

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

Simulate Three Way Catalyst Performance on Spark Injection Engine Using Ethanol-Gasoline Blend Fuel E10-E20

Nguyễn Thế Lương

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 10-7-2017; chấp nhận đăng: 25-01-2018

Tóm tắt

Bài báo này 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. Nghiên cứu mô phỏng được thực hiện trên phần mềm AVL-Boost, các điều kiện biên và điều kiện ban đầu được xác định bằng thực nghiệm trên băng thử. Kết quả chạy mô hình cho thấy, sai lệch giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm nhỏ hơn 5%. Kết quả nghiên cứu mô phỏng trên động cơ phun xăng điện tử với ba loại nhiên liệu Ron95 (E0), E10 và E20 cho thấy hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần (TWC) có chung xu hướng, khi tăng ga từ 25% đến 100%, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng giảm, đặc biệt tại 100% tay ga, hiệu suất xử lý CO và HC giảm còn 1%. Khi tăng tốc độ động cơ từ 20km/h đến 80km/h, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng không rõ ràng, tuy nhiên sự thay đổi hiệu suất xử lý trong khoảng 10%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E10, E20, hiệu suất xử lý CO và HC có xu hướng cao hơn so với xăng Ron95 trong khi hiệu suất xử lý NO_x thấp hơn, trung bình hiệu suất xử lý CO và HC tăng là 3,2% và 4,15% đối với E10, 5,25% và 6,2% đối với E20, mức giảm trung bình của hiệu suất xử lý NO_x là 6,2% khi sử dụng E10 và 7,7% khi sử dụng E20.

Từ khóa: Bộ xúc tác ba thành phần (TWC), xăng pha cồn, hiệu suất xử lý, tốc độ, phần trăm tay ga.

Abstract

This paper simulated Three Way Catalysts (TWC) performance on spark injection engine (SI Engine) using ethanol-gasoline blend fuel E10-E20, the simulation was done on AVL-Boost software, the experiments were carried on CD 20" bench to determine the initial and boundary conditions. The results showed that, the error between simulation and experiment results were less than 5%. The simulation results on SI Engine with three kind of fuel Ron95 (E0), E10, E20 also showed that, the three way catalysts performance when using ethanol-gasoline blend fuel E0, E10, E20 were same trend, when throttle increased from 25% to 100%, CO, HC, NO_x treatment performance decreased strongly, the specially at throttle 100%, CO and HC treatment performance decreased 1% rest. When the speed increased from 20 km/h to 80 km/h, CO, HC and NO_x treatment performance were not clear trend, the CO, HC and NO_x treatment performance value varied more or less than 10%. When using E10, E20, CO, HC treatment performance were higher than gasoline E0, while NO_x treatment performance was lower, the average CO and HC treatment performance increased respectively 3,2% and 4,15% with E10, 5,25% and 6,2% with E20, the the average NO_x treatment performance decreased respectively 6,2% with E10 and 7,7% with E20.

Keywords: Three Way Catalysts (TWC), gasoline-ethanol, treatment performance, speed, throttle.

1. Đặt vấn đề

Số lượng các phương tiện trên thế giới và tại Việt Nam không ngừng tăng trong những năm gần đây, làm cho nguồn nhiên liệu hóa thạch ngày càng cạn kiệt, tình trạng ô nhiễm môi trường từ khí thải của phương tiện giao thông ngày càng nghiêm trọng. Nhiều giải pháp kỹ thuật để giảm sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu hóa thạch và cắt giảm thành phần khí thải độc hại đã được sử dụng, như sử dụng nhiên liệu thay thế và nhiên liệu tái tạo. Một trong những

loại nhiên liệu có khả năng thay thế nhiên liệu hóa thạch là ethanol (C₂H₅OH), rất nhiều nước trên thế giới như Bắc Mỹ, Brasil, Thụy Điển và Thái Lan đã sử dụng nhiên liệu sinh học ethanol với tỷ lệ lên đến 100% (E100) [1-2]. Tại Việt Nam, đề án phát triển nhiên liệu sinh học từ năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025 đã được chính phủ Việt Nam phê duyệt, theo đó nhiên liệu xăng sinh học E5 đã được đưa vào sử dụng và xăng E10 sẽ được sử dụng vào 12/2017, rất nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiên liệu sinh học đến tính năng kinh tế kỹ thuật và khí thải của động cơ đã được chỉ ra. Lê Anh Tuấn và các cộng sự [3-4] đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiên liệu xăng pha cồn E5 đến E20 đến tính năng kinh tế và phát thải của xe

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 962886464
Email: luong.nguyenthe@hust.edu.vn

