



Numerical Study of Diesel Fuel Combustion with Air in a Combustion Chamber Using Simulation Methods

Huy Chương Trần, Manh Hùng Nguyễn, Văn Thuận Nguyễn,
Văn Chiên Vũ, Trung Định Nguyễn and Sang Truong Ha

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

March 24, 2025

Nghiên cứu quá trình đốt cháy nhiên liệu diesel với không khí trong buồng đốt bằng phương pháp mô phỏng

Trần Huy Chương¹, Nguyễn Mạnh Hùng¹, Nguyễn Văn Thuận¹, Vũ Văn Chiên¹,
Nguyễn Trung Định¹, Hà Trường Sang^{1,*}

¹Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: sanght.st@lqdtu.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp tính toán mô phỏng số quá trình đốt cháy và truyền nhiệt của nhiên liệu diesel trong buồng đốt. Dựa trên thiết kế lý thuyết, hình dạng sơ bộ của buồng đốt được mô hình hóa bằng công cụ tạo khối 3D. Phần mềm tạo lưới không cấu trúc cho miền hỗn hợp diesel và không khí để phục vụ cho quá trình tính toán mô phỏng. Các phương trình bảo toàn năng lượng, phản ứng cháy và bảo toàn động lượng được giải bằng chương trình thương mại ANSYS FLUENT. Kết quả mô phỏng số đưa ra các thông số như nhiệt độ, vận tốc và tỉ lệ khối lượng nhiên liệu đã cháy. Từ đó tính toán được hiệu suất cháy theo các tỉ lệ nhiên liệu khác nhau nhằm tối ưu hình dạng cũng như hỗ trợ việc lựa chọn vòi phun hợp lý cho buồng đốt.

Từ khóa: Buồng đốt diesel, truyền nhiệt, phương pháp mô phỏng số.

1. Đặt vấn đề

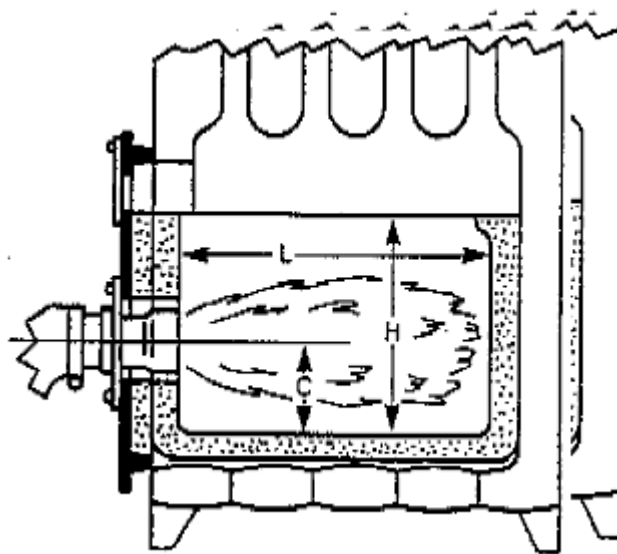
Buồng đốt là một bộ phận quan trọng của bếp sử dụng nhiên liệu diesel. Đó là nơi xảy ra phản ứng cháy của nhiên liệu dầu diesel với khí oxygen trong không khí. Chức năng của buồng đốt là bao quanh ngọn lửa và tỏa nhiệt trở lại hỗ trợ quá trình cháy. Thiết kế và cấu trúc của buồng đốt giúp xác định nhiên liệu có được đốt cháy hiệu quả hay không. Buồng đốt phải làm vật liệu chính xác, có kích thước phù hợp với tốc độ bắn của vòi phun, có hình dạng chính xác và có chiều cao phù hợp. Khu vực xung quanh vùng cháy càng nóng thì giọt dầu càng dễ bay hơi và bốc cháy, ngọn lửa càng nóng. Nếu buồng đốt quá nhỏ dầu sẽ không đủ thời gian để đốt cháy hoàn toàn trước khi thoát ra ngoài. Nếu buồng đốt quá lớn sẽ có những chỗ trong buồng mà ngọn lửa không lấp đầy được. Làm cho bề mặt buồng đốt mát hơn và giảm nhiệt phản xạ từ thành buồng đốt. Kết quả là các giọt nhiên liệu sẽ bay hơi chậm trong buồng làm mát, sẽ khó đốt cháy hoàn toàn. Kết quả là cần phải lượng không khí đốt cháy nhiều hơn để đốt cháy thành khói trắng, dẫn đến lượng CO₂ giảm (O₂ cao) hiệu suất thấp. Việc tính toán thiết kế buồng đốt có ý nghĩa quan trọng cho việc đốt cháy hiệu quả hay không. Kích thước buồng đốt thường được đo bằng inch vuông của không gian sàn. Các kích thước lý tưởng cho một hệ thống buồng đốt là khoảng 80 đến 90 inch vuông cho mỗi gallon chất cháy theo giờ (1 gallon = 3,7854 L). Kích thước này được sử dụng cho các vòi phun có công suất từ 0,5 đến 1,5 GPH (Gallons per hour). Các thông số đặc trưng như trong Hình 1.

