

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG ÁN PHÁT ĐIỆN SỬ DỤNG NHIỆT THỪA TRONG NHÀ MÁY XI MĂNG LA HIÊN

STUDYING PLAN GENERATION USING EXCESSIVE HEAT IN LA HIEN CEMENT COMPANY

Dương Hòa An, Nguyễn Thị Thanh Thủy

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên

TÓM TẮT

Nhu cầu điện năng trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng ngày càng lớn. Việc sử dụng các nguồn điện phân tán nhằm hỗ trợ các nhà máy điện trở nên vô cùng quan trọng. Áp dụng các giải pháp kỹ thuật sử dụng nguồn khí thải để phát điện trong các nhà máy công nghiệp sản xuất giấy, xi măng, mía đường,... tạo nên những bước đột phá trong công nghệ sản xuất điện năng. Chỉ với lượng nhiệt thừa ở tháp trao đổi nhiệt và máy làm nguội clinker, bài báo đề xuất sử dụng một hệ thống khai thác năng lượng biến đổi nhiệt năng thành điện năng với chức năng như một nhà máy nhiệt điện thu nhỏ cho một đối tượng cụ thể là nhà máy xi măng La Hiên.

Từ khoá: Phát điện sử dụng nhiệt thừa, phát điện, nhiệt thừa.

ABSTRACT

With rapid growth of industry, electricity demands in the world and Vietnam is growing. The use of distributed power sources to support the power plant becomes extremely important. Apply technical measures used to generate electricity from emissions in the industrial factories producing paper, cement, sugar, ... creating technological breakthroughs in energy production.

Only the excess heat in the preheater and clinker cooler, the paper proposed a system that convert heat energy into electrical energy as a miniature power plants for La Hien cement plant.

Key word: Using of waste heat power generation, power generation, excess heat.

1. Mở đầu

Trong ngành công nghiệp sản xuất xi măng hiện nay, việc đốt nhiên liệu trong quá trình sản xuất clinker thường thải ra môi trường một lượng nhiệt khá lớn làm ô nhiễm môi trường xung quanh và gây lãng phí năng lượng... Mặc dù sự phát triển của khoa học công nghệ, các đơn vị thiết kế chế tạo thiết bị ngừng nghiên cứu cải tiến công nghệ, thiết bị và đã áp dụng thành công nhiều biện pháp để giảm thiểu tổn thất nhiệt ra môi trường, hạn chế đến mức ít nhất lượng nhiệt lãng phí. Tuy nhiên, lượng nhiệt tổn thất ra ngoài môi trường vẫn rất đáng kể, nếu thu hồi, tận dụng để phát điện có thể đạt (25-27) kWh/tấn clinker.

Cụ thể đối với dây chuyền sản xuất clinker của nhà máy xi măng có công nghệ, thiết bị qui mô công suất nhỏ và vừa với thiết bị nhập khẩu từ Trung Quốc thì có sự

tiêu hao nhiệt ở mức cao so với mặt bằng hiện nay, nhất là các dây chuyền đã vận hành lâu năm lượng nhiệt tổn thất theo khí thải ra ngoài môi trường còn lớn hơn, có thể tận dụng để phát lượng điện lên tới 36-40 kWh/tấn clinker.

Bài báo này sẽ tập trung nghiên cứu vấn đề tận dụng nhiệt thừa trong nhà máy sản xuất xi măng để phát điện, góp phần nâng cao hiệu suất và hiệu quả kinh tế cho nhà máy. Qua đó, áp dụng cho nhà máy xi măng La Hiên.

