

ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT LÀM SẠCH KHÔNG KHÍ CỦA VẬT LIỆU XÚC TÁC QUANG N-TiO₂ PHỦ LÊN ỨNG THẠCH ANH XỐP

Nguyễn Việt Dũng, Nguyễn Hoài Châu, Trần Xuân Tin,
Đào Trọng Hiền*, Khru Thùy Dương

Viện Công nghệ môi trường, Viện Hàn lâm KHCNVN, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

*Email: tronghienvh@gmail.com

Đền Tòa soạn: 20/9/2012; Chấp nhận đăng: 4/6/2013

TÓM TẮT

Vật liệu xúc tác quang nano TiO₂ pha tạp nitơ (N-TiO₂) được tổng hợp thành công bằng phương pháp sol-gel sử dụng nguồn titan từ tetra-n-butyl orthotitanate và nitơ từ điaminomethanal. Cấu trúc, kích thước và thành phần của vật liệu N-TiO₂ được xác định bằng các kỹ thuật đo phổ nhiễu xạ tia X, kính hiển vi điện tử quét (SEM), kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) và phổ huỳnh quang tia X tán sắc năng lượng (EDX). Thành phần pha anatase và rutil thay đổi theo nồng độ của điaminomethanal được thể hiện trên giản đồ XRD. Kết quả phân tích cho thấy rằng N đã được pha tạp vào mạng tinh thể của TiO₂ bằng cách thay thế nguyên tử oxy.

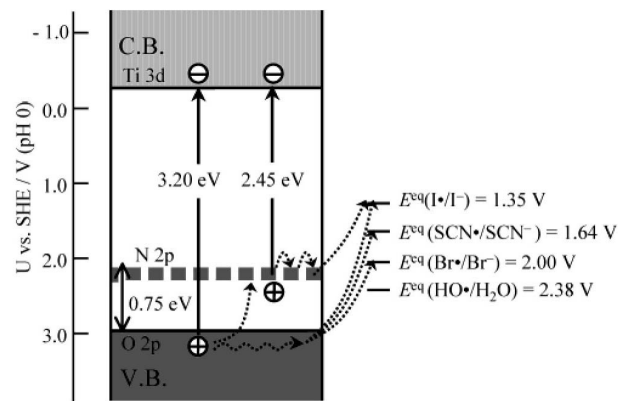
Hiệu quả xử lý không khí của N-TiO₂ (phủ lên ứng thạch anh xốp, ~16,6 mg/cm²) chế tạo tại Viện công nghệ môi trường được đánh giá thông qua việc loại bỏ các hợp chất hữu cơ và tác dụng diệt khuẩn. Trong cùng một điều kiện (buồng thí nghiệm 10 m³, đèn UV-A (Philip, 36W) và quạt hút gió 25 m³/giờ) hoạt tính phân hủy axeton và tác dụng diệt khuẩn của vật liệu N-TiO₂ có phần cao hơn so với vật liệu TiO₂ do hãng Skyspring Inc., Mỹ sản xuất.

Từ khóa: xúc tác quang, N-TiO₂, ứng thạch anh, làm sạch không khí, hoạt tính diệt khuẩn.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, ở nước ta vấn đề ô nhiễm không khí bởi các hợp chất hữu cơ, vô cơ, vi khuẩn và vi rút trong các bệnh viện, toà nhà công cộng, nhà xưởng sản xuất... đang ngày càng trở nên bức xúc. Các phương pháp xử lý không khí trên cơ sở sử dụng các chất sát trùng hóa học như clo, iốt, ozon thường tốn kém, đồng thời tiềm ẩn nguy cơ hình thành các sản phẩm phụ độc hại đối với sức khỏe con người. Nhiều kết quả nghiên cứu đã cho thấy phương pháp xử lý không khí ô nhiễm sử dụng vật liệu xúc tác quang TiO₂ là một giải pháp mang tính đột phá. Dưới tác dụng của ánh sáng cực tím điện tử trên phân tử TiO₂ di chuyển từ vùng hóa trị lên vùng dẫn để tạo ra cặp điện tử (e⁻) và lỗ trống (h⁺) có độ rộng vùng cấm là 3,2 eV [1]. Cặp điện tử và lỗ trống này tương tác với oxy và hơi nước trong không khí tạo ra các gốc tự do có hoạt tính oxy hóa cao, các gốc tự do này có khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ, vô cơ và vi khuẩn trong không khí mà không gây độc hại đến sức khỏe con người [2-4]. Sau khi hiệu ứng phân hủy quang hóa trong nước trên điện cực TiO₂ được phát hiện bởi A. Fujishima và cộng sự [5] (năm 1972), quá trình xúc tác quang bắt đầu được quan tâm nghiên cứu rộng rãi, trong đó

