

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO Lò HÓA KHÍ PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU

## A STUDY ON THE DESIGN, MANUFACTURE AND GASIFICATION OF A FURNACE USED FOR RESEARCH

Trần Thanh Sơn

Trường Đại học bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: ttson@hde.vn

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả của việc nghiên cứu lựa chọn công nghệ hóa khí than, thiết kế, chế tạo và vận hành hệ thống hóa khí phục vụ nghiên cứu khoa học. Trong lò hóa khí này, không khí và nhiên liệu đi ngược chiều nhau, nhiên liệu được sử dụng trong tính toán là than cám và được cấp liên tục qua hệ thống vít tải. Hệ thống có khả năng điều chỉnh linh hoạt tất cả các thông số vận hành trong khoảng rộng, có khả năng sử dụng không khí hoặc hỗn hợp không khí và hơi nước làm tác nhân khí hóa. Các thông số nhiệt độ ở đường cấp khí, buồng đốt và đường khí ra được xác định bằng các cặp nhiệt, thành phần khí tạo thành được xác định bằng máy phân tích khí IMR 2800P. Kết quả vận hành ban đầu chỉ ra rằng, nồng độ CO trong khí sản phẩm phụ tỉ lệ với nhiệt độ buồng đốt và đạt ~14% khi nhiệt độ buồng đốt là 800°C.

**Từ khóa:** hóa khí; thiết kế; hóa khí than; khí than; ngược chiều

**Abstract:** This article presents the results of the gasification technology selection study, design, manufacturing and operating the coal gasification for researching purposes. In this gasification furnace, air and coal travel updraft and the coal used in this research is coal-dust and is continuously supplied by a screw press. The gasification furnace can adjust the operating parameters in a wide range, using air or a mixture of air and steam as an oxidation gas. Temperatures at gas inlet, chamber and gas outlet are measured by thermocouples; coal-gas concentration is measured by IMR 2800P gas analyzer. The initial result shows that CO concentration is proportional to the chamber temperature and reaches ~14% at chamber temperature of 800°C.

**Key words:** gasification; design; coal gasification; coal-gas; updraft

### 1. Đặt vấn đề

Công nghệ hoá khí than là công nghệ sản xuất khí đốt khi Oxy hoá khối hữu cơ trong than không hoàn toàn. Trong thời kỳ 1970-1980, các nhà khoa học đã dự đoán là than sẽ trở lại thời kỳ thứ hai của "thế kỷ vàng" và khả năng cạn kiệt của dầu mỏ không còn xa nữa. Chính những dự đoán đó đã đẩy lên những công trình nghiên cứu quá trình công nghệ mới về chế biến than. Những công trình nghiên cứu đầu tiên đã thu được sản phẩm nhiên liệu lỏng từ than bằng các phương pháp trực tiếp và gián tiếp ở các nước Mỹ, Đức, Anh, Nhật Bản, Liên Xô cũ[1,2] ..., đã bắt đầu xây dựng chương trình công nghệ chế biến than qui mô nhà nước. Hàng trăm hãng có tên tuổi trên thế giới tham gia trực tiếp vào lĩnh vực này. Tính đến năm 1980, hàng chục loại thiết bị và các nhà máy chế biến than theo công nghệ hoá khí, hoá lỏng và nhiệt phân đã lần lượt ra đời. Tổng công suất của thiết bị hoá khí than của thế giới đến năm 1995 đã lên tới trên 30.000 MWh và đến năm 2002 là gần 50.000 MWh.

So với các loại nhiên liệu như khí và dầu thì than đá có giá thấp và ổn định hơn nhiều lần. Vì vậy việc tìm ra các giải pháp thay thế các loại nhiên liệu đắt tiền và luôn biến động giá như dầu và khí là một trong những quan tâm hàng đầu của các doanh nghiệp, nhằm không những giảm chi phí sản xuất, giảm giá thành, chủ động trong việc định giá, nâng cao tính cạnh tranh của sản phẩm mà còn tận dụng được các nguồn tài nguyên sẵn có trong nước, đặc biệt là than đá.

Một ưu điểm lớn khác của khí hóa là hiệu suất sử dụng nhiên liệu được nâng cao, đồng thời giảm thiểu sự ô nhiễm môi trường so với phương pháp đốt trực tiếp nhiên liệu. Hơn nữa, nếu sử dụng khí hóa trong các nhà máy nhiệt điện còn giúp nâng cao hiệu suất của nhà máy lên rất nhiều do có thể áp dụng chu trình hỗn hợp khí-hơi và giảm ô nhiễm môi trường.

