

ĐIỀU CHẾ γ - Al_2O_3 BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHUẾCH TÁN DÒNG LIÊN TỤC

BÙI THỊ DIỄM

Khoa Công nghệ Hoá Học, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh;

diemcn4@yahoo.com

Tóm tắt. Nhôm hydroxid được điều chế bằng phương pháp khuếch tán acid và khuếch tán base. Nhôm hydroxid này được nung phân hủy trong môi trường hơi nước ở 550°C trong 4 giờ đã thu được dạng γ - Al_2O_3 . Sản phẩm có kích thước hạt khoảng 50 nm, diện tích bề mặt riêng từ 233.3 đến 336.4 m²/g đối với phương pháp khuếch tán acid và từ 127.7 đến 263.7 m²/g đối với phương pháp khuếch tán base. Sử dụng γ - Al_2O_3 được sử dụng làm chất mang cho xúc tác Ni để xử lý khí thải NO_x ở nhiệt độ 350°C. Kết quả cho thấy mẫu xúc tác Ni/ γ - Al_2O_3 với chất mang γ - Al_2O_3 được điều chế bằng phương pháp khuếch tán acid và base đều cho kết quả chuyển hóa NO_x tốt, cao nhất khoảng 67% (mẫu γ - Al_2O_3 điều chế bằng phương pháp khuếch tán acid).

Từ khóa. Khuếch tán acid, khuếch tán base, nhôm hydroxid, γ - Al_2O_3 , chất mang, xúc tác Ni/ γ - Al_2O_3 , xử lý khí thải NO_x.

PREPARATION OF γ - Al_2O_3 BY CONTINUOUS DIFFUSION METHOD

Abstract. Aluminium hydroxide was prepared by acidic and basic diffusion methods. The γ - Al_2O_3 was obtained when aluminium hydroxide was calcined in saturated steam at 550°C for 4h. The average particle sizes of γ - Al_2O_3 were less than 50 nm and S_{BET} surface areas were from 233.3 to 336.4 m²/g and 127.7 - 263.7 m²/g for acidic diffusion method and basic diffusion method, respectively. γ - Al_2O_3 used as a carrier for the Ni catalyst for NO_x emission handle at temperature 350°C. The results showed that γ - Al_2O_3 was prepared by both acidic and basic diffusion methods were obtained high transformation. The highest activity is 67% (γ - Al_2O_3 was prepared by acidic diffusion method).

Keywords. Acidic diffusion, basic diffusion, aluminium hydroxide, γ - Al_2O_3 , Ni/ γ - Al_2O_3 catalyst, NO_x gas treatment.

1. GIỚI THIỆU

Nhôm oxid có rất nhiều ứng dụng trong công nghiệp, trong hấp phụ và trong công nghệ vật liệu. Đặc biệt nhôm oxid được sử dụng làm xúc tác và chất mang xúc tác cho nhiều phản ứng [5]. Xử lý khí thải bằng xúc tác hay hệ xúc tác trên chất mang Al_2O_3 đã góp phần làm giảm thiểu ô nhiễm môi trường và có tiềm năng rất lớn bởi tính năng của nó. Trong các dạng nhôm oxid thì γ - Al_2O_3 được sử dụng rất nhiều để làm xúc tác hoặc chất mang xúc tác. Nhôm oxid hoạt tính có đặc trưng quan trọng như: cấu trúc tinh thể, cấu tạo lỗ xốp và các nhóm chức hóa học bề mặt, các đặc trưng đó quyết định tính chất hấp phụ và xúc tác cho các phản ứng. Các đặc trưng này thay đổi rất nhiều theo phương pháp và kỹ thuật điều chế nhôm oxid.

