

HIỆU ỨNG ỨC CHẾ CỦA CAO CHIẾT LÁ CÂY RAU NGÓT ĐẾN ĂN MÒN THÉP CACBON TRONG MÔI TRƯỜNG HCL 0.1M

Hà Tuấn Anh⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 26/06/2020; Ngày gửi phản biện 28/06/2020; Chấp nhận đăng 28/07/2020

Liên hệ email: anhht@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2020.04.053>

Tóm tắt

Thép cacbon là một trong những hợp kim quan trọng của sắt, có nhiều ứng dụng công nghiệp và kỹ thuật vì tính chất cơ học tuyệt vời của nó. Mặc dù thép cacbon có ứng dụng rộng rãi, nhưng nó rất dễ bị ăn mòn do tính không ổn định nhiệt động của nó. Việc sử dụng các chất ức chế là một trong những phương pháp thiết thực nhất để bảo vệ chống ăn mòn, đặc biệt là trong các dung dịch axit để ngăn chặn sự hòa tan kim loại. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp điện hóa và phương pháp phân tích bề mặt bằng kính hiển vi quét (SEM) để nghiên cứu khả năng ức chế ăn mòn thép trong môi trường axit clohidric 0,1M của cao chiết lá rau ngót. Phương pháp phân tích điện hóa cho thấy hiệu suất ức chế cao nhất đạt 93,2% khi nồng độ chất ức chế là 1500ppm. Phân tích bề mặt bằng kính hiển vi điện tử quét cho thấy bề mặt thép bị ăn mòn nghiêm trọng khi dung dịch ăn mòn không có chất ức chế, nhưng ít bị ăn mòn hơn trên khi có thêm chất ức chế. Như vậy cao lá rau ngót là một chất ức chế ăn mòn rất tốt cho thép cacbon trong môi trường axit HCl 0,1M.

Từ khóa: bề mặt, cao lá rau ngót, điện hóa, thép cacbon, ức chế ăn mòn

Abstract

CORROSION INHIBITION EFFECT OF LEAF EXTRACT FROM SAUROPUS ANDROGYNUS (L) MERR ON CARBON STEEL IN 0,1M HCL ENVIRONMENT

Carbon steel is one of the important alloys of iron which has numerous industrial and engineering applications because of its excellent mechanical properties. Even though carbon steel has wide applications, it is very much susceptible to corrosion due to its thermodynamic instability. The use of inhibitors is one of the most practical methods for protection against corrosion especially in acid solutions to prevent metal dissolution... In this study, the effect of extract of Sauropus androgynus (L) Merr leaf on carbon steel in 0.1M naturally-aerated HCl solution was studied as a potential corrosion inhibitor using electrochemical techniques and surface analyses by scanning electron microscopy (SEM). The highest inhibition efficiency of Sauropus androgynus (L.) Merr leaf extract (93,2%) was documented at 1500ppm using electrochemical tests. Surface analysis by scanning electron microscopy indicated that a severe corrosion was

*observed on the steel surface exposed to solution without inhibitor addition, but less corrosion was observed on the steel surfaces exposed to the inhibited systems. So *Sauropus androgynus* (L.) Merr leaf extract is a very good corrosion inhibitor for carbon steel in 0,1M HCl environment.*

1. Giới thiệu

Kim loại là một trong những vật liệu được sử dụng phổ biến nhất trong công nghiệp vì nó mang một số ưu điểm hơn hẳn các vật liệu khác. Do đó, kim loại được áp dụng phổ biến trong chế tạo các thiết bị, máy móc công nghiệp như dùng các cấu kiện, máy móc trong các ngành cơ khí chế tạo máy, công nghiệp năng lượng, công nghiệp quốc phòng, chế tạo vũ khí, công nghiệp hàng không, công nghiệp dầu khí (Dugstad và nnk., 1994). Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm, kim loại vẫn tồn tại một số khuyết điểm cần lưu ý và khắc phục, đó chính là sự ăn mòn. Sự ăn mòn ảnh hưởng đến tính chất của vật liệu, làm giảm chất lượng, giảm thời gian hoạt động của các thiết bị, cấu kiện máy móc. Điều này gây ra những tổn thất lớn đối với nền kinh tế của các quốc gia, đặc biệt ở các nước có nền công nghiệp đang phát triển như Việt Nam.