đặc biệt là vấn đề xử lý nước và không khí bị ô nhiễm bởi các hợp chất hữu cơ và vô cơ. Hầu hết các nghiên cứu này đều tập trung vào vật liệu TiO_2 có hoạt tính xúc tác quang và độ bền hóa học tương đối cao dưới tác dụng của tia cực tím ($\lambda < 387 \text{ nm}$). Do đó, các ứng dụng thực tiễn của vật liệu TiO_2 bị hạn chế khi mà vùng ánh sáng tử ngoại chỉ chiếm 3 – 5 % trong năng lượng mặt trời trên bề mặt trái đất [6]. Để khắc phục những nhược điểm này, việc nghiên cứu làm giảm độ rộng vùng cấm của TiO_2 nhằm nâng cao khả năng hấp thụ ánh sáng trong vùng nhìn thấy làm cho các phản ứng xúc tác quang diễn ra hiệu quả hơn là rất cần thiết. Asahi và cộng sự [7] đã chế tạo thành công vật liệu nano TiO_2 pha tạp nitơ có khả năng hấp thụ ánh sáng trong vùng nhìn thấy. Một số nghiên cứu tìm hiểu về cơ chế xúc tác quang của vật liệu N- TiO_2 trong vùng ánh sáng nhìn thấy cho rằng vị trí khuyết của oxy (*oxygen vacancy*) là nguyên nhân dẫn đến hoạt tính xúc tác quang xảy ra trong vùng ánh sáng nhìn thấy và sự hiện diện của nguyên tử nitơ giúp ổn định vị trí khuyết của oxy [8]. Theo các báo cáo của Irie [9] và Nakamura [10] thì nguyên tử oxy trong mạng tinh thể TiO_2 được thay bằng nguyên tử nitơ, sự hiện diện của nguyên tử nitơ trong mạng tinh thể TiO_2 tạo ra mức năng lượng (N-2p) nằm trong vùng cấm ngay trên đỉnh vùng hóa trị (O-2p) rất thuận lợi để tạo ra số lượng lớn các lỗ trống dưới tác dụng quang hoá (hình 1).



Hình 1. Hình ảnh minh họa các mức năng lượng khi pha tạp N vào tinh thể TiO_2 [10].

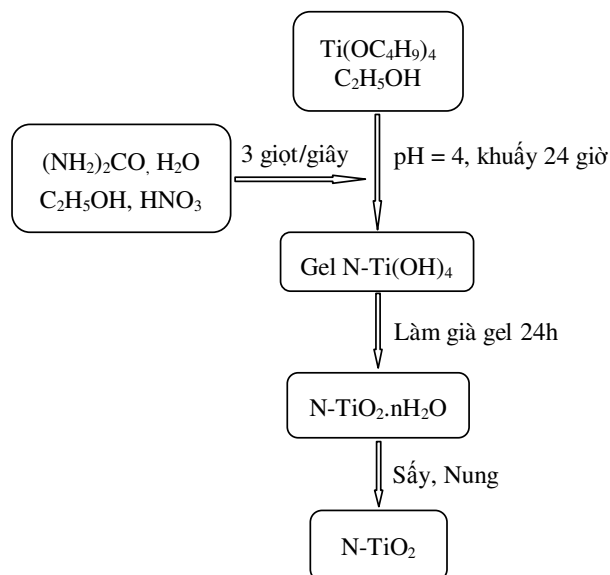
Để ứng dụng bột nano N- TiO_2 cho mục đích xử lý ô nhiễm không khí người ta tìm cách cố định bột nano N- TiO_2 lên một vật mang nào đó nhằm nâng cao hiệu quả xử lý, dễ dàng thu hồi vật liệu và giảm giá thành. Việc nghiên cứu lựa chọn vật mang sao cho có độ xốp cao, diện tích bề mặt lớn là một trong những yếu tố quyết định đến hiệu quả của quá trình xúc tác quang. Mặc dù có rất nhiều các công trình nghiên cứu cố định vật liệu XTQ lên vật mang xốp và bước đầu đánh giá hiệu quả xử lý không khí của nó, nhưng việc tìm ra vật liệu mang cho hiệu quả xúc tác quang của TiO_2 cao vẫn còn là vấn đề được quan tâm. Một số vật liệu như beta zeolite [11], SiO_2 [12], kính [13], than hoạt tính [14], bột niken [15] đã được chọn làm vật liệu mang bột xúc tác quang N- TiO_2 sử dụng trong xử lý nước và thanh lọc không khí. Trong báo cáo này chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu phương pháp chế tạo N- TiO_2 , phương pháp phủ N- TiO_2 lên thạch anh và kết quả khảo sát hiệu suất khử khuẩn, khử khí độc trong không khí của vật liệu đã chế tạo.

