

일반강연 III-3

카올린 용액의 Dead-end형 정밀여과투과

장규만, 정건용

서울산업대학교, 화학공학과

Permeation behavior of kaolin solution in dead-end microfiltration

Kyu Man Chang, Kun Yong Chung

Department of Chemical Engineering, Seoul National University of Technology

1. 서론

0.1 내지 $4\mu\text{m}$ 의 입도분포를 가진 kaolin용액을 dead-end형 여과 장치(Amicon Cell, 8050)를 이용하여 공칭세공이 $0.2\mu\text{m}$ 인 PTFE막으로 농도 및 운전압력에 따른 투과실험을 하였다. Kaolin 용액의 투과유속은 케이크 저항이 지배적이었으며 초기에는 분리막 표면에 케이크가 형성되고 그 후에 분리막 세공의 오염이 발생하는 것으로 관찰되었다.

2. 이론

일반적으로 막 투과유속에 관하여 다음의 4가지 모델이 제시되고 있다[1] ① cake filtration model (CFM), ② standard pore blocking model (SPBM), ③ complete pore blocking model (CPBM), ④ intermediate pore blocking model(IPBM).

세공 보다 입자크기가 월등히 클 경우, 입자들은 분리막 표면에 축적되며 이 경우 CFM이 적용 가능하다. 반면, 입자가 세공보다 작은 경우, 분리막 세공 내부에 입자가 부착되어 세공의 개수는 일정하고 다만 단면적을 감소시키는 SPBM과 이와는 반대로 세공의 개수가 감소하는 CPBM이 적용된다. IPBM은 SPBM과 CPBM이 복합적으로 작용하는 경우 적용 가능하다. 본 연구에서는 정밀여과시 농도분극 및 막 오염 현상이 투과유속에 미치는 영향을 고찰하였다.

3. 실험

Kaolin 용액은 1내지 6g의 kaolin을 초순수(18.2M Ω)에 넣어 2kg으로 만든 후, 2시간 동안 충분히 교반시켜 사용하였다. 친유성의 PTFE 막을 먼저 에탄올로 친유화시키고, 2.0kg/cm²에서 압축시킨 후 투과실험을 실시하였다. 운전변수로서 압력, kaolin 농도를 변화시켜 실험하였으며 교반속도는 200rpm, 온도는 25°C로 일정하게 유지하였다. 본 실험에서는 50mL dead-end형 Amicon cell을 사용하였다.

4. 결과 및 토의

PTFE 정밀여과막의 순수 투과유속은 운전압력에 따라서 선형적으로 증가하였으며 투과도는 $7950L/m^2-hr-(kg/cm^2)$ 이었다. 0.1wt% kaolin 용액을 투과시킬 경우, 시간 및 압력에 따른 투과유속은 Fig 1과 같이 감소하였다.

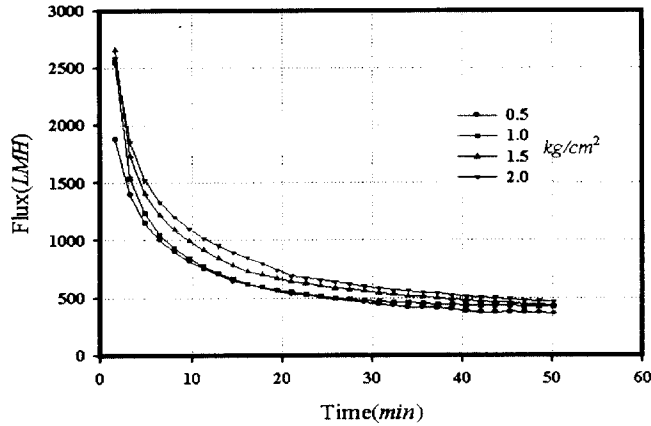


Fig. 1. 0.1wt% kaolin 용액의 압력에 따른 투과유속(200rpm)

압력 $1.0kg/cm^2$, 교반속도 200rpm으로 고정시키고 kaolin 농도에 따른 투과유속을 측정하였으며 그 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 또한 투과부피 700mL 일 때 압력에 따른 투과유속과, 투과부피 320mL 일 때 농도에 따른 투과유속은 Fig. 3과 같다. Fig. 1~3에서와 같이 kaolin의 농도가 투과유속에 미치는 효과는 운전압력이 투과유속에 미치는 효과 보다 훨씬 큼을 알 수 있다.

