

관형막에서 왕복 운동을 하는 대류촉진체의 효과 및 모듈개발에 관한 연구

김유리, 임세준, 김종표, 민병렬
연세대학교 화학공학과

Development of Novel Tubular Membrane Module with Reciprocating Convection Promoter

Yoo-ri Kim, Se-joon Im,
Jong-pyo Kim, Byung-ryul Min
Dept. of Chemical Engineering, Yonsei University

1. 서론

O/W 에멀전을 함유하는 폐액은 산업의 발달에 따라서 부수적으로 발생하는 산업 폐기물로서 기계공업, 철강산업, 석유정제공업, 식품공업, 섬유공업 등 여러 산업분야에서 폭넓게 발생되고 있다. 이러한 오일 폐액에는 다양한 종류가 있으나 배출수의 대부분은 매우 안정한 O/W 에멀전을 포함하고 있으며 세척과 탈지에 사용한 폐수의 경우 계면활성제를 함유하고 있으므로 에멀전을 깨뜨리기가 매우 어렵다. 이러한 안정한 O/W 에멀전은 일반적으로 화학응집이나 전기영동 등의 공정에 의하여 에멀전을 파괴한 후 처리하였으나 이러한 방법은 많은 슬러지를 발생시키며 또한 처리수에 잔류하는 기름과 유기 및 무기 성분을 제거하기 위한 추가 처리가 필요하다.

현재 이러한 O/W 에멀전을 분리막을 이용하여 처리하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있으나 분리막 표면에 형성되는 케익층과 분리막 표면 근처에 형성되는 농도분극 및 분리막 전 영역에 걸쳐 발생하는 막오염으로 인한 투과유속 감소가 응용에 문제가 되고 있다.

본 연구에서는 O/W 에멀전을 분리할 수 있는 저오염 분리막 공정으로서 유체의 불안정성과 난류 촉진체로서 자세정 대류촉진체를 관형막 내에 삽입하는 형태의 새로운 분리막 모듈을 개발하고 그 세정성능을 분석하였다.

2. 실험

평균기공크기 $0.1\mu\text{m}$ 로 제조된 ceramic 관형막을 사용하여 평균 입자크기 $0.167\mu\text{m}$ 인 수용성 에멀전형 절삭유 수용액을 분리하였다. 대류 촉진체는 1) 가는(8mm), 2) 두꺼운(12mm), 3) 방해판이 있는 세 가지 형태로 제작 되었으며 solenoid valve를 사용한 흐름의 조절에 따라 위아래로 왕복 운동하면서 관형막 내부의 막 오염 현상을 줄이게 된다. Fig.1은 본 연구에서 사용된 실험장치의 개요를 나타낸 것이다. 막을 투과한 투과수는 막 주위를 감싸고 있는 아크릴 관에 모여 아래쪽 배출구를 통해 메스실린더를 거친 후 다시 공급 탱크로 되돌아가며 이때 투과수의 질량을 측정하여 투과플럭스를 구하였다. 자세정 대류촉진체 모듈의 세척 효과를 확인하기 위하여 막투과 압력, 모듈의 운동속도와 주기, 공급 용액의 농도 등을 다양하게 하여 permeate와 flux를 측정하였다. 공급용액 및 투과수 중 O/W 에멀전 농도는 탁도계를 이용하여 측정하였으며, 실험 후 O/W 에멀전에 의한 막의 오염정도와 모듈을 사용하여 세정 후 막의 상태를 SEM으로 관찰하였다.

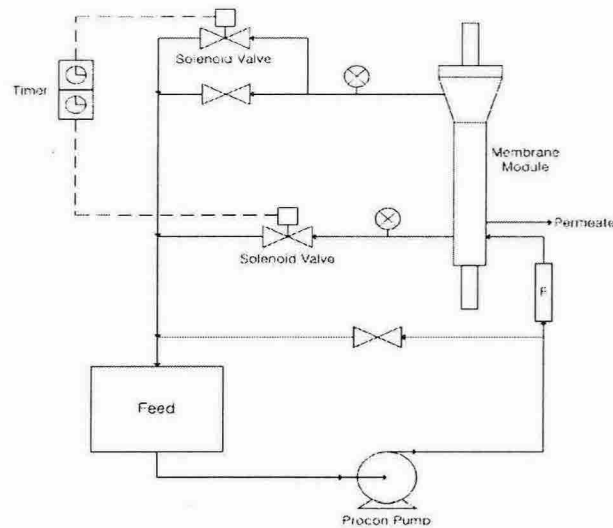


Fig. 1. 실험장치 개략도

3. 결과 및 토론

모든 조작 조건에서 대류촉진체에 의한 물질전달계수의 증가로 농도분극률을 낮출 수 있었으며 또한 cake층의 형성이 억제되어 기존의 막모듈에 비해 높은 투과성능을

얻을 수 있었다. 특히, 두꺼운 대류축진체를 20 sec-on / 1 sec-off 의 조건으로 작동시켰을 때, 대류축진체를 사용하지 않을 경우와 비교하여 투과플럭스가 약 3.32배 증가함을 볼 수 있었으며 이 운동 조건을 최적조건으로 놓을 수 있었다.

