

CHẾ TẠO VÀ KHẢO SÁT SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG PALADI TRONG VẬT LIỆU TỔ HỢP Pd/ γ -Al₂O₃ ĐẾN KHẢ NĂNG CHUYỂN HÓA KHÍ CO Ở NHIỆT ĐỘ PHÒNG

HÀ NGỌC THIÊN⁽¹⁾, VŨ TRẦN DƯƠNG⁽¹⁾, NGUYỄN HÙNG THÁI⁽¹⁾,
NGUYỄN HỮU ĐÔNG⁽¹⁾, VƯƠNG VĂN TRƯỜNG⁽¹⁾, NGUYỄN THỊ QUỲNH NGA⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Paladi có thể được sử dụng làm chất xúc tác cho quá trình hydro hóa, khử, oxy hóa, oxy hóa điện, phản ứng thủy phân.... Các đặc tính xúc tác phụ thuộc vào xử lý nhiệt, pha tạp, phương pháp chế tạo, và đặc tính bề mặt của chất mang [1-8]. Trong đó, các hạt nano paladi trên chất mang nhôm oxit (Pd/Al₂O₃) được sử dụng rộng rãi để xúc tác quá trình hydro hóa chọn lọc axetylen trong dòng khí giàu etylen, khử NO và oxy hóa CO, hydro hóa chọn lọc đồng phân đối quang, sử dụng trong các nghiên cứu hóa học và sinh học về khí thải liên quan đến giao thông [9-12]. Trong công nghiệp Pd thường được sử dụng để xử lý khí thải CO. Các nghiên cứu hiện nay đã phân tập trung vào việc sử dụng Pd để xử lý khí CO ở nhiệt độ cao từ 100°C đến 300°C, tuy nhiên có rất ít nghiên cứu sử dụng Pd làm xúc tác oxy hóa CO ở nhiệt độ phòng, mặc dù việc xử lý khí CO ở nhiệt độ phòng ở một số lĩnh vực đặc thù là hết sức cần thiết.

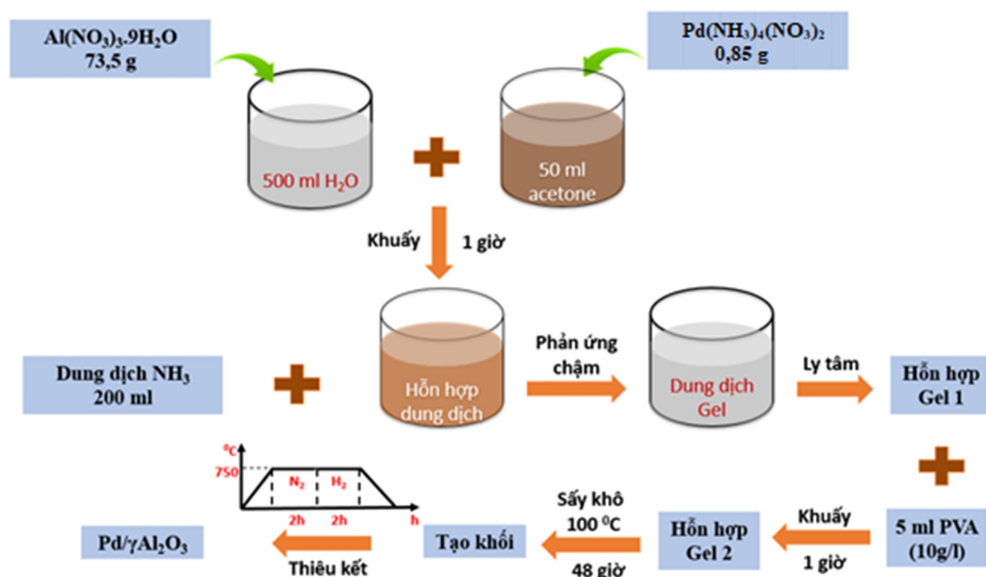
Hiện nay, một số phương pháp được sử dụng để chế tạo hạt nano paladi đã được công bố như phương pháp quang hoạt cực tím [13], khử điện hóa [14], phương pháp sol-gel [15], cắt laze xung trong các dung môi hữu cơ khác nhau [16], chế tạo có sự hỗ trợ của CO₂ siêu tới hạn [17], plasma vi sóng [18]. Các tính chất đặc trưng của hạt nano Pd phụ thuộc nhiều vào cấu trúc, kích thước và hình dạng tinh thể, các yếu tố này có thể được kiểm soát thông qua việc kiểm soát quá trình tạo mầm và phát triển tinh thể. Trong các phương pháp chế tạo kể trên, phương pháp đồng kết tủa có nhiều ưu điểm bởi phương pháp này đạt được mức độ đồng nhất cao cùng với kích thước hạt nhỏ và tốc độ phản ứng nhanh hơn. Phương pháp đồng kết tủa hóa học cho phép lựa chọn các tiền chất khác nhau để làm nguyên liệu ban đầu từ muối đơn giản đến vật liệu vô cơ - hữu cơ phức tạp, hiệu quả về kinh tế và dễ thiết lập. Đồng kết tủa là một trong những kỹ thuật hiệu quả để tổng hợp các hạt nano có phân bố kích thước hẹp. Ưu điểm chính của phương pháp là tăng tính đồng nhất của các hạt nano tạo thành dẫn đến khả năng phản ứng tương đối cao.

