



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003100

(51) **C02F 1/461; B01J 23/70; B22F 9/00**
2021.01

(13) **Y**

(21) 2-2022-00372

(22) 27/04/2020

(67) 1-2020-02402

(45) 27/03/2023 420

(43) 25/08/2020 389ASC

(73) Vũ Duy Nhân (VN)

Viện Hóa học - Vật liệu/Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự, 17 Hoàng Sâm,
phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Vũ Duy Nhân (VN); Nguyễn Đức Hùng (VN); Lê Thị Mai Hương (VN); Nguyễn
Văn Tú (VN).

(54) QUY TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHỨA 2,4,6-TRINITROTOLUEN (TNT) BẰNG VẬT
LIỆU NỘI ĐIỆN PHÂN LƯỠNG KIM CHỨA FE VÀ CU KÍCH THUỐC NANO

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) có nồng độ nhỏ hơn 100 mg/l bằng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có kích thước 100 nm và hiệu điện thế giữa Fe và Cu $\Delta E^0 = 0,777$ V. Dung dịch điện ly có nồng độ TNT 100 mg/l với độ pH=3 và vật liệu chứa Fe và Cu có nồng độ 50 g/L với mật độ dòng điện ăn mòn đạt $14,85 \times 10^{-6}$ A/cm² và tốc độ ăn mòn $8,187 \times 10^{-2}$ mm/năm.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) có nồng độ nhỏ hơn 100 mg/l bằng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có kích thước 100 nm và hiệu điện thế giữa Fe và Cu $\Delta E^0 = 0,777$ V. Dung dịch điện ly có nồng độ TNT 100 mg/l với độ pH=3 và vật liệu chứa Fe và Cu có nồng độ 50 g/L với mật độ dòng điện ăn mòn đạt $14,85 \times 10^{-6}$ A/cm² và tốc độ ăn mòn $8,187 \times 10^{-2}$ mm/năm.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) là một trong những hóa chất được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực quốc phòng và kinh tế. Ngành công nghiệp sản xuất thuốc nổ đã thải ra một lượng lớn nước thải có chứa các hóa chất độc hại như TNT. Thực tế cho thấy, khoảng 50 năm sau Thế chiến thứ hai, ở những nơi xây dựng nhà máy sản xuất thuốc súng đạn, người ta vẫn tìm thấy lượng lớn TNT và các đồng phân của chúng trong môi trường đất và nước. Điều đó chứng tỏ TNT có khả năng tồn tại lâu dài trong tự nhiên. Ở nước ta, ngoài các nhà máy sản xuất đạn, thuốc nổ trong công nghiệp quốc phòng thì các cơ sở sửa chữa vũ khí, thu hồi đạn, v.v., vẫn sinh ra một lượng lớn nước thải chứa TNT cần phải được xử lý.

Việc xử lý nước thải ô nhiễm chứa TNT thường sử dụng phương pháp vật lý như sau: hấp phụ bằng than hoạt tính; phương pháp hóa học như: oxy hoá bằng: Fenton, Fenton kết hợp với UV-Vis hoặc phản ứng điện hóa; phương pháp sinh học như: bùn hoạt tính hiếu khí, MBBR, UASB, MBR, thực vật, enzym, nấm mục trắng. Các phương pháp này có thể được sử dụng độc lập hoặc kết hợp với nhau tùy thuộc vào tính chất của nước thải và điều kiện mặt bằng và kinh tế của cơ sở sản xuất.

Trong những năm gần đây, phương pháp nội điện phân đã và đang được quan tâm và nghiên cứu cũng như ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới. Nội điện phân là

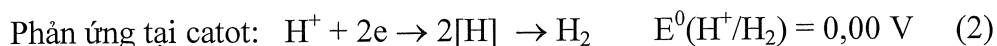
phương pháp sử dụng các vật liệu bị ăn mòn trong môi trường nước bị ô nhiễm. Dòng điện ăn mòn được tạo ra từ vật liệu chứa Fe và C hoặc hợp kim chứa Fe và Cu còn được gọi là dòng điện nội điện phân có tác dụng xử lý các chất ô nhiễm như các phương pháp điện hóa nhưng không cần cung cấp dòng điện từ nguồn điện ngoài. Nói cách khác, kỹ thuật xử lý môi trường nội điện phân sử dụng dòng điện do quá trình ăn mòn của vật liệu nội điện phân trong một điều kiện môi trường nhất định.

Phương pháp nội điện phân có những ưu điểm vượt trội như phạm vi rộng cho nhiều loại nước thải, đặc biệt là nước thải công nghiệp chứa các chất khó phân hủy sinh học như thuốc bảo vệ thực vật, thuốc nhuộm dệt may, hóa dầu, khí hóa than v.v.. Phương pháp này cũng phù hợp để ứng dụng vào giai đoạn tiền xử lý khi kết hợp với các phương pháp khác. Kỹ thuật xử lý nước ô nhiễm bằng nội điện phân dễ áp dụng ở mọi quy mô từ nhỏ, vừa và lớn với giá thành xử lý phù hợp do có thể sử dụng các nguyên liệu sẵn có, đa phần là tận dụng phế liệu của các ngành chế tạo cơ khí, luyện kim.

