

활성탄 여재의 Biofilter에서 Ethylacetate의 제거특성

최도영, 전종익, 이재욱, 정홍조
서남대학교 화학공학과

Removal Characteristics of Ethylacetate in the Biofilter Packed with Activated Carbon

Do Young Choi, Jong Ik Chun, Jae Wook Lee, Heung Joe Jung
Department of Chemical Engineering, Seonam University

서론

대규모 석유화학제품을 생산하는 정유 및 석유화학 산업단지의 VOCs(Volatile Organic Compounds)의 배출이 주변 생활환경에 심각한 영향을 주고 있다. VOCs는 낮은 끓는점과 높은 휘발성의 특성에 의해 대기 중에 방출되어 악취 문제와 광화학반응에 의해 O₃의 농도를 증가시켜 환경문제를 심화시키고 있다.

자극성과 폭발성을 가진 Ethylacetate vapor는 화학공업에서 polyurethane과 epoxy 생산공정의 용제로 사용되어진다.

본 연구에서는 Ethylacetate의 효율적인 제어 및 관리를 위해서 생물학적 처리기술인 Biofilter를 도입하기에 앞서 여재로 사용될 활성탄의 흡착특성을 고찰하고자 한다. Activated carbon의 흡착능력과 분해 미생물 지지체로서의 효과를 고려하여 여재의 조성을 결정하는데 중요한 자료가 될 것이다.

이론

현재 VOCs를 제거시키기 위하여 물리적 처리법인 흡수나 흡착, 화학적 처리법인 촉매산화, 생물학적 처리법인 Biofilter가 이용되고 있다. 그러나 흡수와 흡착은 2차 오염물질을 유발하여 재처리가 필요하고, 흡착의 경우 흡착제의 교환으로 인한 많은 처리비용이 요구된다. 화학적 처리기술인 촉매산화나 소각은 처리비용과 유해한 화합물의 사용이 문제점으로 나타나고 있다. 물리 화학적 처리방법에 비하여 친환경적인 생물학적 처리법중의 하나인 Biofilter는 처리효율이 높으면서 경제성 등의 장점을 가지고 있다. 미국과 유럽에서는 1970년대부터 연구가 활발하게 진행중이다. 초기 Biofilter는 주로 토양과 퇴비를 여재로 사용하여 악취제거용으로 사용되었다. 그러나 분해가 어려운 트리클로로 에틸렌과 같은 염소계 유기화합물의 처리에도 뛰어난 효율을 보이고 있으며, 또한 Biofilter는 에너지 소모량과 유지 관리비가 적게 소모되어 경제적으로 상당한 이점을 갖는다. Biofilter는 농도가 낮고 배출량이 많은 배기가스중의 VOCs 및 악취를 처리하는데 매우 경제적이면서 효과적인 것으로 보고되어 혁신적인 처리공법으로 인식되고 있으나, 국내에서는 외국에 비해 연구나 현장설치가 많지 않은 상태이다.

활성탄은 지금까지 흡착공정에서 오염물질을 제거하는 기술로 많이 적용되어왔으나 많은 연구에서 물리적인 특성이 여재로서 적합함이 밝혀져 Biofilter의 여재 중 하나로 사용

되고 있다. 여재로서 퇴비와 활성탄을 비교해 보면 활성탄은 부패의 염려가 없어 침하를 방지하고 여재의 교체시간이 길다는 장점과 다공성 및 큰 표면적 또한 큰 장점으로 알려져 최근 많이 사용되고 있다.

