NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ QUANG FENTON ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI PHÁT SINH TỪ QUÁ TRÌNH XÌ THÁO BOM MÌN, VẬT NỔ

Nguyễn Đình Hưng*, Nguyễn Cao Tuấn, Phạm Thị Mai Phương,
Lê Đức Tùng, Phạm Việt Anh

Tóm tắt: *Nước thải phát sinh trong quá trình xì tháo để xử lý bom mìn, vật nổ cấp 5 có độ màu lớn, chứa lượng lớn 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) và các chất hữu cơ khác là thành phần của các loại thuốc phóng, thuốc nổ, có tính độc hại cao và bền với môi trường. Nước thải chứa các chất hữu cơ khó phân hủy này có thể xử lý hiệu quả bằng phương pháp oxy hoá nâng cao (AOPs) như quang Fenton. Ảnh hưởng của các yếu tố như pH, tỉ lệ nồng độ mol H_2O_2/Fe^{2+}, cường độ bức xạ UV, thời gian xử lý và lưu lượng tuần hoàn đã được nghiên cứu, đánh giá đến hiệu quả xử lý. Kết quả thử nghiệm trên mô hình xử lý bằng công nghệ quang Fenton ở quy mô phòng thí nghiệm với công suất 18 lít nước thải/giờ đã xác định được điều kiện tối ưu của quá trình xử lý là pH=3,5, tỉ lệ nồng độ mol H_2O_2/Fe^{2+}=7,5, công suất bức xạ tử ngoại UV (254 nm) 2 w/L.h, thời gian xử lý 60 phút cho hiệu quả xử lý TNT đạt 93,4%, độ màu đạt 94,8% và COD đạt 89,8%. Kết quả thử nghiệm là tiền đề cho các thiết kế thi công xử lý nước thải phát sinh trong quá trình xì tháo để xử lý bom mìn, vật nổ cấp 5 và tương tự.*

Từ khóa: TNT; Quang Fenton; Bom mìn; Đạn nổ cấp 5.

1. MỞ ĐẦU

Hoạt động xử lý bom mìn, vật nổ cấp 5 là nhiệm vụ hàng đầu của các đơn vị công binh và các trạm xưởng quân khí. Trong quá trình xì tháo bom mìn, đạn dược, vật nổ phát sinh lượng lớn nước thải có chứa các hoá chất độc hại là thành phần thuốc phóng, thuốc nổ. Đặc biệt là TNT và các sản phẩm thuỷ phân có tính độc cao đối với con người và môi trường.

Các công nghệ hiện nay áp dụng để xử lý nước thải phát sinh từ quá trình xì tháo bom mìn, vật nổ cấp 5 ở Việt Nam chủ yếu sử dụng hấp phụ trên than hoạt tính, không xử lý triệt để chất ô nhiễm.

Quá trình oxy hoá nâng cao (*Advanced Oxidation Processes - AOPs*) là công nghệ tiên tiến hiện nay, có thể xử lý hiệu quả các chất ô nhiễm hữu cơ bền, khó phân huỷ sinh học mà các công nghệ truyền thống không xử lý triệt để được [2, 4-6, 10]. Trong đó, công nghệ Fenton kết hợp UV (quang Fenton) được nghiên cứu phổ biến hơn, có tiềm năng được ứng dụng rộng rãi hơn so với các công nghệ AOPs khác [3]. So với công nghệ Fenton thông thường, công nghệ quang Fenton ưu việt hơn do tạo được nhiều gốc $^{\bullet}OH$ (2,8V) hơn và khả năng tái tạo Fe^{2+} từ Fe^{3+} cao hơn. Một vài nghiên cứu đã chỉ ra rằng quang Fenton cho hiệu quả phân huỷ các chất hữu cơ cao hơn trung bình 10-20% so với quá trình Fenton thông thường [1-4, 11]. Phương trình cơ bản mô tả phản ứng quang Fenton như sau [2, 4, 6, 9, 10]:

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + {}^{\bullet}OH + OH^- \quad (1)$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{2+} + {}^{\bullet}OOH + H^+ \quad (2)$$

$$H_2O_2 + UV \rightarrow 2\ {}^{\bullet}OH \quad (3)$$

$$Fe(III)OH^{2+} + UV \rightarrow Fe(II) + {}^{\bullet}OH \quad (4)$$

Hai phản ứng đầu là quá trình Fenton thông thường, hai phản ứng sau được tạo ra nhờ bức xạ tử ngoại (UV). Như vậy, so với Fenton thông thường thì quang Fenton tạo ra được nhiều gốc $^{\bullet}OH$ và khả năng tái tạo Fe^{2+} tốt hơn, qua đó ô xy hóa các hợp chất hữu cơ trong môi trường nước tối ưu hơn.

