

TRUNG TÂM THÍ NGHIỆM ĐIỆN

**CÁCH TÍNH HIỆU SUẤT VÀ CÁC GIẢI PHÁP
NÂNG CAO HIỆU SUẤT LÒ HƠI CÔNG SUẤT NHỎ**

Hà nội, năm 2007

NỘI DUNG:

Phần I: Các phương pháp tính hiệu suất lò hơi	Trang 3
1. Phương pháp tính hiệu suất lò theo cân bằng nghịch	Trang 3
1.1 Lò hơi đốt than	Trang 3
1.1.1 Tổn thất nhiệt q_4	Trang 4
1.1.2 Tổn thất nhiệt q_2	Trang 4
1.1.3 Tổn thất nhiệt q_5	Trang 5
1.1.4 Tổn thất nhiệt q_6	Trang 6
1.1.5 Tổn thất nhiệt q_3	Trang 6
1.1.6 Tiêu hao nhiên liệu của lò	Trang 6
1.2 Lò hơi đốt dầu	Trang 6
1.2.1 Tổn thất nhiệt q_2	Trang 7
1.2.2 Tổn thất nhiệt q_3	Trang 8
1.2.3 Tổn thất nhiệt q_5	Trang 8
2. Phương pháp tính hiệu suất lò theo cân bằng thuận	Trang 8
2.1 Lò hơi đốt dầu	Trang 9
2.2 Lò hơi đốt than	Trang 10
Phần II: Nhiên liệu và đặc tính của nhiên liệu	Trang 11
1. Đặc tính của nhiên liệu rắn và lỏng	Trang 11
2. Tính thể tích không khí và khối khí đốt nhiên liệu rắn và lỏng	Trang 12
3. Đặc tính nhiên liệu khí.....	Trang 14
Phần III: Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất lò và các biện pháp nâng cao hiệu suất lò hơi	Trang 17
1. Ảnh hưởng của thiết bị lên hiệu suất lò và biện pháp khắc phục	Trang 17
2. Ảnh hưởng của chế độ vận hành lò lên hiệu suất của lò	Trang 18
3. Thí nghiệm nâng hiệu suất, xác lập chế độ vận hành tối ưu cho lò.....	Trang 19
3.1 Thí nghiệm phân phối gió tối ưu	Trang 19
3.2 Thí nghiệm xác định hệ số không khí thừa tối ưu	Trang 20
3.3 Thí nghiệm cân bằng nhiệt, lập bảng chế độ vận hành tối ưu	Trang 21
Phần IV: Các đại lượng chính cần phải đo lường trong thí nghiệm hiệu chỉnh lò hơi và một số thiết bị phục vụ thí nghiệm	Trang 23

PHẦN I: CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH HIỆU SUẤT LÒ HƠI

Có 2 phương pháp thường được sử dụng trong tính toán xác định hiệu suất lò hơi. Phương pháp thứ nhất được gọi là “phương pháp cân bằng nghịch” hay còn gọi là “phương pháp tổn thất”. **Phương pháp thứ hai được gọi là phương pháp cân bằng thuận hay còn gọi là phương pháp “đầu vào - đầu ra”.**

Phương pháp cân bằng nghịch xác định, tính toán hiệu suất lò dựa trên việc xác định các tổn thất của lò hơi. Phương pháp này được sử dụng khi không có đồng hồ đo các thông số đầu vào - đầu ra như: lưu lượng hơi của lò sản xuất được, nhiệt độ - áp lực hơi, lưu lượng nước xả lò, lưu lượng nước cấp, lưu lượng nhiên liệu cấp cho lò hoặc có các đồng hồ đo trên không chính xác.

Ưu điểm của phương pháp xác định hiệu suất lò hơi theo cân bằng nghịch là: Độ chính xác cao (nhất là khi hiệu suất lò cao hơn 75%) và biết được nguyên nhân hiệu suất lò bị giảm sút. Nhược điểm của phương pháp này là phải lấy nhiều mẫu, số lượng các thông số cần đo đạc, phân tích lớn.

Phương pháp cân bằng thuận xác định, tính toán hiệu suất lò dựa trên các thông số đầu vào đầu ra lò hơi. Phương pháp này đòi hỏi phải có đủ các đồng hồ đo các thông số đầu vào - đầu ra của lò như: lưu lượng hơi của lò sản xuất được, nhiệt độ - áp lực hơi, lưu lượng nước xả lò, lưu lượng nước cấp, lưu lượng nhiên liệu cấp cho lò...Đồng thời đòi hỏi các đồng hồ này phải có độ chính xác cao, việc phân tích nhiệt trị nhiên liệu đầu vào cũng cần phải thật chính xác.

Ưu điểm của phương pháp cân bằng thuận là đơn giản, số lượng mẫu phải lấy và thông số cần đo ít. Nhược điểm của nó là độ chính xác thấp và không biết được nguyên nhân gây nên sự giảm hiệu suất lò.

Trong thí nghiệm xác định đặc tính hiệu suất lò người ta hay sử dụng phương pháp nghịch hơn. Tuy nhiên việc ứng dụng phương pháp nào là tùy theo điều kiện thiết bị thiết bị thực tế sao cho phù hợp. Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu cả hai phương pháp nêu trên.

1. Phương pháp tính hiệu suất lò theo cân bằng nghịch:

1.1 Đối với lò hơi đốt than:

Hiệu suất lò được tính theo phương pháp cân bằng nghịch như sau:

$$\eta = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \% \quad (1.1-1)$$

Trong công thức trên:

η - Là hiệu suất lò

q_2 – là tổn thất nhiệt của lò theo khói thải. Tổn thất này lớn hay nhỏ là tùy thuộc vào nhiệt độ khói thoát, hệ số không khí thừa, độ lọt gió vào lò.
 q_3 – là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt hóa học. Tổn thất này chỉ đáng kể khi lò thiếu gió, hoặc thiếu gió cục bộ. Tổn thất này sẽ không đáng kể khi lò đủ gió.

q_4 – là tổn thất nhiệt về mặt cơ học. Tổn thất này thường là lớn nhất - đối với lò hơi đốt than – phụ thuộc vào lượng chất cháy (C) chưa hết còn lại trong tro bay và xỉ lò.

q_5 - là tổn thất nhiệt từ lò ra môi trường xung quanh. Tổn thất này phụ thuộc vào công suất lò (lò lớn hay bé) và tình trạng bảo ôn của lò tốt hay xấu.

q_6 – là tổn thất nhiệt vật lý theo xỉ. Tổn thất này thường rất nhỏ, nó chỉ đáng kể khi độ tro của than rất lớn và nhiệt độ xỉ thải ra lớn. Trong thực tế với lò hơi công suất nhỏ ta có thể bỏ qua tổn thất này.

Dưới đây chúng tôi sẽ trình bày lần lượt phương pháp xác định các tổn thất trên.

1.1.1 Tổn thất nhiệt về cơ học q_4 được tính theo công thức:

$$q_4 = \frac{7830 \cdot A^{lv}}{Q_t^{lv}} \left(a_b \frac{C_t}{100 - C_t} + a_x \frac{C_x}{100 - C_x} \right) \% \quad (1.1-2)$$

Trong đó:

A^{lv} - Độ tro làm việc của than (%)

Q_t^{lv} - Nhiệt trị thấp làm việc của nhiên liệu (kcal/kg)

a_b - Tỷ lệ tro bay theo khói.

Đối với lò than phun : $a_b = 0,9$; $a_x = 0,1$

Đối với lò ghi : $a_b = 0,2$; $a_x = 0,8$.

Với lò hơi đốt than công suất nhỏ chủ yếu là lò ghi hoặc ghi xích.

C_t - Hàm lượng cacbon còn lại trong tro bay (%).

C_x - Hàm lượng các bon còn lại trong xỉ (%).

1.1.2 Tổn thất nhiệt theo khói thải q_2 tính theo công thức:

$$q_2 = (I_{kt} - \alpha_{kt} \cdot I_{kkl}^0) \times \left(\frac{q_4}{100 - q_4} \right), \% \quad (1.1-3)$$

Với: I_{kt} - Entanpi của khói thoát, tính theo công thức (2- 4).

α_{kt} - Hệ số không khí thừa khói thoát.

I_{kkl} - Entanpi gió lạnh vào lò, tính theo công thức (2-3).

Trong trường hợp không phân tích được thành phần hoá học của than, mà chỉ phân tích công nghiệp, tổn thất nhiệt q_2 có thể tính theo công thức gần đúng:

$$q_2 = (3,53.\alpha_{kt} + 0,38) \left(t_{kt} - \frac{\alpha_{kt}}{\alpha_{kt} + 0,12} t_{gl} \right) \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) 10^{-2} (\%) \quad (1.1-4)$$

Trong đó:

α_{kt} - là hệ số không khí thừa khối thoát ra khỏi lò.

t_{kt} - là nhiệt độ khối thoát ra khỏi lò ($^{\circ}\text{C}$)

t_{gl} - là nhiệt độ gió lạnh vào lò ($^{\circ}\text{C}$)

1.1.3 Tổng thất nhiệt ra môi trường xung quanh q_5 được tính:

$$q_5 = q_5^{\text{dm}} \times \frac{D_{\text{dm}}}{D_{\text{qn}}}, \% \quad (1.1-5)$$

Với: q_5^{dm} - Lấy theo thiết kế ở phụ tải định mức hoặc tra theo công suất lò.

