

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ VẬN HÀNH ĐẾN HIỆU QUẢ KHỬ MÀU NƯỚC THẢI DỆT NHUỘM BẰNG KEO TỤ ĐIỆN HÓA

THE IMPACT OF OPERATING FACTORS ON EFFICIENCY OF COLOR TREATMENT FOR DYEED WASTE WATER BY USING ELECTROCHEMICAL FLOCCULATION

HUỖNH THỊ NGỌC HÂN(*), LÊ THỊ KIM OANH(**), DƯƠNG PHẠM HÙNG(***),
VÕ THUY ĐIỂM CHI(****), LÊ NGUYỄN QUANG THỊNH(****) và NGUYỄN QUỐC TUẤN(****)

TÓM TẮT: Trong nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý màu trong nước thải dệt nhuộm dây giày của Công ty Toàn Hùng bằng phương pháp keo tụ điện hóa dạng mẻ, sử dụng điện cực sắt đã được khảo sát, đánh giá. Kết quả cho thấy mật độ dòng điện, pH và thời gian phản ứng ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả xử lý màu. Độ dẫn điện ảnh hưởng không đáng kể nhưng ảnh hưởng trực tiếp đến năng lượng điện tiêu thụ. Hiệu quả xử lý màu đạt trên 90% khi vận hành với mật độ dòng điện 25A/m², pH trung tính, độ dẫn điện 2,5mS/cm và thời gian phản ứng 15 phút.

Từ khóa: keo tụ điện hóa; nước thải dệt nhuộm; điện cực sắt.

ABSTRACT: In this study, factors affecting the efficiency of color treatment for dyed waste water from dyeing shoelaces of Toan Hung Company by electrochemical flocculation using iron electrodes were investigated and evaluated. The results show that the current density, pH and reaction time significantly affect on the color removal efficiency. Electrical conductivity has an insignificantly effect but directly affects the power consumption. Color treatment efficiency reached over 90% when operating with a current density of 25A/m², neutral pH, conductivity 2.5mS/cm and a reaction time of 15 minutes.

Key words: electrochemical flocculation; dyeing wastewater; iron electrode.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành công nghiệp dệt nhuộm là một trong những ngành xuất khẩu chủ lực ở nước ta, ngành đã tạo ra công ăn việc làm cho hàng triệu lao động, mang lại giá trị xuất khẩu hàng chục tỷ đô la. Tuy nhiên, ngành dệt nhuộm lại là một trong những ngành gây ô nhiễm môi trường trầm trọng. Công nghiệp dệt nhuộm tiêu thụ một lượng lớn nước, trung bình khoảng 200 tấn nước/tấn sản phẩm [13]. Do đó, một lượng lớn nước thải chứa nhiều chất ô nhiễm độc hại với nồng độ cao cũng được thải ra từ ngành

này. Theo World Bank, nước thải dệt nhuộm đóng góp 17–20% tổng lượng nước thải của toàn thế giới [10]. Chất ô nhiễm được quan tâm nhất trong nước thải dệt nhuộm là thuốc nhuộm, một phần thuốc nhuộm không bắt vải sẽ trôi theo nước thải ra ngoài, lượng thuốc nhuộm này ít hay nhiều tùy thuộc vào tỷ lệ bắt vải của từng loại thuốc nhuộm, tỷ lệ thuốc nhuộm không bắt vải phụ thuộc vào loại vải và loại thuốc nhuộm. Ước tính có khoảng 200.000 tấn thuốc nhuộm thải ra môi trường mỗi năm [11].

(*) TS. Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh, han.htn_mt@hcmunre.edu.vn

