

ẢNH HƯỞNG CỦA VỊ TRÍ CẤP KHÍ TRÊN LÒ KHÍ HÓA ĐẾN THÀNH PHẦN VÀ NHIỆT TRỊ CỦA KHÍ TỔNG HỢP

EFFECT OF THE AIR SUPPLY LOCATION OF A GASIFIER ON COMPOSITION AND HEATING VALUE OF SYNGAS

Phùng Minh Tùng^{1*}, Bùi Văn Ga², Trần Thanh Sơn², Hồ Trần Anh Ngọc¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

²Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

*Tác giả liên hệ: pmtung@ute.udn.vn

(Nhận bài: 19/7/2022; Chấp nhận đăng: 25/8/2022)

Tóm tắt - Khí hóa biomass thông qua RDF thành syngas để chạy động cơ phát điện có nhiều lợi thế đối với nước ta. Để đảm bảo khả năng lưu trữ và cải thiện tính đồng đều của nhiên liệu, biomass từ chất thải sản xuất nông nghiệp được chế biến thành RDF. RDF được khí hóa thành syngas cung cấp cho động cơ đốt trong. Bài báo này góp phần nghiên cứu mô phỏng khí hóa RDF biomass trong lò kiểu hút xuống. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi cũng cấp không khí xung quanh, nồng độ khối lượng CH₄ hầu như không thay đổi, còn khi cấp không khí vào tâm buồng đốt, nồng độ khối lượng CH₄ giảm mạnh theo dòng khí. Kết quả mô phỏng còn cho thấy, khi lưu lượng dòng khí nhỏ, sự khác biệt về nhiệt trị đối với các phương án cung cấp không khí khác nhau là nhỏ. Tuy nhiên, khi lưu lượng không khí lớn, sự khác biệt về nhiệt trị khí tổng hợp đối với các phương án cung cấp khí khác nhau tăng mạnh.

Từ khóa - Năng lượng tái tạo; RDF; Biomass; Syngas; Lò khí hóa.

1. Giới thiệu

Việc chuyển hóa rác thành điện cũng đã được bắt đầu nghiên cứu ứng dụng ở nước ta. Hiện nay có ba phương pháp sản xuất điện từ rác thải. Bao gồm: Đốt rác trực tiếp tạo hơi nước làm quay tuabin máy phát điện; Ủ rác để lấy khí Biogas chạy máy phát điện và cuối cùng là sản xuất viên nén RDF để tạo syngas chạy máy phát điện. Đối với hai phương án đầu có các nhược điểm như tỉ lệ rác thải rắn cần phải xử lý lớn, tốn kém nhiều chi phí, và chưa được giải quyết triệt để. Phương pháp cuối cùng là tạo ra viên nén sinh khối, khí hóa thành Syngas để chạy máy phát điện đang là phương án có nhiều ưu điểm vượt trội. Phương pháp này giảm 70% khối lượng và 90% thể tích chất rắn, dễ dàng lưu trữ vận chuyển tăng tính đồng nhất, giảm phát thải khí nhà kính và tiết kiệm đất bãi chôn lấp.

Khí hóa năng lượng sinh khối là một công nghệ chuyển đổi nhiệt, nhiên liệu rắn được chuyển đổi thành một loại khí dễ cháy với một lượng oxy hạn chế, thành phần khí chủ yếu là cacbon, hydro và oxy. Khí hóa than được thực hiện ở nhiệt độ cao (1.300°C - 1.500°C) và dưới áp suất cao. Đối với nguyên liệu sinh khối, quá trình khí hóa được thực hiện ở nhiệt độ và áp suất thấp hơn từ 800°C - 1.200°C. Khí tổng hợp được sản xuất chủ yếu là một hỗn hợp của khí cacbon monoxide (CO) và hydro (H₂). Sự hình thành của các sản phẩm phụ như tro và hắc ín phải được xem xét kỹ lưỡng khi

Abstract - Gasification of biomass through RDF to produce syngas for power generators is potential for our country. To ensure the storage possibility and improve fuel uniformity, biomass from agricultural waste is processed into RDF. RDF is then gasified to produce syngas to fuel internal combustion engines. This study focuses on the gasification of RDF biomass in a downdraft gasifier. The simulation results show that, when supplying ambient air, the mass concentration of CH₄ is almost unchanged, while spraying air to the center of the combustion chamber, the mass concentration of CH₄ decreases sharply with the air flow. The above simulation results also show that, when the air flow is small, the difference in calorific value for dissimilar air supply options is small. However, when the air flow is large, the difference in syngas calorific value for different gas supply options rises dramatically.

Key words - Renewable energy; RDF; Biomass; Syngas; Gasifier.

sử dụng các nguồn năng lượng sinh khối. Nhiệt độ thấp gây ra những sản phẩm dính như hắc ín, nhưng cần thiết do các điểm nóng chảy thành tro của năng lượng sinh khối thấp hơn.