Vấn đề mấu chốt của phương pháp này là lựa chọn được loại vật liệu nội điện phân phù hợp có dòng (i_{AM}), thế ăn mòn (E_{AM}) và thế điện cực ΔE^0 lớn, diện tích tiếp xúc giữa vật liệu và chất ô nhiễm cao. Những nghiên cứu gần đây thường sử dụng các vật liệu nội điện phân là phoi gang, thép với sắt có cacbon chứa Fe và C hoặc sắt hợp kim chứa Fe và Cu ở các kích thước khác nhau. Chưa có công trình nghiên cứu đã công bố về vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có kích thước nano được ứng dụng để xử lý nước thải chứa TNT. Chính vì vậy nên cần phải sử dụng vật liệu lưỡng kim có bản chất điện hóa khác nhau như hệ lưỡng kim Fe và Cu và có kích thước nano để có mức chênh lệch thế điện cực E^0 cao, số lượng cặp pin ăn mòn lớn, diện tích bề mặt điện cực tiếp xúc với chất ô nhiễm lớn với các điều kiện quy trình công nghệ hợp lý để xử lý nước thải chứa TNT bằng vật liệu nội điện phân này.

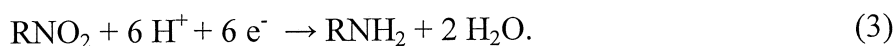
Phương pháp nội điện phân đã được bộc lộ trong các tài liệu: Internal microelectrolysis, Interior microelectrolysis, Micro-electrolysis [trang 39, 42-48], Iron carbon Internal- electrolysis, Fe-Cu process [trang 54] Ferric – Carbon micro electrolysis [trang 59, 62, 63], micro cell filter bed process [trang 50]. Phản ứng nội điện phân là phản ứng điện hóa tự xảy ra của vật liệu nội điện phân (kim loại – hợp

kim tạo thành các vi pin ăn mòn) khi tiếp xúc với nước. Trong môi trường nước, vật liệu chứa hợp kim Fe và Cu sẽ hình thành nên vô số các pin ăn mòn siêu nhỏ, trong đó một số kim loại âm điện hơn như Fe sẽ đóng vai trò anot và hòa tan, còn kim loại dương điện hơn sẽ đóng vai trò catot. Các phản ứng điện cực oxi hóa khử diễn ra như sau:

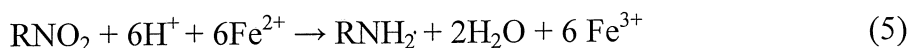
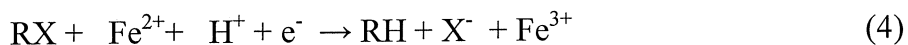


Theo Zemeng Yang và cộng sự trong tài liệu: Degradation of organic pollutants in near-neutral pH solution by Fe-C micro-electrolysis system, Chemical Engineering Journal, 2017, 315, 403-414, các cơ chế phản ứng của các quá trình xảy ra trên bề mặt vật liệu nội điện phân Fe và C hoặc Fe và Cu có tác dụng giảm chất ô nhiễm được chỉ ra trên Hình 1. Hai quá trình chính của cơ chế này là như sau: Quá trình hòa tan anot Fe của cặp pin ăn mòn trên vật liệu bimetal (Fe/C, Fe/Cu) tạo ra dòng điện nhỏ cỡ μA do Fe bị oxy hóa vì bị ăn mòn sẽ đóng vai trò là tác nhân oxy hóa. Dòng điện tử (e^-) sẽ hướng về catot là C hoặc Cu để thực hiện quá trình thứ 2: các phản ứng khử điện hóa các ion như H^+ hoặc các hợp chất hữu cơ hấp phụ trên bề mặt điện cực catot. Do tác dụng của dòng điện từ các phản ứng nội điện phân cũng có thể xảy ra quá trình khử oxy hòa tan làm sản sinh ra H_2O_2 (tương ứng với quá trình điện phân) được kết hợp với Fe^{2+} tạo thành phản ứng Fenton tạo ra các gốc OH^* làm tăng phản ứng oxy hóa trong môi trường, cắt mạch các hợp chất hữu cơ khó phân hủy hóa học, sinh học. Do vậy, về bản chất hóa học, hóa lý, quá trình phản ứng nội điện phân sẽ khác với quá trình phản ứng của sắt hóa trị không trong việc xử lý chất thải ô nhiễm ở chỗ đã tạo ra dòng điện ăn mòn do quá trình nội điện phân cỡ μA và sản sinh gốc tự do OH^* .

