

일반강연 I-14

Backpulsing을 이용한 중공사막의 오염 저감

김영락, 최찬섭, 박상현, 장진호, 노수홍
연세대학교 환경학과

Fouling Reduction of Hollow Fiber Membrane with backpulsing

Young-rak Kim, Cahn-sup Choi, Sang-hyun Park, Jin-ho Chang, Soo-hong Noo
Department of Environmental Science & Technology, Yonsei University

1. 서론

수처리 공정에서의 막오염은 효과적인 공정운용을 위해 주요 문제로 인식되고 있으며 막오염은 막표면이나 세공에서 물질의 흡착, 부착 그리고 축적 등과 같은 일련의 메카니즘에 의해 투과율을 저하시키는 결과를 초래한다.

본 연구는 주기적인 역세척(frequency backpulsing)에 의한 중공사막에서의 오염 현상을 규명하여 정수 처리 공정에서 막오염을 최소화시키는 운전 조건을 확립하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 실험 방법 및 장치

2.1. 실험 방법

분획분자량이 30,000(O.D.:1.7mm, I.D.:1.1mm)과 100,000(O.D.:1.4mm, I.D.:0.9mm)인 polyacrylonitrile 재질의 중공사막(대림산업 제공)을 이용하여 막오염에 관한 실험을 진행하였다. 각각의 중공사막에 대해서 압력을 달리 하여 순수 투과율을 구하고, TiO_2 를 사용하여 인위적으로 막오염을 일으키고 그에 따른 투과율을 관찰하였다. 막오염을 줄이기 위한 방법으로는 주기적인 역세척(frequency backpulsing) 방법을 선택하여 각각의 중공사막에 대해 역세의 시간과 주기를 변화시켜가면서 막오염을 최소화할 수 있는 조건을 연구하였다.

2.2. 실험 장치

실험에 사용된 장치는 흡입을 위해서 -0.6 kg/cm^2 의 압력까지 조절이 가능한 진공펌프가 사용되었고 압력을 측정하기 위해서 압력계가 부착되었다. 또한 역세척의 방향과 흡입의 방향을 전환시키기 위해서 솔레노이드 밸브를 사용하였다. 역세척에 사용되는 압력을 주기 위해서 air tank를 사용하였고 순간적으로 역세척을 하기 위해서 Timer를 부착하여 역세의 횟수와 시간을 조절 할 수 있게 하였고, TiO_2 나 PAC등의 부유물질이 침전되는 것을 막기 위해서 stirrer와 마그네틱 바를 사용하여 계속적으로 순환과 교반을 해 주었다. Fig. 1에 실험장치의 개략도를 나타내었다.

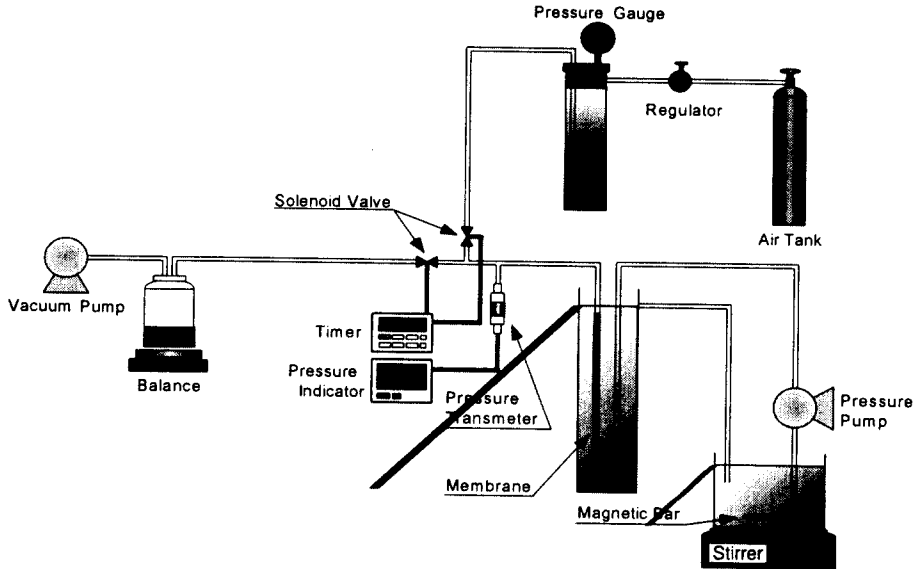


Fig. 1 A schematic diagram of membrane facility

3. 결과 및 고찰

3.1. 순수투과율

분획분자량(MWCO)이 각각 30,000과 100,000인 중공사막 모듈을 제작하여 순수를 사용하여 -0.2 kg/cm^2 , -0.4 kg/cm^2 , -0.6 kg/cm^2 으로 압력을 변화시켜 각 압력에서의 순수투과율을 측정하였다. 두 막 모두에서 압력이 증가함에 따라 순수투과율이 비례적으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며, 측정된 범위내에서는 막의 압착(compaction)으로 인한 투과율의 감소는 나타나지 않았다. 순수투과계수는 분획분자량이 30,000인 막은 $87.6 \text{ lmh}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)$, 분획분자량이 100,000인 막은 $200.1 \text{ lmh}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 이었다. 또한 순수투과율을 이용하여 막에 의한 저항 R_m 을 구하였다. 분획분자량이 30,000인 막은 막에 의한 저항이 $1.14 \times 10^{-2} [\text{kgf}/\text{cm}^2] \cdot \text{s}/\text{m}$ 였고, 분획분자량이 100,000인 막은 $4.99 \times 10^{-3} [\text{kgf}/\text{cm}^2] \cdot \text{s}/\text{m}$ 였다.