Nhiên liệu lỏng như dầu nặng, dầu hỏa và dầu diesel được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp bao gồm buồng đốt dầu lỏng, tua bin khí, động cơ đốt trong và lò công nghiệp. Mô hình hóa quá trình nguyên tử hóa nhiên liệu lỏng và đốt cháy đồng thời bao gồm các hiện tượng như nhiễu loạn, truyền nhiệt, truyền chất, động lực học của giọt và các thay đổi pha được kết hợp chặt chẽ với nhau là một trong quá trình phức tạp. Do đó, sự hiểu biết và phân tích chi tiết về quá trình nguyên tử hóa và quá trình đốt cháy là rất quan trọng để cải thiện hiệu suất của thiết bị đốt hiện tại nhằm đáp ứng các hạn chế trong tương lai về phát thải chất ô nhiễm.

Có nhiều những nghiên cứu trong thời gian qua về quá trình nguyên tử hóa chất lỏng và đốt phun đã được thực hiện với các loại nhiên liệu lỏng, cho thấy mức độ tin cậy giữa thực nghiệm và mô phỏng về cấu trúc ngọn lửa cháy nhiên liệu lỏng. Sáez và cộng sự [1] đã nghiên cứu đặc tính cháy của butan lỏng và dầu disel bằng cách sử dụng vòi đốt dầu diesel quan sát thấy ngọn lửa hình nón kéo dài

trong suốt quá trình cháy, và bức xạ nhiệt cao ở phía trước ngọn lửa. Trong nghiên cứu của Kamnis và Gu [2] thấy rằng dòng chảy của buồng đốt bị ảnh hưởng nhiều bởi những tác động rối và cơ chế phản ứng tổng thể của propan lỏng. Ahmed và các cộng sự [3] đã nghiên cứu đặc tính cháy của một số loại nhiên liệu lỏng (dầu diesel, dầu hỏa và dầu nặng) trong môi trường oxy và không khí bằng phương pháp số. Họ đã phân tích cấu trúc ngọn lửa, sự bay hơi của nhiên liệu và hình thành khí CO trong buồng đốt thí nghiệm.

Các nghiên cứu mô phỏng số và thực nghiệm về quá trình cháy của nhiên liệu lỏng trong môi trường không khí, nhưng hầu hết giới hạn ở các buồng phản ứng dòng cầm. Hiện mô hình tính toán động lực học chảy lỏng (CFD) được sử dụng rộng rãi vì chúng cho cung cấp sự biểu diễn phù hợp nhất của các quá trình nhiệt - vật lý và nhiệt - hóa học khác nhau như phân bố dòng, lan truyền phía trước ngọn lửa, trộn rối, nguyên tử hóa giọt, vùng phản ứng và phân bố các loài. Mục nghiên cứu phân tích các đặc tính đốt cháy của nhiên liệu diesel trong buồng đốt bằng cách sử dụng mô hình cháy rối, không trộn trước. Các đặc tính cháy của nhiên liệu dầu diesel trong không khí như phân bố dòng chảy, nhiệt độ và cấu trúc ngọn lửa, sự nguyên tử hóa và lượng khí thải CO được tập trung nghiên cứu.



Hình 1. Các thông số kích thước buồng đốt [4]

2. Mô hình tính toán cháy trong buồng đốt

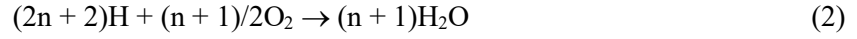
2.1. Tính toán nhiệt

Quá trình đốt cháy diễn ra khi nhiên liệu tác dụng với khí O trong không khí và sản sinh ra nhiệt lượng. Nhiên liệu bao gồm các hydrocarbon được hình thành nên từ những thành phần cơ bản là carbon (C) và hydrogen (H). Khi nhiên liệu được đốt cháy, khí carbon dioxide (CO₂) và nước (H₂O) là những sản phẩm hóa học chính được sinh ra từ các chất phản ứng là C và H ở trong nhiên liệu với O có trong không khí.

