

흡착제와 동적막 혼합공정에 의한 용존성 악취물질제거

최원경, 이혜민, 조은숙, 신동호, 이용택[†]
경희대학교 환경·응용화학대학 화학공학 및 신소재공학전공

Fouling Smelling Removal in Water Using Adsorbents and Dynamic Membrane Hybrid System

Won Kyung Choi, Hye Min Lee, Eun Suk Jo, Dong Ho Shin,
Yong Take Lee[†]
College of Environment and Applied Chemistry
Chemical Engineering & Advanced Materials Engineering,
Kyung Hee University

1. 서론

수중의 악취물질 중에 암모니아는 지표수, 지하수, 폐수 등에 자연적으로 존재함으로써 수질오염의 정도를 나타내었다. 제거방법에는 물리적, 화학적 및 생물학적 처리법이 있으나 빠른 제거를 위해 활성탄과 제올라이트의 흡착법을 사용하였다.

이전 연구에 의하면 암모니아는 활성탄에 흡착능이 좋지 않으므로 좀 더 효율적으로 흡착하기 위해 기존 활성탄 표면을 산·염기로 함침시켜 물리적인 흡착 외에 화학적인 결합으로 관능기를 부여해서 흡착능이 증가하는 침착활성탄의 연구가 진행되고 있다. 또한 제올라이트는 수처리 분야에서 암모니아 흡착과 오/폐수 중의 질소제거에 많이 이용되고 있다. 액상으로 처리하면 기존의 활성탄과 제올라이트는 액상을 연속적인 공정으로 운전하기 위해서 물의 순환이 필수적이다. 따라서 분리막을 병행하여 새로운 공정을 제시하였다. 이에 다공성 지지막에 분말활성탄과 제올라이트를 포함한 용액을 여과함으로써 지지막 위에 코팅되어 형성된 동적막을 Hybrid system으로 구성하였다.

따라서 본 연구에서는 고효율적인 처리유량과 공급되는 유체 내에 포함되어 있는 분말활성탄과 제올라이트를 이용하여 지지막 표면에 분리 활성 여과 층을 형성함으로써 2차 여과 역할과 제거효율을 높이고, 역세 가능한 교차흐름방식의 정밀여과기인 동적막(dynamic membrane)을 사용하였다. 분말활성탄, 산침착활성탄, 제올라이트의

흡착량 및 제거효율은 Jar-Test 실험을 통하여 산출하고, 동적막 공정에서는 농도, 압력, 유량, 흡착제의 주입량에 따른 암모니아의 흡착효율을 비교하면서 동적막에 의한 제거효율과 효율적인 공정 조건을 확립하고자 한다.

2. 실험

2.1. 흡착제의 제조

본 연구에서 사용한 제올라이트는 (주) 한일 그린텍의 수처리 천연분말제올라이트를 사용하였고, 활성화된 분말상 활성탄은 (주) 삼천리의 200 mesh, 비표면적이 1150 m²/g인 석탄을 원료로 한 액상용 분말활성탄을 사용하였다. 기존의 분말활성탄에 H₂SO₄ · NaOH로 침착 하기 전에 증류수로 수차례 세척한 후 110℃ 건조기에서 24시간 건조하여 데시케이터에 보관하였다. 침착용액은 H₂SO₄ · NaOH 수용액으로 제조한 다음 정제된 분말활성탄을 4시간 함침 시킨 다음, 건조기에서 110℃로 24시간 건조하였다. 침착방법은 Wetness Method와 Spray Method가 있고 모두 침착용액을 시료와 함침시킴으로써 침착 한다. 제조된 활성탄의 비표면적, 세공크기 및 세공부피 등의 물리적 특성은 BET(Surface Area Analyzer), 표면 상태는 SEM(Scanning Electron Microscope)을 사용하여 조사하였다.

2.2. 동적막(Dynamic membrane)의 형성

동적막의 형성을 위한 지지막의 재질은 Polyester와 Nylon이고 막의 형태는 유연한 섬유조직을 지닌 막(Tubular Textile Membrane)으로써 모듈 크기(외경 × 길이)는 60 mm \varnothing × 185 mm L, 유효 막면적은 0.0296 m²이다.

