

# NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH KINH TẾ KỸ THUẬT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ XE MÁY PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ KHI SỬ DỤNG BỘ XÚC TÁC GIÀU HYĐRO Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SAU KHI CHẠY BỀN 5.000KM

STUDY PERFORMANCE AND EMISSION OF AN EFI MOTORCYCLE SUPPLEMENTED WITH HYDROGEN-RICH GAS DIRIVED FROM ON-BOARD Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CATALYST AFTER RUNNING 5.000KM

Trần Văn Hoàng<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thế Lương<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Thắng<sup>1</sup>,  
Lê Anh Tuấn<sup>1</sup>, Phạm Minh Tuấn<sup>1</sup>, Bùi Văn Chinh<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bộ xúc tác tạo hỗn hợp khí giàu hydro Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> từ một phần nhiên liệu nhờ xúc tác và tận dụng nhiệt khí thải đã được sử dụng trên động cơ đốt trong để cải thiện tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ. Tuy nhiên, nghiên cứu đánh giá độ bền của bộ xúc tác sau khi lắp trên động cơ vẫn chưa được thực hiện. Bài báo này sẽ nghiên cứu đánh giá đặc tính kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ xe máy phun xăng điện tử khi sử dụng bộ xúc tác tạo hỗn hợp khí giàu hydro Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sau khi chạy bền 5000km. Phương pháp đối chứng được sử dụng trong nghiên cứu này, thí nghiệm được thực hiện trên băng thử CD 20", thiết bị phân tích thành phần khí thải CEBII và đo tiêu hao nhiên liệu 733S. Kết quả nghiên cứu tại 100% tay ga cho thấy, động cơ sau khi chạy 5000km thì công suất giảm trong khi suất tiêu hao nhiên liệu tăng, trung bình giảm 1,82% đối với công suất và tăng 2,02% đối với suất tiêu hao nhiên liệu. Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy, phát thải CO và HC trung bình tăng lần lượt 1,89%, 1,84 %, phát thải NO<sub>x</sub> và CO<sub>2</sub> trung bình giảm xuống lần lượt 1,98%, 1,90%. Kết quả thử nghiệm cũng chỉ ra rằng sau khi chạy bền 5000km, độ kín khít của buồng cháy giảm xuống, trung bình giảm 0,84 %, các hạt kim loại xúc tác có xu hướng kết tụ lại với nhau tạo thành những hạt lớn hơn, đồng thời xuất hiện các hạt carbon kết tụ đọng bám trên bề mặt bộ xúc tác.

**Từ khóa:** Ni-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, suất tiêu hao nhiên liệu, CO, HC, NO<sub>x</sub>, chạy bền.

## ABSTRACT

Steam reforming of gasoline (SRG) Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst was used in a SI engine to convert a proportion of gasoline to rich-hydrogen gas with the aid of heat generated from exhaust gas, the rich-hydrogen gas is then supplied to the engine in order to improve performance and emission quality. However, studying durability of catalyst still not be executed. This article will study the economic specifications and emission of an EFI motorcycle using Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst after running durability 5000km. The comparing experiment was used in this study. The experiment was performed on Chassis Dynamometer 20", analyzing - exhaust equipment CEBII and Fuel balance 733S. The study has shown that after running durability, at load characteristics with different load levels, power decreased while fuel consumption increased, at full load, average power decreased 1.82% and fuel consumption increased 2.02%. It also has shown that average CO and HC content increased by 1.89% and 1.84%, while average NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> decreased by 1.98% and 1.90%. The experiment pointed out, after running durability, hermetic chamber reduced, average decreased 0.84%, catalytic metal particles tended to combine together, and appearing particles carbon was deposited on the surface of the Ni catalyst.

**Keywords:** Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, fuel consumption, CO, HC, NO<sub>x</sub>, running durability.

