

NGHIÊN CỨU RÚT NGẮN THỜI GIAN CHÁY Ở ĐỘNG CƠ DIESEL SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU CNG

Nguyễn Như Thành¹, Trần Đăng Quốc¹

Tóm tắt: Khí thiên nhiên được biết đến như là một nhiên liệu thay thế hiệu quả cho các nhiên liệu gốc dầu mỏ trong lĩnh vực vận tải và nông nghiệp. Tuy nhiên, một vấn đề lớn khi sử dụng khí thiên nhiên làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong đó là tốc độ cháy chậm hơn so với nhiên liệu xăng và diesel. Bài báo này trình bày một nghiên cứu mô phỏng về ảnh hưởng của các thông số như: độ sâu đỉnh piston, vị trí đặt bugi, vị trí tâm lõm đỉnh piston và thời điểm đánh lửa đến thời gian cháy ở động cơ diesel được chuyển đổi thành động cơ nhiên liệu CNG (CNG: Compressed Natural Gas). Các kết quả nghiên cứu thu được từ mô phỏng AVL Boost ở tốc độ 1800 vòng/phút đã chỉ ra rằng, ảnh hưởng của độ sâu đỉnh piston đến động học của dòng khí ở bên trong xylanh động cơ là rất lớn. Đặc biệt là do tận dụng được hoàn toàn vận tốc squish nên cường độ rối của các phân tử khí ở gần cuối kỳ nén được cải thiện đáng kể so với piston đỉnh phẳng. Để đạt được thời gian cháy ngắn nhất ở động cơ diesel sử dụng nhiên liệu CNG, vị trí đặt bugi và vị trí tâm lõm trên đỉnh piston phải đặt trùng với đường tâm của xylanh, chiều sâu phần khoét lõm là khoảng $H_b = 17,5$ (mm) và thời điểm bugi bật tia lửa điện cần phải điều chỉnh sớm hơn $IT = 18^\circ$ (IT: Ignited Timing) trước điểm chết trên.

Từ khóa: Thời gian cháy, Vận tốc squish, Độ sâu đỉnh piston, Vị trí đặt bugi, Vị trí tâm lõm đỉnh piston, Thời điểm đánh lửa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trữ lượng khí thiên nhiên ở nước ta được đánh giá như là một trong những nguồn năng lượng đầy hứa hẹn có thể đáp ứng được nhu cầu về đa dạng hóa nguồn nhiên liệu và giảm khí thải trong lĩnh vực giao thông vận tải. Tuy nhiên khi sử dụng khí thiên nhiên làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong cần phải xem xét giải quyết một vấn đề khó khăn đó là tốc độ cháy của khí thiên nhiên rất chậm so với nhiên liệu gốc dầu mỏ. Quá trình cháy trong động cơ đốt trong gồm rất nhiều chuỗi phản ứng oxy hóa nhiên liệu cực kỳ phức tạp, các phản ứng hóa học giải phóng ra nhiệt và tạo thành các hợp chất mới được diễn ra trong một khoảng thời gian rất ngắn ở bên trong xylanh của động cơ. Quá trình cháy ở động cơ đốt trong phụ thuộc rất nhiều vào các thông số như: nhiệt độ, áp suất, sự phân tách giữa các chất tham gia phản ứng và các chất được tạo thành, động học hóa học và sự vận động của dòng môi chất bên trong xylanh động cơ

(Gunter P. Merker, et al 2006). Sự vận động của dòng khí bên trong xylanh động cơ đốt trong là một dòng chảy rối có động năng thay đổi rất phức tạp. Động năng của dòng môi chất này thay đổi phụ thuộc chủ yếu vào những thông số như: tiết diện lưu thông của cửa nạp, tốc độ dịch chuyển của piston và hình dạng buồng cháy (Mohammed El-Adawy, et al 2017; Shiqiang Zhang, et al 2018). Ban đầu động năng của hỗn hợp giữa nhiên liệu và không khí sẽ tăng dần lên khi kết thúc quá trình nạp và giá trị của động năng sẽ giảm rất nhanh khi piston đi được khoảng gần một phần ba hành trình ở kỳ nén. Tuy nhiên, khi piston của động cơ tiếp tục di chuyển hướng về điểm chết trên (TDC: Top Dead Center) giá trị của động năng sẽ được tăng lên rất nhanh ở phần còn lại của hành trình nén. Nhờ vậy, động năng và nhiệt độ của dòng khí sẽ được tăng lên đáng kể so với quá trình nạp khi piston tiếp tục dịch chuyển hướng về điểm chết trên trong kỳ nén. Để tận dụng được ưu điểm này và chuẩn bị tốt cho quá trình cháy cần phải có một hình dạng piston phù hợp để hướng

¹ Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

cho dòng khí đến nguồn lửa với mật độ tập trung và cường độ khuếch tán phù hợp trong suốt quá trình cháy (B. Yadollahi, et al 2013). Với một cường độ khuếch tán phù hợp sẽ làm tăng số lượng các chất tham gia vào phản ứng ôxi hóa khử (Bin Wang et al, 2016), vì vậy thời gian cần thiết để đốt cháy lượng nhiên liệu nạp vào trong xylanh động cơ không những được rút ngắn mà còn giảm được tổn thất nhiệt truyền cho buồng cháy. Cường độ khuếch tán của dòng khí được đánh giá bởi thông số chính là cường độ rối (u'), khi cường độ rối tăng sẽ tăng được tốc độ cháy khuếch tán $S_T = S_L + u'$ (Guenter P. Merker, et al 2012). Do đó lượng nhiệt được giải phóng ra trong một đơn vị thời gian có thể tăng lên đáng kể, tuy nhiên nếu kiểm soát được lượng nhiệt truyền cho thành vách buồng cháy thì hiệu suất nhiệt của động cơ được cải thiện đáng kể.

