

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH CHÁY HCCI TRONG BUỒNG CHÁY THỂ TÍCH KHÔNG ĐỔI

STUDY HCCI BURNING PROCESS IN A CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER

Nguyễn Phi Trường^{1,*}, Nguyễn Tuấn Nghĩa¹,
Nguyễn Xuân Khoa¹, Nguyễn Văn Tuấn³, Trần Đăng Quốc²

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.084>

TÓM TẮT

Với ưu điểm của buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) có nhiều cửa sổ trong suốt nên rất dễ quan sát bên trong buồng cháy và khả năng thay đổi dễ dàng các thông số quá trình đốt cháy như tỉ lệ không khí - nhiên liệu, tỉ lệ khí dư, áp suất và nhiệt độ bên trong buồng cháy nên các tác giả sử dụng buồng cháy này cho nghiên cứu. Bài báo này trình bày kết quả thực nghiệm đánh giá về diễn biến quá trình cháy của nhiên liệu diesel (B0) và bio-diesel 10% (B10) trong buồng cháy thể tích không đổi (CVCC). Hỗn hợp khí và nhiên liệu được phun vào trong CVCC được đánh giá ở hòa trộn trước và hòa trộn sau khi bật tia lửa điện đến quá trình cháy. Hình ảnh quá trình cháy lan tràn màng lửa được chụp bằng phương pháp thiết lập hình ảnh Schlieren sử dụng camera tốc độ cao CHONOS 1.4 (40000 hình/giây). Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình hình thành hỗn hợp và cháy HCCI, tốc độ lan tràn màng lửa, tốc độ tăng áp suất trong giai đoạn cháy mỗi của nhiên liệu bio-diesel 10% (B10) cao hơn so với nhiên liệu diesel (B0) và thời gian cháy trễ ngắn hơn so với nhiên liệu B0.

Từ khóa: Quá trình cháy; buồng cháy thể tích không đổi; nhiên liệu diesel; nhiên liệu bio-diesel; HCCI.

ABSTRACT

The advantage of the constant volume combustion chamber (CVCC) is that there are many transparent windows, so it is easy to see the inside of the combustion chamber and the ability to easily change combustion parameters such as the air-fuel ratio, pressure, and temperature inside the combustion chamber, so the authors used this combustion chamber for research. This paper presents the results of an experimental evaluation of the combustion of diesel fuel (B0) and 10% bio-diesel (B10) in the constant volume combustion chamber. The mixture of gas and fuel is sprayed into the CVCC and evaluated in the pre-blending, mixing after ignition to the combustion process. The fire spread image of the flame film was taken by the Schlieren image setting method using CHRONOS 1.4 high-speed camera (40000 frames/sec). The research results show that the process of mixture formation and combustion of HCCI, the rate of flame spread, and the rate of pressure rise in the ignition phase of bio-diesel 10% (B10) fuel are higher than those of biodiesel fuel (B10), diesel fuel (B0) and the ignition delay time is shorter than that of fuel B0.

Keywords: Burning process; constant volume combustion chamber; biodiesel fuel; CVCC.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Đại học Bách khoa Hà Nội

³Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải

*Email: truongnp@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/12/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/2/2023

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhiên liệu sử dụng cho động cơ đốt trong thường là các sản phẩm chưng cất từ dầu mỏ như xăng và dầu diesel [1, 2], việc sử dụng nhiên liệu này đã làm tăng nhu cầu tiêu thụ năng lượng [3, 4] và gia tăng ô nhiễm môi trường [5, 6] trên thế giới. Để giải quyết những vấn đề đó, cần phải tìm ra nguồn năng lượng mới để thay thế các nguồn năng lượng truyền thống [7, 8]. Đối với các nguồn năng lượng thay thế như sinh khối, gió, mặt trời và địa nhiệt, diesel sinh học được coi là một nguồn năng lượng tái tạo tiềm năng [9-12] vì nó có thể được cung cấp một cách hiệu quả [13-15] và cung cấp khả năng phát triển bền vững để giải quyết những vấn đề này [16-18]. Hơn nữa, với nguồn nguyên liệu dồi dào (phế phẩm nông nghiệp, mớ động vật, dầu thải, tảo) [19, 20], một kế hoạch phát triển diesel sinh học là giải pháp tốt thúc đẩy nông dân tham gia vào nông nghiệp bền vững ở các nước đang phát triển [21,22]. Khi nghiên cứu nhiên liệu sử dụng cho động cơ đốt trong thì việc nghiên cứu quá trình cháy là rất cần thiết để tối ưu hóa động cơ bao gồm nghiên cứu quá trình hình thành hỗn hợp và cháy, thời gian phun nhiên liệu, thời gian đánh lửa, thời gian đốt cháy nhiên liệu, tốc độ lan tràn màng lửa, tốc độ tăng áp suất, tỉ lệ tương đương giữa nhiên liệu và không khí [23-25]. Những thông số này ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của động cơ. Khi nghiên cứu quá trình cháy trên động cơ thực tế gặp rất nhiều khó khăn như buồng cháy không trong suốt nên khó quan sát và chụp ảnh từ bên ngoài, chi phí để thiết kế chế tạo buồng cháy thực tế lớn.

