

일반강연 III-11

회전원판형 한외여과의 투과면의 압력손실

박지훈, 장진호, 노수홍
연세대학교 환경공학과

Permeate sides pressure drop in rotary disc of ultrafiltration

Ji-hoon Park, Jin-ho Chang, Soo-hong Noh
Department of Environmental Engineering, Yonsei University

1. 서론

폐수의 형태 및 성상과 막의 특성에 의해 한외여과는 처리수의 직접배출 또는 재 이용을 위해 사용되고있다.[1] 일본의 Masuda등은 1축 RDM을 사용하여 순수에서 회전에 따른 압력 강하를 관찰하고, 또 도시 하수처리 공정의 활성슬러지를 분리하기 위해 Aqua Renaissance '90프로젝트의 일환으로 도시 하수처리에 2축 RDM이 사용되었다.[2] 동력학적 여과의 투과모델은 김제우 등에 의해 정립된 식을 이용하여 동력학적 여과기의 투과율(J)은 일반적으로 유효압력차(ΔP_T), 벌크의 농도(C_B) 그리고 회전속도 등에 의해 결정되어진다.[3] 기존에 제시된[5] 회전원판 모듈의 순수 투과에서 permeate side의 저항(R_p)값은 막자체의 저항(R_m)에 비해 상대적 작아 무시되었다.

본 연구는 1축 RDM 한외여과에서 투과율에 영향을 미치는 저항(R)에서 판자체에 변형을 주어 permeate side에서 저항(R_p)에 대한 영향에 관하여 연구를 수행하였다.

2. 이론

투과율(J)과 저항(R)과의 관계는 다음의 저항모델을 이용한 투과모델로 표현된다.

$$J = \frac{\Delta P_T}{R} = \frac{\Delta P_T}{R_m + R_f + R_p + R_g} \quad (1)$$

J : Flux[lmh], ΔP_T : Effective transmembrane Press.[Pa],
R : Resistance [m/s], R_m : Resistance of membrane[m/s],
 R_f : Resistance of fouling[m/s], R_g : Resistance of gel & polarization[m/s],
 R_p : Resistance of permeate side [m/s]

순수 투과율에서는 R_f , R_g 값은 무시되며, 식을 다시 정리하면

$$J = \frac{\Delta P_T}{R_m + R_p} \quad (2)$$

다시 R_m , R_p 를 R_m' 로 표현하면, 압력과 투과율의 1차 식으로 표현할 수 있으며 R_m 는 막 자체에 의한 저항이므로 일정한 값을 갖는다. 결국, 압력에 따른 R_p 의 대한 값을 얻을 수 있다.

3. 실험

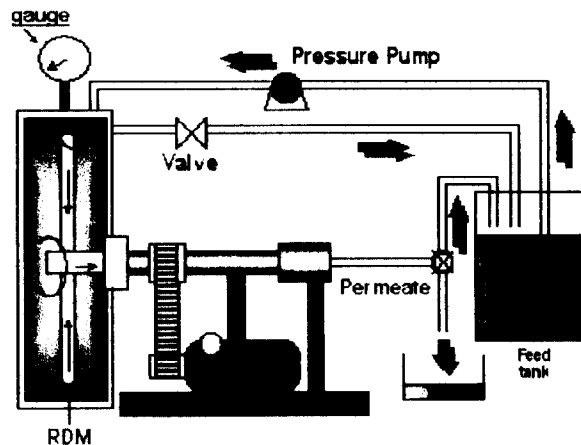


Fig. 1 Schematic diagram of Rotary Disk Membrane Module

1축 회전판형 막모듈의 개략적인 구조를 Fig. 1에 나타내었다. 회전판막은 TriSep사의 polysulfone 한외여과막(MWCO 100,000)을 사용하여 직경 0.2m, 두께 3mm의 ABS판을 지지판으로 하여 제작하였다.

회전에 따른 순수투과율과 압력 변화에 따른 순수투과율을 측정 했으며, permeate side의 저항을 측정하기 위해서 회전판 자체 측면에 구멍을 내어 투과수가 지나가도록 했으며, 원판 표면에 방사형으로 홈을 내어 투과수 흐름의 저항을 줄이는 방법으로 순수 투과율을 측정, 각각의 형태에 따른 순수 투과율에 따른 저항값을 비교했으며, 압력의 변화는 0~1.0 Kg/cm²로 변화시키며 측정하였으며, 각각의 압력에서 0~300rpm으로 회전 속도를 증가시키며 순수투과율을 측정하였다. 비교실험을 위해 (주)삼화유업의 수용성인 상업용 압연류 RH-32를 5%로 희석하여 사용였다.

4. 결과 및 토론

압력을 고정시킨 상태에서 회전에 의한 압력손실을 Fig. 2에 나타내었다. 각각의 모듈마다 회전수가 증가할수록 투과율이 감소함을 보이고 있다.