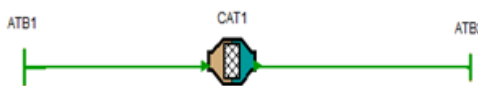
máy và ô tô, kết quả cho thấy công suất xe máy khi sử dụng E10 có xu hướng tăng nhẹ (lớn nhất khoảng 4,4%) trong khi suất tiêu hao nhiên liệu được cải thiện (mức giảm lớn nhất là 6,25%). Với nhiên liệu E15 và E20, công suất và tiêu hao nhiên liệu ít thay đổi so với xăng thông thường (RON92), lượng phát thải CO và HC giảm mạnh trong khi phát thải NO_x và CO₂ tăng. Phạm Hữu Tuyên và các cộng sự cũng đã báo cáo hiệu quả kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn có tỷ lệ lên đến E100 [5-6], kết quả nghiên cứu cho thấy khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với tỷ lệ cao, nếu không thay đổi kết cấu của xe thì công suất động cơ giảm, suất tiêu hao nhiên liệu tăng, khi sử dụng ECU phụ nhằm đảm bảo λ bằng 1 và góc đánh lửa sớm hợp lý thì tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ được cải thiện đáng kể. Với việc các tiêu chuẩn khí thải ngày càng nghiêm ngặt, để đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải trên, các giải pháp xử lý sau cửa thải là giải pháp mang lại hiệu quả cao. Bộ xúc tác ba thành phần (Three Way Catalysts - TWC) được sử dụng trên động cơ xăng để xử lý các thành phần khí thải CO, HC và NO_x. Số lượng các nghiên cứu về bộ xúc tác ba thành phần ở Việt Nam còn khá hạn chế, hiện chỉ có một số ít các công trình nghiên cứu về bộ xúc tác ba thành phần được công bố ở Việt Nam, nghiên cứu của Hoàng Đình Long và các cộng sự [7-8] về hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần khi khởi động lạnh và tối ưu hóa bộ xúc tác trên ô tô. Lê Toát Đoà và cộng sự nghiên cứu hiệu quả bộ xúc tác TWC trên động cơ cơ xăng. Hiện chưa có công trình nghiên cứu nào đánh giá ảnh hưởng của nhiên liệu xăng pha cồn đến hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần. Bài báo này sẽ 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.

2. Mô hình mô phỏng

2.1. Đối tượng mô phỏng

Xe máy Piaggio Liberty 150 và bộ xúc tác của hãng Emitec được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu. Xe máy Piaggio Liperty 150 là động cơ một xy lanh, dung tích 154,8 cm³, công suất tối đa 9,7kW ở tốc độ 7750 v/ph, mô men cực đại 13Nm tại 6500v/ph. Bộ xúc tác của hãng Emitec có kích thước φ50x60mm, số lỗ 200 lỗ/inh², tỷ lệ kim loại quý Pt:Rh = 5:1, 0,14g, lượng ceri sử dụng 0,71g.

2.2. Xây dựng mô hình



Hình 1. Mô hình mô phỏng bộ xúc tác

Trong nghiên cứu này, mô hình mô phỏng được xây dựng trên phần mềm Boost của AVL, hình 1 chỉ

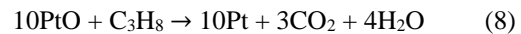
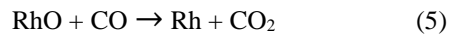
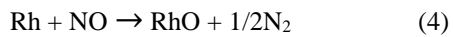
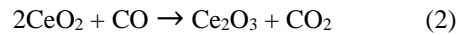
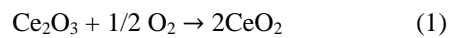
ra mô hình mô phỏng, trong đó TBA1, TBA2 là phần tử điều kiện biên, CAT1 là phần tử bộ xúc tác.

Trong phần tử điều kiện biên TBA1 và TBA2: Các thông số về nồng độ các thành phần khí thải, lưu lượng khí thải, lam đa, nhiệt độ bộ xúc tác, áp suất đường thải sẽ được khai báo, để thuận lợi cho quá trình mô phỏng, khí mô phỏng bao gồm các thành phần chính như sau: CO, C₃H₈, NO, CO₂, H₂O, O₂ và N₂.

Phần tử bộ xúc tác CAT1: Khai báo các thông số bộ xúc tác và các phương trình phản ứng xảy ra trong bộ xúc tác.

Các phản ứng xảy ra trong bộ xúc tác ba thành phần là phản ứng phức tạp giữa pha khí với pha khí và giữa pha khí với pha rắn, trong đó phản ứng giữa pha khí với khí chỉ xảy ra ở nhiệt độ trên 600°C [10]. Dưới tác dụng của chất xúc tác, phản ứng giữa pha khí với pha rắn xảy ra ở nhiệt độ thấp hơn, để thuận tiện cho quá trình mô phỏng, chỉ phản ứng giữa pha rắn với pha khí sẽ được nghiên cứu. Bộ xúc tác TWC của hãng Emitec, với các kim loại quý được sử dụng là Pt, Rh, CeO₂ được sử dụng để tăng khả năng dự trữ và giải phóng oxy (OSC). Các phương trình phản ứng xảy ra trong bộ xúc tác TWC bao gồm phản ứng oxy hóa CO, HC với oxy và phản ứng khử NO_x bởi CO.

Các phản ứng xảy ra trong bộ xúc tác TWC bao gồm các phản ứng cơ bản sau:



Tốc độ của phản ứng từ 1 đến phản ứng 8 được tính theo công thức của Langmuir – Hinshelwood, cụ thể như sau:

$$r_1 = K_1 \cdot e^{-\frac{E_1}{T}} \cdot y_{O_2} \cdot Z_{Ce_2O_3}; r_2 = K_2 \cdot e^{-\frac{E_2}{T}} \cdot y_{CO} \cdot Z_{CeO_2}$$

$$r_3 = K_3 \cdot e^{-\frac{E_3}{T}} \cdot y_{C_3H_8} \cdot Z_{CeO_2}; r_4 = K_4 \cdot e^{-\frac{E_4}{T}} \cdot y_{NO} \cdot Z_{Rh}$$

$$r_5 = K_5 \cdot e^{-\frac{E_5}{T}} \cdot y_{CO} \cdot Z_{RhO}; r_6 = K_6 \cdot e^{-\frac{E_6}{T}} \cdot y_{O_2} \cdot Z_{Pt}$$

$$r_7 = K_7 \cdot e^{-\frac{E_7}{T}} \cdot y_{CO} \cdot Z_{PtO}; r_8 = K_8 \cdot e^{-\frac{E_8}{T}} \cdot y_{C_3H_8} \cdot Z_{PtO}$$