초기에 지지막은 공정상 증류수를 넣어 순환시키면서 원수탱크에 분말활성탄을 투입하여 일정한 농도를 유지하였다. 압력은 0.5 kgf/cm², 유량은 500 ml/min으로 일정하게 하면서 60 min 동안 지지막 표면에 분리 활성 층(support pre-coating)을 형성하였다. 동적막의 혼합 공정 실험 장치 모식도는 Fig. 1에 나타내었다.

3. 결과 및 토론

3.1. 흡착제의 암모니아 제거효율

암모니아의 농도를 50 ppm으로 제조하여 분말활성탄, H₂SO₄ · NaOH 침착활성탄, 제올라이트의 약취물질의 제거율을 Fig. 2에 나타내었다.

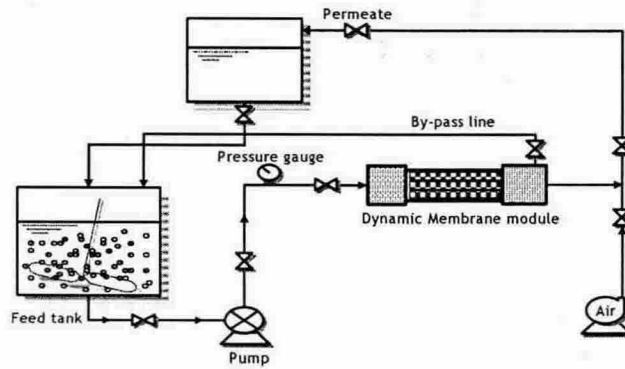


Fig. 1. Schematic diagram of experimental system

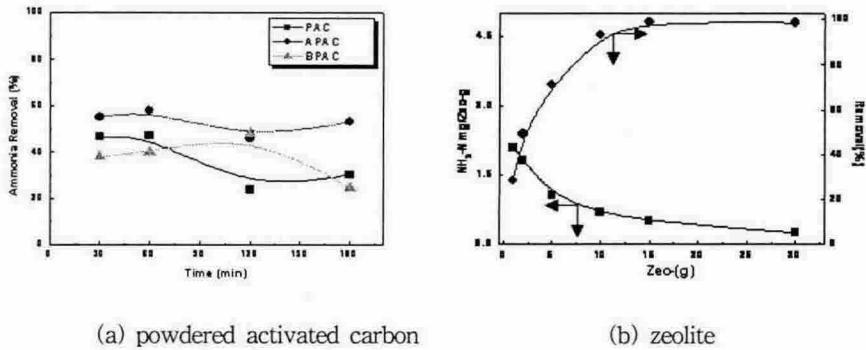


Fig. 2. Ammonia removal efficiency of adsorbents

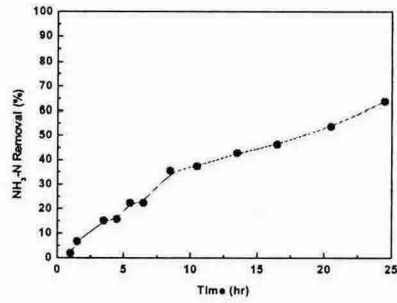
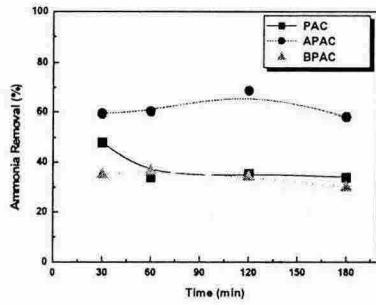
Fig. 2. (a)를 보면 기존의 분말활성탄 보다 H_2SO_4 침착활성탄이 암모니아를 흡착하는 효율이 10~15% 좋게 나타난다. 용존된 암모니아성 질소, 암모늄이온의 제거율이 약 40%이상 되는 것을 알 수 있었다. 활성탄 표면에 황산을 침착함으로써 미세 세공이 붕괴되어 비표면적은 감소하고 산소의 함량이 증가한 것으로 판단된다. 이에 암모니아의 수소와 강한 정전기적 인력에 의해 상호작용함으로써 흡착효율이 증가한 것으로 사료된다.

