

PE15) 흡착 및 오존산화에 의한 휘발성 유기화합물 제거연구

Removal of Volatile Organic Compounds by adsorption and ozone oxidation

이 병 규 · 정 광 튼

울산대학교 건설환경공학부

1. 서 론

현재까지 개발되고있는 휘발성유기화합물질의 처리기술들로는 소각, 흡착, 산화, 그리고 생물학적 처리 등이 있다. 그러나 이러한 기술은 각기 나름대로의 장점과 단점들, 그리고 적용의 한계성을 가지고 있으며, 아직도 많은 극복해야될 문제점을 가지고 있어서 여전히 연구개발 진행중에 있다. 지금까지 대형 배출원에서 일부 응용되고 있거나 처리시설로 가장 활발히 검토되고 있는 제어기술은 활성탄 흡착을 이용한 흡착처리기술이다. 그러나 실제로 흡착을 이용하여 휘발성유기화합물을 처리하고 있는 많은 업체에서 흡착시설 또는 흡착탑을 효율적으로 이용하지 못하고 있다. 이는 대다수의 흡착탑 시설 운영자들의 흡착특성이나 흡착제의 기본 특성에 대한 이해가 부족하기 때문이다. 즉, 제거효율이나 효율적 운전인자에 대한 세심한 고려없이 단순히 흡착 시설을 통과시키기만 하고 있는 실정이다. 배출원에서 배출되는 오염물질의 화학적 특성이나 배출특성으로 인해 흡착처리가 잘 되지 않는 오염물질까지도 흡착시설을 단순히 통과한 후 대기로 배출하고 있다. 그래서 경우에 따라서는 흡착시설 통과전보다 통과한 후의 휘발성유기화합물의 배출농도가 높아지는 경우도 있지만 흡착시설의 운영자들은 이러한 사실도 잘 모르고 있는 실정이다.

또한 휘발성유기화합물질의 흡착이 효율적으로 이루어졌다고 하더라도 흡착기술 자체는 최종단계의 처리기술이 아니기 때문에 흡착된 휘발성유기화합물질을 탈착시켜 다시 처리하거나 휘발성유기화합물질들이 흡착된 흡착제를 폐기·처분하여야 하는 큰 문제점을 가지고 있다. 사정이 이렇다 보니 흡착탑을 운영하기 위하여 많은 돈을 투자하고 있지만, 휘발성유기화합물질의 제어효과는 그렇게 좋은 편이 못되고 있다.

휘발성유기화합물질을 산화처리하는 기술에는 소각 또는 연소기술, 오존을 이용한 산화처리기술, 광촉매 또는 광산화를 이용한 산화처리기술 등과 같이 여러 가지 방법이 있다. 연소 또는 소각 처리기술은 휘발성유기화합물질의 농도가 낮을 때는 적용하기가 곤란하며 2차 환경오염물질의 생성과 같은 단점이 있다. 그래서 최근 들어, 2차 환경오염물질의 생성이 거의 없는 오존, 광산화 및 광촉매를 이용한 고급 산화처리 기술이 활발히 개발되고 있다. 이러한 고급산화처리 기술은 최종 처리기술로써 처리 효율면이나 경제성 면에서도 아주 우수한 기술이다.

이러한 관점에서 본 연구는 휘발성유기화합물질의 처리 기술로써 가장 많이 사용되고 있는 흡착 기술과 최근에 개발·연구하고 있는 오존산화처리 기술을 조합한 새로운 처리기술을 연구하고자 한다. 즉, 휘발성유기화합물질에 대한 새로운 처리기술로써 흡착-오존산화기술을 개발하여 각각의 처리기술들이 가지고 있는 장점을 접목하고 각각의 단점을 극복하여 휘발성유기화합물질의 처리효율의 극대화 및 현장 적용성을 높이고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구의 방법으로 크게 세 부분을 나눌 수 있다. 활성탄(M화학 기상용)을 이용한 VOCs(Benzene, Toluene, p-Xylene)의 흡착실험, 오존발생기를 이용한 오존산화 실험, 흡착과 오존산화를 접목시킨 조합 실험이다. 우선 VOCs의 농도를 5ppm, 10ppm, 20ppm, 30ppm, 50ppm, 100ppm 범위로 6단계로 나누어 standard gas와 질소가스를 유량조절부를 통하여 적절히 희석하여 GC-FID로 실시간 농도를 분석한 뒤 유입 gas의 농도를 결정하였다.

