

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG CHẤT BỐC TRONG THAN TRỘN ĐẾN HIỆU SUẤT LÒ HƠI TẠI NHÀ MÁY ĐIỆN NINH BÌNH

STUDY IMPACT OF VOLATILE CONTENT OF BLENDED COAL ON BOILER EFFICIENCY AT NINH BINH THERMAL POWER PLANT

*Ths. Nguyễn Chiến Thắng, TS. Hoàng Tiến Dũng,
PGS.TS. Trần Gia Mỹ, TS. Lê Đức Dũng*

Bài báo trình bày tổng quan tài liệu nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về nhiệt độ bắt cháy, nồng độ bột than hợp lý của than antraxit chất bốc thấp và than bitum chất bốc cao. Trên cơ sở kế thừa những nghiên cứu đã đạt được trong nghiên cứu thực nghiệm, xác định ảnh hưởng của hàm lượng chất bốc trong than trộn đến hiệu suất lò hơi tại NMNĐ Ninh Bình.

1. MỞ ĐẦU

Than Antraxit Quảng Ninh dùng trong nhà máy điện chủ yếu là than cám 4, 5, 6 theo TCVN, cháy ít khói, hàm lượng các bon (C) cao (trung bình 60%), chất bốc (V^C) thấp (từ 3% đến 7%), lưu huỳnh (S) thấp (0,6%, có thể lên đến 1,4 % đối với than Vàng Danh), tro (A) cao (từ 25% đến 36%), khó bắt cháy. Tổng số hàm lượng oxit silic và oxit nhôm trong thành phần oxit trong tro đều lớn hơn 80%, tro khó nóng chảy [1], [2], [3].

Để than antraxit bắt lửa sớm và ổn định cần: nâng cao nồng độ bột than trong dòng hỗn hợp gió cấp 1; chọn độ mịn bột than thích hợp; nâng cao nhiệt độ gió cấp 1 và nhiệt độ gió nóng; tăng cường hồi lưu khói nóng vào vùng bắt lửa của bột than; đắp đai cháy cách nhiệt để tăng cường nhiệt bức xạ trong vùng bắt lửa; Tăng cường thời gian lưu của dòng hỗn hợp trong vùng bắt lửa; lựa chọn tỉ lệ gió cấp 1/cấp 2 tối ưu [1], [2], [3].

Như vậy, do chất bốc của than antraxit thấp nên phải cần đến những giải pháp phức tạp. Chất bốc của than có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình cháy than. Chất bốc càng nhiều thì than càng xốp, vì vậy than càng dễ bắt lửa và cháy kiệt. Than Antraxit Việt Nam có chất bốc thấp nên rất khó bắt lửa và đòi hỏi nhiệt độ bắt cháy cao.

Để than antraxit cháy sớm hơn và kiệt hơn cần tăng chất bốc bằng trộn than antraxit nội địa với than nhập khẩu có chất bốc cao hơn nhiều lần. Cũng xuất phát từ quan điểm này, Hội Khoa

học Kỹ thuật Nhiệt Việt Nam đề xuất Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước: “**Nghiên cứu công nghệ đốt than trộn của than khó cháy với than nhập khẩu dễ cháy nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu tại các nhà máy nhiệt điện đốt than ở Việt Nam**”.

Cùng với các kết quả thu được từ các thí nghiệm đốt than trộn tại NMNĐ Ninh Bình và các thông tin liên quan đã được trình bày trước đây, trong bài báo này chúng tôi tiếp tục trình bày các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về ảnh hưởng của hàm lượng chất bốc trong than trộn đến hiệu suất lò hơi tại NMNĐ Ninh Bình.

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trước đây

1. Nhiệt độ bắt lửa [1], [2], [3].

Hàm lượng chất bốc của than ảnh hưởng rất lớn đến sự bắt lửa, chất bốc càng thấp thì nhiệt độ bắt lửa càng cao, lượng nhiệt yêu cầu để đạt tới trạng thái bắt lửa càng lớn. Ngược lại, độ tro và độ ẩm của than càng cao thì nhiệt độ bắt lửa và nhiệt lượng yêu cầu để đạt tới trạng thái bắt lửa càng lớn.