Trong nghiên cứu này, vật liệu tổ hợp Pd/ γ -Al₂O₃ được chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa sử dụng các hàm lượng Pd khác nhau bao gồm 2%; 2,5%; và 3% theo khối lượng được sử dụng làm xúc tác chuyển hóa CO ở nhiệt độ phòng. Các đặc trưng cấu trúc của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ được khảo sát bằng SEM, XRD. Hiệu suất chuyển hóa CO ở nhiệt độ phòng được đo bằng hệ thiết bị tự tạo. Các kết quả đo hiệu suất chuyển đổi của vật liệu tổ hợp Pd/ γ -Al₂O₃ đã chế tạo được đánh giá và so sánh với sản phẩm ΦK-II do Liên Bang Nga sản xuất.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Tổng hợp xúc tác Pd/ γ -Al₂O₃

Vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ được tổng hợp theo phương pháp đồng kết tủa như sơ đồ hình 1, cụ thể như sau: Muối nhôm Al(NO₃)₃.9H₂O được hòa tan hoàn toàn trong 500 ml nước cất được trộn với dung dịch muối Pd(NH₃)₄(NO₂)₂ đã hòa tan hoàn toàn trong 50 ml acetone thu được hỗn hợp dung dịch A chứa đồng thời 2 muối Al(NO₃)₃ và Pd(NH₃)₄(NO₂)₂. Hỗn hợp dung dịch A được phản ứng kết tủa chậm với 200 ml dung dịch NH₃ để thu được dung dịch gel. Sau đó dung dịch gel thu được được ly tâm với tốc độ 4000 vòng/phút trong thời gian 5 phút, gạn bỏ phần dịch trong để thu được hỗn hợp gel 1. Thêm 5 ml dung dịch polyvinyl alcohol (PVA) nồng độ 10 g/l vào hỗn hợp gel 1 và khuấy trong 1 giờ để thu được hỗn hợp gel 2. Hỗn hợp gel 2 được sấy ở 100°C trong 48 giờ để tạo khối và được thiêu kết tại nhiệt độ 750°C với thời gian 2 giờ trong môi trường khí N₂ và 2 giờ trong môi trường khí H₂ thu được tổ hợp vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃. Hàm lượng muối Pd(NH₃)₄(NO₂)₂ sử dụng được tính toán (bảng 1) sao cho hàm lượng Pd tạo thành trong tổ hợp vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ chiếm từ 2 % đến 3 % khối lượng vật liệu tổ hợp chế tạo được.



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp Pd/ γ -Al₂O₃

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào nghiên cứu quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp Pd/ γ -Al₂O₃ sử dụng các hàm lượng Pd khác nhau (2%; 2,5% và 3% khối lượng) bằng phương pháp đồng kết tủa với quy trình chế tạo được mô tả ở hình 1.