Chính vì vậy, trong nghiên cứu này đã xây dựng mô hình thử nghiệm và đánh giá hiệu quả của công nghệ quang Fenton đối với nước thải có chứa TNT và các chất hữu cơ khác từ quá trình xì tháo bom mìn, vật nổ với mong muốn xử lý triệt để các chất ô nhiễm hữu cơ và giảm thiểu phát sinh chất thải thứ cấp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là nước thải được lấy từ các bể thu gom nước thải sau quá trình xì tháo thuốc nổ tại Cụm xử lý bom mìn số 1/Trung tâm Công nghệ xử lý bom mìn (Cẩm Thuỷ, Thanh Hoá). Sau đó được chứa vào các bồn nhựa PE và vận chuyển về phòng thí nghiệm của Viện Công nghệ mới.

2.2. Hoá chất, thiết bị và mô hình thí nghiệm

a) Hoá chất

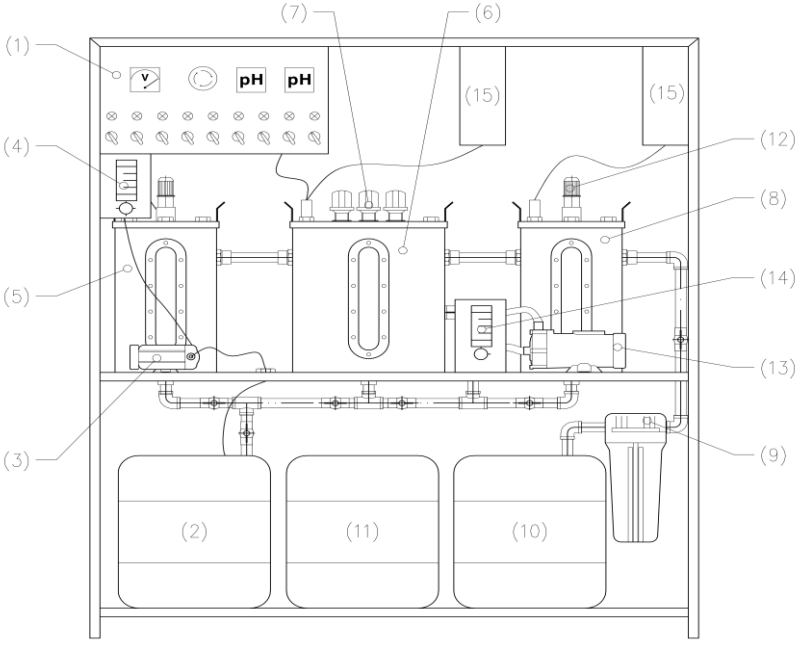
- H_2SO_4, độ tinh khiết ≥98,0%, Xilong Scientific Co., Ltd – Trung Quốc;
- NaOH, độ tinh khiết ≥98,0%, Xilong Scientific Co., Ltd – Trung Quốc;
- $FeSO_4.7H_2O$, độ tinh khiết ≥ 99,0%, Guangdong Guanghua Sci-Tech Co., Ltd - Trung Quốc;
- Dung dịch H_2O_2, 30,0%, Guangdong Guanghua Sci-Tech Co., Ltd – Trung Quốc.

b) Thiết bị phân tích

- Máy đo đa chỉ tiêu cầm tay SI ANALYTICS HandyLab 680.
- Thiết bị sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) Model HP 1100.
- Máy đo nồng độ Ammoni Hanna HI733.
- Máy đo màu nước Hanna HI97727.

c) Thiết bị và mô hình thí nghiệm

- Thiết bị khuấy Jartest Velp JLT6, Velp Scientifica, Italy;
- Mô hình xử lý nước thải bằng phương pháp quang Fenton, do Viện Công nghệ mới thiết kế và chế tạo *(hình 1)*. Công suất xử lý 10-30 lít/giờ, tùy thuộc và thời gian lưu đối với mỗi loại nước thải và nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải.



GHI CHÚ:
1. Tủ điện điều khiển
2. Thùng chứa nước thải đầu vào
3. Bơm đầu vào
4. Lưu lượng kế
5. Thiết bị tạo môi trường axit
6. Thiết bị phản ứng
7. Bóng đèn UV 12W/bóng, 254nm (Ningbo Yawei)
8. Thiết bị trung hoà
9. Thiết bị lọc lõi 5 micron
10. Thùng chứa nước thải đầu ra
11. Thùng dự phòng
12. Máy khuấy
13. Bơm tuần hoàn
14. Lưu lượng kế tuần hoàn
15. Bộ định lượng hoá chất

Hình 1. *Mô hình xử lý nước thải bằng phương pháp quang Fenton.*

Mô hình xử lý hoạt động theo nguyên lý: Nước thải ban đầu từ thùng chứa (2) được bơm đầu vào (3) đưa vào thiết bị tạo môi trường phản ứng axit (5), điều chỉnh lưu lượng thông qua lưu lượng kế (4), sau khi hạ pH, nước thải được đưa sang thiết bị phản ứng (6) đồng thời bổ sung tác nhân Fe^{2+} và H_2O_2 thông qua bộ định lượng hóa chất (15) để tạo phản ứng Fenton, trong quá trình phản ứng có thể thay đổi công suất nguồn bức xạ UV hoặc không sử dụng đèn UV (7) để đánh giá hiệu quả xử lý. Nước thải sau quá trình xử lý bằng quang Fenton được đưa sang thiết bị (8) để nâng pH=8,0 trung hòa, đồng thời kết tủa lượng Fe^{3+} tạo ra sau quá trình phản ứng. Thiết bị lọc lõi 5 µm (9) được sử dụng để loại bỏ cặn lơ lửng. Nước thải sau khi xử lý bằng quang Fenton và loại bỏ cặn lơ lửng được đưa vào thùng chứa (10). Bơm tuần hoàn (13) cũng được sử dụng để đảm bảo phân phối đồng đều chất ô nhiễm và tác nhân phản ứng trong thiết bị phản ứng.

