

일반강연 III-14

최적 역충격을 위한 임계시간 측정

박상현, 장진호, 노수홍
연세대학교 환경공학과

Measurement of critical time for optimum backpulsing time

Sang-hyun Park, Jin-ho Chang, Soo-hong Noh
Department of Environmental Engineering, Yonsei University

1. 서론

막오염을 저감하는 여러 방법중의 하나인 backpulsing은 짧은 시간동안 고빈도로 역세척을 하는 것이다. 본 연구는 주기적인 역충격(frequency backpulsing)에 의한 중공사막의 오염을 줄이는데 있어서 적절한 역세 주기를 구하기 위하여 막이 오염되기 이전의 순수투과능을 나타내는 시간인 임계시간(critical time)을 구하는 것이 목적이다.

2. 이론

역충격운전시 투과수에서 세척수를 뺀 순투과율(net flux)은 다음과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$\text{Flux model: } \langle J \rangle = \frac{\int_0^{t_f} J_f dt - \int_{t_f}^{t_f + t_b} J_b dt}{t_f - t_b} \quad (1)$$

J_f : Forward flux, J_b : Reverse flux, $\langle J \rangle$: Net flux

$$t_f^{crit} > t_f \text{일때} \quad \langle J \rangle = J_0 (t_f - \alpha t_b) / (t_f + t_b) \quad (2)$$

여기서 μ_0 : Permeate viscosity, $\alpha = \Delta P_b / \Delta P_f$, t_f^{crit} : Critical time

$$t_f^{crit} < t_f \text{일때} \quad J_f = J_0 / (1 + (t - t_f^{crit}) / \tau)^{1/2} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{(C_c - C_b) \Delta P_f}{2 R_c \mu_0 C_b J_0^2} \quad (4)$$

$$\langle J \rangle = J_0 (t_f^{crit} - \alpha t_b + 2\tau (1 + (t_f - t_f^{crit}) / \tau)^{1/2} - 1) / (t_f + t_b) \quad (5)$$

C_c : Concentration of fouling speices in cake layer

C_b : Concentration of fouling speices in bulk suspension

\hat{R}_c : Specific cake resistance of fouling layer, τ : Time constant

3. 실험

분획분자량이 30,000(O.D. : 1.7mm, I.D. : 1.1mm)인 polyacrylonitrile 재질의 중공사막(대림산업 제공)을 이용하여 임계시간을 구하기 위한 실험을 진행하였다.

짧은 시간내의 투과율 변화를 알아보기 위해 투과수가 지나가는 관에 수은을 주입하고 이를 포토 센서로 감지하여 투과율을 측정했다.

실험에 사용된 장치는 흡입을 위해서 압력조절이 가능한 진공펌프가 사용되었고 압력을 측정하기 위해 압력계를 부착하였다. 또한 역세척과 흡입의 방향을 전환시키기 위해 솔레노이드 밸브를 사용하였다. 막을 초기화하기 위한 역세척에 사용되는 압력을 주기 위해서 air tank를 사용하였고 수은의 흐름을 포토센서로 0.005초 단위로 측정하였다. 실험장치의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

