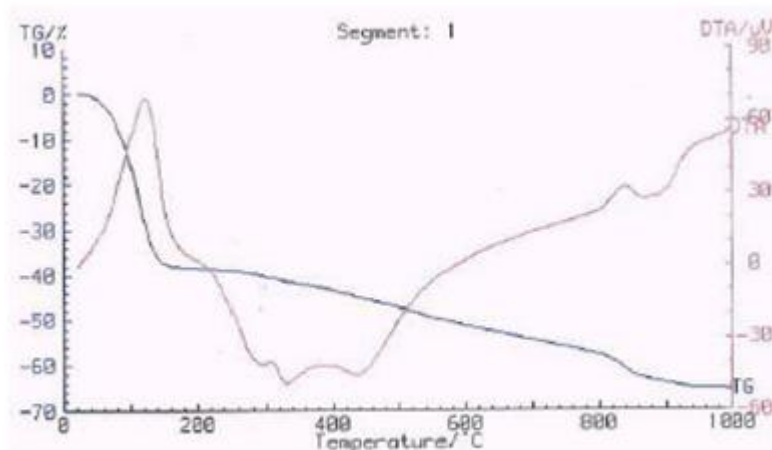


## **Quá trình hoá lý xảy ra trong quá trình tạo Clinker Xi măng Portland (XPL)**

- ❖ Bột phối liệu từ đá vôi
- ❖ đất sét
- ❖ quặng sắt..



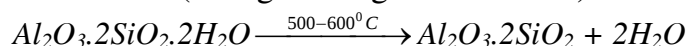
**Phân tích nhiệt DTA, TG của phối liệu SX clinker**

### **1. Quá trình sấy**

Với phương pháp ướt độ ẩm phối liệu rất cao (18 – 45%), với phương pháp khô, độ ẩm phối liệu thấp hơn nhiều (nhỏ hơn 1%). Trong khoảng nhiệt độ tới 120<sup>0</sup>C, quá trình chủ yếu sẽ là bay hơi lượng ẩm này.

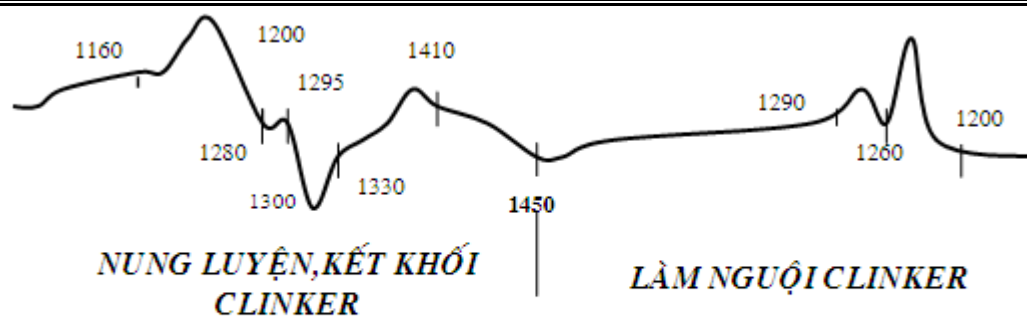
### **2. Quá trình đốt nóng**

Phối liệu khô có nhiệt độ tới khoảng 650<sup>0</sup>C. Trong giai đoạn này, các tạp chất hữu cơ cháy tỏa nhiệt ( trong khoảng 200 – 400<sup>0</sup>C) ; đất sét bị phân hủy do mất nước hóa học tạo meta caolinít hoạt tính rất cao ( trong khoảng 400 – 600<sup>0</sup>C).



### **3. Quá trình phân hủy cacbonát**

Nhiệt độ phối liệu lên tới 1000<sup>0</sup>C. Quá trình chủ yếu là phân hủy cacbonát canxi CaCO<sub>3</sub> (nhiệt độ phân hủy mạnh nhất ở khoảng 870 - 900<sup>0</sup>C), ngoài ra là các muối cacbonát như MgCO<sub>3</sub>, dolomit... cũng bị phân hủy ở những khoảng nhiệt độ khác nhau. Phản ứng thu nhiệt và tỏa khí rất mạnh. Sự phân hủy tạo CaO hoạt tính cao để phản ứng với các ôxít hoạt tính của đất sét như SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> các silicat canxi như CS, C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>... bắt đầu tạo thành. Đặc trưng cơ bản của toàn bộ giai đoạn này là các biến đổi xảy ra ở pha rắn, theo sơ đồ: R<sub>1</sub> → R<sub>2</sub> + K.



Hình 3.2: Đường cong phân tích nhiệt vi sai DTA quá trình nung luyện clinker XMP

#### 4. Quá trình kết khối

Nhiệt độ tăng từ 1100- 1450°C, pha lỏng do các hợp chất ectecti nóng chảy (chủ yếu là hỗn hợp nóng chảy chứa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) hình thành ngày càng nhiều tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo các khoáng cần thiết.

❖ Nhiệt độ 1000°C, lúc đầu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  phản ứng với  $\text{CaO}$  tạo thành  $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{SiO}_2$  kết hợp với  $\text{CaO}$  tạo thành  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ .

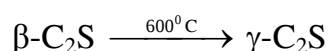
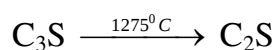
❖ Đến nhiệt độ 1200-1300°C  $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  lấy thêm  $\text{CaO}$  tạo thành  $5\text{CaO}.3\text{Al}_2\text{O}_3$  từ đó chuyển sang  $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ), đồng thời  $\text{C}_4\text{AF}$  cũng được tạo thành.

