

회전판형 나노여과 막모듈의 잉크세척폐수 투과조건 최적화에 관한 연구

최승희, 최찬섭, 박범성, 노수홍
연세대학교 환경공학과

Optimum Experimental Conditions of Rotating Disc Module with NF Membrane for Water-based Ink Cleansing Wastewater.

Seoung-Hee Choi, Chan-Sup Choi, Beom-Seong Park, Soo-Hong Noh
Department of Environmental Engineering, Yonsei University.

1. 서론

후렉소 잉크 (Flexographic Ink)는 판지 및 종이 상자의 인쇄에 널리 쓰이고 있으며 주성분은 금속 산화물질인 각종 안료(Pigment), 아크릴계수지 접합제(Binder), 계면활성제 또는 고분자 전해질인 분산제, 실리콘계 소포제(Antifoamer) 및 용매(Solvent) 등으로 이루어져 있다. 최근 후렉소 잉크의 사용량이 점점 늘어남에 따라 공정상 새로운 색의 교환을 위해 기존의 잉크를 세척한 후 방출하게 되는 잉크세척폐수의 배출량 역시 날로 증가되고 있고, 인체에 유해한 유기물질과 색도를 다량 함유하고 있기 때문에 수질오염의 가능성이 매우 높아지고 있다.

회전판형 막모듈은 막자체를 용액 속에서 회전시킴으로서 높은 전단응력(shear stress)으로 난류(turbulence)를 형성하여 케이크층과 농도분극 현상을 감소시킬 수 있다. 동력학적 여과의 투과모델은 김제우 등에 의해 정립된 식을 이용하여 동력학적 여과기의 투과율(J)은 일반적으로 유효압력차(ΔP_T), 농도(C_B) 그리고 회전속도 등에 의해 결정되어진다.

본 연구에서는 잉크세척폐수를 처리하기 위해 나노여과막을 이용한 농축에 영향을 미치는 여러 조건들을 확인하여 농축 처리시 필요한 최적조건을 구하기 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험

1축 회전판형 막모듈의 개략적인 구조를 Fig. 1에 나타내었다. 회전판막

은 TriSep社의 나노여과막을 사용하여 직경 0.2m, 두께 3mm의 ABS판을 지지판으로 하여 제작하였다.

회전 및 압력변화에 따른 순수투과율과 염용액의 투과율 및 배제율을 측정하였다. 압력범위는 5~15kg/cm²에서 수행하였고, 각각의 압력에서 0~500rpm으로 회전속도를 변화시키면서 투과율 및 배제율을 측정하였다.

실패수 실험시 K社에서 판지 제조시 수용성 잉크를 이용한 인쇄작업에서 발생하는 세척폐수를 사용하여 회전 및 압력 조건을 변화시키면서 투과율 및 전기 전도도 배제율, TOC 배제율을 측정하였다. 회전수 0~500rpm, 압력은 5~15kg/cm²로 변화시키면서 분리 특성을 확인 후, 회전수 175rpm, 압력 5kg/cm²에서 5배까지 농축하였다.

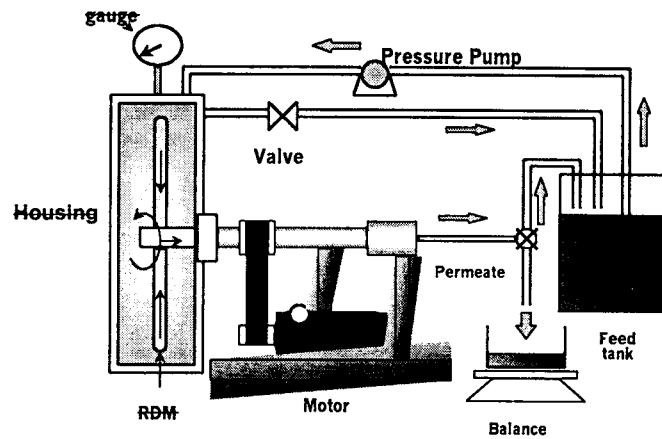


Fig.1 Schematic diagram of rotary disc membrane module

3. 결과 및 토론

K社에서 판지 인쇄 공정시 세척과정에서 발생하는 실패수를 사용하여 5kg/cm²의 압력으로 고정하고, 투과수를 재순환 시켜서 농도를 고정시킨 상태에서 막 회전속도 변화에 따른 투과율을 확인한 실험 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 폐수의 TOC 농도가 122,300ppm이고, 회전속도를 100rpm에서 500rpm으로 증가시켰을 때 투과율은 7.4~10.5 l/m²·hr로 증가하였다. 회전속도가 증가할 때 투과율이 증가하는 현상은 막 표면에서 유체의 회전속도가 증가하면 유체에 난류(turbulence)가 형성되고, 이 난류에 의해 농도 분극층에 쌓인 것들이 빠르게 bulk 쪽으로 확산이 일어나고, 또 막 표면에서

shear stress가 증가하기 때문이다.

각 회전속도에서 안정된 투과율과 모델식에 의해 계산된 값의 비교를 Fig. 3에 나타내었다. 회전수가 300rpm 이상에서는 회전속도가 증가함에도 불구하고 일정한 투과율이 측정되었는데 이것은 임계 회전속도 이상에서는 회전속도가 증가해도 농도 분극층의 감소효과가 적기 때문이다.

