

PF1 회전원판 광촉매 반응기(Rotating Disk Photocatalytic Reactor)을 이용한 Rhodamine B의 색 제거

박영식*, 김성기¹

대구대학교 보건과학부, ¹무림제지 환경안전팀

1. 서 론

고급산화법 중에서 TiO₂ 공정은 광촉매로서 반도체인 TiO₂에 가시광선영역과 근접한 자외선(near UV)의 조사로 높은 산화력을 얻을 수 있고, 독성이 없고, 가격이 저렴하기 때문에 염료를 포함하는 폐수의 산화기술로 연구되고 있다.(Fox and Dulay, 1993)

그러나, 광촉매로 사용되는 TiO₂ 분말은 광촉매 효율은 높지만 처리 후의 문제점이 나타나면서, 촉매의 고정화문제가 제시되기 시작하였다.(김종향 등, 1996)

많은 연구자들이 여러 종류의 담체 즉, 유리판, stainless steel, 테프론 튜브, 실리카 beads 등의 담체에 TiO₂ 고정화를 시도하였다.(Jung et al., 2002; Kobayakawa et al., 1998).

회전원판 광촉매 반응기(RDPR : Rotating Disk Photocatalytic Reactor)는 회전식이나 연속운전으로 유기물을 처리하며 반응기 상부를 밀폐시킬 때 기상과 액상의 유기물을 동시에 분해시킬 수 있다. 회전원판 광촉매 반응기는 고정화된 광촉매를 이용하며, 이상적인 CSTR과 같은 거동을 하므로 혼합이 잘되며 주위 공기를 이용할 수 있기 때문에 폭기시킬 필요성이 없는 장점 외 반응이 얇은 액체 막내에서 일어나므로 물질전달이 원활하다는 것이 가장 큰 장점이다(Arturo et al, 2001).

따라서 본 실험에서는 회전원판 광촉매 반응기에 적합한 코팅방법 및 최적 설계와 운전조건을 찾아 회전원판 광촉매 반응기의 적용가능성을 고찰하였다.

2. 재료 및 실험 방법

본 실험에 사용한 안료는 양이온성 안료인 Rhodamine B (RhB)이고, TiO₂는 Deussa의 P-25 (입자 크기 : 30 nm, Anatase 구조 : 70%, Rutile 구조 : 30%, BET 표면적 : 50 m²/g) 제품을 사용하였다.

반응에 사용한 광촉매는 Dagussa P-25 TiO₂를 사용하였으며, 회전원판은 지름 12 cm 이고 3 mm 두께의 아크릴 판과 0.4 mm 두께의 알루미늄 판을 이용하였다. 아크릴 판은 실리콘 실란트를 얇게 도포하고 분말 광촉매를 도포하여 24시간 건조 후 사용하였으며, 알루미늄 판은 20 g/L의 광촉매 용액에 함침한 뒤 실온 건조하고 300℃로 유지되는 전기로에서 3시간동안 소성한 후 사용하였다.

반응기는 아크릴 판으로 제작하였고 운전부피는 1.0 L이었으며 25 cm 길이에 대해 회

전원판을 설치하였다. 광원으로 254 nm의 UV-C lamp (GL20, Sankyo Denki) 2개(20 W)와 중심파장이 360 nm인 UV-BLB lamp(F20T10BLB, Kwang Myung) 2개(20 W)를 반응기 옆에 설치하였다. 회전원판은 AC모터와 속도조절기를 이용하여 속도를 조절하였다.

RhB의 농도는 UV-vis spectrophotometer(Genesis 5, Spectronic)를 사용하여 Rhodamine B의 최대 흡수파장인 554 nm를 측정하여 검량선을 사용하여 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 코팅방법에 따른 RhB 색 제거 비교

열처리 방법으로 코팅한 알루미늄 판과 비열처리 방법으로 코팅한 아크릴 판을 충전한 회전원판 광촉매반응기에서의 RhB 색 제거를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보듯이 아크릴 판에 코팅한 회전원판의 경우 초기반응속도는 알루미늄 판에 코팅한 원판보다 빠르게 나타났으나 30분 이후부터 속도가 느려졌다. 이와 같은 결과는 아크릴 판의 경우 반응초기에 아크릴 판에 흡착하는 RhB가 많기 때문에 빠르게 제거된다고 사료되었다. 그러나 30분 이후의 느린 반응속도는 원판과 UV광의 접촉과 관련 있다고 사료되었다. 즉, 회전원판 1개의 두께와 코팅 두께를 제외할 경우 원판과 원판 사이의 간격이 아크릴 판의 경우 6 mm, 알루미늄 판의 경우 9.5 mm 정도가 되기 때문에 UV광 접촉과 관련 있다고 사료되었다.