Thành phần thể tích của syngas từ RDF khi sử dụng không khí làm chất oxy hóa thường 18-20% H₂, 18-20% CO, 2% CH₄, 11-13% CO₂, một ít H₂O, còn lại là N₂ [1]. Nhiệt trị thấp của syngas thông thường trong khoảng 4-6 MJ/kg [2], chỉ bằng khoảng 10% nhiệt trị của khí thiên nhiên, LPG hay xăng dầu. Tuy nhiên, do lượng không khí cần thiết để đốt cháy một đơn vị khối lượng syngas cũng chỉ bằng 10% các loại nhiên liệu truyền thống nên việc tận dụng công suất động cơ không tỉ lệ với nhiệt trị nhiên liệu. Thực tế cho thấy, khi chạy bằng syngas công suất động cơ giảm khoảng 15%-20% đối với động cơ diesel và giảm 30%-40% đối với động cơ xăng [3]. So với phương pháp đốt cháy cùng một khối lượng biomass thì phương pháp khí hóa có mức độ phát thải CO, S, NOx thấp hơn [4].

Hiện nay, trên thế giới sử dụng hai công nghệ khí hóa sinh khối, chính là công nghệ khí hóa tầng cố định và công nghệ khí hóa tầng sôi. Các công nghệ khí hóa này đều được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp, tuy nhiên mỗi công nghệ có những đặc điểm riêng, yêu cầu khác nhau về công nghệ chế tạo và loại nhiên liệu sử dụng [5]. Đối với lò khí hóa tầng cố định, ba dạng lò được dùng phổ biến trong thực tế gồm:

¹ The University of Danang - University of Technology and Education (Phùng Minh Tùng, Hồ Trần Anh Ngọc)

² The University of Danang - University of Science and Technology (Bùi Văn Ga, Trần Thanh Sơn)

- **Updraft:** Đây là loại lò cổ điển và đơn giản nhất. Không khí được đưa vào buồng hoá khí từ đáy của lò và đi ngược chiều với dòng nhiên liệu trong lò. Các hạt nguyên liệu cháy chủ yếu ở phần đáy buồng đốt. Lò loại này được phân định rõ ràng từng vùng: vùng cháy, vùng khử và vùng nhiệt phân. Gas được đưa ra ngoài ở vị trí cao hơn. Tro hình thành từ quá trình cháy nhiên liệu rắn sẽ được lấy ra ngoài từ đáy của buồng đốt hoá khí. Kiểu lò này có ưu điểm là đơn giản, hiệu suất cao, thích hợp với nhiều loại vật liệu. Nhược điểm chính là trong quá trình nhiệt phân hóa chất, hắc ín, các loại dầu được sinh ra và trở thành một phần của khí gas hạn chế này ảnh hưởng rất lớn đến việc ứng dụng của khí hóa ngược chiều.

- **Downdraft:** Đối với loại lò đốt loại này nhiên liệu rắn được nạp tại đỉnh buồng đốt, không khí được đưa từ trên xuống còn gas được lấy ra ở đáy lò. Loại lò đốt khí hoá này có hạn chế với các loại nhiên liệu rắn có độ ẩm cao, hàm lượng tro cao. Gas sẽ được lấy từ phía đáy buồng đốt, như vậy nguyên liệu sinh khí và dòng gas hình thành từ quá trình cháy không hoàn toàn sẽ di chuyển cùng hướng. Kiểu lò này có ưu điểm là syngas có ít tạp chất, nhiên liệu sạch. Tuy nhiên, lò kiểu hút xuống sử dụng hạn chế ở một số loại nhiên liệu và so với khí hóa ngược chiều thì hiệu suất khí hóa thấp hơn.

- **Crossdraft:** Loại lò này còn gọi là (lò dòng chéo) bao gồm hai vùng phản ứng. Vùng sấy khô nguyên liệu, vùng carbon hóa nhiệt độ thấp và cracking gas xảy ra ở vùng cao hơn trong khi đó phản ứng hóa khí ở vùng thấp hơn. Loại buồng đốt này có nhiệt độ khí hóa rất cao (khoảng 1500°C và có thể cao hơn nữa). Do nhiệt độ vùng oxy hóa cao nên loại lò này cần lưu ý đến vấn đề vật liệu chế tạo buồng đốt. Ưu điểm nổi bật của kiểu lò này là hiệu suất cao, gọn nhẹ. Tuy nhiên, lò hút ngang không phù hợp với nhiên liệu có nhiều tro.

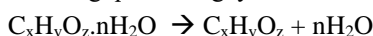
Từ những ưu nhược điểm của các kiểu lò tầng cố định phân tích trên đây, có thể thấy để nhận được syngas có chất lượng tốt từ khí hóa biomass, qui mô công suất nhỏ thì lò có dòng khí đi từ trên xuống phù hợp nhất. Việc sử dụng lò khí hóa với dòng khí đi xuống, độ ẩm thấp và điều chỉnh cho nhiệt độ cháy cao là giải pháp để hạn chế các vấn đề do dầu hắc trong nhiên liệu gây ra [6], [8], phù hợp với mô hình dùng để thực nghiệm sản xuất syngas[10]. Nhiên liệu sử dụng trong nghiên cứu này là viên nén biomass có nguồn gốc thì phụ phế phẩm của nông lâm nghiệp có thành phần, kích thước đồng nhất và độ ẩm nằm trong 10%~14% [7-11].

