

KHẢO SÁT PHẢN ỨNG OXY HÓA GLYCEROL TRÊN NỀN ĐIỆN CỰC XÚC TÁC COBALT OXIDE

Nguyễn Hoàng Lương Ngọc^{1,2}, Trần Thị Văn Thi¹, Nguyễn Thị Hồng Hạnh¹,
Lê Lâm Sơn¹, Phan Thị Hằng Nga³, Lê Trung Hiếu^{1*}

¹Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Khoa Công nghệ Hóa học, trường Đại học Công nghiệp Thương Thành phố Hồ Chí Minh

³Trường Y Dược, Đại học Đà Nẵng

*Email: lthieu@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/12/2024; ngày hoàn thành phản biện: 8/01/2025; ngày duyệt đăng: 20/3/2025

TÓM TẮT

Quá trình oxy hóa glycerol (GOR) bằng xúc tác điện hóa đã được nghiên cứu như một phương pháp tiềm năng để tạo ra các sản phẩm có giá trị trong các ngành công nghiệp khác, đồng thời góp phần tạo ra lượng lớn hydrogen. Nghiên cứu này tập trung vào phản ứng oxy hóa glycerol bằng cách sử dụng điện cực xúc tác cobalt (Co) trên nền bột nickel (NF). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy được tiềm năng của vật liệu Co ở điện thế thấp là 1,40 V so với RHE với mật độ dòng điện 10 mA.cm⁻², thấp hơn so với phản ứng oxy hóa nước (OER). Ngoài ra, vật liệu xúc tác thể hiện khả năng sản xuất hydrogen với tốc độ 0,892 mL.cm⁻².giờ⁻¹ tại điện thế 1,42 V so với RHE và duy trì cường độ dòng điện ổn định trong suốt 10 giờ thí nghiệm. Những phát hiện này nhấn mạnh tiềm năng ứng dụng của vật liệu Co@NF như một chất xúc tác điện hóa hiệu quả cho quá trình oxy hóa glycerol để tạo ra hydrogen và sản xuất các sản phẩm có giá trị cao.

Từ khóa: Cobalt, bột nickel, glycerol, xúc tác điện hóa, hydrogen

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Glycerol là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất dầu diesel sinh học (biodiesel) từ quá trình trans-ester hóa [1]. Sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp dầu biodiesel trong thời gian qua đã dẫn đến sự dư thừa lớn của glycerol [2]. Theo nghiên cứu của Raman và cộng sự, cứ sản xuất mười tấn biodiesel thì thải ra một tấn glycerol [3]. Theo thống kê, lượng glycerol toàn thế giới đạt khoảng 4,2 triệu tấn vào năm 2022, điều này đã làm tăng chi phí cho các nhà sản xuất nhiên liệu trong việc xử lý lượng glycerol dư. Trên thực tế, glycerol được xem là một trong các phân tử nền tảng để sản

xuất các chất có giá trị cao ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau [4]. Các sản phẩm của quá trình oxy hóa glycerol như glyceric acid tham gia vào chu trình glycolysis, trong tổng hợp amino acid, hoặc điều trị các bệnh về da; tartronic acid được dùng trong thuốc điều trị chống co giật, bệnh loãng xương và béo phì; 1,3-dihydroxyacetone dùng trong mỹ phẩm, trong vật liệu polymer y sinh; mesoxalic acid được dùng như tác nhân tạo phức, tiền chất trong tổng hợp hữu cơ và tác nhân chống HIV [4, 5].

Quá trình oxy hóa glycerol có thể được thực hiện bằng phương pháp xúc tác điện, xúc tác nhiệt công nghiệp và xúc tác enzyme sinh học [6]. Trong phương pháp xúc tác nhiệt, phản ứng oxy hóa glycerol có thể đạt được hiệu suất xúc tác tương đối cao, nhưng lại yêu cầu chi phí cao do việc sử dụng các thiết bị chuyên dụng cũng như lượng lớn các chất oxy hóa hóa học, chẳng hạn như H_2O_2 [7, 8]. Tương tự như vậy, quá trình sử dụng xúc tác enzyme sinh học cũng có những hạn chế như chi phí enzyme cao, khó kiểm soát được quá trình và khó khăn trong việc tách các sản phẩm cuối. Ngược lại, quá trình oxy hóa glycerol (GOR) bằng điện xúc tác có thể khắc phục được những nhược điểm trên nhờ kết hợp với nhiều nguồn điện tái tạo khác nhau, chẳng hạn như năng lượng gió và mặt trời, đồng thời quá trình thực hiện ở điều kiện phản ứng nhẹ và dễ dàng được kiểm soát bằng điện áp hoặc dòng điện, không gây ô nhiễm thứ cấp, cho phép xử lý linh hoạt, v.v. [9-12]. Nhờ những lợi thế trên, quá trình điện oxy hóa glycerol đã thu hút sự quan tâm ngày càng lớn trong những năm gần đây, nổi bật là việc phát triển các chất xúc tác điện hóa mới với tính chất và hiệu quả vượt trội.

