

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH HÓA KHÍ MÙN CƯA TRONG TẦNG SÔI

RESEARCH ON SAWDUST GASIFICATION IN FLUIDIZED BED

Trần Thanh Sơn

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; tson@dut.udn.vn

Tóm tắt - Biomass nói chung và mùn cưa nói riêng là một trong những nguồn năng lượng tái tạo rất có tiềm năng ở Việt Nam và đã, đang được nghiên cứu mạnh. Một trong các công nghệ hứa hẹn sử dụng biomass là quá trình hóa khí trong lớp sôi nhằm thay thế các dạng nhiên liệu hóa thạch khác như dầu và khí tự nhiên sử dụng trong công nghiệp. Bài báo này phân tích ảnh hưởng lưu lượng không khí, lượng mùn cưa cấp vào đến quá trình hóa khí mùn cưa trong lớp sôi. Thiết bị hóa khí được thiết kế với công suất tối đa là 40 kg mùn cưa/h. Trong các thí nghiệm này, lưu lượng mùn cưa cấp vào thay đổi từ 20 kg/h đến 40 kg/h và lưu lượng không khí cấp vào thay đổi từ 7,65 m³/h đến 12,36 m³/h. Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng sự thay đổi lưu lượng không khí cấp vào ảnh hưởng lớn đến sự phân bố nhiệt độ trong lớp sôi và nhiệt lượng của khí tạo ra. Các kết quả tương tự cũng được rút ra khi thay đổi lưu lượng mùn cưa cấp vào.

Từ khóa - mùn cưa; biomass; hóa khí; tầng sôi; hóa khí tầng sôi.

Abstract - Biomass in general and sawdust in particular is one of potential renewable energy forms in Vietnam and has been much studied. One of the promising technologies that use biomass is gasification process in this class to replace fossil fuels such as oil and natural gas used in industry applications. This paper analyzes the influence of air flow, volume level of sawdust on sawdust gasification process in this class. Gasification equipment is designed with a maximum capacity of 40 kg of sawdust / h. In these experiments, the flow inlet sawdust varies from 20 kg / h to 40 kg / h and the entering flow of air varies from 7.65 m³ / h to 12.36 m³ / h. Experimental results indicate that the variation of air flow has great influence on the temperature distribution in this layer of the atmosphere and the heat generated. Similar results are derived when traffic levels of sawdust vary.

Key words - sawdust; biomass; gasification; fluidized bed; fluidized bed gasification.

1. Đặt vấn đề

Nhiên liệu hóa thạch 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. 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 và dễ dàng trong việc kiểm soát ô nhiễm.

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 đó, giá dầu và khí luôn dao động ở mức cao nên làm cho giá thành sản xuất cao, gây khó khăn cho doanh nghiệp trong việc xác định giá thành sản phẩm. Một cách đơn giản và hiệu quả để giảm giá nhiên liệu trong trường hợp này là sử dụng công nghệ hóa khí để biến nhiên liệu rắn thành nhiên liệu khí.

Biomass nói chung và mùn cưa nói riêng là một trong những loại năng lượng tái tạo rất có tiềm năng ở Việt Nam và đã, đang được nghiên cứu mạnh. Một trong các công nghệ hứa hẹn sử dụng biomass là quá trình hóa khí trong lớp sôi. Công nghệ đốt biomass tầng sôi đã được ứng dụng khá nhiều ở Việt nam, đặc biệt là ở các tỉnh đồng bằng phía Nam trong các lò hơi. Tuy nhiên, chưa có một công trình nghiên cứu hóa khí biomass tầng sôi nào được công bố trong các tạp chí khoa học trong nước và cũng chưa có lò hóa khí biomass tầng sôi nào được sử dụng ở Việt Nam.

Hướng nghiên cứu chủ yếu hóa khí biomass tầng sôi là nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số thiết kế lò, 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]:

$$\omega_0 = \frac{\mu}{d_h \cdot \rho_k} \left[\left(C_1^2 + C_2 \frac{\rho_g (\rho_h - \rho_g) g d_h^3}{\mu^2} \right)^2 - C_1 \right]$$

Trong đó:

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

$\mu = 0,000016$ N.s/m² hệ số nhớt động học;

$\rho_h = 1,2$ kg/m³ khối lượng riêng của không khí;

$\rho_g = 250$ kg/m³ khối lượng riêng trung bình của mùn cưa;

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

$g = 9,81$ m/s² gia tốc trọng trường.

