

마이크로파를 이용한 VOC 흡착회수장치에서 자성흡착제의 자기발열특성

김윤갑*, 안희관, 이태진¹, 박노국¹, 고바야시사토루²
 계명문화대학 환경과학과, 영남대학교 응용화학부¹,
 일본 산업기술종합연구소 여기화학그룹²
 (kyk406@km-c.ac.kr*)

Heat Characteristics of Adsorbents Coated Ferrite in the VOC Adsorptive Removal System Used Microwave

Yoon-Kab Kim*, Hee-Kwan Ahn, Tae-Jin Lee, No-Kuk Park, S. Kobayashi
 Department of Environmental Science & Engineering, Keimyung College
 National Research Laboratory, School of Chemical Engineering & Technology,
 Yeungnam University¹, AIST²
 (kyk406@km-c.ac.kr*)

서론

VOC의 기술적 대책으로는 분리회수, 무해화(분해) 및 대체물질 개발로 집약되는데, 여러 선진국에서는 VOC의 배출저감을 위하여 이미 방지시설을 갖추어 상당한 성과를 얻고 있다. 가장 일반적인 방법은 VOC를 분리회수하는 것으로서 여기에는 VOC 농도와 배출 특성에 따라 흡착, 흡수, 냉각응축 등의 방법이 이용되고 있다. 이들 중에서 흡착법이 가장 널리 이용되는 방법이지만 흡착제의 재생이나 공정운영 및 관리상 기술적 문제를 안고 있다.

본 연구자들은 기존의 흡착법에서의 문제점을 해결하기 위하여 탈착시 마이크로파를 적용하는 변형된 흡착방법을 연구 개발한 바 있다. 일반적으로 흡착법에서 흡착질을 탈착할 때 흡착제를 직접 혹은 간접적으로 가열하거나 흡착탑 내의 압력을 낮추는 방법이 이용되고 있는데, 이 장치에서는 탈착시 마이크로파를 조사(照射)함으로써 흡탈착의 효율적 전환은 물론, 에너지 절감효과와 장치의 간편화, 가동시간 단축 등 여러 가지 이점을 가지고 있다.

Microwave 가열에서 사용하는 주파수는 전파법에 따라 주파수대가 할당되어 있다. 그 대부분은 레이더, 다중통신 등 정보전달의 용도이고 그 이외의 공업용도에 사용하는 주파수가 지정되어 있고 이것을 ISM(Industrial Scientific Medical) 주파수대라고 부른다. 이 주파수대는 915±25MHz, 2,450±50 MHz, 5,800±70 MHz, 24,125±125 MHz 이다.

본 연구의 목적은 마이크로파를 이용한 VOC 흡착회수장치의 장점에도 불구하고 흡착제에 마이크로파를 조사할 때 방전과 온도상승으로 공정제어에 다소 어려움이 있는 점을 보완하고 분리효율을 더욱 높이기 위하여 새로운 자성(磁性) 흡착제를 개발하는 것이다.

실험

Talc/AC는 $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ 로 바인더를 첨가하여 물리적인 방법으로 제조하였다. 자성체 흡착제는 일본 TODA KOGYO 회사의 Ni-Zn-Ferrite, Mn-Zn-Ferrite, Fe_3O_4 , $\gamma-Fe_2O_3$ 등의 분말로 구형 활성탄에 소량의 바인더를 첨가하여 Ferrite/AC를 제조하였다. 제조된 흡착제는 건조와 활성화를 시켰다.

마이크로파에 의한 가열시험은 도파관형의 마이크로파 조사장치(2.45 GHz)를 이용해서 행했다. 시료는 석영제의 내경 8mm의 U자관에 충전하였다. 본 연구에 사용된 실험장치는

그림 1에 나타내었다. 실험장치는 일반적인 유통식 흡착장치에 마이크로파 조사장치를 부착한 형태이다. 마이크로파 발진관은 2.45GHz, 최대출력 1.2kW의 마그네트론 관을 사용하였고, 마이크로파는 발진관으로부터 도파관을 통하여 도입되었으며 도파관 중간에 흡착관을 설치하였다. 입사력과 반사력을 정확하게 측정하기 위해 미국 Agilent사의 E4419B(EPM Series Power Meter) 계측기를 사용하였다.

흡착층 중앙부에는 마이크로파의 영향을 받지 않는 일본 ANRITSH METER 사의 Amoth FX 8500 광화이버 온도계를 사용하여 흡착층 내부온도를 측정하였다. 흡착제의 방전을 확인하기 위해 Tektronix TDS 220를 부착하여 Digital real time Oscilloscope로 방전 피크를 확인하였다.