Bảng 1. Hàm lượng muối sử dụng để chế tạo vật liệu tổ hợp Pd/ γ -Al₂O₃

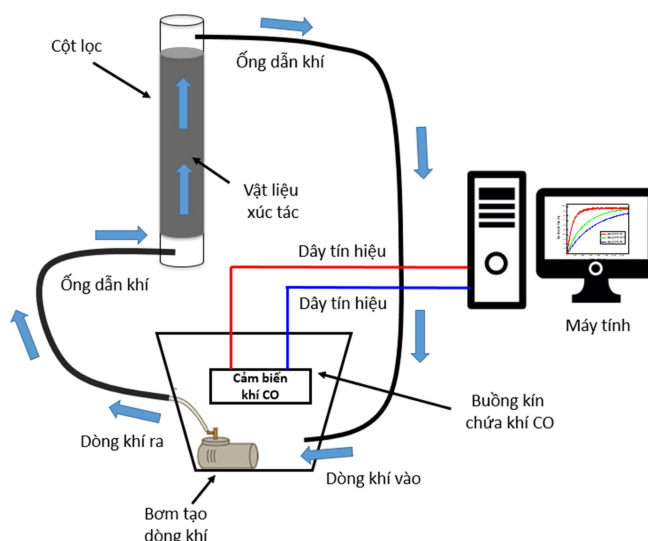
Tổ hợp vật liệu	Al(NO ₃) ₃ .9H ₂ O (g)	Pd(NH ₃) ₄ (NO ₂) ₂ (g)
Pd/ γ -Al ₂ O ₃ 2%	74,25	0,57
Pd/ γ -Al ₂ O ₃ 2,5%	73,88	0,71
Pd/ γ -Al ₂ O ₃ 3%	73,50	0,85

2.2. Khảo sát đặc trưng xúc tác

Vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ sau khi chế tạo được nghiên cứu hình thái học bề mặt bằng thiết bị đo FE-SEM (S-4800; Hitachi, Nhật Bản), đặc trưng cấu trúc của vật liệu được phân tích bằng giản đồ nhiễu xạ tia X (Bruker D8 Endeavor), phép đo diện tích bề mặt riêng được đo bằng thiết bị Autosorb-iQ-MP (02142-1) (Mỹ).

2.3. Khảo sát hoạt tính xúc tác

Khảo sát hoạt tính của xúc tác của (2-3)%Pd/ γ -Al₂O₃ được thực hiện thông qua phản ứng oxy hóa khí CO trong hệ tuần hoàn kín bằng phương pháp phản ứng bề mặt ở nhiệt độ phòng với lưu lượng dòng khí tuần hoàn qua hệ là 8,0 L/phút. Nguyên lý của hệ đo được mô tả ở hình 2.



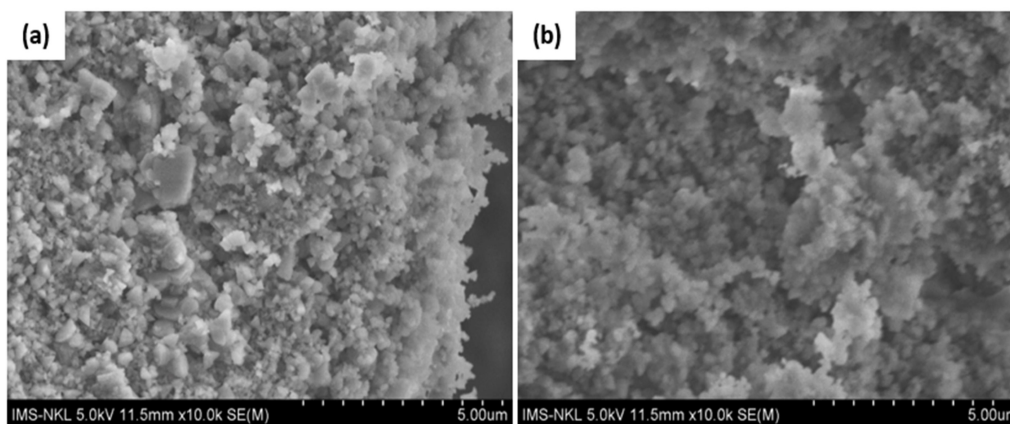
Hình 2. Sơ đồ lắp đặt hệ đo hiệu suất chuyển đổi khí CO ở nhiệt độ phòng

