



TÍNH TOÁN THIẾT KẾ Lò KHÍ HÓA SINH KHỐI XUÔI CHIỀU

Nguyễn Đình Tùng¹, Đỗ Chí Dũng²

1 Viện nghiên cứu thiết kế chế tạo máy nông nghiệp - Bộ Công Thương

2 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày nhận: 26/4/2016

Ngày sửa chữa: 18/5/2016

Ngày xét duyệt: 20/6/2016

Tóm tắt:

Trong bài báo này đưa ra một số cơ sở để tính toán thiết kế lò khí hóa sinh khối xuôi chiều. Kết quả tính toán cho một số thông số chính như công suất nhiệt đạt được là 1327 KW_{th}, hiệu suất buồng đốt là 0,65%; lượng không khí cần cung cấp là 1500 m³/h; đường kính lò là 0,75 m; thể tích buồng đốt là 0,55 m³; diện tích ghi lò là 0,44 m²; lượng nhiên liệu tiêu thụ là 125 kg/h.

Từ khóa: Tính toán thiết kế lò khí hóa, lò khí hóa sinh khối xuôi chiều.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam trong những năm gần đây kinh tế phát triển nên kéo theo các ngành công nghiệp, dịch vụ cũng ngày càng phát triển theo. Bởi thế nguồn năng lượng sử dụng ở các vùng nông thôn, miền núi chiếm tới khoảng 75% dân số lúc này không còn sử dụng nhiều sinh khối từ các phụ phẩm nông nghiệp, mà ở đây đã được thay thế bằng nguồn năng lượng nhiệt từ điện và/hoặc khí gas tự nhiên để đun nấu sinh hoạt, chăn nuôi gia súc, gia cầm,.... Đây là một trong những nguyên nhân chính dẫn tới dư thừa nguồn sinh khối sau khi thu hoạch từ các loại cây trồng như rom, rá, vỏ trấu, thân và lõi ngô,... Đây là nguồn năng lượng sinh khối phong phú, dồi dào sau mỗi vụ thu hoạch nhưng lại đang bị bỏ phí. Ngoài ra còn bị đốt cháy ngay tại đồng ruộng hay đổ xuống sông ngòi, kênh rạch gây ô nhiễm môi trường.

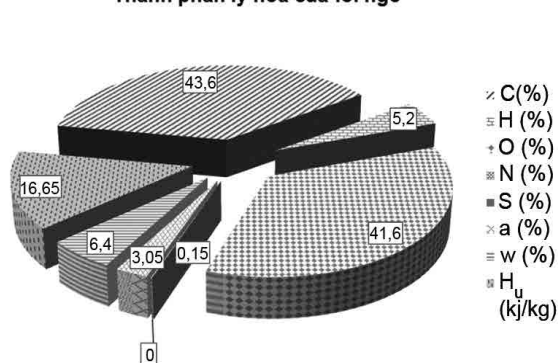
Để giải quyết vấn đề này, cần có những giải pháp công nghệ mới hay những nghiên cứu đột phá nhằm tận dụng hoặc biến nguồn sinh khối dư thừa thành năng lượng, đây có thể coi là một loại sản phẩm hàng hóa mới, có giá trị, giúp tăng thu nhập cho người dân và tạo ra những giá trị “kinh tế xanh”, xã hội bền vững.

Vì vậy ứng dụng công nghệ khí hóa sinh khối xuôi chiều nhằm giải quyết các hạn chế nêu trên để góp phần đáp ứng nhu cầu cấp bách hiện nay về năng lượng tái tạo thay dần cho nguồn năng lượng truyền thống như than, khí gas, dầu, ...

2. Vật liệu, phương pháp trong nghiên cứu

- **Vật liệu nghiên cứu:** Vật liệu nghiên cứu trong bài báo này là phụ phẩm sau chế biến ngô (lõi ngô), với khối lượng riêng ≈ 250 (kg/m³). Đặc tính lý, hóa, các thành phần hóa học của nguyên liệu như: hàm lượng của các bon (C), oxy (O), Nito (N), Lưu Huỳnh (S), ... và nhiệt trị thấp của nhiên liệu Hu được trình bày như trên Hình 1.

Thành phần lý hóa của lõi ngô



Hình 1. Các thành phần và đặc tính lý hóa của sinh khối lõi ngô [1, 2, 5]

- **Phương pháp nghiên cứu:** Sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, và tham khảo tài liệu các công trình đã công bố trong và ngoài nước,

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

3.1. Kết quả tính toán, thiết kế

a) Tóm lược cơ sở quá trình khí hóa sinh khối

Khí hóa là một phần quá trình cháy bình thường và khí tạo ra khi quá trình cháy không triệt để tạo thành (cháy thiếu oxy).