❖ Nhiệt độ 1300°C,  $\text{C}_3\text{A}$  và  $\text{C}_4\text{AF}$  chảy tạo thành pha lỏng. Một phần  $\text{CaO}$  tự do và  $\text{C}_2\text{S}$  hòa tan trong pha lỏng và kết hợp với nhau tạo thành  $\text{C}_3\text{S}$ . Tỷ lệ hợp lý của pha lỏng trong khoảng 15-25%.

#### 5. Quá trình làm nguội

Khi làm nguội, phần pha lỏng không kết tinh sẽ tạo pha thủy tinh trong clinker. Thành phần pha của clinker gồm những khoáng chính như  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$  và pha thủy tinh. Nhiệt độ giảm các tinh thể  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$  phát triển chậm tới kích thước nào đó cho tới khi ngừng hẳn.

Trong quá trình làm nguội ở nhiệt độ 1275°C  $\text{C}_3\text{S}$  phân hủy tạo thành  $\text{C}_2\text{S}$  và 675°C có sự biến đổi thù hình.



Đây là các biến đổi không tốt cho chất lượng xi măng do  $\text{C}_3\text{S}$  là khoáng tạo cường độ chính cho xi măng và  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  là dạng thù hình không tạo cường độ cho xi măng còn làm giảm chất lượng nên cần hạn chế. Tốc độ làm nguội nhanh sẽ làm hạn chế lượng biến đổi chất sau này. Tốc độ làm nguội còn ảnh hưởng tới kích thước *tinh thể*, hạn chế sự hình thành các tinh thể lớn hơn  $60\mu\text{m}$ .

## Lò Quay Nung Clinker XMP

Lò nung là thiết bị thực hiện tốt nhất những quá trình hóa lý kể trên ở qui mô công nghiệp. Lò nung được thiết kế sao cho các quá trình truyền nhiệt, truyền khối là tốt nhất, tạo clinker có chất lượng đáp ứng năng suất cần thiết. Clinker có chất lượng là clinker có thành phần khoáng, hóa đạt tiêu chuẩn chất lượng yêu cầu.

### 1. Lò quay nung clinker theo phương pháp ướt

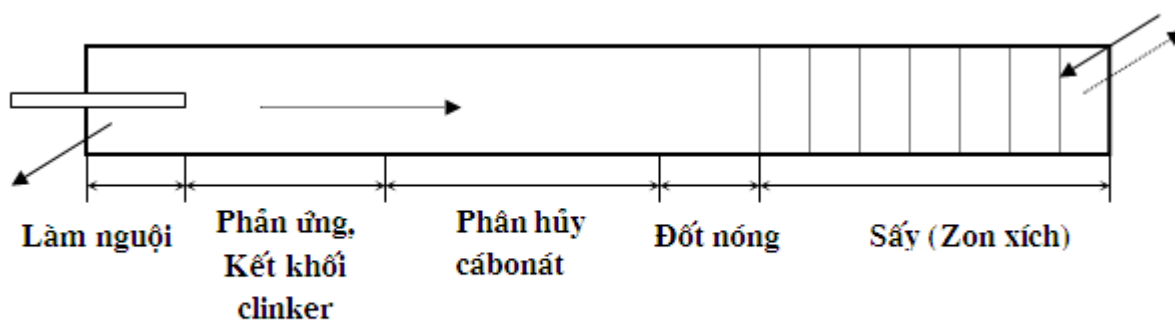
❖ Lò quay là ống thép hình trụ, trong lót gạch chịu lửa (sămốt hoặc cao nhôm vùng làm nguội, phần nung lót các loại gạch chịu lửa kiềm tính manhêzi, manhêzi-crôm). Để tăng tuổi thọ lò, người ta có thể dùng thêm các loại gạch cách nhiệt.

❖ Thông thường, với phương pháp ướt lò có chiều dài  $L = 80 - 120m$ , đường kính  $D = 3 - 6m$ . Tỷ lệ  $L/D = 30 - 40$ . Hình dạng lò cũng không đơn điệu. Nhiều loại lò quay có kích thước zon đốt nóng phình to. Lò đặt với tang góc nghiêng góc  $2 - 6\%$  so với mặt đất trên những bệ đỡ có con lăn và quay với tốc độ  $0,5 - 0,75$  vòng/phút.

❖ Chuyển vận của nguyên liệu và khí nóng trong lò quay theo nguyên tắc ngược chiều. Nguyên liệu ướt vào lò từ đầu cao, theo độ nghiêng và lực quay của lò, chuyển động dần tới phần thấp (cuối lò) với vận tốc  $35 - 45$  cm/phút. Trong quá trình chuyển vận, phối liệu luôn thay đổi bề mặt nhận nhiệt đốt nóng từ khí cháy, các sản phẩm khí phân hủy đi vào không gian tự do của lò, biến đổi hóa lý thành cục clinker.

❖ Nhiên liệu được phun vào lò từ đầu thấp, cháy và truyền nhiệt cho khối phối liệu, hạ nhiệt độ rồi đi ra ngoài ở phía cao của lò. Nhiệt độ khí thải khoảng  $200 - 300^{\circ}C$ .

Dọc theo chiều dài lò, theo bản chất quá trình hóa lý phối liệu xảy ra trong lò, người ta phân lò thành những zon (khu vực) khác nhau:



*Các zon kỹ thuật trong lò quay, phương pháp ướt*

#### ➤ Zôn sấy

Phối liệu vào dạng bùn sệt (past), nhận nhiệt khí thải đạt tới nhiệt độ khoảng  $120^{\circ}C$ , xảy ra quá trình mất nước lý học. Để tăng hiệu quả truyền nhiệt, ở zon này, người ta thường mắc thêm những xích kim loại, vì vậy, còn gọi là zon xích. Ngoài ra, các xích sắt còn có tác dụng ngăn bụi thoát khỏi lò. Chiều dài zon sấy khoảng 33% chiều dài lò.

