

**NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÀNH PHẦN  
TRONG HƠI DẦU NHỜN VÀ HYDRO KHÍ ĐƯỢC ĐƯA VÀO ĐƯỜNG NẠP  
ĐẾN ĐẶC TÍNH CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL**  
**RESEARCH THE AFFECT OF BLOWBY COMPONENTS AND HYDROGEN  
ADDED TO THE INTAKE AIR TO ENGINE CHARACTERISTIC**

**NGUYỄN TUẤN ANH**

*Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*

*Email liên hệ: tuananh921@gmail.com*

**Tóm tắt**

*Nghiên cứu này được thực hiện để tìm ra đặc tính cháy của động cơ diesel khi có sử dụng các thành phần trong hơi dầu nhờn và hydro đưa vào đường nạp của động cơ. Ở các nghiên cứu trước đó đã chỉ ra rằng góc trì hoãn quá trình cháy giảm đi khi tăng lượng hydro đưa vào đường nạp cùng với góc phun sớm muộn. Tuy nhiên vấn đề ở đây là các hạt nhiên liệu hydro luôn luôn cháy sau các hạt nhiên liệu diesel do nhiệt độ tự cháy của hydro cao hơn diesel nhưng vì sao góc trì hoãn quá trình cháy lại giảm đi. Trong trường hợp này tác giả tập trung nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thành phần trong hơi dầu nhờn đưa vào đường nạp của động cơ chính là tác nhân gây ra quá trình cháy sớm của nhiên liệu hydro so với dầu diesel.*

**Từ khóa:** Hơi dầu nhờn, hydrogen, đặc tính động cơ.

**Abstract**

*The present study experimentally investigated combustion characteristics of a diesel engine with hydrogen and blowby components added to the intake air. In our previous studies, the ignition delay decreased with the increase in hydrogen fraction at late diesel-fuel injection timings. However, it is difficult to auto-ignite hydrogen earlier than diesel fuel, because the auto-ignition temperature of hydrogen is higher than that of diesel fuel. There must be some factors to ignite hydrogen. We focus on reaction of blowby components as a cause of hydrogen ignition earlier than diesel-fuel ignition.*

**Keywords:** Blowby components, hydrogen, engine characteristic.

**1. Giới thiệu**

Động cơ diesel được biết đến là loại động cơ có hiệu suất nhiệt cao [1]. Tuy nhiên nó cũng là loại động cơ gây ô nhiễm môi trường và khí thải cần phải được xử lý trước khi thải ra môi trường mặc dù động cơ diesel đã được cải tiến rất nhiều trong thời gian gần đây. Đặc biệt vấn đề quan trọng hơn cả là mối quan hệ không cân bằng giữa  $\text{NO}_x$  và các hạt PM (particle matter), khi  $\text{NO}_x$  giảm thì PM tăng lên và ngược lại, vậy làm sao để cả hai thông số trên phải được giảm xuống đồng thời. Thời gian gần đây rất nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để giải quyết vấn đề này, đó là sự phát triển của PCCI (Pre-mixed Charge Compression Ignition) và động cơ cháy ở nhiệt độ thấp LTC (Low Temperature Combustion) [2]. Bởi vì những loại động cơ này có nhiệt độ cháy tương đối thấp do đó thỉnh thoảng sẽ dẫn tới trường hợp cháy không ổn định và những sản phẩm do cháy không hoàn toàn tăng lên như phát thải CO và THC (total hydrocarbon). Một số nhà nghiên cứu đã sử dụng hydro để đưa vào đường nạp của động cơ [3].

