

ĐẶC TRƯNG CẤU TRÚC VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA TỈ LỆ KHỐI LƯỢNG Ag/A-RHA ĐẾN HOẠT TÍNH XÚC TÁC CHO PHẢN ỨNG OXI HÓA CO

STRUCTURAL PROPERTIES AND THE EFFECT OF VOLUME RATIO Ag/A-RHA TO CATALYST ACTIVITY FOR CO OXIDATION REACTION

Nguyễn Văn Hồng¹, Nguyễn Trung Thành², Ngô Thanh An³, Huỳnh Thị Thanh Trúc⁴

^{1,2}Trường Đại học An Giang, nvhong@agu.edu.vn, ntthanh@agu.edu.vn

^{3,4}Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP HCM, ngothanhan@gmail.com, htttruc92@gmail.com

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả tổng hợp xúc tác nanocluster Ag trên chất mang tro trấu đã hoạt hóa (A-RHA), khảo sát đặc trưng cấu trúc và hoạt tính của xúc tác cho phản ứng oxi hóa CO với phần trăm khối lượng Ag tẩm trên chất mang tro trấu lần lượt là 0,32 %, 1,55 %. Các đặc trưng của các mẫu xúc tác Ag/A-RHA được xác định bởi phương pháp đo phổ hồng ngoại, phổ nhiễu xạ tia X, nhiệt trọng lượng, diện tích bề mặt riêng và ảnh hiển vi điện tử truyền qua. Thử nghiệm đã tổng hợp thành công xúc tác Ag với kích thước nanocluster trên chất mang tro trấu hoạt hóa. Kết quả khảo sát hoạt tính cho thấy xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA có diện tích bề mặt 11,84 m²/g, có khả năng chuyển hóa CO ở nhiệt độ thấp (60 - 200°C), với tốc độ dòng khí giả tải 30 mL/phút ở 60 °C thì khả năng chuyển hóa đạt 20,72 %, và ở 200 °C khả năng chuyển hóa CO tăng đến 86,63 %, tốc độ chuyển hóa riêng đạt $6,88.10^{-3} \text{ mol}_{\text{CO.mAg}}^{-1}\text{giây}^{-1}$.

Từ khóa: Nanocluster, khả năng chuyển hóa, tốc độ chuyển hóa riêng, tro trấu hoạt hóa, xúc tác.

Chỉ số phân loại: 2.3

Abstract: This article shows the results of catalytic synthesis of Ag nanoclusters on activated rice husk ash carrier (A-RHA), testing results of the typical structure and catalytic activity for CO oxidation reaction with the percentage of Ag content soaked on rice husk ash carrier is 0.32 %, 1.55 %, respectively. The characteristics of Ag/A-RHA catalyst samples are determined by Fourier Transform Infrared Spectrometer, X-ray diffraction spectra, thermal gravimetric analysis, surface area, and transmission electron microscopy. The test has successfully synthesized Ag with nanocluster on activated rice husk ash carrier. The catalytic activity surveying result shows that 0.32 % catalyst has a surface area of 11.84 m²/g, CO conversion rate at low temperatures (60-200 °C), with the impure gas flow speed of 30 mL/min at 60 °C, CO conversion rate reaches 20.72 %, and CO conversion rate is 86.63 % at 200 °C, the specific conversion rate is $6.88.10^{-3} \text{ mol}_{\text{CO.mAg}}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Keywords: Nanocluster, activity surveying, specific conversion rate, activated rice husk ash, catalyst.

Classification number: 2.3

1. Giới thiệu

Các hệ xúc tác cho phản ứng oxi hóa Carbon monoxide (CO) được các nhà khoa học trong và ngoài nước tập trung nghiên cứu nhằm tìm ra xúc tác tối ưu về hoạt tính. Các kim loại quý như Au, Pt, Pd, Rh, Ag, ... ở kích thước nano, nanocluster và đơn nguyên tử trên chất mang oxit sắt, oxit nhôm, silica, ... cho hiệu quả xúc tác cao trong phản ứng oxi hóa CO ở nhiệt độ thấp, trong các kim loại quý thì Ag có chi phí thấp hơn nhưng vẫn có hoạt tính xúc tác cao.

