



Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Phương tiện xanh và công nghệ xử lý khí thải trên ô tô hiện đại

Lê Anh Tuấn^{1*}, Phạm Hữu Tuyên¹

¹Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Lê Anh Tuấn (Email: tu.leanh@hust.edu.vn)

Ngày nhận bài: 15/10/2023

Ngày phân biện: 10/11/2023

Ngày duyệt đăng: 30/11/2023

Title: Green vehicles associated with modern exhaust after-treatment technologies

Keywords: after-treatment, emissions, green vehicles, technology

Từ khóa: công nghệ, phương tiện xanh, xử lý khí thải

ABSTRACT

Internal combustion engine-powered automobiles are significant sources of carbon dioxide (CO₂) and toxic components such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), aldehydes, and particulate matter (PM). Many countries around the world have adopted increasingly stringent standards to limit these harmful emissions. In order to meet these standards and work towards environmental protection, modern vehicles have implemented various technologies to significantly reduce engine emissions. These technologies can be categorized into three main groups: engine structure, fuel usage, and exhaust gas aftertreatment. This article focused on the exhaust gas aftertreatment technologies used in modern automobiles, as well as research on exhaust gas aftertreatment systems in Vietnam.

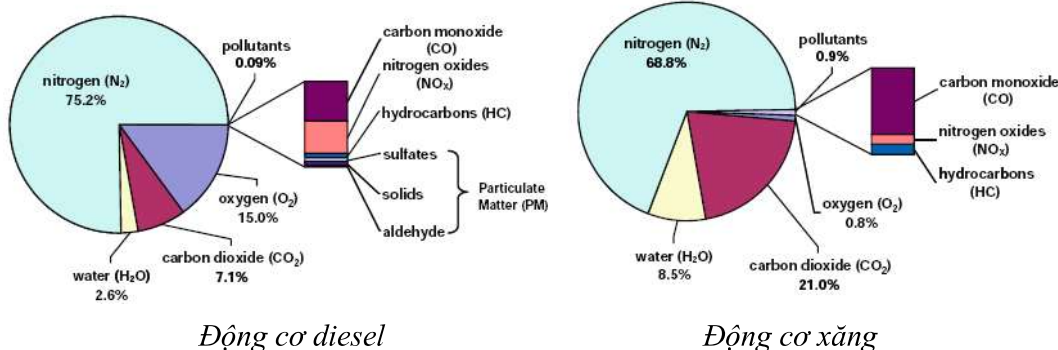
TÓM TẮT

Phương tiện ô tô sử dụng động cơ đốt trong là nguồn phát thải đáng kể khí cacbonic (CO₂) và các thành phần độc hại như cacbon ôxít (CO), hydro cacbon (HC), các ôxít nito (NO_x), alđêhít, chất thải dạng hạt (PM),... Hiện nay nhiều nước trên thế giới đã đưa ra các tiêu chuẩn ngặt nghèo nhằm kiểm soát hàm lượng các chất độc hại trên. Để đáp ứng các tiêu chuẩn này và hướng tới mục tiêu bảo vệ môi trường, các phương tiện hiện đại đã được ứng dụng nhiều công nghệ giúp giảm thiểu đáng kể phát thải từ động cơ. Các công nghệ này có thể được chia thành ba nhóm chính gồm nhóm công nghệ liên quan đến kết cấu động cơ, nhiên liệu sử dụng và xử lý khí thải. Bài báo này tập trung trình bày về công nghệ xử lý khí thải trên ô tô hiện đại cũng như một số kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thống xử lý khí thải tại Việt Nam.

1. GIỚI THIỆU

Phương tiện ô tô sử dụng động cơ đốt trong đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực giao thông vận tải. Tuy nhiên bên cạnh đó, sự phát triển của nền công nghiệp ô tô cũng mang tới những tác động tiêu cực tới môi trường, xã hội và con người, trong đó bao gồm những vấn đề như sử dụng lượng lớn nguồn nhiên liệu gốc khoáng đang có xu hướng cạn kiệt và khí thải từ

ô tô có chứa nhiều thành phần độc hại. Về các thành phần trong khí thải, có thể thấy thành phần chủ yếu trong khí thải gồm khí N_2 , CO_2 , nước và một phần ô xy, khí trơ và một phần nhỏ các chất độc hại như CO, HC, NO_x , chất thải dạng hạt (Particulate Matter – PM). Đối với động cơ xăng tỷ lệ các chất độc hại chiếm khoảng 0.9% và trong động cơ diesel chiếm khoảng 0.09 % về khối lượng (Hình 1) [1].



Hình 1. Tỷ lệ các thành phần trong khí thải chưa xử lý [1]

Các chất độc hại trong khí thải được hình thành bởi nhiều cơ chế khác nhau trong đó chủ yếu là do quá trình trình bay hơi nhiên liệu và hòa trộn hỗn hợp không lý tưởng dẫn tới quá trình cháy không triệt để và do quá trình cháy gây ra những vùng có nhiệt độ cao [2],... Thành phần HC được hình thành từ nhiên liệu không được cháy do bị nén vào các khe kẽ trong buồng cháy, chưa kịp bay hơi hoặc bị hấp thụ bởi màng dầu trên thành xy lanh hoặc những vùng nhiệt độ thấp dưới nhiệt độ cháy của nhiên liệu và một phần từ dầu bôi trơn. Thành phần CO cũng được hình thành trong quá trình nhiên liệu cháy không hoàn toàn do thiếu ô xy. Trong buồng cháy càng nhiều khu vực thiếu ô xy thì hàm lượng CO trong khí thải càng cao. Quá trình hòa trộn hỗn hợp không đồng đều, tồn tại nhiều vùng hỗn hợp đậm như quá trình hình thành hỗn hợp trong động cơ diesel còn gây ra hiện tượng nhiệt phân một lượng nhiên liệu và tạo thành muội than. Các hạt muội than này cùng một số các dạng hạt khác (muối sunphat, thành phần nặng hoặc chất

phụ gia trong dầu bôi trơn,...) trong khí thải được thu gom trên giấy lọc ở nhiệt độ dưới $51,7^{\circ}C$ ở điều kiện pha loãng phù hợp được gọi chất thải dạng hạt [3]. Tuy nhiên, ở những vùng hòa khí lý tưởng, môi chất cháy triệt để tạo ra nhiệt lượng lớn và nhiệt độ cao, đây là điều kiện thuận lợi để hình thành NO_x theo chuỗi Zeldovich [2].