Khi đưa hydro vào đường nạp động cơ, việc kích nổ tự nhiên dựa trên quá trình nén hỗn hợp nhiên liệu - không khí cho các hạt nhiên liệu hydro là rất khó khăn do nhiệt độ kích nổ của hydro là tương đối cao (850 K), cao hơn cả HC (hydrocarbon). Vì vậy nếu tồn tại HC trong hỗn hợp nhiên liệu đưa vào trong xi lanh động cơ, HC có thể giúp kích nổ hydro ở giá trị nhiệt độ thấp hơn 850 K, nếu làm được điều này thì quá trình cháy sẽ có nhiệt độ thấp hơn và chúng ta sẽ đạt được yêu cầu ban đầu đặt ra. Trong hơi dầu nhờn tuần hoàn đưa vào đường nạp của động cơ có chứa thành phần HC như vậy. Thành phần chính có trong hơi dầu nhờn đó là khí gas (hơi dầu nhờn) và các hạt sương dầu (oil mist). Hơi dầu nhờn này bao gồm cả hỗn hợp nhiên liệu và không khí không cháy rò lọt từ trong xi lanh và từ các te động cơ. Hạt sương dầu nhờn là những hạt sương dầu bị vung tóe ra từ hệ thống trục cam trên nắp xi lanh động cơ.

Nghiên cứu này tập trung vào hai thành phần chính đó trong hơi dầu nhờn được đưa trở lại vào đường nạp động cơ. Tác giả làm thí nghiệm để tìm ra sự ảnh hưởng của những thành phần này tới đặc tính của động cơ kết hợp cùng với sự ảnh hưởng của một lượng nhất định hydro cũng được đưa đồng thời vào đường nạp động cơ.

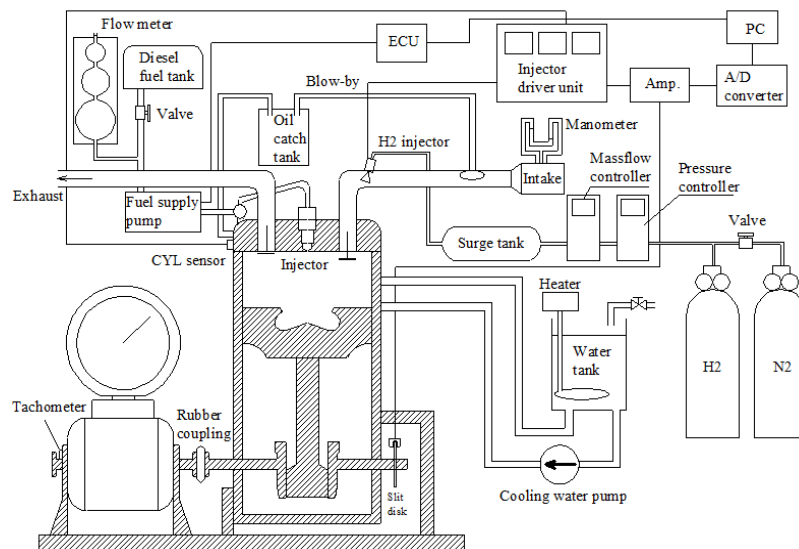
**2. Thiết bị và trình tự thí nghiệm**

Thông số cơ bản của động cơ thí nghiệm được mô tả trong Bảng 1. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm được thể hiện trong Hình 1. Động cơ được sử dụng trong thí nghiệm này là động cơ diesel 4 kỳ một

xi lanh làm mát bằng nước. Nhiên liệu được phun trực tiếp vào xi lanh động cơ bằng hệ thống phun nhiên liệu common-rail. Dầu diesel (No. JIS 2) được sử dụng trong quá trình thí nghiệm. Tốc độ động cơ được điều khiển thông qua dynamometer để duy trì ổn định ở tốc độ  $1500 \pm 30$  rpm. Áp suất phun nhiên liệu là 150 MPa. Tín hiệu điều khiển góc phun sớm nhiên liệu được điều chỉnh ở 1 độ sau điểm chết trên của góc quay trục khuỷu (1 deg. ATDC). Thời điểm bắt đầu phun nhiên liệu là khoảng 5 độ sau điểm chết trên (5 deg. ATDC).

