

## PE16) 전자빔과 Mn, Pd 촉매의 Coupling을 이용한 톨루엔 분해특성 연구

### A Study on Decomposition Characteristics of Toluene using EBeam-Catalyst (Mn, Pd) Coupling

손윤석 · 김조천 · 선우영 · 송희남<sup>1)</sup> · 김기준 · 박강남 · 정상귀<sup>2)</sup>

건국대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>(주)에이스엔, <sup>2)</sup>서강대학교 산업기술연구소

#### 1. 서 론

도장공정 및 각종 산업공정에서 배출되는 VOCs 중 특히 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)는 도시 대기 중에 존재하는 전체 VOCs의 약 20% 정도를 차지할 정도로 다량으로 배출되고 있으며 다른 VOCs에 비해 반응성이 높아 광화학오염에 대한 기여도 및 발암성이 큰 물질로 효과적이고 경제적인 제어방법이 절실히 요구되고 있다(김조천, 2000). 이러한 VOCs를 처리하기 위한 기존의 기술에는 세정집진장치, 직접연소장치, 촉매연소장치, 흡착시설 등이 있지만 시설처리용량에 비해 설치비 및 운영비 등이 고가라는 단점이 있다(김대곤, 2000; Hirota, 1995; Kim, 2005). 전자빔을 이용한 기술은 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로써 에너지 소모량이 적고 2차 오염물질이 적은 것으로 평가되고 있다. 본 연구에서는 이러한 이점을 갖고 있는 전자빔을 촉매와 결합하여 톨루엔의 제어상승효과를 알아보기 위하여 수행하였고, 기타 촉매의 종류별 제어특성을 고찰하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 1MeV ELV4 Type(1Mev, 40kw)의 EBeam 가속기를 사용하여 Bench Scale로 수행되었다(그림 1). 반응기 안으로 유입되는 공기에 수분 및 대기 중 오염물질(VOCs, SOx, NOx, O<sub>3</sub> 등)을 제거하기 위하여 Zero Air System을 사용하였고, Diffusion법을 이용한 VOC Generator로 톨루엔 농도를 1400 ppmC로 일정하게 발생시켰다. 제거 효율을 확인하기 위하여 전자빔이 조사되는 반응기 전 후에 Tedlar bag(1L)으로 시료를 채취하였다. 이 때, 반응기 내부의 일부는 Mn 1%와 Pd 1%로 각각 세라믹 허니컴에 코팅되어진 촉매로 구성되었다. 채취한 시료들은 GC/FID(HP5890)로 정량 분석하였고, Michro Fid(PHOTOVAC)를 이용하여 GC/FID(HP5890)의 분석 결과와 제어 효율을 비교 확인하였다. 이와 함께 제거 효율과 상관성이 있는 CO/CO<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>발생 경향을 보기위하여 반응기 통과 후 CO/CO<sub>2</sub> Analyzer(Gas Data PAQ, UK)와 O<sub>3</sub> Analyzer(Model 49C, Thermo, USA)를 사용하여 분석결과를 얻었다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1~3은 본 연구를 통한, 전자빔과 촉매의 coupling시스템에서 2차 부산물의 발생량을 나타낸 것으로서 CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>의 발생량을 촉매의 종류에 따라 비교한 것이다(그림 1~4). CO<sub>2</sub> 발생량을 고찰해보면 Pd 촉매의 경우에는 초기 선량에서 거의 변화가 없다가 5kGy 이후에 CO<sub>2</sub>가 증가하여 9kGy에서 580ppm까지 도달하지만, Mn 촉매의 경우에는 3.3~6.7kGy까지 급격히 CO<sub>2</sub> 농도가 증가하여 9kGy에서는 1,220ppm의 CO<sub>2</sub>가 발생되었다. 그림 2에서 보는 바와 같이, CO의 농도는 Pd 촉매에서 흡수선량이 증가할수록 증가하는 것을 알 수 있었다. 이에 반해, Mn 촉매에서는 5kGy 흡수선량에서 37.4ppm까지 증가하였으나 이보다 높은 흡수선량에서는 점차 감소하여 9kGy 조건에서는 33.7 ppm 으로 나타나 Mn 촉매의 경우는 Pd 촉매를 기준으로 한 일산화탄소의 감소율이 45.3%로 나타났다. O<sub>3</sub> 농도는 흡수선량 2kGy를 기점으로 발생하는 오존의 농도가 흡수선량 증가에 대하여 감소하였으며 9kGy 흡수선량에서 오존의 농도는 Pd에서 1.6 ppm, Mn에서 0.6 ppm이었다. 일반적으로 촉매가 없는 경우에는 흡수선량이 증가할수록 오존의 농도가 증가한다. 그림 4는 전자빔만으로 연구한 결과와 전자빔과 촉매의 coupling시