Trong các kim loại, thép cacbon được sử dụng rộng rãi bởi tính kinh tế và tính chất cơ tính tốt. Thép cacbon có mặt khắp trong tất cả các ngành và đồng thời nó cũng rất quen thuộc trong cuộc sống hằng ngày của con người (Dugstad và nnk., 1994). Tuy nhiên, trong những môi trường khắc nghiệt như môi trường axit, thép cacbon rất dễ bị hư hỏng bởi quá trình ăn mòn. Vì vậy, nó cần được bảo vệ trong quá trình sử dụng, ví dụ như bổ sung các thành phần hợp kim, lớp phủ sơn, xử lý nhiệt hoặc sử dụng chất ức chế ăn mòn (Ali và nnk., 2008; Joncoux – Chabrol và nnk., 2012; Kim và nnk., 2011; Laco và nnk., 2005; Monticelli và nnk., 2002; Nam và nnk., 2010; Sinko, 2001). Trong các phương pháp trên, một trong những phương pháp tiết kiệm và linh hoạt nhất để kiểm soát ăn mòn là sử dụng chất ức chế ăn mòn bởi tính kinh tế và không làm gián đoạn quá trình. Chống ăn mòn kim loại là một lĩnh vực thu hút sự quan tâm của hầu hết mọi quốc gia trên thế giới, đặc biệt là các quốc gia có nền công nghiệp phát triển. Theo đánh giá hàng năm của cơ quan phát triển Liên Hiệp Quốc (UNDP), ăn mòn kim loại làm tổn thất khá lớn đối với nền kinh tế quốc dân và chiếm tới 3% tổng sản phẩm quốc gia (GNP) (Sastri, 2015; Sharma, 2014). Có nhiều phương pháp để chống ăn mòn kim loại, trong đó việc sử dụng các chất ức chế như cromat, photphat, nitrit cũng đã mang lại hiệu quả đáng kể. Các thế hệ chất ức chế hữu cơ tổng hợp cũng được báo cáo bởi tính chất ức chế tốt. Tuy nhiên, các chất ức chế này thường gây ô nhiễm môi trường (Maji, 1982; McCafferty, 1979; McCafferty, 1989). Do đó, cần có những nghiên cứu tập trung vào phát triển các chất ức chế ăn mòn có nguồn gốc tự nhiên.

Đến nay đã có một vài nghiên cứu sử dụng cao chiết làm chất ức chế ăn mòn như *Acalypha torta*, *Aniba rosaeodora*, *Salvia officinalis*, *Ginkgo*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cassia italica*, *Artemisia sieberi*, *Carthamus tinctorius*, *Nicotiana tabacum* (Otaibi và nnk, 2014; Chevalier, 2014; Deng và nnk, 2012; Hang, 2012; Krishnegowda và nnk,

2013; Olasehinde và nnk, 2013; Soltani và nnk, 2012). Những nghiên cứu đã chỉ ra những loài cây trên đều chứa rất nhiều những nhóm hợp chất alkaloid, flavonoid, polyphenol và rất nhiều những nhóm chất hữu cơ khác, những hợp chất này được cấu tạo từ những nguyên tố có hiệu độ âm điện cao như nitrogen (N), oxygen (O), photpho (P) và những nhóm vòng thơm tích điện và các liên kết, mang hiệu quả chống ăn mòn thông qua sự hình thành lớp bảo vệ trên bề mặt thép, ngăn cản sự tấn công của các tác nhân ăn mòn cũng như sự hòa tan kim loại. Bên cạnh đó, những chiết xuất thực vật này có rất nhiều trong tự nhiên, giá thành thấp, thân thiện với môi trường.

Rau ngót (*Sauropus androgynus* (L) Merr) là loại cây được trồng phổ biến ở vùng nhiệt đới châu Á để làm thức ăn trong các bữa ăn hằng ngày và thuốc uống. Ẩm thực Việt Nam dùng rau ngót nấu canh với thịt băm, hoặc có khi chỉ nấu súp vì rau có sẵn vị ngọt. Theo Đông y, lá rau ngót có vị bùi ngọt, tính mát, rễ vị hơi ngấm đắng. Cả lá và rễ đều có tác dụng mát huyết, hoạt huyết, lợi tiểu, giải độc. Lá rau ngót chữa ban sởi, ho, viêm phổi, sốt cao, đái rắt, tiêu độc (Ilevbare và nnk, 2003).

Thành phần hóa học có trong rau ngót có 5,3% protein, 3,4% glucide, 2,4% trong đó chủ yếu là canxi (16,9%), photpho (64,5%), vitamin C (1%). Rau ngót có nhiều axit amin cần thiết, trong 100g rau ngót có 0,16g lysin, 0,13g metionin, 0,05g triptophan, 0,25g phenylalanin, 0,34g treonin, 0,017g valin, 0,24g leucin và 0,17g isoleucine (Basker, 2012). Như vậy trong lá rau ngót có chứa các hợp chất được cấu tạo từ các nguyên tử O, N, P có độ âm điện cao được dự đoán có khả năng sử dụng làm chất ức chế ăn mòn. Chính vì vậy, cao chiết lá rau ngót *Sauropus androgynus* (L) Merr được kỳ vọng là một chất ức chế ăn mòn mới, xanh, thân thiện với môi trường. Trong bài báo này chúng tôi sử dụng cao lá rau Ngót để đánh giá khả năng ức chế ăn mòn đối với thép cacbon trong môi trường HCl 0,1M.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất: Các hóa chất chính được sử dụng trong nghiên cứu là các hóa chất tinh khiết của Merck (Đức): HCl 37% và Việt Nam: C₂H₅OH 99,5⁰, CH₃COOC₂H₅ 50%.