Nhiệt độ bắt lửa của dòng bột than chủ yếu phụ thuộc vào chất bốc của than, vào điều kiện gia nhiệt và tản nhiệt của dòng hỗn hợp ở đầu ra vòi phun trong buồng lửa. Tại đầu ra vòi phun dòng hỗn hợp bột than được bao bọc bởi dòng gió cấp 1 và cấp 2 và được gia nhiệt bởi dòng

khói nóng có nhiệt độ cao hồi lưu. Vì vậy quá trình bắt lửa vừa cưỡng bức vừa tự nhiên. Điều kiện tới hạn của sự bắt lửa được biểu thị bằng hệ phương trình:

$$Q_1 = Q_2$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial T} = \frac{\partial Q_2}{\partial T}$$

Trong đó:

Q_1 - Nhiệt lượng hoá học

Q_2 - Nhiệt lượng toả

Giả thiết nhiệt độ bột than trước khi bắt lửa không cao, phản ứng hóa học trong dòng trước khi bắt lửa nằm trong vùng động học. Lúc đó nhiệt lượng hóa học sinh ra do cháy bột than Q_1 là [3]:

$$Q_1 = \varphi Q_{lv}^t \left(\frac{273 \rho_o O_2}{T_o} \right)^n / \left[\frac{1}{K_o \exp[-E/(RT_{bl})]} + \frac{1}{\beta} \right]$$

(W/m²)

Nhiệt lượng toả từ hạt bột than ra môi trường Q_2 là [3]:

$$Q_2 = \alpha(T_{bl} - T_o) + a \cdot \sigma_o (T_{bl}^4 - T_o^4) \quad (W/m^2)$$

Trong đó:

Q_{lv}^t nhiệt trị bột than;

n cấp phản ứng, lấy gần đúng $n = 1$;

a độ đen của ngọn lửa;

σ_o hằng số Boltzman, W/(m².°K⁴);

φ đại lượng đặc trưng lượng tiêu hao than khi cháy với một kg oxy.

Than cốc, không có chất bốc có:

$$\varphi = 0,375 \text{ kg (C)/ 1kg(O}_2\text{)};$$

Bột than có chất bốc φ như sau:

Than Antraxit $\varphi = 0,531$,

Than đá $\varphi = 0,58$,

Than nâu $\varphi = 1,13$.

ρ_o - Khối lượng riêng của Oxy (kg/m³)

O_2 - Nồng độ Oxy trong môi trường phản ứng (%)

T_o - Nhiệt độ dòng hỗn hợp bột than và gió nóng (°K)

R - Hằng số chất khí (kJ/mol.°K)

E - Năng lượng hoạt hóa bề mặt hạt than (kJ/mol)

K_o - Hệ số va đập (m/s)

α - Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa bột than với dòng gió nóng (w/m².°K)

β - Hệ số trao đổi chất (m/s) được chọn như sau:

$$\beta = \frac{Nu_d D_o \frac{T_o}{273}}{d_{bt}}$$

Trong đó:

Nu_d - Tiêu chuẩn Nussel, để dễ tính toán ta chọn $Nu_d = 2$

D_o - Hệ số khuếch tán phân tử, (m²/s)

d_{bt} - Đường kính hạt bột than, μm

Đưa Q_1 và Q_2 vào hệ phương trình điều kiện tới hạn của sự bắt lửa ở trên, có thể tìm được nhiệt độ tới hạn của sự bắt lửa T_{blv} và nhiệt độ môi trường của môi chất cần thiết T để gia nhiệt cho dòng hỗn hợp cũng như lượng nhiệt bắt lửa Q_{bl} .

