

## CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU

### 1.1. Khái niệm xi măng poóc lăng:

Xi măng poóc lăng là chất kết dính có khả năng đông kết, rắn chắc và phát triển cường độ trong môi trường không khí và trong môi trường nước, thường gọi là chất kết dính rắn trong môi trường nước hay chất kết dính thủy lực.

### 1.2. Lịch sử phát triển xi măng:

Từ xa xưa, con người đã biết dùng những vật liệu đơn sơ như đất sét, đất bùn nhào rác, dăm gỗ, cỏ khô băm ... để làm gạch, đắp tường, dựng vách cho chỗ trú ngụ của mình. Có thể tóm lược thời kỳ phát triển xi măng như sau:

Người Ai Cập đã dùng vôi tôi làm vật liệu chính.

\* Người Hy Lạp trộn thêm vào vôi đất núi lửa ở đảo Santorin, hỗn hợp này đã được các nhà xây dựng thời đó ưu ái nhiều năm.

\* Người La Mã thêm vào loại tro – đất núi lửa Vésuve miền Puzzolles. Về sau này, phún – xuất – thạch núi lửa được dùng làm một loại phụ gia hoạt tính chịu cách nhiệt và cách âm, và trở thành danh từ chung “Pozzolana” (Anh), “Pouzzolane” (Pháp)

\* Vào năm 1750, kỹ sư Smeaton người Anh, nhận nhiệm vụ xây dựng ngọn hải đăng Eddystone vùng Cornuailles. Ông đã thử nghiệm dùng lần lượt các loại vật liệu như thạch cao, đá vôi, đá phún xuất... Và ông khám phá ra rằng loại tốt nhất đó là hỗn hợp nung giữa đá vôi và đất sét.

\* Hơn 60 năm sau, 1812, một người Pháp tên Louis Vicat hoàn chỉnh điều khám phá của Smeaton, bằng cách xác định vai trò và tỷ lệ đất sét trong hỗn hợp vôi nung nói trên. Và thành quả của ông là bước quyết định ra công thức chế tạo xi măng sau



Hình 1.1. Các hình ảnh tượng trưng cho các thời kỳ phát triển xi măng poóc lăng

### 1.3. Dự báo nhu cầu sử dụng xi măng trên thị trường Việt Nam:

**Bảng 1.1. Dự báo nhu cầu sử dụng xi măng**

*Đvt: triệu tấn*

Năm	Mức dao động	Mức trung bình
-----	--------------	----------------

*Giáo trình Kỹ thuật sản xuất xi măng poóc lăng (Cement Portland) – Lưu hành nội bộ*

2005	27,5-32,5	29
2010	42,2-52,4	46,8
2015	59,5-65,6	62,5
2020	68-70	69

## **CHƯƠNG 2. THÀNH PHẦN KHOÁNG VÀ HÓA CỦA CLINKER XI MĂNG POÓC LĂNG**

### **2.1. Khái niệm clinker xi măng poóc lăng**

Clinker xi măng poóc lăng là bán thành phẩm của công nghệ sản xuất xi măng, được tạo thành từ quá trình nung đá giàu khoáng cacbonat, đất sét và một số nguyên liệu điều chỉnh khác.

Phụ thuộc vào dạng lò nung mà hạt clinker có kích thước từ 10 – 40mm, là hỗn hợp nhiều hạt nhỏ của pha tinh thể và pha thủy tinh.

## 2.2. Thành phần khoáng của clinker xi măng poóc lăng

Cliker xi măng poóc lăng bao gồm chủ yếu là các khoáng canxi silicat (Alit, Belít) chiếm khoảng (70 - 80%), aluminat canxi, ferit aluminat canxi, các khoáng phụ CaO tự do, SO<sub>3</sub> và các hợp chất trung gian.

Khoáng Alít (silicat tricanxít): 3CaO.SiO<sub>2</sub> (C<sub>3</sub>S) là khoáng quan trọng nhất của clinker xi măng poóc lăng. C<sub>3</sub>S tạo xi măng có cường độ cao, rắn chắc nhanh và ảnh hưởng nhiều đến các tính chất khác của xi măng. Trong cliker xi măng poóc lăng, khoáng C<sub>3</sub>S nằm trong khoảng từ 45 – 60%. Khoáng alit là dung dịch rắn của C<sub>3</sub>S và một lượng nhỏ các oxít khác (2 – 4%) như MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>...

Khoáng Belít (silicat dicanxít): 2CaO.SiO<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>S). Trong cliker xi măng poóc lăng, khoáng C<sub>2</sub>S nằm trong khoảng từ 20 – 30%. Khoáng C<sub>2</sub>S rắn chắc chậm nhưng cường độ cuối cùng tương đối cao. Belít là dung dịch rắn của C<sub>2</sub>S và một lượng nhỏ (1 – 3%) các oxít khác như Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>... Trong cliker xi măng poóc lăng khoáng C<sub>2</sub>S tồn tại nhiều dạng thù hình, thù hình mong muốn nhất là β-C<sub>2</sub>S.

Aluminat canxi là dung dịch rắn tồn tại 2 dạng 5CaO.3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>5</sub>A<sub>3</sub>) và 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>3</sub>A). Trong cliker xi măng poóc lăng, do lượng CaO cao nên thường tồn tại chủ yếu C<sub>3</sub>A. Đặc điểm của khoáng này là rắn chắc nhanh và dễ tạo nên các ứng suất gây nứt sản phẩm trong môi trường xâm thực sunphát.

Ferit aluminat canxi (celít) trong clinker xi măng poóc lăng thường tồn tại các dạng sau: 6CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>6</sub>AF), 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>4</sub>AF), 6CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>6</sub>AF<sub>2</sub>), 2CaO.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C<sub>2</sub>F). Trong clinker chủ yếu là khoáng C<sub>4</sub>AF. Đặc điểm của khoáng này là tăng độ bền sunphát.

Pha thủy tinh chiếm khoảng 5 – 15%, bao gồm các oxít: MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O... Hàm lượng này phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp nguyên liệu ban đầu và điều kiện làm lạnh clinker.

Ngoài ra trong clinker xi măng poóc lăng còn tồn tại các oxít tự do như MgO, CaO, hàm lượng < 1,5%. Các oxít này thường ở dạng già lửa, chúng thủy hóa rất chậm. Khi xi măng đã ở trạng thái rắn chắc, các oxít này mới thủy hóa gây nên ứng suất nội phá hủy cấu trúc của sản phẩm.

## 2.3. Thành phần hóa của clinker xi măng poóc lăng

Cliker xi măng poóc lăng bao gồm các oxít chính là CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> với tổng hàm lượng khoảng 95 – 97%. Ngoài ra còn có các oxít khác với hàm lượng nhỏ như MgO, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub>...

CaO	63 – 66%	SO <sub>3</sub>	0,3 – 1%
SiO <sub>2</sub>	21 – 24%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1 – 0,3%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 – 9%	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	0,4 – 1%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 – 4%	TiO <sub>2</sub> + Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2 – 0,5%
MgO	0,5 – 5%		

Hàm lượng các oxít trong clinker xi măng poóc lăng có mức độ ảnh hưởng khác nhau đến các tính chất của xi măng poóc lăng.

Canxi oxít (CaO) chủ yếu có mặt trong các đá giàu khoáng cacbonat. Trong quá trình nung luyện tạo thành clinker, CaO sẽ liên kết với các oxít khác để tạo thành các hợp chất hóa học, quyết định tốc độ rắn chắc và cường độ xi măng. Khi hàm lượng CaO càng lớn, khả năng tạo thành các hợp chất dạng khoáng canxi silicat càng lớn, xi măng rắn chắc nhanh, cường độ cao nhưng kém bền trong môi trường xâm thực sunphát. Hàm lượng CaO cao, yêu cầu nhiệt độ nung phải lớn, khó nung và tồn tại hàm lượng CaO tự do có hại càng nhiều. Do vậy trong clinker xi măng người ta khống chế hàm lượng CaO hợp lý nằm trong khoảng 63 – 66%.

Silíc oxít (SiO<sub>2</sub>) chủ yếu có trong nguyên liệu đất sét. Trong quá trình nung luyện clinker, SiO<sub>2</sub> sẽ tác dụng với CaO tạo thành các hợp chất khoáng canxi silicat.

Nhôm oxít (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) trong clinker xi măng tham gia vào quá trình tạo nên các khoáng nóng chảy Aluminat canxi. Khi hàm lượng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> càng nhiều, hàm lượng khoáng C<sub>3</sub>A tạo thành càng lớn, khả năng xuất hiện pha lỏng trong clinker càng sớm và càng nhiều, xi măng rắn chắc nhanh nhưng cường độ thấp và kém bền trong môi trường xâm thực sunphát.

Sắt oxít (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) trong clinker xi măng có tác dụng làm giảm nhiệt độ kết khối của quá trình nung và tham gia tạo thành khoáng frít aluminat canxi (C<sub>4</sub>AF). Hàm lượng oxít này trong clinker xi măng càng lớn thì nhiệt độ nung càng thấp, khoáng C<sub>4</sub>AF được tạo thành nhiều, xi măng có độ bền cao trong môi trường sun phát nhưng cường độ xi măng không cao. Nếu hàm lượng Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> quá nhiều thì pha lỏng xuất hiện càng nhiều, gây nên hiện tượng dính bám lò.

Magiê oxít (MgO) là thành phần có hại trong xi măng, gây nên sự không ổn định thể tích khi xi măng rắn chắc.

Titan oxít (TiO<sub>2</sub>) sẽ có ảnh hưởng tốt cho quá trình kết tinh các khoáng clinker, TiO<sub>2</sub> sẽ thay thế một phần SiO<sub>2</sub> có tác dụng tăng cường độ của xi măng.

Mangan oxít (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) không ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của xi măng.

Crôm oxít (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) và phốt pho oxít (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) có tác dụng thúc đẩy quá trình rắn chắc của xi măng thời kỳ đầu và tăng cường độ cho xi măng. Nhưng với hàm lượng lớn thì các oxít này có tác dụng ngược lại làm chậm thời gian rắn chắc và làm giảm cường độ xi măng.

Các oxít kiềm Natri và Kali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) sẽ gây nên hiện tượng mất ổn định thể tích của xi măng khi đông rắn, đặc biệt là gây nên các biến dạng nứt nẻ trong bê tông.

### **CHƯƠNG 3. ĐẶC TRƯNG CÁC THÀNH PHẦN CLINKER XI MĂNG POỐC LĂNG**

Chất lượng của clinker xi măng poóc lăng được đánh giá thông qua thành phần hóa học và thành phần khoáng. Trong quá trình nung luyện, các oxít trong clinker xi măng tương tác với nhau theo một môi liên hệ xác định, được biểu diễn bằng các hệ số. Vì vậy, clinker xi măng

poóc lăng được đặc trưng bởi các thông số như thành phần hóa học, thành phần khoáng và các hệ số hay modul.

### 3.1. Hệ số silicat (ký hiệu n)

Hệ số silicat hợp lý nằm trong khoảng 2,2 – 2,6. Khi n tăng, xi măng rắn chắc chậm và cường độ cuối cùng cao. Khi n giảm, hàm lượng các khoáng nóng chảy tăng, nhiệt độ nung clinker xi măng thấp và dễ nung luyện.

### 3.2. Hệ số alumin (ký hiệu P)

Hệ số alumin thường nằm trong khoảng 1 – 2,5. Khi hệ số P nhỏ, xi măng có độ ổn định thể tích cao trong môi trường xâm thực sun phat. Khi hệ số P lớn thì xi măng đông kết rắn chắc nhanh nhưng cường độ cuối cùng thấp.

### 3.3. Hệ số bảo hòa vôi (KH)

Hệ số bảo hòa vôi nằm trong khoảng từ 0,85 – 0,95. Khi hệ số bảo hòa vôi lớn, xi măng rắn chắc nhanh, cường độ cao nhưng kém bền trong môi trường nước và muối khoáng, khó nung kết khối. Khi hệ số bảo hòa thấp, xi măng rắn chắc chậm, cường độ không cao.

## **CHƯƠNG 4. TÍNH TOÁN PHỐI LIỆU SẢN XUẤT CLINKER XI MĂNG POỐC LĂNG**

Trong quá trình sản xuất clinker xi măng poóc lăng, tính toán phối hợp các loại nguyên liệu để đưa ra bài toán phối liệu có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng clinker xi măng poóc lăng. Tính toán thành phần hỗn hợp phối liệu là xác định được tỷ lệ hàm lượng các loại nguyên liệu sử dụng phù hợp với công nghệ nung luyện sản xuất clinker xi măng poóc lăng có thành phần hóa học và thành phần khoáng yêu cầu.

Đề tính toán phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng thường sử dụng 02 bài toán cơ bản: Bài toán không lẫn tro nhiên liệu và bài toán có lẫn tro nhiên liệu.

#### 4.1. Bài toán không lẫn tro nhiên liệu

Nếu sử dụng nhiên liệu khí hoặc lỏng cho lò nung clinker xi măng poóc lăng thì sử dụng bài toán không lẫn tro nhiên liệu.

#### 4.2. Các bước tiến hành tính bài toán phối liệu

##### 4.2.1. Các số liệu ban đầu sử dụng để tính toán phối liệu

\* Là thành phần hóa học của nguyên liệu đá vôi, đất sét, nguyên liệu điều chỉnh.

\* Tổng hàm lượng các oxít trong từng cấu tử phải bằng 100%. Nếu tổng hàm lượng các oxít không bằng 100% thì chuyển về 100% theo công thức sau: Nhân lần lượt thành phần hóa học của cấu tử  $i$  với  $R_i$ .

##### 4.2.2. Chuyển thành phần hóa học của nguyên liệu chưa nung về nguyên liệu đã nung

Bằng cách nhân lần lượt các oxít của từng cấu tử  $i$  với hệ số  $K_i$  của nó:

Lập bảng thành phần nguyên liệu đã nung

##### 4.2.3. Chọn hàm lượng các khoáng và tính các hệ số

##### 4.2.4. Tính toán phối liệu

##### 4.2.5. Lập bảng thành phần hóa học của clinker và phối liệu

##### 4.2.6. Tính các hệ số $K_h$ , $n$ và $p$ . Tính thành phần khoáng clinker, hàm lượng pha lỏng

##### 4.2.7. Kiểm tra các hệ số

##### 4.2.7. Nhận xét bài toán phối liệu

#### 4.3. Tính toán phối liệu sản xuất clinker xi măng (bài toán không lẫn tro) theo các hệ số

Bài toán phối liệu không lẫn tro, ta sử dụng bảng thành phần hóa nguyên liệu chưa nung đã chuyển về 100%.

Bài toán tính phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng từ 2 cấu tử trở lên. Để tiện cho quá trình tính toán, ta ký hiệu các oxít trong các cấu tử theo bảng 4.1

Bảng 4.1. Ký hiệu các oxít của cấu tử trong phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng

Thành phần hóa	Clinker	Phối liệu	Cấu tử 1	Cấu tử 2	Cấu tử 3	Cấu tử 4
CaO	C	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
SiO <sub>2</sub>	S	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
MgO	M	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
SO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	SO <sub>30</sub>	SO <sub>31</sub>	SO <sub>32</sub>	SO <sub>33</sub>	SO <sub>34</sub>
Chất khác	CK	CK <sub>0</sub>	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	CK <sub>3</sub>	CK <sub>4</sub>
Mất khi nung	MKN	MKN <sub>0</sub>	MKN <sub>1</sub>	MKN <sub>2</sub>	MKN <sub>3</sub>	MKN <sub>4</sub>

#### 4.3.1. Bài toán hệ 2 cấu tử không lẫn tro

Hệ 2 cấu tử không lẫn tro bao gồm đá vôi (cấu tử 1) và đất sét (cấu tử 2). Gọi x là phần khối lượng cấu tử 1, kết hợp với 1 đơn vị khối lượng cấu tử 2 trong phối liệu. Như vậy hàm lượng các oxit trong phối liệu được tính toán theo công thức sau:

#### 4.3.2. Bài toán hệ 3 cấu tử không lẫn tro

Hệ 3 cấu tử không lẫn tro bao gồm đá vôi (cấu tử 1), đất sét (cấu tử 2) và phụ gia điều chỉnh (cấu tử 3). Gọi x là phần khối lượng cấu tử 1, y phần khối lượng cấu tử 2, kết hợp với 1 đơn vị khối lượng cấu tử 3 trong phối liệu. Như vậy hàm lượng các oxit trong phối liệu được tính toán theo công thức sau:

#### 4.3.3. Bài toán hệ 4 cấu tử không lẫn tro

Hệ 4 cấu tử không lẫn tro bao gồm đá vôi (cấu tử 1), đất sét (cấu tử 2), phụ gia điều chỉnh 1 (cấu tử 3) và phụ gia điều chỉnh 2 (cấu tử 4). Gọi x là phần khối lượng cấu tử 1, y phần khối lượng cấu tử 2, z phần khối lượng cấu tử 3, kết hợp với 1 đơn vị khối lượng cấu tử 4 trong phối liệu. Như vậy hàm lượng các oxit trong phối liệu được tính toán theo công thức sau:

#### 4.3.4. Bài toán cụ thể

Yêu cầu: Tính phối liệu theo bài toán hệ không lẫn tro nhiên liệu để sản xuất clinker xi măng poóc lăng có hàm lượng khoáng trong clinker như sau: C<sub>3</sub>S = 55%; C<sub>2</sub>S = 20%; C<sub>3</sub>A = 8%; C<sub>4</sub>AF = 14%.

### 4.4 Tính toán phối liệu sản xuất clinker xi măng (bài toán lẫn tro) theo các hệ số

Bài toán phối liệu lẫn tro, ta sử dụng bảng thành phần hóa nguyên liệu đã nung (thành phần hóa của clinker)

Bài toán tính phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng từ 2 cấu tử trở lên. Để tiện cho quá trình tính toán, ta ký hiệu các oxit trong các cấu tử theo bảng 4.2

Bảng 4.2. Ký hiệu các oxit của cấu tử trong phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng

Thành	Clinker	Phối liệu	Cấu tử 1	Cấu tử 2	Cấu tử 3	Cấu tử	Tro
-------	---------	-----------	----------	----------	----------	--------	-----



phần hóa						4	than
CaO	C	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>q</sub>
SiO <sub>2</sub>	S	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>q</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>q</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>q</sub>
MgO	M	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>q</sub>
SO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	SO <sub>30</sub>	SO <sub>31</sub>	SO <sub>32</sub>	SO <sub>33</sub>	SO <sub>34</sub>	SO <sub>3q</sub>
Chất khác	CK	CK <sub>0</sub>	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	CK <sub>3</sub>	CK <sub>4</sub>	CK <sub>q</sub>
Mất khi nung	MKN	MKN <sub>0</sub>	MKN <sub>1</sub>	MKN <sub>2</sub>	MKN <sub>3</sub>	MKN <sub>4</sub>	MKN <sub>q</sub>

Tính hàm lượng tro lẫn vào clinker theo công thức:

Trong đó:

q: hàm lượng tro lẫn vào clinker (%)

A: hàm lượng tro của than (%)

B: lượng tro lẫn vào clinker so với tổng hàm lượng tro và phụ thuộc vào phương pháp công nghệ: với lò đứng B = 100%, với lò quay phương pháp ướt B = (70 – 100%), với lò quay phương pháp khô B = (30 – 70%).

P: lượng than tiêu tốn cho 1kg clinker (%) và xác định theo công thức

Trong đó:

Q<sub>H</sub>: nhiệt trị của than (kcal/kg)

Q': lượng nhiệt tiêu tốn để điều chế 1kg clinker phụ thuộc vào phương pháp sản xuất:

- Đối với lò quay phương pháp ướt Q' = 1.400 – 1.700 kcal/kg clinker
- Đối với lò quay phương pháp khô Q' = 750 – 1.200 kcal/kg clinker
- Đối với lò đứng cơ giới hóa Q' = 1.000 – 1.200 kcal/kg clinker
- Đối với lò đứng thủ công Q' = 1.300 – 1.800 kcal/kg clinker

#### 4.4.1. Bài toán cụ thể: bài toán hệ 3 cấu tử có lẫn tro

Yêu cầu: Tính toán phối liệu để đạt được các hệ số Kh = 0,9 và n = 2,5.

