

Single Rotary Disk 한외여과 모듈의 분리특성

안승호, 노수홍
연세대학교 환경과학과

한외여과공정에서 막 표면의 Fouling 현상은 막분리공정의 경제성을 결정하는 중요한 변수가 된다. 막의 Fouling을 줄이기 위해서 Fouling이 잘 안되는 분리막 재질의 개발, 막표면의 농도분극 현상을 최소화 시키는 막모듈의 개발, Fouling 된 막의 세척에 관한 연구, 전처리 기술개발 등의 연구가 수행되었다.

농도분극현상을 줄이기 위해서는 Spiral Wound, Tubular, Hollow Fiber, Capillary, Flat Sheet 모듈 등의 막표면에 유체의 속도를 증가시키는 방법과 유체속에서 막 자체를 움직이는 Rotating Cylinder Module(RCM)과 Rotary Disk Module(RDM) 등을 사용하는 방법이 있다. RCM은 생물공학 분야에서 미생물의 분리 및 발효 물질의 회수에 사용되었다. RDM은 생물학적 폐수처리에서 미생물의 농도를 1 - 2% 정도로 높혀 반응조의 부피를 줄이고 부유물질이 거의 없는 처리수를 얻는데 사용되었다. RDM의 응용에 관한 연구는 부분적으로 수행되었으나 분리 특성에 관한 기초연구는 초보적인 단계이다. 본 연구에서는 Single RDM을 사용하여 한외여과막의 분리특성을 조사하였다. 원판형 한외여과 막이 수용액속에서 회전을 할 때 순수투과율은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$J = \frac{P - P^*}{R_m} \quad \text{--- (1)}$$

여기서 P*는 막표면에서의 미끄럼 흐름과 원심력에 의한 유효압력손실을 나타내며 Rm은 한외여과막의 저항, P는 적용압력이다. 모듈의 회전수가 커지면 막표면에서의 미끄럼 흐름과 원심력의 증가로 인한 유효압력손실이 상대적으로 커지므로 순수투과율은 줄어든다. 그러나 Fouling에 의한 저항은 감소된다.

재료 및 실험

본 실험에서는 지름 20cm의 원판에 UOP사의 Polysulfone 한외여과막을 장치하였으며 Stepping Motor를 이용하여 원판막의 회전수를 500 rpm 까지 조절하였다. 진공펌프를 이용하여 흡입방식으로 700mmHg 까지 운전압력을 변화하여 운전하였다. Baffle과 냉각수 Jacket이 장착된 원형 아크릴통을 사용하여 운전 온도를 +/- 0.2°C 내로 조절하였다. 막투과율은 전자저울을 이용하여 일정기간 얻어지는 투과수의 무게를 측정하여 계산하였다. 순수, 0.1 - 1.0 %의 Kaolin 용액, 합성 질산염 폐수 등을 사용하여 회전수, 운전압력변화에 따른 투과율의 변화를 측정하였다. Batch 형태로 운전하면서 일정

일정농도를 유지하기 위하여 투과수를 Recycle 하였고 운전시간에 따른 투과율의 감소도 측정하였다. 여기에 사용된 장치의 모식도는 Fig. 1 과 같다.

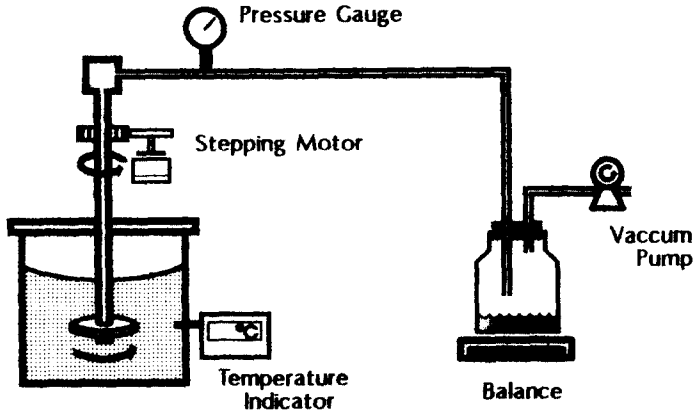


Fig.1 A Schematic Diagram of a Single Rotary Disk UF System.