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tranbachoang@gmail.com

Ngày nhận bài: 01/11/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/12/2017

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhiên liệu hóa thạch là nguyên liệu cho hầu hết các ngành sản xuất năng lượng nói chung và động cơ đốt trong nói riêng. Do vậy, nguồn nguyên liệu này đang ngày dần bị cạn kiệt. Vì thế các nhà nghiên cứu về động cơ

đã đưa ra các giải pháp để đa dạng hóa nguồn nhiên liệu cũng như nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng nhằm giảm thiểu tối đa sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Đa dạng hóa bằng cách sử dụng các nguồn nhiên liệu thay thế như: Ethanol, Biodiesel, CNG, LPG,... đặc biệt là khí Hydro. Việc

nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng được thực hiện bằng cách thay đổi kết cấu và điều khiển động cơ, thêm phụ gia vào nhiên liệu giúp tăng độ kín khí buồng cháy. Một hướng nghiên cứu khác là thêm phụ gia vào nhiên liệu giúp cải thiện quá trình cháy đã cho kết quả khá khả quan.

Hydro là nguồn nguyên liệu sạch, có thể tái tạo và có thể được sản xuất từ nguồn nước vô tận. Do Hydro có trị số Octan lớn nên được xem như một nguồn nhiên liệu dồi dào mong muốn cho động cơ đốt trong. Trong các nghiên cứu gần đây, Hydro đã được nghiên cứu đưa vào cùng nhiên liệu như một phụ gia giúp cải thiện quá trình cháy. Radu Chiriac cùng cộng sự [1] đã nghiên cứu phun khí Hydro vào đường nạp, kết quả cho thấy hiệu suất nhiệt có ích của động cơ tăng lên, phát thải CO, CO<sub>2</sub> và HC giảm, tuy nhiên NO<sub>x</sub> lại tăng lên do quá trình cháy được cải thiện. Changwei Ji và các cộng sự [2-5] cũng đã nghiên cứu và cho thấy giảm được tiêu hao nhiên liệu và khí thải ở chế độ không tải, quá trình cháy với hỗn hợp nghèo cũng được cải thiện.

Tuy nhiên, vấn đề tích trữ, bảo quản và an toàn khi sử dụng khí Hydro đang làm hạn chế sự phát triển của nguồn nhiên liệu này trên các phương tiện giao thông. Do đó, vấn đề đang được quan tâm hiện nay là sản xuất và cung cấp trực tiếp khí Hydro ngay trên động cơ. Ở đó, bộ xúc tác được lắp trên đường thải sẽ tận dụng nhiệt khí thải động cơ, kết hợp với tác dụng của chất xúc tác, khí giàu Hydro được sản xuất và đưa đến đường nạp của động cơ. Trần Văn Hoàng và các cộng sự [6] đã nghiên cứu và báo cáo hiệu quả kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ phun xăng điện tử khi sử dụng bộ xúc tác giàu Hydro Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kết quả nghiên cứu cho thấy đã cải thiện được công suất động cơ suất tiêu hao nhiên liệu, phát thải CO, HC. Tuy nhiên, vấn đề đánh giá độ bền cũng như hiệu quả bộ xúc tác theo thời gian vẫn chưa được nghiên cứu. Vì vậy, bài báo này sẽ nghiên cứu đánh giá thông số kỹ thuật, kinh tế và phát thải của động cơ sau khi chạy bền với bộ xúc tác.

**2. PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM**

**2.1. Đối tượng nghiên cứu**

Bảng 1. Thông số của động cơ xe máy Piaggio-Lyberty

Kiểu động cơ	3 van, xylanh đơn, 4 kỳ
Hệ thống cung cấp nhiên liệu	Phun xăng điện tử
Hệ thống làm mát	Làm mát bằng gió cưỡng bức
Dung tích xylanh	154,8cc
Công suất cực đại/Tốc độ	8,7 kW/7750 vòng/phút
Moment xoắn cực đại/Tốc độ	12 Nm/5000 vòng/phút

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của bộ xúc tác tạo khí giàu hydro Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