Thành phần hóa của nguyên liệu theo bảng sau:

Bảng 4.2. Ký hiệu các oxít của cấu tử trong phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng

Thành phần hóa	Cấu tử 1	Cấu tử 2	Cấu tử 3
CaO	51,91	2,78	1,12

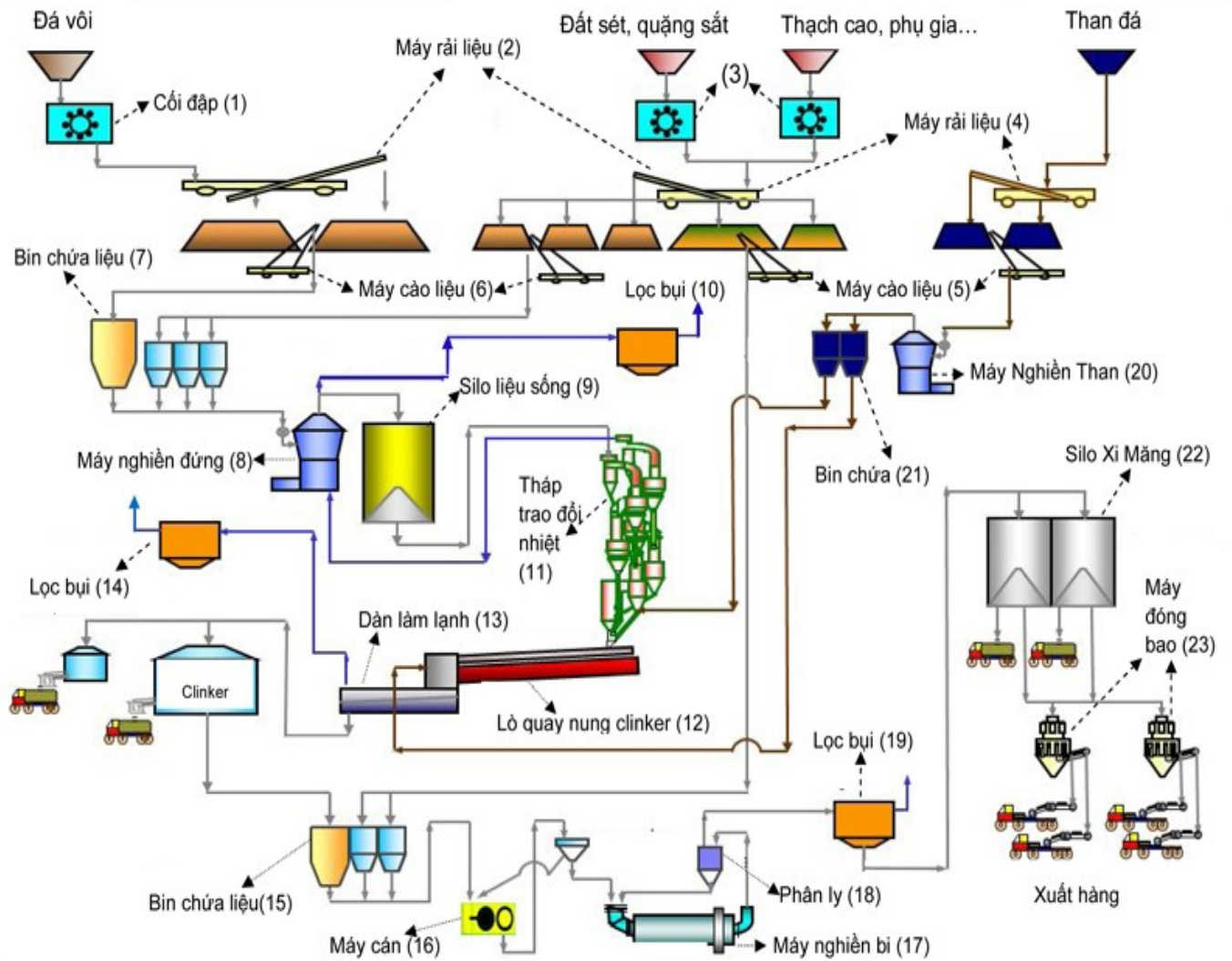
SiO <sub>2</sub>	0,86	24,61	83,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	7,89	7,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	2,78	2,85
MgO	1,45	1,5	0,95
SO <sub>3</sub>	0,37	0,61	0,16
Chất khác	-	0,66	0,33
Mất khi nung	45,05	7,6	3,34

Hàm lượng tro lẫn vào clinker là 2,44%, thành phần hóa của tro như sau:

Bảng 4.3. Thành phần hóa của tro than

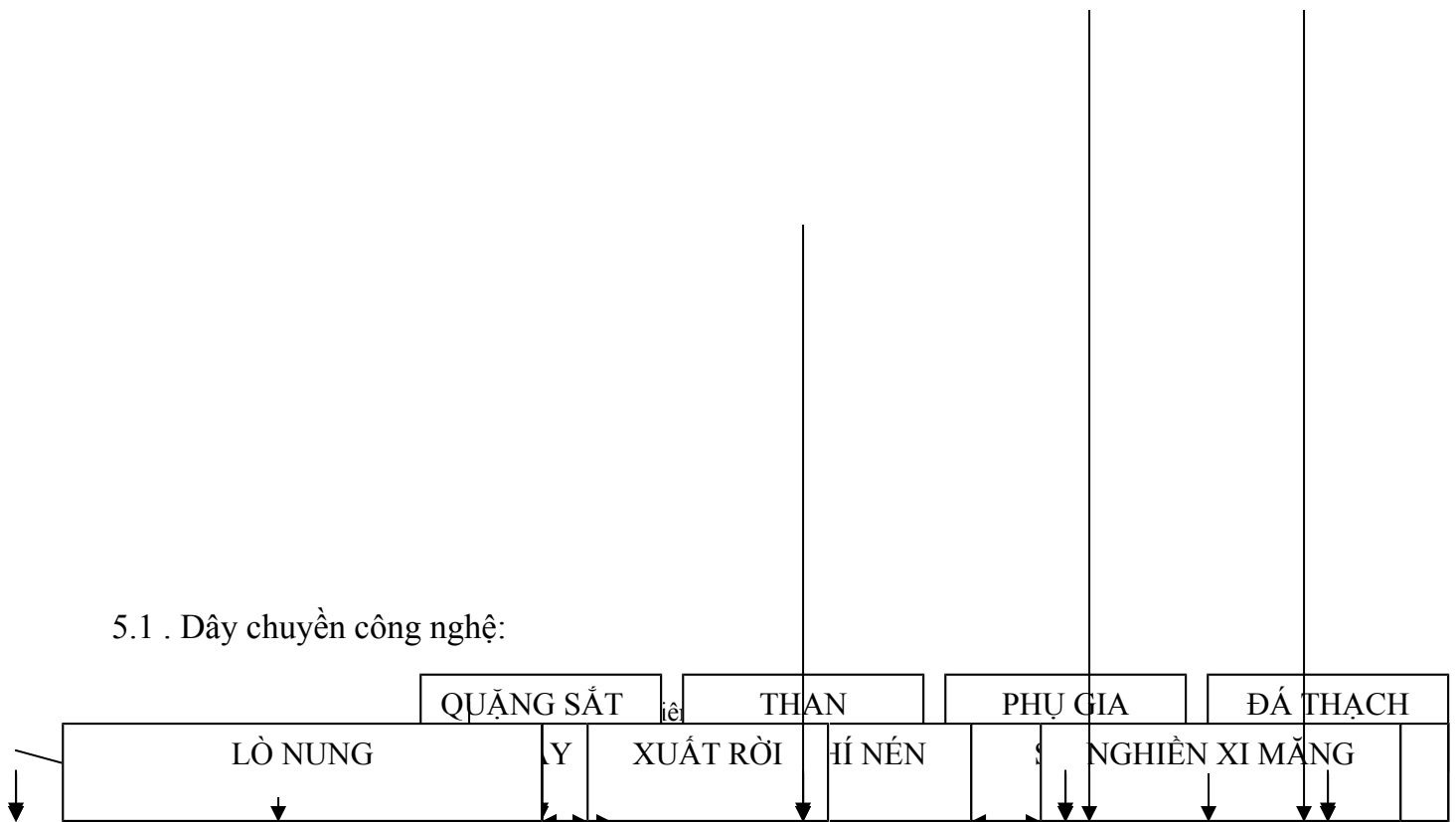
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Chất khác
42,9	27,74	18,97	5,04	1,41	2,01	1,93

## CHƯƠNG 5: CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT XI MĂNG POỐC LĂNG



Hình 5.1. Dây chuyền công nghệ sản xuất xi măng poóc lăng

5.1 . Dây chuyền công nghệ:



KHO

*Giáo trình Kỹ thuật sản xuất xi măng poóc lăng (Cement Portland) – Lưu hành nội bộ*

ĐÁ VÔI

ĐẤT SÉT

KHAI THÁC  
(nô mìn)

ĐẬP

SẤY

## 5.2. NGUYÊN LIỆU VÀ NHIÊN LIỆU SẢN XUẤT XI MĂNG POOC LĂNG

### 5.2.1. Nguyên liệu sản xuất xi măng pooc lăng

Để sản xuất xi măng poóc lăng cần phải sử dụng nhiều loại nguyên liệu và được chia thành nguyên liệu trực tiếp và nguyên liệu gián tiếp.

Nguyên liệu trực tiếp sản xuất clinker xi măng bao gồm đá cacbonát, đất và các phụ gia điều chỉnh thành phần phối liệu như quặng sắt, nguyên liệu nhiều silic...

Nguyên liệu gián tiếp dùng trong sản xuất xi măng poóc lăng bao gồm các phụ gia đưa vào khi nghiền clinker xi măng poóc lăng nhằm mục đích kinh tế và cải thiện một số tính chất của xi măng poóc lăng như đá thạch cao, phụ gia khoáng vô cơ hoạt tính, phụ gia đầy, phụ gia công nghệ ...

Để sản xuất xi măng có thể sử dụng các hợp chất thiên nhiên hay các thải phẩm công nghiệp. Các hợp chất có chứa các thành phần chính của xi măng như  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  được sử dụng làm nguyên liệu ban đầu, nhưng các cấu tử này không đảm bảo tỉ lệ cần thiết các oxit trong clinker xi măng poóc lăng, do đó cần phải tính toán để phối hợp với nhau. Trong thực tế sản xuất, người ta sử dụng đá vôi để cung cấp  $\text{CaO}$  và đất sét để cung cấp  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cho phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng. Vì vậy đá cacbonat và đất sét là hai nguyên liệu chính dùng trong sản xuất clinker xi măng poóc lăng.

### 5.2.2. Đá cacbonat

Hàm lượng cấu tử cacbonat trong hỗn hợp nguyên liệu sản xuất xi măng poóc lăng thường từ 76 – 80%. Vì vậy tính chất hóa học của đá ảnh hưởng quyết định đến công việc lựa chọn công nghệ sản xuất xi măng. Đá cacbonat dùng để sản xuất clinker xi măng poóc lăng thường là đá vôi, đá phấn, đá mác nơ... Thành phần chính trong đá cacbonat là  $\text{CaCO}_3$  và một lượng nhỏ các oxit khác. Đá dùng để sản xuất xi măng poóc lăng cần phải đảm bảo yêu cầu hàm lượng các oxit như sau:

Đá vôi là loại đá có cường độ cao, màu xanh hay trắng đục rất phổ biến trong thiên nhiên. Hai dạng phổ biến nhất của đá vôi là canxit và aragonhit có khối lượng riêng tương ứng là 2,7 và 2,95  $\text{g/cm}^3$ . Đá vôi sạch có màu trắng nhưng trong đá vôi thường chứa các hợp chất khác như sắt, đất sét nên có màu sắt khác nhau. Độ rắn của đá vôi theo thang Mooc từ 1,8 – 3, khối lượng riêng nằm trong khoảng từ 2,6 – 2,8  $\text{g/cm}^3$ , độ ẩm  $W < 6\%$ .

Đá phấn là đá có cường độ thấp hơn đá vôi, khối lượng thể tích nhỏ hơn đá vôi. Đá vôi có khối lượng thể tích đạt 2.400 – 2.700  $\text{kg/m}^3$ , còn đá phấn thì chỉ khoảng 1.500 -2.000  $\text{kg/m}^3$  độ ẩm của đá phấn đạt tới 15 – 30%. Do đá phấn mềm không cần gia công đập nên khi sử dụng để sản xuất clinker xi măng poóc lăng sẽ làm giảm đáng kể giá thành sản phẩm. Hàm lượng  $\text{CaCO}_3$  trong đá phấn đạt 98 – 99%, hàm lượng các tạp chất như  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  không đáng kể.

Thành phần hóa học của một số loại đá vôi ở miền Bắc nước ta có thể sử dụng để sản xuất clinker xi măng poóc lăng đưa ra ở bảng 5.1.

Bảng 5.1. Thành phần hóa học của các mỏ đá ở miền Bắc Việt Nam

Địa điểm mỏ đá	Thành phần hóa học %
----------------	----------------------

	MKN	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Kiên Khê	43,4	0,20	0,20	-	54,4	0,80
Hệ Dưỡng	42,9	0,32	0,48	0,61	52,5	0,94
Nho Quan	43,5	0,76	0,14	0,18	53,9	0,90
Thanh Hóa	43,0	0,37	0,20	0,12	53,9	1,00
Hải Phòng	43,0	0,43	0,92	0,11	54,3	0,60
Quảng Ninh	42,8	1,00	0,20	0,20	54,3	0,75
Hòa Bình	42,8	0,18	0,30	0,12	54,2	0,62
Hà Tây	43,1	0,20	0,16	0,14	54,2	0,70
Nghệ Tĩnh	43,4	0,60	0,30	0,10	53,9	1,60
Hà Tiên	42,8	2,93	0,20	0,10	53,0	1,60
Hải Hưng	43,1	0,20	0,18	0,18	53,7	1,40
Cao Bằng	42,8	-	0,24	0,10	54,0	2,60
Bắc Thái	43,2	0,21	0,12	0,10	52,2	1,20
Vĩnh Phú	42,6	0,62	0,30	0,12	53,0	3,00
Sơn La	42,8	1,70	0,26	0,15	52,9	1,30

Ngoài đá vôi và đá phan, một số dạng đá khác có thể sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng poóc lăng. Ở một số nước người ta sử dụng đá mác nơ là dạng đá kết tủa của hỗn hợp giàu hạt nhỏ đá vôi và đất sét. Đá mác nơ có độ cứng nhỏ hơn đá vôi, khi hàm lượng đất sét trong đá càng lớn thì độ cứng càng nhỏ. Đá mác nơ mềm, xốp có khối lượng thể tích từ 2.200 – 2.500 kg/m<sup>3</sup>, độ ẩm W = 5 – 20%. Phụ thuộc vào hàm lượng CaCO<sub>3</sub>, đất sét và tạp chất mà đá mác nơ có màu sắc khác nhau và được chia làm ba loại :

Đá vôi – mác nơ                      CaCO<sub>3</sub> = 90 – 95 %

Đá mác nơ – cacbonat              CaCO<sub>3</sub> = 70 – 90 %

Đá mác nơ                                CaCO<sub>3</sub> = 50 -70 %

Loại đá mác nơ có thành phần gồm 70 – 75% CaCO<sub>3</sub> và còn lại là đất sét là nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng poóc lăng vì thành phần hóa học của nó sau khi nung gần với thành phần clinker. Ngoài ra có thể sử dụng đá vôi san hô, đá vôi vỏ sò ... làm nguyên liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng.

Ở nước ta hiện nay chủ yếu sử dụng đá vôi để sản xuất clinker xi măng poóc lăng theo TCVN 6072:1996, yêu cầu kỹ thuật của đá vôi dùng làm nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng poóc lăng như sau:

Hàm lượng canxicacbonat (CaCO<sub>3</sub>), % không nhỏ hơn: 85

Hàm lượng Magie cacbonat (MgCO<sub>3</sub>), % không lớn hơn: 5

### 5.2.2. Đất

Đất để sử dụng để sản xuất clinker xi măng poóc lăng chủ yếu cung cấp  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bao gồm đất sét, đất hoàng thổ, phiến thạch sét.

Đất sét là khoáng kết tủa giàu hạt nhỏ, dễ tạo thành huyền phù khi khuấy trộn với nước. Tùy từng mỏ, từng khu vực của mỏ mà thành phần của đất sét sẽ khác nhau, nhưng thành phần khoáng chính của các loại đất sét là khoáng alumosilicat ngậm nước tồn tại ở dạng Kaolinit  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ngoài ra trong đất sét còn có lẫn các hợp chất khác như cát, tạp chất hữu cơ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  và các oxit kiềm... Đất sét để sử dụng sản xuất clinker xi măng poóc lăng thuộc loại đất sét dễ chảy thành phần hóa học dao động như sau:

$$\text{SiO}_2 = 56 - 80\% \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = 5 - 20\% \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = 3 - 15\%$$

Tùy loại đất và lượng tạp chất lẫn trong đất mà chúng có màu sắc khác nhau. Khối lượng thể tích của đất đạt tới  $1.800 - 2.000 \text{ kg/m}^3$ , độ ẩm  $W = 15 - 25\%$ .

Phiến thạch sét, hoàng thổ là loại đất cứng hơn đất sét, có màu sắc khác nhau tùy thuộc vào lượng tạp chất có trong nó. Các loại đất này tạo thành thanh, bản có hàm lượng  $\text{SiO}_2$  cao hơn đất sét. Thành phần hóa học của một số mỏ đất sét ở nước ta được dùng để sản xuất xi măng poóc lăng đưa ra ở bảng 5.2.

Bảng 5.2. Thành phần hóa học của các mỏ sét ở Việt Nam

Loại đất	Hàm lượng các oxit %					
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MgO	CaO	MKN
Núi vôi (Bắc Thái)	62,54	16,85	7,60	1,10	1,80	8,10
Hữu Lũng (Lạng Sơn)	64,26	15,50	6,67	-	-	7,10
Bồ Hạ (Hà Bắc)	63,40	16,50	7,30	1,40	-	6,70
Sông Cẩm (Hải Phòng)	60,20	15,90	6,80	2,70	1,60	8,10
Bỉm Sơn (Thanh Hóa)	64,10	16,20	5,80	-	-	7,20
Cầu Đước (Nghệ Tĩnh)	62,30	19,20	7,50	2,50	0,60	7,00
Sài Sơn (Hà Sơn Bình)	59,70	19,50	5,90	-	-	12,60
Mộc Châu (Sơn La)	61,10	16,20	7,60	-	-	6,80
Ninh Bình	56,80	18,95	8,35	0,91	1,86	9,57
Hòn Gai (Quảng Bình)	64,40	19,40	2,80	0,10	0,70	9,60

Các thải phẩm công nghiệp hay còn gọi là nguyên liệu nhân tạo được dùng làm nguyên liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng là bùn nephelin và xỉ lò cao. Bùn nephelin là phế liệu của công nghiệp sản xuất oxit nhôm và thường có thành phần hóa học như sau:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 56 - 80\% & \text{Al}_2\text{O}_3 &= 5 - 20\% & (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) &= 1.5 - 3\% \\ \text{CaO} &= 50 - 58\% & \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 3 - 5\% & \text{Các oxit khác} &= 3 - 8\% \end{aligned}$$

Khi pha thêm từ 15 – 20% đá vôi vào bùn nephelin ta có nguyên liệu sản xuất clinke xi măng poóc lăng và cho phép tăng năng suất lò từ 20 – 30%, giảm tiêu tốn năng lượng đến 25%. Theo TCVN 6071:1995, hỗn hợp sét dùng làm nguyên liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng như sau:

Hàm lượng silic dioxit  $\text{SiO}_2$  từ 55 đến 70%

Hàm lượng nhôm oxit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  từ 10 đến 24%

Hàm lượng kiềm oxit ( $\text{R}_2\text{O}$ ) không lớn hơn 3%

Hàm lượng sỏi sạn quắc tự do không lớn hơn 5%

Sét không lẫn dị vật sắt thép và các vật có hại .

### 5.1.3 Phụ gia điều chỉnh

Phụ gia điều chỉnh đưa vào hỗn hợp sản xuất clinker xi măng poóc lăng khi thành phần hóa học của nó không đảm bảo yêu cầu đã định. Để làm tăng hàm lượng  $\text{SiO}_2$  trong phối liệu thường dùng phụ gia điều chỉnh là cát, trepen, diatomit. Khi hàm lượng oxit sắt trong phối liệu thấp thì dùng quặng sắt làm phụ gia điều chỉnh.

Thành phần hóa học của một số phụ gia điều chỉnh ở nước ta đưa ra ở bảng 5.3

Bảng 4.3. Thành phần hóa học của các phụ gia điều chỉnh

Phụ gia điều chỉnh	Hàm lượng của các oxit %							
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{SO}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	MKN
Diatomit	77,0	6,6	3,0	0,3	0,9	-	1,5	6,2
Tro bay	26-36	6,5-9,5	5-8	42-50	3-4	2,5-3	0,8-3,5	0,2-4
Cát	77,8	3,2	5,7	2,5	2,7	-	-	5,6
Quặng sắt	13,2	5,1	73,8	1,5	3,2	-	-	-
Đất Pháp cổ	91,8	3,26	1,3	0,7	0,16	-	-	-
Quắc zit phong hóa	89,7	3,20	2,0	0,8	0,3	-	-	-
Boxit Cao Bằng	0,4	50,0	24,4	0,5	0,78	-	-	13,8
Boxit Lạng Sơn	4,2	59	25,4	0,4	0,23	-	-	10,1

### 5.1.4 Phụ gia pha vào xi măng

Các loại phụ gia pha vào khi nghiền clinker xi măng poóc lăng để cải thiện một số tính chất của xi măng và hạ giá thành sản phẩm là đá thạch cao, phụ gia trợ, phụ gia khoáng hoạt tính như xi lò cao, xi nhiệt điện, puzolan...

Khi nghiền clinker xi măng poóc lăng phải đưa đá thạch cao vào để điều chỉnh tốc độ đông kết và đóng rắn của xi măng. Đá thạch cao có thành phần khoáng chủ yếu là



CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, ngoài ra còn có các thành phần khoáng khác với hàm lượng nhỏ. Màu sắc của đá thạch cao tùy thuộc vào lượng tạp chất có trong đá, thông thường đá thạch cao có màu trắng đục có ố vàng, mềm hơn đá vôi.

Đá thạch cao sử dụng trong công nghiệp xi măng có thể là đá thạch cao thiên nhiên hay thạch cao nhân tạo. Yêu cầu kỹ thuật của đá thạch cao dùng để sản xuất xi măng đưa ra theo TCXD 168 : 1989.

Các phụ gia khoáng hoạt tính pha vào khi nghiền clinker xi măng poóc lăng để cải thiện một số tính chất của xi măng và hạ giá thành sản phẩm. Thành phần hóa học và độ hoạt tính của một số phụ gia đưa ra ở bảng 5.4

Bảng 5.4. Thành phần hóa học và độ hoạt tính của các phụ gia khoáng

Loại	Thành phần hóa học				Độ hoạt tính mg CaO/1g phụ gia
	MKN	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Đất đồi Sơn Tây	5,8	58,1	22,7	4,2	150
Đất đồi Tiên Kiên	8	62,4	19,1	6,7	150
Đất đồi Đào Già	10,2	52,9	23,4	9,8	150
Đất Pháp cổ	1,43	89,9	5,0	2,2	30-70
Đất bazan xốp Bà Rịa	5,4	43,7	13,2	14,5	50
Đất Xuân Lộc	12,7	31,0	25,1	23,6	50
Xi hoạt hóa Thái Nguyên	-	29,9	22,8	0,47	-

Ngoài các phụ gia trên, khi nghiền xi măng poóc lăng thường sử dụng các loại phụ gia công nghệ khác như phụ gia trợ nghiền, phụ gia bảo quản ... Mục đích của việc đưa các loại phụ gia này vào khi nghiền xi măng để tăng năng suất máy nghiền, giảm điện năng tiêu tốn, giảm nhiệt độ và các sự cố xảy ra trong máy nghiền, tăng thời gian lưu trữ xi măng. Hàm lượng phụ gia công nghệ đưa vào thường nhỏ hơn 1,5% tùy thuộc vào loại phụ gia và nồng độ phụ gia.

## 5.2. Nhiên liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng

Để nung clinker xi măng poóc lăng có thể sử dụng các loại nhiên liệu rắn, lỏng và khí, trong đó nhiên liệu rắn và lỏng là tốt nhất vì chúng có nhiệt trị cao, không có tro và dễ điều chỉnh chế độ nung.

Nhiên liệu thường sử dụng là dầu ma dút có nhiệt trị  $Q_H^P = 8.000 - 11.000$  kcal/kg. Khi sử dụng để nung clinker xi măng thường dùng vòi phun có áp lực từ 15 – 20 at và dầu được đốt nóng sơ bộ đến nhiệt độ 70 – 75 để giảm độ nhớt.

Nhiên liệu khí sử dụng để nung nguyên luyện clinker xi măng poóc lăng là khí thiên nhiên có  $Q_H^P = 8.000 - 9.000$  kcal/kg. Do nhiên liệu khí và lỏng có nhiệt trị cao, không có tro nên chất lượng clinker cao.

Hiện nay công nghiệp sản xuất clinker xi măng trên thế giới và đặc biệt là ở nước ta sử dụng nhiên liệu rắn là than. Do nhiên liệu rắn có hàm lượng tro lớn, nhiệt trị thấp hơn so với nhiên liệu lỏng và khí, chủng loại than cũng khác nhau nên tùy thuộc vào dạng lò nung mà sử dụng loại than cho hợp lý. Khi nung clinker trong lò đứng thường sử dụng than ngắn lửa, chất bốc thấp từ 3 – 6%, nhiệt trị của than  $Q_H^P \geq 5.500 - 6.000$  kcal/kg. Nếu nung trong lò nung thường sử dụng than có hàm lượng chất bốc từ 15 – 20% và nhiệt trị là  $Q_H^P \geq 5.500$  kcal/kg, hàm lượng tro than từ 10 – 20%. Khi nung luyện clinker xi măng sử dụng than có nhiệt trị càng cao, hàm lượng tro càng thấp thì chất lượng clinker càng cao. Với việc áp dụng tiến bộ kỹ thuật trong sản xuất clinker xi măng theo phương pháp khô, hiện nay có thể sử dụng than có chất bốc thấp trong nung luyện clinker.

Ở nước ta hiện nay chủ yếu sử dụng than Quảng Ninh để nung luyện clinker xi măng. Đối với các nhà máy xi măng lò quay, phụ thuộc vào phương pháp sản xuất, loại lò nung mà sử dụng loại than có yêu cầu kỹ thuật khác nhau. Để tăng quá trình cháy của than và giảm hàm lượng tro lẫn vào clinker khi nung luyện lò quay, than được đưa vào lò ở dạng nghiền mịn. Mức độ nghiền mịn của than phụ thuộc vào loại than và dạng lò nung mà yêu cầu dạng sàng N<sup>o</sup> 008  $\leq 8 - 12\%$ . Để tăng quá trình cháy trong lò khi sử dụng than ngắn lửa, có thể sử dụng than kết hợp dầu.