2. THỰC NGHIỆM

Vật liệu và hóa chất sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm tetra-n-butyl orthotitanate ($\text{C}_{16}\text{H}_{36}\text{O}_4\text{Ti}$, Merck), điaminometanal (CON_2H_4 , hãng MP của Pháp), axit nitric (HNO_3 , Merck),

cồn (C₂H₅OH, Merck), axeton (C₃H₆O, Merck), môi trường nuôi cấy vi khuẩn hiếu khí và nấm - Plate Count Agar (PCA, Merck).

Các mẫu vật liệu XTQ nano N-TiO₂ được chế tạo theo phương pháp sol-gel sử dụng Ti(OC₄H₉)₄ làm nguồn titan được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ quy trình chế tạo vật liệu N-TiO₂ bằng phương pháp sol-gel.

Trước tiên, các khối lượng đã được tính trước của Ti(OC₄H₉)₄ và C₂H₅OH được đưa vào bình phản ứng và siêu âm 60 phút (dung dịch A). Dung dịch B gồm C₃H₁₀N₂, C₂H₅OH, HNO₃ và H₂O được siêu âm trong 30 phút. Tiếp theo, dung dịch B được nhỏ từ từ vào dung dịch A với tốc độ 3 giọt/giây, hỗn hợp phản ứng được giữ tại pH 3. Sau 24 giờ, gel tạo thành được sấy khô tại 60 °C trong tủ sấy trong 12 giờ cho đến khi thu được bột khô màu trắng ngà. Mẫu bột N-TiO₂ được phân tích nhiệt vi sai để khảo sát đặc trưng của vật liệu theo nhiệt độ nung. Các mẫu N-TiO₂ được chế tạo theo tỉ lệ (NH₂)₂CO/Ti⁴⁺ khác nhau và nhiệt độ nung tại 500 °C trong 3 giờ được phân tích XRD, chụp SEM, TEM để xác định sự biến đổi cấu trúc tinh thể, thành phần pha và kích thước hạt trung bình của vật liệu. Mẫu N-TiO₂ được ghi phổ EDX để xác định sự có mặt của N trong cấu trúc vật liệu.

Vật liệu mang được sử dụng ở đây là ống thạch anh xốp do Công ty TIOKRAFT (LB Nga) chế tạo (φ = 74 mm; l = 418 mm, S_{BM} = 971,3 cm²). Sau khi phủ bột N-TiO₂ lên ống thạch anh xốp, ống này được lắp vào hệ thí nghiệm bao gồm đèn UV (Phillip, 36 W, 1,84 mW/cm²) nằm trong lòng ống, quạt hút gió 25 m³/giờ sao cho khi bật quạt, không khí đi từ ngoài qua thành ống thạch anh xốp vào trong lòng ống sau đó đi ra ngoài theo hướng trục của ống.

