

4E2) UVLED를 이용한 광촉매 반응기에 관한 연구 A Study of Photocatalytic Reactor by UVLED

윤정호 · 황철순 · 임지훈 · 윤우석 · 김동형 · 이태규 · 박문표¹⁾ · 최수인²⁾
 (주) 나노텍 기술개발연구소, ¹⁾(주) 빛샘전자

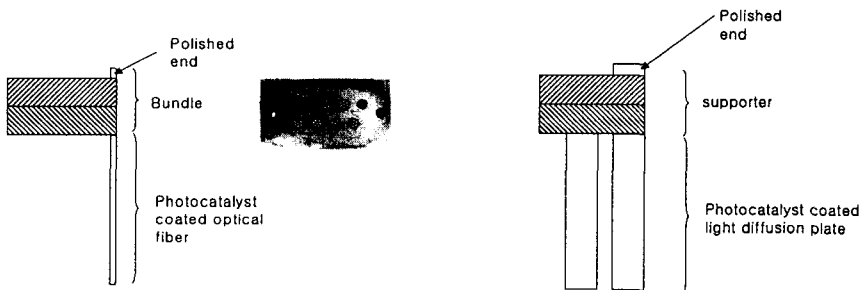
1. 서 론

광촉매(TiO₂)가 활성을 나타내기 위해서는 380 nm 이하의 자외선만을 필요로 하며, 자외선 흡수로 인하여 생성된 광촉매 표면의 전자와 정공에 의해서는 각종 유기물질들을 CO₂, H₂O와 같은 무해한 물질로 분해하게 된다. 이런 점에서 광촉매 기술이 주목을 받고 있으나 광원의 크기 및 형태가 고정된 제한적인 조건 하에서 최적의 시스템을 구성해야 하는 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 다양한 광반응 시스템이 고안되고 있으며, 그 중 대표적인 시스템 가운데 하나가 Hoffmann에 의해서 제안된 Photocatalytic Optical Fiber system 이다. 이 시스템은 광섬유 표면에 광촉매를 코팅시킴으로써 역광(back illumination)되는 자외선을 이용하게 된다. 이는 기존 램프 이용에 비해 광손실을 최소화할 뿐만 아니라 제한된 시스템 내에서 광촉매의 적용범위를 넓힐 수 있다는 장점이 있다.

본 실험에서는 UVLED를 광촉매 반응기의 광원으로 활용하기 위해서 광섬유 또는 도광판 위에 광촉매를 코팅하여 광확산판으로 이용하고자 하였으며, 이를 통하여 반응기내에 장착된 광촉매표면에 광을 균일하게 조사시킬 뿐 아니라 확산판 자체 내에서도 광반응이 일어나도록 하였다. 특히, 광원으로 이용되는 UVLED는 기존 램프에 비해 크기가 작아 적용이 용이할 뿐 아니라, 전력 소비량이 현저히 적다. 또한, 수명이 길기 때문에 비용 감소 측면에서 유리할 것으로 기대된다.

2. 연구 방법

광확산을 위해서 이용된 광섬유는 core 직경이 600 μm, buffer 직경이 1040 μm인 것을 사용하였으며 (3M Power-core), 그림 2a와 같이 6개의 광섬유 가닥을 한 족으로 하는 9개의 광섬유 bundle을 하나의 직사각형 bundle로 모았다. 광원과 접촉할 bundle의 최상부분은 polishing 처리하여 광이 손실없이 조사/전달 되도록 하였다. 광섬유와 함께 광확산을 위해 이용되는 도광판은 아크릴계질로서 그림 2b와 같은 형태로 구성하였으며, 마찬가지로 광원과 맞닿는 최상부분은 polishing 처리를 해주었다. 광촉매 반응과 광 확산을 위해서 자체 제조한 광촉매 졸을 사용하여 광섬유와 도광판에 코팅하였으며, 코팅 두께에 따라 광활성 및 광확산 정도를 확인하였다. 광촉매 반응기의 부피는 540 ml이며, 실험은 순환방식으로 실시하였다. 대상 오염물질로는 대표적인 VOCs 중 하나인 toluene을 선정하였다. Toluene의 농도는 40분 이후에 안정화 되었으며, 안정화 이후에 UVLED를 작동시켜 광촉매 활성을 관찰하였다. Toluene의 광분해 분석은 GC FID를 이용하였으며, 도광판의 코팅 두께에 따른 radiation, luminance 측정은 PR-650(PAMICS. CO., LTD.)을 이용하였다. 이때 측정 영역은 광원으로부터 가까운 영역과 먼 영역 두 부분으로 나누어 측정하였다.