Trong đó:

K là hằng số vận tốc, E là năng lượng hoạt hóa:

$K_1 = 5000 \text{ kmol.m}^2.s, E_1 = 18400 \text{ J/mol}; K_2 = 5200 \text{ kmol.m}^2.s, E_2 = 18300 \text{ J/mol}; K_3 = 5300 \text{ kmol.m}^2.s, E_3 = 18200 \text{ J/mol}; K_4 = 40000 \text{ kmol.m}^2.s, E_4 = 15900 \text{ J/mol}; K_5 = 24000 \text{ kmol.m}^2.s, E_5 = 15940 \text{ J/mol}; K_6 = 130000 \text{ kmol.m}^2.s, E_6 = 15970 \text{ J/mol}; K_7 = 150000 \text{ kmol.m}^2.s, E_7 = 15970 \text{ J/mol}; K_8 = 650000 \text{ kmol.m}^2.s, E_8 = 15890 \text{ J/mol}.$

T là nhiệt độ phản ứng.

y_{O_2} phần trăm thể tích khí oxy.

$y_{C_3H_8}, y_{CO}, y_{NO}$ là phần trăm thể tích của chất khí C_3H_8, CO, NO .

Z_{Rh}, Z_{Pt} là số mol của Rh trên diện tích bề mặt lưu trữ của bộ xúc tác.

Z_{RhO}, Z_{PtO} là số mol của RhO và PtO trên diện tích bề mặt lưu trữ của bộ xúc tác.

2.3. Điều kiện biên của mô hình

Bảng 1 chỉ ra thông số điều kiện biên nhập vào mô hình. Các thành phần khí thải CO, HC, NO_x, lamđã, lưu lượng khí thải, nhiệt độ khí thải ứng với nhiên liệu xăng pha cồn E0, E10 và E20 của động cơ khi không lắp bộ xúc tác được dùng để xác định trong mô hình, các thành phần trên được xác định bằng thực nghiệm trên băng thử. Các giá trị K và E tham khảo từ phần mềm AVL-Boost và từ các bài báo cũng như số tay vật liệu [11-13].

Bảng 1. Thông số điều kiện biên của mô hình

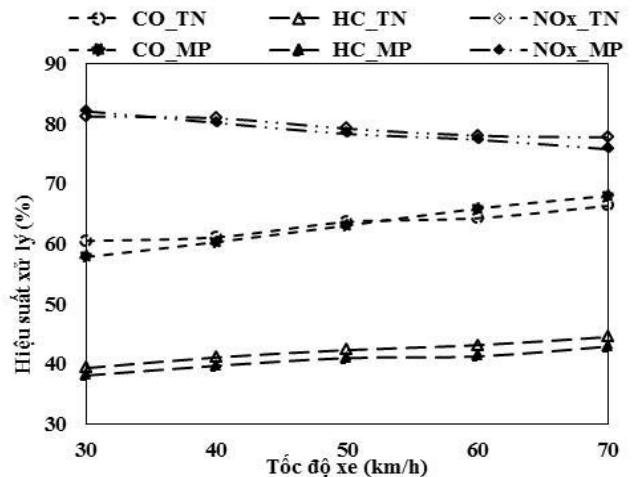
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Thể tích BXT	0.2	l
Chiều dài khối BXT	0.1	m
Mật độ lỗ (cell)	200	cpsi
Tổng thể tích phần rỗng của các lỗ (cell)	0.16	l
Độ dày thành khối xúc tác	1.8E-4	m
Độ dày lớp washcoat	1.3E-5	m
Khối lượng riêng BXT	1700	kg/m ³
Độ dẫn nhiệt	0.4	W/(m.K)
Nhiệt dung riêng	1200	J/(kg.K)
Hệ số truyền nhiệt bên ngoài	30	W/m ² .K
Độ dày lớp vỏ	0.001	m
Độ dày lớp cách nhiệt	0.01	m
Độ dẫn nhiệt của lớp vỏ	40	W/(m.K)
Độ dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt	0.3	W/(m.K)
Nhiệt độ môi trường	298	K
Kim loại quý sử dụng	Ce, Pt, Rh	
Khối lượng kim loại quý Pt,Rh sử dụng	0.14	g
Tỉ lệ về số mol Pt/Rh	5.0:1.0	
Khối lượng kim loại quý Ce sử dụng	0.71	G
Lưu lượng khí thải	6	g/s
Nhiệt độ khí thải	790	K
Áp suất đường thải	1	Bar

2.4. Đánh giá độ chính xác mô hình

Sau khi xây dựng mô hình, để đánh giá tính chính xác của mô hình, xe máy Liberty không lắp và có lắp bộ xúc tác Emitec được lắp trên băng thử CD20” của hãng AVL (hình 2), trong các lần thử nghiệm, vị trí tay ga được giữ cố định tại 50%, tốc độ thay đổi từ 30 đến 70 km/h, tu phân tích khí thải CEB II (AVL) và cảm biến lamđã Bosch LSU 4.9 để đo thành phần khí thải CO, HC, NO_x và lamđã, cảm biến nhiệt độ Hanyoung (can K) và cân điện tử ViBRA AJ (3000 x 0,01g) được sử dụng để đo nhiệt độ bộ xúc tác và lượng tiêu hao nhiên liệu, lưu lượng khí thải được xác định bằng lưu lượng kế VA30S-25 (0-30m³/h). Nhiên liệu xăng E0 được sử dụng để chạy thử nghiệm đánh giá độ chính xác mô hình. Thí nghiệm này còn được sử dụng để đo CO, HC, NO_x, lamđã, nhiệt độ của xe khi không lắp bộ xúc tác với nhiên liệu sử dụng lần lượt là E0, E10, E20 để làm dữ liệu đầu vào cho bộ xúc tác.