시스템에서의 톨루엔 제거효율을 비교한 결과를 나타내고 있다. 3.3kGy까지의 흡수선량에서는 3가지 시스템이 거의 비슷한 톨루엔 제거효율을 보이고 있지만, Mn 촉매의 경우에는 3.3~5kGy 사이에서 톨루엔의 제거 효율이 급격히 상승하는 것을 볼 수 있었다. 9kGy의 흡수선량에서는 전자빔과 Mn촉매를 coupling한 시스템이 전자빔만을 이용한 경우에 비하여 33%, Pd 촉매와 전자빔을 결합한 시스템보다는 11% 정도 제거효율이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

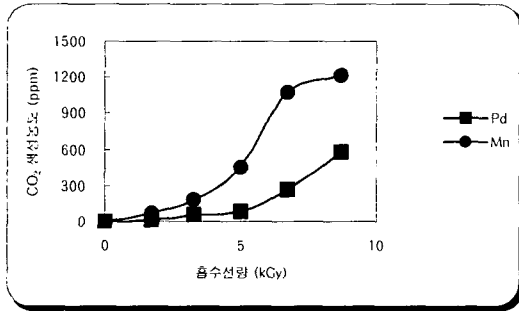


Fig. 1. Formation Comparison of CO<sub>2</sub> by EBeam-Catalyst (Pd, Mn).

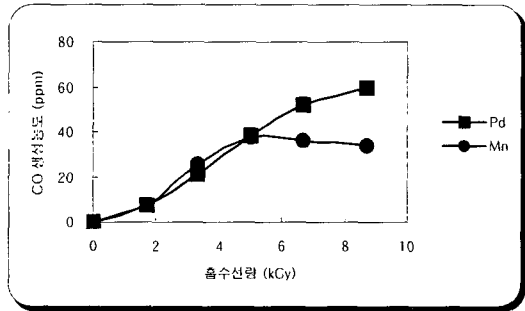


Fig. 2. Formation Comparison of CO by EBeam-Catalyst (Pd, Mn).

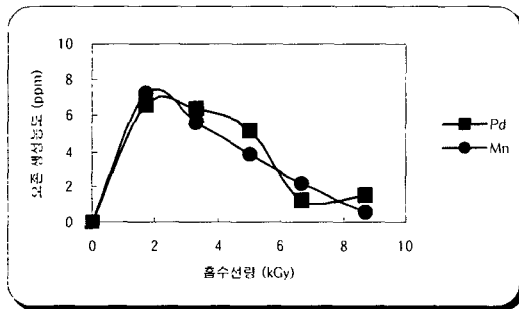


Fig. 3. Formation Comparison of O<sub>3</sub> by EBeam-Catalyst (Pd, Mn).

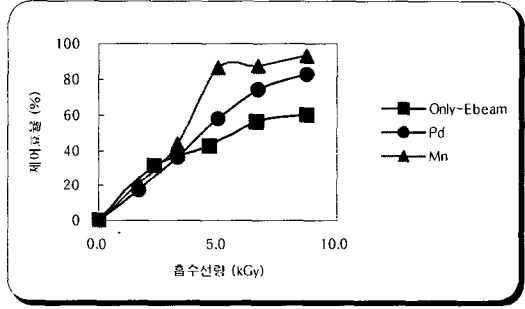


Fig. 4. Comparison of removal efficiency.

## 사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업”으로 지원받은 과제입니다.

## 참 고 문 헌

- 김대곤 외 (2000) 도장시설에서의 유해대기오염물질 배출특성, 한국대기환경학회 2000춘계학술대회 논문집, 36-37.
- 김조천 외 (2000) 전자빔 공정을 이용한 VOCs의 분해특성 연구, 한국환경기술학회지 1(3), 289-296.
- Hirota, K., H. Matzing, H. R. Paur and K. Woletz (1995) Analyses of products formed by electron beam treatment of VOC/air mixture, Radiation Physics and Chemistry, 45(4), 649-655.
- Kim, K. J., J. C. Kim, J. K. Kim, Y. Sunwoo (2005) Development of hybrid technology using E-beam and catalyst for aromatic VOCs control, Radiation Physics and Chemistry, 73, 85-90.