

MỞ ĐẦU

Một trong những nghiên cứu quan trọng về việc sử dụng nhiên liệu diesel là nghiên cứu cơ bản về sự tạo cặn lắng trong động cơ. Quá trình tạo cặn lắng trong buồng cháy động cơ là một hiện tượng phức tạp gây ra nhiều vấn đề khác nhau như giảm hiệu suất, tăng lượng phát thải và gây hư hỏng động cơ diesel. Các nghiên cứu về cặn trên động cơ được tiến hành nhằm đánh giá các tác động của cặn đến động cơ và cách thức hình thành, phát triển của chúng. Hầu hết các nghiên cứu hiện nay về cặn được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả thống kê từ các khảo sát và kiểm tra trên động cơ thực, điều đó đòi hỏi thời gian thử nghiệm kéo dài dẫn tới chi phí thử nghiệm rất cao và thường gây hư hỏng cho động cơ trong quá trình thử nghiệm cặn lắng. Do đó, đề tài “**Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel**” là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và mang tính thực tiễn.

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

- Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển của cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel khi sử dụng một số nhiên liệu phổ biến ở Việt Nam như diesel và diesel sinh học;

- Xác định và phân tích được các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển của cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel;

- Xây dựng được mô hình thực nghiệm xác định sự tạo cặn lắng trên bề mặt vách được gia nhiệt;

- Xây dựng được mô hình toán để đánh giá xu hướng hình thành và phát triển của cặn lắng theo thời gian.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Nhiên liệu diesel sẵn có trên thị trường Việt Nam: diesel và diesel sinh học; Một số loại động cơ diesel cỡ nhỏ điển hình;

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu cơ bản cơ chế hình thành cặn lắng của các giọt nhiên liệu lỏng khí tương tác với vách buồng cháy động cơ diesel thông qua mô hình tạo cặn trên bề mặt vách được gia nhiệt. Dựa trên cơ sở là các hiện tượng vật lý (hóa hơi, lắng đọng,...), nghiên cứu tập trung vào cơ chế hình thành cặn lắng trên bề mặt vách được gia nhiệt khi xét đến các tham số chính là nhiệt độ và thành phần nhiên liệu.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Về khoa học

- Góp phần làm rõ cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng bên trong buồng cháy động cơ diesel khi sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau có sẵn ở Việt Nam;

- Xây dựng thành công mô hình thực nghiệm tạo cặn lắng trên bề mặt vách đơn giản, tiết kiệm chi phí mà vẫn đảm bảo tính đúng đắn trong việc xác định sự hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ.

Về thực tiễn

- Đề tài góp phần mở rộng khả năng đa dạng hóa nguồn nhiên liệu sử dụng cho động cơ diesel khi đánh giá khả năng tạo cặn lắng của các nguồn nhiên liệu thay thế.

- Từ kết quả nghiên cứu, có thể xây dựng được một giải pháp tổng thể cho các nhà sản xuất cũng như người vận hành để giảm thiểu lượng cặn lắng hình thành trong buồng cháy động cơ.

Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết:

- Nghiên cứu lý thuyết về cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng; Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm và lý thuyết thống kê để đánh giá tính đúng đắn của mô hình thực nghiệm và xây dựng mô hình toán.

Nghiên cứu thực nghiệm:

- Nghiên cứu thực nghiệm đối chứng và đánh giá các yếu tố quan trọng tác động đến cơ chế hình thành và phát triển của cặn lắng.

Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tổng quan các công trình đã được công bố gần đây trên thế giới liên quan đến cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ làm cơ sở định hướng nội dung chi tiết của nghiên cứu;

- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết về cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ;

- Nghiên cứu xây dựng mô hình tạo cặn trên bề mặt vách được gia nhiệt và mô hình thực nghiệm đối chứng trên động cơ;

- Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ vách buồng cháy, thành phần nhiên liệu và lượng dầu bôi trơn đến cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trên mô hình tạo cặn trên bề mặt vách được gia nhiệt.

Kết cấu của luận án: Luận án gồm phần mở đầu, 4 chương nội dung nghiên cứu, phần kết luận và hướng phát triển. Toàn bộ luận án được trình bày trong 169 trang, 37 bảng và 84 hình vẽ và đồ thị.

CHƯƠNG 1 . TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Cặn lắng trong buồng cháy động cơ

Cặn lắng (deposit) hay cặn lắng cacbon là một hỗn hợp không đồng nhất gồm tro, soot và các chất hữu cơ dạng keo [5][6]. Nó có thể bao gồm các tạp chất hoặc cặn tích tụ trên các chi tiết chính của buồng cháy động cơ như nắp xilanh, piston, các xupap, đầu vòi phun.

1.1.1. Nguồn gốc của cặn lắng

Các thành phần trong nhiên liệu, dầu bôi trơn hoặc sự kết hợp của cả hai tham gia đóng góp nhiều nhất vào việc hình thành các tiền tố cặn, soot và cặn lắng đóng cộc trên vách buồng cháy động cơ.

1.1.2. Tính chất của cặn lắng

Cấu trúc của cặn phụ thuộc nhiều thông số như thành phần nhiên liệu,

hiệu suất làm việc của động cơ và thành phần chất phụ gia trong nhiên liệu [29]. Đặc tính xếp của cặn lắng quyết định tính dẫn nhiệt, tính dẫn điện và nhiệt dung của nó do đó tác động rất lớn đến sự cản trở truyền nhiệt và gia tăng lượng nhiệt tích trữ.

1.1.3. Yếu tố hình thành cặn lắng

Các nghiên cứu khác nhau về sự hình thành cặn trong buồng cháy của động cơ [7][8][17][21][24][30][34][36] đều chỉ ra rằng các yếu tố như sự hình thành lớp nhiên liệu lỏng, nhiệt độ bề mặt thành vách buồng cháy, hệ số dư lượng không khí, điều kiện vận hành động cơ, thành phần nhiên liệu và dầu bôi trơn đều ảnh hưởng tới quá trình tích tụ và phát triển cặn lắng.

1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu cặn lắng trong động cơ

1.2.1. Các hướng nghiên cứu

Hiện nay, có ba hướng nghiên cứu chính về cặn được các nhà nghiên cứu thực hiện, bao gồm:

- (1) Nghiên cứu tác động của cặn lắng lên động cơ;
- (2) Nghiên cứu các yếu tố hình thành cặn lắng;
- (3) Nghiên cứu đặc tính của cặn.

Các nghiên cứu về cơ chế và cách thức phát triển cặn lắng trong động cơ đã kết luận rằng cặn lắng trong buồng cháy có thể hình thành qua ba giai đoạn khác nhau:

- (1) Sự ngưng tụ của nhiên liệu cháy không hoàn toàn trên vách buồng cháy;
- (2) Sự tác động của những giọt nhiên liệu chưa cháy;
- (3) Dòng chảy nhiên liệu (tại xupap nạp, đầu vòi phun và lỗ phun).

1.2.2. Tổng quan về các nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ

Các nghiên cứu về cặn lắng buồng cháy chủ yếu được thực hiện trên động cơ thực trên bộ thử động cơ [9][37][43][44] hoặc trên các phương tiện đang khai thác [33][45][46]. Cả hai cách đó đều đòi hỏi thời gian thử nghiệm dài và khoảng cách di chuyển xa dẫn đến chi phí thử nghiệm rất cao và gây thiệt hại động cơ trong quá trình thử nghiệm và khảo sát cặn lắng buồng cháy.

Sự hình thành cặn trong động cơ phụ thuộc vào các thông số khác nhau, chẳng hạn như nhiên liệu, vật liệu bề mặt, nhiệt độ, áp suất, môi trường buồng cháy [31]. Lượng cặn tích tụ có thể tăng hoặc giảm tùy thuộc vào mức độ ảnh hưởng của các thông số, vị trí tương tác và loại động cơ khác nhau. Như vậy, cơ chế hình thành cặn trong buồng cháy động cơ là một quá trình rất phức tạp.

