

PE3) 전자빔을 이용한 악취·휘발성유기화합물 제거 기술 개발 Development of Removal Technology for Odor and VOC using Electron Beam Irradiation

이재형 · 박종래 · 한범수¹⁾ · 김조천²⁾ · 김진규¹⁾ · 김종철 · 남보현 · 고재룡

보람이엔티 기술연구소, ¹⁾이비테크, ²⁾동신대학교 환경공

1. 서 론

도시 대기중 오존과 같은 광화학산화물에 의한 오염의 심각성이 최근 더욱 증대되고 있는 가운데 그 원인의 일부가 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds ; VOCs)의 배출량 증가라는 것이 확인되었고, 더욱이 일부 VOCs의 경우에는 인체에 발암성을 나타내는 등 직접적으로 유해한 것으로 알려져 세계 각 국에서 VOCs의 감소에 많은 관심을 기울이고 있다. 특히 BTEX는 산업공정에서 많이 사용되는 물질로서 반드시 처리되어야 할 규제대상물질이다.

본 연구에 사용된 전자빔의 경우 상온에서 VOCs의 처리가 가능함에 따라 에너지의 소모량이 적고, 2차 오염물질의 발생이 매우 적으며 다양한 종류의 VOCs에 적용이 가능하므로 기존 방지시설의 보완 및 대체시설로 최적인 것으로 평가되고 있다. 특히 유량이 매우 크고 저농도로 배출되는 VOCs의 처리의 경우에 기존의 처리법 보다 더욱 경제적이고 효율적으로 적용될 수 있다.

본 연구는 전자빔을 이용한 도장공정 및 석유화학공정에서 발생하는 대용량의 VOCs를 제거하기 위한 반응기 설계 및 그 효율을 향상시키기 위한 Hybrid 전자빔의 방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 전자빔 가속기는 1 MeV ELV4 형으로 고전압 발생장치에 있어서 공심형 트랜스포머 방식을 사용하며 교류에서 직류로 변환시의 효율은 80 % 정도이다. 실험은 Pilot scale로 수행되어졌으며 실험에 대한 장치 구성은 그림 1과 같이 VOC 발생장치, Plenum Chamber, 반응기, 시료 채취부 등으로 이루어졌다. VOC 발생장치는 VOC 용액(ex. 톨루엔, 스타이렌)을 30~50 μ m까지 미립화가 가능한 이류분사형 노즐을 사용하여 미세 분무하고, 이렇게 분무된 미립자를 평균 110 $^{\circ}$ C 가량의 2단 열교환기를 거치면서 완전히 기화시켜 필요한 VOC 농도를 발생시킬 수 있도록 하였다. 발생한 VOC는 반응기에서 전자빔 조사에 의해 처리된다. 그림 2는 반응기를 나타낸 것으로서 표준 반응기와 Hybrid 반응기인 세라믹 허니컴을 장착한 반응기로 나뉘서 실험이 진행되었다. 또한 반응기에 대한 흡수선량은 CTA 필름 선량계를 사용하여 측정되었고 실험은 상온·상압 상태에서 수행되었다. 반응기를 통과한 시료는 시료 채취부에서 채취한 후 즉시 GC/FID(HP5890)로 정량분석하였다.

