

EA2) 활성탄층을 이용한 배출가스중 특정대기오염물질 제거 성능 연구

Removal Performance of Air Pollutants in the Flue Gas Using Various Activated Carbon Beds

이숙희 · 고영환 · 이용진 · 동종인 · 김병환¹⁾ · 박기호¹⁾

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾대우건설기술연구소

1. 서론

중금속류, VOCs 및 다이옥신류를 포함한 특정대기유해물질 처리기술은 상당히 미량의 오염물질을 처리하는 것이고 높은 처리효율을 필요로 한다. 따라서 공정 또한 일반적인 대기오염물질 처리공정의 조합을 최적화 하거나 첨가제나 반응제를 추가 투입하는 등 필요에 따라 추가적인 공정을 설치하는 것이 대부분이다. 기존 공정의 변형을 통하여 일반대기오염물질의 처리효율을 높이고 목표로 하는 특정대기오염물질을 일부 제거할 수는 있으나 다양한 특정대기오염물질을 고효율로 처리하기 위해서는 개별물질에 대한 단위장치의 개발보다는 복합적인 장치의 개발이 필요하고 또한 경제성이 있다. 따라서 본 연구에서는 소각로에서 배출될 수 있는 각종 일반대기오염물질 및 특정대기오염물질을 동시에 고효율로 처리할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 기반연구로서 활성탄 흡착탑을 통한 특정대기오염물질의 제거성능에 대한 연구 및 운전조건 도출을 위한 실험을 수행하였다.

2. 연구방법

흡착탑의 운전인자(배출가스 온도, 흡착층 통과유속, 흡착층 두께)와 활성탄 종류를 변수로 하여 각각의 조건에 대해 파과특성실험을 실시하였다.¹⁾ 흡착 대상물질은 소각 배출가스에서 검출되는 VOCs 중 가장 고농도로 존재하는 toluene으로 하였으며 저온항온수조를 이용하여 임핀저에 담아둔 99.8% toluene 용액의 온도를 20℃로 일정하게 유지하면서 포화증기압에 해당하는 농도의 toluene gas를 발생시켜 N₂를 carrier gas로 하여 공기와의 혼합을 통해 인공가스를 조제하였다. 본 실험을 위해 조제된 가스의 toluene 농도는 평균 3077ppm 이다. 구체적인 실험항목 및 개요는 다음 표 1과 같다.²⁾

Table 1. 운전인자별 파과실험 항목 및 개요

조건 실험변수	활성탄 종류	온도(℃)	유속(m/s)	두께(mm)	활성탄 소요량(g)
온도	8~12 mesh	80	0.1	50	8.298
	8~12 mesh	130	0.1	50	8.298
	8~12 mesh	180	0.1	50	8.298
두께	4~8 mesh	130	0.1	50	5.908
	4~8 mesh	130	0.1	100	10.48
통과유속	8~12 mesh	130	0.1	100	14.774
	8~12 mesh	130	0.2	100	14.774
활성탄 종류	4Φ	130	0.1	50	10.000
	4~8 mesh	130	0.1	50	5.908
	8~12 mesh	130	0.1	50	8.298

3. 결과 및 고찰

흡착량은 Yoon & Nelson의 단일성분에 대한 파과곡선식에 실험값을 fitting한 후에 그 식을 적분하여 구하였으며 식은 다음과 같다.³⁾

$$t = \tau + \frac{1}{k'} \ln \frac{C_b}{C_i - C_b}$$

여기서,

- k' : 흡착속도상수,
- t : 시간
- τ : 흡착질의 농도가 입구농도의 50%일 때의 시간
- C_i : 반응기입구농도
- C_b : 반응기출구농도

위 식을 정리하여 나타내면 흡착량은 다음과 같이 된다.

$$q = F \cdot (C_i \cdot t_f - \frac{C_i}{k'} [\ln(e^{-k'(t-\tau)} + 1) + k'(t-\tau)] \frac{t_f}{t_i})$$

위의 식을 이용하여 각 실험조건별 단위흡착량을 계산하였으며 그 결과는 다음 표 2와 같다.

Table 2. 실험조건별 활성탄 파과흡착실험 결과

실험변수	조건	C_i	$1/k'$ (min)	τ (min)	흡착량(g)	단위흡착량(g/g)
온도(℃)	80	99.0	16.26	167.28	4.10	0.494
	130	99.9	8.19	88.78	2.19	0.264
	180	100.0	8.73	57.04	1.32	0.159
두께(mm)	50	99.8	10.49	47.66	1.13	0.191
	100	99.9	7.82	82.08	2.02	0.192
통과유속(m/s)	0.1	99.7	11.97	129.95	3.33	0.218
	0.2	100.0	4.92	58.79	2.96	0.200
활성탄 종류	4 \emptyset	99.5	24.18	133.66	3.24	0.324
	4~8 mesh	99.9	10.49	47.66	1.13	0.191
	8~12 mesh	99.7	8.19	88.78	2.19	0.264

- ① 온도가 낮을수록 흡착량 및 단위흡착량이 크게 나타났으며 $1/k'$ 값은 80℃일 때가 130℃ 및 180℃ 보다 크게 나타났다.
- ② 흡착층의 통과유속에 따라서는 유속이 0.2m/s일 경우가 활성탄의 흡착속도에 있어서 좀더 빠른 것으로 나타났으며 단위흡착량은 0.1m/s일 경우가 0.2m/s인 경우보다 약간 큰 값을 나타내었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 즉 유속이 작을수록 흡착속도는 느려지는 경향이 있으나 단위흡착량에는 변화가 없다.
- ③ 활성탄의 두께별 실험을 해 본 결과 두께가 커질수록 단위흡착량 및 흡착속도가 약간 증가하기는 하나 그다지 큰 변화는 관찰되지 않았다.
- ④ 활성탄의 종류에 따라서는 4~8mesh보다 미세한 8~12 mesh 활성탄의 단위흡착량이 많았으며 실린더형 활성탄(4 \emptyset)은 다른 흡착성능을 나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) D. C. Cooper, F. C. Alley (1990) 「Air Pollution Control :A Design Approach」, Waveland Press, Inc.
- 2) (주)大東A.C. 「활성탄의 최적설계 기법」
- 3) 이용진 (1999) 「소각공정에서 염소계유기물의 활성탄흡착에 대한 비선형 흡착모델연구」, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문