Đối với lò hơi 2T/h: $q_5^{\text{dm}} = 3,2 \%$

Đối với lò hơi 4T/h: $q_5^{\text{dm}} = 1,9 \%$

Đối với lò hơi 6T/h: $q_5^{\text{dm}} = 1,5 \%$

Đối với lò hơi 8T/h: $q_5^{\text{dm}} = 1,2 \%$

D_{qn} - Được tính theo lưu lượng hơi quy dẫn khi thí nghiệm đo được.

D_{dm} - Sản lượng hơi định mức lấy theo thiết kế.

Ngoài ra q_5 có thể tính theo cách khác chính xác hơn nếu đo được nhiệt độ trung bình bề mặt lò hơi, nhiệt độ môi trường trung bình xung quanh lò hơi. Nhiệt độ bề mặt lò hơi phải được đo với số lượng điểm đo đủ lớn (mỗi điểm cách nhau khoảng 0,5 m). Nhiệt độ môi trường xung quanh lò hơi cũng phải được đo ở nhiều điểm, cách xa tối thiểu bề mặt lò 1 m. Khi đó công thức tính q_5 sẽ là:

$$q_5 = 100. 0,86 . (H_{\text{dl}} + H_{\text{bx}}) . F_{\text{bm}} . (T_{\text{bm}} - T_{\text{mt}}) / (B . Q_i^{\text{lv}}), \% \quad (1.1-6)$$

Trong công thức (1-6):

T_{bm} là nhiệt độ trung bình bề mặt lò hơi ($^{\circ}\text{C}$).

T_{mt} là nhiệt độ môi trường xung quanh lò hơi ($^{\circ}\text{C}$).

B là tiêu hao nhiên liệu của lò hơi (kg/h hoặc T/h)

F_{bm} là tổng diện tích bề mặt ngoài của lò hơi (m^2)

H_{dl} là hệ số truyền nhiệt đối lưu được tính như sau:

$$H_{\text{dl}} = 1,1354 . (T_{\text{bm}} - T_{\text{mt}})^{(1/3)} \quad \text{W/m}^2.\text{}^{\circ}\text{C} \quad (1.1-7)$$

$$H_{\text{bx}} = 5,677 . \{ 0,847 + 2,367.10^{(-3)} . (T_{\text{bm}} - T_{\text{mt}}) + 0,294 . 10^{(-6)} (T_{\text{bm}} - T_{\text{mt}})^2 + 1,37 . 10^{(-9)} (T_{\text{bm}} - T_{\text{mt}})^3 \} \quad \text{W/m}^2.\text{}^{\circ}\text{C} \quad (1.1-8)$$

Khi áp dụng công thức này do tiêu hao nhiên liệu B chưa biết nên ta phải chấp nhận lấy B theo số liệu thiết kế rồi tính lặp đi lặp lại các tham số q_5 , η , B khoảng 3 lần để đạt được độ chính xác cần thiết.

1.1.4 Tồn thất nhiệt mang theo xỉ q_6 được tính theo công thức:

$$q_6 = \frac{A^{lv} \cdot a_x \cdot C_{px} \cdot t_x}{Q_t^{lv} (100 - C_x)} \% \quad (1.1-9)$$

Với: C_{px} - Nhiệt dung riêng của xỉ.

t_x - Nhiệt độ của xỉ rơi vào phểu thải xỉ.

Đối với lò ghi có thể lấy: $C_x = 0,933 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $t_x = 600^\circ\text{C}$ hoặc đo trực tiếp.

1.1.5 Tồn thất nhiệt q_3 được tính theo công thức:

$$q_3 = \frac{56,6 \cdot K_p \cdot CO}{Q_t^{lv} \cdot (RO_2 + CO)} \% \quad (1.1-10)$$

Với:

CO, RO_2 - % thể tích các khí CO, RO_2 trong khói, được xác định bằng máy phân tích khói. RO_2 là tổng % thể tích của các khí CO_2 và SO_2 .

CO - % thể tích khí CO trong khói, khi phân tích bằng máy thường cho ta đơn vị là ppm, muốn biến đổi về % thể tích phải chia cho 10000.

K_p - Hệ số cacbon qui dẫn, sẽ được đề cập ở phần sau.

Ngoài ra q_3 cũng có thể tính theo công thức thực gần đúng sau:

$$q_3 = 3,2 \cdot \alpha_{kt} \cdot CO \quad (\%) \quad (1.1-11)$$

1.1.6 Tiêu hao nhiên liệu của lò B được tính theo công thức:

$$B = \frac{D_t \cdot (i_{qn} - i_{nc}) + D_x \cdot (i'_{bh} - i_{nc})}{\eta \cdot Q_t^{lv}}, \quad (\text{T/h hoặc kg/h}) \quad (1.1-12)$$

Với:

D_x - Lưu lượng nước xả của lò, có thể lấy theo định mức thiết kế. Đối với lò hơi công suất nhỏ có hệ thống xả liên tục, D_x có thể lấy gần bằng 1,5% đến 2% lưu lượng hơi thực. Đối với lò hơi công suất nhỏ không có hệ thống xả liên tục, khi xác định hiệu suất lò không xả cần có thể coi $D_x = 0$.

i'_{bh} - entanpi của nước bão hoà tra bảng theo các thông số áp lực hoặc nhiệt độ của hơi.

i_{qn}, i_{nc} - entanpi của hơi quá nhiệt và nước cấp theo tra bảng theo các thông số áp lực, nhiệt độ của hơi và nước cấp.

D_t - Lưu lượng thực của hơi quá nhiệt (hoặc bão hoà nếu lò không có bộ quá nhiệt). Lưu lượng hơi thực được tính như sau:

$$D_t = D \cdot (P/P_{tk})^{(1/2)}$$

Với: D - lưu lượng hơi được đo bằng đồng hồ lưu lượng hơi ở điều kiện vận hành, P - áp lực hơi ở điều kiện vận hành, P_{tk} - áp lực hơi ở điều kiện thiết kế.

Trong trường hợp lò không có đồng hồ đo lưu lượng, có thể xác định D_t của lò theo lưu lượng nước cấp, nhưng khi đó phải tạm dừng xả lò.

1.2 Đối với lò hơi đốt dầu :

Hiệu suất lò được tính theo phương pháp cân bằng nghịch như sau:

$$\eta = 100 - q_2 - q_3 - q_5, \% \quad (1.1-13)$$

1.2.1 q_2 - Tồn thất nhiệt do khói thải được tính: *xffff*

$$q_2 = \frac{(I_{kt} - \alpha_{kt} \cdot I_{kkl})}{Q_{dv}}, \% \quad (1.1-14)$$

α_{kt} - Hệ số không khí thừa khói thải.

- I_{kkl} - Entanpi của không khí lạnh được tính:

$$I_{kkl} = V_{kkl} \cdot C_{kkl} \cdot T_{kkl}, \text{ kcal/kg} \quad (1.1-15)$$

Với :

V_{kkl}^o - Thể tích không khí lý thuyết cho đốt 1 kg nhiên liệu - cách tính xem công thức (2.2-5) .

C_{kkl} - Nhiệt dung riêng của không khí lạnh, tra bảng theo cách sách kỹ thuật nhiệt.

T_{kkl} - Nhiệt độ không khí lạnh, đo thực tế tại hiện trường.

- I_{kt} - Entanpi của khói thải được tính:

$$I_{kt} = (C_{RO_2} V_{RO_2} + C_{N_2} V_{N_2} + C_{H_2O} V_{H_2O}) \cdot T_{kt} + (\alpha_{kt} - 1) \cdot V_{kkl} \cdot C_{kk} \cdot T_{kt} \quad (1.1-16)$$

Với:

- + $V_{RO_2}, V_{N_2}, V_{H_2O}$ - thể tích các khí RO_2, N_2 , và hơi nước trong khói thoát.
- + $C_{RO_2}, C_{N_2}, C_{H_2O}$ - Tỷ nhiệt của các khí RO_2, N_2 , và hơi nước trong khói thoát, ở nhiệt độ T_{kt} .
- + T_{kt} - Nhiệt độ khói thoát.