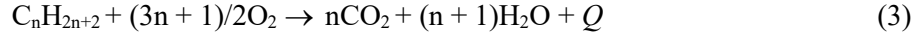
Nhiên liệu được giả sử chỉ có hydrocarbon và không chứa các tạp chất. Công thức tổng quát cho nhiên liệu đốt hydrocarbon là C_nH_{2n+2}. Với nhiên liệu là diesel thì *n* trong khoảng từ 10 đến 15 (C₁₀H₂₂ đến C₁₅H₃₂).

Phản ứng cháy của diesel xảy ra như sau:





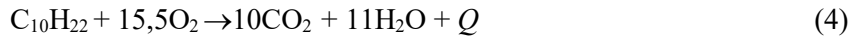
Do đó:



Theo đó, một phân tử hydrocarbon cháy vừa đủ cần $(3n + 1)/2$ phân tử khí O và sản phẩm cháy có n phân tử CO_2 và $(n + 1)$ phân tử H_2O . Tùy thuộc vào loại cấu trúc phân tử mà tỉ lệ khối lượng carbon và hydrogen trong phân tử là khác nhau. Do đó, tỉ lệ về thể tích khí O cũng như sản phẩm cháy sẽ khác nhau. Với diesel thì $n = 10$ đến $n = 15$.

Tỉ lệ khối lượng C tăng thêm khá nhỏ khi số n trong công thức cấu tạo tăng lên. Với diesel, tỉ lệ phần trăm khối lượng C là khoảng 85% và của H là khoảng 15%.

Để tính cụ thể hơn, có thể lấy một đại diện có công thức là $C_{10}H_{22}$ (đây là công thức phổ biến được sử dụng cho diesel).



Trong thực tế, việc đốt cháy này xảy ra không hoàn toàn lý tưởng vì lượng O cần đưa vào sẽ nhiều hơn so với lượng cần thiết. Bảng 1 tính toán lượng oxy cũng như tổng thể tích không khí đưa vào trong các trường hợp lượng oxy đưa vào nhiều hơn 25%, 50% và 75% lượng cần thiết so với tính toán khi cháy 1 kg nhiên liệu diesel.

2.2. Tính toán bằng mô hình mô phỏng số

Mô hình mô phỏng số ở đây sẽ giải các phương trình chuyển động và trao đổi nhiệt dựa trên phương pháp thể tích hữu hạn, trong đó phương trình mô tả động lực học chất khí được thể hiện thông qua hệ phương trình Navier-Stokes:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \otimes \mathbf{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{g} \quad (6)$$

trong đó: phương trình (5) là phương trình liên tục hay phương trình bảo toàn khối lượng với ρ kí hiệu cho khối lượng riêng và \mathbf{u} là vector vận tốc; phương trình (6) là phương trình bảo toàn động lượng với p là áp suất dòng khí, \mathbf{g} là gia tốc trọng trường và $\boldsymbol{\tau}$ là ten-xơ ứng suất.

Phương trình bảo toàn năng lượng sẽ được áp dụng:

$$\rho \left[\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (h \vec{V}) \right] = -\frac{Dp}{Dt} + \nabla \cdot (k \nabla T) + \phi \quad (7)$$

trong đó: h là entalpy; T là nhiệt độ; ϕ là hàm tiêu tán đại diện cho lực nhớt và k là hệ số dẫn nhiệt của khí.

Mô hình bức xạ nhiệt DO, phương trình truyền nhiệt bức xạ của mô hình DO theo hướng \vec{s} là:

$$\nabla \cdot (I(\vec{r}, \vec{s}) \vec{s} + (a + \sigma_s) I(\vec{r}, \vec{s})) = an^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(\vec{r}, \vec{s}) j(\vec{s}, \vec{s}) d\Omega \quad (8)$$

Mô hình cháy rối bao gồm một loạt các hiện tượng kết hợp như hóa năng, phản ứng hóa học, hệ hai hoặc ba pha, các phương trình bức xạ nhiệt, ngoài ra còn có các phương trình mô hình chảy rối. Mô hình cháy rối được điều chỉnh bởi các phương Navier-Stokes, các phương trình truyền nhiệt, truyền chất với phép tính trung bình của Reynolds và Favre. Phương pháp tiếp cận hàm mật độ xác

suất (PDF) cũng được sử dụng trong quá trình mô phỏng. Mô hình cháy không trộn trước được sử dụng trong nghiên cứu này. Các tính toán cân bằng nhiệt độ được thực hiện trước ở dạng PDF, sự tương tác rôi và hóa học được tính bằng hàm mật độ xác suất PDF. Mô hình cháy không trộn trước được phát triển để mô phỏng các ngọn lửa khuếch tán hỗn loạn và phản ứng hóa học nhanh. Mô hình này cho phép dự đoán các chất trung gian, sự phân ly và kết hợp hóa học rôi nghiêm ngặt. Phương pháp này cho hiệu quả về tính toán, bởi nó không yêu cầu giải một lượng lớn các phương trình truyền chất. Tương tác giữ dòng chảy rôi - phản ứng hóa học được tính toán bằng cách sử dụng mô hình cháy pha rôi rạc dựa trên phương pháp tiếp cận tỉ lệ hỗn hợp f và hàm mật độ xác suất (PDF). Tỷ lệ hỗn hợp f được định nghĩa là tỷ lệ khối lượng của dòng sơ cấp [5]:

$$f = \frac{sY_f - Y_{o,0}}{sY_{f,1} - Y_{o,0}} \quad (9)$$

trong đó: Y_f và Y_o là tỉ lệ khối lượng của nhiên liệu và chất oxy hóa, chỉ số dưới 0 và 1 dùng để chỉ dòng chất oxy hóa và dòng nhiên liệu tương ứng. Hàm mật độ xác suất được định nghĩa là phần thời gian mà chất lỏng ở trạng thái f , xác định bởi phương trình

$$p(f)\Delta f = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_i \tau_i \quad (10)$$

trong đó: T là thang thời gian, và τ_i là lượng thời gian mà f dành trong giải Δf . Một bảng tính thành phần mong muốn của dòng nhiên liệu và chất oxy hóa được tạo ra bằng cách thực hiện các phép tính hóa học và liên hệ giữa các biến thành phần khí và hỗn hợp.

Để giải phương trình pha rôi rạc, sử dụng phương pháp Euler-Lagrange. Pha khí được coi là liên tục trong khi pha rôi rạc được giải quyết bằng cách theo dõi các hạt/giọt (nhiên liệu), thông qua tính toán trường dòng chảy, pha khí và pha rôi rạc có thể trao đổi khối lượng, động lượng và năng lượng. Quỹ đạo các hạt rôi rạc được dự đoán bằng phân tích cân bằng lực trên hạt trong hệ quy chiếu Lagrangian.

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) + \frac{g_x(\rho_p - \rho)}{\rho_p} + F_x \quad (11)$$

trong đó: $F_D(u - u_p)$ là lực kéo và F_x là lực phát sinh do gradient áp suất dọc theo chất lỏng. Sự truyền nhiệt và truyền chất cho pha rôi rạc được giải quyết bằng kết hợp ba định luật sau:

Định luật Nhiệt tro: khi nhiệt độ của giọt chất lỏng nhỏ hơn nhiệt độ hóa hơi

$$m_p c_p \frac{dT}{dt} = h A_p (T_\infty - T_p) + \varepsilon_p A_p \sigma (\theta_R^4 - T_p^4) \quad (12)$$

trong đó: hệ số truyền nhiệt được tính bằng cách sử dụng mối tương quan của Ranz và Marshall [50]

$$h = \frac{k_\infty}{d_D} \left[2 + 0,6 \text{Re}_d^{1/2} \text{Pr}^{1/3} \right] \quad (13)$$

Định luật Bay hơi của chất lỏng: được áp dụng khi nhiệt độ giọt chất lỏng cao hơn nhiệt độ hóa hơi nhưng thấp hơn điểm sôi

$$N_v = \kappa_c (C_{v,D} - C_{v,\infty}) \quad (14)$$

Định luật Sôi chất lỏng: dùng để dự đoán sôi đối lưu của giọt khi nhiệt độ của giọt đạt điểm sôi

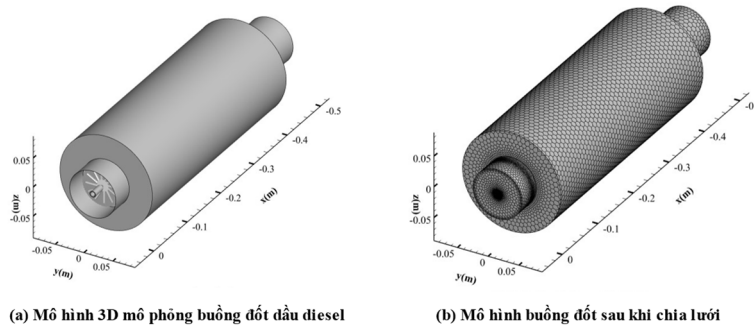
$$-r \frac{dm_D}{dt} = hA_D(T_\infty - T_D) + \varepsilon_D A_D \sigma (T_R^4 - T_D^4) \quad (15)$$

2.3. Kích thước hình học và điều kiện biên

Các kích thước mô hình tính toán cháy trong buồng đốt thể hiện trên Hình 2. Trong đó, buồng đốt được thiết kế dựa theo tài liệu thiết kế buồng đốt. Với lưu lượng đốt nhiên liệu diesel là 0,5 GPH. Buồng đốt trong hình trụ với các kích thước: đường kính $D = 20,32$ cm (8 inch), $L = 30,48$ cm (12 inch). Đường kính đầu đốt $d = 8$ cm và đầu phun nhiên liệu nằm tại tâm vòi phun. Các kích thước đầu vào được đặt cố định.