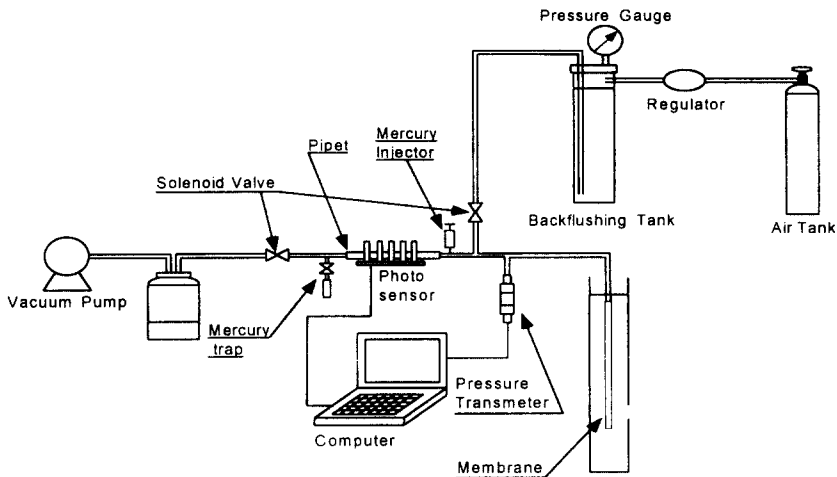


Fig 1. Schematic diagram of membrane facility

4. 결과 및 토론

4.1 순수투과율

분획분자량(MWCO)이 30,000과 중공사막모듈을 제작하여 10cmHg, 15cmHg, 20cmHg으로 압력을 변화시켜 순수투과율을 측정할결과 각각 11.63lmh, 17.25lmh, 22.59lmh로 나타났다.

4.2 Latex 오염의 영향

Latex를 농도별(1, 2, 5%)로 조제하여 분획분자량이 30,000과 100,000인 막을 사용하여 압력별(10, 15, 20cmHg)로 10-15초 미만 시간에서의 투과율 감소를 측정할 결과 10cmHg일 때 2.47, 7.75, 12.83초로 시간이 감소함에 따라 각각 11.46, 11.27, 10.79lmh로 나타났고, 15cmHg일 때 1.48, 4.86, 7.96초로 시간이 감소함에 따라 각각 17.06, 16.40, 16.15lmh로 나타났다.

4.3 Critical Time 측정

Latex에 의한 전체 투과율 감소를 감안했을때 처음 10초 구간은 직선에 가깝다고 가정하고 각각의 압력에서 순수의 투과율과 감소되는 Latex투과율의 연장선이 접하는 지점을 Fig2와 Fig3에서와 같이 구하여 임계시간(critical time)으로 정하였다. 분획분자량이 30,000인 막의 경우 1% latex에서 흡입압력이 10cmHg, 15cmHg일 때 각각 0.6sec, 0.3sec으로 측정되었다. 압력이 증가함에 따라 임계시간이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

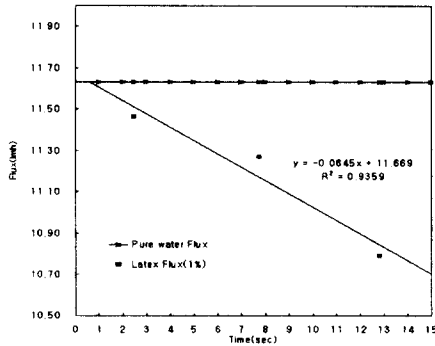


Fig. 2 Critical time of 1% Latex at 10cmHg
(MWCO : 30,000)

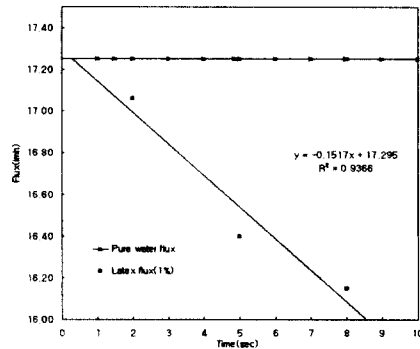


Fig. 3 Critical time of 1% Latex at 15cmHg
(MWCO : 30,000)

5. 참고문헌

1. V.G.J. Rodgers et al., Reduction of membrane fouling in the presence of high polarization resistance, Journal of Membrane Science 76 (1993) 77-83
2. R.H. Davis et al., Modeling of concentration polarization and depolarization with high-frequency backpulsing, Journal of Membrane Science 121 (1996) 229-242
3. Sanjeev G.Redkar et al., Cross-flow Microfiltration with High-frequency Reverse Filtration, AIChE Journal Vol.41 No.3(1995) 501-508