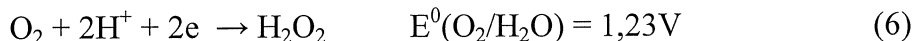
Nếu trong dung dịch có mặt các chất hữu cơ, RNO_2 (hợp chất nitro vòng thơm) là các thành phần có khả năng nhận electron từ trên bề mặt catot (Cu kim loại) bị khử theo phản ứng amin hóa. Khi đó chất ô nhiễm sẽ chuyển thành các sản phẩm trung gian không độc hoặc ít độc hơn, dễ phân hủy sinh học hơn. Các phản ứng khử diễn ra như sau:



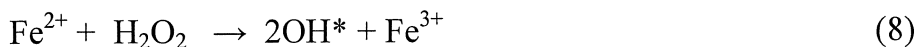
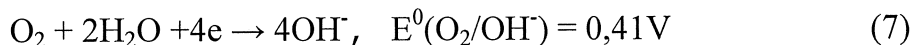
Ngoài ra, trong dung dịch sẽ còn xảy ra phản ứng giữa Fe^{2+} với các chất hữu cơ như RX hoặc RNO_2 theo phản ứng:



Khi có mặt O_2 trong môi trường axit:



Tại môi trường trung tính và kiềm:



Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) với các điều kiện như sau:

- Nồng độ TNT: nhỏ hơn 100 mg/l
- Lượng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano: 50 g/L
- Tính chất vật liệu nano lưỡng kim chứa Fe và Cu: kích thước 100 nm, hiệu điện thế giữa Fe và Cu $\Delta E^0 = 0,777 V$, dòng điện ăn mòn đạt $14,85 \times 10^{-6} A/cm^2$ và tốc độ ăn mòn $8,187 \times 10^{-2} mm/năm$.
- Môi trường có độ pH=3
- Tốc độ lắc 120 vòng/phút
- Nhiệt độ 30°C
- Thực hiện phản ứng trong bình tam giác 500 ml
- Thời gian xử lý: 120 phút

Theo giải pháp hữu ích, quy trình xử lý nước thải chứa TNT bao gồm các bước sau:

Bước 1: Lấy 100 ml nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) với nồng độ nhỏ hơn 100 mg/l vào bình tam giác thủy tinh 500 ml, đậy kín bình tam giác này bằng màng nhôm;

Bước 2: Sử dụng axit H_2SO_4 đặc để điều chỉnh độ pH của nước thải đến 3 với lượng là 0,05 ml H_2SO_4 dùng cho 100 ml nước thải chứa TNT. Kiểm tra giá trị độ pH bằng máy đo độ pH cầm tay có độ nhạy $\pm 0,1$;

Bước 3: Bỏ sung 50 g vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano có kích thước hạt khoảng 100 nm vào bình tam giác nêu trên, dùng tay lắc nhẹ cho đều;

Bước 4: Cài đặt máy lắc ổn nhiệt và theo dõi nhiệt độ đạt ổn định ở 30°C;

Bước 5: Tiến hành phản ứng nội điện phân để xử lý TNT bằng cách lắc liên tục ở 120 vòng/phút, nhiệt độ 30°C trong thời gian 120 phút;

Bước 6: Lấy 5 ml mẫu bằng dụng cụ hút vi thể (micropipette) để phân tích nồng độ TNT và xác định giá trị độ pH với tần suất 30 phút/lần.

Bước 7: Kết thúc phản ứng ở thời điểm 120 phút, lấy 5 ml mẫu bằng dụng cụ hút vi thể để xác định nồng độ TNT. Kết quả thu được là không phát hiện thấy nồng độ TNT trong mẫu phân tích, tức là nồng độ TNT = 0 mg/l.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: Sự thay đổi màu nước thải theo thời gian xử lý.

Hình 2: Đường Tafel của quá trình ăn mòn hệ Fe và Cu trong môi trường chứa TNT tại các thời điểm khác nhau.

Hình 3: Sự biến thiên của dòng ăn vào theo thời gian phản ứng của quá trình nội điện phân xử lý TNT.

Hình 4: Hiệu quả xử lý TNT ở các nhiệt độ khác nhau tại thời điểm 90 phút.

Hình 5: Sự phụ thuộc của nồng độ TNT được xử lý bằng vật liệu nội điện phân vào thời gian phản ứng tại các nhiệt độ khác nhau.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Quy trình xử lý nước thải chứa TNT bằng cách sử dụng vật liệu nội điện phân chứa Fe và Cu kích thước nano bao gồm các bước sau:

Bước 1: Lấy 100 ml nước thải chứa TNT với nồng độ nhỏ hơn 100 mg/l vào bình tam giác thủy tinh 500 ml, đậy kín bình này bằng màng nhôm;

Bước 2: Sử dụng axit H₂SO₄ đặc để chỉnh nước thải có độ pH=3 với lượng là

0,05 ml H_2SO_4 dùng cho 100 ml nước thải chứa TNT. Kiểm tra giá trị độ pH bằng máy đo độ pH cầm tay có độ nhạy $\pm 0,1$;