- Khí hóa là sự chuyển đổi nguyên liệu nào có các bon để sinh ra sản phẩm khí có nhiệt trị và có thể sử dụng được;

- Trong khí hóa thì vấn đề công nghệ đóng vai trò quan trọng chi phối một phần quá trình oxy hóa;

+ Tạo ra một hỗn hợp khí/khí tổng hợp syngas chứa H₂ và CO, C_xH_y,... có tỷ lệ khác nhau tùy thuộc vào loại nguyên liệu, phương pháp khí hóa và các yếu tố công nghệ;

+ Oxy hóa có thể là không khí, oxy tinh khiết

và/hoặc hơi nước.

Về quá trình khí hóa sinh khối nói chung có thể mô tả tóm lược dưới dạng 4 quá trình sau:

* *Quá trình sấy/làm khô*: là quá trình làm khô nhiên liệu từ độ ẩm ban đầu của nhiên liệu đến 0% ẩm, để sản phẩm của quá trình làm khô làm nguyên liệu đầu vào của quá trình nhiệt phân.

* *Quá trình nhiệt phân*: xảy ra khi nhiên liệu được “nung” nóng lên, chất dễ bay hơi thoát ra và than được giải phóng. Quá trình này phụ thuộc vào tính chất, thành phần và cấu trúc của nhiên liệu, sau đó sẽ xảy ra các phản ứng khí hóa.

* *Quá trình khử*: quá trình này sẽ sinh ra các sản phẩm dễ bay hơi và than để sinh ra khí.

* *Quá trình khí hóa*: xảy ra khi than phản ứng với CO₂ và nước để sinh ra CO và H₂ theo phương trình phản ứng (1):

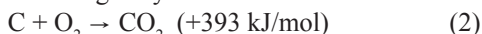


Ngoài ra, khí CO đạt cân bằng rất nhanh khi nó phản ứng với nước ở nhiệt độ trong buồng đốt hóa khí. Điều này làm cân bằng nồng độ của khí CO, hơi nước, CO₂ và H₂.

Về bản chất, một lượng “hạn chế” oxy hoặc không khí được đưa vào buồng đốt hóa khí để cho phép một số các nhiên liệu hữu cơ được đốt cháy (phản ứng) để sản xuất/tao ra khí CO và giải phóng năng lượng để các phản ứng liên tục sinh ra H₂ và bổ sung CO₂ [1,4].

Các phản ứng tỏa nhiệt [1,4]

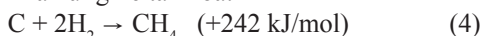
Phản ứng cháy:



Phản ứng oxy hóa không hoàn toàn:



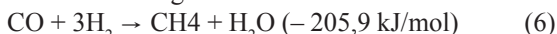
Phản ứng mê tan hóa:



Phản ứng luân phiên khí – nước:

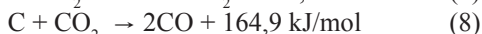
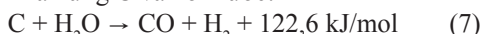


Phản ứng mê tan hóa từ CO:



Các phản ứng thu nhiệt [1,4]

Phản ứng C và hơi nước:



Các phương trình (7), (8) là các phản ứng chính của quá trình khử, cho thấy rằng nhiệt lượng sẽ giảm xuống do phải cung cấp nhiệt cho phản ứng nên nhiệt độ của dòng khí hóa sẽ giảm dần trong suốt quá trình khử. Phương trình (5) được gọi là phản ứng cân bằng khí – nước (phản ứng luân phiên khí – nước).

Từ các phương trình cháy, phương trình phản ứng khí hóa sinh khối nêu trên ta đưa ra cơ sở tính toán công suất nhiệt trong quá trình đốt nhiên liệu như dưới đây:

$$\text{Ta có } Q'_{\text{vào}} = Q'_{\text{kk}} + Q'_{\text{N liệu}} \quad (9)$$