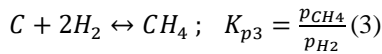
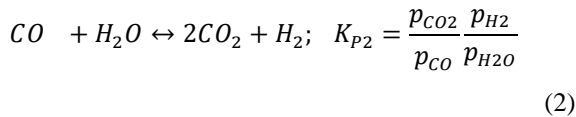
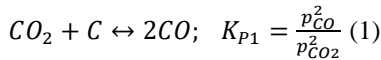
Ở Việt Nam hiện nay, nhiều đơn vị sản xuất lớn như: gạch ốp lát, gốm sứ, chế tạo kết cấu thép, ... hầu hết sử dụng nhiên liệu từ khí hoá lỏng(LPG), một loại nhiên liệu ngày càng đắt đỏ và dao động theo giá thị trường quốc tế, đã làm cho chi phí mỗi đơn vị sản phẩm tăng lên, dẫn đến giá thành sản phẩm cao và một hệ quả tất yếu là tính cạnh tranh của sản phẩm giảm. Vì vậy, để có thể đứng vững trên thị trường trong nước và quốc tế, các doanh nghiệp đã tìm mọi cách giảm chi phí sản phẩm và giảm chi phí nhiên liệu là yếu tố được quan tâm hàng đầu. Sản phẩm của công nghệ khí hóa than có thể giải được bài toán đó cho các doanh nghiệp. Ngoài ra, công nghệ khí hóa cũng là một công nghệ đầy triển vọng để khai thác hiệu quả mỏ than nâu rất lớn ở đồng bằng sông Hồng mà hiện tại các phương pháp khai thác truyền thống không thể áp dụng được. Hiện nay mặc dù đã có nhiều lò hóa khí được nhập khẩu và sử dụng ở Việt Nam nhưng lại chưa có một nghiên cứu cụ thể nào về công nghệ này do các nhà nghiên cứu trong nước công bố ngoại trừ một số bài báo nói về những ưu điểm và khả năng ứng dụng của công nghệ hóa khí[3]. Vì vậy, cần thiết phải có một nghiên cứu cả lý thuyết lẫn thực hành về công nghệ này được thực hiện để Việt Nam có thể dần làm chủ công nghệ hiện đại và thân thiện với môi trường này.

### 2. Thiết kế lò hóa khí

#### 2.1. Cơ sở lý thuyết:

Dựa trên công thức nhiệt động để tính hằng số cân bằng của các phản ứng chính trong quá trình khí hóa. Hầu hết các công thức thực nghiệm[1,2,4] đều dựa trên cơ sở thí nghiệm trên graphit. Tuy vậy vẫn có thể sử dụng để tính toán nồng độ khí sản phẩm, thường gồm  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  và  $H_2O$  ở trạng thái cân bằng. Có thể dựa vào các phương trình sau để xác định thành phần cân bằng này.

2.1.1. Phương trình xác định các hằng số cân bằng của phản ứng:



Ba phản ứng trên được coi như phản ứng hai chiều chủ yếu trong quá trình khí hóa.

2.1.2. Phương trình cân bằng tổng áp suất của hệ:

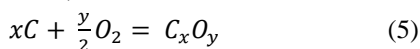
$$p = p_{N_2} + p_{CO_2} + p_{CO} + p_{H_2} + p_{CH_4} + p_{H_2O} \quad (4)$$

Giải hệ phương trình trên cho phép rút ra thành phần cân bằng của hệ trong quan hệ với thành phần chất khí hóa, hoặc ngược lại. Giá trị hằng số cân bằng của ba phản ứng trên có thể tra theo bảng. Trong trường hợp chuyển đổi đơn vị đo lường của giá trị hằng số cân bằng, có thể gần đúng coi như khí lý tưởng để áp dụng phương trình trạng thái khí lý tưởng.

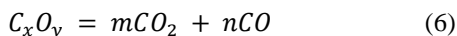
Trong quá trình khí hóa, quan trọng nhất là những phản ứng chính, không chế chất lượng quá trình khí hóa - phản ứng hệ đồng nhất khí - rắn. Như vậy, quá trình phản ứng hóa học, quá trình truyền nhiệt, truyền chất đều ảnh hưởng đến tốc độ của quá trình khí hóa. Ở đây xét một số phản ứng chính.