Để thực hiện “*Nghiên cứu rút ngắn thời gian cháy ở động cơ diesel sử dụng nhiên liệu CNG*”, trong nghiên cứu này sẽ tiến hành thay đổi các thông số kết cấu như: Độ sâu phần khoét lõm trên đỉnh piston (H_b), vị trí tâm lõm đỉnh piston và vị trí đặt bugi so với đường tâm xylanh, góc đánh lửa sớm. Công cụ để thực hiện nghiên cứu này là phần mềm mô phỏng AVL Boost kết hợp với thông số thực của động cơ diesel một xylanh được chuyển đổi thành động cơ cháy cưỡng bức cấp nhiên liệu CNG trên đường nạp.

2. MÔ PHỎNG, HIỆU CHUẨN VÀ ĐIỀU KHIỂN

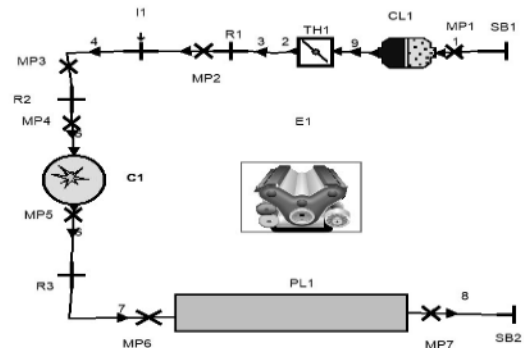
2.1. Mô phỏng động cơ

Động cơ nghiên cứu được mô phỏng bởi phần mềm AVL Boost hình 1 với các phần tử ký hiệu như bảng 1, các thông số cơ bản dùng để nhập cho các phần tử được lấy từ động cơ một xylanh QTC2015 thuộc đề tài cấp Bộ mã số B2015-01-106 được thể hiện ở bảng 2. Cơ sở lý thuyết phục vụ cho nghiên cứu mô phỏng được tham khảo và lựa chọn từ tài liệu hướng dẫn của AVL Boost (Boost, 2013) như: Định luật nhiệt động học thứ nhất thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng ($entampi$) với sự biến thiên của nhiệt và công. Hệ số truyền nhiệt được tính theo mô hình Woschni 1978. Mô hình cháy Fractal dùng cho động cơ đánh lửa cưỡng bức và khí nạp đồng nhất. Giá trị CO được tính toán dựa vào giải phương

trình vi phân đối với hai phản ứng: $CO + OH = CO_2 + H$ và $CO_2 + O = CO + O_2$.

Bảng 1. Ký hiệu các phần tử động cơ mô phỏng

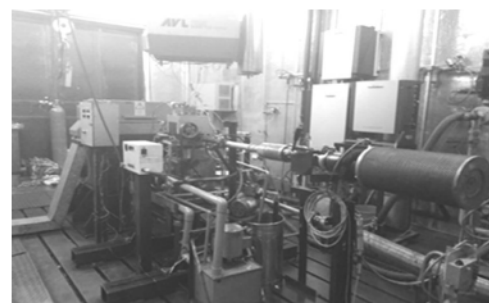
Ký hiệu	Tên phần tử	Số lượng
SB1	Điều kiện biên đầu vào	1
SB2	Điều kiện biên đầu ra	1
MP	Điểm đặt cảm biến	7
CL	Phần tử lọc không khí	1
1 - 9	Ống dẫn khí nạp và thải	9
TH	Bướm ga	1
R	Phần tử cản	3
I1	Phần tử vòi phun	1
C	Phần tử xylanh	1
PL	Phần tử ổn định áp suất	1
E	Phần tử động cơ	1



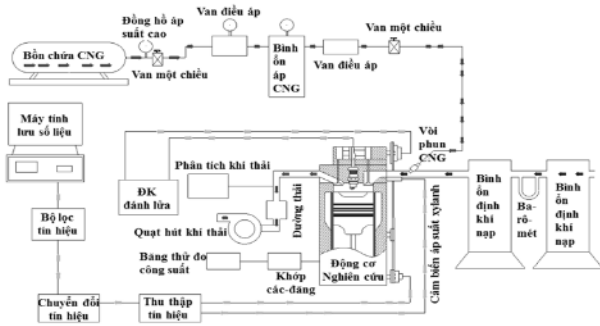
Hình 1. Động cơ mô phỏng bởi AVL Boost

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của động cơ

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Đường kính xylanh (mm)	D	103
Hành trình piston (mm)	S	115
Số xylanh (-)	i	1
Tốc độ định mức (v/ph)	$n_{đm}$	2200
Tỷ số nén (-)	ϵ	10
Số kỳ (-)	τ	4



Hình 2. Động cơ nghiên cứu QTC2015 lắp đặt tại phòng thử nghiệm.