Trong các nghiên cứu về cặn lắng trong buồng cháy động cơ, các vấn đề cần quan tâm là quá trình bay hơi, quá trình làm nóng, lắng đọng cặn và phản ứng hóa học (nhiệt phân, trùng hợp, oxi hóa,...). Trong số các vấn đề trên, đặc tính bay hơi được đề cập rộng rãi hơn trong các nghiên cứu về lý

thuyết, mô phỏng và thực nghiệm [6][44] [49][50][51]. Do đó, trước khi xem xét quá trình hình thành cặn một cách chi tiết, ta cần hiểu được quá trình bay hơi nhiên liệu bởi quá trình này là cơ sở xác định lượng nhiên liệu còn lại tham gia vào sự tạo cặn.

Để giải quyết các khó khăn trên cần hiểu được cơ chế tạo cặn của các hạt nhiên liệu đơn bởi quá trình tạo cặn trên vách buồng cháy là sự tích tụ của thành phần không bay hơi hoặc khó bay hơi của rất nhiều hạt nhiên liệu đơn. Việc thiết lập một mô hình thử nghiệm tạo cặn của các giọt nhiên liệu đơn để đánh giá và phân tích cơ chế tạo cặn lắng là cần thiết và khả thi.

1.3. Kết luận chương 1

Quá trình tạo cặn lắng trong buồng cháy của động cơ là một hiện tượng phức tạp và có nhiều tác động xấu đến động cơ như giảm hiệu suất, tăng lượng phát thải và có thể làm hư hỏng động cơ diesel.

Các công trình nghiên cứu đều chứng tỏ rằng các yếu tố như nhiệt độ bề mặt vách, thành phần nhiên liệu và sự có mặt của dầu bôi trơn trong nhiên liệu sẽ có những tác động nhất định đến sự hình thành và gia tăng lượng cặn tích lũy trên các bộ phận trong buồng cháy động cơ.

Các công trình nghiên cứu ngoài nước về cặn lắng trong động cơ thường được thực hiện trực tiếp trên động cơ thực với thời gian dài, chi phí lớn, khả năng định lượng cặn khó và có thể gây hư hỏng động cơ. Trong khi đó, tại Việt Nam hiện nay chưa có một nghiên cứu đáng kể nào về cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ.

Từ kiến giải trên, thấy rõ vấn đề nghiên cứu: “*Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel*” là cần thiết.

CHƯƠNG 2 . CƠ SỞ LÝ THUYẾT SỰ HÌNH THÀNH CẶN LẮNG TRONG BUỒNG CHÁY ĐỘNG CƠ DIESEL

2.1. Lý thuyết về sự hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ

2.1.1. Lý thuyết về sự hình thành và lắng đọng của các hạt

Sự hình thành cặn trong buồng cháy có thể được giải thích dựa trên các cơ chế sau: khuếch tán Brown, nhiệt điện, quang điện, quán tính và lắng đọng trọng lực.

Khuếch tán Brown là một cơ chế lắng đọng quan trọng để ngưng tụ và kết tụ soot trên bề mặt vách được làm mát trong các hệ thống buồng cháy [52][53].

Sự điện di là sự chuyển động của các hạt có kích thước nhỏ hơn 0,1 μm chịu ảnh hưởng bởi lực tĩnh điện của các hạt tích điện trong buồng cháy [48][53][54][55].

Lắng trọng lực: ảnh hưởng này có thể bị bỏ qua.

Khuếch tán nhiệt (*thermophoresis*) sinh ra bởi gradient nhiệt độ trong khối khí cháy gần bề mặt được làm mát [56][57].

2.1.2. Lý thuyết sự hình thành màng lỏng khi giọt tương tác với vách

2.1.2.1. Sự hình thành màng lỏng nhiên liệu trên bề mặt vách không gia nhiệt

Các nghiên cứu [58][59] cho thấy độ dày của màng lỏng nhiên liệu là một thông số quan trọng trong quá trình tương tác của chùm tia phun với vách. Nó có thể dao động từ vài micron đến vài milimet tùy thuộc vào đặc tính phân rã của chùm tia nhiên liệu và điều kiện bề mặt vách.

Các nghiên cứu thực nghiệm [60][62][63][64] đều chỉ ra rằng khi lớp màng nhiên liệu dày hơn thì trạng thái bắn tóe của giọt nhiên liệu thứ cấp mạnh hơn, ngược lại khi các giọt thứ cấp tiếp xúc với bề mặt vách khô thì không xảy ra sự bắn tóe. Khi lượng bắn tóe thỏa mãn yêu cầu thì sự kết hợp của các số không thứ nguyên Weber (We) và Ohnesorge (Oh) là rất phù hợp để định lượng các điều kiện phân rã của các giọt tác động lên bề mặt vách ướt.

Các nghiên cứu [60][63][64][65][66][67] đã xây dựng nên các tiêu chuẩn mô tả mối quan hệ giữa chiều dày lớp màng lỏng với trạng thái tương tác của các giọt nhiên liệu trên bề mặt vách ướt thông qua các hệ số thực nghiệm và số không thứ nguyên We và Oh.

2.1.2.2. Sự hình thành màng lỏng nhiên liệu trên vách được gia nhiệt

Lý thuyết về cả hai cơ chế bay hơi và tương tác với vách được gia nhiệt sẽ được tập trung nghiên cứu dưới 2 chủ điểm: 1) Cơ chế truyền nhiệt xảy ra khi hạt chất lỏng lắng xuống bề mặt vách được gia nhiệt và 2) Sự bay hơi của các giọt phân tán trong môi trường khí nóng.

2.1.3. Lý thuyết cơ chế hình thành soot

Sự cháy của hạt nhiên liệu lỏng trong khi chúng dịch chuyển trong buồng cháy cũng như sự tập trung cục bộ hơi nhiên liệu ở những vùng có nhiệt độ cao đã sản sinh soot. Cơ chế hình thành soot từ pha hơi của ngọn lửa trong động cơ diesel bao gồm các quá trình: nhiệt phân, tạo mầm, phát triển của hạt, kết tụ, thiêu kết và oxi hóa.

2.2. Giả thuyết cơ chế hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ

2.2.1. Giả thuyết 1

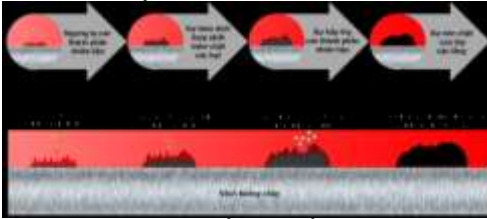


Hình 2.1. Giả thuyết cơ chế hình thành cặn lắng trong buồng cháy [14]

Mô hình khăng định rằng sự hình thành cặn buồng cháy phụ thuộc vào bốn quá trình: sự hình thành các tiền tố cặn từ các thành phần của nhiên liệu và oxy trong khu vực lửa tắt tức thời, sự ngưng tụ và bay hơi của các tiền tố cặn tại vách buồng cháy hoặc bề mặt lớp cặn và các phản ứng trùng hợp bên trong cấu trúc lớp cặn.

Sự cân bằng động giữa các quá trình này, cùng với sự xuất hiện liên tiếp của quá trình loại bỏ cạnh theo các cơ chế hóa học và cơ học sẽ xác định được lượng và tỉ lệ cạnh từ một loại nhiên liệu cụ thể dưới điều kiện hoạt động cụ thể của động cơ.

2.2.2. Giả thuyết 2



Cơ chế hình thành cạnh diễn ra theo bốn quá trình: hình thành màng lỏng; sự gắn kết, tạo lập và nôm chặt của các hạt; sự hấp thụ các thành phần khí và sự nén chặt các lớp cạnh.

Hình 2.2. Giả thuyết cơ chế hình thành cạnh trong buồng cháy [17]

2.3. Các phương pháp nghiên cứu cạnh lắng trong buồng cháy động cơ

Các phương pháp thực nghiệm phổ biến được sử dụng trong nghiên cứu cạnh lắng buồng cháy động cơ là: Trong nghiên cứu thành phần của cạnh lắng sử dụng các phương pháp phân tích bằng nhiệt (Thermo-gravimetric - TGA), phân tích hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) và phân tích thành phần hóa học; Trong nghiên cứu cấu trúc của cạnh lắng sử dụng kính hiển vi điện tử (TEM và SEM), hấp thụ khí và phổ Raman; Trong mô phỏng sự hình thành cạnh lắng sử dụng các phương pháp số; Trong nghiên cứu thực nghiệm nhằm xây dựng mô hình toán đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành cạnh lắng sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm.