최적 조건으로 작동 시에 작용 압력과 오일 에멀전의 농도가 증가할수록 투과플럭스가 증가하는 것을 볼 수 있었으며 SEM사진으로 형태를 관찰했을 때(Fig. 4) 막 표면에 형성된 오일 에멀전 층이 대류축진체의 도입으로 효과적으로 제거되었음을 확인할 수 있었다.

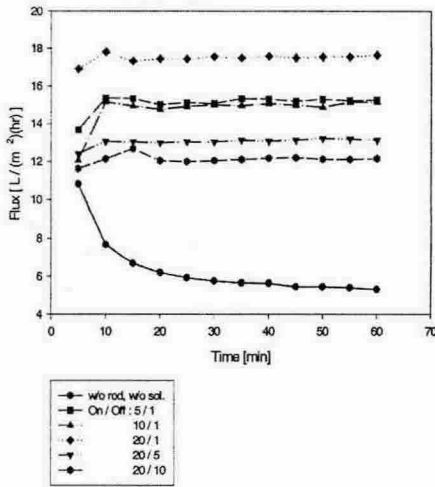


Fig. 2. 두꺼운 대류축진체 사용시 다양한 운동주기에 따른 투과플럭스 변화

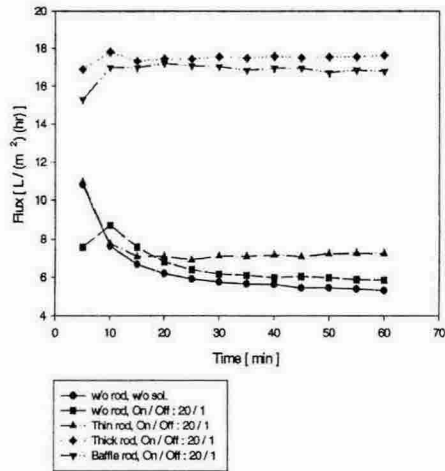


Fig. 3. 운동 주기를 20 / 1로 고정하였을 때 대류축진체의 형태에 따른 투과플럭스 변화

4. 참고문헌

1. David A. Masciola, "Tubular flux prediction for oil-in-water emulsions: analysis of series resistances" J. Membr. Sci 184 (2001) 197-208
2. M. Cheryan, "Membrane processing of oily streams. Wastewater treatment and waste reduction" J. Membr. Sci 151 (1998) 13-28
3. Andzej B. Koltuniewicz, "Process factors during removal of oil-in-water emulsions with cross-flow microfiltration" Desalination 105(1996) 79-89
4. A.B. Koltuniewicz, "Cross-flow and dead-end microfiltration of oily-water

emulsion. Part I: Experimental study and analysis of flux decline” J. Membr. Sci 102 (1995) 193-207

5. 김종표, “수용액중 오일 에멀전의 와류흐름 정밀여과 성능에 대한 연구” 연세대학교 박사학위논문 (2002)

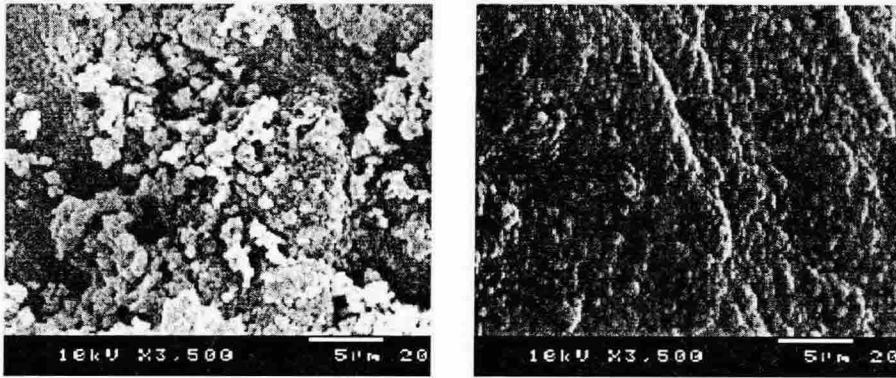


Fig. 4. 대류촉진제 도입 전·후 막의 표면 비교