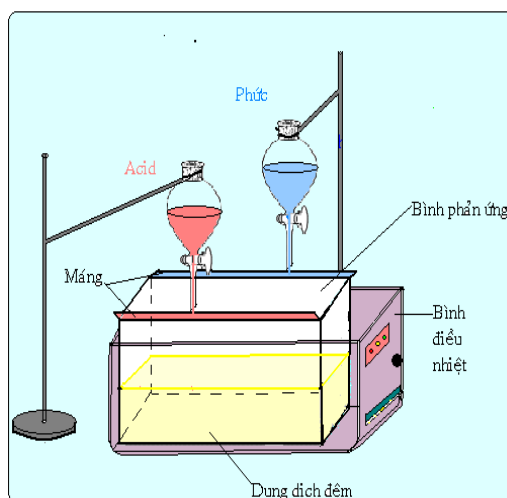
Có nhiều phương pháp tổng hợp nhôm hydroxid như: phương pháp điều chế thủy nhiệt theo chu trình Bayer, phương pháp sol-gel [7], phương pháp kết tủa và phương pháp khuếch tán dòng liên tục [5]. Trong bài này, chúng tôi tiến hành điều chế $\text{Al}(\text{OH})_3$ bằng phương pháp khuếch tán dòng liên tục trong hai trường hợp: dùng dung dịch muối nhôm sulfat và NaOH (phương pháp base), và dùng dung dịch natri aluminat và acid sulfuric (phương pháp acid). Theo phương pháp này chúng ta có thể điều chế được một số dạng thù hình của nhôm hydroxid và nhôm oxid. Đồng thời, chúng tôi tiến hành khảo sát ảnh hưởng của chất mang nhôm oxid thu được đến hoạt tính của hệ xúc tác Ni/ γ - Al_2O_3 trên phản ứng xử lý khí thải NO_x. Kết quả cho thấy các phương pháp tổng hợp khác nhau có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu quả xúc tác của phản ứng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Điều chế nhôm hydroxid, nhôm oxid

Phương pháp acid: Cho dung dịch natri aluminat và dung dịch acid sulfuric vào hai bình lỏng, nồng độ của hai dung dịch trong bình lỏng sẽ thay đổi tùy vào mục đích khảo sát và phương pháp điều chế. Sau đó cho vào bình phản ứng 500ml dung dịch đệm và gia nhiệt bình phản ứng đến 80°C (Hình 1). Cho 2 dung dịch chảy từ từ (vận tốc khoảng 3ml/phút) tràn đều trên hai cạnh bình phản ứng có chứa dung dịch đệm borax. Sau khi phản ứng xong, để ổn định dung dịch 30 phút rồi đem lọc, rửa cho hết ion sulfat. Sấy sản phẩm thu được ở 120°C trong 4 giờ. Bảo quản mẫu nhôm hydroxid trong bình hút ẩm. Nung phân hủy nhôm hydroxid thu được trong môi trường bão hòa hơi nước ở 550°C trong 4 giờ ta thu được nhôm oxid [8].

Phương pháp base: tương tự như phương pháp acid nhưng thay dung dịch natri aluminat bằng dung dịch nhôm sulfat và thay dung dịch acid sulfuric bằng dung dịch natri hydroxid (Tỷ lệ mol 1:3).



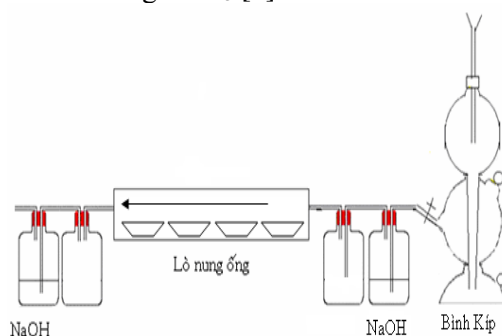
Hình 1. Mô hình hệ thống phản ứng điều chế nhôm hydroxid bằng phương pháp khuếch tán dòng liên tục

2.2. Phương pháp phân tích sản phẩm

Cấu trúc nhôm hydroxid, nhôm oxid và $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ được xác định phương pháp: phân tích nhiễu xạ tia X (XRD), phân tích nhiệt vi sai (DTA), kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM), xác định diện tích bề mặt bằng phương pháp hấp phụ BET.

2.3. Điều chế xúc tác $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Trong bài này, chúng tôi dùng phương pháp tẩm để điều chế hệ xúc tác $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ [3]. Hòa tan 1.7638g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trong khoảng 2 ml nước cất. Nhỏ từ từ dung dịch muối Ni^{2+} lên 2.0000g chất mang Al_2O_3 , trộn thật kỹ, sấy khô ở 120°C trong 2 giờ để làm bay hơi nước, khi đó trên chất mang sẽ có các vi tinh thể muối nickel [2,3]. Tiếp theo, nung và khử mẫu bằng dòng khí H_2 ở 550°C trong 4 giờ để thu được xúc tác kim loại Ni trên chất mang Al_2O_3 [8].



