

변조된 TiO₂ 광촉매를 이용한 벽지제조와 대기중의 오염물 제거 효과

권태리, 류완호, 이철우, 이원묵*
 한밭대학교 화학공학과, 에너지 청정기술 연구소
 (wmlee@hanbat.ac.kr*)

Preparation of wall paper coated with modified TiO₂ and their photocatalytic effects for removal of pollutants in air

Tae Ri Kwon, Wan Ho Roo, Chul Woo Lee and Won Mook Lee*
 Department of Chemical Engineering, Research Institute of Energy & Clean Technology,
 Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea.
 (wmlee@hanbat.ac.kr*)

서론

TiO₂는 반도체 성질을 가지고 있으며, 산과 염기에 안정하기 때문에 광촉매로서 많은 연구가 이루어지고 있다. TiO₂에 빛이 조사될 경우, 반도체의 띠간격 이상의 에너지를 갖는 광자($h\nu \geq E_g$)를 흡수하여, valance band에서 hole이 생성되고, conduction band에서 electron이 생성된다. 본 연구에서는 이런 특성을 가지는 TiO₂에 자동차 촉매 전환기에서 회수한 Pt를 포함한 금속 추출 용액과 H₂PtCl₆ 용액을 합침시켜 conduction band에서 electron trapping을 valance band에서는 hole의 recombination 억제와 band gap energy를 변화시키기 위하여 광촉매를 제조하였다[1]. 제조된 광촉매는 화석연료 사용으로 인하여 배출되는 대기오염물질을 제거하기 위하여 벽지에 코팅하였으며, 광촉매를 코팅한 벽지의 광화학 분해성능을 평가하기 위하여 대기 중 유해가스인 일산화질소(NO)를 반응모델물질로 선정, 광촉매 분해반응을 수행하였다[2].

실험

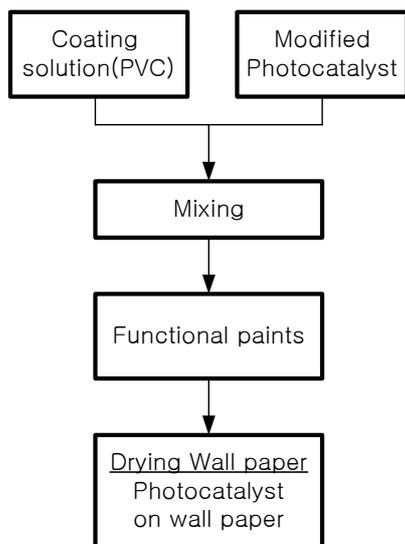


Fig. 1. Coating procedures of photocatalyst on wall paper.

본 실험에서는 자동차 촉매 전환기에서 추출한 금속 용액과 시약급의 Pt를 졸-겔법으로 제조된 TiO₂와 상업용 광촉매인 TiO₂(P-25, Degussa Co.)에 합침시킨 후, 소성하여 광촉매를 제조하였다[1,2]. 이렇게 제조된 광촉매의 조성을 Table 1에 나타내었다. 또한 제조된 광촉매를 벽지에 코팅한공정을 Fig. 1에 나타내었다. PVC가 주성분인 벽지 코팅제에 광촉매를 농도별로 혼합하여 기능성 도료를 만든 다음 벽지에 코팅하였다. 제작된 광촉매가 코팅된 벽지의 광화학 촉매성능을 측정하기 위하여 광 반응기를 제작하였으며 이를 Fig. 2에 도시하였다. 광 반응기는 quartz관(105mm-ID, 375mm-High)으로, 반응기 내부에 램프가 들어가는 관은 pyrex(55mm-ID, 315mm-High)로 제작하였다. 이때 반응기 내부의 부피는 2,500ml이며, CSTR 반응기를 변형시켜 batch reactor와 flow bed reactor 방식으로 실험을 수행하였다.

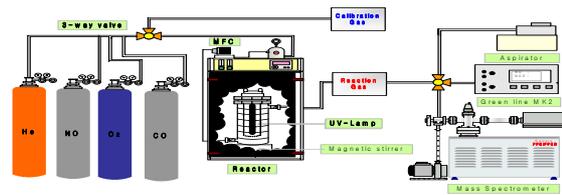


Fig. 2. Apparatus for the Photocatalytic system.