이렇게 조제된 VOCs gas를, 활성탄의 양을 1g, 3g, 5g으로 변화시켜 흡착실험장치에 주입하고 유입 농도와 유출농도를 분석하였다. 이 때 VOCs의 온도에 따른 농도변화를 최소화하기 위해 실험실의 온도를 20℃로 유지하였다.

오존을 이용한 실험은 오존반응기의 한쪽 유입부문에 오존발생기를 이용하여 오존을 주입하고, 나머지 다른 한편에 이미 존재된 VOCs를 주입하였다. 오존반응기내의 원활한 반응을 위하여 같은 용량의 팬을 설치하였으며, VOCs의 유입농도와 유출농도 및 오존의 유입농도도 실시간으로 모니터링 하였다.

활성탄을 이용한 흡착장치와 오존산화반응기를 조합하여 오존발생장치로부터 나온 오존을 오존반응기로 유입시키기 직전에 오존측정기기로 오존의 양(ppm)을 측정한다. 오존의 양과 VOCs의 유입농도가 결정되면 flow rate를 일정하게 유지하여, 오존과 VOCs를 동시에 유입시키고 유입농도를 즉시 분석한다. 오존반응기를 통과한 gas는 흡착장치를 통과하고 난 뒤, 흡착후의 유출 VOCs 농도를 분석하여 활성탄을 이용한 흡착실험, 오존을 이용한 산화실험 각각의 연구결과와 흡착과 오존산화를 조합한 실험의 연구결과와 비교·분석한다. 최종적으로 통과한 배 오존은 오존을 파쇄하는 흡착튜브를 통과하여 제거한다.

3. 결과 및 고찰

오존 산화와 활성탄의 흡착을 조합한 VOCs 처리방법에서 대표적인 Toluene, Benzene, p-Xylene의 제거연구를 요약하면, 일반적으로 활성탄에 의한 흡착처리기술에서 처리효과를 나타낼 수 있는 Toluene, p-Xylene의 경우에 오존산화와 활성탄 흡착에 의한 농도의 저감효과도 뛰어난 것으로 알 수 있다. 오존산화와 활성탄 흡착의 조합 처리기술 연구에 있어서 저농도범위의 VOCs 처리시에 처리효율이 향상되었으며, 고농도범위의 VOCs 처리시에는 실제 처리되어 유출되는 VOCs의 농도가 많이 저감되는 효과가 있는 것으로 판단된다. VOCs를 처리하는 현장 Pilot에 적용할 때는 유입되는 VOCs의 정확한 농도를 측정하여 농도범위에 따라 처리효율의 극대화 할 수 있는 활성탄 흡착과 오존산화를 조합한 VOCs 처리가 이루어져야 하겠다.

Table 1. Removal of Toluene by adsorption and ozone oxidation.

농도범위 (ppm)	5	10	20	30	50	100	평균
실제유입농도 (ppm)	4.559	9.583	22.696	31.014	51.980	107.771	
1g 흡착 유출농도 (ppm)	0.334	0.639	1.429	2.175	3.972	8.810	
처리효율 (%)	92.674	93.332	93.704	92.987	92.359	91.825	92.813
실제주입농도 (ppm)	5.885	9.897	22.887	32.337	51.666	105.567	
1g 산화 and 흡착 유출농도(ppm)	0.188	0.396	0.945	1.927	2.562	3.600	
처리효율 (%)	96.805	95.999	95.871	94.041	95.041	96.590	95.725
실제저감농도 (ppm)	1.472	0.557	0.675	1.571	1.096	3.006	1.396
처리효율차이 (%)	4.132	2.667	2.167	1.054	2.683	4.765	2.911

참 고 문 헌

- 장효섭, 김한수, 박영성, 민병무, 박영태 (1997) 「활성탄을 이용한 휘발성 유기화합물 (VOCs - BTX)의 흡착」, 대한환경공학회 추계학술대회, 173-176
- 윤정호, 조성용, 황경엽, 최대기 (1997) 「활성탄에 대한 방향족 휘발성 유기화합물의 흡착특성」, 대한환경공학회 춘계학술대회, 95-98
- 휘발성유기화합물질 배출저감을 위한 신기술 연구, 국립환경연구원 대기연구부