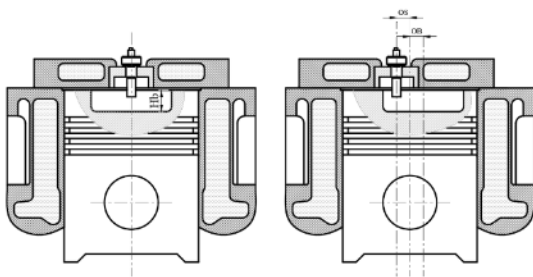
Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm.

Giá trị của H-C được xác định từ các nguồn chính của H-C chưa cháy theo phương pháp của D'Errico. Cơ chế hình thành NO_x trong mô phỏng BOOST dựa trên cơ sở của Pattas và Hafner. Quá trình hình thành của chúng được thể hiện qua sáu phương trình phản ứng theo cơ chế Zeldovich.

2.2. Hiệu chuẩn mô hình

Hiệu chuẩn động cơ mô phỏng được tiến hành dựa trên cơ sở số liệu thực nghiệm của động cơ QTC2015 như hình 2 và sơ đồ thí nghiệm hình 3, tỷ số nén của động cơ đã được điều chỉnh về $\varepsilon = 10$ để tránh xảy ra hiện tượng kích nổ trong suốt quá trình thử nghiệm và thu thập số liệu, nhiên liệu sử dụng trong nghiên cứu này là $\text{CH}_4 = 100\%$. Sự sai lệch giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm lớn nhất khoảng 3%, với kết quả sai lệch này cho phép sử dụng động cơ mô phỏng để tiến hành các phương pháp thí nghiệm khác nhau.

2.3. Điều khiển mô hình



Hình 4. Hình dạng buồng cháy thay đổi.

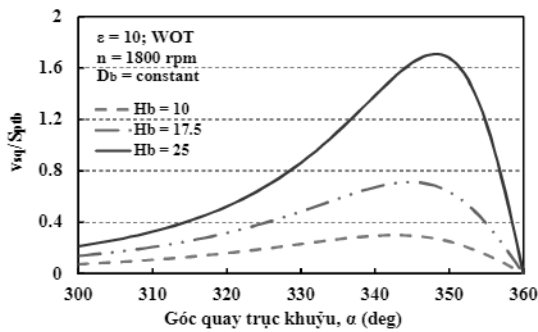
Đề thu được các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của chiều sâu phần khoét lõm trên đỉnh piston (H_b), vị trí tâm lõm đỉnh piston (OB) và vị trí đặt bugi (OS) đến thời gian cháy ở động cơ cháy cưỡng bức cấp nhiên liệu trên đường nạp, các điều kiện thí nghiệm được thực hiện như sau:

Hướng đến điều kiện hòa trộn lý tưởng giữa không khí và nhiên liệu trước khi hình thành màng lửa và phù hợp với sự lựa chọn mô hình cháy Fractal, giá trị lambda được cố định tại $\lambda = 1$. Độ mở của bướm ga (WOT: Wide Open Throttle) là 100% nhằm loại bỏ ảnh hưởng của vấn đề tổn thất trên đường ống trong quá trình nạp. Thời điểm đánh lửa sớm (IT: early Ignited Timing) lúc đầu được điều chỉnh để đạt được giá trị mô men lớn nhất, tốc độ động cơ mô phỏng cố định tại $n = 1800$ (vòng/phút). Hướng đến kết quả là cải thiện được đặc tính làm việc của động cơ Diesel chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu CNG, chiều sâu phần khoét lõm trên đỉnh piston được cố định tại các giá trị $H_b = 0$ (mm) (đỉnh phẳng), $H_b = 10; 17,5$ và 25 (mm). Vị trí tâm của phần khoét lõm trên đỉnh piston OB so với tâm xylanh động cơ được cố định tại các giá trị $OB = 0$ (mm) (tâm phần khoét lõm trên đỉnh piston trùng với tâm xylanh của động cơ), $OB = 2; 4; 6$ (mm) lần lượt theo thứ tự. Vị trí thay đổi của bugi cũng được cố định tại các giá trị $OS = 0; 2; 4; 6$ (mm) hình 4.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

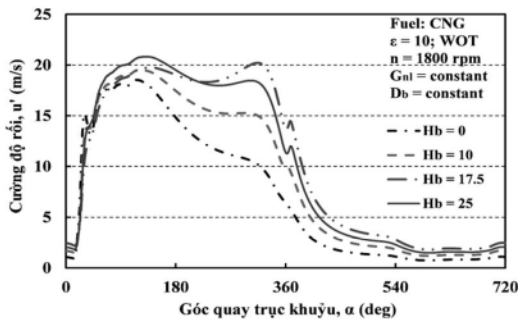
3.1. Ảnh hưởng của độ sâu đỉnh piston đến động học dòng khí bên trong xylanh

Nắp xylanh động cơ Diesel thường có dạng phẳng, do vậy để tăng được cường độ khuếch tán phù hợp mà không phải thay đổi nhiều về kết cấu chỉ có thể thay đổi hình dạng đỉnh piston. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng hình dạng đỉnh piston sẽ là nhân tố quan trọng để cải thiện tổn thất nhiệt và vận tốc trượt ngang của các phân tử khi piston di chuyển hướng về điểm chết trên (Jinlong Liu, et al 2019). Trong quá trình piston di chuyển lên điểm chết trên làm cho thể tích bên trong buồng cháy bị thu hẹp lại, hỗn hợp bên trong xylanh động cơ bị chèn ép và chuyển động hỗn loạn. Hiện tượng các phân tử chuyển động theo phương song song với mặt phẳng đỉnh piston và có xu hướng đi vào vùng thể tích lớn hơn được gọi là Squish, cường độ của Squish lớn nhất khi piston ở điểm chết trên (Mahmut Kaplan, 2019). Với mục đích sử dụng Squish để cải thiện chất lượng quá trình cháy, trong nghiên cứu này sẽ giữ đường kính phần khoét lõm (D_b) không thay đổi nhưng thay đổi thông số chiều sâu lõm (H_b).



