

산화티탄(IV)을 이용한 소취 섬유 제조

오 선 화, 박 수 민

부산대학교 섬유공학과

1. 서론

산업이 고도로 발전되어감에 따라 산업 공해 성 악취 증가가 심각한 환경 문제로 대두되고 최근에 광 촉매 TiO_2 를 이용한 환경 정화가 주목받고 널리 다루어지고 있다¹⁻³⁾.

광 촉매(photocatalyst) TiO_2 가 효율적으로 유기 및 무기 오염 물질을 분해하는 연구 결과를 토대로 일상 생활에서 접하는 악취도 산화 환원 반응 메커니즘에 따라 제거할 수 있으리라 기대하고 본 연구에서 TiO_2 의 지지체(supporting material)로는 유리섬유(glass fiber)를 도입하고 TiO_2 의 고정화 과정은 Sol-Gel 방법⁴⁻⁶⁾을 이용하여 소취 섬유(deodorizing fiber)를 제조 가능성을 검토하였다.

광 촉매 TiO_2 를 Sol-Gel 과정으로 유리 섬유에 도입하여 소취 성능을 평가함에 있어 [water]/[alkoxide] 비의 변화, calcination 온도에 따른 촉매 활성을 비교 검토하였고 다양한 악취 물질(암모니아, 메틸 메르캅탄, 아세트알데히드 등)에 대한 소취 능력을 평가하였다.

2. 실험

2-1. TiO_2 코팅된 유리섬유의 제조

질소를 공급해주면서 isopropanol (1.29mL, 16.9mmol)와 $Ti(OCH(CH_3)_2)_4$ (3wt% : 5mL, 16.9mmol, 5wt% : 8.33mL, 28.2mmol)를 넣어 30분 동안 교반 시킨 후 0.1M HNO_3 30mL를 dropping funnel을 이용하여 적가 시킨다. 80°C에서 8시간 동안 반응시킨 후 상온으로 식혀서 TiO_2 Sol 용액을 얻었다.

각각의 유리 섬유(0.5g)는 불순물 제거를 위해 전기로에서 400°C로 10시간 처리하였다. 제조된 sol 용액(3wt%, 5wt%)에 유리 섬유를 1분간 dip coating(30.00cm/min)한다. 1회 코팅 후 상온에서 완전히 건조(하루 정도)하여 전기로에서 450°C(혹은 500°C)로 1시간 동안 구워낸다. (전기로 온도 상승은 30분당 100°C 증가시킨다.) 이와 같은 방법으로 10회 반복 코팅하였다. TiO_2 코팅된 유리섬유의 제조 과정은 그림 1에 요약하였다.

2-2. 소취율 측정

제조한 TiO_2 가 코팅된 유리 섬유의 소취 능력을 확인하기 위하여 대표적인 생활 악취 중 암모니아에 대하여 가스 검지관을 이용하여 소취 섬유와 미처리 섬유의 암모니아 농도 변화를 측정하였다.

동일한 크기(1L)의 용기(pyrex)에 각각의 유리섬유(미처리 섬유, TiO_2 가 2회 코팅된 유리

섬유, TiO₂가 5회 코팅된 유리섬유, TiO₂가 10회 코팅된 유리섬유)를 넣고 28% 암모니아수 적당량을 주입하고 포화시킨 후 초기 농도를 가스 검지관으로 측정하였다.

각각의 용기는 UV 램프(40W)와 거리가 20cm가 되도록 평행하게 놓고 빛 조사하여 10분 간격으로 농도를 측정하였다. 암모니아의 농도 변화를 가스 검지관으로 정량하여 아래식을 이용하여 소취율(Deodorant Activity, D.A.)을 결정하였다.

$$\text{소취율(\%)} = (C_0 - C) / C_0 \times 100 \quad (\text{단, } C_0 \text{는 초기 농도, } C \text{는 섬유 도입 후 변화된 농도})$$

메틸 메르캅탄에 대한 소취율 측정은 CH₃SH 표준용액(1 μg/mL in benzene solution)을 이용하였고 아세트알데히드에 대한 소취율 측정은 3% 아세트알데히드 수용액을 이용하여 암모니아와 동일한 방법으로 소취 성능을 측정하였다.

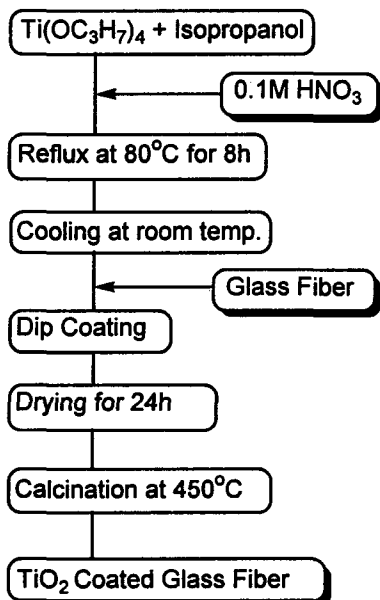


Fig. 1. Dip coating procedure of TiO₂ on glass fiber.

