

PA1 활성탄 흡착반응기에서의 기상 톨루엔의 흡착특성

임진관*, 감상규¹, 이민규

부경대학교 응용화학공학부, ¹제주대학교 토목환경공학부

1. 서 론

휘발성 유기 탄소화합물인 VOCs는 다양한 배출원에서 배출되고 있다. 2001년 12월 기준으로 도장산업 분야가 전체 VOCs 배출량의 54.5%를 차지하여 가장 큰 배출원이며, 자동차에서 발생하는 비율이 그 뒤를 이어 27.8%를 차지하고 있다. 더불어 국내에서는 VOCs 관리 및 해결방안으로 1993년 3월부터 대기환경규제 지역 내 VOCs 규제를 위해 대상시설규모 및 방지시설 설치에 대한 기준을 마련하여 고시하였으며, 휘발성 유기화합물에 대한 규제는 더욱 강화될 전망이다.(환경부, 2001)

또한 VOCs가 인체에 미치는 영향에 살펴보면 최근 임상 환경의학의 발달에 따라 저농도 VOCs 폭로에 대한 인체영향이 밝혀지고 있다. 인체에 대한 VOCs의 영향은 중추신경, 특히 면역계나 다른 기관에 이차적 영향을 미치는 대뇌주변계에 대한 것으로 알려져 있다. 구체적으로는 기억곤란, 집중력 결여, 설사, 변비 등의 자율신경계의 기능 이상, 그리고 공포감, 어지러움, 구토감, 피로감등의 증상이 있다고 보고되고 있다. 톨루엔의 경우 200 ppm을 넘는 농도 가스를 흡입하면 지각이상, 구토감을 일으키며, 산업위생학회에 의한 노동환경에 있어서의 허용농도는 50 ppm으로 지정하고 있다.(환경부, 2001)

일반적으로 대기중으로 방출되는 VOCs의 처리기술로는 열 소각법(thermal oxidation), 촉매산화법(catalytic oxidation)을 이용한 방법, 생물학적 처리방법, 응축법 등이 있다.(Chun 등, 2002)

본 연구에서는 대표적인 VOCs 중의 하나인 기상 톨루엔의 활성탄 흡착반응기에서의 톨루엔의 흡착특성에 관해 살펴보았다. 실험 변수로는 유입농도 변화, 유입유량 변화 등 다양한 실험을 수행하여 얻어지는 고정층 흡착 파곡곡선으로부터 흡착능에 관계되는 물질전달영역(MTZ), 미사용 길이(LUB)를 산출하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구에 사용된 활성탄은 S 화학에서 제조 공급하는 코코넛계 활성탄으로 이를 분쇄하여 일정크기로 체분리한 다음 dry oven에서 105℃로 24시간 건조한 후 데시케이터에 보관하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 활성탄의 물성치를 Table 1에 나타내었다. 실험은 실리카겔층을 통과시켜 수분을 제거한 건조공기 흐름내로 실린지 펌프를 이용하여 실험대상 가스 물질의 용액을 일정유량으로 주입하여 기화시킨 다음 mixing chamber를 통과하면서 균일하게 혼합되도록 하여 반응기의 하부로 유입되도록 운전하였다. 반응기는 내경 16 mm의 pyrex 유리관으로 제작하여 사용하였다. 시료의 분석은

Table 1. Characteristics of activated carbon

Properties	Value
Raw material	coconut cell
Bulk density (g/ml)	0.45
Particle size (mesh)	7 - 10
Specific surface area (m ² /g)	945
Total pore volume (cc/g)	0.41

FID detector가 장착된 gas chromatogram(Donam, DS-6200)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유입농도 변화에 따른 흡착특성

