일반강연 Ⅱ-4

교반형 Deadend 정밀여과 시스템의 투과특성

장규만, 정건용
서울산업대학교, 화학공학과

Separation Characteristics in Stirred Deadend Microfiltration System

Kyu Man CHANG, Kun Yong CHUNG
Department of Chemical Engineering, Seoul National University of Technology

요 약

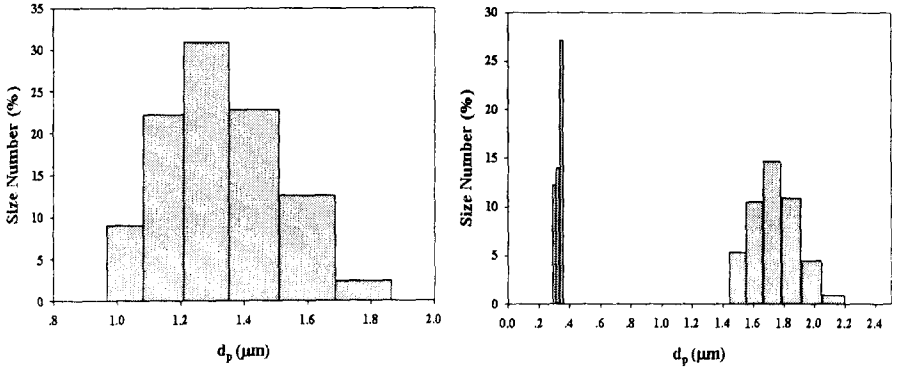
PTFE, Asypore, PC, Nylon 등의 정밀여과막에 0.1내지 4μm의 입자분포를 가진 kaolin용액을 dead-end형 여과 장치(Amicon Cell, 8050)를 이용하여 투과실험을 하였다. 또한 공칭세공이 0.2μm인 PTFE(Sartorius사) 막에 kaolin, bentonite, yeast, starch 등 입자의 크기 및 특성이 다른 0.1%의 용액들을 1bar의 운전압력과 200rpm의 회전속도로 투과실험을 하였다. 투과 실험한 자료를 근거로 저항모델을 적용하여 분석하였으며 순수 하락도와 액체전이법으로 세공분포를 확인하였다.

1. 실 험

Kaolin, bentonite, starch, yeast 용액은 2g의 입자를 초순수(18.2MΩ)에 넣어 2kg을 만든 후 2시간 동안 충분히 교반시켜 사용하였다. Yeast 용액의 경우, yeast가 파괴되는 것을 방지하기 위해 NaCl을 첨가하였다. 각 용액은 일본 Otsuka사의 laser particle analyzer system인 PAR-III로 입도분포를 측정하였다. Fig. 1에 kaolin과 bentonite의 입도분포를 나타내었으며, starch는 0.06~0.12μm, yeast는 4~6.3μm의 분포를 나타내었다.

소수성인 PTFE 막은 먼저 에탄올로 친수화시키고, 2 bar에서 압축시킨 후 투과실험을 실시하였다. Asypore, PC, PA 막은 친수성 막으로 압축만 하고 투과실험을 하였다. 막 저항(R_m), 막오염 저항(R_f) 및 케이크 저항(R_c)을 측정하기 위하여 입자 용액 투과 전후에 순수투과유속을 측정하였다. 운전변수는 압력 1bar, 용액농도

0.1%, 교반속도는 200rpm, 온도는 18(±2)℃로 운전하였다. 막 저항, 막오염 저항 및 케이크 저항을 측정하기 위하여 입자 투과 전후에 순수를 투과시켜 투과유속을 측정하였다. 실험에 사용한 모든 막들은 새 막과 투과후의 막을 iso-butanol/water 계를 이용한 액체전이법으로 세공분포를 측정하고 비교하였다.



(a) (b)

Fig. 1. 입도분포 (a) Kaolin, (b) Bentonite

2. 결과 및 토의

(1) 투과유속

각 입자 용액들의 시간에 따른 투과유속은 Fig. 2와 같이 감소하였으며 여러 막들의 시간에 따른 투과유속은 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

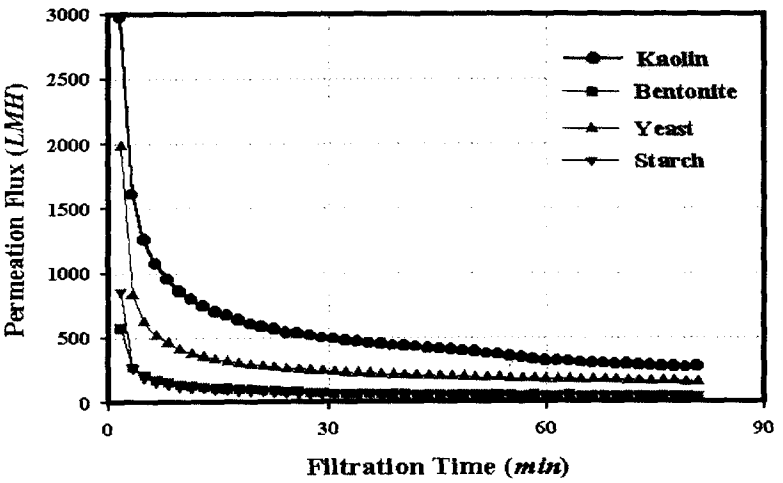


Fig. 2. 각종 입자 용액에 따른 투과유속

공칭 0.2㎛인 PTFE막의 세공크기에 비해 입자크기가 0.06 내지 0.12㎛로 작은 starch의 경우 초기에 급격한 막 오염으로 인해 투과유속이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있으며 bentonite 또한 Fig. 1(b)에서와 같이 0.3㎛ 근방에 입자가 존재하므로 초기 투과유속이 급격히 감소하였다.