고-액계에서의 흡착 과정은 용액 중에 녹아 있는 용질의 원자, 이온, 분자들과 고체표면과의 정전기적 인력에 의한 결합력으로 고체 표면에서 용질의 농도가 증가됨으로 인하여 용질을 분리하는 과정으로, 일반적으로 흡착되는 용질을 흡착질, 흡착질을 흡착하는 물질을 흡착제라고 부르며 주요한 흡착의 형태는 결합력의 종류에 따라 물리흡착과 화학흡착으로 대별된다. 흡착상태의 정량적 표현방법으로 널리 사용되는 것으로는 일정한 온도에서 흡착질의 평형농도에 대한 단위흡착제당 흡착질의 평형흡착량을 함수로 나타내는 (1), (2), (3)과 같은 흡착등온식을 이용하여 흡착제에 대한 단일성분의 흡착등온선을 해석할 수 있다. Langmuir 등온식은 흡착표면이 균일한 경우에 사용이 가능하고, 흡착표면이 매우 불균일한 경우에는 Freundlich 등온식이 사용된다. Freundlich 등온식은 좁은 농도 범위에서 잘 적용되어지는 단점을 가지고 있다. 비교적 넓은 농도범위에 걸쳐 흡착평형을 잘 예측할 수 있는 Sips 등온식은 Langmuir와 Freundlich식을 조합한 것이다.

$$(1) \text{ Langmuir } q = \frac{q_m b C}{1 + b C} \quad (2) \text{ Freundlich } q = k C^{\frac{1}{n}} \quad (3) \text{ Sips } q = \frac{q_m b C^{\frac{1}{n}}}{1 + b C^{\frac{1}{n}}}$$

실험방법

Table 1. Physical properties of activated carbon

가야 활성탄	Value	Unit
Surface area	1000 ~ 1200	m ² /g
Mesh size	8 ~ 30	mesh
Hardness	90 ~ 98	%
Moisture	2 ~ 6	%
Pore volume	0.45 ~ 0.8	cc/g

Table 2. GC Analysis condition

	Temperature(°C)
Injection	250
Detector	200
Column	140
Column : para	

Activated Carbon(가야활성탄 소)은 8/30mesh를 증류수로 세척, 건조하여 사용하였고, 물리적 성질은 Table 1.과 같다.

Activated carbon에 대한 Ethylacetate의 흡착 등온식과 흡착율을 결정하기 위하여 300ml 삼각 플라스크에 100 ~ 1000ppm Ethylacetate 100ml에 AC를 넣은 후 shaker(model H, B - 205SW, 25°C)에서 24hr 교반한다. 또한 흡착속도와 격막 물질전달계수

를 구하기 위하여 Ethylacetate (2000ppm, 2L)에 5g의 Activated carbon을 넣은 후 흡착조에서 300-320rpm의 속도로 교반하고, 흡착량과 흡착속도를 실제 공정에서 예측하고 모사하기 위해 Ethylacetate (2000ppm)를 미량펌프를 이용하여 Activated carbon이 충전된 고정층 컬럼에 통과시킬 것이다.(ID : 2mm, Flow-rate : 9.8ml/min, Length : 15.5cm, 흡착제 질량 : 30g) 분석은 GC(Shimadzu)를 이용하고자한다.

Figure 1.은 biofilter의 장치도를 보여주고 있다.

