

NGHIÊN CỨU BỘ XÚC TÁC XỬ LÝ KHÍ THẢI TRÊN ĐỘNG CƠ XE GẮN MÁY

A STUDY ON CATALYTIC CONVERTER FOR EMISSION REDUCTION OF MOTORCYCLE ENGINE

Nguyễn Hồ Xuân Duy¹, Huỳnh Thanh Công¹, Nguyễn Văn Trang²

¹Trường Đại học Bách Khoa TpHCM, Việt Nam

²Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật TpHCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 29/11/2018, ngày phản biện đánh giá 14/12/2018, ngày chấp nhận đăng 24/12/2018

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một nghiên cứu về bộ xúc tác xử lý khí thải để giảm phát thải trên động cơ xe gắn máy sử dụng bộ chế hòa khí. Việc giảm lượng phát thải khí thải điển hình của xe máy được phân tích theo các chế độ vận tốc ổn định, khảo sát các điểm nhiệt độ và đo đặc so sánh các thành phần khí thải trước và sau khi sử dụng bộ xúc tác. Bộ xúc tác xử lý khí thải được phát triển bằng cách sử dụng các chất thải phân bón để tổng hợp Niken và sau đó phủ lên bề mặt bộ xúc tác để khảo sát. Trong các thí nghiệm, các đặc tính chất xúc tác và pha hoạt động được phân tích trong các điều kiện khác nhau. Trên cơ sở các kết quả đạt được, các phép đo đặc tính của các chất xúc tác Ni/cordierite nguyên khối bằng phương pháp ngâm tẩm ướt, có thể thấy rằng: kết quả hoạt tính xúc tác là rất khả quan. Bộ xúc tác cho thấy hoạt động tốt trong quá trình đốt propylen cũng như phản ứng oxy hóa CO đối với các sản phẩm cháy (CO₂ và H₂O) từ 5 đến 12% trọng lượng Ni trong khối xúc tác ở 400°C. Ngoài ra, kết quả thử nghiệm trên động cơ xe máy cũng cho thấy thành phần HC và CO đều có xu hướng giảm và cho thấy hiệu quả của bộ xúc tác khi ứng dụng trên động cơ. Tuy nhiên, nếu điều chỉnh được lambda tiệm cận với dãy từ 0.997 đến 1.005 (dãy lambda của bộ xúc tác 3 chức năng), bộ xúc tác sẽ có khả năng thúc đẩy hoạt tính cao hơn và giảm các thành phần khí thải độc hại nhiều hơn.

Từ khóa: bộ xử lý xúc tác; bộ chế hòa khí; giảm khí thải; động cơ xe gắn máy, xúc tác Niken.

ABSTRACT

This paper presents a study on a catalytic converter for emission reduction of motorcycle engine powered by a carburetor. The typical emissions reductions of motorcycle are analyzed using steady-state velocities, temperature measurements, and comparing exhaust emissions before and after using the catalytic converter. The catalytic converter is developed using waste fertilizers to synthesize nickel and then coating the surface of the catalyst for investigation. In experiments, the catalyst properties and catalyst activity are analyzed under different conditions. On the basis of the results presented in this research, characterization and catalytic activity measurements of monolithic Ni/cordierite catalysts by a wet-impregnated method, it can be seen that: the results of the catalytic activity are very promissory. The monoliths catalysts showed very good activity in propylene combustion as well as the CO oxidation reaction to combustion products (CO₂ and H₂O) from 5 to 12 %wt Ni loading in monoliths at 400°C. In addition, the test results on the motorcycle engine showed that the HC and CO components tend to decrease and show the effectiveness of the catalytic converter when applied to the engine. If the lambda is close to the narrow window, the catalyst will be able to promote higher activity and reduce the amount of toxic exhaust gas more.

Keywords: catalytic converter; carburetted; emission reduction; motorcycle engine, Nickel catalyst.