(**) PGS.TS. Trường Đại học Văn Lang, lethikimoanh@vanlanguni.edu.vn

(***) ThS. Trường Đại học Văn Lang, duongphamhung@vanlanguni.edu.vn

(****) KS. Trường Đại học Văn Lang, Mã số: TCKH21-29-2020

Nhóm azo và các amin thơm trong cấu tạo phân tử của thuốc nhuộm là nguyên nhân chính gây bệnh. 40% thuốc nhuộm trên thế giới chứa hợp chất gây ung thư [10]. Chúng xâm nhập vào cơ thể qua con đường tiêu hóa, hô hấp, da... Ung thư gan, bàng quang, đại tràng là những bệnh phổ biến có nguy cơ mắc phải do các amin thơm trong thuốc nhuộm giải phóng ra ngoài [11]. Ngoài ra, nhiều nghiên cứu khác cho thấy các chất hữu cơ trong nước thải dệt nhuộm có thể gây dị ứng, đột biến, gây hại cho thai nhi và bệnh methemoglobinemia [1], [4], [5], [10]. Hiện nay, có nhiều phương pháp loại bỏ thuốc nhuộm cùng màu của chúng ra khỏi nước thải hiệu quả như keo tụ tạo bông, hấp phụ, fenton, keo tụ điện hóa... Keo tụ tạo bông, hấp phụ và fenton có hiệu quả xử lý thuốc nhuộm cao nhưng chi phí vận hành lớn, phát sinh nhiều chất thải nguy hại thứ cấp... Riêng keo tụ điện hóa là phương pháp mới có hiệu quả xử lý thuốc nhuộm cao nhưng chưa được áp dụng thực tế tại các hệ thống xử lý nước thải dệt nhuộm ở Việt Nam. Phương pháp này khắc phục được các nhược điểm của những phương pháp khác. Các nghiên cứu trước đây trên thế giới cho thấy keo tụ điện hóa có hiệu quả xử lý màu thuốc nhuộm cao, sinh ra ít bùn, dễ vận hành [2], [3], [6], [7], [8], [9], [12], [13], [14], [15], [16]. Trong bài viết này, kết quả cho thấy hiệu quả xử lý độ màu cũng như thuốc nhuộm phụ thuộc vào các yếu tố vận hành như mật độ dòng điện, pH, thời gian phản ứng, độ dẫn điện. Các yếu tố này sẽ thay đổi theo loại thuốc nhuộm sử dụng hoặc loại nước thải. Do đó, để có thể áp dụng hiệu quả phương pháp này vào hệ thống xử lý nước thải dệt nhuộm tại nhà máy sản xuất dây giày Toàn Hùng, ảnh hưởng của các yếu tố vận hành cần thiết phải được nghiên cứu.

2. NỘI DUNG – THÍ NGHIỆM

2.1. Nước thải đầu vào

Nước thải đầu vào được lấy trực tiếp từ bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải hiện hữu tại Công ty Toàn Hùng. Nước thải thường được lấy vào cuối buổi sáng hoặc cuối buổi chiều, thời điểm nhà máy đang hoạt động ổn định.

2.2. Thiết bị, dụng cụ và hóa chất

2.2.1. Thiết bị

Máy cấp điện một chiều DC Power Supply, model QJ3010E, với hiệu điện thế đầu ra tối đa là 30V và cường độ dòng điện 10A; Máy đo pH Hanna, model HI98107 pHep®; Máy đo dẫn điện Hanna mã số HI98304 DiST® 4; Máy khuấy từ không gia nhiệt VELP; Máy so màu đo các chỉ tiêu nước Aqualytic AL450.

2.2.2. Dụng cụ

Thùng chứa nước thải có thiết bị gia nhiệt. Các dụng cụ như: Cốc 500 ml, nhiệt kế, pipet, ống lắng ly tâm... và một số dụng cụ khác trong phòng thí nghiệm phục vụ cho thí nghiệm và phân tích.