Hình 2. Thử nghiệm đánh giá hiệu quả bộ xúc tác



Hình 3. So sánh hiệu quả bộ xúc tác TWC mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng xăng E0

Hình 3 chỉ ra kết quả đánh giá hiệu suất bộ xúc tác trong trường hợp mô phỏng và thực nghiệm tại 50% tay ga, tốc độ thay đổi từ 30 đến 70 km/h. Kết quả chỉ ra rằng, hiệu suất xử lý của bộ xúc tác với thành phần CO, HC và NO_x đạt tương ứng khoảng 60, 40 và 80%, sai lệch kết quả mô phỏng (MP) và

thực nghiệm (TN) < 5%, sai lệch trung đối với thành phần CO là khoảng 0.5%, với thành phần HC là khoảng 4% và với thành phần NO_x là khoảng 1%.

2.5. Phương pháp mô phỏng đánh giá

Tiến hành mô phỏng đánh giá hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần lắp trên xe Liberty với ba loại nhiên liệu xăng E0, E10 và E20. Mỗi loại nhiên liệu tiến hành mô phỏng đánh giá hiệu quả bộ xúc tác theo vị trí tay ga tại tốc độ 30, 50 và 70 km/h và đặc tính tốc độ tại 25%, 50% và 100% tay ga. Các thông số CO, HC, NO_x, lamđa, nhiệt độ đường thải ứng với các chế độ mô phỏng trên được xác định bằng thực nghiệm đo trên xe Liberty không lắp bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E0, E10 và E20.

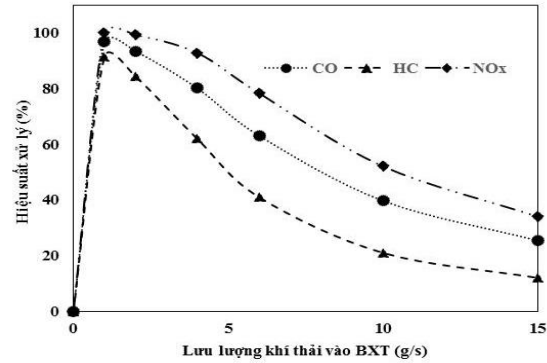
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá ảnh hưởng của các thông số lưu lượng, lamđa và nhiệt độ đến hiệu suất xử lý bộ xúc tác

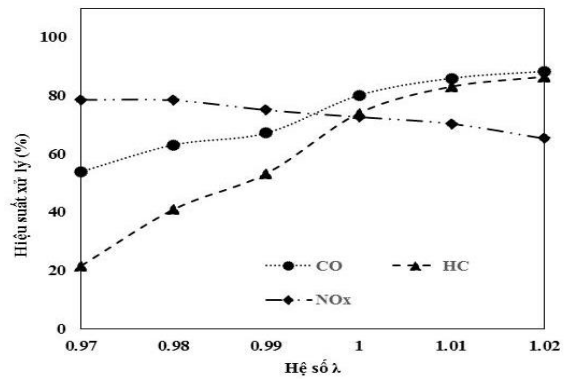
Tại các chế độ mô phỏng, hiệu suất bộ xúc tác phụ thuộc rất nhiều vào lưu lượng, nhiệt độ khí thải và lamđa, sau đây sẽ đánh giá cụ thể về các thông số ảnh hưởng trên đến hiệu quả bộ xúc tác ba thành phần. Hình 4 chỉ ra kết quả mô phỏng hiệu quả bộ xúc tác theo lưu lượng khí thải, khi tăng lưu lượng khí thải từ 0-2 g/s, các phân tử khí khuếch tán đều trên bề mặt bộ xúc tác và tiếp xúc tốt với kim loại xúc tác, vì vậy hiệu suất xử lý tăng nhanh, tiếp tục tăng lưu lượng, lúc này quá trình khuếch tán và thời gian tiếp xúc của các phân tử khí và vật liệu xúc tác giảm đi, hiệu suất xử lý giảm dần. Hình 5 chỉ ra kết quả mô phỏng ảnh hưởng của lamđa đến hiệu suất xử lý của bộ xúc tác, hiệu suất bộ xúc tác đạt cao nhất trong vùng lamđa bằng 1, khi lamđa lớn hơn 1, lượng oxy trong khí thải tăng, tạo môi trường thuận lợi để xuất hiện các phản ứng oxy hóa của CO và HC, vì vậy hiệu suất xử lý CO và HC tăng, trong khi môi trường khử giảm làm cho hiệu suất xử lý NO_x giảm, khi lamđa nhỏ hơn một, môi trường hóa oxy giảm, làm cho hiệu suất xử lý CO và HC giảm nhanh trong khi hiệu suất xử lý NO_x tăng.