Hệ đo chuyển đổi khí CO tại nhiệt độ phòng bao gồm: Buồng kín chứa khí CO và không khí ở nhiệt độ thường, cảm biến khí CO với khoảng tuyến tính từ 0 ppm đến 800 ppm và bơm tạo dòng khí tuần hoàn được lắp đặt bên trong buồng kín; hệ thống ống dẫn khí được kết nối từ buồng chứa khí CO đến cột lọc chứa vật liệu xúc tác; hệ thống máy tính để kết nối với cảm biến khí CO. Nguyên lý đo như sau: Buồng kín chứa khí CO và không khí ở nhiệt độ thường được kiểm soát nồng độ ban đầu một cách chính xác. Khi nồng độ khí CO trong buồng kín đã đạt ở trạng thái ổn định thì quá trình lọc khí được thực hiện. Quá trình này, khí CO được bơm tuần hoàn theo hệ kín từ buồng chứa khí CO đến cột lọc thông qua hệ thống ống dẫn khí rồi được đưa ngược trở lại buồng kín. Khi qua cột lọc, khí CO được xúc tác Pd/ γ -Al₂O₃ hấp phụ và chuyển hóa thành CO₂ ngay tại nhiệt độ phòng. Lượng khí CO chưa được hấp phụ và chuyển hóa được đưa trở về buồng kín để tiếp tục quy trình lọc. Việc chuyển hóa khí CO thành CO₂ sẽ làm giảm nồng độ CO ban đầu trong buồng kín. Cảm biến khí CO sẽ ghi lại sự suy giảm nồng độ khí CO theo thời gian rồi truyền tín hiệu đến máy tính để xử lý.

Quy trình đo: i) Bơm khí CO vào buồng kín cho đến mức bão hòa ở nồng độ 700 ppm. ii) Kết nối buồng kín và cột lọc chứa 9 gam vật liệu xúc tác Pd/ γ -Al₂O₃ thành hệ kín thông qua ống dẫn khí. iii) Kiểm tra độ kín khí của hệ thống và tiến hành lọc khí tuần hoàn sử dụng bơm với lưu lượng 8 l/phút. Cảm biến khí CO ghi lại sự thay đổi nồng độ khí CO cho đến lúc bão hòa và truyền tín hiệu đến máy tính theo thời gian. Thay đổi các loại vật liệu xúc tác khác nhau để đánh giá hiệu suất chuyển đổi của từng loại vật liệu (thông qua sự thay đổi nồng độ khí CO theo thời gian).

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Hình thái học bề mặt của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃

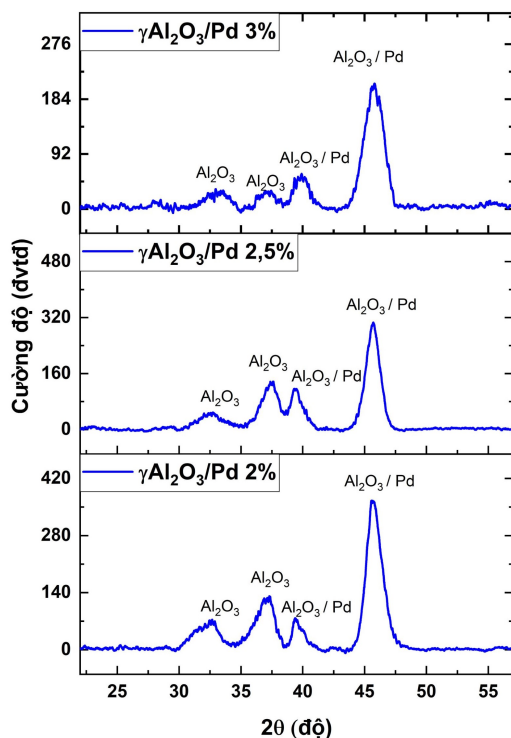


Hình 3. Hình ảnh FESEM của vật liệu (a) Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và (b) Pd/ γ -Al₂O₃ 3%