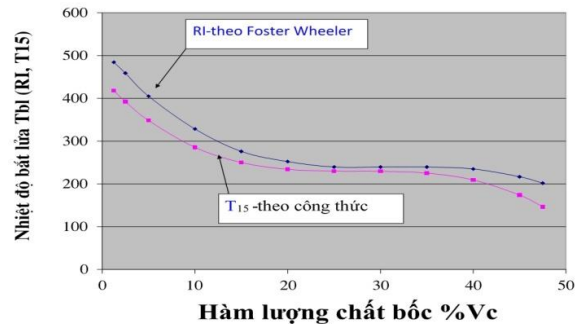
Đại lượng đặc trưng cho quá trình tự bắt lửa là chỉ số hoạt tính T_{15} . Đây là nhiệt độ tại thời điểm tốc độ tự gia nhiệt đạt 15°C/1giây trong quá trình nung mẫu bột than thí nghiệm ở điều kiện giàu oxy. Nếu chỉ số T_{15} cao có nghĩa là hoạt tính của than thấp và do đó khó bắt lửa. Khi than có chỉ số T_{15} lớn hơn 280 thì khó bắt lửa [3].

Chỉ số hoạt tính phụ thuộc vào chất bốc của than và được tính theo công thức sau [3]:

$$T_{15} = 229,7 - 0,01041 (V^C - 27,5)^3$$

Trong đó V^C là chất bốc trong than.

Chỉ số hoạt tính (RI) là khái niệm mà Foster Wheeler đưa ra để đánh giá khả năng bắt cháy của than. RI được thể hiện bằng nhiệt độ bắt đầu cháy của mẫu than được đặt trong thiết bị thí nghiệm tiêu chuẩn khi được gia nhiệt dần lên. Như vậy, RI cũng tương đương với nhiệt độ bắt cháy mà lâu nay chúng ta vẫn quen sử dụng. Đồ thị mối quan hệ giữa RI và hàm lượng chất bốc mẫu cháy do Foster Wheeler xác định cũng hoàn toàn phù hợp với công thức thực nghiệm trên [3] (xem hình 1).



Hình 1: Đồ thị mối quan hệ nhiệt độ bắt lửa T_{bl} (T_{15} , RI) và hàm lượng chất bốc V_c

Chỉ số cháy bột than (FI) được xác định trong lò nung thí nghiệm như sau: Nhiệt độ của lò nung được nâng dần lên; Đưa ô xy và bột than vào; Bột than cháy ở nhiệt độ nào thì nhiệt độ đó được gọi là FI. Kết quả thí nghiệm của Alstom cho thấy, chỉ số FI của bột than antraxit Việt Nam cũng rất cao, nó dao động trong khoảng 625-800°C, trung bình FI =700°C.

Đối với thí nghiệm trong môi trường có dòng khói nóng hồi lưu (lò thực), nhiệt độ bắt cháy của bột than antraxit lên tới 1000°C trong khi với than nâu là 550°C[3].

2. Nồng độ dòng bột than [1], [2], [3].

Nâng cao nồng độ bột than ở đầu ra vòi phun làm giảm lượng nhiệt cần thiết để bắt lửa dòng bột than.

Sau khi biết được nhiệt độ bắt lửa (bắt cháy) của hạt bột than T_{zh}, có thể tính được lượng nhiệt cần thiết để bắt cháy 1 kg bột than như sau:

$$Q_{zh} = (C_r + V_1 C_k)(T_{zh} - T_0)$$

Trong đó: C_r và C_k nhiệt dung riêng của hạt bột than và gió cấp 1,

V₁ là lượng gió cấp 1 để cháy 1kg bột than

T₀ nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp gió cấp 1 và bột than

Có thể thấy rằng khi nồng độ bột than tăng lên, nghĩa là lượng gió cấp 1 giảm dẫn đến Q_{zh} giảm, và bột than càng dễ bắt lửa. Nồng độ than khác nhau thì lượng nhiệt cần thiết để bắt lửa của than cũng khác nhau, số liệu thí nghiệm xem bảng 1.