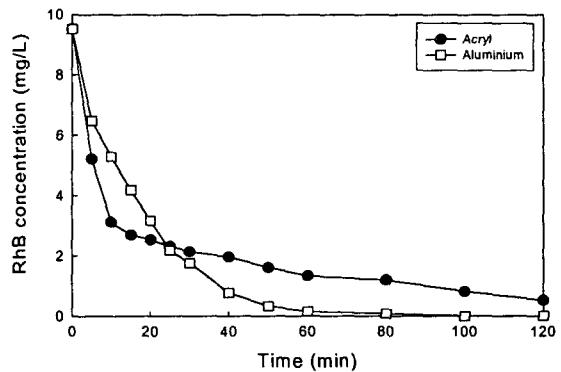


Fig. 1. Comparison of the decolorization between acryl and aluminum plate.

(RhB conc.: 9.3 mg/L, rpm: 130, rotating disk : 25 ea)

3.2. 원판 개수에 따른 RhB 색 제거

회전원판을 총 반응시간이 빠른 알루미늄 판으로 정한 뒤, 알루미늄 판 개수에 따른 RhB 색 제거를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2에서 보듯이 원판의 개수가 10개(원판 간격 23.7 mm)에서 20개(원판 간격 11.2 mm)개로 증가함에 따라 반응속도가 빨라지지만 25개(원판 간격 9.5 mm) 설치시 15개(원판 간격 15.8 mm)와 거의 같은 반응속도를 보였다.

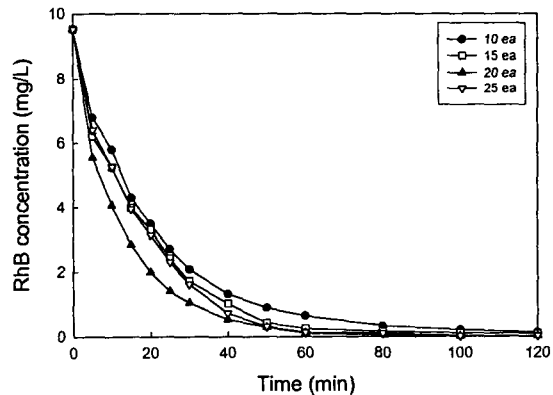


Fig. 2. Effect of disk number on the decolorization of RhB.

(RhB conc., 9.3 mg/L, rpm : 130)

이와 같은 결과는 원판 개수의 증가는 광원과 접촉하는 접촉 면적을 넓혀 반응속도가 증가하는 요인이 되지만 원판 사이의 거리가 9.5 mm정도인 25개에서는 오히려 반응속도가 감소하는 결과를 가져오므로 회전원판 광촉매반응기에서 최적 원판 사이의 거리가 존재한다는 것을 알 수 있었으며, 본 실험범위에서는 11.2 mm가 최적거리임을 알 수 있었다.

4. 요약

수용성 양이온 안료인 RhB를 대상으로 회전원판 광촉매 반응기와 열처리와 비열처리 방법으로 코팅된 고정화 광촉매를 이용하여 색 제거실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 회전원판 광촉매 반응기의 경우 설치하는 회전원판의 개수가 증가하면 반응면적의 증가로 반응속도가 증가하지만 일정 거리이하로 설치되면 광과 원판과의 접촉이 방해받아 반응면적 증가 효과를 감소시키는 역할을 하며, 원판 사이의 최적 거리가 존재하는 것으로 나타났으며, 본 실험범위에서는 약 11.2 mm인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Fox, M. A. and Dulay, M. T., 1993, Heterogeneous photocatalysis, Chem. Rev., 93, pp. 341-357.
- 김중향, 남춘동, 김병관, 1996, TiO₂ 고정화 지지체를 이용한 Chlorothalonil의 광촉매분해, 공업화학, 7(4), pp. 750-756.
- Jung, O. J., Choi, H. I., and Cheong, K. H., 2002., Degradation of some chlorophenols by coated-TiO₂ photoreactor, Environ., Eng., Res., 7(1), pp. 1-9.
- Kobayakawa, K. Sato, C., Sato, Y., and Fujishima, A., 1998, Continuous-flow photoreactor packed with titanium dioxide immobilized on large silica gel beads to decompose oxalic acid and in excess water, J. of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 118, pp. 65-69.
- Arturo A. Burbano, Dionysios D. Dionysiou, Makram T. Suidan, Isabelle Baudin and Jean Michel Laune. Development of Highly Active, Mechanically-Stable Thin Films of TiO₂ Nanocatalyst Immobilized on Stainless Steel: Performance Evaluation Using a Rotating Disk Photocatalytic Reactor (RDPR). Poster Presentation at the The 6th International Conference on TiO₂ Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air (TiO₂-6), June 25-29, Niagara Falls, Ontario, Canada., 2001.