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ**

Loại động cơ	Động cơ diesel 1 xi lanh phun nhiên liệu trực tiếp
Đường kính x Hành trình pít tông	85 mm x 97,1 mm
Thể tích công tác	551 cm <sup>3</sup>
Tỉ số nén	16,7
Hệ thống phun nhiên liệu	Common rail
Đường kính lỗ kim phun x số lỗ kim phun	$\phi$ 0,139 mm x 6



**Hình 1. Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm**

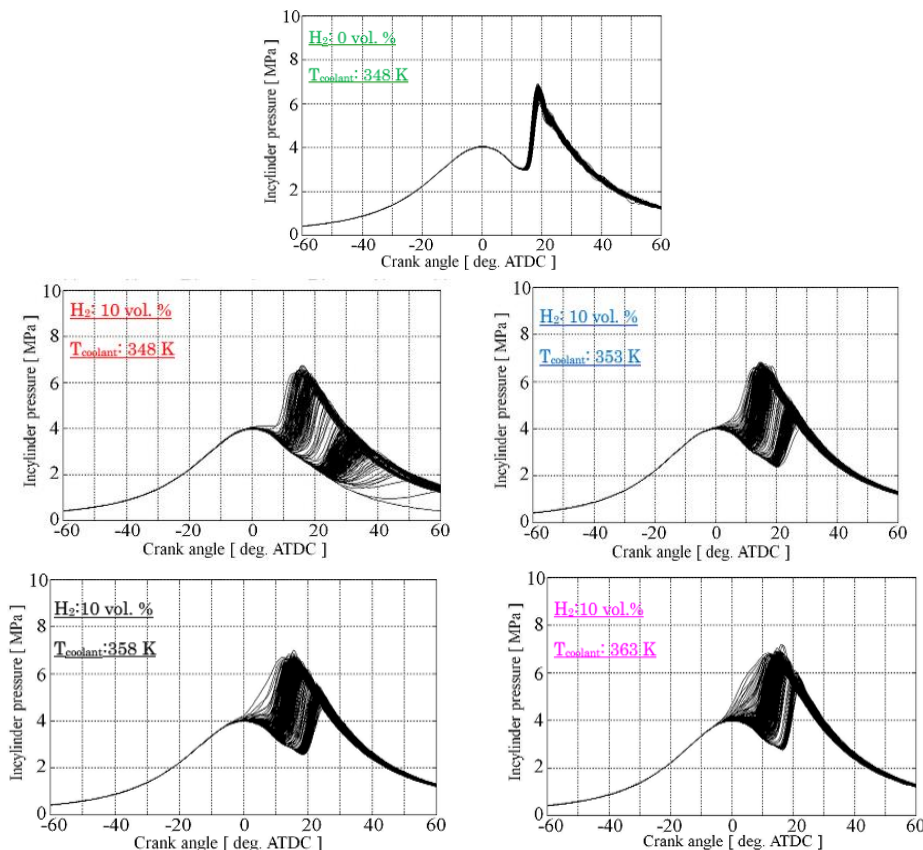
Hydro được phun vào trong đường nạp của động cơ bằng thiết bị phun (Keihin, KN-3), thiết bị này được điều khiển bằng một bộ điều khiển riêng. Thời gian bắt đầu phun hydro là 21 độ góc quay trục khuỷu sau điểm chết trên trong kỳ nạp. Lưu lượng phun khí hydro được điều khiển bởi bộ điều khiển lưu lượng (SEC-60, HORIBA STEC). Áp suất phun hydro được đặt ở giá trị 400 kPa và được điều khiển bởi một bộ điều khiển riêng (UR-750, HORIBA STEC). Tỉ lệ hydro được phun vào trong đường nạp động cơ được thay đổi từ 0 đến 10%. Tổng lượng nhiệt tỏa ra của cả dầu diesel và hydro trong một chu trình được đặt ở giá trị  $1 \pm 0,05$  kJ/chu trình, giá trị này tương đương với giá trị áp suất chỉ thị bình quân IMEP (indicated mean effective pressure) bằng 0,8 MPa. Khi tỉ lệ hydro được tăng lên thì thời gian phun nhiên liệu diesel được giảm đi bằng tay. Trong trường hợp lượng khí hydro đạt 10% thì lượng nhiệt tỏa ra của hydro là khoảng 45%. Dầu nhờn từ thiết bị tách hơi dầu nhờn được đưa tuần hoàn xuống két dầu nhờn và được bơm vào động cơ. Hơi dầu nhờn từ thiết bị tách hơi dầu nhờn được đưa tuần hoàn trở lại vào đường nạp động cơ và được hút vào trong xi lanh cùng với không khí tươi. Tỉ lệ của hơi dầu nhờn được đưa trở lại vào trong đường nạp động cơ chiếm khoảng 5%. Áp suất trong xi lanh động cơ được đo bằng thiết bị đo áp suất (6052B, KISTLER). Số liệu thí nghiệm của 500 chu trình được phân tích trong mỗi trường hợp sử dụng phần mềm tính toán thương mại (70773, Yokogawa).