1. GIỚI THIỆU

Ô nhiễm không khí đang là vấn đề lớn gây nên sự nóng lên toàn cầu. Ảnh hưởng đến sự thay đổi ngày càng khắc nghiệt của khí hậu. Phát thải chủ yếu từ các nhà máy công nghiệp và khí thải từ các phương tiện giao thông. Các loại phương tiện lưu hành chủ yếu là ô tô, xe máy chiếm đa số và tiêu chuẩn khí thải đối với loại phương tiện này vẫn chưa thực sự nghiêm ngặt. Các xe máy đã sử dụng thời gian dài vẫn chiếm một số lượng rất lớn và vẫn chưa có quy định về thời hạn sử dụng cho chúng. Thêm vào đó, xe gắn máy sử dụng chế hòa khí chiếm tỷ lệ rất lớn vì nó là phương tiện phổ biến rộng rãi trên toàn thế giới kể từ những năm 1910. Theo các số liệu năm 2012, số lượng xe máy thống kê được tại châu Á nằm vài khoảng 313 triệu chiếc [1]. Xu hướng tăng nhẹ vẫn tiếp tục đối với các xe sử dụng chế hòa khí ở các nước tập trung đông dân số như Ấn Độ, Trung Quốc và Việt Nam [2]. Ví dụ điển hình tại thành phố lớn nhất của Việt Nam, thành phố Hồ Chí Minh hiện có khoảng 7.5 triệu xe gắn máy và hơn 1 triệu ô tô, số lượng đó vẫn đang có dấu hiệu tiếp tục tăng [3]. Điều đó dẫn đến ô nhiễm khí thải từ các phương tiện này sẽ không có dấu hiệu dừng lại. Đã có rất nhiều nghiên cứu và giải pháp đề xuất giảm khí thải trên xe máy. Người ta bắt đầu dần chuyển sang sử dụng xe dùng động cơ phun xăng điện tử. Hệ thống phun xăng điện tử sử dụng trên động cơ xe máy có thể điều chỉnh tối ưu hệ số dư lượng không khí và là một trong những công nghệ giúp cải thiện vấn đề tiêu hao nhiên liệu, công suất của động cơ cũng như thành phần phát thải [4]. Ngoài ra, bộ xử lý khí thải cũng dần được nghiên cứu và áp dụng. Trong nghiên cứu của Claudio Poggiani [5], ứng dụng bộ xúc tác xử lý khí thải trên xe máy được thực hiện để khảo sát vấn đề đáp ứng thời gian tối thiểu để bộ xúc tác có thể kích hoạt hoạt tính của nó khi động cơ bắt đầu hoạt động. Sự ảnh hưởng của các loại nhiên liệu khác nhau tác động lên bộ xúc tác sau 1 quãng đường chạy nhất định được đề cập trong nghiên cứu của Li-Wei Jia [6], thí nghiệm được thực hiện trên động cơ xe máy 4 kỳ 1 xi-lanh và chạy theo chu trình ECE-40, sau đó sẽ kiểm tra sự

lãng động của thành phần các-bon trên bộ xúc tác tại thời điểm đã hoạt động được 10.000 km. Hiện nay, trên thị trường Honda cũng đã áp dụng bộ xúc tác xử lý khí thải trên xe Future FI từ năm 2017. Tuy nhiên, các bộ xử lý khí thải này sử dụng chất xúc tác từ các kim loại hiếm như Platinum (Pt), Palladium (Pd), Rhodium (Rh). Các thành phần kim loại này có giá thành rất cao, nếu áp dụng vào các xe đã sử dụng sẽ rất khó khăn để người tiêu dùng chấp nhận. Chính vì vậy việc tìm ra chất xúc tác giá thành thấp, dễ áp dụng và các nguồn nguyên liệu có sẵn tại địa phương là bài toán được đặt ra.

Hiện tại, ở Việt Nam có các nhà máy sản xuất phân bón, một trong số đó là nhà máy phân bón Phú Mỹ đặt tại Bà Rịa- Vũng Tàu, trung bình 105,7 m³ chất thải xúc tác thải ra mỗi năm từ quá trình cải tạo, tổng hợp metan và amoniac của một nhà máy phân bón. Nó trở thành một nguồn ô nhiễm chất thải rắn vì chứa rất nhiều chất ô nhiễm kim loại và độc tố (Al₂O₃, ZnO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, NiO, Cr₂O₃, CuO, CuCO₃, CaO, CoO, MoO₃...). Đặc biệt, các chất xúc tác trong quá trình cải tạo và tổng hợp metan thường chứa Nickel (Ni) là một kim loại nặng với khả năng gây ô nhiễm nguồn đất và nước. Trong khi đó, việc tái chế Ni từ các chất xúc tác là phương pháp tiếp cận lợi ích bao gồm cả các giải pháp môi trường và kinh tế. Về ứng dụng môi trường, Ni được biết đến như một kim loại chuyển tiếp có giá trị đang nổi lên trong nghiên cứu để trở thành tiền thân của việc xử lý không khí ô nhiễm bằng xúc tác, thay thế cho các kim loại quý đắt tiền. Trong nghiên cứu này, việc tập trung dùng Niken để làm chất xúc tác, thử nghiệm tại mô hình phòng thí nghiệm bằng các khí thải giả lập và thử nghiệm thực trên động cơ xe gắn máy sẽ được thực hiện để đánh giá mức độ hiệu quả của bộ xúc tác và từ đó làm cơ sở cho việc ứng dụng trên quy mô lớn hơn.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Vật liệu và tổng hợp xúc tác