Hình 2. Hệ thống điều chế xúc tác

2.4. Khảo sát hoạt tính xúc tác của hệ Ni// γ - Al_2O_3

Hoạt tính xúc tác được khảo sát trên phản ứng khử NO_x [1]. Ống đặt mẫu khảo sát làm bằng inox có tiết diện $\Phi = 8$ mm, chiều dài 140 mm. Một ống chứa 2g xúc tác, ống còn lại chứa cát. Xúc tác và cát được giữ chặt bằng bông thủy tinh. Các ống inox được đặt trong lò nung ống, nhiệt độ phản ứng là 350°C .

Các bước thực hiện:

Điều chế khí NO_x từ 2g Cu và 200 ml dung dịch HNO_3 1÷1 trong erlen ở nhiệt độ 70°C . Dẫn khí NO_x đi qua ống inox chứa mẫu xúc tác (hoặc mẫu cát) với tốc độ trung bình khoảng $1.311 \cdot 10^{-3}$ mol $\text{NO}_x/\text{phút}$. Thời gian tiến hành khảo sát là 45 phút. Khí sau khi qua ống inox được dẫn qua 3 erlen. Erlen 1 và 3 chứa 150 ml NaOH 0.67M để hấp thu khí NO_2 . Erlen 2 chứa 50 ml KMnO_4 2M + 50 ml H_2SO_4 2M để oxi hóa NO_x thành NO_2 .

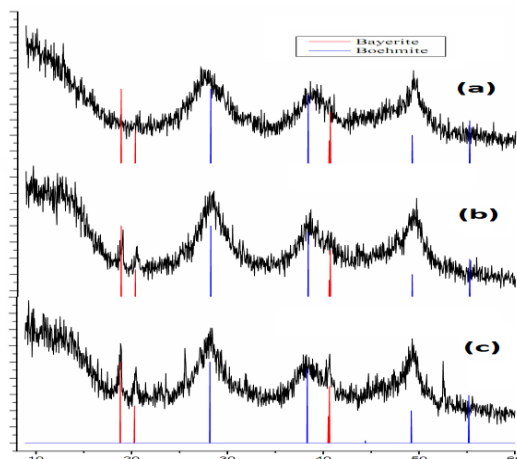
Chúng tôi xác định hàm lượng NO_x đầu vào (qua ống chứa cát) và xác định hàm lượng NO_x đầu ra (qua ống chứa xúc tác). Từ đó xác định được hiệu suất chuyển hóa NO_x . Lượng NO_2^- trong dung dịch được xác định bằng phương pháp chuẩn độ ngược.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đến tính chất nhôm hydroxid điều chế theo phương pháp acid

Để khảo sát chúng tôi điều chế các mẫu H.1A-7, H.2A-7, H.3A-7 (H.XA-Y (H.XA-Y với H: nhôm hydroxid, X: nồng độ $\text{Caluminat}=0.X\text{M}$, A: phương pháp acid, Y: pH phản ứng).

Kết quả phân tích XRD các mẫu H.1A-7, H.2A-7, H.3A-7. Được mô tả ở hình 3.

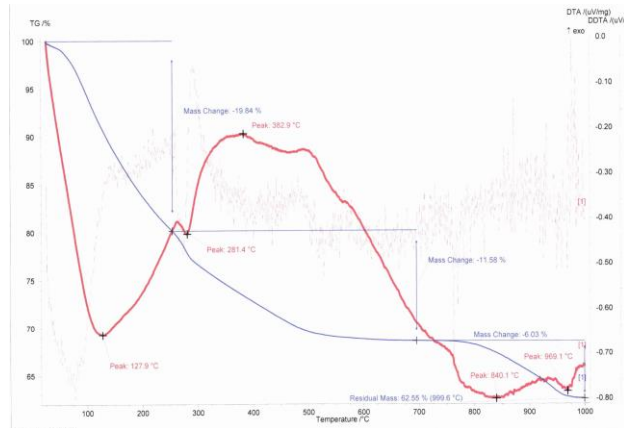


Hình 3. Nhiễu xạ tia X của mẫu nhôm hydroxid của mẫu H.1A-7 (a), H.2A-7 (b), H.3A-7 (c) (Nồng độ ban đầu: 0.1M (a), 0.2M (b), và 0.3M (c), pH = 7, phương pháp acid)

Các kết quả phân tích XRD có đường nền dao động lớn, các peak thiếu đối xứng, kết hợp với phương pháp phân tích nhiệt vi sai chúng tôi nhận xét sau: Trong mẫu điều chế đều có sự hiện diện của boehmite lẫn bayerite. Đường nền của giản đồ dao động mạnh, chứng tỏ sản phẩm thu được có cấu trúc tinh thể không ổn định. Ngoài ra, bề rộng các peak ứng với pha bayerite hẹp hơn pha boehmite, cho thấy kích thước hạt bayerite lớn hơn tinh thể boehmite. Khi nồng độ aluminat tăng, cường độ các peak trong XRD ứng với bayerite tăng, tương ứng với boehmite giảm.