2. Nghiên cứu lý thuyết

2.1. Các phản ứng diễn ra trong quá trình khí hóa

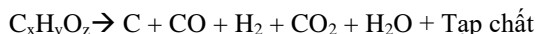
Các quá trình diễn ra trong lò khí hóa có thể tóm tắt như sau:

Quá trình sấy: Đây là quá trình làm khô nguyên liệu Biomass thô dưới tác dụng của nhiệt. Nhiệt cung cấp ở đây được thực hiện trong một chu trình nhiệt động học khép kín của hệ thống lò khí hóa diễn ra trong quy trình đốt khí hóa. Tầng làm khô đặt trên tầng nhiệt phân (Pyrolysis). Thành phần hóa học tổng quát của nguyên liệu Biomass là $C_xH_yO_z$:



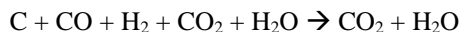
Quá trình nhiệt phân: Đây là quá trình oxy hóa không có oxy không khí dưới tác dụng của nhiệt độ cao. Nhiệt

được cung cấp ở tầng đốt cháy trong lò khí hóa. Tầng nhiệt phân đặt giữa tầng đốt cháy (Combustion) và tầng làm khô:



Sau quá trình nhiệt phân thành phần chủ yếu là than (C) và hệ thống khí và hơi ($CO + H_2 + CO_2 + H_2O$) và những tạp chất với thành phần nguyên tố hóa học khác như H_2S .

Quá trình đốt cháy: Quá trình đốt cháy được thực hiện ở tầng đốt có đường ống dẫn không khí chứa oxy vào và đốt cháy hỗn hợp $C + CO + H_2 + CO_2 + H_2O$. Sản phẩm khí sau khi đốt sẽ chỉ còn lại là $CO_2 + H_2O$ và một phần khí N_2 trong không khí có thể được coi là khí tạp chất (sẽ được làm sạch trong hệ thống làm nguội và lọc sau hệ thống lò khí hóa Gasifer):



Một phần C rắn nóng không cháy hết được chuyển sang tầng nén phía dưới.

Quá trình sinh khí: Đây là quá trình thực hiện trong tầng sinh khí của lò khí hóa, các khí $CO_2 + H_2O$ sau quá trình đốt được dẫn qua than nóng (của quá trình nhiệt phân lắng xuống) để thực hiện quy trình phản ứng hóa học tạo ra khí đốt cháy CO và H_2 :



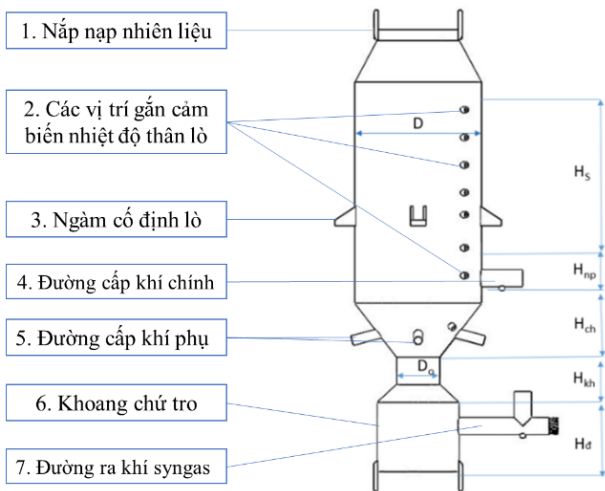
Như vậy, sau khi qua lò khí hóa, hệ thống khí thu được gồm các khí đốt CO + H_2 và một phần khí tạp chất. Hỗn hợp khí này sau khi qua hệ thống lọc và làm nguội sẽ chỉ còn khí CO + H_2 và được chuyển tới động cơ đốt trong phát điện. Quá trình sinh khí này là hoàn toàn tự động, với các phản ứng hóa học ở Bảng [9].

Bảng 1. Các quá trình phản ứng trong lò khí hóa tầng cố định

Giai đoạn khí hóa	Phương trình phản ứng	Số phản ứng/ loại phản ứng	Nhiệt phản ứng (KJ/Kmol)
Sấy	$C_xH_yO_z.nH_2O \rightarrow C_xH_yO_z + nH_2O$	Đề hydro hóa (1)	<0
Nhiệt phân	$C_xH_yO_z \rightarrow C_nH_m + CO$	Nhiệt phân (2)	<0
	$C_xH_yO_z \rightarrow C_nH_mO_p$	Nhiệt phân (3)	<0
Đốt cháy	$2C + O_2 \rightarrow 2CO$	Oxy hóa một phần (4)	+110,700
	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	Oxy hóa CO (5)	+283,000
	$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$	Oxy hóa hoàn toàn (6)	+393,790
	$C_xH_yO_z \rightarrow CO_2 + H_2O$	Oxy hóa hoàn toàn (7)	>>0
	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	Oxy hóa H_2 (8)	+241,820
	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	Oxy hóa khử H_2O/CO (9)	+41,170
	$CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$	Oxy hóa khử metan (10)	+206,300
Sinh khí	$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$	Oxy hóa khử sinh khí hóa (11)	-131,400
	$C + CO_2 \rightarrow 2CO$	Oxy hóa khử sinh khí CO (12)	-172,580
	$CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O$	Oxy hóa khử sinh khí CO (13)	-41,170
	$C + H_2 \rightarrow CH_4$	Oxy hóa khử sinh khí CH_4 (14)	+74,900