- Q_{dv} - Lượng nhiệt đơn vị đưa vào lò được tính:

$$Q_{dv} = Q_t^{lv} + C_d \cdot T_d + g_{td} \cdot i_{td} + \alpha_{bl} \cdot (i_{kk} - i_{kkl}), \text{ kcal/kg.} \quad (1.1-17)$$

Với:

Q_t^{lv} - Nhiệt trị thấp làm việc của dầu, (kcal/kg) được xác định theo kết quả phân tích dầu.

g_{td} - Tỷ lệ hơi tán dầu tính bằng kg.hơi / kg.dầu, thông thường $g_{td} = 0, 1$. Thông số này chỉ tính đến khi vòi phun dầu dùng hơi tán dầu từ nguồn ngoài lò hơi.

i_{td} - entanpi của hơi tán dầu, tra bảng theo các thông số nhiệt độ, áp lực hơi tán dầu.

T_d - Nhiệt độ dầu vào lò, sau bộ sấy dầu, được đo trực tiếp tại hiện trường. Thông số này cũng chỉ tính đến khi sử dụng bộ sấy dầu bằng nguồn nhiệt ngoài lò hơi (ví dụ như sử dụng bộ sấy dầu bằng điện).

C_d – Nhiệt dung riêng của dầu ở nhiệt độ T_d , được tra theo các tài liệu kỹ thuật.

α_{bl} - Được xác định theo kết quả phân tích khối trước bộ sấy không khí.

i_{kk}, i_{kkl} - Entanpi không khí sau và trước bộ sấy không khí sơ bộ, được tính theo công thức:

$$i_{kk} = C_{kk} \cdot T_{kk} \quad \text{kcal/m}^3 \quad (1.1-18)$$

Với: C_{kk} – nhiệt dung riêng của không khí ở nhiệt độ T_{kk}

Thông thường ở các lò hơi đốt dầu công suất lớn và vừa, sử dụng các bộ sấy sơ bộ không khí vào lò bằng nguồn nhiệt ngoài lò – có thể bằng hơi, điện... để chống ăn mòn phần đuôi lò. Khi đó ta buộc phải tính đến i_{kk} và i_{kkl} . Nhưng đa số các lò hơi công suất nhỏ không có bộ sấy sơ bộ không khí vào lò nên ta không cần tính đến các thông số trên.

Tóm lại đối với các lò hơi đốt dầu công suất nhỏ, hầu hết không sử dụng hơi tán dầu và bộ sấy không khí sơ bộ, nên công thức (2-5) chỉ còn đơn giản như sau:

$$Q_{dv} = Q_t^{lv} + C_d \cdot T_d, \text{ kcal/kg} \quad (1.1-19)$$

1.2.2 q_3 - Tổn thất nhiệt hoá học được tính:

$$q_3 = \frac{56,6 \cdot K_p \cdot CO}{Q_{dv} \cdot (RO_2 + CO)}, \% \quad (1.1-20)$$

Với: CO, RO_2 - % thể tích các khí CO, RO_2 trong khói thoát.

Ngoài ra q_3 cũng có thể tính theo công thức thực gần đúng sau:

$$q_3 = 3,2 \cdot \alpha_{kt} \cdot CO \quad (\%)$$

1.2.3 Tổn thất nhiệt q_5 , giống như lò đốt than, được tính theo công thức (1.1-5) hoặc (1.1-6).

2. Phương pháp tính hiệu suất lò theo cân bằng thuận (đầu vào - đầu ra):

Như đã nói ở phần đầu, phương pháp xác định hiệu suất theo cân bằng thuận chỉ thường áp dụng với các lò hơi có hệ thống đo đếm đầy đủ, độ chính xác cao, ít nhất là 0, 5. Các đồng hồ đo sau nhất thiết phải có và phải đạt được độ chính xác cần thiết:

- Đồng hồ đo lưu lượng hơi hoặc lưu lượng nước cấp.
- Đồng hồ đo nhiệt độ hơi, nhiệt độ nước cấp.
- Nhiệt độ không khí vào lò.
- Đồng hồ đo nhiệt độ nhiên liệu đầu vào (dầu, khí).
- Đồng hồ đo áp lực hơi.

- Đồng hồ đo lưu lượng nhiên liệu đầu vào (dầu, khí) hoặc cân than đầu vào.
- Kết quả phân tích nhiên liệu phải thật chính xác, nhất là đối với nhiệt trị.
- Lưu lượng nước xả lò.
- Lưu lượng không khí vào lò.

Khi đạt được các yêu cầu trên có thể xác định hiệu suất lò theo phương pháp cân bằng thuận như sẽ trình bày dưới đây.

2.1 Đối với lò hơi đốt dầu :

Hiệu suất lò được tính theo phương pháp cân bằng thuận như sau:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{vl}} \times 100, \% \quad (1.1-21)$$

Trong đó:

Q_1 - Tổng lượng nhiệt hữu ích mà lò nhận được tính theo:

$$Q_1 = D_{qn}(i_{qn} - i_{nc}) + D_x(i_{nl} - i_{nc}) + G_{td}(i_{td} - i_{nc}) \text{ kcal/h} \quad (1.1-22)$$

Với:

D_{qn} , D_x , G_{td} - Lưu lượng hơi quá nhiệt, lưu lượng nước xả lò, lưu lượng hơi tán dầu (kg/h). Chú ý D_{qn} - Là lưu lượng hơi thực của lò. Hơi tán dầu - G_{td} có thể bao gồm cả hơi sấy dầu nếu hơi sấy dầu lấy từ lò.

i_{qn} , i_{nc} , i_{nl} , i_{td} - Entanpi của hơi quá nhiệt, nước cấp, nước lò và hơi tán dầu.

Nếu hơi tán dầu, sấy dầu lấy theo nguồn ngoài lò hoặc lấy từ nguồn từ bên ngoài lò, không có hệ thống xả liên tục và trong thời gian thí nghiệm không xả định kỳ (xả cặn) thì không tính đến trong công thức này. Khi đó công thức (2.1-2) có dạng đơn giản như sau:

$$Q_1 = D_{qn}(i_{qn} - i_{nc}), \text{ kcal/h} \quad (1.1-23)$$

Q_{vl} - Tổng lượng nhiệt đưa vào lò tính theo:

$$Q_{vl} = B \cdot Q_t^{lv} + G_{kk}(i_{kk} - i_{kkl}) + G_{td} \cdot I_{td} + B \cdot C_d \cdot T_d, \text{ kcal/h} \quad (1.1-24)$$

Với:

B - Tiêu hao dầu kg /h đo theo bồn hoặc công tơ dầu (chú ý là dù đo dầu theo bồn dầu hay theo công tơ đều phải được kiểm định đạt độ chính xác cần thiết và có dấu của cơ quan chức năng có thẩm quyền).

Q_t^{lv} - Nhiệt trị thấp làm việc của dầu.

G_{kk} - Lưu lượng gió qua bộ sấy không khí bằng hơi (m^3/h).

i_{kk} , i_{kkl} - Entanpi không khí sau và trước bộ sấy không khí bằng hơi.

Các thông số khác đã được đề cập ở phần trên.

C_d – Nhiệt dung riêng của dầu ở nhiệt độ T_d , được tra theo các tài liệu kỹ thuật.

Đối với các lò hơi công suất nhỏ, có thể không có bộ sấy không khí sơ bộ lấy nguồn nhiệt từ bên ngoài, không tán dầu bằng hơi lấy nguồn nhiệt từ ngoài lò thì công thức (2.1-4) chỉ có dạng đơn giản như sau:

$$Q_{vl} = B \cdot Q_t^{lv} + G_{kk} \cdot i_{kkl} + B \cdot C_d \cdot T_d, \text{ kcal/h} \quad (1.1-25)$$

2.2 Đối với lò hơi đốt than :

Về nguyên tắc chung, tính hiệu suất lò đốt than theo cân bằng thuận cũng giống với lò hơi đốt dầu. Công thức tính hiệu suất vẫn là:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{vl}} \times 100, \% \quad (1.1-26)$$

Trong đó:

Q_1 - Tổng lượng nhiệt hữu ích mà lò nhận được tính theo:

$$Q_1 = D_{qn}(i_{qn} - i_{nc}) + D_x(i_{nl} - i_{nc}) + G_{td}(i_{td} - i_{nc}) \text{ kcal/h} \quad (1.1-27)$$

Với:

D_{qn}, D_x - Lưu lượng hơi quá nhiệt, lưu lượng nước xả lò.

G_{td} - ở đây được hiểu là hơi tự dùng của lò, (kg/h).

$i_{qn}, i_{nc}, i_{nl}, i_{td}$ - Entanpi của hơi quá nhiệt, nước cấp, nước lò và hơi tự dùng.

