

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH HÓA KHÍ TRÁU TRONG TẦNG SÔI VÀ ỨNG DỤNG THAY THẾ GAS/DẦU TRONG CÁC LÒ ĐỐT CÔNG NGHIỆP

RESEARCH OF THE RICE HUSK GASIFICATION IN THE FLUIDIZED BED AND ITS APPLICATION FOR INDUSTRIAL GAS/OIL BURNER REPLACEMENT

Trần Thanh Sơn*, Lê Thị Châu Duyên

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng¹

*Tác giả liên hệ: ttson@dut.udn.vn

(Nhận bài: 05/7/2022; Chấp nhận đăng: 25/8/2022)

Tóm tắt - Biomass nói chung và trấu nói riêng là một trong những loại năng lượng tái tạo rất có tiềm năng ở Việt Nam, đã và đang được nghiên cứu mạnh. Một trong các công nghệ hứa hẹn sử dụng biomass là quá trình hóa khí trong lớp sôi. Bài báo này trình bày quá trình chạy thử nghiệm lò hóa khí trấu để thay thế cho đầu đốt gas LPG hiện tại của lò mạ kẽm. Thiết bị hóa khí được thiết kế với công suất tối đa là 200 kg trấu/h. Trong các thí nghiệm này, lượng trấu cấp vào thay đổi từ 100 kg trấu/h đến 200 kg trấu/h và lưu lượng không khí cấp vào thay đổi từ 64 Nm³/h đến 222 Nm³/h, tương ứng với hệ số không khí cấp vào từ 0,2 đến 0,35 so với lượng không khí lý thuyết. Kết quả thử nghiệm chỉ ra rằng, công nghệ lò khí hóa trấu tầng sôi để thay thế cho các đầu đốt gas, dầu là hoàn toàn khả thi và trong trường hợp cụ thể này đã giúp doanh nghiệp giảm chi phí nhiên liệu đến 55% so với đốt LPG, ngoài ra còn giúp giảm phát thải các chất ô nhiễm.

Từ khóa - Trấu; biomass; hóa khí; tầng sôi; hóa khí tầng sôi.

1. Đặt vấn đề

Nhiên liệu hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt và việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch là nguyên nhân chính gây ra hiệu ứng nhà kính và sự ấm lên của toàn cầu. Đặc biệt là chi phí dầu, gas đang rất cao và biến động lớn gây ảnh hưởng đến hiệu quả của các doanh nghiệp. Vì vậy, nhu cầu tìm kiếm và sử dụng các nguồn nhiên liệu thay thế, đặc biệt là nguồn nhiên liệu tái tạo như biomass là một nhu cầu vô cùng cấp thiết hiện nay. Đặc biệt nước ta là một nước nông nghiệp với diện tích gần 80% là đồi núi, nên rất phù hợp với việc đẩy mạnh sử dụng nhiên liệu biomass. Trong những năm gần đây, các nguồn biomass như trấu, mùn cưa, dăm bào, vỏ hạt điều, ... đã được làm nhiên liệu đốt trực tiếp cho các lò hơi công suất nhỏ và trung bình trên khắp cả nước. Tuy nhiên, với công nghệ đốt trực tiếp như hiện tại thì vấn đề kiểm soát phát thải CO là một khó khăn lớn mà rất nhiều nhà chế tạo lò hơi đang gặp phải. Một hướng hiệu quả để đẩy nhanh ứng dụng nhiên liệu biomass trong công nghiệp là sử dụng các lò hóa khí để thay thế cho các đầu đốt dầu, gas hiện tại, việc này vừa giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường, vừa giúp doanh nghiệp gia tăng sức cạnh tranh.

