

Kaolin용액을 이용한 YEF(Yonsei End Free) 중공사막 모듈의 막투과 저항

김상훈, 윤희성, 노수홍
연세대학교 환경공학부

Cake Resistance of Kaolin Solution for Yonsei End Free(YEF) Hollow Fiber Module

Sang-Hoon Kim, Hee-Sung Yoon, Soo-hong Noh
Department of Environmental Engineering, Yonsei University

1. 서론

MF, UF 분리막의 막오염은 막표면이나 세공에서 물질의 흡착, 부착, 그리고 축적등과 같은 일련의 메카니즘에 의해 투과율을 저하시키는 결과를 초래한다^[1]. 막오염은 분리막 공정에서 커다란 경제적 손실을 가져다 줄 수 있으므로 막오염을 조절할 수 있는 인자등의 근본적인 이해는 실제 공정에서 중요한 과제이다^[2]. 본 연구는 YEF중공사막 모듈을 정수처리시설에 적용하여 처리의 안정성과 막표면에 발생하는 케이크 층의 막저항을 줄이기 위한 기초연구를 수행하였고 높은 유속으로 전단력을 크게 하여 막오염을 줄이고자 하였다. 이에 따라 YEF 모듈의 투과특성을 분석하기 위하여 이용하여, Kaolin용액의 농도변화에 따라 임계 투과율과 폭기량에 따른 투과율 변화를 관찰하였다.

본 실험에서 사용된 YEF(Yonsei End Free)중공사막 모듈은 기존 상용화된 중공사막 모듈과 다르게 하부는 고정되었고 상부의 끝이 자유로운 점이 큰 차이점이다. 가장 큰 특징 중 하나는 Air-scouring의 효과를 최대화시키는 YEF 모듈의 폭기장치를 들 수 있다. 또한 아크릴 파이프를 가드를 만들어 빠른 유속흐름을 발생하여 적은 폭기량으로 난류를 형성시켜 막오염을 제어할 수 있게 만들었다. 본 실험에서는 정밀여과막으로 YEF 모듈을 제작하여 케이크저항을 감소시킬 수 있는 조건을 고찰하였다

2. 실험 방법

본 실험에서는 SK케미칼에서 제공된 폴리설펜(polysulfone)재질의 중공사막을 사용하였고 공경(pore size)는 0.1 μm 이고 내경은 0.7 mm , 외경은 1.1mm 였다.

중공사막길이는 1200mm이고 중공사막 하단 100mm는 코팅용액으로 중공사막 외부에 두께 1.3mm가 되도록 코팅을 한 후에 4800가닥을 가지고 유효 막 면적이 15m²되게 제작하였다. 모듈의 구조를 살펴보면 중앙의 원형 파이프를 통하여 4개의 분할된 산기장치로 공기를 공급하였고 가드와 분할 산기장치는 아크릴로 제작하였고 하부의 모듈 헤드는 폴리우레탄(polyurethan) 재질로 potting을 실시하여 모듈을 제작하였다. 이는 폭기시에 공기방울들이 중공사막들 사이로 지나 위로 이동하여 유체의 흐름을 빨리하여 막 표면의 십자흐름(cross-flow)과 빠른 유속을 유도하고 중공사막의 흔들림으로 인한 막의 오염을 억제하고자 개발된 모듈이다. 모듈은 높이 3m에 지름이 400mm인 아크릴 반응조하부에 설치하였다. Kaolin의 농도와 운전압력을 변화시켜가며 막 투과실험을 실시하였다.

3. 결 과

Kaolin의 입자 크기는 0.2-0.5 μ m사이에 분포하고 평균입자 크기는 0.35 μ m 이었다. 실험에서 사용되는 정밀여과 중공사막은 공경크기가 0.1 μ m이므로 Kaolin의 평균입자보다 작다고 할 수 있기 때문에 Kaolin의 입자들에 의한 막오염 보다는 중공사막 표면에 쌓이는 케이크 층에 의한 오염이 크다고 할 수 있다. Kaolin 용액의 농도에 따라서 점도계를 이용하여 점도를 측정하였다. 실온에서 측정값을 온도보정을 통해 25 $^{\circ}$ C에서 값으로 나타내었다. 0.1%, 0.5%, 1%, 2% Kaolin용액에서의 점도는 각각 1.055, 1.065, 1.08, 1.12cps 값을 나타내었다.

3.1 Kaolin 농도변화에 따른 임계 플럭스의 변화

임계플럭스의 산출은 Kaolin 용액의 농도가 각각 0.1%, 0.5%, 1%, 2%에서 정밀여과 중공사막으로 제작된 YEF모듈을 가지고 각 농도에서 폭기량을 80L/min으로 일정하게 공급하여 수행하였다. 각 Kaolin의 농도에서 임계플럭스는 33LMH(20cmHg), 30LMH(20cmHg), 22LMH(20cmHg), 12LMH(15cmHg)이었다.