Các mẫu xúc tác được tổng hợp bằng phương pháp đồng kết tủa các nguyên tố xúc tác và chất mang [1]. Việc tổng hợp xúc tác

đơn nguyên tử kim loại hay cluster kim loại trên nền một chất mang đã có sẵn (ví dụ tro trấu đã hoạt hóa) là một vấn đề mới ở thời điểm hiện nay. Các nghiên cứu gần đây cho thấy, tro trấu sau hoạt hóa bằng dung dịch HF có diện tích bề mặt riêng lớn, có hàm lượng silica chiếm 84,3% tổng khối lượng tro trấu [2]. Ngoài ra, tro trấu có số lượng tâm hoạt động trên bề mặt cao, tạo điều kiện thuận lợi để tạo ra lực liên kết mạnh với các kim loại quý bởi silica chứa trong tro trấu, thỏa mãn các yêu cầu cần thiết của một chất mang [3].

Từ các vấn đề trên, nghiên cứu này có ý nghĩa rất lớn vì vừa mang tính học thuật cao

vừa nhằm giải quyết bài toán đa mục tiêu trong thực tế: (1) tổng hợp thành công xúc tác có kích thước nanocluster có hiệu quả cho phản ứng oxi hóa CO; (2) tận dụng nguồn chất thải tro trấu từ các lò đốt; (3) mở ra hướng xử lý ô nhiễm CO ở nhiệt độ thấp, chi phí đầu tư và vận hành thấp.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất

AgNO₃ 99,8 % (Trung Quốc), HF 99,99 % (Trung Quốc), nước cất hai lần và khử ion được điều chế tại phòng thí nghiệm, tro trấu tươi (F-RHA: Fresh rice husk ash) lấy từ cơ sở sản xuất gạch tại huyện Châu Thành, tỉnh An Giang, bình khí theo tỉ lệ phần trăm thể tích CO : O₂ : N₂ = 1 : 1 : 98, bình khí H₂.

2.2. Tổng hợp xúc tác

Xúc tác được tổng hợp bằng phương pháp đồng kết tủa hỗn hợp 0,1 gam AgNO₃ (đối với mẫu 0,32 % Ag/A-RHA) hoặc 0,5 gam AgNO₃ (đối với mẫu 1,55 % Ag/A-RHA), 20 gam tro trấu và dung dịch HF 10 %. Hỗn hợp phản ứng được khuấy đều 30 phút bằng khuấy từ ở nhiệt độ phòng. Hỗn hợp xúc tác sau đó được lọc rửa nhiều lần bằng nước cất khử ion đến trung tính. Sản phẩm thu được sấy ở 105 °C trong 12 giờ, sau đó cho vào lọ chứa trong bình hút ẩm.

2.3. Đặc trưng tính chất và đánh giá hoạt tính xúc tác

Các đặc trưng của mẫu xúc tác Ag/A-RHA được xác định bởi phương pháp đo phổ hồng ngoại (FTIR) và phổ nhiễu xạ tia X (XRD) để xác định thành phần của xúc tác. Xúc tác được xác định độ bền nhiệt bằng phương pháp nhiệt trọng lượng (TGA), xác định diện tích bề mặt riêng của mẫu xúc tác bằng phương pháp đo BET, xác định hình dạng và kích thước của các hạt xúc tác bằng ảnh TEM.