2.4. Kết luận chương 2

Điều kiện nhiệt độ bề mặt của vách buồng cháy, khả năng hình thành màng lỏng và hóa hơi của nhiên liệu trong điều kiện nhiệt độ của buồng cháy và trạng tương tác của giọt nhiên liệu với bề mặt vách đóng vai trò then chốt trong quá trình tích tụ và phát triển cạnh.

Cơ chế hình thành màng lỏng nhiên liệu trên bề mặt vách khi các giọt nhiên liệu tương tác với vách được gia nhiệt, cơ chế tích tụ các hạt trong buồng cháy và cơ chế hình thành soot trong xilanh động cơ là những cơ sở khoa học để xây dựng mô hình thực nghiệm trong các nghiên cứu thực nghiệm trong luận án này.

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm để xác định hàm hồi quy phù hợp nhằm mô tả xu hướng hình thành cạnh lắng và đánh giá các yếu tố tác động đến sự tích tụ và phát triển của cạnh lắng.

CHƯƠNG 3 . XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TẠO CẶN LẮNG TRÊN VÁCH BUỒNG CHÁY

3.1. Xây dựng thử nghiệm tạo cặn trên mô hình vách buồng cháy (TNCMH)



1. Tấm nền hợp kim nhôm;
2. Bộ gia nhiệt;
3. Cảm biến phát hiện giọt;
4. Kim tạo giọt;
5. Van tiết lưu;
6. Ống dẫn nhiên liệu;
7. Kết nhiên liệu;
8. Cảm biến nhiệt độ;
9. Bộ điều khiển nhiệt độ; 10. Bộ hâm nhiên liệu;
11. Bộ thu tín hiệu phát hiện giọt;
12. Nhiệt kế hồng ngoại;
13. Camera

Hình 3.1. Sơ đồ thử nghiệm tạo cặn trên mô hình TNCMH



Hình 3.2. Trang thiết bị của TNCMH

Tấm nền bằng hợp kim nhôm (AC9A) được sử dụng như bề mặt của vách buồng cháy động cơ. Tấm nền được gia nhiệt bằng điện và nhiệt độ bề mặt của nó được điều khiển bởi một bộ điều khiển nhiệt độ. Nhiệt độ tấm nền được đo bằng một cặp nhiệt ngẫu, trong khi nhiệt độ bề mặt được đo bằng một nhiệt kế hồng ngoại. Đầu kim phun nhiên liệu cách tâm của tấm khoảng 75mm (L_h) để tránh làm nóng nhiên liệu trước thử nghiệm, hạn chế lỗi xảy ra do sự thiếu hụt lượng giọt lớn trong quá trình và chạm và đảm bảo số Weber(

$80 \leq We \leq 150$). Khoảng thời gian va chạm (τ_{vc}) được kiểm soát bằng cách điều chỉnh van tiết lưu. Số giọt va chạm (N_D) được xác định bằng cách sử dụng một máy dò laze hồng ngoại và thiết bị đếm.

3.2. Quy trình và chế độ thử nghiệm

3.2.1. Thử nghiệm bay hơi (TNBH)

Số lượng giọt nhiên liệu sẽ được xét đến trong thử nghiệm này là 100 giọt cho mỗi loại nhiên liệu. Đường kính của giọt nhiên liệu được xác định gần đúng thông qua đường kính miệng kim phun.

Phạm vi nhiệt độ của thử nghiệm bay hơi phụ thuộc vào loại nhiên liệu khoảng 125°C đến 410°C. Dao động nhiệt độ tối đa tại một điểm là 5°C. Đối với mỗi mức nhiệt, ít nhất ba lần thử nghiệm tiến hành để đảm bảo độ tin cậy của dữ liệu. Diễn biến sự tương tác giữa những giọt dầu trên bề mặt được quan sát và ghi lại bằng máy quay.

3.2.2. Thử nghiệm tạo cặn trên mô hình vách buồng cháy (TNCMH)

Cứ sau 1000 giọt, khối lượng cặn được đo và hình ảnh cặn được chụp lại. Ở các lần thử nghiệm tiếp theo bề mặt vách được làm mát và vệ sinh sạch trước khi tiến hành thử nghiệm.

Tổng số giọt nhiên liệu trong mỗi thử nghiệm TNCMH là 19000 giọt cho mỗi loại nhiên liệu.

Lượng cặn tại mỗi 1000 giọt sau khi được cân sẽ được bảo quản trong tủ hút chân không và chống ẩm để đảm bảo độ tin cậy của mẫu, sau khi quá trình thử nghiệm kết thúc mẫu sẽ được gửi đi phân tích thành phần.

Dữ liệu cho nhiệt độ bề mặt tối đa và tối thiểu của cặn (t_c [°C]) được đo bằng một nhiệt kế hồng ngoại (Beta 1760/IR1600).

3.2.3. Điều kiện thử nghiệm

Bảng 3.1. Điều kiện thử nghiệm của TNCMH

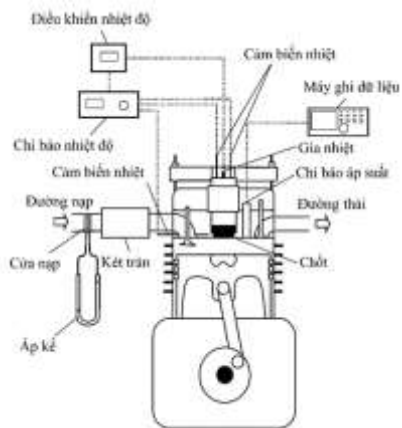
| Thí nghiệm | Loại nhiên liệu | Thời gian va chạm của giọt với vách | Nhiệt độ bề mặt vách |
|---|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | τ_{vc} (s) | t_{bm} (°C) |
| Ảnh hưởng của nhiệt độ bề mặt vách buồng cháy | DO | 5 | 270; 306; 327; 352; 367 |
| Ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu | DO | 3 và 5 | 306; 352 |
| | B100 | 5 và 8 | 352 |
| | B50 | | |

| Thí nghiệm | Loại nhiên liệu | Thời gian va chạm của giọt với vách | Nhiệt độ bề mặt vách |
|---|-----------------|-------------------------------------|----------------------|
| | | τ_{vc} (s) | t_{bm} (°C) |
| | | B20 | |
| | B5 | | |
| Đánh giá tính khả thi của mô hình TNCMH; Ảnh hưởng của lượng dầu bôi trơn | DO | 8 | 270 |
| | DO+1%L | | |
| | DO+2%L | | |

3.3. Mô hình thử nghiệm xác định lượng cần bù cháy động cơ thực (TNCBC)

Đây là mô hình thực nghiệm đối chứng nhằm đánh giá tính khả thi và đúng đắn của mô hình thực nghiệm TNCMH.

Đối tượng thử nghiệm được lựa chọn là động cơ diesel Robin DY41DS với các thông số chính cho trong Bảng 3.2. Mô hình và sơ đồ bố trí động cơ trên băng thử được thể hiện trong Hình 3.3. Để đo khối lượng cần trong buồng cháy mà không cần tháo dỡ nắp xilanh, một chốt nhôm được đặt trên nắp xilanh. Bốn cặp nhiệt ngẫu được gắn vào chốt để đo nhiệt độ chốt và thiết bị gia nhiệt được đưa vào bên trong chốt để kiểm soát nhiệt độ chốt.



Hình 3.3. Bố trí thiết bị trên động cơ DY41DS

Bảng 3.2. Các thông số chính của động cơ DY41DS

| Mô tả | Thông số |
|------------------|---|
| Loại động cơ | Diesel, 4 kỳ, 1 xilanh, làm mát cưỡng bức bằng không khí, phun nhiên liệu trực tiếp |
| Dung tích xilanh | 412 ml |

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| Đường kính x Hành trình piston | 82 mm x 78 mm |
| Tỷ số nén | 21:1 |
| Công suất tối đa | 6,3 kW tại 3600 vòng/phút |
| Mô men cực đại | 19,7 Nm tại 2400 vòng/phút |

Trong thử nghiệm này, một thiết bị gia nhiệt được gắn vào chốt và được thiết lập với nhiệt độ $t_h = 240^\circ\text{C}$. Động cơ được duy trì ở chế độ tải 50%, hệ số dư lượng không khí được thiết lập ở 2,4, nhiên liệu được phun sớm 15 độ GQTK so với ĐCT. Tốc độ động cơ được thiết lập tại 1200 vòng/phút và thời gian hoạt động liên tục của động cơ là 20 giờ. Sau mỗi giờ, chốt được rút ra và lượng cặn bám trên chốt được đo. Khối lượng chốt được đo bằng cân điện tử vi lượng với độ phân giải 0,01mg.

