

CT9) 공기중의 벤젠제거에 대한 산화티타늄 광촉매 반응특성 Photocatalytic reactivity titanium dioxide in the removal of benzene from air

박달근, 김범준, 이종기, 변동진¹⁾, 윤운영²⁾, 이원재²⁾

한국과학기술연구원 청정기술연구센터, ¹⁾고려대학교 재료공학과,

²⁾LG환경.안전연구원

1. 서론

근래에 우리나라에서도 광촉매를 이용한 환경기술에 대한 관심이 높아지고 있는데 산화티타늄 광촉매가 가지고 있는 자기정화기능(self-cleaning)과 초친수성을 이용하는 기술 및 공기중의 악취제거(탈취)는 이미 일본에서는 실용화되고 있다. 또한 대로변 혹은 터널에서는 대기 중의 질소산화물 농도가 환경기준치를 초과하는 경우가 많은데 이러한 저농도(0.1 ppm정도)의 질소산화물제거에 광촉매를 이용하고자 하는 적용시험도 진행되고 있는 일본에서는 이와 같이 광촉매가 다방면에 이용 혹은 이용이 시도되고 있는 와중에 광촉매에 대한 맹신 혹은 과대선전에 대한 우려 또한 제기되고 있다(工業材料(일본), 1999). 광촉매의 특성으로 인하여 오염물질의 농도가 높은 경우에는 적합치 않으므로 수백 ppm 정도의 질소산화물과 아황산가스가 포함되어 있는 배연가스의 탈황탈질에 적용하는 것은 비현실적이며, 통상적인 오페수처리에도 적합하지 않다. 배연탈황탈질, 자동차삼원촉매 등의 설치보급이 일반화 되어 오염원으로부터의 오염물질발생이 최소화되어도 실내외의 실제 생활주변 공기 중에는 농도는 작지만 유해한 물질이 있게 마련이어서의 위의 대로변 혹은 터널 공기 중의 질소산화물 제거와 같이 농도가 낮지만 유해한 가스를 공기중으로부터 제거하여 쾌적한 환경을 유지하는데에는 광촉매 기술이 유용할 것으로 사료되고 있다. 광촉매 실용화에는 광촉매에 관련되는 물리, 화학, 재료적 측면의 분석과 아울러 공학적인 접근이 필요하다. 즉 광촉매반응에 필요한 자외선의 공급, 광촉매의 종류, 형상 및 양, 공기와 광촉매의 접촉 등에 관한 설계자료가 요구되어 이와 관련된 연구를 여러사람들이 수행하였다. 여기에서는 산화티타늄 광촉매가 코팅된 시편을 사용하여 광촉매반응에 미치는 여러 변수들 중에서 광촉매층의 두께의 영향에 대하여 실험적으로 조사하였으며 코팅방법에 따른 광촉매특성의 차이를 벤젠을 광촉매반응의 대상물질로 삼아 논의하였다.

2. 실험

평판유리 조각(soda lime glass, 50x50x2mm)에 산화티타늄을 코팅하여 광촉매반응실험을 수행하였다. 코팅방법으로는 spin coating과 화학증착법의 두가지를 사용하였다. Spin coating에서는 아나타제상의 산화티타늄미세분말이 40% 포함되어 있는 상용의 산화티타늄분산액(Ishihara Sngyo Kaisha, Ltd., STS-21)을 30%로 희석하여 1 ml 정도의 분산액을 spin coater(HeadResearch Inc.1-EC 101D-CE15)를 사용하여 (회전속도 2,000 rpm, spin time 40 sec) 코팅한 후에 건조(100 에서 한시간 동안) 및 열처리(500°C에서 2시간동안)를 거쳐 산화티타늄이 코팅된 시편을 제조하였다. 코팅두께는 이러한 코팅, 건조 및 열처리를 반복하는 횟수에 의해 조절되었다. 화학증착에서는 자체제작한 coald-wall type의 증착장치와 TTIP(tetraisoproxide) 전구체를 사용하였으며 코팅두께는 증착시간으로 조절하였다.