Thành phần một số loại than ở nước ta dùng để sản xuất clinker xi măng và thành phần tro than của chúng được dẫn ra ở bảng 5.5 và bảng 5.6.

Bảng 5.5. Thành phần của một số loại than dùng để sản xuất clinker xi măng

Loại than	Tro than, A%	Chất bốc, V%	$Q_H^P$ (kcal/kg)
Na Dương	36	30	4.200
Fin A	7,5	8	7.850
Cám 3	13	7	6.600
Cám 4	19	8	6.100
Cám5	29	9	6.140

Bảng 5.6. Thành phần hóa học của tro than

Loại than	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
Cám 5	61,4	28	4,8	3,8	1,4	-
Cám 3	61,0	28,4	4,4	1,3	-	0,8

Cám 4	67,8	25	4,8	1,0	-	0,7
Na Dương	47,3	27,9	17,5	2,8	-	4,9
Fin A	58,8	25,6	2,8	2,3	1,2	0,8

### 5.3. Sản xuất xi măng poóc lăng

Quá trình sản xuất xi măng poóc lăng gồm gồm hai giai đoạn chính là sản xuất clinke xi măng poóc lăng và nghiền clinker xi măng poóc lăng với đá thạch cao và có thể với các phụ gia khác.

Sản xuất clinker xi măng poóc lăng là một quá trình phức tạp, chiếm 70 – 80% giá thành sản phẩm xi măng, phụ thuộc vào thành phần và chất lượng của nguyên liệu, tỷ lệ giữa các cấu tử ban đầu, độ phân tán mịn và độ đồng nhất của hỗn hợp phối liệu, chế độ nung và làm lạnh clinker. Để sản xuất clinker xi măng poóc lăng có thể sử dụng phương pháp ướt, phương pháp khô và phương pháp liên hợp. Ngày nay phương pháp khô sản xuất clinker xi măng poóc lăng được sử dụng rộng rãi nhất. Các phương pháp sản xuất xi măng poóc lăng bao gồm các giai đoạn sau:

- Khai thác nguyên vật liệu và nhiên liệu
- Chuẩn bị hỗn hợp phối liệu
- Nung hỗn hợp phối liệu tạo clinker.
- Nghiền clinker và đá thạch cao hoặc có thêm các phụ gia khác tạo xi măng.

Phương pháp ướt sản xuất clinker xi măng poóc lăng là phương pháp nghiền và trộn nguyên vật liệu vào trong nước. Phương pháp này có ưu điểm là dễ nghiền, độ đồng nhất của hỗn hợp phối liệu cao nhưng tiêu tốn nhiên liệu khi nung lớn (1.400 – 1.700 kcal/kg clinker), kích thước lò nung dài và diện tích xây dựng lớn.

Phương pháp khô sản xuất clinker xi măng poóc lăng là phương pháp nghiền mịn và trộn nguyên liệu ở dạng khô, vì vậy nguyên vật liệu khó nghiền mịn, độ đồng nhất của hỗn hợp phối liệu kém hơn phương pháp ướt nhưng tiêu tốn nhiên liệu khi nung thấp (750 – 1.200 kcal/kg clinker), kích thước lò nung ngắn, mức độ tự động hóa cao. Khi sản xuất clinker xi măng theo phương pháp khô, thể tích khí cháy nhỏ hơn từ 35 – 40% so với phương pháp ướt khi năng suất như nhau, do đó giá thành làm sạch khói lò giảm, khả năng sử dụng nhiệt của khí thải để sấy nguyên liệu lớn hơn, làm giảm tiêu tốn nhiệt dùng để sản xuất clinker.

Sơ đồ công nghệ sản xuất clinker xi măng poóc lăng theo phương pháp ướt và phương pháp khô đưa ra ở hình 5.1 và hình 5.2

Ngoài hai phương pháp chủ yếu trên, trong công nghệ sản xuất clinker xi măng poóc lăng còn sử dụng phương pháp liên hợp dựa trên cơ sở phương pháp ướt hay phương pháp khô. Khi sử dụng phương pháp ướt thì bùn phối liệu (có độ ẩm 30 – 50%) được khử nước trong thiết bị lọc chân chân không hay máy ép lọc đến khi đạt độ ẩm 12 – 15%, sau đó đưa vào tạo hạt trong thiết bị tạo hạt. Nếu hỗn hợp nguyên liệu sản xuất theo phương pháp khô thì phải làm ẩm

phối liệu đến độ ẩm 12 -15% khi tạo hạt. Lò nung phương pháp liên hợp là lò đứng, lò quay có xích canxinato và phối liệu vào lò ở dạng hạt.

Việc lựa chọn phương pháp sản xuất clinker xi măng phải căn cứ vào tính chất của nguyên liệu, vào khả năng kinh tế kỹ thuật của đất nước và công suất yêu cầu của nhà máy. Trong mức độ nào đó việc tăng công suất nhà máy làm giảm tiêu tốn năng lượng cho một đơn vị sản phẩm, tăng năng suất lao động. Hiệu quả kinh tế lớn nhất của việc tăng công suất nhà máy là trong trường hợp số tuyến công nghệ ít nhất (hai hay ba tuyến) có nghĩa là các thiết bị gia công có công suất lớn.

Phương pháp khô có hiệu quả kinh tế lớn khi nguyên vật liệu có độ ẩm nhỏ ( $W = 10 - 15\%$ ). Độ đồng nhất cao, điều kiện kỹ thuật tiên tiến và yêu cầu công suất nhà máy lớn.

### 5.3.1. Khai thác và vận chuyển đá vôi, đất sét và các nguyên liệu khác

Trong sản xuất clinker xi măng poóc lăng, hai loại nguyên liệu chủ yếu được sử dụng là đá vôi và đất sét. Các nhà máy xi măng có công suất lớn, số lượng đá vôi và đất sét phải vận chuyển lớn, vì vậy các nhà máy sản xuất xi măng thường được xây dựng ở gần các nguồn nguyên liệu đá vôi và đất sét nhằm mục đích giảm chi phí vận chuyển nguyên liệu, giảm giá thành xi măng.

Đá vôi ở mỏ lộ thiên hay dưới lớp đất đá xốp, trước khi khai thác phải tiến hành khảo sát địa chất, xác định thành phần hóa học và thành phần khoáng, chủng loại đá, quy hoạch vùng khai thác và xác định trữ lượng đá trong mỏ. Để khai thác đá, đầu tiên dùng máy xúc và máy ủi để tách lớp đất và đá xốp trên mặt, sau đó dùng phương pháp mỏ mìn để khai thác. Nếu trên bề mặt mỏ đá là đất thì có thể sử dụng phương pháp thủy lực. Đá khai thác bằng cách nổ mìn thường đá kích thước lớn đến 1.000 – 1.200 mm và được vận chuyển về nhà máy nhờ ô tô, tàu hỏa, xe goòng. Ở một số mỏ đá, đá được gia công đến kích thước yêu cầu vào máy nghiền rồi mới vận chuyển về nhà máy. Phương pháp này cho phép tăng năng suất lao động, giảm giá thành sản phẩm.

Đất sét được sử dụng để sản xuất clinker xi măng poóc lăng là đất mỏ hay đất ruộng, đất dưới lòng sông. Đất sét ở mỏ hay đất ở đồng ruộng có thể khai thác bằng máy xúc một gầu hay nhiều gầu, sau đó vận chuyển về nhà máy bằng ô tô, sà lan, xe goòng. Độ ẩm của đất đồi, đất mỏ thường từ 10 – 16%, còn đất ruộng thường có độ ẩm từ 16 – 20%. Ngoài ra để khai thác đất sét ở mỏ hay ở sông có thể sử dụng phương pháp thủy lực. Với phương pháp này, nước có áp suất từ 15 – 20 at được phun vào đất tạo thành bùn sét, sau đó chúng được vận chuyển về nhà máy bằng cách bơm theo đường ống. Phương pháp thủy lực để khai thác bùn đất sét phù hợp với sản xuất clinker xi măng theo phương pháp ướt. Trong đất sét thường có lẫn các tạp chất hữu cơ, sỏi đá, vì vậy tốt nhất là phải loại bỏ và làm giàu đất sét. Để đảm bảo độ đồng nhất của nguyên liệu và yêu cầu kỹ thuật đề ra cần phải phân vùng khai thác trong từng mỏ theo khu vực và theo tầng.

Ngoài hai nguyên liệu chính là đá vôi và đất sét, các phụ gia khác cũng được đập được đến kích thước yêu cầu để vận chuyển vào kho hay bun ke chứa.

### 5.3.2. Chuẩn bị hỗn hợp nguyên liệu

Hỗn hợp nguyên liệu hay phối liệu gồm nhiều cấu tử là đá vôi, đất sét và các phụ gia điều chỉnh khác, vì vậy việc chuẩn bị hỗn hợp phối liệu là một quá trình phức tạp, tiêu tốn nhiều điện năng. Để sản xuất 1 tấn xi măng poóc lăng phải nghiền từ 2,5 – 3 tấn nguyên liệu, nhiên liệu và clinker, tiêu tốn 60 – 80% tổng lượng năng lượng để sản xuất xi măng. Yêu cầu hỗn hợp nguyên liệu phải đảm bảo độ mịn, độ đồng nhất của phối liệu và thành phần hóa học đặt ra.

Công đoạn chuẩn bị hỗn hợp phối liệu là một công đoạn rất quan trọng và quyết định phương pháp sản xuất xi măng poóc lăng. Công đoạn chuẩn bị hỗn hợp phối liệu theo phương pháp ướt có nhiều ưu điểm như khả năng nghiền mịn lớn, năng suất thấp. Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, ngày nay phương pháp khô chuẩn bị phối liệu được sử dụng rộng rãi trong công nghệ sản xuất xi măng poóc lăng và đem lại hiệu quả kinh tế lớn.

#### 5.3.2.1. Chuẩn bị hỗn hợp phối liệu theo phương pháp khô

##### 5.3.2.1.1. Gia công đá vôi

Đá vôi vận chuyển về nhà máy thường có kích thước lớn, do đó phải đập đến kích thước phù hợp với yêu cầu của máy nghiền. Căn cứ vào kích thước sản phẩm nhận được sau khi đập có thể chia quá trình đập đá vôi thành ba loại là đập thô, đập trung bình và đập nhỏ.

Đập thô (hay đập lần ) là quá trình đập đầu tiên sau khi đá được vận chuyển về nhà máy. Với kích thước đá đưa vào nhà máy đạt tới 1.000 – 1.200 mm, sau khi đập thô kích thước đá thường  $\leq 100$  mm. Để đập thô đá vôi, trong các nhà máy thường dùng máy đập hàm hay đập nón. Khi năng suất nhà máy càng lớn thì sử dụng máy đập có năng suất càng cao, kích thước đá nạp vào máy càng lớn.

Trong công nghiệp sản xuất xi măng, máy đập hàm được sử dụng rộng rãi do kết cấu tương đối đơn giản, dễ chế tạo và có năng suất cao. Khi máy làm việc, vật liệu bị ép giữa hai hàm được lót bằng các tấm lót có khía làm bằng thép cứng. Một hàm cố định, một hàm chuyển động tịnh tiến qua lại nhờ trục khuỷu. Tần số dao động qua lại của hàm di động phụ thuộc vào tốc độ quay của trục khuỷu. Bằng cách hiệu chỉnh chiều rộng khe tháo liệu có thể thay đổi cỡ hạt lớn nhất.

Điều cần chú ý khi chọn máy đập hàm là độ lớn của đá nạp vào máy kẹp hàm không lớn hơn 85% chiều rộng cửa nạp của máy. Năng suất của máy đập hàm và máy đập nón có thể đạt 300 – 500 tấn/h. Năng suất của máy đập hàm có thể phụ thuộc vào chiều rộng của cửa nạp liệu, chiều rộng khe tháo liệu, độ ẩm của vật liệu, sự đồng đều khi nạp liệu và kích thước của vật liệu nạp. Hệ số đập của máy kẹp hàm thường từ 4 - 7 lần. Khi sử dụng các máy kẹp hàm công suất nhỏ thì kích thước đá sau khi đập có thể đạt 25 - 40 mm. Đối với máy đập hàm, tùy

theo tính chất của vật liệu mà có ‘tốc độ quay trục khuỷu tối ưu (n). Mỗi quan hệ giữa tốc độ quay, biên độ dao động của hàm di động (S) và góc kẹp vật liệu ( $\alpha$ ) theo công thức sau:

$$n = 665.(\text{tg}\alpha/S)^{1/2}$$

Trị số biên độ dao động của hàm di động S được chọn tùy theo khả năng vỡ của vật liệu. Đối với vật liệu giòn và cứng, S được lấy giá trị nhỏ hơn. Vật liệu có khả năng biến dạng dẻo, S phải chọn giá trị cực đại. Góc kẹp tạo thành giữa hai hàm của máy thường từ 20-24<sup>0</sup>, nhưng với các loại đá thông thường góc kẹp lớn nhất có thể đến 32<sup>0</sup>

Trong quá trình đập, các tấm lót của máy bị mòn dần, đặc biệt là các tấm lót của má cố định. Để kéo dài tuổi thọ, các tấm lót thường được thiết kế để có thể đổi chiều khi một phần bị mòn và được chế tạo bằng thép hợp kim mangan. Tuổi thọ của các tấm lót này khoảng 800-1.000 giờ tùy thuộc vào độ cứng của vật liệu đập. Chi phí năng lượng cần thiết để đập 1m<sup>3</sup> vật liệu phụ thuộc vào kích thước của vật liệu đập và kích thước của máy đập dao động trong khoảng sau:

Máy đập hàm cỡ nhỏ: 1,1-2,2 kw.h

Máy đập hàm cỡ trung bình: 0,75-1,1 Kw.h

Máy đập hàm cỡ lớn: 0,35-0,75 Kw.h

Đặc tính kỹ thuật của một số máy đập hàm sản xuất tại Liên Xô cũ đưa ra trong bảng 5.7

Bảng 5.7. Đặc tính kỹ thuật của máy sảy nghiền liên hợp – nghiền phối liệu

Kích thước Dx L (m)	Năng suất (Tấn/h)	Công suất động cơ (kW)	Độ mịn (%)	Số vòng quay (v/phút)	Loại máy phân ly và kích thước cơ bản
2,78 x 4,7	17	570	10	21,6	Phân ly loại đi qua
3 x 8	32	1.900	10	19	Phân ly ly tâm
3 x 7,1	33				Phân ly đi qua
3,2 x 8,5	35÷50	1.240÷1.570	9÷12	16÷17	Phân ly ly tâm
2,8 x 7,5	55	605	12		Phân ly ly tâm
3 x 6,6	56	1.200	10		Phân ly ly tâm
3 x 7	60	980	10	19	Phân ly ly tâm
3 x 9	50	795	8		Phân ly đi qua
3,2 x 6	65	1.180	12	18	Phân ly ly tâm
3,2 x 8,5	58	920	8	16,5	Phân ly ly tâm
3,2 x 9,5	66	1.060	12	16,5	Phân ly ly tâm d = 5,5
3,5 x 5,2	7	970	14÷17	17.5	Phân ly ly tâm d = 4,3
3,65 x 8,5	80	1.100	13÷15	17	Hai máy phân ly d = 4,9
3,65 x 10,4	150	1.840	13	17.6	Hai máy phân ly d = 4,9

3,65 x 5,8	80	920	17÷19	Phân ly ly tâm
------------	----	-----	-------	----------------

Bảng 5.8. Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền khô theo chu trình kín

Nước sản xuất	Kích thước L x D (m)	Số ngăn	Tốc độ quay v/phút	Trọng lượng bi đạn	Công suất động cơ (kW)	Năng suất (T/h)	Thiết bị phân loại
Liên Xô	2,4 x 10,5	3	19	51	650		Phân ly tâm
	3 x 14	2	18	-	1.000	53	Phân ly ly tâm d = 4-5
	3,2 x 15	2	16	140	2.000	52	Phân ly ly tâm d = 5
	4 x 13,5	2	1	224	3.200	55-60	Phân ly ly tâm d = 5
Mỹ	3,35 x 9,8	2	18	128	1.470	45-50	Phân ly ly tâm d = 4,9
	3,65 x 11	2	16	200	1.840	75	Phân ly ly tâm d = 4,9
Canada	3,59x9,95	2	18	75-120	1.470	55-60	Phân ly ly tâm d = 4,9
CHLB Đức	3 x 14	2	18		1.000	60	Phân ly ly tâm d = 4,9
	3,2 x 12	2	17		1.600	45	Phân ly ly tâm d = 4,9
	3,2x8,5	2			1.250	40	Phân ly ly tâm d = 4,9
Pháp	3,2 x 14	3		170	2.500	45	Phân ly ly tâm d = 4,9
	4 x 12	2	15	245	2.600	100	Phân ly ly tâm d = 4,9

Bảng 5.9. Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền khô theo chu trình hở

Nước sản xuất	Kích thước L x D (m)	Số ngăn	Tốc độ quay v/phút	Trọng lượng bi đạn	Năng suất (Tấn/h)	Công suất (kW)
---------------	----------------------	---------	--------------------	--------------------	-------------------	----------------

				(Tấn)		
Cơ khí Xibêri (Liên Xô)	2 x 10,5	2	21	32	12	540
	2,2 x 13	2	22	55	19-22	600
	2,6 x 13	2	20	80	30-35	1.000
	3,2 x 15	2	16	140	50	2.000
Cơ khí chế tạo von ga (LX)	3,2 x 15	12	16	140	50	2.000
CHDC Đức	2,4 x 13	3	20	56	22	600
LaHenban	3 x 14	2	17	110	52	1.000
	2,6 x 13	3	19	80	26	1.000
Cơ khí Tenloman	3 x 14	2	17	108	50	1.600
Cơ khí An Biên (Hải Phòng)	1,55 x 5	2			2	95
Cơ khí Hà Sơn Bình	0,75 x 3	3			0.5	20
Cơ khí phân đạm (Hà Bắc)	1,55 x 5	2			2	95
	1 x 4	2			1.2	33
Cơ khí Hà Nam Ninh	1 x 4	2			1.2	33

Máy đập nón sử dụng để đập lần 1 thường là máy đập nón trục treo (hay còn gọi là máy đập Gates). Máy đập nón gồm có nón cố định (buồng đập) và nón di động (nón đập). Nón đập được gắn với trục thẳng đứng quay quanh nó và đầu dưới của trục được liên kết với bánh lệch tâm. Khi trục quay, nón đập sẽ quay theo, vật liệu bị đập nhỏ chủ yếu do bị nén và một phần do lực uốn. Nguyên tắc làm việc của máy đập nón không khác nhiều so với máy đập hàm. Công suất của máy đập nón này cao gấp 2 đến 3 lần so với máy đập hàm khi khe nạp và khe tháo liệu của hai máy như nhau. Tiêu tốn năng lượng của máy đập nón thấp hơn máy đập hàm, tuy nhiên tuổi thọ của tấm lót của máy đập nón lại thấp hơn.

*Đập trung bình (hay đập lần 2)* thường sử dụng máy đập nón hay đập búa. Kích thước vật liệu sau khi đập từ 10-100 mm. Máy đập búa sử dụng để đập đá có năng suất cao tiêu tốn năng lượng thấp. Phụ thuộc vào dạng vật liệu đập mà mức độ đập nghiền trong máy đập búa khác nhau. Máy đập búa dùng để đập đá vôi gồm có loại một trục và loại hai trục. Đối với loại máy đập búa 1 trục hệ số đập từ 10-15 lần, tiêu tốn năng lượng từ 0,9-2,1 Kw cho một tấn sản phẩm.



Với máy đập búa 2 trục, hệ số đập từ 20-25 lần, tiêu tốn điện năng 1,6Kw cho 1 tấn sản phẩm. Đây là loại máy đập rất phổ biến trong công nghiệp xi măng.

Trong máy đập búa, vật liệu đầu tiên được đập sơ bộ nhờ các cánh búa. Các hạt nhỏ lọt qua ghi rơi xuống hệ thống vận chuyển, các hạt lớn nằm lại trên ghi được đập tiếp lần 2. Kích thước của vật liệu phụ thuộc vào khoảng cách giữa các ghi. Thông thường khoảng cách giữa các ghi từ 25-30mm. khoảng cách giữa các ghi có thể đạt đến 200mm

Lực đập P trong máy đập búa được xác định bởi động năng của các búa đập như sau:

$$P = mv^2$$

Trong đó: m – khối lượng của búa đập

v – tốc độ của búa đập

Để tăng lực đập, giảm hao mòn của búa đập cần phải tăng tốc độ và giảm khối lượng của búa đập. Tùy theo độ cứng của vật liệu mà độ hao mòn của búa đập dao động từ 1,5-3g cho 1 tấn sản phẩm.

Năng suất của máy đập búa sử dụng để đập đá vôi xác định theo công thức:

$$Q = (30/45) * D.L(m^3/h)$$

Trong đó: D – là đường kính trục quay (m)

L – chiều dài cánh búa (m)

Công suất động cơ yêu cầu xác định theo công thức:

$$N = (0,1/0,15) * i * Q (kw)$$

Trong đó: i - mức độ nghiền

Q – năng suất của máy đập (tấn/h)

Công suất động cơ cũng có thể xác định theo công thức sau:

$$N = (G.R^2.n^3.e.f / 8.100000) . 0,745$$

Trong đó: G – Khối lượng cánh búa (kg)

R – Đường kính trục (m)

N – Tần số quay của roto (vòng/phút)

e - Số cánh búa

$\eta$  – hệ số truyền lực có tính đến mất mát khi truyền động

f - Hệ số phụ thuộc của tốc độ quay tròn v của búa như sau :

$V = 2\pi.R.n / 60 (m/s)$	17	20	23	26	30	40
Hệ số f	0,022	0,016	0,01	0,008	0,003	0,0015

- Hệ số truyền lực có tính đến mất mát khi truyền động

Hiện nay máy đập búa phản kích của F\*L\*Smidth đã được sử dụng trong công nghiệp sản xuất xi măng. Trong quá trình đập búa phản kích, quá trình đập nhỏ vật liệu trải qua 3 quá trình tác động là tác động đập xảy ra giữa các búa gắn trên roto với vật liệu tác động và đập của vật liệu với tấm chắn và tác động va đập giữa các cột vật liệu với nhau. Với loại máy đập này, va đập là lực chủ yếu phá vỡ vật liệu, vì vậy máy đập búa phản kích chỉ thích hợp với các vật liệu giòn có độ cứng trung bình.

Máy đập nón sử dụng để đập lần 2 thường sử dụng là máy đập nón trục congxon còn gọi là máy đập nón Simons. Sự khác nhau chủ yếu của máy đập nón Simons với máy đập nón trục treo là trục chính của nó không phải là cấu trúc treo mà có dạng congxon với đầu dưới tựa lên hệ thống quay lệch tâm. Đầu trên của trục chính được gắn với cơ cấu tiếp liệu. từ cơ cấu này vật liệu được đưa vào buồng đập và được đập vỡ dưới tác động của áp suất tạo thành giữa bờ mặt của hai nón. Vật liệu đã đập di chuyển xuống cửa thoát liệu.

*Đập nhỏ (hay đập lần 3)* thường sử dụng máy đập búa, đập trục và đập nón. Khi đập nhỏ, năng suất của máy thấp vì vậy thông thường máy đập trong giai đoạn 3 thường có kết hợp với thiết bị phân loại và làm việc theo chu trình kín. Kích thước đá sau khi đập lần 3 thường 0,5-10mm.

Để đảm bảo cho các máy làm việc liên tục và đạt năng suất yêu cầu thì cần phải tiếp liệu cho máy với năng suất tương ứng với năng suất của nó. Khi đập thô thường sử dụng tiếp liệu phẳng hay tiếp liệu gạt, khi đập trung bình và nhỏ thường sử dụng tiếp liệu băng, tiếp liệu gạt... phụ thuộc vào tốc độ cung cấp vật liệu, mức độ tự động hóa quá trình đập của máy mà ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng đập của máy đập.