Cho đến nay, điện cực được chế tạo từ các kim loại quý như Pt, Au-Pt, Au-Cu hay Pd đã được chứng minh có hiệu quả trong phản ứng điện hóa oxy hóa glycerol [13]. Tuy nhiên, giá thành đắt và khả năng chọn lọc sản phẩm còn hạn chế là những rào cản trong việc triển khai rộng rãi. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển các điện cực xúc tác từ các kim loại chuyển tiếp với hiệu suất chuyển hóa cao, chi phí thấp được coi là yếu tố then chốt thúc đẩy quá trình điện xúc tác glycerol vào ứng dụng thực tiễn.

Cobalt (Co) được xem là kim loại tiềm năng thay thế các kim loại quý trong phản ứng xúc tác nhờ độ tính thấp, độ bền cao và hoạt tính xúc tác vượt trội. Hơn nữa, Co có năng lượng tự do Gibbs (ΔG) ở mức trung bình, tạo điều kiện cho phản ứng giải phóng oxy [14-17]. Do đó, chất xúc tác điện hóa có nguồn gốc Co đạt hiệu quả cao trong các phản ứng tiến hóa oxy (OER) và phản ứng tiến hóa hydrogen (HER) [18, 19]. Ngoài ra, vật liệu Co còn đóng vai trò quan trọng trong quá trình oxy hóa các hợp chất hữu cơ, chẳng hạn như glycerol, để tạo ra hydrogen - một nguồn năng lượng sạch, cùng các sản phẩm hóa chất có giá trị cao như axit formic và axit glycolic [20, 21].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tổng hợp thành công vật liệu xúc tác dựa trên kim loại Co được phát triển trên nền bột nickel (NF). Kết quả cho thấy khả năng xúc

tác nổi trội của vật liệu Co@NF cho phản ứng GOR tại mật độ dòng điện 10 mA.cm^{-2} có điện thế thấp là 1,42 V so với RHE và duy trì cường độ dòng điện ổn định trong suốt 10 giờ thí nghiệm.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Các hoá chất được sử dụng trong nghiên cứu này đều được mua từ Sigma Aldrich, bao gồm nitrate cobalt (II) hexahydrate ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2.6\text{H}_2\text{O}$, 98%), hydroxit kali (KOH, 99%), glycerol ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$, 99%), và axit clohydric (HCl, 35,5%). Tấm bột nickel (NF) được mua từ công ty TNHH Vật liệu Beike 2D Bắc Kinh có độ tinh khiết > 99 % và độ dày 0,5 mm.

2.2. Quá trình tổng hợp điện cực Co@NF

Chất xúc tác Co@NF được tổng hợp trên nền NF thông qua phương pháp thủy nhiệt. Trước khi sử dụng, NF với kích thước $3,5 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm}$ được ngâm trong dung dịch HCl 1 M trong 1 giờ và đánh siêu âm trong dung dịch ethanol trong thời gian 20 phút. Sau đó, NF được rửa nhiều lần bằng nước khử ion và ethanol 99 % và được sấy khô ở 60°C . Dung dịch phản ứng được chuẩn bị bằng cách hòa tan 0,4 g $\text{Co}(\text{NO}_3)_2.6\text{H}_2\text{O}$ trong 50 mL nước khử ion, sau đó khuấy mạnh trong 5 phút để đảm bảo hỗn hợp đồng nhất. Dung dịch phản ứng sau đó được đưa vào nồi hấp bằng thép không gỉ với lõi lót Teflon có dung tích 100 mL có chứa tấm NF đã được xử lý trước đó. Quá trình thủy nhiệt diễn ra ở nhiệt độ 160°C trong 16 giờ. Sau khi phản ứng kết thúc, nồi hấp để nguội và rửa kỹ vật liệu thu được nhiều lần bằng nước khử ion và ethanol 96 %, cuối cùng mẫu được sấy khô qua đêm ở 60°C để thu được sản phẩm Co@NF.

2.3. Phân tích đặc trưng

Nhiều xạ tia X của các vật liệu xúc tác được phân tích trên máy đo nhiễu xạ SmartLab X-ray Diffractometer của hãng Rigaku (Nhật Bản). Hình thái vật liệu được phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) trên Vega 3 (Tescan, Cộng hòa Séc). Thành phần và phân bố của các nguyên tố có trong vật liệu được xác định bằng phổ tán sắc năng lượng tia X (EDS) trên thiết bị Bruker tích hợp với máy SEM.

2.4. Phân tích điện hóa

Tất cả các phép đo điện hóa được đo bằng máy CORRITEST (Trung Quốc) và phân tích trên phần mềm CS Studio 6. Quá trình oxy hóa glycerol được thực hiện với hệ thống ba điện cực, trong đó, điện cực Hg/HgO được sử dụng làm điện cực so sánh (Reference Electrode, RE), Platin làm điện cực đối (Counter Electrode, CE) và điện cực xúc tác tổng hợp làm điện cực làm việc (Working Electrode, WE). Dung dịch điện phân được chuẩn bị gồm KOH 1 M và glycerol 0,1 M. Điện thế được chuyển đổi sang điện thế

thuận nghịch (RHE) và tính theo phương trình sau:

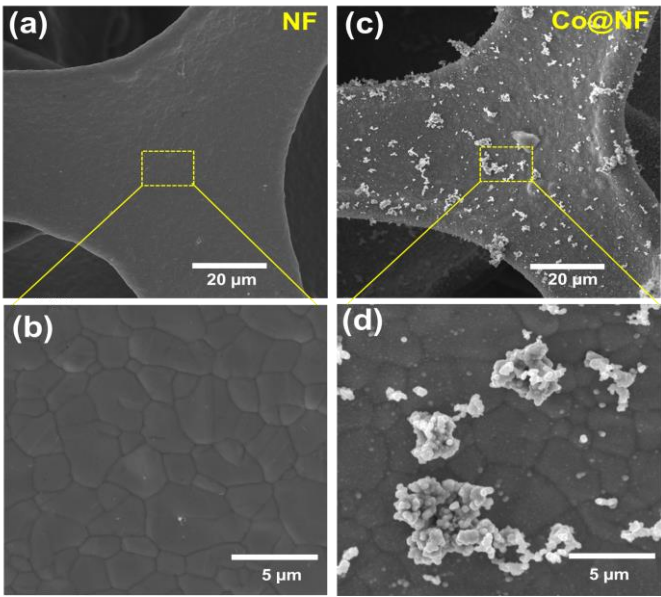
$$E_{RHE} = E_{(Hg/HgO)} + 0,059 \times pH + E^0_{(Hg/HgO)}$$

trong đó $E_{(Hg/HgO)}$ và $E^0_{(Hg/HgO)}$ lần lượt là điện thế đo được và điện thế của điện cực Hg/HgO so với RHE.

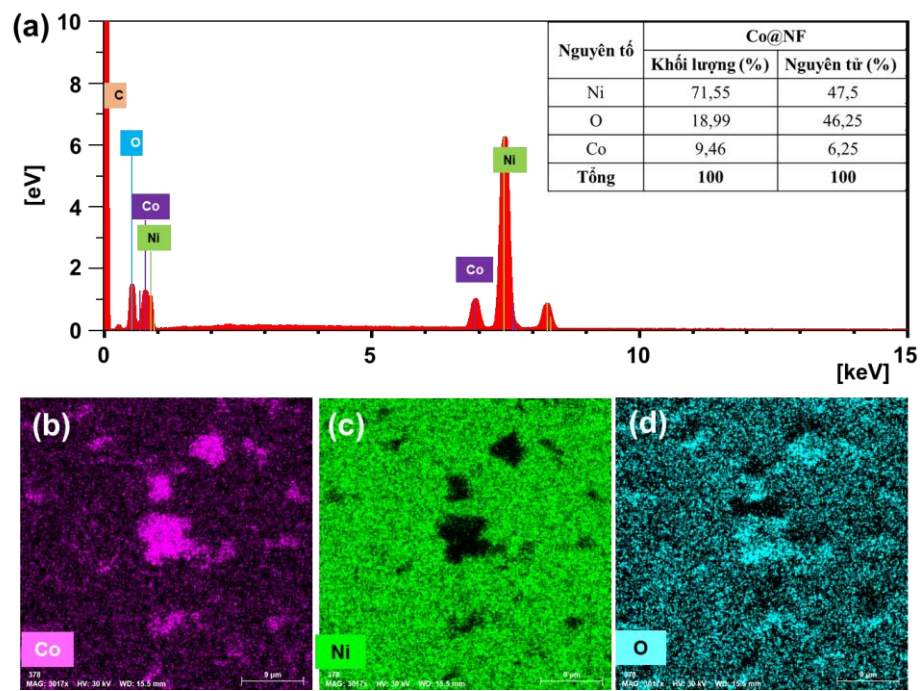
Phương pháp đo quét thế tuần hoàn (Cyclic Voltammetry – CV) được tiến hành đo đầu tiên để ổn định vật liệu (với 50 mV.giây⁻¹ trong 20 chu kỳ). Phương pháp quét thế tuyến tính (Linear Sweep Voltammetry - LSV) được thực hiện quét điện thế từ 0 đến 1 V với tốc độ quét 5 mV.giây⁻¹. Quang phổ trở kháng điện hóa (EIS - Electrochemical Impedance Spectroscopy) được tiến hành đo tại hiệu điện thế 1,27 V so với RHE trong dải tần số từ 0,1 Hz – 100 kHz với biên độ 10 mV. Biểu đồ Tafel được xác định từ các giá trị dòng điện và điện thế trên đường cong LSV với tốc độ quét 0,1 mV.giây⁻¹, dữ liệu được tính toán thông qua mật độ dòng logarite. Diện tích bề mặt hoạt động điện hóa (ECSA) được xác định thông qua quét CV ở tốc độ quét từ 5 đến 100 mV.giây⁻¹ trong vùng không phải Faradaic. Độ ổn định của vật liệu xúc tác được đánh giá qua phép đo theo thời gian tại 1,42 V so với RHE trong 10 giờ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