Hình 5. Sự thay đổi của tỷ số v_{sq}/S_{ptb} theo góc quay trục khuỷu (α).

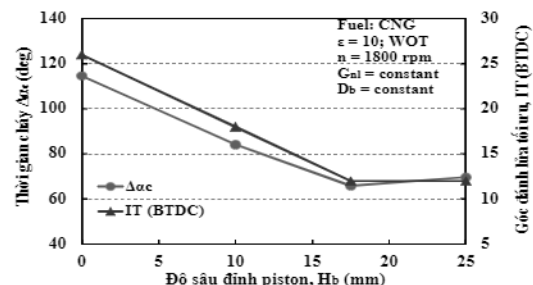
Hình 5 biểu diễn sự thay đổi của tỷ số v_{sq}/S_{ptb} theo góc quay trục khuỷu (α) ứng với mỗi giá trị của độ sâu H_b trên đỉnh piston ở điều kiện ϵ , n và D_b là hằng số. Khi tăng độ sâu H_b trên đỉnh piston đã tăng được tỉ số v_{sq}/S_{ptb} và giá trị lớn nhất của v_{sq}/S_{ptb} theo góc quay trục khuỷu đã xuất hiện ở trước 360° góc quay trục khuỷu (TDC: trước điểm chết trên). Từ các kết quả trên có thể suy ra, ảnh hưởng của độ sâu phần khoét lõm trên đỉnh piston đến động học của dòng khí ở bên trong xy lanh động cơ là rất lớn. Để làm rõ hơn cần xem xét sự thay đổi của cường độ rối (u') theo góc quay trục khuỷu ở các giá trị H_b khác nhau.



Hình 6. Cường độ rối thay đổi theo góc quay trục khuỷu

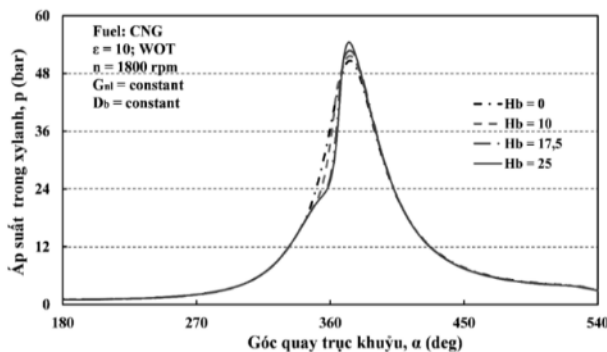
Hình 6 biểu diễn cường độ rối của môi chất trong xy lanh động cơ thay đổi theo góc quay trục khuỷu ứng với bốn giá trị H_b khác nhau. Quan sát kết quả trên hình vẽ trong khoảng từ 0° đến 720° góc quay trục khuỷu, cường độ rối (u') có hình dạng tương đối giống xy lanh có quy luật thay đổi tương đối giống nhau. Với $H_b = 0$ (mm) và $H_b = 10$ (mm), cường độ rối trong nhau, tuy nhiên quy luật này lại khác hoàn toàn khi $H_b = 17,5$ (mm). Cường độ rối của các phân tử khí trong xy lanh lớn nhất khi góc quay trục khuỷu gần đến $\alpha = 180^\circ$,

tương ứng với hành trình của piston dịch chuyển gần đến điểm chết dưới. Khi góc quay trục khuỷu tiếp tục tăng lên cũng là lúc tiết diện lưu thông của dòng khí đóng dần lại nên cường độ rối của dòng môi chất trong xy lanh giảm. Xu hướng giảm này còn tiếp tục ngay cả khi piston bắt đầu di chuyển hướng về điểm chết trên ở kỳ nén với góc quay trục khuỷu trong khoảng $\alpha = 180^\circ \div 360^\circ$. Tuy nhiên ảnh hưởng của độ sâu đỉnh piston (H_b) đến cường độ rối (u') còn mạnh hơn so với góc quay trục khuỷu, như các kết quả thu được cho thấy với $H_b = 0$ (mm), cường độ rối (u') có xu hướng giảm khi góc quay của trục khuỷu tiếp tục lớn hơn 180° mà không quan tâm đến kỳ tiếp theo của động cơ. Khi tăng H_b lần lượt các giá trị $H_b = 10; 17,5$ và 25 (mm) cường độ rối trong xy lanh động cơ thay đổi rõ nhất là ở các kỳ nén, cháy và giãn nở, kỳ thải. Ảnh hưởng của H_b đến u' rõ ràng nhất khi piston đi được một phần ba hành trình của kỳ nén ($\alpha = 180^\circ \div 240^\circ$), tốc độ giảm của u' chậm hơn so với $H_b = 0$ (mm). Khi piston tiếp tục thực hiện quá trình nén cường độ rối có xu hướng tăng trở lại, piston càng tiến gần đến điểm chết trên cường độ rối lại có xu hướng tăng lên, đặc biệt tại $H_b = 17,5$ (mm) cường độ rối đạt giá trị lớn nhất tại điểm gần sát với điểm chết trên. Đây là kết quả mong đợi để có thể cải thiện đồng thời khả năng dễ cháy của hỗn hợp và tăng số lượng các chất tham gia phản ứng và tách được các chất đã cháy ra khỏi phản ứng cháy. Để giải thích được ảnh hưởng của H_b đến sự cải thiện u' trong xy lanh động cơ là do tận dụng được hiện tượng Squish xuất hiện bên trong xy lanh động cơ ở gần cuối kỳ nén. Từ sự cải thiện của u' ở gần cuối kỳ nén mà vận tốc cháy khuếch đã được tăng lên đáng kể so với piston đỉnh phẳng ($H_b = 0$), nhờ vậy các chất tham gia phản ứng ô xi hóa khử cũng được tăng lên, rút ngắn thời gian cháy.