Toluene 가스의 유입농도 변화에 따른 흡착특성을 살펴보기 위하여 활성탄을 2g 정량하여 column에 충전하고 toluene 가스의 유량은 0.42m/s 으로 고정한 후 toluene 가스의 유입 농도를 60, 90, 120 ppmv으로 변화시키면서 실험을 수행하였다. 실험결과로부터 얻어진 파과곡선은 Fig. 1과 같았다. 유입농도의 90%가 제거되는 시간 즉 유입농도의 10%가 유출되기 시작하는 시간을 파과시간(breakthrough time)으로 정의할 때 유입농도가 60, 90, 120ppmv로 증가함에 따라 파과시간은 330, 250, 170 min으로 유입가스의 농도가 높을수록 breakthrough time이 감소하였다, 반면에 흡착제의 흡착능은 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 2는 toluene 가스의 유량 변화에 따른 흡착특성을 나타낸 파과곡선으로 toluene 가스의 농도는 90 ppmv로 고정한 후 toluene 가스의 유입유량을 0.33, 0.42, 0.49 m/s으

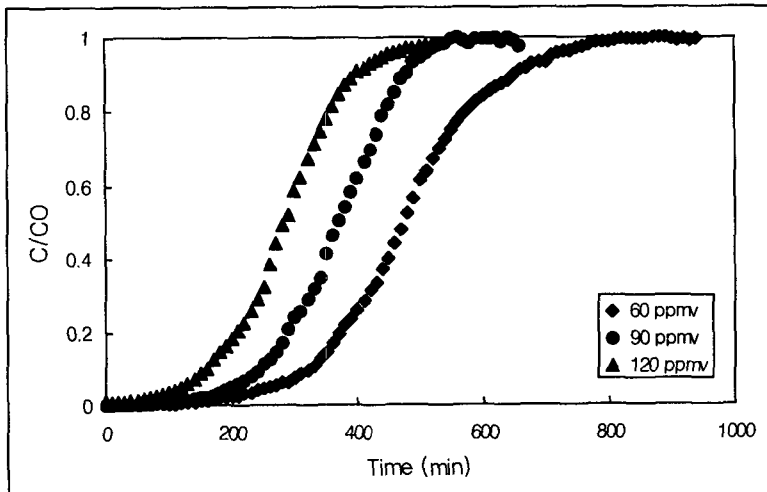


Fig. 1. Effect of inlet toluene concentration of toluene on breakthrough curves (LV : 0.42m/s, AC : 2g).

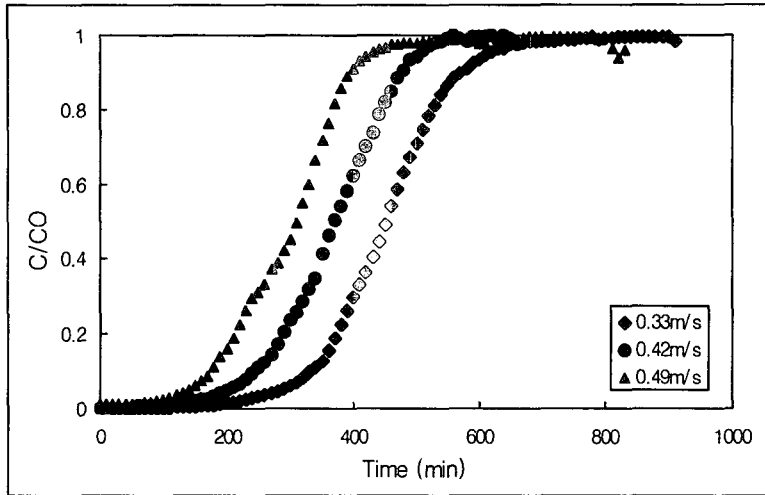


Fig. 2. Effect of gas flow rates on breakthrough curves (Toluene concentration : 90ppmv, AC : 2g).

로 변화시키면서 살펴본 결과이다. toluene 가스의 유입유량이 증가할수록 파과시간은 340, 260, 180 min으로 감소하는 것으로 나타났다

Fig. 3은 toluene 가스의 유입농도에 따른 물질전달 영역(mass transfer zone, MTZ)와 미사용길이(length of unused bed, LUB)의 변화를 나타낸 것이다 Toluene 가스의 농도가 60 ppmv 일때 MTZ와 LUB는 2.64, 1.19cm 이나, toluene 가스의 농도를 120 ppmv로 증가시키면 MTZ와 LUB는 각각 3.5, 1.6cm로 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 4는 toluene 가스의 유입유량의 변화에 따른 MTZ와 LUB의 변화를 나타낸 것이다. Toluene 가스의 유량이 0.33 m/s일 때 MTZ는 2.22 cm로 전체 충전층의 약 21%에