Bước 3: Bổ sung 50 g vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có kích thước hạt khoảng 100 nm vào bình tam giác trên, dùng tay lắc nhẹ cho đều;

Bước 4: Cài đặt máy lắc ổn nhiệt và theo dõi nhiệt độ đạt ổn định ở 30°C ;

Bước 5: Tiến hành phản ứng nội điện phân xử lý TNT bằng cách lắc ở 120 vòng/phút, nhiệt độ 30°C trong thời gian 120 phút liên tục;

Bước 6: Tiến hành lấy 5 ml mẫu bằng hút hút vi thể để phân tích nồng độ TNT và xác định giá trị pH với tần suất 15 phút/lần;

Bước 7: Kết thúc phản ứng ở thời điểm 120 phút, lấy 5 ml mẫu bằng hút hút vi thể để xác định nồng độ TNT còn lại. Kết quả thu được là không phát hiện thấy nồng độ TNT trong mẫu phân tích, tức là nồng độ TNT = 0 mg/l.

Hiệu quả xử lý TNT ở 30°C

Hiệu quả xử lý TNT được trình bày ở Bảng 1 cho thấy TNT bị phản ứng nội điện phân khi sử dụng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano nên bị phân hủy rất nhanh, sau 15 phút chỉ còn 57,96 mg/l, tại 60 phút chỉ còn 3,23 mg/l và tại các thời điểm 90; 105 phút nồng độ TNT lần lượt còn lại là 1,67 mg/l; 0,34 mg/l. Hiệu quả đạt hiệu quả tại 90, 105 và 120 phút lần lượt đạt được: 98,3 %; 99,66 % và 100%. Sự biến đổi màu của nước thải chứa TNT từ màu đen đậm thành màu trắng trong sau thời gian xử lý 90 phút được trình bày tại Hình 1.

Bảng 1: Hiệu quả xử lý TNT bằng vật liệu nội điện phân trong thời gian 120 phút

Thời gian xử lý (phút)	Nồng độ TNT (mg/l)
0	100,00
15	57,96
30	28,61
45	13,36

60	6,65
75	3,23
90	1,67
105	0,34
120	Không phát hiện

Như được thể hiện trên Hình 1, hình này cho thấy sự thay đổi màu của nước thải theo thời gian xử lý. (1) - 90 phút; (2) - 75 phút; (3) - 60 phút; (4) - 45 phút; (5) - 30 phút và (6) - 15 phút

Dòng điện ăn mòn 30°C

Các thông số dòng điện ăn mòn, điện trở màng, tốc độ ăn mòn của vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano trong dung dịch dung dịch đo TNT 100 mg/l, độ pH=3, theo thời gian xử lý khác nhau (từ 15 phút, đến 120 phút) được thể hiện trên Hình 2.

Hình 3 thể hiện sự biến thiên của dòng ăn vào theo thời gian phản ứng của quá trình nội điện phân xử lý TNT.

Sau 90 phút tốc độ phản ứng chậm lại và đạt ổn định ở 120 phút với giá trị dòng điện ăn mòn đạt $3,605 \times 10^{-6}$ A. Như vậy, dòng điện ăn mòn trong phản ứng nội điện phân xử lý TNT với hệ vật liệu nội điện lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano có xu hướng giảm rất nhanh trong 90 phút đầu chứng tỏ quá trình anot hòa tan sắt bị giảm do bề mặt bị thụ động làm tăng điện trở phân cực hoặc do quá trình catot khử phân cực theo phản ứng (3) bị giảm do nồng độ TNT bị giảm.

Hiệu quả xử lý tại các nhiệt độ khác nhau 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C và 45°C. Kết quả ảnh hưởng của các nhiệt độ tới hiệu quả xử lý TNT được thể hiện trên Hình 4.

Hình 4 cho thấy, nhiệt độ càng cao thì tốc độ phản ứng càng nhanh và ngược lại. Tại thời điểm 90 phút các nhiệt độ 40°C, 45°C, việc xử lý TNT cho hiệu quả cao

nhất đạt 0,57 mg/l; 0,63 mg/l; tiếp đến là 30°C, 35°C đạt 1,67; 1,61 mg/l và cuối cùng là các nhiệt độ 20°C, 25°C chỉ đạt 5,31; 3,60 mg/l. Như vậy, rõ ràng là nhiệt độ càng cao thì tốc độ phản ứng càng nhanh, hiệu quả xử lý cao nhất là ở nhiệt độ 45°C và kém nhất là ở 20°C.

