

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH CHÁY NHIÊN LIỆU DẦU DO TRONG BUỒNG ĐỐT LÒ HƠI ỐNG LÒ – ỐNG LỬA VỚI HỆ SỐ XOÁY $S = 0,6$

AN EXPERIMENTAL STUDY OF COMBUSTION PROCESS OF DO FUEL IN FIRE TUBES BOILER CHAMBER WITH SWIRL NUMBER $S = 0.6$

Nguyễn Thanh Hà

Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Dòng phun nhiên liệu dầu DO có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình hòa trộn giữa nhiên liệu và không khí trước cũng như trong quá trình cháy ổn định của ngọn lửa trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa. Do đó, đã có nhiều các nghiên cứu lý thuyết và mô phỏng số nghiên cứu quá trình cháy nhiên liệu dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa. Bài báo này giới thiệu một nghiên cứu thực nghiệm quá trình cháy nhiên liệu dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa với hệ số xoáy $S = 0,6$ nhằm mục đích cải tiến đầu đốt thông thường dựa trên quan hệ giữa hệ số xoáy và góc tạo xoáy cùng với những ứng dụng của đầu đốt tạo xoáy trong nghiên cứu thực nghiệm xác định hiệu quả của dòng xoáy lên ngọn lửa của dòng phun rối xoáy hai pha trong buồng đốt lò hơi.

Từ khóa: Lò hơi ống lò – ống lửa; Dầu DO; Khí thải; Buồng đốt; Hệ số xoáy.

ABSTRACT

The DO fuel injection flow has a great influence on the mixing process between fuel and air before as well as during the stable combustion process of the fire in the fire tube boiler combustion chamber. Therefore, there have been many theoretical studies and numerical simulations studies the combustion process of DO fuel in the fire tube boiler combustion chamber. This article introduces an experimental study on the combustion process of DO fuel in the combustion chamber of a fire tube boiler with swirl number $S = 0.6$ with the aim of improving a conventional burner based on the relationship between the vortex coefficient and the vortex generation angle along with Applications of vortex generator burners in experimental research to determine the effect of vortex flow on the flame of two-phase vortex jet flow in the fire tube boiler combustion chamber.

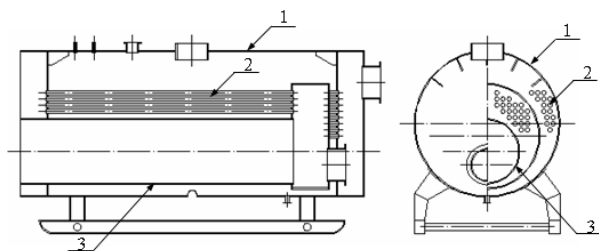
Keywords: Fire tube boiler; DO fuel; Emissions; Combustion chamber; Swirl number. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, các công trình nghiên cứu lý thuyết và mô phỏng số quá trình cháy dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa đã và đang được thực hiện nhiều trong bối cảnh ô nhiễm môi trường do khí thải CO , CO_2 , NO_x gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng cuộc sống. Đây là những nghiên cứu không những phức tạp về bản chất mà còn về định lượng khi diễn tả bằng các phương trình toán học [1 ÷ 4].

Mặc dù nghiên cứu thực nghiệm cho hiệu quả không cao như mong muốn vì tiêu tốn nhiều công sức, thời gian, kinh phí và hạn chế về dụng cụ đo có độ chính xác cao. Nhưng đây là một trong những phương pháp dùng để đánh giá khách quan tính đúng đắn kết quả nghiên cứu lý thuyết [5].

Buồng đốt là hệ thống thiết bị và không gian để tiến hành các giai đoạn của quá trình cháy nhiên liệu. Buồng đốt có nhiệm vụ chính là: có khả năng đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu với lượng không khí thừa là nhỏ nhất trong phạm vi thay đổi phụ tải lớn nhất, có kích thước nhỏ gọn, có cấu tạo đơn giản, rẻ tiền... Lò hơi ống lò – ống lửa là thiết bị thông dụng trong công nghiệp như minh họa trong hình 1.