Mức độ đập nghiền của máy đặc trưng bằng hệ số đập  $i$ :  $i = D/d$

D, d: Là kích thước vật liệu trước và sau khi đập (mm)

Trong công nghệ sản xuất xi măng đá đưa về nhà máy tùy thuộc vào công suất nhà máy, phương pháp khai thác mà có thể có kích thước đạt tới 1000- 1200mm. yêu cầu kích thước đá sau khi đập đến 10mm, vì vậy hệ số đập đá sẽ là  $i = 100-120$ . Do vậy để đập đá trong các nhà máy sản xuất xi măng thường sử dụng sơ đồ đập 2 hay 3 giai đoạn.

Sơ đồ đập đá 3 giai đoạn thường được sử dụng rộng rãi. Với sơ đồ này, đá được va kẹp hàm có kích thước đến 250mm, sau đó được đưa vào đập lần 2 ở máy đập búa. Đá sau khi đập lần 2 tiếp tục được đưa vào đập lần 3 trong máy đập búa, đập nón... đến kích thước  $\leq 25$ mm. khi đá đập lần 2 mà có kích thước từ 0-25mm thì ta không cần phải đập lần 3, sơ đồ đập đá khi đó là sơ đồ 2 giai đoạn

#### *5.3.2.1.2. Gia công đất sét và các nguyên liệu điều chỉnh khác*

Đất sét khi khai thác dùng cho phương pháp khô chuẩn bị hỗn hợp nguyên liệu thì không khai thác bằng phương pháp thủy lực để đảm bảo độ ẩm thấp. Thông thường sau khi khai thác đất có độ ẩm từ 12-18% được đem đến đập trục hay máy cắt thái làm nhỏ tùy theo loại đất, sau đó được đưa vào thiết bị sấy đến độ ẩm  $\leq 1-2\%$ . Độ lớn của cục đất sét đưa vào

nghiền khối liệu thường  $\leq 25\text{mm}$ . trong các nhà máy xi măng sử dụng công nghệ hiện đại, người ta không sử dụng thiết bị sấy riêng đất sét mà sử dụng phương pháp sấy nghiền đồng thời. khi sử dụng thiết bị sấy nghiền đồng thời cho phép sử dụng đất sét có độ ẩm thường từ 10-12%, đặc biệt có thể đạt đến 18%. Đất sét trước khi đưa vào thiết bị sấy cần phải gia công sơ bộ bằng máy đập trực, máy đập nón.

*\* Kho chứa và đồng nhất sơ bộ vật liệu*

Để khắc phục nhược điểm cơ bản của phương pháp khô chuẩn bị phối liệu sản xuất xi măng và sự dao động thành phần hóa học của nguyên vật liệu trong mỏ, giải pháp làm đồng đều các cấu tử của hỗn hợp nguyên liệu đã được sử dụng. trong giai đoạn gia công nguyên vật liệu, thông thường việc đồng nhất được thực hiện cho các cấu tử chính là đá vôi và đất sét. Từng cấu tử nguyên liệu được đưa vào hệ thống kho chứa kiểu dãi hay dãi tròn.

Phương pháp rải liệu thành dãi tương đối đơn giản và có chi thấp nên được sử dụng rộng rãi hơn. Phương pháp rải liệu hay được sử dụng nhất là phương pháp rải liệu kiểu mái nhà (phương pháp Chevron). Để rải liệu theo phương pháp này, thiết bị rải liệu trên hệ thống xe lăn di chuyển trên ray dọc dãi liệu. Mỗi lớp liệu được rải nằm chồng lên lớp kia dưới dạng chữ V ngược, chiều dày của mỗi lớp phụ thuộc vào tốc độ băng tải. Phương pháp này tuy đơn giản nhưng dễ xảy ra sự phân tầng nếu thành phần hạt của vật liệu không đồng đều. Để tránh hiện tượng phân tầng có thể sử dụng phương pháp rải theo luống. Theo phương pháp này, vật liệu được rải thành nhiều luống, luống nọ bên cạnh luống kia hay luống nọ nằm trên luống kia. Số luống càng nhiều thì sự đồng nhất về thành phần hạt càng cao. Tuy nhiên phương pháp này đòi hỏi thiết bị rải liệu phức tạp và giá thành cao. cần chú ý là trong kho đồng nhất kiểu dãi phải có ít nhất 2 dãi liệu cho mỗi loại vật liệu để một dãi liệu được dễ dàng đưa đi sử dụng, còn một dãi đang được rải để làm đồng nhất. kích thước và số lượng dãi liệu phụ thuộc vào công suất của nhà máy thông thường mỗi dãi liệu được hình thành và sử dụng hết trong thời gian 7-10 ngày. Chiều cao của dãi liệu phụ thuộc vào góc chảy của vật liệu và chiều rộng được chọn tùy thuộc vào chiều cao. Thông thường tỉ lệ giữa chiều dài và chiều rộng dãi liệu nhỏ nhất là 4:1.

Đá vôi, đất, phụ gia từ hệ thống kho đồng nhất đưa vào hệ thống bun ke, nhờ thiết bị định lượng theo tỉ lệ hỗn hợp nguyên liệu yêu cầu đưa vào nghiền khô trong máy nghiền đến độ mịn yêu cầu là 5-10% lượng sót sàng N<sup>o</sup>008. Máy nghiền sử dụng rộng rãi để nghiền khối liệu là máy nghiền bi. Khi sử dụng loại máy nghiền bi thông thường, đất cần sấy đến độ ẩm  $< 2\%$ . Hiện nay trong các nhà máy lớn sản xuất xi măng theo phương pháp khô thường sử dụng máy nghiền sấy đồng thời để nghiền hỗn hợp khối liệu. khi đó nguyên liệu không cần sấy trước, độ ẩm cho phép của nguyên liệu đưa vào máy nghiền bi từ 10-12% trường hợp đặc biệt lên đến 15-18%. Sản phẩm đã nghiền được tách ra khỏi dòng khí nhờ hệ thống cyclon, lọc bụi tay áo... nhiệt độ của khí vào máy nghiền  $\leq 300-400^{\circ}\text{C}$  và tiêu tốn điện năng để nguyên vật liệu (không kể tiêu tốn do vận chuyển, quạt...) là 12-16 kw/tấn sản phẩm. Năng suất của máy nghiền loại

này có thể đạt 50-100 tấn/h. đặc tính kỹ thuật của một số máy sấy nghiền bi liên hợp đưa ra ở bảng 5.7

Để nghiền phế liệu theo phương pháp thô có thể sử dụng chu trình nghiền kín hay nghiền hở, tuy nhiên chu trình nghiền kín hỗn hợp phối liệu có năng suất cao chất lượng tốt hơn. Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền phối liệu khô theo chu trình kín và hở đưa ra ở bảng 5.8 và 5.9.

Quá trình nghiền phối liệu trong máy sấy và nghiền đồng thời là quá trình nghiền có nhiều ưu điểm và được sử dụng nhiều trên thế giới. Hiện nay đối với các nhà máy xi măng dùng nhiên liệu rắn để nung clinker, máy sấy nghiền đồng thời cũng được sử dụng để sấy và nghiền than.

Hiện nay máy nghiền đứng công suất lớn được sử dụng rộng rãi để gia công nguyên liệu trong công nghiệp sản xuất clinker xi măng. Giới hạn thông thường của công suất sấy trong máy nghiền đứng từ 15-20%. **Sơ đồ công nghệ hệ thống nghiền mịn phối liệu trong máy nghiền đứng đưa ra ở hình 4.12. sơ đồ nghiền phối liệu sử dụng máy nghiền trục cán áp lực cao để nghiền sơ bộ đưa ra trong hình 4.13. sơ đồ mặt cắt phân xưởng nghiền phối liệu theo phương pháp khô sử dụng máy nghiền bi đưa ra ở hình 4.14**

#### *5.3.2.1.2. Điều chỉnh và bảo quản bột phối liệu*

Bột phối liệu sau khi nghiền được đưa đi điều chỉnh và bảo quản trong hệ thống silo. Để điều chỉnh, làm đồng đều và bảo quản bột phối liệu có thể sử dụng sơ đồ công nghệ khác nhau. Đối với sơ đồ 2 giai đoạn, ở tầng trên, bột phối liệu được đưa từ máy nghiền bi vào silo được khuấy trộn kỹ bằng không khí có áp lực từ 2-3at, sau đó kiểm tra các thông số. sau khi đã xác định được các tỉ lệ pha trộn đảm bảo thành phần hóa học yêu cầu thì tiến hành pha trộn. từ các silo tầng trên, bột phối liệu được đưa vào tầng dưới theo tỉ lệ tính toán sau đó được đưa vào khuấy trộn kỹ. Thời gian làm đều khối liệu từ 1-2 giờ. Đối với các nhà máy có công suất lớn, số silo điều chỉnh, làm đều và bảo quản thường từ 4-8 chiếc, với tổng dung tích từ 2.000-2.500 m<sup>3</sup>. Dung tích 1 silo khoảng 300 m<sup>3</sup>. Dung tích của các silo bảo quản và làm đồng nhất bằng khoảng 2-5 ngày sản xuất của nhà máy.

#### *5.3.3. Chuẩn bị hỗn hợp phối liệu theo phương pháp ướt*

Trong phương pháp ướt sản xuất xi măng, các loại nguyên liệu sử dụng cũng giống như phương pháp khô, nhưng yêu cầu về độ ẩm khác nhau do đó công đoạn chuẩn bị hỗn hợp nguyên liệu cũng có những điểm khác biệt.

##### *5.3.3.1. Gia công đá vôi, đất sét và các nguyên liệu điều chỉnh khác*

Gia công đá vôi và các nguyên liệu điều chỉnh khác trong phương pháp ướt sản xuất clinker xi măng poóc lăng cũng được chuẩn bị giống như phương pháp khô. Đất sét trong phương pháp ướt sản xuất clinker xi măng poóc lăng có độ ẩm khác nhau phụ thuộc vào phương pháp khai thác đất. Khi khai thác bằng cơ giới, độ ẩm của đất thường từ 12 – 20%, nếu khai thác bằng phương pháp thủy lực thì độ ẩm của bùn sét từ 40 – 50%. Đất sét khai thác về

cổ độ ẩm từ 10 – 20% được đưa qua máy đập trực để đập nhỏ và loại đá, sau đó được đưa vào bể bừa bùn chế tạo bùn sét.

Bể bừa bùn được cấu tạo bằng bê tông cốt thép 1, đáy và thành được lót bằng các tấm gang. Trên khung gang 2 có treo tự do máy cào bằng sắt 3 (có răng cào 4) gắn được trục ở chính giữa bể 5 và quay nhờ động cơ 6. Bể bừa bùn thường có dạng hình tròn hay lục giác, ở đáy có cửa tháo bùn và có lưới để tách các tạp chất hữu cơ, sỏi đá có lẫn trong đất sét. Lượng nước được đưa vào bể tương ứng với độ ẩm của bùn phối liệu từ 39 – 40%. Định kỳ người ta tháo bùn đưa vào bể chứa. Để tăng quá trình phân tán của đất sét thường sử dụng nước nóng để khuấy trộn cả 2 dạng này trong bể bừa bùn, sau đó bơm vào máy nghiền bi để nghiền phối liệu.

Theo năng suất của nhà máy mà bể chứa bừa bùn có kích thước khác nhau và dung tích bể bừa bùn có thể đạt tới 100 m<sup>3</sup> với công suất động cơ từ 15 – 50 kw. Sự phụ thuộc của năng suất bừa bùn vào kích thước của nó như sau:

Đường kính bể (m)	5	8	12
Năng suất ( tấn/giờ)	8	12	30

Các loại nguyên liệu sau khi gia công được đưa vào hệ thống dự trữ và bảo quản để đảm bảo độ đồng nhất coa và sự hoạt động liên tục của dây chuyền công nghệ. Trong thiết kế các nhà máy xi măng, chỉ tiêu dự trữ nguyên vật liệu mà sử dụng hệ thống bảo quản hợp lý. Với phương pháp ước sản xuất xi clinker măng poóc lăng, đá vôi sau khi đã đập được đưa vào kho dự trữ, còn bùn đất sét được đưa vào hệ thống bể dự trữ bảo quản.

### 5.3.3.2. Nghiền mịn hỗn hợp nguyên liệu

Đá vôi, đất sét, phụ gia theo tỉ lệ this toán trong bài toán phối liệu được định lượng để đưa vào máy nghiền mịn. Đây là một khâu quan trọng trong quá trình chuẩn bị hỗn hợp nguyên liệu sản xuất clinker xi măng. Quá trình nghiền mịn hỗn hợp nguyên liệu không những phải đảm bảo độ nghiền mịn tương ứng với lượng sót sàng N<sup>0</sup> 008 <= 10% mà còn có tác dụng làm đồng đều hỗn hợp nguyên liệu.

Để nghiền mịn phối liệu theo phương pháp ước thường sử dụng máy nghiền bi có từ 2 đến 4 ngăn, chiều dài máy L = 13 – 15 m, đường kính 2,2 ; 2,6 và 3,2 m. Năng suất máy nghiền bi phụ thuộc vào kích thước máy, tốc độ quay của máy, hệ số đổ đầy bi đạn và vật liệu trong các ngăn, độ mịn sản phẩm và chu trình nghiền. Chất lượng của sản phẩm nghiền phụ thuộc vào kích thước nguyên vật liệu ban đầu, lượng nguyên liệu và tie lrrj của các cầu tử, độ ẩm của nguyên vật liệu. Để đảm bảo cho máy nghiền làm việc đạt hiệu quả cao cần phải tiếp liệu và định lượng cho máy nghiền liên tục và đồng đều.

Để nghiền mịn phối liệu theo phương pháp ước có thể thực hiện theo chu trình kín hay chu trình hở. Trong chu trình kín nghiền mịn phối liệu thường sử dụng sàng rung cho phép tăng năng suất của thiết bị nghiền từ 20 -30% giảm tiêu tốn điện năng từ 15 – 20 %. Sơ đồ nghiền phối liệu theo chu trình hở và kín sử dụng máy nghiền bi theo phương pháp ước đưa ra ở hình 4.17 và 4.18.

#### 5.4. Nung hỗn hợp phối liệu

Để nung hỗn hợp nguyên liệu tạo thành clinker xi măng, người ta thường sử dụng lò quay, lò đứng. Tốc độ tạo thành clinker và nhiệt độ cần thiết để thiêu kết hỗn hợp nguyên liệu phụ thuộc vào thành phần hóa học của phối liệu.

Chất lượng của clinker xi măng không những phụ thuộc vào thành phần hóa học của nguyên liệu mà còn phụ thuộc vào dạng lò nung, dạng nhiên liệu sử dụng...

##### 5.4.1. Chuẩn bị nhiên liệu

Nhiên liệu sử dụng để nung clinker xi măng poóc lăng trong lò quay có thể nhiên liệu lỏng, nhiên liệu rắn và nhiên liệu khí. Khi lựa chọn nhiên liệu phải căn cứ vào nguồn nguyên liệu, số lượng nguyên liệu yêu cầu và nhiệt trị của nó, giá thành nhiên liệu và dạng lò nung.

Hiện nay ở nước ta, nhiên liệu rắn được sử dụng rộng rãi để nung luyện clinker xi măng poóc lăng. Nhiên liệu rắn thường được sử dụng là than cám Quảng Ninh. Tùy thuộc vào dạng lò nung mà yêu cầu về chất lượng than khác nhau.

Khi nung clinker xi măng poóc lăng trong lò quay, than được nghiền mịn đến lượng sót sàng N<sup>0</sup> 008  $\leq$  10 - 12%. Than yêu cầu có tính chất bốc lớn đến 30% tùy thuộc vào dạng lò nung được đưa vào lò nhờ vòi phun. Năng suất của lò quay và tiêu tốn nhiệt để nung clinker phụ thuộc vào nhiệt trị và độ nghiền mịn của than. Để nung clinker trong lò quay, hợp lý nhất là sử dụng than có hàm lượng tro  $\leq$  18%, hàm lượng chất bốc từ 17 – 22%. Than cám 3 Quảng Ninh đảm bảo về nhiệt trị, hàm lượng tro nhưng hàm lượng chất bốc thấp, vì vậy các nhà máy xi măng sản xuất theo phương pháp ướt thường sử dụng kết hợp với than Na Dương có chất bốc khá cao. Khi than nghiền thô thì quá trình cháy không hoàn toàn làm giảm chất lượng clinker và tăng lượng nhiên liệu tiêu tốn. Hiện nay các dây chuyền sản xuất theo phương pháp khô hiện đại, nhờ cải tiến hệ thống vòi đốt và công nghệ đốt nên đã cho phép sử dụng hoàn toàn than cám 4 Quảng Ninh nhưng yêu cầu độ nghiền mịn  $\leq$  6%.

Để nung clinker xi măng poóc lăng trong lò đứng cần phải dùng than có nhiệt trị cao, chất bốc nhỏ từ 3-6%. Than sử dụng để nung clinker xi măng poóc lăng trong lò đứng có thể được nghiền lẫn với bột phối liệu hay nghiền riêng sau đó trộn lẫn với bột phối liệu khi vê viên. Tuy nhiên, khi sử dụng than có nhiệt trị cao, chất bốc thấp thì tốt nhất là nghiền lẫn nhau với hỗn hợp nguyên liệu, vừa đảm bảo về thành phần hóa học, vừa đảm bảo quá trình cháy trong lò được tốt. Khi dùng than trộn với bột phối liệu thì yêu cầu độ ẩm than  $\leq$  6-7%, kích thước than  $\leq$  1mm. Hiện nay các nhà máy xi măng lò đứng thường sử dụng than cám 3 và cám 4 Quảng Ninh để nung luyện clinker xi măng poóc lăng.

Để chuẩn bị than cho lò quay nung clinker xi măng poóc lăng thường sử dụng các loại máy sấy nghiền đồng thời làm việc theo chu trình kín, nhiệt độ tác nhân sấy đưa vào máy sấy nghiền từ 150 – 300<sup>0</sup>C. Khi sử dụng các thiết bị sấy riêng biệt để sấy than, tùy thuộc vào độ ẩm ban

đầu của than, phương pháp sấy mà chọn nhiệt độ tác nhân sấy sẽ khác nhau. Việc lựa chọn sơ đồ nghiền than cần phải căn cứ vào dạng máy nghiền, loại than để đảm bảo có hiệu quả cao. Trong một số nhà máy sản xuất xi măng theo phương pháp khô ở nước ta, máy nghiền đứng đã được sử dụng để nghiền than. Sơ đồ nghiền than theo chu trình kín sử dụng máy nghiền bi đưa ra ở hình 4.20

Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền bi thường được sử dụng để nghiền than trong các nhà máy xi măng đưa ra ở bảng 5.10

Bảng 5.10. Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền bi nghiền than

Chi tiêu	Dạng máy			
	<u>278</u> 470	<u>375</u> 600	<u>375</u> 550	<u>370</u> 800
Kích thước của máy (mm):				
- Đường kính trung bình	2.870	3.400	3.750	3.700
- Chiều dài	4.700	6.000	5.500	8.000
Năng suất tấn/giờ	16	25	32	50
Số vòng quay của thùng v/ph	19	17.2	18	16.7
Công suất yêu cầu kW	550	800	950	2.460
Trọng lượng máy (Tấn)	67	143	108	176
Trọng lượng bi đạn (tấn)	35	56	70	105
Đường kính ống nối (mm)	800	1.000	1.150	1.100

5.4.1. Các quá trình xảy ra khi nung hỗn hợp nguyên liệu để chế tạo clinker xi măng poóc lăng

5.4.1.1. Quá trình biến đổi hóa lý của các nguyên liệu trong phối liệu dưới tác dụng của nhiệt độ

Khi nung hỗn hợp phối liệu đến nhiệt độ cao sẽ xảy ra các quá trình biến đổi phức tạp. kèm theo sự thay đổi thành phần khoáng và các tính chất lý học của hỗn hợp nguyên liệu sản xuất. Các quá trình hóa lý xảy ra trong phối liệu chuẩn bị theo phương pháp ướt hay phương pháp khô nói chung là giống nhau và có thể phân ra một số quá trình dưới đây.

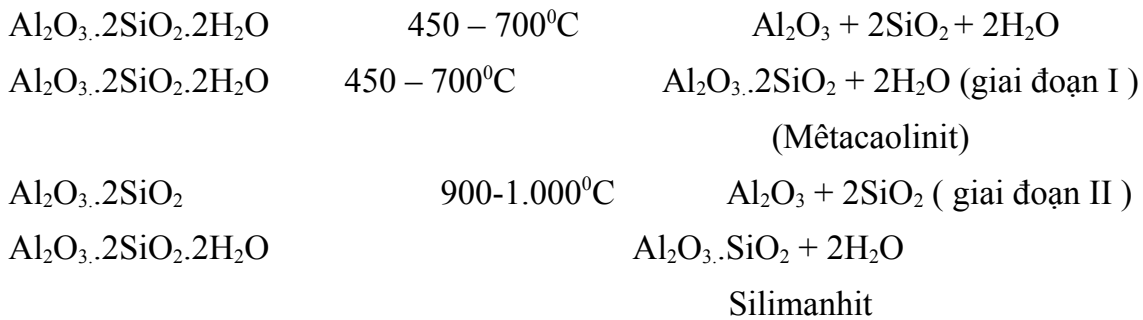
- *Sự sấy khô phối liệu*

Khi đốt nóng hỗn hợp phối liệu đến 100<sup>0</sup>C thì nước tự do bị bốc hơi, trong khoảng nhiệt độ 100 - 200<sup>0</sup>C thì nước hấp thụ và một phần nước kết tinh bị tách ra. Ở nhiệt độ 400 - 700<sup>0</sup>C, nước liên kết hóa học bị tách ra, kèm theo sự thay đổi của cấu trúc mạng lưới tinh thể

Trong phương pháp ướt sản xuất clanke xi măng poóc lăng bùn phối liệu với khí nóng do đó nhiệt độ ở bunn tăng nhanh đến 70-80<sup>0</sup>C. Khi bị đốt nóng, độ nhớt của bunn giảm đi do

sự giảm độ nhớt của nước và tăng độ linh động của các hạt huyền phù, vì vậy phá vỡ liên kết giữa chúng khi đó màng cấu trúc khuếch tán trên bề mặt các hạt chất rắn co lại và giải phóng một phần nước. Nhiệt độ tăng, độ nhớt của bùn phối liệu giảm làm tăng tính chảy của bùn. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ của bùn phối liệu, chuyển động nhiệt của các hạt chất rắn tăng lên làm tăng sự va đập của các hạt dẫn đến tạo thành hợp thể. Khi đó trong cấu trúc của bùn tạo thành các tập hợp lớn, xấp và hút vào trong đó một lượng nước tự do vì vậy làm tăng độ nhớt của hệ.

Các khoáng của đất sét như Kaolinit, Montmonilonhit...khi nung nóng trong khoảng nhiệt độ từ 50-100<sup>0</sup>C bị mất ẩm cơ học ở nhiệt độ 100 -300<sup>0</sup>C thì bị mất ẩm hấp phụ, các tinh thể hidro alumosilicat bị phân hủy một phần do bị tách một lượng nước kết tinh từ mạng lưới tinh thể của của chúng. Phần nước chủ yếu của mạng lưới tinh thể của các khoáng đất sét được tách ra ở nhiệt độ từ 400-600<sup>0</sup>C chỉ còn khoảng 2-3% nước liên kết hóa học tách ra ở 900-1.000<sup>0</sup>C. Sự tách nước từ mạng lưới tinh thể các khoáng đất sét trong khoảng nhiệt độ từ 400-500<sup>0</sup>C kèm theo sự giãn nở và hoạt tính của các khoáng đất sét, làm cho chúng có khả năng tác dụng hóa học mạnh lên các cấu tử khác. Khi mất nước hoàn toàn của khoáng đất sét, thành phần rắn là Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nSiO<sub>2</sub> đã bị phân hủy thành các oxit riêng biệt khi tăng nhiệt độ. Theo Varnaski.V và Belakin.DC, sơ đồ phân rã của caolinit có thể biểu diễn như sau:



Các tinh thể alumosilicat ngậm nước khi nung nóng bị thay đổi thể tích, mạng lưới tinh thể bị giãn nở trong khoảng nhiệt độ từ 200-500<sup>0</sup>C, sau đó bị co lại do sự tách các phân tử nước từ cấu trúc của chúng. Bề mặt rỗng của bột đạt giá trị cực đại ở 400-600<sup>0</sup>C và các tinh thể của khoáng tương có sự biến dạng cấu trúc lớn.