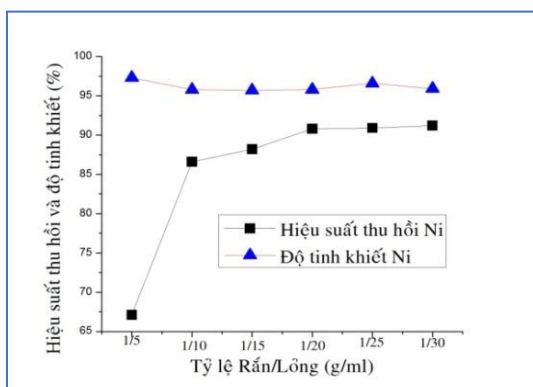
2.1.1 Tổng hợp Ni từ chất thải xúc tác

Chất thải xúc tác nghiên cứu có tên thương mại RKS-2-7H được sử dụng trong

quá trình cải cách thứ cấp tại Nhà máy Đạm Phú Mỹ. Hàm lượng Ni trong chất thải xúc tác này là khoảng 12,01%. Quá trình thu hồi Ni từ chất thải xúc tác trong quy mô phòng thí nghiệm được bao gồm ba bước: xử lý vật liệu (nghiền và sàng lọc, sau đó decoking); chuẩn bị (sử dụng dung dịch axit HNO₃ 1,5M, 1:20 g / ml rắn: tỷ lệ chất lỏng, nhiệt độ và thời gian phản ứng là 100°C trong 1 giờ).



Hình 1. Chất thải xúc tác từ nhà máy phân bón Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu



Hình 2. Độ tinh khiết và hiệu suất tổng hợp Niken từ chất thải

2.1.2 Chất nền

Monolith là chất nền, là vật liệu hứa hẹn cho các ứng dụng môi trường do cấu trúc độ xốp của chúng, cung cấp hệ số giãn nở thấp, ổn định nhiệt tốt và tổn thất áp suất thấp. Khả năng chống sốc nhiệt và hệ số giãn nở nhiệt thấp là những đặc tính quan trọng của chất nền biến đổi ô tô.

Các khối cordierite hình trụ (2MgO-2Al₂O₃-5SiO₂) có mật độ 200 cpsi với các kênh vuông (được sử dụng hai chiều có đường kính 0,5 cm × cao 2,5 cm cho quy mô phòng thí nghiệm và 4,5 cm và 9,0 đường kính cm; cao 5,0 và 2,5 cm để xử lý khí

buồng mở rộng) được lấy từ vật liệu chịu nhiệt Comxi Jianxi, Trung Quốc. Những khối này sau đó được rửa sạch trong nước, sấy khô trong lò ở 110°C qua đêm, và nung ở 600°C trong không khí trong 4 giờ trước khi phủ dung dịch (Hình 3).



Hình 3. Khối tổ ong sau khi xử lý sơ bộ

2.1.3 Tổng hợp chất xúc tác

Trong nghiên cứu này, niken được lắng đọng trên các chất nền nguyên khối cordierite bằng phương pháp ngâm tẩm ướt trong phòng thí nghiệm (hình 4 và 5).



Hình 4. Chất xúc tác Ni/Monolith sau khi tẩm ướt (kích thước 9,0 x 2,5 cm)



Hình 5. Chất xúc tác Ni/Monolith sau khi nung (kích thước 9,0 x 2,5 cm)

Dung dịch nước 0,5 M Ni(NO₃)₂·6 H₂O từ quá trình thu hồi Niken từ chất thải xúc tác trong phòng thí nghiệm - được khuấy trong 5 giờ ở nhiệt độ phòng. Các khối tổ ong được nhúng theo chiều dọc treo trong 2 phút, sau đó loại bỏ các cặn dư thừa khỏi bề mặt các kênh bằng khí nén. Các khối tổ ong này được sấy khô ở 100°C trong 0,5h và cân lại. Quá trình được lặp lại cho đến khi tăng 3-12 wt%. Các khối tổ ong tiếp tục được tráng Ni và nung trong không khí ở 600°C trong 3 giờ, với một đoạn nhiệt độ là 2°C min⁻¹. Các chất xúc tác được giảm xuống ở 650°C trong 1,5 giờ (25 vol% H₂ trong N₂, tổng lưu lượng 100 mL/phút) trước khi xử lý khí hoạt động.

