

표면개질 한 UF 막으로 오일/물 에멀전의 처리

정경환, 이근우, 김길정, 정기정, 김 철

한국원자력연구소, 아주대학교*

Treatment of O/W emulsion using modified ultrafiltration membrane

Gyeong-Hwan Jeong, Kune-Woo Lee, Kil-Jeong Kim, Ki-Jung Jung and Chul Kim

Korea Atomic Energy Research Institute, Ajou University*

요 약

표면처리 한 UF 막으로 오일/물 에멀전과 오일-SDS/물 에멀전을 한 외여과 시험하였다. 고분자와 계면활성제를 polysulfon막에 흡착시켜 표면을 처리하였다. 오일-SDS/물 에멀전의 한외여과는 SDS양을 변화시키면서 수행하였다. 다양한 표면처리 한 막으로 한외여과 실험을 회분식 실험방법으로 수행하였다. 표면처리 안한 막에 대한 오일 에멀전 한외여과 시 fouling의 주요 원인이 오일 에멀전의 흡착이며, 막의 표면처리와 오일 에멀전에 계면활성제의 주입으로 뚜렷한 fouling의 저감효과가 있었다.

1. 서 론

일반적으로 한외여과막 공정에 가장 심각한 제한은 운전 중에 일어나는 유량(flux) 손실이다. 이 유량손실은 용질의 농도극성(concentration polarization)과 UF막의 fouling 즉 기공 막힘이나 흡착에 의해서 온다. 농도극성에 의한 fouling은 공정의 운전조건 변화에 의한 막 세척으로 대부분 제거될 수 있다. 그러나 흡착에 의한 fouling은 아주 짧은 시간에 비가역적으로 일어나 유량감소의 원인이 된다. 이는 일반적으로 막의 재질과 형태 그리고 용질에 따라 소수성작용(hydrophobic interaction), 수소결합, van der Waals 작용, 정전기 효과 등의 상호작용에 의해서 일어난다⁽¹⁻²⁾.

오일 함유폐액(O/W 에멀전) 처리를 위하여 한외여과막(UF)이나 마이크로 필터(MF)를 이용한 많은 연구가 보고되었다⁽³⁻⁵⁾. 원유생산 시설에서 나오는 폐수처리에서도 지방산이나 긴 사슬을 갖는 알콜 등은 공기와 물 사이에 아주 높은 친화력이 있을 뿐만 아니라 소수성 표면에도 높은 친화력을 갖고 있어 막 표면에 흡착된다. 그리고 이들 분자사이에 전기적 척력이 없으므로 흡착된 층은 점점 커져 막의 기공을 완전히 막게 된다. 이에 따라 flux는 현저히 감소될 것이다.

따라서, 오일 에멀전의 한외여과시 흡착에 의한 막의 fouling을 최소화하기 위하여 막의 재질을 친수성기/관능기로 제작하거나 오일 표면을 친수성 표면으로 바꿔줘야 할 것이다. 그러나 친수성 막이 우수한 특성을 갖고 있는 것 같지만 많은 소수성 막이 고성능 열가소성 물질로서 필름을 형성하는 특성이 좋고 기계적 강도가 뛰어날 뿐만 아니라, 산과 염기에도 강하고 열에도 강한 특성을 갖고 있기 때문에 가장 많이 사용하고 있다. 따라서 소수성 막에 친수성 막의 뛰어난 fouling 저항을 조합 할 목적으로 비교적 간단하게 막을 고분자나 계면활성제에 접촉시켜 막의 친수도를 개선시키면 매력적이 될 것이다.

본 연구에서는 polysulfone 막에 계면활성제와 고분자로 처리하여 막의 표면특성을 변화시키는 방법과, dodecane 에멀전에 계면활성제를 주입하는 방법으로 막의 flux 개선효과를 관찰하였다.

2. 실험

2-1. 실험 장치와 재료

실험장치는 Amicon사 제품의 UF stirred cell(용량 : 50m l)를 사용하였다.