Trong đó:

$$Q'_{\text{kk}} = \dot{m}_{\text{kk}} \cdot h_{\text{kk}} = \dot{m}_{\text{kk}} \cdot c_{p_{\text{kk}}} \cdot \Delta t_{\text{kk}} = \dot{m}_{\text{kk}} \cdot c_{p_{\text{kk}}} \cdot t_{\text{kk}} \quad (10)$$

$$Q'_{\text{N liệu}} = \dot{m}_{\text{nl}} \cdot H_u \quad (11)$$

Từ (10) và (11) ta có

$$Q'_{\text{vào}} = (\dot{V}_{\text{kk}} \cdot \rho_{\text{kk}} \cdot c_{p_{\text{kk}}} \cdot t_{\text{kk}}) + (\dot{m}_{\text{nl}} \cdot H_u) \quad (12)$$

Tương tự ta có:

$$Q'_{\text{ra}} = Q'_{\text{sd}} + Q'_{\text{Thất thoát}} \quad (13)$$

Trong đó:

$$Q'_{\text{sd}} = \dot{m}_{\text{khí nóng}} \cdot h_{\text{khí nóng}} = \dot{m}_{\text{khí nóng}} \cdot C_{p_{\text{khí nóng}}} \cdot \Delta t_{\text{khí nóng}} \quad (14)$$

$$\rightarrow \text{Cân bằng năng lượng: } Q'_{\text{vào}} = Q'_{\text{ra}} \quad (15)$$

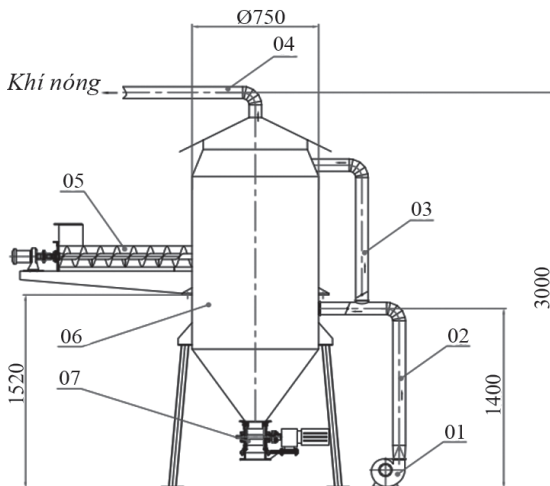
Thông qua các phương trình (9) - (11) ta có thể xác định được Q'_{\text{Thất thoát}} tồn thất ra ngoài môi trường: Q'_{\text{Thất thoát}} = Q'_{\text{vào}} - Q'_{\text{sd}}

b) Kết quả tính toán

Các phương trình nêu trên là cơ sở tính toán công suất nhiệt, hiệu suất của buồng đốt/buồng phản ứng và một số thông số chính của lò khí hóa, cụ thể kết quả tính toán được trình bày như trên Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán lò khí hóa

Các thông số	Ký hiệu	Thứ nguyên	Giá trị
Công suất nhiệt	Q'	kWth	1327
Hiệu suất nhiệt	η_{bd}	%	65,0
Diện tích ghi lò	F _{Ghi}	m ²	0,44
Thể tích buồng đốt	V _{bd}	m ³	0,55
Đường kính lò khí hóa	D _{LD}	m	0,75
Lượng nhiên liệu tiêu thụ	m _{NL}	Kg/h	125
Lượng không khí cần thiết Quạt phải cung cấp	V ₀	m ³ /h	1500



Hình 2. Kết quả thiết kế lò khí hóa sinh khối

- 1- Quạt cấp oxy (gió) sơ cấp;
- 2- Đường cấp oxy (gió) sơ cấp;
- 3- Đường cấp oxy (gió) thứ cấp;
- 4- Đường dẫn khí nóng đi sử dụng;
- 5- Đường cấp liệu;
- 6- Lò khí hóa;
- 7- Van xả tro.

Từ kết quả nghiên cứu, tính toán tác giả đã thiết kế và đưa ra được nguyên lý, kết cấu lò đốt/ khí hóa sinh khối (lõi ngô tươi) với nguyên lý như trên Hình 2. Mẫu lò khí hóa này có ưu điểm là khí hóa được nhiên liệu “ấm” có độ ẩm như lõi ngô tươi ngay sau khi tẽ hạt, hơn nữa lò có kết cấu đơn giản, dễ gia công chế tạo, có thể ứng dụng lấy nhiệt cho hệ thống sấy để sấy nông sản, và/hoặc ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực sơ chế, bảo quản và chế biến nông sản.

Kết quả thiết kế là cơ sở tiến hành chế tạo, kết quả được trình bày như mục dưới đây.

c) Kết quả chế tạo

Kết quả quá trình chế tạo mẫu lò khí hóa sinh khối “ấm” sử dụng cho lõi ngô tươi sau tẽ hạt được thể hiện thông qua hình ảnh như trên Hình 3.