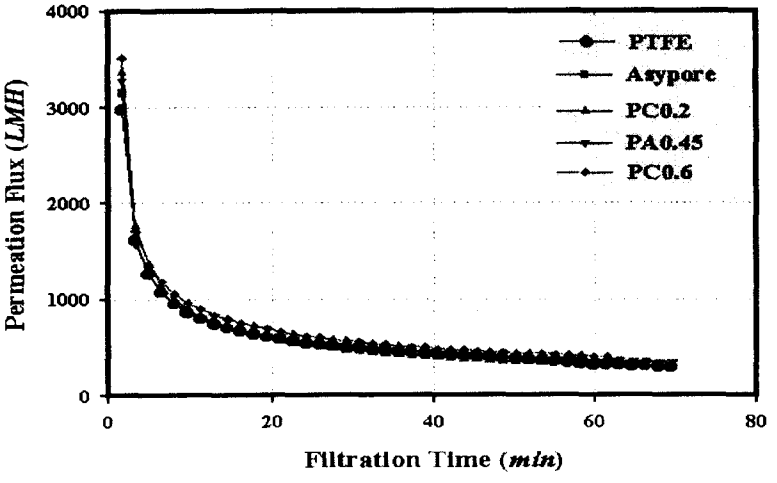


Fig. 3. 막에 따른 kaolin용액의 투과유속

한편, 공칭크기가 0.2㎛인 PTFE, Asypore, PC0.2와 0.45㎛인 PA0.45, 0.6㎛인 PC0.6 막에 대한 kaolin 투과유속은 투과시간 60분을 기준으로 각각 316, 360, 318, 370, 402 LMH로 세공크기가 큰 PA0.45와 PC0.6에서 높고 같은 세공크기의 막들은 비슷하였다.

(2) 막 오염

입자 용액 투과 실험 후, 분리막을 세척하고 순수투과 및 iso-butanol/water계에 의한 액체전이법[1]으로 세공을 측정하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 입자용액 투과전·후 순수투과도 및 세공크기 비교

입자용액	순수투과도 감소(%)	최대세공 (㎛)	분리막	순수투과도 감소(%)	최대세공 (㎛)
분리막 : PTFE		0.81	Kaolin 용액		
Kaolin	1	0.73	Asypore/New	1	0.71/0.71
Bentonite	37	0.69	PC0.2/New	-	-
Starch	98	0.55	PA0.45/New	3	0.83/0.86
Yeast	49	0.49	PC0.6/New	27	0.82/1.09

세공크기에 비해 입자크기가 매우 작은 starch 용액의 막 오염이 가장 크게 나타났다. 여러 막에 kaolin 용액을 투과한 경우 PC 막의 막 오염이 큰 것으로 나타났다.

(3) 투과저항

투과실험에 대한 막 저항(R_m), 케이크 저항(R_c), 막오염 저항(R_f)를 계산하면 Table 2와 같다.

Table 2. 투과실험에 대한 막 저항, 케이크 저항, 막 오염 저항 비교

입자용액	R_m (m^{-1}) $\times 10^{10}$	R_f (m^{-1}) $\times 10^{10}$	R_c (m^{-1}) $\times 10^{10}$	분리막	R_m (m^{-1}) $\times 10^{10}$	R_f (m^{-1}) $\times 10^{10}$	R_c (m^{-1}) $\times 10^{10}$
Kaolin	4.5	0.025	108.7	Asypore	3.6	0.03	96.4
Bentonite	4.3	2.5	672.4	PC0.2	4.9	1.0	107.3
Starch	6.1	380.1	267.5	PA0.45	2.8	0.07	94.4
Yeast	4.8	4.6	194.1	PC0.6	2.3	0.9	86.4

각종 입자에 대한 PTFE 막의 저항은 4 내지 $6\times10^{10}(m^{-1})$로 일정하였다. 입자크기가 큰 kaolin, bentonite 및 yeast의 경우는 분리막 오염저항이 케이크 저항 보다 작지만 starch의 경우는 분리막 오염이 급증하여 막오염 저항이 $3.8\times10^{8}(m^{-1})$에 이르며 Table 1에서와 같이 최대 세공도 0.55㎛로 감소하였다. 또한 starch의 경우를 제외하고는 케이크가 주 저항이었으며 특히 점결성이 강한 bentonite의 경우는 $6.72\times10^{8}(m^{-1})$으로 매우 크다.

한편, 분리막에 따른 투과실험에서는 막 저항은 예측한 바와 같이 세공크기에 반비례하였으며, kaolin에 대한 막 오염 저항은 무시할 수준이다. 또한, kaolin의 케이크 저항은 큰 차이가 없었으나 막오염 저항은 PC막이 큰 것으로 추정된다.

3. 결 론

PTFE 막에 여러 입자용액을 투과시켰을 때 막오염 저항(R_f) 및 케이크 저항(R_c)은 입자의 특성 및 크기에 큰 영향을 받았으며 막 저항(R_m)은 거의 일정하게 유지되었다. 공칭세공 크기가 0.2㎛인 PTFE, Asypore, PC0.2 막에 대한 케이크 저항은 약 10% 내에서 비슷하였으며 공칭세공 크기가 증가할수록 케이크 및 막 저항이 감소하였다.

4. 참고문헌

[1] G. Capannelli, F. Vigo and S. Munari, J. Membrane Sci., 15, 289 (1983).