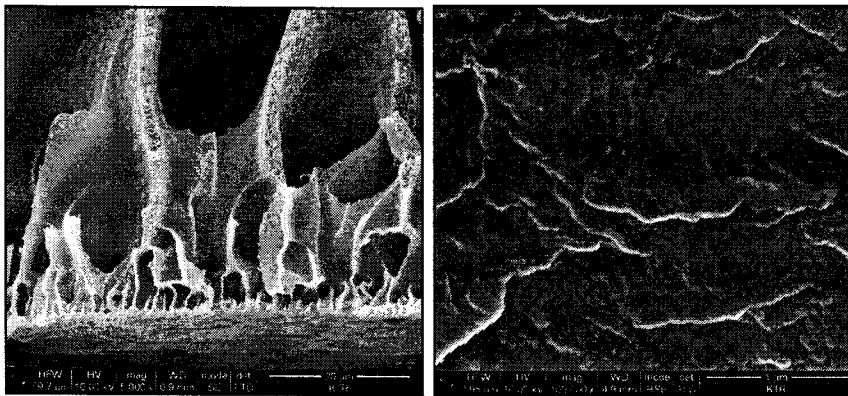


Figure 1. SEM photograph for PVDF membrane (left) cross-section(x5,000), (right) outer surface (x100,000)

그러나 순수 투과도의 경우 다음 그림에서 보는바와 같이 매우 높게 나타나는데 이는 위에서 설명한 멤브레인 구조상의 특성 때문으로 사료된다.

배제율 측정을 위하여 polystyrene bead를 제조하여 간이 투과 테스트를 실시하였으며, 그 결과 상대적인 배제율이 본 멤브레인은 90%의 배제율을 나타내었으나 A사의 경우 1%미만으로 나타났다. 이상에서 제조된 멤브레인을 8" 실증 모듈로 제작하여 구의 정수장에 설치하여 테스트중이며 그 결과의 일부를 그림 2에 나타내었다.

본 연구 결과는 동일한 장소에서 동시에 실시된 것으로 매 1분 단위로 데이터를 수집 저장하였으며, 40분 여과와 1내지 2분 정도의 역세정, 공기세

정, 배수 등의 공정이 이어지도록 구성되었다. Nw A-TMP 및 Old A-TMP는 대조군인 A사의 모듈이고 H2L-TMP는 본사가 개발한 멤브레인 및 모듈이다. 운전은 정유량 방식으로 진행되었으며, 모듈의 전단에는 혼화/응집/침전 공정의 전처리 공정이 위치하고 있어 막 유입수는 대략 2에서 3 NTU 정도의 탁도를 가지고 있었으며, 처리수는 모든 멤브레인에서 0.1NTU 이하를 보여주었다.

그림 2는 1.5 m³/m²-day의 정유량에서의 여과압력 변화를 여과 시간에 따라 보여주고 있다. 본사의 멤브레인 모듈이 30 kPa의 여과압력을 보여주는 데 비해, A사의 멤브레인 모듈의 경우 60 kPa의 여과압력을 나타내어 약 2배 정도의 높은 여과압력을 보여주고 있다. 또한 3주간의 운전 결과 A사 모듈의 경우 유입수의 수온에 여과압력이 민감하게 반응하는 반면 본 멤브레인은 상대적으로 적은 영향을 받았다.

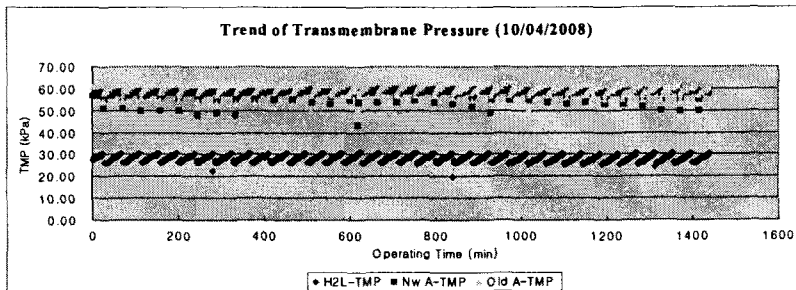


Figure 2 Transmembrane pressure as a function of operating time