2.3. Phương pháp thực nghiệm

Để đánh giá các yếu tố ảnh hưởng, tối ưu hoá hiệu quả xử lý nước thải bằng phản ứng quang Fenton, nghiên cứu được tiến hành với các phương pháp thực nghiệm sau:

- Phương pháp 1: Sử dụng thiết bị khuấy Jartest Velp JLT6 để khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} và nồng độ Fe^{2+} đến hiệu quả xử lý nước thải bằng phản ứng Fenton.

Cách tiến hành: Nước thải được điều chỉnh pH=3,5 trong cốc thủy tinh 1 L, tiến hành phản ứng Fenton trên thiết bị khuấy Jartest với nồng độ Fe^{2+} từ 5.10^{-4} đến 20.10^{-4} M và nồng độ H_2O_2 từ $2,5.10^{-3}$ đến 15.10^{-3} M. Sau thời gian 30, 45, 60 phút lấy mẫu và điều chỉnh pH=8,0 để dừng phản ứng, đồng thời kết tủa, lọc cặn và lấy phần nước trong xác định các thông số độ màu, COD và TNT.

- Phương pháp 2: Sử dụng mô hình xử lý (như tại hình 1) để khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố năng lượng bức xạ tử ngoại UV, lưu lượng tuần hoàn, thời gian đến hiệu quả xử lý của phản ứng quang Fenton. Tiến hành xử lý gián đoạn.

Cách tiến hành: Từ kết quả thực nghiệm phương pháp 1, xác định được tỉ lệ tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} và nồng độ Fe^{2+} tối ưu, thay đổi công suất bức xạ tử ngoại UV từ 0-3,3 w/lít nước thải. Sau thời gian 30, 45, 60 phút lấy mẫu và điều chỉnh pH=8,0 để dừng phản ứng, đồng thời kết tủa, lọc cặn và lấy phần nước trong xác định các thông số độ màu, COD và TNT.

- Phương pháp 3: Sử dụng mô hình xử lý (như tại hình 1) để đánh hiệu quả xử lý của phản ứng quang Fenton với các yếu tố tối ưu đã được xác định, tiến hành xử lý liên tục.

Cách tiến hành: Từ kết quả thực nghiệm phương pháp 1 và phương pháp 2, tiến hành xử lý liên tục để đánh giá hiệu quả xử lý thông qua các thông số độ màu, COD và TNT.

2.4. Các phương pháp phân tích

- Độ màu: Xác định theo TCVN 6185:2015;

- pH: Xác định theo TCVN6492-2011;

- COD: Xác định theo SMEWW 5220.C:2017;

- TNT: Được xác định theo TCVN/QS 658:2014, trên thiết bị sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) Agilent 1100; cột Hypersil C18 (200x4mm); detector: Diode Array, dải quét 0 - 1100 nm, tỷ lệ pha động axetonitril/nước = 65/35 (theo thể tích); tốc độ dòng: 0,5 ml/phút; áp suất: 280 bar; tín hiệu đo bước sóng 227 nm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích chất lượng nước đầu vào

Mẫu được lấy từ các bể thu gom nước thải sau quá trình xì tháo thuốc nổ tại Cụm xử lý bom mìn số 1/Trung tâm Công nghệ xử lý bom mìn sau khi phân tích được có các đặc tính như trong bảng dưới.

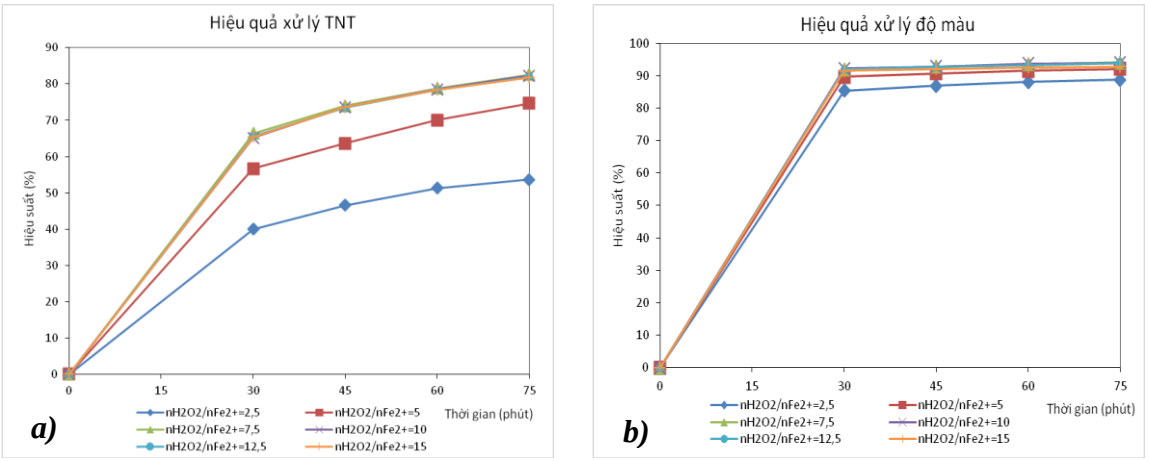
Bảng 1. *Đặc tính nước thải từ quá trình xì tháo bom mìn, đạn nổ cấp 5.*