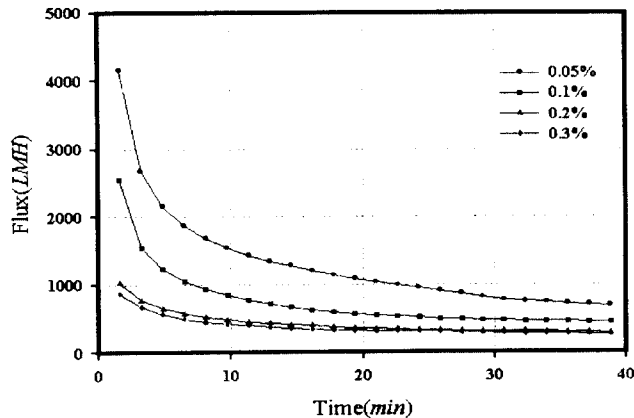


Fig. 2. Kaolin 용액의 농도에 따른 투과유속($1kg/cm^2$, 200rpm)

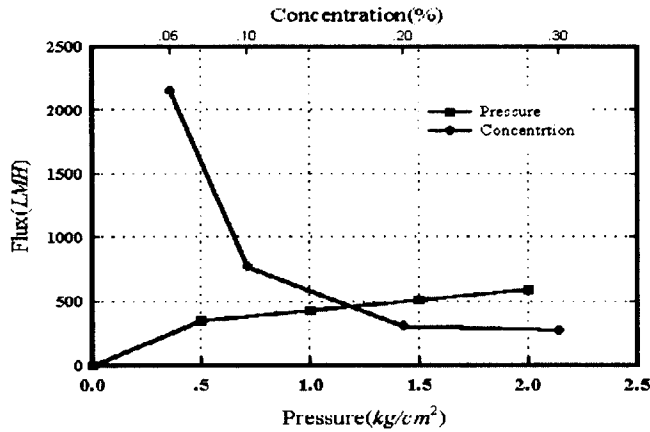


Fig. 3. 700mL 투과후 압력 및 320 mL 투과후 농도에 따른 투과유속

(1) 막오염

Kaolin 투과 실험 후, 분리막을 세척하고 순수투과 및 iso-butanol/water계 액체전이법[2] 으로 세공을 측정하여 Table 1에 나타내었다. 압력별 kaolin 투과실험에서 운전압력이 0.5kg/cm²일 때 막 오염이 가장 적었으며 1.0kg/cm²일 때 막 오염이 가장 심하였다. 이와같은 현상은 SEM 사진에서도 확인 할 수 있었다.

Table 1. Kaolin 용액 투과전·후 순수투과도 및 세공크기 비교

압력 (kg/cm ²)	순수투과도 감소(%)	최대세공 (μ m)	농도 (%)	순수투과도 감소(%)	최대기공 (μ m)
0.5	16.5	0.73	0.05	15.5	0.46
1.0	41.8	0.35	0.1	40.2	0.35
1.5	34.0	0.61	0.2	41.1	0.38
2.0	18.7	0.61	0.3	13.3	0.56

(Kaolin 투과이전 최대세공크기 : 0.81 μ m)

(2) 케이크 저항

투과실험에 대한 막 저항(R_m), 케이크 저항(R_c), 막 오염 저항(R_f)를 계산하면 Table 2와 같다. 본 실험에 경우, 케이크 저항이 주도적으로 투과유속을 감소시켰음을 알 수 있다.

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

압 력 (kg/cm ²) @0.1%	R _m (m ⁻¹)	R _f (m ⁻¹)	R _c (m ⁻¹)	농 도 (%) @1kg/cm ²	R _m (m ⁻¹)	R _f (m ⁻¹)	R _c (m ⁻¹)
0.5	3.4 × 10 ¹⁰	0.7 × 10 ¹⁰	46.3 × 10 ¹⁰	0.05	3.9 × 10 ¹⁰	0.7 × 10 ¹⁰	11.8 × 10 ¹⁰
1.0	3.9	2.8	75.3	0.1	3.9	2.6	39.3
1.5	4.1	2.1	97.5	0.2	3.9	2.7	107.2
2.0	4.3	0.8	114.5	0.3	3.9	1.4	125.4

이상의 투과실험 결과에 투과모델인 CFM, SPBM, CPBM, IPBM 등을 적용하면 실험초기에는 분리막 표면에 케이크의 형성으로 인하여 CFM이 적용되고 그 후에 SPBM 내지는 CPBM이 잘 적용되었다.

4. 결 론

Kaolin 정밀여과시 투과유속은 농도에 크게 의존하였으며 케이크 저항이 막 오염 저항보다 훨씬 크게 나타났다. 또한 막 오염 현상은 초기에 분리막 표면에 케이크가 형성되고 그 이후에 크기가 작은 입자가 분리막 세공을 오염시키는 것으로 관찰되었다.

5. 참고문헌

1. W. R. Bowen, J. I. Calvo, A. Hernandez, J. Membrane Sci, **101**, 153 (1995).
2. G. Capannelli, F. Vigo and S. Munari, J. Membrane Sci., **15**, 289 (1983).