### ➤ Zôn đốt nóng

Trong zôn này, nhiệt độ phối liệu tăng từ 120 tới 650<sup>0</sup>C. Quá trình chủ yếu là cháy tạp chất hữu cơ và mất nước hóa học của các khoáng đất sét. Đất sét bị phân hủy tạo meta caolinít hoặc các dạng ôxít tự do hoạt tính rất cao. Bắt đầu phân hủy một phần cacbonát. Zôn đốt nóng chiếm khoảng 14% chiều dài lò.

### ➤ Zôn phân hủy cacbonát (canxi hóa)

Nhiệt độ tới 1000<sup>0</sup>C. Đây là giai đoạn cuối cùng của các phản ứng ở pha rắn. Những kiểu lò sẽ khác nhau nhiều ở kỹ thuật giải quyết quá trình này.

### ➤ Zôn kết khối

Nhiệt độ phối liệu từ 1000 tới 1450<sup>0</sup>C. Đây là zôn có nhiệt độ cao nhất trong lò, pha lỏng hình thành nhiều ( 15 – 25%). Các phản ứng tạo khoáng, kết tinh các khoáng xảy ra nhanh hơn nhờ pha lỏng. Với sự có mặt pha lỏng có độ nhớt cao, cùng tác dụng chuyển động quay theo lò rồi trượt xuống do trọng lượng, các viên clinker dạng sỏi được tạo thành.

Các quá trình tạo khoáng chính xảy ra trong zôn kết khối. Một cách hình thức, có thể viết tóm tắt các phản ứng như sau:



*Zôn kết khối chiếm khoảng 20% chiều dài lò.*

### ➤ Zôn làm nguội

Sau zôn kết khối, phối liệu đã kết khối tạo clinker với thành phần khoáng cần thiết. Không khí lạnh lấy nhiệt từ khối clinker nóng làm nhiệt độ clinker giảm từ 1450<sup>0</sup>C xuống khoảng 1300<sup>0</sup>C. Zôn làm nguội chiếm khoảng 8% chiều dài lò. Ở đây, chưa kể tới thiết bị làm nguội clinker với tốc độ nhanh ( cooler ) để ổn định thành phần pha trong clinker XMP. Các thiết bị này làm nguội clinker với tốc độ rất nhanh từ 1300 xuống còn 100 – 150<sup>0</sup>C và thường đặt riêng. Phổ biến nhất là các thiết bị làm nguội kiểu hành tinh và thiết bị làm nguội kiểu ghi. Nếu kể tới toàn bộ công đoạn làm nguội, nhiệt độ clinker ra lò còn khoảng 100 -150<sup>0</sup>C và được chứa trong các xilo đặc biệt làm nguội tiếp trước khi đem nghiền với phụ gia.

| Chiều dài tương đối( % L) | Tên gọi zôn                              | Nhiệt độ (°C)                                     | Quá trình hóa lý chính                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 33<br>14<br>25<br>20      | Sấy<br>Đốt nóng<br>Canxi hóa<br>Kết khối | 120 – 200<br>tới 650<br>650 – 1000<br>1000 – 1450 | Mất nước lý học<br>$\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2.2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$<br>$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$<br>Tạo pha lỏng và kết tinh:<br>$12\text{CaO} + 2\text{SiO}_2 + 2\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ \rightarrow \text{C}_3\text{S} + \text{C}_2\text{S} + \text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$<br>Clinker nguội để nghiền. |
| 8                         | Làm nguội                                | 1450 – 1380<br>1380 - 100                         | Tạo pha thủy tinh, các tinh thể nhỏ mịn. Ngăn biến đổi thù hình:<br>$\text{C}_3\text{S} \xrightarrow{1250^\circ\text{C}} \text{C}_2\text{S} + \text{CaO}$<br>$\beta - \text{C}_2\text{S} \xrightarrow{670^\circ\text{C}} \gamma - \text{C}_2\text{S}$                                                                                                                                                                                                    |

## Năng suất của lò quay

$$\text{Xác định năng suất lò theo Martin: } Q = 2,826 \cdot \frac{v}{V_g} \cdot D_t^2$$

Q – năng suất lò quay ( t/h)

v – tốc độ khí ra khỏi lò ( m/s )

$V_g$  – thể tích riêng của khí tính theo 1kg clinker ( m<sup>3</sup>/kg clinker )

$D_t$  – đường kính trong của lò ( m ).

Ngoài ra, còn phải tính tới những chỉ số sau:

### 1-Năng suất nhiệt của lò:

Năng suất nhiệt được định nghĩa như lượng nhiệt tỏa ra trong một đơn vị thời gian ở zona kết khối. Theo Khodorốp, nếu tỷ lệ  $L/D \geq 30$ , ta có :

$$Q_H = 1,1 \cdot 10^6 \cdot D^3$$

$Q_H$  – công suất nhiệt của lò ( kcal/h )

D – đường kính lò ( m )

L – chiều dài lò ( m ).