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	QCVN 40: 2011/BTNMT
1	pH	-	7,6	5,5÷9
2	TDS	mg/L	1600-1800	-
3	Độ màu	Pt/Co	1090÷1170	150
4	COD	mg/L	120÷164	150
5	Amoni (NH_4^+-N)	mg/L	200÷220	10
6	Nitrit (NO_2^--N)	mg/L	5-7	-
7	Nitrat (NO_3^--N)	mg/L	180÷230	-
8	Tổng Nitơ	mg/L	400÷450	40
9	Tổng Photpho	mg/L	0,2-0,4	6
10	TNT	mg/L	16,0÷16,8	0,5 (TCVN/QS 658:2014)

Qua phân tích các chỉ tiêu trong nước thải từ quá trình xì tháo bom mìn, vật nổ cho thấy hàm lượng TNT khá lớn, dao động 12-16 mg/L, gấp 16 lần so với TCVN/QS 658:2014 cột B; độ màu dao động trong khoảng 1090÷1170 Pt/Co, gấp 8 lần so với QCVN 40:2011/BTNMT cột B; amoni dao động 200-220 mg/L, gấp 22 lần quy chuẩn cho phép; tổng ni tơ dao động 400-450 mg/L, gấp 11 lần quy chuẩn cho phép; COD dao động 120-160 mg/L. Các chất nguy hại như TNT nếu không được xử lý triệt để sẽ phát tán ra bên ngoài, gây ô nhiễm cho môi trường đất, nước. Đây là một trong những tác nhân gây ung thư, ảnh hưởng xấu tới sức khoẻ cộng đồng.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+}

Để đánh giá ảnh hưởng của tỉ lệ nồng độ mol H_2O_2/Fe^{2+} đến hiệu quả xử lý, đã tiến hành phản ứng Fenton với tỉ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} từ 2,5:1 đến 15:1 với nồng độ Fe^{2+} ban đầu là 1.10^{-3} M, thời gian xử lý từ 30 – 45 – 60 và 75 phút.



Hình 2. *Đồ thị ảnh hưởng của tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} đến hiệu quả xử lý: a) TNT; b) Độ màu.*

Kết quả phân tích TNT và độ màu thể hiện trên hình 2 cho thấy hiệu quả xử lý TNT tăng theo thời gian và phản ứng diễn ra khá mạnh ở thời gian từ 0-45 phút, tốc độ phản ứng giảm dần sau 45 phút. Ở 45 phút, hiệu quả xử lý tăng từ 46,6% đến 74% khi tăng tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} từ 2,5:1 lên đến 7,5:1, tương tự xử lý độ màu cũng tăng từ 86,9% đến 92,8%. Khi tăng tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} lên trên 7,5:1 thì hiệu quả xử lý tăng không đáng kể. Điều này có thể giải thích là do khi tỉ lệ H_2O_2/Fe^{2+} > 7,5:1, lượng H_2O_2 dư sẽ tác dụng ngược lại với gốc $^{\bullet}OH$ làm giảm nồng độ tác nhân oxi hóa này và tạo ra gốc $^{\bullet}OOH$ có hoạt độ thấp hơn so với gốc $^{\bullet}OH$, dẫn đến hiệu quả xử lý không tăng nữa, mà có xu hướng giảm, phản ứng mô phỏng theo phương trình dưới đây.