Thay số vào công thức trên ta có:

$\omega_{b1} = 0,1$ m/s và $\omega_{b2} = 0,5$ m/s tương ứng với d_{h1} và d_{h2}

Vận tốc gió tối ưu thường lấy bằng (2÷3) ω_{b1} , trong các thí nghiệm này vận tốc gió trong lò hóa khí được duy trì trong khoảng 0,2÷1 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 mùn cưa. Dựa vào thành phần của mùn cưa sử dụng cho các thí nghiệm 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 Nm³/kg mùn cưa.

Theo các nghiên cứu [2, 3, 4], thì lượng không khí cấp vào lò hóa khí tối ưu nằm trong khoảng ($\alpha=15\%÷40\%$) lượng không khí lý thuyết, tương ứng ($0,63÷1,68$) Nm³/kg mùn cưa.

Bảng 1. Thành phần của mùn cưa, %

C ^{lv}	H ^{lv}	O ^{lv}	N ^{lv}	A ^{lv}	W ^{lv}	Q _t ^{lv} , kJ/kg
44,6	5,2	34,4	0,32	0,48	15	25241

2.3. Xác định kích thước các đáy lò

Để đảm bảo tất cả các cỡ hạt 1÷4 mm đều sôi, buồng đốt lò hóa khí có cấu trúc hình côn. Dưới đáy côn nhỏ nhất sẽ xảy ra quá trình sôi hạt mùn cưa lớn và các hạt nhỏ hơn sẽ sôi ở lớp trên cao hơn. Từ lượng gió cấp vào và tốc độ gió min ω_0 tính được ở phần trên và từ phương trình liên tục: $Q = F.v$ (m³/h);

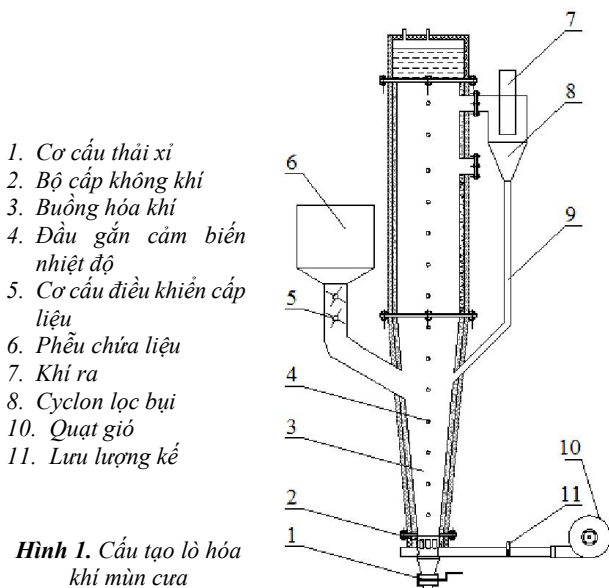
Trong đó, Q là lưu lượng gió, F là tiết diện mặt cắt lò hóa khí và v là vận tốc gió tại tiết diện F ;

Với công suất hóa khí của lò đã xác định, ta tính được tiết diện F và từ đó xác định được đường kính đáy và đỉnh côn của lò hóa khí như sau:

$$D_{max} = 400 \text{ mm và } D_{min} = 140 \text{ mm}$$

2.4. Cấu tạo chính của lò

Lượng mùn cưa được cấp liên tục vào lò hóa khí qua cơ cấu cấp liệu kiểu vít tải 2 cấp 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 được đo đồng thời bởi các cặp nhiệt điện qua các đầu gắn cảm biến đặt ở trên thân lò hóa khí.



Hình 1. Cấu tạo lò hóa khí mùn cưa

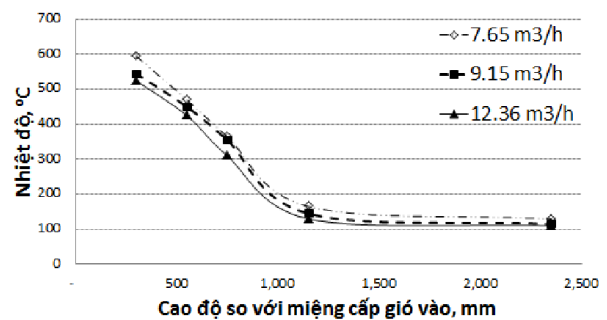
Do sản phẩm của quá trình hóa khí có chứa CO là một khí độc, nên trong quá trình làm thí nghiệm, lò hóa khí được đặt trong môi trường thông thoáng tốt. Sau khi khởi động xong lò hóa khí và đưa lò hoạt động ổn định ở một chế độ vận hành nhất định thì tiến hành ghi nhận các thông số thí nghiệm.