반응기 하단에는 magnetic stirrer를 설치하여 혼합기체의 유동화가 충분히 이루어지도록 하였다. 반응기 내벽에 광촉매 코팅 벽지를 고정시켰다. 실험에 사용된 UV lamp는 파장범위가 280-420nm로써, 최대파장이 380nm인 black light lamp(8W, Philips Co.)를 사용하였다. 반응에 사용한 혼합기체(NO in He)의 농도는 MFC로 유량을 조절, mixing chamber를 통하여 광 반응기 안에 채워준 다음 UV를 조사하였다. 반응 후 생성된 기체의 분석은 NOx Analyzer와 Qurdropole Mass (Balzer Co.)로 정량, 정성분석을 하였다. 실험변수로는 벽지에 광촉매 loading량, 광촉매의 Pt를 포함한 금속의 함침농도 그리고 NO의 초기농도를 변화시켜 주면서 반응속도를 측정하였다.

결과 및 토론

Fig. 3에서는 졸-겔법으로 제조되어진 TiO_2 가 코팅된 벽지로, 시약에 의한 함침된 Pt농도와 자동차 촉매전환기에서 추출된 금속의 함침농도에 따른 NO 광촉매 분해반응의 결과이다. 그 결과 TiO_2 에 Pt가 2.0wt% 함침된($\text{TiO}_2(2.0)$) 광촉매를 코팅한 벽지가 2시간 후부터 NO 제거율이 우수하게 나타내었다. 또한 반응기 안에 벽지를 부착하지 않고 10시간 동안 UV를 조사하여 준 결과 광촉매 반응 시 나타나지 않았던 NO_2 가 광산화반응에 의해 생성되었다. Fig. 4는 상업용 광촉매인 $\text{TiO}_2(\text{P-25})$ 를 벽지에 코팅한 것으로 함침된 Pt의 양과 자동차 촉매전환기에서 추출된 금속의 함침량에 따른 NO 광촉매 분해반응의 결과이다. 그 결과 P-25(w)를 코팅한 벽지가 우수한 NO 제거율을 나타내었다. 또한 P-25(2.0)을 함침시킨 광촉매를 코팅한 벽지가 가장 낮은 활성을 나타내었는데 이는 band gab energy가 너무 낮아 NO가 산화-환원 전위에 위치하지 않았기 때문으로 판단된다[3]. Fig. 5는 P-25(w) 광촉매가 코팅된 벽지에 NO의 초기농도를 300ppm, 500ppm으로 하여 광촉매 분해반응을 수행하였다. 그 결과 반응물의 초기농도의 증가에 따라 NO의 제거속도도 증가함을 나타내었다. Fig. 6은 벽지에 촉매의 loading value에 따른 NO의 광촉매 분해율이다. $0.928\text{g}/\text{m}^2$ 의 광촉매가 loading된 벽지가 $0.284\text{g}/\text{m}^2$ loading된 벽지 보다 더 좋은 NO 제거율을 나타내었으며, 이는 촉매의 loading량이 증가함에 따라 공급되는 광에너지를 보다 많이 흡수할 수 있고, 반응물 NO가 광촉매상에서 반응할 수 있는 가능성이 커지기 때문이라고 판단된다.

따라서, 광촉매가 코팅된 벽지에서의 광촉매반응은 광촉매의 loading value, 광촉매에 금속의 함침량과 초기농도에 의존한다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kim, D. J., Jung, W. J., Lyu, J. W., Kim, Y. J., "Charaterization of Photocatalysts Prepared by Hydrothermal Reaction and Their Photocatalytic Activity for Decomposition of Organic Compounds", Theo. Appl. of Chem. Eng., pp.2769.(2001).
2. T. H. Lim, S. M. Jeong, S. D. Kim, J. Gyeon, "Photocatalytic decomposition of NO by TiO₂ particles.", J.f Photochem. Photobio. A: Chem. 134, 209-217(2000).
3. Kim D. J., Roo W. H., Lee C. W., Hong S. B., Lee W. M.", Characterization of platinumized TiO₂ Catalysts Prepared from wasted Catalysts and the Photocatalytic Effects for Decomposition of TCE", 9th APPCCChE Cong. CHEMECA 2002, Paper#296(2002).
4. H. Einaga, A. Ogata, S. Futamura, T. Ibusuki, "The stabilization of activity oxygen species by Pt supported on TiO₂.", Chem. Phy. Letter 338(2001) 303-307.