2. Đặc điểm của nhà máy xi măng La Hiên

Với 4 dây chuyền sản xuất xi măng của Nhà máy, lượng điện tiêu thụ một năm của toàn nhà máy khoảng 111,85 triệu kWh điện và tiêu thụ khoảng 135.774 tấn than. Lượng nhiệt tổn thất ra ngoài môi trường kèm theo khí thải của hệ thống lò và khí dư máy làm nguội clinker là khá lớn. Chỉ tính riêng hai

dây chuyền sản xuất clinker lò quay phương pháp khô của Nhà máy xi măng La Hiên, lượng nhiệt tổn thất ra ngoài môi trường theo khí thải tháp trao đổi nhiệt và khí dư của thiết bị làm nguội clinker được ước tính như sau:

Tại vị trí tháp điều hòa khí thải: dây chuyền sản xuất clinker số 3, lưu lượng khí thải tháp trao đổi nhiệt ước tính = $1,545 \text{ Nm}^3/\text{kg clinker} \times 800 \text{ tấn clinker/ngày}$ tương đương $51.500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ và của dây chuyền xi măng số 4 khi đi vào hoạt động ước tính khoảng $103.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Khí thải tháp trao đổi nhiệt này có nhiệt độ 320°C và cần phải làm mát xuống 120°C ;

Tại vị trí từ máy làm nguội clinker đến lọc bụi điện, lưu lượng khí dư của dây chuyền 3 ước tính khoảng $1,2 \text{ Nm}^3/\text{kg clinker} \times 800 \text{ tấn clinker/ngày}$ đêm tương đương với $40.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ và của dây chuyền 4 khi đi vào hoạt động lưu lượng khí này - ước tính là $80.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Khí dư có nhiệt độ $300-310^\circ\text{C}$ cần phải làm mát xuống 220°C . Tại các vị trí trên ta có thể sử dụng thiết bị thu hồi nhiệt của khí thải để đun nóng nước tạo hơi nước quá nhiệt dùng cho phát điện.

Nếu tận dụng tốt lượng nhiệt thải này để phát điện cung cấp ngược lại cho dây chuyền sản xuất xi măng sẽ giúp nhà máy tiết kiệm được đáng kể lượng điện tiêu thụ từ lưới điện quốc gia hàng năm và đồng thời tận dụng được các điều kiện thuận lợi về năng lực và cơ sở tầng kỹ thuật hiện có của nhà máy, góp phần quan trọng trong việc giảm đáng kể chi phí năng lượng đầu vào, sử dụng hiệu quả nguồn năng lượng, nhiên liệu trong sản xuất xi măng; cải thiện môi trường góp phần làm giảm lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính, ảnh hưởng tới khí hậu trái đất. Về mặt kỹ thuật, trạm phát điện góp phần ổn định điện áp lưới, giảm tổn thất điện năng trong truyền tải, nâng cao chất lượng điện năng.

2.1 Khu vực tháp trao đổi nhiệt

Theo thiết kế của dây chuyền 3 và dây chuyền mở rộng, nâng cao công suất Nhà máy xi măng La Hiên, khí nóng ra khỏi hệ

thống tháp trao đổi nhiệt có nhiệt độ khoảng 320°C sẽ được vận chuyển tới máy nghiền liệu, tháp điều hòa khí thải và cấp tới lọc bụi điện lò nung trong các trường hợp sau:

Trường hợp 1: Máy nghiền liệu dừng

Trong trường hợp này toàn bộ khí nóng từ tháp trao đổi nhiệt sẽ được cấp vào tháp điều hòa. Tại tháp điều hòa khí nóng sẽ được làm nguội xuống nhiệt độ 120°C nhờ hệ thống phun nước của tháp điều hòa, toàn bộ lưu lượng khí nóng ra khỏi tháp điều hòa sẽ được chuyển tới lọc bụi tĩnh điện của hệ thống lò nung và máy nghiền liệu để khử bụi trước khi thải ra ngoài môi trường.

Trường hợp 2: Máy nghiền nhiên liệu hoạt động.