장치 구성은 압력을 가하기 위한 질소 탱크와 주입압력을 일정하게 유지하기 위한 완충탱크 그리고 한외여과 cell로 되어 있다. 한외여과 cell에는 cell내의 용액조건을 균일하게 유지하기 위해서 온도조절이 가능한 자석 교반기가 부착되어 있다.

회분식 stirred cell에 사용된 막은 미국의 Amicon사에서 제조된 disc형으로서 직경이 43 mm이고 유효면적이 13.4 cm²인 막이다. 막의 재질은 소수성인 polysulfone 계(PM-30)막이고 막의 분리성을 좌우하는 두께가 약 0.1 ~ 1.5 μm의 아주 얇은 표면 층과 용매 투과가 자유로운 다공성 구조의 지지 층으로 구성된 비대칭 구조를 갖는다.

2-2. 실험 방법

에멀전은 초음파 에멀전 제조장치로 제조하였다. 이 장치로 제조된 에멀전은 평균 크기와 분포에 대한 재현성이 없기 때문에 균일한 실험조건을 유지하지는 못하였다. 그러나 동일한 order의 평균 에멀전 크기(1 ~ 3 μm)로 실험하였다. 오일 에멀전에 대한 특성실험은 UF stirred cell을 이용하였으며 용액은 오일 에멀전 용액과 오일과 계면활성제 에멀전 용액을 각각 제조하여 batch별로 막을 투과시켰다. 이때 각 용액의 막투과 실험은 batch(약 50 m l)를 연속으로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. Dodecane 에멀전의 UF

Fig. 1에 나타난 결과를 보면 계면활성제로 표면 처리하지 않은 막(PM-30 untreated membrane)으로 dodecane 에멀전을 한외여과 처

리하였을 때 실험반복횟수 초기에 막투과 flux의 급격한 하락 이후 실험 반복횟수의 증가에 따라 막투과 flux가 서서히 감소되는 경향을 보였다. 그러나 계면활성제나 고분자로 표면 처리 한 막으로 dodecane 에멀전의 한외여과 처리는 실험반복횟수 초기에 고분자의 흡착에 따른 좁아진 구경으로 그리고 기공 막힘이나 cake층의 형성으로 막투과 flux의 급격한 하락 이후 실험반복횟수의 증가에 따라 막투과 flux가 거의 일정한 경향을

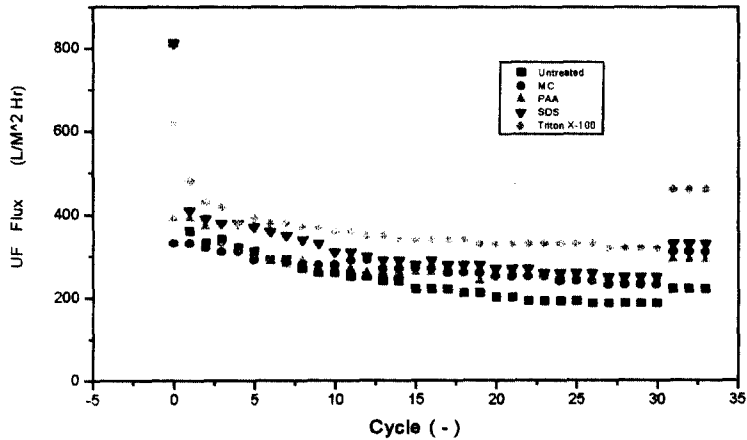


Fig. 1. The UF flux as a function of cycle, membrane PM-30, dodecane emulsion, 100 kPa.

보였다. 따라서 dodecane 에멀전의 한외여과 처리 시 실험반복횟수의 증가이후 실험반복횟수의 증가에 따라 막투과 flux가 거의 일정한 경향을 보였다. 따라서 dodecane 에멀전의 한외여과 처리시 실험반복횟수의 증가에 따라 막의 특성에 따른 효과는 표면 처리하지 않은 막이 가장 적은 막투과 flux를 나타냈고, MC와 PVA 그리고 SDS는 유사한 막투과 flux를 그리고 Triton X-100이 가장 효과가 좋게 나타났다.