Nghiên cứu quá trình hình thành hỗn hợp và cháy trong buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) sẽ hạn chế nhiều nhược điểm của quá trình hình thành hỗn hợp và cháy trong buồng cháy truyền thống từ đó thiết kế buồng cháy thể tích không đổi để ứng dụng vào thực tế giúp nâng cao năng suất động cơ.

Nghiên cứu của Soid S. N., Zainal Z. A. về PG (khí sản xuất) từ khí hóa sinh khối có thể được sử dụng trong động cơ SI (đánh lửa bằng tia lửa) hoặc CI (đánh lửa bằng khí nén) [26]. Nghiên cứu hiện tại đánh giá các đặc tính đốt cháy cơ bản của SI CPG (khí nén sản xuất) trong CVCC (buồng đốt thể tích không đổi) ở các tỷ lệ tương đương khác nhau (ϕ) bằng kỹ thuật quang học. Đặc tính đốt cháy

được so sánh với các loại nhiên liệu thông thường: xăng, CNG (khí nén tự nhiên) và LPG (khí hóa lỏng). Lượng không khí cần thiết cho mỗi f được tính toán dựa trên khối lượng cố định của xăng được bơm vào. Đối với nghiên cứu tối ưu hóa, CPG được thử nghiệm ở các MIF khác nhau (hệ số tăng khối lượng): MIF = 0% (cấu hình tối thiểu), MIF = 25% (cấu hình trung bình) và MIF ¼ 50% (cấu hình tối đa) bằng cách sử dụng DOE (thiết kế thử nghiệm). ANOVA (phân tích phương sai) đã được tiến hành và các giá trị của độ tin cậy thực nghiệm lần lượt là 0,9775 và 0,9875% đối với tốc độ ngọn lửa và áp suất đỉnh. Từ các thí nghiệm, tốc độ ngọn lửa và áp suất đỉnh của CPG lần lượt là 3,15m/s và 312,09kPa. Các mức này thấp hơn so với xăng, LPG và CNG. Phân tích tối ưu hóa cho thấy áp suất đỉnh CPG tương đương với xăng và đạt tốc độ ngọn lửa tối đa ở f = 1,1 và MIF = 35%. H. Kuszewski cùng cộng sự đã sử dụng buồng đốt thể tích không đổi để kiểm tra các đặc tính của quá trình tự cháy và số lượng cetan dẫn xuất của hỗn hợp nhiên liệu diesel và etanol [27]. Trong nghiên cứu này, các đặc tính của hỗn hợp tự cháy hỗn hợp diesel và etanol thông thường, với hàm lượng etanol lên đến 14% (v/v), đã được nghiên cứu. Một buồng đốt có thể tích không đổi đã được sử dụng trong nghiên cứu. Ảnh hưởng của áp suất phun trong khoảng 80MPa - 140MPa đến thời gian bắt lửa chậm và thời gian chậm cháy đã được xác định trong nghiên cứu. Ngoài ra, đối với mỗi hỗn hợp nhiên liệu diesel và etanol, giá trị của số cetan dẫn xuất được nghiên cứu. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, với tỷ lệ etanol tăng lên, các giai đoạn bắt lửa và chậm cháy tăng lên và sự gia tăng áp suất phun nhiên liệu ở các mức độ khác nhau sẽ rút ngắn các giai đoạn đó. Nó cũng chỉ ra rằng trong khoảng 14% etanol, cứ tăng 2% tỷ lệ etanol, thì số cetan dẫn xuất của hỗn hợp diesel và etanol giảm đi trung bình 1,7 đơn vị. Ji Zhang và cộng sự còn nghiên cứu đặc tính cháy của dầu thực vật với tỉ lệ pha trộn khác nhau (20%; 50% ;100%) với nhiên liệu diesel trong buồng cháy thể tích không đổi [28]. Kết quả chỉ ra rằng, truyền nhiệt của nhiên liệu dầu thực vật và các thành phần phần trăm của nó có kết quả giống như của nhiên liệu diesel trong cùng điều kiện áp suất phun, nhiệt độ và áp suất môi trường. Kitamura và cộng sự [29] đã nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của nồng độ oxy đến quá trình đốt cháy diesel trong buồng đốt thể tích không đổi (CVCC) trong điều kiện đốt diesel mô phỏng. Kết quả cho thấy việc giảm nồng độ oxy xuống 18% và 15% không ảnh hưởng đến tốc độ tỏa nhiệt, nhưng nó ảnh hưởng phần lớn đến phát thải NO_x. Qua phân tích các nghiên cứu ở trên, tác giả thấy rằng sử dụng buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) có nhiều ưu điểm để khảo sát quá trình cháy của động cơ như lợi thế về khả năng thay đổi dễ dàng các thông số quá trình đốt cháy như tỉ lệ không khí-nhiên liệu, tỉ lệ khí dư, áp suất và nhiệt độ bên trong buồng cháy. Buồng cháy này rất linh hoạt khi nghiên cứu, phát hiện quá trình cháy, điều khiển quá trình cháy, linh hoạt khi đánh giá quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của các loại nhiên liệu khác nhau. Mô hình cháy HCCI với các ưu điểm về hiệu suất nhiệt cao và phát thải NO_x và PM rất nhỏ là một trong