Theo Hình 4, giai đoạn từ 90 đến 120 phút thì tốc độ phản ứng chậm dần lại. Tại thời điểm này, nhiệt độ vẫn ảnh hưởng lớn tới hiệu quả xử lý. Đối với nhiệt độ ở 45°C thì nồng độ TNT đạt 0,21 mg/l trong khi đó nhiệt độ ở 20°C hiệu quả xử lý kém hơn và nồng độ chỉ đạt 2,64 mg/l. Tại thời điểm 120 phút thì ở nhiệt độ 45°C, TNT bị xử lý hoàn toàn với nồng độ TNT = 0 mg/l.

Hình 5 thể hiện sự phụ thuộc của nồng độ TNT được xử lý bằng vật liệu nội điện phân vào thời gian phản ứng tại các nhiệt độ khác nhau.

Dòng điện ăn mòn của vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano trong dung dịch chứa TNT 100 mg/l, độ pH=3, nhiệt độ 30°C được xác định bằng cách đo đường cong phân cực của sự phụ thuộc thế ăn mòn vào dòng điện dạng Tafel theo thời gian khác nhau (từ 15 phút đến 120 phút). Các giá trị thu được của thế ăn mòn E_{AM} : (-0,263; -0,500; -0,534; -0,652; -0,693) V, dòng điện ăn mòn i_{AM} : (7,785; 7,121; 4,112; 3,665; 3,605) $\times 10^{-6}$ A và điện trở phân cực R_p : (2,876; 3,148; 5,562; 6,125; 6,312) $\times 10^2 \Omega$ tương ứng với các thời gian phản ứng 15, 30, 60, 90 và 120 phút. Kết quả giá trị thế ăn mòn chuyển về phía âm hơn: -0,263 V đến -0,693 V, giá trị dòng điện ăn mòn giảm và điện trở phân cực tăng chứng tỏ hàm lượng TNT được phản ứng tạo ra dòng đã được giảm.

Phân tích nồng độ TNT trong dung dịch nước thải sau khi được xử lý

Nồng độ TNT trong dung dịch được phân tích bằng phương pháp HPLC trên thiết bị Agilen 7900 ICP-MS với cột Hypersil C18 + (200 $\times$ 4) mm và tỷ lệ phần trăm pha động MeOH/H₂O = 70/30 theo thể tích; tốc độ dòng chảy 0,8 ml/phút; áp suất 280 bar (28 Mpa). Kết quả sẽ cho thấy nồng độ TNT giảm nhanh theo thời gian và nhiệt độ tăng. Tại thời điểm 120 phút thì ở nhiệt độ 30°C, TNT bị xử lý hoàn toàn với nồng độ TNT = 0 mg/l.

Tối ưu hóa quy trình xử lý nước thải nhiễm TNT

Việc tối ưu hóa để lựa chọn các điều kiện phản ứng phù hợp với phản ứng là rất quan trọng, sẽ góp phần giảm thiểu số lượng thí nghiệm cần phải khảo sát và xác định được các giá trị tối ưu của các tham số quyết định đến hiệu quả xử lý.

Đề tài sử dụng phần mềm Design-Expert phiên bản 11 để tiến hành tối ưu hóa quy hoạch thực nghiệm quy hoạch bậc 2 Box-Behnken đối với các yếu tố độ pH, nhiệt độ, tốc độ lắc, thời gian phản ứng. Kết quả thực được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2: Mô hình thí nghiệm xử lý TNT

TT	Chạy thí nghiệm	A	B	C	D	Hiệu suất xử lý TNT (%)
1	22	-1	-1	0	0	93,41
2	21	+1	-1	0	0	94,31
3	13	-1	+1	0	0	93,93
4	25	+1	+1	0	0	95,79
5	20	0	0	-1	-1	72,16
6	1	0	0	+1	-1	89,56
7	29	0	0	-1	+1	98,29
8	9	0	0	+1	+1	96,76
9	14	-1	0	0	-1	81,07
10	15	+1	0	0	-1	83,05
11	28	-1	0	0	+1	99,47
12	8	+1	0	0	+1	99,42

13	6	0	-1	-1	0	89,26
14	23	0	+1	-1	0	90,26
15	27	0	-1	+1	0	89,23
16	3	0	+1	+1	0	97,06
17	18	-1	0	-1	0	88,27
18	19	+1	0	-1	0	92,05
19	11	-1	0	+1	0	97,47
20	17	+1	0	+1	0	96,45
21	4	0	-1	0	-1	80,96
22	10	0	+1	0	-1	82,36
23	5	0	-1	0	+1	99,16
24	16	0	+1	0	+1	99,50
25	24	0	0	0	0	93,15
26	7	0	0	0	0	93,16
27	2	0	0	0	0	93,14

Kiểm tra sự có nghĩa của mô hình và các hệ số được tiến hành bằng phương pháp phân tích hồi quy. Chuẩn F của mô hình được xác định là 51,25, cho thấy mô hình hoàn toàn có ý nghĩa với độ tin cậy

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Hiệu quả xử lý TNT được trình bày ở Bảng 1 cho thấy TNT bị phản ứng nội điện phân khi sử dụng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước

nano nên bị phân hủy rất nhanh. Sau 15 phút, nồng độ TNT chỉ còn 57,96 mg/l, tại 60 phút chỉ còn 3,23 mg/l và tại các thời điểm 90; 105 phút nồng độ TNT lần lượt còn lại 1,67 mg/l; 0,34 mg/l. Hiệu quả đạt được tại thời điểm 90, 105 và 120 phút lần lượt đạt được 98,3%; 99,66% và 100%. Màu của nước thải chứa TNT sau khi được xử lý được chuyển từ màu đen đậm sang màu trắng trong sau thời gian xử lý 90 phút được trình bày tại Hình 1.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ sau đây minh họa quy trình xử lý nước thải chứa TNT theo giải pháp hữu ích.