2.1.3. Phản ứng cháy của than với Oxy

Ngay từ những kết quả đầu tiên nghiên cứu phản ứng giữa Oxy và than gỗ, các nhà nghiên cứu [3,4,5] đã đưa ra một giả thiết về cơ chế, mà cho tới nay vẫn được chấp nhận. Đó là, trước hết than hấp phụ Oxy tạo thành hợp chất trung gian (HCTG):



Sau đó tùy điều kiện phản ứng, HCTG phân hủy thành sản phẩm:

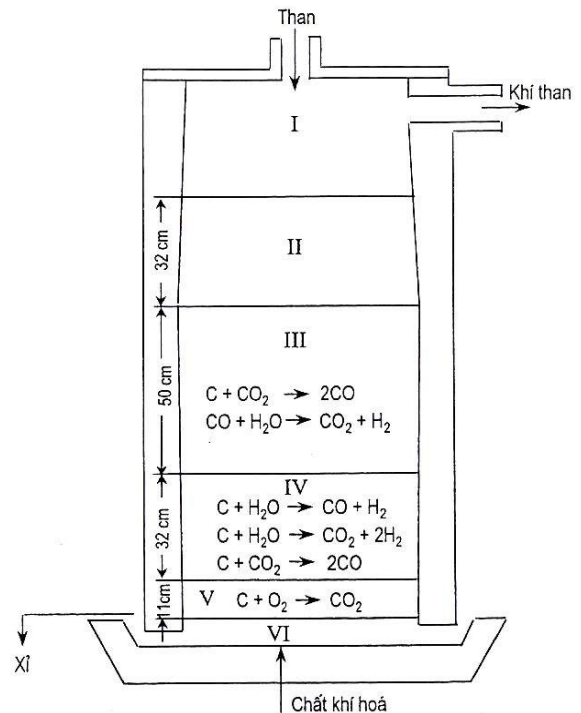


Tỷ lệ  $m/n$  thay đổi theo nhiệt độ phân hủy; nhiệt độ càng cao tỷ lệ này càng nhỏ. Phản ứng nằm trong miền không chế của quá trình truyền chất, tốc độ quá trình phản ứng phụ thuộc vào hệ số khuếch tán đối lưu (phản ứng trong dòng chảy) và nồng độ của Oxy trong pha khí (ở đây nồng độ Oxy trên bề mặt bằng zero do phản ứng một chiều).

2.2. Lò hóa khí tầng cố định ngược chiều:

Hình 1 giới thiệu nguyên lý làm việc của lò hóa khí tầng cố định ngược chiều ở áp suất thường và thành phần khí theo chiều cao của lò. Từ hình trên ta có thể quan sát quá trình phản ứng như sau: Nếu than nguyên liệu đi vào từ nóc lò, qua mâm tháo xỉ ở đáy tháo dần ra khỏi lò, tầng than sẽ di chuyển từ trên xuống dưới. Chất oxy hóa đi ngược chiều từ dưới lên, ta có thể quan sát thấy có những vùng phản ứng như sau:

VI- vùng xỉ: Xi than nóng gặp chất oxy hóa, nâng



Hình 1. Nguyên lý làm việc của lò khí hoá tầng cố định ngược chiều

nhiệt độ chất oxy hóa từ khoảng  $60^\circ C$  lên khoảng  $420^\circ C$ , bản thân xỉ được làm nguội trước khi thải ra ngoài.

V- vùng oxy hóa: Vùng này xảy ra phản ứng cháy giữa than và Oxy trong chất khí hóa tạo thành  $CO$ ,  $CO_2$  theo các phản ứng (1), (2), (5) và (6), do phản ứng tỏa nhiệt nên nhiệt độ tăng nhanh chóng tới mức gần nhiệt độ hóa mềm của xỉ.

IV- vùng khử chính: Ở đây xảy ra phản ứng giữa hơi nước và than theo phản ứng (2), (3). Phần  $CO_2$  tạo thành do phản ứng Oxy hóa hoàn toàn bị khử trên  $C$  theo phản ứng (1). Hầu hết các phản ứng này đều thu nhiệt. Đặc điểm dễ thấy là hàm lượng  $H_2O$ ,  $CO_2$  trong khí giảm, nhiệt độ tầng than giảm.

III- vùng khử phụ: Ở đây tiếp tục phản ứng khử  $CO_2$  và xảy ra một loạt phản ứng thứ cấp quanh miền  $700^\circ C$  -  $800^\circ C$ .