những hướng nghiên cứu phát triển động cơ trong tương lai. Mô hình cháy HCCI ra đời có thể đảm bảo được yêu cầu khắt khe về phát thải và giảm áp lực cho nguồn nhiên liệu từ dầu mỏ, vì loại động cơ này rất thích hợp sử dụng các loại nhiên liệu thay thế có nguồn gốc sinh học [30, 31]. Động cơ HCCI có các ưu điểm trên là vì kết hợp được ưu điểm của cả động cơ diesel (hiệu suất nhiệt) và động cơ xăng (phát thải). Động cơ không có bướm ga trên đường nạp và hoạt động với hỗn hợp nhạt, những yếu tố này giúp nâng cao hiệu suất nhiệt. Khi tạo được hỗn hợp hoà trộn đồng nhất, không tồn tại những vùng cục bộ có mật độ nhiên liệu lớn, quá trình cháy khuếch tán hỗn hợp đậm không diễn ra, làm giảm phát thải dạng hạt PM [32, 33].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá quá trình cháy theo mô hình HCCI trong buồng cháy thể tích không đổi khi hỗn hợp được hòa trộn theo hai trường hợp là hòa trộn trước và hòa trộn sau và thay đổi thời điểm đánh lửa với hai loại nhiên liệu diesel và bio-diesel 10%. Mục đích chính của công việc này là sản xuất nguyên liệu tái tạo, sạch, chi phí thấp và trường nhiên liệu thân thiện, đáp ứng yêu cầu của Việt Nam. Ngoài ra, tối ưu hóa các thông số vận hành động cơ cũng được thực hiện để cải thiện các đặc tính của động cơ với các hỗn hợp khác nhau với nhiên liệu diesel sinh học

2. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Buồng cháy thể tích không đổi

Buồng cháy sử dụng trong nghiên cứu này là buồng cháy thể tích không đổi (CVCC). Buồng cháy này có nhiều cửa bằng thạch anh và trong suốt nên rất dễ quan sát bên trong buồng cháy (bảng 1), trình bày các thông số kỹ thuật của buồng cháy. Buồng cháy CVCC có hệ thống cung cấp nhiên liệu và cung cấp khí riêng. Cho nên, dễ dàng thay đổi các điều kiện biên (nhiệt độ, áp suất, thời gian cháy) của quá trình cháy và có thể ứng dụng nghiên cứu cho nhiều loại nhiên liệu khác nhau.

Bảng 1. Thông số của buồng cháy CVCC

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Đường kính ngoài	200	(mm)
Đường kính trong	80	(mm)
Chiều dài xi lanh	90	(mm)
Áp suất khí nạp cung cấp tối đa	80	bar
Hệ thống đánh lửa được lập trình điều khiển theo thời gian thực		
Hệ thống cung cấp nhiên liệu Common rail	200	MPa

2.2. Nhiên liệu thực nghiệm

Trong nghiên cứu này, nhiên liệu thử nghiệm là nhiên liệu diesel hóa thạch và nhiên liệu diesel sinh học là dầu cọ. Các thành phần axit béo của diesel sinh học được thể hiện trong bảng 2. Một số đặc tính hóa lý của nhiên liệu thử nghiệm tương ứng với B0, B10 được thể hiện trong bảng 3 tương ứng với tiêu chuẩn đo lường ASTM. Nhiên liệu B10 có tỷ lệ phần trăm thể tích là 10%.

Bảng 2. Thành phần của nhiên liệu thực nghiệm

Công thức hóa học	Thành phần
C ₁₆ H ₃₂ O ₂ (Axit palmitic)	28,09
C ₁₈ H ₃₂ O ₂ (Axit linoleic)	18,02
C ₁₈ H ₃₄ O ₂ (Axit oleic)	43,47
C ₁₈ H ₃₆ O ₂ Axit stearic	9,53
other	0,89

Bảng 3. Tính chất của nhiên liệu B0 và B10

Thông số	B0	B10
Nhiệt trị (MJ/kg)	42,76	42,26
Trị số xêtan	49	50
Khối lượng riêng ở 15°C (kg/m ³)	838	840
Độ nhớt động học ở 40°C (cSt)	3,22	3,31
Điểm chớp cháy (°C)	67	71
Thành phần lưu huỳnh (ppm)	428	430
Hàm lượng nước (ppm)	62	84

2.3. Thiết bị thí nghiệm

- Thiết bị đo áp suất AVL FLEXIFEM và cảm biến áp suất xy lạnh AVL GH13Z-31 đo diễn biến áp suất trong xy lạnh (bảng 4).

