

1D5)

VOC 제거용 성형 활성탄의 흡탈착 반복실험

Regeneration Test of Pelletized Activated Carbons used for Adsorption of VOCs

박현실 · 임경수 · 이시훈

한국에너지기술연구원 기후변화기술연구본부

1. 서 론

VOC는 대기환경보전법과 악취방지법을 통해 배출규제가 이루어지고 있으며 다양한 처리기술이 적용되고 있다. 대표적인 VOC 처리기술은 산화, 흡착, 응축회수 기술이 있으며, 현재 국내에서는 90% 이상이 활성탄을 이용한 흡착기술을 적용하고 있다. 흡착기술은 90% 정도의 처리효율을 보이며 설치비용은 낮으나 엄격하게 관리가 된다면 잦은 흡착제 교체 등으로 인해 유지비용이 상승하게 된다. 근래에는 흡착과 산화기술을 접목한 농축산화기술의 적용이 확대되고 있다. 즉, 일정기간 VOC를 흡착한 후, 이를 탈착시키고 고농도의 VOC는 산화 처리하는 기술이 적용되고 있다. 본 연구에서는 국내 대부분의 업체에서 선호하고 있는 활성탄 흡착제를 이용하여 VOC 농축산화기술을 개발하기 위한 일환으로, 고온의 공기를 이용한 활성탄의 VOC 흡탈착 반복실험을 수행하였으며, 활성탄의 재생성능을 분석하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 활성탄 재생방법으로서 고온의 공기를 이용한 방법을 적용하였다. 공기를 일정한 온도로 승온한 후 이를 VOC가 흡착된 흡착장치를 통과시켜, 흡착된 VOC에 탈착에너지를 제공함으로써 VOC를 흡착체로부터 탈리시켜 제거하는 방식이다. 그림 1은 활성탄 흡착 및 재생 실험 장치의 구성도이다. 유입기체는 압축공기를, 흡착유량은 고정값으로 1,86lpm을 사용하였으며 용제를 일정량으로 공급하기 위해 HPLC 정량펌프가 사용되었다. 흡착탑은 직경 100mm, 길이 500mm의 STS304 재질의 배관을 이용하여 제작되었으며, 흡착제 재생시 열손실을 막을 수 있도록 개폐식 단열장치가 구비되었다. 흡착시 공탑속도는 0.387m/s이며, VOC 농도 측정은 FID 방식의 THC Analyzer(VIG Industries Inc.)가 사용되었으며, THC Analyzer와 온도 센서 지시계 및 제어기는 별도의 제어반에 설치되었으며, 온도값과 VOC 농도값은 데이터 수집 장치를 통해 저장되었다.

흡착과정은 흡착시작 전에 흡착탑과 흡착제의 무게를 측정하는 것으로 시작된다. 무게 측정후 실험 장치에 흡착탑을 장착하고 흡착 종료는 배출구에서의 VOC 농도가 THC 기준으로 100ppm에 도달했을 때 이루어진다. 흡착이 종료되면 흡착탑을 장치로부터 떼어내어 전자저울을 이용하여 무게를 측정하였으며 흡착된 용제의 양은 흡착 전후의 흡착제 무게의 차이로 계산하였다. 흡착 무게 측정이 끝나면, 흡착탑은 그 상태로 다시 실험 장치에 장착되고 흡착제 재생과정에 들어가며, 흡착제 재생은 유입 공기를 일정온도로 유지해야 하는데, 본 연구에서는 흡착탑 유입부에서의 공기온도가 150℃로 유지되도록 전기히터를 제어하였다. 재생과정에서는 흡착탑 입출구 및 중간부의 온도변화와 출구에서의 VOC 농도를 측정하였다. VOC 농도는 최대 150,000ppm 정도까지 증가하였으며, 시간이 지남에 따라 점점 감소하였다. 배출농도의 감소율이 일정한 정도에 이르면 재생과정을 종료하는데 이때의 배출농도는 약 3,000ppm 정도의 값을 보였다. 재생과정 종료는 유입 공기가 전기히터를 통과하지 않고 상온의 상태로 흡착탑에 유입될 수 있도록 조작하였다. 이 과정을 냉각과정이라 하며 냉각과정의 종료는 배출구의 온도가 30℃ 정도 되었을 때 이루어진다. 냉각이 완료되면 흡착탑을 장치로부터 떼어내어 그 무게를 측정하고, 흡착종료후의 흡착탑 무게와 재생 및 냉각 종료 후의 흡착탑 무게의 차이가 탈착된 VOC의 양이 된다. 이렇게 재생된 흡착탑은 다시 흡착과 재생과정을 반복하여, 흡착제를 반복 재생하였을 경우의 흡착성능 및 재생성능의 변화를 분석하였다. 본 연구에서는 Φ 4mm 활성탄을 흡착 재생 반복실험 흡착제로 선정하였으며, 총 39회 흡착 및 재생 반복실험을 통해 그 성능 변화를 살펴보았다.