3.4. Phương trình hồi quy của sự hình thành và phát triển cặn lắng

3.4.1. Mô hình toán mô tả sự hình thành và phát triển cặn lắng của mô hình TNCMH

$$\frac{M_R}{m_D} = \alpha N_D^\beta \quad (3.1)$$

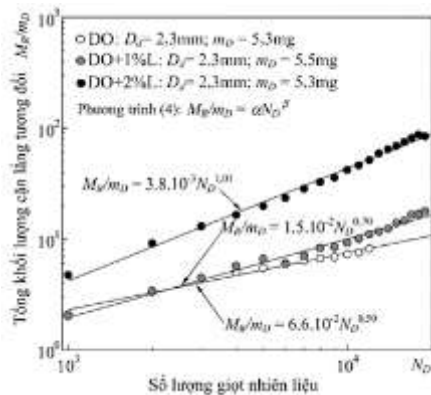
M_R = tổng khối lượng cặn trên bề mặt vách [g];

m_D = khối lượng của một giọt nhiên liệu đơn [g];

N_D = số giọt tương tác;

α = hệ số đặc trưng cho sự tạo cặn ban đầu;

β = hệ số đặc trưng cho sự phát triển cặn.



Hình 3.4. Sự tích tụ và phát triển cặn lắng trong thử nghiệm TNCMH

3.4.2. Mô hình toán mô tả sự hình thành và phát triển cận lắng của mô hình TNCBC

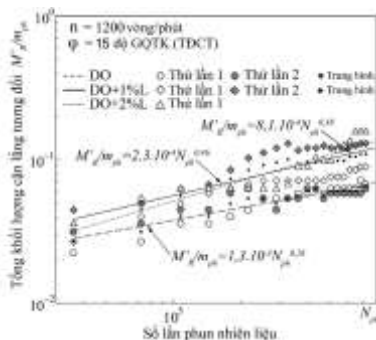
$$\frac{M'_R}{m_{ph}} = \alpha N_{ph}^\beta \quad (3.2)$$

M'_R là tổng khối lượng cận bám trên bề mặt chổi [g]

m_{ph} là khối lượng nhiên liệu của một giọt đơn [g/lần phun]

N_{ph} là số lần phun = $(1/2).(n/60)$

n là tốc độ quay của động cơ [vòng/phút]



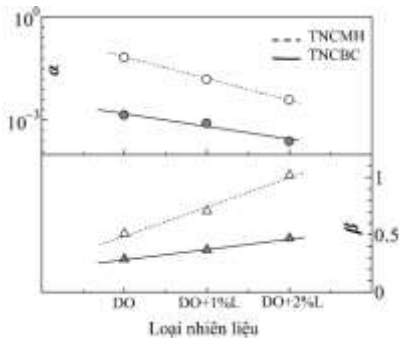
Hình 3.5. Sự tích tụ và phát triển cận trong thử nghiệm TNCBC

3.5. Tính tương đồng giữa mô hình TNCMH và TNCBC

3.5.1. Sự phát triển của cận lắng

Phương trình (3.1) và (3.2) áp dụng với TNCMH và TNCBC có ý nghĩa vật lý và dạng hàm hồi quy tương tự nhau. Trong TNCBC, tần suất phun nhiên liệu với tốc độ không đổi và lượng nhiên liệu không đổi tương tự với những va chạm của giọt nhiên liệu với tần suất liên tục với khoảng cách và khối lượng hạt không đổi giữa các giọt trong TNCMH. Sự khác biệt là TNCMH tập trung mô tả tốt hơn sự lắng đọng của những giọt nhiên liệu đơn. Trong quá trình lắp trong cả TNCMH và TNCBC, cận hình thành liên tục trên bề mặt vách.

Kết quả so sánh số tỉ lệ cận hình thành ở giai đoạn ban đầu (hệ số α) và tốc độ phát triển cận (hệ số β) cho thấy, cả hai thử nghiệm đều thu được xu hướng thay đổi hệ số α và β tương tự nhau đối với từng loại nhiên liệu thử nghiệm. Tuy nhiên, do quá trình cháy diễn ra trong động cơ nên nhiệt độ khí thể công tác cao và diện tích bề mặt chổi nhỏ trong TNCBC nên sự hình thành cận trong TNCBC chậm hơn so với TNCMH.



Hình 3.6. So sánh giá trị α và β của hai mô hình

3.5.2. Điều kiện thử nghiệm

Các điều kiện thử nghiệm của TNCMH và TNCBC cũng có một số điểm tương đồng. TNCMH có điều kiện thử nghiệm tương tự TNCBC trong điều kiện nhiệt độ bề mặt vách, trạng thái ướt/khô, cơ chế truyền nhiệt sôi, cơ chế tạo cặn và một số điều kiện khác trong cơ chế tạo cặn trong quá trình thử nghiệm. Các so sánh trong phần này được thực hiện trên cơ sở tham khảo các thông tin thu được từ các tài liệu tham khảo [10][11][12].

3.6. Kết luận chương 3

Xây dựng được mô hình thử nghiệm tạo cặn trên mô hình vách buồng cháy TNCMH nhằm thay thế mô hình động cơ thực rất phức tạp và có chi phí thử nghiệm rất cao. Mô hình thực nghiệm này không mô phỏng toàn bộ diễn biến và điều kiện diễn ra quá trình hình thành và phát triển của cặn lắng trong buồng cháy động cơ mà tập trung tạo lập cơ chế vật lý và các điều kiện tiên quyết của sự hình thành cặn lắng khi các giọt nhiên liệu tương tác với bề mặt vách với $80 \leq We \leq 150$.

Các phương trình hồi quy thu được có ý nghĩa vật lý tương tự và quan trọng nhất là có thể so sánh giá trị α và β thu được từ dữ liệu thử nghiệm trong TNCMH và TNCBC với mức chênh lệch về độ dốc lớn nhất tương ứng là 14% và 21%. Điều đó chứng tỏ tính đúng đắn của mô hình thực nghiệm đã được xây dựng.

CHƯƠNG 4 . NGHIỆN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Phương pháp và quy trình thử nghiệm tạo cặn lắng trên bề mặt vách buồng cháy

4.1.1. Mục đích thử nghiệm

Mục tiêu chính của các nghiên cứu thực nghiệm này là nghiên cứu tác động của nhiệt độ bề mặt vách buồng cháy, thành phần nhiên liệu và lượng dầu bôi trơn đến sự hình thành và phát triển cặn thông qua mô hình TNCMH.

4.1.2. Phạm vi thử nghiệm

Các thử nghiệm được tiến hành với các điều kiện thử nghiệm như sau:

. Bảng 4.1. Điều kiện thử nghiệm TNCMH

| Nghiên cứu | Loại nhiên liệu | Thời gian va chạm của giọt với vách | Số lượng giọt nhiên liệu tương tác | Nhiệt độ bề mặt vách | Nhiệt độ MEP |
|------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| | | τ_{vc} (s) | N _D (giọt) | t _{bm} (°C) | (°C) |
| Ảnh hưởng | DDC | - | 100 | 125 - 410 | 231 |

| Nghiên cứu | Loại nhiên liệu | Thời gian va chạm của giọt với vách | Số lượng giọt nhiên liệu tương tác | Nhiệt độ bề mặt vách | Nhiệt độ MEP |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| | | τ_{vc} (s) | N_D (giọt) | t_{bm} (°C) | (°C) |
| của nhiệt độ vách buồng cháy | DO | 5 | 19000 | 270; 306 327; 352 367 | 357 |
| Ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu | DO | 3 và 5 | 19000 | 306; 352 | 357 |
| | B100 | 5 và 8 | 19000 | 352 | 361 |
| | B50 | | | | 380 |
| | B20 | | | | 362 |
| B5 | 357 | | | | |
| Ảnh hưởng của lượng dầu bôi trơn | DO | 8 | 19000 | 270 | 357 |
| | DO+1%L | | | | 359 |
| | DO+2%L | | | | 397 |

4.1.3. Quy trình và điều kiện thử nghiệm



Hình 4.1. Thiết bị trong quá trình thử nghiệm TNCMH

Các nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trên mô hình TNCMH (Hình 4.1) với các điều kiện thử nghiệm trình bày trong Bảng 4.1. Quy trình thực nghiệm như đã trình bày trong mục 3.2.2.