- Máy ảnh tốc độ cao Chronos 4.1 chụp tối đa 40000 khung hình/ giây dùng để chụp lại toàn bộ quá trình cháy theo thời gian thực.

- Buồng cháy thử nghiệm CVCC có thể quan sát quá trình cháy từ phía bên ngoài vào thông qua kính quan sát.

- Cân bằng nhiên liệu AVL 733S: Lượng nhiên liệu mà xe tiêu thụ là được đo bằng thiết bị đo mức tiêu thụ nhiên liệu.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của cảm biến áp suất

Dải đo		(0 ÷ 250) bar	
Quá tải		300 bar	
Tuổi thọ	≥	10 ⁸	Chu kỳ tải
Độ nhạy		16 pC/bar	Danh nghĩa
Độ tuyến tính	≤	±0,3%	FSO
Tần số	~	115kHz	
Nhiệt độ làm việc		-40°C...400°C	
Điện trở	≥	10 ¹³ Ω	Tại 20°C

2.4. Thiết lập thử nghiệm

Nhiên liệu diesel được đưa vào buồng cháy hòa trộn trước cùng hỗn hợp khí (C₂H₂; O₂; N₂) trong buồng cháy với tỉ lệ nhất định đảm bảo phẩm trăm số mol oxy sau phản ứng với C₂H₂ là 20% trong sản phẩm cháy. Lượng không khí cung cấp phải đảm bảo sao cho tỉ số A/F = 1,2. Phun nhiên liệu thực nghiệm vào với áp suất cao (1500bar). Hình ảnh quá trình cháy trong buồng cháy được chụp bằng máy ảnh tốc độ cao Chronos 4.1. Áp suất của buồng cháy được đo bằng cảm biến áp suất xy lạnh AVL GH13Z-31 và được ghi lại bằng thiết bị đo áp suất AVL FLEXIFEM.

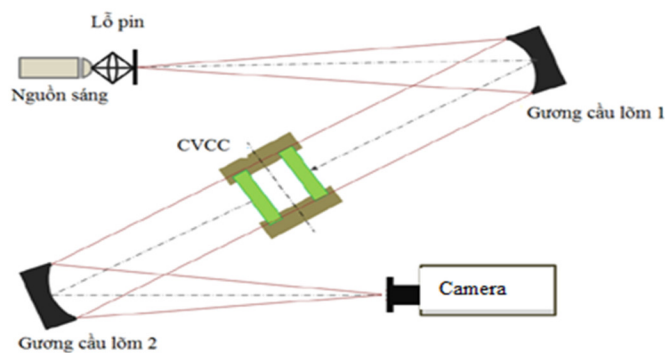
2.5. Điều kiện thí nghiệm

Bảng 5. Điều kiện thực nghiệm

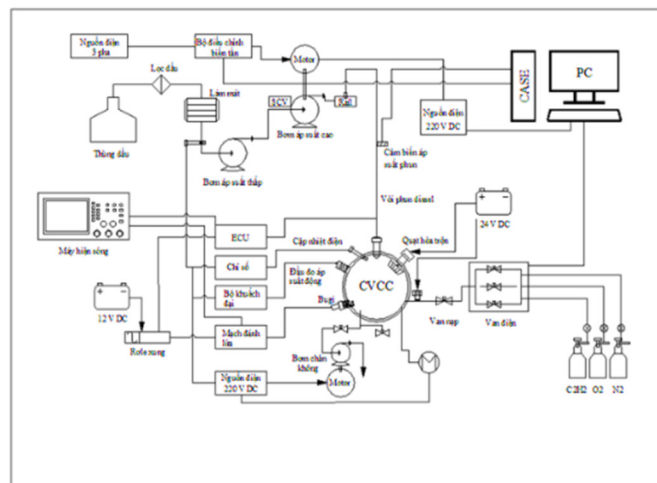
Thông số	Điều kiện
Nhiên liệu	Diesel, bio-diesel 10%
Đường kính vòi phun	0,14 (mm)
Thời gian phun	3 (ms)
Áp suất phun	150MPa
Nhiệt độ môi trường	450K
Nồng độ ô xy	20%
Số lần thí nghiệm	10

2.6. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Hệ thống thu thập hình ảnh: Sơ đồ bố trí hệ thống thu thập thông tin hình ảnh quá trình cháy trong CVCC (hình 1) vào sơ đồ bố trí thí nghiệm như hình (hình 2).