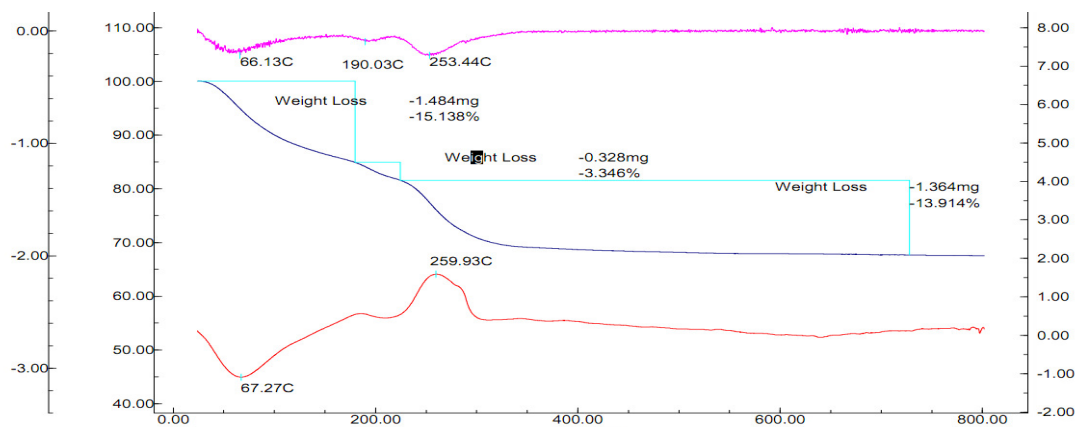
Hiệu suất khử khí của vật liệu N-TiO₂ đối với các hợp chất hữu cơ trong không khí được khảo sát trên đối tượng là axeton. Dùng pipet hút chính xác 0,5 mL dung dịch axeton (40 ppm) cho vào buồng kính kín 10 m³, nơi đặt hệ thiết bị xử lý không khí công suất 25 m³/giờ. Hàm lượng axeton suy giảm theo thời gian được đo bằng máy đo VOC. Thí nghiệm được lặp lại như trên đối với vật liệu TiO₂ do Công ty Skyspring Inc., Mỹ chế tạo để so sánh hiệu suất xử lý axeton của vật liệu XTQ được sản xuất như nêu ở trên.

Hiệu suất khử trùng của vật liệu XTQ được đánh giá dựa trên phương pháp đặt đĩa thạch hút không khí hướng vào mặt thạch nhằm phát hiện và đếm số vi khuẩn có trong 1 m^3 không khí. Đây là phương pháp thông dụng và thường được thực hiện trong việc giám sát mức độ nhiễm khuẩn trong không khí. Môi trường nuôi cấy là PCA (*Plate Count Agar*) đặc trưng để phân lập tổng vi khuẩn hiếu khí và nấm. Tổng tập khuẩn được xác định bằng cách đếm số khuẩn lạc đặc trưng trên các đĩa chứa môi trường thạch PCA và được nuôi cấy ở $37\text{ }^\circ\text{C}/24 \pm 2$ giờ. Tổng nấm xác định bằng cách đếm số khuẩn lạc mọc trên môi trường PCA và được nuôi cấy ở $37\text{ }^\circ\text{C}/48 \pm 2$ giờ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc N-TiO₂

Giản đồ phân tích nhiệt vi sai ở hình 3 cho thấy, trên đường TGA xuất hiện 2 pic mất khối lượng kèm theo hiệu ứng thu nhiệt: pic thứ nhất ở $67,27\text{ }^\circ\text{C}$, mất khối lượng khoảng $15,138\%$, hiệu ứng này có thể là do quá trình mất nước và dung môi $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ trong cấu trúc. Pic thứ hai tại $190,03\text{ }^\circ\text{C}$ tương ứng với quá trình mất khối lượng trên đường TGA khoảng $3,346\%$, có thể tại đây hiệu ứng nhiệt gây ra do sự mất nước của $\text{N-TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ vô định hình thành dạng tinh thể anatase.



Hình 3. Giản đồ phân tích nhiệt vi sai của mẫu N-TiO₂ được điều chế bằng phương pháp sol-gel (Mẫu sau khi sấy khô).