Khi nung nóng đá vôi hay đá phấn trong khoảng nhiệt độ từ 400-600<sup>0</sup>C, phản ứng thu nhiệt không thuận nghịch xảy ra chuyển argonhit thành canxit. Sự phân hủy canxit bắt đầu ở gần 600<sup>0</sup>C và biểu diễn theo phương trình:



#### *5.4.1.2. Nung hỗn hợp nguyên liệu chuẩn bị theo phương pháp ướt*

Sản xuất clinker xi măng theo phương pháp ướt thường sử dụng lò quay để nung hỗn hợp nguyên liệu. Lò quay nung clinker xi măng poóc lăng là hình trụ thép (vỏ lò), bên trong lót vật liệu chịu lửa. Chiều dài của lò từ 150-185 m, đường kính 3,5-5 m. Hiện nay, lò nung



clinker thường có dạng 3,6x150; 4x150; 4,5x170; 5x180 m đặc biệt đã có lò 7x 230 m có năng suất tới 3.000 tấn/ ngày đêm.

Lò gồm thân lò là hình trụ thép đặt trên bệ đỡ có góc nghiêng theo chiều dài là 3-4°. Trên thân lò có lắp các vành đai bánh răng để làm quay lò nhờ hệ thống dẫn động. Tốc độ quay của lò trong giới hạn 0,5 đến 1,2 vòng/phút và có thể thay đổi được. Ngoài ra lò quay còn có các trụ đỡ thủy lực, đầu nạp liệu và tháo liệu, thiết bị đo kiểm tra nhiệt độ của vỏ lò, thiết bị làm nguội vỏ lò...

Vỏ lò thường được hàn từ các đoạn ống riêng biệt có bề dày khác nhau phụ thuộc vào đường kính, chiều dài lò, chiều của nhịp, nhiệt độ đốt nóng, tải trọng phân bố và thường có chiều dày nằm trong giới hạn từ 20 đến 40 mm. Để đảm bảo độ cứng cao của thiết bị của vỏ lò ở chỗ gối tựa, các đoạn ống dưới vành đai có chiều dày 40 -100 mm.

Hệ thống dẫn động cho lò quay có thể đặt ở một bên hay hai bên phụ thuộc vào tổng công suất yêu cầu. Hệ thống dẫn động có hai loại chế độ. Khi lò quay, do lò được đặt nghiêng nên nó có xu hướng trượt xuống phía dưới. Để ngăn cản quá trình này, người ta sử dụng hệ thống trụ đỡ thủy lực. Với các lò quay hiện đại, người ta thường lắp thiết bị chuyên dụng để kiểm tra tự động nhiệt độ vỏ lò. Thiết bị này gồm có nhiệt kế quang học gắn trên xe lăn chuyển động dọc trên ray dọc theo vỏ lò.

Để bảo vệ thân lò khỏi tác dụng của nhiệt độ cao và giảm mất mát nhiệt của thân lò, người ta lót gạch chịu lửa bên trong. Tùy thuộc vào điều kiện nhiệt độ của từng vùng trong lò, tính bazơ của vật liệu nung mà người ta sử dụng gạch chịu lửa khác nhau ở vùng khác nhau. Gạch chịu lửa samôt, gạch cao alumin hay gạch magiêni... được sử dụng để lót lò. Vùng thiêu kết là vùng có nhiệt độ cao nhất nên chủ yếu sử dụng gạch chịu lửa crôm magiêni, vùng làm lạnh và vùng sấy thường sử dụng gạch samôt. Để tăng tính bền của tấm lót trong vùng thiêu kết, người ta sử dụng nước hay khí để làm lạnh thân lò, đồng thời tạo nên màng bảo vệ bền vững từ vật liệu nung bên trên bề mặt của tấm lót trong lò.

Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt giữa khí nóng và bùn phối liệu, người ta mắc xích trong lò có chiều dài từ 25÷40 m. Khí lò được lọc qua xích bởi ướt bằng bùn phối liệu và bùn được đốt nóng lên. Trong dôn xích, nhiệt độ khí lò không vượt quá 700÷800°C. Chiều dài xích có thể đạt >2 km. Để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt, có thể mắc xích trong lò theo kiểu thông, kiểu mắc vòng và mắc liên hợp. Đặc tính của một số lò quay phương pháp ướt đưa ra trong bảng 5.12.

Bảng 5.12. Đặc tính kỹ thuật của một số lò quay phương pháp ướt nung clinker

Thông số	Kích thước lò (m)		
	4×150	4,5×170	5×185

Năng suất lò khi độ ẩm bùn W= 36% (tấn/giờ)	35	50	75
Bề mặt bên trong lò, m <sup>2</sup>	1.700	2.230	2.730
Thể tích lò, m <sup>3</sup>	1.530	2.325	3.151
Năng suất riêng của lò, kg/m <sup>3</sup>	22	22,7	28
Tiêu tốn năng lượng, kW/tấn clanhke	26,1	25,4	25,5
Tiêu tốn nhiệt, kcal/kg clanhke	1.490	1.450	1.450
Chỉ số L/D	37,5	37,5	37
Dạng thiết bị trao đổi nhiệt	Lọc, đốt nóng xích trao đổi nhiệt		
Chiều dài mắc xích, (m)	32	36	40
Trọng lượng lò có trao đổi nhiệt, (tấn)	2.140	2.950	4.230
Góc nghiêng lò, (%)	4	4	3,5
Số vòng quay, vòng/phút	0,55-1,1	0,5-1,1	0,5-1,24
Công suất động cơ chính, kW	320	250/500	410/620

#### 5.4.1.3. Nguyên tắc làm việc của lò và các quá trình xảy ra trong lò nung

Bùn phối liệu từ bể dự trữ được bơm vào hệ thống định lượng đưa vào lò nung và chuyển động từ đầu lò xuống cuối lò. Ngược với chiều bùn phối liệu chuyển động trong lò, hỗn hợp than mịn và không khí được phun vào từ cuối lò, được đốt cháy và chuyển động từ cuối lò đến đầu lò. Trong quá trình chuyển động từ đầu lò đến cuối lò, vật liệu tiếp xúc với khí nóng, được đốt nóng dần lên đến khi hỗn hợp đạt nhiệt độ thiêu kết (ở nhiệt độ  $\approx 1450^{\circ}\text{C}$ ) tạo thành các hạt clinker kích thước 15÷20 mm. Sau khi qua vùng nhiệt độ cao, clinker được làm lạnh bằng không khí và đưa thiết bị làm lạnh nhanh ở nhiệt độ  $<1.000^{\circ}\text{C}$ , sau đó ra khỏi thiết bị làm lạnh ở nhiệt độ 50÷100<sup>0</sup>C và được đưa vào kho chứa. Không khí nóng sau khi làm lạnh clinker một phần được đưa vào đốt cháy nhiên liệu, còn lại một phần qua hệ thống lọc bụi rồi thải ra ngoài trời. Không khí nóng ra ở phía đầu lò được đưa qua hệ thống lọc bụi rồi thải ra ngoài qua ống khói có nhiệt độ  $\approx 100\div 150^{\circ}\text{C}$ .

Khi nung hỗn hợp nguyên liệu trong lò quay xảy ra các quá trình hóa lý phức tạp, từ hỗn hợp bùn phối liệu tạo thành các hạt clinker gồm các khoáng chủ yếu là C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF và pha thủy tinh.

Theo chiều dài của lò nung clinker xi măng poóc lăng theo phương pháp ướt có thể chia làm 6 vùng tương đối (hình 4.16) như sau.

#### Hình 4.16. Sự phân vùng của lò quay Phương pháp ướt

Vùng sấy (I): là vùng đầu tiên của lò có nhiệt độ vật liệu từ nhiệt độ thường đến 200<sup>0</sup>C. Đầu tiên bùn phối liệu từ thiết bị định lượng được đưa vào lò có nhiệt độ bằng nhiệt độ môi trường, gặp không khí nóng có nhiệt độ từ 300÷600<sup>0</sup>C, được đốt nóng dần lên và bay hơi nước, bùn phối liệu dần dần đặc lại, nhờ tác dụng khuấy đảo và trao đổi nhiệt của hệ thống xích mắc

trong đầu lò, bùn phối liệu bị phân rã thành các cục nhỏ và mất dần tính liên kết. Quá trình bay hơi nước của bùn kéo dài đến khi nhiệt độ vật liệu đạt khoảng 200°C.

Vùng đề hydrat (II): có nhiệt độ vật liệu từ 200÷700°C. Vật liệu từ vùng sấy đi sang tiếp tục được đốt nóng, khi nhiệt độ vật liệu >200°C thì quá trình mất nước hóa học của đất sét sẽ xảy ra, làm cho nó mất dần tính dẻo. Khi nhiệt độ đạt 700°C thì phối liệu mất hết tính dẻo và bị phân rã thành bột. Trong khoảng nhiệt độ từ 200÷700°C còn xảy ra quá trình cháy các tạp chất hữu cơ trong phối liệu, nhưng trong vùng này chủ yếu xảy ra quá trình đề hydrat hóa các khoáng đất sét, do đó vùng này được gọi là vùng đề hydrat hóa.

Hai vùng sấy và đề hydrat chiếm 50÷60% chiều dài của lò nung sản xuất clinker xi măng phương pháp ướt.

Vùng phân hủy (III): còn gọi là vùng đề cacbonnat hóa, có nhiệt độ vật liệu đạt 700÷1000°C, chủ yếu xảy ra quá trình phân hủy đá vôi tạo thành CaO và CO<sub>2</sub>. Khi nhiệt độ vật liệu đạt 800°C, quá trình phân hủy đá vôi bắt đầu xảy ra, nhưng tốc độ rất chậm. Nhiệt độ càng cao tốc độ phân hủy CaCO<sub>3</sub> càng nhanh và mạnh. Khi nhiệt độ vật liệu đạt 700°C trong phối liệu bắt đầu xảy ra các phản ứng vật chất trạng thái rắn, sự tạo thành các khoáng C<sub>2</sub>S, CA và CF xảy ra ở nhiệt độ khoảng 1000°C nhưng còn chậm. Do quá trình phân giải đá vôi là quá trình thu nhiệt nên nhiệt độ của vật liệu trong vùng này tăng chậm và vùng phân hủy có chiều dài tương đối lớn.

Vùng tỏa nhiệt (IV): có nhiệt độ vật liệu từ 1.000÷1.300°C. Trong vùng này chủ yếu xảy ra các phản ứng vật chất trạng thái rắn tạo thành C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF từ CA, CF ban đầu và các phản ứng tỏa nhiệt mạnh (đến 100kcal/kg clinker) nên vùng này được gọi là vùng tỏa nhiệt. Khi nhiệt độ vật liệu càng cao thì khả năng phản ứng vật chất trạng thái rắn tạo thành các khoáng càng mạnh. Tốc độ phản ứng tạo khoáng ở trạng thái rắn cũng tăng lên khi tăng độ nghiền mịn của phối liệu, độ đồng đều của phối liệu và độ hoạt tính của các cấu tử nguyên liệu càng cao. Cuối vùng tỏa nhiệt, khi nhiệt độ phối liệu đạt đến 1.300°C bắt đầu xảy ra hiện tượng nóng chảy các khoáng và thành phần dễ nóng chảy.

Vùng thiêu kết (V): là vùng có nhiệt độ cao nhất của lò nung và nhiệt độ vật liệu đạt từ 1.300÷1.450°C. Trong vùng này tiếp tục xảy ra quá trình phản ứng tạo C<sub>2</sub>S, đồng thời khi nhiệt độ ≥1300°C các khoáng C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF... bị nóng chảy tạo thành pha lỏng. Khi đó C<sub>2</sub>S và CaO sẽ hòa tan vào pha nóng chảy và kết hợp với nhau tạo nên C<sub>3</sub>S. Vì vậy ở nhiệt độ ≥1300°C bắt đầu xảy ra quá trình thiêu kết vật liệu nung. Khi nhiệt độ vùng thiêu kết càng cao, tốc độ tạo khoáng C<sub>3</sub>S càng lớn, quá trình thiêu kết của vật liệu xảy ra càng nhanh. Để quá trình liên kết của C<sub>2</sub>S với CaO tạo C<sub>3</sub>S được triệt để phải lưu vật liệu ở nhiệt độ thiêu kết 1.300÷1.450°C trong một thời gian nhất định. Thời gian lưu càng lâu, sự liên kết của C<sub>2</sub>S với CaO xảy ra càng hoàn toàn, kích thước tinh thể C<sub>3</sub>S càng lớn. Nhiệt độ thiêu kết tối ưu của vật liệu phụ thuộc vào tính chất của vật liệu ban đầu, sự tồn tại của các hợp chất khác trong nguyên liệu, độ nghiền mịn và độ đồng nhất của hỗn hợp phối liệu, tỉ lệ giữa các cấu tử ban đầu.

Để tăng tốc độ tạo thành clinker, nhất là clinker có hàm lượng  $C_3S$  lớn người ta thường sử dụng phụ gia khoáng hóa như  $CaF_2$ ,  $Na_2SiF_6$ ,  $MgSiF_6$ , quặng sắt, thạch cao... Các phụ gia này làm giảm nhiệt độ thiêu kết của vật liệu, giảm độ nhớt của chất nóng chảy, tăng tốc độ phản ứng tạo khoáng và có ảnh hưởng đến hình dạng và kích thước tinh thể của các khoáng tạo thành. Ví dụ khi sử dụng các muối phốt phát với hàm lượng  $0,5 \div 1\%$  trọng lượng clinker thì sẽ giảm nhiệt độ thiêu kết của hỗn hợp nguyên liệu từ  $100 \div 150^\circ C$ , giảm các hợp chất kiềm trong clinker.

Vùng làm lạnh (VI): có tác dụng làm nguội clinker từ  $1.300^\circ C$  xuống  $1.000 \div 1.100^\circ C$  bằng không khí trước khi đưa clinker đi vào thiết bị làm lạnh để thu hồi nhiệt và làm nguội đến nhiệt độ  $60 \div 100^\circ C$ . Khi clinker có nhiệt độ  $\leq 1300^\circ C$  đi vào vùng làm lạnh thì trong clinker vẫn tồn tại pha lỏng, do đó phản ứng tạo  $C_3S$  vẫn xảy ra. Khi nhiệt độ clinker giảm xuống, pha lỏng của chất nóng chảy dần dần bị cứng lại, một phần ở dạng thủy tinh và một phần ở dạng thủy tinh thể  $C_3A$ ,  $C_4AF$ ,  $MgO$ . Khi đó quá trình tạo  $C_3S$  chấm dứt. Mức độ kết tinh của chất nóng chảy phụ thuộc vào tốc độ làm lạnh clinker. Khi tốc độ làm lạnh càng nhanh, hàm lượng pha tinh thể kết tinh từ pha lỏng càng nhỏ, hàm lượng pha thủy tinh càng lớn đồng thời một phần  $MgO$  nằm trong pha thủy tinh nên không gây nên ảnh hưởng xấu đến chất lượng clinker. Mặt khác khi làm lạnh nhanh clinker xi măng làm giảm sự chuyển hóa của  $\beta C_2S$  và  $\gamma C_2S$ , do đó hạn chế hiện tượng nở và tăng cường độ xi măng.

Tóm lại, khi nung clinker xi măng trong lò quay có sự thay đổi thành phần của hỗn hợp nguyên liệu ban đầu, xảy ra các phản ứng tạo khoáng cơ bản trong clinker dưới tác dụng của nhiệt độ (bảng 5.13; 5.14).

Bảng 5.13. Thành phần khoáng trong phối liệu sản xuất clinker xi măng poóc lăng

Hợp chất	Khoáng
Cácbonát	Cancit ( $CaCO_3$ ); Argonit ( $CaCO_3$ ); Dolomit ( $CaCO_3.MgCO_3$ ); Ankerit ( $CaCO_3.(Mg,Fe)CO_3$ ); Magnesit ( $MgCO_3$ ); Siderit ( $FeCO_3$ )
Ôxít đơn	Thạch anh ( $SiO_2$ ); Cristobalit ( $SiO_2$ ); Hematit ( $Fe_2O_3$ ); Quặng sắt từ ( $Fe_3O_4$ )
Fenspát	Fenspat kali (Na, K) $Si_3O_8$ & các loại plagiocla (Na, K) (Si,Al) $Al_2SiO_8$
Silicát dạng tấm	Quặng mica & các nhóm clorua: (mica đen, mica trắng, clorua), quặng đất sét (cao lanh, montmorillonit, illit, palygorskit) và các silicat tấm (pyrophyllit)
Hyđrôxít	Al-hyđrôxít (bemit) Fe-hyđrôxít (gơ mit, limonit)
Sunfua & sunfát	Pyrit ( $FeS_2$ ), thạch cao khan ( $CaSO_4$ ); thạch cao ( $CaSO_4.2H_2O$ )
Florua	Canxi Florua ( $CaF_2$ )

Bảng 5.14. Quá trình biến đổi hóa học và tạo thành các khoáng trong clinker

Nhiệt độ, °C	Quy trình	Biến đổi hóa học
<100	Sấy, bỏ nước tự do	$H_2O (l) \rightarrow H_2O (g)$
100 - 400	Loại bỏ nước hấp thụ	
400 - 750	Phân hủy đất sét với sự hình thành metakaolinite	$Al_4(OH)_8Si_4O_{10} \rightarrow 2(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) + 4H_2O$
600 - 900	Phân hủy metakaolinite thành hỗn hợp ôxit tự do phản ứng	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \rightarrow Al_2O_3 + 2SiO_2$
600 - 1000	Phân hủy đá vôi và sự hình thành CS và CA	$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ $3CaO + 2SiO_2 + Al_2O_3 \rightarrow 2(CaO \cdot SiO_2) + CaO \cdot Al_2O_3$
800 - 1300	Lien kết vôi do CS và CA với sự hình thành $C_2S$ , $C_3A$ , $C_4AF$	$CaO \cdot SiO_2 + CaO \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2$ $2CaO + SiO_2 \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2$ $CaO \cdot Al_2O_3 + 2CaO \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3$ $CaO \cdot Al_2O_3 + 3CaO + Fe_2O_3 \rightarrow 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$
1250 - 1450	Lien kết vôi nhiều hơn với $C_2S$ để tạo thành $C_3S$	$2CaO \cdot SiO_2 + CaO \rightarrow 3CaO \cdot SiO_2$

5.4.3.3. Các biện pháp làm tăng hiệu quả quá trình sản xuất clinker xi măng theo phương pháp ướt

Khi sản xuất clinker xi măng theo phương pháp ướt, nhiệt lượng tiêu tốn thực tế cho 1 kg clinker nằm trong khoảng từ 1.400 – 1.800 kcal, nhưng theo lý thuyết thì khi điều chế 1 kg clinker từ đá vôi và đất sét cần tiêu tốn  $\approx 400$  kcal. Nguyên nhân chính gây nên sự tổn thất nhiệt lớn này là do độ ẩm của bùn phối liệu cao ( $W = 35 \div 42\%$ ). Thực tế cho thấy khi giảm độ ẩm của bùn phối liệu đi 1% thì năng suất lò tăng 1,5% và tiêu tốn nhiên liệu giảm từ 1 ÷ 1,5%. Vì vậy cần phải giảm độ ẩm của bùn phối liệu càng nhiều càng tốt nhưng phải đảm bảo độ linh động cần thiết của bùn khi vận chuyển. Để tăng hiệu quả trình nung luyện clinker xi măng theo

phương pháp ướt có hai biện pháp chính là sử dụng hiệu quả nhiệt khí thải của lò nung và giảm độ ẩm của bùn phối liệu.

Biện pháp sử dụng hiệu quả nhiệt khí thải được sử dụng rộng rãi trong thực tế sản xuất. Để tăng hiệu quả sử dụng nhiệt khí thải, người ta thường mắc xích trao đổi nhiệt trong lò quay, sử dụng thiết bị lọc - đốt nóng... Khi sử dụng các thiết bị này làm tăng sự truyền nhiệt giữa khí lò và vật liệu, tăng sự tiếp xúc của chúng nên nhiệt khí thải được sử dụng hiệu quả hơn. Ngoài ra để sử dụng hiệu quả hơn nhiệt khí thải, phương pháp bơm bùn vào lò dưới áp suất 4 ÷ 8 atm qua vòi phun đặc biệt đã được sử dụng, do đó làm tăng bề mặt tiếp xúc giữa khí nóng và bùn phối liệu, tăng nhanh quá trình trao đổi nhiệt.

Giảm độ ẩm của bùn phối liệu cũng là biện pháp được sử dụng để tăng hiệu quả của quá trình sản xuất clinker xi măng theo phương pháp ướt. Để giảm độ ẩm của bùn phối liệu nhưng vẫn đảm bảo độ linh động cần thiết để vận chuyển, các chất pha loãng như soda, thủy tinh lỏng, bã rượu sunphít, thải phẩm của sản xuất bitum,  $\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$  đã được sử dụng. Hàm lượng chất pha loãng đưa vào bùn phối liệu từ 0,15 ÷ 0,3% trọng lượng bùn khô có thể làm giảm độ ẩm của bùn từ 4 ÷ 8% mà vẫn đảm bảo độ linh động cần thiết.

Ngoài ra người ta còn sử dụng các thiết bị trao đổi nhiệt ngoài lò như máy cô đặc bùn, làm giảm độ ẩm của bùn đến 8 ÷ 12% cho phép tăng năng suất lò 20 ÷ 25%, giảm đáng kể tiêu tốn nhiên liệu. Khi đó hỗn hợp nguyên liệu sản xuất theo phương pháp ướt nhưng nung ở dạng bán khô nên gọi là phương pháp liên hợp sản xuất clinker xi măng.

#### 5.4.1.4. Nung hỗn hợp nguyên liệu chuẩn bị theo phương pháp khô

Nung hỗn hợp nguyên liệu chuẩn bị theo phương pháp khô có thể sử dụng lò quay hay lò đứng, tuy nhiên lò quay được sử dụng rộng rãi hơn cả. Trong quá trình nung clinker xi măng poóc lăng, các quá trình hóa lý xảy ra trong hỗn hợp nguyên liệu ở lò quay phương pháp khô cơ bản giống lò quay phương pháp ướt. Trong phương pháp ướt, tất cả các quá trình hóa lý này xảy ra trong lò quay, còn trong phương pháp khô chúng xảy ra cả trong hệ thống gia nhiệt ngoài lò và trong lò quay. Thực tế hệ thống gia nhiệt ngoài lò đã đảm nhiệm một phần chức năng của lò quay nung clinker. Vì vậy lò quay phương pháp khô ngắn hơn lò quay phương pháp ướt với cùng năng suất do vùng sấy, dehydrat hóa và có thể cả vùng decacbonat được thực hiện trong các thiết bị gia nhiệt ngoài lò. Như vậy khi nung phối liệu chế tạo clinker xi măng poóc lăng, trong lò quay phương pháp khô thực chất chỉ đảm nhiệm 3 hay 4 vùng là phân hủy cacbonat, tỏa nhiệt, thiêu kết và làm lạnh.