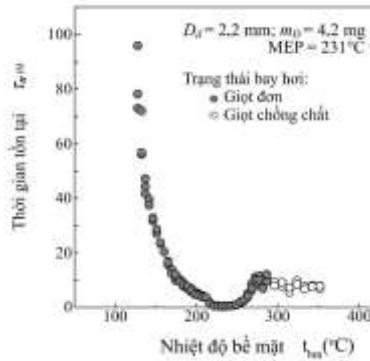
4.2. Đặc tính bay hơi của các nhiên liệu thử nghiệm

4.2.1. Đặc tính bay hơi của Dodecan và nhiên liệu diesel

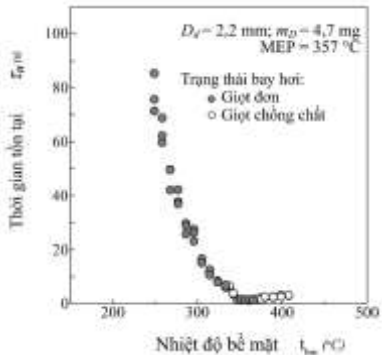
Các đặc tính bay hơi của dodecane (DDC: $C_{12}H_{26}$) và nhiên liệu diesel (DO) được thể hiện trong Hình 4.2 và 4.3. Thời gian tồn tại của giọt nhiên liệu, điểm tốc độ bay hơi tối đa và tình trạng bay hơi là ba thông số chính thu được từ kết quả thực nghiệm.

Hình 4.2 cho thấy quãng thời gian bay hơi của giảm dần trong khi nhiệt độ bề mặt tăng. Thời gian tồn tại tối thiểu của 1 giọt DDC có thể quan sát được thuộc vùng nhiệt độ cao hơn nhiệt độ sôi của nhiên liệu ($BP = 214,5^{\circ}C$), nhiệt độ này được gọi là điểm tốc độ bay hơi tối đa (MEP).

Các đặc tính bay hơi của nhiên liệu DO được thể hiện trong Hình 4.3. Thời gian bay hơi trước và tại vùng MEP tương tự với nhiên liệu DDC. Tuy nhiên, do các hydrocacbon đa thành phần có trong nhiên liệu nên quá trình bay hơi của nó có sự khác biệt so với loại nhiên liệu thuần nhất DDC. Nhiệt độ MEP ứng với $t_{bm} = 357^{\circ}C$ và cao hơn so với nhiệt độ điểm sôi cuối của DDC.

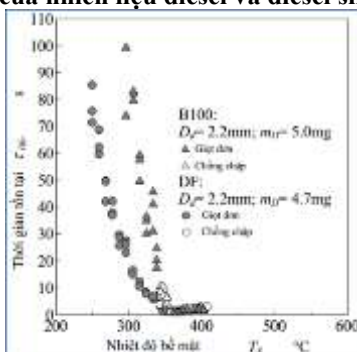


Hình 4.2. Đặc tính bay hơi của dodecane



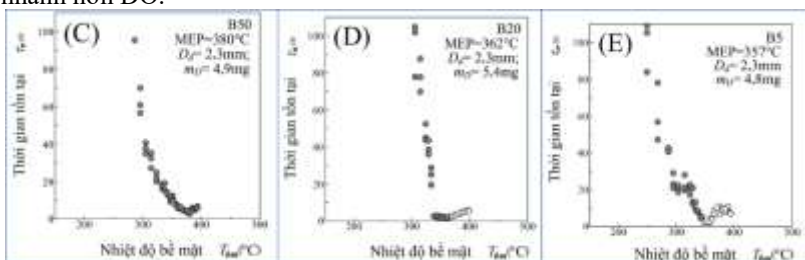
Hình 4.3. Đặc tính bay hơi của diesel (DO)

4.2.2. Đặc tính bay hơi của nhiên liệu diesel và diesel sinh học



Hình 4.4. Đặc tính bay hơi của diesel (DO) và nhiên liệu sinh học (B100)

Đặc tính của B100 có xu hướng rất dốc, do đó thời gian tồn tại giảm nhanh hơn DO.

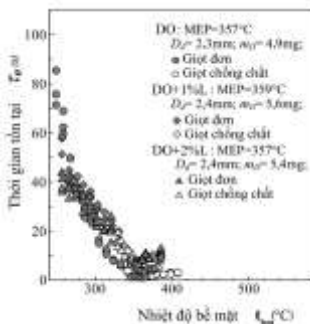


Hình 4.5. Đặc tính bay hơi của B50, B20 và B5

Đặc tính bay hơi trước MEP của các nhiên liệu sinh học hòa trộn được xác định nằm giữa đặc tính bay hơi của DO và B100.

4.2.3. Đặc tính bay hơi của nhiên liệu có pha trộn dầu bôi trơn

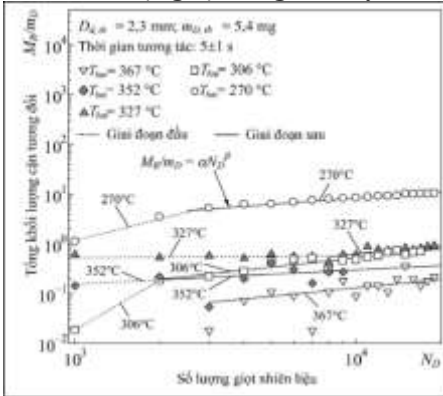
Khi nhiệt độ thứ cấp rất thấp (chênh lệch nhiệt độ bề mặt và MEP), thời gian tồn tại của giọt nhiên liệu DF + 1% L và DF + 2% L dài hơn giọt nhiên liệu DF.



Hình 4.6. Đặc tính bay hơi của DO+1%L, DO+2%L

4.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ vách buồng cháy đến sự hình thành và phát triển cặn lắng

4.3.1. Khối lượng cặn lắng tích lũy

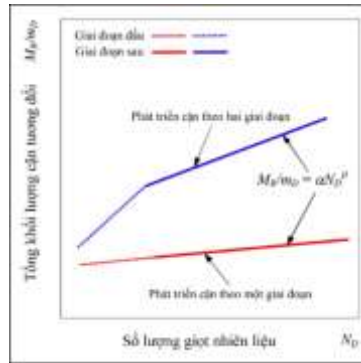


Hình 4.7. Phát triển cặn DO ở nhiệt độ bề mặt vách khác nhau

Với số giọt < 1000 giọt, lượng cặn tích tụ rất nhỏ. Ở 9000 giọt, $t_{bm} = 327^\circ\text{C}$, $M_R = 3,3\text{mg}$. Khi $t_{bm} = 352^\circ\text{C}$, $M_R = 1,5\text{mg}$, giảm 55%. Khi $t_{bm} = 367^\circ\text{C}$, $M_R = 1,0\text{mg}$, ít hơn 70% so với 327°C . Ở 19000 giọt, $t_{bm} = 270^\circ\text{C}$, $M_R = 54,8\text{mg}$, cao gấp 45 lần so với lượng cặn tích lũy $t_{bm} = 367^\circ\text{C}$ với $M_R = 1,2\text{mg}$. Như vậy, khi số giọt tăng, nhiệt độ bề mặt cao hơn có xu hướng tạo cặn ít hơn so với bề mặt nhiệt độ thấp.

4.3.2. Sự phát triển của cặn

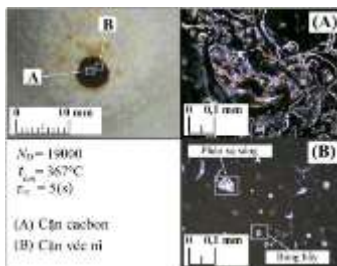
Có hai dạng phát triển của cặn lắng: dạng phát triển một giai đoạn và dạng phát triển hai giai đoạn. Khi nhiệt độ bề mặt là 270°C , 306°C và 327°C (thấp hơn nhiệt độ MEP), quá trình phát triển cặn gồm hai giai đoạn là giai đoạn ban đầu (đường chấm) và giai đoạn sau (đường liền). Tuy nhiên, trong điều kiện 352°C và 367°C (rất gần nhiệt độ MEP), cặn chỉ phát triển theo 1 giai đoạn duy nhất.