Hệ thống phản ứng oxi hóa CO dòng vi lượng gồm ba phần: (1) hệ thống cung cấp khí, (2) bình phản ứng và (3) hệ thống phân tích. Khí CO được đưa vào bình phản ứng nhờ dòng khí mang nitơ đồng thời hòa với dòng khí oxi theo một tỷ lệ thể tích xác định (CO : O₂ : N₂ = 1 : 1 : 98). Tốc độ dòng nạp liệu tổng được điều chỉnh ổn định bằng lưu lượng kế (4 L/giờ). Mẫu xúc tác cỡ hạt qua rây 40 mesh tạo thành lớp mỏng có bề dày

1,5 cm ứng với đường kính 1 cm, đặt bên trong bình phản ứng. Cặp nhiệt điện tiếp xúc bình phản ứng tại lớp xúc tác ghi nhận nhiệt độ phản ứng, mỗi nghiệm thức được thực hiện ba lần sau đó lấy kết quả trung bình. Xúc tác được hoạt hóa 3 giờ trong dòng khí H₂ ở 300 °C trước khi phản ứng. Các thí nghiệm ban đầu cho thấy trong hỗn hợp sản phẩm không chứa sản phẩm khác CO₂. Độ chuyển hóa được tính từ nồng độ CO trước và sau phản ứng, được phân tích bằng hệ thống sắc ký khí TRACE 1310 với đầu dò TCD, sử dụng phần mềm Chromelon.

Tính độ chuyển hóa CO:

$$X = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100(\%) \quad (1)$$

Trong đó:

X: là độ chuyển hóa của CO;

S₀: là diện tích peak CO nguyên liệu (trước phản ứng);

S: là diện tích peak CO sản phẩm (sau phản ứng);

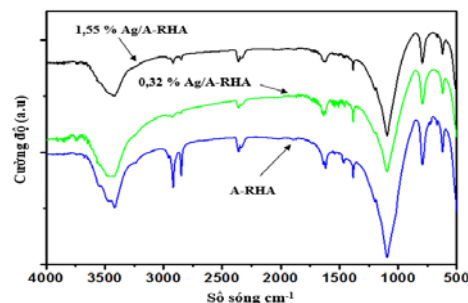
3. Kết quả

3.1. Đặc trưng tính chất của các mẫu xúc tác

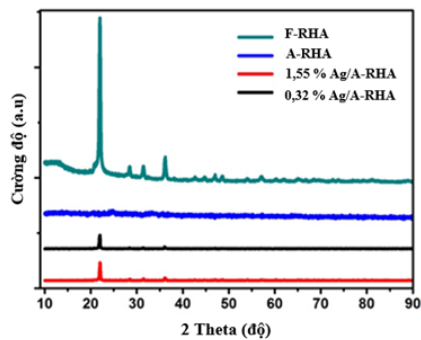
Các kết quả diện tích bề mặt riêng; phổ FTIR và XRD; ảnh TEM; nhiệt trọng lượng TGA của các mẫu xúc được thể hiện bên dưới:

Bảng 1. Diện tích bề mặt riêng của các mẫu xúc tác.

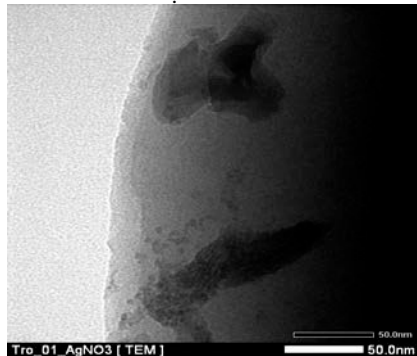
Mẫu	Diện tích bề mặt riêng (m ² /g)
Tro trấu tươi (F-RHA)	16
Tro trấu hoạt hóa (A-RHA)	80,9
0,32 % Ag/A-RHA	11,84
1,55 % Ag/A-RHA	5,56



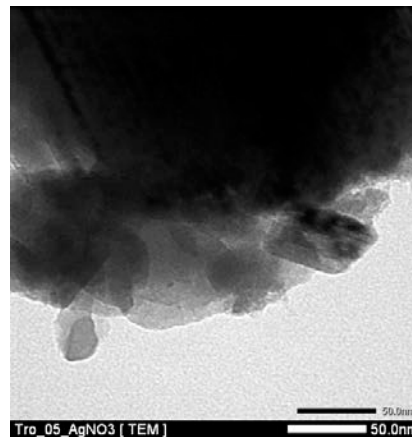
Hình 1. Phổ FTIR của các mẫu xúc tác Ag/A-RHA.