<b>Bộ xúc tác</b>	- Kích thước bộ xúc tác: φ25x100 mm, mật độ lỗ 200 lỗ/inch vuông - Lớp nền của bộ xúc tác: Thép FeCrAl, lớp vật liệu trung gian: 280g/ft <sup>3</sup> g-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , vật liệu xúc tác: 80g/ft <sup>3</sup> ; Cu:Ni 1:1 - Hệ thống hỗ trợ sấy bằng nhiệt điện trở
<b>Tỷ lệ xăng:nước</b>	3:1
<b>Lượng xăng cấp cho bộ xúc tác</b>	3% lượng tiêu hao nhiên liệu tại các điểm đo

Đối tượng thử nghiệm là động cơ xe máy Piaggio-Leberty có dung tích xylanh 150cc do Piaggio sản xuất, được lắp bộ xúc tác tạo khí giàu hydro Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Các thông số kỹ thuật của động cơ và bộ xúc tác được trình bày trong bảng 1 và 2.

**2.2. Thiết bị thử nghiệm**

Thử nghiệm được tiến hành tại PTN Động cơ đốt trong, Trường ĐHBK Hà Nội với các trang thiết bị thử nghiệm gồm: băng thử xe máy CD 20", thiết bị phân tích thành phần khí thải CEBII và đo tiêu hao nhiên liệu 733S. Băng thử động lực học 20" với động cơ chính công suất 23,9 kW, tốc độ lớn nhất 160 km/h. Hệ thống phân tích khí thải CEBII gồm các bộ phân tích các thành phần CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub> trong khí thải. Thiết bị đo tiêu thụ nhiên liệu Fuel Balance 733S dùng cảm biến đo lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ cung cấp cho động cơ bằng cách cân lượng nhiên liệu trong bình chứa (đo theo kiểu khối lượng).

Tiến hành đo ba lần đối với xylanh và piston của động cơ trước và sau khi thử nghiệm. Dùng panme đo ngoài và đo trong với độ chính xác 0,001mm.

**2.3. Phương pháp thử nghiệm**

Quá trình thử nghiệm được tiến hành theo phương pháp đối chứng khi động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng RON92 với khí giàu hydro trước chạy bền và sau khi chạy bền. Động cơ được đưa lên băng thử CD 20" chạy rà trong vòng 1 giờ với vận tốc 50 km/h. Lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ ở các chế độ được điều khiển bằng ECU. Tiến hành đo công suất, lượng tiêu hao nhiên liệu, phát thải CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> tại vị trí 100% tay ga tốc độ từ 30 đến 70 km/h (hình 2). Sau khi đo đạc, xe được thử nghiệm hiện trường 5000km trên tuyến đường Láng - Hòa Lạc, chạy 25 ngày liên tục, mỗi ngày chạy 4 giờ với tốc độ 50 km/h (hình 2). Sau khi chạy bền, xe được đo kiểm nghiệm tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải trên băng thử giống như trước khi chạy bền.



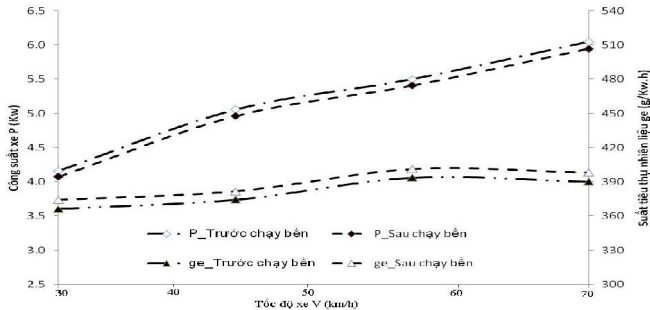
Hình 2. Xe Piaggio-Leberty thử nghiệm trên hiện trường và trên băng thử CD 20"

