NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ BỘ XÚC TÁC BA THÀNH PHẦN TRÊN ĐỘNG CƠ Ô TÔ CON

Nguyễn Thế Lương[1]

Tóm tắt: *Bài báo nghiên cứu chế tạo và đánh giá hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần trên động cơ ô tô Toyota Vios 1.5. Bộ xúc tác được chế tạo bằng phương pháp phủ quay, lõi xúc tác có kích thước ϕ100x250, mật độ lỗ 400 lỗ/inch^2, lượng kim loại lớp vật liệu trung gian Al, Ce và Zr phủ lên lõi xúc tác lần lượt là 210, 20,4 và 18,6 gam, lượng kim loại quý Pt và Rh sử dụng là 2,1gam (Pt:Rh=5:1). Cấu trúc của bộ xúc tác được xác định bằng phương pháp XRD, XPS và SEM, hiệu quả bộ xúc tác được đánh giá trên động cơ ô tô vios 1.5 lắp trên băng thử APA100. Kết quả cho thấy các đỉnh nhiễu xạ của các ôxít kim loại của Al,Ce và Zr đã được xác định, phương pháp XPS chỉ ra các đỉnh nhiễu xạ của Pt và Rh, điều này cho thấy quá trình phủ đã thành công. Kết quả nghiên thử nghiệm trên động cơ cho thấy hiệu suất chuyển hóa CO, HC và NO_x cao nhất lần lượt là 95,7%, 82,1% và 99,1%, khi tăng tốc độ động cơ và tăng tay ga, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng giảm, khi lamđa động cơ nhỏ hơn một, hiệu suất chuyển hóa CO và HC giảm mạnh.*
Từ khóa: Bộ xúc tác ba thành phần; CO, HC, NO_x; tay ga, tốc độ.

1. GIỚI THIỆU

Số lượng ô tô ở nước ta tăng rất nhanh trong những năm gần đây. Kéo theo đó là sự ô nhiễm môi trường từ khí thải ô tô (Green Innovation and Development Centre, 2007). Việc giảm ô nhiễm môi trường từ khí thải của ô tô là yêu cầu cấp thiết,một trong những giải pháp hiệu quả để giảm ô nhiễm khí thải từ ô tô là áp dụng các tiêu chuẩn khí thải. Để đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải trên, việc sử dụng bộ xúc tác xử lý khí thải mang lại hiệu quả cao và đang được sử dụng phổ biến. Hiện nay bộ xúc tác ba thành phần đã được sử dụng cho động cơ xăng, rất nhiều nghiên cứu trên bộ xúc tác ba thành phần đã được chỉ ra .Ví dụ như H.He và các cộng sự (H. He et al, 2002) đã báo cáo hiệu quả xúc tác của những kim loại quý Pd, Pt, Rh phủ trên$Ce_{0.6}Zr_{0.35}Y_{0.05}O_2$. Một vài nghiên cứu cải thiện tính bền của kim loại quý trên CeO_2-ZrO_2 hoặc Al_2O_3 cũng được quan tâm nghiên cứu (Xiaodong và các cộng sự, 2004, Takeru Yoshida và các cộng sự, 2006). Tại Việt Nam, hiện chỉ có một số ít các công trình được công bố, Hoàng Đình Long và các cộng sự (2015) nghiên cứu về hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần khi khởi động lạnh và tối ưu hóa bộ xúc tác trên ôtô. Nguyễn Thế Lương (2018) đã nghiên cứu mô phỏng hiệu quả của bộ xúc tác ba thành phần trên xe máy khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E5-E20, Nguyễn Duy Tiến và các cộng sự (2017) nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của mật độ lỗ và đặc tính hình học của bộ xúc tác đến tính năng kinh tế kỹ thuật của xe.