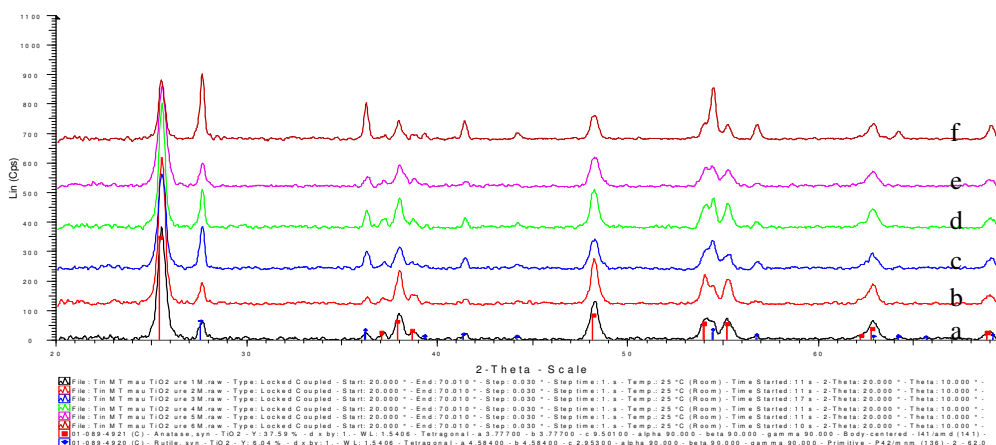
Pic thứ ba ở $259,93\text{ }^\circ\text{C}$ là pic tỏa nhiệt kèm theo quá trình mất $13,914\%$ khối lượng trên đường TGA, hiệu ứng này gây ra do sự phân hủy của NH_4NO_3 được tạo thành khi NO_3^- kết hợp với NH_3 trong dung dịch khi biến tính. Khi nhiệt độ $\geq 500\text{ }^\circ\text{C}$, mẫu sản phẩm có khối lượng không đổi.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ chất biến tính $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ đến cấu trúc N-TiO₂

Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) được sử dụng để xác định thành phần pha và kích thước hạt trung bình của các hạt sơ cấp trong các mẫu vật liệu N-TiO₂ được nung ở $500\text{ }^\circ\text{C}$. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trên hình 4 và bảng 1.

Bảng 1. Thành phần anatase, rutil và kích thước hạt trung bình của vật liệu N-TiO₂ khi biến tính bằng (NH₂)₂CO.

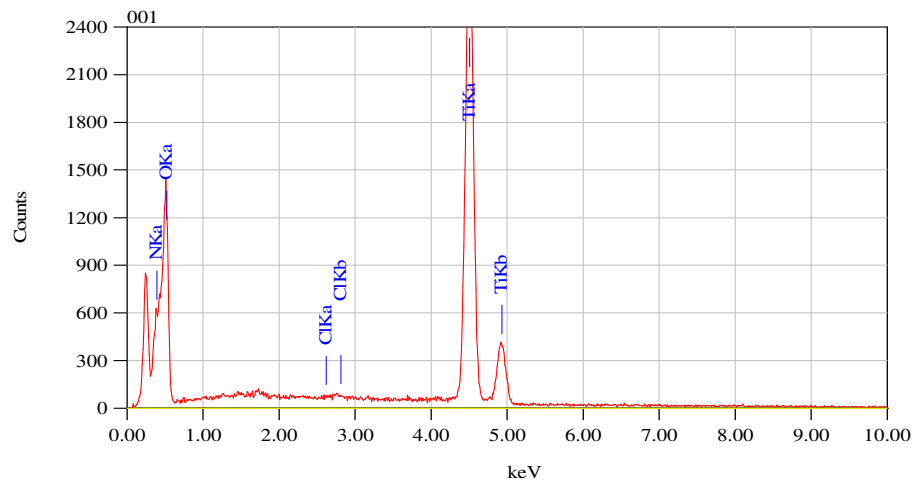
[(NH ₂) ₂ CO] (M)	Anatase (%)	Rutil (%)	Kích thước hạt trung bình, nm
1	89,12	10,88	16,32
2	84,68	15,32	16,86
3	81,36	18,64	18,28
4	77,16	22,84	19,96
5	72,06	27,94	24,4
6	46,50	53,50	25,14



