

일반강연 II-4

## 역충격형 중공사모듈의 투과모델 분석

박상현, 이재운, 장진호, 노수홍  
연세대학교 환경공학과

### Study on flux models of backpulsing hollow fiber module

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

#### 1.서론

막오염을 저감하는 여러 방법중의 하나인 역충격은 짧은 시간동안 고빈도로 역세척을 하는 것이다. 이와같은 연구는 고농도 분극저항에서의 역충격을 이용한 막오염저감[1], 고빈도 역방향 여과를 이용한 microfiltration[2], 고빈도 역충격에서의 농도분극 modeling[3]등에서 수행되었다. 본 연구는 backpulsing을 이용한 중공사막의 오염저감[4], 최적 역충격을 위한 임계시간 측정[5], 투과율 향상을 위한 최적 역충격주기측정[6]등에서 얻은 결과를 활용하여 주기적인 역충격(frequency backpulsing)에 의한 중공사막의 오염을 줄이기 위한 적절한 역세 주기를 구하고 투과모델에 의한 이론치와 실제치를 비교하는 것을 목적으로 한다. 주기적 정방향여과와 역충격운전시 투과율의 변화는 Fig.1로 나타낼 수 있다.

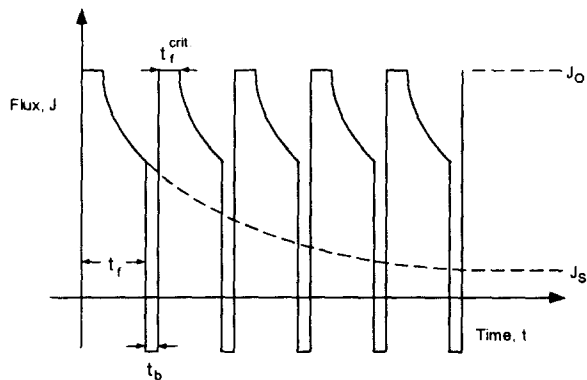


Fig.1 Schematic of rapid backpulsing and the associated permeate flux during repeated cycles forward and reverse filtration[3]

$t_b$  : Backpulsing time,  $t_f$  : Forward filtration time  
 $t_f^{crit}$  : Critical forward filtration time,  $J_0$  : Purewater flux

정방향 여과를  $t_f$  동안 하고  $t_b$ 의 짧은 시간동안 역충격을 주면 막은 초기의 투과율을 거의 회복하게 된다.  $t_f$ 와  $t_b$ 를 적절하게 조절함으로써 투과율을 향상시킬 수 있다.

### 2. 실험

분획분자량이 50,000(O.D. : 1.4mm, I.D. : 0.9mm)인 polyacrylonitrile 재질의 중공사막과 latex(평균입경  $0.32\mu m$ )를 이용하여 실험하였다. 자체고안된 펌프를 적용하여 역충격을 주었다. 역충격시간은 0.07초로 고정되고, 정방향 여과시간은 0.35, 0.6, 1.35초로 변화되었다. 각각의 주기는 2Hz, 1.33Hz, 0.67Hz였다. 압력세기는 펌프 피스톤의 세기(strength)를 20, 30, 40%로 하여 실험하였다. 1분간 투과수량과 그때의 압력을 초당 500회로 측정하여 시간에 따른 투과수량(lmh)과 순수투과율(lmh)의 비( $J/J_0$ )로 나타내어 각 주기별, 세기별로 비교하였다. 실험장치의 개략도를 Fig.2에 나타내었다.

### 3. 결과 및 토론

역충격운전시 투과수에서 세척수를 뺀 순투과율(net flux)은 다음과 같이 나타낼 수 있다[3].