Hình 4.8. Các dạng phát triển của cặn

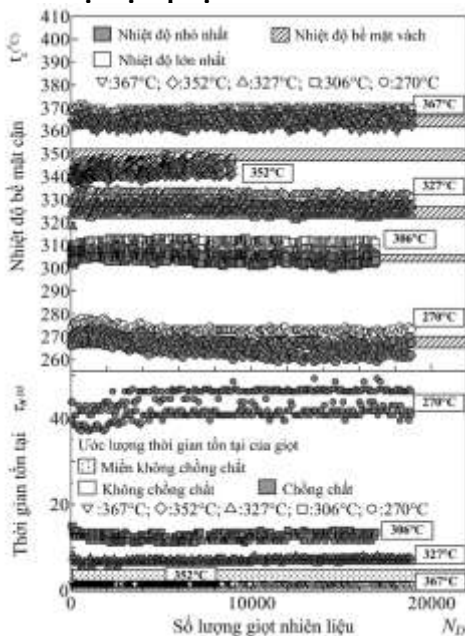
4.3.3. Cấu trúc của lớp cặn

Hình (A) cho thấy cặn thu được có cấu trúc và hình dạng giống cacbon, nó được đặc trưng bởi màu đen tương tự như soot. Kết quả phân tích mẫu cặn cho thấy có sự phản xạ ánh sáng trong Hình (B), chứng tỏ trong cặn có chứa thành phần cặn giống véc-ni, trong đó bề mặt sáng bóng là hình ảnh của cặn polyme lỏng cao phân tử.



Hình 4.9. Cấu trúc của cặn lắng

4.3.4. Nhiệt độ lớp cặn



Hình 4.10. Nhiệt độ của cặn

Tác dụng làm mát bằng nhiên liệu lỏng chiếm ưu thế ở giai đoạn đầu, làm giảm nhiệt độ bề mặt của cặn. Các quá trình trùng hợp và oxy hóa diễn ra khi tần suất giọt nhiên liệu tăng lên. Trong quá trình oxy hóa, nhiệt được giải phóng dẫn đến nhiệt độ bề mặt cặn tăng lên. Sau khi cặn tích lũy, nhiệt độ bề mặt cặn giảm nhẹ do độ dẫn nhiệt của cặn thấp.

Ở 270°C, 306°C, điều kiện tương tác chống chất được duy trì trong suốt quá trình thử nghiệm.

Ở 327°C, quãng thời gian tồn tại gần bằng với thời gian tương tác, dẫn đến độ dày của lớp cặn tăng lên ở giai đoạn sau.

4.3.5. Hàm tỷ lệ tạo cặn xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ vách buồng cháy

Dạng hàm hồi quy phù hợp đã được lựa chọn tương tự công thức (3.1), với các hệ số tương ứng là α_1 và β_1 nêu trong Bảng 4.2.

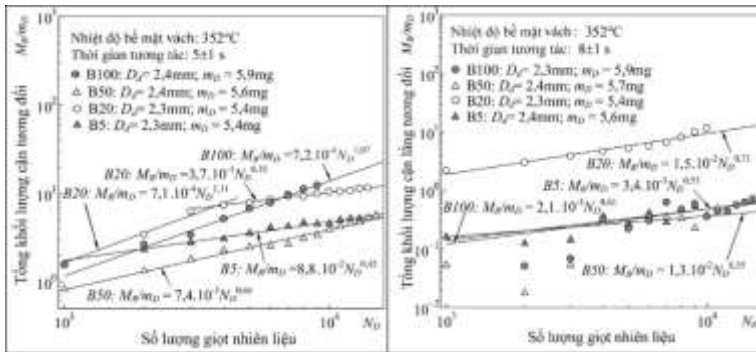
Bảng 4.1. Hệ số α và β đối với nhiệt độ bề mặt vách khác nhau

| Nhiệt độ bề mặt (°C) | α_{1bd} | β_{1bd} | α_{1s} | β_{1s} |
|-----------------------------------|----------------------|---------------|---------------------|--------------|
| $t_{bm} = 270$ | $6,0 \cdot 10^{-5}$ | 1,43 | $1,7 \cdot 10^{-1}$ | 0,42 |
| $t_{bm} = 306$ | $2,0 \cdot 10^{-12}$ | 3,32 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 0,62 |
| $t_{bm} = 327$ | $4,1 \cdot 10^{-1}$ | 0,04 | $3,2 \cdot 10^{-3}$ | 0,57 |
| $t_{bm} = 352$ | $2,1 \cdot 10^{-2}$ | 0,29 | $2,1 \cdot 10^{-2}$ | 0,29 |
| $t_{bm} = 367$ | - | - | $7,5 \cdot 10^{-4}$ | 0,56 |
| Điều kiện không chông chất và khô | | | | |

Kết quả quy hoạch thực nghiệm cho thấy sự hình thành cặn có mối tương quan chặt chẽ đến hệ số đánh giá sự phát triển cặn β_1 , khi $\beta_1 < 0,7$ tốc độ hình thành cặn chậm, trong khi đó sự hình thành cặn nhanh khi $\beta_1 \geq 0,7$. Ở 270°C và 306°C, giá trị α_1 ở các giai đoạn ban đầu là rất nhỏ.

4.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu đến sự hình thành và phát triển cặn lắng

4.4.1. Khối lượng cặn tích lũy

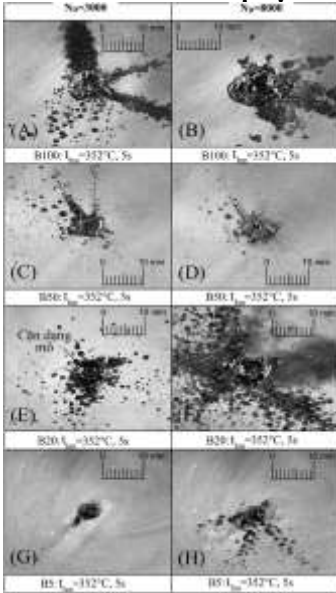


Hình 4.11. Sự tích lũy cặn của các nhiên liệu B100, B50, B20 và B5 ở thời gian tương tác là 5s và 8s

Khối lượng cặn tích lũy của B100 là lớn nhất trong số các loại nhiên liệu thử nghiệm, lượng cặn thu được sau 9000 giọt là $M_R = 73,3\text{mg}$, cao gấp 2,5 lần so với B5 ($M_R = 24,3\text{mg}$). Ở 9000 giọt, lượng cặn tích lũy cho B50 là $M_R = 18,9\text{mg}$, giá trị này là ít hơn 74% so với B100. Ở 9000 giọt, sự khác biệt về cặn lên đến khoảng 64% và 22% khi ta so sánh B50 ($M_R = 18,9\text{mg}$) với B20 ($M_R = 53,1\text{mg}$) và B5 ($M_R = 24,3\text{mg}$). Tuy nhiên, ở 14000 giọt, sự khác biệt trở nên nhỏ hơn và cặn thu được của B50 ít hơn 53% với so với B20 và nhiều hơn 2% so với B5.

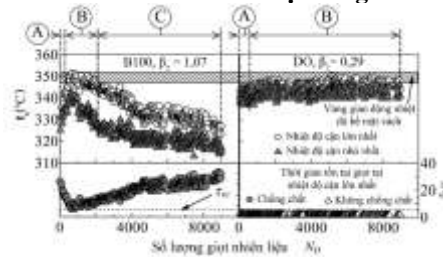
Khi thời gian va chạm 8s thu được lượng cặn tích lũy tương đối nhỏ trừ B20. Không có sự khác biệt rõ ràng giữa sự phát triển cặn của B100, B50 và B5 so với thời gian va chạm 5s.

4.4.2. Tính chất của lớp cặn



Hình 4.12. Ảnh cặn của nhiên liệu B100, B50, B20 và B5 ở 3000 giọt và 8000 giọt

4.4.3. Cơ chế hình thành cặn lắng



Hình 4.13. Cơ chế hình thành cặn của nhiên liệu B100 và DO

4.4.4. Hàm tỷ lệ tạo cặn xét đến ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu

Hàm hồi quy mô tả sự hình thành và phát triển của cặn lắng khi xét đến ảnh hưởng của thành phần nhiên liệu có dạng như phương trình (3.1) với các hệ số thực nghiệm α_2 , β_2 được mô tả trong Bảng 4.3.