Hình 1. Sơ đồ thu thập hình ảnh



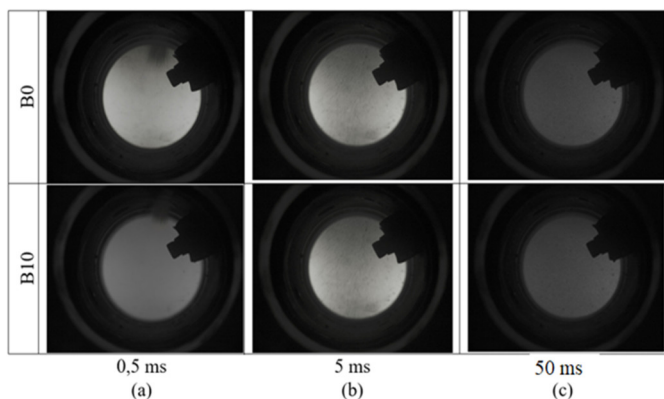
Hình 2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm hệ thống CVCC

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Quá trình cháy trong buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) diễn ra theo hai giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất cháy hỗn hợp khí (C₂H₂, N₂, O₂) tạo ra áp suất và nhiệt độ ban đầu để tạo điều kiện cháy cho nhiên liệu phun vào. Giai đoạn thứ 2 cháy nhiên liệu chính phun vào buồng cháy. Kết quả của nghiên cứu này được thể hiện ở việc chụp ảnh buồng cháy, sự lan tràn màng lửa trong buồng cháy theo nguyên lý HCCI.

3.1. Hình thành hỗn hợp đồng nhất HCCL

Điều kiện khi phun nhiên liệu: 450K, áp suất phun 1500bar, thời gian phun 3ms, quạt hòa trộn (2750 vòng/phút), sử dụng máy ảnh tốc độ cao Chronos 1.4 (<https://www.krontech.ca/store/Chronos1-4-High-Speed-Camera-p92268927>) thực nghiệm tại Trung tâm nghiên cứu Động cơ, nhiên liệu và khí thải, Đại học Bách khoa Hà Nội. Hình 3 thể hiện hình ảnh hình thành hỗn hợp đồng nhất HCCL tại thời điểm hòa trộn hỗn hợp trong CVCC sau khi phun nhiên liệu: 1ms; 5ms; 50ms cho thấy, hỗn hợp từ khi phun nhiên liệu vào đến thời điểm 50ms đã đồng nhất hoàn toàn trong toàn bộ buồng cháy CVCC. Hình ảnh còn cho thấy, tia phun nhiên liệu B0 dài hơn trong thời điểm 0,5ms và lan tràn rộng hơn một chút ở thời điểm 5ms, đến thời điểm 50ms thì tương tự nhau, hình thành hỗn hợp đồng nhất. Nguyên nhân khi phun nhiên liệu vào buồng cháy, dưới tác dụng của quạt hòa trộn, nhiên liệu phun vào chuyển động hỗn loạn trong buồng cháy và hòa trộn đồng nhất trong không gian buồng cháy. Một phần nhiên liệu bám vào thành buồng cháy sau thời gian dài đã bốc hơi và cùng hòa trộn với hỗn hợp khí để tạo thành hỗn hợp đồng nhất trong toàn bộ không gian buồng cháy.



Hình 3. Hình thành hỗn hợp đồng nhất HCCL

3.2. Sự phát triển màng lửa

Hình 4 thể hiện quá trình cháy của hỗn hợp trong CVCC, bao gồm các giai đoạn cháy, cháy C_2H_2 bắt nguồn từ bugi sau đó lan tràn ra khắp buồng cháy, đây là giai đoạn cháy quan trọng để tạo ra áp suất và nhiệt độ tự cháy giống thời điểm cuối giai đoạn nén của động cơ diesel truyền thống. Quá trình cháy HCCL diễn ra khi buồng cháy đạt nhiệt độ và áp suất tự cháy của hỗn hợp HCCL (hình ảnh ngọn lửa phát sáng màu trắng). Ngoài ra, trong quá trình cháy C_2H_2 tốc độ lan tràn ngọn lửa của hỗn hợp nhiên liệu B10 là nhanh hơn và có cường độ sáng hơn so với hỗn hợp nhiên liệu B0. Nguyên nhân do trong quá trình cháy C_2H_2 đã có một phần hỗn hợp nhiên liệu B10 và B0 cháy cùng và chỉ số xê tan của nhiên liệu B10 lớn hơn nên quá trình cháy diễn ra sớm hơn so với nhiên liệu B0.

Hình 5 thể hiện diễn biến áp suất trong buồng cháy CVCC cho thấy, thời điểm ban đầu áp suất tăng lên một chút sau đó giảm xuống, tiếp theo áp suất tăng đột ngột đến giá trị lớn nhất và sau đó giảm dần xuống. Nguyên