Trong trường hợp này, toàn bộ khí nóng từ tháp trao đổi nhiệt sẽ được cấp vào tháp điều hòa. Tại tháp điều hòa, khí nóng sẽ được làm nguội tới nhiệt độ yêu cầu đầu vào của công tác sấy cho hệ thống máy nghiền liệu nhờ hệ thống phun nước tháp điều hòa. Khí nóng ra khỏi tháp điều hòa một phần được chuyển tới máy nghiền liệu tận dụng để sấy phối liệu, phần còn lại được trộn với khí thải ra khỏi hệ thống máy nghiền có nhiệt độ khoảng 120°C sẽ được đưa tới lọc bụi tĩnh điện của hệ thống lò nung và máy nghiền liệu để thu hồi bụi làm sạch khí trước khi thải ra ngoài môi trường

2.2 Khu vực máy làm nguội clinker

Theo thiết kế của dây chuyền 3 và dây chuyền mở rộng, nâng cao công suất của Nhà máy xi măng La Hiên, lượng khí thừa của máy làm lạnh clinker có nhiệt độ khoảng $300-310^\circ\text{C}$ (trong trường hợp cần thiết vẫn phải giảm nhiệt độ khí nóng xuống nhờ hệ thống phun nước vào máy làm lạnh clinker) sẽ được cấp tới thiết bị lọc bụi điện của máy làm lạnh clinker.

- Trường hợp 1: Máy nghiền than dừng

Trong trường hợp này toàn bộ lượng khí thải của máy làm nguội sau lọc bụi tĩnh điện sẽ được thải ra ngoài môi trường qua ống khói.

- Trường hợp 2: Máy nghiền than hoạt động

Trong trường hợp này một phần khí thải sau lọc bụi tĩnh điện sẽ được tận dụng phục vụ cho quá trình sấy than trong máy nghiền than, phần còn lại sẽ được đưa ra ống khói thải ra ngoài môi trường.

Trên cơ sở thiết kế và vận hành thực tế nêu trên ta thấy, một phần nhiệt được làm nguội tại tháp điều hòa và một phần lượng nhiệt của khí nóng dư thừa tại máy làm nguội clinker không

được tận dụng gây lãng phí và ta có thể tận dụng lượng nhiệt thừa này để dùng cho việc sản xuất điện bằng việc bố trí một thiết bị lò hơi tại vị trí tháp trao đổi nhiệt và khu vực làm nguội clinker để thu hồi lượng nhiệt thừa này.

3. Đánh giá và tính toán khả năng tận dụng nhiệt thừa để phát điện

Để xác định được công suất phát điện của trạm phát điện, ta cần phải tính được lượng nhiệt dư thừa trong các dây chuyền sản xuất clinker của Nhà máy để tận dụng phát điện mà không làm ảnh hưởng đến quá trình vận hành sản xuất bình thường của nhà máy, đặc biệt là không làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm của dây chuyền sản xuất xi măng.

3.1 Tổng lượng khí thải ra khỏi lò nung.

Theo thực nghiệm, với công nghệ thiết bị Trung Quốc, lưu lượng khí thải ra khỏi tháp trao đổi nhiệt là $V = 1.545 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ clinker ở nhiệt độ 320°C

Lưu lượng khí thải tháp trao đổi nhiệt trong 1 giờ có thể tính theo công thức sau:

$$V_r = \frac{G_0 \cdot \sum V \cdot 1000 \cdot (273 + t_r)}{273}$$

Trong đó:

G_0 : Năng suất của hệ thống lò (Tấn clinker/giờ);

Đối với 2 dây chuyền của Nhà máy xi măng La Hiên.

$G_0 = 800 + 1.600$ (tấn/ngày đêm) tương đương 100 tấn/giờ.

$\sum V$: Lưu lượng khí thải $V = 1.545 \text{ Nm}^3/\text{kg}$

t_r : Nhiệt độ khí thải = 320°C

Từ đó, lượng khí thải trong 1 giờ là $V_r = 335.599 \text{ m}^3/\text{h}$

3.2 Tính sơ bộ lượng nhiệt phục vụ công tác sấy yêu cầu của máy nghiền liệu.

a) Các tính toán và số liệu ban đầu.