Hình 6 chỉ ra kết quả mô phỏng hiệu suất xử lý bộ xúc tác theo nhiệt độ, kết quả cho thấy hiệu suất xử lý các thành phần CO, HC và NO_x tăng nhanh từ khoảng 0% đến giá trị tương ứng khoảng 55%, 30% và 60% khi nhiệt độ hoạt động của bộ xúc tác tăng trong khoảng từ 200°C đến 350°C, trong khoảng nhiệt độ này, các phản ứng chủ yếu xảy ra trên bề mặt lớp washcoat với mức năng lượng hoạt tính thấp, vì vậy tốc độ phản ứng tăng rất nhanh khi tăng nhiệt độ, tiếp tục tăng nhiệt độ trong khoảng từ 350°C đến 550°C (phương trình phản ứng 4 đến phản ứng 8, tương ứng r₄ đến r₈), lúc này hiệu suất xử lý có xu hướng tăng chậm, trong khoảng nhiệt độ này xuất hiện thêm các phản ứng xảy ra trong các lỗ rỗng của

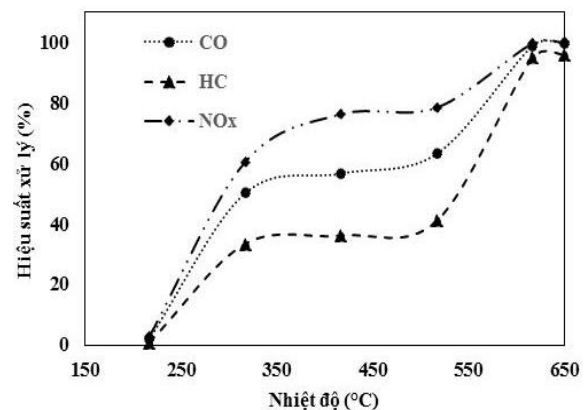
lớp washcoat với tốc độ chậm hơn, vì vậy hiệu suất xử lý tăng chậm, khi nhiệt độ tăng trên 550°C hiệu suất xử lý tiếp tục tăng mạnh và đạt trên 90% tại giá trị nhiệt độ khoảng 650°C, trong vùng nhiệt độ này, năng lượng hoạt hóa của các phản ứng nhảy xuống mức thấp hơn, mức độ hấp phụ và giải hấp các chất khí tăng mạnh làm cho các phản ứng diễn ra với tốc độ rất cao, dẫn tới hiệu suất xử lý tăng mạnh.



Hình 4. Hiệu suất xử lý bộ xúc tác theo lưu lượng khí thải

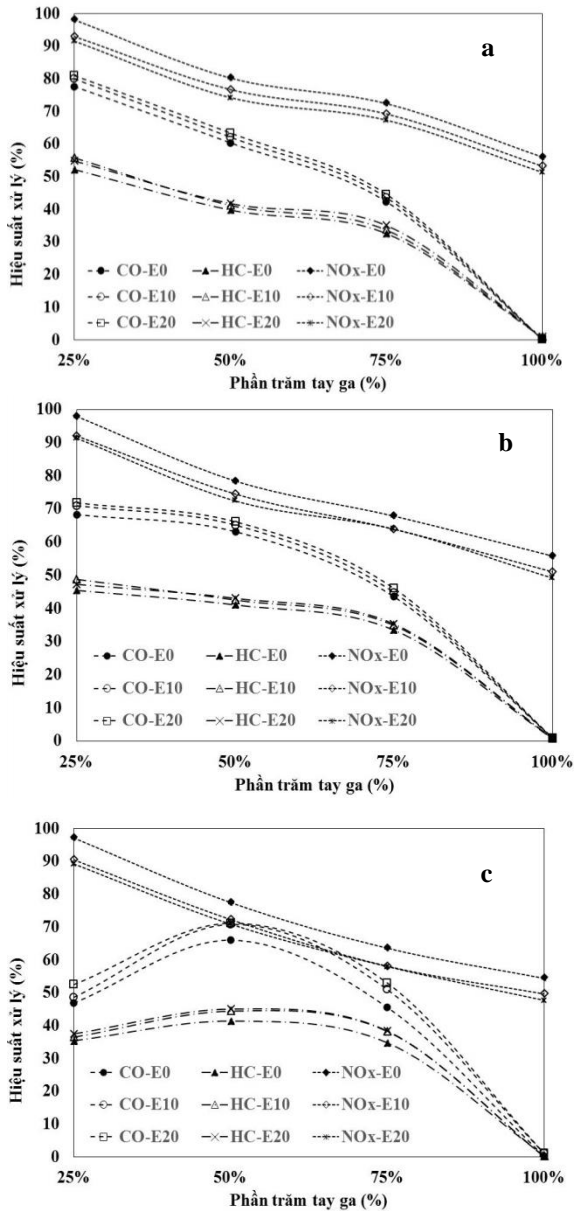


Hình 5. Hiệu suất xử lý bộ xúc tác theo hệ số dư lượng không khí lamđa



Hình 6. Hiệu suất xử lý bộ xúc tác theo nhiệt độ

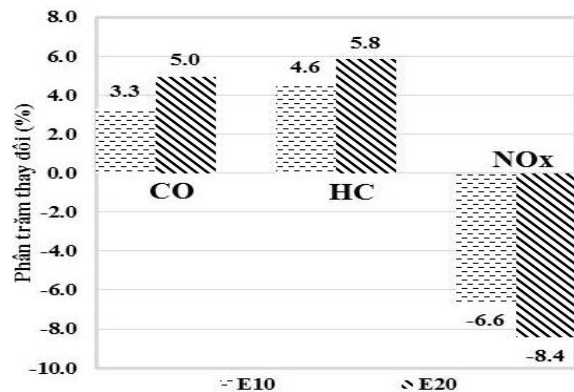
3.2. Đánh giá hiệu quả xử lý khí thải của bộ xúc tác theo % tay ga khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E0, E10, E20



Hình 7. Kết quả mô phỏng hiệu suất xử lý của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E0, E10, E20 theo % tay ga tại tốc độ 30 km/h (a), 50km/h (b), 70 km/h (c)