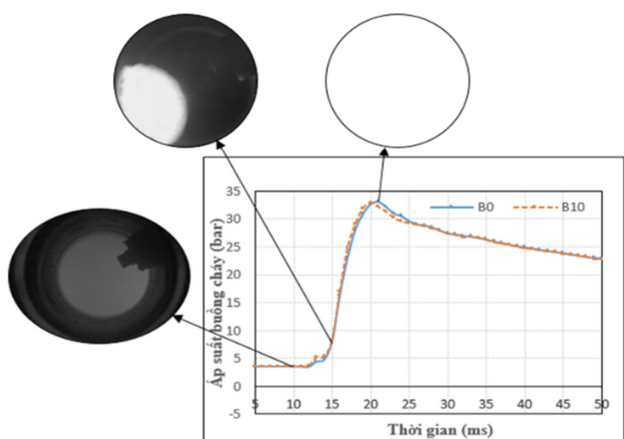
nhân thời điểm ban đầu cháy nhiên liệu mỗi, nhiệt tỏa ra do đốt cháy nhiên liệu mỗi cung cấp cho hỗn hợp đồng nhất tự cháy dẫn tới áp suất trong buồng cháy tăng lên đột ngột. Sau đó áp suất buồng cháy giảm xuống do truyền nhiệt cho sản phẩm cháy và truyền ra thành của buồng cháy. Giá trị áp suất lớn nhất của nhiên liệu B0 đạt 33,1 (bar) cao hơn nhiên liệu B10 đạt 32,9 (bar) do nhiệt trị thấp của nhiên liệu B0 lớn hơn nhiên liệu B10. Đồ thị còn cho thấy, quá trình cháy của nhiên liệu B10 diễn ra sớm hơn so với nhiên liệu B0, nguyên nhân do nhiên liệu B10 có trị số xê tan cao hơn so với nhiên liệu B10.

Thời gian (ms)	Diesel (B0)	Bio-diesel 10% (B10)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



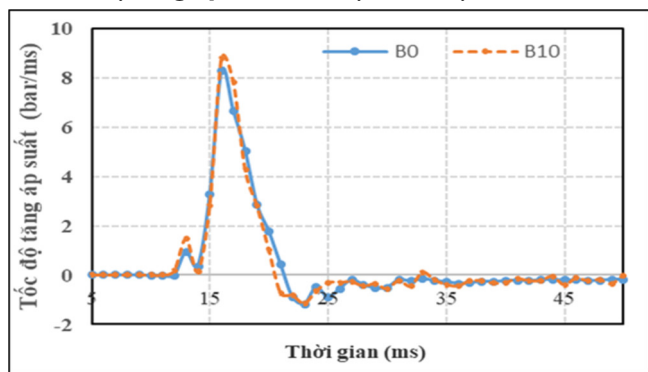
Hình 4. Hình ảnh quá trình lan truyền màng lửa của nhiên liệu môi và hỗn hợp đồng nhất trong buồng cháy thể tích không đổi sử dụng Diesel (B0) và bio-diesel 10% (B10)

3.3. Diễn biến áp suất trong xylanh

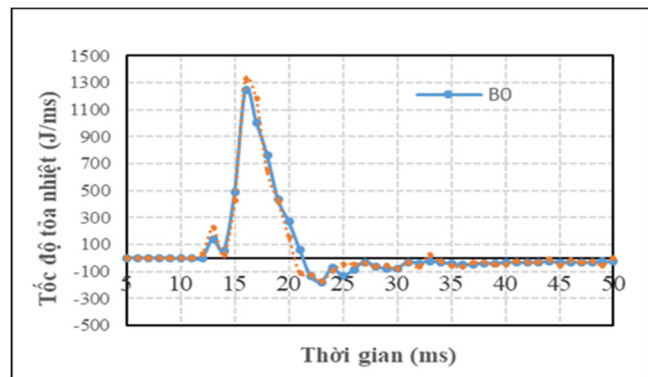


Hình 5. Diễn biến áp suất trong buồng cháy CVCC

3.4. Tốc độ tăng áp suất, tốc độ tỏa nhiệt



Hình 6. Tốc độ tăng áp suất trong buồng cháy CVCC

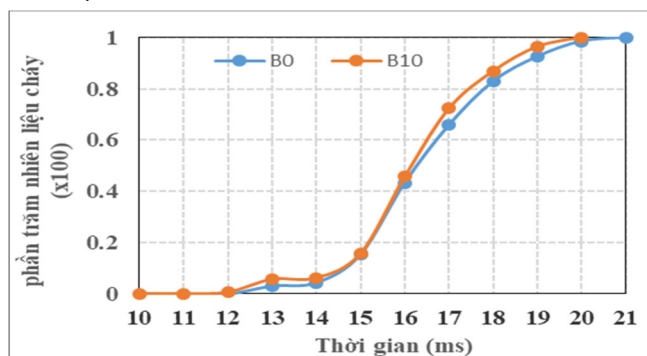


Hình 7. Tốc độ tỏa nhiệt của nhiên liệu trong buồng cháy CVCC

Hình 6 cho thấy, giai đoạn đầu tốc độ tăng áp suất nhỏ sau đó giảm xuống đây là giai đoạn cháy cung cấp nhiệt cho hỗn hợp, tiếp theo tốc độ tăng áp suất đạt giá trị cực đại, thời điểm này có nhiều oxy cung cấp cho phản ứng cháy của nhiên liệu, sau đó lượng oxy giảm dần và hết tương ứng với tốc độ tăng áp suất giảm xuống dần. Hình 7 còn cho thấy giá trị tốc độ tăng áp suất cực đại của nhiên liệu B10 (8,8 bar/ms) lớn hơn so với nhiên liệu B0 (8,2 bar/ms), nguyên nhân do nhiên liệu B10 có thêm thành phần oxy làm cho các phản ứng cháy diễn ra nhanh hơn. Hình 7 cho thấy, có hai giá trị cực đại của tốc độ tỏa nhiệt của nhiên liệu. Giá trị cực đại thứ nhất có giá trị nhỏ đây là quá trình cháy của ngọn lửa lạnh và giá trị cực đại thứ hai có giá trị lớn hơn rất nhiều đây là quá trình cháy của ngọn lửa nóng. Quá trình tỏa nhiệt này đặc trưng trong quá trình cháy của hỗn hợp đồng nhất HCCI.