연구의 범위

마이크로파 조사를 통한 흡착공정에서는 이 조건에 맞는 흡착제의 개발이 최대 관건이다. 즉, 마이크로파 유전율(誘電率, Permittivity)이 우수하며 전기화학적으로 안정된 흡착제를 개발하여야 한다. VOC는 일반적으로 활성탄(Activated Carbon; 이하 'AC'로 표현하기도 함)에 잘 흡착하지만 활성탄의 경우 탈착시 마이크로파를 조사하면 방전과 급격한 온도상승을 일으키므로 이로부터 흡착물질이 반응에 의해 2차오염물질을 발생시킬 가능성이 있다. 이러한 흡착제는 기본적으로 흡탈착 효율이 우수하고 마이크로파에 의한 제어가 용이하도록 하여야 한다. 이 방법의 하나로 활성탄에 마이크로파 방전을 방지하고 자성(磁性)의 퀴리점을 이용한 자성체의 코팅방안을 고려하였다.

자성체 흡착제로는 Ni-Zn-F와 Mn-Zn-F를 중심으로 물리적 특성이 다른 자성체를 구형 활성탄에 소량의 바인더를 첨가하여 Ferrite계/AC를 제조하여 건조와 활성화를 시켰다. 각 흡착제에 대한 승온실험 그리고 자화곡선 등과 같은 자성의 성질을 조사하였다. 자성체 단독과 개발된 흡착제는 마이크로파 출력에 따른 온도변화와 승온속도를 조사하였다.

결과 및 검토

Talc/AC는 $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ 로 바인더를 첨가하여 물리적인 방법으로 제조하였다. 자성체 흡착제는 Ni-Zn-Ferrite계, Mn-Zn-Ferrite계, Fe_3O_4 , $\gamma-Fe_2O_3$ 분말로 구형 활성탄에 소량의 바인더를 첨가하여 Ferrite/AC를 제조하였다. 제조된 흡착제는 SEM 사진을 통해 잘 분산되어 있었으며 활성탄의 세공에는 영향이 없음을 확인하였다. 본 연구에서 제조된 자성체 흡착제는 자성체의 효과가 극대화되지 못하였다. 이러한 연구결과로부터 자성체의 효과를 극대화시키기 위해서는 앞으로 연구에 활성탄에 자성체의 코팅율을 높이는 방안이 계속 검토되어야 한다. 유기계 유해 대기오염물질 중 상당량은 중소 발생원으로부터 배출되고 있지만 중소기업에서 이용하고 있는 기술은 명확히 확립되어 있지 않다. 그 중, 비교적 비용이 절감되는 흡착법은, 흡착질의 탈리회수에 수증기를 열원으로 사용한 것이 많기 때문에 사용한 열원의 폐수처리가 문제가 되고 있다. 따라서, 폐수처리를 필요로 하지 않으며 장치와 조작이 간단하고 비용이 절감되는 기술개발이 필요한 실정이다. 본 연구는, 자성을 가진 다공성재료를 개발하여 그 교류자계 중에서 자성체의 발열효과를 응용한 새로운 VOC의 흡착흡수기술을 개발하는 것이 목적으로, 각종 페라이트 분말의 2.45GHz 자계에서의 승온거동을 검토한 것이다.

자성체에 대한 30°C ~ 40°C(모두 자성체의 경우에도 승온속도가 안정해 지는 범위)에서 측정한 승온속도와 마이크로파의 출력의 관계를 나타낸 것이다. Ni-Zn-F계가 Mn-Zn-F보다 승온속도가 빨랐다. 마이크로파 출력이 적을 경우는 두 물질의 승온속도가 큰 변화가 없었지만 출력이 클수록 Ni-Zn-F가 빠르게 나타났다. Ni-Zn-F는 300W에서 188°C/min이지만 Ni-Zn-F/AC은 134°C/min 이다. 승온속도는 Ni-Zn F > Mn-Zn-F > $\gamma-Fe_2O_3$ > Fe_3O_4 순으로 나타났다. 본 연구에서 검토한 4종류의 자성체 중에서 Ni-Zn-F

는 온도안정성도 높고 승온속도도 큰 것으로부터 본 연구목적에 부합된다고 판단된다.

초투자율(初透磁率)과 승온속도(300W에서의)의 관계를 나타낸 것이다. 초투자율의 증대와 함께 승온속도가 증가하고 있는 경향이 뚜렷하였고, 자기 히스테리시스 곡선면적과의 상관성은 확인되지 않았다. 따라서, 측정점수가 적기 때문에 긴급한 결론은 내릴 수 없지만, 마이크로파 영역에서는 자기 히스테리시스가 가열원리의 중심이지는 않을까 생각되어진다.

참고문헌

1. 김윤갑, 안희관, “마이크로파를 이용한 VOC 제거기술 개발”, 대구지역환경기술개발센터 연구보고서, 2001
2. 김윤갑, 안희관, “마이크로파를 이용한 VOC 제거기술의 상용화 연구”, 대구 지역환경기술개발센터 연구보고서, 2002
3. 水野光日, 小林梧 外, 日本化學會誌(57秋季年會豫稿集), 1F523, 1989.

