

PA10) 활성탄 고정층 반응기에서 아세톤 증기와 톨루엔 증기의 극성에 따른 흡착특성

감상규¹, 이동환², 안갑환³, 이송우, 이민규
부경대학교 응용화학공학부, ¹제주대학교 토목환경공학부,
²동의대학교 물질과학부, ³부산카톨릭대학교 환경과학부

1. 서 론

최근 산업의 발전에 따른 각종 유기용제류의 사용량은 증가추세에 있으며, 이로 인한 휘발성 유기화합물 (VOCs, Volatile Organic Compounds)의 발생량은 점점 증가하여 환경오염 문제뿐만 아니라 인간생활을 위협하고 있어 그에 대한 대책이 시급한 실정이다. VOCs 처리기술 중에서 흡착법은 유기용제의 회수, 에너지 절약의 관점, 그리고 흡착제 종류에 따라 유기용제 성분 중 특정성분만을 선택적으로 분리하는 것이 가능하기 때문에 유용한 기술로 여겨지고 있다. 일반적으로 흡착공정에 상용화 되고 있는 흡착제는 활성탄이며, 활성탄을 이용한 VOCs의 제거 및 회수에 관한 연구는 많은 연구자들이 수행한 바 있다. 그러나 대부분의 연구는 주로 비극성인 방향족 화합물들의 흡착특성에 관한 것으로 극성을 가진 물질에 대한 흡착연구는 많지 않다. 실제 현장에서 발생하는 VOCs 물질에는 극성 및 비극성 물질이 혼합된 경우가 많으며 활성탄에 의한 흡착시 극성 및 비극성 물질의 흡착특성은 다를 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 연속식 활성탄 고정층 반응기를 이용하여 대표적 극성물질인 acetone과 비극성물질인 toluene을 흡착질로 사용하여 유입농도와 유입속도의 변화에 따른 파과실험을 수행하여 흡착질의 극성에 따른 흡착특성을 비교하였으며, 이들 물질의 흡착시 발생하는 흡착열에 의한 활성탄 고정층의 온도변화를 비교하였다.

2. 재료 및 실험 방법

흡착제로 사용된 활성탄은 전보⁹⁾에서와 같이 입자크기가 8~12 mesh인 야자계 활성탄을 사용하였으며, 물성치는 Table 1과 같다. 활성탄의 세공부피는 0.41 cm³/g, 평균 세공직경은 19Å, 그리고 비표면적은 1,145 m²/g이며 요오드 흡착능은 1,100 mg/g이었다. 흡착질로 사용한 acetone과 toluene은 삼전화학(주)의 제품으로 순도 99.9%의 특급시약을 정제 없이 사용하였다. 실험장치는 Fig.1과 같다. 흡착실험은 상온(20℃)에서 실행하였으며, 고정층 흡착장치는 내경 16 mm의 pyrex 유리관으로 제작하여 사용하였다. Acetone 및 toluene 가스는 반응기의 하부로 유입시켜 상부로 배출되게 하였다. 고정 흡착층의 유출부를 gas chromatography (GC, Donam DS-6200)의 injection port에 연결하여 유출부에서 유출되는 가스의 농도를 10분 간격으로 분석하였다.

Table 1. Characteristics of activated carbon

Properties	Value
Material	coconut
Particle size (mesh)	8~12
Iodine number (mg/g)	1,100
BET specific surface area (m ² /g)	1,145
Total pore volume (cm ³ /g)	0.41
Average pore diameter (Å)	19.0

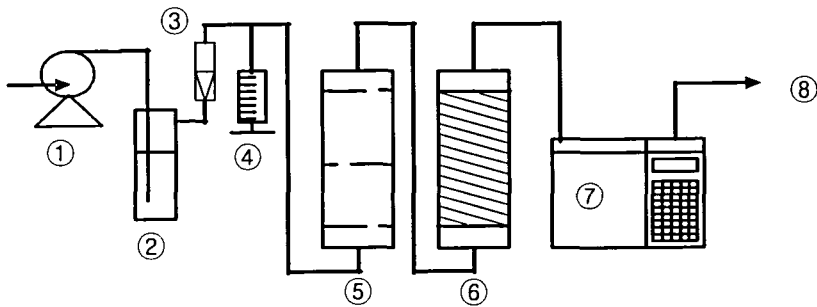


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus for dynamic adsorption test. 1. air pump, 2. drying bottle, 3. flow meter, 4. syringe pump, 5. mixing chamber, 6. adsorption bed, 7. GC, 8. vent.