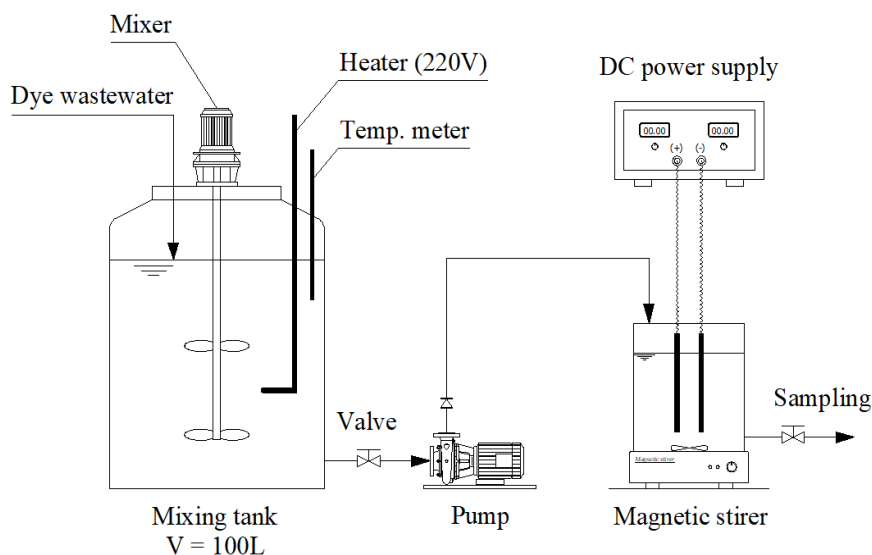
2.2.3. Hóa chất

H₂SO₄ 1N và NaOH 1N được sử dụng để điều chỉnh pH. Độ dẫn điện được điều chỉnh bằng muối NaCl 99%.

2.3. Quy trình thí nghiệm

2.3.1. Mô hình thí nghiệm

Thí nghiệm xử lý được tiến hành dạng mẻ. Mô hình thí nghiệm gồm bể phản ứng hình hộp chữ nhật có thể tích 10 L làm bằng vật liệu polyacrylic (200 mm x 200 mm x 250 mm), 02 tấm điện cực sắt, mỗi tấm có diện tích 200 mm x 200 mm, đặt song song với khoảng cách 2,5 cm. Dòng điện một chiều sẽ cấp trực tiếp vào 02 tấm điện cực nhờ máy cấp điện 1 chiều (DC power supply). Hiệu điện thế và cường độ dòng điện có thể điều chỉnh và hiển thị trên máy.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm keo tụ điện hóa vận hành theo mẻ

2.3.2. Cách bố trí thí nghiệm

Tất cả các thí nghiệm đều được thực hiện theo quy trình trình bày tại hình 1. Cho 8 lít nước thải dệt nhuộm sau khi gia nhiệt 36°C (tương đương với nhiệt độ nước thải thật sau tahap giải nhiệt) vào mô hình phản ứng, bật công tắc cho máy khuấy từ hoạt động ở tốc độ khoảng 100 vòng/phút để tăng độ xáo trộn và đồng đều của nước thải trong quá trình phản ứng. Các yếu tố vận hành được khảo sát như sau:

Thí nghiệm 1: Khảo sát ảnh hưởng của của mật độ dòng điện: Khảo sát với mật độ dòng điện thay đổi lần lượt từ $8,35\text{A/m}^2$, $12,5\text{A/m}^2$, $16,7\text{A/m}^2$, $20,8\text{A/m}^2$, 25A/m^2 và $33,3\text{A/m}^2$. Trong điều kiện đồng đều là pH trung tính, độ dẫn điện $2,5\text{mS/cm}$ và thời gian phản ứng 20 phút.

Thí nghiệm 2: Khảo sát ảnh hưởng của độ pH

Thí nghiệm được tiến hành với pH thay đổi từ 3 đến 9 (bước nhảy bằng 1). Trong điều kiện đồng đều lần lượt là mật độ dòng điện 25A/m^2 , độ dẫn điện $2,5\text{mS/cm}$ và thời gian phản ứng 20 phút.

Thí nghiệm 3: Khảo sát ảnh hưởng của độ dẫn điện: Thí nghiệm được tiến hành với độ dẫn điện được điều chỉnh từ $1,5\text{mS/cm}$ đến $3,0\text{mS/cm}$ (bước nhảy bằng $0,5\text{mS/cm}$). Trong

điều kiện đồng đều pH=7, mật độ dòng điện 25A/m^2 , thời gian phản ứng sau 20 phút.

Thí nghiệm 4: Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng: Thí nghiệm tiến hành với thời gian thay đổi từ 5 phút đến 35 phút (bước nhảy bằng 5 phút). Trong cùng điều kiện đồng đều với mật độ dòng điện 25A/m^2 , pH=7, độ dẫn điện $2,5\text{mS/cm}$. Tất cả các thí nghiệm trên đều được nhắc lại 3 lần và được vận hành trên thiết bị đã mô tả ở trên. Sau thời gian phản ứng, các mẫu được lấy ra và tách cặn bằng cách lắng 60 phút, lọc qua giấy lọc loại bỏ cặn nhỏ khó lắng. Nước thải trước và sau xử lý được lấy mẫu và phân tích độ màu để xác định hiệu suất xử lý. pH và độ dẫn điện được điều chỉnh bằng $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}$ 1N và NaCl. Các thông số này được theo dõi trước và sau xử lý tại mỗi thí nghiệm.