+ Độ ẩm trung bình của phối liệu vào hệ thống máy nghiền liệu $W_{tb} = 10\%$

+ Lượng nước bay hơi từ nguyên liệu.

$$g_{H_2O}^C = \frac{100 \cdot (w_{tb} - w_k)}{(100 - w_k) \cdot (100 - w_{tb})}$$

Với w_k : Độ ẩm của phối liệu sau khi sấy nghiền liên hợp, $w_k = 1\%$.

$$g_{H_2O}^C = \frac{100 \cdot (10 - 1)}{(100 - 1) \cdot (100 - 10)} = 0,101 \text{ (kg/kg)}.$$

+ Năng suất máy nghiền theo nguyên liệu khô ($w=1\%$).

+ $G_k = 55 + 120 = 175$ Tấn/h

+ Nhiệt độ khí thải ra khỏi máy nghiền, $t_{KT}^N = 90^\circ\text{C}$

+ Nhiệt độ khí lọt vào máy nghiền ở $t_B = 25^\circ\text{C}$.

b) Lượng nhiệt phục vụ công tác sấy yêu cầu của máy nghiền liệu.

- Lượng nhiệt vào máy nghiền liệu là giả thiết lượng nhiệt phục vụ công tác sấy vào máy nghiền là V_S (m^3/kg).

+ Nhiệt do khí thải mang vào, dao động ở nhiệt độ ($320^\circ\text{C} - 360^\circ\text{C}$)

$$q_V^1 = V_S \cdot C_{TB} \cdot t = 360 \cdot 0,344 \cdot V_S = 123,79 V_S$$

+ Nhiệt do không khí lọt mang vào giả thiết lượng không khí lọt vào bằng 15% lượng nhiệt của công tác sấy mang vào.

$$q_V^2 = 0,15 \cdot V_S \cdot C_B' \cdot t_B \text{ ở } 25^\circ\text{C}$$

$$C_B' = C_B + d_0 \cdot C_{H_2O} = 0,3096 + 0,0255 \cdot 0,3576 = 0,319 \text{ (kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C)}.$$

$$\Rightarrow q_V^2 = 0,15 \cdot 25 \cdot 0,319 \cdot V_S = 1,2 V_S \text{ (kcal/kg)}.$$

+ Nhiệt do ma sát sinh ra trong quá trình nghiền bằng 10% nhiệt vào.

$$q_V^3 = 0,1 \cdot Q_V \text{ (kcal/kg)}.$$

Tổng nhiệt vào:

$$Q_V = q_V^1 + q_V^2 + q_V^3 = 123,79V_S + 1,2V_S + 0,1Q_V$$

$$\rightarrow Q_V = 138,88V_S \text{ (kcal/kg)}$$

- Lượng nhiệt tiêu hao trong máy nghiền liệu là:

+ Nhiệt làm bay hơi nước từ nguyên liệu. Nhiệt lượng để bay hơi 1 kg nước là 595 kcal/kg.

$$q_r^1 = 595 \times 0,101 = 60,101 \text{ (kcal/kg)}$$

+ Nhiệt do khí thải mang ra khỏi máy nghiền ở $t = 90^\circ\text{C}$ có tính đến cả nhiệt của không khí lọt vào.

$$q_r^2 = 1,15V_S \cdot C_B' \cdot 90$$

Tỷ nhiệt trung bình của khí thải ở 90°C , $C_B' = 0,315 \text{ (kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C)}$.

$$q_r^2 = 1,15V_S \cdot 0,315 \cdot 90 = 32,60V_S \text{ (kcal/kg)}$$

+ Hàm nhiệt do nguyên liệu mang ra:

$$q_r^3 = g_{VL} \cdot C_{VL} \cdot 90 + w_{VL} \cdot 90$$

+ Tỷ nhiệt của phối liệu ở 90°C , $C_{VL} = 0,25 \text{ (kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C)}$.