Cùng với khí CO_2 , sản phẩm chính của quá trình cháy nhiên liệu gốc khoáng, các chất độc hại trên mặc dù chiếm tỷ lệ nhỏ trong tổng lượng khí thải, tuy nhiên có tác động đáng kể tới sức khỏe con người [1],[3],[4]. Khí CO_2 là một trong các khí gây hiệu ứng nhà kính, có vai trò chính trong việc làm tăng nhiệt độ môi trường. Để giảm CO_2 , các phương tiện ô tô hiện đại đang hướng tới sử dụng các loại nhiên liệu sạch, nâng cao chất lượng quá trình cháy và hiệu suất chuyển đổi năng lượng của động cơ, nâng cao hiệu suất hệ thống truyền động, tối ưu hình dạng khí động học và kỹ năng lái xe tiết kiệm nhiên liệu. Phát thải CO khi đi vào hệ thống hô hấp có

thể kết hợp với sắt trong sắc tố của máu tạo thành một hợp chất ngăn cản quá trình hấp thụ ô xy của hemoglobin trong máu, làm giảm khả năng cung cấp oxy cho các tế bào trong cơ thể. Chỉ với một hàm lượng nhỏ CO cũng có thể gây nguy hiểm cho sức khỏe con người. Thành phần HC có nhiều loại với mức độ độc hại khác nhau, ví dụ như parafin và naphtalin có thể coi là vô hại nhưng các loại hydro cacbon thơm thường rất độc, có thể gây ung thư. Bên cạnh đó HC trong khí quyển là một thành phần cơ bản tạo thành sương mù gây tác hại cho mắt và niêm mạc đường hô hấp. Phát thải dạng hạt PM thường được phân loại theo đường kính khí động, bao gồm PM10 (các hạt có đường kính khí động $\leq 10\mu\text{m}$), PM2.5 (đường kính khí động $\leq 2.5\mu\text{m}$), PM0.1 (đường kính khí động $\leq 0.1\mu\text{m}$) và các hạt nano (đường kính khí động $\leq 50\text{nm}$). Các hạt PM thường chứa nhân cacbon và các hợp chất HC, muối sunphat bám xung quanh khi đi vào đường hô hấp gây viêm nhiễm và ung thư. Các hạt có kích thước càng nhỏ thì càng có khả năng đi sâu vào trong phổi, thậm chí với các hạt có kích thước nano có thể xâm nhập vào máu và luân chuyển đến các vị trí khác nhau trong cơ thể. Thành phần NO_x (gồm chủ yếu NO và NO_2) trong khí thải gây kích ứng đường hô hấp, niêm mạc mắt và góp phần gây mưa axit. Đồng thời, NO_x cũng là một thành phần cơ bản gây ra sương mù và hình thành lớp ôzôn trên mặt đất.

Với các tác động tiêu cực trên, nhiều nước trên thế giới đã đưa ra các tiêu chuẩn nhằm hạn chế lượng phát thải từ phương tiện [5]. Ở Châu Âu, tiêu chuẩn khí thải Euro 1 được áp dụng từ năm 1992, sau đó trung bình từ 4-5 năm tiêu chuẩn được nâng lên một mức và từ năm 2014 đến nay đã áp dụng tiêu chuẩn Euro 6. Tiêu chuẩn Euro 7 hiện đang được Châu Âu xây dựng [6]. Ở Mỹ, tiêu chuẩn liên bang Tier 1 được thông qua năm 1994 và lần lượt Tier 2 năm

1999, Tier 3 năm 2014. Bên cạnh đó còn có tiêu chuẩn của bang California bao gồm các 3 bộ LEV I, LEV II và LEV III quy định ngặt nghèo hơn so với tiêu chuẩn liên bang. Ở khu vực Đông Nam Á, Thái Lan đã áp dụng tiêu chuẩn Euro 1 năm 1997 và đến năm 2012 áp dụng Euro 4; Singapore áp dụng Euro 6 năm 2018 [5]. Ở Việt Nam, theo quyết định số 49/2011/QĐ-TTg về việc quy định lộ trình áp dụng tiêu chuẩn khí thải đối với xe ô tô, xe mô tô hai bánh sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu mới, tiêu chuẩn khí thải mức 4 được áp dụng từ ngày 01 tháng 01 năm 2017 và tiêu chuẩn khí thải mức 5 từ ngày 01 tháng 01 năm 2022 [7].

Để đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải ngày càng cao, đến nay đã có nhiều giải pháp áp dụng trên phương tiện ô tô để giảm thiểu các chất độc hại bao gồm hướng sử dụng nhiên liệu thay thế [8], hướng liên quan đến công nghệ và kết cấu động cơ và hướng xử lý xúc tác khí thải. Phần tiếp theo tập trung trình bày các công nghệ giảm phát thải bằng xử lý khí thải.

2. PHƯƠNG PHÁP

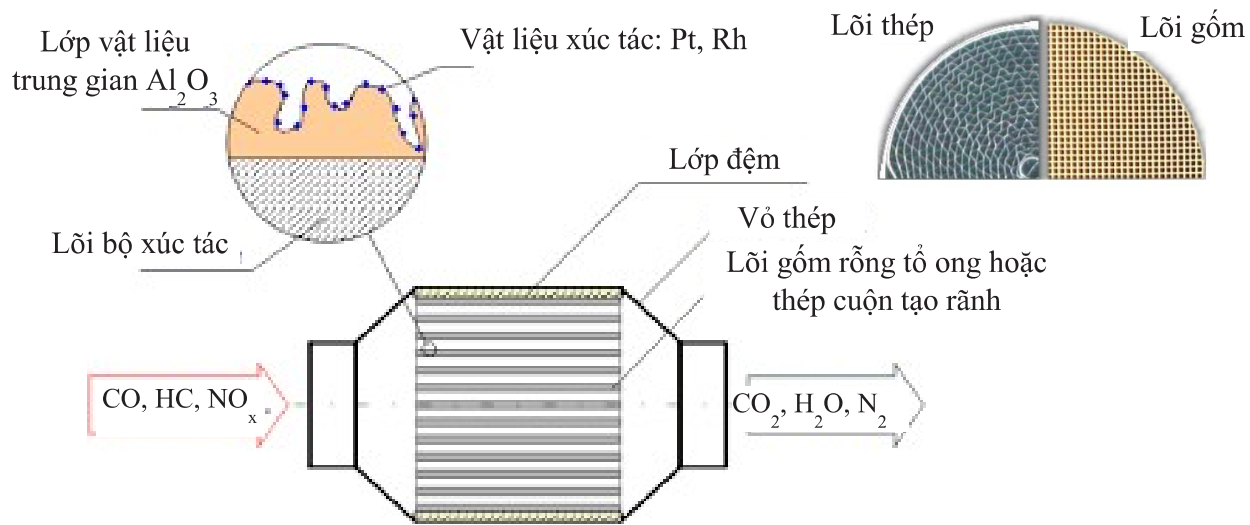
Nghiên cứu này thực hiện theo phương pháp định tính qua việc tổng hợp các tài liệu các liên quan.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Công nghệ giảm phát thải bằng xử lý khí thải