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

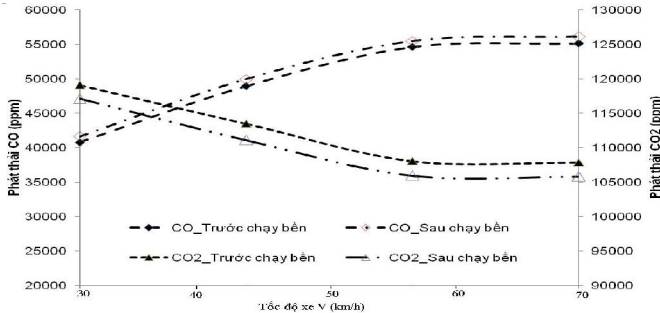
**3.1. Kết quả đo tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ xe Liberty trước và sau khi chạy bền 5.000 km ở 100% tay ga**

Kết quả thử nghiệm trên hình 3 thể hiện công suất và suất tiêu thụ nhiên liệu của xe Liberty theo tốc độ từ 30 đến 70 km/h tại 100% tay ga. Ta thấy, khi tăng tốc độ từ 30 đến 70 km/h, công suất động cơ trước khi chạy bền tăng và đạt cực đại tại 70 km/h, tăng nhanh trong khoảng từ 30 đến 45 km/h và 55 đến 70 km/h. Công suất sau chạy bền cũng có đặc tính tương tự nhưng thấp hơn đường trước chạy bền. Đối với suất tiêu thụ nhiên liệu trước và sau chạy bền đều có dạng tăng chậm khi tốc độ tăng từ 30 đến 55 km/h. Khi tiếp tục tăng tốc

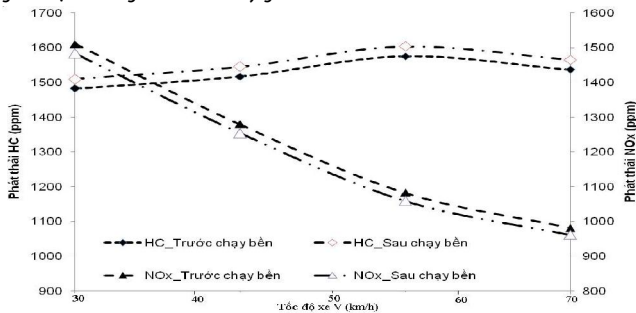
độ thì suất tiêu hao nhiên liệu giảm xuống. Đồ thị cũng cho thấy, đường suất tiêu hao nhiên liệu sau chạy bền cao hơn đường trước khi chạy. Kết quả này cho thấy, sau khi chạy bền công suất động cơ giảm và suất tiêu thụ nhiên liệu tăng lên. Nguyên nhân dẫn đến điều này có thể do piston - xylanh - xéc măng bị mòn nên độ kín khí giảm, hoặc do sau khi chạy bền hiệu suất bộ xúc tác giảm xuống dẫn đến lượng khí hydro cung cấp cho động cơ giảm, làm cho công suất động cơ giảm và tiêu hao nhiên liệu tăng.



Hình 3. Công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của xe Liberty trước và sau khi chạy thử nghiệm ngoài hiện trường đo ở 100% tay ga



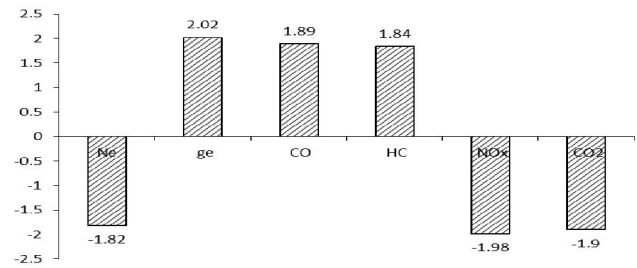
Hình 4. Phát thải CO và CO<sub>2</sub> của xe Liberty trước và sau khi chạy thử nghiệm ngoài hiện trường đo ở 100% tay ga