Fig. 2. (b)는 제올라이트의 암모니아 흡착량과 제거율을 나타내었다. 제올라이트의 주입량에 따른 암모니아의 제거효율은 30~90%이상을 나타내었다.

3.2. 흡착제와 동적막 혼합공정에서의 암모니아 제거효율

암모니아의 농도를 50 ppm으로 분말활성탄, $H_2SO_4 \cdot NaOH$ 침착활성탄과 동적막 혼합공정에서의 악취물질의 제거율을 Fig. 3에 나타내었다.

Out-In 방식으로 압력을 0.1 kgf/cm², 유량을 666 LMH 조건으로 하여 동적막을 운전



(a) powdered activated carbon

(b) zeolite

Fig. 3. Ammonia removal efficiency of adsorbents + dynamic membrane hybrid system

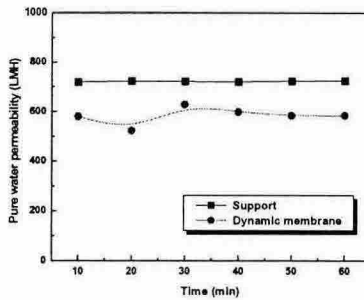


Fig. 4. Pure water permeability of support & dynamic membrane

하였을 때 Fig. 3 (a)에서 보면 기존 분말활성탄과 H_2SO_4 침착활 Out-In방식으로 압력을 0.1 kgf/cm^2 , 유량을 666 LMH 조건으로 하여 동적막을 운전하였을 때 Fig. 3 (a)에서 보면 기존 분말활성탄과 H_2SO_4 침착활성탄은 동적막 여과후의 흡착효율이 증가하였다. 제거효율은 H_2SO_4 침착활성탄이 동적막을 여과했을 때 약 10% 증가하여 60%이상을 나타내었다. Fig. 3 (b)를 보면 제올라이트가 암모니아를 흡착하는 속도는 느리지만 제거 효율 면에서는 계속 증가하는 것으로 보아 흡착능은 기존의 활성탄과 동적막의 혼합공정 보다 약 10%이상 향상되었다.

3.3. 지지막(Support)과 동적막(Dynamic membrane)의 순수 투과성능

기존의 고분자 막이나 세라믹 소재의 막은 Surface filtration으로 막 표면에 형성된 층은 여과현상을 방해하나, 동적막은 지지막 세공보다 작은 입자를 지지막의 공극사이로 빠져나가게 하고 점차적으로 Coating layer의 미세 세공에 배제되거나 흡착되어 제거되는 Depth filtration의 메카니즘을 이용하였다. 이에 플럭스를 보면 정밀 여과막 $50\sim 500 \text{ LMH}$, 한의 여과막 200 LMH 를 나타낸다. Fig. 4. 에서 동적막의 여과 플럭스는 정밀여과범위의 투과성능을 가짐을 알 수 있었다. 따라서 공정상 효율적으로 적

용가능하다고 판단된다.

4. 참고문헌

1. S.H. Kim, K.J. Oh, J.H. Moon, and D. Kim, *J. Microbiol. Biotechnol.* **10** (2000) 419-422
2. M. Smíek and S. Cerný, "Active Carbon Manufacture, Properties and Application", Elsevier, New York, 1970
3. S. J. Park, *Interfacial forces and fields: theory and applications* (J. P. Hsu Ed). Chap. 9, Marcel Dekker, New York (1999)
4. A.E. Marcinkowsky, K.A. Philips, H.O. Johnson and J.S. Shon, "Hyperfiltration studies (IV) salt rejection by dynamically formed hydrous oxide membrane" *J.Am. Chem. Soc.*, 88(1996) 5744

감사의 글

본 연구는 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업인 연구비 지원(과제번호 013-051-034)에 의해 수행되었습니다. 지원해 주신 고려공업검사(주)의에 감사드립니다.