

전처리 공정으로 응집공정을 도입한 섬유사 여과 공정과 마이크로 여과 공정에 의한 카오린 클레이(KC)의 분리효율

장수철, 박보배, T. Ramesh, 권태옥, 강동열¹, 문일식*
 순천대학교 공과대학 화학공학과, ¹(주) 정림산업
 (ismoon@sunchon.ac.kr*)

Evaluation of Fiber Filter and Microfiltration Efficiencies for Kaoline Clay (KC) Particle Separation with Coagulation Pre-treatment

Su-Chul Jang, Bo-Bae Park, T. Ramesh, Tac-Ouk Kwon, Dong-Youl Kang, Il-Shik Moon*
 Department of Chemical Engineering, Sunchon National University
¹Jung-Lim Industrial Co. Ltd.
 (ismoon@sunchon.ac.kr*)

서론

최근 정수처리 및 산업폐수 처리공정 등 다양한 수처리 분야에서 원수에 포함되어 있는 고탁도의 부유 고형물(SS, Suspended solid)을 효과적으로 분리 제거를 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 각종 수처리 공정에서 전처리 공정을 통한 용액중에 존재하는 입자성 부유 고형물의 효과적 제거는 전체 공정의 처리효율 향상 및 부유 고형물로 인한 각종 오염현상의 저감에 있어서 매우 중요한 역할을 차지하고 있다[1-3].

이로 인해, 기존의 가장 보편적인 고-액 분리공정(Solid-Liquid separation process)중 하나인 응집공정(Coagulation process)의 효율향상을 위한 다양한 상업용 응집제(Coagulant)의 개발과 함께 공극 제어형 섬유사 여과공정(PCF, Pore control filter)을 이용한 고-액 분리연구가 최근 수행되고 있다. 특히, 섬유사 여과공정은 운전과 유지관리가 매우 용이하고 섬유사를 이용한 완속 여과방식을 채택할 경우 섬유사 상부 표면에 형성된 생물여과막에 의한 탁도 및 유기, 무기물질과 병원성 미생물의 제거에도 매우 우수한 처리효율을 보이는 것으로 알려져 있어 앞으로 다양한 수처리 분야에서의 활용이 기대되고 있다. 이와 함께, 높은 고-액 분리효과와 처리수량을 가지는 다양한 공극의 마이크로 필터(Micro-filter)를 이용한 분리막 공정(Membrane process) 또한 활발히 연구되고 있다[3-5].

이에 본 연구에서는 카오린 클레이(Kaoline clay)를 이용하여 일정한 탁도의 용액을 제조한 후 전처리 공정으로 응집공정을 도입한 섬유사 여과공정과 마이크로 필터(Micro filter)를 이용한 고-액 분리연구를 수행하였으며, 섬유사 여과공정의 전처리 공정으로서의 응집공정 효과와 함께 마이크로 필터 시스템을 후처리 공정으로 사용하였을 때의 고-액 분리효과에 대한 연구를 수행하였다.

실험 및 방법

1. 실험장치 및 시약

효율적인 고-액 분리를 위해 본 연구에서 적용한 응집공정과 마이크로 필터 시스템을 도입한 섬유사 여과공정을 Fig. 1에 나타내었다.

응집공정을 겸한 원수 저장조는 균일한 혼합을 위해 3개의 Blowing Pump(110 l/min,

LG Wilo Company, Korea)를 사용하였으며, 10 ton/day의 처리용량을 가지는 섬유사 여과장치(Sung-Shin Engineering co. Ltd., Korea)와 2개의 마이크로 필터(0.5 μm , Filmtec, USA)가 장착된 마이크로 필터 시스템으로 구성되어 있다.

또한, 일정한 탁도의 원수를 제조하기 위해 카오린 클레이(Bemis Company, USA)를 이용하여 일정한 농도의 용액을 제조 후 실험에 사용하였으며, 응집제로서 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (97%, Showa chemical co. Ltd., Japan)와 PAA(Polyacrylamide, Sein Company, Korea)를 구입 후 사용하였다.

2. 실험방법 및 분석

카오린 클레이를 이용하여 초기 탁도를 30 ppm, 24 NTU로 제조 후 균일한 농도의 유지를 위해 Blower를 이용, 전체 용액을 균일하게 혼합하여 주었다. 또한, 응집공정의 영향을 조사하기 위해 Jar tester를 이용한 기초 응집실험을 통해 얻어진 용액의 최적 pH 및 응집제 농도 결과를 바탕으로 하여 용액의 pH는 6.5 ~ 7.5, FeCl_2 와 PAA는 각각 30, 5 ppm이 되게 투입 후 펌프를 통해 1.3 l/min의 유속으로 섬유사 여과장치에 도입되었으며, 섬유사 여과장치를 거친 후 최종적으로 마이크로 필터를 거쳐 최종 탁도 제거효율을 조사하였다. 각 공정에서의 고-액 분리 효과를 조사하기 위해 탁도계(2100N Turbidity meter, HACH, USA)를 사용하여 초기 원수의 탁도 및 섬유사 여과공정과 마이크로 필터 여과공정 전후 각각의 시료를 채취하여 탁도를 측정하였다.