Bảng 1: Nhiệt lượng cần thiết để bắt cháy 1 kg than bột (MJ/kg)

Nồng độ (kg/kg)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Than Bitum	1,66	1,16	0,99	0,91	0,86	0,83	0,79	0,76
Than Anthraxit	2,15	1,44	1,21	1,09	1,02	0,97	0,94	0,92

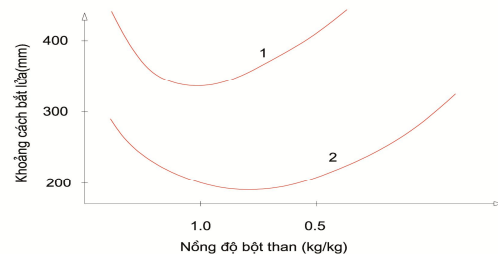
Các giá trị thí nghiệm trong bảng giả thiết rằng nhiệt độ bắt cháy của than Bitum 500°C và của than Anthraxit là 700°C.

Nồng độ bột than ở đầu ra vòi phun tăng làm tăng tốc độ phản ứng hoá học (phản ứng cháy) trước khi bột than bắt cháy. Do vậy lượng nhiệt phát ra do phản ứng cháy sẽ tăng lên, điều này thúc đẩy hạt bột than bắt cháy.

Nồng độ bột than ở đầu ra vòi phun tăng lên làm tăng độ đen của ngọn lửa và tăng lượng hấp thụ nhiệt bức xạ của ngọn lửa.

Tuy nhiên nếu nồng độ bột than quá cao, không chỉ làm cho lượng ô xy đưa vào bị thiếu, ảnh hưởng đến sự cháy kiệt của chất bốc mà còn ảnh hưởng đến nhiệt độ của bản thân hạt bột than và làm cho sự bắt lửa bị kéo lùi lại.

Như vậy, tồn tại một giá trị nồng độ có lợi nhất cho sự cháy ổn định của bột than. Hình vẽ 2 trình bày mối quan hệ giữa các loại than và nồng độ hỗn hợp có lợi nhất, than càng có chất bốc thấp bao nhiêu, thì đòi hỏi nồng độ bột than trong dòng cấp 1 càng cao bấy nhiêu [3].



1. Than anthraxit 2. Than Bituminous

Hình 2: Trình bày mối quan hệ giữa các loại than và nồng độ hỗn hợp có lợi nhất

3. Tốc độ gió cấp 1

Lưu lượng gió cấp 1

Nếu tỷ lệ gió cấp 1 càng cao thì nhiệt lượng cần thiết để đạt tới trạng thái bắt lửa sẽ càng lớn. Bởi vậy than càng khó cháy thì cần chọn tỷ lệ gió cấp 1 càng thấp. Tuy nhiên lượng gió cấp 1 cần phải đảm bảo các yêu cầu của sự cháy ổn định nên gió cấp 1 không được chọn quá thấp. Tỷ lệ gió cấp 1 thông thường được chọn cho than á bitum có thể cao gấp đôi so với than antraxit.

Tốc độ gió cấp 1

Nhiên liệu càng có nhiều chất bốc thì tốc độ dòng hỗn hợp- không khí ra khỏi vòi phun càng có thể chọn lớn. Khi than có chất bốc thấp thì thời gian cháy càng dài, chiều dài ngọn lửa càng lớn, nếu khi ấy chọn tốc độ của dòng ra khỏi vòi phun lớn thì bột than cháy có thể văng tới tường buồng lửa, gây nên đóng xỉ trên tường.

Tốc độ gió cấp 1 không được chọn quá nhỏ vì sẽ dẫn đến sự phân ly than bột, mặt khác cũng không được chọn quá lớn vì như vậy sẽ dẫn đến kéo lùi sự bắt lửa ra xa miệng vòi phun.

Tốc độ gió cấp 1 phụ thuộc vào loại nhiên liệu, cấu tạo, vị trí đặt của vòi đốt và buồng lửa.

Đối với vòi phun dẹt (như thiết kế bản thể của lò hơi NMD Ninh Bình), tốc độ ra khỏi vòi phun cấp 1

là 18-25 m/s với nhiên liệu than antraxit và 22-27 m/s đối với than gầy [3].