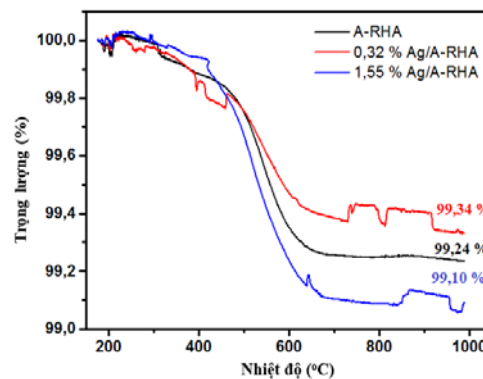
Hình 2. Phổ nhiễu xạ tia X của các Mẫu xúc tác.



Hình 3. Ảnh TEM của các mẫu xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA.



Hình 4. Ảnh TEM của mẫu xúc tác 1,55 % Ag/A-RHA.

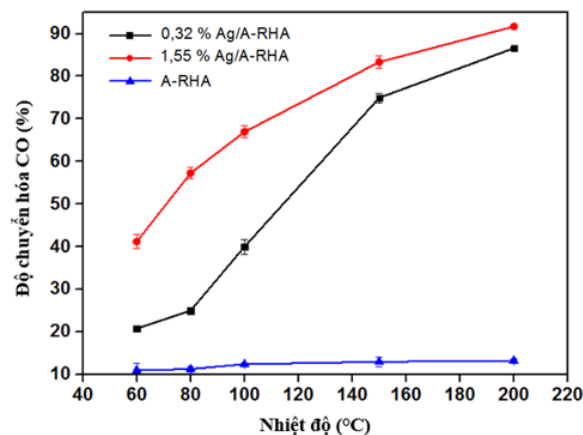


Hình 5. Nhiệt trọng lượng TGA của các mẫu xúc tác

3.2. Khả năng chuyển hóa CO (%) theo phần trăm khối lượng của Ag tẩm trên chất mang A-RHA

Bảng 2. Khả năng chuyển hóa CO theo nhiệt độ của các mẫu xúc tác.

STT	Nhiệt độ (°C)	Khả năng chuyển hóa CO (%)	
		0,32 % Ag/A-RHA	1,55 % Ag/A-RHA
1	60	20,72 ± 0,11	41,19 ± 1,67
2	80	24,96 ± 0,53	57,26 ± 1,31
3	100	39,99 ± 1,75	66,98 ± 1,51
4	150	74,97 ± 1,13	83,37 ± 1,38
5	200	86,63 ± 0,18	91,70 ± 0,26

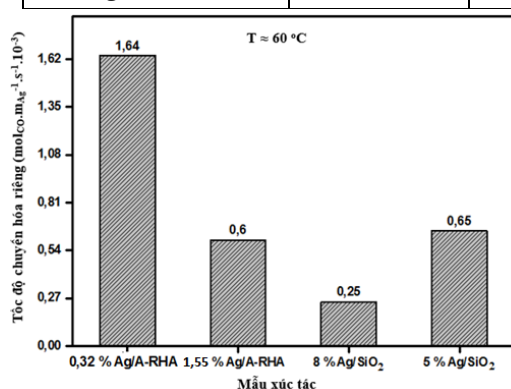


Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu quả xử lý CO của các mẫu xúc tác.
Ghi chú: Các số liệu ± trong đồ thị được biểu diễn theo độ lệch chuẩn với n = 3

