



RESEARCH ON THE CHARACTERISTICS OF THE FLAME AND DETERMINATION OF THE GAS PRESSURE IN THE COMBUSTION CHAMBER FOR THE INFRARED ASPHALT REPAIR EQUIPMENT

Nguyen Van Dung¹, Nguyen Binh²

¹Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications, No 450-451 Le Van Viet Street, Thu Duc city, Ho Chi Minh city, Vietnam

²University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 14/03/2023

Revised: 12/06/2023

Accepted: 14/06/2023

Published online: 15/06/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.5.9>

* *Corresponding author*

Email: nvdung@utc.edu.vn; Tel: +84982017063

Abstract. The infrared asphalt heater uses a gas fuel source to heat the ceramic plate, then radiates the heat to the pavement to soften the asphalt layer for the pavement repair process. However, in order to improve the efficiency of the flame in the combustion chamber and avoid the flame burning directly on the road surface, it is necessary to study the characteristic parameters of the flame in accordance with the structure of the combustion chamber of the machine. The article presents two problems: firstly, research on the characteristics of the gas flame in the combustion chamber to determine the relationship between flame length and temperature; secondly, calculation of the pressure loss during fuel combustion to determine the actual pressure of the combustible gas mixture in the combustion chamber of the pavement heater. This is the scientific basis for determining the parameters to design the fuel burner of the infrared asphalt heater.

Keywords: Road surface radiant heating, gas flame, heat radiation ceramic plate, LPG/air mixture



NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG NGỌN LỬA VÀ XÁC ĐỊNH ÁP SUẤT KHÍ TRONG KHOANG CHÁY CỦA MÁY ĐỐT NÓNG MẶT ĐƯỜNG

Nguyễn Văn Dũng¹, Nguyễn Bính²

¹Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải, 450-451 Lê Văn Việt, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 14/03/2023

Ngày nhận bài sửa: 12/06/2023

Ngày chấp nhận đăng: 14/06/2023

Ngày xuất bản Online: 15/06/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.5.9>

* Tác giả liên hệ

Email: nvdung@utc.edu.vn; Tel: 0982017063

Tóm tắt. Máy đốt nóng mặt đường sử dụng nguồn nhiên liệu khí gas để đốt nóng tấm gốm sau đó bức xạ nhiệt xuống mặt đường làm mềm hóa lớp bê tông nhựa (BTN) phục vụ quá trình sửa chữa mặt đường. Tuy nhiên để nâng cao hiệu quả của ngọn lửa trong khoang cháy và tránh cho ngọn lửa đốt trực tiếp xuống mặt đường thì cần phải nghiên cứu các thông số đặc trưng của ngọn lửa phù hợp với kết cấu khoang cháy của máy. Bài báo trình bày hai vấn đề: *một là* nghiên cứu đặc trưng của ngọn lửa khí gas trong khoang cháy để xác định mối quan hệ giữa chiều dài và nhiệt độ ngọn lửa; *hai là* tính các tổn hao áp suất trong quá trình đốt nhiên liệu để xác định áp suất thực tế của hỗn hợp khí cháy trong khoang cháy của máy đốt nóng mặt đường. Đây là cơ sở khoa học cho việc xác định các thông số để thiết kế bộ phận đốt nhiên liệu của máy đốt nóng mặt đường.

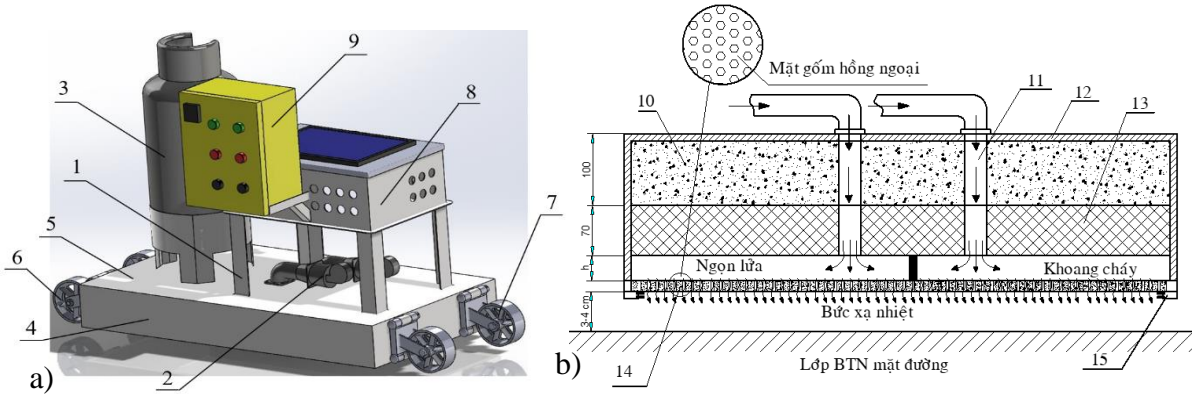
Từ khóa: đốt nóng bức xạ mặt đường, ngọn lửa khí gas, tấm gốm bức xạ nhiệt, khí hóa lỏng LPG/hỗn hợp khí

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sửa chữa mặt đường bằng máy đốt nóng mặt đường (MĐNMĐ) có cấu tạo như hình 1a với nhiều ưu điểm như tận dụng được vật liệu của mặt đường cũ tiết kiệm được 30% lượng bê tông nhựa (BTN) cấp mới, phù hợp với những hư hỏng có diện tích nhỏ, các khu vực mép công thoát nước, hố ga, [1]. Sử dụng công nghệ đốt nóng cho phép mặt đường sửa chữa có tính liền mạch

không tạo mép liên kết dễ dẫn đến tính thấm nước của mặt đường, hạn chế sử dụng các thiết bị phụ trợ khác như (máy bóc, máy khoan đục...), giảm lượng nhân công làm việc, thời gian thi công nhanh. Với những ưu điểm nổi bật như trên công nghệ sửa chữa mặt đường bằng phương pháp đốt nóng rất phù hợp với công tác bảo trì và sửa chữa nhỏ mặt đường.



