

ẢNH HƯỞNG CỦA CHIẾN LƯỢC SẤY NÓNG ĐẾN NHIỆT ĐỘ LÀM VIỆC HIỆU QUẢ CỦA BỘ XÚC TÁC CHUYỂN ĐỔI KHÍ THẢI TRÊN XE MÁY

EFFECT OF HEATING STRATEGY ON LIGHTOFF TEMPERATURE OF EXHAUST GAS CATALYTIC CONVERTOR OF MOTORCYCLE

Hoàng Đình Long^{1,*}, Nguyễn Kim Kỳ², Đinh Xuân Thành³

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của chiến lược sấy nóng bổ sung bộ xúc tác khí thải (BXT) xe máy bằng dòng điện cao tần trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy ấm máy đến nhiệt độ làm việc hiệu quả của BXT. Kết quả nghiên cứu trên động cơ xe Honda Lead 110 chỉ ra rằng với cùng mức năng lượng cao tần có hạn được cung cấp từ bình acquy của mỗi lần sấy, việc sấy bổ sung với công suất cao trong thời gian ngắn sẽ giúp tăng nhiệt độ BXT nhanh hơn so với việc sấy bổ sung trong thời gian dài hơn nhưng với công suất thấp hơn. Bằng chiến lược sấy nóng hợp lý có thể rút ngắn được thời gian từ lúc khởi động lạnh đến lúc BXT đạt đến nhiệt độ làm việc hiệu quả 523K (250°C) ở chế độ không tải nhanh từ 220s xuống 25s. Điều đó có nghĩa là thời gian không làm việc hoặc làm việc không hiệu quả của BXT trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy ấm máy giảm trên 88% so với trường hợp không sấy nóng bổ sung BXT, do đó giúp giảm đáng kể phát thải độc hại trong giai đoạn này.

Từ khóa: Xử lý khí thải, bộ xúc tác khí thải, sấy nóng bộ xúc tác bằng điện.

ABSTRACT

This paper presents the modeling results of the effect of additional heating strategy of the exhaust gas catalytic convertor of motorcycles by high-frequency current during the cold start and warm-up period on the convertor's lightoff temperature (effective working temperature). The study results on Honda Lead 110 engine show that with the same limited high-frequency energy supplied from the battery of each additional heating period, the additional convertor heating with high power in a short time helps increase convertor's temperature faster than the additional heating in longer time with lower power to heat the convertor to its lightoff temperature. By a reasonable additional heating strategy, it is possible to shorten the required time for the convertor to reach its lightoff temperature of 523K (250°C) from 220s to 25s in fast idling mode. This means that the inactive time of the convertor during engine cold start and warm up is reduced by over 88% compared to the case of no additional heating, thus significantly reducing harmful emissions during this period.

Keywords: Exhaust after-treatment, exhaust gas catalytic converter, electrically heated catalyst.

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

²Trường Cao đẳng Công nghiệp và Thương mại

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: long.hoangdinhhust.edu.vn

Ngày nhận bài: 04/5/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/5/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2021

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc kiểm soát khí thải xe máy ở Việt Nam có ý nghĩa đặc biệt quan trọng vì số lượng các phương tiện giao thông này rất lớn và vẫn đang tăng nhanh, gây phát thải ô nhiễm môi trường trầm trọng. Một trong những công nghệ kiểm soát khí thải hiệu quả nhất của động cơ xăng là xử lý khí thải bằng BXT 3 thành phần [1, 2]. Tuy nhiên, vấn đề tồn tại với BXT này là chúng hầu như không hoạt động hoặc hoạt động với hiệu quả rất thấp ở nhiệt độ dưới 523K (250°C) [3]. Do đó, trong giai đoạn sau khởi động lạnh của động cơ, ở đó nhiệt lượng khí thải của động cơ khá thấp không đủ sấy nóng nhanh BXT đến nhiệt độ làm việc hiệu quả, hầu hết lượng khí thải với nồng độ độc hại cao của động cơ sẽ không được xử lý và được thải trực tiếp vào khí quyển gây ô nhiễm môi trường. Các nhà nghiên cứu đã chỉ ra rằng 60% - 80% tổng lượng khí thải CO và HC chưa cháy từ một phương tiện cơ giới trang bị BXT 3 chức năng được tạo ra trong vòng vài phút đầu tiên sau khi động cơ khởi động lạnh theo các chu trình thử nghiệm [4]. Đối với xe máy, cung đường di chuyển thường ngắn và khởi động lạnh nhiều nên vấn đề này càng trầm trọng [5, 6]. Do đó, để giảm phát thải một cách hiệu quả cho xe máy trang bị BXT 3 chức năng, cần phải có biện pháp tăng hiệu quả BXT trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy ấm máy. Chính vì vậy, cần nghiên cứu sấy nóng bổ sung BXT trong giai đoạn này để nó nhanh đạt đến nhiệt độ làm việc hiệu quả.