### 2-Nhiệt tải riêng của lò:

Nhiệt tải riêng của lò tính theo một đơn vị diện tích thiết diện zona kết khối  $Q_p$ :

$$Q_p = \frac{Q_H}{F_p} = \frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot D^3}{0,785 \cdot D^2} = 1,4 \cdot 10^6 \cdot D \leq 3,46 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

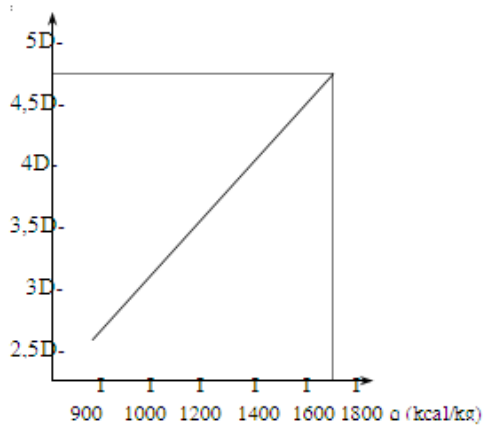
$v \leq 8,6 \text{ m/s}$  tốc độ khí lò ở zona kết khối đảm bảo điều kiện hiệu quả truyền nhiệt khí lò – phối liệu,

$F_p$  – diện tích thiết diện tự do mặt cắt ngang lò ở zona kết khối ( m<sup>2</sup> ),

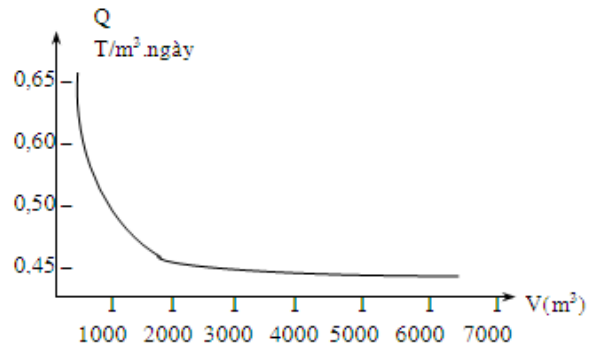
D – đường kính vỏ lò ( m )..

Trong thực tế, năng suất nhiệt riêng ở zona kết khối khoảng 30 000 kcal/m<sup>3</sup>.h ( dao động khoảng 10% được coi như một hằng số giới hạn trên. Việc tăng năng suất nhiệt riêng không làm thay đổi chế độ nung (tăng nhiệt độ khí thải và tốc độ khí trong lò ) dẫn tới những hậu quả không mong muốn.

Nhiệt tải riêng cũng có thể tính theo lượng nhiệt tỏa ra từ 1m<sup>3</sup> trong 1h ở zona kết khối. Có thể tra nhanh theo biểu đồ:



Sự phụ thuộc chiều dài zona kết khối  
tính theo  $D(m)$  vào lượng nhiệt riêng  
cần nung 1kg clinker  $q$



Năng suất nhiệt riêng của lò quay  
phụ thuộc vào thể tích trong của lò

### Đặc trưng kích thước lò quay

Trong thực tế, khi lựa chọn kích thước lò, người ta sử dụng các số liệu thống kê. Nhằm định hướng nhanh trong những trường hợp ứng dụng cho các kỹ sư công nghệ, ta có thể dựa vào những số liệu trong bảng sau:

| Kích thước(m)<br>D x L | Tỷ lệ<br>L/D | Thể tích<br>lòng lò ( $m^3$ ) | Năng suất<br>(t/ngàydêm) | Năng suất riêng<br>( $t/m^3$ .ngày đêm) |
|------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| 4,25/3,65 x149         | 38:1         | 1500                          | 1000                     | 0,656                                   |
| 3,35/3,0 x106          | 33:1         | 680                           | 595                      | 0,875                                   |
| 6,3/5,5 x178           | 30:1         | 3691                          | 2500                     | 0,677                                   |
| 5,3/4,9 x180           | 35:1         | 3120                          | 1700                     | 0,544                                   |
| 5,4/4,4 x168           | 35:1         | 2440                          | 1500                     | 0,614                                   |
| 5,0/4,7 x 161          | 33:1         | 2377                          | 1365                     | 0,574                                   |
| 4,4x140                | 32:1         | 1758                          | 1200                     | 0,682                                   |
| 5,25/4,55 x105         | 21:1         | 1980                          | 1100                     | 0,555                                   |

## Hệ số đầy

Tỷ lệ phần diện tích phần mặt cắt bị chiếm bởi phối liệu được nung trong lò với diện tích mặt cắt lò được gọi là hệ số đầy của lò.

$$\varphi = \frac{S_{\Pi}}{S_L} \cdot 100$$

$S_{\Pi}$  – diện tích mặt cắt bị chiếm bởi phối liệu ( $m^2$ )

$S_L$  – diện tích thiết diện lò ( $m^2$ )

$\varphi$  - hệ số đầy (%), thông thường 5 – 17%.

Trên mặt cắt, tính hệ số đầy theo góc nhìn  $\alpha$  tính từ tâm và không giống nhau. Trên thực tế, người ta cần tính mức đầy trung bình chung toàn bộ lò theo năng suất lò.

Mức đầy lò còn phụ thuộc những thông số kỹ thuật khác. Với cùng năng suất, tùy theo tỷ lệ kích thước chiều dài L và đường kính lò D, người tính mức đầy tối ưu khác nhau ( $L/D \geq 40$ , có  $\varphi = 17\%$ ). Phương pháp ướt có mức đầy cao hơn phương pháp khô. Thường chọn  $\varphi = 13\%$  để đảm bảo trao đổi nhiệt trong lò là tốt nhất.