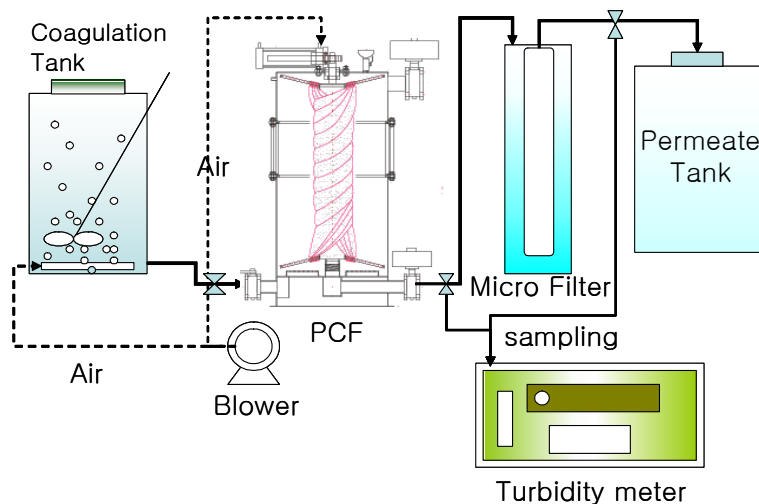


Fig. 1. Schematic of experiential apparatus.

실험결과 및 고찰

Fig. 2에 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템에 의한 탁도 제거 효율을 보였다. 초기 탁도를 24 NTU로 일정하게 유지하였을 때 섬유사 여과장치에 의해서는 약 37.5%, 마이크로 필터 시스템에 의해서는 약 58.4%의 제거율을 얻을 수 있었으며, Fig. 3에 전처리 공정으로서 응집공정이 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템의 처리효율에 미치는 영향을 나타내었다. Fig. 3은 pH 7에서 응집제로 FeCl_3 를 약 30 ppm으로 투입하고, 15 min 동안 교반시킨 후 별도의 침전공정 없이 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템에 도입하였을 때 각각의 탁도 변화를 나타낸 것으로서, 응집제로 FeCl_3 를 투입한 후 15 min 이 경과하였을 때 응집효과에 의해 초기 탁도는 24 NTU에서 약 44 NTU로 증가

하였으며, 50 min이 경과한 후 섬유사 여과장치를 통과한 처리수의 탁도 제거율은 약 97%, 마이크로 필터 시스템은 약 98%의 제거율을 보였다. 또한, 응집공정과 침전공정을 거친 후 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템으로 처리하였을 때의 탁도 제거율의 변화를 Fig. 4에 나타내었다.

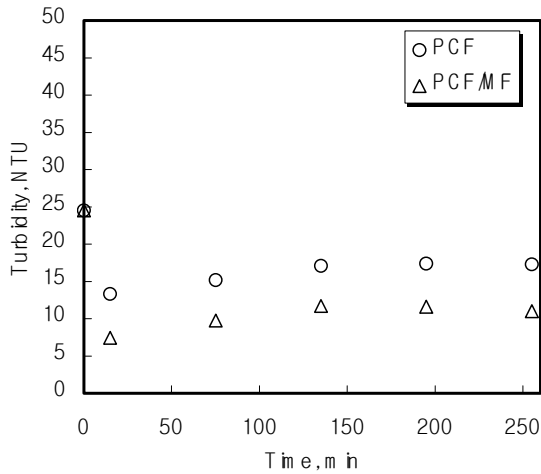


Fig. 2. Turbidity removal efficiency of PCF and PCF/MF system without coagulation pre-treatment.

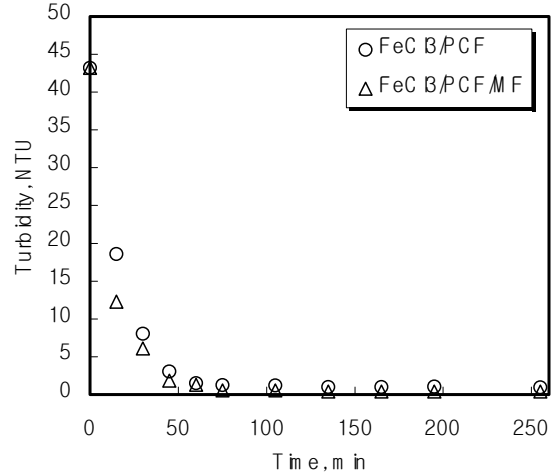


Fig. 3. Effect of coagulation process on the turbidity removal efficiency in PCF and PCF/MF system.