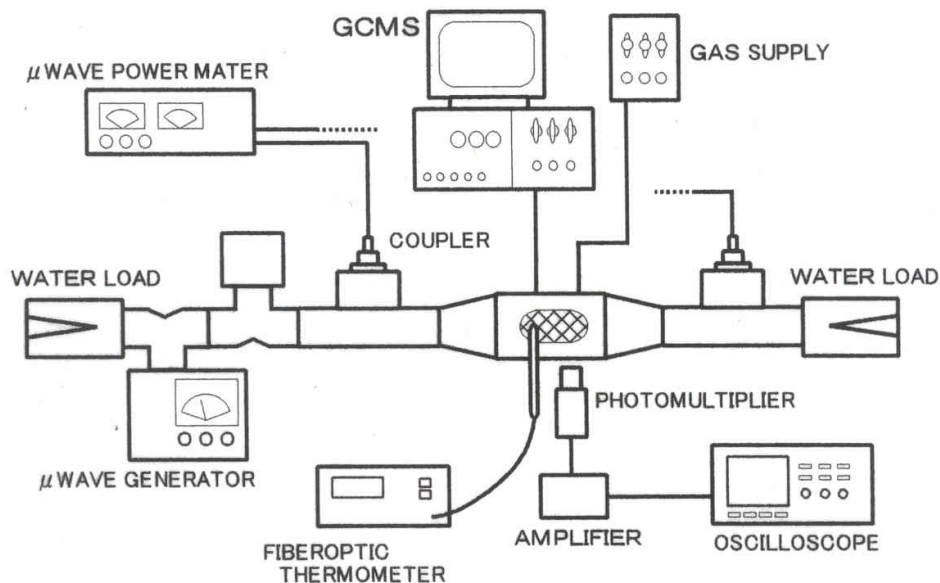


그림 1. 마이크로 흡착장치도.

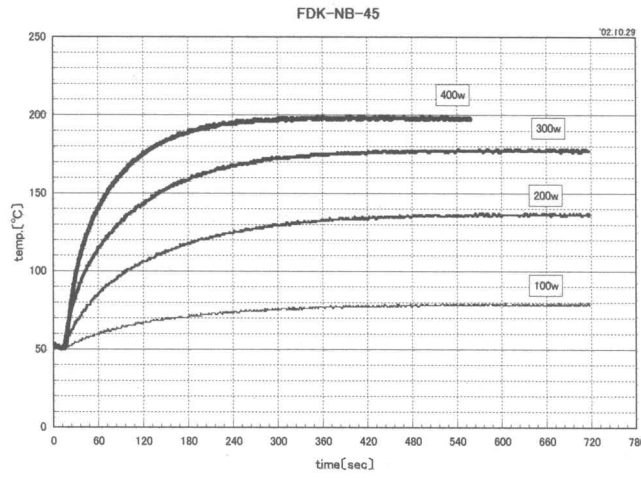


그림 2. 각 자성물질에 대한 마이크로파 조사에 의한 도달온도.

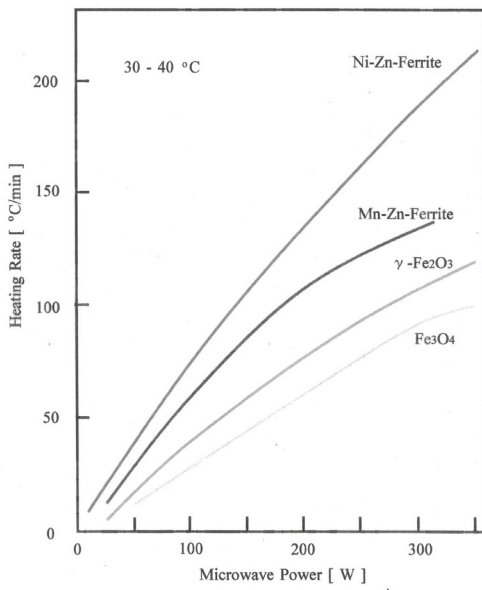


그림 3. 자성체의 승온속도 (30 ~ 40°C).

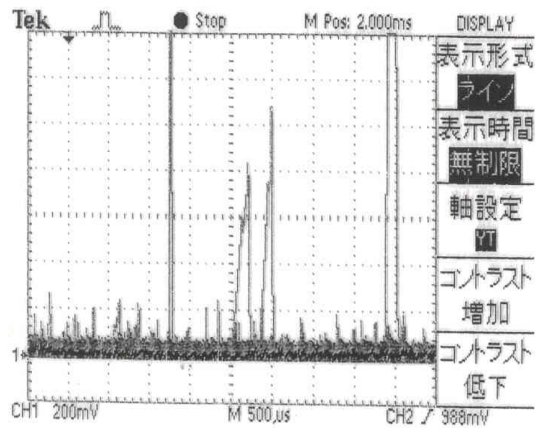


그림 4. 방전측정기를 통한 측정된 방전 피이크 그림.