Đánh giá hình thái học bề mặt của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃, kết quả FE-SEM (hình 3) cho thấy bề mặt vật liệu tạo thành có độ xốp cao, các hạt tinh thể có dạng cầu và kích thước hạt đồng đều. So sánh về hình thái học bề mặt giữa hai loại vật liệu đã chế tạo Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 3% hình ảnh FE-SEM cho thấy không có sự khác nhau nhiều về hình thái học bề mặt. Trên ảnh SEM thể hiện bề mặt vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ có độ xốp cao, diện tích bề mặt lớn, đảm bảo cho khả năng hấp phụ và chuyển hoá cao khí CO của vật liệu chế tạo được.

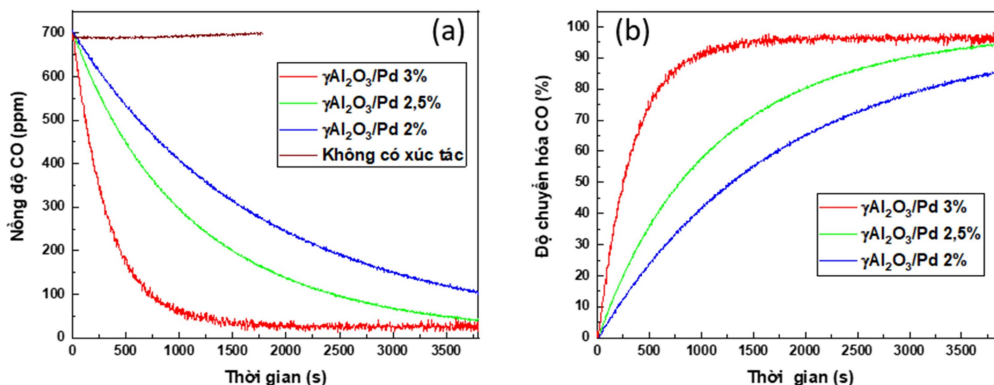
3.2. Đặc trưng thành phần pha của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃

Vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ sau khi chế tạo được đánh giá cấu trúc bằng phép đo nhiễu xạ tia X. Kết quả (hình 4) cho thấy giản đồ nhiễu xạ tia X xuất hiện các đỉnh đặc trưng của thành phần γ -Al₂O₃ tại các góc $2\theta = 33^\circ$, $2\theta = 37,5^\circ$. Ngoài ra tại các vị trí xung quanh góc $2\theta = 40^\circ$ thể hiện sự có mặt đồng thời của cả hai thành phần γ -Al₂O₃ và Pd. Tương tự tại vị trí xung quanh góc $2\theta = 46^\circ$ cũng đặc trưng cho cấu trúc của cả hai thành phần γ -Al₂O₃ và Pd. Xét tỷ lệ cường độ tín hiệu của đỉnh ở $2\theta = 39^\circ$ /cường độ tín hiệu của đỉnh ở $2\theta = 37,5^\circ$ nhận thấy tỷ lệ này giảm mạnh từ mẫu Pd 2% đến mẫu Pd 3%. Điều này được quy cho là sự gia tăng hàm lượng Pd trong tổ hợp vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ đã làm tăng cường độ tín hiệu nhiễu xạ tia X tại vị trí $2\theta = 39^\circ$.



Hình 4. Giảm độ nhiễu xạ tia X của vật liệu Pd/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

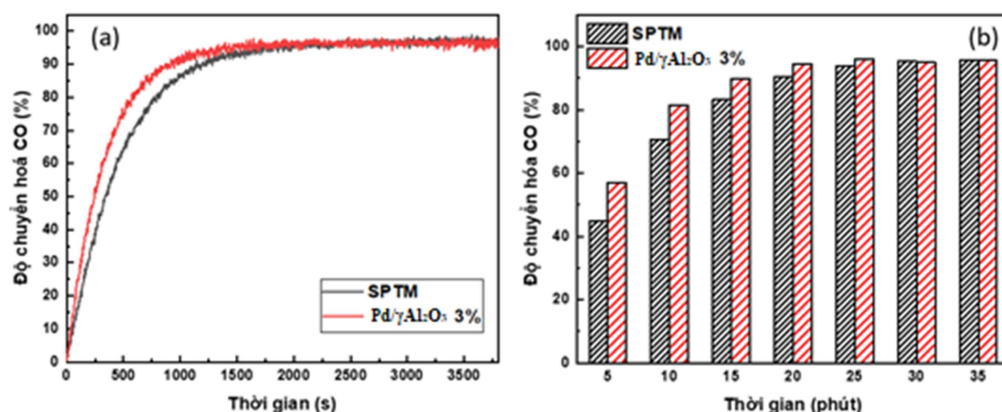
3.3. Hoạt tính xúc tác của vật liệu Pd/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ở nhiệt độ phòng