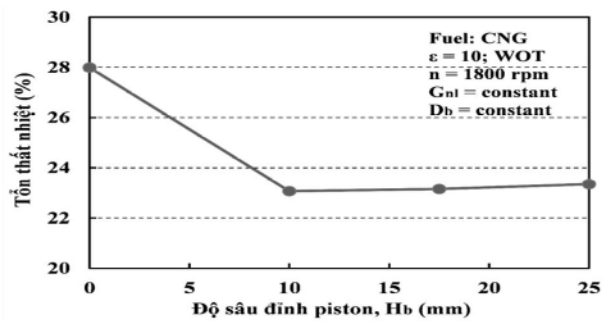
Hình 7. Thời gian cháy và góc đánh lửa tối ưu theo độ sâu đỉnh piston

Hình 7 thể hiện thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) của hỗn hợp bên trong xy lanh động cơ và góc đánh lửa tối ưu (IT = MBT) theo độ sâu H_b của đỉnh piston ở điều kiện chạy mô phỏng: Tốc độ động cơ giữ cố định tại $n = 1800$ vòng/phút, lượng nhiên liệu cấp cho một chu trình cố định tại $G_{nl} = 0,755$ (g/s) tương đương lượng nhiên liệu cấp cho một chu trình $G_{ct} = 0,05$ (g/ct), đường kính phần khoét lõm trên đỉnh piston được giữ không đổi $D_b = 66$ (mm). Khi độ sâu H_b tăng, thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) và góc đánh lửa có cùng xu hướng thay đổi giống nhau là giảm xuống và đạt giá trị nhỏ nhất, sau đó lại có xu hướng tăng lên khi H_b có giá trị lớn hơn. Thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) ngắn nhất tại $H_b = 17,5$ (mm) và giảm được khoảng 43% so với thời gian cháy tại $H_b = 0$. Kết quả này đã chỉ ra rằng động học và động lực học của dòng môi chất (nhiên liệu và không khí) bên trong xy lanh động cơ đã được tăng lên đáng kể, vì vậy cùng một lượng nhiên liệu đưa vào có thể đốt cháy trong một khoảng thời gian ngắn hơn. Do rút ngắn được thời gian đốt cháy hỗn hợp bên trong xy lanh nên có thể giảm được tổn thất nhiệt truyền cho piston và nắp máy. Tuy nhiên hiện tượng tổn thất nhiệt truyền cho piston sẽ bắt đầu tăng khi H_b lớn hơn 17,5 (mm) vì vậy mô men, công suất, hiệu suất nhiệt được dự báo là có xu hướng giảm và suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng tăng. Để làm rõ hơn nữa về ảnh hưởng của hình dạng piston tới đặc tính làm việc của động cơ hay cụ thể hơn là chất lượng của quá trình cháy cần phải xem xét ảnh hưởng của hình dạng piston tới diễn biến áp suất trong xy lanh động cơ.



Hình 8. Áp suất trong xy lanh thay đổi theo góc quay trục khuỷu

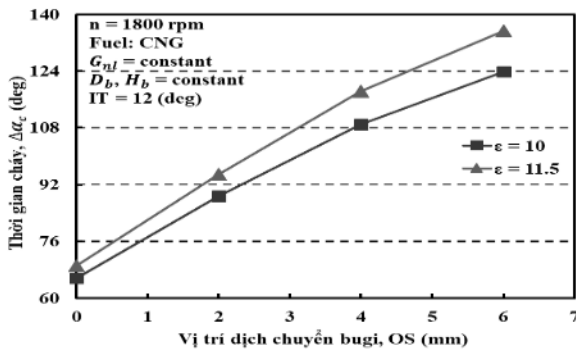
Hình 8 biểu diễn các đường áp suất trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu ứng với mỗi giá trị H_b của đỉnh piston ở điều kiện mô phỏng. Ảnh hưởng của H_b đến áp suất trong xy lanh rõ nhất ở cuối quá trình nén và ở phần đầu của quá trình cháy-giãn nở. Khi H_b tăng, áp suất trong xy lanh động cơ đạt giá trị lớn nhất sau điểm chết trên khoảng 13° góc quay trục khuỷu. Nguyên nhân làm thay đổi áp suất trong xy lanh này là do cường độ rối của các phân tử bên trong xy lanh động cơ được tăng lên khi piston tiến gần sát đến điểm chết trên. Tuy nhiên phần diện tích xung quanh của buồng cháy cũng bị tăng lên khi giá trị H_b tăng, vì vậy khả năng làm tăng tổn thất nhiệt cho đỉnh piston tăng.