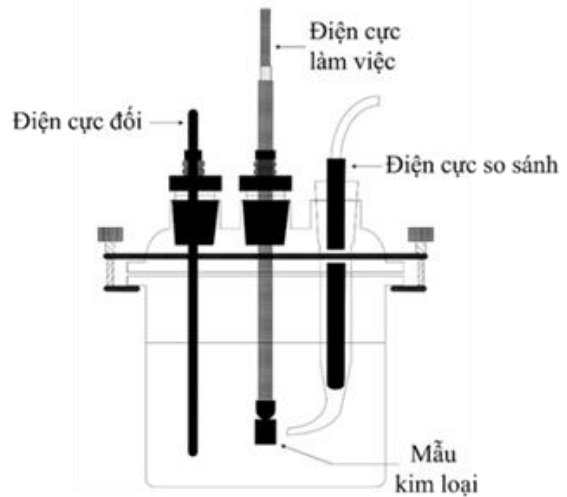
2.2. Chuẩn bị mẫu và dung dịch đo

Chất nền: Chất nền là thép AS1020 được gia công với kích thước 10×10×3mm. Mẫu thép được sử dụng cho phân tích ăn mòn được mài bằng giấy mài có độ nhám 180, 600 và 1200 grit. Mẫu điện cực làm việc (working electrode) được sử dụng cho các phân tích điện hóa được đúc khuôn bằng hỗn hợp Epofix resin + hardener với tỉ lệ khối lượng 17:1. Diện tích bề mặt tiếp xúc của điện cực làm việc với dung dịch là 1cm².

Chất ức chế cao lá rau Ngót và dung dịch ăn mòn có chứa chất ức chế: Lá rau ngót rửa sạch, phơi khô dưới ánh nắng mặt trời rồi xay nhỏ. Tách chiết bằng etanol 99.5⁰ nhờ hệ thống soxlet ở 70⁰C, dịch chiết được đem cô quay để thu được cao etanol. Hòa tan cao trong hỗn hợp nước và etyl axetat sau đó chiết lấy phần phân cực, tiếp tục cô quay để thu được cao lá Ngót phân cực (phần này dễ tan trong dung HCl). Nồng độ chất ức chế cao lá rau Ngót khảo sát là 0, 100, 500, 1000, 1500ppm trong dung dịch HCl 0.1M.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp điện hóa: Phương pháp quét đường cong phân cực được sử dụng để xác định điện thế ăn mòn E_{corr} , mật độ dòng ăn mòn i_{corr} , tốc độ ăn mòn, điện trở thành phần. Tốc độ quét điện thế là 0,1 mV/s. Khoảng quá thế lựa chọn $\eta = E - E_{corr} = \pm 10$ mV. Quy trình đo được thực hiện trên thiết bị đo điện hóa AUTOLAB PGSTAT 302N tại Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với hệ đo ba điện cực. Điện cực đối là tấm platin. Điện cực so sánh là calomen bão hòa (SCE).



Hình 1. Hệ thống ba điện cực dùng để đánh giá ăn mòn và ức chế ăn mòn

Phân tích bề mặt SEM: Kỹ thuật chụp SEM được thực hiện trên máy JEOL 6490 của Viện Khoa học vật liệu (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam).

Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm: Các thông số ăn mòn i_{corr} (mật độ dòng điện ăn mòn), E_{corr} (hiệu điện thế ăn mòn) , β_a (độ dốc tafel anot), β_c (độ dốc tafel catot) được xác định thông qua phương pháp đường cong phân cực Tafel. Hiệu suất ức chế được tính theo mật độ dòng ăn mòn theo công thức (R. Baboian, 1987):

$$\eta(\%) = \frac{i_{corr}^o - i_{corr}}{i_{corr}^o} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó, i_{corr}^o và i_{corr} là mật độ dòng điện ăn mòn của thép trong dung dịch không có và có chất ức chế ăn mòn.

Tốc độ ăn mòn được tính dựa theo giá trị mật độ dòng điện ăn mòn từ phương pháp phân cực thế động theo định luật Faraday (R. Baboian, 1987):

$$\text{Tốc độ ăn mòn (mm/năm)} = \frac{3.16 \times 10^8 \times i_{corr} \times M}{z \times F \times \rho} \quad (2)$$

Trong đó: 3.16×10^8 là hệ số chuyển đổi hệ mét và thời gian; M là khối lượng mol của thép; i_{corr} là mật độ dòng điện ăn mòn khi sử dụng chất ức chế; z là số electron trao đổi của một nguyên tử kim loại; F là hệ số Faraday; ρ là khối lượng riêng (g/cm^3).

Phần mềm Zsimpwin được sử dụng để phân tích dữ liệu EIS và xác định các giá trị tối ưu cho các thông số như điện trở dung dịch, điện trở lớp sản phẩm ăn mòn hay lớp bảo vệ và lớp điện tích kép.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân tích điện hóa

3.1.1 Phân cực thế động (PD)

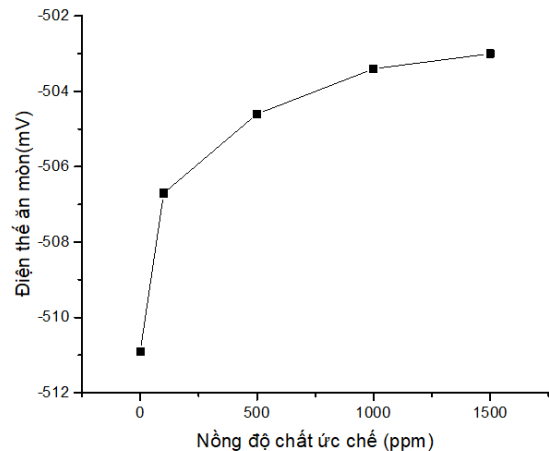
Kết quả đo phân cực thế động được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đo phân cực thế động của thép A51020 trong 0.1 M dung dịch HCl chứa từ 0 đến 1500ppm cao lá rau ngót.