Hình 1. Cấu tạo máy đốt nóng (a) và mặt cắt dọc khoang cháy nhiên liệu (b)

1. Kết cấu khung đỡ, 2. Hệ thống quạt gió, 3. Bình nhiên liệu, 4. Khoang cháy, 5, 12 Vỏ cách nhiệt, 6, 7. Bánh xe di chuyển, 8. Bộ van điện từ, 9. Tủ điều khiển, 10. Lớp cách nhiệt, 11. Ống dẫn khí, 13. Vách cách nhiệt, 14. Mặt gốm hồng ngoại, 15. Bộ đánh lửa.

Khoang cháy có cấu tạo như hình 1b là khu vực không gian giữa tấm gốm hồng ngoại và vách cách nhiệt, tại đây khí gas nhiên liệu sẽ được đốt cháy và nung đỏ tấm gốm. Để đảm bảo chất lượng mặt đường BTN, theo [1, 2] khi sửa chữa thì lớp BTN mặt đường cần được đốt nóng lên khoảng nhiệt độ $110^{\circ}\text{C} \div 170^{\circ}\text{C}$, đồng thời nhiệt độ không được vượt quá nhiệt độ chớp cháy của nhựa đường là 232°C . Để đạt được khoảng nhiệt theo yêu cầu trên với khoảng cách truyền nhiệt bức xạ từ máy đốt nóng xuống mặt đường là $3 \div 4 \text{ cm}$ [3] thì tấm gia nhiệt của máy cần đạt được khoảng nhiệt $780^{\circ}\text{C} \div 820^{\circ}\text{C}$, giá trị nhiệt lượng là $55689 \div 62481 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Do vậy vấn đề đặt ra là cần thiết kế khoang cháy và xác định áp lực khí cháy để tạo ra ngọn lửa có các thông số đặc trưng thỏa mãn các điều kiện nhiệt trên. Các công trình nghiên cứu trên thế giới chưa đề cập chi tiết đến tính toán ngọn lửa trong khoang cháy trên mặt gốm của máy đốt nóng mặt đường mà chỉ tập trung nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm thông số ngọn lửa khí gas ở các điều kiện thông thường. Tác giả [4-5] đã nghiên cứu lý thuyết về mối liên hệ giữa chiều dài lửa đến áp lực của dòng khí gas và nhiệt độ ngọn lửa, tác giả [6] nghiên cứu mô phỏng ngọn lửa với vận tốc khí cháy, chiều dài và nhiệt độ ngọn lửa trong lò đốt tubin. Tác giả [7-8] đã đề cập đến việc thiết kế máy gia nhiệt hồng ngoại sử dụng các tấm gốm, đưa ra cấu trúc tham khảo của các mặt gốm và nêu nguyên lý cháy của ngọn lửa trong tấm gốm để tạo ra bức xạ hồng ngoại nhưng chưa đề cập đến việc tính toán thông số ngọn lửa và các tổn thất nhiệt. Trong nước, tác giả [9] đã tính toán công suất truyền nhiệt xuống mặt đường và thực nghiệm để kiểm chứng, chưa đề cập đến việc tính toán trong khoang đốt.

Vì vậy để có cơ sở khoa học đầy đủ hơn cho việc xác định các thông số làm việc của máy đốt nóng mặt đường cần phải tiến hành nghiên cứu xác định đặc trưng của ngọn lửa và xác định áp suất của dòng khí cháy của bộ đốt nhiên liệu – đây là hai nội dung chính được trình bày trong bài báo này.

2. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA NGỌN LỬA TRONG KHOANG CHÁY CỦA MĐNMĐ

2.1 Nguyên cứu lý thuyết cháy của ngọn lửa

Nghiên cứu lý thuyết cháy đối với ngọn lửa nhiên liệu khí để xác định đặc trưng của ngọn lửa. Áp dụng phần mềm Ansys fluent để mô phỏng ngọn lửa nhiên liệu với các thông số như chiều dài ngọn lửa, vận tốc khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa. Từ đó xác định được chiều dài ngọn lửa và vận tốc khí cháy phù hợp với nhiệt độ yêu cầu.

a) Các giả thiết về ngọn lửa trong khoang cháy của máy MĐNMD:

- Ngọn lửa được phân bố đều trên bề mặt của tấm gốm và khoang cháy.
- Khi cháy có sự cân bằng áp suất ở trong khoang cháy và không gian bên ngoài, để đảm bảo ngọn lửa không bị cháy tràn ra ngoài không gian tấm gốm chịu nhiệt.
- Ngọn lửa cháy ở dạng hỗn lưu, chảy rối và chỉ di chuyển qua lỗ của lõi tấm gốm.

b) Xác định các thông số đặc trưng của ngọn lửa

Xác định chế độ chuyển động của dòng khí cháy khi hình thành ngọn lửa với tham số đặc trưng là trị số tiêu chuẩn R_e được xác định theo [10].