Hình 7 chỉ ra kết quả mô phỏng hiệu suất xử lý bộ xúc tác theo phần trăm vị trí tay ga với nhiên liệu xăng pha cồn E0, E10, E20 tại tốc độ 30, 50 và 70 km/h. Tại tốc độ 30 và 50 km/h (hình 7a và 7b), hiệu suất xử lý bộ xúc tác của ba loại nhiên liệu trên có chung xu hướng, hiệu suất xử lý CO, HC, NO_x đạt cực đại tại vị trí 25% tay ga và giảm dần khi tăng vị trí tay ga đến 100%, cụ thể hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x khoảng 70-80% đối với CO, 40-50% đối với HC và 90% đối với NO tại 25% vị trí tay ga, tại vị trí 100% tay ga, hiệu suất xử lý CO, HC giảm mạnh còn khoảng 1%, trong khi hiệu suất xử lý NO_x giảm về

khoảng 50%. Có thể giải thích hiện tượng này như sau, khi tăng độ mở bướm ga từ 25% lên 100%, lưu lượng khí thải tăng từ 3 g/s đến 9 g/s, như phân tích trên hình 4, khi lưu lượng khí thải tăng, hiệu quả xử lý CO, HC và NO_x giảm điều này dẫn tới hiệu suất bộ xúc tác giảm. Mặt khác, khi vị trí bướm ga mở lớn (từ 75% vị trí tay ga), lúc này động cơ ưu tiên phát ra công suất lớn, vì vậy hệ số dư lượng không khí lamda giảm dần ($\lambda=0,852$ tại 100% tay ga với E0, 0,861 với E10 và 0,871 với E20), nghĩa là hỗn hợp hòa khí đậm đặc, điều này làm cho hiệu suất xử lý CO và HC giảm mạnh (hình 5). Tại tốc độ 70 km/h (hình 7c), hiệu suất xử lý CO, HC của bộ xúc tác ứng với ba loại nhiên liệu trên tăng dần khi tăng vị trí tay ga từ 25% lên 50%, nguyên nhân là do khi tăng ga từ 25% lên 50% tay ga, quá trình cháy của động cơ được cải thiện, thành phần khí thải đầu vào của bộ xúc tác CO và HC giảm điều này làm tăng hiệu suất bộ xúc tác, tiếp tục tăng ga đến 100% thì CO và HC có xu hướng giảm, trong khi hiệu suất xử lý NO_x có xu hướng giảm dần khi tăng dần vị trí tay ga, nguyên nhân của hiện tượng này đã được giải thích ở trên. Bên cạnh đó, khi thay đổi tay ga từ 25% đến 100%, nhiệt độ khí thải trong khoảng từ 350°C đến 550°C, như kết quả chỉ ra trong hình 6 thì hiệu suất bộ xúc tác thay đổi không nhiều trong vùng nhiệt độ trên, vì vậy ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất bộ xúc tác khi tăng ga từ 25% đến 100% là không nhiều.



Hình 8. Hiệu suất xử lý khí thải trung bình của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E10-E20 so với E0 tại tốc độ 30, 50 và 70 km/h, tay ga thay đổi từ 25% đến 100

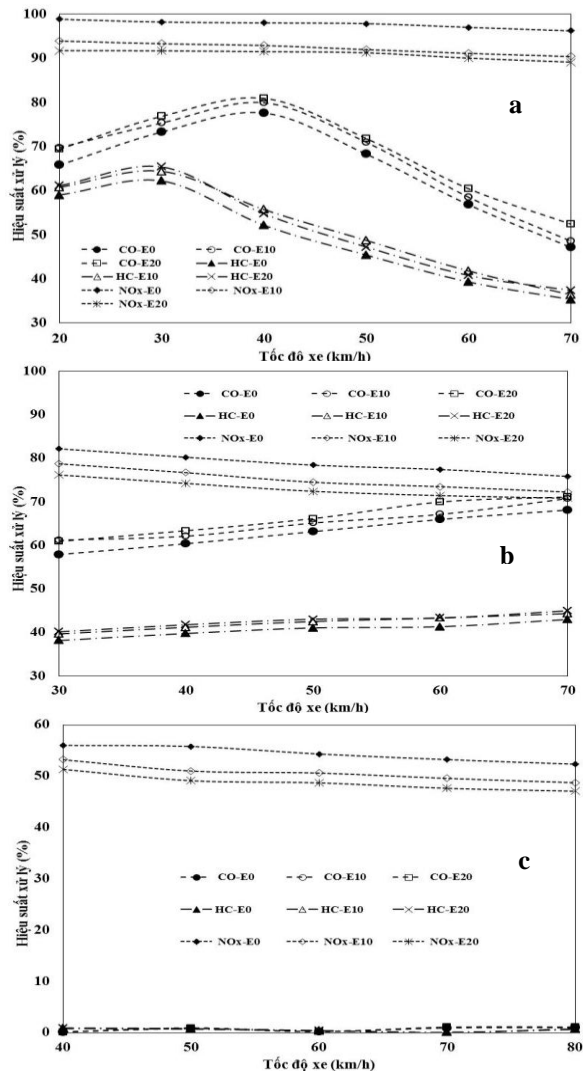
Hình 8 so sánh hiệu suất xử lý khí thải trung bình của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E10-E20 so với E0 tại tốc độ 30, 50 và 70 km/h, tay ga thay đổi từ 25% đến 100%. So với khi sử dụng nhiên liệu E0, khi sử dụng xăng pha cồn E10, E20 hiệu suất xử lý CO và HC có xu hướng tăng, hiệu suất xử lý NO_x có xu hướng giảm. Mức tăng trung bình của hiệu suất xử lý CO và HC là 3,3 và 4,6% khi sử dụng E10 và 5,0 và 5,8% khi sử dụng E20. Mức giảm trung bình của hiệu suất xử lý NO_x là 6,6% khi sử dụng E10 và

8,4% khi sử dụng E20. Nguyên nhân của xu hướng này là khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn, lượng oxy trong nhiên liệu nhiều hơn, hiệu quả của quá trình cháy tốt hơn do đó nồng độ CO, HC trong khí thải giảm nên hiệu suất xử lý CO, HC có xu hướng tăng, bên cạnh đó lambda của động cơ khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn có xu hướng nhạt hơn, hỗn hợp giàu oxy, do đó môi trường oxy hóa CO, HC tốt hơn, hiệu suất xử lý CO và HC cải thiện. Môi trường oxy hóa CO, HC trong bộ xúc tác tốt hơn, đồng nghĩa môi trường khử NO_x sẽ ít thuận lợi hơn, do đó hiệu suất của NO_x có xu hướng giảm.