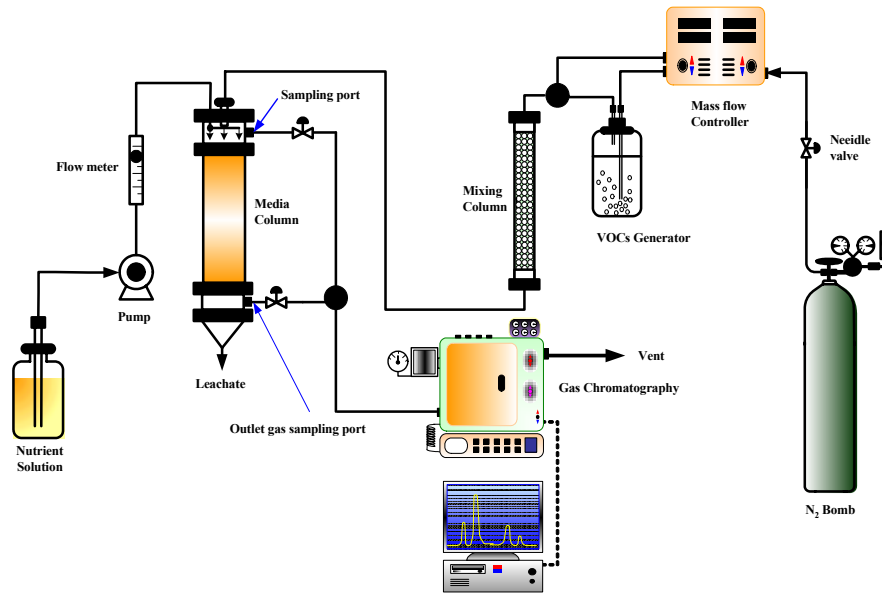


Figure 1. Schematic diagram of the trickle-bed air biofilter

결과 및 고찰

Activated carbon을 충전한 Buffer column을 이용하여 시간에 따른 EA의 농도 변화를 관찰하였다. Figure 2.과 3.은 컬럼을 통과하기 전과 후를 나타내고 있다. 활성탄을 이용한 EA 농도의 감소를 보여준다.

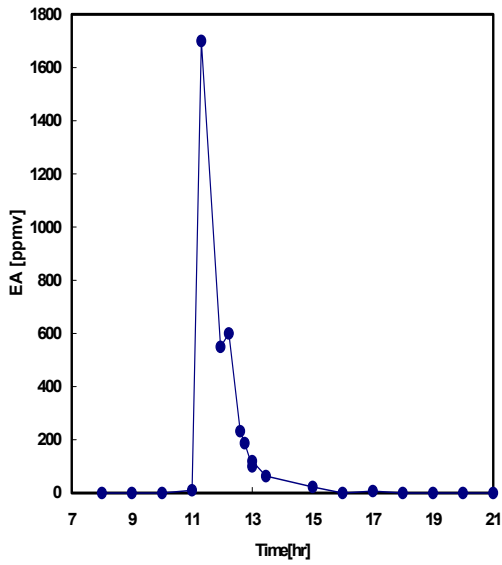


Figure 2. Before passing through the buffer column

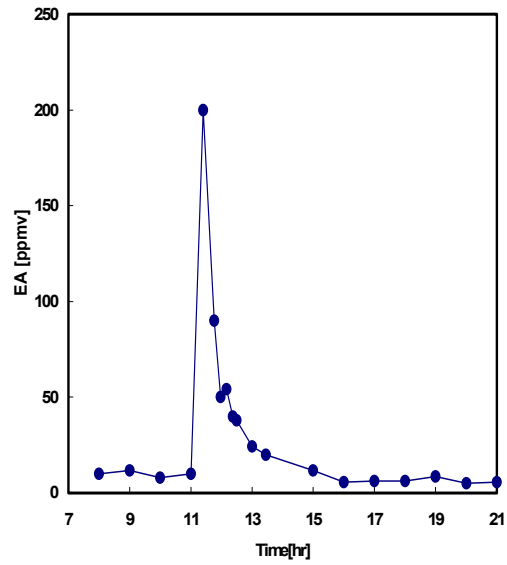


Figure 3. After passing through Activated carbon

흡착질의 농도를 변화시킨 실험에서의 흡착등온선을 얻을 수 있을 것이다. 흡착등온식 산출은 Langmuir, Freundlich, sips 흡착등온식을 적용한다. 각 흡착등온식에 적용해 보면 더욱더 잘 모사 할 수 있는 등온식을 결정할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Bohn, F.B.(1982) Ethylene as an air pollutant, Agric. For. Bulletin, 5,4-12.
2. Kleingenz, G. *et al.*(1999) Development of a "second generation" biofiltration system, 92nd Annual Meeting & Exhibition of AWMA, St. Louis, USA, 99-106.
3. Leson, G. and A.M. Woner (1991) Biofiltration : An innovative air pollution control technology for VOC emissions, AWMA, 41
4. Ottengraf, S.P.P.(1986) Exhaust gas purification. Biotechnology. Rehm, H.-J., Reed, G. Edition, VCH, Weinheim. 8.
5. Speitel, Jr., G.E. and D.S. McLay(1993) Biofilm reactors for treatment of gas streams containing chlorinated solvents. J. Env. Engr. 119(4), 658-678.