(a) Photocatalyst coated optical fiber (b) Photocatalyst coated light diffusion plate
 Fig. 1. A schematics of photocatalyst coated optical fiber and light diffusion plate

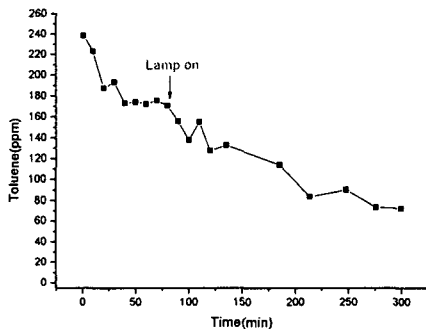
3. 결과 및 고찰

광섬유와 함께 적용될 광촉매 코팅된 도광판의 R(radiation)과 L(luminance)를 측정하기 위하여 코팅되지 않은 도광판과 반투명 코팅된 도광판(0.67 μm), 불투명 코팅 도광판(1.13 μm)에 대해서 실험한 결과 표 1에서와 같이 0.67 μm 두께로 코팅한 반투명한 도광판의 경우가 R 값과 L 값이 가장 높았으며, 광원에서 가까운 영역인 상부 영역이 광원으로부터 떨어진 하부 영역에 비해 상대적으로 높은 값을 나타냈다. 이는 코팅 두께가 얇을수록 광손실이 높고, 두꺼울수록 광이 도광판 내부에 갇혀 투과, 확산되지 못하기 때문이라고 사료되며 광이 고르게 투과, 확산되기 위한 최적 코팅 두께가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 0.67 μm 의 반투명한 코팅이 본 실험에 적용하기에 적합한 코팅 두께라고 판단된다.

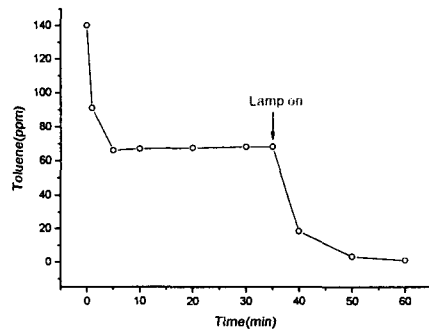
540 ml 부피의 순환형 반응기에서 광촉매 코팅된 광섬유의 광활성을 평가했으며, 약 40분 후에 반응기와 광촉매에 의한 흡착이 끝났다. 반응기 내부의 toluene 농도(초기농도 240 ppm)가 약 170 ppm으로 안정화된 것을 확인한 후 60분부터는 UVLED를 작동시킴으로써 광반응을 실시하였다(그림 3a). 광조사 이후부터 toluene이 저감되는 것을 확인할 수 있었으며, 300분 이후 약 70%의 제거율을 나타냈다. 이로써 광반응에 의해 toluene이 분해되고 있음을 알 수 있었다. 그림 3b는 표 1의 0.67 μm 두께로 광촉매 코팅된 도광판의 성능을 확인하고자 129 ml batch type의 반응기에서 광반응 평가를 실시한 것이다. Toluene(초기농도 140 ppm)을 약 70 ppm으로 안정화시킨 후 30분부터 UVLED를 조사했으며, toluene의 저감을 확인할 수 있었다. 60분 경과 후에는 90% 이상의 제거율을 나타냈다. 결론적으로, 광원으로서 UVLED와 광섬유, 도광판을 소재로 접목한 광반응기의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

Table 1. Radiation and luminance of the photocatalyst coated light diffusion plate with coating thickness.

두께	uncoated		0.67 μm		1.13 μm	
	R(radiation)	L(luminance)	R	L	R	L
상부	0.098	8.3	0.333	47.1	0.375	31.4
하부	0.014	10.4	0.568	27.6	0.2	17.5



(a) Photocatalyst coated optical fiber (recycle type reactor)



(b) Photocatalyst coated light diffusion plate (batch type reactor)

Fig. 2. Photocatalysis of toluene with photocatalyst coated optical fiber and light diffusion plate

참고 문헌

- Focus on Catalysts (2003) Koha, Toyoda Gosei use purple LEDs for photocatalyst system, May
 N. J. Peill, M. R. Hoffmann (1995) Environ. Sci. Technol. Vol. 29, 2974