2.2. Thiết kế và mô phỏng an toàn

Hình 2 giới thiệu các kích thước cơ bản của lò khí hóa thí nghiệm kiểu hút xuống. Lò được thiết kế với phương án nạp liệu một lần (gián đoạn), lượng nhiên liệu nạp đầy một lần là giới hạn và có công suất tiêu thụ viên nén sinh khối nhỏ hơn 10 kg/giờ. Do đó, lưu lượng không khí tương ứng cung cấp vào lò xét đến trong thực nghiệm cũng như mô phỏng sẽ từ 2 g/s đến 12 g/s. Mặt khác, khác với quá trình cháy đồng nhất, quá trình cháy khuếch tán phụ thuộc vào khả năng trao đổi chất giữa không khí và nhiên liệu. Vì vậy phân bố không khí trong buồng cháy có ảnh hưởng đến tính chất của syngas. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ xét thành phần và nhiệt trị syngas với 3 phương án cung cấp không khí: Cung cấp không khí tại tâm buồng cháy (đường cấp khí chính, có đường kính $\phi 60$); Cung cấp không khí xung quanh buồng cháy (4 đường cấp khí phụ có đường kính $\phi 34$) và cung cấp không khí phối hợp 50% lưu lượng không khí được cung cấp tại tâm buồng cháy và 50% lưu lượng không khí được cấp xung quanh buồng cháy.

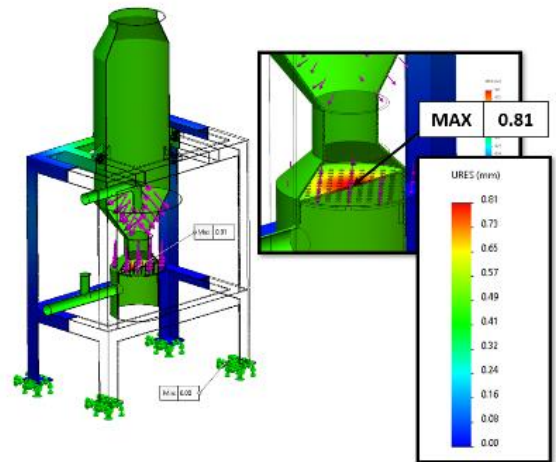
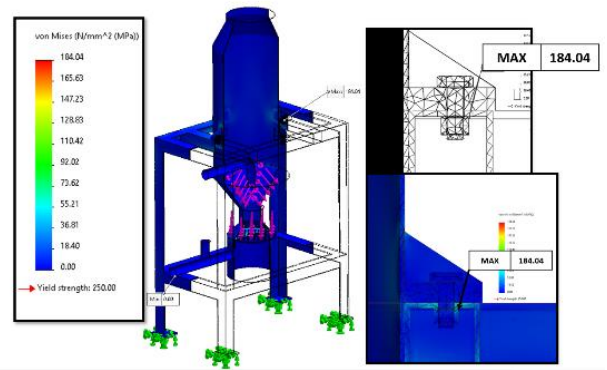


Hình 2. Thiết kế của lò khí hóa tầng cố định kiểu hút xuống với phương án nạp liệu một lần

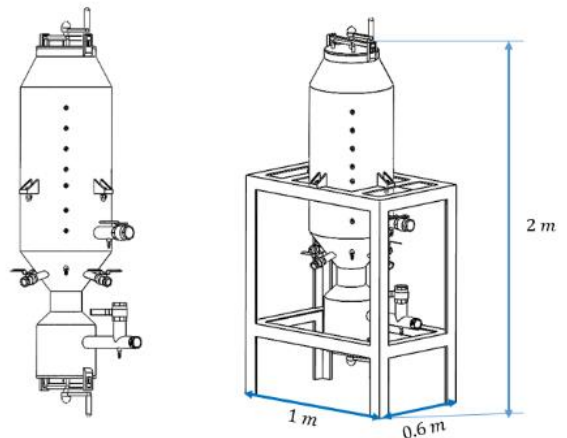
Bảng 2. Kích thước tương ứng với các vùng phân ứng

Kí hiệu	Tên	Giá trị	Đơn vị
D	Đường kính lò	450	mm
D_o	Đường kính thốt	150	mm
H_s	Chiều cao vùng sấy	655	mm
H_{np}	Chiều cao vùng nhiệt phân	150	mm
H_{ch}	Chiều cao vùng cháy	187	mm
H_{kh}	Chiều cao vùng khử	168,34	mm
H_d	Chiều cao vùng đệm, tro xỉ	250	mm

Để đảm bảo độ bền cơ học và độ bền nhiệt, nhóm nghiên cứu đã chọn vật liệu là thép A36 với độ dày 5 mm đối với thân lò và thép V dày 4.8 mm đối với khung đế cố định. Hình 3 thể hiện kết quả mô phỏng ứng suất và chuyển vị của lò khí hóa gắn với khung đế cố định trên phần mềm mô phỏng Solidworks Simulation. Bảng màu từ xanh đến đỏ tương ứng với từ giá trị cực tiểu đến giá trị cực đại của giá trị ứng suất và chuyển vị của lò khí hóa. Kết quả mô phỏng cho thấy, thiết kế lò và khung đế đảm bảo an toàn sử dụng khi ứng suất cực đại 184,04 Mpa (nhỏ hơn giới hạn của vật liệu 250 Mps) và giá trị chuyển vị cực đại 0,81 mm là không đáng kể.