Hình 9. Tổn thất nhiệt cho thành, vách buồng cháy theo độ sâu đỉnh piston

Hình 9 thể hiện nhiệt truyền thành, vách buồng cháy khi H_b thay đổi. Tổn thất nhiệt có xu hướng giảm rất nhanh và đạt giá trị nhỏ nhất tại $H_b = 10$ (mm), sau đó tổn thất nhiệt lại có xu hướng tăng lên một chút khi H_b lớn hơn. Với $H_b = 0$ (mm), mặc dù là dạng buồng cháy gọn với diện tích xung quanh nhỏ nhất khi cùng $\varepsilon = 10$, nhưng do thời gian cháy kéo dài hơn nên nhiệt truyền cho thành vách lớn hơn. Với $H_b = 10$ (mm), mặc dù có tổn thất nhiệt nhỏ hơn so với $H_b = 17,5$ (mm) nhưng vận tốc rối bên trong xy lanh động cơ nhỏ hơn vì vậy áp suất trong xy lanh động cơ nhỏ hơn. Tại giá trị $H_b = 25$ (mm), mặc dù áp suất cực đại trong xy lanh động cơ lớn hơn so với $H_b = 17,5$ (mm) nhưng diện tích buồng cháy lớn hơn nên phần nhiệt sinh ra không đủ để bù cho phần nhiệt bị mất mát cho thành buồng cháy nên đặc tính làm việc của động cơ sẽ không được cải thiện.

3.2. Ảnh hưởng của vị trí đặt bugi đến thời gian cháy

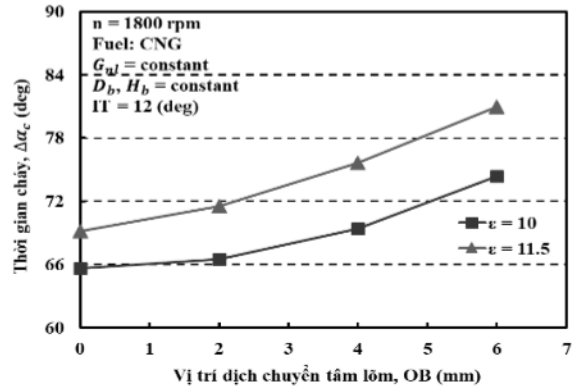


Hình 10. Thời gian cháy theo vị trí dịch chuyển bugi

Hình 10 thể hiện thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) của hỗn hợp bên trong xylanh động cơ theo vị trí đặt bugi, trong trường hợp này đường tâm của phần thể tích trên đỉnh piston trùng với đường tâm của xylanh ($OB = 0$). Khi vị trí bugi (OS) dịch chuyển khỏi tâm xylanh, thời gian cháy có xu hướng tăng nhanh ở cả $\epsilon = 10$ và $\epsilon = 11,5$. Với cùng điều kiện mô phỏng, khi vị trí bugi dịch chuyển khỏi tâm xylanh ($OS > 0$), thời gian cháy của cả hai tỉ số nén đều có xu hướng thay đổi giống nhau. Khi bugi dịch chuyển trong khoảng từ 0 đến 6 (mm), thời gian cháy tăng rất nhanh (khoảng 90%) so với vị trí không dịch chuyển ($OS = 0$). Kết quả này đã chỉ ra rằng vị trí đặt bugi có ảnh hưởng rất lớn đến thời gian cháy của hỗn hợp ở bên trong xylanh động cơ, độ lệch tâm bugi càng lớn thời gian cháy càng tăng. Với cùng một khoảng cách dịch chuyển thì thời gian cháy của trường hợp tỉ số nén $\epsilon = 11,5$ lớn hơn thời gian cháy của trường hợp có tỉ số nén là $\epsilon = 10$. Tại vị trí dịch chuyển là 6 (mm), thời gian cháy của trường hợp $\epsilon = 11,5$ lớn hơn khoảng 10° góc quay trục khuỷu so với trường hợp $\epsilon = 10$. Quan sát kết quả thu được trên hình vẽ có thể kết luận rằng tăng tỉ số nén và vị trí bugi lệch so với tâm lỗ trên đỉnh piston sẽ làm tăng thời gian cháy. Nhưng ảnh hưởng của vị trí đặt bugi đến thời gian cháy lớn hơn so với ảnh hưởng của tỉ số nén, nguyên nhân dẫn đến kết quả này là do tổn thất nhiệt truyền cho thành vách buồng cháy tăng.

3.3. Ảnh hưởng của vị trí tâm lỗ đỉnh piston đến thời gian cháy

Hình 11 là các kết quả thu được của thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) thay đổi theo vị trí dịch chuyển tâm lỗ của đỉnh piston, trong trường hợp này vị trí bugi đặt ở chính giữa xylanh ($OS = 0$) và không thay đổi trong suốt thời gian nghiên cứu.