Nếu hơi tự dùng lấy nguồn từ bên ngoài lò hoặc không có hơi tự dùng, không có hệ thống xả liên tục và trong thời gian thí nghiệm không xả định kỳ (xả cặn) thì không tính đến trong công thức này. Khi đó công thức (2.2-2) có dạng đơn giản như sau:

$$Q_1 = D_{qn}(i_{qn} - i_{nc}), \text{ kcal/h} \quad (1.1-28)$$

Q_{vl} - Tổng lượng nhiệt đưa vào lò tính theo:

$$Q_{vl} = B \cdot Q_t^{lv} + G_{kk} \cdot i_{kkl} + B \cdot C_t \cdot T_t, \text{ kcal/h} \quad (1.1-29)$$

Với:

B - Tiêu hao than kg /h tính theo cân than điện tử (chú ý là cân than phải được kiểm định đạt độ chính xác cần thiết và có dấu của cơ quan chức năng có thẩm quyền), hoặc cân than thủ công.

Q_t^{lv} - Nhiệt trị thấp làm việc của than.

T_t - Nhiệt độ than vào lò.

C_t - Nhiệt dung riêng của than ở nhiệt độ T_t .

G_{kk} - Lưu lượng gió vào lò (m^3/h).

i_{kkl} - Entanpi không khí trước bộ sấy không khí.

Các thông số khác đã được đề cập ở phần trên.

Qua cách tính hiệu suất lò theo cân bằng thuận vừa đề cập ở trên ta thấy phương pháp này giúp cho ta tính được hiệu suất lò, nhưng không cho ta thấy nguyên nhân gây ra tổn thất nhiệt để từ đó có các biện pháp giảm các tổn thất nhiệt, nâng cao hiệu suất lò hơi. Vì vậy phương pháp xác định hiệu suất theo cân bằng thuận không được khuyến khích dùng – nhất là đối với các lò hơi đốt than.

PHẦN II: NHIÊN LIỆU VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CỦA NHIÊN LIỆU.

Để xác định được hiệu suất lò hơi và tìm các biện pháp nâng cao hiệu suất lò hơi, ta không thể không quan tâm đến nhiên liệu dùng cho lò và các đặc tính của nó.

Nhiên liệu dùng cho lò hơi có 3 dạng chính: rắn, lỏng, khí.

Nhiên liệu rắn thường dùng là các loại than, củi, bã mía....

Nhiên liệu lỏng thường dùng là dầu FO, dầu mazút.....

Nhiên liệu khí thường dùng là khí hoá lỏng, khí thiên nhiên, khí công nghiệp...

Dưới đây chúng tôi không trình bày sâu về đặc tính nhiên liệu mà chỉ trình bày một số đặc tính chính của nhiên liệu liên quan đến việc thí nghiệm xác định hiệu suất lò để tìm cách nâng cao hiệu suất của nó.

1. Đặc tính nhiên liệu rắn và lỏng:

• *Thành phần hoá học của nhiên liệu rắn và lỏng bao gồm các chất sau:*

- Cacbon ký hiệu là: C
- Hydro ký hiệu là: H
- Lưu huỳnh ký hiệu là: S
- Nitơ ký hiệu là: N
- Oxy ký hiệu là: O
- Độ tro ký hiệu là: A
- Độ ẩm ký hiệu là: W

Trong thực tế khi đem nhiên liệu đi phân tích là ở trạng thái làm việc, nên các thành phần trên cũng được biểu diễn ở trạng thái làm việc. Chúng ta cũng chỉ quan tâm đến trạng thái làm việc của nhiên liệu mà thôi. ở trạng thái làm việc, các thành phần trên được ký hiệu như sau: C^{lv} , H^{lv} , S^{lv} , N^{lv} , O^{lv} , A^{lv} , W^{lv} .

Sau khi phân tích, chúng ta sẽ thu được kết quả như sau:

$$C^{lv} + H^{lv} + S^{lv} + N^{lv} + O^{lv} + A^{lv} + W^{lv} = 100 \% \quad (2.2-1)$$

Trong các thành phần trên, chỉ có C^{lv} , H^{lv} , S^{lv} , O^{lv} là tham gia vào quá trình cháy, tạo ra một nhiệt lượng ở điều kiện thực tế gọi là nhiệt trị thấp làm việc –

ký hiệu là Q_t^{lv} . Các thành phần còn lại đều không lợi cho quá trình cháy. Tuy nhiên khi phân tích nhiên liệu ta phải phân tích tất cả các thành phần trên.

• *Các đặc tính công nghệ của nhiên liệu:*

Người ta coi các thành phần sau mang đặc tính công nghệ:

- Độ ẩm ký hiệu là W , %: Độ ẩm là lượng nước ẩn chứa trong nhiên liệu. Sự có mặt của chúng làm giảm thành phần cháy, hơn thế nữa còn tiêu tốn thêm một lượng nhiệt để bốc hơi ẩm khi cháy nhiên liệu. Vì vậy nó là thành phần có hại trong nhiên liệu.
- Độ tro ký hiệu là A , %: Độ tro là các khoáng chất còn lại sau khi cháy hết nhiên liệu. Sự có mặt của chúng trong nhiên liệu làm mài mòn, làm bám bẩn các bề mặt chịu nhiệt dẫn đến giảm hệ số truyền nhiệt. Hơn thế nữa nó còn là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng đóng xỉ lò hơi nếu nhiệt độ công tác lớn hơn nhiệt độ nóng chảy của tro. Độ tro cũng là thành phần có hại trong nhiên liệu.
- Chất bốc ký hiệu là V^c , %: Chất bốc của nhiên liệu là các khí như CH_4 , cacbua hydro, CO ...sinh ra trong quá trình nhiệt phân ở giai đoạn đầu của quá trình cháy. Chất bốc đóng vai trò rất quan trọng, nó quyết định nhiên liệu có dễ bắt cháy và cháy kiệt hay không. Nhiên liệu càng nhiều chất bốc càng dễ cháy và cháy kiệt.
- Nhiệt trị ký hiệu là Q , kcal/kg: Nhiệt trị là lượng nhiệt sinh ra khi cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng (hoặc $1m^3$.tc nhiên liệu khí). Nhiệt trị của nhiên liệu xác định trong phòng thí nghiệm bằng “bom” “nhiệt lượng kế được gọi là nhiệt trị cao làm việc của nhiên liệu, ký hiệu là Q_c^{lv} . Khi đốt nhiên liệu trong thiết bị thực tế như lò hơi ta thu được một nhiệt lượng thấp hơn được gọi là nhiệt trị thấp làm việc, ký hiệu là Q_t^{lv} .

Nhiệt trị thấp làm việc $Q_{t^{lv}}$ và nhiệt trị cao làm việc có quan hệ như sau:

$$Q_t^{lv} = Q_c^{lv} - 6(9H^{lv} + W^p), \text{ kcal/kg} \quad (2.2-2)$$

Khi phân tích mẫu nhiên liệu, ngoài việc phân tích thành phần hóa học còn phải phân tích 4 đặc tính công nghệ nêu trên.

Ngoài 4 đặc tính công nghệ trên, chúng ta cũng quan tâm thêm đến 2 đặc tính sau:

- Đặc tính thành phần cacbon qui dẫn:

$$K_p = C^{lv} + 0,375S^{lv}. \quad (2.2-3)$$

- Hệ số:

$$\beta = 2,35 \frac{H^{lv} - 0,126O^{lv} + 0,04N^{lv}}{K_p} \quad (2.2-4)$$

2. Tính thể tích không khí lý thuyết cần thiết và sản phẩm khối khi đốt nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

- *Tính lượng không khí lý thuyết ở điều kiện tiêu chuẩn cần cho cháy 1 kg nhiên liệu như sau:*

$$V_{kk}^0 = 0,0889(C^{lv} + 0,375 S^{lv}) + 0,265 H^{lv} - 0,0333 O^{lv}, m^3.tc/kg. \quad (2.2-5)$$

- *Tính thể tích khối khô khi đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu như sau:*

$$V_{kkh\ddot{o}} = V_{RO_2} + V_{N_2}, m^3.tc/kg. \quad (2.2-6)$$

Trong đó:

- V_{RO_2} - Thể tích thành phần các khí CO_2 và SO_2 trong khối được tính:

$$V_{RO_2} = 1,866 \frac{C^{lv} + 0,375 S^{lv}}{100}, m^3.tc/kg \quad (2.2-7)$$

- V_{N_2} - Thể tích thành phần khí N_2 trong khối được tính:

$$V_{N_2} = 0,008 N^{lv} + 0,79 \cdot \alpha \cdot V_{kk}^0, m^3.tc/kg. \quad (2.2-8)$$

Hệ số không khí thừa α sẽ được đề cập ở phần sau.