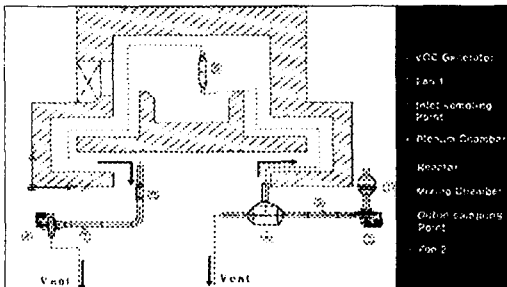


그림 1. 실험 장치 계통도

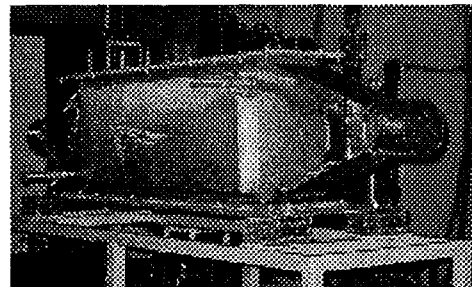


그림 2. 실험에 사용된 반응기

3. 결과 및 고찰

그림 3은 표준 반응기에서 톨루엔의 처리 효율을 나타낸 것으로 흡수선량이 증가할수록, 농도가 낮을수록 효율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 Pilot scale의 결과가 Bench scale 실험(김기준, 2001)의 결과와 유사함을 알 수 있었다. 그림 4는 표준반응기와 세라믹 히니컴을 장착한 반응기인 Hybrid 반응기에 대한 결과로서 실험조건은 톨루엔 700 ppmC 에서의 수행되었으며 흡수선량 4 kGy 이하에서는 두 반응기의 결과가 유사하나 4 kGy 이상으로 조사시 Hybrid 반응기가 극명하게 (30 %이상) 높은 효율을 나타냈다. 그림 5는 그림 4와 같은 조건에서의 반응 후 CO₂의 농도를 나타낸 것으로 Hybrid 반응기에서 10 kGy 일 때 1,400 ppm을 보이는데 이는 완전산화의 형태를 취하는 것으로 사료된다. 그림 6은 Hybrid 반응기에서 악취 물질인 스틸렌을 선택하여 300ppmC 조건에서 수행되어진 결과를 나타낸 것이다. 이때 낮은 흡수선량(2 kGy 이하)에서도 90 % 이상의 처리 효율을 보이는 것으로 나타나 전자빔이 악취에 대해 상당한 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

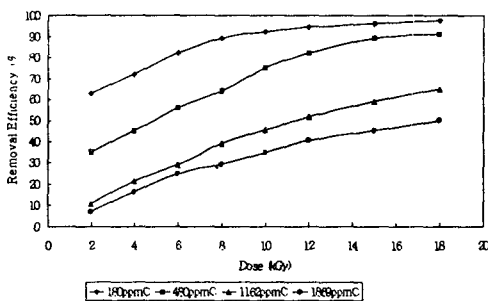


그림 3. 표준반응기에서의 톨루엔 처리효율

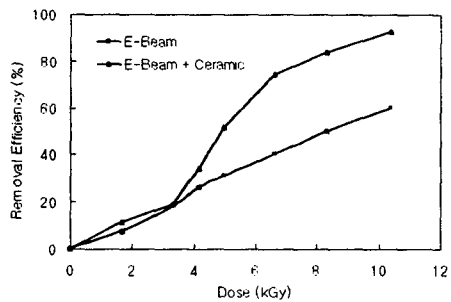


그림 4. 표준 반응기와 Hybrid 반응기에서의 효율비교

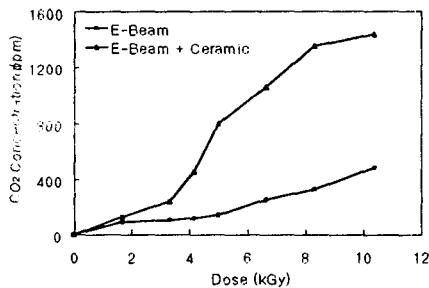


그림 5. 표준 반응기와 Hybrid 반응기에서의 CO₂ 비교

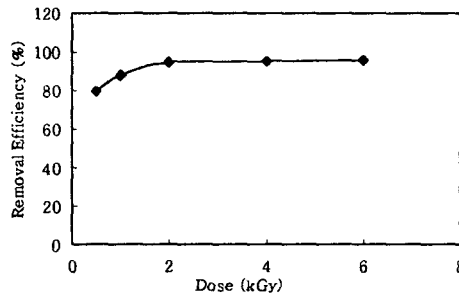


그림 6. Hybrid 반응기 스틸렌 처리효율

4. 향후 계획

향 후, Hybrid 반응기의 처리 후 발생하는 생성물에 대한 연구와 Pilot scale 반응기의 현장 적용을 위한 최적 설계치가 이루어져야 할 것이다.

사 사

이 연구는 2001년도 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업” 지원에 의해 수행하는 연구결과의 일부입니다.

참고 문헌

김기준 (2001) 전자선 조사기술을 이용한 휘발성 유기화합물 제거에 관한 연구, 동신대학교 석사학위논문