## Góc nghiêng lò

Không có qui tắc chung trong trường hợp này, thường  $\text{tg}\alpha = 2-6\%$ . Góc nghiêng còn phụ thuộc vận tốc quay (0,5 – 0,75 vòng/phút; USA: 1,3 – 1,8 vòng/phút) của lò, năng suất lò và điều kiện kỹ thuật trong xây dựng. Với cùng năng suất, góc nghiêng nhỏ thì tốc độ quay phải lớn, phối liệu trong lò có mức trộn tốt và trao đổi nhiệt mạnh.

| D (m)           | D < 2,8 | 3 < D < 3,4 | D > 3,4 |                                              |
|-----------------|---------|-------------|---------|----------------------------------------------|
| tg $\alpha$ (%) | 5       | 4           | 3       | 3 – 3,5 <sup>(*)</sup><br>nguồn số liệu khác |

(\*): Có bốn đơn vị tính góc nghiêng khác nhau cùng tồn tại

## Tốc độ quay của lò

Với các lò nhỏ ( đường kính 2 – 3 m) người ta thường tính theo số vòng/phút, với lò có đường kính lớn ( những lò hiện đại đường kính có thể tới 6m hoặc hơn) , tốc độ quay tính theo cm/s. Thông thường các lò nhỏ có số vòng quay 0,5 – 0,75 vòng/phút tương đương khoảng 35cm/s; những lò lớn hiện đại có tốc độ quay khoảng 40 – 70 cm/s.

## Thời gian lưu phối liệu trong lò quay

Thời gian lưu của các hạt phối liệu trong lò quay có thể tính theo công thức thực nghiệm:

$$t = \frac{1,77.L.\sqrt{\theta}}{pDn} . F$$

t – thời gian lưu ( phút)

L – chiều dài lò (m)

D – đường kính lò (m)

p – góc nghiêng ( độ)

n – số vòng quay ( vòng/phút)

$\theta$  - góc nghiêng tự nhiên của dòng phối liệu chảy trong lò ( $^{\circ}$ ). Với hạt đất sét  $\theta = 36^{\circ}$   
 $\Rightarrow \sqrt{36} = 6$

F – hệ số thực nghiệm, thường  $F = 2$ .

### Ví dụ:

Tính thời gian lưu của phối liệu trong lò với chiều dài  $L = 27,36\text{m}$ , đường kính  $D = 3,04\text{m}$ , góc nghiêng  $p = 3^{\circ}$ , vận tốc quay  $n = 2\text{v/ph}$  và  $\theta = 36^{\circ}$ .

Thay các giá trị tương ứng vào công thức trên, ta có:

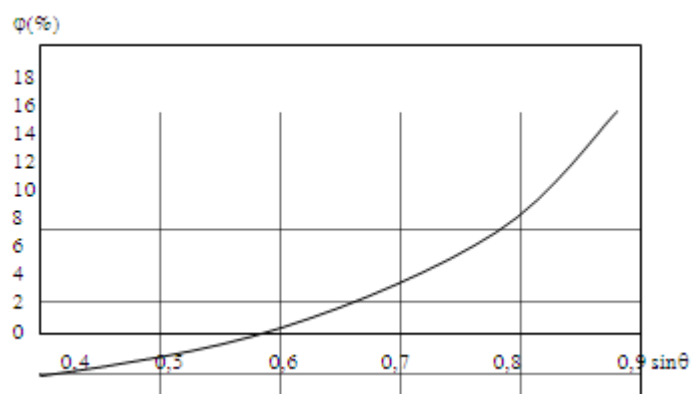
$$t = \frac{1,77.L.\sqrt{\theta}}{pDn} . F = \frac{1,77.27.6}{3.3,04.2} . 2 = 31,44 \quad \text{ta lấy: } t \approx 32\text{v} / \text{ph}$$

Thời gian lưu ở đây được hiểu là thời gian lưu trung bình cho toàn bộ quá trình và tồn tại nhiều cách tính khác. Do quá trình hóa lý của phối liệu trong quá trình cháy trong lò khác nhau, tốc độ chuyển vận của phối liệu trong lò là rất khác nhau. Thường phối liệu có tốc độ lớn nhất trong zon canxi hóa( 45,6cm/s), còn tốc độ chậm nhất trong zon nung ( 24,3cm/s). Nhiệm vụ của người vận hành lò là phải làm sao tất cả trở nên cân bằng.

## Công suất truyền động

Công suất truyền động được tính cho cả hai đại lượng là năng lượng cần cho quá trình quay lò và cần cho phối liệu chuyển động Công thức thực nghiệm tính công suất truyền động có thể như sau:

$$E = \frac{W.b.Nf.0,595}{r} \quad (\text{ kW })$$



W – Tải trọng theo phương thẳng đứng trên các trục đỡ lò (tấn)

b – đường kính trụ đỡ ( m ), r – đường kính trụ lăn ( m ), t – đường kính đai lò ( m )

N – tốc độ quay của lò (v/ph)

f – hệ số ma sát giữa các gối đỡ lò, f = 0,018 khi bôi trơn bằng dầu, f = 0,06 khi bôi trơn bằng mỡ.

Công suất tiêu tốn để vận chuyển phối liệu:

$$G = 87,41 ( D_t \cdot \sin \theta )^3 \cdot NLk \quad (\text{kW})$$

$D_t$  – đường kính trong (thông gió ) của lò (m)

$\sin \frac{\alpha}{2} = f(\varphi)$  – phụ thuộc hệ số đầy  $\varphi$  ( xác định theo biểu đồ).

