

방독마스크 정화통의 흡착능력 향상을 위한 입상 활성탄의 특성연구

김덕기(학), 신창섭(정)
충북대학교 공과대학 안전공학과

The Adsorption Characteristics of Granular Active Carbon for an Organic Vapor Respirator Cartridge

Deogki Kim and Changsub Shin
Dept. of Safety Eng., Chungbuk National Univ.

서론

유해물질의 인체 내로의 침입경로중 호흡기를 통한 경우가 가장 많으며, 방독마스크는 이들 유해물질로부터 작업자를 방호해 주는 최후의 수단으로 사용된다. 방독마스크 정화통의 성능과 수명에 영향을 주는 인자에는 흡착제의 종류, 입자크기, 유기가스의 종류, 충전밀도 그리고 습도, 온도등이 있다.

본 연구에서는 유기가스용 방독마스크 정화통에 많이 사용되는 야자각 활성탄을 흡착제로 사용하여 습도, 흡착제 입자크기, 유기 오염물의 농도 그리고 활성탄의 비표면적과 세공특성의 변화가 흡착특성에 주는 영향을 알아보았다. 또한 고정층 흡착모델식을 이용하여 공기의 유속, 입자크기, 정화통의 직경/길이 비에 따른 파과곡선 변화를 추정하였다.

이론

방독마스크 정화통의 파과곡선의 변화는 다음과 같은 고정층 흡착모델을 이용하여 추정하였다.

$$\frac{\partial q}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 q}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial q}{\partial r} \right) \quad (1)$$

$$-D_L \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + v \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial t} = \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) \left[\frac{3k}{R} \left(c(z,t) - \frac{q|_{r=R}}{R} \right) \right] \quad (2)$$

여기서 q 는 입자내부의 농도(mol/m^3), r 은 입자중심으로 부터의 거리(m), t 는 시간(sec), D 는 고체상의 확산도(m^2/s)이며, D_L 는 축방향 분산계수(m^2/s), v 는 유속(m/s), z 는 고정층의 축방향거리(m), R 은 입자반지름(m), ϵ 은 고정층의 공극률을 나타낸다.

실험

본 실험에 사용한 흡착제는 야자각을 원료로한 입상 활성탄으로 물리적 특성은 Table 1에 나타내었으며, 또한 흡착질로는 현재 산업안전보건법상 유기가스용 방독마스크 정화통의 제독성능 시험에 기준 물질로 사용하도록 규정되어 있는 사염화탄소를 사용하였다. 활성탄의 비표면적은 Langmuir 등온식과 BET 법을 사용하여 구하였으며, 세공의 부피는 BJH 법을 사용하여 구하였다.

Table 1. Physical properties of active carbon.

특 성	시 료	active carbon
BET surface area		1146 m ² /g
Langmuir surface area		1288 m ² /g
micropore volume		0.465 cc/g
total pore volume		0.539 cc/g
average pore diameter		17.1 Å
average particle diameter		1.6 mm

습도에 대한 영향은 건조 및 가습된 활성탄을 사용하여 각각의 경우에 주입 공기의 상대습도를 20, 40, 60, 80%로 변화시켜 실험하였으며, 입자크기와 농도 변화에 따른 흡착특성은 건조된 활성탄을 사용하여 실험하였다. 이때 공기의 유량과 사염화탄소의 농도는 각각 5 l/min, 1000ppm으로 일정하게 하였으며, 농도는 GC 로 측정하였다. 본 실험에 사용한 장치는 Fig.1 과 같으며, 비표면적 및 세공부피는 Micromeritics 사의 ASAP 2400을 사용하여 측정하였다.

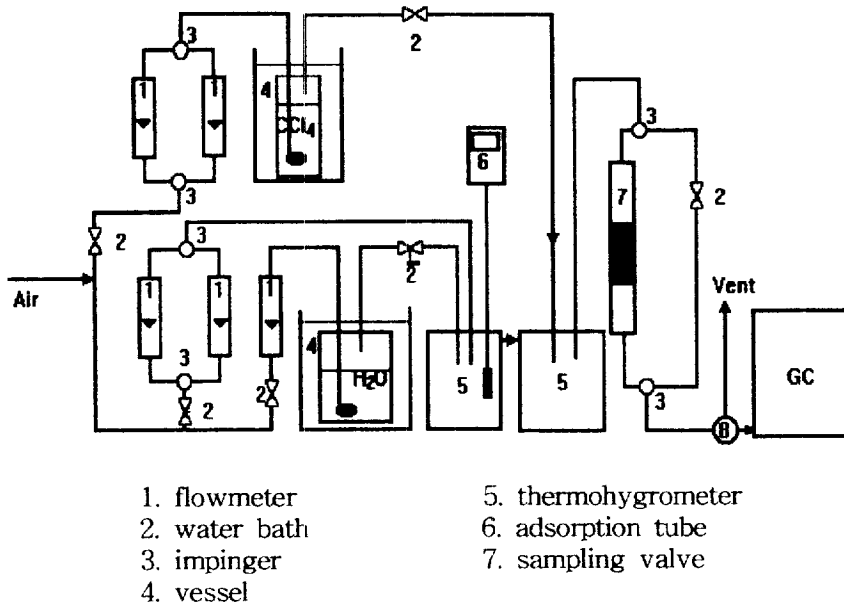


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

결과 및 토론

Fig.2 에서와 같이 공기의 상대습도에 따른 1% 파과시간은 감소하였으나, 가습된 활성탄의 경우 상대습도 40% 까지 1% 파과시간은 거의 영향을 받지 않았다. 상대습도와 평형상태로 가습된 활성탄의 경우 다른 조건의 활성탄 보다 1% 파과시간이 짧게 나타났으며, 습도가 증가할 수록 1% 파과시간의 차이는 더욱 크게 나타났다. 상대습도에 따른 활성탄의 흡착량 변화는 Fig.3에 나타내었으며, 건조된 활성탄의 경우 40%에서 흡착량은 $1.1\text{mg}/\text{m}^2$ 이었으며, 상대습도 80% 에서는 $0.5\text{mg}/\text{m}^2$ 로 감소하였다. 또한 입자크기와 농도의 증가에 따른 1% 파과시간은 감소하였으며, 1% 파과시간의 상승속도는 높은 농도에서 크게 나타났다.