II- vùng chưng than: Ở đây xảy ra quá trình chưng khô than thường gọi là vùng chuẩn bị. Đỉnh vùng chuẩn bị là vùng sấy (đôi khi coi vùng II, III là vùng chuẩn bị).

I- Trên cùng là vùng không gian tự do để gom khí, tách một phần than bị nổ vỡ. Ở đây không xảy ra phản ứng nào đáng kể.

Với loại lò này, một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng quá trình hóa khí là hiệu suất hóa khí, mặt khác cũng cần tính đến định mức tiêu hao hơi nước cho  $1m^3$  sản phẩm khí. Có nhiều thông số ảnh hưởng đến thành phần khí hóa như: loại than; cường độ khí hóa, chế độ nhiệt (bao gồm nhiệt độ lò và tổng các hạng mục ảnh hưởng đến cân bằng nhiệt), tỷ lệ không khí/ hơi nước hoặc tỷ lệ Oxy bổ sung,...

### 2.3. Lò hóa khí thí nghiệm

Để phục vụ mục đích nghiên cứu khoa học nên lò hóa khí được thiết kế có công suất  $G_t = 10 \text{ kg/h}$ , nhiên liệu sử dụng là than cám.

#### a. Lượng không khí cần cấp cho lò hóa khí được xác định bằng công thức:

$$Q_{lt} = ER \cdot G_{lt} G_t, \text{ kgKK/h;}$$

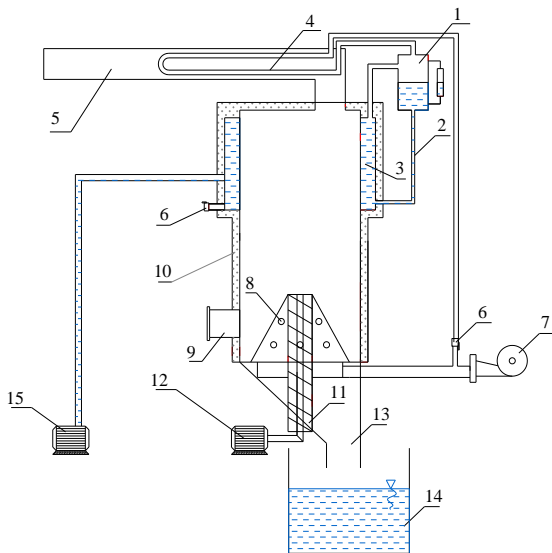
Trong đó:  $G_{lt}$  là lượng không khí lý thuyết để đốt cháy 1 kg than và  $ER$  là tỉ số tương đương.

#### b. Kích thước lò hóa khí

Các kích thước chính của lò hóa khí như sau:

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| Đường kính lò hóa khí        | $D_{lr} = 400 \text{ mm}$ |
| Đường kính ngoài của áo nước | $D_{ng} = 500 \text{ mm}$ |
| Chiều cao lò hóa khí         | $H = 1200 \text{ mm}$     |
| Chiều cao của áo nước        | $H_n = 400 \text{ mm}$    |
| Đường kính của vít tải       | $d_v = 100 \text{ mm}$    |

Hình 2 thể hiện cấu tạo của lò hóa khí phục vụ thí nghiệm. Ở đây, than được cấp liên tục từ dưới lên bằng một cơ cấu vít tải liệu. Than được vít tải nằm ở trung tâm lò đưa lên đỉnh của phễu liệu và đi xuống rồi thải ra ngoài qua cửa thải xỉ. Không khí hoặc hỗn hợp không khí và hơi nước được đưa vào lò từ phía dưới qua các khe cấp gió đi vào lò và thoát ra ngoài ở phía trên. Hơi nước được quá nhiệt bởi khí hóa ở đầu ra của lò và được gia nhiệt thêm bởi thiết bị gia nhiệt điện trở đến nhiệt độ yêu cầu. Lượng than, lượng gió cấp vào lò được điều chỉnh bằng các biến tần để có thể điều chỉnh thuận lợi và chính xác. Nhiệt độ buồng hóa khí, nhiệt độ không khí (hoặc hỗn hợp không khí và hơi nước), nhiệt độ khí than được đo bằng các cặp nhiệt điện. Thành phần khí than tại đầu ra của lò hóa khí được đo bằng máy phân tích khí IMR 2800P, có thang đo CO đến 30%.



