

PA15) Microwave조사시 Barium hydroxide가 담지된 활성탄의 특성

김성욱*, 김윤갑¹, 최성우

계명대학교 환경과학과, ¹계명문화대학 소방환경안전과

1. 서 론

VOCs를 회수하는 방법으로는 일반적으로 응축법, 흡수법, 흡착법 등이 있으며, 공정 배기가스로부터 저농도의 VOCs를 회수하기 위해서는 흡착법이 가장 효율적이고 경제적인 것으로 보고되고 있다. 일반적으로 흡착공정에서 흡착제로는 비표면적이 넓고 잘 발달된 동공을 가지고 있는 활성탄이 가장 많이 사용되며 이를 재생하기 위한 방법으로는 열 재생법을 이용한다. 하지만 열 재생법은 흡착제로 사용된 활성탄이 흡착력이 떨어져 수명이 다되면 재생하여 다시 사용해야 하며, 일반적으로 3~5회 정도 재사용 하는 것으로 알려져 있다. 이는 활성탄을 재생하기 위해 비교적 오랜 시간을 소비해야 되는 점과 높은 온도를 올리기 위해 또다시 화석 연료를 사용해야하며, 그로 인해 생기는 2차적인 오염물질로 환경오염 또는 정화 비용 증가의 원인이 되므로 이를 해결하기 위한 방안이 시급한 입장이다.

최근에는 마이크로파의 특성을 이용하여 유기합성 또는 유해가스처리 및 환경에 대한 응용이 진행되고 있으며 흡착제로 사용된 활성탄이 마이크로파(Microwave: MW)를 흡수하여 발열하는 특성을 이용한 재생공정과 분해공정을 응용한 연구결과가 발표되고 있다. 하지만 이러한 MW도 모든 물질을 빠르게 가열할 수 있는 것은 아니다. 일반적으로 재료는 세 가지 그룹으로 나뉘며 도체, 절연체, 유전체로 분류할 수 있으며, 도체로서 가장 좋은 금속 재료는 구리, 황동, 알루미늄, 은 등이 있다. 이러한 도체는 날카로운 모서리를 제외한 부분에서는 MW를 반사한다. 이 반사하는 특성은 MW를 조사하는 부분에 직접 이용된다. 예를 들어, MW range의 도파관은 보통 황동이나 알루미늄으로 만들어진다. 또한 절연체로 사용되는 Teflon, polypropylene(PP)등은 MW를 반사 또는 전달하고, 아주 작은 MW 에너지만을 흡수한다. 끝으로 유전체는 도체와 절연체의 특성을 모두 가지고 있으며 MW 파장에서, 유전체의 특성은 유전체 및 재료의 변화정도에 따라 MW에너지를 흡수한다. 이러한 MW를 이용한 VOCs 제어방법으로는 VOCs를 분해하는 방법과 회수하는 방법으로 분류될 수 있다. 이는 활성탄에 MW를 조사시 발생하는 불꽃방전(spark discharge)과 빠른 온도상승을 이용하는 방법이다. 하지만 불꽃 방전과 과도한 온도상승은 활성탄에 흡착된 인화점이 낮은 VOCs에 의해 화재 및 폭발할 수 있는 위험성이 제기되고 있다.

본 연구에서는 이러한 여러 문제점을 해결하고자 빠른 시간내에 높은 열을 낼 수 있으며 활성탄을 재생하기 위해 또다시 화석연료를 사용하지 않아도 되는 마이크로파를 선택하게 되었으며, 이를 적용시키기 위해 흡착제인 활성탄을 개질화하였다. 또한 개질화 된 활성탄은 금속물질인 Barium hydroxide(Ba)를 GAC에 함침시켜 제조하였으며, 개질화된 GAC와

일반 GAC의 불꽃 방전실험, 승온특성 실험을 통해 비교하여 나타내었다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1. Microwave 흡착제

개질화를 위한 GAC(Granual activated carbon)는 일본 다께다 제품을 사용하였다. 또한 Microwave 조사에 따라 발생하는 방전과 높은 온도에서 연소하는 GAC의 단점을 보완하기 위하여 날카로운 모서리를 제외한 부분에서는 MW를 반사하는 성질을 가진 금속을 활성탄에 담지하여 실험 하였다. 활성탄은 불순물을 없애기 위해 10% 염산에 24시간동안 담근 후 깨끗이 세척하고, 110°C에서 12시간 건조 후 사용하였으며, MW 조사시 급격한 온도상승과 불꽃방전 문제를 해결하기 위해 Barium hydroxide를 구형활성탄에 wt%에 따라 함침시켰으며, 이를 110°C에서 12시간 건조하여 사용하였다.