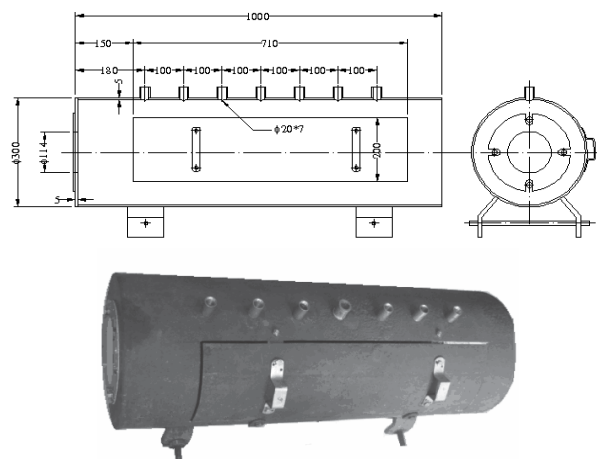


Hình 1. Cấu tạo lò hơi ống lò – ống lửa:
1 – Thân lò; 2 – Ống lửa; 3 – Ống lò

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BUỒNG ĐỐT LÒ HƠI ỐNG LÒ – ỐNG LỬA

2.1. Buồng đốt

Mô hình buồng đốt được xây dựng là một hình trụ bằng thép chịu nhiệt có kích thước: dài $L = 1000\text{mm}$, đường kính $\phi = 300\text{mm}$. Béc đốt được chế tạo và lắp đặt vào buồng đốt có công suất 115kW như minh họa trong hình 2.



Hình 2. Mô hình buồng đốt hình trụ nằm ngang

2.2. Thiết bị đo thực nghiệm

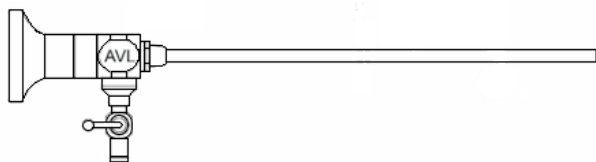
Mô hình buồng đốt được gắn với thiết bị đo và chụp ảnh là hệ thống AVL Visioscope do Austria lắp đặt tại Trung tâm Điều khiển và Xử lý số liệu, Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.

Đầu CCD camera pixelfly VGA color (Hình 3) thu nhận hình ảnh, màu sắc và cường độ sáng với độ phân giải là 640×480 pixels [6].



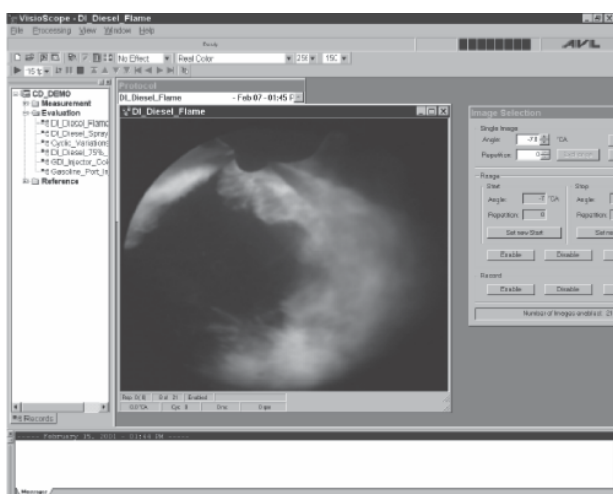
Hình 3. CCD camera pixelfly VGA color

Ống nội soi có một đầu được gắn với CCD Camera PixelFly (Hình 3), đầu còn lại được đưa vào buồng đốt thông qua các lỗ $\phi 20$ được khoan sẵn trên thân buồng đốt như minh họa trong hình 2 để hỗ trợ camera thu nhận hình ảnh và thông số của ngọn lửa bên trong buồng đốt (Hình 4).



Hình 4. Ống nội soi M10

Bộ xử lý đã có phần mềm AVL VisioScope được lập trình sẵn để ứng dụng trong việc so sánh các hình ảnh thu được từ CCD Camera PixelFly với nguồn sáng chuẩn do thiết bị cung cấp (Hình 5).

