

## 친수성 한외여과막을 이용한 전기여과 특성 평가

박정순, 최왕규, 이근우

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

[parkis@kaeri.re.kr](mailto:parkis@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

일반적으로 막분리(membrane separation) 기술은 수질환경에 있어 원수로부터 입자성 오염물질 제거에 효과적이며 기존공정에 비해 소요 공간이 적고 시설확충이 용이하며, 대상물질들을 분리막의 세공크기에 따라 용이하게 배제하여 제거 가능한 이점이 있어 용수처리 뿐만 아니라 하·폐수 처리에까지 원자력 산업을 포함한 다양한 산업분야에서 관심과 수요가 국내외적으로 급격히 증가하고 있다[1,2].

막분리 기술에서 발생하는 문제점인 막오염(fouling) 현상 및 막투과시 잔류하게 되는 입자들에 의한 농도분극(concentration polarization) 현상은 분리막의 세공과 원료 용액중에 포함된 입자의 상대적인 크기가 큰 영향을 미치게 된다. 즉, 세공크기가 큰 분리막에 경우 초기 투과유속은 높지만 투과가 진행되면서 분리막 세공과 막표면이 빠르게 오염되므로 궁극적으로는 세공크기가 작은 분리막의 투과유속이 높게 나타난다. 한외여과막(ultrafiltration membrane)은 정밀여과막(microfiltration membrane)과 같은 체거름 기능에 기초하지만 정밀여과막에 비해 더 넓은 범위까지 처리할 수 있고 보통 10,000-1000,000 정도의 유기물 처리에 쓰이며 비대칭(asymmetric)막으로 활성층과 지지층으로 이루어져 일반적인 대칭(symetric)막보다 막표면에서 용질의 투과가 쉽게 이루어져 널리 쓰이고 있다[3].

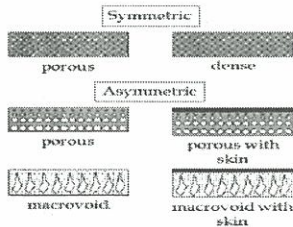


Fig. 1. Section of Symmetric and Asymmetric

그러나 이 또한 막 오염 및 농도분극 현상이 필연적으로 발생하기 때문에 이러한 현상들을 줄이기 위해서는 주기적으로 역세척(back washing)이나 세제 또는 화학약품 등으로 막표면을 세척하는 과정이 필

수적이며 이를 위해서는 정상적인 조업을 일시 중단해야 하는 시간적인 손실을 감수해야 한다[4].

따라서 막오염의 제어 및 농도분극 현상을 최소화시킬 수 있는 기술이 개발되어야 하며 이에 일환으로 일반적인 막분리에 쓰이는 분리막인 소수성 막의 단점인 유기물에 의한 막오염을 보완하기 위해 소수성을 친수성으로 표면개질하여 대체하는 사례가 보고되고 있으며 투과액내에 존재하는 입자성 물질들을 전기장에 의해 표면전하에 따라 입자이동의 방향성을 변화시켜 분산과 끌림에 효과로 막오염을 억제시킬 수 있는 전기여과(electrofiltration)에 대한 막투과 효과의 증진에 대해서도 보고되고 있다[3,5,6].

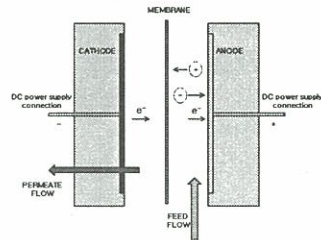


Fig. 2. Electrofiltration when an electric field is applied across a flat sheet membrane

본 연구에서는 원자력 액체 폐기물의 선택적 입자성 물질의 제거에 있어 막분리 기술에 의한 분리막 공정 도입을 위해 친수성 한외여과막과 물질전달 향상에 의한 전기여과를 접목하여 그에 따른 여과 공정 성능 및 투과 플럭스의 영향에 대해 평가하였다.

### 2. 실험

분리막으로는 10,000MWCO의 친수성 한외여과막인 Polyethersulfone(PES)막을 사용하여 여과 거동을 알아보았다. 분리 대상물질로는 단순히 fouling에 대한 영향을 알아보기 위해 오일함유 폐수를 처리물질로 정하여 모의 오일에메틸렌을 제조하여 사용하였다. 여과 공정은 Fig. 3과 같은 형태이며 일정시간 간격으로 전자저울을 사용하여 투과량을 측정하고 나머지 투과액과 잔류액은 곧바로 처음 투과용액 탱크로 재투입하여 순환시켰다.