Việt Nam đã và đang áp dụng tiêu chuẩn khí thải EURO IV cho ô tô mới vào năm 2018. Bên cạnh đó ô tô đang lưu hành cũng đã được áp dụng các tiêu chuẩn khí thải, dự kiến mức tiêu chuẩn khí thải cho ô tô đang lưu hành cũng sẽ được nâng cao, để đáp ứng tiêu chuẩn đó, ô tô đang lưu hành phải được lắp bộ xúc tác xử lý khí thải. Việc mua các bộ xúc tác mới của các hãng ô tô để lắp lên ô tô đang lưu hành sẽ có giá thành cao và không phù hợp với điều kiện Việt Nam. Vì vậy, việc thiết kế chế tạo bộ xúc tác bằng công nghệ trong nước sẽ đáp ứng được yêu cầu trên. Nguyễn Thế Lương và các cộng sự (2018) đã nghiên cứu thiết kế bộ xúc tác ba thành phần cho động cơ xe ô tô Vios 1.5. Bài

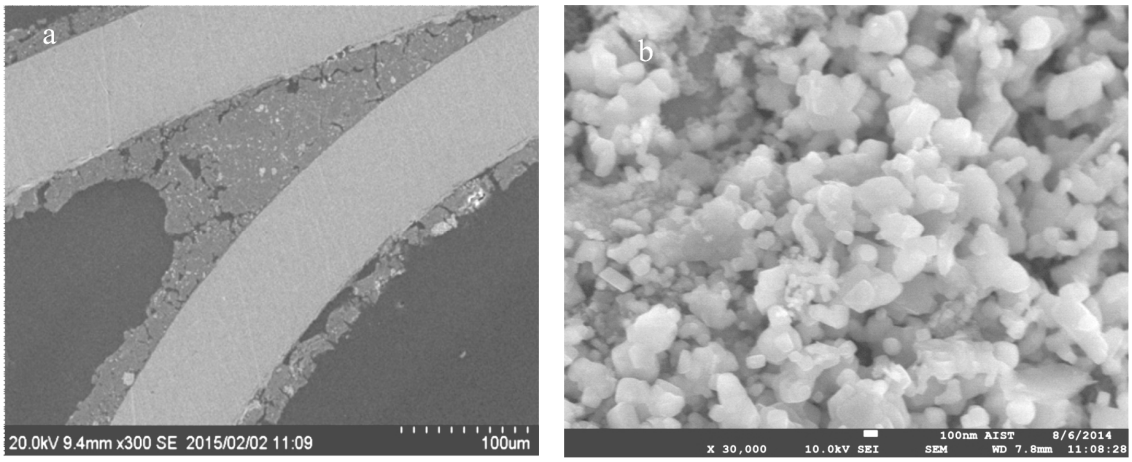
[1] *Viện Cơ khí động lực,Đại học Bách khoa Hà Nội*

báo này sẽ nghiên cứu chế tạo và đánh giá hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần trên động cơ ô tô con đang lưu hành.

2. NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ XÚC TÁC BA THÀNH PHẦN BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHỦ QUAY

Lõi xúc tác có kích thước ϕ100x250, mật độ lỗ 400 lỗ/inch^2 (Beihai Kaite Chemical Packing Co., Trung Quốc) đã được đặt hàng để chế tạo bộ xúc tác, kích thước lõi xúc tác được tham khảo bài báo của Nguyễn Thế Lương và các cộng sự. Phương pháp phủ quay được sử dụng để phủ lõi xúc tác, lõi xúc tác sau khi mua về được làm sạch bề mặt bằng cồn và axít, sau đó tiến hành phủ lõi lớp vật liệu trung gian bao gồm hỗn hợp của bột Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2, quá trình phủ được lặp lại 25 lần cho đến khi đạt được kích thước lớp phủ mong muốn khoảng 25µm (hình 1), lượng kim loại Al, Ce và Zr phủ trên bề mặt lõi xúc tác lần lượt là 210, 20,4 và 18,6 gam, tiếp đến tiến hành phủ lớp vật liệu xúc tác bao gồm hỗn hợp của Pt-Rh, chiều dầy lớp vật liệu trung gian cỡ 25µm, quá trình phủ cũng được lặp lại cho đến khi đủ lượng kim loại quý theo như thiết kế 2,1 gam.