3.1.1 Công nghệ xử lý khí thải đối với động cơ xăng

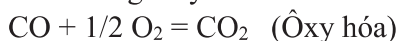
Ba thành phần độc hại trong khí thải động cơ xăng được kiểm soát trong tiêu chuẩn gồm CO, HC và NO_x . Với đặc điểm nồng độ ô xy trong khí thải thường xấp xỉ bằng 1 trong động cơ phun xăng điện tử, có thể sử dụng bộ xử lý xúc tác để giảm đồng thời cả ba thành phần trên, còn gọi là bộ xử lý xúc tác ba đường, với hiệu suất cao tới trên 90%. Kết cấu bộ xử lý xúc tác ba đường gồm vỏ, lớp đệm và lõi xúc tác (Hình 2)



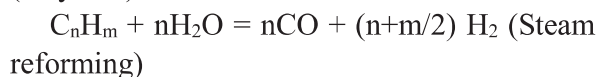
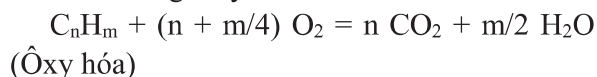
Hình 2. Kết cấu bộ xử lý xúc tác ba đường

Vỏ của bộ xử lý thường bằng thép, giữa vỏ và lõi có một lớp đệm bằng sợi vô cơ hoặc phoi thép để bù trừ giãn nở vì nhiệt. Lõi bộ xúc tác thường bằng gốm rỗng hoặc thép lá rất mỏng cuộn lại để tạo ra các rãnh cho khí thải lưu thông. Bề mặt các rãnh trong lõi được phủ lớp vật liệu trung gian bằng $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ có tác dụng làm tăng độ lồi lõm của bề mặt, qua đó tăng diện tích tiếp xúc với dòng khí thải giúp thúc đẩy quá trình phản ứng. Bên trên lớp trung gian là lớp vật liệu xúc tác bằng kim loại quý là Pt và Rh. Pt có tác dụng xúc tác tăng cường quá trình oxy hoá còn Rh tăng cường quá trình khử. Các phản ứng diễn ra trong bộ xử lý xúc tác như sau:

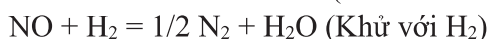
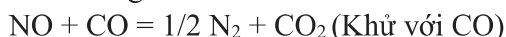
- Phản ứng ô xy hóa CO:



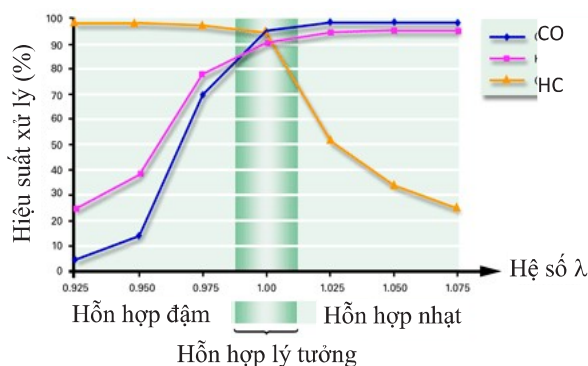
- Phản ứng ô xy hóa HC:



- Phản ứng khử NO



Để các phản ứng trên cùng đạt hiệu suất cao, lượng ô xy nạp vào trong xylanh cần vừa đủ để đốt cháy với lượng nhiên liệu cung cấp, khi đó hệ số dư lượng không khí đạt giá trị xấp xỉ 1 (Hình 3). Do vậy, trên đường thải của động cơ được lắp cảm biến λ để lấy tín hiệu điều khiển lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ (Hình 4).

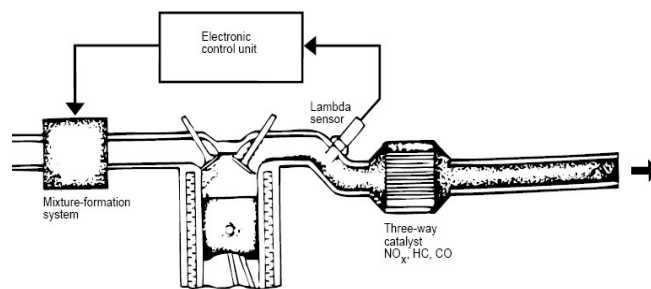


Hình 3. Hiệu suất của bộ xử lý xúc tác ba đường

Từ tiêu chuẩn Euro 5, ngoài ba thành phần khí nêu trên còn quy định giới hạn về phát thải hạt PM đối với động cơ phun xăng trực tiếp. Do đó bộ lọc hạt PM trong khí thải động cơ xăng (Gasoline Particulate Filter -GPF) đã bắt đầu được ứng dụng. Kết cấu và nguyên lý hoạt động của bộ GPF cơ bản tương tự như bộ lọc PM cho động cơ diesel sẽ được trình bày chi tiết ở phần dưới đây.

3.1.2 Công nghệ xử lý khí thải động cơ diesel

Đối với động cơ diesel có 4 thành phần độc hại được kiểm soát trong các tiêu chuẩn khí thải gồm CO, HC, NO_x và phát thải dạng hạt PM. Khác với khí thải động cơ xăng, hệ số dư lượng

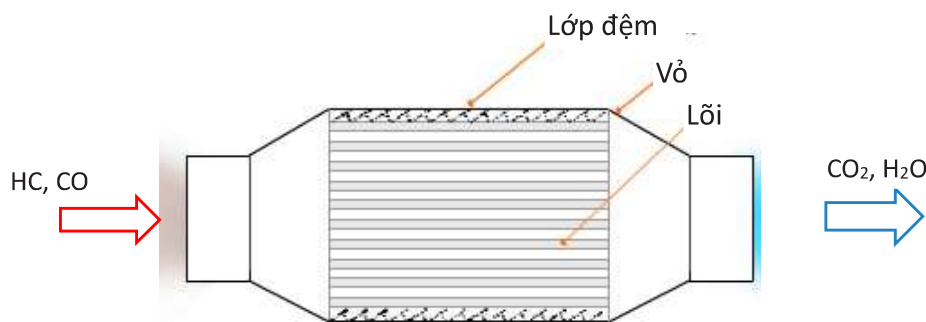


Hình 4. Nguyên lý điều khiển lượng nhiên liệu cung cấp

không khí trong khí thải động cơ diesel luôn lớn hơn 1 (luôn có ô xy trong khí thải) nên thuận lợi cho quá trình ô xy hóa nhưng không phù hợp cho quá trình khử các chất độc hại. Đồng thời do có PM trong khí thải nên quá trình xử lý các thành phần được thực hiện độc lập bởi các bộ xử lý riêng biệt.

Xử lý thành phần HC và CO:

Để xử lý thành phần HC và CO trong khí thải động cơ diesel thường sử dụng bộ xử lý xúc tác DOC (Diesel Oxidation Catalyst). Kết cấu bộ DOC tương tự như bộ xử lý xúc tác ba đường của động cơ xăng với các phần vỏ, lớp đệm và lõi xúc tác (Hình 5).