Hình 3. Kết quả mô phỏng ứng suất và chuyển vị



Hình 4. Kích thước tổng thể và vị trí các đường ống cấp khí chính và cấp khí xung quanh

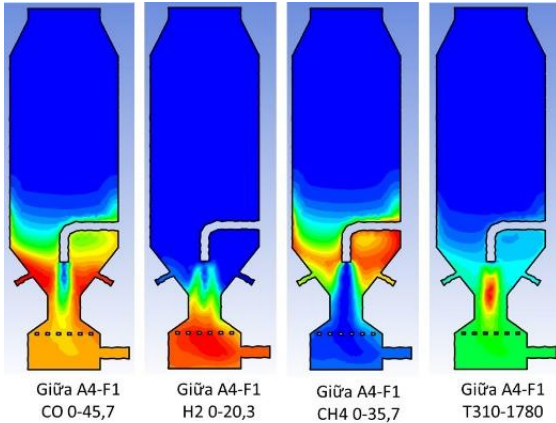
3. Kết quả

3.1. Kết quả mô phỏng

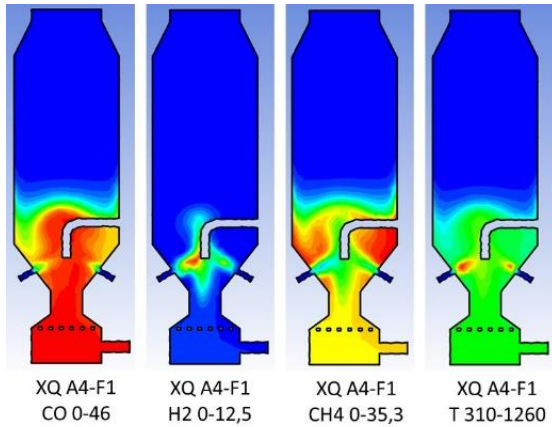
Hình 5, 6, và 7 giới thiệu phân bố nồng độ CO , H_2 , CH_4 và nhiệt độ trên mặt đối xứng lò khí hóa trong trường hợp cấp không khí ở trung tâm buồng cháy (TT), xung quanh buồng cháy (XQ) và phối hợp TT-XQ (50% lưu lượng không khí được cấp ở trung tâm và 50% lưu lượng không khí được cung cấp xung quanh buồng cháy). Kết quả này cho phép rút ra được những nhận xét sau:

- Trong trường hợp cung cấp không khí tại tâm buồng cháy hay cung cấp không khí hỗn hợp thì vùng nhiệt độ cao

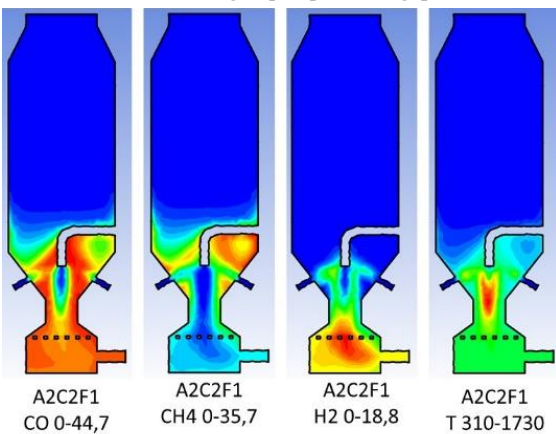
nhất ở khu vực tâm buồng cháy với giá trị cực đại 1780K (TT) và 1730K (TT-XQ). Mặt khác, khu vực khoang chứa tro có nhiệt độ cao hơn khu vực chứa liệu tiếp xúc với buồng cháy. Trong trường hợp XQ, nhiệt độ cháy cực đại chỉ đạt 1260K ở khu vực đầu ra của các lỗ phun không khí. Nhiệt độ khu vực chứa tro, khu vực buồng cháy và khu vực chứa liệu tiếp xúc với buồng cháy gần như đồng đều.