Mô hình tính toán mô phỏng là quá trình cháy của diesel ($C_{10}H_{22}$) với khí O trong không khí (tỉ lệ 21% khí O và 79% khí). Vòi phun nhiên liệu có đường kính 1 mm với lượng nhiên liệu là 1,57 kg/h ($\sim 4 \times 10^{-4}$ kg/s). Không khí (trong trường hợp 0% khí oxy thừa tại Bảng 1) có lưu lượng thể tích là $11,648 \times 1,57 = 18,287$ m³/h. Tiết diện đầu dẫn không khí tính được là:

$$S_k = \frac{\pi}{4} [d^2 - (0,1d)^2] = 49,76 \text{ cm}^2 = 49,76 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (16)$$



Hình 2. Mô hình tính toán mô phỏng

Do đó, vận tốc tại đầu vào của không khí là:

$$v_k = \frac{18,287}{49,76 \times 10^{-4} \times 3600} = 1,02 \text{ m/s} \quad (17)$$

Bảng 2. Đặc tính của nhiên liệu

Công thức	Khối lượng riêng	Nhiệt dung riêng	Hệ số dẫn nhiệt	Độ nhớt	Nhiệt ẩn	Nhiệt trị NCV	Nhiệt độ bay hơi	Điểm sôi	Khối lượng phân tử	Sức căng bề mặt
	kg/m ³	j/(kg.K)	w/(m.K)	kg/(m.s)	j/kg	kJ/kg	K	K	kg/(kg.mol)	n/m
C10H22	730	2090	0,149	0,0024	277000	43400	341	447,1	142,2847	0,026

Bảng 3. Điều kiện biên

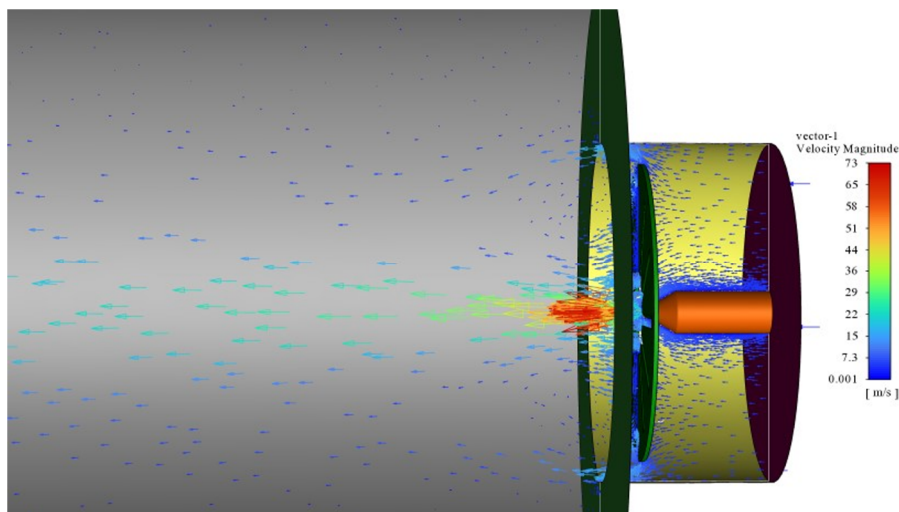
Lưu lượng nhiên liệu cấp	Kích thước hạt	Nhiệt độ nhiên liệu	Lưu lượng không khí	Nhiệt độ không khí	Tỉ lệ O ₂	Tỉ lệ N ₂
kg/s	miromet	K	kg/s	K	%	%
0,0004	10	341	0,005474	300	21	79
0,0004	10	341	0,007664	300	21	79
0,0004	10	341	0,008211	300	21	79
0,0004	10	341	0,009580	300	21	79

Mô hình tính toán sau khi xây dựng trên module Design Modeler và chia lưới bằng module Meshing trong môi trường Workbench sẽ được đưa vào phần mềm FLUENT để tính toán như Hình 2(b).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân bố vận tốc

Nhiên liệu lỏng đi qua đầu phun, tạo ra các hạt nhỏ dạng sương, quá trình cháy là quá trình hòa trộn các hạt sương dầu có không khí. Yêu cầu dòng gió đưa vào phải hỗn hợp mạnh với dòng phun sương, do nhiệt trị của dầu rất cao nên chỉ cần không khí và hơi dầu hỗn hợp mạnh thì quá trình cháy sẽ xảy ra mãnh liệt.



