

## 알루미나 현탁액에 의한 정밀여과막의 오염특성

남석태, 한명진,  
경일대학교 공과대학 생명화학공학과

### Fouling Characteristics of Microfiltration Membrane by Alumina Colloidal Suspensions

Suk-Tae Nam, Myeong-Jin Han

Department of Bio · Chemical Engineering, Kyungil University,  
Kyungbuk 712-701, Korea

#### 1. 서 론

막분리 여과공정은 수용액 중의 현탁 미립자를 분리하는데 매우 효과적인 분리방법으로 수처리 등 산업의 많은 분야에서 응용되고 있으나 간편한 조작과 우수한 분리/농축능력에도 불구하고 막오염으로 인한 투과유속의 감소가 심하다는 단점이 산업 전반에 전천후로 사용하는데 한계점이 있다[1].

본 연구는 분리막을 이용하여 콜로이드 현탁액의 정밀여과공정 중 여과 성능 저하에 영향을 미치는 막오염의 발생형태와 기구에 대하여 분석함으로써 정밀여과 효율을 향상시킬 수 있는 적절한 운전조건을 제시하고자  $Al_2O_3$  현탁액의 정밀여과공정 중 운전조건에 따라 발생하는 막오염의 종류와 특성 그리고 성분오염이 전체 오염에 대해 차지하는 정량적인 크기 등을 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는  $Al_2O_3$  미립자를 함유한 현탁액에 대해 정밀여과용 폴리에틸렌 모세관 막을 사용하여 모세관 막의 세공크기, 현탁 미립자의 크기, 현탁액의 농도 및 운전압력 등과 같은 운전조건이 투과성을 저해하는 막오염 특성에 미치는 영향을 검토하였다.

#### 2. 이 론

투과유속을 감소시키는 투과저항( $R$ )은 순수한 막 자체의 고유저항인 막저항( $R_0$ )과 배제된 입자들이 막 표면에 누적되어 형성된 케익층에 의한 케익저항( $R_c$ ), 그리고 입자들이 세공을 막음으로써 발생하는 세공막힘저항( $R_p$ )의 합으로 표현된다[6].

투과유속 감소에 따른 막오염 형태를 나타내는 Hermia[12]의 정압막힘 여과(constant pressure blocking filtration)모델은 세공의 크기가 균일하다는 가정에서 유도되었으며, 세공막힘 형태와 케익여과 형태가 있다. 세공막힘 유형으로는 완전세공막힘(complete pore blocking)과 표준세공막힘(standard pore blocking) 케익여과(cake filtration) 형태와 그리고 완전세공막힘과 케익여과의 중간형태를 띤 중간세공막힘(intermediate pore blocking) 형태로 분류할수 있으며, 아래 식(1)과 같이 표현되며, 막오염의 유형별 투과거동을 나타내는  $n$ 값은 완전세공막힘  $n=2.0$ , 표준세공막힘  $n=1.5$ , 중간세공막힘  $n=1.0$ , 그리고 케익여과의 경우에는  $n=0$  으로 표현된다.

$$J = J_0 [1 + k(2-n)(AJ_0)^{(2-n)}t]^{\frac{1}{(n-2)}} \quad (1)$$

$$R = \frac{\Delta P}{J} = R_0 [1 + k(2-n)(AJ_0)^{(2-n)}t]^{\frac{1}{(2-n)}} \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = R_0 k (AJ_0)^{(2-n)} [1 + k(2-n)(AJ_0)^{(2-n)}t]^{\frac{-(n-1)}{(2-n)}} \quad (3)$$

### 3. 실험

본 실험에서 현탁액 제조에 사용한 무기 미립자의 크기는 각각 0.6 및 1.0  $\mu\text{m}$ 인  $\text{Al}_2\text{O}_3$ (日本輕金, AES 및 A-32)를 사용하였으며, 현탁액의 오염특성을 검토하기 위한 정밀여과용 분리막은 세공의 평균크기가 0.24 및 0.34  $\mu\text{m}$ 이고, 내경이 2 mm인 Asahi kasei사의 폴리에틸렌 모세관 막을 사용하였다. 현탁액의 농도는 초순수를 사용하여 1000ppm 이내로 제조하였으며, 운전압력은 0~3.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , 공급액의 유량은 0~24  $\ell/h$  범위에서 조절하여 실험하였다.