Hình 5. Trường hợp cấp khí trung tâm



Hình 6. Trường hợp cấp khí xung quanh



Hình 7. Trường hợp cấp khí phối hợp

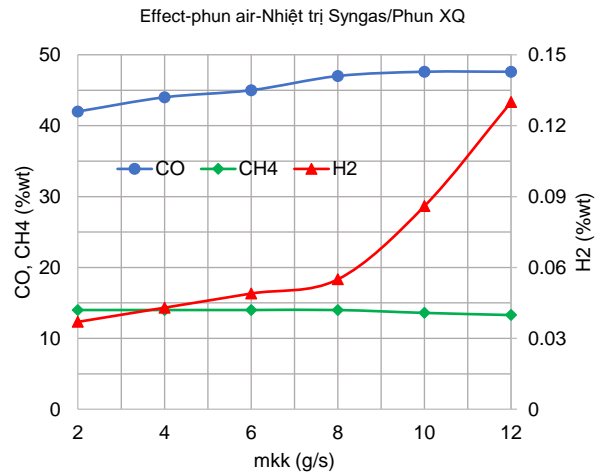
- Trong trường hợp cung cấp không khí XQ thì nồng độ CO cực đại gần như phân bố đồng đều trong khu vực tiết diện hẹp nhất của buồng cháy và khoang chứa tro. Trong khi đó, trong trường hợp phun TT thì nồng độ CO cao nhất tập trung sát thành buồng cháy, khu vực giữa buồng cháy nồng độ CO thấp còn khu vực khoang chứa tro, nồng độ CO đạt ở

mức trung bình. Trong trường hợp cung cấp không khí phối hợp TT-XQ, sự phân bố nồng độ CO có thể được xem như phương án trung gian giữa hai trường hợp trên.

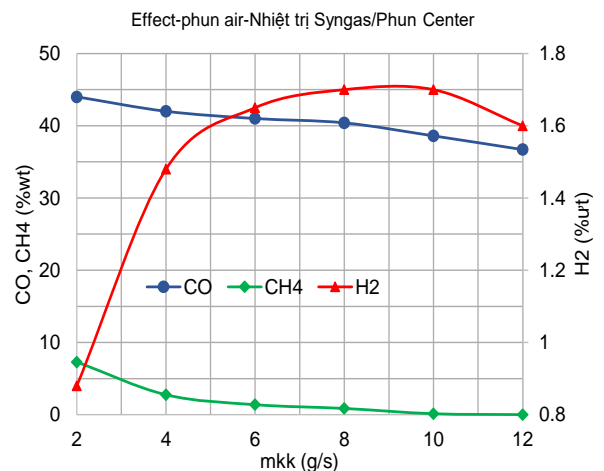
- Đối với H₂, trong trường hợp cung cấp không khí kiểu TT thì khu vực nồng độ H₂ cao tập trung chủ yếu vùng khoang chứa tro. Đối với trường hợp cung cấp không khí kiểu XQ thì vùng nồng độ cao của H₂ tập trung chủ yếu ở tâm buồng cháy, vùng khoang chứa tro nồng độ H₂ rất thấp. Trong trường hợp cung cấp không khí phối hợp TT-XQ thì vùng giàu H₂ tập trung ở giữa khoang chứa tro.

- Trong cả 3 trường hợp, vùng giàu CH₄ tập trung gần thành buồng cháy. Nồng độ CH₄ cao ở khoang chứa tro trong trường hợp phun XQ nhưng rất thấp trong trường hợp phun TT. Trong trường hợp phun phối hợp thì trên các trục tia phun không khí, nồng độ CH₄ rất thấp

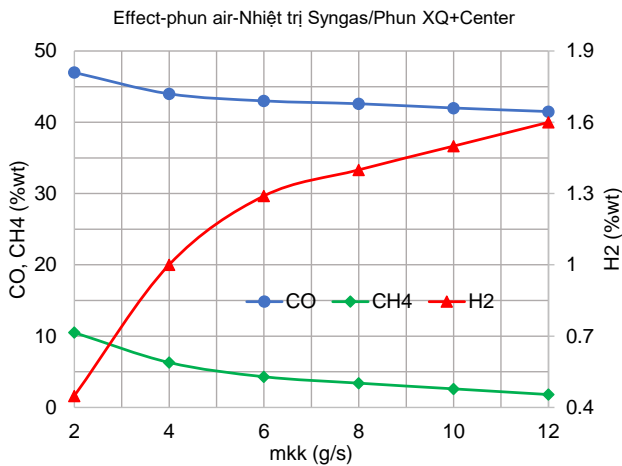
Hình 8, 9 và 10 biểu diễn biến thiên nồng độ khối lượng của các chất ở cửa ra lò khí hóa theo lưu lượng không khí ứng với các phương án cung cấp không khí khác nhau. Khi phun xung quanh thì nồng độ khối lượng của CH₄ hầu như không thay đổi trong khi phun tại trung tâm buồng cháy thì nồng độ khối lượng CH₄ giảm mạnh theo lưu lượng không khí. Khác biệt thứ hai là nồng độ khối lượng CO theo lưu lượng không khí khi phun XQ giảm khi phun TT.