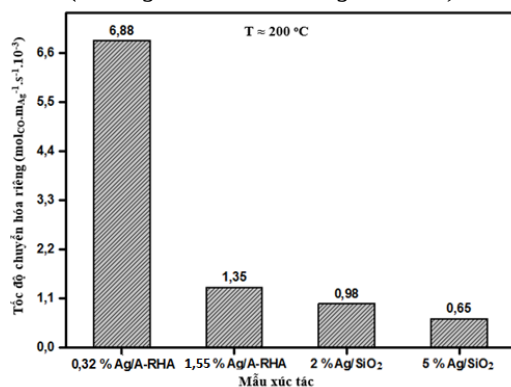
3.3. So sánh kết quả thu được với một số công trình đã nghiên cứu

Bảng 3. So sánh kết quả thu được với một số công trình nghiên cứu khác.

Mẫu	Độ chuyển hóa CO (%)	Nhiệt độ khảo sát (°C)	Kích thước hạt xúc tác (nm)	Tốc độ chuyển hóa riêng (mol _{CO} .m _{Ag} ⁻¹ .giây ⁻¹)
0,32 % Ag/A-RHA	86,63	200	Nanocluster	6,88.10 ⁻³
0,32 % Ag/A-RHA	20,72	60	Nanocluster	1,64.10 ⁻³
1,55 % Ag/A-RHA	91,70	200	Nanocluster	1,35.10 ⁻³
1,55 % Ag/A-RHA	41,19	60	Nanocluster	0,60.10 ⁻³
2 % Ag/SiO ₂ [4]	98	220	(Không xác định)	0,98.10 ⁻³
8 % Ag/SiO ₂ [4]	98	65	4,5 - 5,5	0,25.10 ⁻³
5 % Ag/SiO ₂ [5]	98	200	2 – 3	0,65.10 ⁻³
5 % Ag/SiO ₂ [5]	98	57	2 – 3	0,65.10 ⁻³



Hình 7. Đồ thị so sánh tốc độ chuyển hóa riêng của các mẫu xúc tác ở nhiệt độ thấp khoảng 60 °C (8 % Ag/SiO₂ [4]; 5 % Ag/SiO₂ [5]).



Hình 8. Đồ thị so sánh tốc độ chuyển hóa riêng của các mẫu xúc tác ở nhiệt độ khoảng 200 °C (2 % Ag/SiO₂ [4]; 5 % Ag/SiO₂ [5]).

4. Thảo luận

Diện tích bề mặt riêng của tro trấu trước và sau khi hoạt hóa có sự thay đổi rất lớn (Bảng 1). Tro trấu tươi có diện tích bề mặt riêng 16 m²/g tăng lên 80,9 m²/g đối với tro trấu hoạt hóa A-RHA, tăng xấp xỉ 5 lần. Mẫu xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA có diện tích là 11,84 m²/g và 1,55 % Ag/A-RHA có diện tích là 5,56 m²/g. Thực nghiệm thấy rằng

lượng Ag tẩm trên bề mặt của tro trấu càng nhiều thì diện tích bề mặt của xúc tác càng giảm. Kết quả này rất phù hợp với một số công trình đã nghiên cứu về xúc tác tẩm nano bạc trên chất mang SiO₂ [5, 6].

Phổ FTIR của các mẫu xúc tác được thể hiện trong hình 1. Vị trí các peak thay đổi không đáng kể, các peak ở vị trí số sóng 720 cm⁻¹ và 730 cm⁻¹ ứng với dao động của Si-H (520-800 cm⁻¹). Ở các vị trí số sóng 1090 cm⁻¹ ứng với dao động của Si-O-Si (1080 cm⁻¹); 2850, 2915, 2960 cm⁻¹ ứng với dao động của C-H (2930 cm⁻¹), 3417, 3475, 3550 cm⁻¹ ứng với dao động của -OH (3400 cm⁻¹) [6].