N – tốc độ quay của lò (v/ph)

L – chiều dài lò ( m )

k – hệ số thực nghiệm. k = 0,00076 với lò nung clinker phương pháp ướt và khô (  $\theta = 35^\circ$  )

Công suất truyền động chung:

$$P = E + G$$

**Ví dụ:**

Tính công suất lò với đặc trưng kỹ thuật sau: đường kính  $D = 4,10\text{m}$ ; chiều dài  $L = 57,75\text{m}$ ; tải trọng chung 726,4 tấn; chiều dày lớp GCL+ vỏ lò 22,8cm; đường kính trụ nâng  $b = 40\text{cm}$ ; tốc độ quay  $N = 1,7\text{v/ph}$ ; đường kính đai lò  $t = 4,42\text{m}$ ;  $f = 0,018$ ; đường kính trụ lăn  $r = 106,7\text{cm}$ ; hệ số đầy  $\varphi = 12\%$ ;  $\sin \frac{\alpha}{2} = 0,77$ ;  $k = 0,00076$

**Giải:**

Công suất truyền động cho lò quay:

$$E = \frac{W \cdot b \cdot t \cdot N \cdot f \cdot 0,595}{r} = \frac{726,4 \cdot 0,4 \cdot 4,42 \cdot 1,7 \cdot 0,018 \cdot 0,595}{1,067} = 21,91\text{kW}$$

Công suất cần để vận chuyển phối liệu:

$$G = 87,41 ( D_t \cdot \sin \theta )^3 \cdot NLk = 87,41 [(4,10 - 0,228 \cdot 2) \cdot 0,77]^3 \cdot 1,7 \cdot 57,75 \cdot 0,00076 = 144 \text{ kW}$$

Công suất tổng cộng:  $P = E + G = 165,91 \text{ kW}$

### **Tỷ lệ thể tích và công suất lò (V/P)**

Tỷ số thể tích lò V và công suất cần thiết P là một chỉ số kinh tế – kỹ thuật cần thiết, giúp ta ước lượng nhanh hiệu quả sản xuất. Lò theo phương pháp khô có thiết bị canxi hóa  $4,5 < V/P < 4,8$  ( $\text{m}^3/\text{kW}$ ); lò không dùng thiết bị canxi hóa có thể là  $6 < V/P < 7,5$  ( $\text{m}^3/\text{kW}$ ); trong khi lò theo phương pháp ướt có tỷ số  $5,0 < V/P < 6,3$   $\text{m}^3/\text{kW}$ .

Khi dùng buồng canxi hóa, chiều dài lò giảm, moment xoắn giảm, clinker có góc nghiêng  $\theta$  lớn, có thể chuyển động nhanh hơn so với phối liệu chưa kết khối... dễ tăng công suất lò.

Trong điều kiện làm việc bình thường, các lò cần công suất 40 – 60% công suất thiết kế. Công suất dư để dự trữ cho những trường hợp sự cố kỹ thuật.

## ***Ảnh hưởng sự dẫn nở vì nhiệt tới sự làm việc của lò***

Lò quay nung clinker có kích thước lớn, chịu tải nặng và nhiệt độ làm việc cao, vì vậy, việc tính tới hệ số dẫn nở nhiệt là không thể bỏ qua trong tính toán kết cấu chịu tải cũng như khi vận hành.

Phân bố nhiệt độ không đơn điệu theo chiều dài và do đó, lò dẫn nở cả về hai phía đầu lò. Thông thường, có thể tính độ dài do dẫn nở nhiệt theo công thức:

$$A_1 = \alpha \cdot \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - t \right) \cdot l_1$$

$$A_2 = \alpha \cdot \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - t \right) \cdot l_2$$

Trong đó:  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  hệ số dẫn nở nhiệt của thép

$t_1$  – nhiệt độ maximum trên bề mặt lò ( $^{\circ}\text{C}$ ). Thường  $t_1 = 365^{\circ}\text{C}$ .

$t_2$  – nhiệt độ ở hai đầu lò ( $^{\circ}\text{C}$ ). Đầu nguội 155 và đầu nạp liệu 900 - 1000 $^{\circ}\text{C}$ .

$l_1, l_2$  – khoảng cách tính từ thiết diện có nhiệt độ cao nhất tới hai đầu lò (m)

$t$  – nhiệt độ môi trường ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Trên thực tế tính toán, người ta nhân đôi phần biến dạng nhỏ hơn. Bởi vì tính theo một trụ đỡ, lò dẫn nở dọc theo cả hai hướng là tương đương.

Nhiệt độ tăng không chỉ làm lò dẫn nở theo chiều dài (tùy theo chiều dài lò, khoảng 2-4 mm theo hướng liệu vào, 20mm theo hướng liệu ra) mà cả theo chiều rộng. Nơi thiết diện có nhiệt độ vỏ lò cao nhất, khoảng 365 $^{\circ}\text{C}$  cũng chính là nơi có biến dạng lớn nhất theo chiều ngang lò. Khi lắp GCL, các trụ đỡ thân lò, phải tính trước những biến đổi này.

Giả sử vỏ lò đường kính 5m, nhiệt độ không khí 30 $^{\circ}\text{C}$ , độ dài do dẫn nở ngang sẽ là:

$$A_3 = \alpha \cdot \Delta t \cdot D = 12 \cdot 10^{-6} \cdot (365 - 30) \cdot 5 = 20100 \cdot 10^{-6} \text{ (m)} = 20 \text{ mm.}$$

## **Sự cháy nhiên liệu trong lò quay**

### ***1 – Kích thước vòi phun nhiên liệu rắn***

Hiện nay than là nhiên liệu phổ biến nhất trong công nghiệp XM. Các vòi phun than có kết cấu tương đối đơn giản, có thể hình dung như những ống trụ với kích thước khác nhau (hình vẽ).