Hình 5. Phát thải HC và NO<sub>x</sub> của xe Liberty trước và sau khi chạy thử nghiệm ngoài hiện trường đo ở 100% tay ga

Kết quả thử nghiệm trên hình 4 và 5 thể hiện phát thải của động cơ xe Liberty trước và sau khi chạy hiện trường ở chế độ 100% tay ga, tốc độ từ 30 đến 70 km/h. Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng (hình 4), trước khi chạy bền, phát thải CO tăng nhanh và CO<sub>2</sub> giảm nhanh khi tốc độ tăng từ 30 lên 55 km/h. Tiếp tục tăng tốc độ thì phát thải CO và CO<sub>2</sub> gần như không đổi. Nhìn biểu đồ hình 5 cũng cho thấy, trước khi chạy bền, NO<sub>x</sub> có xu hướng giảm mạnh trong khi HC có xu hướng tăng chậm khi tốc độ tăng từ 30 đến 55 km/h, sau đó cả hai đều có xu hướng giảm, nhưng HC giảm không đáng kể. Đường đặc tính của CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> sau chạy bền có hình

dáng tương tự nhưng CO và HC thấp hơn trong khi NO<sub>x</sub> và CO<sub>2</sub> cao hơn so với trước khi chạy bền. Qua đó chúng tỏ, phát thải CO, HC tăng lên còn NO<sub>x</sub> và CO<sub>2</sub> đã giảm xuống.



Hình 6. Tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải trung bình của động cơ sau so với trước khi thử nghiệm ngoài hiện trường đo ở 100% tay ga

Hình 6 cho ta kết quả về tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải trung bình của động cơ sau so với trước khi thử nghiệm ngoài hiện trường đo ở đặc tính tốc độ tại 100% tay ga. Nhìn biểu đồ cho thấy, công suất trung bình trên toàn dải tốc độ sau khi chạy bền giảm 1,82% so với trước khi chạy bền, tuy nhiên giá trị giảm không đáng kể, ở các chế độ thử nghiệm thì công suất đều giảm trên dưới 2%. Suất tiêu thụ nhiên liệu trung bình sau khi chạy bền ở chế độ 100% tay ga tăng 2,02% so với trước khi chạy bền. Suất tiêu thụ nhiên liệu đều tăng lên sau khi chạy bền ở các chế độ thử nghiệm, tuy nhiên giá trị tăng lên cũng không đáng kể và đều dao động khoảng 2%.

Hình 6 cũng cho thấy, sau khi chạy hiện trường thì phát thải CO trung bình trên toàn dải tốc độ của động cơ tăng 1,89%, phát thải HC trung bình tăng 1,84%, phát thải NO<sub>x</sub> trung bình giảm 1,98% và phát thải CO<sub>2</sub> trung bình giảm 1,90% so với trước khi chạy hiện trường. Kết quả này chứng tỏ sau khi chạy hiện trường do piston - xylanh - xéc măng bị mòn nên dẫn đến quá trình cháy kém đi vì thế phát thải CO và HC tăng lên còn phát thải CO<sub>2</sub> và NO<sub>x</sub> giảm xuống. Tuy nhiên kết quả thay đổi không đáng kể và đều thấp hơn 2%.

### 3.2. Đánh giá độ kín khí của buồng cháy

Độ kín khí buồng cháy động cơ thể hiện qua thông số áp suất nén không nổ. Kết quả đo trước và sau khi chạy thử nghiệm hiện trường cho trên bảng 3.