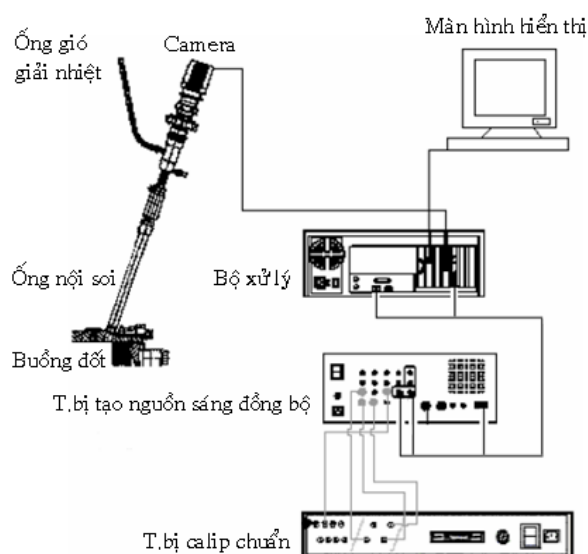


Hình 5. Giao diện phần mềm AVL VisioScope

2.3. Nguyên lý đo

Các tín hiệu hình ảnh từ ngọn lửa được chụp bằng CCD Camera PixelFly thu nhận hình ảnh dưới dạng dữ liệu số 12 bit có độ phân giải là 640x480 pixels. Sau đó, dữ liệu số này được đem so sánh với hình ảnh mẫu chuẩn do

nhà chế tạo cung cấp thông qua phần mềm phân tích hình ảnh ngọn lửa đã được lập trình sẵn trong bộ xử lý tín hiệu (Intel Pentium IV, 4.0, sai số chuẩn nằm trong khoảng $\pm 0,2\%$), từ đó cho ta các thông số về hình ảnh màu nhiệt độ của ngọn lửa trong quá trình cháy và thành phần bỏ hống trong sản phẩm cháy như minh họa trong hình 6.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý đo trên AVL VisioScope



Hình 7. Mô hình bố trí thiết bị đo thông số ngọn lửa

Việc cài đặt chế độ đo nhiệt độ trong buồng đốt tùy thuộc vào từng trường hợp đo

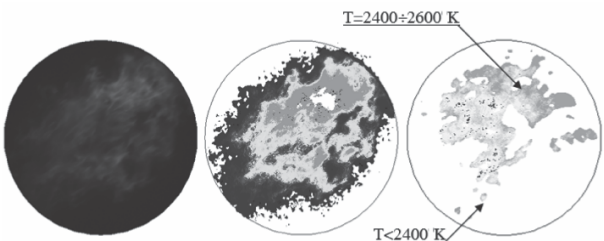
cụ thể. Đối với thí nghiệm cháy dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa thì các quá trình được tiến hành theo các bước như sau: Định vị đầu nội soi, lắp ghép đường ống gió làm mát ống nội soi, nối cáp CCD camera với bộ xử lý, khởi động bộ xử lý, chạy chương trình AVL VisioScope, khai báo thông tin thí nghiệm, cài đặt chế độ ghi hình, xử lý hình ảnh.

3. ỨNG DỤNG NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH CHÁY DẦU DO TRONG BUỒNG ĐỐT LÒ HƠI ỐNG LÒ – ỐNG LỬA

Tiến hành đốt dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa với hệ số xoáy $S = 0,6$, áp suất phun $p = 10$ bar, lưu lượng dầu $m = 9,6$ kg/h cho hình ảnh ngọn lửa cháy ổn định như minh họa trong hình 8.