$$H_2O_2 + {}^{\bullet}OH \rightarrow {}^{\bullet}OOH + H_2O \quad (5)$$

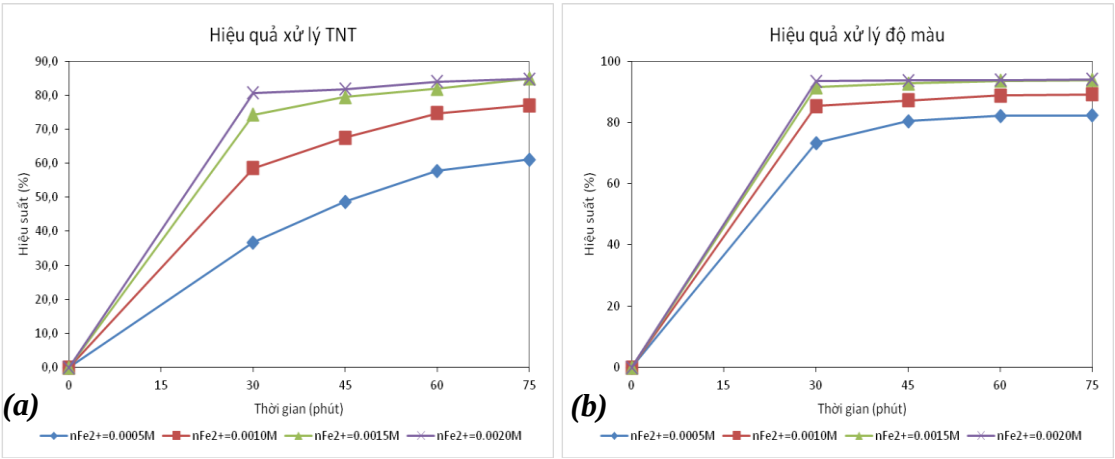
Như vậy tỉ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} tối ưu trong nghiên cứu này được xác định là 7,5:1. Tỉ lệ này cũng phù hợp với nghiên cứu của một số tác giả trong và ngoài nước [7, 8]. So sánh với tỉ lệ trong nghiên cứu xử lý nước thải Diazo dinitrophenol là 20:1 [2] thì tỉ lệ trong nghiên cứu này thấp hơn nhiều. Đối với loại nước thải có hàm lượng các chất hữu cơ lớn hơn thì tỉ lệ này có thể tăng lên đến 10:1 hoặc 15:1, thậm chí 20:1 [1-3, 6, 8].

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng Fe^{2+}

Nồng độ Fe^{2+} là một trong những tác nhân quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả của phản ứng Fenton. Khi lượng Fe^{2+} càng lớn thì gốc $^{\bullet}OH$ sinh ra càng nhiều theo như phương trình (1). Thí nghiệm được tiến hành với tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} = 7,5:1, nồng độ Fe^{2+} tăng từ 5.10^{-4} M đến 20.10^{-4} M và nồng độ H_2O_2 tương ứng từ $3,75.10^{-3}$ M đến 15.10^{-3} M nhằm đánh giá được ảnh hưởng của hàm lượng Fe^{2+} đến hiệu quả phản ứng. Thời gian phản ứng từ 30 – 45 – 60 và 75 phút.

Kết quả trên hình 3 cho thấy, với thời gian 30 phút xử lý, khi tăng hàm lượng Fe^{2+} từ 5.10^{-4} M đến 20.10^{-4} M, hiệu quả xử lý TNT tăng từ 36,7 lên 80,7% và độ màu từ 73,3 lên 93,4%. Ở 60 phút xử lý, hiệu quả lý TNT tăng từ 82,1 lên 93,9%. Nhìn chung, sau 60 phút xử lý, hiệu quả xử lý không có sự sai khác nhiều giữa nồng độ Fe^{2+} ban đầu là 15.10^{-4} và 20.10^{-4} M. Điều này có thể được lý giải do khi hàm lượng các chất ô nhiễm suy giảm đến mức độ nhất định, lượng Fe^{2+} gia tăng sẽ không làm tăng đáng kể hiệu quả lý, mà lượng Fe^{2+} thừa cũng sẽ tạo ra lượng bùn lắng nhiều hơn, tốn kém hóa chất trong quá trình trung hòa sau phản ứng Fenton.

Như vậy, ở thí nghiệm này, hiệu quả xử lý đạt tối ưu ở điều kiện tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} = 7,5:1, nồng độ Fe^{2+} ban đầu 15.10^{-4} M và thời gian xử lý 60 phút.



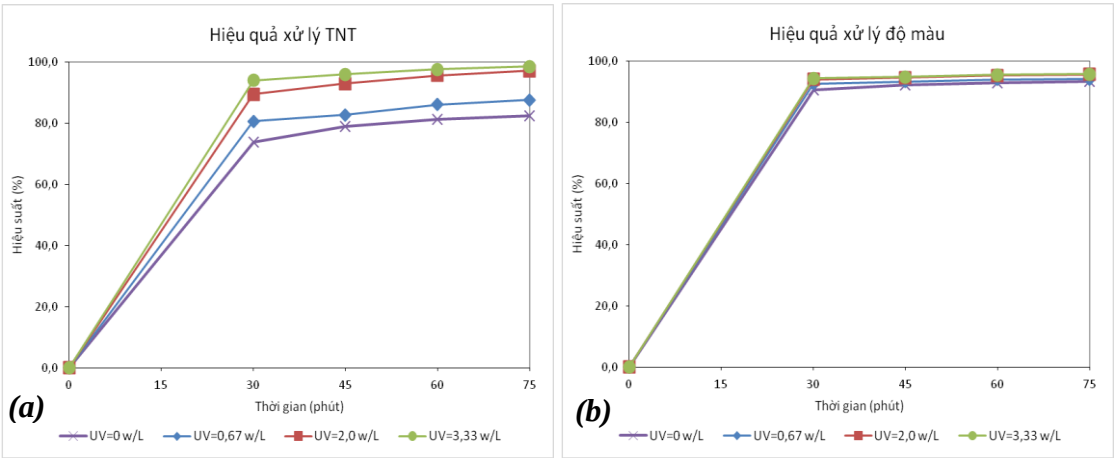
Hình 3. *Đồ thị ảnh hưởng của nồng độ Fe^{2+} đến hiệu quả xử lý: a) Độ màu; b) TNT.*