Đã có nhiều công trình nghiên cứu sấy nóng bổ sung BXT để cải thiện hiệu quả của nó trong giai đoạn khởi động lạnh và chạy ấm máy, nguyên tắc chung là sử dụng một nguồn nhiệt bên ngoài hoặc tăng cường nhiệt từ khí thải để sấy nóng nhanh BXT. Phương án lắp bộ xúc tác gần cửa xả [7] sẽ tận dụng tốt nhiệt khí thải, tuy nhiên ở chế độ hoạt động đủ tải thì nhiệt khí thải vào bộ xúc tác sẽ khá lớn cộng với nhiệt sinh ra từ các phản ứng ô xy hóa toàn bộ khí thải cũng lớn dẫn đến bộ xúc tác quá nóng làm giảm độ bền, tuổi thọ của nó. Chính vì vậy, phương án này ít được sử dụng, thường BXT được đặt cách cửa xả một khoảng 400 - 500mm đối với xe máy và 1000 - 1500mm đối với ô tô. Một phương án khác là phun bổ sung không khí và nhiên liệu vào đường thải và đốt ở phía trước BXT [8]. Phương

pháp này khá hiệu nghiệm nhưng khó bố trí trên xe máy vì rất cồng kềnh. Thay vào đó có thể dùng phương pháp tăng nhiệt khí thải nhờ điều chỉnh đánh lửa muộn để sấy nóng nhanh BXT [9]. Tuy nhiên, phương pháp này có thể gây quá nóng cho các xu páp thải hoặc kết muối trong động cơ. Sấy nóng BXT bằng năng lượng điện dùng dây điện trở cũng rất được quan tâm nghiên cứu [10]. Tuy nhiên, việc sấy nóng gián tiếp BXT qua truyền nhiệt từ dây điện trở đến khí thải rồi khí thải sấy nóng BXT sẽ làm tăng thời gian trễ của việc sấy nóng BXT đồng thời giảm hiệu suất chuyển đổi năng lượng từ điện sang nhiệt của BXT. Do đó, thường phải trang bị bộ sấy nóng với công suất cao nên phải cần một ổ quy lớn, máy phát điện khỏe. Việc này khó thực hiện trên xe máy. Gần đây, công nghệ đốt nóng trực tiếp lõi BXT bằng năng lượng cao tần cũng đã được nghiên cứu cho BXT trên ô tô. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, dùng dòng cao tần đốt nóng trực tiếp lõi BXT làm từ các lá thép giúp tăng nhiệt độ lõi BXT rất nhanh trong khi công suất điện yêu cầu thấp hơn so với đốt nóng bằng dây điện trở nhiệt [11]. Phương pháp này cũng đã được áp dụng nghiên cứu để sấy nóng BXT có lõi được làm từ composit bằng cách đúc lẫn các hạt kim loại vào trong lõi BXT, các hạt này sẽ được đốt nóng trực tiếp bằng dòng cao tần và sau đó các hạt nóng sẽ truyền nhiệt đốt nóng lõi gốm [12].

Tính ưu việt của phương pháp sấy nóng bằng dòng cao tần đã được khẳng định. Tuy nhiên, các nghiên cứu chưa chỉ rõ được diễn biến thay đổi nhiệt độ của lõi BXT trong quá trình sấy nóng và chưa đưa ra được chiến lược sấy tối ưu bằng dòng điện cao tần để đạt được nhiệt độ làm việc hiệu quả của BXT.