Điều kiện thực hiện quy trình như sau:

- Nồng độ TNT: 100 mg/l
- Lượng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano: 50 g/L
- Tính chất vật liệu nano lưỡng kim chứa Fe và Cu: kích thước 100 nm, hiệu điện thế giữa Fe và Cu $\Delta E^0 = 0,777$ V, dòng điện ăn mòn đạt $14,85 \times 10^{-6}$ A/cm² và tốc độ ăn mòn $8,187 \times 10^{-2}$ mm/năm
- Môi trường có độ pH=3
- Tốc độ lắc 120 vòng/phút
- Nhiệt độ 30°C
- Thực hiện phản ứng trong bình tam giác 500 ml
- Thời gian xử lý: 120 phút.

Quy trình xử lý nước thải chứa TNT theo giải pháp hữu ích bao gồm các bước sau:

Bước 1: Lấy 100 ml nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) với nồng độ 100 mg/l vào bình tam giác thủy tinh 500 ml, đậy kín bình này bằng màng nhôm.

Bước 2: Sử dụng axit H₂SO₄ đặc để điều chỉnh độ pH của nước thải đến 3 với lượng 0,05 ml H₂SO₄ dùng cho 100 ml nước thải chứa TNT. Kiểm tra giá trị độ pH bằng máy đo độ pH cầm tay có độ nhạy $\pm 0,1$.

Bước 3: Bổ sung 50 g vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có

kích thước hạt khoảng 100 nm vào bình tam giác nêu trên, dùng tay lắc nhẹ bình cho đều.

Bước 4: Cài đặt máy lắc ổn định nhiệt và theo dõi cho đến khi nhiệt độ đạt đến ổn định ở 30°C.

Bước 5: Tiến hành phản ứng nội điện phân để xử lý TNT bằng cách lắc liên tục ở 120 vòng/phút, nhiệt độ 30°C trong thời gian 120 phút.

Bước 6: Tiến hành lấy 5 ml mẫu bằng hút hút vi thể để phân tích nồng độ TNT và xác định giá trị độ pH với tần suất 15 phút/lần.

Bước 7: Kết thúc phản ứng tại thời điểm 120 phút, lấy 5 ml mẫu bằng hút hút vi thể để xác định nồng độ TNT còn lại.

Nồng độ TNT trong dung dịch mẫu được phân tích bằng phương pháp HPLC trên thiết bị Agilen 7900 ICP-MS với cột Hypersil C18 + (200 × 4) mm và tỷ lệ phần trăm pha động MeOH/H₂O = 70/30 theo thể tích; tốc độ dòng chảy 0,8 ml/phút; áp suất 280 bar (28 Mpa). Kết quả sẽ cho thấy nồng độ TNT giảm nhanh theo thời gian và nhiệt độ tăng. Tại thời điểm 120 phút thì ở nhiệt độ 30°C, TNT được xử lý hoàn toàn, tức là nồng độ TNT = 0 mg/l trong mẫu dung dịch nước thải đã được xử lý.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình xử lý nước thải chứa 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT) bằng vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano, trong đó nước thải có nồng độ TNT nhỏ hơn 100 mg/l, vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu có kích thước 100 nm và nồng độ 50 g/l, hiệu điện thế giữa Fe và Cu $\Delta E^0 = 0,777$ V trong dung dịch điện ly có độ pH=3, mật độ dòng điện ăn mòn đạt $14,85 \times 10^{-6}$ A/cm² và tốc độ ăn mòn $8,187 \times 10^{-2}$ mm/năm, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

lấy 100 ml nước thải chứa TNT với nồng độ nhỏ hơn 100 mg/l vào bình tam giác thủy tinh 500 ml, đậy bình kín bình này bằng màng nhôm;

sử dụng axit H₂SO₄ đặc để điều chỉnh độ pH của nước thải đến 3 với lượng là 0,05 ml H₂SO₄ dùng cho 100 ml nước thải chứa TNT, tiếp theo kiểm tra giá trị độ pH bằng máy đo độ pH cầm tay có độ nhạy $\pm 0,1$;

