한국대기환경학회 2002 춘계학술대회 논문집
Proceeding of the 33rd Meeting of KOSAE (2002)
Korean Society for Atmospheric Environment

PA5) p-n 타입화한 공조용 TiO_2 광촉매 필터에 의한 VOC 제거
Removal of VOC with p-n typed air conditioning TiO_2 photocatalytic filter

최정호 · 박진원 · 김명회[1] · 이진호 · 박우근[2]
연세대학교 화학공학과 · [1]연세대학교 기계공학과 · [2]세일공조산업기계(주)

1. 서론

현대사회의 도시화 및 산업화에 따라, 많은 현대인들은 대중 교통수단을 이용하여 출퇴근하고, 사무실 또는 생산현장에서 근무하며, 밀폐된 아파트에 거주하고 있다. 현대인들은 하루의 절반이상을 실내에서 생활하고 있고, 최근 과학자들의 보고에 의하면, 실내공기가 산업화된 대도시의 대기보다 훨씬 더 심각하게 오염될 수 있음을 지적하고 있다(오명도, 1990). 실내공기의 질을 개선시키는 방법으로는 오염원의 제거, 환기 그리고 공기 정화기의 사용으로 나눌 수 있다. 광촉매는 빛에너지를 받아 촉매작용이 일어나는 것으로 조사된 빛 에너지로부터 오염물질을 분해하는 작용을 한다(임정아등, 2000). 광촉매로서 TiO_2는 이러한 특징으로 인해 오염물질을 효율적으로 살균, 항균, 분해 그리고 포집할 수 있어 가정용 및 산업용 공조기 그리고 공기정화기의 정화필터에 널리 사용될 수 있다. 본 연구에서는 기존의 광촉매와 달리 TiO_2 광촉매를 p-n 타입화하여 필터로 제작하기 위한 기초연구를 수행하고자 한다. 본 장치는 촉매의 관점에서 벗어나 반도체의 개념에 입각하여 강유전성 광반도체를 제조하여 금속과 접합함으로써 반도체와 금속간의 에너지 준위차를 적용하여 전기에너지원을 에너지원으로 사용함으로써, 광반도체의 표면에 전자-정공쌍을 형성시켜 광에너지가 없는 밀폐된 공간에서도 효율적인 표면반응이 일어나게 한 것이다(Di Liu and Prashant V. Kamat, 1993). 대표적인 휘발성오염물질인 톨루엔과 아세트알데히드를 사용하여 TiO_2 광촉매 필터에 의한 필터 전 후단에서 농도변화를 관찰하여 공조용 TiO_2 광촉매 필터 개발의 기초자료로 사용하고자 한다.

2. 연구 방법

광반도체의 중심물질인 TiO_2는 Sol-Gel 법에 의하여 제조된 Anatase type 이며, 활성화 물질의 담지 및 첨가는 초미립 금속상태로 제조하였다. 광반도체의 코팅은 열처리 과정으로써 450℃에서 6시간 열처리하여 광반도체 코팅막을 형성하였다. 테스트 필터는 공기와의 접촉 면적이 많고 압력손실이 적은 Sus 304 wire mesh를 사용하여 300×300×50mm크기로 하여 한 단을 제작한 후, Filter 3매를 기본구조로 설정하여 앞장과 뒷장에 교류를 인가하고 중간에 펄스장치를 연결하였다. 그림 1에서는 (a) 전기장이 인가되지 않은 전자-전공쌍 (b) 전기장이 인가된 전자-정공쌍을 나타낸 것이다. 전기장이 인가된 반도체의 전자-정공쌍의 거동은 전자-정공쌍의 운반자 이동 수명을 연장시켜서 재결합을 지연시키며 생성된 전자-정공쌍이 화합물과의 반응을 증대시키게 된다.

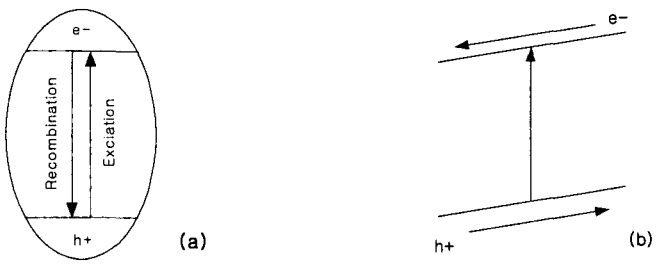

Fig1. The recombination of electrons and holes (a) without electric field and (b) with electric field