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

$J_f$  : 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  $\mu_0$ : Permeate viscosity,  $\alpha = \Delta P_b / \Delta P_f$   $t_f^{crit}$ : Critical time

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

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

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

$C_c$  : 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,  $\tau$  : Time constant

Fig.3 (a), (b)에 실제 투과율비의 이론치와 실험치를 각각 20%, 30%

strength에서 비교하였다. 역세주기가 1분당 40, 80, 120회로 증가할수록  $J/J_0$ 의 값은 증가하였고, 막의 오염되는 속도는 느려졌다. 모델식에 의해 예측되는 투과율은 초기에 급격히 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈는데 이는 역충격 주기가 지나치게 짧으면 오히려 순투과율의 감소를 야기한다는 것을 의미한다. 또한 펌프세기가 낮을수록 투과율은 증가하였는데 이는 투과 압력이 높을수록 막에 오염이 빠르게 형성되어 역충격의 효과가 상대적으로 줄어들기 때문이다. 이론치와 실제치를 비교한 결과 역세주기가 길수록 차이가 커지는데 이는 정여과시간이 길수록 막 투과능 회복이 어려워지기 때문이다.

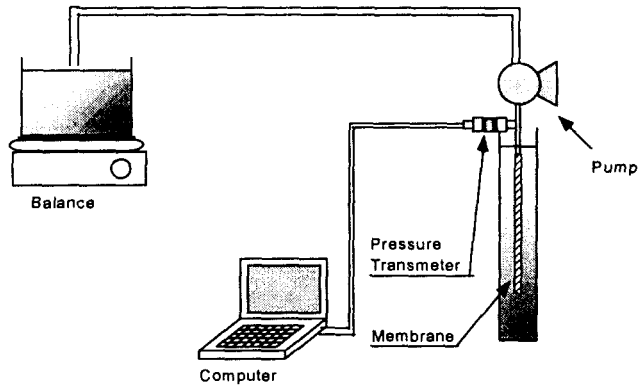


Fig 2. Schematic diagram of backpulsing UF system

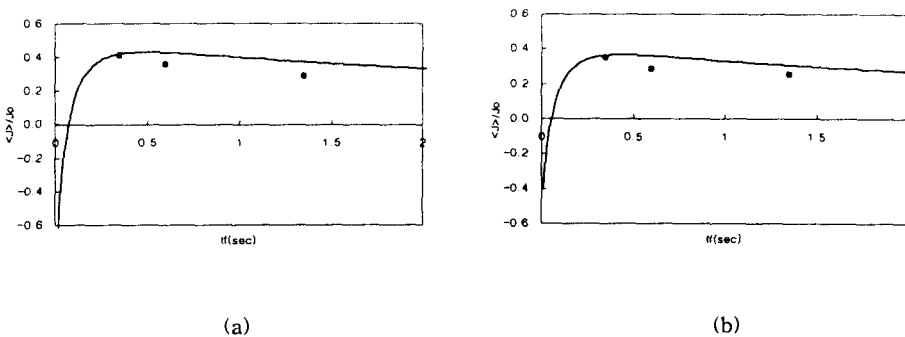


Fig.3 Global average net flux versus forward filtration time for a fixed backpulse duration of  $t_b = 0.07s$ , with (a)20%, (b)30% strength  $C_b = 1\%$  latex solution on volumn basis

#### 4. 참고문헌

- [1] V.G.J. Rodgers et al., Reduction of membrane fouling in the presence of high polraization resistance, *Journal of Membrane Science* 76 (1993) 77-83
- [2] Sanjeev G.Redkar et al., Cross-flow Microfiltration with High-freque nce Reverse Filtration, *AIChE Journal* Vol.41 No.3(1995) 501-508
- [3] R.H. Davis et al., Modeling of concentration polarization and depolari zation with high-frequency backpulsing, *Journal of Membrane Science* 1 21 (1996) 229-242
- [4] 박상현, 장진호, 노수홍 등, Backpulsing을 이용한 중공사막의 오염저 감, 한국막학회 98 춘계학술발표회, 1998, 76-78
- [5] 박상현, 장진호, 노수홍, 최적 역충격을 위한 임계시간 측정, 한국막학 회 98추계학술발표회, 1998, 169-171
- [6] 박상현, 장진호, 노수홍, 투과율향상을 위한 최적 역충격주기 측정, 한 국막학회 99춘계학술발표회, 1999, 127-130