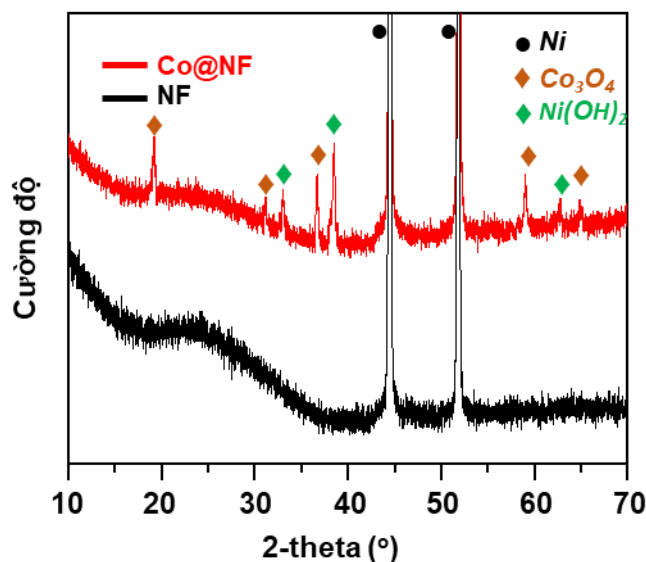
Hình thái của điện cực xúc tác được quan sát bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM). Ở Hình 1a-b cho thấy, vật liệu bột niken (NF) ban đầu có bề mặt nhẵn và phẳng. Sự phát triển của Co trên nền NF, được thể hiện ở Hình 1c-d, cho thấy các hạt Co kết tụ thành các cụm nhỏ, phân bố rải rác tạo thành lớp mỏng phủ lên trên bề mặt NF. Phổ tán xạ năng lượng EDS của Co@NF và hình ảnh phân bố của các nguyên tố Ni, Co, và O trong Hình 2 cho thấy sự hiện diện của các nguyên tố Co, O, Ni và các nguyên tố này phân bố đồng đều trên bề mặt NF. Điều này cho thấy rằng, vật liệu Co@NF đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp thủy nhiệt, đạt được sự phân tán đồng nhất, từ đó giúp cải thiện hoạt tính xúc tác điện hóa của vật liệu, cung cấp nhiều vị trí hoạt động và tăng cường khả năng vận chuyển điện tử.



Hình 1. Hình thái của vật liệu ở độ phóng đại khác nhau: NF (a-b), Co@NF (c-d)



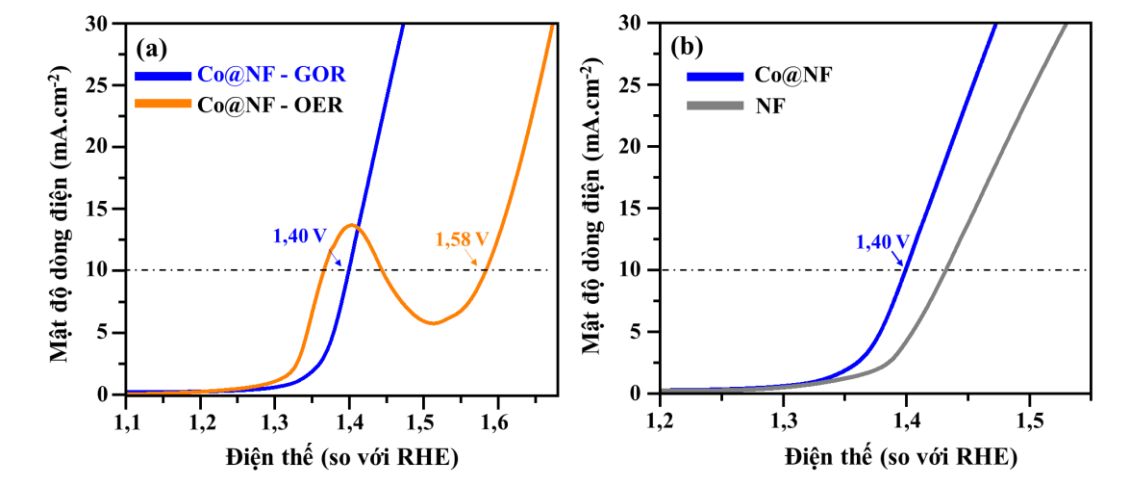
Hình 2. Phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) (a), phân bố của các nguyên tố Co (b), Ni (c) và O (d) của Co@NF



Hình 3. Phổ nhiễu xạ tia X (XRD) của vật liệu xúc tác Co@NF

Phương pháp phân tích nhiễu xạ tia X (XRD) được sử dụng để xác định cấu trúc của vật liệu Co@NF. Kết quả được trình bày tại Hình 3 cho thấy các đỉnh nhiễu xạ tại góc 2 theta là $44,59^\circ$ và 52° được đặc trưng cho Ni kim loại. Đáng chú ý, các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện tại các góc nhiễu xạ $19,2^\circ$, $31,2^\circ$, $36,8^\circ$, $38,5^\circ$, 59° , 65° được gán cho các mặt phẳng tinh thể (111), (220), (311), (222), (511), (440) của Co_3O_4 (JCPDS No.42-1467). Ngoài ra, các đỉnh ở góc nhiễu xạ $33,0^\circ$, $62,7^\circ$ được gán cho mặt phẳng tinh thể (100) và (111) của $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (JCPDS No.14-0117).