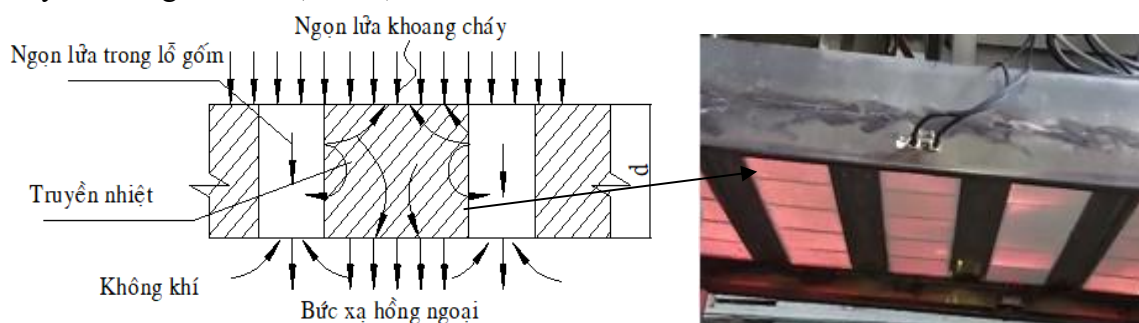
$$R_e = \frac{W \cdot d}{\nu} \quad (1)$$

Trong đó: W là tốc độ trung bình của dòng khí, đối với vận tốc dòng khí của đầu đốt khí gas theo [1], chọn $W = 12$ m/s; d là đường kính thủy lực của kênh dẫn khí, $d = 3$ cm = 0,03 m; ν là độ nhớt động học, m^2/s .

$$\nu = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} \quad (2)$$

Theo [10], khí Gas có độ nhớt $\nu_1 = 0,3 \cdot 10^{-6}$ (m^2/s), độ nhớt không khí $\nu_2 = 15,7 \cdot 10^{-6}$ (m^2/s); nên $\nu = 8 \cdot 10^{-6}$ m^2/s từ đó tra bảng [10] ta được hệ số $R_e = 12 \cdot 0,03 / 8 \cdot 10^{-6} = 45000 > 10000$, vậy hỗn hợp khí cháy chuyển động dưới dạng chảy rối. Ngọn lửa ở mặt trên và trong lỗ của tấm gốm sẽ nung đỏ toàn bộ bề mặt của các tấm gốm nhiệt.

Áp dụng mô hình ngọn lửa chảy rối với máy đốt nóng mặt đường sử dụng tấm gốm chịu nhiệt làm nguồn nhiệt bức xạ, có thể xác lập sơ đồ mô hình ngọn lửa tại tấm gốm chịu nhiệt của máy đốt nóng như sau (hình 2):



Hình 2. Sơ đồ mô hình ngọn lửa hỗn lưu tại tấm gốm bức xạ nhiệt.

Để đạt hiệu quả đốt nóng tấm gốm, chiều dài ngọn lửa phải xuyên qua chiều dày tấm gốm đồng thời không được thổi trực tiếp xuống mặt đường. Như vậy cần xác định áp suất và lưu lượng khí cháy trong 2 giai đoạn: 1. Ngọn lửa trong môi trường buồng đốt; 2. Ngọn lửa trong lỗ gốm nhiệt. Quá trình truyền nhiệt trên bề mặt của tấm gốm và trong lỗ gốm, tấm gốm sau khi được nung lên nhiệt độ cao $780^{\circ}C - 820^{\circ}C$ sẽ truyền bức xạ nhiệt xuống mặt đường.

2.2 Mô phỏng các thông số của ngọn lửa trong khoang cháy của MĐNMD

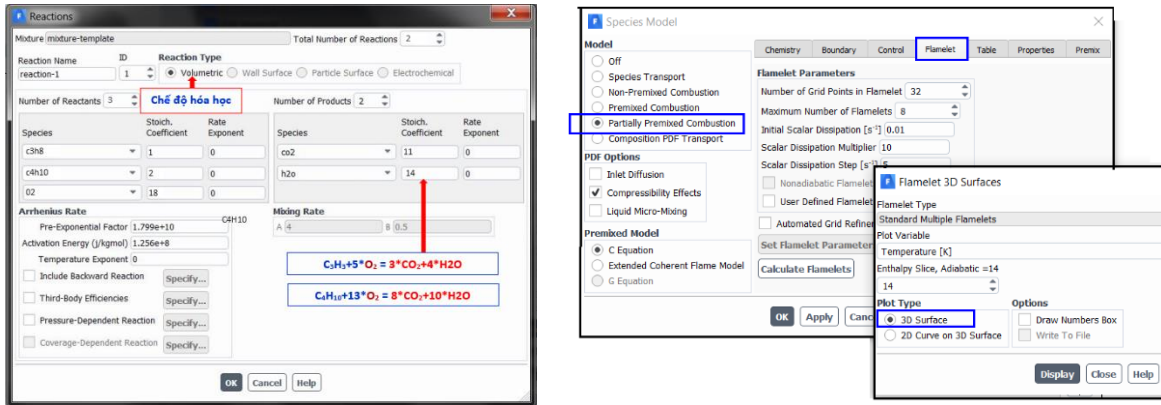
Khai báo các thông số đầu vào của chương trình phần mềm Ansys fluent được xác định thông qua phản ứng hóa học của khí cháy, các đặc trưng truyền nhiệt của vật liệu gốm, mức độ hòa trộn nhiên liệu khí và điều kiện của môi trường trong khoang cháy [6] như sau:

- Khí đốt LPG có tỷ lệ hòa trộn ($C_3H_8 : C_4H_{10} = 1:1$) phương trình phản ứng cháy: $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$; $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$