- *Tính thể tích khối ẩm khi đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu như sau:*

$$V_k = V_{kkh\ddot{o}} + V_{H_2O}, m^3.tc/kg. \quad (2.2-9)$$

Trong đó: Thể tích hơi nước V_{H_2O} trong khối được tính:

$$V_{H_2O} = 0,112 H^{lv} + 0,0124 W^{lv} + 1,24 g_{td} + 0,0161 \cdot \alpha \cdot V_{kk}^0, m^3.tc/kg \quad (2.2-10)$$

Với g_{td} - là lượng hơi tán dầu cho 1 kg nhiên liệu. Với lò hơi đốt than hoặc lò hơi đốt dầu không dùng hơi tán dầu công thức (2.2-10) trở thành:

$$V_{H_2O} = 0,112 H^{lv} + 0,0124 W^{lv} + 0,0161 \cdot \alpha \cdot V_{kk}^0, m^3.tc/kg \quad (2.2-11)$$

Tính hệ số không khí thừa α theo số liệu phân tích khối:

- Hệ số không khí thừa được định nghĩa là tỷ số giữa lượng không khí thực tế cấp cho lò và lượng không khí cần thiết đủ cho cháy hết nhiên liệu:

$$\alpha = V_{kk}^{tt} / V_{kk}^0$$

Để đạt được sự cháy không hoàn toàn về mặt hóa học, trong lò hơi thực tế bắt buộc α phải lớn hơn 1. Khi $\alpha < 1$ có nghĩa là lò thiếu gió, khi $\alpha > 1$ có thể coi là lò đủ gió.

Trong thực tế thí nghiệm lò hơi người ta xác định hệ số không khí thừa α bằng cách phân tích các thành phần khối thoát. Các thành phần đó là O_2 , RO_2 (bao gồm $CO_2 + SO_2$), CO , NO_x , SO_x , ...

Người ta đặc biệt chú ý đến nồng độ CO trong khối thoát. Khi nồng độ CO trong khối bằng 0 thì chế độ cháy được coi là cháy hoàn toàn về mặt hóa học, ngược lại được coi là cháy không hoàn toàn về mặt hóa học.

Ở chế độ cháy không hoàn toàn về hoá học, có thể coi thành phần thể tích khối khô là: $RO_2 + O_2 + CO + N_2 = 100\%$. Và lượng hàm lượng CO trong khối có thể tính (nếu không đo được) theo công thức:

$$CO = \frac{1}{\beta + 0,65} [21 - \beta RO_2 - (RO_2 + O_2)], \% \quad (2.2-12)$$

– Tính hệ số không khí thừa của lò theo kết quả phân tích khối như sau:

$$\alpha = \frac{21}{21 - (O_2 - 0,5CO)} \quad (2.2-13)$$

O_2 – Nồng độ O_2 phân tích được trong khối, tính theo % thể tích.

CO – Nồng độ CO phân tích được trong khối, tính theo % thể tích. Thông thường, các thiết bị phân tích khối cho ta kết quả CO theo đơn vị ppm, muốn biến đổi về % thể tích ta chia cho 10000.

Trong trường hợp đốt cháy hoàn toàn về hoá học $CO = 0$. Công thức trên trở thành:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2} \quad (2.2-14)$$

3. Đặc tính nhiên liệu khí:

3.1- Phân loại :

- Nhiên liệu khí gồm hai loại, khí đốt thiên nhiên và khí đốt nhân tạo. Trong nhiên liệu khí thiên nhiên, thành phần chủ yếu là khí mêtan (CH_4), một lượng nhỏ các khí cacbua hydro C_mH_n và những khí trơ khác như CO_2 , N_2 , H_2O . Đối với khí nhân tạo, thành phần chủ yếu là CO. Thành phần một số loại khí được trình bày theo bảng sau :

Thành phần của các loại khí thiên nhiên và nhân tạo ở trạng thái khô (% thể tích)

Nhiên liệu	CH_4	C_mH_n	CO_2	H_2S	N_2	H_2	CO	$Q_c, kJ/m^3$
Khí thiên nhiên	97,8	0,85	0,05	-	1,3	-	-	36000
nt	77,8	7,1	0,2	1,0	13,5	-	-	34000
Khí bán cốc :								
- Than bùn	7,8	1,6	72,3	-	-	3	15,5	6520
- Than mỡ	50,8	6,4	0,2	1,7	2,4	20,4	7,7	31000
Khí lò cốc	25,3	2,6	2,8	-	8,4	54,5	5,7	17000
Khí lò sinh khí	0,8	-	5,9	-	3,2	53,5	36,4	10700

Đặc tính các thành phần có trong khí đốt

Tên gọi	Ký hiệu	Tỷ khối riêng kg/mm ³	Nhiệt cháy Q _H ^C kcal/mm ³
Hydro	H ₂	0,090	2579
Nitơ	N ₂	1,251	
Oxy	O ₂	1,428	
Oxit cacbon	CO	1,250	3018
Cacbon nic	CO ₂	1,964	
Sunphit hydro	H ₂ S	1,520	5585
Metan	CH ₄	0,716	8555
Etan	C ₂ H ₆	1,342	15226
Propan	C ₃ H ₈	1,967	21795
Butan	C ₄ H ₁₀	2,593	28338
Pentan	C ₆ H ₁₂	3,218	34890
Etylen	C ₂ H ₄	1,251	14107
Pronylen	C ₃ H ₆	1,877	20541
Bulyten	C ₄ H ₈	2,503	27111
Benzen	C ₆ H ₆	3,485	33528

Nhiệt trị của khí đốt ở trạng thái khô có thể xác định theo công thức sau :

$$Q_t^k = 0,01. [Q_{CO} \cdot CO + Q_{H_2} \cdot H_2 + Q_{H_2S} \cdot H_2S + \sum (Q_{C_mH_n} \cdot C_mH_n)], \text{ kJ/m}^3\text{tc}$$

Trong đó : - Q_{CO} , Q_{H_2} , ... Là nhiệt trị cháy của các thành phần khí trong nhiên liệu , kJ/m³tc.

- CO, H_2, H_2S, C_mH_n - Thành phần của khí trong nhiên liệu, %

- Thể tích không khí lý thuyết cần thiết cho quá trình cháy : Là lượng không khí cần thiết cho quá trình cháy hoàn toàn 1m³tc nhiên liệu khí, xác định theo các phương trình phản ứng hoá học theo công thức sau :

$$V_{kk}^0 = 0,0476. [0,5CO + 0,5H_2 + 2CH_4 + 1,5H_2S + \sum (m + n/4)C_mH_n - O_2], \text{ m}^3\text{tc/kg.}$$

- Trong thực tế, giữa nhiên liệu và không khí không thể tiếp xúc với nhau một cách lý tưởng nên thể tích không khí thực (V_{kk}) bắt buộc phải lớn hơn thể tích không khí tính theo công thức trên. Tỷ số giữa thể tích không khí thực tế với thể tích không khí lý thuyết gọi là hệ số không khí thừa :

$$\alpha = V_{kk}/V_{kk}^0 > 1$$

- Tính thể tích sản phẩm cháy :

Ở trạng thái lý thuyết, khi cháy hoàn toàn nhiên liệu, thì trong khối gồm có RO_2 , N_2 , H_2O . Để thuận lợi cho việc tính toán, người ta chia thành hai loại : Khối khô và khối thực. Khối thực gồm có khối khô và hơi nước.

Khi đốt nhiên liệu khí, thể tích lý thuyết của các sản phẩm cháy được tính như sau :

$$V_{\text{kkhò}}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0, \text{ m}^3\text{tc/kg.}$$

$$V_{\text{k}}^0 = V_{\text{kkhò}}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \text{ m}^3\text{tc/kg.}$$

$$V_{\text{RO}_2}^0 = 0,01 (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \sum m\text{C}_m\text{H}_n), \text{ m}^3\text{tc/kg}$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79V_{\text{kk}}^0 + 0,01\text{N}_2, \text{ m}^3\text{tc/kg}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01(\text{H}_2 + 2\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \sum [(n/2)\text{C}_m\text{H}_n]) + 0,0124d_k + 0,0161V_{\text{kk}}^0, \text{ m}^3\text{tc/kg}$$

Trong đó $\text{CO}_2, \text{CO}, \text{CH}_4, \text{H}_2\text{S}, \text{C}_m\text{H}_n, \text{H}_2, \text{N}_2$ - Tỷ lệ tính theo phần trăm so với thể tích các khí trong nhiên liệu, %; d_k - Độ ẩm của nhiên liệu khí, $\text{g/m}^3\text{tc}$.

Trong thực tế vì hệ số không khí thừa $\alpha > 1$ nên thể tích khối thực tế lớn hơn thể tích khối lý thuyết. Nhưng vì thể tích V_{RO_2} chỉ phụ thuộc vào hàm lượng các bon và lưu huỳnh có trong nhiên liệu nên thể tích V_{RO_2} không thay đổi khi α thay đổi.

$$V_{\text{N}_2} = V_{\text{N}_2}^0 + 0,79(\alpha-1)V_{\text{kk}}^0$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161(\alpha-1)V_{\text{kk}}^0$$

Thể tích khối thực tế là :

$$V_{\text{kkhò}} = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}$$

$$V_{\text{k}} = V_{\text{kkhò}} + V_{\text{H}_2\text{O}}.$$

- Hệ số không khí thừa trong thực tế vận hành được xác định trên cơ sở phân tích khối. Đối với nhiên liệu khí tính theo công thức :

$$\alpha = \frac{N_2}{N_2 - \frac{79}{21} \cdot [O_2 - 0,5\text{CO} - 0,5\text{H}_2 - 2\text{CH}_4 - 3\text{C}_n\text{H}_m]}$$

Lượng N_2 trong công thức trên được tính như sau :

$$\text{N}_2 = 100 - (\text{RO}_2 + \text{O}_2 + \text{CO} + \text{H}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_n\text{H}_m), \%$$

- Trong trường hợp cháy hoàn toàn, các đại lượng $\text{CO}, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{C}_n\text{H}_m$ bằng không.