2.2 Mô hình thực nghiệm

Bộ xúc tác được sản xuất và thử nghiệm trong phòng thí nghiệm với các khí thải giả lập, sau đó sẽ được áp dụng trên mô hình thực tế của động cơ đốt trong. Mô hình xúc tác xử lý khí thải được gắn trên một động cơ xe máy và được thử nghiệm trên băng thử xe gắn máy mô phỏng các điều kiện hoạt động trên đường ở các dải tốc độ ổn định.

Bước đầu của nghiên cứu sẽ đánh giá mức độ hiệu quả của bộ xúc tác thông qua việc chuyển hóa các khí độc hại thành dạng không độc. Vì vậy, các thông số khi thử nghiệm như tiêu hao nhiên liệu, công suất động cơ khi có và không có bộ xúc tác sẽ được thực nghiệm và đánh giá ở nghiên cứu kế tiếp. Trong thử nghiệm này các trường hợp được thực hiện thử nghiệm ở cùng điều kiện. Các trường hợp thử nghiệm như sau:

- **W/O AIS-Catalyst:** Trường hợp chạy với mô hình xe gắn máy nguyên thủy không can thiệp vào đường thải và bộ chế hòa khí.

- **AIS (Air induction system):** trường hợp sử dụng hệ thống cung cấp thêm không khí.

- **Catalyst:** trường hợp chỉ sử dụng bộ xúc tác.

- **AIS-Catalyst:** trường hợp sử dụng kết hợp bộ xúc tác và bộ cung cấp khí phụ.

Động cơ được sử dụng trong thử nghiệm này là động cơ Honda 110cc sử dụng nhiên liệu xăng. Tuy nhiên, khi thử nghiệm với chất

xúc tác, cần phải thay đổi kết cấu ở ống xả để có thể lắp đặt bộ chuyển đổi xúc tác. Bảng 1 trình bày các thông số kỹ thuật của động cơ.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ [7]

Thông số	Giá trị
Dung tích xy-lanh (cm ³)	109,1
Số xy-lanh	1
Tỉ số nén	9:1
Công suất (kW/(v/ph))	6,05 /7500
Momen xoắn (N.m/(v/ph))	8,67/5500
Đường kính xy-lanh (mm)	50
Hành trình (mm)	55,6



Hình 6. Thử nghiệm với bộ xúc tác xử lý khí thải

Hình 6 trình bày quá trình thử nghiệm ảnh hưởng của chất xúc tác lên khí thải của động cơ. Chế độ thử nghiệm thay đổi từ 0 đến 40 km/h, với bước 10 km/h ở chế độ tải 5 kW. Với chế độ thử nghiệm ở phạm vi tốc độ thấp, nghiên cứu này muốn đánh giá hiệu ứng của khí thải khi có và không có bộ chuyển đổi xúc tác, tương thích với điều kiện vận hành trên đường khi giao thông tắc nghẽn.



Hình 7. Bộ xúc tác được gắn trên động cơ xe gắn máy

Hình trên cho thấy vị trí của bộ xử lý xúc tác. Tại vị trí lắp đặt này, động cơ không cần thay đổi nhiều trong kết cấu của đường ống thải. Các bộ phận liên quan có thể được lắp đặt bình thường. Tuy nhiên, nhiệt độ khí

thai của động cơ 1 xi-lanh là rất thấp. Do đó, vật liệu cách nhiệt được sử dụng để tăng nhiệt độ khí thải trước khi đi vào chất xúc tác. Ngoài ra, cảm biến nhiệt độ cũng được lắp đặt để đo nhiệt độ trước chất xúc tác.



Hình 8. Bộ xúc tác chuyển đổi sau khi thử nghiệm

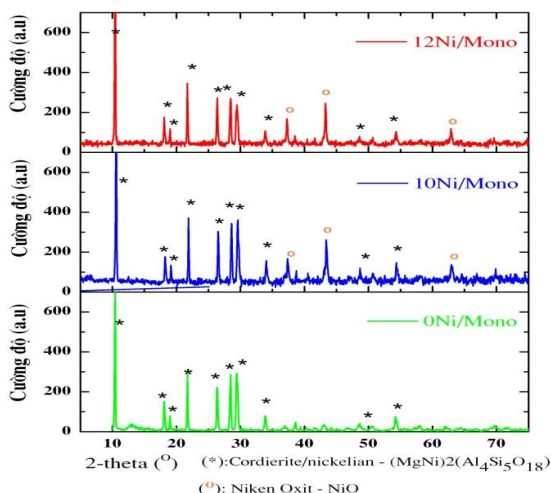
Hình 8 biểu hiện cấu trúc của bộ chứa khối xúc tác lắp đặt trên đường ống thải của động cơ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả thử nghiệm bộ xúc tác trong mô hình phòng thí nghiệm