3. 결과 및 고찰

3.1. 흡착질의 유입농도에 따른 파과특성변화

흡착질인 acetone vapor와 toluene vapor의 유입농도(C_0 , inlet concentration)에 따른 파과특성을 고찰하기 위해 흡착질의 유입속도(V , linear velocity)를 0.42 m/s로 고정하고, 유입농도를 60, 90, 120 ppmv로 변화시켜 실험을 수행하였다. 실험으로부터 얻은 acetone vapor의 파과곡선은 Fig.2에 toluene vapor의 파과곡선을 Fig.3에 각각 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 흡착질의 유입농도가 클수록 파과가 빨리 일어났으며, 파과곡선의 기울기가 조금씩 높아짐을 알 수 있었다. 또한 acetone vapor는 toluene vapor에 비해 농도에 따른 파과곡선의 변화폭은 크지 않았다. Acetone vapor의 유입농도가 60, 90, 120 ppmv로 증가함에 따라 파과시간은 70, 50, 30 min으로 감소하였으며, toluene vapor의 경우는 유입농도가 60, 90, 120 ppmv로 증가함에 따라 파과시간이 330, 250, 170 min으로 감소하였다. 흡착량은 acetone 및 toluene의 유입농도가 60 ppmv 일때 각각 54 및 294 mg/g이었으며, 유입농도가 120 ppmv로 두배 증가한 경우에는 흡착량도 각각 74 및 349 mg/g으로 증가하였다.

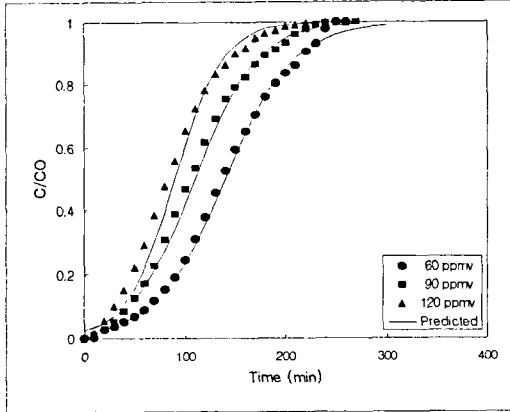


Fig. 2. Effect of inlet concentration of acetone vapor on breakthrough curve. (linear velocity : 0.42 m/s, activated carbon : 2 g)

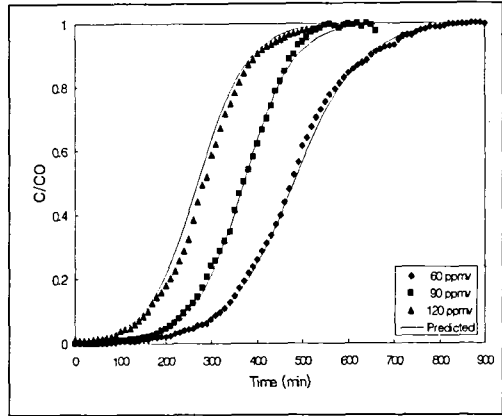


Fig. 3. Effect of inlet concentration of toluene vapor on breakthrough curve. (linear velocity : 0.42 m/s, activated carbon : 2 g).

3.2. 흡착질의 유입속도에 따른 파과특성변화

흡착질의 유입속도에 따른 파과특성을 고찰하기 위해 각 가스의 유입농도를 90 ppmv로 고정하고 유입속도를 0.33~0.49 m/s로 변화시켜 실험을 수행하였다. 실험을 통해 얻은 acetone vapor의 파과곡선은 Fig. 4에 그리고 toluene vapor의 파과곡선은 Fig.5에 각각 나타내었다. 유속이 0.33~0.49 m/s로 증가함에 따라 acetone vapor와 toluene vapor의 파과 시간은 70 min에서 30 min, 340 min에서 180 min으로 각각 단축되었지만 흡착량은 각각 62~65 mg/g, 331~339 mg/g으로 차이가 거의 없었다. 유속변화에 따른 acetone vapor와