4. Tỷ lệ và tốc độ gió cấp 2/cấp 1

Tỷ lệ giữa gió cấp một và cấp hai phải đảm bảo sao cho không làm lạnh trung tâm ngọn lửa, gây khó khăn cho phản ứng cháy, và cũng không kim hãm phản ứng do thiếu oxy.

Đối với nhiên liệu có nhiều chất bốc thì gió cấp 1 nhiều hơn với các loại nhiên liệu ít chất bốc. Với vòi phun có khả năng khuếch tán lớn thì đưa gió cấp 1 ít hơn loại vòi phun có khả năng khuếch tán kém.

Xác định tỷ lệ tối ưu của gió cấp 1 và cấp 2 đưa vào lò là việc rất khó khăn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố sau: Công suất của lò hơi; Cấu tạo vòi phun (các kích thước hình học, góc mở..., loại vòi dẹt hay tròn); Cách đặt các vòi phun trên tường buồng lửa; Loại nhiên liệu và tính chất hoá học của nó; Yêu cầu của công nghệ buồng lửa.

Theo các nghiên cứu trước đây, đối với nhiên liệu có hàm lượng chất bốc thấp, tỷ lệ gió cấp 1 thấp và gió cấp 2 cao, khi sử dụng nhiên liệu có chất bốc cao hơn, tỷ lệ gió cấp 1 tăng lên và gió cấp 2 giảm dần [1], [2], [3].

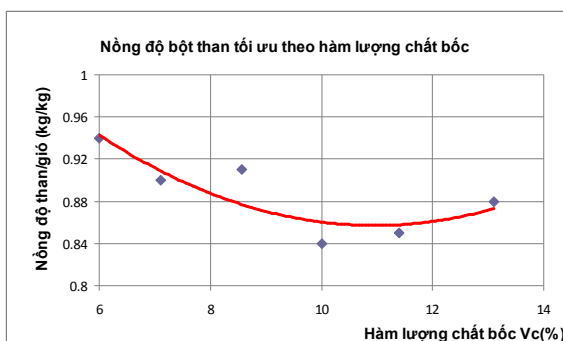
2.2. Kết quả thí nghiệm tại nhà máy điện Ninh Bình

Phương pháp thí nghiệm và xử lý số liệu

Phương pháp thí nghiệm, thiết bị đo và xử lý số liệu tuân thủ theo Quy trình hướng dẫn hiệu chỉnh lò hơi do Công ty điện lực miền Bắc ban hành năm 1979 và tham khảo tiêu chuẩn thí nghiệm lò hơi của Mỹ: ASME POWER TEST CODES Steam Generating Units PTC 4.1- 1964, có tham khảo các bản : PTC 4-1998 và PTC 4-2008.

1. Nồng độ dòng bột than

Kết quả về nồng độ dòng bột than tối ưu trong quá trình thí nghiệm được trình bày ở hình dưới đây (hình 3).



Hình 3: Nồng độ bột than ở phụ tải định mức

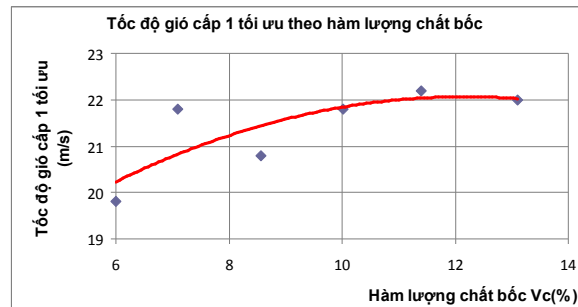
Nhận xét:

- Nồng độ bột than giảm dần khi tăng chất bốc và đạt giá trị tối ưu tương ứng với chất bốc làm việc khoảng 11%.

- Nồng độ bột than giảm không đều do điều chỉnh chống đóng xỉ buồng đốt [4].

2. Tốc độ gió cấp 1

Kết quả về tốc độ gió cấp 1 tối ưu trong quá trình thí nghiệm được trình bày ở hình dưới đây (hình 4).



Hình 4: Tốc độ gió cấp 1 tối ưu ở phụ tải định mức

Nhận xét:

- Tốc độ gió cấp 1 tối ưu tăng dần khi tăng hàm lượng chất bốc và đạt giá trị ổn định ở khoảng 22 m/s.