Hình 5. Hoạt tính xúc tác chuyển hóa CO ở nhiệt độ phòng của vật liệu Pd/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

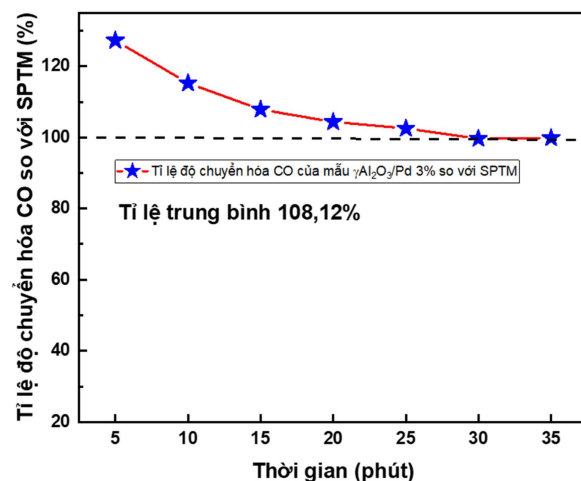
Vật liệu Pd/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ được đánh giá hoạt tính xúc tác chuyển hóa CO ở nhiệt độ phòng thông qua hệ thống lọc tuần hoàn như mô tả ở hình 2. Kết quả khảo sát được thể hiện ở hình 5. Quá trình đo độ chuyển hóa được thực hiện với khí CO trong buồng kín có nồng độ ban đầu là 700 ppm. Hình 5 (a) cho thấy, nồng độ khí CO bên trong buồng kín khi được bơm tuần hoàn không có xúc tác đạt trạng thái ổn định ở

mức 700 ppm. Khi bắt đầu sử dụng xúc tác cho quá trình lọc, nồng độ khí CO trong buồng kín giảm đi nhanh chóng và sự suy giảm nồng độ CO phụ thuộc vào tính chất của vật liệu sử dụng làm cột lọc. Có thể thấy sau 500 giây lọc nồng độ khí CO trong buồng kín còn 550 ppm đối với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2%, 450 ppm đối với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2%, và 150 ppm đối với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3%. Điều này cho thấy tốc độ chuyển hóa khí CO của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% cao hơn rất nhiều lần so với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5%. Sau 1500 s nồng độ khí CO bên trong buồng kín chỉ còn 50 ppm và đã đạt đến trạng thái bão hòa, trong khi đó hai loại vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5% có hiệu suất chuyển đổi thấp hơn, sau 1500 s nồng độ khí CO bên trong buồng kín còn khoảng 200 ppm và 300 ppm đối với hai loại vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5% tương ứng, trong giai đoạn này quá trình chuyển đổi CO sử dụng vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5% bắt đầu chậm dần, đến 3500 s vẫn chưa thấy dấu hiệu của sự bão hòa nồng độ khí CO bên trong buồng kín. Hiệu suất chuyển đổi khí CO thể hiện ở hình 5 (b) cho thấy vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% có tốc độ chuyển hóa nhanh và hiệu suất chuyển đổi khí CO cao, đến hơn 95 %. Trong khi đó hai loại vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5% có tốc độ chuyển hóa chậm hơn và hiệu suất chuyển đổi là thấp hơn, lần lượt dưới 80% và 90% đối với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5% tương ứng.