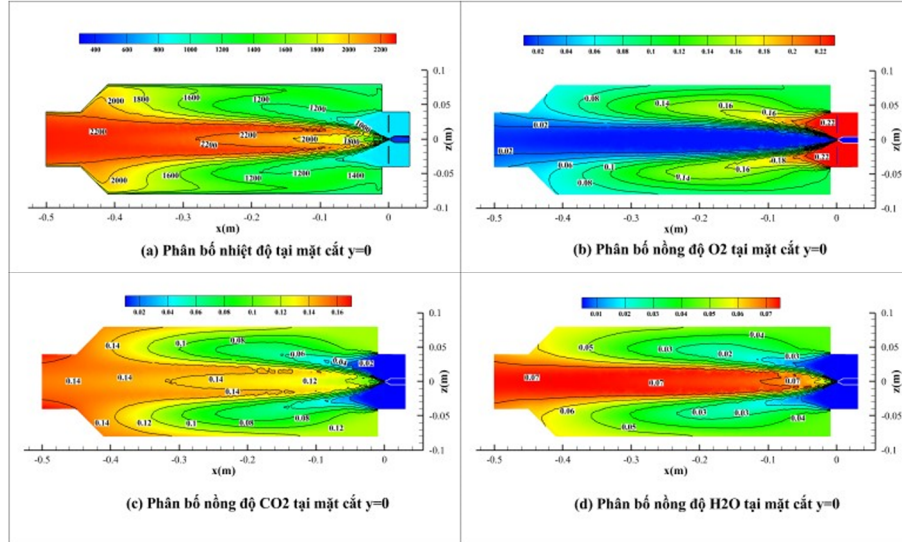
Hình 3. Phân bố vector vận tốc bên trong buồng đốt

Sử dụng dòng xoáy để tạo ra vùng hồi lưu khí nóng trước miệng vòi phun có kích thước phù hợp để hỗ trợ quá trình bắt lửa và cháy. Đặc tính dòng chảy của không khí và nhiên liệu trong quá trình đốt cháy được trình bày trong Hình 3. Vận tốc tại khu vực đầu phun đạt giá trị lớn nhất sau đó giảm dần do sự khuếch tán và tương tác với môi trường xung quanh. Dòng không khí cấp vào bị thu hẹp đột ngột qua bộ phận cánh xoáy làm tăng khả năng hòa trộn của nhiên liệu và không khí.

Xuất hiện vùng hồi lưu, xoáy tại khu vực đầu mở đốt của dòng không khí cấp. Những vùng hồi lưu xoáy này có tác dụng làm nâng cao nhiệt độ dòng nhiên liệu và không khí đảm bảo dòng phun sương sau miệng vòi phun dễ dàng bắt lửa.

3.2. Phân bố nhiệt độ và sản phẩm cháy

Khi dòng hạt dầu trong buồng lửa được đốt nóng, hạt dầu sẽ bốc hơi vừa hỗn hợp vừa cháy. Vì điểm sôi của dầu thấp hơn nhiệt độ bắt cháy do vậy không thể hình thành mặt cháy ngay trên bề mặt hạt dầu mà phải cách bề mặt dòng dầu một khoảng nhất định mới hình thành bề mặt ngọn lửa.



Hình 4. Phân bố nhiệt độ, nồng độ O₂, CO₂, H₂O tại mặt cắt y = 0

Trong Hình 4(a) phân bố nhiệt độ tại mặt cắt y = 0, thấy rằng vùng nhiệt độ cao có xu hướng dịch chuyển về phía cuối ngọn lửa, nhiệt độ cao nhất lên đến 2200 K. Nhiệt độ xung quanh hạt sương dầu thấp, đường kính hạt sương lớn ở trong vùng cháy, xung quanh hạt dầu hình thành một mặt lửa bao, phía trong mặt cháy hình thành hơi dầu và sản phẩm cháy, phía ngoài mặt cháy là không khí và sản phẩm cháy. Hình 4(b) thấy nồng độ O₂ thấp tại vùng phía trong mặt cháy, cao tại vùng phía ngoài mặt cháy. Hơi dầu của các giọt sương phía trong mặt cháy chỉ tiếp xúc được với O₂ khi phát triển về phía trước.

Cùng với sự dịch chuyển của hạt sương vào khu vực cháy thì các hạt sương cháy mới vào sẽ thay thế vị trí nhất định về bắt lửa, cháy kiệt của các hạt trước và như vậy sẽ hình thành phương thức truyền bá ngọn lửa theo kiểu “cháy dạng hạt tiếp sức”.

