

1D4) 촉매 지지체에 따른 전자빔 하이브리드 기술의 톨루엔 제어 효율성

Toluene Removal Efficiency by Catalyst Support Materials in a Electron-Beam Hybrid System

손영식¹⁾ · 김기준²⁾ · 박강남³⁾ · 손윤석¹⁾ · 김조천^{1),4)} · 정상귀¹⁾ · 김필현⁴⁾

¹⁾건국대학교 신기술융합학과, ²⁾국립환경과학원 배출시설연구과,

³⁾한국동서발전(주) 당진화력본부 환경관리팀, ⁴⁾건국대학교 환경공학과

1. 서 론

휘발성 유기화합물(VOC)은 대기화학적으로 오존전구물질(Ozone precursor)로 작용하여 질소산화물과 태양 빛이 관여하는 반응에 의해 광화학 생성물(O₃, PAN)을 형성하여 인간의 건강, 식물, 기타 물질에 악영향을 미친다(Wu et al., 1997). 또한, 이러한 VOC의 일부는 그 자체가 독성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Mätzing et al., 1994). VOC를 처리하는 기존의 기술에는 세정집진시설, 직접연소시설, 흡착시설, 촉매연소시설 등이 있고 각각의 기술들은 장/단점을 가지고 있다. 전자빔 제어 기술의 경우 대기 중 상온에서 운영이 가능하다는 장점이 있고, 특히 낮은 농도의 VOC가 대용량으로 배출되는 공정에서 유리한 특징을 가지고 있다. 그러나 이러한 전자빔을 이용한 VOC 제어 기술에도 약간의 한계점이 존재하기 때문에 본 연구에서는 대용량 제어 시에 전자빔 기술의 장점을 최대화 하고, 전자빔 제어 공정의 단점인 고농도 VOC 제어의 어려움과 에어로졸 등의 부산물 문제를 해결하기 위하여 촉매 기술을 접목시킨 전자빔-촉매 하이브리드 제어기술을 연구하고자 한다. 본 연구에서는 촉매 산화에 있어서 촉매와 지지체 간의 상호작용이 촉매의 효율에 영향을 미치는 점을 고려하여 코디어라이트, Y-제올라이트, γ-알루미나를 선정하여 금속 촉매를 담지한 후 1,500ppmC 톨루엔에 대한 제어연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험장치

본 연구에서는 1MeV 전자빔 가속기(Maximum power 40kW, ELV-4 type, EB Tech Co., Ltd.)가 사용되었고, Lab Scale로 연구가 진행되었다. Lab Scale VOC 제어 시스템은 크게 유량 공급부, VOC 발생부, 유량조절부, 반응기 및 샘플링 부분으로 이루어져 있다. 안정된 농도의 VOC를 발생시키기 위하여 확산 챔버(diffusion chamber)가 사용되었고, VOC의 농도는 챔버의 유량과 온도를 조절하여 발생시켰다. 또한, VOC의 유량 조절 시스템의 모든 유량은 MFC에 의해 조절되었다. 반응기의 전단과 후단에는 VOC의 농도와 기타 가스의 농도를 측정할 수 있도록 시료 채취 장치를 설치하였고 시스템 전체적으로 압력의 변화를 관찰하기 위하여 압력 게이지를 설치하였다. 본 연구에서는 촉매의 지지체로 코디어라이트가 사용되었으며, 전자빔-촉매 하이브리드 시스템의 제어 특성을 평가하기 위하여 VOC의 흡착 능력이 뛰어난 Y-제올라이트와 γ-알루미나를 선정하였다.

2.2 분석방법

채취한 시료의 정성분석을 위하여 GC/MSD(Claruss 500, Perkin Elmer, U.S.A)/냉각농축장치(Aerotrapp 6,000, Tekmar, U.S.A)를 사용하였고, 정량분석을 위하여 GC/FID(HP5890, Hewlett Packard, U.S.A)를 사용하였다. GC/MSD의 column으로는 Capillary BD-1(50.0m×0.32mm×5.0μm)이 사용되었고 GC/FID의 column으로는 HP-1(25.0m×0.32mm×0.52μm)를 사용하였다. 반응 전후의 일산화탄소(CO)와 이산화탄소(CO₂)의 농도 변화를 확인하기 위하여 적외선 방식(infra-red)의 CO/CO₂ 분석기(Gas data PAQ, UK)가 사용되었다. 또한, 전자빔 제어에 의하여 발생하는 오존의 농도를 측정하기 위하여 오존분석기 (Model 49C O₃ Analyzer, Thermo Electron Corporation, U.S.A.)가 사용되었다. 에어로졸의 측정을 위하여 공극

크기 $0.2\mu\text{m}$, 직경 47mm의 멤브레인 필터(Membrane filters cellulose nitrate, MFC®, U.S.A.)가 사용되었고 47mm 필터홀더가 사용되었다.

3. 결과 및 고찰

촉매지지체에 따른 전자빔-촉매 하이브리드 시스템의 효과를 평가하기 위하여 코디어라이트, Y-제올라이트와 γ -알루미나를 대상으로 Pt 0.1wt.%와 Pd 0.1wt.%를 각각 담지하여 1,500ppmC 톨루엔에 적용하였다. 그 결과, 그림 1과 같이 제올라이트에서의 톨루엔 제어효율이 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 낮은 흡수선량(3.3kGy) 조건에서 제올라이트의 제어효율이 코디어라이트보다 36.2% 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

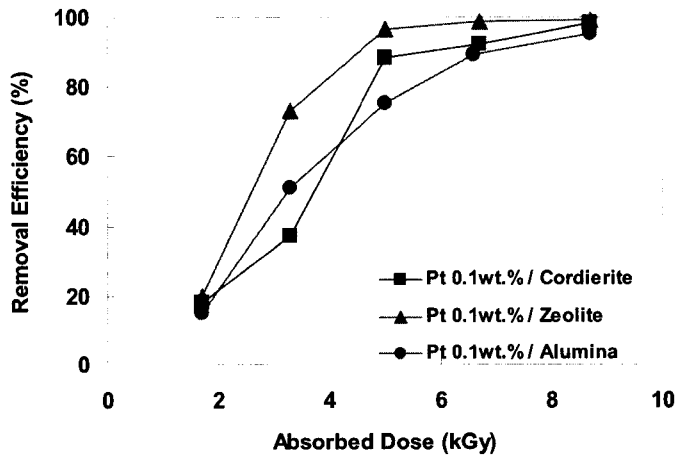


Fig. 1. Toluene removal efficiencies by support material using Ebeam-catalyst hybrid system(1,500ppmC, 15L/min).

이산화탄소 선택도는 코디어라이트에서 가장 높게 나타났고, 뒤이어 제올라이트와 알루미나 순으로 나타났다. 특히, 알루미나의 경우에는 이산화탄소 선택도가 최대 35%로 매우 낮은 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- Mätzing, H., K. Hirota, K. Woletz, and H.R. Paur (1994) Product study of the electron beam induced degradation of volatile organic compounds(VOC), *J. Aerosol., Sci.*, 25(1), S325-S326.
- Wu, C., T. Hakoda, K. Hirota, and S. Hashimoto (1997) Effect of ionizing radiation on decomposition of xylene and benzene contained in air, *J. Aerosols., Japan* 12(2), 115-123.