3.4. Khảo sát ảnh hưởng của bức xạ UV

Sự có mặt của bức xạ UV sẽ sinh ra nhiều gốc $^{\bullet}OH$ hơn theo phương trình phản ứng (3) và (4) được mô tả ở trên. Quá trình này gọi là quang Fenton. Thí nghiệm được tiến hành với nguồn bức xạ UV có bước sóng λ=254 nm, công suất thay đổi từ 0,67 đến 3,33 w/L nước thải. Kết quả trên hình 4 cho thấy khi sử dụng quang Fenton hiệu quả xử lý cao hơn so với Fenton thông thường. Hiệu quả xử lý TNT khi sử dụng bức xạ UV=2 w/L đạt 89,4; 92,9; 95,6 và 97,1% tương ứng với thời gian xử lý 30; 45; 60 và 75 phút, cao hơn so với không sử dụng bức xạ UV là 12-15%. Tương tự, hiệu quả xử lý độ màu cũng đạt 94,0; 94,6; 95,2 và 95,6% tương ứng với thời gian xử lý 30; 45; 60 và 75 phút. So sánh hiệu quả xử lý ở công suất nguồn bức xạ UV 2,0 w/L và 3,33 w/L cho thấy hiệu quả xử lý TNT và độ màu tăng không đáng kể, mức tăng dao động từ 0,2-0,4%.

Như vậy, với cùng điều kiện thí nghiệm, quang Fenton hiệu quả cao hơn so Fenton thông thường. Đối với loại nước thải này, công suất nguồn bức xạ UV (bước sóng 254 nm) tối ưu là 2 w/L, tương đương 2 kw/m^3 nước thải.

Lý giải hiệu quả xử lý tăng trong hệ quang Fenton do dưới tác dụng của bức xạ UV Fe^{2+} sẽ được tái sinh nhiều hơn từ Fe^{3+} sinh ra trong quá trình Fenton, đồng thời gốc $^{\bullet}OH$ cũng được tạo ra nhiều hơn.

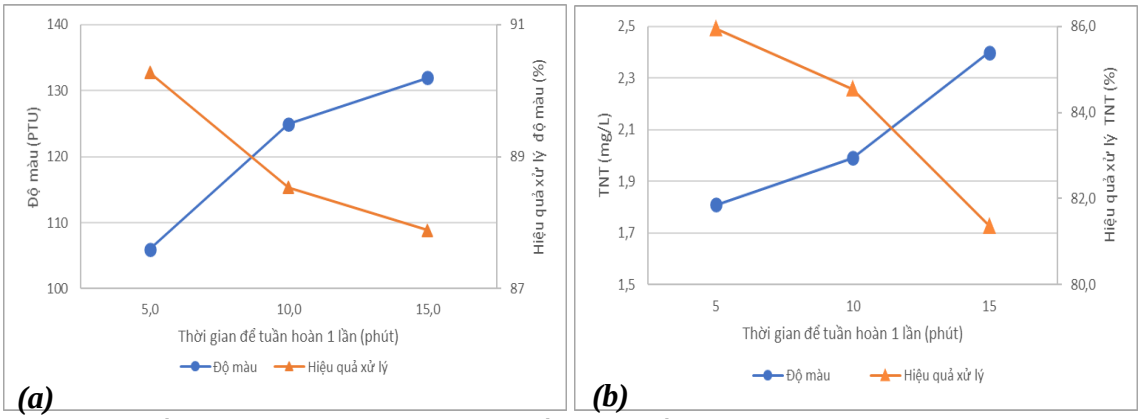


Hình 4. *Đồ thị ảnh hưởng của bức xạ UV đến hiệu quả xử lý: a) TNT; b) Độ màu.*

3.5. Khảo sát ảnh hưởng của lưu lượng tuần hoàn

Nhìn vào đồ thị trên hình 5 có thể thấy hiệu quả xử lý độ màu sau 30 phút giảm từ 90,3% xuống 87,9%, TNT giảm từ 85,9% xuống 81,4% khi tăng thời thời gian để hệ phản ứng tuần hoàn được 1 lần từ 5 phút lên 15 phút. Thời gian để hệ phản ứng tuần hoàn được 1 lần càng thấp (tức lưu lượng tuần hoàn càng lớn), hệ phản ứng được đảo trộn tốt hơn khiến cho các tác nhân Fenton tiếp xúc với chất ô nhiễm nhiều hơn, làm tăng hiệu quả xử lý.