Các peak của Si-O-Ag có vị trí số sóng ở 1074 cm⁻¹ đến 1226 cm⁻¹ [7] và 1169 cm⁻¹ đến 1637 cm⁻¹ [8], tuy nhiên kết quả phân tích phổ FTIR như hình 1 không nhận thấy đỉnh peak tại vị trí đó, điều này có thể giải thích do hàm lượng Ag có trong mẫu quá ít nên không thể xác định được các đỉnh peak. Các mẫu xúc tác được xác định phổ nhiễu xạ tia X, kết quả thu được như hình 2 cho thấy bề mặt của tro trấu sau hoạt hóa (A-RHA) bị thay đổi rất nhiều so với tro trấu chưa hoạt hóa (F-RHA).

Phổ nhiễu xạ tia X có thể xác định được cường độ peak của Ag₂O có trong mẫu ở góc chiếu xạ 33° (8% Ag/SiO₂) [4] và cường độ peak của Ag ở các góc chiếu xạ 38° (5% Ag/SiO₂) [5], 38,2°, 44,2°, 64,4° và 77,1° (8% Ag/SiO₂) [4]. Mẫu tro trấu chứa lượng Ag nhiều hơn có cường độ peak cao hơn. Tuy nhiên lượng Ag có trong các mẫu mà thực nghiệm đang nghiên cứu (0,32 % Ag/A-

RHA và 1,55 % Ag/A-RHA) quá nhỏ nên không xuất hiện peak đặc trưng của Ag và Ag_2O , kết quả này rất phù hợp với việc phân tích phổ FTIR đã khảo sát.

Vì lượng Ag có trong mẫu rất nhỏ nên các kích thước nanocluster bạc khó có thể xác định được một cách chính xác, kết quả ảnh TEM của hai mẫu xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA (Hình 3) và mẫu xúc tác 1,55 % Ag/A-RHA (Hình 4) cho thấy Ag phân tán trên bề mặt chất mang với kích thước nanocluster.

Các hình dạng của nanocluster Ag thu được là hình tròn (có dạng tám). Hai mẫu xúc tác với tỉ lệ phần trăm theo khối lượng Ag khác nhau cho kích thước hạt và mật độ phân bố khác nhau.

Các mẫu xúc tác được xác định nhiệt trọng lượng TGA, nhiệt độ khảo sát lên đến 1000 °C. Từ kết quả hình 5 cho thấy sự giảm trọng lượng các mẫu A-RHA tính theo phần trăm khối lượng tương ứng khoảng 0,76 %, 0,56 % và 0,90 %. Xét trong khoảng nhiệt độ dưới 450 °C, sự giảm trọng lượng của các mẫu gần giống như nhau, do sự mất đi một phần nhỏ silanol (Si-O-H) và H_2O trên bề mặt của SiO_2 trong mẫu xúc tác [7].

Trong khoảng nhiệt độ từ 450 - 650 °C, Mẫu xúc tác 1,55 % Ag/A-RHA có sự giảm trọng lượng nhanh nhất, mẫu A-RHA không tẩm Ag và 0,32 % Ag/A-RHA có sự giảm trọng lượng tương tự nhau. Sự giảm trọng lượng của các mẫu ở nhiệt độ này do sự mất đi các silanol và các phân tử H_2O phân bố bên trong của lớp SiO_2 có trong tro trấu [7]. Ở nhiệt độ từ 650 °C - 1000 °C cả 3 mẫu có sự giảm trọng lượng rất ít và gần giống nhau, do ở nhiệt độ này các mẫu đã mất hết các silanol và các phân tử nước. Như vậy từ kết quả phân tích TGA có thể kết luận các mẫu xúc tác bền với nhiệt ở khoảng dưới 200 °C, đây là khoảng nhiệt độ mà nghiên cứu đang khảo sát. Nếu tính ở khoảng nhiệt độ từ 60-650 °C thì mẫu xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA ít giảm trọng lượng nhất, phù hợp để nghiên cứu khảo sát hoạt tính xúc tác cho phản ứng oxy hóa CO ở nhiệt độ thấp từ 60-200 °C.