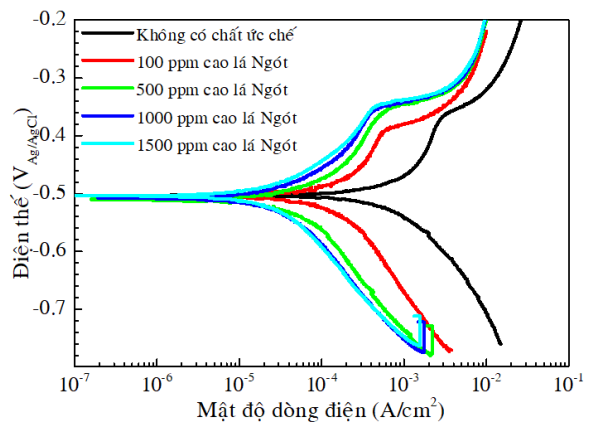
Nồng độ (ppm)	E_{corr} (mV)	i_{corr} ($\mu A/cm^2$)	β_a (mV/decade)	$-\beta_c$ (mV/decade)	Hiệu suất bảo vệ
0	-510.9	538.0	130.5	131.0	
100	-506.7	139.6	78.9	95.0	74.1
500	-504.6	89.3	109.8	156.9	83.4
1000	-503.4	57.8	98.4	153.5	89.3
1500	-503.0	36.5	84.9	112.3	93.2

Điện thế ăn mòn E_{corr} của mẫu thép nhúng trong các dung dịch, được đo theo thời gian đến giá trị ổn định. Kết quả thực nghiệm sự biến đổi E_{corr} dưới ảnh hưởng nồng độ cao lá Ngót khác nhau được thể hiện trong hình 2.

Hình 2. Ảnh hưởng của nồng độ chất ức chế đến điện thế ăn mòn

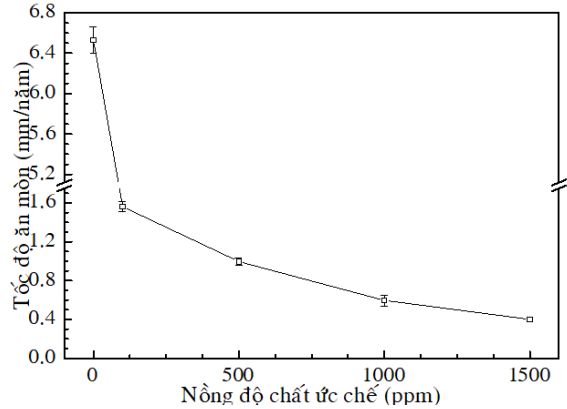


Rõ ràng khi tăng nồng độ chất ức chế đã làm cho điện thế ăn mòn E_{corr} chuyển dịch về phía dương (hình 2), tạo nên hiện tượng co cụm của nhóm đường cong phân cực này trong vùng điện thế xấp xỉ - 0,50V (hình 3). Sự dịch chuyển về điện thế ăn mòn dương hơn, xảy ra do thụ động hoặc do hấp phụ chất ức chế, thể hiện về mặt nhiệt động học sự kìm hãm, ngăn cản quá trình ăn mòn.



Hình 3. Đường cong phân cực dạng Tafel ở các hàm lượng chất ức chế khác nhau trong dung dịch HCl

Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ cao lá ngót đến tốc độ ăn mòn của thép trong dung dịch HCl

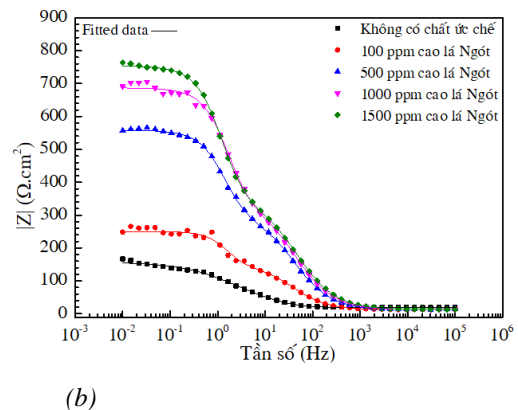
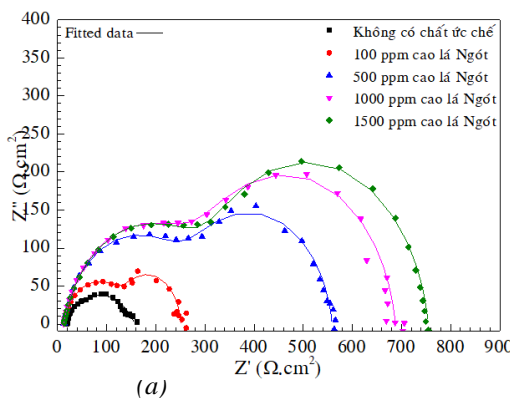


Chúng ta thấy khi nồng độ chất ức chế tăng, thì mật độ dòng điện ăn mòn giảm từ $538\mu\text{A}/\text{cm}^2$ đến $36,5\mu\text{A}/\text{cm}^2$ dẫn đến tốc độ ăn mòn cũng giảm rất mạnh (hình 4), hiệu suất ức chế tăng dần từ 74.1% đến 93.2% khi tăng nồng độ chất ức chế từ 100ppm đến 1500ppm. Với hiệu suất ức chế cao (đạt được trên 93%), cao lá Ngót thể hiện được hiệu quả ức chế rất tốt đối với thép AS1020 trong dung dịch HCl 0.1M, kết quả này được trình bày tại bảng 1. Như vậy, chứng tỏ khả năng bảo vệ thép AS1020 của cao lá Ngót được cải thiện rất nhiều khi tăng nồng độ chất ức chế.

