

4B6) 휘발성 유기화합물의 무화염 열산화 특성

Flameless Thermal Oxidation of Volatile Organic Compounds

송창병 · 박현설 · 이시훈 · 임정환

한국에너지기술연구원 청정시스템연구센터

1. 서론

휘발성 유기화합물질(Volatile Organic Compounds : VOCs)은 오존 등 광화학 옥시던트로 인한 대기 오염과 공단지역에서의 건강피해 등이 가시화됨에 따라 대기오염물질로써 최근 관심이 증대되고 있다. 탄화수소를 총칭하는 VOCs는 종류가 무수히 많고 다양하여 여러 형태로 환경에 영향을 미친다. 특히 일부 VOCs는 자체로서 유해할 수 있고 악취의 원인물질로서 주로 지역적인 오염물질로 다루어져 왔으나 오존형성의 광역성과 제품에 함유된 VOCs로 인한 피해가 다른 나라에도 영향을 초래할 수 있어 점차 장거리 월경 오염물질로서 국제문제화 되고 있다. VOCs 방지기술은 파괴 및 회수기술로 나눌 수 있으며, 파괴에는 산화 또는 소각인 연소기술이 이용된다.

본 연구는 고농도 VOCs 처리를 목적으로, 직접 연소시 발생하는 thermal NOx와 일산화탄소 문제를 개선할 수 있는 무화염 연소시스템(Flameless Thermal Oxidation: FTO)을 적용하였다. FTO에서 VOCs 파괴 및 제거효율은 휘발성 유기물질의 농도 및 반응 시간에 따라 다르게 나타나며, 본 연구에서는 이들의 상관관계를 규명하고, 실험에 사용된 FTO 장치의 최적 운전 조건을 찾고자 하였다.

2. 연구 방법

그림 1은 휘발성 유기화합물 무화염 열산화 시스템 실험 장치의 개략도를 나타낸 것이다. 실험 장치는 폐열 회수를 위한 열교환기, 휘발성 유기화합물을 공급하기 위한 정량 펌프, VOCs 처리를 위한 산화기, 산화기 예열을 위한 세라믹 히터, 축열체인 세라믹 불, VOCs 농도와 배출 가스의 특성 파악을 위한 측정기기 및 시스템 조작과 데이터 수집을 위한 DAQ & Control Panel로 구성되어져 있다. 산화기 내부의 온도 분포를 파악하기 위하여 다 수의 열전대(thermocouple)를 사용하여 실시간으로 온도를 측정하였으며, 실험 변수(농도, 유기 화합물의 종류 등)에 따른 FTO 특성 파악 실험을 수행하였다.

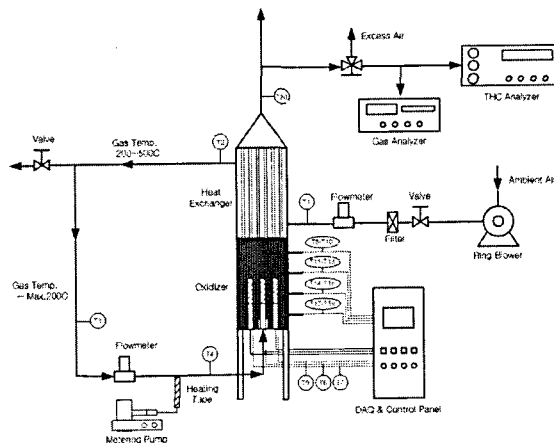


Fig. 1. 휘발성 유기화합물 무화염 열산화 시스템의 실험장치 개략도.