Hình 8. Ảnh hưởng của lưu lượng không khí đến thành phần CO, CH₄ và H₂ khi cấp khí xung quanh



Hình 9. Ảnh hưởng của lưu lượng không khí đến thành phần CO, CH₄ và H₂ khi cấp khí trung tâm



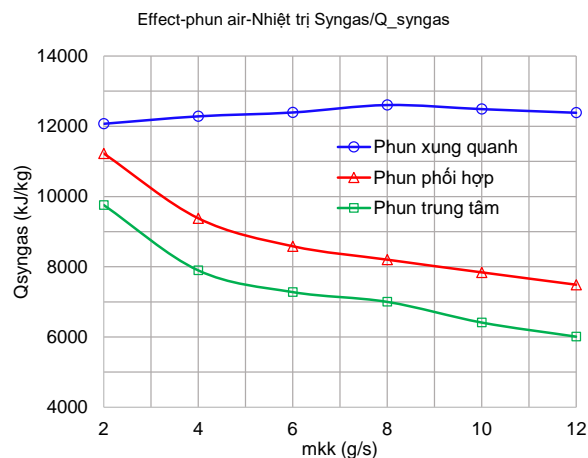
Hình 10. Ảnh hưởng của lưu lượng không khí đến thành phần CO, CH₄ và H₂ khi cấp khí phối hợp

Từ thành phần khối lượng của hỗn hợp khí có thể tính được nhiệt trị của syngas:

$$Q_{\text{syngas}} = \sum Q_i \cdot X_i \text{ (kJ/kg)}$$

Trong đó, Q_i là nhiệt trị của khí i (kJ/kg), X_i là thành phần khối lượng của khí i trong syngas (kg/kg)

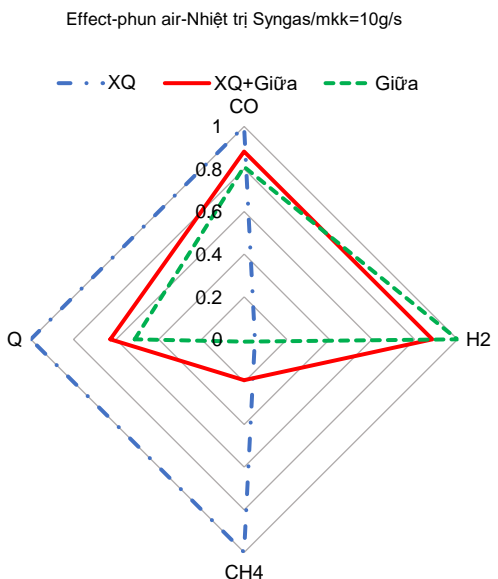
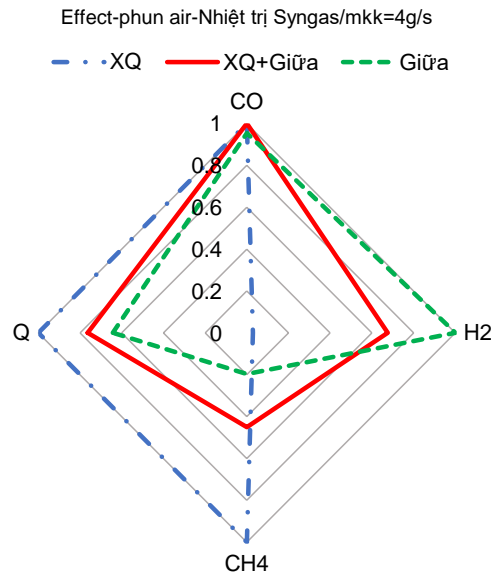
Hình 11 giới thiệu ảnh hưởng của các phương án cung cấp không khí khác nhau đến biến thiên nhiệt trị syngas theo lưu lượng không khí. Do vị trí cung cấp không khí ảnh hưởng đến quá trình cháy dẫn đến sự khác biệt thành phần syngas nên nhiệt trị của syngas thay đổi rất rõ rệt theo phương án cấp không khí. Kết quả mô phỏng trên đây cho thấy, khi lưu lượng không khí bé thì sự khác biệt về nhiệt trị đối với các phương án cấp khí khác nhau bé.



Hình 11. Ảnh hưởng của các phương án cung cấp không khí đến biến thiên nhiệt trị syngas theo lưu lượng không khí

Tuy nhiên, khi lưu lượng không khí lớn thì mức độ chênh lệch về nhiệt trị syngas đối với các phương án cấp khí khác nhau tăng mạnh. Với lưu lượng không khí 2g/s, nhiệt trị syngas tăng 20% khi chuyển từ phương án cấp khí TT sang phương án cấp khí XQ. Khi lưu lượng không khí 12g/s thì nhiệt trị syngas của phương án cấp khí XQ gấp đôi nhiệt trị syngas nhận được từ phương án cấp khí TT. Khi cấp khí phối hợp, nhiệt trị của syngas chịu ảnh hưởng bởi phương án TT mạnh hơn bởi phương án XQ. Nhiệt trị syngas cho bởi phương án cấp khí 50/50 TT-XQ xấp xỉ giá trị trung bình của nhiệt trị cho bởi phương án

TT và phương án XQ với lưu lượng không khí 2g/s. Tuy nhiên, với lưu lượng không khí 16g/s thì nhiệt trị syngas cho bởi phương án cấp khí phối hợp đạt 7500kJ/kg, nhỏ hơn giá trị trung bình của các nhiệt trị cho bởi phương án TT và XQ.



mkk(g/s)	Hệ số	
	4	10
CO	0,44	0,476
H2	0,0148	0,017
CH4	0,14	0,136
Q	12.285,25	12.490,57