**Hình 2.** Cấu tạo của lò hóa khí thí nghiệm

1. Bao hơi và cụm ống thủy;
2. Đường nước cấp;
3. Áo nước;
4. Đường hơi nước;
5. Đường khói ra;
6. Van xả đáy;
7. Quạt gió;
8. Lò cấp gió;
9. Cửa môi lửa;
10. Lớp bông bảo ôn;
11. Vít tải than;
12. Động cơ của vít tải;
13. Phễu thải xỉ;
14. Máng nước;
15. Bơm nước cấp

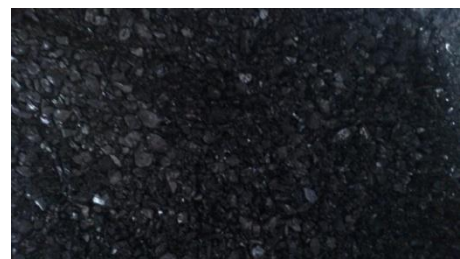
### 3. Kết quả và thảo luận

Hình 3 là hình ảnh của than cám được sử dụng trong các thí nghiệm này. Than được sử dụng là than cám 4a của Công ty CP than miền Trung với đặc tính thể hiện trong bảng 1. Việc sử dụng than cám để hóa khí sẽ giúp giảm giá thành của nhiên liệu đầu vào (than cám rẻ hơn than cục) cũng như giảm chi phí chuẩn bị nhiên liệu do không phải ép than cám thành cục sẽ tiêu tốn nhiều năng lượng và hóa chất như các lò hóa khí hiện tại đang sử dụng, tăng hiệu quả của quá trình.

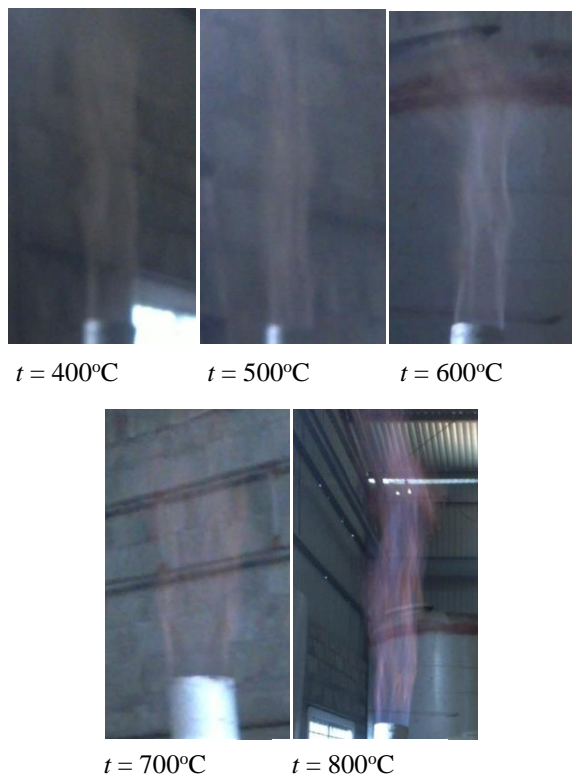
**Bảng 1.** Đặc tính than

| Thành phần | $W_{lv}$ | Chất bốc, $V_{lv}$ | $S_{lv}$ | $A_{lv}$ | $Q_{lv}$ , kcal/kg | Cỡ hạt, mm |
|------------|----------|--------------------|----------|----------|--------------------|------------|
| Tỉ lệ, %   | 8        | 6.5                | 0.5      | 20       | 6400               | 0-15       |