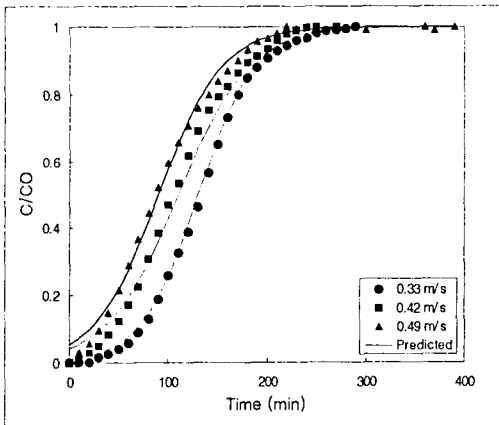


Fig. 4. Effect of linear velocity of acetone vapor on breakthrough curve. (Inlet concentration : 90 ppmv, activated carbon : 2 g)

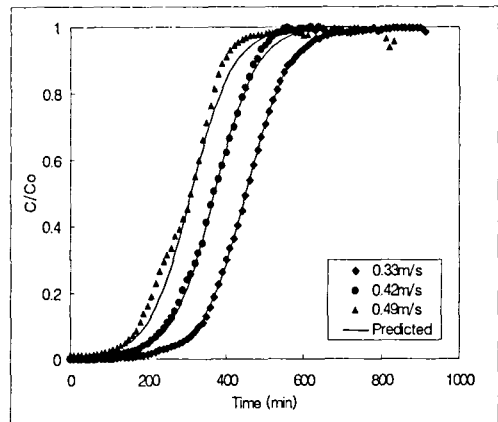


Fig. 5. Effect of linear velocity of toluene vapor on breakthrough curve. (Inlet concentration : 90 ppmv, activated carbon : 2 g)

toluene vapor의 파과형태도 유입농도의 변화에 따른 실험결과와 마찬가지로 유입속도가 증가할수록 파과시간이 단축되었다.

3.3. 흡착에 따른 활성탄 흡착층의 온도변화

Acetone vapor와 toluene vapor가 활성탄에 흡착할 때 발생하는 흡착열을 측정하기 위해 상온(20℃)에서 흡착질의 유입농도는 120 ppmv, 유입속도는 0.42 m/s로 조절하고, 활성탄 흡착층의 중간 부분에 K-type 열전대(thermocouple)를 설치하여, 흡착시간에 따른 온도변화를 측정하여 Fig. 6에 나타내었다. 흡착이 진행됨에 따라 흡착열은 서서히 증가하다가 실험시작 10분부터 30분까지 급격한 온도 변화를 보였으나, 30분 이후부터는 상온으로 계속 유입되는 흡착질에 의해 냉각되어 온도상승이 더 이상 나타나지 않았다.

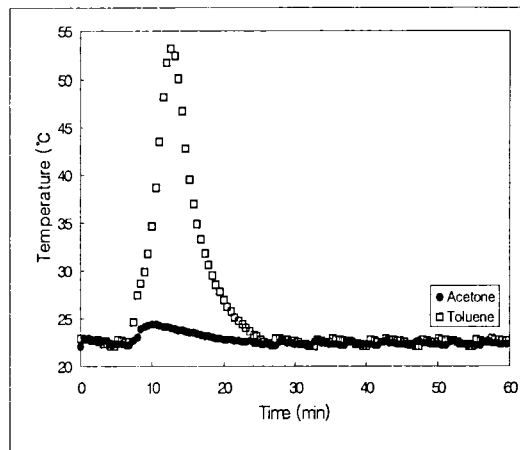


Fig. 6. Temperature changes in activated carbon bed during adsorption of acetone vapor and toluene vapor. (Inlet concentration : 120 ppmv, linear velocity : 0.42 m/s, activated carbon : 2 g)

참 고 문 헌

- Chiang, Y. C., P. C. Chiang and C. P. Huang, 2001, Effect of pore structure and temperature on VOC adsorption on activated carbon, Carbon, 39, 523-534.
- Kang, S. W., B. H. Min and S. S. Suh, 2000, Breakthrough behavior of benzene and toluene in adsorption bed, J. Kor. Oil Chem. Soc., 17(2), 83-88.
- Kim, H. S. and Y. S. Park, 2003, Binary component adsorption characteristics of benzene and toluene at the fixed-bed adsorption column with activated carbon, J. of KSEE 25, 977-983.
- Lim, J. K., S. W. Lee, S. K. Kam, D. W. Lee and M. G. Lee, 2005, Adsorption characteristics of toluene vapor in fixed-bed activated carbon column, J. KENSS, 14(1). 61-69.