Hiệu suất xúc tác điện hóa của vật liệu Co@NF được đánh giá thông qua hệ thống ba điện cực. Các điện cực được kích hoạt thông qua phép đo quét thế tuần hoàn (CV) với tốc độ quét $50 \text{ mV} \cdot \text{giây}^{-1}$ trong 20 chu kỳ trước khi đo. Đường quét thế tuyến tính (LSV) của chất xúc tác Co@NF trong điều kiện có và không có glycerol $0,1 \text{ M}$ được thể hiện ở Hình 4a. Kết quả cho thấy rằng, vật liệu Co@NF chỉ đạt điện thế $1,40 \text{ V}$ so với RHE tại mật độ dòng điện $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, thấp hơn nhiều so với phản ứng oxy hóa nước (OER) là $1,58 \text{ V}$ so với RHE. Để làm rõ thêm về hiệu suất GOR của Co@NF, thí nghiệm tiến hành so sánh hiệu suất xúc tác của vật liệu Co@NF so với NF. Kết quả thu được ở Hình 4b cho thấy rằng vật liệu Co@NF thể hiện hiệu suất vượt trội với điện thế chỉ $1,40 \text{ V}$ so với RHE tại $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, thấp hơn đáng kể so với NF ($1,58 \text{ V}$ so với RHE). Hiệu suất xúc tác điện hóa của Co@NF cũng vượt trội hơn so với các nghiên cứu trước đây (Bảng 1). Điều này chứng minh rằng vật liệu xúc tác Co@NF không chỉ cải thiện hiệu suất xúc tác mà còn giảm mức tiêu thụ năng lượng, trở thành vật liệu hiệu quả cho phản ứng oxy hóa glycerol.

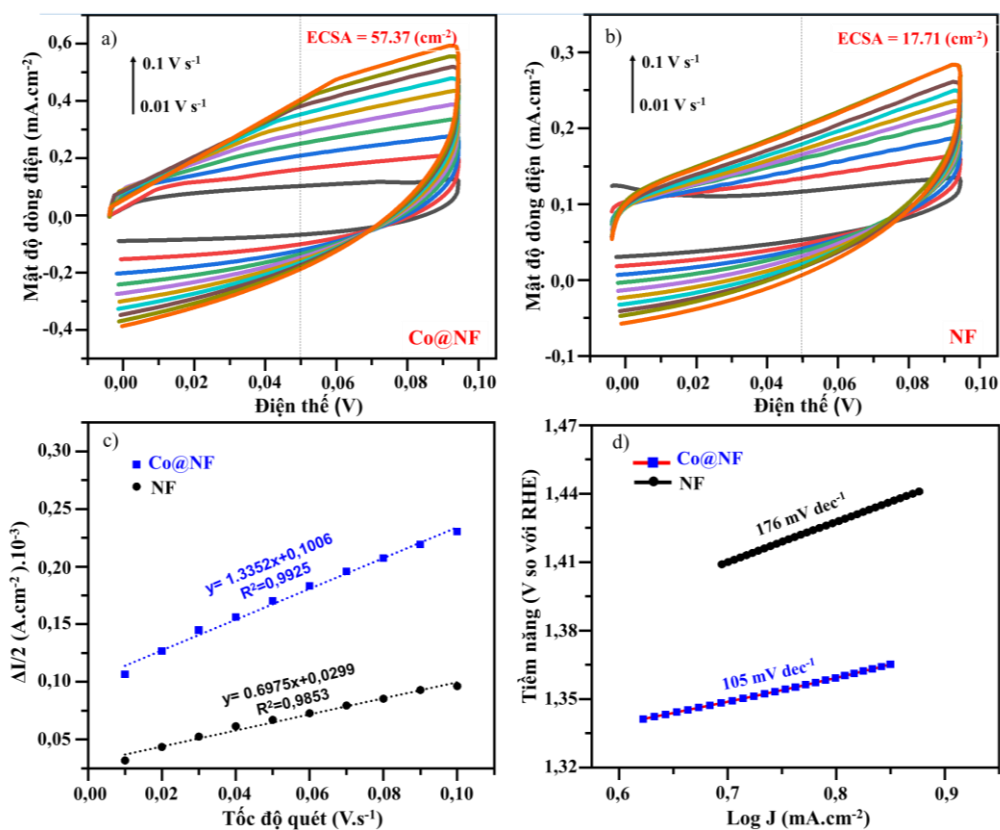


Hình 4. Đường cong LSV của vật liệu Co@NF trong dung dịch 1 M KOH không có (OER) và có 0,1 M glycerol (GOR) (a), và đường cong LSV của vật liệu Co@NF và NF trong GOR (b).

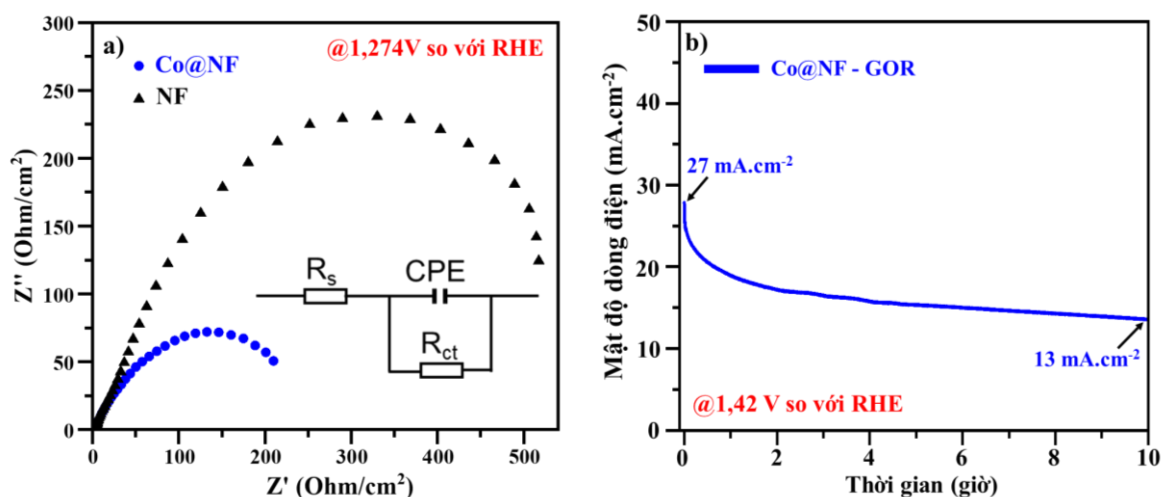
Bảng 1. So sánh hiệu suất phản ứng oxy hóa glycerol của vật liệu Co@NF với các vật liệu khác