PHẦN III: CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU SUẤT LÒ VÀ CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU SUẤT LÒ HƠI.

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất lò, nhưng có thể phân thành 3 yếu tố chính: Thiết bị lò, chế độ vận hành lò và cuối cùng là chất lượng nhiên liệu. Trong phạm vi giáo trình này, chúng tôi chỉ đề cập đến 2 yếu tố chủ yếu là thiết bị lò và chế độ vận hành. Yếu tố nhiên liệu phụ thuộc vào khách quan, nên chỉ có thể nói rằng càng dùng nhiên liệu có đặc tính gần với đặc tính nhiên liệu thiết kế cho lò bao nhiêu càng tốt bấy nhiêu.

1. Ảnh hưởng của thiết bị lò lên hiệu suất lò và biện pháp khắc phục:

Muốn lò vận hành có hiệu suất cao trước hết thiết bị lò phải đảm bảo. Các thiết bị ảnh hưởng lớn nhất đến hiệu suất lò phải kể đến là:

- Các bề mặt truyền nhiệt như: các dàn ống sinh hơi, dàn ống quá nhiệt, dàn ống bộ hâm và bộ sấy không khí. Khi các bề mặt chịu nhiệt này bị bám bẩn hoặc đóng cặn sẽ dẫn đến hệ số truyền nhiệt kém, nhiệt độ khói thoát cao và tổn thất nhiệt q_2 tăng cao và tất nhiên hiệu suất lò sẽ suy giảm.

Biện pháp khắc phục là vệ sinh định kỳ các bề mặt chịu nhiệt, định kỳ rửa cặn cặn các đường ống chịu nhiệt và sử dụng nước cấp cho lò đạt tiêu chuẩn thiết kế lò.

- Bản thể lò và đuôi lò: Khi bản thể lò và đuôi lò không kín, bị hở sẽ sinh ra lọt gió lạnh vào buồng lửa và đuôi lò dẫn đến tăng hệ số không khí thừa khói thoát và dẫn đến tăng tổn thất q_2 theo khói thoát. Ngoài ra nó còn làm quá trình cháy không ổn định Đặc biệt lưu ý với lò có bộ sấy không khí thường xảy ra hiện tượng lâu ngày bộ sấy không khí bị ăn mòn hoặc mài mòn dẫn đến lọt gió từ bộ sấy sang đường khói rất lớn. Hiện tượng này không những làm tăng tổn thất q_2 mà còn làm tăng tiêu thụ điện cho quạt gió và quạt khói, nếu nghiêm trọng còn dẫn đến hiện tượng không tăng được công suất lò lên công suất thiết kế.

Biện pháp khắc phục là: Định kỳ kiểm tra độ lọt gió vào buồng lửa và đuôi lò để xác định được các điểm lọt gió để có biện pháp chèn kín hoặc nút các ống bộ sấy không khí bị thủng.

- Quạt gió: Khi quạt gió không đủ năng suất (lưu lượng) và áp lực sẽ dẫn đến hiện tượng thiếu gió cấp vào lò. Điều này dẫn đến hiện tượng cháy không hoàn toàn về hóa học, tổn thất q_3 , q_4 tăng cao, cả hiệu suất lò và công suất lò đều suy giảm..

Biện pháp khắc phục là: Định kỳ đo năng suất và áp lực của quạt xem quạt có đủ năng lực hay không. Nếu không đủ phải tìm nguyên nhân có thể do rôto quạt, hoặc do lắp đặt không đạt yêu cầu kỹ thuật.

- Vòi đốt dầu hoặc khí: Đối với lò hơi đốt dầu hoặc khí (Lò hơi đốt than công suất nhỏ thường không có vòi đốt than), vòi phun ảnh hưởng rất lớn đến quá trình cháy. Khi vòi phun bị mài mòn, bị bám bẩn hoặc tắc cục bộ thường dẫn đến khả năng tán sương kém hoặc hỗn hợp với gió không tốt. Điều này sẽ dẫn đến giảm hiệu suất lò.

Biện pháp khắc phục là định kỳ vệ sinh, kiểm tra vòi đốt, nếu không đạt yêu cầu kỹ thuật phải thay thế.

- Hệ thống bảo ôn: Hệ thống bảo ôn bao gồm bản thể lò, đường khói, đường ống hơi, nước nóng, dầu nóng...nếu không đạt yêu cầu sẽ dẫn đến tăng tổn thất ra môi trường xung quanh q_5 . Thiết bị được bảo ôn tốt có nghĩa là bề mặt ngoài của nó phải có nhiệt độ $< 50^\circ\text{C}$.
- Đối với lò hơi đốt than công suất nhỏ cần lưu ý thêm về ghi lò (ghi có định hoặc ghi xích). Nếu bề mặt ghi không đạt yêu cầu kỹ thuật sẽ dẫn đến hiện tượng lọt than qua ghi nhiều hoặc phân phối gió không thể đều. Điều này dẫn đến tăng tổn thất nhiệt cơ học q_4 rất lớn làm hiệu suất lò suy giảm.

Biện pháp khắc phục là kiểm tra, thay thế kịp thời các bề mặt ghi bị rụng hoặc bị hỏng.

2. Ảnh hưởng của chế độ vận hành lò lên hiệu suất lò:

Thông thường các lò hơi công suất nhỏ được trang bị rất ít các đồng hồ đo các thông số vận hành lò như: Lưu lượng hơi sản xuất, lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ, lưu lượng gió cấp vào lò, nồng độ O_2 trong khói thoát, nhiệt độ khói thoát. Hơn nữa công nhân vận hành thường chỉ quan tâm đến vận hành an toàn, ít quan tâm đến việc vận hành sao cho kinh tế nhất – tức là hiệu suất cao nhất.

Vì những lý do trên, chế độ vận hành lò thường chỉ đạt được yêu cầu về mặt an toàn, ít khi đạt được yêu cầu về mặt kinh tế – nghĩa là không đạt được chế độ vận hành tối ưu nhất, có hiệu suất cao nhất.

Chế độ vận hành không tối ưu thể hiện ở những mặt sau:

- Lò vận hành ở chế độ thiếu gió hoặc thừa gió - vì không có đồng hồ theo dõi hay thiết bị kiểm tra. Khi vận hành ở chế độ thiếu gió, tổn thất nhiệt cháy không hoàn toàn về hóa học và cơ học q_3 và q_4 sẽ tăng cao. Khi vận hành ở chế độ thừa gió sẽ tăng tổn thất theo khói thải q_2 và năng lượng

diện tiêu tốn cho quạt gió, quạt khói. Trong cả hai trường hợp đều làm giảm hiệu suất lò.

- Phân phối gió không hợp lý - đặc biệt là đối với các lò hơi đốt than. Thường các lò hơi công suất nhỏ là các lò ghi xích, cấp gió theo từng giai đoạn cháy. Nhưng do không có đồng hồ đo từng học gió, nên việc phân phối gió không hợp lý với từng giai đoạn cháy gây ra hiện tượng thiếu gió cục bộ khu vực này nhưng lại thừa gió cục bộ khu vực kia. Điều này dẫn đến tăng cả tổn thất nhiệt q_2 , q_3 , lẫn q_4 .
- Khi thay đổi phụ tải (công suất lò) theo yêu cầu sản xuất thường thay đổi chế độ cấp gió không phù hợp với thay đổi lượng nhiên liệu cấp vào lò. Vì vậy, chế độ vận hành có khi hợp lý ở mức phụ tải này nhưng lại không hợp lý ở mức phụ tải khác.
- Chưa chú ý đến các yếu tố thiết bị ảnh hưởng tới hiệu suất lò như tình trạng vòi đốt, tình trạng ghi, độ lọt gió... Chưa chú ý thay đổi chế độ vận hành phù hợp với sự thay đổi chất lượng nhiên liệu – nhất là than.