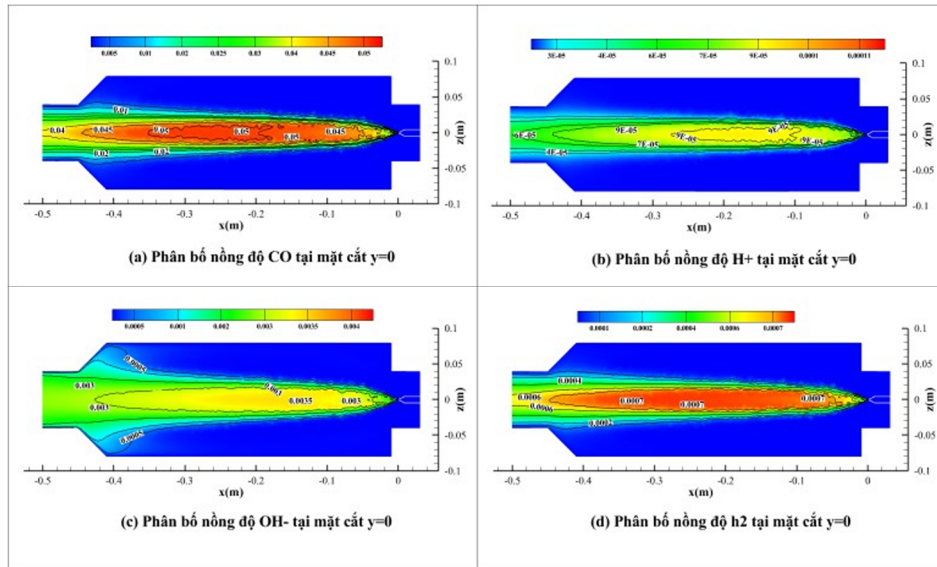
CO₂ và H₂O là hai sản phẩm cháy chính của quá trình đốt cháy dầu diesel trong buồng đốt. Các sản phẩm này chỉ hình thành khi quá trình cháy diễn ra trong khu vực vùng cháy chính. Hình 4(c) và Hình 4(d) phân bố nồng độ của CO₂ và H₂O đạt đỉnh về phía cuối buồng đốt.

3.3. Sự hình thành CO

CO được hình thành dưới dạng trung gian trong quá trình đốt cháy. Nó được cho là hình thành theo cơ chế phản ứng phương trình (18, 19) [6], [7] phản ứng này chậm hơn đáng kể so với sự hình thành CO từ nhiên liệu, dẫn đến nồng độ CO trong ngọn lửa tăng lên.

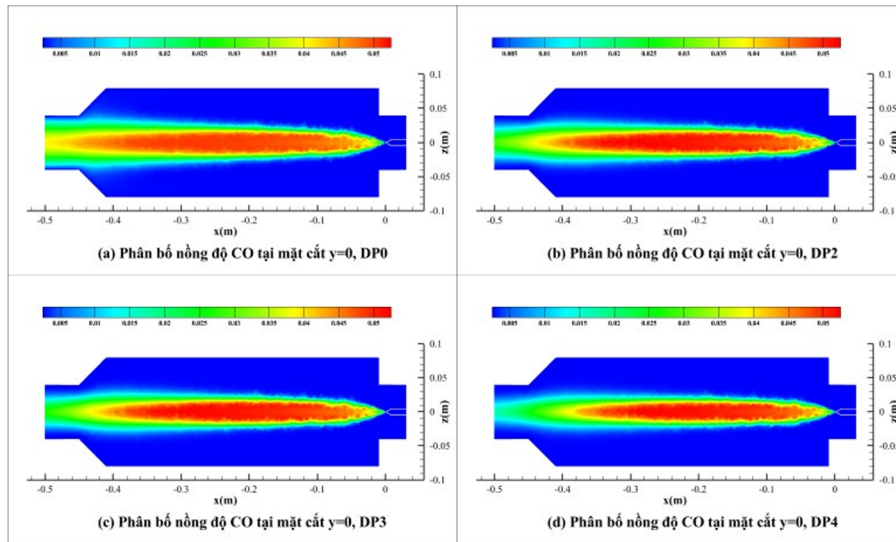
Nhiệt độ ngọn lửa đoạn nhiệt cao là điều kiện thuận lợi cho việc sản sinh ra CO, kết quả là nồng độ CO cao được quan sát thấy trong quá trình cháy của dầu diesel. Những kết quả quan sát này phù hợp với nghiên cứu của M. Barbas [8] vai trò của CO₂ trong việc tăng cường sự hình thành CO.