### 3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

#### 3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nước làm mát đến đặc tính động cơ

Nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant}$  sẽ làm ảnh hưởng tới hỗn hợp nhiên liệu và không khí trong xi lanh động cơ. Đặc tính áp suất trong xi lanh động cơ được thể hiện trên Hình 2 trong các trường hợp nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant} = 348$  K đến 363 K cùng với tỉ lệ hydro là 0% và 10%. Từ Hình 2

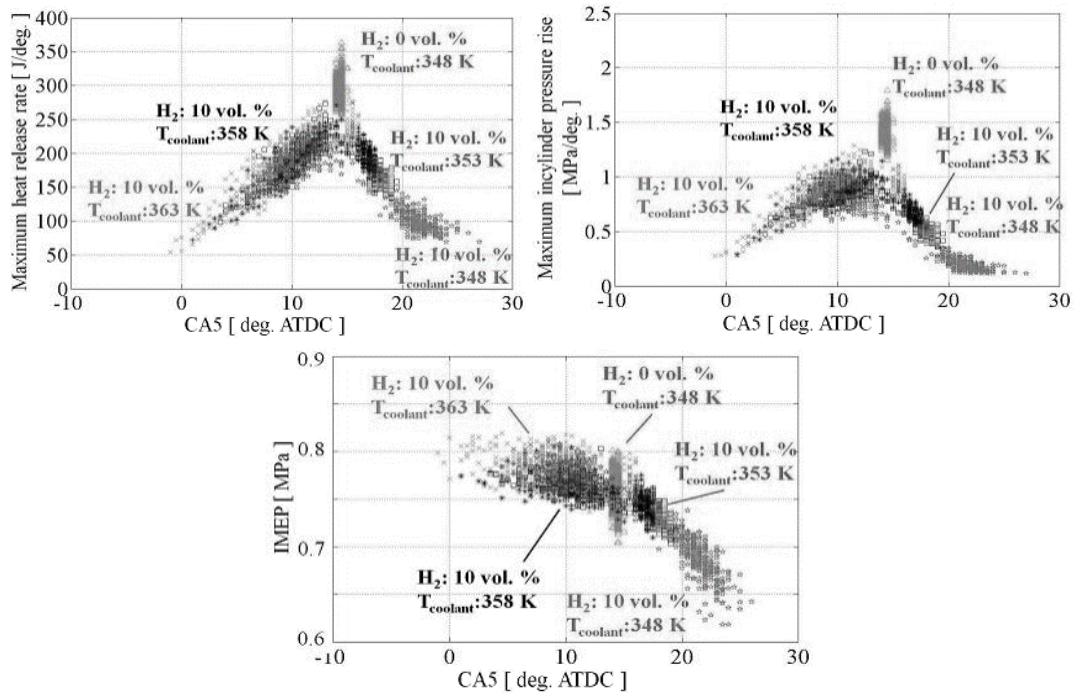
ta thấy khi tỉ lệ hydro là 10%, khi nhiệt độ nước làm mát cao sẽ làm cho độ dao động giữa các đường đặc tính là hẹp hơn cũng như thời điểm bắt đầu tăng áp suất trong xi lanh cũng sớm hơn so với trường hợp nhiệt độ nước làm mát thấp. Tốc độ tỏa nhiệt trong xi lanh động cơ, tốc độ tăng áp suất trong xi lanh động cơ phụ thuộc vào thời điểm cháy được thể hiện trên Hình 3 trong các trường hợp nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant}$  khác nhau cùng với tỉ lệ hydro là 0% và 10%. Như kết quả thể hiện trên Hình 2 ta thấy, trong trường hợp tỉ lệ hydro là 0%, thời điểm bắt đầu cháy tập trung vào khoảng 13 độ sau điểm chết trên của góc quay trục khuỷu.



