

Gliding Arc Plasma를 이용한 Benzene의 분해

이중문, 고희광, 박동화*
인하대학교
(dwpark@inha.ac.kr*)

Benzene Decomposition Using Gliding Arc Plasma

Jong-Moon Lee, Kwang Ko, Dong-Wha Park*
Inha University
(dwpark@inha.ac.kr*)

서론

환경문제에 대한 관심이 높아짐에 따라 각종 공정에서 발생하는 Volatile Organic Compounds(VOCs)의 배출에 대한 규제가 강화되고 있으며, 이를 효과적으로 분해하기 위한 연구가 여러 분야에 걸쳐 진행되고 있다. 기존에 사용된 방법으로는 활성탄흡착법과 소각이 있으나 활성탄흡착법은 많은 전력이 필요하고 보통 오염물질의 40~50%밖에 제거하지 못하며, 소각법은 간단하고 효율적인 방법이지만 연료소모가 크고 다이옥신, 퓨란 등과 같은 더 해로운 물질을 생성할 수 있다[1].

이에 따라, 최근 폐기물 처리 기술 중 주목받고 있는 플라즈마 공정의 장점으로는 고온을 얻을 수 있기 때문에 화학적으로 안정한 물질이라도 분해가 가능하고 동시에 높은 처리 속도를 얻을 수 있으며, 큰 온도 기울기가 얻어지므로 분해 생성물의 재결합을 억제하는 것이 가능한 것 등이 있다[2]. Gliding arc plasma는 두 금속전극의 방전간격 사이에 있는 사이의 불꽃의 형태로 특징지어진다. AC 또는 DC power를 가하면 두 전극의 최단거리에서 arc가 생성되어 유체의 흐름과 동일한 방향으로 전극을 타고 미끄러지듯이 퍼져나가다가 소멸된다. 이러한 Gliding arc plasma는 효율이 좋고 단위시간 당 많은 양의 유체를 처리할 수 있는 장점이 있어 NO_x, SO_x, VOCs 등의 유해가스처리에 적합하다[3].

본 연구에서는 Gliding arc 방전을 이용하여 대표적인 VOCs인 벤젠을 분해하였다. 정류기를 통해 정류된 DC전압을 칼날모양의 양 전극에 가하여 arc를 발생시켰고, 이 사이에서 가스를 흘려주어 플라즈마가 생성됨과 동시에 분해가 이루어졌다. 분해공정은 상온, 상압에서 이루어졌으며, 전류, 전극모양, 유량, 농도 등을 조절하여 이들 변수가 분해율에 미치는 영향을 관찰하였다. Gas Chromatograph(6890N, Agilent; CP7553 12.5m×0.53mm(Varian))

를 사용하여 분해 전·후 가스의 정량, 정성 분석을 하였고, 반응 시 일어나는 전압의 변화는 Oscilloscope(TDS3012, Tektronix)로 관찰하였다.

실험

실험장치의 개략도를 Figure 1에 나타내었다. 장치는 DC power generator, Gliding arc(GA) reactor의 간단한 구조로 되어 있으며 별도의 플라즈마 발생 가스를 사용하지 않고 반응 가스를 흘려주었다.

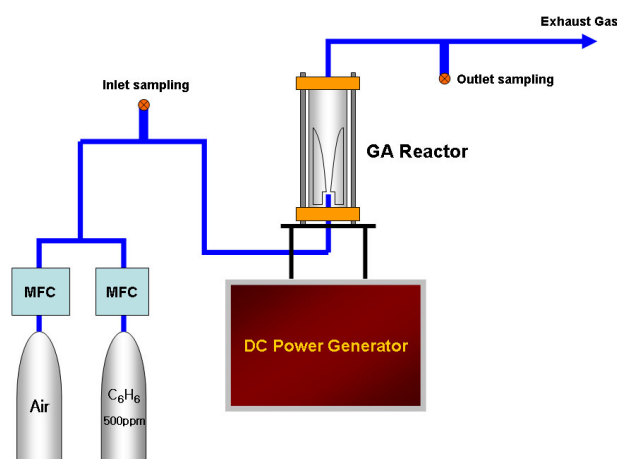


Figure 1. Schematic diagram of experimental set up for benzene decomposition.

반응가스인 벤젠은 기상(氣相)으로 공기에 500 ppm으로 희석된 것이며 250, 100, 50 ppm으로 더 희석시키기 위해 MFC(mass flow controller)를 사용하여 유량비를 조절하였고 이 혼합가스는 내경이 3.5 mm인 Teflon 튜브를 통해 전극 사이로 공급되었다. 전극의 재질은 stainless steel로 Figure 2와 같이 전극 양끝 간의 거리(벌어짐 정도)가 다른 3가지를 사용하였다. 실험변수는 Table 1에 나타내었다.

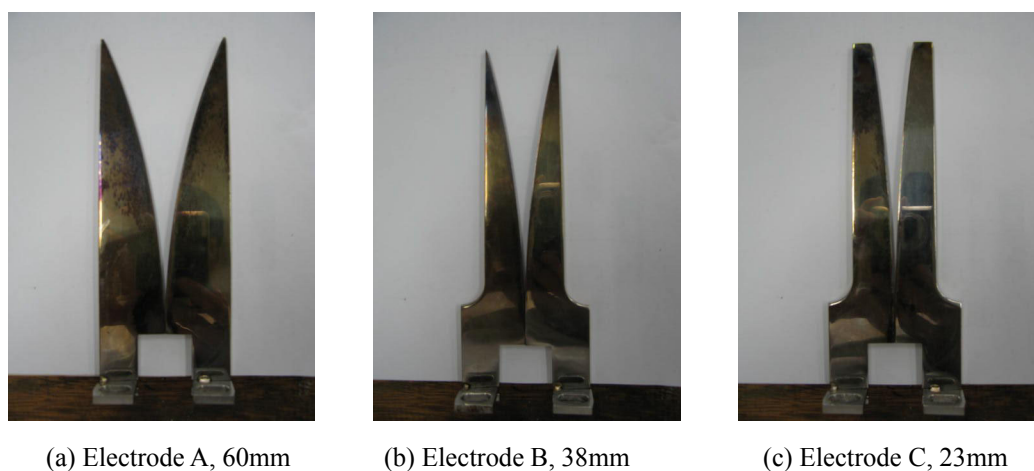


Figure 2. Three types of electrodes.