Hình 5. Kết cấu bộ xử lý xúc tác DOC

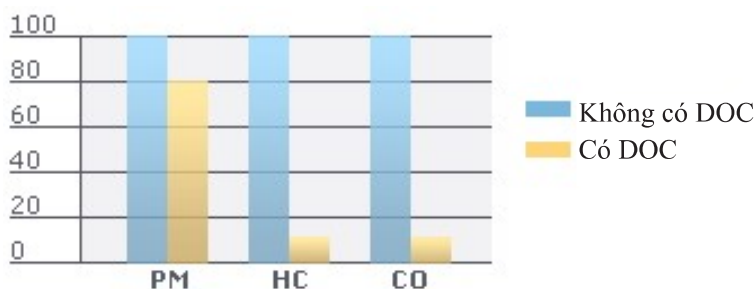
Khí thải từ động cơ diesel được dẫn qua bộ xúc tác DOC. Dưới tác dụng của các chất xúc tác Pt và Pd giúp cho các phản ứng ô xy hóa diễn ra dễ dàng ngay cả ở nhiệt độ tương đối thấp (khoảng 250⁰C). Các phản ứng ô xy hóa gồm:



Các hydro cacbon trong khí thải động cơ có thể ở dạng hơi hoặc ngưng tụ ở dạng lỏng. Trong cả hai trạng thái, các hydro cacbon đều

được oxy hóa và chuyển thành CO₂ và nước. Trường hợp không có bộ DOC, thành phần hydro cacbon lỏng sẽ thải ra ngoài dưới dạng

PM. Do đó, sử dụng bộ DOC không những làm giảm đáng kể lượng CO, HC mà còn làm giảm một phần phát thải dạng hạt PM (Hình 6).



Hình 6. Hiệu quả giảm phát thải độc hại trên động cơ diesel của bộ xúc tác DOC

Xử lý thành phần NO_x:

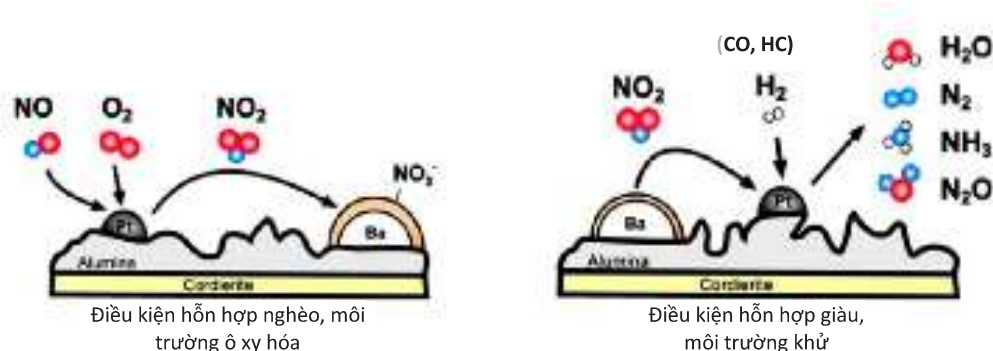
Đối với khí thải động cơ có hệ số dư lượng không khí lớn hơn 1 như khí thải động cơ diesel (hoặc động cơ xăng phun trực tiếp) không thể sử dụng bộ xử lý xúc tác ba đường thông thường để khử NO_x mà phải sử dụng bộ xử lý hấp thụ NO_x trong hỗn hợp nghèo (NO_x Adsorber, Lean NO_x Trap) hoặc bộ xử lý xúc tác khử NO_x (SCR).

(1) Bộ xử lý xúc tác hấp phụ NO_x (NO_x Adsorber, Lean NO_x Trap):

Bộ xử lý hấp phụ NO_x hoạt động theo chu kỳ với hai giai đoạn gồm giai đoạn oxy hóa (khi hỗn hợp nghèo, hệ số dư lượng không khí lớn) và khử (khi hỗn hợp giàu, hệ số dư lượng không khí lớn). Kết cấu phần lõi và lớp vật liệu trung gian của bộ hấp phụ NO_x tương tự như bộ xử lý xúc tác ba đường, tuy nhiên trên lớp vật liệu trung gian cần có vật liệu để hấp phụ NO_x trong quá

trình oxy hóa (các kim loại kiềm thổ, thường dùng Ba) và các chất xúc tác bằng kim loại quý (Pt, Rh) thúc đẩy quá trình oxy hóa và quá trình khử NO_x. Nguyên lý hoạt động của bộ này được chia thành 5 bước như sau (Hình 7) [9]:

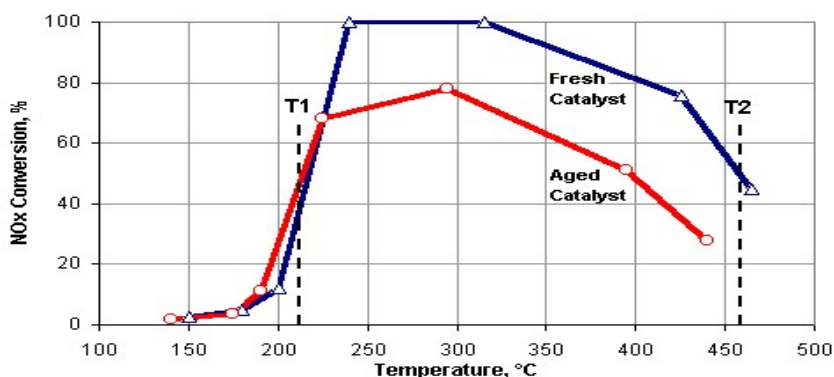
- Quá trình oxy hóa NO thành NO₂ (trong điều kiện hỗn hợp nghèo, môi trường oxy hóa).
- Quá trình hấp phụ NO_x dưới dạng nitrit hoặc nitrat trên bề mặt chất hấp phụ (trong điều kiện hỗn hợp nghèo, môi trường oxy hóa).
- Phun chất khử vào dòng khí thải, chất khử thường sử dụng có thể là H₂, CO hoặc HC (nhiên liệu).
- Giải phóng NO_x trên bề mặt chất hấp phụ với sự tham gia của các chất xúc tác vào dòng khí (trong điều kiện hỗn hợp giàu, môi trường khử).
- Khử NO_x thành N₂ (trong điều kiện hỗn hợp giàu, môi trường khử).



Hình 7. Quá trình oxy hóa và khử trong bộ xử lý hấp phụ NO_x

Vùng nhiệt độ làm việc của bộ xử lý xúc tác hấp phụ NO_x trong khoảng từ 200°C đến 500°C,

hiệu suất cao nhất thường ở 350-380°C ở cao, có thể tới 80-90% hoặc cao hơn (Hình 8) [10].