Hình 3. Chế tạo mẫu lò khí hóa sinh khối “ấm” sử dụng cho lõi ngô tươi sau tẽ hạt

3.2. Kết quả thực nghiệm

Sau khi hoàn tất công việc chế tạo mẫu lò khí hóa sinh khối tác giả đã tiến hành thực nghiệm khảo sát các thông số của lò đánh giá sơ bộ quá trình khí hóa thông qua khả năng sinh khí tổng hợp syngas và khả năng cháy của ngọn lửa khi đốt khí tổng hợp sinh ra từ lò khí hóa. Thông qua ngọn lửa có thể đánh giá bằng “cảm quan” về quá trình khí hóa và chất lượng của lò khí hóa, dưới đây là kết quả khảo nghiệm thông qua một số hình ảnh từ quá trình khảo nghiệm.



Hình 4. Hình ảnh kết quả khảo nghiệm mẫu lò khí hóa sinh khối

Một số kết quả chính về khảo nghiệm xác định nhiệt độ lò khí hóa với các giá trị như lưu lượng quạt/gió cần cung cấp; công suất nhiệt của lò; tỷ lệ nhiên liệu tiêu thụ;... được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng số liệu khảo nghiệm lò đốt

Các thông số	Đơn vị	Giá trị
Độ ẩm nguyên liệu (lõi ngô)	%	11-13
Lưu lượng quạt cung cấp cho quá trình khí hóa	m ³ /h	1500
Tỷ lệ nhiên liệu tiêu thụ	Kg/h	170
Nhiệt độ của lò khí hóa	°C	690
Công suất nhiệt của lò khí hóa	KW _{th}	1327

4. Kết luận

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết tác giả đã đưa ra kết quả tính toán một số thông số chính của lò khí hóa sinh khối, với các thông số tìm được như: công suất nhiệt là 1327 KW_{th}, hiệu suất buồng đốt là 0,65 và lượng không khí cần cung cấp là 1500 m³/h. Dựa vào kết quả tính toán đã thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm để đánh giá mẫu lò khí hóa thông qua chất lượng quá trình khí hóa. Kết quả khảo nghiệm với độ ẩm nguyên liệu lõi ngô là 11-13%, lưu lượng quạt gió cung cấp là 1500 m³/h, tỷ lệ nhiên liệu tiêu thụ 125 kg/h, nhiệt độ của lò khí hóa là 690°C ta có công suất nhiệt của lò đạt được là 1327 kW_{th}.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Đình Tùng và cs, 2014, *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo lò khí hóa liên tục phụ phẩm nông nghiệp (vỏ trấu, lõi ngô) quy mô công nghiệp*, Đề tài nghiên cứu cấp Nhà Nước 2014, Bộ Công Thương
- [2]. Nguyễn Đình Tùng, 2008, *Nghiên cứu thực nghiệm sự đốt cháy sinh khối trong lò đốt tầng sôi tỉnh quy mô nhỏ*, Tạp chí khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 6(29), p33-40.
- [3]. Jekayinfa and Omisakin, 2005, *The Energy Potentials of Some Agricultural Wastes as Local Fuel Materials in Nigeria*, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Vol. VII: 1-10.
- [4]. Constantine D. Rakopoulos, 2011, *Adiabatic Gasification and Pyrolysis of Coffee Husk Using Air-Steam for Partial Oxidation*, Conversion Energy Research Group, Mechanical Engineering Department, Universidad de los Andes.
- [5]. Nguyen, Dinh Tung, Steinbrecht, D., 2009, *Verbrennung Von Rapsextraktionsschrot in Einer Lleinein, Stationären Wirbelschichtfeuerung*. Landtechnik 64 (2009), no. 2, pp. 123 - 126

CALCULATION AND DESIGN OF A DOWNDRAFT BIOMASS GASIFIER**Abstract:**

The paper gives some basic to calculate and design a downdraft biomass gasifier. The result shows some main parameters as follows: the heat capacity reaches 1327 KW_{th} ; the capacity of the combustion chamber is 0.65%; the amount of needed air is $1500 \text{ m}^3/\text{h}$; the diameter is 0.75 m; the volume of the combustion chamber is 0.55 m^3 ; the grate area is 0.44 m^2 ; the amount of consumed energy is 125 kg/h .

Keywords: calculation and design of gasifier, downdraft biomass gasifier.