Table 1. Experimental variables

전류(mA)	50, 70, 100
농도(ppm)	50, 100, 250, 500
반응가스의 유량(sccm)	500, 1000, 1500, 2000
전극모양	Electrode A, B, C

결과 및 토론

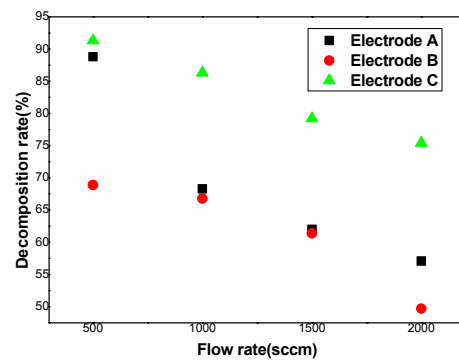
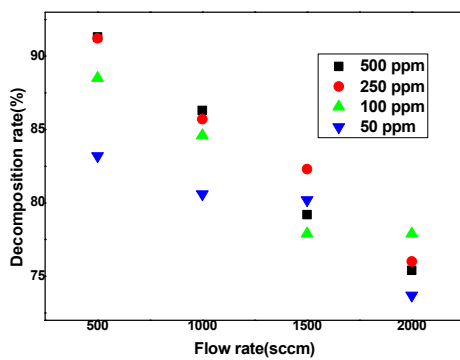


Figure 3. 유량에 따른 Benzene 분해율(Electrode C, 100mA). Figure 4. 전극모양에 따른 Benzene 분해율(500ppm, 100mA).

Figure 3에서 보는 바와 같이 정도의 차이는 있지만 대체적으로 유량이 빠를수록 분해율이 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었으며, Figure 4에서는 각 유량에서의 분해율이 Electrode C > A > B의 순으로 높았다. Figure 5에서는 전류를 변화시켰을 때의 분해율을 나타내었는데 500 ppm의 경우 100 mA에서 90%에 가까운 분해율을 보였다.

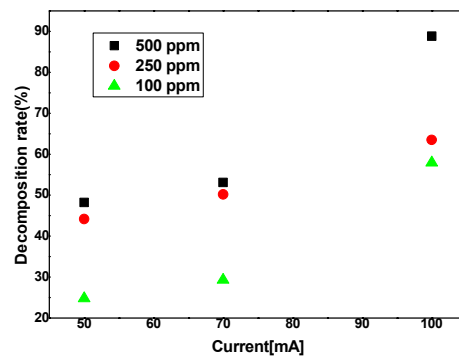


Figure 5. 전류의 변화에 따른 Benzene 분해율의 변화(Electrode A, 500sccm).

Figure 6, Figure 7에서는 반응 시 나타나는 파형의 변화를 Oscilloscope로 측정한 것으로 Figure 6는 평형상태에서 비평형상태로 전이하는 Gliding arc의 전형적인 파형을 나타내고 있고 Figure 7은 Electrode C를 사용하였을 때 arc가 소멸되지 않고 전극 끝에 매달린 형상으로 계속 유지될 때의 파형을 나타낸 것이다. 비평형상태가 계속 유지되고 있음을 보이고 있는데, 이 때의 분해율이 가장 높았다.

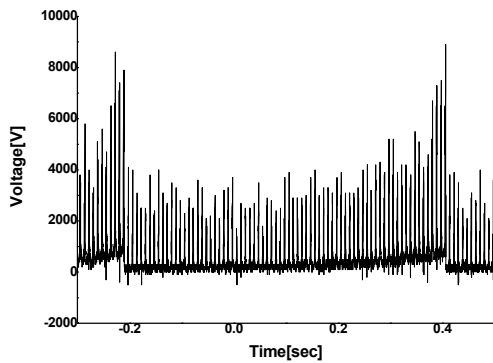


Figure 6. Gliding arc 반응 시 나타나는 파형(70mA, 1kV).

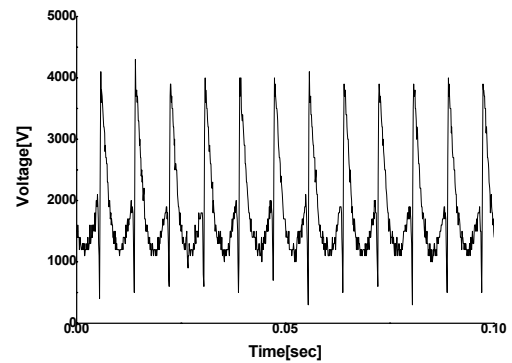


Figure 7. 비평형 상태가 유지되고 있는 파형(83mA, 2kV).

감사의 글

본 연구는 산업지원부 지정 인하대학교 열플라즈마 환경기술 연구센터의 2007년도 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. A. Indarto et al., Chem. Eng. J., 131, 131, 337-341(2007).
2. 박동화, 오성민, “열플라즈마 공정과 응용”, 인하대학교 출판부, 180(2004).
3. A. Czernichowski, Pure Appl. Chem., 66, 1301-1310(1994).