Hình 6. So sánh độ chuyển hóa CO của vật liệu Pd/ γ Al₂O₃ 3% và sản phẩm ΦK-II

Vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa có hiệu suất và tốc độ chuyển đổi khí CO nhanh hơn so với vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5%. Để đánh giá hiệu suất chuyển đổi của vật liệu đã chế tạo, vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% được so sánh đối chiếu với vật liệu chuyển đổi khí CO là ΦK-II (SPTM). Kết quả so sánh ở hình 6 cho thấy tốc độ chuyển đổi của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa nhanh hơn trong khi hiệu suất chuyển đổi bằng với ΦK-II. Hình 6 (b) cho thấy trong 25 phút đầu của quá trình lọc, độ chuyển hóa của vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% cao hơn so với ΦK-II. Từ phút thứ 30 trở đi, độ chuyển đổi của hai loại vật liệu xúc tác là ngang nhau. Hình 7 cho thấy, tỉ lệ độ chuyển hóa CO của mẫu vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% trung bình cao hơn 8% so với ΦK-II trong khoảng 25 phút đầu tiên.



Hình 7. Tỉ lệ độ chuyển hóa CO so với sản phẩm ΦK-II

4. KẾT LUẬN

Chế tạo thành công vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ bằng phương pháp đồng kết tủa và xây dựng được hệ đo xúc tác chuyển hóa CO ở nhiệt độ phòng. Vật liệu xúc tác Pd/ γ -Al₂O₃ 3% chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa có tốc độ chuyển hóa CO nhanh và hiệu suất chuyển đổi khí CO ở nhiệt độ phòng cao hơn vật liệu xúc tác Pd/ γ -Al₂O₃ 2% và Pd/ γ -Al₂O₃ 2,5%. Mẫu vật liệu Pd/ γ -Al₂O₃ 3% chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa có tốc độ chuyển hóa khí CO trong giai đoạn đầu là cao hơn ΦK-II và có hiệu suất chuyển hóa khí CO lên đến 97% tương đương với sản phẩm ΦK-II.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Y. Niu, L. K. Yeung, R. M. Crooks, *Size-Selective hydrogenation of olefins by dendrimer-encapsulated palladium nanoparticles*, Journal of the American Chemical Society, 2001, **123**:6840-6846.
2. C. C. Luo, Y. H. Zhang, Y. G. Wang, *Palladium nanoparticles in poly(ethyleneglycol): the efficient and recyclable catalyst for Heck reaction*, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2005, **229**:7-12.
3. G. B. Hoflund, H. A. E. Hagelin, J. F. Weaver, G. N. Salaita, *ELS and XPS study of Pd/PdO methane oxidation catalysts*, Applied Surface Science, 2003, **205**:102-112.
4. J. Ma, Y. Ji, H. Sun, Y. Chen, Y. Tang, T. Lu, J. Zheng, *Synthesis of carbon supported palladium nanoparticles catalyst using a facile homogeneous precipitation-reduction reaction method for formic acid electrooxidation*, Applied Surface Science, 2011, **257**:10483-10488.
5. Z. P. Sun, X. G. Zhang, H. Tong, R. L. Xue, Y. Y. Liang, H. L. Li, *Poly(sodium-p-styrenesulfonate) assisted microwave synthesis of ordered mesoporous carbon supported Pd nanoparticles for formic acid electro-oxidation*, Applied Surface Science, 2009, **256**:33-38.