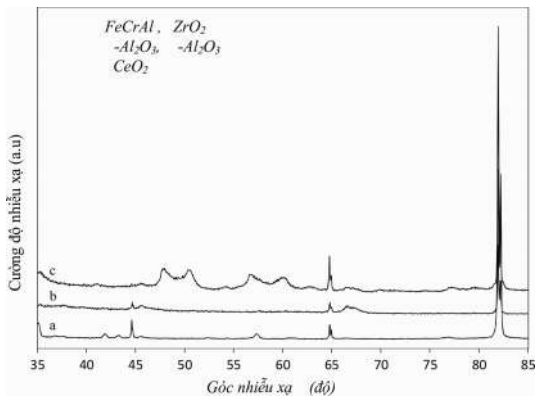
2.1. Đặc tính lớp phủ Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 trên lõi kim loại



Hình 1. Ảnh SEM lớp phủ kim loại nền Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 trên lõi kim loại (a) mặt cắt ngang lớp phủ; (b) ảnh chụp bề mặt lớp phủ

Hình 1 chỉ ra ảnh SEM lớp phủ Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 trên lõi kim loại, kết quả cho thấy sau 25 lần phủ chiều dầy lớp phủ khoảng 25 µm, lớp phủ phân bố đều trên lỗ lõi kim loại (hình 1a), kết quả cũng cho thấy các hạt CeO_2-ZrO_2 cỡ từ vài chục đến vài trăm nm phân bố đều trên hạt γ-Al_2O_3 (hình 1b).

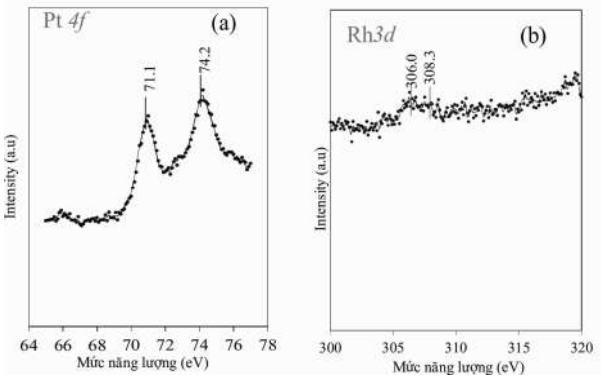
Đỉnh nhiễu xạ XRD của lõi kim loại trước và sau khi xử lý nhiệt và của lớp phủ Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 phủ trên lõi kim loại được chỉ ra trên hình 2. Kết quả cho thấy, những đỉnh nhiễu xạ của thép hợp kim FeCrAl của lõi kim loại được quan sát, sau khi xử lý nhiệt ở 900^{o}C trong không khí những đỉnh α-Al_2O_3 được nhìn thấy (hình 2a), khi Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 được phủ lên lõi kim loại, cường độ những đỉnh FeCrAl bị che mất trong khi những đỉnhγ-Al_2O_3, CeO_2 và ZrO_2 được quan sát, điều này chứng tỏ quá trình phủ quay thành công, các hạt kim loại được kết tủa trên lõi kim loại (hình 2b-2c).



Hình 2. XRD của (a) kim loại nền- FeCrAl; (b) γ-Al_2O_3 washcoat/lõi kim loại; (c) Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2/lõi kim loại

2.2. Đặc tính lớp phủ Pt-Rh/Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2 trên lõi kim loại

Hình 3 chỉ ra kết quả phân tích quang phổ XPS, kết quả cho thấy có sự xuất hiện của các đỉnh nhiễu xạ của các kim loại Al_2O_3-CeO_2-ZrO_2, điều đó chứng tỏ quá trình chế tạo đã thành công. Kết quả phân tích XPS cũng chỉ ra sự xuất hiện của các đỉnh Pt-Rh trong mẫu chế tạo, điều đó cho thấy các kim loại quý Pt-Rh đã phân bố trên bề mặt lớp vật liệu trung gian.