3-2. Dodecane 계면활성제 에멀전의 UF

dodecane(1 ml/l)과 SDS(0.2 g/l) 증류수에 넣고 에멀전을 만들어 이 용액을 계면활성제나 고분자로 polysulfone막(PM-30)에 충분히 흡착시켜 막을 표면처리 한 후 압력 0.1 MPa로 한외여과 실험하여 실험반복횟수에 따른 막투과 flux를 관찰하였다.

Fig. 2에 나타난 결과를 보면 oil에멀전에 SDS를 첨가함으로써 한외여과 시험에서 실험 초기에는 급격한 막투과 flux의 감소를 보였지만 이후의 실험반복횟수의 증가에도 막투과 flux는 일정하게 유지되었다. MC로 표면 처리한 막으로의 dodecane-SDS 에멀전 한외여과 실험에서 막투과 flux가 가장 낮게 나타났으며 SDS와 Triton X-100으로 표면 처리한 막과 처리하지 않은 막의 dodecane-SDS 에멀전 한외여과 실험에서 거의 같은 막투과 flux가 나타났다.

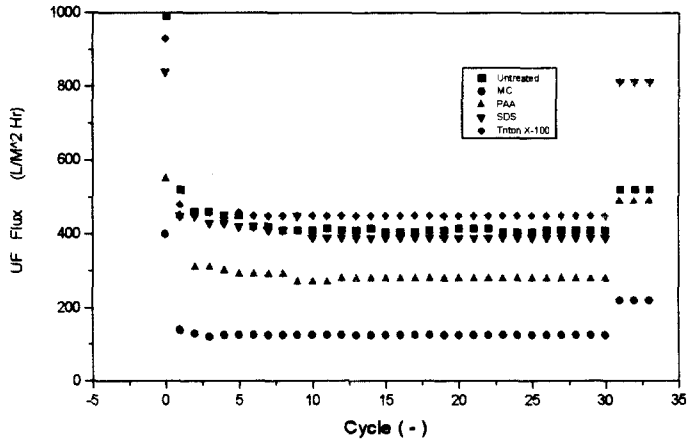


Fig. 2. The UF flux as a function of cycle, membrane PM-30, dodecane(SDS) emulsion, 100 kPa.

4. 결 론

dodecane 에멀전을 PM-30막으로 한외여과 처리한 결과 막의 Triton X-100으로 표면 처리 한 막으로 dodecane 에멀전을 한외여과 처리하였을 때 UF flux의 개선 결과가 나타났다. dodecane 에멀전에 계면활성제인 SDS를 첨가하여 PM-30막(혹은 표면 처리한 막)으로 한외여과 처리한 결과 막투과 flux가 각각 $400 \text{ l/m}^2\text{h}$ 로 나타나 SDS의 첨가가 효과적이었다.

각각의 에멀전 용액을 UF 처리가 끝나고 막을 탈염수로 세척후 flux의 비교로부터 계면활성제가 첨가된 오일 에멀전으로 한외여과 실험에서 상대 저항값이 뚜렷이 저하되었고, SDS로 표면 처리한 막으로 한외여과에서 상대 저항값이 0.03(dodecane-SDS 에멀전)으로 낮게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Porter, M.C., Handbook of Industrial Membrane Technology, Noyes Pub., New Jersey, 1990
2. Israelachvili, J.N., Intermolecular and Surface Forces, Academic Press, New York, NY, (1985)
3. Lee, S.B., Aurelle, Y. and Roques, H., J. Memb. Sci., 19 (1984), 23-28
4. Bhattacharyya, D., Jumawan, A.B., Grieves, R.B. and Harris, L.R., Sep. Sci. Technol., 14 (1979) 529 - 549
5. Juang, R.S. and Jiang, J.D., J. Membrane Sci., 96 (1994) 193 - 203