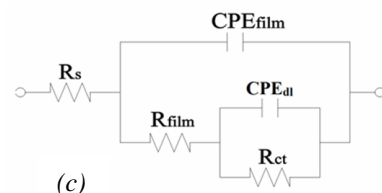
Những kết quả điện hóa từ phương pháp phân cực thế động của thép AS1020 trong dung dịch HCl 0.1M khi thêm chất ức chế “cao lá Ngót” tại nồng độ 1500 ppm thể hiện khả năng ức chế rất cao bao gồm điện thế ăn mòn dương nhất, hiệu quả ức chế cao nhất, mật độ dòng điện ức chế ăn mòn và tốc độ ăn mòn thấp nhất.

3.1.2. Phân tích tổng trở điện hóa (EIS)

Kết quả phân tích tổng trở điện hóa (EIS) và áp dụng mạch điện tương đương cho thấy được sự hình thành lớp bảo vệ trên bề mặt thép thông qua những pha đặc trưng được thể hiện rõ trên hình 5.



Hình 5. Kết quả phân tích tổng trở điện hóa (EIS) được biểu diễn theo đồ thị (a) Nyquist, (b) Bode và (c) mạch điện tương đương



Kết quả phân tích EIS theo biểu đồ Nyquist được trình bày trong hình 5(a), khi tăng dần nồng độ chất ức chế ăn mòn thì các đường cong bán nguyệt cũng mở rộng, thấy được khi không có chất ức chế thì chỉ có một đường con bán nguyệt, trái lại khi có mặt chất ức chế trong dung dịch thì xuất hiện hai đường cong bán nguyệt và những đường cong này lớn dần khi tăng nồng độ chất ức chế, chứng tỏ rằng trên bề mặt thép đã có sự hiện diện của lớp phủ bảo vệ làm cản trở quá trình ăn mòn. Kết luận được rằng khi không có chất ức chế, tổng trở trên bề mặt thép rất bé, ngược lại giá trị tổng trở bề mặt của thép tăng khi tăng nồng độ chất ức chế. Đặc biệt, giá trị tổng trở của dung dịch ăn mòn chứa “cao lá Ngót” 1500ppm tăng vượt trội so với kết quả của mẫu nhúng trong dung dịch không có chất ức chế. Khi không có chất ức chế ăn mòn trong dung dịch, bề mặt thép không được bảo vệ nên tốc độ ăn mòn khá nhanh, đồng thời giá trị tổng trở rất nhỏ. Ngược lại, khi thêm chất ức chế ăn mòn vào dung dịch, giá trị tổng trở tăng khi tăng nồng độ chất ức chế. Kết quả này được quy vào sự hấp phụ của chất ức chế lên bề mặt thép dẫn đến giá trị tổng trở thu được rất cao làm tăng khả năng chống ăn mòn của thép.

Kết quả theo biểu đồ Bode thể hiện mối quan hệ giữa tần số với tổng trở được thể hiện ở hình 5 (b). Tại tần số cao, tổng trở rất thấp và không ổn định khi tăng dần nồng độ chất ức chế ăn mòn, điều này có thể do sự hình thành lớp màng rất mỏng và không ổn định, dẫn đến sự ăn mòn trên bề mặt. Tuy nhiên tại tần số thấp và trung bình, tổng trở ngày càng tăng dần khi tăng dần nồng độ cao lá Ngót. Đặc biệt, tại nồng độ chất ức chế 1500ppm, tổng trở cao vượt trội cũng như dãy phổ tần số hình thành lớp trở kháng mở rất rộng (từ 10^{-2} đến 10^3). Kết quả này cho thấy được sự hình thành của các trở kháng trong phạm vi lớp bảo vệ và tại bề mặt phân cách giữa kim loại và lớp màng bảo vệ, đồng thời cho thấy sự tăng dần thành phần bảo vệ trên bề mặt cùng với sự tăng dần nồng độ chất ức chế ăn mòn.

Dựa vào kết quả phân cực thể động, EIS và phân tích bề mặt được trình bày ở phần dưới, mạch điện tương đương trong hình 5 (c) được thiết lập cho các mẫu ngâm trong dung dịch nghiên cứu để xác định các giá trị thành phần trở kháng phù hợp kết quả đo EIS. Mạch tương đương trong Hình 5 (c) của thép AS1020 được nhúng trong dung dịch HCl 0.1M không có và có chất ức chế ăn mòn bao gồm các thành phần sau:

- Điện trở dung dịch R_s của chất điện phân giữa điện cực làm việc và điện cực so sánh.
- Hằng số pha CPE_{film} của bề mặt chất điện phân/lớp màng bảo vệ.
- Điện trở R_{film} của lớp màng bảo vệ được hình thành trên bề mặt thép.
- Điện trở R_{ct} của lớp điện tích kép giữa bề mặt lớp màng bảo vệ/chất nền.
- Hằng số pha CPE_{dl} đại diện cho lớp điện tích kép giữa bề mặt lớp màng bảo vệ/chất nền.