Để khẳng định thành phần của sản phẩm thu được, chúng tôi sử dụng thêm phương pháp phân tích nhiệt vi sai trên hai mẫu đại diện là H.1A-7, H.3A-7 ở hình 4.

Từ giản đồ phân tích nhiệt vi sai, cũng khẳng định mẫu ở nồng độ 0.3M cho sản phẩm chủ yếu là bayerite nhưng có lẫn một ít boehmite, trong khi mẫu ở nồng độ 0.1M cho sản phẩm hầu hết là boehmite. Nguyên nhân có thể là khi nồng độ dung dịch aluminat cao càng dễ xảy ra hiện tượng tăng pH cục bộ ngay tại vùng kết tủa nên tạo điều kiện hình thành pha bayerite. Điều này phù hợp với công bố trước đây [6], pha bayerite được tạo thành khi $\text{pH} > 11$.

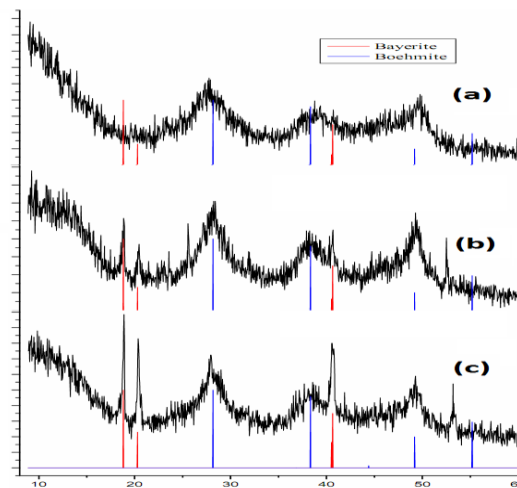


Hình 4. Giải đồ phân tích nhiệt vi sai của nhôm hydroxid H.3A-7

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đến tính chất nhôm hydroxid được điều chế theo phương pháp base

Để khảo sát chúng tôi điều chế các mẫu H.1B-7, H.2B-7, H.3B-7 (H.XA-Y với H: nhôm hydroxid, X: nồng độ $C_{\text{aluminat}}=0.XM$, B: phương pháp base, Y: pH phản ứng)

Kết quả phân tích XRD các mẫu H.1B-7, H.2B-7, H.3B-7 được mô tả ở hình 5.



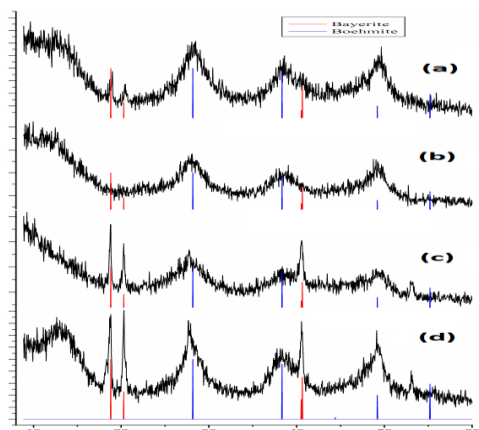
Hình 5. Nhiễu xạ tia X của mẫu nhôm hydroxid của mẫu H.1B-7 (a), H.2B-7 (b), H.3B-7 (c) (điều chế ở nồng độ 0.1M (a), 0.2M (b), 0.3M (c), pH=7, phương pháp base)

Kết quả cho thấy các mẫu nhôm hydroxid H.1B-7, H.2B-7 có thành phần pha chủ yếu là boehmite. Mẫu nhôm hydroxid H.3B-7 trong thành phần pha ngoài boehmite còn có bayerite. Điều này được giải thích là do khi sử dụng nồng độ NaOH cao (0.9 M) sẽ làm tăng pH cục bộ ngay tại vùng kết tủa nên tạo điều kiện hình thành pha bayerite. Kết quả phân tích XRD của các mẫu thu được cũng cho thấy: đường nền của giải đồ dao động mạnh, chứng tỏ sản phẩm thu được có cấu trúc tinh thể không ổn định. Các peak có chân giãn rộng, chứng tỏ hạt có kích thước rất nhỏ. Bề rộng các peak ứng với pha bayerite hẹp hơn pha boehmite, cho thấy kích thước tinh thể bayerite lớn hơn tinh thể boehmite. Sản phẩm nhôm oxit thu được phụ thuộc vào pha nhôm hydroxid đem nung phân hủy. Theo sơ đồ chuyển hoá nhiệt của các dạng thù hình nhôm, khi nung phân hủy nhôm hydroxid pha Boehmite sẽ thu được sản phẩm γ - Al_2O_3 .