Để loại bỏ các yếu tố vận hành nêu trên ảnh hưởng xấu đến hiệu suất lò, chúng ta cần thí nghiệm, hiệu chỉnh để xác lập một Bảng chế độ vận hành tối ưu cho lò. Dựa vào Bảng chế độ vận hành tối ưu đó, người công nhân sẽ vận hành lò vừa đảm bảo an toàn vừa đảm bảo kinh tế nhất, ở mọi phụ tải. Phương pháp thí nghiệm **nâng cao hiệu suất, xác lập chế độ vận hành tối ưu cho lò sẽ được trình bày dưới đây.**

3. Thí nghiệm nâng cao hiệu suất, xác lập chế độ vận hành tối ưu cho lò:

3.1. Thí nghiệm phân phối gió tối ưu:

Đối với các lò hơi đốt dầu, đốt khí công suất nhỏ, việc cấp gió cho quá trình cháy rất đơn giản nên không cần thiết phải thực hiện thí nghiệm này. Nhưng với lò hơi đốt than, nhất là lò ghi xích cần phải thực hiện thí nghiệm này.

Trong lò hơi đốt than kiểu ghi xích, gió thường được đưa vào lò theo cấp.

Gió cấp I là gió đốt cháy chính được đưa vào lò theo 4 học gió dưới ghi để cung cấp cho quá trình cháy theo 4 giai đoạn. Gió cấp I thường chiếm trên 90% tổng gió vào lò. Học số 1 cấp gió cho quá trình sấy. Học số 2 cấp gió cho quá trình cháy chất bốc và bắt cháy cốc. Học số 3 cấp gió cho quá trình cháy cốc. Học số 4 cấp gió cho quá trình cháy kiệt. Ở mỗi học gió có lá chắn điều chỉnh riêng để phân phối gió cho hợp lý.

Gió cấp II, hay còn gọi là gió xiết được đưa vào lò ở trên ghi (phần ngỗng cuốn lò). Gió cấp II chỉ chiếm từ 5 - 10% tổng lượng gió vào lò để đốt cháy các sản phẩm cháy hoàn nguyên.

Thí nghiệm phân phối gió thực chất là điều chỉnh vị trí 4 lá chắn gió cấp I sao cho phù hợp nhất với từng giai đoạn cháy và điều chỉnh lượng gió cấp II sao cho cháy hết khí hoàn nguyên. Phương pháp tiến hành như sau:

- Thí nghiệm phân phối gió tối ưu được tiến hành ở công suất lò định mức và được giữ ổn định, hệ số không khí thừa được điều chỉnh và giữ ở mức gần thiết kế trong suốt quá trình thí nghiệm.

- *Thí nghiệm phân phối gió cấp I tối ưu:*

- + Điều chỉnh lần lượt vị trí 4 lá chắn tại 4 học gió cấp I ở $4 \div 5$ vị trí xung quanh vị trí thiết kế. Mỗi vị trí được coi là một chế độ thí nghiệm. Trong mỗi chế độ thí nghiệm đo đạc và ghi các thông số như:
- + Phân tích các thành phần của khói thoát.
- + Đo lưu lượng gió vào từng học gió, và tổng lưu lượng gió vào lò ở đầu hút quạt gió.
- + Lấy mẫu than cấp vào lò để phân tích các thành phần của than.
- + Lấy mẫu xỉ và tro bay để phân tích chất cháy còn lại trong tro bay và xỉ.
- + Dựa vào kết quả thí nghiệm, lập đặc tuyến: Sự phụ thuộc các tổn thất nhiệt q_2, q_4 , phụ thuộc vào vị trí các lá chắn gió cấp I: $(q_2 + q_4) = f(\text{vị trí lá chắn gió cấp I})$.
- + Phân phối gió cấp I được coi là tối ưu khi tổng các tổn thất nhiệt $q_2 + q_4$ nhỏ nhất.

- *Thí nghiệm phân phối gió cấp II tối ưu:*

- + Giữ vị trí các lá chắn cấp I ở vị trí tối ưu đã xác định được ở thí nghiệm trước.
- + Điều chỉnh lần lượt vị trí lá chắn gió cấp II ở $4 \div 5$ vị trí xung quanh vị trí thiết kế. Mỗi vị trí được coi là một chế độ thí nghiệm. Trong mỗi chế độ thí nghiệm đo đạc và ghi các thông số như:
- + Phân tích các thành phần của khói thoát.P
- + Đo lưu lượng gió cấp II.
- + Dựa vào kết quả thí nghiệm, lập đặc tuyến: Sự phụ thuộc tổn thất nhiệt q_3 phụ thuộc vào vị trí lá chắn gió cấp II: $q_3 = f(\text{vị trí lá chắn gió cấp II})$.
- + Phân phối gió cấp II được coi là tối ưu khi tổn thất nhiệt q_3 nhỏ nhất.

3.2.Thí nghiệm hệ số không khí thừa tối ưu.

Sau khi đã thí nghiệm xác định được chế độ phân phối gió cấp I tối ưu, gió cấp II tối ưu cần phải thí nghiệm xác định hệ số không khí thừa tối ưu. Đây là thí nghiệm chính ảnh hưởng quyết định đến hiệu suất của lò. Thí nghiệm này áp dụng cho cả lò hơi đốt than, đốt dầu và đốt khí.

Hệ số không khí thừa có ảnh hưởng chính đến tổn thất nhiệt hoá học, tổn thất nhiệt cơ học và tổn thất nhiệt theo khói thoát. Không khí thừa còn ảnh hưởng đến đóng xỉ buồng đốt và dàn ống feston và bộ quá nhiệt.

- Trong thí nghiệm này hệ số không khí thừa tối ưu được xác định cho 3 đến 4 phụ tải lò (công suất định mức, tối thiểu và hai phụ tải giữa).
- Lần lượt điều chỉnh lượng không khí thừa bằng cách thay đổi tổng lượng gió vào lò bằng lá chắn đầu hút quạt gió.
- Ở mỗi phụ tải, thí nghiệm nên tiến hành ít nhất ở bốn giá trị không khí thừa: Tối đa, tối thiểu, và hai giá trị ở giữa.
- Trường hợp lò hơi đốt than trên ghi, ghi xích, hệ số không khí thừa thường đặt trong dải giá trị từ 1, 2 đến 1, 4. Trường hợp lò hơi đốt dầu, hệ số không khí thừa đặt trong dải giá trị từ 1, 05 đến 1, 25. Mỗi giá trị hệ số không khí thừa được coi là 1 chế độ thí nghiệm.
- Trong mỗi chế độ thí nghiệm, đo đạc, phân tích và ghi chép các số liệu như:
 - + Phân tích các thành phần của khói thoát.
 - + Đo lưu lượng gió vào từng học gió, và tổng lưu lượng gió vào lò ở đầu hút quạt gió.
 - + Lấy mẫu than cấp vào lò để phân tích các thành phần của than.
 - + Lấy mẫu xỉ và tro bay để phân tích chất cháy còn lại trong tro bay và xỉ.
- Dựng đồ thị quan hệ các tổn thất $q_2 = f(\alpha)$, $q_4 = f(\alpha)$, $q_3 = f(\alpha)$ và các tổng thất nhiệt $v (q_2 + q_4 + q_3) = f(\alpha)$.
- Dựa theo các đồ thị dựng được, xác định hệ số không khí thừa tối ưu. Hệ số không khí thừa được coi là tối ưu khi cho tổng các tổn thất nhiệt trên là nhỏ nhất: $(q_2 + q_4 + q_3) = f(\alpha) = \min$.

3.3. Thí nghiệm cân bằng nhiệt, xác lập bảng chế độ vận hành tối ưu.

- Mục đích các thí nghiệm này là xác định các tổn thất nhiệt trong những điều kiện vận hành tối ưu ở các phụ tải khác nhau. Từ đó xác định được phụ tải kinh tế nhất (đặc tuyến kinh tế - kỹ thuật) của lò và lập Bảng chế độ vận hành tối ưu cho lò.
- Thí nghiệm được tiến hành dựa trên các chế độ cháy tối ưu đã tìm ra trong các thí nghiệm trước như: phân phối gió cấp I, cấp II tối ưu, hệ số không khí thừa tối ưu.
- Các mức phụ tải nhiệt cần thí nghiệm là: Công suất lò = 70% công suất định mức; Công suất lò = 80% công suất định mức; Công suất lò = 90% công suất định mức và Công suất lò = 100% công suất định mức. Thời

gian thí nghiệm cho một phụ tải nhiệt từ 3 đến 4 giờ. Mỗi mức phụ tải thường làm 4 ÷ 5 chế độ thí nghiệm.