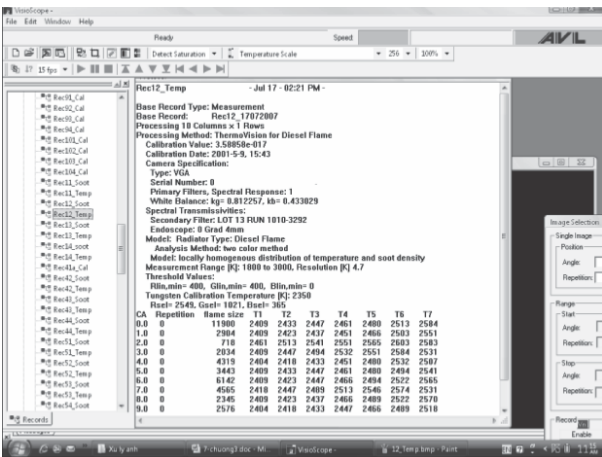
Hình 8. Hình ảnh ngọn lửa khi đốt dầu DO



Hình 9. Phân bố nhiệt độ ngọn lửa phân tích bằng AVL VisioScope

Ảnh màu nhiệt độ sau khi phân tích bằng AVL VisioScope trong mặt phẳng chứa đường tâm đối xứng của ngọn lửa dọc theo chiều dài buồng đốt như minh họa trong hình 9,

và thông số biểu diễn dưới dạng số bằng AVL VisioScope được minh họa trong hình 10.

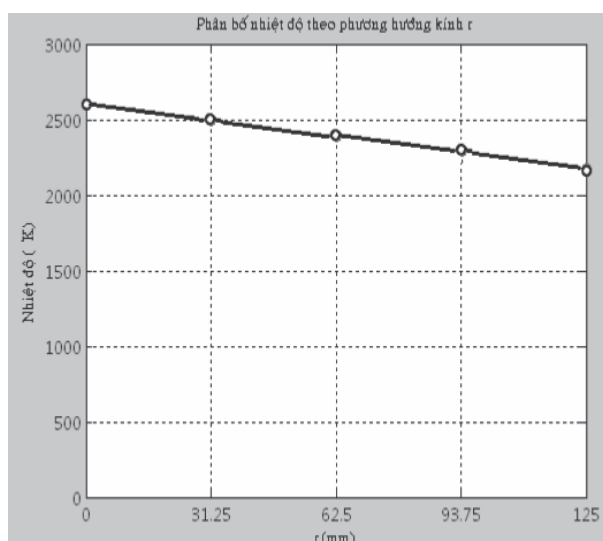


Hình 10. Giao diện xử lý số liệu bằng AVL VisioScope

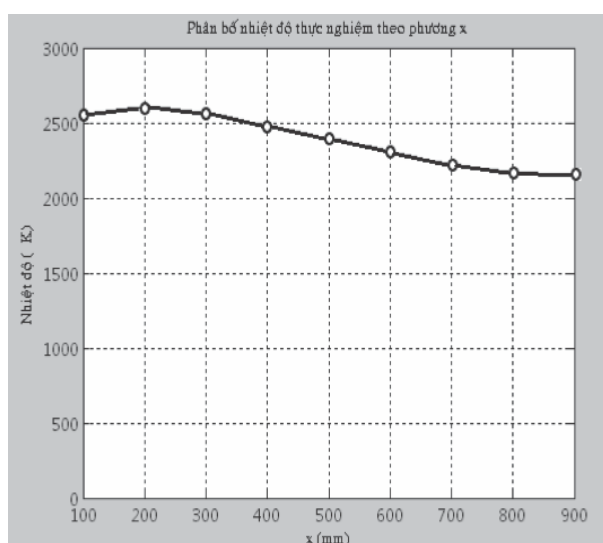
Dưới đây là bảng thông số nhiệt độ biểu diễn dưới dạng số được đo từ ảnh màu nhiệt độ bằng phần mềm xử lý số liệu AVL VisioScope tại các vị trí đo dọc theo chiều dài ngọn lửa khi đốt dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa.

Chiều hướng kính r	Chiều dọc trục x			
	200mm	300mm	400mm	500mm
0mm	2570K	2603K	2582K	2400K
62,6mm	2379K	2388K	2392K	2392K
125mm	2184K	2198K	2197K	2193K

Đường cong phân bố nhiệt độ theo phương hướng kính r và phương dọc trục x khi chạy bằng Matlab 6.5 được minh họa như hình 11 và hình 12.