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến thành phần pha của sản phẩm nhôm hydroxid điều chế theo phương pháp acid và base.

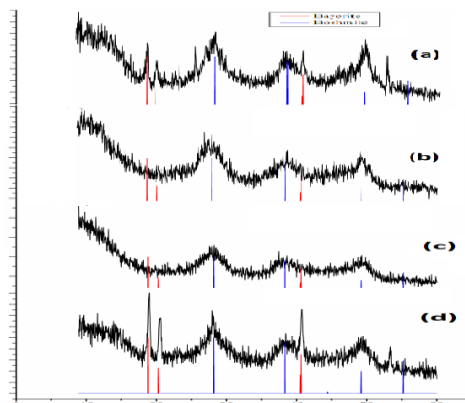
Chúng tôi chọn nồng độ dung dịch aluminat và dung dịch ion Al^{3+} là 0.2M để khảo sát, các mẫu H.2A-7, H.2A-8, H.2A-9, H.2A-10, H.2B-7, H.2B-8, H.2B-9, H.2B-10.

Phân tích nhiễu xạ tia X cho các mẫu H.2A-7, H.2A-8, H.2A-9, H.2A-10, H.2B-7, H.2B-8, H.2B-9, H.2B-10 được mô tả ở hình 6



Hình 6. Nhiễu xạ tia X của mẫu nhôm hydroxid của mẫu H.2A-7 (a), H.2A-8 (b), H.2A-9 (c), H.2A-10 (d) (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=7 (a), pH=8 (b), pH=9 (c), pH=10 (d), phương pháp acid)

Kết quả phân tích nhiễu xạ tia X cho thấy pH có ảnh hưởng đến thành phần pha của nhôm hydroxid. Các mẫu nhôm hydroxid được điều chế ở pH = 7, pH = 8 chủ yếu là boehmite. Các mẫu nhôm hydroxid được điều chế ở pH = 9, pH = 10 ngoài pha boehmite còn có bayerite. Như vậy khi tăng pH thì tăng sự hình thành pha bayerite.

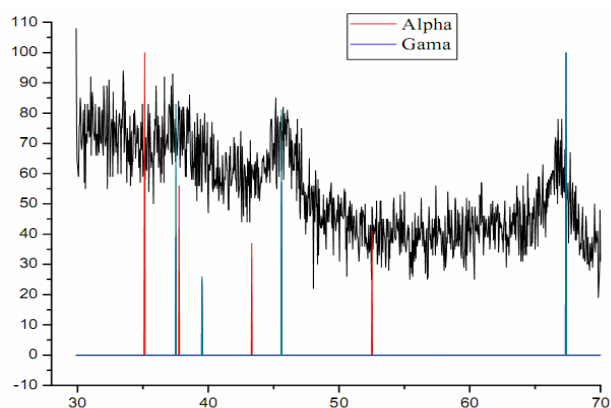


Hình 7. Nhiễu xạ tia X của mẫu nhôm hydroxid của mẫu H.2B-7 (a), H.2B-8 (b), H.2B-9 (c), H.2B-10 (d) (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=7 (a), pH=8 (b), pH=9 (c), pH=10 (d), phương pháp base)

Kết quả phân tích XRD của các mẫu thu được cũng cho thấy: đường nền của giản đồ dao động mạnh, chứng tỏ sản phẩm thu được có cấu trúc tinh thể không ổn định. Các peak ứng với pha bayerite đều có độ sắc nét cao và đối xứng hơn các peak pha boehmite, kết quả này cho thấy tinh thể bayerite thu được có độ ổn định cao hơn tinh thể boehmite. Ngoài ra, bề rộng các peak ứng với pha bayerite hẹp hơn pha boehmite, kết quả này do kích thước tinh thể bayerite lớn hơn tinh thể boehmite.