Table 1. Notations of prepared catalysts on condition of parent catalyst used and composition

Notations of catalysts	Pt conc.(wt%)	Precatalysts	Pt source
P-25	-	Commercialized TiO ₂ (P-25)	
P-25(0.5)	0.5	Commercialized TiO ₂ (P-25)	H ₂ PtCl ₆
P-25(1.0)	1.0	Commercialized TiO ₂ (P-25)	H ₂ PtCl ₆
P-25(2.0)	2.0	Commercialized TiO ₂ (P-25)	H ₂ PtCl ₆
P-25(w)	0.05	Commercialized TiO ₂ (P-25)	leached solution
TiO ₂		Nanosized TiO ₂	
TiO ₂ (0.5)	0.5	Nanosized TiO ₂	H ₂ PtCl ₆
TiO ₂ (1.0)	1.0	Nanosized TiO ₂	H ₂ PtCl ₆
TiO ₂ (2.0)	2.0	Nanosized TiO ₂	H ₂ PtCl ₆
TiO ₂ (w)	0.05	Nanosized TiO ₂	leached solution

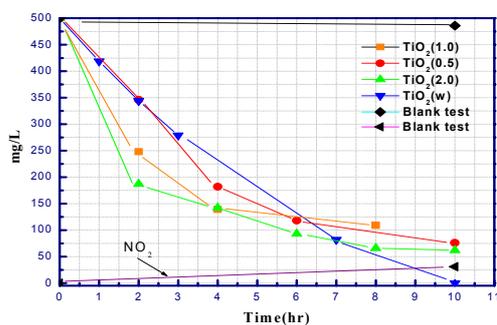


Fig. 3. Photocatalytic degradation NO loading value of Pt on TiO₂(0.284g/m², 0.1wt%).

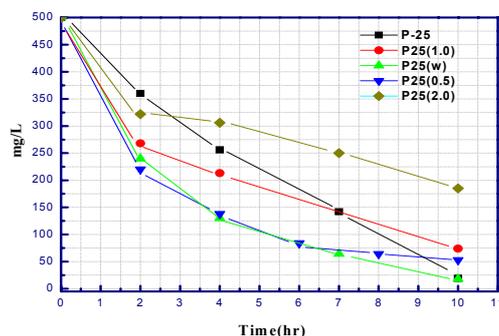


Fig. 4. Photocatalytic degradation of NO on loading value Pt on P-25 (0.284g/m², 0.1wt%).

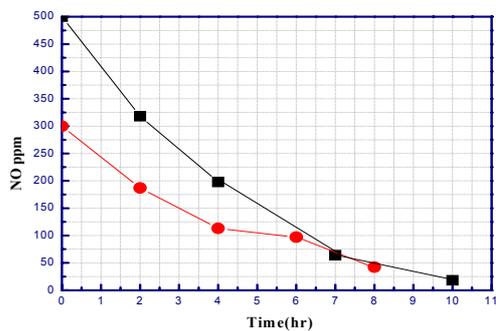


Fig. 5. Photocatalytic degradation rate on the concentration of NO over P-25(w) (0.284g/m^2 , 0.1wt%).

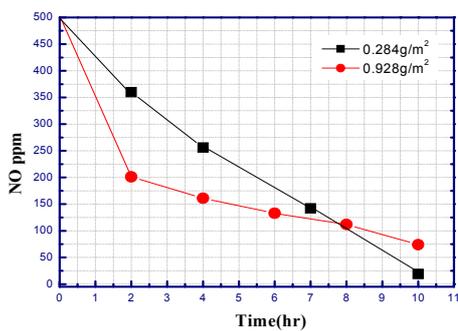


Fig. 6. Photocatalytic degradation of NO on loading catalyst weight of wall paper.