

## PE1) 광촉매를 충전한 DBD 반응기에서 벤젠 제거에 관한 연구

### Study on the Benzene decomposition in the dielectric barrier discharge reactor with photocatalyst

최유리<sup>1)</sup>, 이용환·고경보·조무현·남궁원

<sup>1)</sup>포항공속기연구소, 포항공과대학교

#### 1. 서 론

자동차 운행의 급증과 유류 및 유기 용제의 사용 확대로 인해 휘발성유기화합물질(Volatile Organic Compounds : VOC)의 배출은 증가추세에 있다. VOC는 오존 등 광화학스모그 원인 물질일 뿐만 아니라 발암성 등의 유해 물질, 지구온난화와 성층권 오존층 파괴의 원인물질, 대기 중 악취물질로서 환경 및 건강에 영향을 초래하여 VOC 대한 규제관리 및 감축에 대한 연구가 필요한 실정이다. 상용화된 VOC 저감기술로는 고온산화, 촉매산화, 흡착 등의 방법이 있으며 이 기술들은 농도, 에너지 requirement, 비용 및 부산물 처리 등의 문제가 있다. 펄스코로나방전, DBD (Dielectric Barrier Discharge) 등의 저온 플라즈마 공정과 촉매 복합공정 방법이 VOC 처리기술의 대안으로 연구되어 지고 있으며 몇몇 연구자에 의해 VOC 제거반응에 효과적임이 보고되었다.

본 연구에서는 광촉매 (TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 장착한 DBD 반응기를 이용하여 VOC 대표적인 물질중 하나인 벤젠을 효과적으로 제거하기 위한 적절한 운전조건을 찾기 위해서, 광촉매의 담체, 벤젠의 초기농도, 산소농도 및 반응기 두께를 실험변수로 하여 연구하였다.

#### 2. 연구 방법

그림 1은 본 연구에서 사용된 실험장치를 도식화한 것으로 전체 장치는 기체유입부, 전원공급부, DBD 반응기와 분석장치로 이루어져 있다.

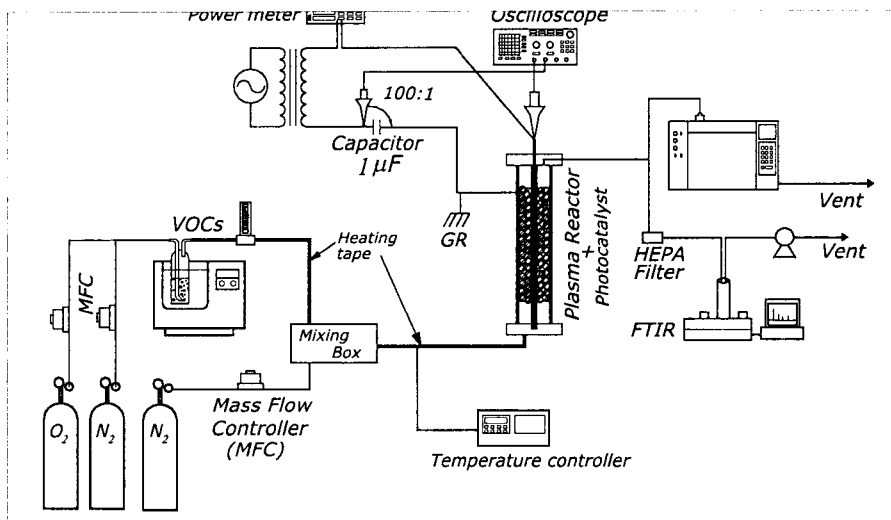


Fig. 1. Experimental setup

파이버렉스로 만들어진 반응기의 내경과 두께는 각각 27 mm, 1.5 mm이고 반응기 외벽에 175 mm 길이의 구리테이프를 부착하여 접지전극으로 사용하였다. 직경이 1/2 inch인 스테인레스 스틸로 만들어진 튜브를 방전극으로 사용하였으며 반응기와 방전극사이에는 비드형태의 알루미나 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에 광촉매 (P-25)가 코팅된 것을 사용하였다. N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>는 배기체로 봄베기체를 사용하였으며 MFC를 이용하여 유량을 조절하였고 반응기로 유입되는 전체 유입 가스 유량은 약 3 LPM으로 고정하였다. 반응기로 인