Hiện nay phương pháp khô sản xuất xi măng poóc lăng được sử dụng rộng rãi do có một số ưu điểm cơ bản như dây chuyền công nghệ ngắn hơn, diện tích xây dựng nhỏ hơn, tận dụng được tối đa nhiệt khí thải, tiêu tốn nhiệt để điều chế clanhke thấp, năng suất cao và lò nung ngắn. Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của lò quay nung clanhke theo phương pháp khô cơ bản giống lò quay nung theo phương pháp ướt. Tuy nhiên, tùy theo mức độ gia nhiệt ngoài lò mà chọn vật liệu lót lò cho phù hợp với các vùng mà lò phải đảm nhiệm.

#### 5.4.4. Lò quay phương pháp khô có hệ thống gia nhiệt lò

Sự phát triển nhanh của ngành công nghiệp sản xuất clinker xi măng theo phương pháp khô đã phát minh ra hệ thống gia nhiệt ngoài lò. Các lò quay với sự trợ giúp của các thiết bị gia nhiệt thường được sử dụng rộng rãi trong các lò nung clinker hiện đại. Thiết bị gia nhiệt ngoài lò làm tăng năng suất lò đến 30%, có khả năng tận dụng nhiên liệu phế thải, làm tăng tính ổn định của vật liệu chịu lửa, làm giảm khó khăn của quá trình vận hành lò nung, giảm lượng khí thải và nhiệt độ khí thải, sản xuất được xi măng có hàm lượng alkali thấp và giảm tiêu tốn nhiệt. Khi lò nung sử dụng thiết bị gia nhiệt hoàn hảo có thể đạt tiêu tốn nhiệt đến khoảng 725 kcal/kg clanhke.

Hệ thống gia nhiệt ngoài lò có nhiệm vụ tận dụng tối đa nhiệt khí thải và đốt nóng phối liệu đến nhiệt độ cao trước khi đưa vào lò nung. Với mục đích phân hủy đến hoàn toàn hợp chất cacbonat trong phối liệu trước khi đưa vào lò, các hệ thống gia nhiệt ngày càng được cải tiến và hoàn thiện. Trong công nghiệp sản xuất xi măng hiện nay sử dụng hai loại hệ thống gia nhiệt chính là hệ thống gia nhiệt xyclon (hệ thống xyclon trao đổi nhiệt) và hệ thống xyclon kết hợp với lò tiền nung. Ngoài ra trong công nghệ sản xuất xi măng theo phương pháp khô còn sử dụng hệ thống trao đổi nhiệt ngoài lò là thiết bị canxinator. Với lò quay sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt này, phối liệu cần phải tạo hạt, tiêu tốn nhiệt cao hơn so với hệ thống nung sử dụng xyclon trao đổi nhiệt.

##### 5.4.1.1. Hệ thống xyclon trao đổi nhiệt

Hệ thống xyclon trao đổi nhiệt là loại thiết bị trao đổi nhiệt ngoài lò được sử dụng rộng rãi trong công nghệ sản xuất xi măng. Trong hệ thống xyclon trao đổi nhiệt xảy ra quá trình sấy, dehydrat hóa và phân hủy một phần đá vôi của bột phối liệu ở trạng thái lơ lửng. Hệ thống xyclon trao đổi nhiệt thường dung là hệ thống xyclon 4 bậc hay 5 bậc.

Lò quay với thiết bị đốt nóng xyclon có mức độ phân hủy đá vôi trung bình 30- 35% và đạt được năng suất riêng  $1,5 \text{ tấn/m}^3 \times 24 \text{ giờ}$  của thể tích lò. Nhiệt độ khí thải là khoảng 330-350°C có hàm ẩm thấp (khoảng 8%), tiêu tốn nhiệt từ 800- 1.000 kcal/kg clinker phụ thuộc vào đặc tính của nguyên nhiên liệu, năng suất của lò nung.

Hiện nay các nhà máy sản xuất xi măng trên thế giới đang sử dụng rộng rãi một số hệ thống gia nhiệt xyclon như hệ thống Humboldt, hệ thống gia nhiệt của Liên Xô cũ...

Nguyên tắc làm việc: Bột phối liệu từ phễu chứa được tiếp liệu đưa vào giữa ống dẫn khí từ xyclon bậc III sang xyclon bậc IV. Tại đây xảy ra sự trao đổi nhiệt giữa bột phối liệu với không khí nóng ở trạng thái lơ lửng, do đó bột phối liệu bị đốt nóng và bốc ẩm. Nhờ tác dụng của xyclon trao đổi nhiệt, bột phối liệu được tách ra và lắng xuống đáy xycon, sau đó lại được đưa vào giữa ống dẫn khí đi từ xyclon bậc II sang xyclon bậc III và được dòng khí đưa vào xyclon bậc III. Tại đây cũng xảy ra quá trình trao đổi nhiệt giữa bột phối liệu và không khí nóng có nhiệt độ cao hơn, do đó vật liệu tiếp tục tăng nhiệt độ, bốc hơi nước hóa học của hỗn hợp nguyên liệu, sau đó bột phối liệu lại được tách ra khỏi dòng khí và lắng xuống đáy xyclon

III rồi lại được đưa vào giữa ống dẫn khí từ xyclon bậc I sang xyclon bậc II và được đưa vào xyclon bậc II. Như vậy bột phối liệu lần lượt được đi từ xyclon bậc IV sang xyclon bậc I còn không khí nóng thì ngược lại từ lò nung có nhiệt độ cao  $1.000 \div 1.100^{\circ}\text{C}$  được đi lần lượt từ xyclon bậc I đến xyclon bậc IV và trao đổi nhiệt với bột phối liệu ở trạng thái lơ lửng, do đó nhiệt độ giảm dần, đến khi ra khỏi xyclon bậc IV có nhiệt độ khoảng  $300 \div 350^{\circ}\text{C}$  và đi vào hệ thống lọc bụi và thải ra ngoài trời ở nhiệt độ  $t \approx 200^{\circ}\text{C}$ . Khi đi từ xyclon bậc IV đến xyclon bậc I, vật liệu được nung nóng dần lên, đầu tiên bị mất nước lý học, sau đó bị mất nước hóa học đến khi vào xyclon bậc I vật liệu có nhiệt độ khoảng  $800 \div 900^{\circ}\text{C}$  và bắt đầu xảy ra quá trình phân hủy đá vôi nhưng chậm, tiếp theo vật liệu được đưa vào lò. Tiêu hao nhiệt với loại lò nung có hệ thống xyclon trao đổi nhiệt khoảng  $800 \div 950$  kcal/kg clanhke.

Khi đi vào trong các xyclon, bột phối liệu được hòa trộn với không khí nóng, mỗi xyclon là một thiết bị gia nhiệt. Thông thường xyclon trên cùng thường là xyclon kép.

Trong hệ thống gia nhiệt xyclon, sự trao đổi nhiệt phụ thuộc vào bề mặt của nguyên vật liệu hay phụ thuộc vào kích thước của các hạt nguyên vật liệu. Để quá trình trao đổi nhiệt xảy ra nhanh và đồng đều, yêu cầu các hạt nguyên vật liệu có kích thước nhỏ và đều nhau. Nói chung thời gian đốt nóng nguyên vật liệu trong hệ thống xyclon là tương đối ngắn. Điều này phụ thuộc không những vào kích thước hạt vật liệu mà còn phụ thuộc vào loại nguyên vật liệu. Kích thước hạt càng lớn, thời gian gia công nhiệt càng lâu. Khi các hạt được tiếp xúc với không khí nóng ở trạng thái tầng sôi thì hiệu quả trao đổi nhiệt cũng tăng lên. Các hạt có kích thước hạt càng lớn thì khả năng tách ra khỏi dòng khí nóng càng cao.

Đối với hệ thống xyclon trao đổi nhiệt, đường kính của các xyclon có thể được xác định theo một nguyên tắc chung. Với hệ thống gia nhiệt xyclon Humboldt, các xyclon I, II, III có kích thước giống nhau. Chiều cao của phần ống trụ của các xyclon này là thấp vì trong các xyclon này mức độ lắng không phải là đòi hỏi quan trọng. Chỉ có xyclon bậc IV là đòi hỏi mức độ tách cao, vì vậy giai đoạn này luôn luôn bao gồm hai xyclon không phụ thuộc vào kích thước của thiết bị đốt trước. Sự giảm áp lực của thiết bị đốt trước nằm trong khoảng 55- 60 mbar. Hàm lượng bụi của khí thoát ra từ hệ thống đốt trước là khoảng 80- 115 gam/kg clanhke, có nghĩa là khoảng 10% khối lượng clanhke hay với nguyên liệu là khoảng 6% (hay tương đương với 50- 72 gam/kg nguyên liệu). Thể tích khí thoát ra của thiết bị đốt trước là khoảng 1,4 đến 1,5 m<sup>3</sup> tiêu chuẩn/kg clanhke.

Trong hệ thống trao đổi nhiệt xyclon, phần lớn quá trình truyền nhiệt thực hiện trong ống dẫn khí (đến 80%), chỉ có khoảng 20% lượng nhiệt trao đổi xảy ra trong các xyclon.

Lượng nhiệt của khí thoát ra ở hệ thống trao đổi nhiệt xyclon có thể sử dụng hợp lý cho quá trình sấy. Thời gian chuyển dịch của hạt vật liệu từ điểm vào đến lò quay khoảng 25 giây. Trong thời gian đó vật liệu được đốt nóng từ  $50^{\circ}\text{C}$  đến khoảng  $800^{\circ}\text{C}$ , trong khi không khí nóng giảm nhiệt độ từ  $1100^{\circ}\text{C}$  đến khoảng  $330^{\circ}\text{C}$ . Tốc độ của khí và vật liệu khoảng 20- 22m/s. Thời gian cho lắng vật liệu là cân bằng với thời gian đi qua ống. Kích thước của thiết bị gia nhiệt



được xác định dựa trên các nhân tố như thể tích khí và tốc độ khí trong ống dẫn khí. Kích thước của ống dẫn khí và của xyclon xác định theo công thức:  $Q^2/S^5 = \text{hằng số}$ .

Trong đó: Q – thể tích khí;

S – đường kính bên trong của ống dẫn hay xyclon.

Biểu đồ nhiệt độ của khí và vật liệu trong các giai đoạn của thiết bị gia nhiệt xyclon. Nhiệt độ của vật liệu vào lò nung tương đối cao cho phép làm giảm đáng kể kích thước của lò quay. Vì vậy tỷ lệ L/D của lò quay lấy bằng 14.

Với lò quay sử dụng thiết bị gia nhiệt Humboldt, nhiệt độ làm việc của khí, gạch chịu lửa và vật liệu lò quay có thiết bị làm lạnh kiểu hành tinh đưa ra trong hình 4.30. Năng suất riêng của lò quay có thiết bị gia nhiệt là từ  $1,75 \text{ tấn/m}^3 \times 24 \text{ giờ}$  đến  $2,3 \text{ tấn/m}^3 \times 24 \text{ giờ}$ . Với nhiệt độ vật liệu vào lò quay đạt tới  $800^\circ\text{C}$ , mức độ đêcacbonát khoảng 20%. Khi nhiệt độ vật liệu tăng lên, mức độ đêcacbonát tăng lên.

Kích thước của xyclon bốn bậc gia nhiệt nguyên liệu xác định theo công thức của viện nghiên cứu xi măng và thạch cao Liên Xô như sau:

$$D = 0,536 \times \{(V)^2 \times V_t \times \varepsilon / \Delta P\}^{1/4}$$

Trong đó: D – đường kính của xyclon, m;

V – thể tích khí đi qua xyclon,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$V_t$  – khối lượng thể tích của khí tại mỗi nhiệt độ,  $\text{kg/m}^3$ .

$$V_t = [V_o \times (273+t)/273] + K$$

Trong đó: K – nồng độ của bụi khí,  $\text{gam/m}^3$

$\varepsilon$  – hệ số giảm áp = 110;

$\Delta P$  – sự giảm áp trong xyclon, mm cột nước.

Với thiết bị gia nhiệt xyclon của Liên Xô, vận tốc khí trong ống dẫn chọn là 15–20m/s và sự giảm áp là 520 mm.W.Gm, nhiệt độ của khí thải là  $200^\circ\text{C}$  đến  $250^\circ\text{C}$ , tiêu tốn nhiệt là 950–1.000 kcal/kg clinker, tiêu tốn điện năng là 25 kWh/tấn clinker, mất mát bụi trong khí thải là 3% khối lượng clinker.

Kích thước thiết bị gia nhiệt càng nhỏ, nhiệt tiêu tốn càng lớn. Hệ thống trao đổi nhiệt Humboldt có năng suất 350 tấn có nhiệt tiêu tốn 920 kcal/kg clinker, nhưng với lò quay có thiết bị trao đổi nhiệt có năng suất 3.500 tấn/ngày chỉ tiêu tốn 740 kcal/kg clinker. Tiêu tốn năng lượng riêng của lò nung có hệ thống trao đổi nhiệt xyclon bốn bậc là 20–22 kWh/tấn clinker. Cân bằng nhiệt của một số lò quay có hệ thống gia nhiệt đưa ra trong bảng 4.15.

Nhiệt tiêu tốn lý thuyết yêu cầu có thể xác định theo công thức:

$$Q_{lt} = 4,11 \times A + 6,48M + 7,646C - 5,116S - 0,59F$$

Nhiệt tiêu tốn lý thuyết cho nung clinker có thể tính toán như sau:

$$Q_{cl} = 2,22A + 5,86Hh + 6,48M + 7,646C - 5,116S - 0,59F$$

A, C, S, Hh: là hàm lượng % của ôxít nhôm, canxi, silic, sắt, và lượng nước hóa hơi của phối liệu.

Bảng 5.15. Cân bằng nhiệt của một số lò quay có hệ thống gia nhiệt Humboldt

TT	Thành phần	kcal/kg cliker	%
1	Lò quay có hệ thống gia nhiệt Humboldt		
	Yêu cầu nhiệt theo lý thuyết	415	55,3
	Nhiệt của bụi trong khí đi ra	3	0,4
	Nhiệt để bốc hơi nước	5	0,7
	Nhiệt do khí mang ra	150	20,0
	Nhiệt đi ra do khí làm lạnh	78	10,4
	Nhiệt mang ra do clanhke đã làm lạnh	34	4,5
	Nhiệt do bức xạ và đối lưu		
	Lò quay và thiết bị bao che	37	5,0
	Thiết bị trao đổi nhiệt	25	3,3
	Thiết bị làm lạnh	3	0,4
Cân bằng nhiệt chia thành các nhóm sau			
1	Nhiệt hằng số quasi		
	Yêu cầu nhiệt lý thuyết	415	
	Nhiệt của bụi trong khí đi ra	3	56,4
	Nhiệt để bốc hơi nước	5	
2	Mất nhiệt do bức xạ xung quanh lò nung	37	5,0
3	Mất nhiệt xung quanh thiết bị trao đổi nhiệt		
	Nhiệt bức xạ	25	
	Nhiệt do khí mang ra	150	23,3
4	Mất mát nhiệt do thiết bị làm lạnh		
	Do khí mang ra	78	
	Do clanhke	34	
	Do bức xạ nhiệt	3	15,3

Thực tế cho thấy, khi sử dụng khí thải đi ra từ lò nung đưa vào hệ thống trao đổi nhiệt để đốt nóng phối liệu thì xảy ra hiện tượng làm tăng hàm lượng alkali trong clanhke sản xuất ra. Để điều chế xi măng có hàm lượng alkali thấp, người ta đã đưa ra nhiều mẫu thiết bị gia nhiệt cyclon cho hỗn hợp phối liệu. Sau đó khí sạch đi vào cùng khí chính. Bụi chứa alkali thường được loại bỏ hay tách ra. Mẫu thiết kế bố trí thiết bị gia nhiệt, trong đó khí đi qua đầu tiên được làm sạch trong cyclon, sau đó được dẫn vào thiết bị tách lắng bằng điện để lắng cuối cùng cũng

*Giáo trình Kỹ thuật sản xuất xi măng poóc lăng (Cement Portland) – Lưu hành nội bộ*  
 được sử dụng. Việc lựa chọn dạng thiết kế phụ thuộc vào thành phần hóa học của vật liệu cũng như vào thể tích khí thải. Với cách này người ta có thể lựa chọn chính xác hàm lượng alkali của khí thải từ lò quay.

Đặc tính kỹ thuật của một số dạng lò quay có xyclon trao đổi nhiệt đưa ra trong bảng 4.16.

Bảng 5.16. Đặc tính kỹ thuật của lò nung phương pháp khô có xyclon trao đổi nhiệt

Những thông số CB của lò	Liên Xô	CHLB Đức	Nhật Bản	
Kích thước lò, (m)	4×60	3,2×40	5,4×85	5,7×86
Năng suất lò, (tấn/giờ)	35	17	102	125
Nhiệt tiêu tổn riêng, kcal/kg clanhke	800-950	800	750-800	750-800
Số vòng quay, (vòng/phút)		1,5	1,3	1,3
Động cơ điện, kW	100		270	
Góc nghiêng, độ	3,5		3,5	
Số bộ gale	3	3	4	4
Lượng gió I, (m <sup>3</sup> /giờ)	14			
Áp lực gió, mm cột nước	330			
Tốc độ phun, m/s	58-64			
Lượng gió II, (m <sup>3</sup> /giờ)	17	14,4		
Hệ số dư không khí cuối lò	1,15	1,11		
Hệ số dư trước quạt khói	1,64	1,31		
Độ chân không đầu lò (mm cột H <sub>2</sub> O)	0,7			1,1
Độ chân không cuối lò, mm cột nước	2-6			5,4
Nhiệt độ khí ra khỏi lò, °C	960-1.050			1.004
Nhiệt độ khí ra khỏi xyclon, °C				
Xyclon bậc 1	810-830			
Xyclon bậc 2	700-720			807
Xyclon bậc 3	590-610			660
Xyclon bậc 4	370-400			550

Nhiệt độ trước quạt khói, °C	250-280			
Khí nóng ra khỏi máy làm lạnh, °C	215			233
Nhiệt độ clanhke ra khỏi máy làm lạnh, °C	100	82		100-130

#### 5.4.1.2. Hệ thống gia nhiệt sử dụng kết hợp xyclon với thiết bị tiền nung

Hệ thống lò nung với thiết bị gia nhiệt xyclon đã tận dụng được tối đa nhiệt khí thải để đốt nóng vật liệu trước khi đưa vào lò nung, tuy nhiên mức độ phân hủy đá vôi mới chỉ đạt từ 20-30%. Để có thể phân hủy hoàn toàn hợp chất cacbonát trong hệ thống gia nhiệt, người ta đã kết hợp hệ thống trao đổi nhiệt xyclon với tháp tiền nung (hay lò đốt trước). Với hệ thống gia nhiệt này có thể phân hủy một phần cacbonát hay phân hủy hoàn toàn cacbonát. Trong trường hợp thứ nhất, mức độ phân hủy giới hạn khoảng 60-65% với mức độ tiêu tốn nhiên liệu khoảng 25-30% trong thiết bị đốt trước. Khi sử dụng thiết bị đốt nóng phân hủy hoàn toàn, mức độ phân hủy có thể đạt 90-95% và tiêu tốn nhiên liệu trong hệ thống này là 60-65% lượng nhiên liệu sử dụng cho lò quay.

Một số lò nung có thiết bị tiền nung được sử dụng rộng rãi ở Nhật Bản, ở Châu Âu như IHI, RSP (Onoda cement), MFC (Mitsubishi), KSV (Kawasaki), Đ (Kobe), F.L Smidth, Humboldt-wedag, Polysius, Fives-Cail Babcock...

##### 5.4.1.2.1. Hệ thống gia nhiệt SF của IHI (IShikawajima-Harima).

Thực chất của hệ thống trao đổi nhiệt mới này hay quá trình gia nhiệt (IHI gọi là quá trình SF) là hầu hết sự decanxihóa (phân hủy đá vôi) của nguyên liệu xảy ra trong lò nung nhanh (Flash funace) với sự chênh lệch giữa nhiệt độ khí và vật liệu là thấp nhất. Quá trình nung clanhke xảy ra trong lò quay tương đối nhanh với thời gian lưu tương ứng. Trong thiết bị gia nhiệt bình thường, nguyên liệu chỉ được decacbonát khoảng 20%, vì vậy hai phần ba chiều dài lò nung là để phân hủy cacbonát và chỉ có 1/3 sử dụng cho nung clanhke. Trong quá trình nung, sự trao đổi nhiệt hiệu quả trong vùng nung của lò quay hầu như hoàn toàn do bức xạ, nhưng sự trao đổi nhiệt này là không có hiệu quả trong vùng lạnh hơn của lò quay. Quá trình trao đổi nhiệt có thể đạt hiệu quả kinh tế lớn hơn khi các hạt vật liệu ở trạng thái lơ lửng trong dòng khí. Quá trình SF giải quyết vấn đề này bằng việc tăng thêm lò nung nhanh (tháp tiền nung). Khi đó vật liệu được phân hủy đến 90% trước khi đưa vào lò nung. So với các lò nung có thiết bị gia nhiệt thông thường, nhiệt cung cấp cho lò quay có thể giảm đến 50%. Với thiết bị này, chỉ có khoảng 40% nhiên liệu là được đưa vào lò nung, còn lại 60% là đưa vào lò nung nhanh.

Do sự truyền nhiệt nhanh và mạnh từ khí đến các hạt vật liệu nên tránh được sự dính bết của vật liệu trên thành thiết bị. Mặt khác do khí đi ra từ lò được trộn lẫn với khí đi ra từ làm lạnh clanhke và lạnh đi trước khi đi vào nung nhanh, vì vậy các thành phần của khí thoát ra từ lò ngưng tụ trên các hạt vật liệu sau đó quay trở lại lò nung, bởi vậy tránh được sự kết dính trên tường của thiết bị đốt nhanh.

Tháp tiền nung (lò nung nhanh) gồm có buồng xoáy trộn (phân tháp) và buồng phản ứng (phần trên). Một phần chủ yếu của khí từ buồng hòa trộn thổi lên dọc theo thành tường của

buồng phản ứng cùng với chuyển động xoáy của các hạt vật liệu. Hỗn hợp khí và vật liệu này thực hiện nhiều lần trong quá trình đi lên ống dẫn khí ra ngoài. Do việc hòa trộn, vùng áp lực âm tăng lên dọc theo trục của buồng. Hỗn hợp nguyên liệu và nhiên liệu được đưa vào vùng áp lực âm này, vì vậy sự nhào trộn và phân tán của hỗn hợp nguyên liệu và các hạt nhiên liệu với khí xảy ra. Các hạt nhiên liệu được đốt cháy, nhiệt tạo ra được chuyển ngay cho các hạt vật liệu, do đó xảy ra quá trình phân hủy đá vôi đến 90%. Bởi vậy ngọn lửa phát sáng trong lò quay không nhìn thấy trong thiết bị canxino. Thực tế đến 90% nhiệt được truyền bởi lực đối lưu, chỉ khoảng 10% là do bức xạ.

Lò nung nhanh SF năng suất 3.500 tấn/ngày đêm có kích thước là 7,4 m, với lò 4.000 tấn/ngày đêm là 8,2 m. Thiết bị gia nhiệt IHI dung thiết bị canxiner SF có thể sử dụng nhiên liệu là dầu hay than nghiền mịn.