Như vậy, với phương thức xử lý gián đoạn, nước thải phát sinh từ quá trình xì tháo thuốc nổ của bom mìn, vật nổ cấp 5 sẽ được xử lý hoàn toàn đạt quy chuẩn cho phép (các chỉ tiêu độ màu, TNT, COD) với các thông số phản ứng quang Fenton là tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+} bằng 7,5:1; hàm lượng Fe^{2+} là 15.10^{-4} M; công suất bức xạ UV (254 nm) là 2 w/L.h; thời gian tuần hoàn 5 phút/lần; thời gian xử lý 45 phút.



Hình 5. *Đồ thị ảnh hưởng của thời gian tuần hoàn đến hiệu quả xử lý: a) Độ màu; b) TNT.*

3.6. Tối ưu hóa điều kiện xử lý với phương thức liên tục

Từ các kết quả thí nghiệm ở trên với phương thức xử lý gián đoạn, xác định được các thông số tối ưu để vận hành cho mô hình quang Fenton. Trên cơ sở đó, thử nghiệm với phương thức xử lý liên tục với điều kiện tương tự nhưng tăng thời gian từ 45 phút lên 60 phút phản ứng (thời gian lưu 60 phút), cụ thể như trong bảng dưới đây:

Bảng 2. *Thông số vận hành cho mô hình quang Fenton hoạt động liên tục.*

Thông số	Tỷ lệ mol H_2O_2/Fe^{2+}	Hàm lượng Fe^{2+}	Công suất bức xạ UV	Thời gian tuần hoàn được 1 lần	Thời gian lưu (xử lý)
Giá trị	7,5:1	15.10^{-4} M	2 W/L.h	5 phút	60 phút

Từ các thông số trên, tính toán, vận hành được mô hình chạy liên tục để kiểm nghiệm lại công nghệ. Khi hệ thống đã hoạt động ổn định, tiến hành lấy mẫu vào 04 thời điểm khác nhau để phân tích xác định độ ổn định của công nghệ. Kết quả được thể hiện trong bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. *Kết quả xử lý trên mô hình quang Fenton hoạt động liên tục.*

Mẫu	**TNT**		**Độ màu**		**COD**	
	mg/L	**Hiệu quả (%)**	**Pt/Co**	**Hiệu quả (%)**	**mg/L**	**Hiệu quả (%)**
Đầu vào	16,25	0,0	1150	0,0	160	0,0
Lần 1	0,82	93,4	60	94,8	15	90,63
Lần 2	0,87	93,0	70	93,9	17	89,38
Lần 3	0,9	92,8	63	94,5	18	88,75
Lần 4	0,84	93,3	65	94,3	17	89,38

Ghi chú: Sau khi tiến hành xử lý liên tục 60 phút, bắt đầu lấy mẫu Lần 1, lấy mẫu các Lần 2, 3, 4 cách Lần 1 từ 30, 60, 90 phút.

Các kết quả thu được từ 04 lần lấy mẫu lặp lại thể hiện trên bảng 2 cho thấy mô hình quang Fenton xử lý nước thải có tính ổn định, hiệu quả xử lý độ màu đạt 93,9%÷94,8%, xử lý TNT đạt 92,8%÷93,4%; COD xử lý được 88,8-90,6%. So sánh kết quả với thí nghiệm ở mục 3.4 tại thời điểm 45 phút có thể thấy hiệu quả xử lý màu và TNT là tương đương. Như vậy, với cùng tác nhân phản ứng, thời gian xử lý khi vận hành mô hình ở điều kiện liên tục sẽ cần nhiều thời gian hơn so với vận hành ở điều kiện theo mẻ, nhưng xét về tổng thể thì vận hành liên tục mang lại nhiều lợi ích hơn so với theo mẻ như khả năng tự động hóa cao hơn, tiết kiệm thời gian xử lý,...

Xử lý liên tục sẽ cần thời gian lưu dài hơn so với xử lý theo mẻ được lý giải như sau: với trường hợp xử lý theo mẻ, do nồng độ chất ô nhiễm thời điểm ban đầu lớn nên tốc độ xử lý sẽ cao và giảm dần khi nồng độ chất ô nhiễm cũng suy giảm dần. Với trường hợp xử lý liên tục thì nồng độ chất ô nhiễm sẽ bị pha loãng và gần như tương đối ổn định khi đưa vào hệ phản ứng do vậy tốc độ xử lý sẽ không cao và tương đương nhau ở mọi thời điểm phản ứng.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu các điều kiện ảnh hưởng đến quá trình xử lý nước thải phát sinh từ quá trình xì tháo bom mìn, vật nổ bằng công nghệ quang Fenton. Kết quả thử nghiệm cho thấy điều kiện tối ưu cho hệ phản ứng quang Fenton này là tỷ lệ H_2O_2/Fe^{2+} là 7,5:1; nồng độ Fe^{2+} là 15.10^{-4} M; công suất bức xạ UV (254 nm) là 2 w/L.h; thời gian tuần hoàn 5 phút/lần; thời gian lưu (xử lý) đối với phương thức theo mẻ là 45 phút và phương thức liên tục là 60 phút.