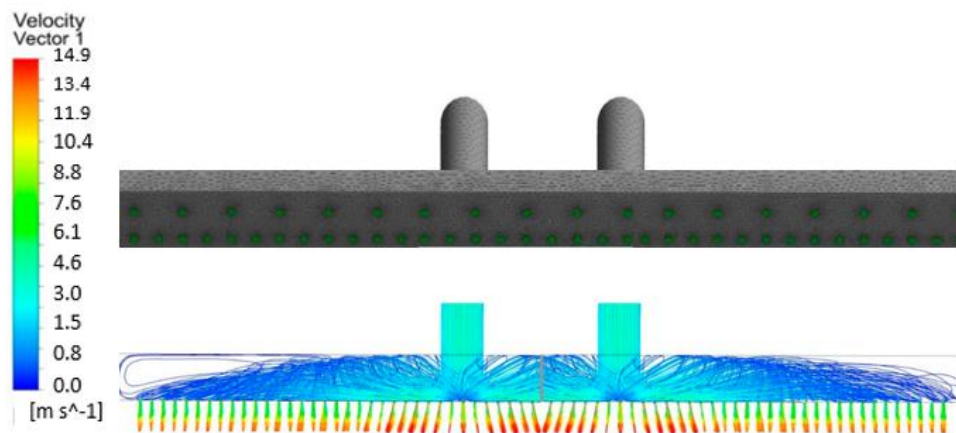
- Các thông số vật lý đầu vào của khí gas và vật liệu khoang cháy bảng 1, TL [12]. Sau đó tiến hành khai báo vào phần mềm như hình 3.

Bảng 1. Các thông số vật lý đặt trung của khí nhiên liệu và vật liệu khoang cháy.

TT	Thông số đầu vào	Giá trị	TT	Thông số đầu vào	Giá trị
1	Độ tỏa nhiệt tấm gốm (MW/h)	1,0	4	Lưu lượng không khí (kg/s)	0,431
2	Tỷ lệ% không khí thừa (%)	1,15	5	Lưu lượng khí cháy (kg/s):	0,022
3	Nhiệt độ không khí (°C)	35	6	Tỷ lệ tương đương	0,87



Hình 3. Khai báo các thông số đầu vào của phần mềm Ansys fluent.



a. Mô hình 3d chi lưới kết cấu khoang đốt

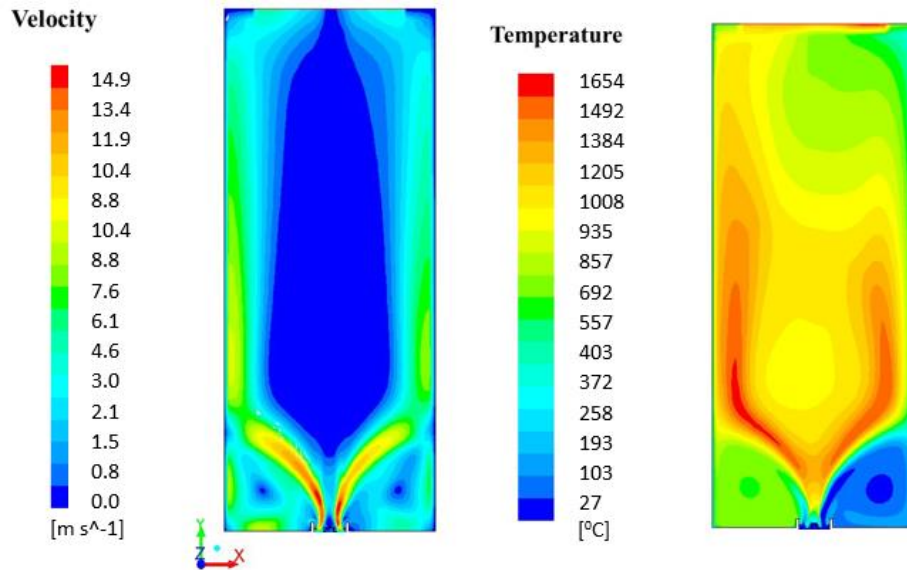
b. Sơ đồ véc tơ vận tốc dòng khí ra khỏi vòi phun

Hình 4. Mô tả véc tơ hướng chuyển động của dòng khí cháy.

Từ mô hình chia lưới của khoang cháy, xác định các thông số véc tơ vận tốc dòng khí cháy và ngọn lửa trong hình 4, tiến hành mô phỏng được giá trị nhiệt độ và vận tốc của dòng khí

cháy của ngọn lửa.

Khai báo các thông số nhiên liệu khí đốt, đặt thời gian đốt nóng cho máy là 5 phút, với kích thước của vòi phun khí, $D = 40 \text{ mm}$, mô phỏng xác định nhiệt độ của ngọn lửa tự nhiên của khí cháy ứng với vận tốc di chuyển của khí cháy như hình 5.

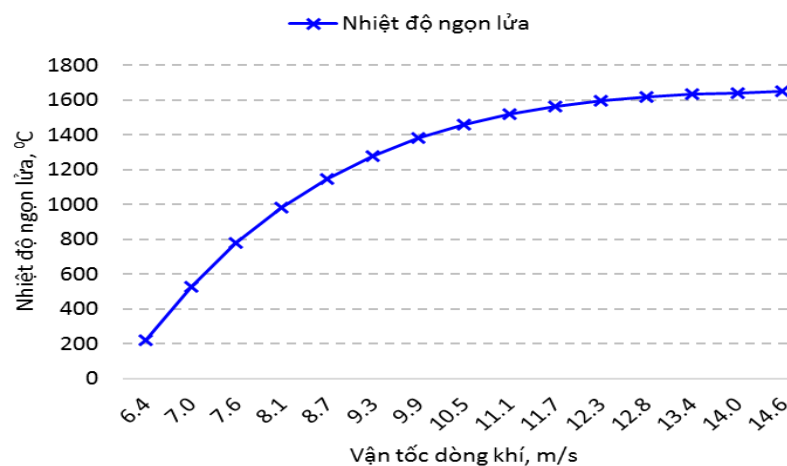


Hình 5. Tốc độ dòng khí cháy và nhiệt độ của ngọn lửa.