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

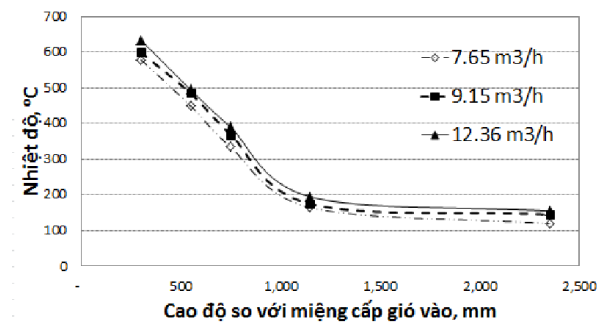
3.1. Sự phân bố của nhiệt độ lò theo lưu lượng không khí cấp vào

Khi thay đổi lượng không khí cấp vào tương ứng với mỗi lượng nhiên liệu khác nhau, ta nhận thấy phân bố nhiệt

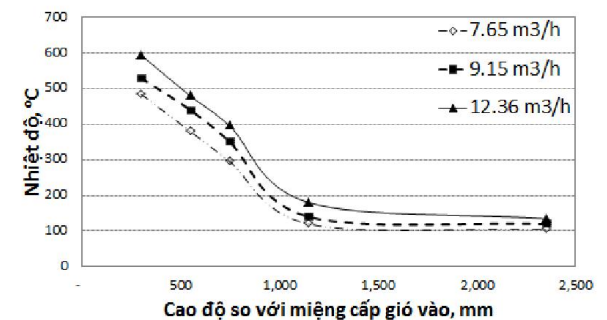
độ đều có dạng giảm dần theo chiều cao. Nhiệt độ lớn nhất trong lò hóa khí đạt được khoảng 525 - 635°C ở độ cao 300 mm tính từ miệng cấp gió vào, là vùng xảy ra các phản ứng Oxy hóa nhiên liệu. Sau đó nhiệt độ giảm tuyến tính từ khoảng ~600°C đến ~350°C tương ứng với độ cao 300 mm đến 750 mm tính từ miệng cấp gió. Sau đó nhiệt độ giảm chậm dần và ổn định ở 110-140°C ở đầu ra lò hóa khí. Điều này có thể giải thích rằng các phản ứng khử tạo thành CO (phản ứng thu nhiệt) xảy ra trong vùng có cao độ từ 300 mm đến 1150 mm và từ cao độ 1150 mm trở lên các phản ứng tạo CO hầu như không xảy ra, sự giảm nhiệt độ trong vùng từ cao độ 1150 mm đến đầu ra của khí có thể được giải thích bởi sự tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che của lò.



Hình 2. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò ứng với lượng nhiên liệu cấp vào 20 kg/h



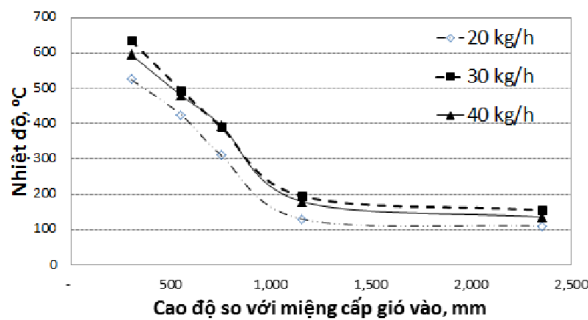
Hình 3. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò ứng với lượng nhiên liệu cấp vào 30 kg/h



Hình 4. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò ứng với lượng nhiên liệu cấp vào 40 kg/h

Hình 5 là đồ thị phân bố nhiệt độ trong lò ứng với lượng nhiên liệu cấp vào là 20, 30 và 40 kg/h và với lượng không khí cấp vào cố định ở 12,36 m³/h. Ta nhận thấy rằng, nhiệt độ lớn nhất (635°C) ở vùng Oxy hóa đạt được trong trường hợp này khi lượng nhiên liệu cấp vào là 30 kg/h ($\alpha = 9,8\%$). Khi tăng hay giảm lượng nhiên liệu cấp vào, tương ứng với việc giảm hoặc tăng hệ số không khí cấp vào đều làm cho

hiệt độ vùng Oxy hóa này giảm. Nhìn chung, nhiệt độ vùng Oxy hóa lớn sẽ dẫn đến phân bố nhiệt độ của khí trong lò theo chiều cao lò cũng lớn. Ngược lại, nhiệt độ vùng Oxy hóa nhỏ nhất (525°C) khi lượng nhiên liệu cấp vào lò là 20 kg/h ($\alpha = 15\%$) cũng dẫn đến phân bố nhiệt độ trong lò trong trường hợp này cũng nhỏ nhất.