3.1.1 Đặc tính của bộ xúc tác

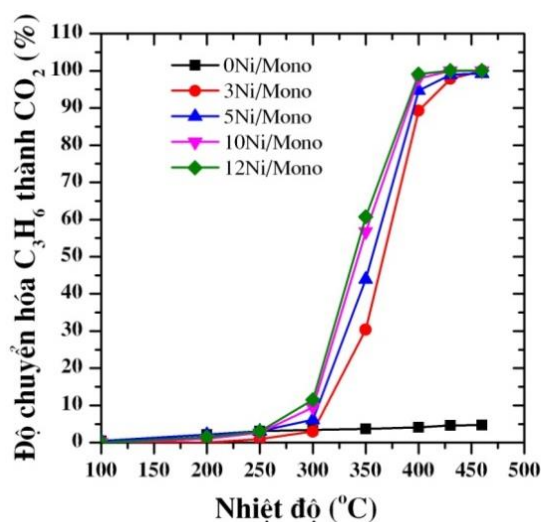
Các chất xúc tác được đặc trưng bằng cách hấp thụ N₂, xác định pha của vật liệu (XRD), độ giảm nhiệt độ (TPR-H₂) và tính chất Polymer hữu cơ dẫn điện (ICP) để xác định số lượng các vị trí hoạt động trong khối xúc tác và trạng thái của các pha hoạt động. Kết quả XRD và TPR-H₂ cho thấy pha hoạt động Ni chủ yếu là Ni và NiO phân bố trên bề mặt của các kênh cordierite (Hình 9).



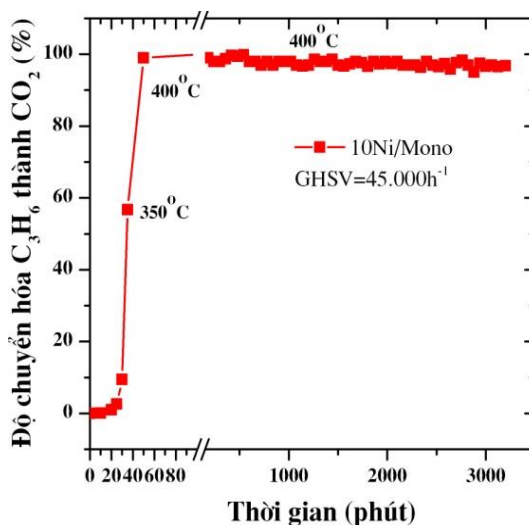
Hình 9. Mô hình cường độ hoạt động của các chất xúc tác với thành phần Niken thay đổi (0, 10 và 12% Niken trên khối tổ ong)

3.1.2 Hoạt tính của bộ xúc tác

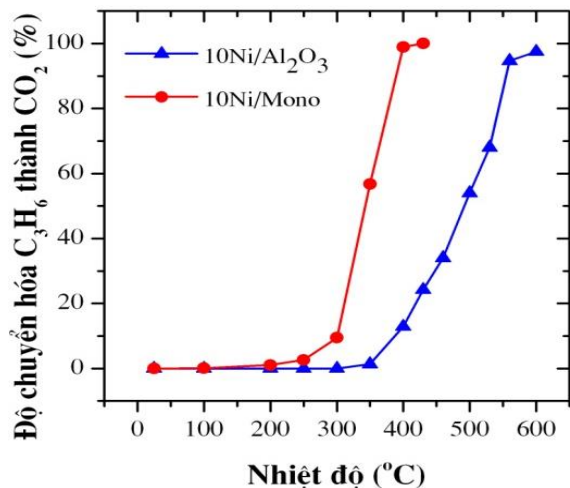
Hoạt tính xúc tác của các chất xúc tác Ni / monolith với trọng lượng Ni khác nhau (3, 5, 10 và 12 wt%) được đánh giá bằng kỹ thuật tắt sáng sử dụng chế phẩm thức ăn đã xác định (C₃H₆ / O₂ / N₂ = 0.3 / 10 / 89.7%) tại hằng số (tỉ lệ tốc độ dòng khí trong điều kiện tiêu chuẩn) GHSV = 45.000 h⁻¹ trong điều trị quy mô phòng thí nghiệm. Độ chuyển hóa propylen khí cho qua khối tổ ong chứa Niken (5 - 12 wt% Ni) đạt được gần 100% ở 400°C trong khoảng thời gian 50 giờ (hình 10 và 11). Ở cùng điều kiện phản ứng, chuyển hóa propylene trên khối Ni/Al₂O₃ (10 wt% Niken) thấp hơn đáng kể (Hình 12).