3.4. Khảo sát cấu trúc tinh thể của nhôm oxid

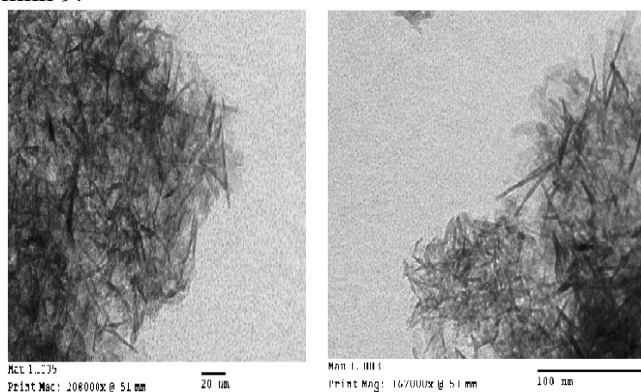
Chúng tôi chọn mẫu nhôm oxid được điều chế từ mẫu nhôm hydroxid thu được khi cho dung dịch aluminat phản ứng với dung dịch ion Al^{3+} có nồng độ là 0.1M ở pH=7. Hình 8 cho thấy các sản phẩm oxid ở pha γ - Al_2O_3 .



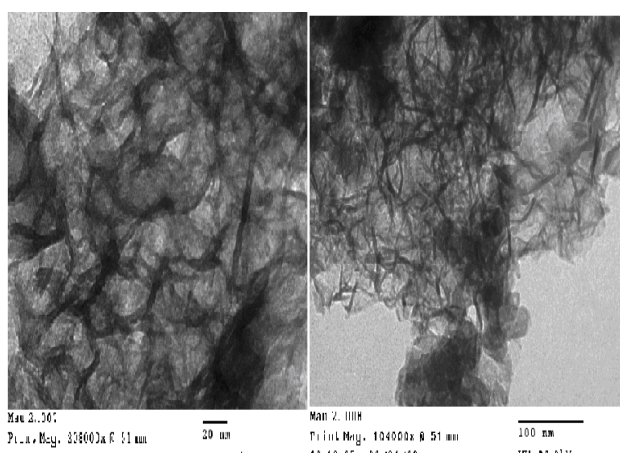
Hình 8. Nhiễu xạ tia X của mẫu nhôm oxit của mẫu Al.1A-7

3.5. Khảo sát hình thái nhôm oxit

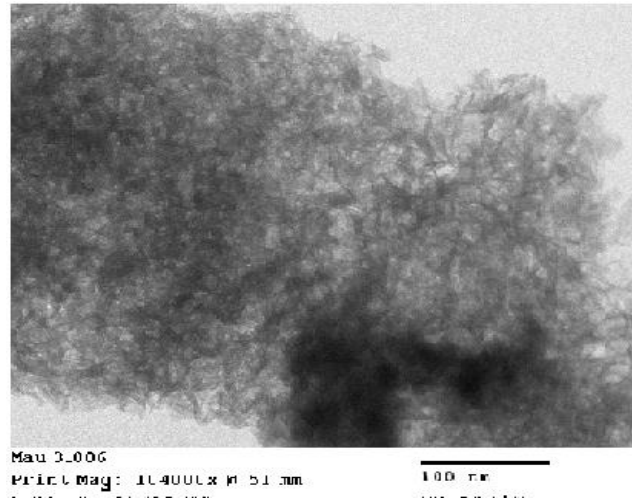
Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng ảnh TEM để khảo sát hình thái của γ - Al_2O_3 tổng hợp được. Kết quả được trình bày ở hình 9.



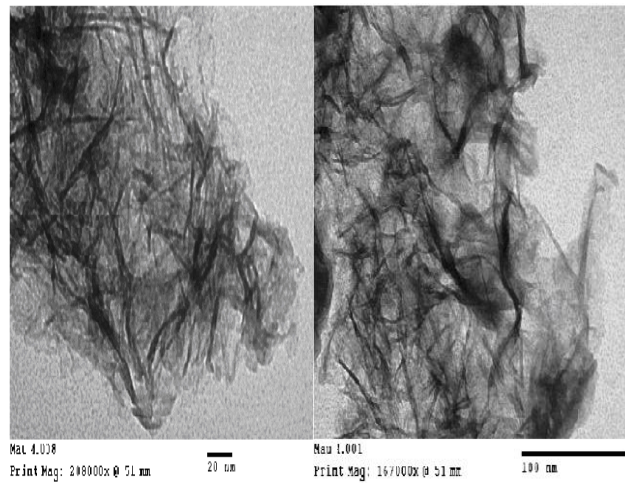
Hình 9. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxit Al.2A-7 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=7, phương pháp acid)