Một số thông số của thiết bị gia nhiệt SF như sau:

STT	Thành phần	Đơn vị	Giá trị
1	- Công suất: + Clanhke: + Tiêu tốn nhiệt:	tấn/ngày đêm kcal/kg clinker	2.000 760
2	- Lò quay: + Kích thước: + Tốc độ quay: + Mô tơ:	m vòng/phút mã lực	3,8×53,3 3,3-0,8 300
3	- Tháp trao đổi nhiệt: + Rộng: + Dài: + Cao:	m m	13,4 16,0 85,3
4	- Thiết bị làm lạnh clanhke: + Chiều rộng của ghi: + Chiều dài của ghi:	m M	2,4 20,4
5	- Quạt ID: + Công suất: + Áp lực: + Mô tơ:	m <sup>3</sup> /phút mm H <sub>2</sub> O mã lực	4.400 985 1.540

#### 5.4.1.2.1. Hệ thống gia nhiệt với thiết bị tiền nung F.L Smít

Thiết bị tiền nung của F.L Smít (FLS) được áp dụng cho điều kiện nguyên vật liệu khác nhau. Một số hệ thống nung trước đã được sử dụng trong các nhà máy xi măng trên thế giới

như thiết bị tiền nung FLS có ống đốt nóng hỗn hợp nguyên liệu riêng, hệ thống tiền nung FLS cho xi măng thấp alkali.

Thiết bị tiền nung FLS có ống đốt nóng hỗn hợp nguyên liệu riêng:

Hệ thống đốt trước này được đặc trưng bằng ống dẫn khí đặc biệt chuyên khí nóng từ thiết bị làm lạnh clanhke đến thiết bị nung riêng. Với các nhà máy có công suất lớn, thiết bị gia nhiệt hỗn hợp nguyên liệu khô được thiết kế như hai hệ thống. Không khí đi ra từ thiết bị gia nhiệt và khí đi ra từ lò quay được dẫn đến ống gia nhiệt riêng. Hệ thống này có ưu điểm như kích thước lò giảm đi đáng kể, thiết bị gia nhiệt có thể được cung cấp không khí nóng từ thiết bị làm lạnh có nhiệt độ khoảng 900°C và có thể kiểm tra được hoàn toàn không khí cháy, mức độ phân hủy đá vôi đạt 90-95%, thao tác thuận lợi, đảm bảo hoạt động ổn định của lò và dễ dàng tách ra clo, alkali và sunfua mà mất nhiệt không lớn.

Hệ thống nung trước FLS cho xi măng thấp alkali

Khi yêu cầu clinker có hàm lượng alkali thấp, người ta sử dụng hệ thống FLS hình 4.37. Khi đó quá trình nung trước được thực hiện trong một hệ thống gồm thiết bị đốt trước và thiết bị gia nhiệt 4 bậc làm việc hoàn toàn độc lập với khí lò nung. Khí thoát ra của lò nung không được sử dụng trong thiết bị gia nhiệt mà được làm lạnh và làm sạch trong thiết bị lọc bụi riêng. Hệ thống lò với thiết bị nung trước riêng biệt, khí thoát ra từ lò nung chứa tất cả các thành phần dễ bốc hơi trong vùng nung không được sử dụng cho thiết bị gia nhiệt. Hệ thống này yêu cầu tiêu tốn nhiệt cao hơn.

Trong quá trình nung clinker trong lò quay với hệ thống thiết bị gia nhiệt, các thành phần bốc hơi có sự chuyển động tuần hoàn. Tuy nhiên lò quay có thiết bị gia công nhiệt bốn bậc thông thường có sự tuần hoàn của các thành phần này lớn hơn so với hệ thống gia nhiệt có thiết bị nung trước không sử dụng khí thải đi ra từ lò nung. Như vậy clinker của hệ thống lò quay có thiết bị gia nhiệt không sử dụng khí thải đi ra từ đầu lò nung có hàm lượng alkali, clo và SO<sub>3</sub> thấp hơn.

Bảng 5.17. Đặc tính của hệ thống FLS cho xi măng thấp alkali

Năng suất tấn/24 giờ	1900	2800	3200	3800	4500	5200	6300	7200	8300	9400
Bậc 1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bậc 2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bậc 3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bậc 4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Số hệ thống	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K. thước cyclone										
Bậc 1 mm	4350	3950	4150	4350	4750	5000	5250	5500	6000	6600

Bậc 2-3-4 mm	6600	6000	6300	6600	6900	7200	7600	8000	8400	8800
Lò nung (m)										
D trong	3,95	4,35	4,55	4,75	5,0	5,25	5,5	5,75	6	6,3
L hiệu dụng	56	66	68	75	80	83	89	92	96	98
Loại thiết bị làm lạnh FOLAX	720	924	928	1030	1034	1040	1240	1244	1250	1350

Tháp tiền nung FLS được đưa ra trong hình 4.38. Đặc tính cơ bản của thiết bị nung trước này là trộn lẫn nguyên liệu và nhiên liệu trước khi trộn lẫn với không khí cháy. Thiết bị nung trước này có thể làm việc với tất cả các loại nhiên liệu. Không khí cháy đưa vào từ hệ thống thiết bị làm lạnh clanhke có nhiệt độ khoảng 900°C. Không khí trong thiết bị tiền nung có sự giảm áp từ đầu vào đến đầu ra của thiết bị là thấp. Phối liệu được đốt nóng đến nhiệt độ khoảng 750°C được nạp vào thiết bị nung trước qua ống dẫn ở phía dưới của thiết bị. Nhiên liệu được cung cấp vào qua phần hình côn của thiết bị và trộn lẫn với phối liệu. Sự cháy của nhiên liệu xảy ra ở đáy của thiết bị tiền nung. Nhiệt trong thiết bị nung trước một phần đốt nóng vật liệu đến nhiệt độ phân hủy đá vôi, một phần khác đẩy nhanh quá trình phân hủy. Mức độ phân hủy của đá vôi đạt 90-95% và có nhiệt độ nạp vào lò khoảng 900-950°C. Tiêu tốn nhiên liệu của thiết bị tiền nung khoảng 550 kcal/kg clanhke và ảnh hưởng đến mức độ phân hủy đá vôi và quá trình sản xuất clinker. Năng suất của lò nung phụ thuộc vào nhiều nhân tố như loại nhiên liệu, khả năng nung của hỗn hợp phối liệu, nhiệt độ nung... có thể dao động trong giới hạn nhất định. Kích thước của hệ thống đốt trước FLS với thiết bị đốt nóng riêng biệt đưa ra trong bảng 5.18.

Bảng 5.18. Kích thước của hệ thống FLS với thiết bị đốt nóng riêng biệt

Năng suất tấn/24 giờ	1900	2200	2800	3200	3800	4500	5200	6300	7200	8300	9400
Bậc trên cùng	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Bậc 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bậc 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bậc 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Số nhánh	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bậc trên mm	3150	3300	3450	3600	3950	4150	4350	4750	5000	5250	5500
Bậc 2-3-4 mm	4550	4750	5250	5500	6000	6300	6600	6900	7200	7600	8000
Lò nung (m)											
D trong	3,95	4,15	4,35	4,55	4,75	5,0	5,25	5,5	5,75	6,0	6,3
Ch. Dài hiệu quả	56	58	66	68	75	80	83	89	92	98	98
Loại	720	820	924	828	1030	1034	1040	1240	1244	1250	1350

#### 5.4.1.2.2. Hệ thống nung trước Pyroclon AG WEDAGHUBOLDT KHD

Hệ thống nung trước này sử dụng hai loại thiết bị nung trước là Pyroclon R thông thường và Pyroclon loại đặc biệt.

Việc sử dụng dạng thiết bị gia nhiệt này hay khác phụ thuộc vào các điều kiện khác nhau. Kích thước lò có thể giảm với việc tăng mức độ phân hủy thực hiện trong thiết bị gia nhiệt. Việc phân hủy gần như hoàn toàn có thể đạt được trong thiết bị gia nhiệt nếu 65% lượng nhiên liệu yêu cầu là cung cấp cho hệ thống gia nhiệt. Vì vậy diện tích cắt ngang của không gian lò quay có thể giảm đến 65-70%. Do đó với lò có năng suất đến 8.000 tấn/ngày đêm, đường kính lò nung không vượt quá 5,6 m. Tuy nhiên điều này yêu cầu chuyển không khí cháy từ làm lạnh clanhke trực tiếp đến thiết bị tiền nung, thể tích khí trong lò quay có thể cao. Sự giảm kích thước lò quay làm giảm đáng kể mất mát nhiệt do bức xạ, tuy nhiên nếu làm giảm kích thước lò thấp hơn kích thước tối thiểu thì hiệu quả lại giảm đi. Ví dụ nhà máy thiết kế với năng suất 1.500 tấn/ngày đêm, với 65% nhiên liệu được cung cấp cho thiết bị tiền nung, đường kính lò là 3,2 m và một phần không khí làm lạnh clanhke được cung cấp cho thiết bị tiền nung. Loại thiết bị này chỉ ra đường nhiệt trong vùng nung không thuận lợi biểu thị bằng kcal/m<sup>2</sup> lò nung, không giảm được vốn đầu tư do ống dẫn khí cách nhiệt yêu cầu giá đầu tư cao.

Với thiết bị nung trước Pyroclon có thể sử dụng nhiên liệu rắn, nhiên liệu lỏng và nhiên liệu khí. Với các nhà máy xi măng có năng suất từ 1.000 đến 8.000 tấn/ngày đêm, tiêu tốn nhiệt phụ thuộc vào kích thước nhà máy, lượng nhiên liệu. Nhiệt tiêu thụ tối thiểu có thể đạt được với các nhà máy có năng suất 4000-5000 tấn/ngày đêm, với kích thước lò 4,8 đến 5 m, tải trọng nhiệt  $W_E$  của vùng nung là  $4,7.10^6$  kcal/m<sup>2</sup>.giờ.

#### 5.4.1.2.3. Thiết bị tiền nung KSV của Kawasaki (Nhật Bản)

KSV (Kawasaki Spuoted beb and Voutex chamber) là hệ thống thiết bị phân hủy cacbonat canxi đã được phát triển bởi ngành công nghiệp nặng Kawasaki, Nhật bản.

KSV gồm lò nung canxino đặt ở phần bên dưới của thiết bị gia nhiệt (SP). Lò nung này là sự kết hợp của hệ thống vòi phun và buồng xoáy. Trong hệ thống này, quá trình phân hủy xảy ra hầu như hoàn toàn trong hệ thống gia nhiệt làm việc kết hợp với thiết bị tiền nung KSV. Thiết bị KSV làm tăng công suất lò quay 2- 2,5 lần so với thiết bị SP thông thường. Chiều dài của lò quay có thiết bị KSV ngắn hơn khoảng 37% so với lò quay có thiết bị SP. Hình 4.42 chỉ ra sơ đồ của thiết bị tiền nung KSV.

Buồng phun gồm ống thắt và buồng dạng xilanh nạp vật liệu vào thiết bị. Buồng xoáy là phần mở rộng buồng vòi phun. Trong buồng xoáy có hai cửa: một đưa không khí từ lò nung, một dẫn khí từ thiết bị làm lạnh và nguyên liệu từ cyclon C2 đi vào. Trong thiết bị KSV, tốc độ dòng khí trong ống dẫn khoảng 20-30m/s, khi đi vào phần buồng phun, tốc độ khí chỉ khoảng 5- 10m/s.

Một phần của hỗn hợp nguyên liệu được thổi từ buồng phun vào buồng xoáy nhào trộn ngay lập tức với khí lò có nhiệt độ 1.000-1.100 từ lò quay đi vào phần thấp nhất của buồng



*Giáo trình Kỹ thuật sản xuất xi măng poóc lăng (Cement Portland) – Lưu hành nội bộ*  
 xoáy. Tại đây xảy ra quá trình phân hủy đá vôi. Hỗn hợp vật liệu đã phân hủy được dòng khí đưa lên phần trên của buồng xoáy. Để hiệu quả nhào trộn tốt hơn, khí phụ có thể đưa vào phần thấp của buồng phun. Một số đặc tính kỹ thuật của hệ thống tiền nung KSV đưa ra như sau:

Bảng 5.19. Một số đặc tính kỹ thuật của hệ thống tiền nung KSV

TT	Thành phần	Đơn vị	Giá trị
1	- Thiết bị tiền nung của Kawasaki, Nhật bản + Công suất: + Kích thước: + Số lượng:	tấn/ngày đêm m cái	8.500 6,8 x 17,7
2	-Xyclon + Xyclon 1: 2 cái +Xyclon 2: 4 cái + Xyclon 3: 2 cái + Xyclon 4 (xyclon phía trên): 4 cái	m m m m	9,5 6,2 8,3 5,1
3	-Lò quay cung cấp bởi Ubeconsan + Năng suất +Kích thước + Góc nghiêng	tấn/ ngày đêm m %	8.400 6,2 x 105 4,5
4	-Thiết bị làm lạnh FULLER thẳng đứng + Bề mặt làm lạnh: 240 + Năng suất	tấn/ngày đêm	240 10.000
5	Các số liệu làm việc: -Công suất -Phân chia đầu nặng: + Lò quay: + KSV: -Phân hủy đá vôi tại ống dẫn ra từ lò:	tấn/ngày đêm % % %	8.920 985 41 59 85- 90
<b>Cân bằng nhiệt:</b>			

- Nhiệt cung cấp: + Nhiệt cháy của nhiên liệu và khí thải: + Nhiệt mang vào do nhiên liệu: + Nhiệt do vật liệu mang vào:	Kcal/kg clanhke	745 3,1 5,0
Tổng cộng:	Kcal/kg clanhke	753,1
- Nhiệt chi: +Nhiệt lý thuyết để nung clanhke + Nhiệt của clanhke: + Nhiệt của khí làm lạnh clanhke: + Nhiệt bốc âm trong nguyên liệu: + Nhiệt của khí thoát ra:	Kcal/kg clanhke	425,4 14,8 98,9 2,7 154,0

#### 5.4.1.2.3.Hệ thống kS-5 của công tu Kawasaki Nhật Bản

Đây là hệ thống gia nhiệt 5 giai đoạn mới của Kawasaki tiêu tốn nhiệt năng và năng lượng thấp dựa trên nguyên tắc như của hệ thống KSV. Đặc điểm nổi bật nhất của hệ thống này là việc sử dụng xyclon nằm ngang cho các giai đoạn trung gian thay thế các xyclon thông dụng. mỗi giai đoạn có cấu tạo liên hợp, vì vậy sự mất nhiệt do bức xạ có thể giảm đi đến một nửa so với xyclon thông thường. tốc độ của dòng khí trong xyclon nằm ngang có thể gấp 2-3 lần so với biểu đồ bình thường (4-4,5m/s), vì vậy đường kính xyclon có thể bằng khoảng 70% đường kính xyclon thẳng đứng, do đó giảm được chiều cao của xyclon. Với hệ thống này cho phép tiết kiệm đến 4% nhiên liệu, nhiệt độ khí thải thấp hơn khoảng 40<sup>0</sup>c, vì vậy tiết kiệm được nhiệt. tiêu tốn năng lượng của quạt ID giảm khoảng 0,44 kw giờ/kg clanhke.

#### 5.4.2.Thiết bị canxinato

Thiết bị canxinato là thiết bị trao đổi ngoài lò quay nung clinker xi măng làm nhiệm vụ chính là sấy và đề hydrat hóa phối liệu dạng viên trước khi đưa vào lò nung. Phối liệu đưa vào lò thường có độ ẩm từ 12-14%, kích thước viên từ 10-30 mm. để tạo hạt phối liệu có thể sử dụng máy tạo hạt hình đĩa hay hình ống.

#### 5.4.3. Làm lạnh clanhke trong thiết bị làm lạnh

Clinker trong lò quay ra khỏi lò nung có nhiệt độ xấp xỉ 1.000<sup>0</sup>c được đưa vào thiết bị làm lạnh để thu hồi nhiệt và làm lạnh đến nhiệt độ gần 100<sup>0</sup>c để đưa vào kho ủ. Tốc độ làm lạnh clinker trong thiết bị làm lạnh có ảnh hưởng lớn đến chất lượng clinker. Khi làm lạnh càng nhanh thì chất lượng clinker càng cao.sau khi được làm nguội, clinker được đưa vào kho ủ băng tải xích, gầu nâng.

Trong công nghiệp xi măng có 4 dạng thiết bị làm lạnh là dạng lò quay, dạng hành tinh, dạng ghi (dàn làm lạnh) và dạng đứng. làm lạnh kiểu lò quay hay kiểu hành tinh không có quạt,

nhưng dòng khí được đưa vào bởi khí thải của lò. Khối lượng khí cần thiết để làm lạnh clinker là nhỏ (khoảng 0,9m<sup>3</sup>/1kg clinker). Hiện nay các nhà máy xi măng có công suất lớn thường sử dụng thiết bị làm lạnh kiểu dàn, tác nhân làm lạnh là không khí. Sau khi thổi vào làm lạnh clinker, nhiệt độ không khí tăng lên và một phần để đưa vào lò để đốt cháy nhiên liệu. đối với phương pháp khô một phần không khí sau khi làm lạnh được đưa vào xyclon trao đổi nhiệt, phần còn lại được đưa Sang sấy nghiền nhiên liệu. Đối với phương pháp ướt thì phần còn lại đưa qua hệ thống lọc bụi sau đó đưa đi sử dụng cho các mục đích khác hay thải ra ngoài trời. Đối với phương pháp khô sản xuất xi măng, khối lượng không khí cần tiêu tốn để làm lạnh 1 kg clanhke khoảng 2- 2,4m<sup>3</sup>. do lượng khí thải lớn sẽ phải đưa ra ngoài trời, vì vậy mất mát sẽ lớn và yêu cầu có thiết bị làm lạnh sạch. Yêu cầu nồng độ bụi trong khí thải không được vượt quá 2 gam/m<sup>3</sup>. vì vậy trong phương khô sản xuất xi măng người ta thường sử dụng thiết bị lọc bụi xyclon và lọc bụi điện trường.

Thiết bị làm lạnh tốt phải đảm bảo làm lạnh clinker đến nhiệt độ thấp nhất nhưng tiêu tốn không khí nhỏ và được đánh giá thông qua hiệu quả trao đổi nhiệt của thiết bị làm lạnh. Phụ thuộc vào loại thiết bị làm lạnh và tiêu tốn nhiệt trong lò nung, hệ số nhiệt của thiết bị làm lạnh trong phương khô dao động từ 60-80%. Trong các thiết bị làm lạnh, nhiệt độ của clinker có thể giảm khi đưa vào một lượng nước nhỏ. Nếu phun vào khoảng 25g nước cho một kg clanhke, nhiệt độ clinker có thể giảm đến 50<sup>0</sup>c nhưng lại làm tiêu tốn nhiệt do nhiệt độ của khí 2 giảm cung như do tăng khối lượng khí thải.

Việc lựa chọn thiết bị làm lạnh được dựa trên cơ sở công nghệ nung sử dụng, năng suất của lò, giải thành của thiết bị làm lạnh, trình độ chuyên môn của công nhân và đặc tính của nguyên liệu sử dụng. trong các thiết bị làm lạnh, dàn làm lạnh có năng suất cao nhất, tuy nhiên nó cũng là thiết bị phức tạp và khó khăn nhất cho việc vận hành và sửa chữa.

Bảng 5.20. Đặc tính kỹ thuật của máy làm lạnh kiểu dàn volga

Các thông số cơ bản	Volga35c	Volga50c	Volga75c	Volga125c
Năng suất clanhke, tấn/giờ	35	50	75	125
Kích thước máy, m	23,5	23,5	23,5	32,2
- Dài	9,3	10,2	11,5	11,9
- Rộng	5,7	5,6	6,4	7,8
Tổng trọng lượng, tấn (không kể thiết bị điện)	212,6	238	409	450
Bề mặt dàn, m <sup>2</sup>	43,1	58	83,5	144,5
Bề mặt thoát ( tiết diện lỗ), %	10	12	10	10
Công suất động cơ chuyển, kw	18x2	13x2	25x2	25x2
Vận chuyển băng xích	1	2	2	3

Năng suất băng, tấn/giờ	40	30	40	60
Tốc độ băng, m/s	0,2	0,2	0,2	0,2
Công suất động cơ, kw	14	14	14	14
Máy đập búa để đập clanhke				
- kích thước cửa nạp,mm	125x330	1250x400	1250x400	1250x400
- đường kính roto,mm	650	650	650	1040
- công suất động cơ,kw	28	28	28	28
quat cao áp	BBD-11y	BBD-11Y	BBD-11Y	BD-12
- năng suất quat, m <sup>3</sup> /giờ	14.000	14.000	17.000	35.000
- áp lực quat5mm cột nước	670	670	600	390
	55	55	55	55
- công suất động cơ, kw	1460	1460	1460	980
- số vòng quay, vòng/phút	BD-18	BDH!8	CDH18	BDH18
quat không khí chung	100.000	140.000	200.000	200.000
- năng suất, m <sup>3</sup> /giờ	320	300	310	300
- áp lực,mm cột nước	160	160	250	250
- công suất động cơ,kw	590	980	980	985
- Số vòng quay, vòng/phút	Xyclon tổ hợp D18	Xyclon tổ hợp D20	Xyclon tổ hợp D20	Xyclon tổ hợp D21
Thiết bị lọc bụi				
Quạt ống khói				
-năng suất quạt, m <sup>3</sup> /giờ	1200.000	140.000	200.000	300.000
-áp lực quạt ở 200 <sup>0</sup> c, mm cột nước	200-250	200-250	250-300	220
-công suất động cơ, kw	160-200	160-200	160-320	320
-số vòng quay, vòng/phút	590	590	590-740	740

Bảng 5.21. Đặc tính kỹ thuật của một số thiết bị làm lạnh.

Các thông số cơ bản	lò quay		Dàn làm lạnh
---------------------	---------	--	--------------

		Dạng hành tinh	Dạng nghiêng	Dạng nằm ngang	Dạng liên hợp
Năng suất, tấn/ngày đêm	500-3000	đến 5000	đến 2500	đến 2500	1000
Tiêu tốn năng lượng kw giờ/tấn	4	2,5	6	6	6
Tải trọng tấn/m <sup>2</sup>			55	30	50
Clanhke 0°C	160-210	120-200	90-130	100-140	80-110
Khí làm lạnh m <sup>3</sup> /kg	0,85	0,85	2-2,5	2,2-2,7	2-2,2
Khí hai, °C	800-870	700-750	800-850	780-820	840-900
Khí ra			200-250	240-280	240-280
Khí ra m <sup>3</sup> /kg			1,1-1,6	1,3-1,8	1,1-1,3
Tiêu nhiệt, kJ/kg					
Khí hai	1006	922	1006	964	1006
clacnhke	168	126	67	84	67
Đổi lưu và bức xạ	210	293	25	25	25
Khí ra			419	503	377
Nước	25				
Hiệu quả nhiệt	71	69	66	61	68

### 5.5. Nghiền xi măng poóc lăng

Nghiền xi măng poóc lăng có vai trò quan trọng trong quá trình sản xuất xi măng poóc lăng. Khi sử dụng công nghệ nghiền tiên tiến, không những làm giảm chi phí năng lượng nghiền mà còn làm tăng chất lượng xi măng. Điều này cho thấy ảnh hưởng quan trọng đến độ mịn của xi măng.

Mục đích của công đoạn nghiền xi măng đặt ra là giảm tiêu hao năng lượng khi nghiền, tăng hiệu quả sử dụng máy nghiền và đảm bảo chất lượng xi măng.

Chất lượng sản phẩm là thông số quan trọng nhất đặt ra để chúng ta làm cơ sở lựa chọn công nghệ và thiết bị cho quá trình nghiền. chất lượng xi măng không những được quyết định bởi thành phần khoáng của clinker xi măng poóc lăng, mà còn phụ thuộc rất nhiều vào độ mịn. điều này lý giải vai trò của quá trình nghiền xi măng.