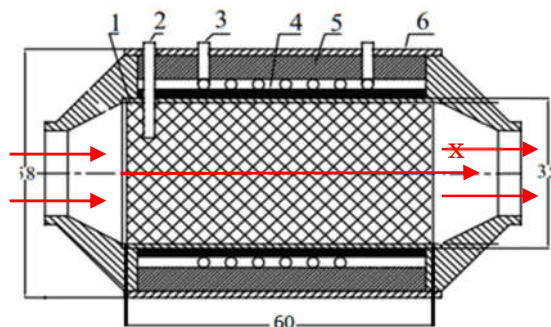
Chính vì vậy bài báo đề cập đến việc nghiên cứu ảnh hưởng của việc sấy nóng BXT khí thải xe máy trong giai đoạn khởi động lạnh bằng dòng điện cao tần đến nhiệt độ làm việc hiệu quả của BXT, từ đó đưa ra được chiến lược sấy nóng phù hợp.

Việc nghiên cứu được thực hiện bằng mô phỏng trên xe máy Honda Lead 110 có trang bị BXT và hệ thống sấy cao tần. Dòng điện cao tần được tạo ra từ nguồn điện acquy bằng mạch biến tần công suất cực đại 1000W có thể điều chỉnh được công suất theo yêu cầu trong phạm vi công suất cực đại.

2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

2.1. Mô hình BXT với cuộn dây đốt nóng bằng điện cao tần

Hình 1 thể hiện sơ đồ BXT và cuộn dây sấy nóng bằng năng lượng điện cao tần. Dòng điện 1 chiều từ acquy được mạch biến tần biến đổi thành dòng điện xoay chiều tần số cao (trên 5000Hz) cấp cho cuộn dây 3 quấn quanh lõi BXT làm bằng lá thép phủ chất xúc tác. Từ trường cao tần của cuộn dây sẽ tạo ra trên các lá thép dòng điện cảm ứng nhờ tác dụng của từ trường biến thiên cao tần. Dòng điện này sẽ đốt nóng trực tiếp các lá thép nên quá trình đốt nóng rất nhanh do nhiệt sinh ra trực tiếp trên các lá thép mà không phải do truyền nhiệt từ ngoài vào. Công suất nhiệt đốt nóng BXT được điều chỉnh theo các chiến lược sấy nóng đặt ra.



Hình 1. Sơ đồ BXT có sấy nóng bằng dòng điện cao tần

- 1. lõi BXT, 2. cảm biến nhiệt độ, 3. cuộn dây cao tần, 4. lớp cách điện, cách nhiệt bằng amiang, 5. lớp cách nhiệt bằng sợi thủy tinh, 6. vỏ BXT



Hình 2. Mạch biến tần cung cấp điện cao tần cho cuộn dây

Bộ xúc tác (BXT) có kết cấu gồm các lá thép hình sóng dày 0,05mm phủ Al_2O_3 và chất xúc tác JM (gồm Pt, Pd, Rh và CeO_2) được xếp với độ rỗng $\delta = 0,76$, tỉ trọng $1,85g/cm^3$, lõi BXT có đường kính $D = 35mm$, dài $L_{BXT} = 60mm$, thể tích $V = 51,3cm^3$, nặng 95g. Tỉ lệ chất xúc tác trong BXT là $2119g/m^3$, diện tích xúc tác $15m^2/g$ chất xúc tác. BXT được đặt cách cửa thải 400mm.

Động cơ nghiên cứu là động cơ xe Honda Lead 110, có tốc độ chạy ầm máy ở không tải chuẩn đo được với xe Lead 110 nguyên bản không có BXT là 1500v/p. Tốc độ chạy ầm máy không tải nhanh khi lắp BXT có thể chọn là 2500v/p [5].