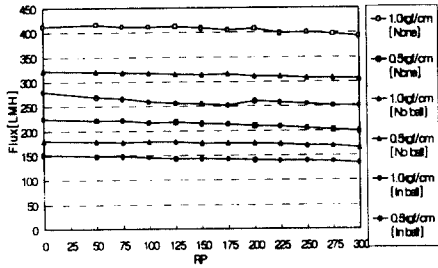


Fig. 2 Effect of rotation speed on pure water flux of different type modules at 0.5, 1.0kgf/cm²

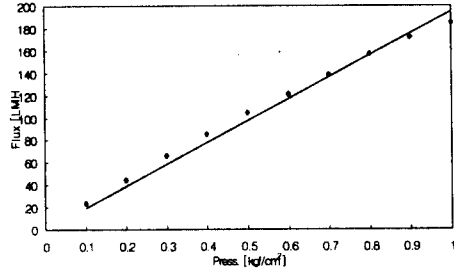


Fig.3 Variation of pure water flux by transmembrane pressure at 0rpm

Fig. 3에서는 회전이 없고 방사형 판이 아닌 경우에서의 순수투과율 변화를 보이고 있으며, 역시 압력에 따라 일정한 증가를 보이고 있다. 이 관찰을 통해 투과율이 ΔP_T 에 비례하는 관계를 확인하였다.

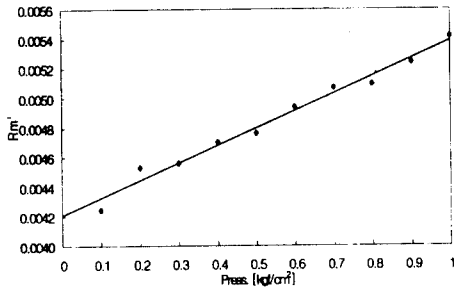


Fig. 4 Effect of R_m' by transmembrane pressure at 0rpm [no ball type]

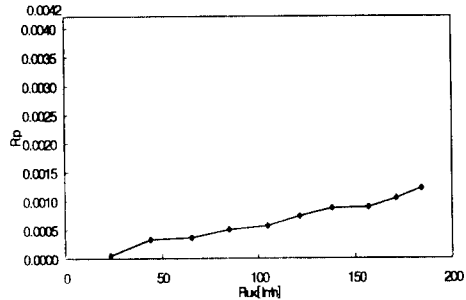


Fig. 5 Effect of R_p by pure water flux at 0rpm [no ball type]

순수투과에서 압력 증가에 따라 저항값은 점점 증가하는데 Fig. 4에 R_m' 는 ΔP_T 와 역시 일정하게 비례하는 상관관계를 보이고 있다. 여기서, R_m' 는 식 (2)에서 보듯이 R_m 과 R_p 의 합으로 나타나며, 또 R_m 은 막자체에 가지는 고유 저항이므로 Fig. 5에서처럼 R_p 와 ΔP_T 와의 비례 관계로 나타나는데 R_m 값 (0.0042)에 비해 낮은 투과율 범위에서는 R_p 에 의한 영향이 적으나 투과율 증가함에 따라 투과손실이 커지는 관계를 보이고 있다.

Fig. 6은 2가지 형태의 모듈에서 R_p 값을 나타내었는데 지지판에 흐름을 좀 더 용이 하게 하기 위해 만든 방사형 모듈에서 R_p 값이 상대적으로 더 낮은 값을 보이고 있다. 비교실험으로 얻어진 Oil-emulsion의 경우 flux가 40~50lmh로 낮은 값을 갖는데 낮은 flux 범위에서의 R_p 에 의한 영향은 앞서 보인 R_m 에 비해 상대적으로 적은 값을 나타낸다.

이상의 사실로 보아 실제 permeate side에서의 투과손실은 모듈의 형태에 관

계없이 낮은 Flux 범위에서는 영향이 전체 투과손실에 비해 상당히 작았다.

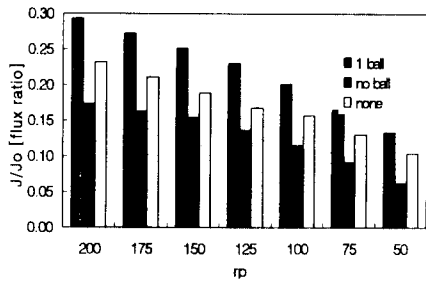


Fig. 7. Flux ratio of oil emulsion and pure water flux, J/J_0

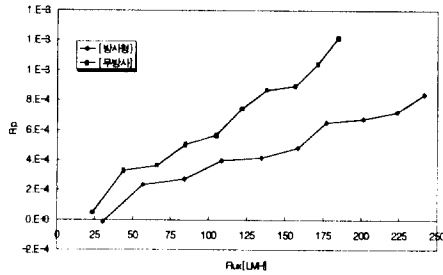


Fig 6. Compare no-ball type with 1-ball type by flux at 0rpm

리고, 새로운 형태인 One ball UF 모듈에서 막 표면에서 농도분극 현상이 기존의 module에 비해 상대적으로 적었으며, module의 장기 사용에도 비교적 용이하다고 하겠다.

5. 참고문헌

1. M. Belkacem, D. Hadjiv & Y. Aurelle, *The Chem. Eng. J.*, 56, 27 (1995).
2. M. Ohnishi, et al., *Abstract of ICOM '90 Vol. II*, "Performance of activated sludge filtration by rotary disk type UF module", p.1103 (1990)
3. 김제우, "회전판 막모듈을 이용한 Oil emulsion의 분리특성 연구", 석사학위 논문, 연세대학교, 1995
4. Munir Cheryan, "Ultrafiltration Handbook", Technomic Pub. Co., Pennsylvania, (1984)
5. 장진호 "2축 회전판형 막모듈의 오일에멀전 투과모델에 관한연구" 석사학위 논문, 연세대학교, 1997