2.3.3. Công thức tính toán

Hiệu suất xử lý được tính toán dựa trên công thức sau:

$$H(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

Trong đó: C_0 và C là độ màu trước và sau xử lý, Pt-Co

Giá trị mật độ dòng điện tính theo công thức sau:

$$CD = \frac{I}{S}$$

Trong đó: CD là mật độ dòng điện, A/m². I là cường độ dòng điện, A. S là tổng diện tích bề mặt của điện cực, m².

2.3.4. Phân tích số liệu

Kết quả thu thập được từ thí nghiệm sẽ được tính toán và tiến hành phân tích thống kê bằng công cụ ANOVA với mức ý nghĩa 5%.

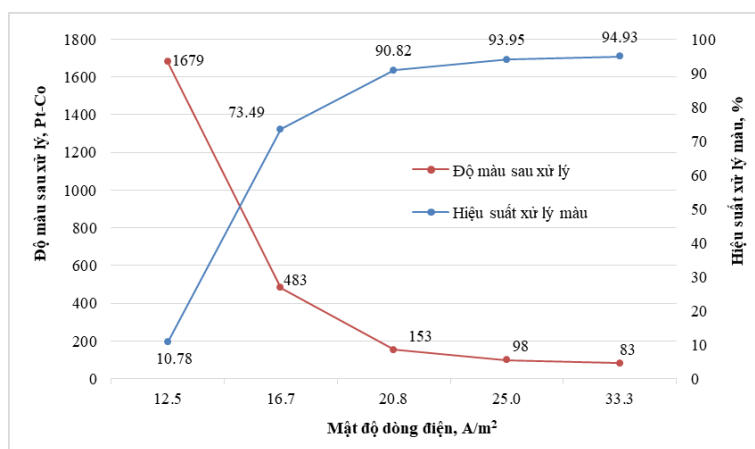
3. KẾT QUẢ

3.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của mật độ dòng điện

Mật độ dòng điện là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lượng ion sắt tan vào nước. Do đó, mật độ dòng điện ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý và điện năng tiêu thụ. Nghiên cứu được tiến hành với mật độ dòng điện thay đổi lần lượt từ 8,35A/m², 12,5A/m², 16,7A/m², 20,8A/m², 25A/m² và 33,3A/m²; pH trung tính, độ dẫn điện 2,5mS/cm và thời gian phản ứng 20 phút. Kết quả khảo sát cho thấy, mật độ dòng điện ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả xử

lý. Giá trị P trong phân tích Anova là 0,000749 <<0,05. Với mật độ dòng điện 8,35A/m², sau 20 phút phản ứng lượng ion sắt và OH⁻ tạo ra chưa đủ để quá trình keo tụ tạo bông diễn ra. Hiệu quả xử lý màu tăng nhanh từ 10,78% lên 90,8% khi tăng mật độ dòng điện từ 12,5A/m² lên 20,8A/m² và đạt xấp xỉ 94% khi mật độ dòng điện tăng lên 25A/m². Sau đó, hiệu quả xử lý màu tăng không đáng kể, khoảng 1% khi tiếp tục tăng mật độ dòng điện lên 33,3A/m² (hình 2). Điều này cho thấy, quá trình keo tụ điện hóa đã đạt đến mức bão hòa, lượng ion sắt hòa tan đã đủ cho quá trình keo tụ tạo bông diễn ra với kết quả tốt nhất. Khi tiếp tục tăng mật độ dòng điện, hiệu suất xử lý có xu hướng giảm nhẹ do ion sắt dư tạo màu vàng của oxit sắt III làm tăng độ màu.

Mật độ dòng điện có liên quan mật thiết đến điện năng tiêu thụ. Mật độ dòng điện tăng sẽ dẫn đến điện năng tiêu thụ tăng. Trong trường hợp này, sau khi cân nhắc giữa hiệu suất xử lý và điện năng tiêu thụ, mật độ dòng điện hợp lý được chọn là 25A/m².