3. 연구 결과

본 연구에서는 유기화합물을 산화 처리하기 전에 FTO 장치 내부에 설치되어 있는 히터를 사용하여 세라믹 층을 미리 예열한 후 휘발성 유기화합물을 공급하였으며, VOCs의 산화 특성과 파괴 및 제거 효율을 분석하였다. 그림 2는 휘발성 유기화합물(톨루엔 $C_i = 20,000$ ppm) 공급시 FTO 장치 내부의 온도 분포 및 배출 가스 농도와 VOCs의 배출 농도 및 제거 효율을 보여주는 그래프이다. 예열 직후 산화기 내부의 세라믹 층 산화 반응 구역(oxidation reaction front)의 가장자리 온도가 730°C , 중심 온도가 900°C 의 온도 분포를 보였으며, 유기화합물 공급 초기에는 미량이 연소되지 않고 배출되었고 불완전 연소되어 일산화탄소의 농도가 매우 높게 나타났다. 산화 반응 구역의 온도 분포가 800°C 이상이 되었을 때, VOCs는 완전 연소가 되어 CO는 거의 검출되지 않았다. FTO 장치의 산화 반응 온도를 800°C 이상 유지할 경우, thermal NOx 및 불완전 연소생성물과 일산화탄소가 거의 검출되지 않았고, 매우 안정적으로 유기화합물을 산화시킬 수 있다.

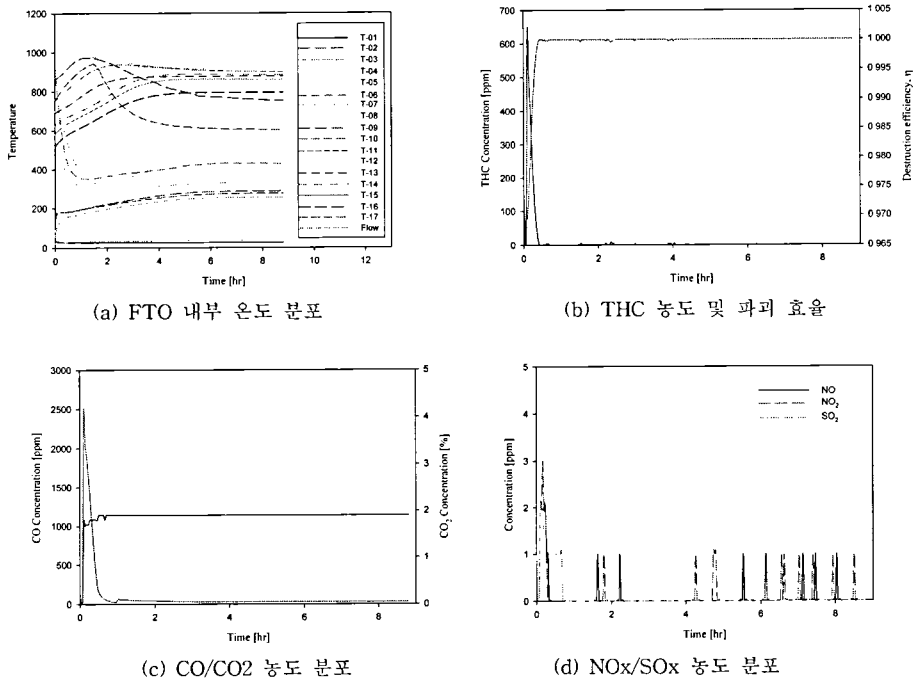


Fig. 2. 휘발성 유기화합물 산화시 FTO 내부의 온도 분포 및 THC, 배출가스 농도 (톨루엔 $C_i = 20,000$ ppm).

참고 문헌

- Dobrego, K. V., Zhdanok, S. A., and Zaruba, A. I. (2001) Experimental and analytical investigation of the gas filtration combustion inclination instability, *International J. Heat. Mass. Trans.* Vol. 44, 2127-2136.
- Dobrego, K. V., Kozlov, I. M., Bubnovich, V. I., and Rosas, C. E. (2003) Dynamics of filtration combustion front perturbation in the tubular porous media burner, *International J. Heat. Mass. Trans.* Vol. 46, 3279-3289.
- Everaert, K. and Baeyens, J. (2004) Catalytic combustion of volatile organic compounds, *J. Hazardous Materials*, Vol. B 109, 113-139.