3.3. Đánh giá hiệu quả xử lý khí thải của bộ xúc tác theo tốc độ xe máy khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E0, E10, E20

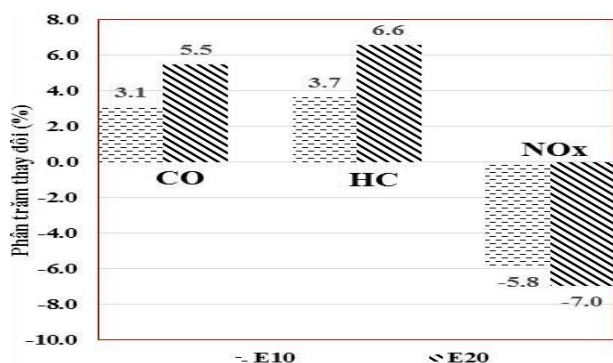
Hình 9 chỉ ra hiệu suất xử lý của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E0, E10 và E20 theo tốc độ tại 25%, 50% và 100% tay ga. Tại chế độ 25% tay ga (hình 9a), khi tốc độ động cơ còn thấp, nhiệt độ động cơ thấp, thành phần phát thải CO và HC cao, NO_x thấp vì vậy hiệu suất xử lý CO, HC thấp và NO_x cao, khi tăng tốc đến 30-40 km/h, lúc này động cơ hoạt động ổn định hơn, hiệu quả quá trình cháy tốt hơn, thành phần CO và HC giảm, NO_x tăng, điều này làm cho hiệu suất xử lý CO và HC tăng, NO_x giảm, tiếp tục tăng tốc độ lúc này động cơ ưu tiên phát ra công suất cao hơn, lượng nhiên liệu có xu hướng đậm hơn, thành phần CO và HC tăng cao, trong khi nhiệt độ quá trình cháy cũng tăng, vì vậy thành phần phát thải CO, HC, NO_x đều tăng, bên cạnh đó, tốc độ tăng làm tăng lưu lượng qua bộ xúc tác, điều này làm cho thời gian tiếp xúc giữa thành phần khí thải và vật liệu xúc tác giảm, dẫn tới hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng giảm (hình 9a). Tại vị trí 50% tay ga (hình 9b), khi xe hoạt động ở tốc độ thấp 30 km/h, hiệu suất xử lý CO và HC khoảng 60% và 40%, NO_x khoảng 80%, khi tăng tốc độ động cơ từ 30km/h đến 70 km/h, hiệu suất xử lý CO và HC tăng dần, mức tăng khoảng 8÷10%, trong khi hiệu suất xử lý NO_x giảm, tại vị trí 50% tay ga, trong vùng tốc độ từ 30km/h đến 70 km/h, động cơ hoạt động ổn định, quá trình cháy tốt, vì vậy thành phần CO, HC có xu hướng giảm, NO_x tăng, điều này làm cho hiệu suất xử lý CO và HC có xu hướng tăng, do thành phần môi chất khử giảm, môi trường khử bị hạn chế vì vậy, hiệu suất xử lý NO_x có xu hướng giảm. Tại vị trí 100% tay ga (hình 9c), tại tốc độ 40km/h, hiệu suất xử lý CO, HC rất thấp, khoảng 1% , NO_x ở mức 50%, khi tăng tốc độ, hiệu suất xử lý NO_x giảm, hiệu suất xử lý CO, HC thay đổi là không đáng kể. Tại vị trí 100% tay ga, động cơ ưu tiên phát ra công suất cực đại, lambda của động cơ đậm (đã được phân tích ở trên), vì vậy thành phần CO, HC tăng rất cao, do lambda đậm, làm cho thiếu oxy môi trường oxy hóa không có, vì vậy hiệu suất CO và HC rất thấp, bên cạnh đó, tốc độ tăng làm cho thời gian tiếp xúc giữa chất khí với vật liệu xúc

tác giảm làm cho hiệu suất NO_x giảm mặc dù môi trường khử tăng cao.



Hình 9. Hiệu suất xử lý của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E0, E10, E20 theo tốc độ tại 25% (a), 50% (b), 100% tay ga (c)

Hình 10 so sánh hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x trung bình của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E10-E20 so với E0 tại vị trí 25% (tốc độ xe từ 20 đến 70km/h), 50% (tốc độ xe từ 30 đến 70 km/h) và 100% tay ga (tốc độ xe từ 30 đến 80 km/h). So với khi sử dụng nhiên liệu E0, khi sử dụng xăng pha cồn E10, E20 hiệu suất xử lý CO, HC có xu hướng tăng và hiệu suất xử lý NO_x giảm. Mức tăng trung bình của hiệu suất xử lý CO và HC là 3,1 và 3,7% khi sử dụng E10, 5,5 và 6,6% khi sử dụng E20. Mức giảm trung bình của hiệu suất xử lý NO_x là 5,8% khi sử dụng E10 và 7,0% khi sử dụng E20. Nguyên nhân của hiện tượng này đã được giải thích trong mục 3.2.