Xu hướng chung: khi thành phần nhiên liệu sinh học tăng thì cặn hình thành nhiều hơn; tuy nhiên không chắc chắn rằng khi tỉ lệ nhiên liệu sinh học cao thì lượng cặn tích tụ lớn (như B20);

Những dấu vết mảnh vụn được quan sát thấy trong B100, B50, B20 và B5. Nó chỉ ra rằng có sự chống chọi giữa quá trình bay hơi và quá trình va chạm do thời gian bay hơi mở rộng khi trạng thái ướt của bề mặt vách được duy trì.

Có hai loại cặn: loại cặn có hình dáng lớp hoặc mô với cấu trúc cô đặc và xốp.

Cấu trúc của cặn cũng góp phần vào sự tạo cặn. Cặn có cấu trúc nhỏ gọn có thể có độ dẫn nhiệt cao hơn và khó tách hơn so với cấu trúc xốp.

Với nhiên liệu diesel, nhiệt độ bề mặt cặn chỉ giảm nhẹ (giai đoạn A) và tăng trở lại (giai đoạn B), nhiệt độ tối đa của nó nằm trong sự biến động nhiệt độ bề mặt vách.

Do lượng cặn hình thành ít và tồn tại dưới dạng lớp, nên tác dụng làm mát ở giai đoạn đầu và quá trình oxy hóa bề mặt trong giai đoạn sau là những nhân tố chủ yếu tạo cặn.

Bảng 4.3. Giá trị α_2 và β_2

| Nhiên liệu | Điều kiện thí nghiệm | N_D | α_2 | β_2 |
|------------|--|------------|---------------------|-----------|
| B100 | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-9000 | $7,1 \cdot 10^{-4}$ | 1,07 |
| | $\tau_{vc} = 8s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-15000 | $2,0 \cdot 10^{-3}$ | 0,60 |
| B50 | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-15000 | $7,5 \cdot 10^{-3}$ | 0,68 |
| | $\tau_{vc} = 8s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-11000 | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | 0,36 |
| B20 | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-4000 | $7,2 \cdot 10^{-4}$ | 1,12 |
| | | 4000-14000 | $3,8 \cdot 10^{-1}$ | 0,36 |
| | $\tau_{vc} = 8s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-10000 | $1,5 \cdot 10^{-2}$ | 0,70 |
| B5 | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-15000 | $8,7 \cdot 10^{-2}$ | 0,43 |
| | $\tau_{vc} = 8s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-9000 | $3,5 \cdot 10^{-3}$ | 0,54 |
| DO | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-9000 | $2,1 \cdot 10^{-2}$ | 0,29 |
| | $\tau_{vc} = 3s, t_{bm} = 352^\circ C$ | 1000-9000 | $5,2 \cdot 10^{-2}$ | 0,17 |
| | $\tau_{vc} = 5s, t_{bm} = 306^\circ C$ | 2000-17000 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 0,62 |

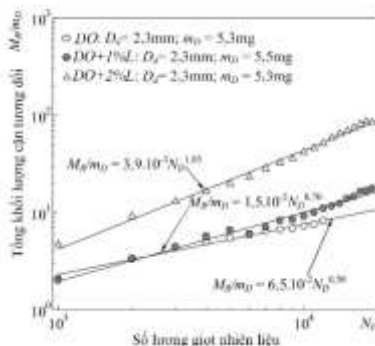
4.5. Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng dầu bôi trơn trong buồng cháy đến sự hình thành và phát triển cặn lắng

4.5.1. Khối lượng cặn tích lũy

Ở giai đoạn ban đầu ($N_D < 4000$ giọt), khối lượng cặn tích lũy của DO+1%L tương tự như của DO.

Ở 12000 giọt, lượng cặn tích lũy của DO+1% L là $M_R = 60,8mg$, nhiều hơn 40% so với DO ($M_R = 42,7mg$).

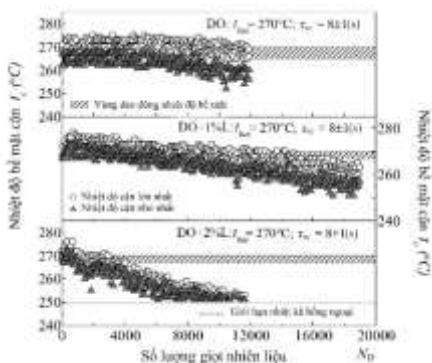
Khi $N_D > 12000$ giọt, lượng cặn thu được sau mỗi 1000 giọt của DO+2%L là $M_R = 274,0mg$ nhiều hơn 4 lần so với lượng cặn của DO+1%L ($M_R = 60,8mg$).



Hình 4.14. Sự tích tụ và phát triển cặn DO, DO+1%L, DO+2%L

4.5.2. Nhiệt độ lớp cặn

Nhiên liệu có pha trộn với dầu bôi trơn, khi số giọt nhiên liệu tăng lên thì $t_{c,max}$ và $t_{c,min}$ đều có xu hướng giảm mạnh theo độ tăng tỉ lệ hòa trộn.

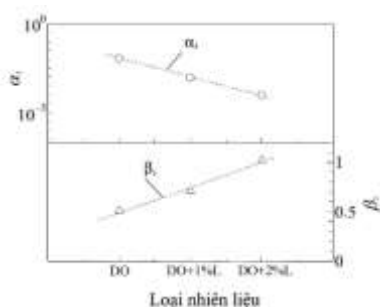


Hình 4.15. Nhiệt độ bề mặt cặn

4.5.3. Hàm tỷ lệ tạo cặn xét đến ảnh hưởng của lượng dầu bôi trơn trong buồng cháy

Mối quan hệ, tương quan giữa số lượng giọt nhiên liệu và khối lượng cặn tương đối được mô tả bởi hàm hồi quy có dạng như phương trình (3.1) với các hệ số thực nghiệm α_3 và β_3 tương ứng.

Giá trị α_3 có xu hướng trái ngược hoàn toàn với β_3 , lượng cặn hình thành ban đầu của DO là lớn nhất ứng với giá trị α lớn nhất, tiếp theo đó là DF+1%L và DF+2%L. Khi số lượng giọt nhiên liệu tăng lên thì β_3 tăng khi tỉ lệ pha trộn dầu bôi trơn tăng.



Hình 4.16. Sự thay đổi của các hệ số α_3 và β_3 .

4.6. Kết luận chương 4

1. Các đặc tính bay hơi thu được qua thí nghiệm TNBH là cơ sở quan trọng để xác định trạng thái ướt/khô ban đầu, sự tương tác vật lý của giọt nhiên liệu với bề mặt vách và thời gian tồn tại ước tính của giọt nhiên liệu trong suốt quá trình tạo cặn.

2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ, tình trạng ướt hay khô... của bề mặt vách đến sự tạo cặn trong nghiên cứu này cho thấy rằng nhiệt độ bề mặt vách có tác động rất lớn đến cơ chế hình thành cặn lắng của nhiên liệu. Nhiệt độ bề mặt vách nằm gần nhiệt độ MEP sẽ làm giảm sự hình thành cặn trên bề mặt vách, lượng cặn tích lũy ở nhiệt độ thứ cấp -5°C và

+10°C giảm 55% và 70% so với lượng cặn tích lũy ở nhiệt độ thứ cấp -30°C. Ở giai đoạn sau, lượng cặn tích lũy khi nhiệt độ gần MEP đã giảm đến 97% so với lượng cặn tích lũy ở nhiệt độ bề mặt thấp hơn MEP.

3. Kết quả nghiên cứu đánh giá tác động của thành phần nhiên liệu đến xu hướng hình thành và phát triển cặn trong TNCMH cho thấy metyl este dầu cọ (B100) và hỗn hợp pha trộn của nó (B50, B20, B5) sẽ hình thành cặn lắng trong điều kiện bề mặt ẩm nhưng tốc độ phát triển cặn lắng còn phụ thuộc vào tỷ lệ pha trộn. Ở giai đoạn sau của quá trình phát triển cặn lắng, tỷ lệ pha trộn là một trong những yếu tố chính quyết định tốc độ phát triển và tổng lượng cặn tích lũy.