### 4. 결과 및 고찰

현탁입자의 크기가 투과유속에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 현탁액의 농도와 공급유량을 일정하게 유지한 상태에서 막 세공이 0.34  $\mu\text{m}$ 인 모세관 막을 이용하여 입자의 크기가 0.6, 1.0  $\mu\text{m}$ 인 AES 및 A-32 용액의 시간변화에 따른 투과유속 거동은 입자크기가 작은 AES 용액이 입자의 크기가 큰 A-32 액보다 상당히 작았다. 투과유속은 막오염의 영향을 받기 때문에 막오염의 형태와 크기, 발생시간을 파악하면 이들 막오염을 제거 또는 감소시킬 수 있는 적절한 대처기술을 도입함으로써 막 성능을 최대로 할 수 있다. Fig. 1에는 입자크기가 다른 용액의 운전시간에 따른 투과저항과 막오염 형태의 변화를 나타냈다. 투과저항의 크기는 투과유속의 크기와는 반

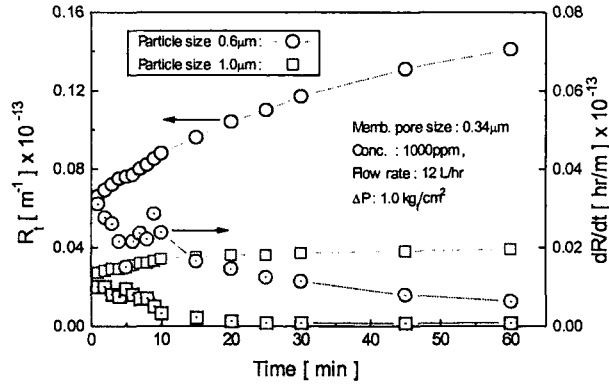


Fig. 1. Variation of the permeate resistances and its derivatives with time for different particle size.

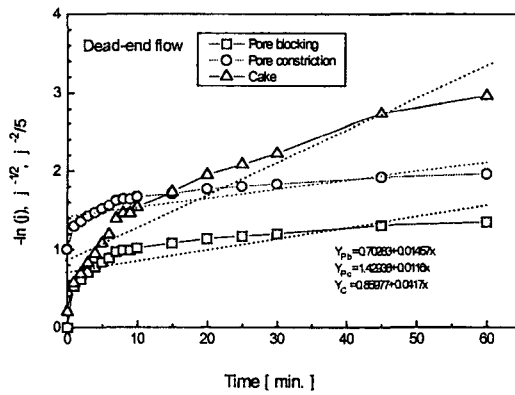


Fig. 2. Comparison of relative permeate flux (symbols) on  $1.0 \mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  particle with fouling model in the linear form(dot line).

대로 입자크기가 작은 AES용액이 A-32 보다 훨씬 컸다. A-32 용액의 투과저항은 초기에 증가하였으나 운전시간 10분 이후에는 거의 일정한 정상 상태에 도달하였으나 AES용액의 투과저항은 계속 증가하는 형태를 보였다. 그리고 투과유속을 감소시키는 막오염 형태는 세공막힘과 케익에 의한 오염이 함께 나타난 혼합형태를 보였으며, 운전시간 10분을 전후하여 서로 다른 양상을 나타내었다. 입자크기가 작은 AES용액에서는 운전초기에 케

익여과 오염이 크고 뚜렷하게 나타났으나 입자크기가 큰 A-32용액에서는 케익층에 의한 오염이 상대적으로 작게 나타났다. 또한 AES 용액에서는 운전시간 5분에서 10분까지 상당히 명확한 세공막힘이 길게 나타났으나 A-32 용액에서는 상대적으로 미약하고 짧은 세공막힘 현상을 나타내었다. Fig. 2에 점선으로 표시된 비 투과유속의 회귀직선으로부터 투과유속을 감소시키는 막오염은 어느 한 형태의 성분오염에 의해 단독으로 지배받기보다는 전체오염에 미치는 비중은 다르지만 세 가지 성분오염이 동시에 발생하고 있음을 보여준다.

## 참 고 문 헌

1. W. S. Winston Ho and K. K. Sirkar, Membrane Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York (1992).
6. R. Jiraratananon, D. Uttapap and C. Tangamornsuksun, Self-forming dynamic membrane for Ultrafiltration of pineapple juice, *J. Membrane Sci.*, **129**, 135(1997).
12. J. Hermia, Constant pressure blocking filtration laws-Application to power law non-Newtonian fluids, *Trans IChemE.*, **60**, 183(1982).