Hình 5. Phân bố nhiệt độ theo chiều cao lò ứng với lượng nhiên liệu cấp vào khác nhau

3.2. Sự ảnh hưởng của lượng không khí cấp vào đến quá trình hóa khí

Trong các nghiên cứu này, sản phẩm khí tạo ra sau khi đi qua cyclon sẽ được đốt cháy ngay. Các Hình 6, 7 và 8 là hình ảnh của ngọn lửa tương ứng với các chế độ hóa khí tương ứng trong Hình 5. Có thể nhận thấy rằng, với lượng nhiên liệu cấp vào là 20 kg/h, ngọn lửa có màu vàng và thể tích ngọn lửa lớn. Khi tăng lượng nhiên liệu cấp vào lên 30 kg/h, ngọn lửa có màu vàng hơn và thể tích ngọn lửa khác với trường hợp trên. Khi lượng nhiên liệu cấp vào đạt công suất thiết kế ở 40 kg/h, ngọn lửa chuyển sang màu trắng sáng chói và thể tích ngọn lửa bị thu nhỏ lại đáng kể và cháy không ổn định. Điều này có thể được giải thích bởi lượng không khí cấp vào trong trường hợp này quá bé ($\alpha = 7,5\%$).

Để xác định một cách tương đối nhiệt lượng do các khí tạo thành của các trường hợp thí nghiệm nêu trên, tác giả đã đặt 1 kg nước chứa trong một bình đặt trực tiếp trên ngọn lửa và xác định độ tăng nhiệt độ của nước trong 5 phút thí nghiệm. Trong tất cả các thí nghiệm này, lưu lượng gió được giữ ở mức 12,36 m³/h. Từ đây có thể xác định được lượng nhiệt mà nước nhận được trong thời gian trên. Kết quả thí nghiệm được cho trong Bảng 2 ở dưới.

Bảng 2. Kết quả xác định lượng nhiệt do nước nhận được

Trường hợp	20 kg/h	30 kg/h	40 kg/h
Q, kJ	268,8	226,8	117,6



Hình 6. Hình ảnh ngọn lửa 20 kg mùn cưa/h; 12,36 m³/h



Hình 7. Hình ảnh ngọn lửa 30 kg mùn cưa/h; 12,36 m³/h



Hình 8. Hình ảnh ngọn lửa 40 kg mùn cưa/h; 12,36 m³/h

Từ các kết quả trên có thể thấy lò hóa khí hoạt động ổn định với lượng nhiên liệu cấp vào từ 20 đến 40 kg/h đúng như kết quả tính toán. Sự phân bố nhiệt độ của khí trong lò, nhiệt lượng của khí sinh ra phụ thuộc rất lớn vào hệ số không khí cấp vào (α).

4. Kết luận

Biomass nói chung và mùn cưa nói riêng là một nguồn 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 tầng sôi. Các kết quả nghiên cứu ban đầu thể hiện lò hóa khí hoạt động ổn định với lượng nhiên liệu cấp vào thay đổi từ 20 kg/h đến 40 kg/h và với lượng không khí cấp vào từ 7,65 m³/h đến 12,36 m³/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. Ngoài ra, với các thông số vận hành như trong các thí nghiệm trên thì quá trình tạo khí CO chỉ hình thành trong lò hóa khí ở cao độ thấp hơn 1150 mm kể từ miệng cấp gió vào.

Để nghiên cứu sâu hơn về quá trình hóa khí trong tầng sôi cũng như xác định được hiệu suất của lò hóa khí, cần thiết phải thay đổi hệ số không khí cấp vào trong khoảng rộng hơn và phải phân tích được lưu lượng cũng như thành phần sản phẩm khí tạo thành. Các nghiên cứu sâu hơn này sẽ tiếp tục được nghiên cứu trong thời gian đến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Ngọc Đồng, *Lý thuyết cháy*, Đại học Đà Nẵng, 2003.
- [2] Christopher Higman, Maarten Van der Burgt, *Gasification*, GP Press, 2007
- [3] 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 5.2014, p87-90.
- [4] Don J. Stevens, *Hot gas Conditioning: Recent progress with larger-Scale Biomass Gasification Systems*, Pacific Northwest National Laboratory.

(BBT nhận bài: 17/08/2016, phân biện xong: 20/09/2016)