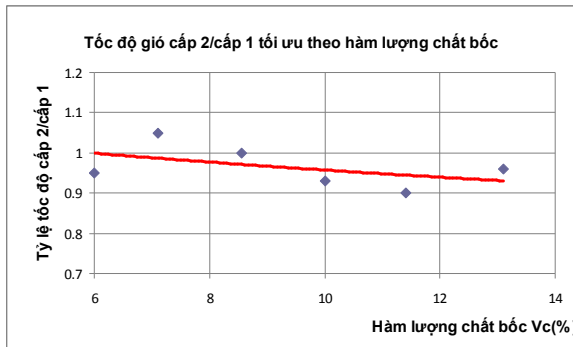
- Lò hơi thí nghiệm của NMNĐ Ninh Bình có vòi phun UD được cải tiến từ vòi phun dẹt. Tốc độ gió cấp 1 tối ưu phù hợp với nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm trước đây đối với than antraxit và đã tiệm cận với giá trị áp dụng cho than gầy.

- Tốc độ gió cấp 1 tăng không đều do điều chỉnh chống đóng xỉ buồng đốt [4].

3. Tỷ lệ và tốc độ gió cấp 2/cấp 1

Kết quả về ảnh hưởng của tỉ lệ và tốc độ gió cấp 2/cấp 1 trong quá trình thí nghiệm là tương đồng nhau [4].

Đồ thị phản ánh sự thay đổi của tỷ số tốc độ gió cấp 2/cấp 1 theo hàm lượng chất bốc được thể hiện ở hình 5.

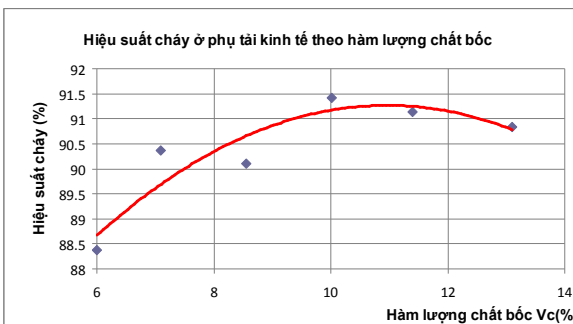


Hình 5: Sự thay đổi tỷ số gió cấp 2/cấp 1 tối ưu theo hàm lượng chất bốc

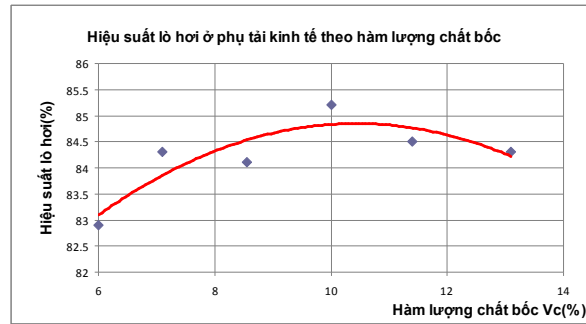
Nhận xét: Tỷ số tốc độ gió cấp 2/cấp 1 tối ưu có xu hướng giảm nhưng không thay đổi rõ ràng trong các chế độ thí nghiệm, điều này được lý giải là đối với than hàm lượng chất bốc cao hơn, bên cạnh sự tăng lên của gió cấp 1, lượng không khí lý thuyết yêu cầu cao hơn lượng gió cấp 2 cũng cao hơn. Đây cũng là sự hài hoà về chế độ khí động đối với một dạng buồng đốt, kể cả khi nhiên liệu thay đổi.

4. Hiệu suất

Hiệu suất trong thí nghiệm thay đổi về hàm lượng chất bốc nhiên liệu được thể hiện qua hiệu suất cháy (chỉ tính đến tổn thất cháy không hết về mặt hoá học, cơ học) và hiệu suất lò hơi (tính cả thêm tổn thất theo khói thoát, toả nhiệt ra môi trường và tổn thất nhiệt do tro xỉ). Đồ thị phản ánh biến thiên hiệu suất cháy và hiệu suất của lò hơi trong thí nghiệm theo hàm lượng chất bốc được thể hiện ở các hình sau (hình 6 & hình 7).