Hình 8. Nhiệt độ làm việc và hiệu suất của bộ xử lý hấp phụ NO_x

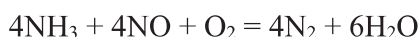
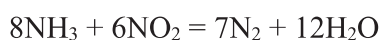
(2) Bộ xử lý xúc tác khử NO_x (Selective Catalytic Reduction-SCR):

Bộ xử lý xúc tác khử NO_x (SCR) sử dụng dung dịch urê 32,5% (còn gọi là AdBlue) làm dung dịch khử. Kết cấu phân lõi của bộ SCR tương tự như các bộ xử lý khí thải khác, tuy nhiên trên bề mặt lõi phủ chất mang TiO₂ và chất xúc tác V₂O₅/WO₃ [11] hoặc zeolit [12]. Các phản ứng diễn ra trong bộ SCR như sau (Hình 9) [13]:

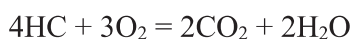
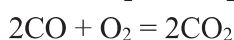
- Dung dịch urê được phun vào đường thải, diễn ra quá trình thủy phân dưới điều kiện nhiệt độ khí thải:



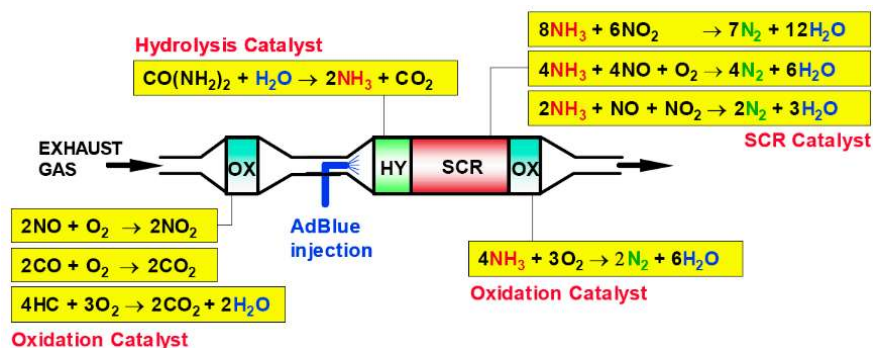
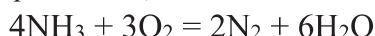
- NH₃ được tạo ra được hấp phụ trên bề mặt lõi xúc tác và ở đây xảy ra phản ứng khử NO_x:



Trong đó phản ứng cuối cùng diễn ra nhiều nhất do không yêu cầu nhiệt độ cao (<300°C), do vậy để tăng tỷ lệ NO₂ trong NO_x, có thể sử dụng bộ xúc tác ô xy hóa phía trước bộ SCR. Tại đây diễn ra các phản ứng ô xy hóa:



- Sau khi khử NO_x trong bộ SCR, nếu lượng NH₃ còn dư được xử lý bằng bộ xúc tác ô xy hóa phía sau bộ SCR:



Hình 9. Các phản ứng trong bộ SCR

Hiệu suất khử NO_x trong bộ SCR phụ thuộc vào loại chất xúc tác và nhiệt độ. Đối với phần lớn chất xúc tác ô xít kim loại, nhiệt độ cho hiệu

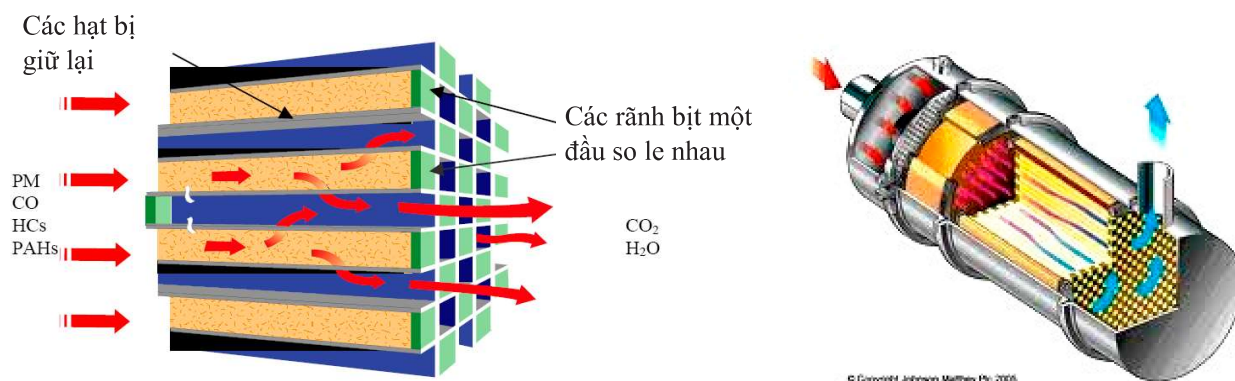
suất khử tối ưu (tới trên 90%) trong khoảng từ 250°C đến 427°C [14].

Xử lý thành phần phát thải dạng hạt PM:

(1) Bộ lọc PM dạng kín (Diesel Particulate Filter-DPF):

Lõi bộ lọc DPF thường bằng gốm xốp đúc tạo thành các rãnh song song nhau theo phương dọc trục, các rãnh được bịt một đầu so le nhau (Hình 10). Với kết cấu như vậy, toàn bộ khí thải

đi vào các rãnh của bộ DPF phải đi qua các vách xốp, các thành phần khí sẽ đi qua các lỗ xốp còn các thành phần dạng hạt bị giữ lại trên bề mặt vách hoặc trên các lỗ xốp do các hiện tượng khuếch tán, lắng đọng, hút dính,... Hiệu quả lọc PM của bộ DPF khá cao thường lớn hơn 90%.

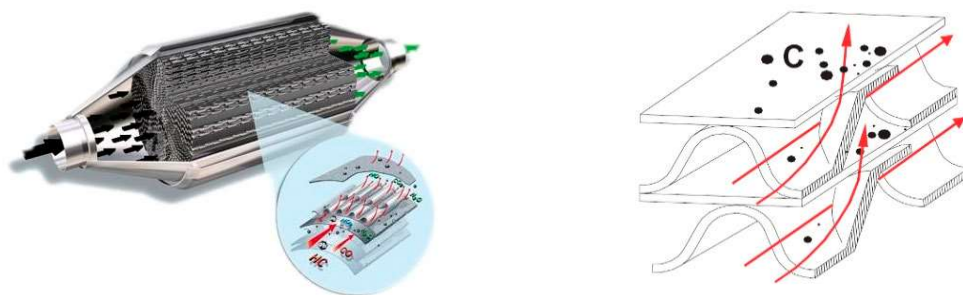


Hình 10. Nguyên lý và kết cấu bộ lọc kín chất thải dạng hạt DPF

Sau một thời gian làm việc, các hạt PM lắng đọng nhiều làm tắc các lỗ xốp và làm áp suất trên đường ống thải tăng cao ảnh hưởng đến hoạt động và có thể gây hư hỏng động cơ. Khi đó cần thực hiện quá trình làm sạch lọc hay còn gọi là quá trình tái sinh lọc. Trong quá trình tái sinh lọc, hạt PM lắng đọng trong bộ lọc có thể được đốt cháy bằng nhiều cách khác nhau như nâng cao nhiệt độ khí thải (phun nhiên liệu muộn đi hoặc phun và đốt nhiên liệu trên đường thải) hoặc sử dụng điện.