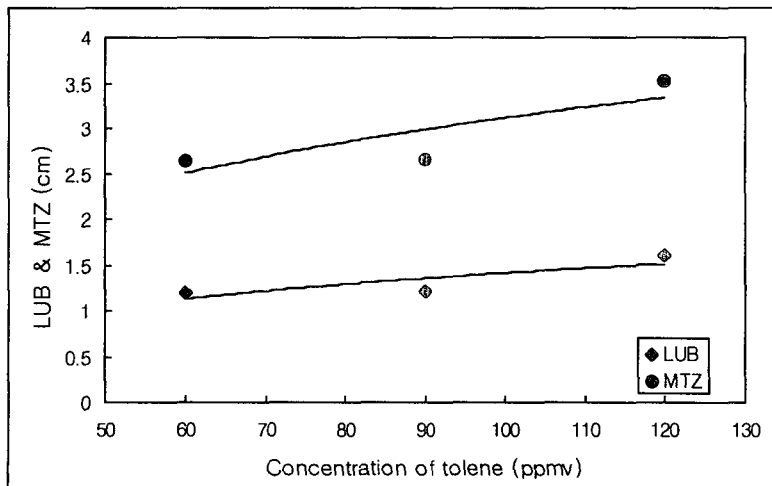


Fig. 3. Effect of inlet toluene concentration on MTZ and LUB at the fixed bed adsorption.

해당하지만 유량이 0.42 m/s일 경우에도 3.19 cm로 약 30% 증가됨을 보이고 있으며, LUB도 toluene 가스의 유입유량이 증가할수록 0.99에서 1.54cm 로 약 36%정도 증가하였다.

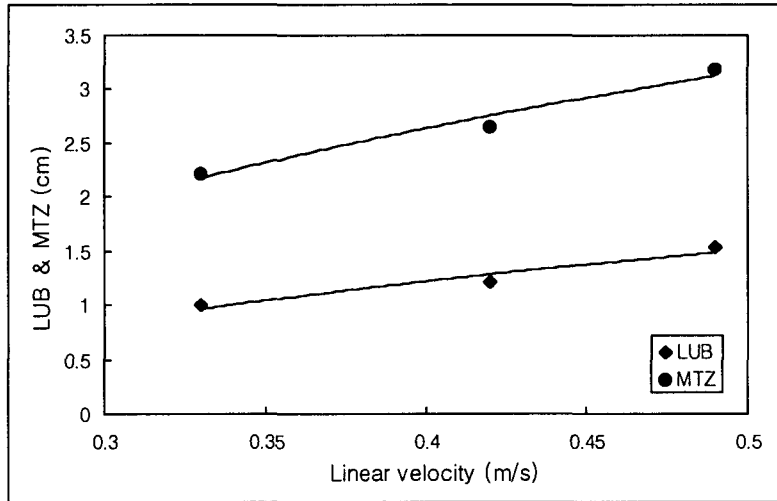


Fig. 4. Effect of toluene gas velocity on MTZ and LUB at the fixed bed adsorption.

4. 요약

활성탄 흡착을 통한 도장공정의 건조작업시 발생하는 VOCs 가스중에서 많은 양을 차지하는 톨루엔의 흡착실험의 결과는 아래와 같다.

활성탄을 충전한 고정흡착탑에서 톨루엔의 흡착에 있어서 파과곡선의 파과점은 흡착제의 포화특성에 좌우되며, toluene 가스의 농도, 유량이 증가할수록 감소하였다.

활성탄의 동일한 충전층에 대해 toluene 가스의 유량, 농도가 증가할수록 MTZ와 LUB도 증가함으로 흡착층의 효율이 감소하는 것으로 나타났다.

참고 문헌

환경부, 2001, 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구, 282pp.

Chun, D, Y., Y, S, Cho., Y, J, Kim and S, J, Yoa, 2002, Adsorption characteristics of toluene on activated carbon in a packed bed with stratification, J. of KSEE., 24, 665-673.