Hình 6: Hiệu suất cháy theo hàm lượng chất bốc



Hình 7: Hiệu suất lò hơi theo hàm lượng chất bốc

Nhận xét: Hiệu suất cháy và hiệu suất lò hơi tăng theo hàm lượng chất bốc và đạt giá trị lớn nhất ở giá trị hàm lượng chất bốc làm việc khoảng 11%. So sánh với chế độ đốt hoàn toàn than antraxit (chất bốc 6%), hiệu suất cháy cao nhất tăng 3% và hiệu suất lò hơi tăng 2%.

3. KẾT LUẬN

Kết quả đạt được

Trong các thí nghiệm tại lò hơi thực tế, khi tăng hàm lượng chất bốc, nồng độ dòng bột than tối ưu giảm xuống; Tốc độ gió cấp 1 (dòng bột than) tối ưu tăng lên; Tỷ lệ tốc độ gió cấp 2/cấp 1 tối ưu giảm xuống nhưng không rõ ràng, hiệu suất cháy và hiệu suất lò hơi tăng lên. Các sự thay đổi trên không hoàn toàn tuyến tính mà tồn tại giá trị tối ưu (đạt được ở giá trị chất bốc làm việc 11%), điều này được lý giải do đặc tính của lò hơi sử dụng tiến hành thí nghiệm.

Đề xuất

1. Trong khuôn khổ đề tài than trộn lần này, chưa có đủ điều kiện để thí nghiệm kiểm chứng nhiệt độ bất cháy bột than theo hàm lượng chất bốc. Cần xây dựng chương trình thí nghiệm tiếp theo để làm sáng tỏ vấn đề này.
2. Hiệu suất cháy tăng nhiều hơn hiệu suất lò hơi, vì vậy để có thể khai thác hết ưu điểm của than trộn chất bốc cao, cần có cải tạo hệ thống trao đổi nhiệt sẵn có của lò hơi.
3. Có thể dùng thông số “hàm lượng chất bốc” để thay thế cho “tỷ lệ trộn than” trong các nghiên cứu về than trộn sau này.
4. Các kết quả thể hiện ở trên cũng có thể sử dụng tham khảo để phục vụ cho công tác thiết kế các lò hơi xác định đốt nhiên liệu than trộn sau này.

ABSTRACT

This paper represents overview of theoretical and experimental research on rational ignition temperature, coal density of anthracite and high-volatile bituminous coal. Based on and inherits experimental results, impact of volatile content of blended coal on boiler efficiency at Ninh Binh thermal power plant is determined.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ths. Nguyễn Chiến Thắng. *Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trong phòng thí nghiệm để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến sự bốc cháy khi đốt bột than của than antraxit nội địa*. Báo cáo chuyên đề nội dung số 5. Đề tài nghiên cứu đốt than trộn tại NMNĐ đốt than, 2014.

[2]. Viện Năng lượng (2012), *Nghiên cứu nâng cao hiệu suất cháy than antraxit Việt Nam trên mô hình và ứng dụng trên nhà máy nhiệt điện đốt than*, Đề tài cấp Bộ, Hà Nội.

[3]. Viện Năng lượng (2005), *Nghiên cứu, thiết kế hệ thống chế biến than phù hợp với than Antraxit Việt Nam*, Hà Nội.

[4]. Ths. Nguyễn Chiến Thắng, PGS.TS. Trương Duy Nghĩa, TS. Hoàng Tiến Dũng, PGS.TS. Trần Gia Mỹ, TS. Lê Đức Dũng. *Sự thay đổi các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cháy trong lò hơi từ các thí nghiệm đốt than trộn giữa than Antraxit nội địa và than Á bi tum nhập khẩu tại nhà máy điện Ninh Bình*. Tạp chí Năng lượng Nhiệt số 124 – 7/2015.