Đối với kết quả EIS của bề mặt thép nhúng trong dung dịch không có chất ức chế ăn mòn thì hằng số pha CPE_{film} được thay thế bằng CPE_{rust} của bề mặt chất điện phân/lớp sản phẩm ăn mòn, điện trở R_{film} được thay thế bằng R_{rust} của lớp sản phẩm ăn mòn hình thành trên bề mặt thép.

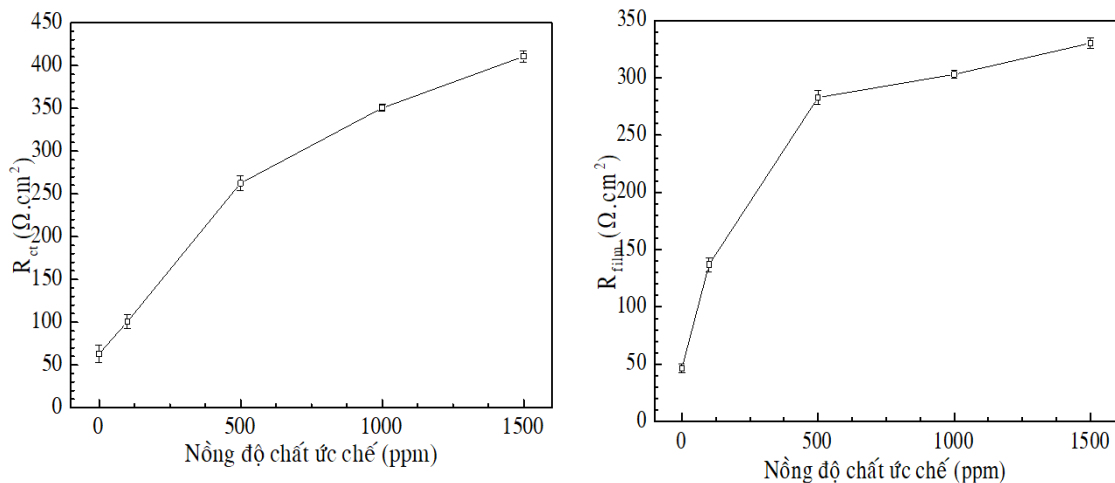
Thông thường mạch điện tương đương sẽ được nghiên cứu từ điện dung và điện trở, ở trong nghiên cứu này thì điện dung sẽ được thay thế bằng CPE với mục đích phân tích kết quả EIS được chính xác hơn. Bản chất của CPE là bao gồm của điện dung và một hệ số n, giá trị n thay đổi trong khoảng từ 0 ÷ 1 với những giá trị đặc biệt sau: n = 0 thì CPE đóng vai trò là điện trở, n = 1 thì CPE đóng vai trò là điện dung, còn n = 0.5 thì CPE đóng vai trò là trở kháng.

Phần mềm Zsimpwin được sử dụng để phân tích dữ liệu EIS và xác định các giá trị tối ưu cho các thông số như điện trở dung dịch, điện trở lớp sản phẩm ăn mòn hay lớp bảo vệ và lớp điện tích kép. Kết quả phân tích các thành phần mạch điện phù hợp với phổ EIS. Kết quả đo điện hóa thông qua mạch điện tương đương được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Thông số điện hóa thu được thông qua mạch điện tương đương

Nồng độ cao lá ngót (ppm)	Nồng độ HCl (M)	Rs (Ω.cm ²)	CPE _{film}			CPE _{dl}		
			C (μF/cm ²)	n (0-1)	R _{film} (Ω.cm ²)	C (μF/cm ²)	n (0-1)	R _{ct} (Ω.cm ²)
0	0.1	19,32	385,5	0,9131	46,16	3063	0,6027	62,88
100	0.1	13,08	89,91	0,8657	136,9	1045	1	100,5
500	0.1	13,29	41,08	0,8644	282,8	540,8	0,9306	262,5
1000	0.1	12,96	37,45	0,8486	303,1	338,2	0,9368	350,4
1500	0.1	13,54	35,61	0,8405	330,3	401,8	0,9249	410,6