Hình 3. XPS của kim loại quý phủ trên lõi kim loại nền (a) Pt 4f and (b) Rh 3d phủ trên CuO-CeO_2-γ-Al_2O_3/FeCrAl

3. NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ BỘ XÚC TÁC TRÊN ĐỘNG CƠ Ô TÔ PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ

3.1. Phương pháp thử nghiệm

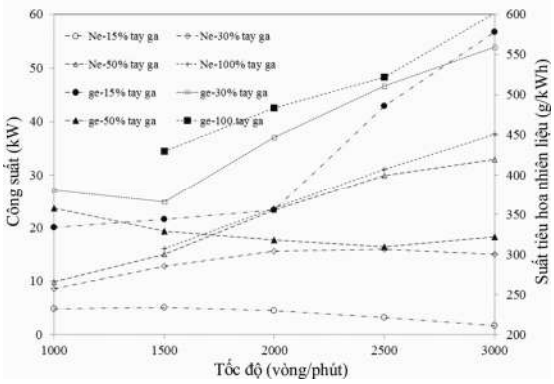
Thử nghiệm với động cơ lắp bộ xúc tác mới sử dụng nhiên liệu xăng RON95, tiến hành thử nghiệm thay đổi vị trí tay ga lần lượt 15%, 30%, 50% và 100%, tốc độ động cơ thay đổi từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút. Tại mỗi điểm đo xác định công suất, lượng tiêu hao nhiên liệu, hệ số dư lượng không khí, lưu lượng khí nạp, nhiệt độ bộ xúc tác, thành phần khí thải CO, HC, NOx, CO_2 trước và sau bộ xúc tác.

3.2. Trang thiết bị thử nghiệm

Thử nghiệm động cơ ôtô tại phòng thử động lực học cao với băng thử APA 100, cân nhiên liệu 733S, tủ phân tích khí thải CEBII, cảm biến lamda Bosch Lsu 4.9 và cảm biến nhiệt loại K, dải đo từ 0-800^oC.

3.3. Kết quả thử nghiệm

3.3.1. Đặc tính công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ

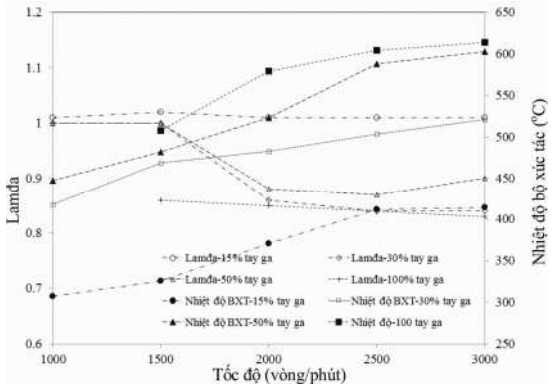


Hình 4. Đặc tính công suất và suất tiêu hao nhiên liệu tại 15% , 30%, 50% và 100% tay ga, tốc độ từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút

Hình 4 chỉ ra đặc tính công suất và suất tiêu hao nhiên liệu tại 15% , 30%, 50% và 100% tay ga, tốc độ từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút. Tại chế độ 15% tay ga, bướm ga nhỏ nhỏ, khi tốc độ động cơ tăng, tổn thất tại bướm ga tăng nhanh, làm cho lượng khí nạp giảm dẫn tới công suất động cơ có xu hướng giảm, suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng tăng.

Tại chế độ 30% tay ga, lúc này bướm ga đã mở lớn hơn, khi tốc độ tăng trong khoảng 1000-2000 vòng/phút, lực cản của bướm ga nhỏ, công suất động cơ có xu hướng tăng khi tăng tốc độ, suất tiêu hao nhiên liệu giảm. Tiếp tục tăng tốc độ từ 2000 đến 3000 vòng/phút, công suất động cơ có xu hướng giảm do lực cản của bướm ga tăng nhanh vì vậy công suất động cơ giảm nhưng không nhiều, suất tiêu hao nhiên liệu thay đổi không đáng kể (hình 4).