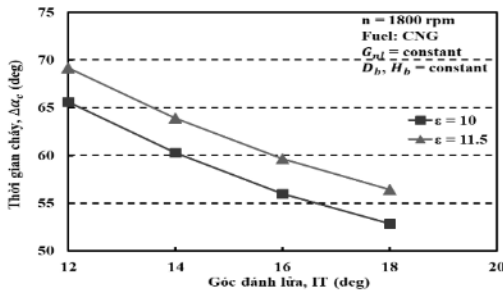


Hình 11. Thời gian cháy theo vị trí tâm lỗ đỉnh piston

Thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) có xu hướng tăng khi tâm của phần lỗ trên đỉnh piston rời xa tâm xylanh, với cùng một giá trị OB , thời gian cháy của $\epsilon = 10$ luôn nhỏ hơn so với $\epsilon = 11,5$. Kết quả này cho thấy ảnh hưởng của vị trí tâm lỗ trên đỉnh piston đến thời gian cháy là nhỏ hơn so với tỷ số nén của động cơ. Tăng tỷ số nén sẽ làm tăng đồng thời vận tốc Squish và tổn thất nhiệt nhưng không giảm được thời gian cháy.

3.4. Ảnh hưởng của thời điểm đánh lửa đến thời gian cháy

Thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) được xác định bởi hai thông số là thời điểm bắt đầu và thời gian đốt cháy, trong đó góc đánh lửa sẽ quyết định trực tiếp đến thời điểm bắt đầu quá trình cháy. Sau khi bugi bật tia lửa điện cần một khoảng thời gian ngắn để hình thành tâm cháy, sau đó từ tâm cháy này mới hình thành các điểm lửa và tạo thành màng lửa lan tràn trong xylanh (Mahmut Kaplan, 2019). Góc đánh lửa càng lớn trước điểm chết trên, thì thời điểm bắt đầu cháy càng sớm, từ đó ảnh hưởng trực tiếp tới thời điểm áp suất đạt giá trị cực đại trong xy lanh.



Hình 12. Thời gian cháy theo góc đánh lửa

Hình 12 thể hiện sự thay đổi thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) theo góc đánh lửa (IT). Thời gian cháy có xu hướng giảm nhanh khi góc đánh lửa tăng lên, mức độ giảm của tỷ số nén $\varepsilon = 10$ và $\varepsilon = 11,5$ là tương đương nhau. Với cùng một góc đánh lửa, thời gian cháy của $\varepsilon = 11,5$ lớn hơn so với $\varepsilon = 10$, khi góc đánh lửa tăng từ 12° lên 18° thì thời gian cháy giảm đi khoảng 20%. Tại cùng một góc đánh lửa khi tăng tỷ số nén từ $\varepsilon = 10$ lên $\varepsilon = 11,5$ thì thời gian cháy chỉ tăng lên khoảng 7%, chứng tỏ tỷ số nén ít ảnh hưởng đến thời gian cháy hơn so với góc đánh lửa.

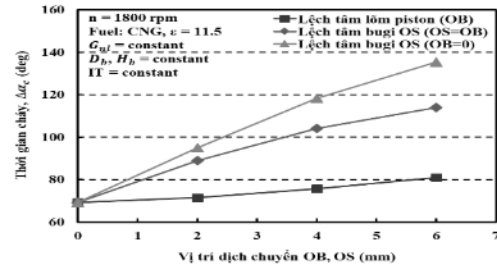
3.5. So sánh ảnh hưởng của vị trí đặt bugi và tâm lồi đỉnh piston đến thời gian cháy

Để hiểu rõ hơn về mức độ ảnh hưởng của vị trí đặt bugi và vị trí tâm lồi đỉnh piston đến thời gian cháy, đồng thời xét xem trường hợp nào ảnh hưởng nhiều hơn. Nghiên cứu tiếp theo sẽ được thực hiện bằng cách di chuyển vị trí tâm lồi của đỉnh piston (OB) và vị trí đặt bugi (OS) trong khoảng từ 0 đến 6 (mm) đối với 3 trường hợp nghiên cứu sau: Tâm lồi OB di chuyển nhưng bugi cố định tại vị trí tâm xylanh động cơ, tâm lồi OB cố định tại tâm xylanh và thanh đổi vị trí đặt bugi, cả tâm lồi OB và vị trí đặt bugi OS cùng di chuyển so với tâm xylanh. Trong nghiên cứu này được quy ước, khi $OB = 0$ (mm) hoặc $OS = 0$ (mm) thì phần tâm lồi và vị trí đặt bugi trùng với tâm xylanh động cơ.

Hình 13 thể hiện thời gian cháy ($\Delta\alpha_c$) của hỗn hợp bên trong xy lanh động cơ theo vị trí đặt bugi và vị trí tâm lồi đỉnh piston, trong trường hợp cố định tỷ số nén và góc đánh lửa.

Từ các kết quả thu được trên hình vẽ theo chiều vị trí dịch chuyển tăng, thời gian cháy có xu hướng tăng lên ở cả 3 trường hợp. Với cùng điều

kiện mô phỏng, khi OB và OS di chuyển so với tâm xylanh sẽ làm tăng thời gian cháy, mức độ tăng của 3 trường hợp là khác nhau. Tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của vị trí tâm lồi đỉnh piston đến thời gian cháy là không mạnh khi so với vị trí đặt của bugi, từ kết quả này có thể khẳng định rằng vị trí tâm lồi và vị trí đặt bugi phải trùng với tâm của xylanh sẽ có thời gian cháy ngắn nhất.