Hình 2. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả xử lý

3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH

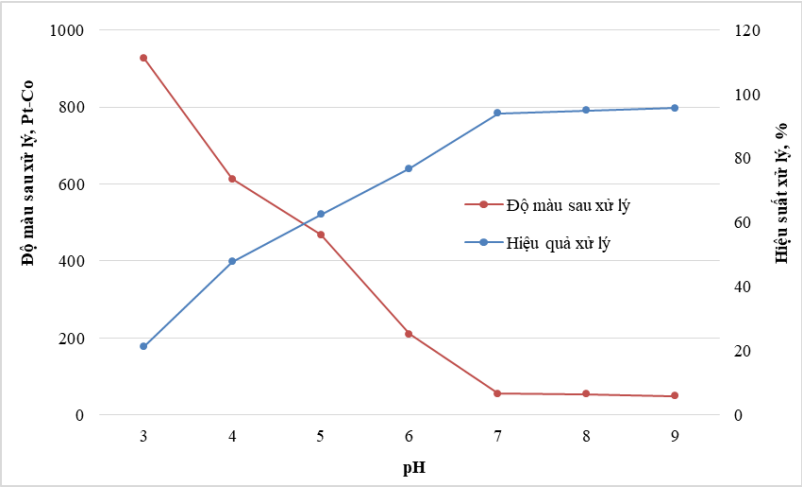
pH là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý màu của quá trình keo tụ điện hóa. Ngoài ra, pH còn ảnh hưởng lớn đến lượng hóa chất sử dụng trong quá trình xử lý từ việc điều chỉnh pH trước và sau xử lý cho phù hợp với

công trình xử lý phía sau hoặc quy định xả thải. Để đánh giá ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý, các thí nghiệm được tiến hành với pH thay đổi từ 3 đến 9. Mật độ dòng điện, độ dẫn điện và thời gian phản ứng cố định lần lượt là 25A/m², 2,5mS/cm và 20 phút. Kết quả phân tích

ANOVA cho thấy, sự thay đổi pH ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất xử lý màu ($P = 2,2 \times 10^{-7} < 0,05$). Từ đồ thị hình 3 cho thấy, hiệu suất xử lý màu tăng mạnh từ 21,36% lên 94,07% khi pH tăng từ 3 lên 7. Sau đó, hiệu suất xử lý tăng chậm và đạt 95,59% khi pH tăng từ 7 lên 9. Ở pH thấp, lượng OH⁻ sinh ra từ quá trình điện hóa bị tiêu thụ bởi các ion H⁺ dẫn đến không đủ ion OH⁻ cho quá trình hình thành các hydroxit sắt.

Do đó hiệu suất xử lý thấp. Khi tăng pH, ion OH⁻ trong nước tăng thúc đẩy quá trình keo tụ tạo bông diễn ra tốt hơn.

Như vậy, hiệu suất xử lý tăng không đáng kể khi pH tăng từ 7 lên 9. Với đặc trưng pH của nước thải đầu tại Công ty Toàn Hùng dao động từ 6,58–7,21, khi áp dụng keo tụ điện hóa vào xử lý không cần điều chỉnh pH đầu vào pH đầu ra nằm trong khoảng 7–8,5.

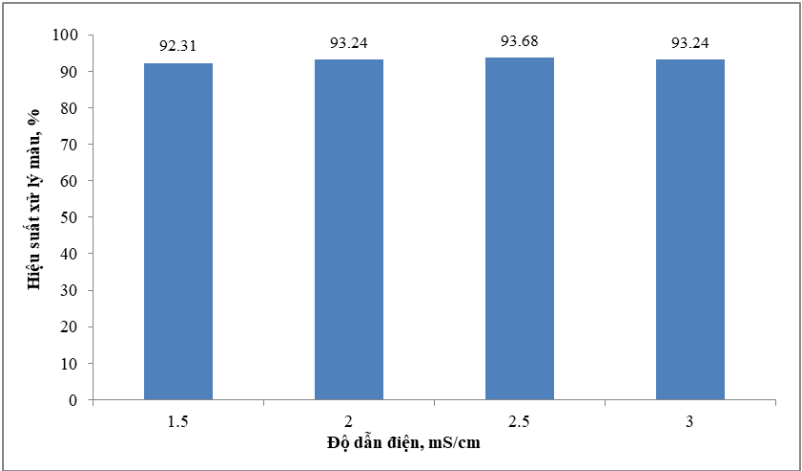


Hình 3. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý màu

3.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của độ dẫn điện

Độ dẫn điện có ảnh hưởng trực tiếp đến cường độ dòng điện và hiệu điện thế đi qua điện cực. Ngoài ra, độ dẫn điện có thể ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý thông qua cơ chế gián tiếp tạo ra chất oxi hóa Cl₂, HOCl, OCl-