**Hình 2. Áp suất trong xi lanh động cơ ứng với nhiệt độ nước làm mát khác nhau trong trường hợp tỉ lệ hydro là 0% và 10%**

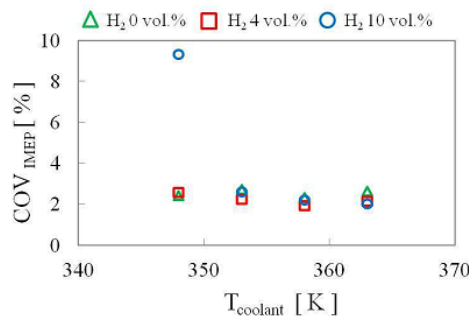
Ở đây vị trí 13 độ sau điểm chết trên của góc quay trục khuỷu được sử dụng như là thời điểm tiêu chuẩn để so sánh giữa các chế độ cháy khi có và không có hydro được đưa vào đường nạp của động cơ. Vì vậy trong trường hợp hydro được đưa vào đường nạp của động cơ thì sẽ có ba chế độ cháy như sau: Nếu thời điểm bắt đầu cháy muộn hơn thời điểm tiêu chuẩn, chế độ cháy được coi như là chế độ cháy của nhiên liệu diesel. Nếu thời điểm bắt đầu cháy sớm hơn thời điểm tiêu chuẩn, chế độ cháy được coi như là chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro. Nếu thời điểm bắt đầu cháy xảy ra còn sớm hơn thời điểm bắt đầu phun nhiên liệu diesel thì chế độ cháy được coi như là chế độ cháy của hydro.

Trong trường hợp khi tỉ lệ hydro là 10% và nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant} = 348 \text{ K}$  như thể hiện trên Hình 3, ta có thể thấy rằng đã xuất hiện rất nhiều chu trình cháy mà chế độ cháy diễn ra trong chế độ cháy của nhiên liệu diesel. Thời điểm trì hoãn quá trình cháy càng tăng lên khi chế độ cháy xảy ra mà không có sự hỗ trợ cháy của hydro. Cũng trong chế độ này, sự ổn định trong các chu trình làm việc là thấp vì thời điểm bắt đầu cháy thay đổi từ 6 đến 28 độ sau điểm chết trên của góc quay trục khuỷu. Tuy nhiên khi nhiệt độ nước làm mát tăng lên làm cho chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro tăng lên, chế độ cháy của nhiên liệu diesel giảm xuống. Trong chế độ cháy của nhiên liệu diesel, tốc độ tăng áp suất trong xi lanh động cơ tăng lên đối với các chu trình có thời điểm bắt đầu cháy sớm và giảm đi đối với các chu trình có thời điểm bắt đầu cháy muộn. Tuy nhiên trong chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro và chế độ cháy của hydro, điều đó lại ngược lại, tốc độ tăng áp suất trong xi lanh động cơ giảm đi trong các chu trình có thời điểm bắt đầu cháy sớm. Hơn nữa trong chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro và chế độ cháy của hydro, sự ổn định trong các chu trình làm việc là cao hơn.