Vật liệu	Điện thế tại 10 mA.cm ⁻² (so với RHE)	Dung dịch điện phân	Tài liệu tham khảo
Co@NF	1,40 V	1 M KOH + 0.1 M Glycerol	Trong nghiên cứu này
NC/Ni-Mo-N/NF	1,40 V	1 M KOH + 0.1 M Glycerol	[22]
Co/Co ₃ O ₄ -rGO	1,42 V	1 M KOH + 0.1 M Glycerol	[23]
CoNiB	1,42 V	1 M KOH + 0.1 M Glycerol	[24]
HEA-CoNiCuMnMo NPs	1,45 V	1M KOH + 0.1M Glycerol	[25]
N-CoO _x	1,59 V	1 M KOH + 1 M Glycerol	[26]

Diện tích bề mặt điện hóa (ECSA) của vật liệu xúc tác tổng hợp được sử dụng để đánh giá diện tích xúc tác và được xác định bằng phương pháp quét thế tuần hoàn (CV) với tốc độ quét từ 0,01 đến 0,1 V.giây⁻¹. Hình 5 cho thấy chất xúc tác Co@NF có giá trị ECSA đạt tới 57,37 cm², lớn hơn gấp 3 lần so với NF (17,5 cm²). Ngoài ra, giá trị C_{dl} của các điện cực Co@NF và NF được tính toán lần lượt là 1,33; 0,69 mF.cm⁻². Bên cạnh đó, độ dốc Tafel của điện cực Co@NF đạt giá trị là 105 mV.dec⁻¹, thấp hơn đáng kể so với NF là 176 mV.dec⁻¹. Kết quả trên cho thấy rằng, Co@NF cải thiện đáng kể diện tích xúc tác so với NF ban đầu, do đó có ưu thế hơn trong phản ứng oxy hóa glycerol.



Hình 5. Diện tích bề mặt hoạt động điện hóa (ECSA) của Co@NF (a), NF (b), giá trị điện dung lớp kép điện hóa (C_{dl}) tại tốc độ quét khác nhau từ 0,01-0,1 V.giây⁻¹ (c) và độ dốc Tafel (d).



Hình 6. Phổ trở kháng điện hóa (EIS) của vật liệu Co@NF, NF (a) và độ bền của vật liệu Co@NF trong GOR (b)