tùy theo pH. Các chất này sẽ oxi hóa thuốc nhuộm, giúp tăng hiệu suất loại bỏ màu. Kết quả khảo sát cho thấy hiệu suất xử lý màu gần như không bị ảnh hưởng, đạt 93,12±0,49% (hình 4.3). Kết quả phân tích ANOVA cũng cho thấy sự thay đổi độ dẫn điện không ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý ($P = 0,119$).



Hình 4. Hiệu suất xử lý màu ứng với các độ dẫn điện khác nhau

Mặc dù kết quả khảo sát cho thấy độ dẫn điện ảnh hưởng không đáng kể đến hiệu quả xử lý nhưng độ dẫn điện ảnh hưởng trực tiếp đến điện năng tiêu thụ. Với cùng một cường độ dòng điện, hiệu điện thế đi qua tỷ lệ nghịch với độ dẫn điện. Phương trình hồi quy tuyến tính giữa hiệu điện thế và độ dẫn điện được tìm ra như sau:

$$Y = -2,234X + 16,878, R^2 = 0,9967$$

Độ dẫn điện càng cao sẽ giúp tiết kiệm được năng lượng tiêu thụ. Trong trường hợp này, độ dẫn điện 2,5 mS/cm được lựa chọn.

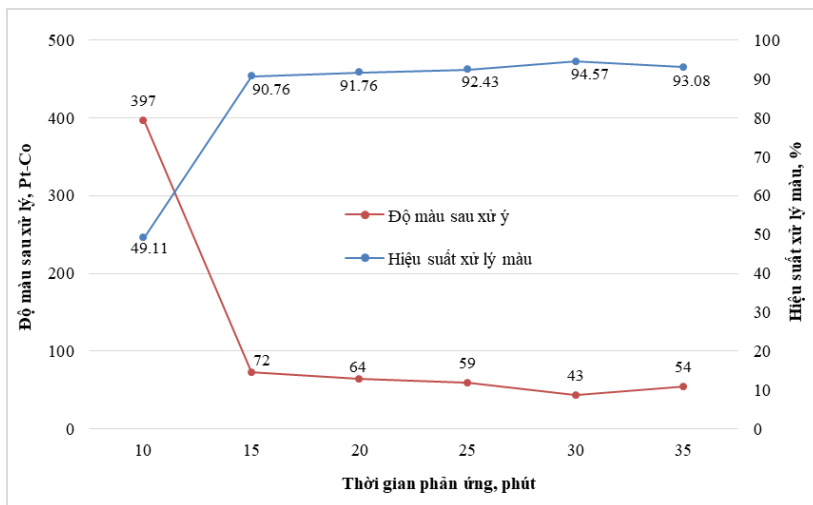
3.4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng

Kết quả cho thấy, 5 phút phản ứng không đủ lượng ion sắt hòa tan để quá trình keo tụ tạo bông diễn ra. Hiệu suất xử lý màu tăng nhanh khi thời gian phản ứng tăng lên 10 phút, đạt 49,11% và 15 phút, đạt 90,76%. Sau đó, hiệu suất tăng chậm dần,

đạt 94,57% ứng với 30 phút phản ứng và có xu hướng giảm, còn 93,08%, khi thời gian phản ứng tăng đến 35 phút (hình 5). Kết quả này cho thấy, lượng ion sắt hòa tan trong 30 phút đã đủ cho quá trình keo tụ tạo bông diễn ra tốt nhất. Khi tăng thêm thời gian phản ứng, ion sắt hòa tan trong nước dư, làm tăng độ màu của nước sau xử lý.

pH của nước sau xử lý tăng theo thời gian phản ứng do ion OH^- sinh ra tại Cathode tăng. pH của nước sau xử lý nằm trong giới hạn cho phép xả thải khi thời gian phản ứng đến 25 phút. Nếu tăng thời gian phản ứng lên trên 25 phút cần phải điều chỉnh pH trước khi xả thải.