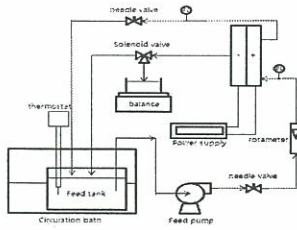


Fig. 3. Diagram of electrofiltration equipment

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 순수의 여과거동

모의 오일에밀전의 제조에 있어 초순수에 의한 여과거동을 알아보기 위해 초순수에 의한 막여과 형상과 모의 오일에밀전에 의한 투과플럭스의 감소율을 비교 평가하였다. 그 결과 초순수에 대한 플럭스의 영향은 없었고 오일에밀전에 의해서 fouling이 발생함을 보였으며 초순수에 비해 약 13%까지 감소함을 나타냈다.

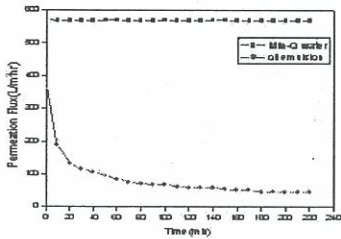


Fig. 4. The behavior of permeate flux for Mille-Q water and oil emulsion

#### 3.2 전기장의 영향

전기장에 의한 영향을 알아보기 위해 0-120V/cm로 전기장 세기의 변화를 주어 여과시 투과플럭스에 미치는 영향을 조사하였으며 전기장 세기가 커질수록 투과율의 감소가 현저히 작아지는 것을 알 수 있었으며 이로써 막오염의 지연과 투과율의 향상으로 장시간의 운전이 가능할 것으로 보인다.

#### 3.3 오일의 제거율

각 조건에 따른 여과성능을 알아보기 위해 투과액의 일정량을 채취하여 오일에밀전의 농도를 TOC로 측정 하였다. 전기장이 인가되지 않은 경우 96%의 제거율을 보인 반면 전기장 세기가 커질수록 제거율은 높아 졌고 최종 60-120V/cm의 세기에서는 약 99%의 제거율을 보였다. 이는 전기장의 영향에 따라 공정효율이 달라질 수 있음을 나타낸다.

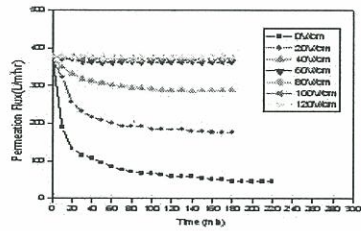


Fig. 5. The behavior of electrofiltration using PES membrane with the variation of applied external electric field

#### 4. 결론

기존의 막분리 방식의 문제점을 보완하는 방법 중 성능향상을 본 최적의 막 개질에 의한 친수성막을 선정하여 또 다른 방법인 전기장 인가 방식을 접목하였을시 그 효과에 대해 평가하였다. 그 결과 친수성막과 전기장을 접목하였을 시 기존의 친수성막에 의한 여과방식에 비해 투과효율 및 성능에서 크게 개선된 결과를 볼 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] Douglas M. Ruthven, "Encyclopedia of Separation Technology", A KirkOthmer Encyclopedia, Vol. 2, pp.1399-1405.
- [2] K.H. Choo and C.H. Lee, Understanding membrane fouling in terms of surface free energy changes, J. Colloid Interf. Sci, Vol. 226, pp.367-370, (2000).
- [3] I.J. Sung, "A study for permeation characteristics of the plate& frame membrane module equipped with protuberance", Seoul National University, (2009).
- [4] K.S. Lee, "Application of Electric field to the control of concentration polarization in ultrafiltration and bioseparation processes", Myong-Ji University (1998).
- [5] K.H. Song, K.H. Kim, S.H. Cho, K.R. Lee, J.H. Lim, S.S. Bae, "Permeation Flux of Surface-modified Hydrophilic Polysulfone Membrane", Korean Chem. Eng. Res, Vol. 42, No. 1, pp.59-64, (2004).
- [6] Hanna M. Huotari, Ingmar H. Huisman, Gun Trägårdh, "Electrically enhanced crossflow membrane filtration of oily waste water using the membrane as a cathode", Journal of Membrane Science 156, pp.49-60 (1999).