2.2. Microwave 반응기

반응기는 일반적인 연속식 흡착장치에 Microwave 조사장치를 부착한 형태이며, 흡착관은 유전손실이 아주 작은 석영체로서 내경 8mm의 U자관을 사용하였으며, 내부에 흡착제로 개질화 된 활성탄 2g을 충전 하였다. 흡착 층 중앙부에는 출력에 따른 승온을 측정하기 위해 Microwave의 영향을 받지 않는 Type-K thermocouple를 사용하여 흡착 층 내부온도를 측정하였다.

방전 테스트는 변형된 M/W range에 구형활성탄 3g을 시료 용기에 담고 500W의 출력으로 조사하였으며 발생하는 방전(discharge)은 광화이버 센서를 통해 아날로그신호로 받아들이고 증폭기에서 미세한 아날로그 신호를 증폭하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 컴퓨터에서 데이터를 확인할 수 있게 하였다.

3. 결과 및 고찰

흡착된 GAC를 재생하기 위해 Microwave 가열을 응용할 경우 방전의 문제가 발생한다. 이는 흡착되어 있는 휘발성이 높은 VOCs에 영향을 주어 폭발의 위험성과 흡착질의 분해가능성이 있으므로 Microwave를 사용한다면 이들의 방전 테스트는 반드시 거쳐야 하는 중요한 실험이라 할 수 있다. 또한 이러한 방전을 해결하고자 개질화 된 활성탄을 제조 하게 된 것이다. GAC와 Ba 함량에 따른 개질화된 활성탄에 Microwave를 500W로 조사 하였을 때 결과 GAC는 빈번한 방전과 강한 방전효과가 나타났다. 하지만 함량에 따른 개질화 된 활성탄은 함량이 높으면 높을수록 방전현상이 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 앞에서도 언급한 것과 마찬가지로 도체는 날카로운 모서리를 제외한 부분에서는 Microwave를 반사하는 성질을 가지고 있으므로 함량이 높으면 높을수록 방전현상이 줄어드는 것으로 사료된다.

온도 변화는 GAC와 wt%의 Ba을 Microwave 100W 출력으로 조사하였다. 그 결과 wt% 함량에 따라 온도상승이 저하되는 것을 확인하였다. Barium은 마이크로웨이브 조사시 급격한 온도상승을 막고 높은 온도에서 흡착질의 분해가능성을 저하시켜 차후 VOCs의 회수 또는 분해에 응용할 경우 좋은 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

4. 결 론

GAC를 재생하기 위해 Microwave를 조사할 경우 방전효과의 최소화를 위해 Microwave를 반사하는 성질을 가지고 있는 금속을 사용하게 되었으며, Barium을 이용함으로써 완만한 온도 상승을 유도하여 온도 제어가 용이한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 개질화 된 활성탄의 표면 분석과 함께 흡착 테스트를 거쳐 GAC와 큰 차이점이 없다면 향후 개질화 된 활성탄의 Microwave 적용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Kim, H. S. and Y. S. Park, 2003, Binary component adsorption characteristics of benzene and toluene at the fixed-bed adsorption column with activated carbon, Chem. Eng. Prog., 37, 1344-1350.
- Ruthven D. M., S. Farooq and K. S. Knaebel, 1994, Pressure Swing Adsorption, VCH, New York.
- Yang R. T., 1987, Gas Separation by Adsorption Process, Butterworths, Boston.
- Ruhl, M. J., 1993, Recover VOCs via adsorption on activated carbon, Chem. Eng. Prog., 37, 1344-1350.
- Ania C. O., J. A. Menéndez, J. B. Parra and J. J. Pis, 2004, Microwave-induced regeneration of activated carbons polluted with phenol, A comparison with conventional thermal regeneration, Carbon, 42, 1383-1387.
- Thu'ery, J., 1992, Microwaves: Industrial, Scientific, and Medical Applications. Artech House, Inc.
- Kruas, J. D., 1984, Electromagnetics. McGraw-Hill, New York.
- Kolthoff, I. and Miller, I., 1951, J. Am. Chem. Soc.
- Tinga, W. R., 1970. Interactions of MW with materials. Dept. of Electric engineering, University of Alberta, Canada:IMPI-Canada.
- Schiffmann, R., 1975, Microwave heating for the food industry. IMPI-Europe.
- Varma, R., Nandi, S. and Cleaveland, D., 1987, Microwave-assisted chemical process for treatment of hazardous waste, Annual report, Argonne National Laboratory, 3.
- Osepchuk, J. M., 1975, Basic Principle of Microwave Oven. Raytheon Research Division, Waltham, MA.
- Tinga, W. R., 1970, Interaction of microwave with materials. University of Alberta, Edmonton, Canada.
- White, J. R., 1971, Why materials heat. I.M.-Sa Route National 191-BP #10 78680 Europe, France.