Giữa các tỷ lệ phần trăm theo khối lượng của Ag trên chất mang tro trấu hoạt hóa khác nhau: Sự gắn kết của các nguyên tử Ag thúc đẩy việc truyền và khuếch tán oxy trên bề

mặt, đóng vai trò quan trọng đối với quá trình oxy hóa CO, tăng hoạt tính của xúc tác. Đối với xúc tác 1,55 % Ag/A-RHA, qua kết quả khảo sát cho thấy: Ban đầu khả năng chuyển hóa CO của xúc tác này có bước nhảy cao hơn xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA, ở 60 °C khả năng chuyển hóa CO tăng lên gấp 2 lần, ở 80 °C tăng lên gấp 2,3 lần và ở 100 °C tăng lên 1,6 lần. Tuy nhiên, khi nhiệt độ phản ứng tăng lên 150 °C và 200 °C thì khả năng chuyển hóa có thay đổi ít.

Theo các nghiên cứu trước đây cho thấy kích thước nanocluster nguyên tử Ag càng nhỏ sẽ cho hoạt tính xúc tác càng cao [9], thậm chí với đơn nguyên tử kim loại thì hoạt tính xúc tác là cao nhất. Tuy nhiên, các đơn nguyên tử kim loại trên chất mang oxyt dễ bị thiêu kết trong các phản ứng oxy hóa nên giảm hiệu suất của xúc tác.

Từ kết quả so sánh bảng 3, đồ thị hình 6, hình 7 và hình 8 cho thấy kích thước hạt xúc tác nhỏ hơn, độ chuyển hóa thấp hơn và tốc độ chuyển hóa riêng của sự chuyển hóa CO đối với xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA cao hơn rất nhiều so với các mẫu xúc tác của các công trình nghiên cứu khác cả ở nhiệt độ thấp 60 °C hay ở nhiệt độ cao khoảng 200 °C. Các mẫu xúc tác thu được ở kích thước nanocluster, nhỏ hơn so với một số công trình đã nghiên cứu [5, 6], khi kích thước càng nhỏ thì hoạt tính xúc tác càng cao do đó tốc độ chuyển hóa riêng cũng cao. Bên cạnh đó, lượng Ag sử dụng cho quá trình xúc tác cũng thấp hơn và nghiên cứu còn thực hiện trên chất mang tro trấu – một nguồn chất thải, ít tốn chi phí so với chất mang SiO_2 tinh khiết. Từ hai mẫu xúc tác đã tổng hợp được có thể kết luận mẫu xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA có hiệu suất chuyển hóa không cao hơn mẫu xúc tác 1,55 % Ag/A-RHA ở cùng khoảng nhiệt độ khảo sát, tuy nhiên tốc độ chuyển hóa riêng cao hơn nhiều, điều này giúp tiết kiệm lượng Ag, giảm chi phí cho quá trình nghiên cứu.

5. Kết luận

Hoạt hóa tro trấu bằng phương pháp ăn mòn hóa học bởi dung dịch HF 10 % là phương pháp đơn giản, nhưng mang lại hiệu quả cao. Nghiên cứu đã tổng hợp thành công nanocluster nguyên tử Ag trên chất mang tro

trấu đã hoạt hóa, với kích thước của các mẫu xúc tác là nanocluster và có hình tròn (có dạng tấm).

Khảo sát được hoạt tính xúc tác Ag/A-RHA cho phản ứng oxi hóa CO trong khoảng nhiệt độ 60-200 °C. Quá trình nghiên cứu cho thấy với xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA thì cho hiệu suất chuyển hóa CO đạt 86,63 % ở 200 °C với tốc độ chuyển hóa riêng đạt $6,88 \cdot 10^{-3}$ (mol_{CO}.m_{Ag}⁻¹.giây⁻¹).