Phổ trở kháng điện hóa (EIS) được tiến hành đo để nghiên cứu sự tiếp xúc bề mặt

và độ dẫn điện của các vật liệu xúc tác đã tổng hợp. Hình 6a thể hiện sơ đồ Nyquist của chất xúc tác Co@NF và NF trong dung dịch KOH 1 M và glycerol 0,1 M, được đo tại điện thế 1,27 V so với RHE. Kết quả cho thấy rằng, giá trị R_{ct} của vật liệu Co@NF được xác định là $72 \Omega \cdot \text{cm}^2$, thấp hơn đáng kể so với vật liệu NF là $230 \Omega \cdot \text{cm}^2$. Ngoài ra, để nghiên cứu tiềm năng thực tế của Co@NF trong sản xuất hydrogen, kết quả từ Hình 6b cho thấy chất xúc tác tổng hợp được có khả năng sản xuất hydrogen với tốc độ $0,892 \text{ mL} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{giờ}^{-1}$ tại điện thế 1,42 V so với RHE. Ngoài ra, độ bền của điện cực xúc tác được tiến hành khảo sát trong 10 giờ với mật độ dòng điện ban đầu là $27 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$. Sự giảm mật độ dòng điện theo thời gian có thể được giải thích do sự cạn kiệt glycerol trong dung dịch điện phân. Những kết quả này khẳng định rằng Co@NF có tiềm năng lớn trong việc sản xuất hydrogen thông qua quá trình oxy hóa glycerol.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chất xúc tác điện Co@NF đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp thủy nhiệt và đánh giá hiệu quả xúc tác của vật liệu trong quá trình oxy hóa glycerol. Kết quả cho thấy rằng hiệu suất xúc tác điện hóa của vật liệu Co@NF thể hiện vượt trội, đạt điện thế thấp ở 1,40 V so với RHE tại mật độ dòng điện là $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$, thấp hơn đáng kể so với phản ứng oxy hóa nước (OER). Đặc biệt, chất xúc tác này có khả năng sản xuất hydrogen với tốc độ $0,89 \text{ mL} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{giờ}^{-1}$ tại điện thế 1,42 V so với RHE. Điều này cho thấy rằng, vật liệu xúc tác Co@NF không chỉ cải thiện hiệu suất xúc tác mà còn có tiềm năng lớn trong việc sản xuất hydrogen thông qua quá trình oxy hóa glycerol.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được hỗ trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong khuôn khổ đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ, Mã số: B2024.DNA.03.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Pagliaro, M, e. al., From Glycerol to Value-Added Products, *Angewandte Chemie International Edition*, 46(24) (2007) p. 4434-4440.
- [2] Behr, A, e. al., Improved utilisation of renewable resources: New important derivatives of glycerol, *Green Chemistry*, 10(1) (2008) p. 13-30.
- [3] A. Raman, A.A., H.W. Tan, A. Buthiyappan, Two-step purification of glycerol as a value added by product from the biodiesel production process, *Frontiers in chemistry*, 7 (2019) p. 774.
- [4] J.J. Bozell, G.R. Petersen, Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates—the US Department of Energy’s “Top 10” revisited, *Green Chemistry*, 12 (2010) 539-554.
- [5] S. Bagheri, N.M. Julkapli, W.A. Yehye, Catalytic conversion of biodiesel derived raw glycerol to value added products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41 (2015) 113-127.
- [6] G.P. da Silva, M. Mack, J. Contiero, Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology, *Biotechnology Advances*, 27 (2009) 30-39.
- [7] M.L. Faroppa, J.J. Musci, M.E. Chiosso, C.G. Caggiano, H.P. Bideberripe, J.L.G. Fierro, G.J. Siri, M.L. Casella, Oxidation of glycerol with H₂O₂ on Pb-promoted Pd/Γ-Al₂O₃ catalysts, *Chinese Journal of Catalysis*, 37 (2016) 1982-1990.
- [8] G. Wu, X. Wang, T. Jiang, Q. Lin, Selective Oxidation of Glycerol with 3% H₂O₂ Catalyzed by LDH-Hosted Cr(III) Complex, *Catalysts*, 5 (2015) 2039-2051.
- [9] Schünemann, S, F. Schüth, H. Tüysüz, Selective glycerol oxidation over ordered mesoporous copper aluminum oxide catalysts, *Catalysis Science & Technology*, 7(23) (2017) p. 5614-5624.
- [10] d. Silva, G.P, M. Mack, J. Contiero, Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology, *Biotechnology Advances*, 27(1) (2009) p. 30-39.
- [11] Wang, X, e. al., Selective Oxidation of Glycerol to Glyceraldehyde with H₂O₂ Catalyzed by CuNiAl Hydrotalcites Supported BiOCl in Neutral Media, *Catalysis Letters*, 149(4) (2019) p. 1046-1056.
- [12] Zhou, Y, Y. Shen, X. Luo, Optimizing the activity and selectivity of glycerol oxidation over core-shell electrocatalysts, *Journal of Catalysis*, 381 (2020) p. 130-138.
- [13] Fan, L, e. al., Recent Progress in Electrocatalytic Glycerol Oxidation, *Energy Technology*, 9(2) (2021) p. 2000804.
- [14] Hayashi, E, e. al., Effect of MnO₂ Crystal Structure on Aerobic Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Furandicarboxylic Acid, *Journal of the American Chemical Society*, 141(2) (2019) p. 890-900.
- [15] Huang, X, e. al., Electrochemical oxidation of glycerol to hydroxypyruvic acid on cobalt (oxy) hydroxide by high-valent cobalt redox centers, *Applied Catalysis B: Environmental*, 309 (2022) p. 121247.
- [16] Massa, A, e. al., Electro-oxidation of phenol over electrodeposited MnOx nanostructures and the role of a TiO₂ nanotubes interlayer, *Applied Catalysis B: Environmental*, 203 (2017) p.

270-281.

- [17] T. Liu, Y. Liang, Q. Liu, X. Sun, Y. He, A.M. Asiri, Electrodeposition of cobalt-sulfide nanosheets film as an efficient electrocatalyst for oxygen evolution reaction, *Electrochemistry Communications*, 60 (2015) 92-96.
- [18] W. Zhang, L. Cui, J. Liu, Recent advances in cobalt-based electrocatalysts for hydrogen and oxygen evolution reactions, *Journal of Alloys and Compounds*, 821 (2020) 153542.
- [19] H. Zhong, C.A. Campos-Roldán, Y. Zhao, S. Zhang, Y. Feng, N. Alonso-Vante, Recent Advances of Cobalt-Based Electrocatalysts for Oxygen Electrode Reactions and Hydrogen Evolution Reaction, *Catalysts*, 8 (2018) 559.
- [20] J. Massaneiro, T.L. Valério, D.S. Pelloso, B.J. Gonçalves da Silva, M. Vidotti, Electrocatalytic oxidation of glycerol performed by nickel/cobalt alloys: Adding value to a common subproduct of chemical industry, *Electrochimica Acta*, 506 (2024) 145013.
- [21] X. Huang, Y. Guo, Y. Zou, J. Jiang, Electrochemical oxidation of glycerol to hydroxypyruvic acid on cobalt (oxy)hydroxide by high-valent cobalt redox centers, *Applied Catalysis B: Environmental*, 309 (2022) 121247.
- [22] Y. Xu, M. Liu, S. Wang, K. Ren, M. Wang, Z. Wang, X. Li, L. Wang, H. Wang, Integrating electrocatalytic hydrogen generation with selective oxidation of glycerol to formate over bifunctional nitrogen-doped carbon coated nickel-molybdenum-nitrogen nanowire arrays, *Applied Catalysis B: Environmental*, 298 (2021) 120493.
- [23] V.S. Sapner, P.D. Tanwade, A.V. Munde, B.R. Sathe, Cobalt/Cobalt Oxide Nanorods-Decorated Reduced Graphene Oxide (Co/Co₃O₄-rGO) for Enhanced Electrooxidation of Glycerol, *ACS Applied Nano Materials*, 6 (2023) 16414-16423.
- [24] M. Braun, M. Chatwani, P. Kumar, Y. Hao, I. Sanjuán, A.-A. Apostoleri, A.C. Brix, D.M. Morales, U. Hagemann, M. Heidelmann, J. Masa, W. Schuhmann, C. Andronescu, Cobalt nickel boride as electrocatalyst for the oxidation of alcohols in alkaline media, *Journal of Physics: Energy*, 5 (2023) 024005.
- [25] L. Fan, Y. Ji, G. Wang, J. Chen, K. Chen, X. Liu, Z. Wen, High Entropy Alloy Electrocatalytic Electrode toward Alkaline Glycerol Valorization Coupling with Acidic Hydrogen Production, *Journal of the American Chemical Society*, 144 (2022) 7224-7235.
- [26] Z. Ke, N. Williams, X. Yan, S. Younan, D. He, X. Song, X. Pan, X. Xiao, J. Gu, Solar-assisted co-electrolysis of glycerol and water for concurrent production of formic acid and hydrogen, *Journal of Materials Chemistry A*, 9 (2021) 19975-19983.