**Hình 3. Mối quan hệ giữa tốc độ tỏa nhiệt lớn nhất, tốc độ tăng áp suất lớn nhất trong xi lanh động cơ và IMEP với thời điểm bắt đầu cháy (CA5) ứng với nhiệt độ nước làm mát khác nhau trong trường hợp tỉ lệ hydro là 0% và 10%**

Mối quan hệ giữa hệ số thể hiện sự thay đổi của áp suất chỉ thị bình quân  $COV_{IMEP}$  (Coefficient of Variation of IMEP) và nhiệt độ nước làm mát khi tỉ lệ hydro là 0, 4 và 10% được thể hiện trên Hình 4. Từ Hình 4 ta thấy khi tỉ lệ hydro là 10% và nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant} = 348$  K, sự ổn định trong các chu trình làm việc là thấp và do vậy dẫn đến thông số  $COV_{IMEP}$  tăng cao còn trong trường hợp khi nhiệt độ nước làm mát tăng lên, sự ổn định trong các chu trình làm việc là cao hơn và do vậy dẫn đến thông số thể hiện sự thay đổi của áp suất chỉ thị bình quân  $COV_{IMEP}$  giảm đi.



**Hình 4. Mối quan hệ giữa hệ số thể hiện sự thay đổi của áp suất chỉ thị bình quân  $COV_{IMEP}$  và nhiệt độ nước làm mát ứng với các tỉ lệ hydro khác nhau**

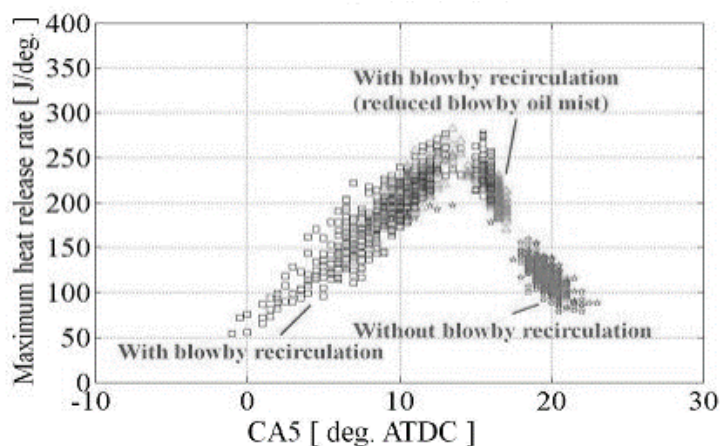
Kết quả thảo luận bên trên cho thấy rằng nhiệt độ nước làm mát cao góp phần làm tăng sự ảnh hưởng của lượng hydro đưa vào đường nạp động cơ và cũng góp phần làm giảm sự mất ổn định giữa các chu trình làm việc của động cơ. Tuy nhiên nhiệt độ tự cháy của hydro là tương đối cao (khoảng 850 K) cho thấy rằng sự tự cháy của nhiên liệu hydro trong xi lanh động cơ là khó có thể xảy ra vì nhiệt độ hỗn hợp không khí và nhiên liệu tại cuối kỳ nén mới đạt được vào khoảng 800 K. Vì vậy có thể thấy rằng sự cháy của hydro trong hai chế độ cháy đã phân tích ở trên (chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro và chế độ cháy của hydro) đã được hỗ trợ cháy bởi một nguồn cháy khác như là các nguồn cháy tại nhiệt độ thấp của các thành phần tồn tại trong hơi dầu nhờn có mặt trong hỗn hợp không khí và nhiên liệu trong xi lanh động cơ.