Đường kính vòi phun nhiên liệu rắn ( $d$ ) có thể xác định theo công thức:

$$d = 1000 \cdot \sqrt{\frac{1,30 \cdot V}{v}}$$

$d$  – đường kính vòi phun (mm)

$V$  – lưu lượng gió một ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v$  – tốc độ khí trong vòi phun, phụ thuộc đường kính lò ( $\text{m/s}$ )

Lưu lượng gió một chính là lượng khí cần cho quá trình cháy theo tính toán lý thuyết cộng với lượng khí dư (khoảng 15 - 20%). Có thể xác định như sau:

$$V = \frac{V' \cdot w Q \alpha}{3600 \cdot 100}$$

$V'$  – lượng không khí cần để cháy 1kg than (có tính cả lượng khí dư) ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$w$  – lượng than cần để nung 1kg clinker (kg than/kg clinker)

Q – năng suất lò ( kg/h)

$\alpha$  - hệ số khí dư (%).

Tốc độ dòng khí quá nhỏ ( 20 – 25m/s) có thể dẫn tới hiện tượng cháy nhiên liệu ngay sát đầu vòi phun. Vận tốc dòng khí không thích hợp, kích thước ngọn lửa ( chiều dài và rộng) không đảm bảo hiệu quả truyền nhiệt cho phối liệu. Vì vậy, tốc độ phun phụ thuộc đường kính lò D. Ngoài ra, tốc độ vòi phun còn phụ thuộc tính chất than, đặc biệt độ mịn bột than.

Trường hợp chất lượng than thấp, bắt buộc phải dùng chung nhiên liệu khác ( dầu hoặc khí ), vòi phun phải thiết kế khác. Tốc độ phun còn phụ thuộc lượng không khí hòa trộn cùng phối liệu, ta gọi là gió một, trong công nghệ XM, khoảng 6% lượng không khí cần cho quá trình cháy.

#### Ví dụ:

Tính kích thước vòi phun bột than đảm bảo những thông số kỹ thuật sau: năng suất lò Q = 500 tấn clinker/ ngày đêm = 20 833 kg/h.  $v = 60\text{m/s}$ ,  $\alpha = 20\%$ ,  $V' = 8 \text{ m}^3/\text{kg}$  than và  $w = 0,25 \text{ kg/kg}$  clinker.

#### Giải:

Tính lượng không khí cho quá trình cháy:

$$V = \frac{8,0.0,25.20833.20}{3600.100} = 2,31 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Đường kính ống cần thiết:

$$d = 1000 \cdot \sqrt{\frac{1,30 \cdot 2,31}{60}} = 223 \text{ (mm)}$$

#### Vị trí của vòi phun

Có hai cách đặt vòi phun trong lò quay: vuông góc hoặc song song với trục lò.

- Đặt vuông góc: phối liệu nhận nhiệt trực tiếp, truyền nhiệt tốt hơn. Hạn chế của kỹ thuật này là lửa ngắn, cháy không hết nhiên liệu, làm xáo trộn phối liệu và tăng tốc độ quá trình ăn mòn VLCL.

- Thông thường, vòi phun đặt song song với trục lò đảm bảo sự cháy nhiên liệu triệt để. Để tăng nhiệt truyền từ ngọn lửa vào phối liệu, cần lựa chọn vị trí đặt vòi phun phù hợp. Với những lò bán kính nhỏ, vòi phun đặt chính tâm, còn với những lò bán kính lớn, vị trí vòi phun không đặt ở chính tâm lò, mà ở mức thấp dưới tâm, sao cho lửa tiếp xúc được với khối phối liệu trong lò để tăng hiệu quả truyền nhiệt, nhưng lửa phun không chạm vào GCL ở phần trên thân lò.

#### Ví dụ:

Xác định vị trí đặt vòi phun trong lò quay nung clinker XMP với lò có đường kính D = 4,56m, đường kính vòi phun d = 15cm, chiều dày lớp lót GCL l = 30 cm. Góc nghiêng tự nhiên của vật liệu  $\theta = 40^\circ$ , hệ số đầy  $\varphi = 12\%$ .

**Giải:**

Đường kính trong của lò:

$$D_t = D_n - 2l = 4,56 - 0,30.2 = 3,96 \text{ (m)}$$

Lấy tâm thiết diện lò là gốc tọa độ 0.

Với  $\theta = 40^\circ$ ,  $\varphi = 12\%$  tra bảng, ta có  $h = 17,7\% D$  (  $h$  là chiều cao lớp vật liệu ).

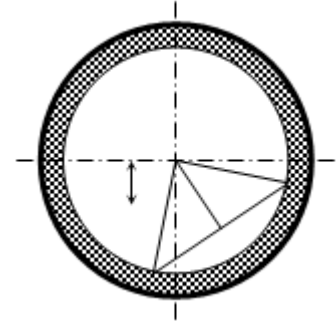
Như vậy:  $3,96. 0,177 = 0,70$

$$h = \frac{3,96}{2} - 0,70 = 1,28 \Rightarrow \frac{h}{2} = 0,64$$

Vị trí đặt vòi phun

-Theo trục thẳng đứng :  $V = 0,64.\cos 40^\circ = 0,49 \text{ (cm)}$

-Theo trục nằm ngang:  $H = 0,64.\sin 40^\circ = 0,41 \text{ (cm)}$ .