Hình 10. Hiệu suất chuyển hóa propylene với các trường hợp trọng lượng Niken thay đổi



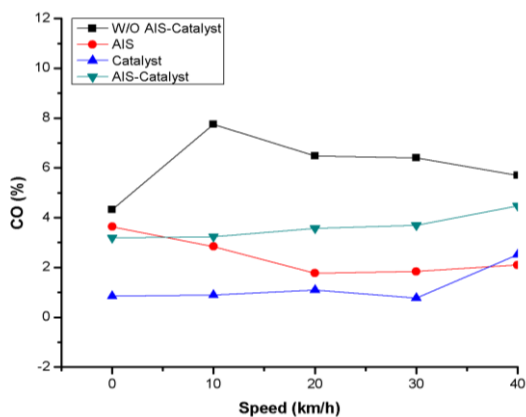
Hình 11. Hiệu suất chuyển hóa propylene theo thời gian



Hình 12. So sánh hiệu suất chuyển hóa của propylene khi sử dụng các xúc tác Ni khác nhau

3.2 Kết quả thử nghiệm bộ xúc tác chuyển đổi trên động cơ xe gắn máy

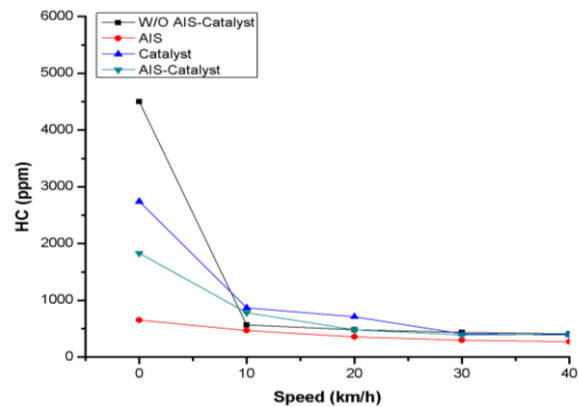
Kết quả thử nghiệm để đánh giá ảnh hưởng của bộ chuyển đổi xúc tác lên các thành phần phát thải trong động cơ đốt trong được trình bày trong phần này. Ngoài ra, động cơ bộ chế hòa khí có quá trình cháy giàu nhiên liệu và lamda trong khoảng từ 0,85 đến 0,95 [8]. Do đó, hệ thống cung cấp thêm không khí (AIS) cũng được thử nghiệm kết hợp với bộ chuyển đổi xúc tác nhằm mục đích cung cấp oxy bổ sung để thúc đẩy quá trình oxy hóa CO và HC.



Hình 13. Ảnh hưởng của bộ xúc tác xử lý khí thải và bộ cung cấp khí phụ đến thành phần CO

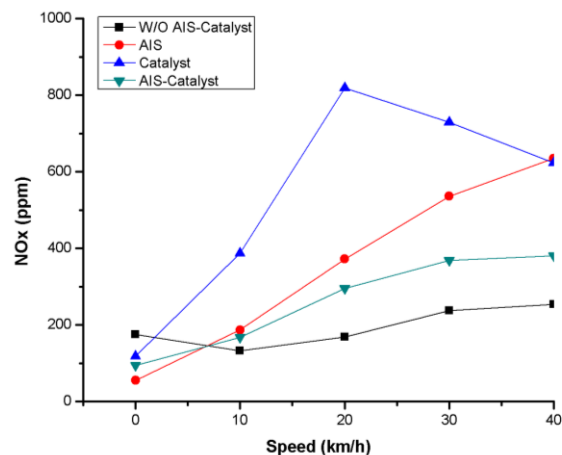
Hình 13 thể hiện kết quả thành phần khí thải CO trong trường hợp thử nghiệm có và không có bộ xúc tác chuyển đổi sử dụng thêm bộ cung cấp khí phụ. Thành phần CO

được nhận thấy giảm rõ rệt với trường hợp sử dụng bộ xúc tác chuyển đổi, độ giảm trung bình là 2% tại tất cả các tốc độ. Kết quả thể hiện rằng bộ xúc tác có ảnh hưởng đến sự oxy hóa CO. Bên cạnh đó, khi chỉ sử dụng bộ cung cấp khí phụ nồng độ CO cũng có xu hướng giảm và giảm nhiều hơn so với bộ xúc tác tại tốc độ 40 km/h khoảng 0.25% CO theo thể tích.



