

## PA2) 마이크로파를 이용한 활성탄의 VOC 흡착특성

최상기\*, 도상현, S. Kobayashi<sup>1</sup>, 김윤갑<sup>2</sup>, 최성우

계명대학교 환경과학과, <sup>1</sup>일본산업기술총합연구소 환경관리연구부, <sup>2</sup>계명문화대학 소방환경안전과

### 1. 서 론

VOC의 환경학적 중요성은 첫 번째는 방향족탄화수소나 할로카본류와 같이 그 자체로 인체내에 암을 유발시킬 수 있는 물질로 인체에 직접적으로 유해한 보건학적 측면이며, 두 번째로는 지방족탄화수소류(특히 올레핀계)와 같이 그 자체로는 인체에 대한 직접적 유해성은 크지 않으나 대기중에서 질소산화물(NO<sub>x</sub>)과 함께 광분해반응에 관여하여 2차적으로 오존과 알데히드류, PAN과 같은 산화성물질(Oxidants)의 생성을 유발하여 단시간 눈의 자극이나 식물의 낙엽현상, 악취, 고무의 균열 등을 일으키는 광화학스모그(Photochemical Smog)의 기인자로서의 역할로 대별되어진다. 그러나 이런 환경학적 중요성의 인식에도 불구하고 VOC는 물질의 종류와 발생원이 다양할 뿐 아니라 측정 분석방법에 관련된 여러 가지 어려움으로 인해 아황산가스나 다른 일반적인 대기오염물질에 비하여 적절한 처리와 관리에 어려움을 겪고 있다.

VOCs의 처리방법에는 무해한 물질로 직접 분해하는 방법과 VOCs를 회수하여 재이용하는 방법으로 나눌수 있으며, 직접 분해하는 방법에는 연소법이 속하며, 회수 재이용하는 방법에는 흡착, 흡수, 응축, 막분리법 등이 속한다.

마이크로파는 주파수대가 수천 MHz(파장 30cm)에서 수만 MHz(파장 약 1cm)범위의 전자기파로서 일반적으로 전기 및 전자분야 외에 식품이나 재료분야의 건조 및 열처리 공정에서 사용되어 왔다. 마이크로파를 이용한 가열방법은 흡착제 이외에는 열이 소비되지 않기 때문에 가열속도가 대단히 빠르다. 이를 재생 탈리 공정에 이용한 연구가 있다. 이와 같이 최근 들어 여러 분야에 마이크로파나 고주파 등을 이용한 새로운 기법에 관심을 기울이고 있는 실정이다.

따라서 VOCs 제어에 흡착제인 활성탄을 이용하며 VOCs를 흡착 분리하고 기존의 흡착 제어와 다른 마이크로웨이브파를 이용한 흡착제어에 대해 연구하였다.

### 2. 재료 및 실험 방법

유로부는 Mass Flow Meter로 가스의 유량을 조절하였으며, 본 실험에서 총 유량이 400 ml/min이 되도록 하였다. 흡착질 가스인 벤젠의 농도는 530ppm으로 나머지를 헬륨가스로 충전하여 반응기로 흘러 보냈다. 물의 농도는 일정한 온도를 유지하는 Saturator를 통하여 수증기압에 해당하는 양만큼 유입되도록 하였다. 각각의 벤젠과 물은 Mixing Chamber에서 잘 혼합되어 흡착관으로 유입되도록 하였으며, 가스 출구에는 열선을 감아 100℃ 정도

를 유지하도록 하여 탈착물이 응축되지 않도록 하였다.

흡착관은 유전손실이 아주 작은 석영체로서 내경 8mm의 U자관을 사용하였으며, 내부에 흡착제로 활성탄을 충전하였다. 마이크로파 발전관은 2.45GHz, 최대출력 1.2kW의 마그네트론 관을 사용하였고, 마이크로파는 발전관으로부터 도파관을 통하여 도입되었으며 도파관 중간에 흡착관을 설치하였다. 출구가스는 GC-MSD로 연속적으로 농도를 측정하였다.