광촉매가 코팅된 시편의 반응성 측정에는 지름이 14cm, 깊이가 4cm 원통형 반응기가 사용되었다. 반응기 내부에서 벤젠 농도가 약 100 ppm이 될 정도로 벤젠을 장입한 후 간헐적으로 가스샘플(0.26 ml)를 채취하여 가스스크로마토그래피(HP6890)로 시간에 따른 벤젠 농도변화를 측정함으로써 광촉매시편의 반응성을 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

광촉매코팅의 두께가 증가함에 따라서 그림 1에서 보듯이 시간에 따른 벤젠의 농도변화는 더 급격해

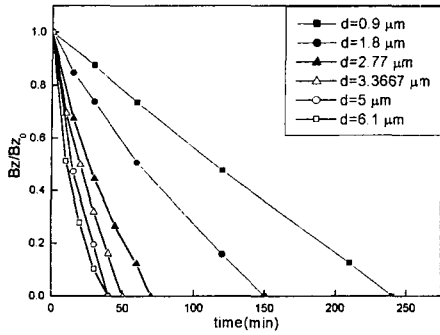


Fig. 1. Concentration changes of gas-phase benzene.

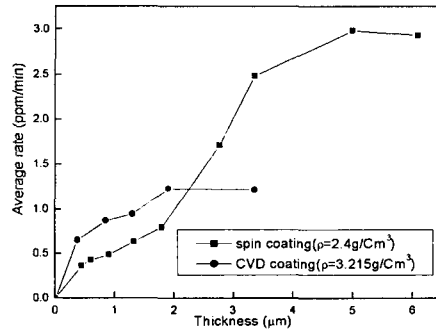


Fig. 2. Photocatalytic activity versus thickness of TiO₂ catalyst coated on glass.

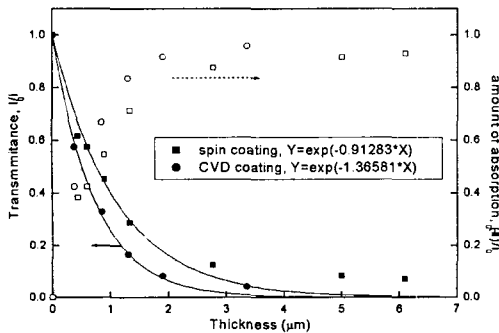


Fig. 3. UV absorption versus thickness of TiO₂ catalyst coated on glass

저서 단위기판면적당 광촉매반응성은 증가하는 것을 알 수 있다. 단위기판면적당 광촉매반응성(여기에서는 벤젠농도의 감소속도)은 그림 2에 도시되어 있는 바와 같이 광촉매코팅두께에 따라 증가하지만 어느 두께 이상에서는 더 이상 증가하지 않는다. 이는 광촉매반응에서 일반적인 현상으로서 광촉매에 의한 UV흡수특성과 관계됨을 알 수 있다. 즉 그림3에는 광촉매 두께에 따른 UV의 투과량 및 흡수량 측정결과가 나타나 있는데 UV흡수량 곡선형태가 그림2의 반응성곡선과 유사함을 알 수 있다. 그러나 유사한 두께의 광촉매의 반응성은 코팅 방법에 따라 차이를 나타내었는데 spin coating에 의한 광촉매와 화학증착법에 의한 광촉매는 물성이 같지 않기 때문이다. Spin coating에 의한 산화티타늄의 밀도는 2.4 g/cm³ 인데 비하여 화학증착법 코팅의 밀도는 3.2g/cm³으로 더 치밀하여 단위두께당 UV흡수도 이를 반영하는 것으로 드러났다. 한편 주사전자현미경(SEM)의 코팅단면을 관찰해보면 spin coating은 구형에 가까운 수십 나노미터 크기의 알갱이로 이루어져 있는데 비하여 화학증착코팅에서는 이와는 달리 증착조건에 따라 다르기는 하지만 columnar 구조를 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 구조상의 차이가 광촉매반응성에 영향을 미치게 되는데 이에 대한 관계 규명에는 더 연구가 필요하다 하겠다.

참고문헌

工業材料(일본) “산화티타늄 광촉매특집-재료개발과 응용기술” (1999) 2월호 17-96.