2.2. Chế độ tính toán

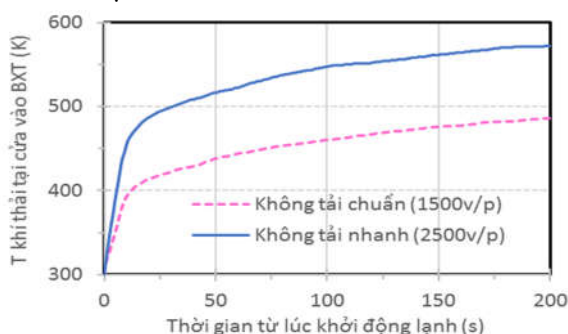
Việc sấy nóng bổ sung BXT được thực hiện ở chế độ khởi động lạnh và chạy ầm máy động cơ Honda Lead 110. Xe nguyên bản không được trang bị BXT và chế độ chạy chậm không tải của xe là không tải chuẩn ở 1500v/p. Khi được trang bị BXT, các xe thường có thêm chế độ không tải nhanh sau khởi động lạnh để tăng nhiệt khí thải sấy nóng nhanh BXT. Tốc độ không tải nhanh thường là 2000v/p đối với ô tô [4] và 2500v/p đối với xe máy [5]. Do đó, việc nghiên cứu sấy nóng bổ sung BXT trong bài báo này được thực hiện ở cả chế độ không tải chuẩn 1500v/p và không tải nhanh 2500v/p sau khởi động lạnh để từ đó để xuất chọn chế độ sấy phù hợp.

Mục tiêu của việc sấy nóng bổ sung là trong thời gian ngắn (30s - 50s) sau khởi động lạnh, nhiệt độ BXT phải đạt đến nhiệt độ làm việc 523K (250°C) và duy trì ở trên giá trị nhiệt độ này. Do đó, thời gian sấy không nên dài quá 50s. Dựa vào yêu cầu này và khối lượng cùng nhiệt dung riêng của vật liệu lõi BXT, có thể tính sơ bộ được công suất đốt

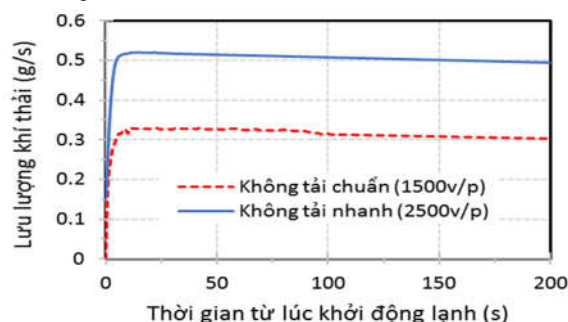
nóng tối thiểu là 340W và công suất điện của bộ đốt nóng cao tần khoảng 400W. Với bộ acquy 12 vôn, thì dòng điện cấp vào để đạt công suất này vào khoảng 33A, hoàn toàn có thể được vì acquy khởi động có dòng cực đại đến 50A.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ sấy nóng đến nhiệt độ lõi BXT, các chiến lược sấy được thực hiện ở cả chế độ khởi động lạnh chạy ầm máy không tải chuẩn và khởi động lạnh chạy ầm máy không tải nhanh, gồm: Với công suất sấy 400W, thời gian sấy được thực hiện ở 3 mức 10s, 20s và 30s. Với công suất sấy 200W, thời gian sấy được thực hiện ở 3 mức 30s, 40s và 50s.

Thông số khí thải vào BXT được đo bằng thực nghiệm ở chế độ không tải chuẩn và không tải nhanh được thể hiện trên các đồ thị hình 3 và 4.



Hình 3. Số liệu đo nhiệt độ khí thải T tại cửa vào BXT ở chế độ không tải chuẩn và không tải nhanh



Hình 4. Số liệu đo lưu lượng khí thải vào BXT ở chế độ không tải chuẩn và không tải nhanh

Các số liệu ở các đồ thị hình 3 và cho thấy, ngay sau khi khởi động lạnh, nhiệt độ và lưu lượng khí thải tăng rất nhanh trong khoảng 15s đầu. Sự tăng nhanh này là do động cơ từ trạng thái nhiệt độ môi trường chuyển sang trạng thái nhiệt độ làm việc, tốc độ cũng tăng từ tốc độ khởi động lên tốc độ chạy không tải, quá trình cháy được cải thiện dần khi động cơ ầm lên theo thời gian. Nhiệt độ khí thải sau đó tiếp tục tăng trong quá trình chạy ầm máy cho đến khi trạng thái nhiệt của động cơ đạt ổn định. Lưu lượng khí thải sau khi đạt đỉnh ở khoảng 15s thì hơi giảm dần một chút do nhiên liệu và khí nạp giảm khi nhiệt độ động cơ tăng đến nhiệt độ ổn định. Số liệu nhiệt độ và lưu lượng khí thải được hàm số hóa dưới dạng công thức giải tích biểu diễn nhiệt độ và lưu lượng phụ thuộc thời gian từ lúc khởi động lạnh để thuận tiện cho việc nhập liệu làm thông số vào cho mô hình tính toán.