실험은 크게 3단계로 나누어 실행하였다. 먼저 도입농도 고정단계로서 공조실 내 톨루엔과 아세트알데히드를 1시간동안 거품을 일으켜 휘발하였다. 이때 공조실의 체적은 19.14m³이며, 온도는 20℃, 습도는

23%를 유지하였다. 다음은 안정화 단계로서 1시간 동안 팬을 돌려 공조실안의 농도를 일정하게 안정화 하였다. 마지막으로 공조 시스템의 풍동 가동 단계로서 공조실을 주축으로 풍동을 가동하여 톨루엔과 아세트알데히드를 순환시켰다. 이와 동시에 필터를 가동하였으며 이때의 전원은 220V이다. 풍동의 공기 유속은 1.0m/s(톨루엔), 1.5m/s(아세트알데히드)의 일정한 속도로 유지시켰다. 풍동은 인버터로 제어되는 3상유도 전동기를 사용한 흡입식 풍동으로 저속에서 안정된 유동을 얻기 위하여 풍동의 전면부에는 하니콤을 장착하였다. 하니콤에 의해 정류되어 실험부로 유입되는 공기의 유속은 피토관을 이용하여 측정하였고 필터를 통과하는 오염물질의 농도를 측정하기 위하여 5개의 탐침봉을 설치하였다. 50분간 매 10분마다 필터 전 후단에서 5개의 탐침봉에서 가스피펫으로 채취하여 G.C(Hewlett Packard 5890)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 운전시간에 따른 필터 전 후단의 농도의 변화를 나타낸 것이다. 초기의 도입농도와 시간이 경과함에 따라 도입농도가 감소하는 것을 볼 수가 있으며, 이는 필터에 의해 제거가 되었다는 것을 보여준다. 공조실내의 체적이 19.14m^3이므로 톨루엔의 유량은 8.1m^3/min, 아세트알데히드는 5.4m^3/min 이었다. 같은 시간을 휘발하였어도 초기 도입농도에서 차이가 나는 것은 아세트알데히드가 톨루엔 보다 휘발성이 더 큰 것에 기인한다. 아세트알데히드의 경우는 3~5%의 아주 낮은 제거효율을 나타내었고, 톨루엔의 경우는 처음에는 20%의 효율을 나타내다가 30분 이후부터 10%미만으로 떨어지고 시간이 경과함에 따라 아세트알데히드와 비슷한 결과를 나타내었다. 필터의 성능은 촉매의 산화능력과 마찬가지로 필터의 소재 및 형상이 중요함을 알게 되었다. 즉 오염공기가 필터를 통과하면서 촉매와의 접촉 면적을 증가시키는 것이 중요하며 아울러 압력손실이 심하지 않아야 된다는 2가지지 상반된 요소를 적절하게 조합하는 것이 재료의 선택에 중요한 요소이다. 촉매의 산화능력 또한 고전압, 고주파를 사용하여 입자의 속도를 증가시키면 반응속도가 증가하여 효율이 증가할 수가 있다. 접촉면적을 증가시키기 위해서 소결MAT의 재료로 45단의 필터를 제작하여 24단은 고압, 21단은 고주파를 주어 실험 중에 있다.

Table 1. The concentration of acetaldehyde and tolunene between inlet and output

Time(min)	inlet(ppm)		output(ppm)		efficiency(%)	
	acetaldehyde	tolunene	acetaldehyde	tolunene	acetaldehyde	tolunene
0	1748	132.6				
10	1394	84.6	1326	68.3	4.9	19.3
20	1165	54.8	1130	47.7	3.0	13.0
30	949	38.7	921	35.4	3.0	8.5
40	815	31	789	28.9	3.2	6.8
50	724	25.8	692	24.5	4.4	5.0

참 고 문 헌

오명도 (1990) 「실내공기질(IAQ)유지를 위한 오염제어 및 Air Cleaning시스템」, 공기조화·냉동공학, Vol.19, No.6, 342~351

임정아, 전희동, 김재신, 김창균 (2000) 「촉매산화에 의한 휘발성 유기화합물의 제거」, 대한환경공학회지, Vol.22, No.9, 1579~1587

강기성, 박태진, 윤길중 (1998) 「반도체 공학」, 한올출판사

심현일 (1996) 「졸-겔법으로 제조한 광촉매 TiO_2 및 TiO_2-SiO_2의 DCA분해에 관한 연구」 연세대학교 대학원 석사학위논문

Jean-Marie Herrmann (1999) Hetrogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants, Catalysis Today 53,

Di Liu and Prashant V. Kamat (1993) *J.* Phys. Chem, 97, 10769~10773