Lượng phối liệu khô, $g_{VL} = 1 \text{ (kg)}$.

Độ ẩm của phối liệu sau khi sấy nghiền:

$$w_{VL} = 1\%$$

$$q_r^3 = 1,0 \cdot 25 \cdot 90 + 0,01 \cdot 90 = 23,4 \text{ (kcal/kg)}$$

+ Nhiệt tổn thất ra môi trường xung quanh, $Q_{TT} = 15 \text{ (kcal/kg)}$.

Tổng nhiệt tiêu hao:

$$Q_r = q_r^1 + q_r^2 + q_r^3 + Q_{TT} = 60,101 + 32,60V_S + 23,4 + 15$$

$$\rightarrow Q_r = 32,60V_S + 98,501 \text{ (kcal/kg)}$$

Cân bằng nhiệt vào và ra ta có:

$$Q_r = Q_V \leftrightarrow 138,88V_S = 32,60V_S + 84,22$$

$$\leftrightarrow V_S = 0,927 \text{ (m}^3 \text{/kg)}$$

Lượng nhiệt phục vụ công tác sấy yêu cầu của máy nghiền trong 1 giờ là:

$$V'_S = V_S \cdot G_K = 0,927 \cdot 1000 \cdot 175 = 162.191 \text{ (m}^3 \text{/h)}$$

3.3 Lượng nhiệt dư thừa của hệ thống tháp trao đổi nhiệt là:

Tổng lượng khí nóng ra khỏi hệ thống tháp trao đổi nhiệt dư thừa là:

$\Delta V = V_r - V'_S = 173.408 \text{ (m}^3 \text{/h)}$ Tổng lượng nhiệt thừa của hệ thống tháp trao đổi nhiệt của hai dây chuyền sản xuất clinker lò quay, phương pháp khô của Nhà máy xi măng La Hiên là:

Nhiệt lượng của dòng khí được tính theo công thức: $Q = V \cdot C_v \cdot (T - 273)$

Trong đó:

Q: nhiệt lượng dòng khí mang vào/ ra (kcal/h)

V: thể tích dòng khí vào/ ra (Nm³/h)

C_v: nhiệt dung riêng thể tích của dòng khí Kcal/Nm³.K, gần đúng tính theo thực nghiệm ta có $C_v = [0,309 + 0,268 \cdot 10^{-4} (T - 273)]$

T: nhiệt độ dòng khí vào/ ra đơn vị K, $T = t + 273$.

t: nhiệt độ dòng khí vào/ ra, đơn vị là $^\circ\text{C}$.

| Nội dung | | Thể tích | Nhiệt độ | | Nhiệt dung riêng | Nhiệt lượng |
|-----------|------------------|------------------------|----------|----------|------------------------------|---------------|
| | | V (Nm ³ /h) | t (độ C) | T (độ K) | Cv (Kcal/Nm ³ .K) | Q (Kcal/h) |
| Lò Hơi PH | Dòng khí vào | 173,408 | 320 | 593 | 0,3176 | 17.622.470,08 |
| | Dòng khí ra | 173,408 | 90 | 363 | 0,3114 | 4.860.119,89 |
| | Lượng nhiệt thừa | | | | | 12.762.350,19 |

3.4 Lượng nhiệt dư thừa của thiết bị làm nguội clinker

Lượng khí dư thừa của thiết bị làm nguội clinker có thể xác định được bằng nhiều cách như: Tính cân bằng vật chất của thiết bị làm nguội clinker, thống kê thông số vận hành thực tế.

Theo thực nghiệm, với công nghệ thiết bị Trung Quốc, lưu lượng khí cần thiết để làm nguội clinker khoảng 1,9 – 2,1 (chọn 2,0) Nm³/kg clinker ở điều kiện môi trường, trong đó lượng khí dư khoảng 1,2 Nm³/kg clinker ở nhiệt độ 300~ 310⁰ C, áp suất P: 250 Pa.