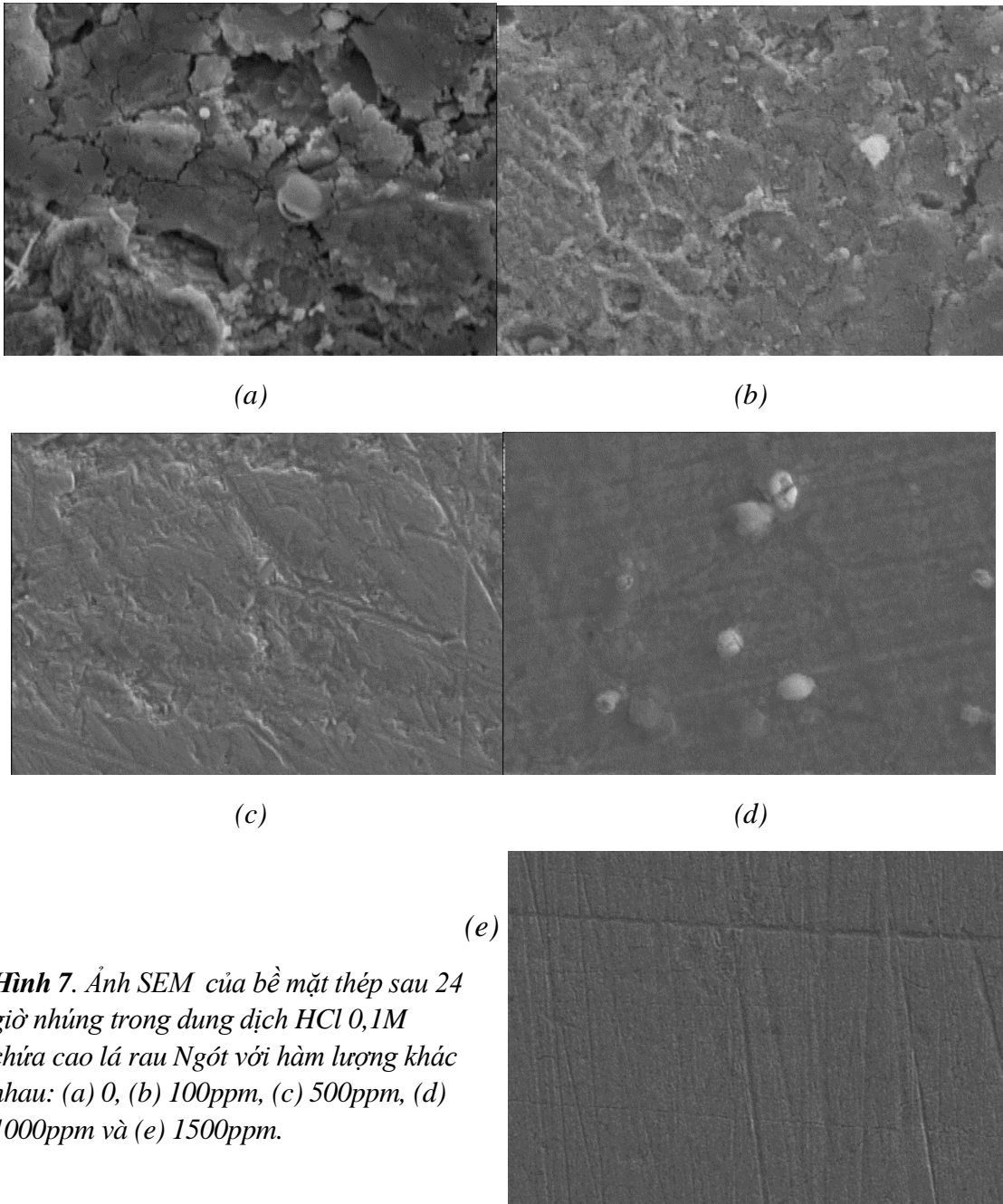
Từ kết quả bảng 2 chúng ta có mối liên hệ giữa nồng độ chất ức chế cao lá Ngót và điện trở thành phần được thể hiện ở hình 6



Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ cao lá ngót lên các điện trở thành phần trên bề mặt thép

Kết quả từ hình 6 cho thấy giá trị điện trở của lớp bảo vệ (R_{film}) và lớp điện tích kép giữa bề mặt lớp bảo vệ/chất nền (R_{ct}) tăng mạnh khi tăng nồng độ chất ức chế cao lá Ngót trong dung dịch. Bên cạnh đó, giá trị điện dung giảm dần theo sự tăng dần nồng độ chất ức chế, khiến các giá trị hằng số pha của bề mặt chất điện phân/lớp màng bảo vệ (CPE_{film}) và lớp điện tích kép giữa bề mặt lớp màng bảo vệ/chất nền CPE_{dl} tăng dần.

3.2 Phân tích bề mặt



Hình 7. Ảnh SEM của bề mặt thép sau 24 giờ nhúng trong dung dịch HCl 0,1M chứa cao lá rau Ngót với hàm lượng khác nhau: (a) 0, (b) 100ppm, (c) 500ppm, (d) 1000ppm và (e) 1500ppm.

Sự khác biệt đáng kể của hình thái bề mặt được kiểm tra trên bề mặt thép sau 24 giờ nhúng mẫu trong dung dịch có nồng độ chất ức chế khác nhau được thể hiện ở hình 7. Kết quả ảnh SEM cho thấy ăn mòn đồng đều xuất hiện trên khắp bề mặt thép khi nhúng trong dung dịch HCl 0.1M không có chất ức chế tại hình 7(a), tại đây thấy được bề mặt thép bị ăn mòn rất lớn, khi nhúng trong dung dịch HCl 0.1M có chứa nồng độ chất ức chế nhỏ 100ppm cao lá ngót thì sự ăn mòn đã giảm đi rõ rệt, thấy được khi có mặt chất ức chế thì ăn mòn giảm đáng kể tại hình 7(b), khi tăng nồng độ chất ức chế lên

500 ppm và 1000 ppm cao lá Ngót thì dấu vết ăn mòn đồng đều đã giảm đi rất nhiều, lần lượt tại hình 7(c) và 7(d), đặc biệt khi nhúng trong dung dịch HCl 0.1M có chứa nồng độ chất ức chế 1500 ppm cao lá Ngót thì những dấu vết của sự ăn mòn hầu như không còn, tại hình 7(e).