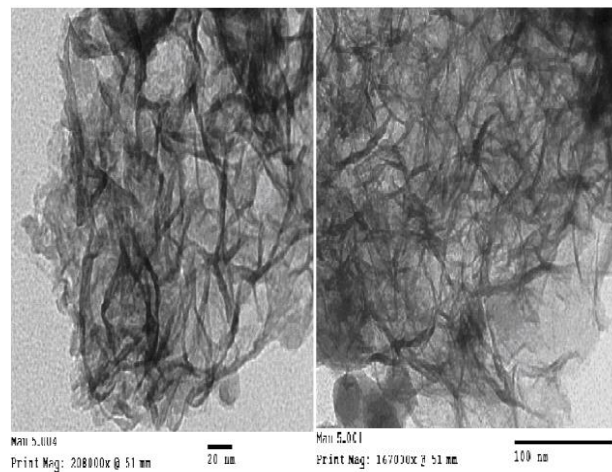
Hình 10. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxit Al.2A-8 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=8, phương pháp acid)



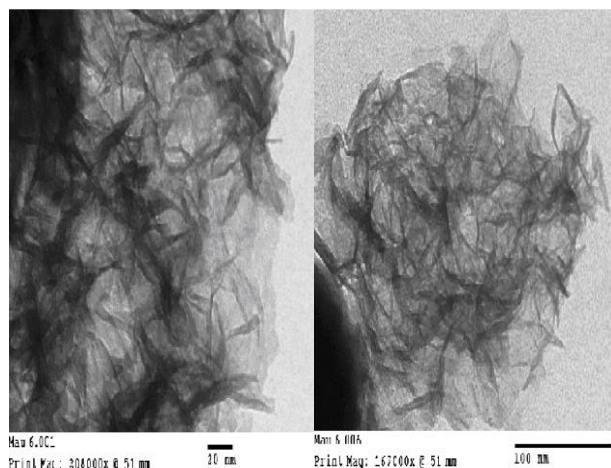
Hình 11. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxid Al.2A-9 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=9, phương pháp acid)



Hình 12. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxid Al.2B-7 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=7, phương pháp base)



Hình 3.11. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxid Al.2B-8 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=8, phương pháp base)



Hình 3.12. Ảnh TEM của mẫu nhôm oxit Al.2B-9 (điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=9, phương pháp base)

Kết quả chụp ảnh TEM cho thấy hầu hết các mẫu có kích thước hạt của Al₂O₃ rất nhỏ và mẫu Al.2A-9 có kích thước hạt nhỏ nhất. Kết quả này cũng thể hiện ở giản đồ nhiễu xạ tia X, các peak có chân giãn rất rộng, chứng tỏ hạt có kích thước rất nhỏ

3.6. Diện tích bề mặt riêng của các mẫu nhôm oxit

Các mẫu nhôm hydroxid điều chế ở các pH khác nhau và cùng một nồng độ 0.2M được nung ở 550°C trong môi trường hơi nước để thu sản phẩm nhôm oxit. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng bằng phương pháp BET của các mẫu nhôm oxit được trình bày trong bảng 1.

Kết quả đo độ hấp thụ khí cho thấy các mẫu nhôm oxit thu được đều có diện tích bề mặt riêng lớn. Điều này cho thấy các mẫu nhôm oxit được điều chế theo phương pháp khuếch tán có thể sử dụng làm chất mang xúc tác. Đồng thời pH có ảnh hưởng đến diện tích bề mặt riêng của sản phẩm nhôm oxit. Khi pH tăng thì diện tích bề mặt riêng tăng.

Bảng 1. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng (BET) của các mẫu nhôm oxit

Phương pháp điều chế	Mẫu	Diện tích bề mặt riêng (m ² /g)
Acid	Al.2A-7	233.3
	Al.2A-8	321.3
	Al.2A-9	336.4
Base	Al.2B-7	127.7
	Al.2B-8	159.3
	Al.2B-9	263.7
	γ -Al ₂ O ₃ (Merck)	136.43

3.7. Khảo sát hoạt tính xúc tác Ni/ γ -Al₂O₃ bằng phản ứng xử lý khí NOx

Kết quả khảo sát hoạt tính cho thấy yếu tố nồng độ điều chế chất mang γ -Al₂O₃ có ảnh hưởng lên hoạt tính xúc tác của hệ Ni/ γ -Al₂O₃. Khi nồng độ tăng thì hoạt tính xúc tác tăng nhưng khi tiếp tục tăng nồng độ thì hoạt tính xúc tác giảm. Như vậy cấu trúc và hình thái của Al₂O₃ làm chất mang cũng ảnh hưởng lên hoạt tính xúc tác của Ni. Mẫu xúc tác AlNi.2A-8 có hoạt tính xúc tác cao nhất với hiệu suất chuyển hóa là 67.27 %.