Hình 12. So sánh thành phần syngas và nhiệt trị syngas theo các phương án cấp không khí khác nhau trong trường hợp lưu lượng không khí 4g/s và 10g/s

Hình 12 giới thiệu so sánh tổng hợp thành phần nhiên liệu và nhiệt trị biogas khi phun không khí XQ, TT và XQ-TT khi lưu lượng không khí 4g/s và 10g/s. Phun XQ cho nồng độ H₂ thấp nhất nhưng nồng độ CO và CH₄ cao nhất nên nhiệt trị syngas ứng với trường hợp này cao nhất.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu mô phỏng trên đây cho phép rút ra được những kết luận sau đây:

Trường hợp cung cấp không khí XQ thì nồng độ CO cực đại gần như phân bố đồng đều, trong trường hợp phun TT thì nồng độ CO cao nhất tập trung sát thành buồng cháy, khu vực giữa buồng cháy nồng độ CO thấp còn khu vực khoang chứa tro, nồng độ CO đạt ở mức trung bình.

Trong cả 3 trường hợp, vùng giàu CH_4 tập trung gần thành buồng cháy. Trong trường hợp phun phối hợp thì trên các trục tia phun không khí, nồng độ CH_4 rất thấp.

Đối với H_2 , trong trường hợp cung cấp không khí kiểu TT thì khu vực nồng độ H_2 cao tập trung chủ yếu vùng khoang chứa tro. Trường hợp cung cấp không khí kiểu XQ thì vùng nồng độ cao của H_2 tập trung chủ yếu ở tâm buồng cháy. Trong trường hợp cung cấp không khí phối hợp TT-XQ thì vùng giàu H_2 tập trung ở giữa khoang chứa tro.

Vị trí cung cấp không khí ảnh hưởng đến quá trình cháy dẫn đến sự khác biệt thành phần syngas nên nhiệt trị của syngas thay đổi rất rõ rệt theo phương án cấp không khí. Kết quả mô phỏng trên đây cho thấy khi lưu lượng không khí bé thì sự khác biệt về nhiệt trị đối với các phương án cấp khí khác nhau bé và thay đổi rõ rệt khi tăng lưu lượng cấp khí.

Lời cảm ơn: Công trình này của nhóm nghiên cứu Phùng Minh Tùng được tài trợ bởi Tập đoàn Vingroup – Công ty CP và hỗ trợ bởi Chương trình học bổng Thạc sĩ, Tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện nghiên cứu dữ liệu lớn, mã số VINIF.2021.TS.083 và được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong đề tài với mã số T2021-06-06.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rakopoulos C, Michos N, “Development and validation of a multi-zone combustion model for performance and nitric oxide formation in syngas fueled spark ignition engine”, *Energy Conversion and Management*, 2008, (49):2924-14.
- [2] Hagos F, Aziz A, Sulaiman S, “Trends of syngas as a fuel in internal combustion engines”, *Advances in Mechanical Engineering*, Article id: 401587, 1-10, 2014.
- [3] Keith W, *Have wood will travel complete plans for the Keith gasifier*, 1st edn, 2013.
- [4] Whitty K, Zhang H, Eddings E, “Emissions from syngas combustion”, *Combustion Science and Technology*, 2008, (180), 1117-19.
- [5] TS. Bùi Trung Thành, “*Hướng ứng dụng công nghệ khí hóa từ trấu thái để sử dụng năng lượng nhiệt sấy nông sản và năng lượng điện phục vụ nhà máy xay xát quy mô vừa và nhỏ TP. Hồ Chí Minh*”, Trung tâm thông tin và thông kê KH&CN, 2015, [Online] Available: <https://www.cesti.gov.vn/phan-tich-chi-tiet-xu-huong-cong-nghe/76/huong-ung-dung-cong-nghe-khi-hoa-tu-trau-thai-de-su-dung-nang-luong-nhiệt-say-nong-san-va-nang-luong-dien-phuc-vu-nha-may-xay-xat-quy-mo-vua-va-nho>.
- [6] Reed T, Das A, *Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems*, Biomass Energy Foundation, 1998.
- [7] P.M. Tùng, B.V. Ga, T.T. Sơn, “Thử nghiệm sản xuất viên nén nhiên liệu RDF từ chất thải rắn”, Hội nghị cơ học thủy khí toàn quốc 2021, 2021, 595-604.
- [8] PGS.TS. Trần Thanh Sơn (2014): “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo lò khí hóa phục vụ nghiên cứu”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 5(78).2014, p.87.
- [9] Trương Quang Trung, “Nghiên cứu sử dụng biomass cho động cơ đánh lửa tĩnh tại cỡ nhỏ”, *Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật cơ khí động lực, trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng*, 2017.
- [10] C. Diyoke, N. Gao, M. Aneke, C. Wu, “*Modelling of down-draft gasification of biomass – an integrated pyrolysis, combustion and reduction process*”, *Applied Thermal Engineering*, 2018
- [11] N. Gao, A. Li, “Modelling and simulation of combined pyrolysis and reduction zone for a downdraft biomass gasification”, *Energy Conversion and Management* 49, 2008, 3483-3490.