

수처리용 고강도 복합중공사막 (Cleanfil[®]-S) 개발

이무석, 이광진, 신용철

(주)코오롱 중앙기술원

Development of High Strength Composite Hollow Fiber (Cleanfil[®]-S) for Water Treatment

Moo Seok Lee, Kwang Jin Lee, Yong Cheol Shin

Kolon Central Research Park

1. 서론

수처리 분야에 적용되는 분리막에 요구되는 특징으로는 높은 수투과도 및 안정적 배제 성능과 함께, 막의 우수한 강도를 들 수 있다. 특히 막 손상에 의한 시스템 신뢰도 저하는 치명적인 결함이 되므로 이를 방지하기 위해서 막의 강도, 내구성의 향상이 필요하고 이와 함께 파울링 방지를 위한 운전조건 확보도 주요 인자가 된다. 따라서 이러한 성능 발현이 가능한 새로운 개념의 복합 중공사 막 및 침지형 모듈의 개발이 요구되고 있다. 이는 기존의 산업용 중공사 막이 갖고 있는 한계점인 낮은 막의 강도 및 내구성을 해결할 수 있는 방법이 될 뿐 아니라 강한 산기(aeration)조건에서의 적용이 가능하므로 막의 파울링 문제를 최소화시킬 수 있다.

이에 본 연구에서는 braid를 보강재로 한 고강도의 복합중공사 막 및 다양한 규모의 수처리에 적용할 수 있는 침지형 모듈을 개발하였다.

2. 이론

모든 응용 분야에서 분리막은 선택도 및 수투과도와 함께, 실제 공정 적용시 항상 기계적 강도가 중요한 인자로 부각되는데, 특히 수처리 분야에서는 높은 수투과도와 함께 분리막 시스템의 신뢰도 측면에서 우수한 기계적 강도가 필수적으로 요구되어진다. 중공사 형태의 막은 설치면적당 처리량이 높아 수처리에 적합한 반면 다공성이라는 막 구조상의 특징으로 인

해 항상 기계적 강도가 해결되어야 할 문제로 대두되어 왔다. 이에 분리막의 지지체로 기계적 강도가 우수한 직물이나 관형 편물로 보강한 복합막을 제조하여 강도를 보완하고자 하였다. 이러한 복합막에 대한 개념을 도입하여 수처리용 복합중공사 막을 개발하기 위해서는 코팅되는 고분자 용액의 조성 및 상분리 조건, 코팅 균일도 등의 실제 공정의 최적화가 필요하다.

코팅에 사용되는 도프의 조성에 따라 열역학적인 안정성에 차이가 발생되며 이것이 코팅된 박막 층의 구조를 결정하는 요인이 될 수 있다[1]. 또한 이렇게 결정된 박막층의 구조 및 특성은 복합 중공사 막 전체의 성능을 좌우하게 되는데, 이는 상대적으로 큰 공극 및 강도를 갖는 편물 지지체에 비해 박막층이 미세한 공극 및 낮은 기계적 강도를 갖기 때문이다. 즉 박막층을 통과한 여과액은 상대적으로 큰 공극을 갖는 편물 지지층을 큰 저항없이 통과하게 되는 반면, 박막층에서는 흐름 저항이 크므로 미세공 구조 및 다공도에 따라 전체 막의 수투과도가 결정되게 된다. 따라서 이상적인 코팅층 구조를 발현하기 위해 최적 도프의 조성 및 제조 조건의 모색이 필요하였으며, 이는 도프의 안정성, 상분리 조건의 조절을 통해 가능하였다.

본 연구를 통해 개발된 복합중공사 막은 탁월한 기계적 강도로 인해, 수처리분야에서 특히 침지형 모듈에 적합하며 도프의 열역학적 안정성을 조절하여 이상적인 비대칭 스폰지 구조의 멤브레인 코팅층을 발현하였다.

3. 실험

3-1. 역학적 성능 평가

인장 시험기를 통해 제조된 중공사막의 인장 강도, 인장 신도 등을 측정하였다. 인장 시험은 파지거리 10 cm, 크로스헤드 스피드는 3cm/min로 하여 상온 하에서 행하였다.

3-2. 주사전자 현미경을 통한 미세공의 형태 관찰

주사전자 현미경을 통해 지지체 표면에 코팅된 박막층의 외표면 및 파단면을 관찰하였다.