### 3.2. Ảnh hưởng của các thành phần trong hơi dầu nhờn đến đặc tính của động cơ

Trong phần này tác giả sẽ thảo luận về sự ảnh hưởng của các thành phần trong hơi dầu nhờn đến đặc tính của động cơ. Mối quan hệ giữa tốc độ tỏa nhiệt vào thời điểm bắt đầu cháy được thể hiện

trên Hình 5 với nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant} = 363\text{ K}$  và tỉ lệ hydro là 10% trong ba trường hợp (không sử dụng tuần hoàn hơi dầu nhờn, chỉ sử dụng tuần hoàn phần khí gas trong hơi dầu nhờn và trường hợp thứ ba là sử dụng tuần hoàn cả phần khí gas và các hạt sương dầu trong hơi dầu nhờn).

Từ kết quả trong Hình 5 ta thấy, trong trường hợp sử dụng tuần hoàn cả phần khí gas và các hạt sương dầu trong hơi dầu nhờn, thời điểm bắt đầu cháy xảy ra sớm nhất trong cả ba trường hợp và chế độ cháy trong trường hợp này chủ yếu là chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro. Trong đó có một vài chu trình cháy rơi vào chế độ cháy của hydro. Trong trường hợp chỉ sử dụng tuần hoàn phần khí gas trong hơi dầu nhờn mà không sử dụng các hạt sương dầu, chúng ta thấy xuất hiện chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro tuy nhiên thời điểm bắt đầu cháy thì không thể xảy ra sớm hơn so với trường hợp sử dụng tuần hoàn cả phần khí gas và các hạt sương dầu. Trong trường hợp này ta cũng thấy rằng tỉ lệ các chu trình xảy ra chế độ cháy của nhiên liệu diesel chiếm ưu thế hơn so với các chu trình xảy ra chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro. Cuối cùng, khi không sử dụng tuần hoàn hơi dầu nhờn, ta thấy chỉ xuất hiện các chu trình có chế độ cháy của nhiên liệu diesel.



**Hình 5. Mối quan hệ giữa tốc độ tỏa nhiệt lớn nhất và thời điểm bắt đầu cháy (CA5) ứng với các trường hợp sử dụng tuần hoàn hơi dầu nhờn cùng với nhiệt độ nước làm mát  $T_{coolant} = 363\text{ K}$  và tỉ lệ hydro là 10%**

Với kết quả trên ta thấy nếu chỉ sử dụng tuần hoàn phần khí gas trong hơi dầu nhờn thì rất khó có thể hỗ trợ được quá trình cháy của hydro và từ đó có thể suy ra rằng các hạt sương dầu có trong hơi dầu nhờn sẽ hỗ trợ quá trình cháy của hydro tốt hơn nhiều so với phần khí gas có trong hơi dầu nhờn.

#### 4. Kết luận

Với các kết quả thực nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thành phần trong hơi dầu nhờn và hydro khi được đưa vào đường nạp đến đặc tính của động cơ diesel. Tác giả kết luận như sau:

- Quá trình cháy trong động cơ được chia ra làm 3 chế độ: chế độ cháy của nhiên liệu diesel, chế độ cháy có sự hỗ trợ của nhiên liệu hydro, chế độ cháy của hydro.
- Khi tăng nhiệt độ nước làm mát, chế độ cháy của nhiên liệu diesel giảm đi, chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro tăng lên và có sự xuất hiện chế độ cháy của hydro.
- Các hạt sương dầu có trong hơi dầu nhờn góp phần làm cho thời điểm bắt đầu cháy diễn ra sớm hơn. Từ đó góp phần làm xuất hiện chế độ cháy có sự hỗ trợ của hydro và chế độ cháy của hydro.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Heywood, J. B., Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw Hill International Editions, New York, 1988.
- [2] Lu, X., Han, D., Huang, Z., Fuel design and management for the control of advanced compression-ignition combustion modes, Progress in Energy and Combustion Science 37, pp. 741-783, 2011.
- [3] Verhelst, A., Wallner, T., Hydrogen-fueled internal combustion engines, Progress in Energy and Combustion Science 35, pp. 490-527, 2009.

Ngày nhận bài: 10/4/2019  
 Ngày nhận bản sửa: 26/4/2019  
 Ngày duyệt đăng: 13/5/2019