Từ kết quả xác định các thông số vận tốc dòng khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa, theo bảng kết quả truy xuất từ phần mềm, ta khảo sát mối quan hệ giữa vận tốc dòng khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa, theo bộ số liệu tại bảng 2 và đồ thị hình 6.

Bảng 2. Mối quan hệ vận tốc và nhiệt độ ngọn lửa khí gas tự nhiên.

V, m/s	7,0	7,6	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5	11,1	11,7
t_{tt} , °C	525,5	777,0	981,6	1146,3	1156,3	1277,2	1379,9	1459,0	1519,0



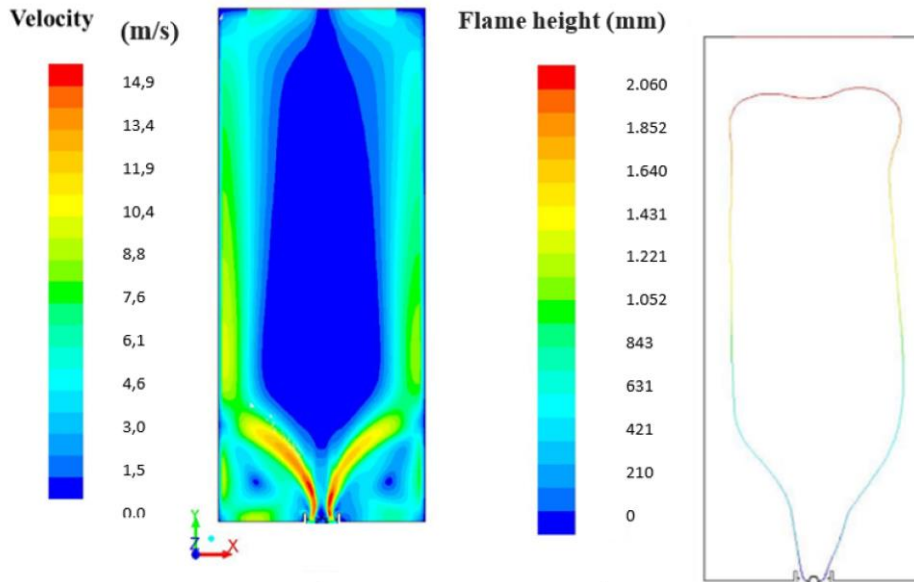
Hình 6. Sự thay đổi nhiệt độ ngọn lửa theo vận tốc dòng khí.

Nhiệt độ thực tế của ngọn lửa tại tám gồm nhiệt [11]:

$$t_{tt} = \frac{t_{tt}}{\eta} \quad (3)$$

với t_{tt} là nhiệt độ thực tế, $^{\circ}\text{C}$; t_{tt} là nhiệt độ lý thuyết; η là hiệu suất truyền nhiệt, $\eta = 0,775$, với $t_{tt} = 780^{\circ}\text{C} \div 820^{\circ}\text{C}$ ta có giá trị nhiệt độ $t_{tt} = 1006^{\circ}\text{C} \div 1058^{\circ}\text{C}$. Từ đồ thị trên, ứng với nhiệt độ $t_{tt} = 1006^{\circ}\text{C} \div 1058^{\circ}\text{C}$ ta xác định vận tốc khí cháy là $v = 7,8 \div 8,0$ (m/s).

Xác định chiều dài ngọn lửa dài ngọn lửa tự do: từ mô hình ngọn lửa khí gas mô phỏng theo phần mềm Ansys fluent ta xác định được chiều dài của ngọn tự do theo vận tốc của dòng khí cháy, kết quả thể hiện trên hình 7.



Hình 7. Chiều dài ngọn lửa và tốc độ phun nhiên liệu.

Như vậy ứng với nhiệt độ $t_{tt} = 1006^{\circ}\text{C} \div 1058^{\circ}\text{C}$ tại vận tốc khí cháy, $v = 7,8 \div 8$ m/s, chiều dài tự do của ngọn lửa là $L_{f0} = 300 \div 320$ mm. Việc xác định vận tốc dòng khí cháy và chiều dài tự do của ngọn lửa là cơ sở cho việc xác định không gian buồng cháy và áp suất khí cháy để đảm bảo nhiệt lượng bức xạ theo yêu cầu.

3. XÁC ĐỊNH ÁP SUẤT KHÍ CHÁY

3.1 Nguyên cứu các tổn thất áp suất khí cháy

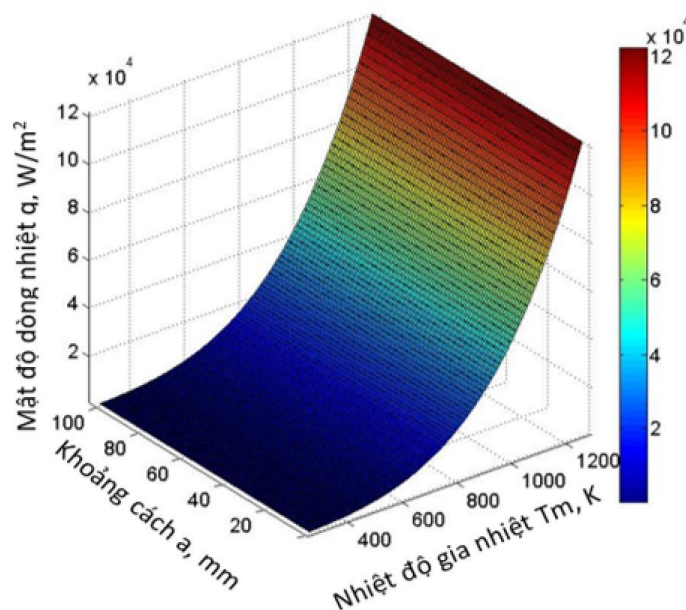
Trong quá trình đốt nóng tấm gốm, ngọn lửa trong lỗ tấm gốm không được đốt trực tiếp lên mặt đường sẽ làm lớp BTN bị cháy, do vậy chiều dài ngọn lửa trong khoang cháy được tính toán thỏa mãn giá trị sau: $L_f = h + \delta_g$; với h là chiều cao của khoang cháy, mm; δ_g chiều dày của tấm gốm, mm. Theo [7] quan hệ giữa chiều dày của tấm gốm và nhiệt độ đạt được từ $700^{\circ}\text{C} \div 900^{\circ}\text{C}$, ta chọn tấm gốm có chiều dày $\delta_g = 12$ mm.

