

회전원판을 이용한 침지형 MBR시스템의 투과특성

조영수, 정건용
서울산업대학교 화학공학과

Permeation Characteristics of a Submerged MBR System Using Rotating Disk

Young Su Cho, Kun Yong Chung
Dept. of Chemical Eng., Seoul National University of Technology

1. 서론

수자원 고갈에 따른 물의 효과적인 재이용과 최근 고유가시대에 따른 에너지 절약형 공정의 필요성이 증대하면서 분리막 공정에 관한 연구와 응용은 국내·외적으로 더욱 급속하게 확대되고 있다. 그러나 분리막 공정중 불가피하게 동반되는 막오염과 농도분극화 현상은 운전시간이 경과함에 따라서 분리막 표면에 케이크층 형성 또는 세공막힘을 유발하여 분리막 공정의 효율성과 경제성을 크게 저하시킨다. 따라서 분리막 표면의 개질을 통한 anti-fouling 분리막의 제조기술 개발이나 막모듈 기본 형태의 설계를 변형 및 조작방법을 달리하여 유로내에 불안정한 흐름을 유발시켜 막오염 발생을 억제시키는 연구가 있었다. 이러한 연구의 일환으로 나노여과 회전판형 분리막을 자체 회전시켜 높은 전단응력으로 난류를 형성하여 양돈폐수처리에 따른 막오염 형성을 억제시키는 연구^[1]와 산업폐수와 광물 현탁액의 여과에 대한 동력학적 여과로 여러 형태의 회전판을 적용한 연구가 있었다^[2]. 본 연구에서는 기존의 침지형 공정에 회전원판을 도입하여 구조적으로는 침지형 공정의 안정성과 간결함을 유지하였다. 그리고 회전원판을 도입하여 막 자체의 회전보다는 막을 고정시켜 최대한 안정적인 투과유속을 확보하고 적은 에너지 소비로 막 표면에 막오염 형성을 억제하도록 설계하였다. 투과성능 실험은 주요 정수처리 대상중 하나인 점토 광물에 대해 동일한 공정 조건하에서 침지형과 회전원판을 적용한 공정을 비교 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 분리막 및 수용액

분리막은 공칭세공크기 $0.2\mu\text{m}$, 막면적 0.09m^2 이며, PES(polyether sulfone)재질의 MF평막 모듈을 사용하였다. 원료용액은 점토광물(예: 카올린)을 사용하였고, 일정 농도별로 제조하여 실험하였다.

2.2. 실험장치

Fig. 1 에서와 같이 반응조 내부에는 모터와 연결된 날개가 달린 3개의 회전원판이 있으며, 회전원판 사이에 2장의 분리막 모듈이 결합되도록 설계되었다. 반응조 하부에는 원료용액의 혼합을 위해 튜브에 일정 간격으로 기공을 만들어 공기를 불어넣었다.

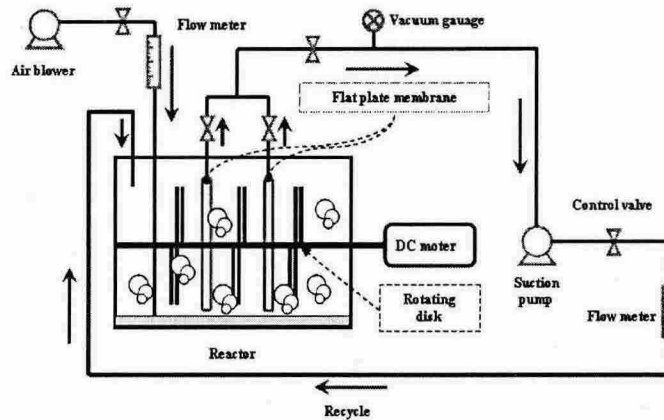


Fig. 1. A schematic diagram of submerged membrane system using rotating disk process.

2.3. 실험방법

투과실험은 감압식, 정속유량 방식으로 감압펌프를 이용하여 여과하였고, 처리수는 압력게이지와 밸브 및 유량계를 통과하여 다시 반응조로 순환시켰다. 실험방법은 농도별로 제조된 원료용액에 회전원판을 적용하여 120 에서 0rpm까지 일정 간격으로 감소시키면서 실험 하였다. 투과시간에 따른 차압의 변화는 5분 간격으로 측정하였고, 제거율은 처리수의 NTU를 측정하여 계산하였다.

3. 실험결과 및 토론

Fig. 2는 투과유속을 $60\text{LMH}(\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{hr})$ 로 일정하게 유지시키면서 회전원판의 회전속도를 120rpm까지 변환시킬 경우, 카올린농도에 따른 흡입(suction)압력의 변화를 나타낸 것이다. 또한 카올린입자의 제거율은 농도변화에 관계없이 99%이상으로 높았다.