STUDY ON THE OXIDATION REACTION OF GLYCEROL ON COBALT OXIDE CATALYST – BASED ELECTRODE

**Nguyen Hoang Luong Ngoc^{1,2}, Tran Thi Van Thi¹, Nguyen Thi Hong Hanh¹,
Le Lam Son¹, Phan Thi Hang Nga³, Le Trung Hieu^{1*}**

¹Faculty of Chemistry, University of Sciences, Hue University

²Faculty of Chemical Engineering Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

³School of Medicine and Pharmacy, The University of Danang

*Email: lthieu@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

The electrocatalytic oxidation of glycerol (GOR) has been investigated as a potential method to generate valuable products in other industries while contributing to the generation of large amounts of hydrogen. This study focused on the glycerol oxidation reaction using a cobalt (Co) catalyst electrode on a nickel foam (NF) substrate. The results showed the potential of the Co material at a low potential of 1.40 V vs. RHE with a current density of 10mA.cm⁻², which is lower than that of the water oxidation reaction (OER). In addition, the catalyst material demonstrated the ability to produce hydrogen at a rate of 0.892 mL.cm⁻².h⁻¹ at a potential of 1.42 V vs. RHE and maintained a stable current intensity throughout the 10h test. These findings highlight the application of Co@NF material as a novel, efficient electrocatalyst for glycerol oxidation to generate hydrogen and produce high-value products.

Keywords: Cobalt, nickel foam, glycerol, electrocatalyst, hydrogen



Nguyễn Hoàng Lương Ngọc sinh ngày 4-8-1986. Bà tốt nghiệp cử nhân Hóa học năm 2009 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế; Thạc sĩ Hóa học năm 2012 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện là giảng viên khoa Công nghệ Hóa học, trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu xúc tác, vật liệu vô cơ



Trần Thị Văn Thi sinh ngày 10/10/1962. Bà tốt nghiệp cử nhân Hóa học năm 1984 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế; Thạc sĩ Hóa học năm 1997 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế; Tiến sĩ Hóa hữu cơ năm 2002 tại Khoa Hóa, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội; Phó giáo sư năm 2006. Bà hiện là giảng viên của Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa học hữu cơ cho thực phẩm, hóa dược, vật liệu xúc tác cho phản ứng hữu cơ



Nguyễn Thị Hồng Hạnh sinh ngày 20/08/2002. Bà tốt nghiệp cử nhân Hóa học năm 2024 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện đang là học viên cao học tại Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa học các hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học



Lê Lâm Sơn sinh ngày 18/04/1984 tại Thừa Thiên Huế. Ông tốt nghiệp cử nhân ngành Hóa học tại Trường Đại học Khoa học Huế năm 2006; tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa hữu cơ tại Đại học Sư phạm Huế năm 2009; nhận học vị tiến sĩ chuyên ngành Hóa Hữu cơ tại Trường Đại học Khoa học Huế 2021. Ông hiện là giảng viên của Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa học các hợp chất thiên nhiên, vật liệu hữu cơ, vật liệu nano và ứng dụng.



Phan Thị Hằng Nga sinh ngày 19/8/1988. Bà tốt nghiệp cử nhân Sư phạm Hóa học năm 2010 tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng; Thạc sĩ Hóa hữu cơ năm 2013 tại Đại học Đà Nẵng; Tiến sĩ Hóa vật liệu năm 2018 tại Đại học Kanazawa, Nhật Bản. Hiện là giảng viên của Bộ môn Khoa học cơ bản, Trường Y Dược, Đại học Đà Nẵng.

Lĩnh vực nghiên cứu: Tổng hợp hữu cơ, hóa dược, vật liệu xúc tác cho phản ứng hữu cơ



Lê Trung Hiếu sinh năm 1987. Ông tốt nghiệp Tiến sĩ Hóa hữu cơ năm 2018 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Ông hiện là giảng viên của Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa học các hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học, phân tích hợp chất hữu cơ