(2) Bộ lọc PM dạng hở (Flow Through Filter-FTF hoặc Partial Flow Filter-PFF):

Lõi lọc gồm các kênh thông suốt chạy song song được tạo bởi các vách lọc và các tấm kim loại xếp xen kẽ nhau. Trên các tấm kim loại người ta tạo ra rất nhiều mấu lồi lên có tác dụng như những chiếc bẫy, dòng khí thải có một phần đi vào các mấu sẽ bị hướng tới vách lọc và các hạt thải rắn sẽ được giữ lại, phần không va chạm với các bẫy sẽ theo khe hở đi qua bộ lọc (Hình 11). Với nguyên lý như vậy, thời gian cần phải tái sinh lọc dài hơn và ngay cả khi hạt PM lắng đọng khá nhiều trong bộ lọc thì áp suất trên đường thải cũng không bị tăng nhiều và ít ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ. Hiệu quả lọc của loại lọc này thấp, thường chỉ khoảng 50%.



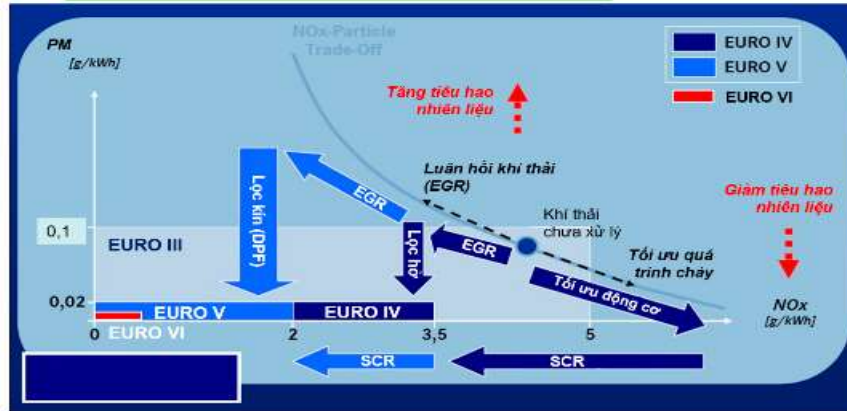
Hình 11. Kết cấu và nguyên lý bộ lọc PM dạng hở

3.2 Tình hình nghiên cứu ứng dụng công nghệ xử lý khí thải trên ô tô

3.2.1 Tình hình nghiên cứu ứng dụng công nghệ xử lý khí thải trên thế giới

Các tiêu chuẩn khí thải trên thế giới ngày càng chặt chẽ, do vậy đến nay hầu hết tất cả các

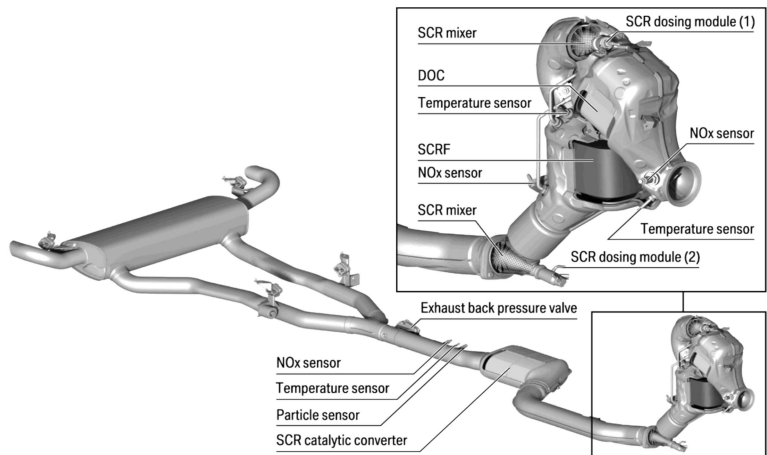
phương tiện sử dụng động cơ đốt trong ở các nước trên thế giới, đặc biệt ở các nước phát triển (các nước khu vực Châu Âu, Mỹ, Nhật Bản,...) đều phải ứng dụng các công nghệ xử lý khí thải (Hình 12).



Hình 12. Kết hợp các giải pháp giảm phát thải

Đối với động cơ xăng từ mức tiêu chuẩn khí thải Euro 4 trở xuống thường sử dụng bộ xử lý xúc tác ba đường, từ mức tiêu chuẩn Euro 5 trở lên đối với động cơ phun xăng trực tiếp có thể phải thêm bộ lọc hạt PM. Đối với động cơ diesel, quá trình xử lý khí thải phức tạp hơn nhiều, phải kết hợp nhiều bộ xử lý cùng với các giải pháp khác liên quan kết cấu động cơ (luân hồi khí thải, tối ưu quá trình cháy) mới có thể đạt được các mức tiêu chuẩn cao.

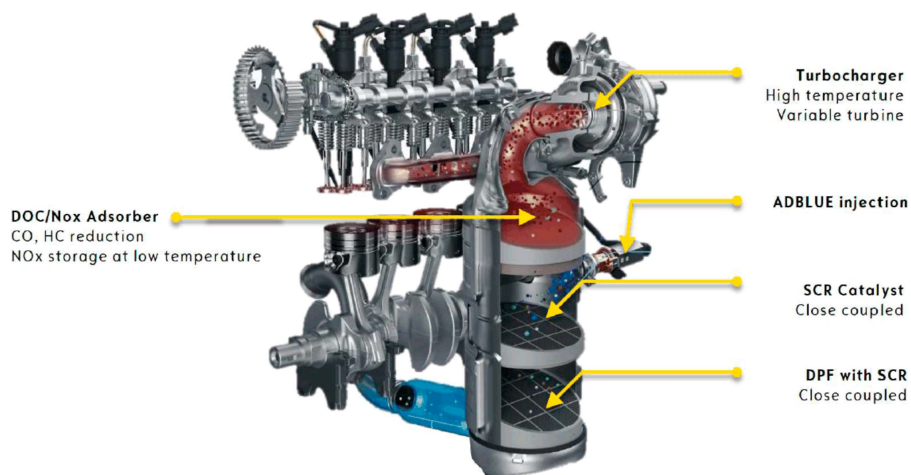
Một ví dụ trên động cơ diesel của hãng BMW đạt Euro 6 (Hình 13) [15] cho thấy hệ thống xử lý khí thải bao gồm một bộ xử lý xúc tác ô xy hóa DOC, một bộ xử lý xúc tác khử NO_x độc lập (SCR), một bộ xử lý xúc tác khử NO_x tích hợp cùng với bộ lọc hạt DPF (SCRF) kết hợp cùng với giải pháp luân hồi khí thải EGR có làm mát.