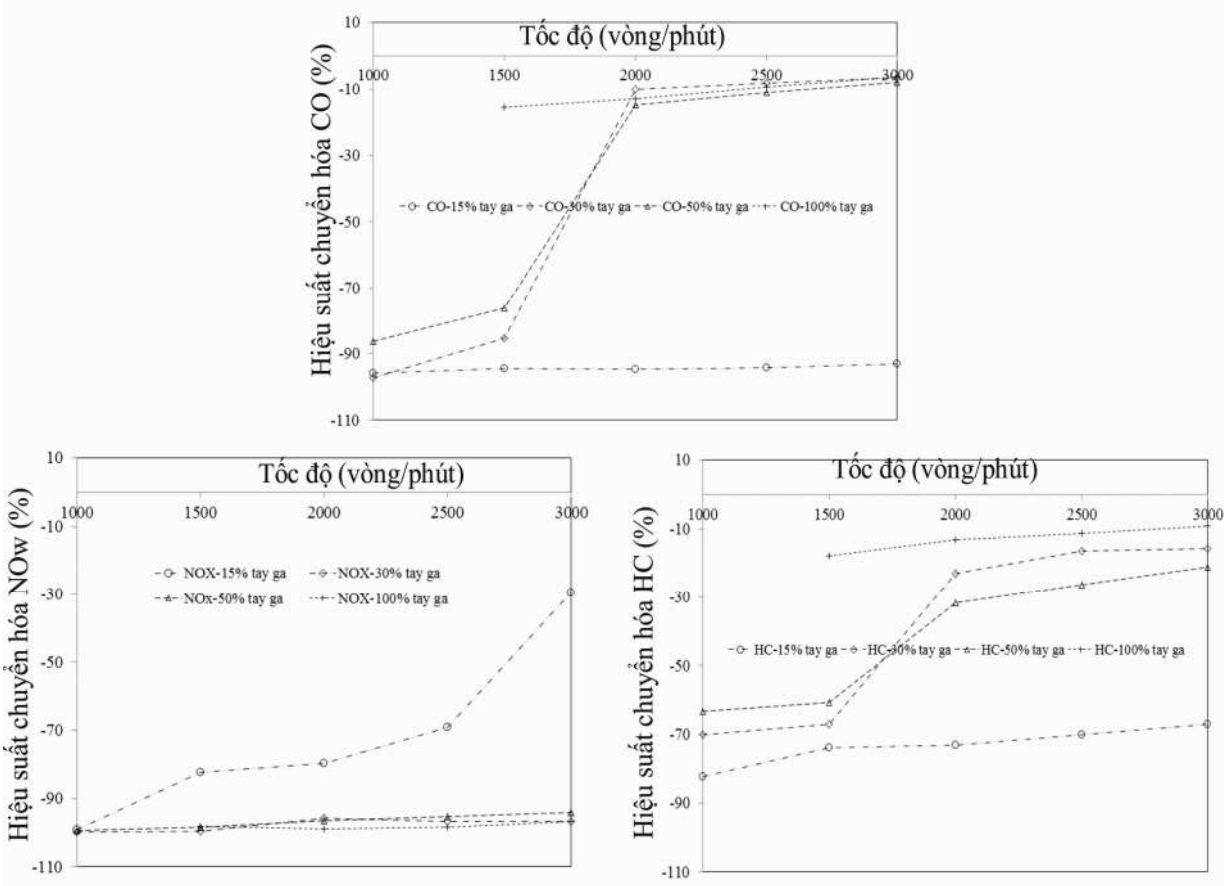
3.3.2. Đặc tính lamđa và nhiệt độ bộ xúc tác



Hình 5. Đặc tính lamđa và nhiệt độ BXT tại 15% , 30%, 50% và 100% tay ga, tốc độ từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút

Hình 5 chỉ ra đặc tính lamđa và nhiệt độ bộ xúc tác (BXT) tại tại 15% , 30%, 50% và 100% tay ga, tốc độ từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút. Tại 15% tay ga, bướm ga mở nhỏ, động cơ đã nóng máy, vì vậy ECU sẽ điều khiển lượng nhiên liệu phun để giữ lamđa trong khoảng 1 khi tốc độ động cơ thay đổi từ 1000 đến 3000 vòng/phút. Tại vị trí 30 và 50%, khi tăng tốc độ động cơ từ 1000 vòng/phút đến 1500 vòng/phút, động cơ chạy ở chế độ tiết kiệm nhiên liệu, vì vậy lam đa được giữ trong khoảng 1, khi tăng tốc độ tăng từ 1500 vòng/phút đến 3000 vòng/phút, lúc này động cơ ưu tiên phát ra công suất lớn nhất, vì vậy lamđa có xu hướng giảm dần từ 1 xuống 0,86. Tại chế độ 100% tay ga, tại chế độ này động cơ ưu tiên phát ra công suất lớn nhất vì vậy lamđa của động cơ đậm, khi tăng tốc độ động cơ từ 1500 vòng/ phút đến 3000 vòng/phút lamđa giảm từ 0,86 đến 0,82 (hình 5). Hình 5 cũng chỉ ra nhiệt độ BXT, tại trí 15% tay ga, bướm ga mở nhỏ, động cơ phát ra công suất thấp, vì vậy nhiệt độ BXT đạt thấp trong khoảng 307^{o}C-414^{o}C, khi càng tăng độ mở bướm ga và tốc độ động cơ thì nhiệt độ BXT càng tăng đạt cao nhất 644^{o}C tại 100% tay ga và tốc độ 3000 vòng/phút.

3.3.3. Hiệu quả của bộ xúc tác theo phần trăm tay ga và tốc độ động cơ



Hình 6. Hiệu quả chuyển hóa của BXT tại 15% , 30%, 50% và 100% tay ga, tốc độ từ 1000 vòng/phút đến 3000 vòng/phút

Hình 6 chỉ ra hiệu suất xử lý của bộ xúc tác theo tốc độ động cơ tại 15%, 30%, 50% và 100% tay ga. Tại tốc độ động cơ 1000 vg/ph, hiệu suất chuyển hóa CO, HC và NO_x cao nhất lần lượt là 95,7%, 82,1% và 99,1% (hình 6). Khi càng tăng tốc độ động cơ (vận tốc không gian tăng), hiệu suất chuyển hóa CO, HC và NO_x có xu hướng giảm, nguyên nhân của hiện tượng này là do khi tăng tốc độ động cơ, vận tốc không gian tăng làm cho thời gian tiếp xúc giữa

vật liệu xúc tác và khí thải giảm, vì vậy hiệu suất chuyển hóa CO, HC và NO_x có xu hướng giảm. Hình 6 cũngchỉ ra hiệu suất xử lý của bộ xúc tác tại 30%, 50% và 100% tay ga, kết quả cho thấy hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng tương tự tại vị trí 15% tay ga, tuy nhiên tại các vị trí tay ga 30%, 50% và 100%, khi tốc độ động cơ lớn hơn 1500 vg/ph, lúc này động cơ ưu tiên phát ra công suất lớn nhất, lamđa của động cơ có xu hướng đậm (hình 4), vì vậy hiệu suất chuyển hóa CO và HC có giảm nhanh.