3.5. Phần trăm nhiên liệu cháy

Hình 8 cho thấy, giai đoạn đầu nhiên liệu cháy chậm sau đó nhiên liệu cháy nhanh đột ngột đến 100%. Đồ thị còn cho thấy phần trăm nhiên liệu B10 cháy nhanh hơn và có tốc độ cháy nhanh hơn thể hiện ở độ dốc của đồ thị nguyên nhân là do nhiên liệu B10 có trị số xê tan lớn hơn và lượng oxy nhiều hơn đã giúp cho quá trình cháy nhanh hơn từ đó đạt 100% sớm hơn.



Hình 8. Phần trăm nhiên liệu thử nghiệm cháy trong CVCC

4. KẾT LUẬN

Khi nghiên cứu thực nghiệm quá trình cháy của hai loại nhiên liệu diesel (B0) và bio-diesel 10% (B10) trong buồng cháy thể tích không đổi tác giả rút ra một số kết luận sau:

Trong điều kiện thí nghiệm 450K, áp suất phun 1500bar thì ia phun của nhiên liệu B0 dài hơn so với nhiên liệu B10 trong buồng cháy CVCC.

Hỗn đồng nhất được hình thành trong điều kiện 450K và 20% nồng độ ô xy sau khi phun vào buồng cháy CVCC dưới tác động của quạt hòa trộn là 50ms.

Quá trình cháy HCCI, tốc độ cháy hỗn hợp đồng nhất của nhiên liệu B10 diễn ra nhanh hơn so với nhiên liệu B0 trong cùng điều kiện thí nghiệm.

Tốc độ tăng áp suất, tốc độ truyền nhiệt của nhiên liệu B10 diễn ra sớm hơn và giá trị đỉnh thấp hơn so nhiên liệu B0.