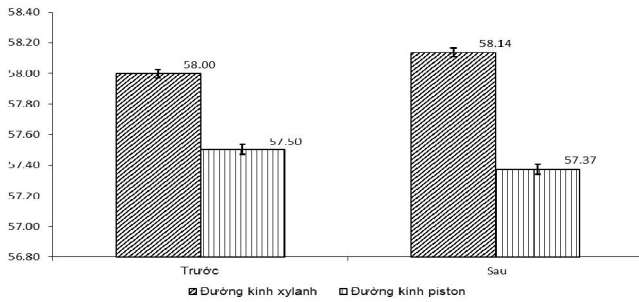
Có thể thấy rằng giá trị áp suất nén đo sau khi chạy bền của động cơ ở các tốc độ khác nhau đều giảm. Tuy nhiên, độ chênh lệch giữa hai giá trị này không đáng kể, trung bình giảm 0,84%.

Bảng 3. Áp suất nén đo trước và sau khi chạy bền

Tốc độ (km/h)	Áp suất nén (bar)	
	Trước thử nghiệm	Sau thử nghiệm
5	11,5	11,4
10	11,8	11,7
15	12,3	12,2

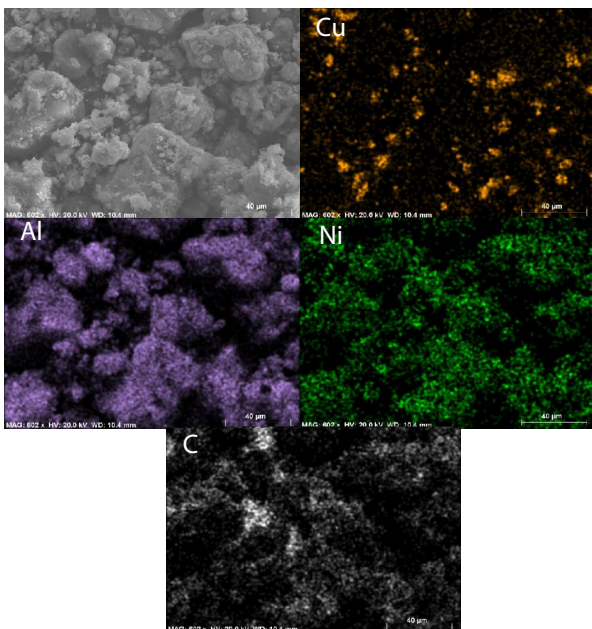
Sau khi chạy bền 5000km, thực hiện tháo động cơ đo piston và xylanh. Thực hiện 3 lần đo để lấy kết quả trung bình, đo xylanh tại vị trí cách mép trên của xylanh 10mm và đo theo hướng ngang của xylanh, đo piston tại vị trí cách lỗ chốt piston khoảng 10mm về phía dưới và vuông góc với chốt piston.

Kết quả trên hình 7 cho thấy, mài mòn của piston và xylanh động cơ không quá 0,5%

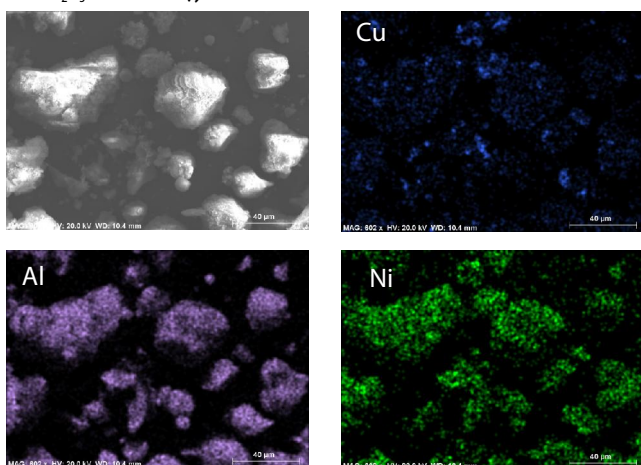


Hình 7. Kết quả đo piston và xylanh động cơ sau khi chạy 5000km

3.3. Đánh giá độ bền bộ xúc tác Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Hình 8. Ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử SEM và EDX bề mặt bộ xúc tác Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trước khi chạy bền



Hình 9. Ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử SEM và EDX bề mặt bộ xúc tác Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sau khi chạy bền

Hình 8 và 9 thể hiện ảnh chụp bề mặt bộ xúc tác bằng kính hiển vi điện tử SEM và EDX trước và sau khi chạy bền. Kết quả cho thấy sau khi chạy bền, các hạt kim loại Ni, Cu,

Al có xu hướng lớn hơn. Chính điều này làm giảm diện tích phản ứng dẫn đến làm giảm đi hiệu suất bộ xúc tác.

