

대기-P5 소수성 제올라이트 첨착 하니컴 흡착제를 사용한 톨루엔 흡착과 촉매반응특성연구

백세원*, 임선기

한국과학기술원 생명화학공학과

1. 서론

휘발성유기화합물(VOC)이란 탄화수소 화합물(Carbon Compounds)로서 대기 중에서 질소산화물(NOx) 및 다른 화학물질과 태양광선에 의해 광화학 반응을 일으켜 지표면 오존(O₃)농도를 증가시키는 모든 물질을 가리킨다. 휘발성 유기물은 그 자체의 독성뿐만 아니라 도심스모그의 원인, 환경 및 인체 건강에 악영향을 미치며, 대기오염, 수질오염, 악취, 환경호르몬 등의 문제를 야기하는 유해물질이다.

일반적으로 사용되고 있는 VOC 제거 기술은 흡착법, 응축법, 흡수법, 막분리법 등의 회수기술과 열소각법, 촉매소각법, UV-산화법, 생물막법 등의 처리기술로 크게 나눌 수 있다. 이러한 기술들을 배출원에 적용하기 위하여는 배출 화합물의 조성 및 농도, 경제성, 에너지 공급능력, 공정운영 및 유지능력 등이 고려되어야 한다.

VOC 처리법으로 최근 각광받고 있는 흡착/(촉매)소각 혼성법은 저농도의 VOC를 흡착법으로 농축한 후에 열이나 촉매로 소각 처리하는 공법으로, VOC 환경규제의 강화에 따라 VOC 배출농도가 급격하게 낮아지기 때문에 그 경제성이 날로 증가함에 따라 최근 기술개발이 집중적으로 이루어지고 있다. 표 1의 간략한 비교 특성에 의하면 흡착/소각법이 기존의 흡착법과 소각법의 장단점을 적절하게 보완한 최신 공법임을 알 수 있다.

흡착을 통한 VOC 제거연구는 활성탄 흡착제를 중심으로 많은 연구가 있었으나 활성탄이 가지는 발화성, 난 재생성과 함께 공정에 적용하기 전 처리 가스의 습도조절(<50% RH)이 필요하다는 단점 때문에 흡착/소각의 혼성법 적용에 어려움이 따른다. 이에 Blocki, Takeuchi, Tasai등은 높은 표면적, 열적 안정성과 함께 습도조절의 필요가 없는 (<96% RH) 소수성 제올라이트를 흡착제로 제시하였다. 제올라이트는 높은 흡착성능과 열적안정성을 가짐과 동시에 활성 촉매물질을 첨가하거나 혹은 그 자체로써 우수한 촉매 분해활성을 가지고 있는 물질로 흡착/촉매소각법에 응용이 가능한 물질이다. 이에 본 연구에서는 대표적인 VOC로 톨루엔을 선택하여 소수성 제올라이트의 VOC 흡착실험과 촉매분해실험을 수행하여 제올라이트의 흡착/촉매소각법 처리 기술에의 응용가능성을 제시하고자 한다.

2. 실험

VOC흡착실험을 위한 제올라이트 흡착제는 FAU, MFI, Beta, MOR 구조를 가지는 Zeolyst, ALSI-Penta의 상업용 제올라이트와 MCM-41, MCM-48등의 mesoporous 물질을 합성하여 사용하였다. 흡착실험은 두 가지 타입의 반응기를 통하여 수행하였다. Microreactor를 사용하여 제올라이트 흡착제의 스크리닝 실험을 하였고, 선택된 제올라이

트는 세라믹 하니컴에 wash-coating하여 하니컴형 흡착 반응기에서 흡착/축매소각실험을 수행하였다.

표 1. VOC 처리기술의 특성비교

처리기술	초기 투자비	운영비	대용량 처리능력	저농도 오염물질	처리특성
흡착법	저	중	X	O	포집효율이 높으나 매체를 자주교환
열소각법	고	고	X	X	넓은 공간 필요 이차오염물질(NOx, CO) 생성
축매소각법	중	중	X	O	저온에서 높은 파괴효율 축매독으로 인한 효율저하
흡착/소각법	중	중	O	O	유량을 최소화하여 에너지 절감효과 극대화

3. 결과 및 토론

톨루엔의 흡착에서는 FAU구조를 가지는 Y나 13X 제올라이트가 활성탄의 흡착량에 근접하는 많은 흡착량을 가지는 것을 알 수 있었다. 많은 흡착량을 기대했던 MCM-41, -48 경우에는 일반 제올라이트 정도의 흡착량을 보였으며 이는 MCM-41의 특유의 mesoporosity에 의한 현상으로 생각된다. 즉 MCM-41이 VOC의 흡착에서 가지는 등온선은 IUPAC의 정의에 따른 IV형의 형태를 가지기 때문에 mesoporous 물질의 저농도 영역에서의 흡착제로의 응용을 위하여는 표면 특성의 화학적 변화나 기공 구조의 변형(ink-bottle 식으로 만들어주는 등)과 같은 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 환경부 차세대 핵심환경기술 개발사업과 국가지정연구실사업에 의해 지원되었기에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- S. W. Blocki, 1993, "Hydrophobic zeolite adsorption: A proven advancement in solvent separation technology" *Environmental Progress*, 12, 226-237
- Y. Takeuchi et al, 1995, "Adsorption of 1-butanol and p-xylene vapour and their mixtures with high silica zeolites", *Separation Technology*, 5, 23
- W. T. Tsai et al, 1996, "Adsorption of N,N-Dimethyl formamide vapour on activated carbon and hydrophobic zeolite" *Proceedings of AWMA*