Hơn nữa, trong rất nhiều ngành công nghiệp thì nhu cầu sử dụng nhiên liệu hóa thạch như khí và dầu lại là yêu cầu bắt buộc cho các quá trình sản xuất. Trong khi giá dầu và khí luôn dao động ở mức cao làm cho chi phí sản xuất tăng cao, gây khó khăn cho doanh nghiệp trong việc xác định giá thành sản phẩm. Phương pháp hiệu quả để giảm giá

Abstract - Biomass in general and rice husk in particular is one of the types of renewable energy that has potential in Vietnam and has been extensively researched. One of the promising technologies using biomass is the gasification process in the fluidized bed. This paper presents the testing process of rice husk gasifier to replace the current LPG gas burner of a galvanizing furnace. The gasifier is designed with a maximum capacity of 200 kg of rice husk per hour. In these experiments, the rice husk rate varied from 100 kg/h to 200 kg/h and the inlet air flow varied from 64 Nm³/h to 222 Nm³/h, corresponding to the air coefficient input from 0.2 to 0.35 comparing to the theoretically required air. Experimental results indicate that the fluidized bed rice husk gasifier to replace gas and oil burners is completely feasible and helps businesses reduce fuel costs by 55% compared to LPG use, in addition to helping reduce pollutants emission.

Key words - Rice husk; biomass; gasification; fluidized bed; fluidized bed gasification.

nhiên liệu hiện nay là sử dụng công nghệ hóa khí để biến nhiên liệu rắn thành nhiên liệu khí.

Trấu là một trong những dạng biomass rất có tiềm năng ở Việt Nam, được nghiên cứu phát triển mạnh mẽ trong thời gian gần đây. Công nghệ đốt biomass tầng sôi đã được ứng dụng khá nhiều ở Việt Nam, đặc biệt là trong các lò hơi được sử dụng ở các tỉnh đồng bằng phía Nam. Tuy nhiên, nghiên cứu hóa khí biomass tầng sôi và sử dụng lò hóa khí biomass tầng sôi vẫn còn mới mẻ ở Việt Nam. Trấu được lựa chọn để sử dụng trong nghiên cứu này là do thành phần và độ ẩm khá ổn định. Ngoài ra, với công suất lò hóa khí không lớn dẫn đến lượng trấu sử dụng không quá nhiều nên khả năng đáp ứng trong khu vực là khá dễ và thuận tiện. Hướng nghiên cứu chủ yếu của quá trình hóa khí biomass tầng sôi hiện nay là tập trung vào cấu tạo của lò hóa khí - đặc biệt là cơ cấu thải tro, phân bố nhiên liệu và không khí trong lò, nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số vận hành và loại biomass đến thành phần khí ra nhằm nâng cao hiệu suất và nhiệt trị của khí ra.

2. Tính toán thiết kế

2.1. Tính tốc độ gió cấp vào

Tốc độ gây sôi tối thiểu ω_0 được xác định theo công thức [1]:

$$\omega_0 = \frac{\mu}{d_h \cdot \rho_k} \left[\left(C_1^2 + C_2 \frac{\rho_g (\rho_h - \rho_g)}{\mu^2} \right)^2 - C_1 \right]$$

¹ The University of Danang - University of Science and Technology (Tran Thanh Son, Le Thi Chau Duyen)

Trong đó:

$d_{h1} = 0,001 \text{ m}$, $d_{h2} = 0,004 \text{ m}$ đường kính nhỏ nhất và lớn nhất của hạt trấu;

$\mu = 0,000016 \text{ N.s/m}^2$ hệ số nhớt động học;

$\rho_k = 1,2 \text{ kg/m}^3$ khối lượng riêng của không khí;

$\rho_h = 130 \text{ kg/m}^3$ khối lượng riêng trung bình của trấu;

$C_1 = 27,2$, $C_2 = 0,0408$ hệ số động học;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ gia tốc trọng trường;

Thay số vào công thức trên ta có:

$\omega_{o11} = 0,1 \text{ m/s}$ và $\omega_{o12} = 0,5 \text{ m/s}$ tương ứng với d_{h1} và d_{h2} .

Vận tốc gió tối ưu thường lấy bằng $(2 \div 3)\omega_{o1}$, trong các thí nghiệm này vận tốc gió trong lò hóa khí được duy trì trong khoảng $0,2 \div 1 \text{ m/s}$.