2.3. Mô hình truyền nhiệt sấy nóng BXT

Trạng thái nhiệt của lõi BXT phụ thuộc vào 3 yếu tố, gồm trao đổi nhiệt giữa BXT và khí thải, nhiệt sinh ra do được đốt nóng từ dòng điện cao tần, nhiệt sinh ra do phản ứng ô xi hóa CO và HC. Tuy nhiên, như đã nói ở trên, trong quá trình khởi động lạnh và chạy ầm máy nhiệt độ BXT còn thấp nên tốc độ phản ứng xúc tác chuyển đổi CO và HC rất thấp nên nhiệt sinh ra không đáng kể. Do đó, trong mô hình chỉ tính đến trao đổi nhiệt giữa BXT và khí thải và sự đốt nóng BXT từ dòng cao tần. Thêm nữa, lõi BXT được cách nhiệt tốt với môi trường bên ngoài và từ trường trong lõi BXT được giả thiết phân bố đều nên mô hình toán biểu diễn các quá trình trong BXT được xây dựng trên cơ sở mô hình một chiều không ổn định (tính đến yếu tố thời gian). Phương trình cân bằng năng lượng của khí và lõi BXT được viết như sau:

$$\delta \rho_g c_{pg} \frac{\partial T_g}{\partial t} = -\rho_g u c_{pg} \frac{\partial T_g}{\partial x} + hS(T_s - T_g) \tag{1}$$

$$(1-\delta) \rho_s c_{ps} \frac{\partial T_s}{\partial t} = (1-\delta) k_s \frac{\partial T_s^2}{\partial x^2} + \eta P_{heat} + hS(T_g - T_s) \tag{2}$$

Trong đó: $\rho_g, \rho_s, C_{pg}, C_{ps}$ là khối lượng riêng và nhiệt dung riêng của khí và của vật liệu BXT, được xác định theo [13]; T_g, T_s là nhiệt độ của khí và của lõi BXT; P_{heat} là công suất điện đốt nóng 1 đơn vị thể tích lõi BXT; η là hiệu suất đốt nóng của dòng cao tần, xác định theo [14]; k_s là hệ số dẫn nhiệt của lõi BXT; u là tốc độ dòng khí; S là diện tích bề mặt truyền nhiệt trên mỗi đơn vị thể tích BXT; h là hệ số trao đổi nhiệt; δ là hệ số rỗng của lõi BXT.

Hệ hai phương trình trên biểu diễn sự thay đổi nhiệt độ khí và nhiệt độ BXT dọc theo chiều dài và theo thời gian từ khi khởi động với các điều kiện đầu và biên: $T_g(0, t) = T_g^{in}$; $T_s(x, 0) = T_a$; $\frac{dT_s}{dx}(0, t) = \frac{dT_s}{dx}(L, t) = 0$; x - tọa độ theo chiều dòng chảy; t - thời gian từ khi khởi động. Hệ số h được xác định theo [13]; T_g^{in} - nhiệt độ khí thải tại cửa vào bộ xúc tác.

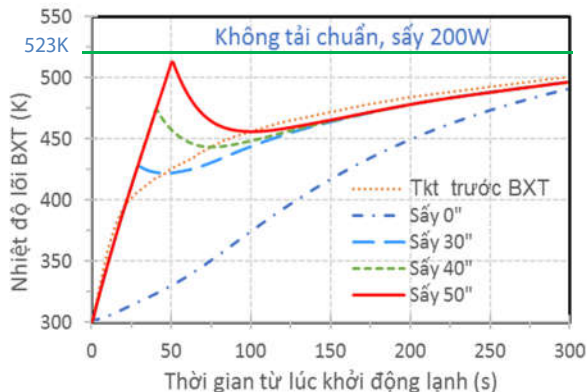
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các phương trình (1) và (2) ở trên kết hợp các điều kiện đầu và điều kiện biên đã giới thiệu được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn, thực hiện trên máy tính với ngôn ngữ lập trình FORTRAN cho BXT lắp trên động cơ xe Honda Lead 110 ở các chế độ khởi động lạnh và chạy ầm máy không tải chuẩn và không tải nhanh. Lưu lượng G_g và nhiệt độ khí thải vào BXT ở các chế độ chạy ầm máy sau khởi động lạnh dựa trên các số liệu thực nghiệm nêu ở trên.