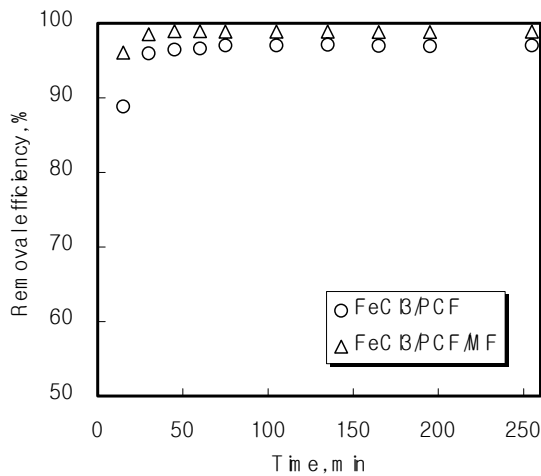


Fig. 4. Turbidity removal efficiency of PCF and PCF/MF system after coagulation and sedimentation.

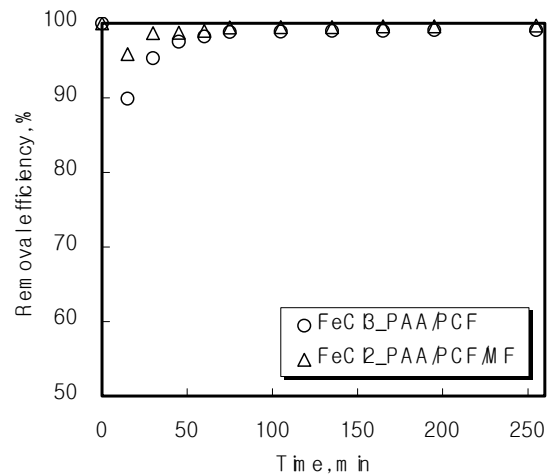


Fig. 5. Performance of turbidity removal efficiency in PCF and PCF/MF system using hybrid coagulation.

침전 공정을 거치지 않고 섬유사 여과 공정과 마이크로 필터 시스템에 도입되었을 경우 Fig. 3에 보인바와 같이 약 50 min이 경과한 후 일정한 탁도를 보였으나, 15 min의 급속 교반과 15 min의 완속 교반을 거쳐 약 30 min간 정치한 후 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템에 도입하였을 경우, 약 30 min만에 각각 97%, 99%의 탁도 제거율을 보임을 알 수 있다. 이는 침전공정이 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템의 탁도 제거율에는 큰 영향을 미치지 않으나, 최종 처리효율에 도달하는 시간을 앞당겨 보다 짧은 시간

내에 처리수질이 안정화됨을 알 수 있다. 또한, Fig. 5에 응집제로서 FeCl_3 와 PAA를 동시에 사용하였을 때 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템에서의 탁도 제거율의 변화를 나타내었다. FeCl_3 의 농도를 30 ppm, PAA의 농도를 5 ppm으로 하여 pH를 7에서 15 min간의 급속 교반과 15 min간의 완속 교반을 실시한 후 30분간 정치하여 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템에 도입하였을 때 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템 모두 30 min내에 99 % 이상의 탁도 제거율을 보임을 알 수 있다. 이와 같은 실험 결과는 섬유사 여과장치와 마이크로 필터 시스템만으로는 고탁도의 원수 처리에는 한계가 있으나, 전처리 공정으로 간단한 응집공정을 도입하였을 경우 섬유사 여과공정과 마이크로 필터 시스템의 효율을 급격히 향상시켜 마이크로 필터 시스템 없이 섬유사 여과공정만을 단독으로 사용하여도 효과적인 고-액 분리효율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

감 사

본 과제(결과물)는 산업자원부의 출연금으로 수행한 지역협력연구사업의 연구결과입니다.

참고문헌

1. Seung-Hyun Kim, "Evaluation of Various Coagulants for Enhanced Coagulation", *Journal of Korea Technological Society of Water and Waste Water Treatment*, **8**, 3, 35 (2000).
2. J. Roussy, M. V. Vooren, B. A. Dempsey, E. Guibal, "Influence of Chitosan Characteristics on the Coagulation and the Flocculation of Bentonite Suspensions", *Water Research*, **39**, 14, 3247 (2005).
3. Young-Bae Kang · Hyun-Jun Song · Tae-Gyu Park, "Filtration Technology for the Effluent of Wastewater Treatment Plant Using Twist(PCF)-Filter", *Journal of Korea Technological Society of Water and Waste Water Treatment*, **12**, 3, 55 (2004).
4. Jeong-Hyun Kim, Chul-Ho Bae, Chung-Hwan Kim, No-Suk Park, Sun-Ju Lee, Hyo-Won Anh, Hyun-Chul Huh, "Evaluation of Turbidity Removal Efficiency on under Flow Water by Pore Controllable Fiber Filtration", *Journal of Korean Society of Waster and Wastewater*, **19**, 2, 135 (2005).
5. K. A. Matis, E. N. Peleka, D. zamboulis, T. Erwe, V. Mavrov, "Air Sparging During the Solid/Liquid Separation by Microfiltration: Application of Flotation", *Separation and Purification Technology*, **40**, 1, 1 (2004).