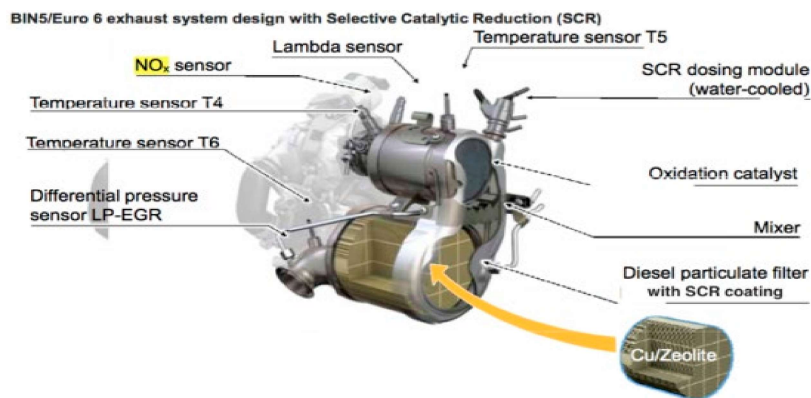
Hình 13. Hệ thống xử lý khí thải động cơ diesel 6 xylanh Euro 6 của hãng BMW [16]

Tương tự, hệ thống xử lý khí thải trên động cơ diesel Euro 6 của hãng Opel, VW cũng bao gồm các bộ xử lý DOC, hấp phụ NOx, SCR và SCRF (Hình 14,15). Kết hợp với hệ thống xử lý khí thải, các động cơ này cũng được tối ưu kết

cấu buồng cháy, tăng áp với tuabin biến thiên, luân hồi khí thải giúp giảm tối đa phát thải trong khi ít ảnh hưởng, thậm chí có thể cải thiện tính năng kinh tế, kỹ thuật khác của động cơ.



Hình 14. Hệ thống xử lý khí thải động cơ diesel 4 xylanh Euro 6 của hãng Opel [15]

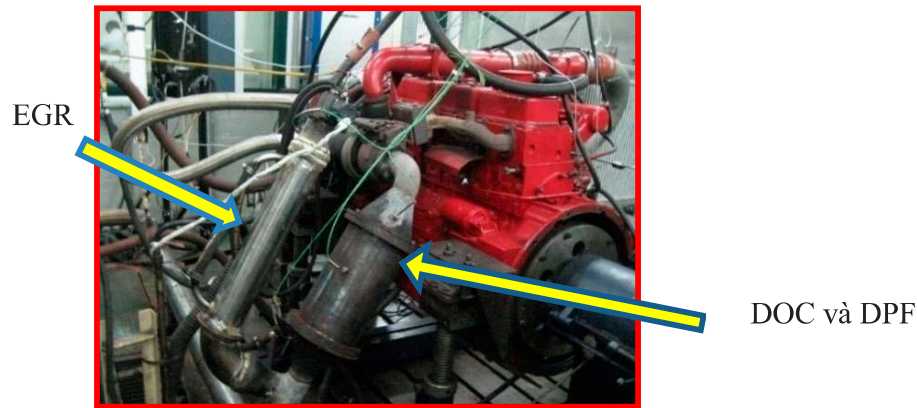


Hình 15. Hệ thống xử lý khí thải động cơ diesel 4 xylanh Euro 6 của hãng VW [16]

3.2.2 Một số nghiên cứu và ứng dụng công nghệ xử lý khí thải ở Việt Nam

Ở Việt Nam đến nay đã có một số nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm các bộ xử lý xúc tác trên động cơ diesel và động cơ xăng. Nghiên cứu về giảm phát thải cho xe buýt đang lưu hành đã thực hiện thiết kế chế tạo hệ thống xử lý khí thải gồm DOC và DPF kết hợp với giải pháp luân hồi khí thải (Hình 15) [17]. Hệ thống này

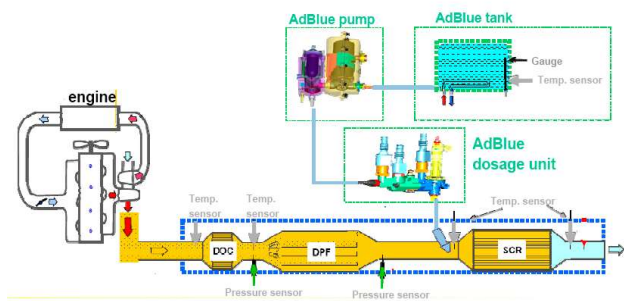
được lắp đặt và thử nghiệm với động cơ diesel D1146TI thường sử dụng trên xu buýt. Kết quả thử nghiệm trên băng thử cho thấy hiệu quả giảm phát thải khá tốt, các thành phần HC, CO, NOx và PM lần lượt giảm 46%, 34%, 68% và 57%. Chất lượng khí thải được nâng từ mức dưới Euro 1 lên mức Euro 3.



Hình 16. Hệ thống xử lý khí thải DOC và DPF kết hợp EGR trên động cơ xe buýt

Nghiên cứu chế tạo và phủ chất mang Al_2O_3 có bề mặt riêng cao, chất xúc tác cho các quá trình ô xy hóa – khử lên bề mặt lõi gốm cũng đã

