PA5) 표면방전 마이크로 플라즈마를 이용한 톨루엔 제거장치

Decomposition of Toluene with Surface-discharge Microplasma Device (SMD)

권순박 · 박덕신 · Takafumi Seto[1] · Makoto Hirasawa[1] · Akira Yabe[1]
한국철도기술연구원 환경화재연구팀,
[1]일본 산업기술총합연구소(AIST) Laser-Nano Processing Group

1. 서 론

플라즈마를 이용한 VOC분해는 활성화된 전자 혹은 산소원자(O)가 C-C 및 C-H결합을 파괴하여 CO_2 및 H_2O로 전환시키는 방법으로 이루어진다. 그러나 이러한 반응과정에서 알데하이드 혹은 산화물이 부가적으로 생성될 수 도 있기 때문에 촉매 등의 후처리장치가 결합되어 사용되고 있다. 유전체방전(dielectric barrier discharge, DBD)을 이용한 표면방전 마이크로플라즈마 장치(surface-discharge microplasama device, SMD)가 개발되었고(Kwon et al., 2005), 이 장치는 상압조건에서 국부지역에 플라즈마를 발생시키고, 고농도의 이온이 VOC 분해와 동시에 부가적 생성물을 이온화할 수 있는 장점이 있다. 이온화된 부가적 생산물은 전기집진장치 등을 이용하여 간단하게 제거 될 수 있다. 본 연구에서는 칩 형태의 SMD장치를 개발하여 오존 및 부가적 생성물을 최소화한 VOC제거 장치를 소개하고자 한다.

2. 연구 방법

일반적으로 DBD는 장치의 형태 및 방전구역에 따라 공간방전(volume discharge)과 표면방전(surface discharge)로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 장치의 크기가 작아 적용성이 뛰어난 표면방전 방식을 적용하여 가로세로 크기가 30×20mm^{2}인 칩(chip)형태의 SMD를 제작하였다(그림 1). 유전체(mica)를 사이에 두고, 100마이크론 폭을 가진 방전 electrode와 접지 electrode를 부착시킨 형태로 제작되었다. 방전 electrode에 AC 고전압(3.5kV, 67kHz)를 인가하여 표면방전을 유도하였다. 톨루엔의 분해효율을 측정하기 위하여 그림 2와 같은 실험장치를 구성하였다. 청정공기의 유입을 통해 액상톨루엔을 기화시켜 T-chamber를 통과시키고 일정 시간간격으로 가스 샘플링을 하여 GC-MS (Shimadzu, GC-17A, QP-5000)를 이용하여 측정하였다. 그리고 CO_2의 농도를 측정하기 위하여 IR-absorption CO_2 분석장치(Shimadzu IRA-107)를 오존농도 측정을 위하여 UV-Photometric 오존분석장치(Thermo Environmental Instruments)를 사용하였다.

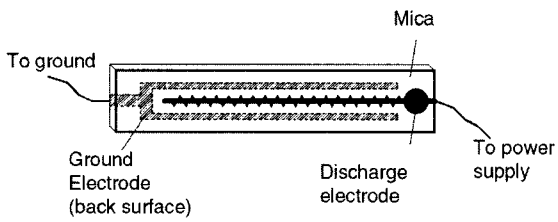

Fig. 1. Schematic illustration of SMD.

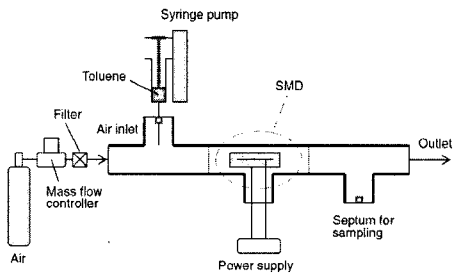

Fig. 2. Schematic of experimental setup.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 약 25 ppm의 톨루엔이 존재하는 회분식반응기에서 SMD가 작동되었을 때 시간에 따른 톨루엔의 농도변화를 나타내고 있다. 5분이 경과한 후 톨루엔은 초기농도의 20%까지, 그리고 20분 경과후

초기 농도의 4%까지 감소하였으며, 30분후에는 99%의 톨루엔이 제거되었음을 알 수 있었다. 연속흐름 반응기(flow reactor, 그림 2)에서 톨루엔 농도 변화를 측정한 결과를 그림 4에 제시하였다. 샘플링은 매 30분간격으로 진행되었고 SMD를 초기상태에서 60분후부터 작동시키고 150분이 경과한 후 작동을 정지시켰다. 톨루엔의 주입농도와 공기의 유량에 따라 톨루엔의 가스상 농도가 SMD를 작동시킬 경우 감소하였다가 작동이 정지된 후 다시 높아지는 것을 알 수 있다(Seto 등, 2005). 회분식반응기에 비하여 톨루엔 제거효율이 낮게 나타난 것은 SMD의 용량이 부족한 것으로 볼 수 있으며, 이는 여러 개의 SMD를 동시에 작동시킴으로써 개선할 수 있을 것으로 기대된다. SMD를 이용한 톨루엔 분해반응의 반응결과물을 분석한 결과 CO_2가 주 생성물임을 확인 할 수 있었다(그림 5).

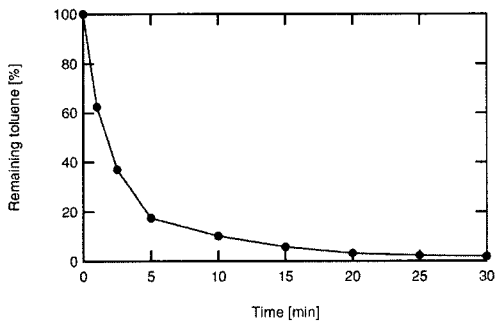

Fig. 3. Toluene decomposition efficiency in batch reactor.

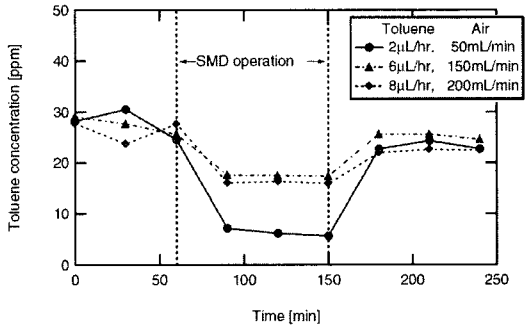

Fig. 4. Change in toluene concentration in flow reactor.

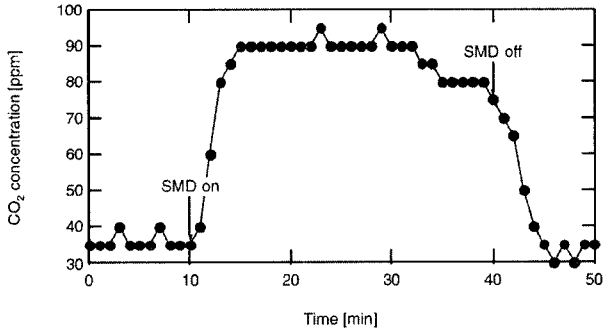

Fig. 5. Change in CO_2 concentration in flow reactor.

참 고 문 헌

Kwon, S.B., H. Sakurai, T. Seto and Y.J. Kim (2005) Charge neutralization of submicron aerosols using surface-discharge microplasma, J. Aerosol Science, in press.

Seto, T., S.B. Kwon, M. Hirasawa and A. Yabe (2005) Decomposition of toluene with surface-discharge microplasma device, Japanese J. Applied Physics, Vol.44, 5206-5210.