Xác định giá trị h theo dung tích cháy của khoang cháy. Mặt khác dung tích cháy của khoang cháy được tính toán theo giá trị nhiệt lượng cần đạt được theo [6] là giá trị nhiệt lượng của khí Gas (propan): $q_T = 10995 \text{ Kcal/kg} = 6949.10^3 \text{ W/m}^3$.

Mật độ dòng nhiệt lớn nhất khảo sát từ bề mặt của tấm gốm bức xạ nhiệt với khoảng truyền nhiệt $a = 4$ cm, [3] đạt giá trị : $q_v = 248067,22 \div 268764,55 \text{ W/m}^2$, với diện tích tấm đốt nóng $F=0,6 \text{ m}^2$, ta có nhiệt lượng bức xạ $Q = 148840,3 \div 161258,7$ (W); Giá trị thể tích của khoang cháy được xác định:

$$V_c = \frac{Q}{q_T} = \frac{161258.7}{6949.10^3} = 0,023 \text{ m}^3,$$

Ta có chiều cao của khoang cháy được xác định: $h = V_c/F$ $0,023/0,6 = 0,038 \text{ m} = 38 \text{ mm}$; với $F = 0,6 \text{ m}^2$ là diện tích của diện tích mặt cắt ngang của khoang cháy. Giá trị mật độ dòng nhiệt được thể hiện trên đồ thị hình 8.



Hình 8. Mật độ dòng nhiệt và nhiệt độ theo khoảng cách.

Do MĐNMD có sử dụng hệ thống quạt gió để đẩy hỗn hợp nhiên liệu khí cháy xuống khoang cháy, nên có thể lựa chọn mô hình mô đốt tầng ống áp suất thấp. Áp suất dòng khí cháy tại đầu vòi phun được xác định theo biểu thức:

$$P_{nl} = \Sigma \Delta P_G + P_0 \quad (4)$$

với P_0 là áp suất khí cần thiết để tạo ra chiều dài ngọn lửa theo yêu cầu, Pa; $\Sigma \Delta P_G$ là tổn thất áp suất khí, Pa

Theo mô hình này, bất kỳ tổn thất áp suất nào cũng ảnh hưởng đến việc tạo ra hỗn hợp khí cháy có thành phần cần thiết. Các tổn thất áp suất khí cháy được tính theo biểu thức sau [10]:

$$\Sigma \Delta P_G = \Delta P_v + \Delta P_e + \Delta P_i + \Delta P_s. \quad (5)$$

Trong đó: ΔP_v tổng tổn thất năng lượng trong buồng hút, Pa; ΔP_e tổn thất trong vòi phun, Pa; ΔP_i tổn thất trên bề mặt bức xạ, Pa; ΔP_s tổn thất do màn chắn kim loại (bảo vệ gôm), Pa

Bốn thành phần của tổn thất trên là để khắc phục sức cản thủy lực của ngọn lửa nằm trong vùng nhiệt độ cao. Vì thể tích sản phẩm cháy gấp 4 lần thể tích hỗn hợp khí lạnh nên lực cản thủy lực của khí cháy có thể tăng lên khoảng 16 lần. Lực cản thủy lực của khí cháy được xác định theo công thức sau [10]:

$$\Delta P_s = \frac{\xi}{2} v_s^2 \cdot \rho \quad \text{với} \quad \rho = \frac{\rho_G + m \cdot \rho_B}{m+1} \quad (6)$$

Trong đó: ξ là hệ số cản thủy lực của khí cháy; v_s là tốc độ thoát ra của hỗn hợp khí - không khí, m/s; ρ - mật độ hỗn hợp khí-không khí, kg/m^3 ; ρ_G là khối lượng riêng của khí cháy, kg/m^3 ; ρ_B - mật độ không khí; kg/m^3 ; m là tỷ lệ thực tế của dòng không khí và dòng khí, bằng α ; với α

= 1,02 khi đó $\rho_G = 0,625 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 0,33 \text{ kg/m}^3$, $\xi = 0,5$

- ΔP_v : tổng tổn thất năng lượng trong buồng hút theo [10]:

$$\Delta P_v = \lambda \cdot \frac{l}{d_h} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{t}{t_v}\right)^{0,583} \quad (7)$$

Với $d_h = 15 \text{ mm}$, đường kính tương đương của ống hút; $l = 400 \text{ mm}$, chiều dài của ống hút; $\omega = 10 \text{ m/s}$, vận tốc trung bình của dòng khí hút; $\rho = 0,33 \text{ kg/m}^3$, khối lượng riêng của hỗn hợp khí cháy ở nhiệt độ trung bình; t -Nhiệt độ trung bình của dòng khí $t = (380+60) \cdot 0,5 = 220 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_v = 146 \text{ }^\circ\text{C}$ nhiệt độ vách ống hút; $\lambda = 0,04$, hệ số trở lực. Thay số: $\Delta P_v = 0,04 \cdot 400/15 \cdot 10^2/2 \cdot 0,33 \cdot (220/146)^{0,583} = 22,3 \text{ (N/m}^2\text{)}$;