Hình 10. Hiệu suất xử lý khí thải trung bình của bộ xúc tác khi sử dụng nhiên liệu E10-E20 so với E0 tại vị trí 25%, 50%, và 100% tay ga, tốc độ động cơ thay đổi từ 20km/h đến 80km/h

4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng được mô hình mô phỏng đánh giá hiệu quả bộ xúc tác cho động cơ phun xăng điện tử. Sai lệch giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm nhỏ hơn 5%, mô hình mô phỏng đảm bảo độ chính xác cần thiết. Hiệu suất bộ xúc tác TWC lắp trên động cơ phun xăng điện tử đã được nghiên cứu và đánh giá, khi tăng ga từ 25% đến 100%, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có giảm mạnh, đặc biệt tại 100% tay ga, hiệu suất xử lý CO và HC giảm còn 1%. Khi tăng tốc độ từ 20km/h đến 80km/h, hiệu suất xử lý CO, HC và NO_x có xu hướng giống với đặc tính tải (đã được phân tích ở trên), tuy nhiên sự thay đổi hiệu suất xử lý trong khoảng 10%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn E10, E20, hiệu suất xử lý CO và HC có xu hướng cao hơn so với xăng E0, trung bình hiệu suất xử lý CO và HC là 3,2% và 4,15% đối với E10, 5,25% và 6,2% đối với E20, mức giảm trung bình của hiệu suất xử lý NO_x là 6,2% khi sử dụng E10 và 7,7% khi sử dụng E20.

Lời cảm ơn

Tác giả xin trân trọng cảm ơn đến: Bộ Giáo dục và Đào tạo đã cung cấp tài chính, PTN Động cơ đốt trong, đại học Bách khoa Hà Nội đã cung cấp thiết bị và nhân lực để thực hiện nghiên cứu.

References

[1] Thummarat Thummadetsak, et al.: Thailand Fuel Performance and Emissions in Flex Fuel Vehicles, SAE 2010-01-2132.
 [2] R. Delgado v S. Paz: Effect of Different Ethanol-Gasoline Blends on Exhaust Emissions and Fuel Consumption, SAE 2012-01-1273.
 [3] Le Anh Tuan, Phạm Minh Tuan, 2009: Impacts of Gasohol E5 and E10 on Performance and Exhaust Emissions of In-used Motorcycle and Car: A Case Study in Vietnam. Vietnamese Journal of Science and Technology, No. 73B, p98-104.

[4] Le Anh Tuan, Phạm Hữu Truyền, 2010, Utilization of ethanol – gasoline blends (E5 to E20) in gasoline engines: A study on materials compatibility in Vietnam, 3rd AUN/SEED-Net Regional Conference on New/Renewable Energy, Penang, Malaysia.
 [5] Phạm Hữu Tuyền, Vũ Thị Minh, Nguyễn Duy Tiến: Nghiên cứu tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ xe máy phun xăng điện tử khi sử dụng nhiên liệu E0,E10 và E30; Tuyển tập công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2014, ISSN 1859-4182, 07/2015
 [6] Phạm Hữu Tuyền: Nghiên cứu mô phỏng động cơ phun xăng điện tử khi sử dụng xăng sinh học có tỷ lệ cồn ethanol lớn; Tạp chí khoa học và công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, ISSN 1859-3585, Số 27, 04/2015
 [7] Hoàng Đình Long, Nguyễn Kim Kỳ. Nghiên cứu hiệu quả bộ xúc tác khí thải xe máy trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy âm máy. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường đại học Công nghiệp Hà Nội, số 27, 2015
 [8] Hoàng Đình Long. Tính toán thiết kế tối ưu bộ xúc tác trung hòa khí thải ba chức năng cho xe ô tô du lịch. Tạp chí Giao thông Vận tải, Số 6/2011, trang 31-34, Hà Nội 2011.
 [9] Lê Đát Toa, Nguyễn Văn Nhận, Nghiên cứu, thử nghiệm bộ xử lý khí thải xúc tác gắn trên động cơ xăng. Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy sản số 2/2012, trang 156-159.
 [10] Ronald M. Heck, Robert J. Farrauto, Suresh T. Gulati, Catalytic Air Pollution Control: Commercial Technology, 3rd Edition, 2009 ISBN: 978-0-470-27503-0.
 [11] Carl Yaws, Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamics, Environmental Transport, Safety & Health Related Properties for Organic & Inorganic Chemical, 1999 ISBN-13: 978-1606235270.
 [12] Christopher Depcik, Sudarshan Loya, Anand Srinivasan, Travis Wentworth, Susan Stagg-Williams, Adaptive Global Carbon Monoxide Kinetic Mechanism over Platinum/Alumina Catalysts, Catalysts 2013, 3, 517-542.
 [13] Karthik Ramanathan, Chander Shekhar Sharma, Kinetic Parameters Estimation for Three Way Catalyst Modeling, Ind. Eng. Chem. Res., 2011, 50 (17), pp 9960-9979.
 [14] X. Du, S.M. George, Thickness dependence of sensor response for CO gas sensing by tin oxide films grown using atomic layer deposition, Sens. Actuators B 135 (2008) 152-160.
 [15] Y.Z. Wang, B.L. Chu, Structural and optical properties of ZnO thin films on (111) CaF₂ substrates grown by magnetron sputtering, Superlattices Microstruct. 44 (2008) 54-61.
 [16] P.A. Lieberzeit, A. Rehman, B. Najafi, F.L. Dickert, Real-life application of a QCM-based e-nose: quantitative characterization of different plant-degradation processes, Anal. Bioanal. Chem. 391 (2008) 2897-2903.