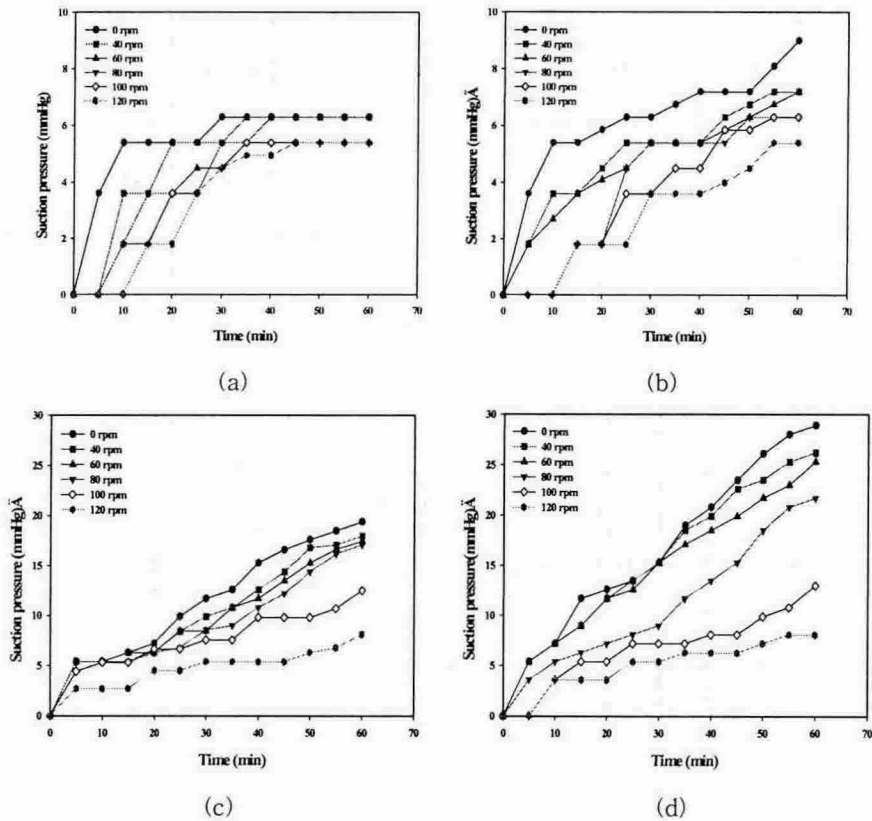


Fig. 2. Suction pressure for (a) 0.1wt%, (b) 0.2wt%, (c) 0.3wt% and (d) 0.4wt% kaolin solutions as a function of rpm at 60LMH and $24 \pm 1^\circ\text{C}$.

카올린 농도가 0.1wt%[Fig. 2(a)]일 경우, 회전원판의 rpm에 따른 차압의 변화가 거의 없었으며, 0.2wt%[Fig. 2(b)]일 경우에도 0.1wt%에 비해 조금 더 높은 차압의 변화를 보이지만 10mmHg이하로 작았다. 이는 카올린 입자의 농도가 상대적으로 낮아서 분리막 표면에 막오염 저항이 높지 않았기 때문에 회전원판에 의한 막오염 감소효과도 크지 않다고 판단된다. 그러나 카올린 농도가 0.3wt%가 되면 분리막 표면

에 형성되는 케이크저항이 증가하여 일정한 60LMH의 투과유속을 얻기 위하여 0rpm, 투과시간 60분일 경우, 약 20mmHg까지 증가 하였다. 그러나 회전원판을 이용한 막 오염 감소효과도 현저하게 증가하며 120rpm일 경우 0.1wt%내지 0.2wt% 카올린의 경우보다 조금 높은 8mmHg 수준이었다. 0.4wt% 카올린 입자에 경우[Fig. 2(d)]에서는 막오염 현상이 더욱 심하였지만 반면에 회전원판에 의한 막오염 감소효과는 Table 1에서와 같이 효과가 있었다.

Table 1. Ratios of suction pressure for 0 rpm to that for 120 rpm at 60LMH and 60mins.

	0.1wt%	0.2wt%	0.3wt%	0.4wt%
$\frac{\text{Suction pressure at 0 rpm}}{\text{Suction pressure at 120 rpm}}$	1.2	1.7	2.4	3.7

4. 결론

카올린을 대상으로 한 실험에서 회전원판에 의한 막오염 억제 효과는 원료용액의 농도와 회전원판의 회전속도가 증가함에 따라 그 효과는 크게 증가하였다. 카올린 0.3wt%와 0.4wt%에서 회전원판의 회전수가 100rpm, 120rpm일 때의 흡입압력이 거의 일치하고 있으며, 농도에 상관없이 최소 100rpm 이상일 때 효율이 가장 좋았다. 이 투과실험에서의 최적의 공정 조건은 카올린 농도 0.4wt%, 회전원판이 120rpm일 경우이며, 회전원판이 없을 경우보다 3.7배의 막오염 억제 효과를 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

1. 이 영, 최찬섭, 노수홍, “양돈폐수 처리를 위한 나노여과 회전판형 분리막 모듈의 특성 연구”, 한국막학회 추계학술대회(2003), pp116-119.
2. Roger Bouzerar, Patrick Paullier, Michel Y.Jaffrin, “Concentration of mineral suspensions and industrial effluents using a rotating disk dynamic filtration module” Desalination, vol 158(2003), pp79-85.
3. Luhui Ding, Omar Al-Akoum, Antoine Abraham, Michel Y.Jaffrin, “Milk protein concentration by ultrafiltration with rotating disk modules”, Desalination, vol 144(2002), pp307-311.