- ΔP_e tổn thất trong vòi phun [10]: $\Delta P_e = \lambda \frac{l}{d_h} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \quad (8)$

Với $l = L_{od} = 200 \text{ mm}$; $d_1 = 30 \text{ mm}$; $t_{tb} = (t_a + t_k) = (820 + 220)/2 = 520^\circ\text{C}$, Tra bảng thông số vật lý của hỗn hợp khí tại nhiệt độ 520°C : $\rho = 0,2 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 0,042 \rightarrow$ Thay số: $\Delta P_e = 0,042 \cdot 200/30 \cdot 10^2/2 \cdot 0,2 = 2,8 \text{ (N/m}^2\text{)}$

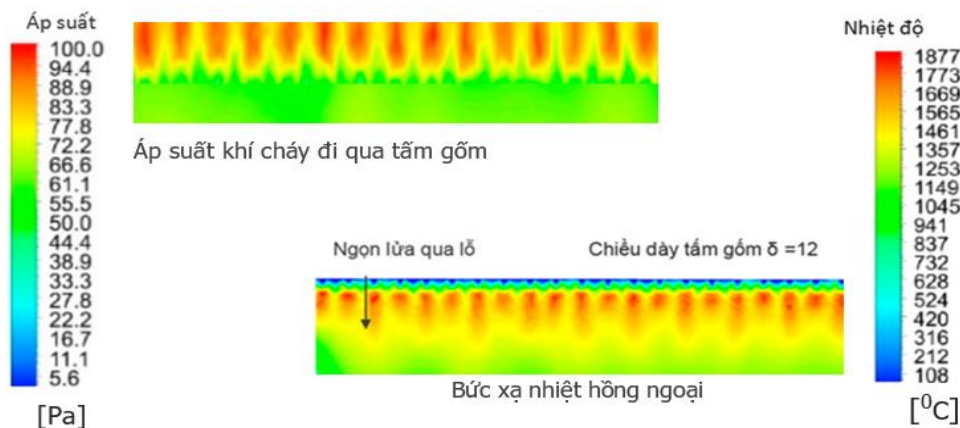
- ΔP_i tổn thất trên bề mặt bức xạ: $\Delta P_i = (\Delta P_v + \Delta P_e + \Delta P_s) \cdot \frac{\rho_o}{0,132} \cdot \frac{760}{P_H}$, với: ρ_o : khối lượng riêng của khí ở 760 mmHg và 0°C , $\rho_o = 0,12 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, Từ đó ta có $\Sigma \Delta P_G = 22,3 + 2,8 + 8,25 + 30,3 = 63,65 \text{ (N/m}^2\text{)}$

3.2 Mô phỏng áp suất khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa trong tấm gốm nhiệt

Khai báo thông số của vật liệu gốm nhiệt, với lựa chọn gốm nhiệt hồng ngoại điển hình [6] có các thông số như sau:

Kích thước các tấm gốm rời: $200 \times 100 \times 12 \text{ (mm)}$; Mật độ lỗ: $25 \div 30 \text{ lỗ/cm}^2$; Kích thước lỗ: $1 \div 1,4 \text{ mm}$; Hệ số giãn nở nhiệt $0 \div 800 \text{ }^\circ\text{C}$: $\leq 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ /K}^{-1}$;

Chiều dài tự do của ngọn lửa là $L_{f0} = 300 \div 320 \text{ mm}$; vận tốc khí cháy, $v = 7,8 \div 8 \text{ m/s}$. Giá trị áp suất khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa được thể hiện trên hình 9.

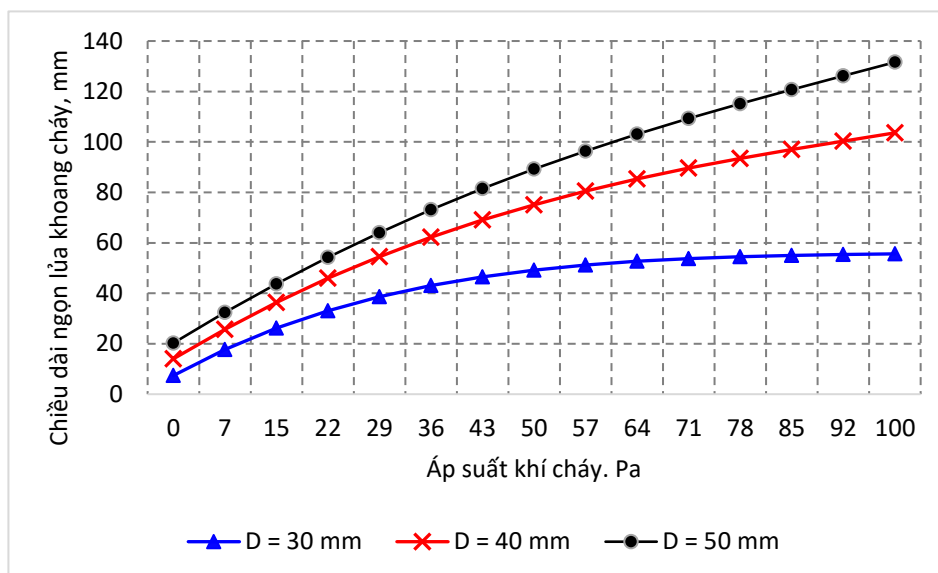


Hình 9. Mô phỏng áp suất khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa qua tấm gốm nhiệt.