가되는 전압은 위해 220 V, 60 Hz의 교류전압을 슬라이드와 네온트랜스를 이용해 조절하였다. 교류 고전압과 전류는 P6015A 1000X 고전압 프로브와 1  $\mu$ F capacitor에 연결된 100X 프로브를 통해 측정되는 신호를 디지털 오실로스코프(TDS 744A)로 측정하여 방전특성을 분석하였다. 벤젠 및 부산물 측정은 FTIR (ABB Bomem, MB 104)를 사용하여 촉매 후단부에서 측정하였고 진공펌프와 유량계를 이용하여 적정량의 시료가스가 일정하게 가스셀을 통과하도록 하였다.

연구에 사용된 벤젠의 초기농도는 370, 208 ppm이며 인가되는 전압은 10 - 19 kV로 변화시켰으며 반응기에 공급된 에너지는 wall plug와 전원장치사이에 digital power meter (Yokogawa, WT210)를 설치하여 총 전력을 측정하였고 반응기로 인가된 전력은 측정된 전압, 전류의 곱으로 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 1에서 나타낸 바와 같이 전압이 높을 수록 wall plug에서 나오는 전력이 반응기로의 전달되는 에너지 효율이 높음을 알 수 있다.

Table 1. Electric power

인가전압 (kV)	Initial conc. 208 ppm			Initial conc. 370 ppm		
	Wall plug (W)	Dissipation power (W)	Efficiency (%)	Wall plug (W)	Dissipation power (W)	Efficiency (%)
19	18.3	7.61	42	18.8	8.06	43
16	12.5	4.65	37	4.65	4.65	36
13	7.7	1.03	13	1.69	1.69	21
10	4.5	0	0	0	0	0

그림 2와 그림 3은 반응기로 유입되는 벤젠의 초기농도가 370, 208 ppm에서의 시간에 따른 농도변화 및 제거율을 나타낸 것이다. 벤젠의 농도는 시간이 지남에 따라 초기농도에서 평형에 도달하였고 19kV로 전압을 인가하였을 때 농도가 730 ppm까지 급격히 증가하는데 이는 비드에 흡착된 벤젠이 방전으로 인해 탈착되어 나오는 것으로 사료된다. 방전이 계속 됨에 따라 농도는 줄어 평형상태에 도달하게 되고 전압을 16 kV로 낮추었을 때 농도가 낮아지는 데 이는 인가전압이 낮아짐에 따라 벤젠이 비드에 다시 흡착되어 일어나는 현상으로 보인다. 초기농도 208 ppm에서는 흡착이 370 ppm보다 적게 일며 그 외 인가전압이 낮아짐에 따라 370 ppm과 비슷한 경향을 보인다. 인가전압(19 - 10 kV)에 따라 벤젠 농도가 평형에 도달시 제거율은 각각 53 - 14 %까지로 나타났다.

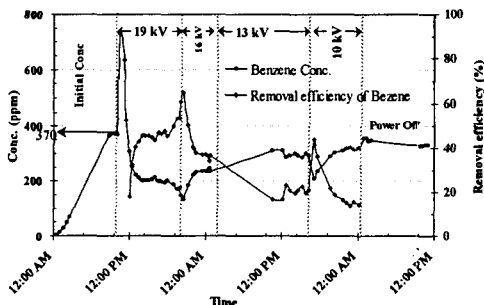


Fig. 2. Benzene concentration (370 ppm) and removal efficiency vs. Time

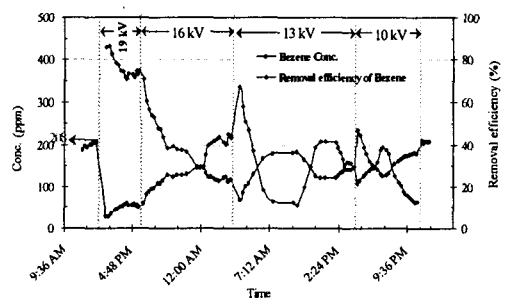


Fig. 3. Benzene concentration (208 ppm) and removal efficiency vs. Time

### 참고 문헌

- A. Ogata, K. Yamanouchi, K. Mizuno, S. Kushiyama, and T. Yamamoto (1999) Decomposition of Benzene Using Alumina-Hybrid and Catalyst-hybrid Plasma Reactors, IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 35