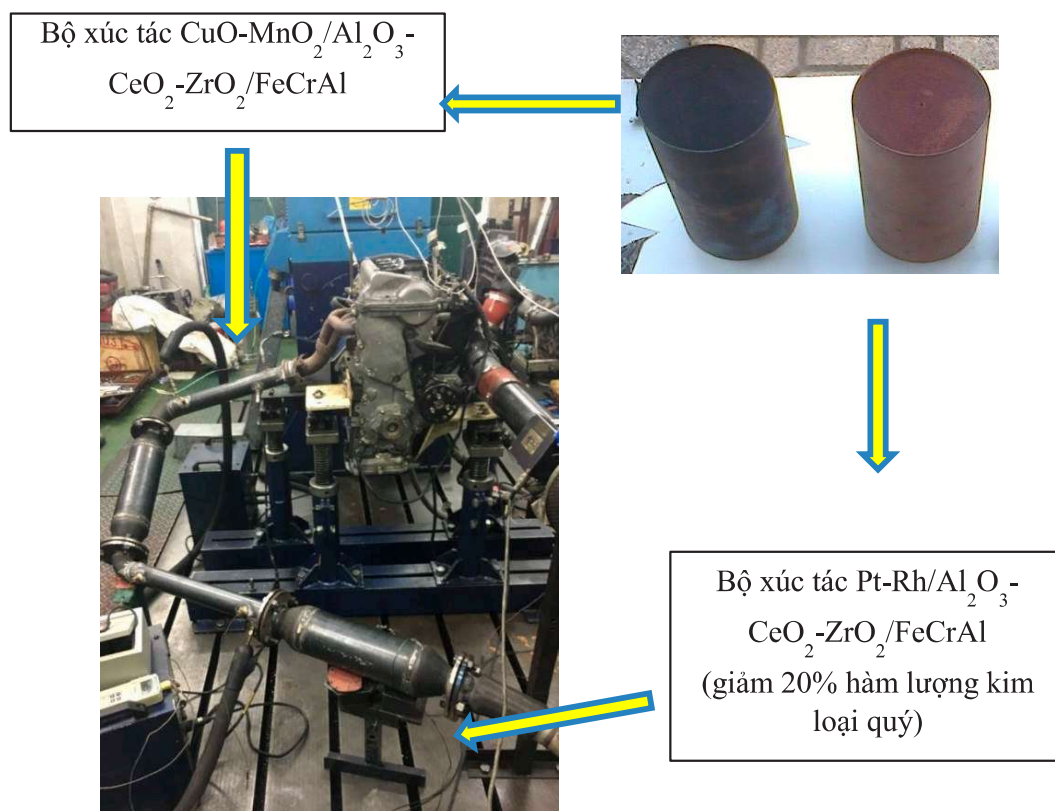
được thực hiện cho các bộ xử lý DOC, DPF và SCR (Hình 17) [18].



Hình 17. Nghiên cứu thử nghiệm hệ thống xử lý khí thải DOC-DPF_SCR

Kết quả thử nghiệm cho các ứng dụng động cơ diesel khác nhau ở các chế độ ổn định cho thấy hiệu quả xử lý xúc tác đạt hiệu quả cao, đạt tới trên 80%, đối với tất cả các thành phần độc hại. Đối với động cơ xăng, bộ xử lý khí thải ba đường cũng đã nghiên cứu chế tạo với hệ xúc tác $CuO-MnO_2$ giá thành rẻ phù hợp với các loại

xăng sinh học trong điều kiện Việt Nam, hiệu suất chuyển hóa CO , HC và NO_x lần lượt tới 53.7%, 48.5% và 57.0% khi sử dụng xăng E20 (Hình 18) [19]. Khi sử dụng bộ xúc tác này kết hợp với bộ xúc tác có tỷ lệ nhỏ chất xúc tác kim loại quý $Pt-Rh$, hiệu suất chuyển hóa CO , HC và NO_x lần lượt đạt tới 98%, 83% và 99%.



Hình 18. Nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm bộ xử lý xúc tác ba đường

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Để đáp ứng được các tiêu chuẩn khí thải ngày càng ngặt nghèo, ô tô hiện nay đều phải sử dụng nhiều công nghệ xử lý khí thải khác nhau. Động cơ xăng thường được lắp bộ xử lý khí thải ba đường, đối với động cơ phun xăng trực tiếp và với yêu cầu tiêu chuẩn khí thải từ Euro 5 trở lên phải bổ sung thêm bộ lọc hạt. Hệ thống xử lý khí thải đối với động cơ diesel phức tạp hơn với sự kết hợp của nhiều quá trình như xử lý xúc tác ô xy hóa, hấp phụ NO_x , xử lý xúc tác khử NO_x , lọc hạt dạng kín/dạng hở,... Các quá trình này có thể riêng rẽ, cũng có thể tích hợp cùng

với nhau để giảm kích thước và khối lượng của hệ thống. Động cơ hiện đại đều được trang bị các công nghệ giảm phát thải, đồng thời kết hợp với các giải pháp liên quan đến kết cấu động cơ như luân hồi khí thải, tăng áp,...vừa giảm thiểu tối đa các chất độc hại trong khí thải vừa cải thiện được tính năng kinh tế kỹ thuật. Một số nghiên cứu ở Việt Nam về thiết kế chế tạo hệ thống xử lý khí thải đã cho thấy khả năng làm chủ công nghệ ở trong nước, tuy nhiên cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện cũng như hợp tác với các doanh nghiệp ô tô để có thể ứng dụng vào thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mollenhauer, K., & Tschoeke, H. (2010). *Handbook of Diesel Engines*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- [2] Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill, Inc, USA.
- [3] Phạm Minh Tuấn (2013). *Khí thải Động cơ và ô nhiễm môi trường*. NXB KH-KT, Hà Nội.
- [4] Sher, E. (1998). *Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines: Pollutant Formation and Control*. Academic Press, USA.
- [5] <https://dieselnet.com/standards/>
- [6] <https://dieselprogress.com/euro-7-emissions-standards-update-35371/>
- [7] Thủ tướng Chính phủ. (2011). *Quyết định số 49/2011/QĐ-TTg ngày 01 tháng 9 năm 2011 về việc quy định lộ trình áp dụng tiêu chuẩn khí thải đối với xe ô tô, xe mô tô hai bánh sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu mới*.
- [8] Lê Anh Tuấn, Phạm Hữu Tuyển, & Văn Đình Sơn Thọ (2017). *Nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong*. Nhà xuất bản Bách khoa.
- [9] Lietti, L., & Castoldi, L. (2018). *NO_x trap catalysts and technologies fundamentals and industrial applications*. CPI Group (UK) Ltd, UK.
- [10] http://www.dieselnet.com/tech/cat_nox-trap.html.
- [11] Monterroso, R., Fan, M., & Argyle, M. *Chapter 9: Mercury Removal in the book “Coal gasification and its application”*. Elsevier, UK.
- [12] Traa, Y., Burger, B., & Weitkamp, J. (1999). Zeolite-based materials for the selective catalytic reduction of NO_x with hydrocarbons. *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 30, p. 3–41.
- [13] ACEA. (2003). *Selective Catalytic Reduction*. Final Report.
- [14] United States Environmental Protection Agency. (2002). *EPA air pollution control cost manual, 6th*
- [15] <https://dieselnet.co/news/2020/04vms.php>
- [16] <https://greencarcongress.com/2015/09/20150921-vw21.html>
- [17] Khổng Vũ Quảng (2010). *Báo cáo khoa học tổng kết đề tài Nghiên cứu công nghệ giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội*. Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [18] Đỗ Thanh Hải (2014). *Báo cáo khoa học tổng kết đề tài Nghiên cứu công nghệ chế tạo bộ xử lý khí thải từ động cơ đốt dầu diezen bằng xúc tác nano*. PTN trọng điểm Công nghệ lọc, hóa dầu, Bộ Công thương.
- [19] Nguyễn Thế Lương (2018). *Báo cáo khoa học tổng kết đề tài Nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ xúc tác ba thành phần phù hợp với xăng pha cồn (E5-E20) lắp trên ô tô*. Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.