침착에 의한 표면적의 감소는 대부분 micropore 에서 일어났으며, 흡착량은 Fig.3과 같이 면적의 감소에 따라 선형적으로 감소하였다. 또한 정화통에 대한 모사결과 시간별 정화통출구의 파과농도의 변화는 Fig.4에 나타내었으며, 유속, 입자크기 그리고 공극률에 대한 모사결과에서는 이들 값이 작을 수록 파과시간은 증가했으며, 정화통의 직경/길이의 비(1.14-6.50)는 파과시간에 거의 영향을 주지 않았다.

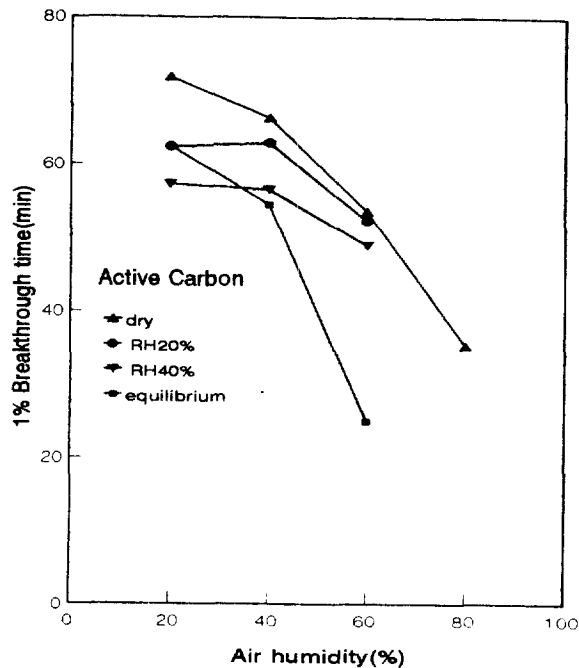


Fig. 2. Effect of air humidity on the breakthrough time.

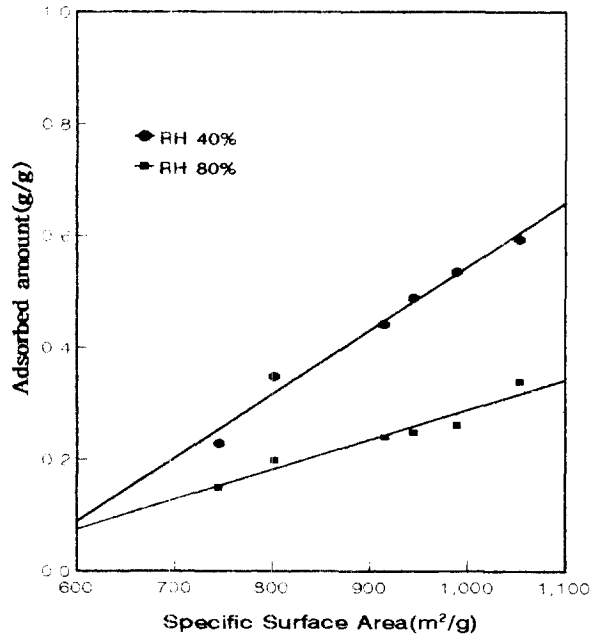


Fig. 3. Effect of surface area on the adsorbed amount of CCl₄.

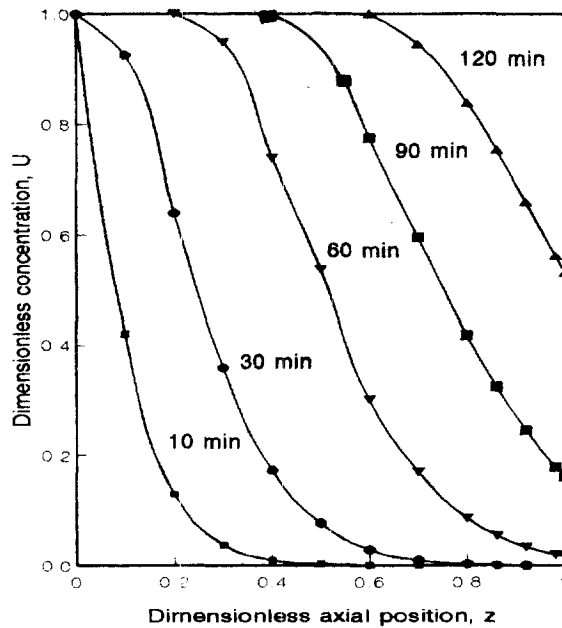


Fig. 4. Calculated concentration data by the axial position of cartridge.

참고문헌

1. Raghavan, N.S. and Ruthven, D.M., *AIChE J.* 29, 922(1983).
2. Trout, D., Breyse, P.N., Hall, T., Corn, M. and Risby, T., : *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 47, 491(1986).
3. Yoon, Y.H. and Nelson, J.H., : *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 51, 202(1990).