Hình 11. Đường cong phân bố nhiệt độ theo phương hướng kính r



Hình 12. Đường cong phân bố nhiệt độ theo phương dọc trục x

Như vậy, phân bố nhiệt độ của ngọn lửa trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa có thể được chia thành ba vùng theo ba màu khác nhau bằng thiết bị đo phân tích hình ảnh AVL VisioScope như sau:

- Vùng màu vàng cam có nhiệt độ từ 2400K ÷ 2600K;

- Vùng màu vàng đậm có nhiệt độ từ 2200K ÷ 2400K;

- Vùng màu đỏ hồng có nhiệt độ từ 2000K ÷ 2200K.

4. KẾT LUẬN

Từ phân tích hình ảnh ngọn lửa trong quá trình thực nghiệm cho thấy phân bố nhiệt độ đạt giá trị lớn nhất tại vùng tâm cháy, càng xa tâm cháy nhiệt độ ngọn lửa càng giảm mạnh. Khi đốt nhiên liệu với hệ số xoáy $S = 0,6$ cho thấy ngọn lửa cháy rất mãnh liệt và ổn định. Hình ảnh phân bố nhiệt độ của ngọn lửa tương đối cân xứng.

Trường hợp đốt nhiên liệu dầu DO trong môi trường không khí với thành phần không khí thừa vừa đủ bằng béc phun được gia công có các thông số kỹ thuật như hệ số xoáy $S = 0,6$, áp suất phun sương $p = 10$ bar, lưu lượng nhiên liệu lớn nhất $G = 9,6$ kg/h, ta có: Công suất $Q = 115$ kW, đường kính ngọn lửa $D = 250$ mm, chiều dài ngọn lửa $L = 780$ mm.

Nghiên cứu thực nghiệm dòng phun rối xoáy hai pha không đẳng nhiệt trong buồng đốt cho thấy khi hệ số xoáy, nhiệt độ, thành phần pha thay đổi thì cường độ cháy, kích thước ngọn lửa cũng thay đổi theo.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm quá trình cháy nhiên liệu dầu DO trong buồng đốt lò hơi ống lò – ống lửa có thể được dùng làm cơ sở để đánh giá các nghiên cứu mô phỏng số tương ứng. ❖

Ngày nhận bài: 23/10/2023

Ngày phản biện: 20/11/2023



Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Thanh Hào, Nguyễn Thanh Nam; “*Một ứng dụng mô hình số của dòng phun rối xoáy hai pha không đẳng nhiệt trong buồng đốt*”, Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ, 2005.
- [2]. Nguyễn Thanh Hào, Nguyễn Thanh Nam; “*Ứng dụng phương pháp khối hữu hạn giải hệ phương trình dòng phun rối xoáy hai pha không đẳng nhiệt trong buồng đốt*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ các Trường Đại học Kỹ thuật, 2006.
- [3]. Nguyễn Thanh Hào, Nguyễn Thanh Nam; “*Nghiên cứu mô phỏng số động năng rối và tốc độ tiêu tán rối quá trình cháy dòng phun rối xoáy hai pha không đẳng nhiệt trong buồng đốt công nghiệp*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nhiệt, 2008.
- [4]. Nguyễn Thanh Hào, Nguyễn Thanh Nam; “*Nghiên cứu mô phỏng số phân bố vận tốc của dòng phun rối xoáy hai pha không đẳng nhiệt trong buồng đốt lò hơi công nghiệp*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nhiệt, 2007.
- [5]. Nguyễn Thanh Hào, Nguyễn Thanh Nam; “*Nghiên cứu thực nghiệm đầu đốt tạo xoáy và ảnh hưởng của hệ số xoáy lên quá trình cháy dòng phun rối xoáy hai pha*”, Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ, 2007.
- [6]. Engine Instrumentation AVL. *Operating Manual AVL Visioscope. AVL LIST GMBH Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz/Austria*, <http://www.avl.com/visiolution>.