흡착제가 충전된 흡착관에 He을 흐르게 하면서 가열을 행하여 흡착해 있던 물과 불순물을 탈착시켰다. 흡착관에 벤젠가스를 유입시켜 파파에 도달할 때까지 흡착을 시켰다. 이때 흡착층 외측에 냉매를 흘려 흡착층의 온도를 조절 후 파파에 도달한 시점에서 마이크로파를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 활성탄의 마이크로파 조사특성

활성탄 자체가 마이크로파의 흡수율이 우수하지만 활성탄 입자 주위 전계의 집중으로부터 방전이 일어나 국소가열 및 분해의 가능성이 있기 때문에 별도의 처리를 하여 사용하는 것이 중요하다. 마이크로파 출력이 높으면 방전 효과가 크므로 방전이 발생하지 않은 흡착제의 개발이 절실히 요구된다. 활성탄의 경우 마이크로파를 계속 조사하면 어느 정도의 온도에서 활성탄 자체가 연소하기 때문에 TGA 실험을 통하여 연소되는 온도를 확인하였다. 400℃ 정도에서 서서히 연소하기 시작하여 700℃ 정도에서 완전히 연소해 버린다. 이러한 실험 결과를 통하여 활성탄을 흡착제로 사용하기 위해서는 내부온도가 400℃이하를 유지하도록 마이크로파 출력을 조절하여야 한다.

#### 3.2. 마이크로파 적용 가능한 자성흡착제의 특성

활성탄인 AC와 실리카를 표면에 코팅한 Si/AC의 경우 AC가 흡착속도가 빠르고 흡착량도 Si/AC가 적게 나타났다. Ni-Zn-Ferrite/AC와 Mn-Zn-Ferrite/AC의 자성체를 코팅한 흡착제는 흡착속도와 흡착량이 비슷했으며, 흡착량도 AC와 비슷하였다. 그러나 Ni-Zn-Ferrite와 Mn-Zn-Ferrite 단독의 경우는 거의 흡착하지 않았다. 흡착 및 탈착 속도가 빠르면 흡착-탈착공정의 사이클을 단축시킬수 있기 때문에 이런 측면에서 보면 자성체를 코팅한 흡착제가 적절하다고 판단된다.

각 흡착제의 마이크로파 출력에 대한 온도변화를 실험한 결과 출력이 증가할수록 직선적으로 온도가 상승하였으며, 흡착제중 활성탄이 가장 높게 온도가 상승하였다. 실리카를 코팅한 흡착제가 활성탄 다음으로 온도가 높았으며, Talc/AC는 출력을 증가시켜도 온도상승이 좀처럼 일어나지 않았다. 이러한 자성체에 대한 구체적인 현상에 대해서는 지속적인 연구가 필요하다.

### 4. 요약

활성탄은 마이크로파의 흡수율이 우수하지만 활성탄 입자 주위 전계의 집중으로부터 방전이 일어나 국소가열 및 분해의 가능성이 있어, 마이크로파 출력이 높아져도 방전이 발생

하지 많은 자성흡착제의 개발이 절실히 요구된다.

#### 참 고 문 헌

- Bathen D., 2003, Physical waves in adsorption technology-an overview, Separation and Purification Technology, 33, 163-177.
- Carrott P.J.M., J.M.V. Nabais, M.M.L. Ribeiro Carrott, and J.A. Menéndez, 2001, Thermal treatments of activated carbon fibres using a microwave furnace, Microporous and Mesoporous Materials, 47, 243-254.
- Liu X., X. Quan, L. Bo, S. Chen, and Y. Zhao, 2004, Simultaneous pentachlorophenol decomposition and granular activated carbon regeneration assisted by microwave irradiation, Carbon, 42, 415-422.
- Quan X., X. Liu, L. Bo, S. Chen, Y. Zhao, and X. Cui, 2004, Regeneration of acid orange 7-exhausted granular activated carbons with microwave irradiation, Water Research, 38, 4484-4490.
- Tai H and C.G. Jou, 1999, Application of granular activated carbon packed-bed reactor in microwave radiation field to treat phenol, Vol. 38, No. 11, 2667-2680.