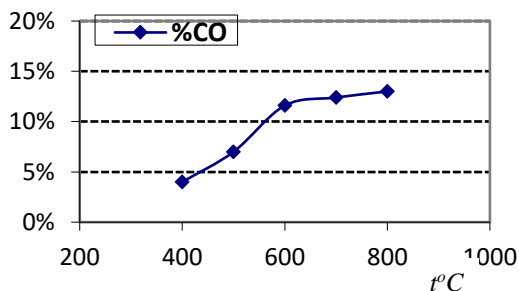
Hình 4 là hình ảnh của ngọn lửa ứng với nhiệt độ buồng hóa khí khác nhau. Khi nhiệt độ buồng lửa, được xác định ở phía trong buồng lửa cách đỉnh phễu cấp liệu 150mm về phía trên, nhỏ hơn  $400^\circ\text{C}$  thì khí than ở đầu ra không cháy được. Khi nhiệt độ buồng lửa đạt  $400^\circ\text{C}$  thì khí than bắt đầu cháy và càng tăng nhiệt độ buồng lửa ngọn lửa càng sáng và chiều dài ngọn lửa cũng tăng lên. Ngọn lửa sáng và dài nhất khi nhiệt độ buồng lửa đạt  $800^\circ\text{C}$ . Trong thí nghiệm này, nhiệt độ buồng lửa bị khống chế ở  $800^\circ\text{C}$  do giới hạn của các thiết bị đo. Trong các thí nghiệm trên thì lượng không khí và lượng than cấp vào lò hóa khí được giữ cố định không đổi. Hình 5 thể hiện nồng độ CO trong khí tạo thành theo nhiệt độ buồng lửa. Từ đồ thị có thể nhận xét như sau: nồng độ của khí CO tăng lên rất nhanh theo nhiệt độ trong khoảng từ  $400^\circ\text{C}$  đến  $600^\circ\text{C}$ , sau đó tốc độ tăng nồng độ CO sẽ giảm dần và đạt  $\sim 14\%$  ở nhiệt độ buồng lửa  $t = 800^\circ\text{C}$ . Nồng độ khí CO cao nhất đạt được trong thí nghiệm này vẫn thấp hơn các lò hóa khí thương mại hiện nay (đến 27%) do nhiều nguyên nhân như: do hạn chế về thời gian nên số lần thí nghiệm chưa được nhiều, chưa thay đổi các thông số thiết kế, vận hành khác như lượng không khí cấp, nhiệt độ khí cấp, ... nhiệt độ buồng lửa bị giới hạn như đã đề cập ở trên, chưa bổ sung hơi nước, nhiên liệu là than cám chứ không phải là than cục hoặc than quả bồng.... Khi điều chỉnh các thông số trên đến giá trị tối ưu thì lượng khí CO,  $\text{CH}_4$  và  $\text{H}_2$  tạo thành sẽ được nâng lên đáng kể.



**Hình 3.** Than sử dụng trong thí nghiệm



**Hình 4.** Hình ảnh ngọn lửa tại nhiệt độ buồng đốt khác nhau



**Hình 5.** Nồng độ CO trong khí than theo nhiệt độ buồng đốt

(BBT nhận bài: 13/12/2013, phản biện xong: 26/12/2013)

#### 4. Kết luận

Việc thiết kế, chế tạo và vận hành thành công lò hóa khí than có ý nghĩa lớn trong việc nghiên cứu công nghệ hóa khí tầng cố định nói riêng và hóa khí nói chung. Kết quả này sẽ góp phần cho việc nghiên cứu khí hóa than cũng như các loại nhiên liệu khác. Những kết quả về thành phần khí CO xác định được theo nhiệt độ buồng đốt trong khí than tạo thành là những kết quả rất quan trọng vì đây là thành phần chính cùng với  $CH_4$ ,  $H_2$  sẽ quyết định nhiệt trị khí than cũng như hiệu suất của lò hóa khí. Thành phần khí CO trong khí hóa tỉ lệ với nhiệt độ buồng đốt và đạt ~14% khi nhiệt độ buồng đốt 800°C. Thành phần CO trong khí hóa tuy chưa cao như các lò thương mại hiện hành vì đây chỉ là những kết quả ban đầu và các thông số vận hành khác chưa được điều chỉnh. Tỉ lệ này sẽ được nâng lên trong tương lai khi việc tối ưu hóa vận hành được thực hiện.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] John Rezaian and N.P. Cheremisinoff, *Gasification technologies*, CRC press, 2005.
- [2] C. Higman and M. van der Burgt, *Gasification*, Elsevier, 2007.
- [3] T.V Hưng, N.V Đức và T.T. Sơn, *Nghiên cứu thiết kế hệ thống hóa khí than phục vụ thí nghiệm*, tuyển tập báo cáo Hội nghị sinh viên nghiên cứu khoa học lần thứ 7 Đại học Đà Nẵng, 2010.
- [4] L.L.Faulkener, *Solid fuels combustion and gasification*, Marcel Dekker, 2004.
- [5] Juan F. Espinal, Fanor Mondragon and Thanh N. Truong, "Thermodynamic evaluation of steam gasification mechanisms of carbonaceous materials", *Carbon 47*, Elsevier, 2009, p3010-3018.