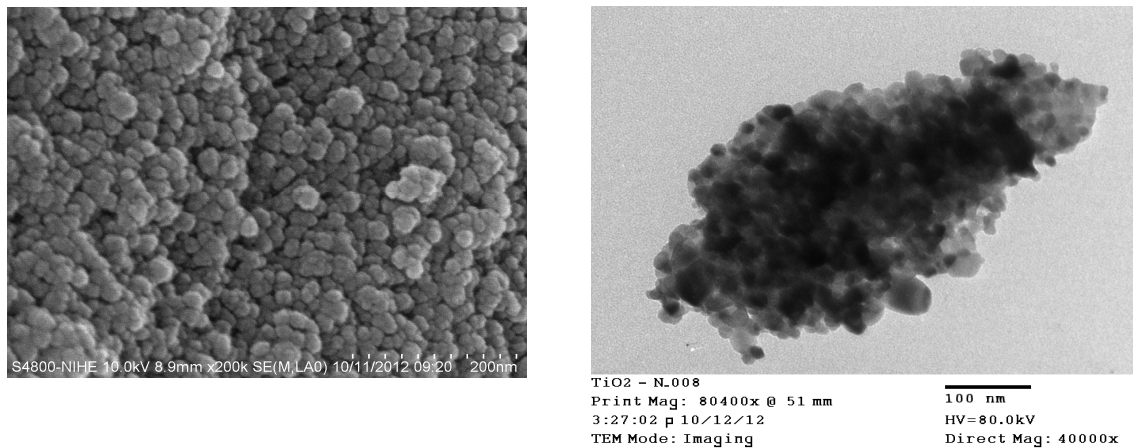
lớn, nguyên tử N không những tham gia vào cấu trúc mạng tinh thể mà chúng còn đọng lại trên bề mặt tinh thể TiO_2 sẽ làm kích thước hạt lớn hơn.

3.3. Đặc trưng thành phần và hình thái của vật liệu N-TiO₂

Kết quả phân tích phổ EDX của N-TiO₂ (hình 5) xác nhận sự có mặt của N trong mẫu được biến tính bằng $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ở năng lượng khoảng 0,4 keV. Kết quả này cho thấy việc đưa $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ vào dung dịch thủy phân trong quá trình điều chế dẫn tới sự pha tạp N lên TiO_2 , sự pha tạp này có thể là nguyên nhân dịch chuyển vùng hấp thụ quang của TiO_2 về phía ánh sáng khả kiến.



Hình 5. Phổ EDX của mẫu N-TiO₂.



Hình 6. Ảnh SEM (a) và TEM (b) của vật liệu N-TiO₂.

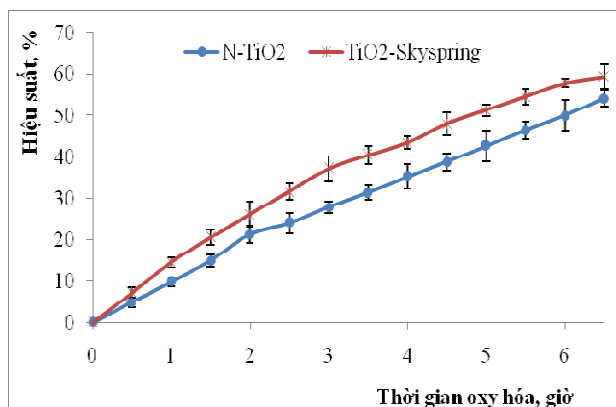
Đối với vật liệu xúc tác quang, kích thước hạt có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng xúc tác của vật liệu, kích thước hạt càng nhỏ thì diện tích bề mặt càng lớn và hiệu suất nhận các điện tử từ ánh sáng đến càng cao. Kết quả chụp SEM, TEM của mẫu vật liệu N-TiO₂ chế tạo (hình 6)

cho thấy các hạt nano N-TiO₂ có dạng hình cầu, kích thước hạt trong khoảng 15 – 20 nm và phân bố tương đối đồng đều.

3.4. Đánh giá hoạt tính xúc tác quang của vật liệu N-TiO₂

3.4.1. Hoạt tính oxy hóa axeton của vật liệu N-TiO₂

Kết quả xử lý axeton của vật liệu N-TiO₂ và TiO₂ (*Skyspring Inc*) (hình 7) cho thấy mẫu bột TiO₂ pha tạp N sau 6,5 giờ phân hủy được ~60 % axeton trong khi đó vật liệu TiO₂ do Mỹ chế tạo chỉ xử lý được 55%. Kết quả này là do khi pha tạp N vào tinh thể TiO₂ đã tạo ra mức tạp của nitơ trên đỉnh vùng hoá trị, do đó lỗ trống dễ dàng sinh ra dưới tác dụng quang hoá hơn. Khả năng tăng số cặp điện tử và lỗ trống sẽ làm tăng phản ứng với hơi nước và oxy trong không khí tạo ra các gốc tự do có tính oxy hóa mạnh và dễ dàng phân hủy axeton trong không khí.