회전수가 증가함에도 투과율이 증가하지 않는 회전수인 300rpm에서 압력이 증가할 때의 투과율의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 압력이 증가하여도 순수투과율의 경우처럼 투과율이 비례하여 증가하지 않고 오히려 빠른 투과율의 감소를 확인하였다. 이는 보다 높은 압력에서 케이크층의 압밀도가 더 많이 진행되기 때문이다.

압력을 5kg/cm^2 로 회전수를 175rpm으로 고정시킨 상태에서 잉크세척 폐수의 농축실험 결과와 모델식에 의해 계산된 값의 비교를 Fig. 5에 나타내었다. 이 실험은 5배 농축까지의 실험으로 simple batch system으로 초기 부피 20L에서 최종 부피 4L까지 수행하였다.

초기 부피에서 5배 농축될 때까지 Flux가 18.6 lmh에서 7.7 lmh까지 감소하였고 원수의 TOC 농도는 19,360ppm에서 94,800ppm까지 약 5배 증가하는 동안 배제율은 93% 이상으로 유지되었으며, 전기 전도도 농도는 $2,550\mu\text{s/cm}$ 에서 $6,700\mu\text{s/cm}$ 로 약 2.6배 증가하는 동안 배제율은 70~75%로 유지되었다. 농축 실험후 증류수로만 flushing 했을 때 순수투과율의 회복율은 88%이고, 세제를 이용해 세척했을 때 순수투과율의 회복율은 91%의 높은 회복율을 보였다.

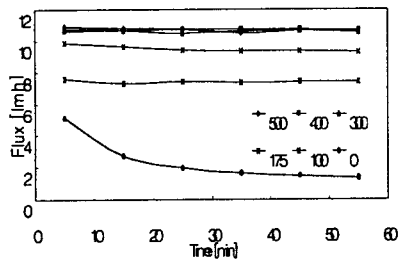


Fig.2 Effect of rotating speed on flux for water-based ink cleansing wastewater at 5kg/cm^2

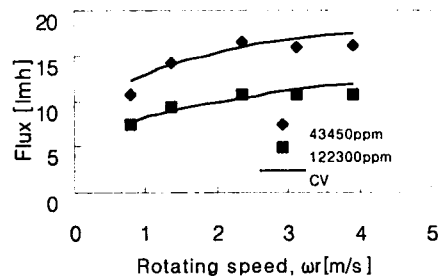


Fig.3 Effect of rotating speed on flux compared with calculated flux by the model eqn.

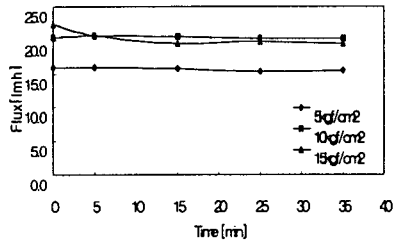


Fig.4 Effect of pressure on flux for water-based ink cleansing wastewater at 300rpm

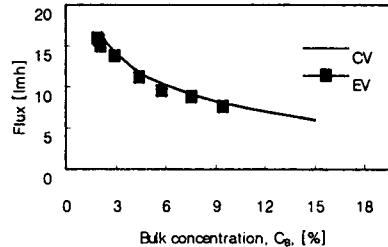


Fig.5 Comparison of actual flux and calculated flux with the model eqn. during volume reduction

4. 참고문헌

1. 김제우, “ 회전판 막모듈을 이용한 Oil emulsion의 분리특성 연구”, 연세대학교 석사학위논문, (1995)
2. N.R. wiesner, J. Engler, “Development of a rotating disk membrane for treating aqueous stream with high solids concentrations”, NAMS '96, (1996)
3. 장진호, “2축 회전판형 막모듈의 오일에멀전 투과모델에 관한 연구”, 연세대학교 석사학위논문, (1997)
4. M.M. Dal-Cin, C.N. Lick, A. Kumar, S. Lealess, “Dispersed phase back transport during ultrafiltration of cutting oil emulsions with a spinning membrane disc geometry”, J. of Mem. Sci., 141 (1998)
5. 박지훈, 최승희, 장진호, 노수홍, “역충격형 회전원판 막을 이용한 압연 유 농축”, 한국막학회 춘계학술대회, pp123-126, (1999)
6. 박지훈. “역충격형 회전판 막 모듈에서 투과면의 압력손실과 분리특성”, 연세대학교 석사학위논문 (1999)
7. S. H. Noh, C. S. Choi, J. H. Park and K. H. Lee, “Application of Rotary Disc Membrane Module for NF Separation”. The 2nd Korea-Italy Workshop, pp59-62, (1999)
8. 최승희, 최찬섭, 노수홍, “회전판형 나노여과막을 이용한 잉크세척폐수의 농축”, 한국막학회 추계학술대회, pp97-100, (2000)
9. S. H. Choi, C. S. Choi, S. H. Noh and K. H. Lee, “Treatment of Water-based Ink Cleansing Wastewater by Using Rotating Disc Module with NF Membranes”. Euromembrane 2000, pp72-73, (2000)