- Ghi chép số liệu, mỗi chế độ 30 phút một lần.
- Trong các thí nghiệm này phải đo đạc và ghi chép tất cả các thông số sau:
 1. Nhiên liệu:
 - Lấy mẫu nhiên liệu trong suốt 1 chế độ thí nghiệm, để xác định các đặc tính trung bình của nhiên liệu.
 2. Phụ tải nhiệt, Lưu lượng và các thông số hơi:
 - Lưu lượng hơi và nước cấp được xác định theo các đồng hồ đo lưu lượng hơi và nước cấp. Các đồng hồ đo lưu lượng phải được kiểm tra, hiệu chỉnh chính xác trước khi thí nghiệm.
 - Lưu lượng hơi tự dùng và lưu lượng nước xả lấy theo đồng hồ vận hành (nếu có) đã được kiểm định trước khi thí nghiệm, hoặc lắp đặt mới.
 - áp lực, nhiệt độ hơi quá nhiệt, nhiệt độ nước cấp, nhiệt độ nước phun giảm ôn, lưu lượng nước giảm ôn đo theo đồng hồ vận hành đã được kiểm tra trước khi thí nghiệm.
 - Đối với lò đốt dầu đo lưu lượng hơi sấy dầu, hơi sấy gió, hơi hoá mù dầu theo đồng hồ tại chỗ đã kiểm tra trước khi thí nghiệm. Đo nhiệt độ hơi đầu vào - đầu ra các bộ sấy dầu, bộ sấy không khí bằng hơi, nhiệt độ hơi hoá mù trước các vòi đốt bằng các đồng hồ tại chỗ đã kiểm tra.
 3. Nhiệt độ và thành phần khói:
 - Nhiệt độ buồng lửa đo bằng các loại hoả quang kế xách tay.
 - Nhiệt độ tuyến đường khói đo bằng đồng hồ vận hành đã được kiểm tra trước khi thí nghiệm, có thể đo kiểm tra bằng nhiệt kế thủy ngân hoặc nhiệt kế điện trở.
 - Phân tích thành phần khói ở các thiết diện: Ra khỏi buồng lửa, sau bộ sấy không khí cấp I, sau bộ khử bụi.
 - Độ mở đầu hút quạt khói, sức hút buồng lửa.
 4. Lưu lượng và nhiệt độ gió nóng lạnh:
 - Đo lưu lượng gió ở các điểm: đầu hút quạt gió, các ống gió nóng sau bộ sấy, ống gió vào vòi phun các cấp: I, II. Đồng thời ghi độ mở tất cả các lá chắn trên các đường ống kể trên.
 - Đo nhiệt độ gió lạnh đầu hút quạt gió, trước và sau bộ sấy không khí.
 5. Lấy mẫu tro, xỉ tại các điểm lấy mẫu để phân tích chất cháy còn lại trong tro, xỉ. Tỷ lệ tro bay / tro trong xỉ lấy theo số liệu thiết kế.

6. Tính toán các tổn thất nhiệt, hiệu suất lò theo các mức phụ tải đã thí nghiệm. Lập đặc tuyến $\eta = f(D)$, và xác định phụ tải kinh tế nhất của lò. Lập Bảng chế độ vận hành tối ưu cho lò hơi.

PHẦN IV: CÁC ĐẠI LƯỢNG CHÍNH CẦN ĐO LƯỜNG TRONG THÍ NGHIỆM HIỆU CHỈNH LÒ HƠI VÀ MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG PHỤC VỤ CHO CÔNG TÁC THÍ NGHIỆM HIỆU CHỈNH.

4.1- Các đại lượng chính cần phải đo lường trong thí nghiệm hiệu chỉnh :

4.1.1. Nhiên liệu :

a, Lượng tiêu hao nhiên liệu :

- Đối với lò hơi đốt dầu hoặc khí đốt phải đo lưu lượng dầu hoặc khí đốt. Với lò hơi đốt than thì lượng than đưa vào lò xác định bằng cách cân trực tiếp đối với lò hơi nhỏ hơn 50T/h. Với loại lò đốt than lớn hơn thì lượng tiêu hao than xác định theo cân bằng nhiệt ngược.

b, Thành phần cơ bản của nhiên liệu và nhiệt tính của tro, xỉ được xác định theo một mẫu trung bình trong khoảng thời gian làm thí nghiệm.

4.1.2. Lưu lượng và các thông số hơi :

- Lưu lượng hơi và nước cấp được xác định bằng các đồng hồ lưu lượng vận hành đã kiểm tra. Nhiệt độ hơi, áp lực hơi, nhiệt độ nước cấp cần được đo bằng các đồng hồ đã được kiểm tra, hiệu chỉnh.

4.1.3. Nhiệt độ và thành phần khói :

- Nhiệt độ buồng lửa đo bằng các hoả quang kế qua các cửa xem lửa. Nhiệt độ khói trên đường khói đo bằng nhiệt kế thủy ngân và các loại nhiệt kế khác.

- Phân tích khói bằng các máy phân tích khói để xác định hệ số không khí thừa và các khí thành phần (RO_2 , O_2 , CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m).

4.1.4. Lưu lượng và nhiệt độ gió :

- Lưu lượng gió : Đo bằng các thiết bị đo áp lực hoặc vận tốc. Lưu lượng gió được đo tại đầu hút quạt gió, trước các vòi phun các cấp, các ống gió nóng sau thiết bị sấy không khí.

- Nhiệt độ gió : Nhiệt độ gió đo trước và sau quạt gió, sau bộ sấy không khí, trước vòi phun gió cấp 1.

4.1.5. Điện tự dùng :

- Lượng điện tự dùng đo bằng các công tơ điện vận hành đã kiểm tra.

4.1.6. Mẫu tro, xỉ

- Lấy mẫu tro ở bộ khử tro và phần xỉ (nếu có) để xác định thành phần chất cháy còn lại trong tro, xỉ.

4.2 - Một số thiết bị sử dụng trong thí nghiệm hiệu chỉnh lò hơi :

- Máy đo áp suất và tốc độ gió MP 6 KS, sản xuất tại nước Anh.
- Tổ hợp đo nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ không khí D99006125 của Mỹ.
- Tổ hợp đo nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ không khí L00002300 của Mỹ.
- Vi áp kế điện tử ZEPHYR của Anh. (Đo áp lực gió).
- Tốc độ kế hiện số AMF TEK 1726 của Mỹ.
- Máy đo tốc độ hiện số kiểu cánh quạt HEO147TA của Đức.
- Nhiệt kế hiện số TCM - 312 của Mỹ.
- Nhiệt kế đo xa RAY TEK 88800018 của Mỹ.
- Hoả quang kế hiện số RAY TEK3i2M của Mỹ.
- Máy phân tích khói IMR - 1400 của Mỹ.

BOILERS AND THERMIC FLUID HEATERS

QUESTION

A company is considering to replace an oil-fired boiler of 10 tons per hour with a coal-fired boiler of the same capacity. With the help of the data provided, calculate the following:

1. Annual oil consumption in tons per year
2. Annual coal consumption in tons per year
3. Annual fuel cost savings in million US\$

The following data is given:

- Heat content of steam 660 kCal/kg
- Feed water inlet temperature 60°C
- Daily operating hours 24
- Number of days / year 300
- Efficiency of oil-fired boiler 82%
- Efficiency of coal-fired boiler 72%
- Cost of oil US\$ 300/ton
- Cost of coal US\$ 45/ton
- GCV of oil 10,000 kCal/kg
- GCV of coal 4,200 kCal/kg

SOLUTION

1. Calculate the annual oil consumption in tons per year

Boiler operation per year = 24 hr/day x 300 days/yr = 7200 hrs

Annual steam production =

= steam production rate x annual operation hours

= 10 ton/h x 7,200 hr/yr = 72,000 ton/yr

Energy (Q) required for 72,000 tons steam =

= mass x (hg – hf) ÷ boiler efficiency

= 72,000,000 kg steam/yr x (660 – 60) kCal/kg steam ÷ 0.82

= 52,682,926,830 kCal/yr

Mass of oil (amount of oil required for annual steam production)

= $Q_{\text{required}} \div \text{GCV}_{\text{oil}}$

= 52,682,926,830 kCal/yr ÷ 10,000 kCal/kg oil

= 5,268,292 kg oil = 5268 tons oil per year

2. Calculate the annual coal consumption in tons per year

Boiler operation per year = 24 hr/day x 300 days/yr = 7200 hrs

Annual steam production =
 = steam production rate x annual operation hours
 = 10,000 kg/hr x 7,200 hr/yr = 72,000,000 kg/yr
 Energy (Q) required for 72,000,000 kg steam =
 = mass x (hg – hf) ÷ boiler efficiency
 = 72,000,000 kg steam/yr x (660 – 60) kCal/kg steam ÷ 0.72
 = 60,000,000,000 kCal/yr
 Mass of coal (amount of coal required for annual steam production)
 = $Q_{\text{required}} \div GCV_{\text{coal}}$
 = 60,000,000,000 kCal/yr ÷ 4,200 kCal/kg coal
 = 14,285,714 kg coal = 14,285 tons coal per year

3. Calculate the annual fuel cost savings in million US\$

Cost of fuel oil
 = Mass of oil x Cost of oil
 = 5,268 ton oil/yr x US\$ 300/ton
 = US\$ 1,580,400 per year
 Cost of coal
 = Mass of coal x Cost of coal
 = 14,285 ton oil/yr x US\$ 45/ton
 = US\$ 642,825 per year
 Fuel saving for coal boiler
 = Fuel cost oil boiler – Fuel cost coal boiler
 = US\$ 1,580,400 – US\$ 642,825
 = US\$ 937,575 per year