Thời gian phản ứng càng tăng, điện năng tiêu thụ càng nhiều. Dựa trên hiệu suất xử lý, pH sau xử lý và điện năng tiêu thụ, thời gian phản ứng thích hợp đối với nước thải của Doanh nghiệp tư nhân Toàn Hùng khoảng 15 phút.



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu quả xử lý màu

4. KẾT LUẬN

Bài viết đánh giá được ảnh hưởng của mật độ dòng điện, pH, độ dẫn điện và thời gian phản ứng đến hiệu quả xử lý màu trong nước thải dệt nhuộm dây giầy tại Công ty Toàn Hùng bằng phương pháp keo tụ điện hóa sử dụng điện cực sắt dạng tấm. Kết quả cho thấy mật độ dòng điện, pH, thời gian phản ứng ảnh hưởng

đáng kể đến hiệu quả xử lý màu. Riêng độ dẫn điện ảnh hưởng không đáng kể. Điều kiện vận hành tốt nhất khi áp dụng keo tụ điện hóa xử lý màu trong nước thải dệt nhuộm dây giầy tại công ty là mật độ dòng điện 25A/m^2 , pH trung tính, độ dẫn điện $2500\mu\text{S/cm}$, thời gian phản ứng 5 phút. Hiệu quả xử lý màu đạt trên 90% khi vận hành ở điều kiện tối ưu trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Akarslana et al., (2015), *Effects of textile materials harmful to human health*.
- [2] Aleboyeh, A., et al, (2008), *Optimization of C. I. Acid Red 14 azo dye removal by electrocoagulation batch process with response surface methodology*. Chem. Eng. Process.
- [3] Daneshvar, N., et al, (2007), *Decolorization of C.I. Acid Yellow 23 solution by electrocoagulation process: Investigation of operational parameters and evaluation of specific electrical energy consumption (SEEC)*, J. Hazard. Mater.
- [4] Danish EPA (1999), *Toxicity and Fate of Azo dyes*.
- [5] J.F. Esancy et al., (1990), *The effect of alkoxy substituents on the mutagenicity of some aminoazobenzene dyes and their reductive cleavage products*. Mutation Research, 238.
- [6] Kashefialasl, M., et al, (2006), *Treatment of dye solution containing colored index acid yellow 36 by electrocoagulation using iron electrodes*. Int. J. Environ, Sci. Technol. 2 (4).
- [7] Khandegar, V., et al, (2013), *Electrochemical treatment of effluent from small scale dyeing unit*, Indian Chem. Eng. 55 (2).
- [8] Khandegar, V., Anil K. Saroha (2013), *Electrocoagulation for treatment of textile industry effluent – A review*. Journal of Environmental Management 128.
- [9] Korbahti, B.K., et al, (2011), *Electrochemical decolorization of textile dyes and removal of metal ions from textile dye and metal ion binary mixtures*, Chem. Eng. J. 173 (3).
- [10] O Ecotextiles (2008), *Textile industry poses environmental hazards*.
- [11] Parliament office of science & technology (2014), *The environmental, health and economic impacts of textile azo dyes*.
- [12] Parsa et al, (2011), *Removal of Acid Brown 14 in aqueous media by electrocoagulation: optimization parameters and minimizing of energy consumption*, Desalination 278 (1–3).
- [13] Randolph Kirchain et al.,(2015), *Sustainable Apparel Materials*, Materials Systems Labotary, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- [14] Satish.I. Chaturvedi (2013), *Electrocoagulation: A novel waste water treatment method*, International Journal of Modern Engineering Research, Vol. 3, Issue 1.
- [15] Yang, C.L., et al., (2005), *Electrochemical coagulation for textile effluent decolorization*. J. Hazard. Mater. B127 (1 – 3).
- [16] Yuksel, E., et al., (2013), *Electrochemical treatment of colour index Reactive Orange 84 and textile wastewater by using stainless steel and iron electrodes*, Environ. Prog. Sust. Energy 32 (1).

Ngày nhận bài: 05-12-2019. Ngày biên tập xong: 14-4-2020. Duyệt đăng: 26-5-2020