Kết quả tính toán mô phỏng nhiệt độ trung bình của lõi BXT ở các chế độ chạy chậm không tải sau khởi động lạnh với các chiến lược sấy nóng khác nhau được trình bày trên các đồ thị hình 5 ÷ 8.

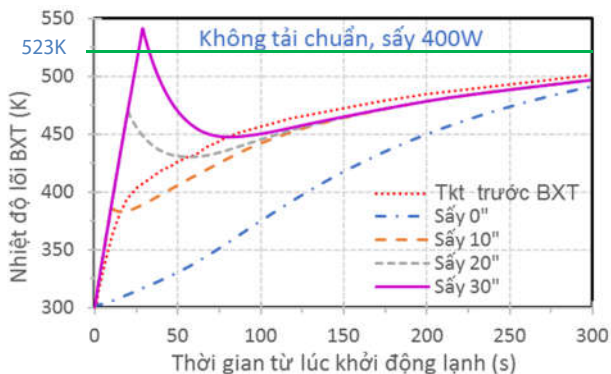
Hình 5 thể hiện nhiệt độ trung bình của lõi BXT được sấy ở chế độ không tải chuẩn với công suất điện cao tần 200W trong thời gian 30s, 40s và 50s so với trường hợp không sấy. Đồ thị cho thấy, ở trường hợp không được sấy nóng bổ

sung, BXT sẽ không đạt được nhiệt độ làm việc hiệu quả (523K) trong ít nhất 300s từ lúc khởi động lạnh. Với cùng công suất sấy, thời gian sấy càng dài thì nhiệt độ BXT cuối quá trình sấy càng cao. Với công suất sấy 200W, nhiệt độ BXT sau khi sấy ở cả ba trường hợp sấy này đều cao hơn khá nhiều so với không sấy nhưng đều nhỏ hơn nhiệt độ yêu cầu 523K ít nhất trong 300s sau khi khởi động lạnh nên có thể nói các chiến lược sấy này không hiệu quả ở chế độ chạy không tải chuẩn sau khởi động lạnh.



Hình 5. Nhiệt độ lõi BXT ở chế độ không tải chuẩn với chiến lược sấy nóng 200W

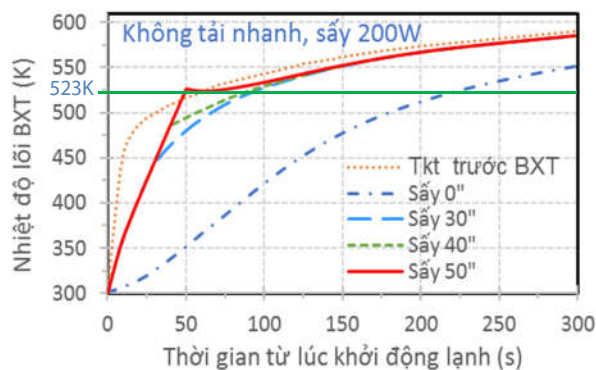
Hình 6 thể hiện nhiệt độ trung bình của lõi BXT ở chế độ không tải chuẩn với các chiến lược sấy nóng 400W. Có thể thấy, với khoảng thời gian sấy 30s, nhiệt độ BXT cuối giai đoạn sấy có cao hơn nhiệt độ yêu cầu để BXT làm việc hiệu quả nhưng do nhiệt độ khí thải rất thấp nên ngay sau khi kết thúc sấy nóng bổ sung, BXT mất nhiệt cho khí thải làm cho nhiệt độ của lõi BXT giảm xuống thấp hơn nhiệt độ yêu cầu 523K trong suốt ít nhất 300s đầu của quá trình chạy ẩm máy tương tự các trường hợp hình 5. Kết quả các chiến lược sấy 20s và 10s còn kém hơn. Như vậy, các chiến lược sấy 400W ở chế độ không tải chuẩn cũng không hiệu quả.