3-3. 투과유량 측정

중공사막의 유효길이가 25cm인 소형 침지형 모듈(module)을 제작하여 흡인방식으로 순수를 일정시간 투과시켜, 투과유량을 측정하였다.

3-4. 분리막 조합공정 테스트

막면적 5m²의 복합막 침지형 모듈인 Cleanfil[®]-S5를 흡인-역세공정으로 오수 및 침출수 처리에 적용하여 장기 테스트를 실시하였다.

4. 결과 및 토론

4-1. 복합막 구조

개발된 복합중공사막은 보강재인 braid의 표면에 필름상으로 코팅되며 코팅층 구조는 아래 그림과 같이 비대칭의 스폰지형 구조를 가지게 된다.

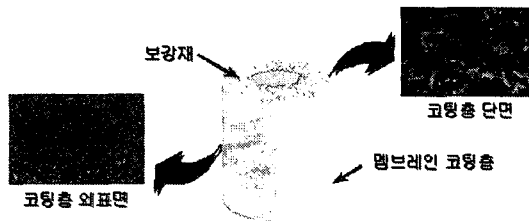


그림 1. Cleanfil[®]-S 복합중공사막 구조

4-2. 역학적 성질

인장강도 및 신도는 역학적으로 우수한 braid를 보강재로 사용하였으므로 기존의 단일 중공사막에 비해 월등히 우수한 것으로 나타났다.

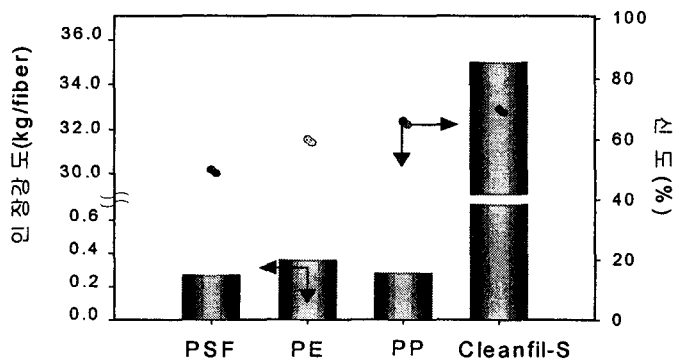


그림 2. Cleanfil[®]-S 복합중공사막의 역학적 성질

4-3. 투과성
능

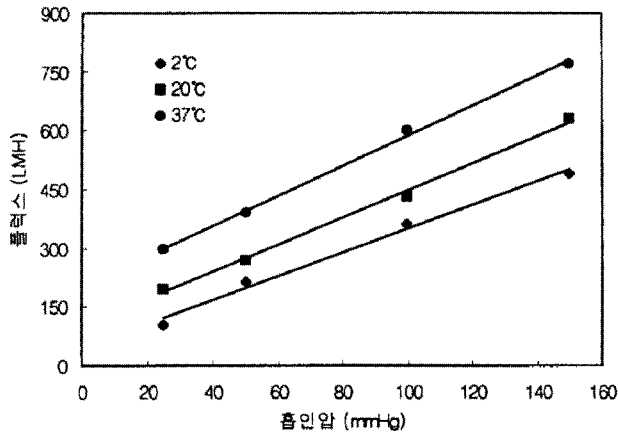


그림 3. Cleanfil®-S 복합중공사막의 순수투과성능

흡인식 침지형 시스템을 모사할 수 있는 소형 simulator를 이용하여 막면적 0.04m²의 I type의 실험용 침지형 모듈로 평가한 복합 중공사막의 순수 투과성능은 위의 그림과 같았다.

4-3. Cleanfil®-S5 침지형 모듈을 이용한 분리막 조합공정 테스트

흡인-역세의 자동운전을 기본으로 한 최적 공정을 이용하여 오수 및 매립지 침출수 처리에 적용한 결과, 오수 처리의 경우 방류수 처리 기준을 만족하는 양호한 수질을 안정적으로 얻을 수 있었으며, 매립지 침출수의 경우 MBR 공정을 이용한 전처리로 인해 기존 공정에 비해 공정 단순화가 가능하였으며, 후단의 역삼투막 투과 수질 및 투과 유량이 안정적으로 확보되는 것을 확인할 수 있었다.

감사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(과제번호 4-4-1)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

1. S. Doi and K. Hamanaka, *Desalination*, 80, 167 (1991).