2.2. Tính lưu lượng cấp gió

Để tính toán lưu lượng gió cần cấp, trước hết cần xác định lượng gió cấp vào để đốt cháy hoàn toàn trấu. Dựa vào thành phần của trấu trong Bảng 1 và viết các phương trình phản ứng cháy hoàn toàn của các thành phần cháy trong nhiên liệu, ta có thể xác định được lượng không khí lý thuyết là $4.197 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ trấu.

Theo các nghiên cứu [2, 3, 4, 5], thì lượng không khí cấp vào lò hóa khí tối ưu nằm trong khoảng ($\alpha=15\% \div 40\%$) lượng không khí lý thuyết, tương ứng $(0,48 \div 1,27) \text{ Nm}^3/\text{kg}$ trấu.

Bảng 1. Thành phần của trấu, %

C ^{lv}	H ^{lv}	O ^{lv}	N ^{lv}	A ^{lv}	S ^{lv}	W ^{lv}	Q _t ^{lv} , kJ/kg
34,42	4,25	30,41	0,22	21,1	0,05	9,55	14.200

2.3. Xác định kích thước của lò

Để đảm bảo tất cả các cỡ hạt $1 \div 4 \text{ mm}$ đều sôi, buồng đốt lò hóa khí có cấu trúc hình thang. Dưới đáy có mặt cắt ngang nhỏ nhất sẽ xảy ra quá trình sôi hạt trấu lớn và các hạt nhỏ hơn sẽ sôi ở phía trên cao có diện tích mặt cắt ngang lớn hơn. Từ lưu lượng gió cấp vào và tốc độ gió min ω_{o1} tính được ở phần trên và từ phương trình liên tục: $Q = F.v$ (m^3/h)

Trong đó, Q là lưu lượng gió, F là tiết diện mặt cắt lò hóa khí và v là vận tốc gió tại tiết diện F .

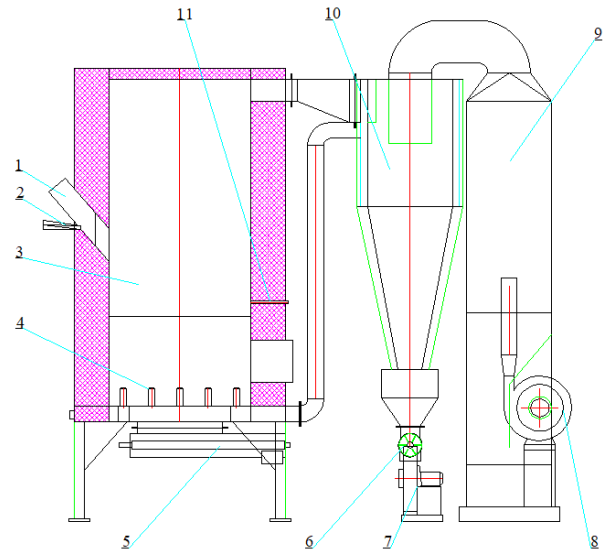
Với công suất hóa khí của lò đã xác định (200 kg trấu/h), ta tính được tiết diện F và từ đó xác định được kích thước đáy và thân lò hóa khí.

2.4. Cấu tạo chính của lò

Lượng trấu được cấp liên tục vào lò hóa khí qua cơ cấu cấp liệu kiểu băng tải điều chỉnh bằng biến tần. Lưu lượng không khí cấp vào lò hóa khí qua quạt gió 10 cũng được điều khiển bằng biến tần và được xác định bởi đồng hồ đo lưu lượng 11. Nhiệt độ của lò hóa khí tại các vị trí đo khác nhau theo chiều cao của lò được đo đồng thời bởi các đầu đo Pt100 đặt ở trên thân lò hóa khí.