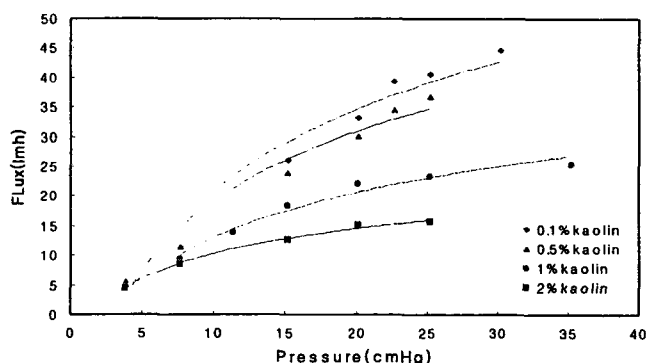


Fig.1. Variation of flux with different kaolin concentrations

3.2 Kaolin 농도와 폭기량에 따른 투과 특성

0.1%, 0.5%, 1%, 2%(wt/wt) Kaolin 농도에서와 각각의 임계플럭스와 압력에서 폭기량 변화에 따른 플럭스 변화 실험을 수행하였다.

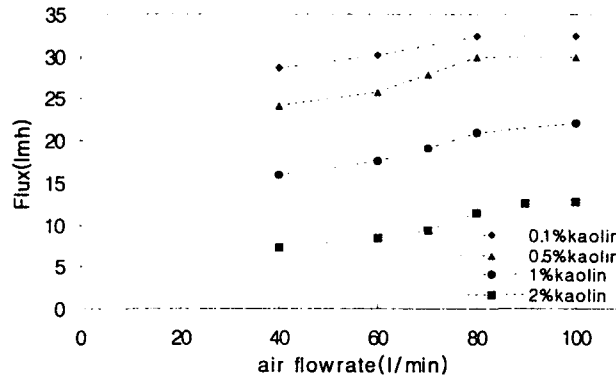


Fig.2 Variation of flux with air flowrate on critical flux

Fig.2는 Kaolin의 각각 농도에 따라서 폭기량에 의한 플럭스 변화를 보여주고 있다. 위에서와 같이 폭기량과 플럭스는 비례관계에 있으나 어느 일정한 폭기량 이상에서 플럭스가 증가 하지 않는다는 것을 알 수 있다.

3.3 Kaolin 농도와 폭기량에 따른 케이크 저항(Cake Resistance, Rc)

Fig.3에서와 농도가 커질수록 케이크 저항이 커져 막 오염의 주 원인으로 작용하고 폭기량이 클수록 케이크 저항은 감소하였지만 2% Kaolin농도에서 Reynold's수 20,000 이상일 때에 케이크 저항 감소가 크게 줄어들지 않는 임계점이 존재한다는 사실을 알 수 있다.

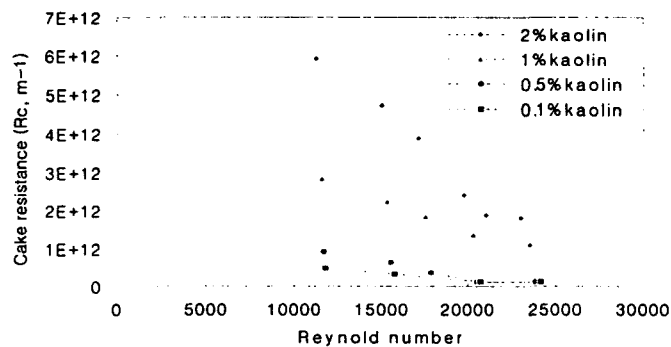


Fig.3. Cake resistance with Re. number ; 0.1, 0.5, 1, 2% kaolin

4. 결 론

YEF모듈은 아크릴 파이프로 산기량의 유실을 막아 막에 직접 폭기를 시켜주므로써 산기량의 증가에 따른 플럭스의 증가를 명확히 관찰할 수 있었다. 즉, 막 표면에 침전되는 케이크의 양을 폭기를 통해 억제 시킴으로써 오염되어 감소된 플럭스를 회복시키고 일정한 플럭스에서 운전할 수 있었다. 폭기량을 증가시켜 플럭스의 감소를 억제하는데도 더 이상은 폭기에 의해 감소효과가 증가하지 않는 임계점이 존재하므로 경제적인 운전을 위해서는 최적화된 임계플럭스와 폭기량을 산출하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

1. C. A. Romero, R.H. Davis, Transient model of crossflow microfiltration, Chem. Eng. Sci. 45(1), 1990, 13-25
2. G. Schulz, S. Ripperger, Concentration polarization in crossflow microfiltration, J. Membrane
3. Claudio M. S, Douglas W. R., Hadi H., Hamid R. R., Kimberly A.W., Model for flux prediction in high-shear microfiltration systems, J. Membr. Sci., 173, 2000, 87-98
4. Porter M. C., Handbook of industrial membrane technology, Noyes Publications, 1990
5. Ueda T., Hata K., and Kikuoka Y., Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor, Wat. Sci. Tech. 34, 1996, 189-196