Hình 7. Hoạt tính phân hủy axeton của vật liệu XTQ.

3.4.2. Hoạt lực diệt vi khuẩn của vật liệu N-TiO₂

Hoạt lực diệt khuẩn của vật liệu XTQ được đánh giá bằng phương pháp đếm số khuẩn lạc đặc trưng trên các đĩa chứa môi trường thạch PCA. Kết quả nghiên cứu hiệu suất diệt tổng vi khuẩn của các mẫu N-TiO₂ và TiO₂ (*Skyspring Inc*) được đưa ra trên bảng 2.

Bảng 2. Hiệu suất khử trùng không khí của vật liệu N-TiO₂ và TiO₂ (*Skyspring Inc*).

Thời gian, giờ	N-TiO ₂ , %	TiO ₂ -(<i>Skyspring Inc</i>), %
0	0	0
1	94,03	87,5
2	98,51	95,93
3	98,51	97,83

Sau một giờ, vật liệu XTQ N-TiO₂ đã diệt được 94,03 % tổng vi khuẩn, trong khi đó mẫu TiO₂ (*Skyspring Inc*) diệt được 87,5 % tổng vi khuẩn trong buồng kính kín 10 m³. Sau 3 giờ thí nghiệm, khả năng diệt khuẩn của vật liệu N-TiO₂ tương đương với mẫu TiO₂ do Mỹ chế tạo. Kết quả nghiên cứu này khẳng định mẫu vật liệu XTQ do Viện Công nghệ môi trường chế tạo có hiệu suất lượng tử lớn hơn mẫu do Công ty *Skyspring Inc.*, Mỹ chế tạo. Ưu điểm này là nhờ pha tạp N vào tinh thể TiO₂ so với vật liệu chỉ có TiO₂ đơn thuần. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với một số công trình đã nghiên cứu trên thế giới [16].

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu chế tạo vật liệu N-TiO₂ cho thấy N đã pha tạp vào tinh thể TiO₂. Các hạt vật liệu N-TiO₂ thu được có kích thước trung bình từ 15 - 20 nm. Vật liệu N-TiO₂ tổng hợp được thể hiện hoạt tính oxy hóa rất tốt đối với axeton. Vật liệu này có khả năng phân hủy 60 % axeton (40 ppm) trong buồng 10 m³ sau 6,5 giờ. Kết quả nghiên cứu khả năng diệt khuẩn trong không khí của vật liệu N-TiO₂ (98,51 %) tương đương với vật liệu TiO₂ (*Skyspring Inc*) (97,83 %) sau 3 giờ thí nghiệm. Các kết quả nghiên cứu này sẽ góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu xúc tác quang TiO₂ để ứng dụng trong xử lý không khí tại nước ta.