Phía dưới đáy lò bố trí các nắm thổi gió bằng gang xung quanh và có 1 miệng thổi tro xỉ nằm giữa. Không khí cấp vào lò hóa khí được gia nhiệt qua bộ sấy không khí nhằm tăng nhiệt độ không khí cấp vào lò. Tro xỉ hình thành được thổi ra qua bộ vít thổi tro phía dưới đáy buồng hóa khí. Khí hóa sau khi ra khỏi lò hóa khí được đưa qua cyclon đơn để tách một phần tro bay ra ngoài. Phía dưới cyclon bố trí một

van xoay để thổi tro tách được ra ngoài. Khí sau khi thoát ra khỏi cyclon được quạt tăng áp thổi vào đường ống và cấp vào lò mạ kẽm để đốt.



Hình 1. Cấu tạo lò hóa khí trấu

1. Miệng cấp liệu; 2. Không khí thổi liệu; 3. Buồng hóa khí; 4. Nắm thổi gió; 5. Bộ xả tro xỉ; 6. Vít thổi xỉ cyclon; 7. Quạt gió; 8. Quạt hút; 9. Bộ lọc thử cấp; 10. Cyclon; 11. Các vị trí gắn đầu đo nhiệt độ

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

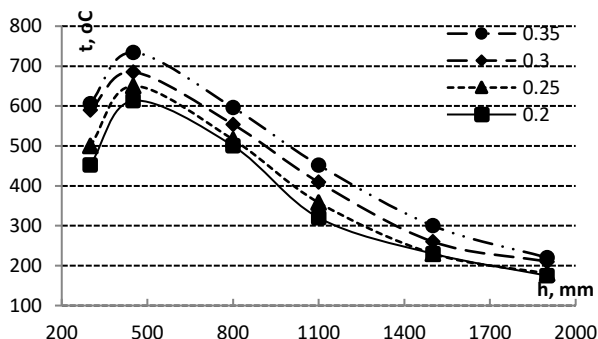
Trong các nghiên cứu về ảnh hưởng của các thông số vận hành đến quá trình hóa khí, sản phẩm khí tạo ra sau khi đi qua cyclon sẽ được dẫn bằng đường ống Dn150 đến quạt hút rồi đưa đến vòi đốt trực tiếp. Một cảm biến độ chênh áp suất được sử dụng để điều khiển quạt hút này và duy trì áp suất trong lò với các chế độ thí nghiệm khác nhau.

3.1. Sự phân bố của nhiệt độ lò theo lưu lượng không khí cấp vào

Hình 2 thể hiện phân bố nhiệt độ trong lò hóa khí khi thay đổi lượng không khí cấp vào từ $0,2 \div 0,35$ so với lượng không khí lý thuyết tương ứng với lượng liệu cấp vào là 200 kg/h , ta nhận thấy phân bố nhiệt độ theo chiều cao đều có dạng tương tự. Nhiệt độ tăng dần từ miệng vòi phun cho đến khoảng cao độ 450 mm so với miệng vòi phun và sau đó nhiệt độ giảm dần cho đến cửa ra. Lượng không khí cấp vào càng nhiều thì nhiệt độ trong lò càng cao. Với lò hóa khí hiện tại thì nhiệt độ cao nhất đạt được là 734°C tương ứng với lượng không khí cấp vào là $0,35$. Nhiệt độ lớn nhất trong lò hóa khí đạt được khoảng $606^\circ\text{C} \div 734^\circ\text{C}$ ở độ cao 450 mm tính từ các nắm thổi gió tương ứng với các hệ số không khí cấp vào khác nhau, và ở độ cao này là vùng xảy ra các phản ứng Oxy hóa nhiên liệu. Sau đó, nhiệt độ giảm gần như tuyến tính theo độ cao của lò, tại đây có thể hiểu là do xảy ra các phản ứng khử thu nhiệt để tạo các chất cháy như CO và H_2 . Tại gần miệng ra của lò thì tốc độ giảm nhiệt độ giảm dần do tốc độ phản ứng khử giảm và nhiệt độ ra của hỗn hợp khí hóa thay đổi trong khoảng $180 \div 220^\circ\text{C}$ ở đầu ra lò hóa khí.