Phần trăm nhiên liệu cháy của nhiên liệu B10 diễn ra trước và đạt 100% sớm hơn so với nhiên liệu B0.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. B. B. Sahoo, U. K. Saha, N. Sahoo, 2011. *Theoretical performance limits of a syngas-diesel fueled compression ignition engine from second law analysis*. Energy, vol. 36, no. 2, pp. 760–769.
- [2]. A. M. L. M. Wagemakers, C. A. J. Leermakers, 2012. *Review on the Effects of Dual-Fuel Operation, Using Diesel and Gaseous Fuels, on Emissions and Performance*. SAE Paper 2012-01-0869.
- [3]. Deng Y, Liu H, Zhao X, E J, Chen J. 2018. *Effects of cold start control strategy on cold start performance of the diesel engine based on a comprehensive preheat diesel engine model*. Appl Energy, 210:279e87.
- [4]. E J, Zhang Z, Tu Z, Zuo W, Hu W, Han D, et al., 2018. *Effect analysis on flow and boiling heat transfer performance of cooling water-jacket of bearing in the gasoline engine turbocharger*. Appl Therm Eng, 130:754e66.
- [5]. Zhang B, E J, Gong J, Yuan W, Zuo W, Li Y, et al., 2016. *Multidisciplinary design optimization of the diesel particulate filter in the composite regeneration process*. Appl Energy 181:14e28.
- [6]. E J, Han D, Deng Y, Zuo W, Qian C, Wu G, et al., 2018. *Performance enhancement of a baffle-cut heat exchanger of exhaust gas recirculation*. Appl Therm Eng, 134:86e94.
- [7]. Dincer I, Rosen MA., 2005. *Thermodynamic aspects of renewables and sustainable development*. Renew Sustain Energy Rev 9(2):169e89.
- [8]. Bundschuh J, Chen G, Yusaf T, Chen S, Yan J., 2014. *Sustainable energy and climate protection solutions in agriculture*. Appl Energy 114:735e6.
- [9]. Wen Z, Yu X, Tu ST, Yan J, Dahlquist E. 2010. *Synthesis of biodiesel from vegetable oil with methanol catalyzed by Li-doped magnesium oxide catalysts*. Appl Energy 87(3):743e8.
- [10]. Cynthia OB, Lee KT, Lim JK, 2012. *Comparative exergy analyses of Jatropha curcas oil extraction methods: solvent and mechanical extraction processes*. Energy Convers Manag, 55:164e71.
- [11]. Lim S, Lee KT., 2014. *Investigation of impurity tolerance and thermal stability for biodiesel production from Jatropha curcas L. seeds using supercritical reactive extraction*. Energy, 68:71e9.
- [12]. Aghbashlo M, Demirbas A. 2016. *Biodiesel: hopes and dreads*. Biofuel Res J;3(2). 379e379.
- [13]. Tabatabaei M, Karimi K, Horvath IS, Kumar R., 2015. *Recent trends in biodiesel production*. Biofuel Res J 2:258e67.
- [14]. Sharma YC, Singh B, Madhu D, Liu Y, Yaakob Z., 2014. *Fast synthesis of high quality biodiesel from 'waste fish oil' by single step transesterification*. Biofuel Res J, 1:78e80.
- [15]. Kannan GR, Anand R., 2012. *Effect of injection pressure and injection timing on DI diesel engine fuelled with biodiesel from waste cooking oil*. Biomass bioenergy, 46:343e52.
- [16]. Hoekman SK, Robbins C. 2012. *Review of the effects of biodiesel on NOx emissions*. Fuel Process Technol, 96:237e49.
- [17]. Enweremadu CC, Rutto HL. Combustion, 2010. *emission and engine performance characteristics of used cooking oil biodieseldA review*. Renew Sustain Energy Rev14:2863e73.
- [18]. Khalife E, Tabatabaei M, Demirbas A, Aghbashlo M., 2017. *Impacts of additives on performance and emission characteristics of diesel engines during steady state operation*. Prog Energy Combust Sci 59:32e78.
- [19]. Dias JM, Alvim-Ferraz MCM, Almeida MF, Díaz JDM, Polo MS, Utrilla JR., 2013. *Biodiesel production using calcium manganese oxide as catalyst and different raw materials*. Energy Convers Manag 65:647e53.
- [20]. Rattanapoltee P, Kaewkannetra P., 2014. *Chlorella vulgaris under different autoheteroemixo trophic growths as a raw material during biodiesel production and cost evaluation*. Energy 78:4e8.
- [21]. Piastrellini R, Arena AP, Civit B., 2017. *Energy life-cycle analysis of soybean biodiesel: effects of tillage and water management*. Energy 126:13e20.
- [22]. Kuss VV, Kuss AV, Rosa RGD, Aranda DAG, Cruz YR., 2015. *Potential of biodiesel production from palm oil at Brazilian Amazon*. Renew Sustain Energy Rev 50:1013e20.
- [23]. Sinha S, Agarwal AS., 2005. *Combustion Characteristics of Rice Bran Oil Derived Biodiesel in a Transportation Diesel Engine*. SAE paper -26-354.
- [24]. Senatore A., Cardone M., Rocco V., Prati M. V., 2000. *A Comparative Analysis of Combustion Process in D. I. Diesel Engine Fueled with Biodiesel and Diesel Fuel Transactions of SAE*. SAE-01-0691
- [25]. J.H. Van Gerpen, et al., 1997. *Determining the influence of contaminants on Biodiesel Properties*. SAE Paper n. 971685.
- [26]. J. Jung, S. Park, C. Bae, 2017. *Combustion characteristics of gasoline and n-butane under lean stratified mixture conditions in a spray-guided direct injection spark ignition engine*. Fuel 187, pp. 146-158.
- [27]. H. Kuszewski, A. Jaworski, A. Ustrzycki, P. Woś, 2017. *Use of the constant volume combustion chamber to examine the properties of autoignition and derived cetane number of mixtures of diesel fuel and ethanol*. Fuel 162, vol. 200, pp. 564-575.
- [28]. S. Marasri, P.P. Ewphun, P. Srichai, 2017. *Experimental Investigation on Combustion Characteristics of Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)-Diesel Blended Fuels in Constant Volume Combustion Chamber (CVCC)*. Spring.
- [29]. Y. Kitamura, A. Mohammadi, M. S. T. Ishiyama, 2005. *Fundamental Investigation of NOx Formation in Diesel Combustion Under Supercharged and EGR Conditions*. SAE International, SAE no., p. 13.
- [30]. Akhilendra Pratap Singh, Avinash Kumar Agarwal, 2016. *Effect of intake charge temperature and EGR on Biodiesel fuelled HCCL engien*. SAE technical Paper 2016-28-0257.
- [31]. Noguchi M., Tanaka, et al, 1979. *A study on gasoline engine combustion by observation on intermediate reactive products during combustion*. SAE paper 790840. .
- [32]. Herbinet O, Pitz WJ, Westbrook CK, 2008. *Detailed chemical kinetic oxidation mechanism for a biodiesel surrogate*. Combust Flame, 154:507-28.
- [33]. Szybist JP, Song J, Alam M, Boehman AL, 2007. *Biodiesel combustion, emissions and emission control*. Fuel Process Technol, (88), pp 679–91.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Phi Truong¹, Nguyen Tuan Nghia¹, Nguyen Xuan Khoa¹,
Nguyen Van Tuan³, Tran Dang Quoc²

¹Hanoi University of Industry

²Hanoi University of Science and Technology

³University of Transport Technology, Hanoi