Lưu lượng khí thải của thiết bị làm nguội clinker thải ra ngoài trong 1 giờ là

$$V = 2,0 \cdot 1000 \cdot 100 = 200.000 \text{ Nm}^3 \text{/h}$$

Tổng lượng nhiệt thừa của thiết bị làm nguội clinker của hai dây chuyền sản xuất clinker lò quay, phương pháp khô của Nhà máy xi măng La Hiên là:

| Nội dung | | Thể tích | Nhiệt độ | | Nhiệt dung riêng | Nhiệt lượng |
|------------|------------------|-------------------------|----------|----------|------------------------------|-------------|
| | | V (kNm ³ /h) | t (độ C) | T (độ K) | Cv (Kcal/Nm ³ .K) | Q (Kcal/h) |
| Lò Hơi AQC | Dòng khí vào | 200 | 300 | 573 | 0,3170 | 19.022.400 |
| | Dòng khí ra | 200 | 220 | 493 | 0,3149 | 13.855.424 |
| | Lượng nhiệt thừa | | | | | 5.166.976 |

3.5 .Kết quả tính công suất phát điện của Turbine

Tổng lượng nhiệt dư thừa của cả hệ thống tháp trao đổi nhiệt và thiết bị làm nguội clinker của 2 dây chuyền sản xuất clinker lò quay, phương pháp khô – Nhà máy xi măng La Hiên là:

$$(12.762.350,19 + 5.166.976) = 17.929.326,19 \text{ kcal/h}$$

Lượng nhiệt đó được tận dụng để làm hóa hơi nước thì lượng hơi nước quá nhiệt có thể thu được khoảng 11,65 Tấn/h;
Công suất điện của turbine được xác định theo công thức:

$$P = D \times \frac{i''_{qn} - i''_k}{3600} \text{ (kW)}$$

Trong đó:

D: Lưu lượng hơi quá nhiệt vào turbine là 11,65*10³ (kg/h).

i''_{qn}: Entanpi hơi quá nhiệt vào turbine là 3.098,61 (kJ/kg).

i''_k: Entanpi hơi thoát khỏi turbine tương đương 2.338,87(kJ/kg).

$$P = 11,65 \cdot 10^3 \times \frac{3.098,61 - 2.338,87}{3600} = 2.457,6 \text{ (kW)}$$

Công suất phát điện theo tính toán sơ bộ của turbine là: 2,5MW

4. Kết luận

Với việc sử dụng một turbine khí hoạt động như một nhà máy nhiệt điện ngưng hơi có công suất 2,5 MW, hệ thống thu hồi nhiệt khí thải sẽ đem lại hiệu quả thực sự cho nhà máy xi măng La Hiên trong việc giảm chi phí năng lượng đầu vào sản xuất, giảm giá thành, giảm hiệu ứng nhà kính cũng như giúp cho nhà máy tăng khả năng cạnh tranh sản phẩm của đơn vị trên thị trường.

Các phân tích cho thấy khả năng tận dụng lượng nhiệt thừa trong nhà máy sản xuất xi măng là khá lớn. Điều này cho thấy có thể áp dụng được cho các nhà máy xi măng để có thể sử dụng có hiệu quả năng lượng, góp phần bảo vệ môi trường và giảm bớt gánh nặng cho các nhà máy điện sử dụng các nguồn nhiên liệu truyền thống.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trịnh Hùng Thám, Nguyễn Hữu Khái, Đào Quang Thạch, Lã Văn Út, Phạm Văn Hòa, Đào Kim Hoa (1991), *Nhà Máy Điện*, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Sĩ Mão, Trương Duy Nghĩa (1985), *Lò Hơi*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3] Nguyễn Công Hân, Nguyễn Quốc Trung, Đỗ Anh Tuấn (2002), *Nhà máy nhiệt điện T1 và T2*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] P. K. Nag (2001), *Power Plant Engineering*, McGraw-Hill.