Hình 5. Phân bố nồng độ CO, H⁺, OH⁻ và H₂ tại mặt cắt $y = 0$

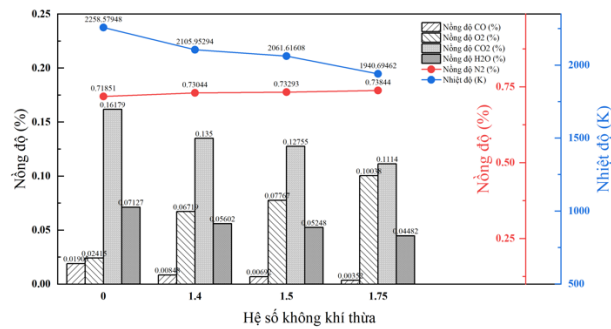
Phản ứng thuận trong phương trình (18) chi phối tốc độ tạo ra CO do lượng CO₂ cao trong vùng phía trong mặt cháy. Do sự thiếu hụt O₂ trong vùng phía trong mặt cháy dẫn đến tăng sự hình thành CO ở vùng nhiệt độ cao.



Hình 6. Phân bố nồng độ CO tại mặt cắt $y = 0$ ứng với các hệ số không khí thừa

Khi tăng lượng không khí cho quá trình cháy trong Hình 6, chiều dài dòng CO giảm dần khi tăng hệ số không khí thừa tương ứng với 0; 1,4; 1,5 và 1,75.

Hình 7 kết quả đầu ra nồng độ % các chất CO, CO₂, H₂O, N₂ và nhiệt độ khói phụ thuộc vào hệ số không khí thừa. Nồng độ CO tại đầu ra buồng đốt giảm khi tăng hệ số không khí thừa, tăng khả năng cháy kiệt của nhiên liệu. Tương ứng là nồng độ O₂ dư tại đầu ra tăng lên làm giảm hiệu suất và nhiệt độ khói đầu ra của buồng đốt.



Hình 7. Kết quả đầu ra phụ thuộc vào hệ số không khí thừa

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng phương pháp mô phỏng nhằm xác định đặc tính của quá trình cháy nhiên liệu dầu diesel lỏng trong buồng đốt bệ dầu sử dụng phần mềm thương mại Ansys Fluent. Phương pháp số này đã giúp xác định được trường nhiệt độ, vận tốc và phân bố nồng độ các chất trong thành phần khí thải của quá trình đốt cháy nhiên liệu dầu diesel lỏng. Kết quả mô phỏng cháy theo các tỉ lệ nhiên liệu khác nhau nhằm tối ưu hình dạng cũng như hỗ trợ việc lựa chọn vòi phun hợp lý cho buồng đốt.

Tài liệu tham khảo

- [1] A. Sáez, A. Flores-Maradiaga, and M. Toledo, Liquid butane as an alternative fuel for diesel oil burners, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 45-46, pp. 1-8, Dec. 2012, Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.04.024.
- [2] S. Kamnis and S. Gu, Numerical modelling of propane combustion in a high velocity oxygen-fuel thermal spray gun, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 45, No. 4, pp. 246-253, Apr. 2006, Doi: 10.1016/j.ccep.2005.06.011.
- [3] P. Ahmed, M. A. Habib, R. Ben-Mansour, and A. F. Ghoniem, Computational Fluid Dynamics (CFD) Investigation of the Oxy-combustion Characteristics of Diesel Oil, Kerosene, and Heavy Oil Liquid Fuels in a Model Furnace, *Energy Fuels*, Vol. 30, No. 3, pp. 2458-2473, Mar. 2016, Doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b02794.
- [4] T. Laughtlin, *Combustion of number 2 fuel oil*, PDH Course K107.
- [5] A. Fluent, ANSYS Fluent 12.0 user's guide, *Ansys Inc*, Vol. 15317, pp. 1-2498, 2009.
- [6] L. Chen and A. F. Ghoniem, Modeling CO₂ Chemical Effects on CO Formation in Oxy-Fuel Diffusion Flames Using Detailed, Quasi-Global, and Global Reaction Mechanisms, *Combustion Science and Technology*, Vol. 186, No. 7, pp. 829-848, Jul. 2014, Doi: 10.1080/00102202.2014.883384.
- [7] F. Liu, H. Guo, and G. J. Smallwood, The chemical effect of CO₂ replacement of N₂ in air on the burning velocity of CH₄ and H₂ premixed flames, *Combustion and Flame*, Vol. 133, No. 4, pp. 495-497, Jun. 2003, Doi: 10.1016/S0010-2180(03)00019-1.
- [8] M. Barbas, M. Costa, S. Vranckx, and R. X. Fernandes, Experimental and kinetic modeling study of CO and NO formation under oxy-fuel conditions, in *Proceedings of the 8th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics*, 2015, pp. 16-20.