Bên cạnh đó, ảnh chụp kính hiển vi điện tử cũng cho thấy trên bề mặt của bộ xúc tác có đọng bám các hạt Carbon kết tủa. Chính các hạt Carbon này làm mất tác dụng hoạt động của kim loại Ni dẫn đến giảm khả năng chuyển hóa nhiên liệu thành khí Hydro của bộ xúc tác, hay nó cũng chính là một phần làm giảm công suất động cơ. Do đó, ta phải sử dụng phương pháp để loại bỏ các hạt Carbon này trên bề mặt bộ xúc tác để kéo dài tuổi thọ bộ xúc tác cũng như duy trì sự làm việc ổn định của nó.

4. KẾT LUẬN

Hiệu quả kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ sử dụng bộ xúc tác giàu hydro Cu-Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> đã được đánh giá và so sánh trước và sau khi chạy bền 5.000km. Kết quả chỉ ra rằng, công suất của xe máy sau khi chạy thử nghiệm hiện trường giảm không đáng kể so với trước khi chạy hiện trường. Cụ thể, khi chạy đặc tính tốc độ ở 100% tải, công suất trung bình sau khi chạy bền giảm 1,82% so với trước khi chạy bền, ở các chế độ thử nghiệm khác thì công suất đều giảm trên dưới 2%, suất tiêu thụ nhiên liệu trung bình sau khi chạy bền tăng 2,02%. Kết quả thử nghiệm cho thấy phát thải CO và HC của xe máy tăng lên so với trước khi chạy hiện trường lần lượt là 1,89% và 1,84%, đồng thời phát thải CO<sub>2</sub> và NO<sub>x</sub> trung bình giảm xuống lần lượt là 1,90% và 1,98%.

Thử nghiệm cũng cho thấy, sau chạy bền các hạt kim loại của bộ xúc tác có kích thước lớn lên và trên bề mặt bộ xúc tác có đọng bám các hạt Carbon kết tủa. Chính điều này làm giảm hiệu suất bộ xúc tác, dẫn đến công suất động cơ giảm.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã cung cấp tài chính, PTN Động cơ đốt trong - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã cho phép sử dụng trang thiết bị để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Radu Chiriac, et al., 2006. *Effects of Gasoline-Air Enrichment with HRG Gas on Efficiency and Emissions of a SI Engine*. SAE Paper 2006- 01- 3431

[2]. Changwei Ji, Shuofeng Wang, 2010. *Combustion and emissions performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine at idle and lean conditions*. Int. J. of Hydrogen Energy, Vol. 35, 346-355.

[3]. Changwei Ji, Shuofeng Wang, 2009. *Effect of hydrogen addition on combustion and emissions performance of a spark ignition gasoline engine at lean conditions*. Int. J. of Hydrogen Energy, Vol. 34, 7823-7834.

[4]. Changwei Ji, et al., 2010. *Effect of spark timing on the performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine at lean conditions*, Int. J. of Hydrogen Energy, Vol. 35, 2203-2212.

[5]. Changwei Ji, Shuofeng Wang, 2010. *Experimental study on combustion and emissions performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine at lean burn limits*, Int. J. of Hydrogen Energy, Vol. 35, 1453-1462.

[6]. Tran Van Hoang, Nguyen The Luong, Le Anh Tuan, Pham Minh Tuan, 2016. *Study performance and emission of an EFI motorcycle supplemented with hydrogen-rich gas derived from on-board Cu-Ni/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 108 - 114, tháng 9 năm 2016.