Hình 6. Nhiệt độ lõi BXT ở chế độ không tải chuẩn với chiến lược sấy nóng 400W

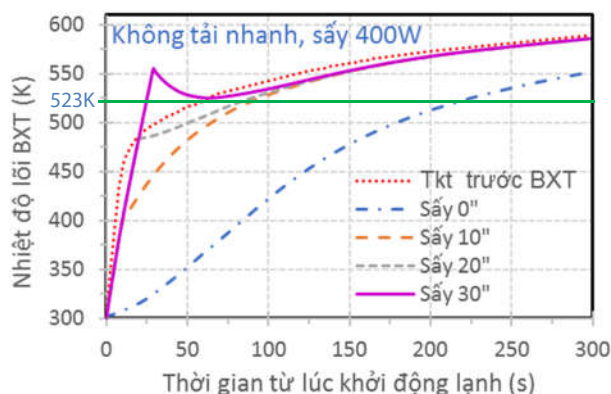
Hình 7 và 8 thể hiện nhiệt độ trung bình của lõi BXT ở chế độ không tải nhanh với các chiến lược sấy nóng khác nhau. Có thể thấy, ở chế độ không tải này nhiệt độ khí thải cao hơn so với chế độ không tải chuẩn nên khi không sấy bổ sung, BXT vẫn đạt nhiệt độ làm việc hiệu quả trong 300s đầu của quá trình chạy ẩm máy, cụ thể đạt được sau 220s từ lúc khởi động lạnh. Ở các trường hợp sấy với công suất

sấy 200W, thời gian sấy 30s, 40s và 50s (hình 7), có thể thấy ở trường hợp thời gian sấy 50s, nhiệt độ lõi BXT cuối giai đoạn sấy đã đạt đến nhiệt độ yêu cầu để BXT làm việc hiệu quả. Sau đó, do nhiệt độ khí thải cao hơn nên BXT được sấy tiếp và nhiệt độ của nó tiếp tục tăng, tiệm cận dần với nhiệt độ khí thải. Như vậy, chiến lược sấy 200W trong 50s giúp BXT đạt trạng thái nhiệt làm việc hiệu quả sau 50s từ lúc khởi động lạnh.



Hình 7. Nhiệt độ lõi BXT ở chế độ không tải nhanh với chiến lược sấy nóng 200W

Hình 8 thể hiện nhiệt độ trung bình của lõi BXT ở chế độ không tải nhanh với chiến lược sấy nóng 400W với thời gian sấy 10s, 20s và 30s. Có thể thấy, với thời gian sấy 30 giây, ở gần cuối giai đoạn sấy (25s) nhiệt độ lõi BXT đã vượt nhiệt độ yêu cầu và lớn hơn nhiệt độ khí thải, sau đó BXT mất nhiệt cho khí thải làm cho nhiệt độ của nó giảm chút ít nhưng vẫn lớn hơn nhiệt độ yêu cầu để BXT làm việc hiệu quả. Sau đó nhiệt độ BXT lại tăng dần, tiệm cận nhiệt độ khí thải. Như vậy với chiến lược sấy 400W trong 30s, nhiệt độ BXT vượt nhiệt độ yêu cầu để làm việc hiệu quả sau 25s từ lúc khởi động lạnh. So với trường hợp không sấy bổ sung BXT thì chiến lược sấy này đã rút ngắn thời gian BXT làm việc không hiệu quả từ 220s xuống 25s, tương ứng rút ngắn được 88% thời gian BXT không làm việc hoặc làm việc không hiệu quả.



Hình 8. Nhiệt độ lõi BXT ở chế độ không tải nhanh với chiến lược sấy nóng 400W

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chiến lược sấy nóng bổ sung BXT lắp trên xe Honda Lead bằng năng

lượng điện cao tần đến trạng thái nhiệt của lõi BXT, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Ở chế độ chạy không tải chuẩn của xe, nhiệt độ BXT không thể đạt được nhiệt độ làm việc hiệu quả (523K) trong ít nhất 300s từ lúc khởi động lạnh kể cả khi được sấy nóng bổ sung theo các chiến lược đã chọn.