Ngoài ra, khí đốt trực tiếp syngas thu được sau quạt hút thì màu sắc của ngọn lửa ở các hệ số không khí cấp vào khác nhau là khác nhau. Ở hệ số không khí cấp vào là $0,2$

thì ngọn lửa có màu vàng nhạt (Hình 3) và cháy không ổn định do trong trường hợp này lượng không khí cấp vào quá bé và lượng khí cháy tạo thành cũng ít. Khi tăng lượng không khí cấp vào lên 0,25 và 0,3 thì ngọn lửa cháy có màu sáng pha lẫn sắc xanh và cháy ổn định. Tuy nhiên với lượng không khí cấp vào ở mức 0,35 thì ngọn lửa cháy yếu hơn và có màu chuyển qua vàng nhạt. Hình 4 là ảnh chụp ngọn lửa cháy với hệ số không khí cấp vào là 0,3.



Hình 2. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò ở các hệ số không khí cấp vào khác nhau ứng với lượng nhiên liệu cấp vào 200 kg/h



Hình 3. Ngọn lửa với hệ số không khí cấp vào là 0,2 và lượng nhiên liệu 200 kg/h

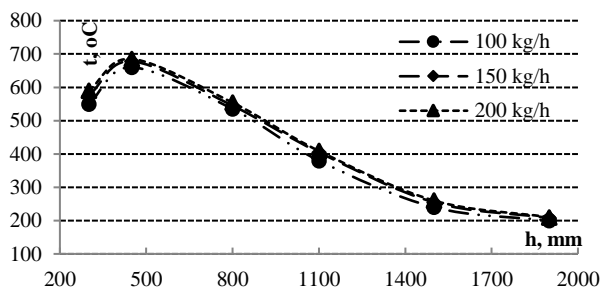


Hình 4. Ngọn lửa với hệ số không khí cấp vào là 0,3 và lượng nhiên liệu 200 kg/h

3.2. Ảnh hưởng của lượng nhiên liệu cấp vào đến phân bố nhiệt độ trong lò

Hình 5 là đồ thị phân bố nhiệt độ trong lò theo chiều cao ứng với lượng nhiên liệu cấp vào là 100, 150 và 200 kg/h và với lượng không khí cấp vào cố định ở 0,3 so với

lượng không khí lý thuyết. Ta nhận thấy, phân bố nhiệt độ trong lò trong các trường hợp trên khá giống nhau và không thay đổi nhiều. Hay có thể nhận xét rằng, khi giữ nguyên hệ số không khí cấp vào lò thì sự phân bố nhiệt độ trong lò ít phụ thuộc vào lượng nhiên liệu cấp vào.



Hình 5. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò khi thay đổi lượng nhiên liệu cấp vào

3.3. So sánh chi phí vận hành khi sử dụng gas LPG và syngas từ hóa khí trấu

Sau khi hoàn thành các thí nghiệm trên và xác định được chế độ vận hành tối ưu, nhóm tác giả đã kết nối ống dẫn khí syngas vào lò mạ kẽm và đốt nhằm thay thế vòi đốt gas LPG hiện tại. Kết quả chạy trong hơn 3 tháng từ tháng 1/2022 đến tháng 4/2022 có thể rút ra các kết luận chủ yếu sau:

- Lượng không khí cấp vào lò trong trường hợp này từ 0.25-0.3 so với lượng không khí lý thuyết thì tiêu hao nhiên liệu là bé nhất (hiệu suất cao nhất).

- Vì hàm lượng tro trong trấu là khá lớn nên cần có một hệ thống thải tro phù hợp để thải hết lượng tro ra khỏi lò hóa khí. Nếu hệ thống này không được thiết kế tốt thì rất dễ gây tắc lò. Sau nhiều lần cải tiến, hiện nay hệ thống thải tro đã được hoàn thiện và lò có thể vận hành liên tục mà không bị tắc.