Từ áp suất khí cháy và nhiệt độ ngọn lửa hình 10, áp dụng mô hình tính ngọn lửa khí gas bằng phần mềm Ansys fluent ta xác định được giá trị chiều dài ngọn lửa ứng với các đường kính vòi phun $D = 30 \text{ mm}$; $D = 40 \text{ mm}$; $D = 50 \text{ mm}$ được mô tả trong đồ thị hình 10.

Khi tăng đường kính vòi phun và áp lực khí cháy thì chiều dài ngọn lửa và nhiệt độ cháy

sẽ tăng lên, ta xác định áp suất khí cháy phù hợp với điều kiện ngọn lửa trong khoang cháy $L_f \leq 50$ (mm).



Hình 10. Sự phụ thuộc giữa áp lực khí cháy và chiều dài ngọn lửa tại các đường kính khác nhau của vòi phun.

Mặt khác theo công thức tính chiều dài ngọn lửa khí Gas của Heskestad [4]:

$L_f = 0,23 \cdot Q^{2/5} - 1,02 \cdot D$ (m), với Q là nhiệt lượng tỏa ra của ngọn lửa kW; D là đường kính đầu phun, m; với $Q = 161,259$ kW, từ đó $D = (0,23 \cdot 161,259^{2/5} - 0,053) / 1,02 = 0,03$ m = 30 (mm). Theo [4] áp suất vòi phun và chiều dài ngọn lửa có mối quan hệ theo đồ thị ứng với đường kính $D = 30$ mm ứng với chiều dài ngọn lửa $L_f = 53$ mm ứng với áp suất đầu phun $P_0 = 50 \div 55$ N/m². Vậy áp suất dòng khí tại đầu phun nhiên liệu: $P_{n1} = \Sigma \Delta P_G + P_0$, với P_0 là áp suất khí cần thiết để tạo ra chiều dài ngọn lửa theo yêu cầu. Như vậy áp suất dòng khí tại đầu phun nhiên liệu: $P_{n1} = 114 \div 120$ (N/m²)

3. KẾT LUẬN

Nội dung của bài báo đã xác định áp suất cháy và đặc trưng ngọn lửa trong khoang cháy là điều cần thiết mà các công trình nghiên cứu trước chưa đề cập đến, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn nhằm nâng cao chất lượng đốt nóng mặt đường, làm cơ sở cho việc chế tạo máy bộ đốt nhiên liệu tại Việt Nam. Nội dung bài báo đã đạt được các vấn đề sau:

- Xác định được sự phụ thuộc giữa chiều dài ngọn lửa nhiên liệu đến nhiệt độ đạt được, từ thông số chiều dài ngọn lửa xác định được vận tốc của dòng khí nhiên liệu nên dùng cho MĐNMD cỡ nhỏ là $v = 7,8 \div 8$ m/s

- Xác định áp suất tại vòi phun nhiên liệu từ đó xác định được đường kính của đầu đốt và thể tích khoang cháy của MĐNMD cỡ nhỏ cụ thể là: thể tích khoang cháy $V_c = 0,023$ m³, đường kính vòi phun $D = 30$ mm; áp suất khí cháy: $P_{n1} = 114 \div 120$ (N/m²). Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở cho việc thiết kế chế tạo sản phẩm máy đốt nóng mặt đường.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài cấp

trường trọng điểm mã số T2020-PHII-004TĐ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cục quản lý đường bộ, Sổ tay kỹ thuật bảo dưỡng đường bộ, 2014
- [2]. TCVN 8819:2011, Yêu cầu thi công, nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa nóng, 2011.
- [3]. Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Bình, Nghiên cứu chế độ truyền nhiệt của máy đốt nóng phục vụ sửa chữa mặt đường bê tông nhựa, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 11 (2022) 374-380.
- [4]. H. Dagdougui, E. Garbolino, O. Paladino, R. Sacile, Hazard and risk evaluation in hydrogen pipelines, Management of Environmental Quality, An International Journal, 21 (2010) 712-725. <https://doi.org/10.1108/14777831011067971>
- [5]. W. Gao et al., Flame length of non-buoyant turbulent slot flame, Proceedings of the Combustion Institute, 37 (2019) 3843-3850. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2018.05.152>
- [6] A. Bahramian, M. Maleki, B. Medi, CFD Modeling of Flame Structures in a Gas Turbine Combustion Reactor: Velocity, Temperature, and Species Distribution, International Journal of Chemical Reactor Engineering, 15 (2017) 20160076. <https://doi.org/10.1515/ijcre-2016-0076>
- [7]. V.N. Pelipenko, D.Yu. Slesarev, Đầu đốt khí bức xạ hồng ngoại, Nhà xuất bản Tolyatti TGU, 2012
- [8]. A. N. Ermolaev, O. V. Khaustova, Analysis of the construction of the high temperature gas infrared radiator with the use of virtual prototyping, Matec Web of Conferences, 141 (2017) 01019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714101019>
- [9]. Lê Hồng Chương, Tống Đức Năng, Đỗ Văn Nhất, Ngô Thanh Long, Nguyễn Quốc Dũng, Tính nhiệt của đầu đốt thiết bị gia nhiệt hồng ngoại sử dụng trong sửa chữa đường bê tông Asphalt, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 15 (2021) 165–176. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3V\)-14](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-14)
- [10]. Hoàng Kim Cơ, Nguyễn Công Cẩn, Đỗ Ngân Thanh, Giáo trình tính toán kỹ thuật nhiệt lò công nghiệp. NXB Khoa học kỹ thuật, 1985.
- [11]. Nguyễn Sĩ Mão, Giáo trình Lý thuyết Cháy và Thiết bị cháy, NXB Khoa học kỹ thuật 2002.
- [12]. Nguyễn Thanh Hào, Thiết kế lò hơi, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2009.