3. 결과 및 고찰

3-1. TiO₂ 코팅된 유리 섬유의 구조 분석

제조한 TiO₂ 코팅된 유리 섬유의 구조는 X-ray Diffractometer을 이용하여 TiO₂의 구조를 확인하였으며 FE-SEM을 이용하여 TiO₂ 코팅 횟수에 따른 유리 섬유의 표면 구조를 관찰하였다.

3-2. 소취 성능

제조한 광 촉매 TiO₂가 코팅된 유리섬유를 악취 가스(암모니아, 메틸 메르캅탄, 아세트알데히드)에 대한 소취 능력을 가스 검지관으로 분석하였다. 0.5g의 미 처리 유리섬유와 TiO₂가 코팅된 유리섬유의 소취 성능을 관찰하였다. 코팅 횟수에 따른 소취 속도의 변화와 [water]/[alkoxide] 비(sol 용액의 농도 변화)에 따른 소취 효과 관찰을 위해 3wt%와 5wt%

TiO₂ sol 용액을 선택하여 비교 관찰하였으며 calcination 온도에 따른 TiO₂ 촉매 활성 비교를 위해 5wt% TiO₂ sol 용액으로 450℃와 500℃에서 구워낸 유리 섬유에 소취 성능을 검토하였다.

암모니아, 메틸 메트캅탄, 아세트알데히드 가스에 대한 자외선 빛 조사시간에 따른 농도 감소율은 표 1, 표 2와 표 3에 요약하였다. TiO₂ 코팅 횟수가 증가함에 따라 소취 속도가 빨라지고 sol 용액의 농도 증가(3wt% → 5wt%)에 따라 그리고 calcination 온도는 450℃인 경우 훨씬 효율적인 소취 효과를 나타남을 관찰하였다.

Table 1. Deodorant Activity of TiO₂ Coated Glass Fiber against NH₃.

Glass Fiber	Calcination Temp.(℃)	D.A.(%)			
		10min	30min	60min	120min
Untreated	400	19	26	34	40
5wt% TiO ₂ Coated (2 layers)	450	55	63	72	78
5wt% TiO ₂ Coated (5 layers)	450	81	86	89	91
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	91	97	98	99
3wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	78	85	90	92
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	500	69	75	82	88

Table 2. Deodorant Activity of TiO₂ Coated Glass Fiber against CH₃SH.

Glass Fiber	Calcination Temp.(℃)	D.A.(%)		
		10min	30min	60min
Untreated	400	21	26	28
5wt% TiO ₂ Coated (2 layers)	450	63	79	90
5wt% TiO ₂ Coated (5 layers)	450	73	92	98
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	82	97	100
3wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	76	94	98
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	500	70	90	96

Table 3. Deodorant Activity of TiO₂ Coated Glass Fiber against CH₃CHO.

Glass Fiber	Calcination Temp.(℃)	D.A.(%)			
		10min	30min	60min	120min
Untreated	400	8	13	18	21
5wt% TiO ₂ Coated (2 layers)	450	63	72	77	80
5wt% TiO ₂ Coated (5 layers)	450	69	86	91	97
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	75	92	97	100
3wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	450	71	90	96	100
5wt% TiO ₂ Coated (10 layers)	500	74	86	92	96

4. 결론

본 연구에서는 광분해 반응의 촉매로 널리 이용되고 있는 TiO_2 를 Sol-Gel 방법으로 도입하여 유리 섬유에 도입하여 소취 기능성 유리 섬유를 제조하여 소취 성능을 평가하였다.

일상생활에서 대표적인 악취 물질인 암모니아, 메틸 메르캅탄과 아세트알데히드에 대해서 가스 검지관으로 자외선 빛 조사에 따른 소취 성능을 평가한 실험에서는 TiO_2 코팅된 유리 섬유가 우수한 소취 효율을 가짐을 관찰하였고 TiO_2 의 코팅 횟수가 증가함에 따라 소취 속도가 빨라져 효율적인 소취 성능을 가짐을 알 수 있었다.

Sol 용액의 농도([water]/[alkoxide] ratio) 변화에 따른 소취 성능의 비교 실험에서는 3wt% 농도에서 5wt% 농도로 증가함에 따라 세 가지 악취 기체(암모니아, 메틸 메르캅탄과 아세트알데히드) 모두 소취 속도가 증가함을 관찰하였다. calcination 온도 변화에 따른 촉매 활성 비교는 $500^{\circ}C$ 보다 $450^{\circ}C$ 에서 효율적인 소취 성능을 가짐을 관찰하였다. 이러한 소취 섬유는 실생활의 악취 제거의 널리 응용될 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

1. A. Piscopo, D. Robert, J. V. Weber, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **139** (2001) 253-256
2. R. L. Pozzo, M. A. Baltanas, A. E. Cassano, *Catalysis Today* **39** (1997) 219-231
3. L. Zhang, T. Kanki, N. Sano, A. Toyoda, *Solar Energy* **70** (2001) 331-337
4. M. Mikula, V. Brezova, M. Ceppan, L. Pach, L. Karpinsky, *J. Mater. Sci. Lett.*, **14** (1995) 615-616
5. D. Robert and J. V. Weber *J. Mater. Sci. Lett.*, **18** (1997) 97-98
6. V. Brezova, A. Blazkova, L. Karpinsky, J. Groskova, B. Havlinova, V. Jorik, M. Ceppan, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **109** (1997) 177-183