6. F. J. Urbano, J. M. Marinas, *Hydrogenolysis of organohalogen compounds over palladium supported catalysts*, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2001, **173**:329-345.
7. D. Fritsch, K. Kuhr, K. Mackenzie, F. D. Kopinke, *Hydrodechlorination of chloroorganic compounds in ground water by palladium catalysts: Part I. Development of polymer-based catalysts and membrane reactor tests*, Catalysis Today, 2003, **82**:105-118.
8. H. H. Miao, J. S. Ye, S. L. Y. Wong, B. X. Wang, X. Y. Li, F. S. Sheu, *Oxidative modification of neurogranin by nitric oxide: an amperometric study*, Bioelectrochemistry, 2000, **51**:163-173.
9. P. Singh, M. V. Kulkarni, S. P. Gokhale, S. H. Chikkali, C. V. Kulkarni, *Enhancing the hydrogen storage capacity of Pd-functionalized multi-walled carbon nanotubes*, Applied Surface Science, 2012, **258**:3405-3409.
10. J. Gislason, W. Xia, H. Sellers, *Selective hydrogenation of acetylene in an ethylene rich flow: Results of kinetic simulations*, Journal of Physical Chemistry A, 2002, **106**:767-774.
11. K. Thirunavukkarasu, K. Thirumoorthy, J. Libuda, C. S. Gopinath, *A molecular beam study of the NO + CO reaction on Pd(111) surfaces*, Journal of Physical Chemistry B, 2005, **109**:13272-13282.
12. S. Nath, S. Praharaj, S. Panigrahi, S. Basu, T. Pal, *Photochemical evolution of palladium nanoparticles in Triton X-100 and its application as catalyst for degradation of acridine orange*, Current Science, 2007, **92**:786-790.
13. M. Faticanti, N. Cioffi, S. De Rossi, N. Ditaranto, P. Porta, L. Sabbatini, T. BleveZacheo, *Pd supported on tetragonal zirconia: Electrosynthesis, characterization and catalytic activity toward CO oxidation and CH₄ combustion*, Applied Catalysis B: Environmental, 2005, **60**:73-82.
14. Y. Wu, L. Zhanga, G. Lia, C. Lianga, X. Huang, Y. Zhanga, G. Songb, J. Jia, C. Zhixiang, *Synthesis and characterization of nanocomposites with palladium embedded in mesoporous silica*, Materials Research Bulletin, 2001, **36**:253-263.
15. G. Cristoforetti, E. Pitzalis, R. Spiniello, R. Ishake, F. Giammancod, M. MunizMirandae, S. Caporalie, *Physico-chemical properties of Pd nanoparticles produced by Pulsed Laser Ablation in different organic solvents*, Applied Surface Science, 2012, **258**:3289-3297.
16. J. Fu, M. Wang, S. Wang, X. Wang, H. Wang, L. Hu, Q. Xu, *Supercritical carbon dioxide-assisted preparation of palladium nanoparticles on cyclotriphosphazene-containing polymer nanospheres*, Applied Surface Science, 2011, **257**:7129-7133.
17. P. Korovchenko, A. Renken, L. Kiwi-Minsker, *Microwave plasma assisted preparation of Pd-nanoparticles with controlled dispersion on woven activated carbon fibres*, Catalysis Today, 2005, **102-103**:133-141.

18. K. Leopold, M. Maier, M. Schuster, *Preparation and characterization of Pd/Al₂O₃ and Pd nanoparticles as standardized test material for chemical and biochemical studies of traffic related emissions*, Science of the Total Environment, 2008, **394**:177-182.

SUMMARY

PREPARATION OF GAMMA-ALUMINA/PALLADIUM COMPOSITE AND CONSIDERING THE INFLUENCE OF PALLADIUM CONTENT ON THE OXIDATION OF CARBON MONOXIDE AT ROOM TEMPERATURE

This study presents the results of fabrication Pd/ γ -Al₂O₃ by the chemical co-precipitation method. The results showed that the CO conversion speed and efficiency of Pd/ γ -Al₂O₃ (3%Pd) were many times higher than Pd/ γ -Al₂O₃ (2,5%PD) and Pd/ γ -Al₂O₃ (2%Pd). For the first 1500 seconds compared to Φ K-II catalyst, the CO conversion speed of Pd/ γ -Al₂O₃ (3%Pd) was 8% higher. To consider the microstructure, FE-SEM and XRD measurements were also carried out.

Keywords: CO catalytic conversion, co-precipitation, Pd/ γ -Al₂O₃ composite, room temperature, xúc tác, chuyển hóa CO.

Nhận bài ngày 22 tháng 7 năm 2022

Phản biện xong ngày 16 tháng 8 năm 2022

Hoàn thiện ngày 22 tháng 10 năm 2022

⁽¹⁾ Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Liên hệ: Hà Ngọc Thiện

Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Số 63 Nguyễn Văn Huyền, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: 096233335; Email: hnhtien.ttnvdn@gmail.com