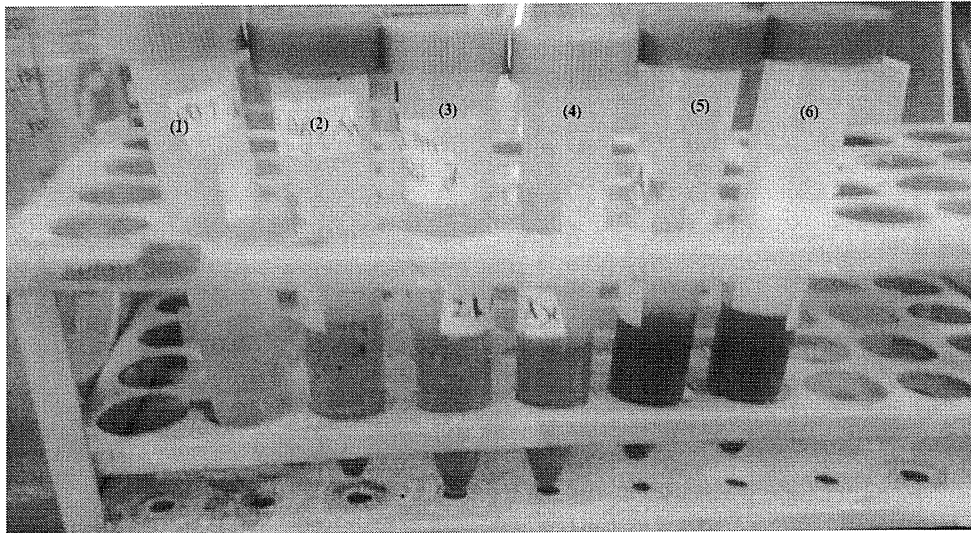
bổ sung 50 g vật liệu nội điện phân lưỡng kim chứa Fe và Cu kích thước nano có kích thước hạt khoảng 100 nm vào bình tam giác nêu trên, dùng tay lắc nhẹ bình cho đều;

cài đặt máy lắc ổn nhiệt và theo dõi khi nhiệt độ đạt ổn định ở 30°C;

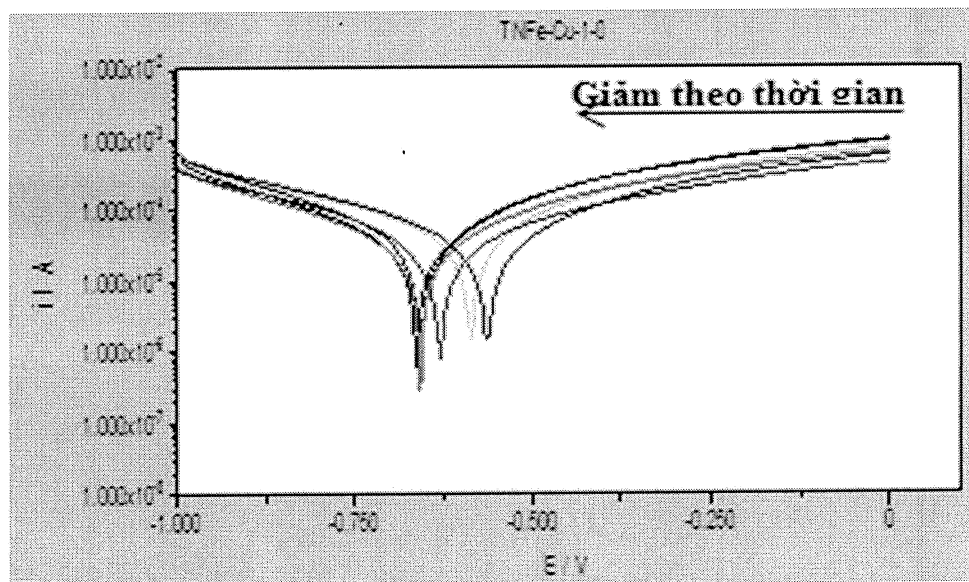
tiến hành phản ứng nội điện phân xử lý TNT bằng cách lắc liên tục ở 120 vòng/phút, nhiệt độ 30°C trong thời gian 120 phút;

tiến hành lấy 5 ml mẫu bằng ống hút vi thể để phân tích nồng độ TNT và xác định giá trị độ pH với tần suất 15 phút/lần;