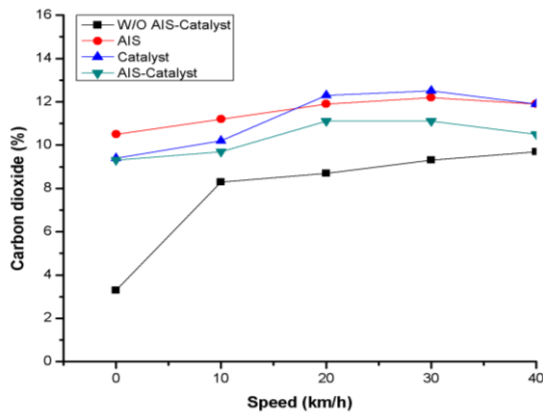
Hình 14. Ảnh hưởng của bộ xúc tác xử lý khí thải và bộ cung cấp khí phụ đến thành phần HC

Kết quả ảnh hưởng của thành phần HC được thể hiện trên hình 14, thành phần HC được nhận thấy được giảm rõ nhất trong trường hợp sử dụng bộ cung cấp khí phụ, so sánh với trường hợp động cơ nguyên thủy. Thêm vào đó, trong trường hợp sử dụng bộ xúc tác chuyển đổi, thành phần HC được ghi nhận giảm khi hoạt động ở chế độ cầm chừng, 30 km/h và 40 km/h, tương ứng với độ giảm lần lượt là 39%, 5.3% và 3.95%.



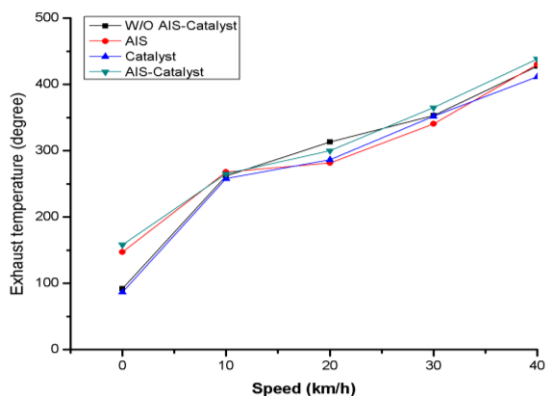
Hình 15. Ảnh hưởng của bộ xúc tác xử lý khí thải và bộ cung cấp khí phụ đến thành phần NOx

Kết quả về thành phần NO_x trong khí thải khi thử nghiệm ở các trường hợp khác nhau được trình bày trên hình 15. Thành phần NO_x cao nhất khi sử dụng bộ xúc tác so với các trường hợp còn lại. Tại tốc độ 20 km/h, trường hợp có và không có xúc tác chênh lệch nhau đến 650 ppm. Điều này tương ứng với việc khi sử dụng bọc cách nhiệt, nhiệt độ khí xả tăng cao, làm cho quá trình sinh ra NO_x cũng tăng theo.



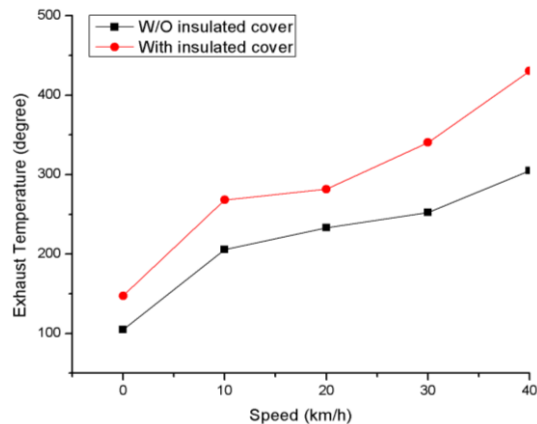
Hình 16. Ảnh hưởng của bộ xúc tác xử lý khí thải và bộ AIS đến thành phần CO₂

Hình 16 hiển thị kết quả thành phần CO₂ trong khí xả đối với 4 trường hợp thử nghiệm khác nhau. Hầu hết thành phần CO₂ đều tăng so với thử ở điều kiện nguyên bản của động cơ. Tại tốc độ 20 km/h, kết quả thể hiện sự khác biệt rõ rệt nhất lần lượt các trường hợp không sử dụng, sử dụng AIS, sử dụng catalyst, sử dụng AIS-catalyst lần lượt là 8.7%, 11.9%, 12.3% và 11.1%. Điều này phù hợp với việc thành phần CO bị oxy hóa thành CO₂, khiến cho thành phần CO₂ tăng lên.