Quá trình khảo sát khả năng chuyển hóa CO của xúc tác Ag/A-RHA đã tìm ra được những điều kiện thích hợp cho phản ứng oxi hóa CO như: (1) tốc độ dòng khí giả thải là 30 mL/phút; (2) nhiệt độ phản ứng là 200 °C; (3) Tỷ lệ khối lượng Ag tấm trên bề mặt chất mang A-RHA là 0,32 %.

Xúc tác 0,32 % Ag/A-RHA đã tổng hợp có hiệu quả và độ bền cao, có khả năng xử lý CO ở nhiệt độ thấp. Đây có thể được xem là loại xúc tác mới, với kim loại Ag có chi phí thấp hơn các kim loại quý khác và được tổng hợp trên chất mang rẻ tiền đó là tro trấu. Nghiên cứu sẽ mở ra hướng tận dụng tro trấu có hiệu quả với chi phí vận hành và đầu tư thấp □

Tài liệu tham khảo

- [1] B. Qiao, A. Wang, X. Yang, L. F. Allard, Z. Jiang, Y. Cui, et al. (2011), "Single-atom catalysis of CO oxidation using Pt₁/FeO_x", *Nat. Chem*, 3, pp. 634-641.
- [2] Tarun Kumar Naiya, Ashim Kumar Bhattacharya, Sailendranath Mandal, and Sudip Kumar Das (2009), "The sorption of lead(II) ions on rice husk", *Journal of Colloid and Interface Science*, 163, pp. 1254-1264.
- [3] Nguyễn Trung Thành (2015), "Tổng hợp vật liệu Fe_xMn_yO_z/tro trấu và vai trò của chất mang trong hấp phụ asen từ nước ngầm", *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 37, pp. 16-24.
- [4] Xiaodong Zhang, Zhenping Qu, Xinyong Li, Meng Wen, Xie Quan, Ding Ma, et al. (2010), "Studies of silver species for low-temperature CO oxidation on Ag/SiO₂ catalysts", *Separation and Purification Technology*, 72, pp. 395-400.
- [5] V.V. Dutoy, G.V. Mamontov, V.I. Zaikovskii, and O.V. Vodyankina (2016), "The effect of support pretreatment on activity of Ag/SiO₂ catalysts in low-temperature CO oxidation", *Catalysis Today*, 278, pp. 150-156.
- [6] Ibrahim, D.M., S.A. El-Hemaly, and F.M. Abdel-Kerim (1980), "Study of rice-husk ash silica by infrared spectroscopy", *Thermochimica Acta*, 37, pp. 307-314.
- [7] Sathya Ramalingam, Loganathan Bhavani Devi, Jonnalagadda Raghava Rao, and Balachandran Unni Nair (2014), "Rapid hydrogenation: perfect quasi architecture (Ag@SiO₂NPs) as a substrate for nitrophenol reduction", *Cite this: RSC Adv*, 4, pp. 56041-56051.
- [8] Dhaneswar Das, Parag Choudhury, Lakhyajyoti Bortahkur, Bhaskarjyoti Gogoi, Alak Kumar, Buragohain, et al. (2015), "Synthesis and characterization of SiO₂/polyaniline/Ag core-shell particles and studies of their electrical and hemolytic properties: Multifunctional core-shell particles", *RSC Adv*, 5, pp. 2360-2367.
- [9] Y. Lei, F. Mehmood, S. Lee, J. Greeley, B. Lee, S. Seifert, et al. (2010), "Increased silver activity for direct propylene epoxidation via subnanometer size effects", *Science*, 328, pp. 224-228.

Ngày nhận bài: 5/3/2018

Ngày chuyển phản biện: 8/3/2018

Ngày hoàn thành sửa bài: 30/3/2018

Ngày chấp nhận đăng: 4/4/2018