결과 및 고찰

순수실험에서 얻어진 압력에 따른 순수투과율은 100 - 150 LMH($l/m^2/hr$) 범위이며 Fig. 2 에 나타내었다. Fig. 3 에는 회전수의 변화에 따른 순수투과율을 50cm Hg, 60cm Hg, 70cm Hg 압력에서 측정한 결과를 보여 주었다. 회전수가 150 rpm 넘을 때 투과율이 약간 감소하는 경향을 보였다. 이 투과율의 감소는 막표면의 미끄럼과 원심력에 의한 유효압력손실(P^*)이 증가함에 따른 결과라 유추된다. 운전압력이 커지고 회전수가 증가할수록 순수투과율 감소현상은 현저히 나타날 것이다.

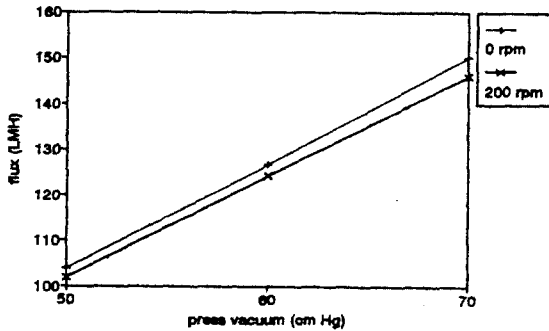


Fig.2 Effects of Pressure on Pure Water Flux.

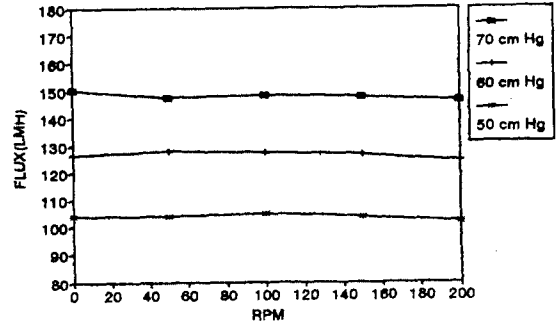


Fig.3 Effects of Rotating Speed on Pure Water Flux.

부유물질에 의한 투과율의 변화를 조사하기 위하여 Kaolin 용액을 이용한 투과율 실험을 하였다. 0.1% 농도에서는 시간에 따른 투과율의 변화는 거의 없었으나 1.0% Kaolin 용액에서는 Fig. 4 에서와 같이 초기 투과율이 152 LMH 에서 90 분이 지난후에는 130 LMH 로 14.5% 감소하였다.

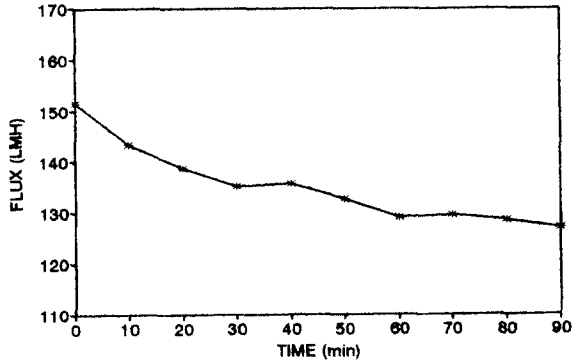


Fig.4 Decline of Permeate Flux Due to Fouling.

(1% Kaolin Sol. 70cm Hg Vacuum, 50rpm)

본 연구에서는 RDM 의 분리 및 Fouling 특성에 관한 기초실험을 원판막 1개를 이용하여 실행하였다. 한외여과 원판막이 회전하지 않을 때 순수투과율은 평막에서와 같은 값을 가지나 회전속도와 운전압력이 증가할수록 투과율의 점진적인 감소를 나타내었다. 부유물질에 의한 투과율의 감소현상은 0.1% Kaolin 용액에서는 거의 관찰되지 않았다. 그러나 1.0% Kaolin 용액에서는 운전시간 90분 후에 14.5% 투과율의 감소를 나타내었다.