- Cần tăng hiệu suất của hệ thống tách bụi hơn nữa vì hiện nay sau khoảng 7-10 ngày vận hành thì hệ thống đường ống dẫn syngas đến lò mạ kẽm bị tắc do tro bám trên thành ống và phải dừng lò để làm vệ sinh đường ống.

- Lò hóa khí trấu kiểu tăng sôi này có thể thay thế hoàn toàn cho các đầu đốt khí LPG/ dầu DO hiện nay.

- Với công suất thiết kế của lò là 200 kg trấu/h thì hoàn toàn đảm bảo thay thế cho vòi đốt gas có công suất đốt 25 kg PLG/h.

- So sánh vận hành bằng gas LPG và trấu trên hệ thống hiện tại thì hệ thống lò hóa khí đã giảm được từ 45-55% chi phí nhiên liệu cho doanh nghiệp.

- Ngoài ra, việc sử dụng khí hóa trấu thay thế cho đốt LPG còn góp phần giảm phát thải do sử dụng nhiên liệu hóa thạch (LPG).

4. Kết luận

Biomass nói chung và trấu nói riêng là một dạng năng lượng tái tạo rất có tiềm năng trên thế giới cũng như Việt Nam. Một trong các công nghệ có tính ứng dụng cao là hóa khí trong đó có hóa khí tăng sôi. Các kết quả nghiên cứu và thử nghiệm thể hiện lò hóa khí hoạt động ổn định với lượng nhiên liệu cấp vào thay đổi từ 100 kg/h đến 200 kg/h. Sự phân bố nhiệt độ trong lò hóa khí cũng như nhiệt

lượng của khí tạo thành phụ thuộc lớn vào hệ số không khí cấp vào.

Quá trình chạy thử nghiệm hệ thống đã chỉ rõ các lợi ích mang lại khi sử dụng lò hóa khí để thay thế cho gas PLG. Sau 3 tháng chạy thử và điều chỉnh hệ thống, đến nay ngoài việc giúp giảm phát thải các khí gây ô nhiễm do sử dụng nhiên liệu hóa thạch (LPG), hệ thống đã giúp giảm chi phí nhiên liệu cho doanh nghiệp đến 55%, tương đương với số tiền hơn 600 triệu đồng, qua đó giúp gia tăng lợi nhuận và sức cạnh tranh cho doanh nghiệp. Đây là bước khởi đầu rất quan trọng để nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu sâu hơn nhằm khắc phục những tồn tại cũng như nâng cao hơn nữa hiệu suất của lò khí hóa.

Vẫn còn một số vấn đề cần tiếp tục phải giải quyết để tăng độ ổn định, hiệu suất của lò hóa khí khi thay đổi công suất. Hiện nay, các biến tần cấp liệu và cấp gió được điều chỉnh bằng tay nên phụ thuộc nhiều vào công nhân vận hành và hiệu suất hóa khí chưa đồng đều. Trong thời gian đến nhóm tác giả sẽ nghiên cứu cải tiến hiệu suất lọc bụi

để không gây tắc đường ống dẫn syngas sau một thời gian vận hành và đầu tư thêm các cảm biến nhiệt độ, CO, O₂ và nghiên cứu điều chỉnh tự động việc cấp gió, cấp liệu qua lập trình PLC nhằm nâng cao hiệu suất và độ ổn định của lò hóa khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Christopher Higman Maarten Van der Burgt, “*Gasification*”, GP Press, 2007.
- [2] Trần Thanh Sơn, “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo lò hóa khí phục vụ nghiên cứu”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 5(78).2014, p87-90.
- [3] Trần Thanh Sơn, “Nghiên cứu quá trình hóa khí than cám trong tầng sôi”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 11(108).2016, quyển 2, p188-191.
- [4] Don J. Stevens, “*Hot gas Conditioning: Recent progress with larger-scale Biomass Gasification Systems*”, Pacific Northwest National Laboratory, 8/2001.
- [5] Trần Thanh Sơn, “Nghiên cứu quá trình hóa khí mùn cưa trong tầng sôi”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 09(106).2016, p33-37.