Hình 17. Độ thay đổi nhiệt độ với trường hợp sử dụng bộ AIS và bộ xúc tác xử lý khí thải

Tốc độ khí xả phát thải ra môi trường từ động cơ rất nhanh. Chính vì vậy tại mỗi thời điểm tức thời của các chế độ thử nghiệm tại cùng điều kiện thì nhiệt độ không chênh lệch nhiều giữa các trường hợp. Tuy nhiên, bộ xúc tác cũng một phần hấp thụ nhiệt độ từ dòng khí xả. Vì vậy, nhiệt độ khí xả đối với trường hợp có sử dụng xúc tác hầu hết giảm so với các trường hợp còn lại.



Hình 18. Ảnh hưởng của bộ cách nhiệt đến nhiệt độ khí thải

Nhiệt độ khí xả từ họng thải đến vị trí của bộ xúc tác khi thử nghiệm với trường hợp có và không có bọc cách nhiệt (insulated cover) được trình bày trong hình 18. Nhiệt độ khí xả của động cơ xe máy rất thấp và khó có thể làm cho bộ xúc tác hoạt động hiệu quả. Chính vì vậy, trong quá trình thử nghiệm vật liệu cách nhiệt được sử dụng để làm tăng nhiệt độ lên cao hơn và phù hợp với điều kiện hoạt động bộ xúc tác từ 250°C trở lên.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả của bộ xúc tác là rất khả quan, bộ xúc tác cho thấy mức độ chuyển hóa khí thải trong quá trình đốt propylen cũng như phản ứng oxy hóa CO đối với các sản phẩm cháy (CO₂ và H₂O) từ 5 đến 12% trọng lượng Ni khi bộ xúc tác được kích hoạt ở 400°C.

Ảnh hưởng của bộ chuyển đổi xúc tác đến quá trình phát thải trên động cơ khá rõ ràng khi vận hành trong điều kiện thực tế. Nồng độ CO và HC có xu hướng giảm, trong khi NO_x tăng. Do đó, cần tiến hành nhiều thử nghiệm hơn trong điều kiện cung cấp thành

phần oxy cao với chế độ hoạt động của động cơ sử dụng bộ chế hòa khí.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa- ĐHQG-HCM trong khuôn khổ **Đề tài mã số T-PTN-2017-90**

Nghiên cứu cũng xin cảm ơn Phòng thí nghiệm xúc tác, Trung tâm nghiên cứu và phát triển chế biến Dầu khí (PVPro), Viện dầu khí Việt Nam đã hỗ trợ trong một số thí nghiệm của nghiên cứu này.

REFERENCES

- [1] Mohd Taufiq Muslim, “A review on retrofit fuel injection technology for small carburetted motorcycle engines toward lower fuel consumption and cleaner exhaust emission”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35 (2014) 279-284, Elsevier, 2014.
- [2] Yusof NBM, “Estimation of dispersion of CO, NO₂, and CO₂ port Klang-kli road: preliminary findings”, in: *Proceeding of the Malaysian Universities Transportation research forum and conferences (MUTRF 2010)*, Universiti Tenaga Nasional; 2010. p.150-4
- [3] Nguyen Ho Xuan Duy, Huynh Thanh Cong, “A review of emission reduction for motorcycles using aftertreatment systems”, *The 11th Seatuc symposium*, Ho Chi Minh City University of technology, 2017.
- [4] Teoh YH, Gitano- Briggs H, Tan TH, “Development of the fuel direct injection system for small two-stroke transport”, In: *Proceedings of the SAE paper 2009-32-0032*; 2009
- [5] Claudio Poggianni, (2015) “Optimization of a fast light-off exhaust system for motorcycle applications”, *ATI 2015-70th Conference of the ATI Engineering Association*, *Energy Procedia* 82 (2015) 75-80.
- [6] Li-Wei Jia, “The investigation of emission characteristics and carbon deposition over motorcycle monolith catalytic converter using different fuels”, *Atmospheric Environment* 40 (2006), Elsevier, 2006.
- [7] <https://hondaxemay.com.vn/san-pham/wave-110cc/>
- [8] John B. Heywood, “Internal combustion engine fundamentals”, ISBN: 0-07-028637-X, 1988.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Nguyễn Hồ Xuân Duy
Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM
Email: nhxduy@hcmut.edu.vn