3.2. TiO_2 오염의 영향

TiO_2 용액을 농도별(10ppm, 100ppm, 1000ppm)로 조제하여 분획분자량이 30,000인 막과 분획분자량이 100,000인 막을 사용하여 막의 오염에 의한 저항을 구하였고 시간과 압력에 따른 투과율의 변화를 관찰하였다.

분획분자량이 30,000인 막은 10ppm과 100ppm TiO_2 용액을 사용하였는데 농도가 낮아 막의 오염 현상이 두드러지지 않았다. 10ppm과 100ppm TiO_2 용액으로 인한 용액의 투과계수는 각각 $85.735 \text{ lmh}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)$, $62.035 \text{ lmh}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 이었고, 막오염에 의한 저항은 각각 $0.3 \times 10^{-4} [\text{kgf}/\text{cm}^2] \cdot \text{s}/\text{m}$, $0.101 \times 10^{-4} [\text{kgf}/\text{cm}^2] \cdot \text{s}/\text{m}$ 였다. Fig. 2와 Fig. 3에 시간의 변화에 따른 막의 오염 정도를 나타내었다.

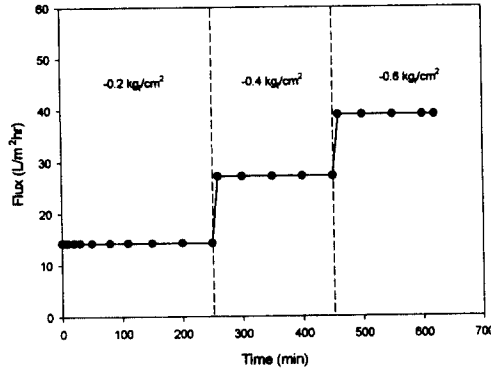


Fig. 2. Variation of 100ppm TiO₂ solution flux for fouling on time (MWCO:30,000)

분획분자량이 100,000인 막의 경우 10ppm, 100ppm, 1000ppm의 TiO₂ 용액을 사용하였다. 분획분자량이 100,000인 막의 경우도 분획분자량이 30,000인 막의 경우와 마찬가지로 10ppm과 100ppm TiO₂ 용액의 경우 농도가 낮아 막의 오염 현상이 두드러지지 않았으나 1000ppm TiO₂ 용액의 경우 보다 심한 오염현상을 관찰할 수 있었다. 10ppm과 100ppm TiO₂, 1000ppm TiO₂ 용액으로 인한 용액의 투과계수는 각각 145.1 lmh/(kg/cm²), 215.9 lmh/(kg/cm²), 97.9 lmh/(kg/cm²) 였고, 막오염에 의한 저항은 각각 10ppm TiO₂ 용액은 6.89×10^{-3} [kg/cm²] · s/m, 1000ppm TiO₂ 용액은 5.31×10^{-3} [kg/cm²] · s/m였다. 100ppm TiO₂ 용액의 막오염에 의한 저항은 막 자체에 의한 저항과 같았다.

1000ppm TiO₂ 용액의 오염 실험에서 2870분이 지난 후에 역세척을 하였다. 80초간 흡입을 하고 10초 동안 역세척을 반복하였다. 역세척 결과 초기의 투과율로 회복되는 것을 관찰할 수 있었다.

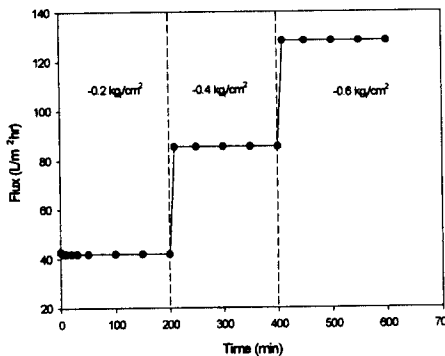


Fig. 3 Variation of 100ppm TiO₂ solution flux for fouling on time (MWCO:100,000)

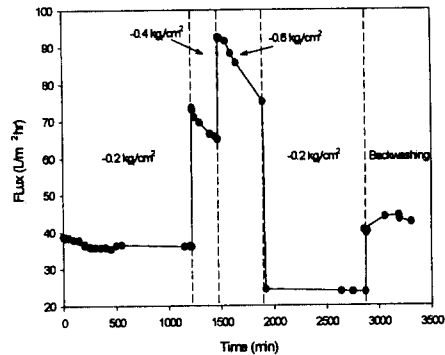


Fig. 4. Variation of 1000ppm TiO₂ solution flux for fouling on time (MWCO:100,000)