Lời cảm ơn. Công trình được thực hiện trong khuôn khổ Nhiệm vụ hợp tác Quốc tế về Khoa học – Công nghệ theo Nghị định thư với Liên bang Nga: “Nghiên cứu phát triển và ứng dụng hệ thống xử lý ô nhiễm không khí TIOKRAFT trên cơ sở vật liệu xúc tác quang TiO₂” do Bộ Khoa học và Công nghệ cấp kinh phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. O. Carp, C.L. Huisman, A. Reller - Photoinduced reactivity of titanium dioxide, *Progress in Solid State Chemistry* **32** (1-2) (2004) 33-177.
2. Y. Yao et al. - Antibacterial performance of a novel photocatalytic-coated cordierite foam for use in air cleaners, *Applied Catalysis B: Environmental* **106** (2011) 592-599.
3. Yuan J. et al. - Doping mode, band structure and photocatalytic mechanism of B–N-codoped TiO₂, *Applied Surface Science* **257** (2011) 7335-7342.
4. Wu D. et al. - Low-temperature synthesis of N-TiO₂ sol and characterization of N-TiO₂ coating on cotton fabrics, *Surface & Coatings Technology* **206** (2012) 3196-3200.
5. Fujishima A., Honda K. - Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode, *Nature* **238** (1972) 37-38.
6. Tachikawa T., Fujitsuka M., Majima T. - Mechanistic insight into the TiO₂ photocatalytic reactions: design of new photocatalysts, *The Journal of Physical Chemistry C* **111** (14) (2007) 5259-5275.
7. Asahi R. et al. - Visible-light Photocatalysis in Nitrogen-doped Titanium Oxides, *Science* **293** (2001) 269-271.
8. Ihara T. et al. - Visible-light-active titanium oxide photocatalyst realized by an oxygen-deficient structure and by nitrogen doping, *Applied Catalysis B: Environmental* **42** (4) (2003) 403–409.
9. Irie H., Watanabe Y., Hashimoto K. - Nitrogen-Concentration Dependence on Photocatalytic Activity of TiO_{2-x}N_x Powders, *J. Phys. Chem. B* **107** (23) (2003) 5483-5486.
10. R. Nakamura, T. Tanaka, Y. Nakoto - Mechanism for Visible Light Responses in Anodic Photocurrents at N-Doped TiO₂ Film Electrodes, *J. Phys. Chem. B* **108** (30) (2004) 10617-10620.
11. Shen Q. et al. - A study on the synergistic adsorptive and photocatalytic activities of TiO_{2-x}N_x/Beta composite catalysts under visible light irradiation, *Chemical Engineering Journal* **165** (1) (2010) 301 - 309.
12. Dunnill C. W. H. et al. - Enhanced photocatalytic activity under visible light in N-doped TiO₂ thin films produced by APCVD preparations using t-butylamine as a nitrogen source

- and their potential for antibacterial films, *J. Photo-chem. Photobiol.,A* **207** (2-3) (2009) 244–253.
13. Moo-Chin Wang et al. - Effects of annealing temperature on the photocatalytic activity of N-doped TiO₂ thin films, *Ceramics International* **38** (1) (2012) 195-200.
 14. Li Y. et al. - Photocatalytic degradation of methyl orange by TiO₂-coated activated carbon and kinetic study, *Water Research* **40** (6) (2006) 1119-1126.
 15. Hu H., Xiao W. J., Yuan J., Shi J. W., Chen M. X., Shang Guan W. F. - High photocatalytic activity and stability for decomposition of gaseous acetaldehyde on TiO₂/Al₂O₃ composite films coated on foam nickel substrates by sol-gel processes, *Journal of Sol-Gel Science and Technology* **45** (1) (2008) 1-8.
 16. Diker H. et al. - Characterizations and photocatalytic activity comparisons of N-doped nc-TiO₂ depending on synthetic conditions and structural differences of amine sources, *Energy* **36** (2011) 1243-1254.

ABSTRACT

PREPARATION OF NITROGEN-DOPED TiO₂ NANOPOWDER COATED ON A POROUS QUARTZ CARRIER AND EVALUATION OF ITS PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY

Nguyen Viet Dung, Nguyen Hoai Chau, Tran Xuan Tin
Dao Trong Hien*, Khuu Thuy Duong

Institute of Environmental Technology, VAST, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

*Email: tronghienvh@gmail.com

Nitrogen-doped TiO₂ nano photocatalysts were synthesized by sol-gel method using diaminomethanal as a nitrogen doping agent. The experimental data of SEM and TEM showed that N-TiO₂ nanoparticles obtained gave an average particle diameter of 15-20 nm. The XRD spectra demonstrated the composition of the anatase and rutile phases varying with the concentration of diaminomethanal. The result of the EDX analysis proved that nitrogen were doped into the crystalline lattice of TiO₂ by replacing oxygen atoms.

The concentration of N-TiO₂ nanoparticles coated on porous quartz tube was 16,6 mg/cm². The photocatalytic efficiency of the product was assessed through its oxidizing capability against acetone and its antibacterial activity. Under the same conditions (10 m³ test chamber; 36w UV-A lamp and air velocity in the quartz tube of 25 m³/hr) the oxidation of acetone and antibacterial activity of N-TiO₂ were higher than those of TiO₂ (Skyspring Inc).

Keywords: photocatalytic, N-TiO₂, quartz tube, air cleaning, antibacterial activity.

Ý kiến TBT:

1. Đề nghị Tác giả: vẽ lại hình 4 để rõ tên đại lượng và con số
2. Thư ký Tòa soạn soạn lại thứ tự họ tên tác giả của các tài liệu 1,2,3,10.