Kết quả cho thấy công nghệ quang Fenton cho hiệu quả xử lý tốt, có thể áp dụng để xử lý ô nhiễm TNT, độ màu và COD của nước thải phát sinh từ quá trình xì tháo bom mìn, vật nổ, đáp ứng được QCVN 40:2011/BTNMT và TCVN/QS 658:2014. Kết quả này mở ra hướng ứng dụng mới cho hệ phản ứng quang Fenton trong xử lý nước thải chứa các chất hữu cơ khó phân hủy tại các cơ sở quốc phòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đào Duy Hưng, Đỗ Ngọc Khuê, Đinh Ngọc Tấn, Hoàng Kim Huế, *"Nghiên cứu đặc điểm phản ứng phân hủy TNT bằng tác nhân Fenton trong điều kiện không và có kết hợp bức xạ UV"*, Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học, tập 20, Số 1/2015.

[2]. Nguyễn Văn Huống, Nguyễn Mạnh Khải, Nguyễn Ngọc Sơn, Nguyễn Văn Hoàng (2018), *"Nghiên cứu khả năng xử lý Diazo dinitrophenol trong môi trường nước bằng phương pháp quang Fenton"*, Tạp chí Nghiên cứu khoa học và công nghệ quân sự, số 54, tr. 210-218.

[3]. Đỗ Bình Minh, Đỗ Ngọc Khuê, Trần Văn Chung, Nguyễn Văn Huống, Tô Văn Thiệp (2013), *"Đặc điểm phản ứng oxi hóa phân hủy một số hợp chất nitrophenol độc hại nhiễm trong môi trường nước bằng tác nhân quang Fenton"*, Tạp chí KH&CNQS, số 27, 86-94 (2013).

[4]. Hoàng Ngọc Minh (2012), *"Nghiên cứu xử lý nước thải chứa các chất hữu cơ khó phân huỷ sinh học bằng các phương pháp oxy hoá nâng cao"*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

[5]. Anna Kwarciak-Kozłowska, Aleksandra Krzywicka (2015),*"The comparison of efficiency of Fenton and photo-Fenton treatment of stabilised landfill leachate"*, Environmental Protection and Natural Resources / Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, vol. 26, pp. 49-53.

[6]. Arjunan Babuponnusami, Karuppan Muthukumar, *"A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment"*, Journal of Environmental Chemical Engineering Volume 2, Issue 1, March 2014, 557-572.

[7]. Bauer, R., Fallmann (1997), *"The photo-Fenton oxidation – a cheap and efficient wastewater treatment method"*, Res. Chem. Intermed, vol. 23, pp. 341-354.

[8]. L. Clarizia, D. Russo, I. Di Somma, R. Marotta, R. Andreozzi (2017), *"Homogeneous photo-Fenton processes at near neutral pH: a review"*, Applied Catalysis B: Environmental, vol. 209, pp. 358-371.

[9]. Mohamadreza Rezaee Mofrad, Maryam Emamgholi Nezhad, Hossein Akbari (2015), *"Evaluation of Efficacy of Advanced Oxidation Processes Fenton, Fenton-like and Photo-Fenton for Removal of Phenol from Aqueous Solutions"*, J.Chem.Soc.Pak., Vol. 37, No. 02, 2015.

[10]. Nannan Wang, Tong Zheng, Guangshan Zhang, Peng Wang, *"A review on Fenton-like processes for organic wastewater treatment"*, Journal of Environmental Chemical Engineering 4 (2016) 762–787.

[11]. Sun, Y., Pignatello (1993), *"Photochemical reactions involved in the total mineralization of 2,4-D by $Fe^{3+}/H_2O_2/UV$"*, Environ. Sci. Technol, vol. 27, pp. 304-310.

ABSTRACT

APPLICATION OF THE PHOTO-FENTON TREATMENT WASTEWATER FROM THE PROCESS OF INACTIVETION TO TREAT BOMS, MINES

Wastewater discharged from the process of inactivation to treat bombs, mines and level 5 explosives has a massive color level, contains a large amount of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) and other organic substances that are components of explosive materials, highly toxic and environmentally sustainable. Wastewater containing these persistent organic substances can be effectively treated with advanced oxidation process (AOPs) such as photon-Fenton. The influence of many factors such as pH values, the molar ratio of H_2O_2/Fe^{2+}, UV radiation intensity, contact time, and circulation flowrate was studied and evaluated on the treatment efficiency. Experimental results on the photon-Fenton treatment model at the laboratory scale with a capacity of 18 liters of wastewater per hour determined that the optimal conditions of the treatment process are pH = 3.5, the molar ratio of H_2O_2/Fe^{2+} = 7.5, UV radiation power (254 nm) = 2 w/L.h, contact time of 60 minutes for the treatment efficiency of TNT, color, and COD parameters of 93.4%, 94.8%, and 89.8%, respectively. These results are a premise for the construction designs to treat wastewater generated during the inactivation process to to treat bombs, mines, level 5 explosives, and similar objects.

Keywords: Photon-Fenton; Bombs, mines and level 5 explosives; 2,4,6-Trinitrotoluene.

Nhận bài ngày 22 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Công nghệ mới/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: nguyendinhhungmt@gmail.com.