4. Kết luận

Cao lá rau ngót trong môi trường axit HCl 0,1M cho thấy hiệu quả ức chế ăn mòn tốt. Hiệu suất ức chế ăn mòn tăng khi tăng hàm lượng chất ức chế trong dung dịch HCl 0.1M, đồng thời kết quả cho thấy rõ lớp bảo vệ hình thành trên bề mặt thông qua việc giảm mạnh mật độ dòng điện và tốc độ ăn mòn khi tăng nồng độ chất ức chế. Kết quả thực nghiệm trên đây mở ra khả năng ứng dụng làm ức chế ăn mòn thân thiện môi trường của cao chiết lá rau Ngót, nhất là trong một số hệ tẩy rửa axit trong công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Dugstad, et al. (1994). "Control of internal corrosion in multi-phase oil and gas pipelines". Prevention of Pipeline Corrosion Conference. Houston. Texas.
- [2] A. Basker.(2012). "Phytochemical analysis and GC-MS profiling in the leaves of *Sauropus Androgynus (L) Merr*". International Journal of Drug Development and Research 4.1.
- [3] C. Monticelli, A. Frignani and G. Trabaneli (2002). "Corrosion inhibition of steel in chloride-containing alkaline solutions". Journal of Applied Electrochemistry, 32, 527-535.
- [4] E. McCafferty (1989). "Thermodynamic aspects of the crevice corrosion of iron in chromate/chloride solutions". Corrosion Science, 29, 391-401.
- [5] E. McCafferty (1979). "Inhibition of the Crevice Corrosion of Iron in Chloride Solutions by Chromate". Journal of The Electrochemical Society, 126, 385-390.
- [6] E. F. Olasehinde, et al.(2013). "Inhibitory action of *Nicotiana tabacum* extracts on the corrosion of mild steel in HCl: adsorption and thermodynamics study". Nature and Science, vol. 11, pp. 83-90.
- [7] G. Ilevbare and G. Burstein (2003). "The inhibition of pitting corrosion of stainless steels by chromate and molybdate ions". Corrosion Science, vol. 45, pp. 1545-1569.
- [8] I. S. K.D. Maji (1982). "Hexavalent chromium compounds as corrosion inhibitor". AntiCorros. Methods Mater. 28, 8-17.
- [9] J. I. I. Laco, F. C. Villota and F. L. Mestres (2005). "Corrosion protection of carbon steel with thermoplastic coatings and alkyd resins containing polyaniline as conductive polymer". Progress in Organic Coatings, 52, 151-160.
- [10] J. Sinko (2001). "Challenges of chromate inhibitor pigments replacement in organic coatings". Progress in Organic Coatings, 42, 267-282.
- [11] K. Joncoux-Chabrol, J. P. Bonino, M. Gressier, M.-J. Menu and N. Pébère (2012). "Improvement of barrier properties of a hybrid sol-gel coating by incorporation of synthetic talc-like phyllosilicates for corrosion protection of a carbon steel", Surface and Coatings Technology, 206, 2884-2891.
- [12] K. H. Kim, S. H. Lee, N. D. Nam and J. G. Kim (2011). "Effect of cobalt on the corrosion resistance of low alloy steel in sulfuric acid solution". Corrosion Science, 53, 3576-3587.

- [13] M. Chevalier, et al (2014). "*Enhanced corrosion resistance of mild steel in 1M hydrochloric acid solution by alkaloids extract from Aniba rosaeodora plant: Electrochemical, phytochemical and XPS studies*". *Electrochimica Acta*, vol. 131, pp. 96-105.
- [14] M. S. Al-Otaibi, et al. (2014). "*Corrosion inhibitory action of some plant extracts on the corrosion of mild steel in acidic media*". *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 7, pp. 340-346.
- [15] N. D. Nam, M. J. Kim, Y. W. Jang and J. G. Kim (2010). "*Effect of tin on the corrosion behavior of low-alloy steel in an acid chloride solution*". *Corrosion Science*, 52, 14-20.
- [16] N. D. Nam and J. G. Kim (2010). "*Effect of niobium on the corrosion behaviour of low alloy steel in sulfuric acid solution*". *Corrosion Science*, 52, 3377-3384.
- [17] N. Soltani, et al.(2012). "*Green approach to corrosion inhibition of 304 stainless steel in hydrochloric acid solution by the extract of Salvia officinalis leaves*". *Corrosion Science*, vol. 62, pp. 122-135.
- [18] P. M. Krishnegowda, et al.(2013). "*Acalypha torta leaf extract as green corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution*". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 52, pp. 722-728.
- [19] R. Baboian (1987). "*Electrochemical techniques for corrosion engineering*". Houston, TX: National Association of Corrosion Engineers.
- [20] S. A. Ali, H. A. Al-Muallem, S. U. Rahman and M. T. Saeed (2008). "*Bis-isoxazolidines: A new class of corrosion inhibitors of mild steel in acidic media*". *Corrosion Science*, 50, 3070-3077.
- [21] S. Sharma (2014). "*Governometrics and technological innovation for public policy design and precision*". Information Science Reference.
- [22] S. Deng and X. Li (2012). "*Inhibition by Ginkgo leaves extract of the corrosion of steel in HCl and H₂SO₄ solutions*". *Corrosion Science*, vol. 55, pp. 407-415.
- [23] T. T. X. Hang, et al.(2012). "*Preparation and characterization of nanocontainers of corrosion inhibitor based on layered double hydroxides*". *Applied Clay Science*, vol. 67, pp. 18-25.
- [24] V. S. Sastri (2015). "*Costs, causes, consequences, and control*". Challenges in corrosion.