Hình 13. Thời gian cháy thay đổi theo vị trí đặt bugi (OS) và tâm lồi đỉnh piston (OB)

4. KẾT LUẬN

Phân tích các kết quả thu được từ mô phỏng về ảnh hưởng của các thông số như: độ sâu lồi trên đỉnh piston, vị trí tâm lồi, vị trí đặt bugi và thời điểm đánh lửa đến thời gian cháy, các kết luận được rút ra như sau:

Tăng độ sâu phần khoét lồi trên đỉnh piston không những cải thiện được động học của dòng môi chất mà còn giảm được thời gian cháy ở động cơ diesel sử dụng nhiên liệu CNG. Với độ sâu phần khoét lồi trên đỉnh piston $H_b = 17,5$ (mm) đã tận dụng được hiện tượng Squish để cải thiện được quá trình cháy ở động cơ diesel sử dụng nhiên liệu CNG mà không làm tăng tổn thất nhiệt cho thành vách buồng cháy.

Ảnh hưởng của vị trí đặt bugi đến thời gian cháy lớn hơn so với ảnh hưởng của tỷ số nén và vị trí của tâm lồi trên đỉnh piston. Nguyên nhân làm cho thời gian cháy tăng là do tổn thất nhiệt truyền cho thành vách buồng cháy tăng và không kiểm soát được động học trong buồng cháy.

Để rút ngắn thời gian cháy ở động cơ diesel sử dụng nhiên liệu CNG, vị trí đặt bugi và vị trí tâm lồi trên đỉnh piston phải đặt trùng với đường tâm của xy lanh, chiều sâu phần khoét lồi là khoảng $H_b = 17,5$ (mm), thời điểm bugi bật tia lửa điện cần phải điều chỉnh sớm hơn $IT = 18^\circ$ trước điểm chết trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Gunter P. Merker, Christian Schwarz, Gunnar Stiesch, Frank Otto, "Simulation of combustion and pollutant formation for engine-development", Springer, ISBN: 3-540-00682-6
- Mohammed El-Adawy, Mogan R. Heikal, A. Rashid A. Aziz, Muhammad I. Siddiqui and Shahzad Munir, "Characterization of the Inlet Port Flow under Steady-State Conditions Using PIV and POD", Energies 2017, 10, 1950; DOI:10.3390/en10121950.
- Shiqiang Zhang, Chunshu Li, Ruilin Liu, Jingyang Bao and Miao Chi, "Effects of the variable valve lift difference on in-cylinder gas flow in a four-valve gasoline engine", Proc IMechE 2018 Part D: Journal Automobile Engineering, DOI: 10.1177/095440701 8789321.
- B. Yadollahi, M. Boroomand, "The effect of combustion chamber geometry on injection and mixture preparation in a CNG direct injection SI engine", Fuel 107 (2013), pages: 52-62.
- Bin Wang, Tie Li, Linlin Ge, Hideyuki Ogawa, "Optimization of combustion chamber geometry for natural gas engines with diesel micro-pilot-induced ignition", Energy Conversion and Management 122 (2016), pages: 552-563.
- Guenter P. Merker, Christian Schwarz, Ruediger Teichmann, "Combustion Engines Development: Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation", Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, DOI: 10.1007/978-3-642-14094-5.
- Bosst, Theory AVL BOOST VERSION 2013 and Users Guide E AVL BOOST VERSION 2013
- Jinlong Liu, Cosmin E. Dumitrescu, "Analysis of two-stage natural-gas lean combustion inside a diesel geometry", Applied Thermal Engineering 160 (2019) 114116.
- Mahmut Kaplan, Review Article "Influence of swirl, tumble and squish flows on combustion characteristics and emissions in internal combustion engine- review", International Journal of Automotive Engineering and Technologies, IJAET 8 (2), pages: 83-102.

Abstract:

RESEARCH TO SHORT COMBUSTION DURATION IN DIESEL ENGINE USE OF CNG FUEL

Natural Gas has known as well as a great promising fuel and can be replaced petroleum in the sectors such as transport and agriculture. However, a big problem with natural gas as alternative fuel for internal combustion engines, which was slower burning speed in comparison with gasoline and diesel fuels. This article was presented a simulation research on the effect of parameters such as bowl depth (H_b), spark plug position (OS), the position of center bowl in comparison with center cylinder (OB) and ignition timing (IT) on the combustion duration of diesel engine with using natural gas. The obtained results from AVL Boost simulation at 1800 rpm have shown that the effect of bowl depth on the kinetic energy of gas flows into cylinder was very large. It is due to take full advantage of Squish velocity and the result in the turbulent velocity fluctuations were significantly increased in comparison with flat piston head at nearly the end of compression stroke, especially. In order to reach the shortest combustion duration, the position of both spark plug and center bowl should be designed to center cylinder, in addition to the bowl depth is around $H_b = 17.5$ (mm) and ignition timing have to adjusted earlier than $IT = 18^\circ$ before top dead center.

Keywords: Combustion duration, Squish velocity, Bowl depth, Spark plug position, Center bowl position, Ignition timing.

Ngày nhận bài: 22/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2021