Mẫu xúc tác nickel trên chất mang nhôm oxit được điều chế bằng phương pháp khuếch tán acid nhìn chung có hoạt tính lớn hơn mẫu xúc tác nickel trên chất mang nhôm oxit được điều chế phương pháp khuếch tán base khi ở cùng nồng độ 0.2M và nhiệt độ kết tủa 80°C.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã tổng hợp thành công nhôm hydroxid bằng phương pháp khuếch tán acid và khuếch tán base và điều chế γ - Al_2O_3 từ $\text{Al}(\text{OH})_3$ đã tổng hợp. Nồng độ ảnh hưởng rõ rệt đến sự hình thành pha nhôm hydroxid. Cụ thể, khi nồng độ càng tăng thì pha boehmite tạo thành càng giảm. Yếu tố pH có ảnh hưởng đến sự hình thành pha nhôm hydroxid. Khi pH tăng thì tăng sự hình thành pha bayerite và pha boehmite càng giảm. Tất cả các mẫu nhôm oxid khảo sát đều có bề mặt riêng lớn hơn mẫu γ - Al_2O_3 chuẩn của Merck. Đặc biệt mẫu Al.2A-9 có diện tích bề mặt là 336.4 m²/g. Kết quả khảo sát làm chất mang được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát hoạt tính của các mẫu xúc tác Ni trên chất mang nhôm oxid được điều chế ở nồng độ 0.2M, pH=7, 8, 9 và 10 theo phương pháp acid và base

Phương pháp điều chế	Mẫu	% chuyển hóa
Acid	AlNi.2A-7	65.39
	AlNi.2A-8	67.27
	AlNi.2A-9	54.48
	AlNi.2A-10	30.17
Base	AlNi.2B-7	65.97
	AlNi.2B-8	50.39
	AlNi.2B-9	32.42
	AlNi.2B-10	22.81

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Tứ Hiếu (2004), Hóa Học Phân Tích, Nhà Xuất Bản Đại Học Quốc Gia Hà Nội.
- [2] Andre L. Alberton, Mariana M.V.M. Souza, Martin Schmal (2007), "Carbon formation and its influence on ethanol steam reforming over Ni/Al₂O₃ catalysts", Catalysis Today, 123, 257-264.
- [3] Hao wang, Yu Fan, Gang Shi, Zhihong Liu, Haiyan Liu, Xiaojun Bao, (2007), "Highly dispersed NiW/ γ -Al₂O₃ catalyst prepared by hydrothermal deposition", Catalysis Today, 125, 149-154.
- [4] J.H. Yang, J.D. heno, C. Costello, M.C. Kung, H.H. Kung, J.T. Miller, A.J. Kropf, J.-G. Kim, J.R. Regalbuto, M.T. bore, H. N. Pham, A.K. datye, J.D. Laeger, K. Kharas (2005), "Understanding preparation variables in the synthesis of Au/Al₂O₃ using EXAFS and electron microscopy", Applied catalysis A: General, 291, 73-84.
- [5] Julian D. Gale, Andrew L. Rohl, Victor Milman (2001), "An ab initio study of the structure and properties of aluminum hydroxid: Gibbsite and bayerite", J. Phys. Chem B, 105, 10236-10242.
- [6] Kyoshi Okada, Toru Nagashima, Yoshikazu Kameshima, Atsuo Yasumori, and Takayuki Tsukada (2002), "Relationship Between Formation Conditions, Properties, And Crystallite Size ò Boehmite", Journal of Colloid And Interface Science, 253, 308-314.
- [7] P.Betancourt, A. Rivesb, R. Hubautb, C. E. Scotta, and J. Goldwassera (1998), "A study of the ruthenium-alumina system", Applied catalysis A: General, 170, 307-314.
- [8] Xiaofang Yang, Zhongxi Sun, Dongsheng Wang, Willis Forsling (2007), "Surface Acid-Base Properties And Hydration/Dehydration Mechanisms Of Aluminum Hydroxides", Journal Of Colloid And Interface Science, 308, 395-404.

Ngày nhận bài: 24/03/2016

Ngày chấp nhận đăng: 16/01/2017