**Bảng tra hệ số lấp đầy  $\varphi$  và chiều cao lớp phối liệu  $h$  (% so với bán kính lò)**

| $\varphi$ | $h$ (%) | $\varphi$ | $h$ (%) |
|-----------|---------|-----------|---------|
| 5         | 9,75    | 11        | 16,7    |
| 6         | 11,0    | 12        | 17,7    |
| 7         | 12,2    | 13        | 18,8    |
| 8         | 13,4    | 14        | 19,8    |
| 9         | 14,5    | 15        | 20,8    |
| 10        | 15,6    |           |         |

### VII – 3 – 3 – Quá trình cháy của nhiên liệu

Quá trình cháy là quá trình ôxy hóa kèm sự phát lửa và tỏa nhiệt. Nói cách khác, cháy là quá trình phản ứng hóa học giữa ôxy và nhiên liệu (ôxy hóa), kết quả quá trình là sự phát lửa và tỏa nhiệt.

Quá trình cháy bao gồm những giai đoạn chính như sau:

- 1- Hòa trộn: là quá trình hòa trộn nhiên liệu với không khí
- 2- Phản ứng cháy: phản ứng hóa học giữa ôxy và các thành phần cháy được của nhiên liệu ( C, H, S ). Quá trình tỏa nhiệt và phát sáng ( lửa ).
- 3-Phát tán sản phẩm cháy: sản phẩm sau khi cháy là hỗn hợp các ôxít CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>... không khí nóng và phần nhiên liệu chưa phản ứng hết. Hỗn hợp có nhiệt độ cao phát tán trong không gian lò, hoàn tất quá trình cháy, truyền nhiệt cho phối liệu, hạ nhiệt độ rồi thoát ra khỏi lò ( khí thải).

Tốc độ quá trình cháy phụ thuộc vào giai đoạn chậm nhất trong các giai đoạn kể trên. Trong các hệ thống lò đốt công nghiệp thông thường, giai đoạn chậm nhất ( giai đoạn điều khiển quá trình) thường là giai đoạn hòa trộn. Vòi phun nhiên liệu được thiết kế sao cho hòa trộn nhiên liệu – không khí tốt nhất để quá trình cháy xảy ra hoàn toàn.

Không khí trong quá trình cháy thường chia làm ba loại, tương ứng với ba giai đoạn cháy: gió một, gió hai và gió ba.

### ***Gió một (hoặc lượng khí sơ cấp)***

Lượng không khí hòa trộn với nhiên liệu trước khi xảy ra phản ứng cháy gọi là gió một. Đây là lượng khí cần cho quá trình cháy, thổi cưỡng bức, hòa trộn rất nhanh cùng nhiên liệu qua vòi phun. Gió một có tác dụng kiểm soát tốc độ hòa trộn khí và ổn định ngọn lửa trong quá trình cháy.

### ***Gió hai ( hoặc khí thứ cấp)***

Lượng không khí bị cuốn tự nhiên theo dòng phun nhiên liệu cháy thành ngọn lửa do chênh lệch áp suất. Lượng khí này phụ thuộc tỷ lệ hòa trộn của gió một và tốc độ dòng khí. Gió hai là dòng khí đối lưu bên cạnh dòng lửa, ảnh hưởng nhiều tới hình dạng, kích thước và nhiệt độ ngọn lửa. Trong công nghệ sản xuất XM, gió hai đóng vai trò quan trọng tăng nhiệt độ cháy của ngọn lửa, do không thể tăng nhiệt độ gió một ( không khí nóng không thuận lợi cho quá trình chuyển vận và hòa trộn với than trong đường ống).

### ***Gió ba***

Lượng khí tự nhiên hoặc cưỡng bức thêm vào hỗn hợp sản phẩm cháy sau khi quá trình cháy đã hoàn tất về cơ bản. Gió ba có tác dụng điều chỉnh nhiệt độ hỗn hợp khí cháy.

Trong công nghệ sản xuất clinker XMP, lượng khí hồi lưu từ các thiết bị làm nguội thường là gió ba ( khi dùng làm khí hồi lưu sẽ đóng cả vai trò gió hai). Nếu thiết bị ổn định, tăng dòng khí trong thiết bị làm nguội làm giảm nhiệt độ gió hai và do đó giảm nhiệt độ lửa, và do đó, thậm chí còn tổn nhiên liệu thêm chứ không tiết kiệm được nhiên

liệu như mong chờ. Lượng nhiên liệu tiêu tốn thêm lớn hơn lượng nhiên liệu dùng nâng nhiệt độ khí thải.

Hiệu quả sử dụng khí thải để tiết kiệm năng lượng là vấn đề cần xét kỹ. Mức ôxy trong khí thải càng lớn (cháy không hết), lượng nhiệt từ nhiên liệu càng tăng (cứ tăng 1% ôxy, thì mức lượng nhiệt khoảng 10%). Nếu mức khí thải trong lửa xuống dưới một mức nào đó sẽ tạo khí CO. Điều này cũng làm tiêu tốn năng lượng do cháy không hết C. Nếu nhiên liệu hòa trộn tốt, mức cho phép này giảm.

Ưu điểm vượt trội của loại lò này so với những loại lò nung trước đó ngoài nhiệt độ nung giảm (hiệu quả nhiệt cao), còn có những ưu điểm khác như hàm lượng  $\text{NO}_x$  thấp, lượng khí  $\text{CO}_2$  thải ra môi trường cũng giảm đáng kể, giá thành đầu tư thấp, có thể nung được nhiều loại clinker khác nhau.

*Sơ đồ nguyên lý quá trình cháy*