4. Dầu bôi trơn với thành phần phụ gia có tính chống oxi hóa, chất tẩy rửa và gốc dầu chứa nhiều hidrocarbon thơm đã cho thấy có tác động đáng kể đến sự gia tăng khả năng tạo cặn, tốc độ tạo cặn khi lẫn vào trong nhiên liệu của động cơ.

KẾT LUẬN CHUNG

1. Các điều kiện thử nghiệm trên TNCMH tương tự như một số điều kiện ở động cơ diesel về trường nhiệt độ, độ ẩm, truyền nhiệt... Vì vậy, TNCMH được coi là mô hình tương đối đồng dạng trong nghiên cứu sự phát triển cặn trong động cơ thực.

2. Mô hình toán của quá trình hình thành cặn thể hiện qua các phương trình hồi qui dạng: $\frac{M_R}{m_D} = \alpha N_D^\beta$

Các bộ số α và β thu được đối với mỗi nghiên cứu ảnh hưởng là cơ sở khoa học rất có ý nghĩa để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đến cơ chế hình thành và phát triển của cặn lắng.

3. Sự kết hợp giữa đặc tính hình thành cặn lắng và các đặc tính bay hơi của nhiên liệu nhằm làm sáng tỏ các kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này.

4. Nhiệt độ bề mặt vách là yếu tố quan trọng đối với sự hình thành và phát triển của cặn lắng trên bề mặt vách buồng cháy, việc kiểm soát nhiệt độ bề mặt vách buồng cháy có thể là một biện pháp hữu hiệu để giảm sự hình thành cặn trong động cơ.

5. Nhiên liệu sinh học (B100) và hỗn hợp pha trộn của nó (B50, B20, B5) hình thành cặn trong điều kiện bề mặt vách ẩm nhưng tốc độ phát triển cặn lắng còn phụ thuộc vào tỷ lệ pha trộn. Ở giai đoạn ban đầu của quá trình hình thành, không chắc rằng một tỷ lệ pha trộn cao hơn sẽ tạo ra nhiều cặn hơn. Tuy nhiên, ở giai đoạn sau, tỷ lệ pha trộn là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến tốc độ phát triển cặn và tổng lượng cặn tích lũy.

6. Dầu bôi trơn khi có mặt trong nhiên liệu đã làm tăng độ nhớt, giảm khả năng bay hơi, kéo dài thời gian tồn tại của giọt nhiên liệu và làm gia tăng lượng cặn lắng hình thành trên bề mặt vách. Do đó, khi tỉ lệ pha trộn của dầu bôi trơn càng cao thì xu hướng cặn hình thành, tốc độ phát triển của cặn cũng

tăng lên.

7. Các cơ chế tạo cặn trong nghiên cứu này đã được mô tả theo sự biến động của nhiệt độ bề mặt cặn và những biến động của thời gian tồn tại giọt nhiên liệu trong quá trình tạo cặn. Sự biến động của nhiệt độ bề mặt cặn được gây ra bởi sự cạnh tranh giữa tác dụng làm mát, tác dụng oxi hóa bề mặt và hiệu ứng truyền nhiệt trong quá trình hình thành cặn.

Những đóng góp mới của luận án

- Là nghiên cứu cơ bản đầu tiên tại Việt Nam về cơ chế hình thành và phát triển cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel;

- Xây dựng được một mô hình thực nghiệm đơn giản và tiết kiệm chi phí mà vẫn đảm bảo tính đúng đắn trong việc xác định sự tạo cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel;

- Xây dựng được mô hình toán học mô tả xu hướng hình thành và phát triển của cặn lắng trong buồng cháy động cơ.

HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Như đã đề cập trong kết luận thứ nhất, nếu điều kiện cho phép thì việc thiết lập mô hình thực nghiệm có kể đến các yếu tố nhiệt độ, áp suất khí thể, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cháy... thì kết quả thực nghiệm thu được sẽ có tính thuyết phục hơn với quá trình nghiên cứu sự hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ. Tuy nhiên với những kết quả của nghiên cứu này cho phép mở ra các hướng phát triển tiếp theo và nâng cấp mô hình thực nghiệm nhằm tiến tới đánh giá một cách toàn diện các yếu tố hình thành nên cặn lắng trong buồng cháy động cơ.

Ngoài ra với thành công ban đầu của nghiên cứu cơ bản về cơ chế hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ diesel sẽ là cơ sở lý thuyết ban đầu để xây dựng các giải pháp giảm thiểu cặn lắng trên động cơ diesel nói chung và động cơ diesel tàu thủy nói riêng bởi xu thế bắt buộc sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp hoặc siêu thấp thì vấn đề hình thành cặn lắng trong buồng cháy động cơ, đặc biệt là tại đầu vòi phun là khá nghiêm trọng.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

1. **Phạm Văn Việt**, Lương Công Nhớ, Trần Quang Vinh. “Cặn Lắng Trong Động Cơ Và Các Biện Pháp Phòng Ngừa”. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 27, ISSN 1859-3585, 2015.
2. **Phạm Văn Việt**, Hoang Anh Tuan, Luong Cong Nho, Tran Van Trung. Proceedings of the 2016 international conference: “The Effect Of Combustion Chamber Deposits On Heat Transfer And Combustion In A Small Marine Diesel Engines”, *Advanced Technology & Sustainable Development, Industrial University of Ho Chi Minh Publishing House*, ISBN 978-604-920-040-3, 2016.
3. **Phạm Văn Việt**, Lương Công Nhớ, Nguyễn Lan Hương. “Nghiên Cứu Quá Trình Tạo Cặn Trong Buồng Cháy Động Cơ”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, NXB Hàng hải*, Số 50, ISSN 1859-316X, 2017.
4. **Phạm Văn Việt**, Lương Công Nhớ, Trần Quang Vinh, Nguyễn Lan Hương. “Phân Tích Ảnh Hưởng Của Nhiệt Độ Đình Piston Đến Sự Hình Thành Cặn Lắng Buồng Đốt Động Cơ Diesel”. *Hội nghị KHCN toàn quốc về Cơ khí – Động lực, Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh*, ISBN 978-604-73-5602-7, 2017.
5. **Phạm Văn Việt**, Luong Cong Nho, Tran Quang Vinh, Nguyen Lan Huong, Tran The Nam. “Setting Up The Experimental Model To Investigate Deposit Fomation Of Diesel And Biodiesel Fuels On A Wall Surface”. *Journal of ASIA Maritime & Fisheries Universities Forum*, ISSN: 2508-5247, 2017.
6. **Phạm Văn Việt**, Luong Cong Nho, Tran Quang Vinh. “Analysing The Effect Of Lubricant Oil On Combustion Chamber Deposit Formation In Diesel Engines”. *Journal of Marine Science and Technology No. 53, ISSN 1859-316X, Marine Publishing House*, 2018.
7. **Phạm Văn Việt**, Hoàng Anh Tuấn, Lương Công Nhớ, Trần Quang Vinh, Phạm Ngọc Tuyên. “Nghiên Cứu Sự Hình Thành Cặn Lắng Trong Buồng Cháy Và Sự Suy Thoái Của Dầu Bôi Tron Trong Động Cơ Diesel Thủy Cỡ Nhỏ Sử Dụng Trực Tiếp Dầu Thực Vật”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải*, Số 26-2/2018, ISSN 1859-4263, 2018.
8. **Phạm Văn Việt**, Lương Công Nhớ, Trần Quang Vinh, Phạm Ngọc Tuyên, Phan Trung Kiên. “Nghiên Cứu Ảnh Hưởng Của Dầu Bôi Tron Đến Sự Hình Thành Cặn Lắng Piston Trong Động Cơ Diesel Sử Dụng Nhiên Liệu Sinh Học”. *Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ IV, Đại học Giao thông vận tải TP. HCM*, 2018.
9. Anh Tuan Hoang, **Van Viet Pham**. “Impact of Jatropa Oil on Engine Performance, Emission Characteristics, Deposit Formation, and Lubricating Oil Degradation”. *Combustion Science and Technology*, <https://doi.org/10.1080/00102202.2018.1504292>, Print ISSN: 0010-2202 Online ISSN: 1563-521X, Taylor & Francis, 2018.