4. KẾT LUẬN

Bộ xúc tác ba thành phần lắp trên động cơ ôtô Toyota Vios 1.5 đã được chế tạo thành công. Phương pháp phủ quay đã được sử dụng để phủ lõi xúc tác có kích thước ϕ100x250, mật độ lỗ 400 lỗ/inch^2, lượng kim loại lớp vật liệu trung gian và lượng kim loại quý Al, Ce, Zr, Pt và Rh được sử dụng lần lượt là 210, 20,4, 18,6, 2,1gam (Pt:Rh=5:1). Kết quả cho thấy các đỉnh nhiễu xạ của các ôxít kim loại của Al,Ce và Zr đã được xác định, phương pháp XPS chỉ ra các đỉnh nhiễu xạ của Pt và Rh, điều này cho thấy quá trình phủ đã thành công. Kết quả nghiên thử nghiệm trên động cơ cho thấy hiệu suất chuyển hóa CO, HC và NO_x cao nhất lần lượt là 95,7%, 82,1% và 99,1%, khi tăng tốc độ động cơ và tăng tay ga, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng giảm, khi lamđa động cơ nhỏ hơn một, hiệu suất chuyển hóa CO và HC giảm mạnh.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cám ơn Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, đề tài cấp trường mã số T2017-PC-056 đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Hoàng Đình Long, Nguyễn Kim Kỳ, 2015.*Nghiên cứu hiệu quả bộ xúc tác khí thải xe máy trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy ấm máy*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường đại học Công nghiệp Hà Nội, số 27.

Nguyễn Thế Lương, 2018.*Nghiên cứu mô phỏng đánh giá hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần trên động cơ phun xăng điện tử khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E10-E20*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ các trường đại học kỹ thuật, số 2.

Nguyễn Duy Tiến, Nguyễn Thế Lương, La Vạn Thắng, Đinh Xuân Thành, 2017*, Nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của kết cấu hình học bộ xúc tác ba thành phần đến các tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của xe máy phun xăng điện tử,*Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 41, 8.

Nguyễn Thế Lương, Nguyễn Duy Tiến, Bùi Văn Chinh, 2018, *Nghiên cứu mô phỏng thiết kế và tính toán hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần trên ô tô*, hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V.

Green Innovation and Development Centre (GreenID), 2007, *Báo cáo chất lượng không khí năm*.

H. He, H.X.Dai, L.H.Ng, K.W.Wong, C. T. Au, 2002. *Pd, Pt and Rh-Loaded $Ce_{0.6}Zr_{0.35}Y_{0.05}O_2$ Three-Way Catalysts*, Journal of catalysis 206, 1-13.

Xiaodong Wu, Luhua Xu, Duan Weng, 2004, *The thermal stability and catalytic performance of Ce-Zr promoted Rh-Pd/γ-Al_2O_3 automotive catalysts*, Applied Surface Science 221, 375–383.

Takeru Yoshida, Akemi sato, Hiromasa Suzuki, 2006, *Development of High Performance Three-Way-Catalyst*, SAE 2006-01-1061.

Abstract:

THE STUDY PRODUCT AND ESTIMATE PERFORMANCE OF THREE WAY CATALYST ON AUTOMOBILE ENGINE

This paper study to product a Three Way Catalytic (TWC) using on Toyota Vios 1.5 engine, TWC is prodcucted by spin coating method, TWC of dimension was ϕ100x250 respectively, the intensity of cell was 400 cell/inch^2, amount of Al, Ce and Zr washcoat materials are 210, 20.4 and 18.6 respectively, Pt and Rh noble metals of 2,1 gram (Pt:Rh=5:1) were used. The structure of TWC is chacacteristic by XRD, XPS và SEM, catalytic perfoamnce was carried on APA100 bench using Toyota Vios 1.5 engine. The results showed that, the XRD peaks of Al_2O_3, CeO_2, ZrO_2 were determineded, the peak of Pt and Rh were also showed by the XPS method. The experiment results on Toyota Vios 1.5 engine showed that, the highest performance of CO, HC and NOx was 95,7%, 82,1% và 99,1%, when throttle and speed increased from 15% to 100%, CO, HC and NOx conversion perfomance trendly decreased. At λ<1, the CO and HC performance decreased strongly.

Keywords: Three Way Catalysts (TWC), CO, HC, NO_x, throttle, speed

Ngày nhận bài: 10/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 30/5/2019