- Ở chế độ không tải nhanh, nếu không được sấy nóng bổ sung, BXT chỉ có thể đạt được nhiệt độ làm việc hiệu quả (523K) sau 220s từ lúc khởi động lạnh. Như vậy thời gian BXT không hoạt động hoặc hoạt động không hiệu quả quá dài, gây phát thải lớn.

- Sấy 400W trong 30s ở chế độ không tải nhanh giúp BXT đạt nhiệt độ làm việc hiệu quả sau 25s từ lúc khởi động lạnh, trong khi sấy trên 50s với công suất 200W thì BXT đạt nhiệt độ làm việc hiệu quả sau 50s từ lúc khởi động lạnh. Với cùng năng lượng sấy nóng hợp lý cho BXT, sấy với công suất lớn trong thời gian ngắn sẽ hiệu quả hơn sấy trong thời gian dài hơn nhưng với công suất nhỏ hơn.

- Sấy nóng bổ sung BXT bằng năng lượng điện cao tần ở chế độ không tải nhanh là biện pháp hữu hiệu để giúp BXT nhanh đạt đến nhiệt độ làm việc hiệu quả.

[11]. Nickolas Leakey, et al., 2018. *Induction Heating of Catalytic Converter Systems and its Effect on Diesel Exhaust Emissions during Cold Start*. SAE 2018-01-0327.

[12]. Robin Crawford C., John Douglas B., 2015. *Catalytic converter structures with induction heating*. US patent: US 20150075137A1.

[13]. Hausen H., 1983. *Heat Transfer in Counter, Parallel and Cross Flow*. McGraw-Hill, NY.

[15]. Le Van Doanh, Nguyen The Cong, Tran Van Thinh, 2009. *Điện tu công suất Ly thuyet - Thiet ke - Ung dung*. Science and Technics Publising House, Hanoi.

AUTHORS INFORMATION

Hoang Dinh Long¹, Nguyen Kim Ky², Dinh Xuan Thanh³

¹School of Transportation Engineering, Hanoi University of Science and Technology

²College of Industry and Trade

³Hanoi University of Industry

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. David Belton, Kathleen Taylor, 1999. *Automobile exhaust emission control by catalysts*. Current Opinion in Solid State and Materials Science, Vol. 4, p97-102.

[2]. Hu et al., 2008. *Three-way catalyst meeting euro III emission standards for motorcycles*. Chinese Journal of Catalysis, Vol. 29, p677-679.

[3]. Burch S.D., T.F. Porter et al., 1995. *Reducing cold start emissions by catalytic converter thermal management*. SAE paper 950409.

[4]. Degobert P., 1995. *Automobiles and Pollution*. Paris: Society of Automotive Engineers, Inc.

[5]. Zhao et al., 2009. *Performance of Pd/CeO₂-ZrO₂-Al₂O₃ catalyst for motorcycle*. Journal of Rare Earths, Vol. 27, p728-732.

[6]. Manqun Lin et al., 2009. *Influence factor analysis of light-off tests for motorcycle catalytic converters*. SAE Technical Paper No. 2009-32-0023.

[7]. MinSun et al., 2020. *Effect of the loading sequence of CeO₂ and Pd over Al₂O₃ on the catalytic performance of Pd-only close-coupled catalysts*. Molecular Catalysis, Vol. 482, 100332.

[8]. Jianbing Gao et al., 2019. *Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up*. Applied Thermal Engineering, Vol.147, p. 177-187.

[9]. Hoang D.L., Chan S. H., 1999. *Cold-Start Emissions Reduction from Engines By Means of High Values of Ignition Retard Control*. ICAT'99, Hanoi 21th-24th, 1999.

[10]. Fatemeh Mianzarasvand, Alireza Shirneshan, Masoud Afrand, 2017. *Effect of electrically heated catalytic converter on emission characteristic of a motorcycle engine in cold-start conditions: CFD simulation and kinetic study*. Applied Thermal Engineering, Vol. 27, p. 453-464.