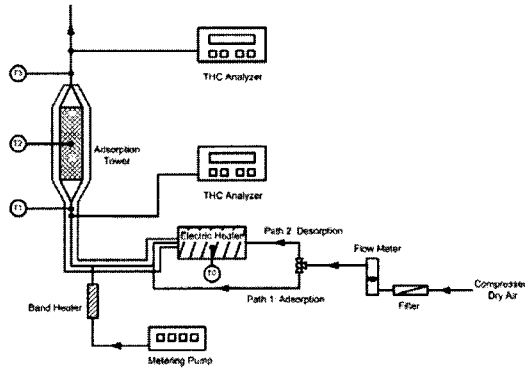


Fig. 1. Experimental apparatus for VOC adsorption and desorption.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 첫 번째 그리고 두 번째 활성탄 재생과정에서의 탈착된 톨루엔의 농도변화를 재생공기 온도와 함께 시간에 따라 보여준다. 그림에 표시된 대로 약 75,000ppm으로 일정한 농도를 보여주는 부분은 두 번째 흡착시의 유입되는 톨루엔 농도를 나타내는 것이다. 재생용 공기의 온도는 유입온도로서 약 150℃로 일정하게 유지되었다. 그림 2에서 보듯이 톨루엔 탈착은 재생과정 초기에 급격히 이루어지며 활성탄에 잔류된 톨루엔으로 인해 탈착 후반과정에서는 톨루엔의 농도 변화가 매우 느리게 진행됨을 알 수 있다.

표 1에 톨루엔에 대한 활성탄의 흡착 및 탈착 성능 실험 결과를 정리하였다. 맨 좌측열의 'cycle'은 활성탄의 재생횟수를 나타낸다. 표 1에서 볼 수 있듯이 재생 첫 회에만 재생율이 낮고 39회까지 매우 높은 재생율을 보여주고 있다. 재생율은 흡착된 톨루엔 양에 대한 탈착된 톨루엔 양의 비를 나타낸 것이다. 본 연구에 사용된 활성탄의 톨루엔 탈착율을 1회부터 30회까지 평균하여 구하면 약 99.47%의 높은 값을 보여준다. 결과에서 보듯이 재생횟수에 관계없이 안정적인 흡착제 재생과 톨루엔 탈착이 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 15번째 톨루엔에 대한 흡착이 끝난 후, 16번째부터 24번째까지는 동일한 활성탄에 대해 톨루엔-IPA-EA 혼합성분에 대한 흡착-탈착이 이루어졌으며, 25번째부터는 다시 톨루엔에 대한 흡탈착 실험이 수행되었다. 이러한 결과를 토대로 본 연구에 사용된 활성탄의 경우 톨루엔 흡착에 대해서는 재생횟수에 관계없이 지속적으로 우수한 흡착성능을 유지함을 확인할 수 있었다.

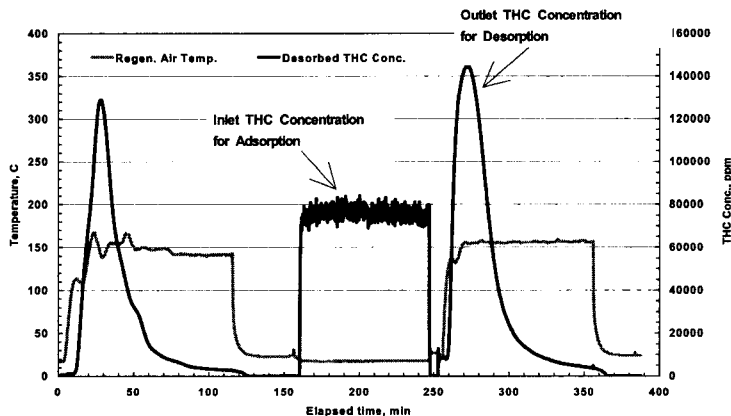


Fig. 2. 1st desorption and 2nd adsorption-desorption curve.

Table 1. Results of adsorption and desorption of Toluene for pelletized activated carbons.

Cycle	AC wt., gram	Adsorbed Toluene wt.(net), gram	Adsorption ratio(net), %	Desorbed Toluene wt.(net), gram	Desorption ratio(net), %
	A	B	B/A*100	C	C/B*100
1	1783	420	23.56	341	81.19
2	1862	456	24.49	465	101.97
3	1853	400	21.59	404	101.00
4	1849	358	19.36	346	96.65
5	1861	340	18.27	337	99.12
6	1864	329	17.65	331	100.61
7	1862	359	19.28	357	99.44
8	1864	346	18.56	344	99.42
9	1866	353	18.92	352	99.72
10	1867	337	18.05	340	100.89
11	1864	336	18.03	338	100.60
12	1862	328	17.62	335	102.13
13	1855	349	18.81	337	96.56
14	1867	334	17.89	337	100.90
15	1864	334	17.92	336	100.60
25	1845	348	18.86	341	97.99
26	1852	356	19.22	353	99.16
27	1855	352	18.98	375	106.53
28	1832	372	20.31	398	106.99
29	1806	423	23.42	411	97.16
30	1818	409	22.50	409	100.00
31	1818	372	20.46	369	99.19
32	1821	377	20.70	361	95.76
33	1837	370	20.14	381	102.97
34	1826	380	20.81	356	93.68
35	1850	360	19.46	371	103.06
36	1839	352	19.14	340	96.59
37	1851	354	19.12	363	102.54
38	1842	383	20.79	369	96.34
39	1856	377	20.31	395	104.77

사 사

본 연구는 중소기업청 산학연 공동기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 전하는 바이다.