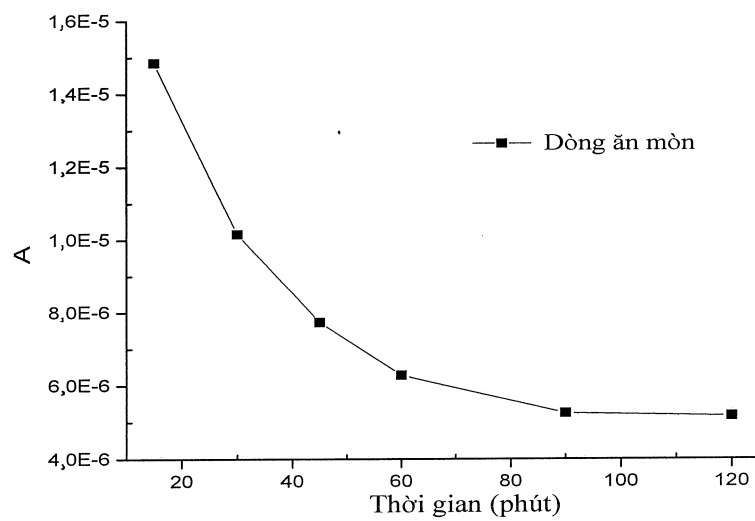
kết thúc phản ứng ở thời điểm 120 phút, lấy 5 ml mẫu bằng ống hút vi thể để xác định nồng độ TNT còn lại, kết quả thu được là nồng độ TNT = 0 mg/l trong mẫu dung dịch nước thải đã được xử lý.



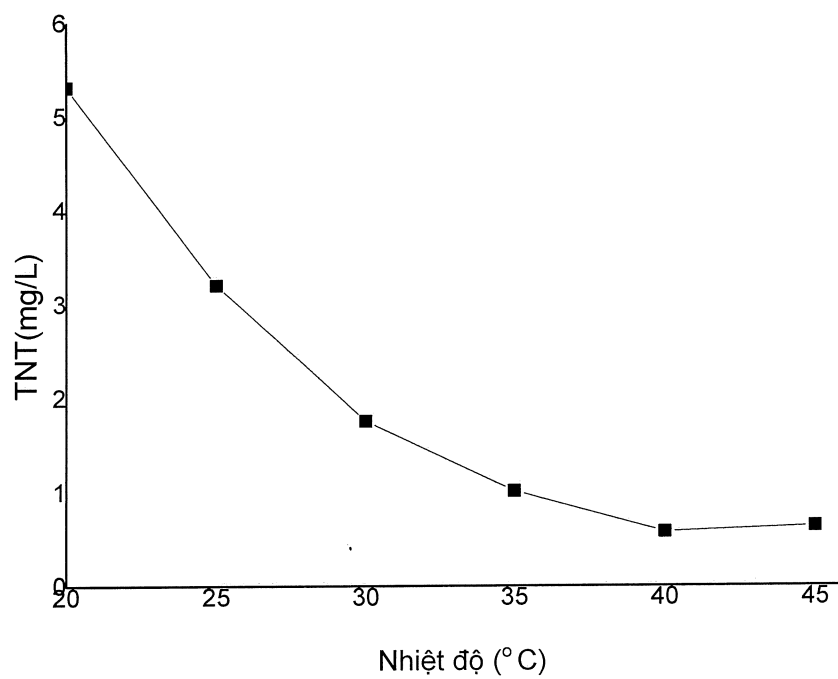
Hình 1



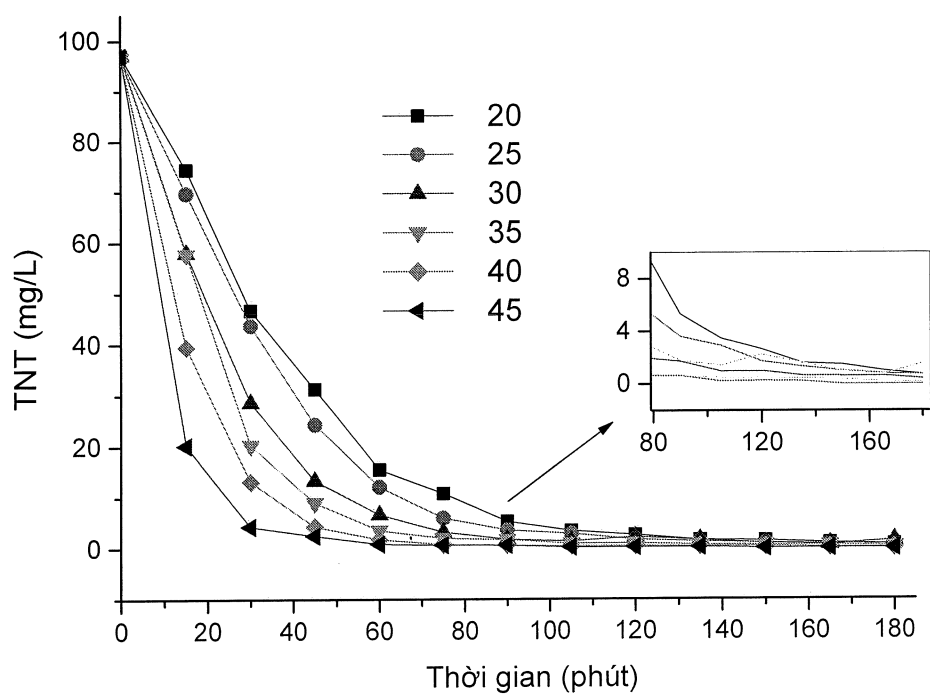
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5