#### 5.5.1. Ảnh hưởng của độ mịn đến tính chất của xi măng

Tính chất của xi măng được quyết định không những bởi thành phần khoáng và thành phần hóa học của clinker xi măng, hình dạng và kích thước tinh thể, hàm lượng phụ gia và loại

phụ gia mà còn bị ảnh hưởng của độ mịn của xi măng, thành phần hạt và hình dạng của nó. Khi độ mịn của xi măng tăng, tốc độ đông kết và tăng cường độ xi măng tăng tới khi tỉ diện của xi măng đạt 7000- 8000 cm<sup>2</sup>/gam. Khi độ mịn vượt qua giới hạn này làm giảm cường độ xi măng vì khi đó các hạt xi măng quá mịn sẽ bị hidrat hóa rất nhanh, do đó ảnh hưởng xấu đến sự rắn chắc của hệ.

Theo tiêu chuẩn Việt Nam, các loại xi măng khác nhau yêu cầu độ nghiền mịn khác nhau. Với xi măng poóc lăng thường, độ mịn yêu cầu là lượng sót sàng N<sup>0</sup>-008 với xi măng PC30, PC40 không lớn hơn 15 và PC50 không lớn hơn 12%. Với xi măng trắng độ mịn yêu cầu là không lớn hơn 12%.

Thành phần hạt và hình dạng có ảnh hưởng đến tốc độ đông kết và cường độ của xi măng. Cường độ của xi măng trong ngày rắn chắc đầu tiên được quyết định bởi các hạt xi măng có kích thước < 5µm, loại hạt kích thước từ 5÷10µm quyết định cường độ xi măng sau 28 ngày rắn chắc. Các hạt xi măng có kích thước ≥ 20µm quyết định cường độ xi măng rắn chắc > 1 tháng. Xi măng sẽ rắn chắc nhanh và đồng đều khi có thành phần hạt như sau:

- Loại hạt 5µm ≤ 20 %
- Loại hạt ÷ 10 µm = 40 ÷ 45 %
- Loại hạt 20 ÷ 45 µm = 20 ÷ 25%
- Loại hạt > 40 µm = 15 ÷ 20 %

Khi nghiền xi măng với độ mịn giống nhau trong các máy nghiền khác nhau, độ hoạt tính của xi măng sẽ khác nhau là do hình dạng của chúng khác nhau. Xi măng nghiền trong máy nghiền bi rung có độ hoạt tính lớn nhất, còn máy nghiền lệch tâm có độ hoạt tính nhỏ nhất.

Vì vậy đối với một loại hạt clanhke xi măng nào đó, nếu nghiền đến độ mịn cao và thành phần hạt hợp lý thì sẽ tạo được xi măng có cường độ cao nhất. ảnh hưởng của thành phần hạt và bề mặt riêng đến độ hoạt tính của xi măng được đưa ra ở bảng 5.21.

Bảng 5.21. Ảnh hưởng của thành phần hạt và bề mặt riêng đến độ hoạt tính của xi măng poóc lăng

Bề mặt riêng cm <sup>2</sup> /g	hàm lượng SO <sub>3</sub> %	Hàm lượng hạt % với kích thước (µm)						Giới hạn cường độ khi nén sau: (KG/cm <sup>2</sup> )			Mác xi măng
		0-5	5-10	10-20	0-10	0-20	80	1 ngày	3 ngày	7 ngày	
2300	2	2	14	27	16	43	7	150	510	645	600
2800	2	7	14	31	21	52	4	207	540	740	700
4300	2,6	9	25	29	34	63	2,5	330	620	730	700
6000	3,2	19	28	35	47	82	1	380	660	802	800

Nếu coi máy phân ly là lý tưởng, có nghĩa là hàm lượng hạt thô ra khỏi máy phân ly không chứa hạt nào có thể lọt qua sàng, vì vậy với chu trình kín có thiết bị phân ly có lượng sót sàng 100% hay  $R_g = 1$ . Khi đó tiêu hao năng lượng nghiền có thể biểu diễn theo phương trình:

$$E_{si} = C \cdot W \log R_v / R_m$$

Mức độ giảm năng lượng nghiền tương đối của máy nghiền làm việc theo chu trình kín có thể biểu diễn theo công thức:

$$B = (E_s - E_c) : E_s$$

Khi máy phân ly là phân ly lý tưởng, mức độ giảm năng lượng tương đối max biểu diễn như sau:

$$B_{max} = (E_s - E_{si}) : E_s$$

Hiệu suất của máy phân ly đối với việc giảm năng lượng bằng cách nghiền theo chu trình kín đánh giá bằng tỷ số giữa mức giảm tiêu hao năng lượng và giảm tiêu hao năng lượng max như sau:

$$V_s = B / B_{max} = (E_s - E_c) : (E_s - E_{si})$$

Sự giảm tối đa năng lượng riêng khi nghiền theo chu trình kín so với chu trình hở liên quan đến hệ số hồi lưu. Tăng hệ số hồi lưu, sự giảm tiêu hao năng lượng lúc đầu tăng nhanh, nhưng khi hệ số hồi lưu lớn hơn 3 thì mức độ tiêu hao tăng lên không đáng kể. Ví dụ nếu nghiền đến số lượng sót sàng 1% thì sự tiêu hao năng lượng max là 75%, nhưng nếu nghiền tới số lượng sót sàng 30% thì mức giảm tiêu hao năng lượng chỉ còn 35%.

Hiệu suất của máy phân ly liên quan với lượng sót sàng của nguyên liệu thô từ máy phân ly. Khi phần hạt thô từ máy phân ly càng mịn, hiệu suất phân ly càng giảm. Khi phần hạt thô là rất mịn có thể tồn tại khả năng hiệu suất âm của máy phân ly. Khi đó tiêu hao năng lượng riêng đối với nghiền theo chu trình kín là lớn hơn nghiền theo chu trình hở.

Khi đánh giá hiệu suất của máy phân ly thông qua mức độ thu hồi hạt mịn người ta quan tâm đến phần hạt mịn được tách ra khỏi phần thô tại nhà máy phân ly. Hiệu suất máy phân ly cao khi phần hạt mịn có ít hạt thô và phần hạt thô có ít hạt mịn.

Vì vậy thông thường người ta tính hiệu suất của máy phân ly là mức độ thu hồi phần hạt mịn có cỡ hạt nhỏ hơn kích thước nào đó từ liệu cấp vào máy phân ly. Mức độ thu hồi hạt mịn RF có thể tính được từ lượng sót trên một sàng nào đó đối với các dòng liệu khác nhau trong hệ.

$$RF = 100(100 - R_f) : C(100 - R_m) = [(100 - R_f)(R_g - R_m)100] : [(100 - R_m)(R_g - R_f)]$$

Trong đó:  $R_f$  - % sót sàng của phần hạt mịn;

$R_g$  - % sót sàng của phần hạt thô rời máy phân ly;

$R_m$  - % sót sàng của liệu sau máy nghiền cấp vào máy phân ly;

C- hệ số hồi lưu.

Như vậy hiệu suất của máy phân ly nói riêng hay máy nghiền nói chung còn phụ thuộc vào hệ số hồi lưu hay mức độ thu hồi hạt mịn. Khi hệ số hồi lưu thấp hay mức độ thu hồi hạt mịn cao (70-75% hạt mịn và  $C=1,5$ ) sẽ có ảnh hưởng không tốt đến tiêu hao năng lượng riêng cho máy nghiền.

### 5.5.2. Thiết bị nghiền và quá trình nghiền

Trong công nghệ đoạn nghiền xi măng, những vật liệu phải qua gia công nghiền mịn là clanhke và các phụ gia. Để đảm bảo trách nhiệm này, các thiết bị nghiền sau đây thường được sử dụng:

- Máy nghiền bi
- Máy nghiền con lăn đứng (vertical roller mill)
- Máy nghiền trục cán áp lực cao (high-pressure roller press).
- Máy nghiền Horomill

Để nghiền clanhke xi măng poóc lăng, máy nghiền bi được sử dụng phổ biến nhất. Thông thường máy nghiền bi sử dụng để nghiền clinker xi măng có nhiều ngăn (từ 2 đến 4 ngăn) tùy theo cấu tạo và kích thước của máy. Kích thước bi đạn nạp vào các ngăn máy nghiền và hệ số đổ đầy các ngăn máy như sau:

Ngăn 1:  $D_{bi} = 60 \div 120$  mm;                      hệ số đổ đầy bi:  $26 \div 32$  %

Ngăn 2:  $D_{bi} = 40 \div 60$  mm;                      hệ số đổ đầy:  $26 \div 30$ %

Ngăn 3: Bi và bi đạn có kích thước  $D = 20 \div 30$ % mm,  $D \times H = 20 \times 25$ mm.

Hệ số đổ đầy:  $24 \div 30$  %.

Trong quá trình nghiền clinker xi măng, vật nghiền bị mài mòn tùy thuộc vào loại clanhke và chất lượng bi đạn. Lượng tiêu hao bi đạn khi dùng bi đạn Liên Xô khoảng  $0,8 \div 1$  kg/tấn sản phẩm và bi đạn Việt Nam khoảng  $1,4 \div 1,5$  kg/tấn sản phẩm. Vì vậy sau  $150 \div 200$  giờ nghiền phải bổ sung bi đạn và sau  $1500 \div 2000$  giờ phải thay toàn bộ bi đạn.

Năng suất nghiền clinker xi măng phụ thuộc vào loại clanhke, kích thước bi đạn và hệ số đổ đầy bi đạn trong máy, hệ số đổ đầy vật liệu trong máy nghiền và sơ đồ nghiền, độ nghiền mịn của xi măng....

Khi nghiền clinker trong máy nghiền có hiện tượng tỏa nhiệt lớn, nhiệt độ trong máy có thể đạt tới  $120 \div 150$  ° C làm giảm năng suất máy và tiêu tốn điện năng. Khi nghiền càng mịn thì nhiệt độ của máy càng cao, tiêu tốn điện năng càng lớn. Ví dụ khi nghiền xi măng đến độ mịn  $2.500 \text{ cm}^2 / \text{gam}$  ở  $40$  ° C tiêu tốn  $24 \text{ kW}$  giờ/tấn sản phẩm, thì ở  $120$  ° C tiêu tốn điện năng là  $34 \text{ kW}$  giờ/tấn sản phẩm, ở  $150$  ° C là  $39 \text{ kW}$  giờ/tấn sản phẩm. Khi nghiền đến độ mịn  $3.300 \text{ cm}^2 / \text{gam}$ , ở  $150$  ° C tiêu tốn điện năng tới  $130 \text{ kW}$  giờ/tấn sản phẩm.

Để nghiền xi măng có thể dùng sơ đồ nghiền kín và nghiền hở một hay hai cấp (giai đoạn). Tùy thuộc vào độ mịn của xi măng, loại xi măng mà sử dụng chu trình nghiền cho phù



hợp. Khi yêu cầu độ nghiền mịn càng cao, năng suất nghiền lớn thì sử dụng sơ đồ nghiền kín là hiệu quả nhất.

Máy nghiền bi dùng để nghiền clinker xi măng cũng như máy nghiền phối liệu dạng khô, năng suất máy có thể xác định theo công thức:

$$Q = 6,45 \cdot V \cdot D \cdot (P/V)^{0,8} \cdot K \cdot b \cdot q \text{ (tấn/giờ)}$$

Trong đó: D- đường kính máy nghiền, m;

V- thể tích hữu ích của máy nghiền, m<sup>3</sup> ;

P- trọng lượng bi đập, tấn;

K- hệ số: K = 1 khi nghiền theo chu trình hở;

K = 1,1 ÷ 1,2 khi nghiền theo chu trình kín;

b- năng suất riêng của máy nghiền, tấn/kW.giờ;

q- hệ số phụ thuộc vào độ nghiền mịn:

Khi số lượng sót sàng N<sup>0</sup>008 = 10% thì q = 1

Khi số lượng sót sàng N<sup>0</sup>008 = 5% thì q = 0,8

Khi số lượng sót sàng N<sup>0</sup>008 = 2% thì q = 0,59

Khi số lượng sót sàng N<sup>0</sup>008 = 15% thì q = 1,21

Năng suất riêng của máy nghiền phụ thuộc vào dạng vật liệu như sau:

Clanhke lò quay : b = 0,032 ÷ 0,044

Clanhke lò đứng : b = 0,04 ÷ 0,05

Xi tạo hạt : b = 0,032 ÷ 0,044

Cát thạch anh : b = 0,024 ÷ 0,028

Đá vôi và đá phấn : b = 0,032 ÷ 0,044

Trace : b = 0,02 ÷ 0,024

Để nghiền xi măng đến bề mặt riêng 3000 ÷ 3500 cm<sup>2</sup>/gam nên sử dụng sơ đồ máy nghiền bi hai ngăn làm việc theo chu trình kín có thiết bị phân loại (hình 4.53). Vật liệu đã nghiền trong máy được đưa vào thiết bị phân loại, ở đó tách ra loại hạt có kích thước yêu cầu, còn các hạt lớn đưa trở lại máy nghiền để nghiền lại. Như vậy từ nguyên liệu nghiền trực tiếp tách ra được các hạt phân tán mịn nhất mà các hạt này có khả năng tập hợp và bám dính vào vật nghiền và thành máy nghiền, do đó làm tăng năng suất máy nghiền từ 10 ÷ 20%. Với sơ đồ nghiền theo chu trình kín có thiết bị phân ly, nhiệt độ máy nghiền giảm xuống, có thể điều chỉnh độ mịn của xi măng nhờ điều chỉnh tốc độ dòng khí. Nhược điểm của thiết bị này là phức tạp, giá thành cao. Sơ đồ máy nghiền bi làm việc theo chu trình kín có thiết bị phân loại sử dụng để nghiền xi măng tương tự như nghiền phối liệu ở dạng khô.

Hiện nay các nhà máy xi măng công suất lớn thường sử dụng chu trình nghiền kín một cấp hay hai cấp. Nghiền một cấp thường sử dụng máy nghiền kết hợp với phân ly hiệu suất cao

hay còn gọi là hệ thống nghiền hoàn tất. Trong hệ thống nghiền xi măng hai cấp hay hệ nghiền bán hoàn tất, máy nghiền con lăn hay máy nghiền đứng thường được sử dụng để nghiền thô, máy nghiền bi được sử dụng để nghiền mịn. Với các thiết bị ngày càng hiện đại và có nhiều tính năng ưu việt, các hệ thống nghiền này đã đạt được nhiều kết quả như năng suất cao, tiết kiệm năng lượng nghiền và đảm bảo vệ sinh môi trường. Đây chính là các hệ nghiền tiết kiệm năng lượng. Hệ thống nghiền bán hoàn tất thường được sử dụng để nghiền xi măng và xỉ lò cao.

Hệ nghiền bán hoàn tất được đặt trung bởi máy nghiền trục cán cao áp hay nghiền đứng hoạt động kết hợp với một máy nghiền bi. Các hệ nghiền này có mức tiêu thụ điện năng thô thường xấp xỉ khoảng 50-70% so với mức tiêu thụ điện năng của hệ mly nghiền bi. Các máy nghiền đứng và máy nghiền trục cán áp lực cao trong hệ này đóng vai trò nghiền thô, máy nghiền bi đóng vai trò nghiền mịn. Việc bổ sung thêm hệ máy nghiền trục cán áp cao vào cùng với máy nghiền bi hiện có sẽ cho phép nâng công suất lên 250% và tiết kiệm năng lượng đáng kể. Vì vậy, hệ máy nghiền trục cán cao áp có thể tham gia vào các công đoạn nghiền cải tiến để nghiền xi măng thông thường và xi măng hỗn hợp.

Máy nghiền đứng trên cơ sở thiết kế cho nghiền than và nguyên liệu cũng thích hợp cho việc nghiền clanhke. Hiện nay có thể sử dụng một máy nghiền đứng chu trình hở để nâng đề năng công suất của máy nghiền bi hiện có lên 20%-40%.

Để tối ưu hóa hoàn toàn hệ nghiền bán hoàn tất, người ta thường phải bố trí một hệ phân ly hiệu suất cao. Với việc sử dụng quạt cho máy nghiền, dòng khí sẽ được đưa vào để nâng và tách liệu trong máy nghiền thô. Sản phẩm trung gian sau khi qua khỏi máy nghiền thô chu trình kín sẽ đượ lưu trong bình trữ và rồi được chuyển tới máy nghiền bi phía sau bình chứa sản phẩm trung gian tạo thuận lợi khi vận hành và cho phép máy nghiền khỏi bị tác động của sự thay đổi dòng liệu có thể xảy ra trong chu trình nghiền. Tuy nhiên cũng có những hệ thống bán hoàn tất mà trong đó sản phẩm trung gian được cấp thẳng đến máy nghiền bi. Vì máy nghiền trục cán áp cao (HPGR) thường tạo ra những bánh liệu cứng khi nghiền một số loại clanhke, do đó việc tách chúng ra thành sản phẩm trung gian khó khăn, vì vậy làm tăng lượng tải hồi lưu và làm giảm hiệu quả tiết kiệm năng lượng của hệ. Đó là lý do bố trí thiết bị đánh toi dẫn động bằng cơ khí, tương tự máy đập va đập kiểu nằm ngang, hoạt động cùng với một bộ phận ly động có hiệu quả tiết kiệm năng lượng cao hơn so với bộ phận ly tĩnh có các tấm va đập để đánh toi các bánh liệu. Một số chỉ tiêu của dạng sơ đồ nghiền (Nam Triều Tiên) đưa ra trong bảng 5.22

Bảng 5.22. Một số chỉ tiêu của dạng sơ đồ nghiền ( Nam Triều Tiên)

	Máy nghiền bi	HPGR và máy nghiền bi	Chỉ có HPGR
Năng suất (T/giờ) với độ mịn 3150cm <sup>2</sup> /g	90	189,6	124,5

Tiêu hao năng lượng riêng kWh/T	32,5	22,8	14,6
Tiêu hao năng lượng riêng tương đối(%)	100	70,2	45

Như bảng 5.22 cho thấy khi công suất được tăng lên 210%, mức tiêu thụ năng lượng riêng của máy nghiền bi cộng với máy nghiền trục cán thấp hơn so với khi chỉ dùng một máy nghiền bi khoảng 10kWh/T. Như vậy có nghĩa mức tiêu hao năng lượng trung bình trong các thiết bị chính hệ nghiền giảm đi 30%.

Hệ nghiền hoàn tất gồm một máy nghiền bi, nghiền đứng hoặc một hệ máy nghiền trục cán cao áp kết hợp với phân ly hiệu suất cao. Hệ gồm một máy nghiền đứng hoặc một máy nghiền trục cán cao áp có mức tiêu thụ điện năng chỉ bằng 45-60% mức tiêu thụ thông thường của máy nghiền bi khi nghiền xi măng, hệ máy nghiền trục cán cao áp có mức thấp hơn..

Lượng tải hồi lưu giữa các vật nghiền, trong thiết kế này là bàn nghiền và các con lăn, phân ly được vận chuyển bằng khí động bên trong thân máy, còn ở bên ngoài bằng gầu tải. Sản phẩm được thu hồi trong lọc bụi túi. Tuy vậy dùng cyclon để thu sản phẩm cũng tỏ ra rất hiệu quả.

Khi nghiền xi lò cao cũng như puzolan, hệ nghiền hoàn tất hay bán hoàn tất cũng có thể đạt hiệu quả tiết kiệm năng lượng. Độ mịn đạt được của hệ máy nghiền đứng khi nghiền xi nằm trong phạm vi 4.800-5.000  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

Khi nghiền xi măng đạt độ mịn xấp xỉ 3.000 $\text{cm}^2/\text{g}$ , tiêu hao năng lượng riêng của thiết bị chính (gồm cho hệ truyền động máy nghiền đứng, phân ly và quạt) trong hệ nghiền đứng ở mức 22-25kWh/T hoặc 26-29kWh/T khi nghiền đạt độ mịn 3.300 $\text{cm}^2/\text{g}$ . Khi nghiền clanhke có độ cứng tương tự, máy nghiền bi chu trình kín sẽ tiêu tốn 35-40kWh/T. Hiệu quả của máy nghiền đứng cao hơn 1,6-1,65 lần so với máy nghiền bi.

Mức tiêu thụ năng lượng riêng của hệ thống máy nghiền đứng hoàn tất khoảng 65-70% tổng mức năng lượng tiêu thụ, tức xấp xỉ 16,5kWh/T. Quạt của hệ thống máy nghiền dùng để đẩy khí chạy qua máy nghiền và phân ly cần hơn 20% tổng mức năng lượng tiêu thụ, đó là do có vận chuyển một phần liệu đã nghiền từ bộ phận nghiền lên phân ly. Nó cũng cho thấy ưu điểm khi vận tốc dòng khí trong vành phun và vỏ máy nghiền thấp, sẽ làm giảm tối đa việc vận chuyển bằng khí động và sẽ sử dụng tuần hoàn bằng cơ khí bên ngoài, tiêu thụ chỉ khoảng 1-2% tổng mức tiêu thụ năng lượng.

## 5.6 Bảo quản xi măng

Xi măng sau khi nghiền được các thiết bị vận chuyển như bơm vít khí nén, bơm buồng... đưa vào hệ thống xylô chứa hoặc kho chứa. Bơm vít khí nén có thể vận chuyển xi măng lên độ cao đến 30 m và đi xa từ 300 ÷ 500 m, năng suất có thể đạt 11 ÷ 140 tấn/giờ. Áp suất của không khí nén từ 3 ÷ 4 at, tiêu tốn không khí khoảng 0,025 $\text{m}^3/\text{kg}$  xi măng. Bơm

buồng vận chuyển xi măng có năng suất từ 10 ÷ 60 tấn/giờ, chiều cao vận chuyển 35 ÷ 40 m và đi xa 200 ÷ 500 m, áp suất không khí nén từ 5 ÷ 6 at, tiêu tốn không khí gần 0,04m<sup>3</sup> /kg. Yêu cầu không khí nén để vận chuyển xi măng phải làm sạch ẩm và dầu mỡ.

Để vận chuyển xi măng theo phương pháp thẳng đứng có thể sử dụng các thiết bị vận chuyển khác như gầu nâng khi chiều cao đến 15 ÷ 20 m, khi chiều cao vận chuyển xi măng từ 20 ÷ 40 m thì có thể sử dụng thiết bị nâng khí nén với áp suất 1,2 at, năng suất có thể đạt 20 ÷ 100 tấn/giờ.

Khi vận chuyển xi măng theo phương nằm ngang có thể sử dụng vít tải, băng tải và máng khí động. Máng khí động có chiều rộng từ 100 ÷ 400 mm, dài 60 ÷ 100 m, áp lực của khí bằng 500mm cột nước, năng suất của nó phụ thuộc vào chiều rộng ống có thể đạt từ 20 ÷ 150m<sup>3</sup> /giờ.

Xi măng thường được bảo quản trong xylô bê tông cốt thép đường kính từ 8 ÷ 18 m, và cao 25 ÷ 40 m. Dung tích xylô có thể đạt 2.500 ÷ 10.000 tấn. Các silô thường có hệ thống khí nén để khuấy đảo xi măng, thiết bị đo mức xi măng, hệ thống đường ngầm và cân xi măng. Dung tích tổng cộng của các xylô tương ứng không nhỏ hơn năng suất 10 ngày của nhà máy. Không khí nén để khuấy đảo và làm tươi xi măng phải được làm sạch ẩm và dầu mỡ, có áp suất từ 2 ÷ 3 at được đưa vào dưới silô

Từ silô chứa, xi măng có thể được đưa đến máy đóng bao hay thiết bị vận chuyển khác. Không khí thoát ra từ các silô được đưa vào hệ thống lọc bụi tay áo sau đó được thải ra ngoài trời.

Xi măng đã đóng bao được giữ trong kho kín, nên kho phải được chống ẩm để hạn chế sự giảm cường độ của xi măng. Đối với các nhà máy xi măng loại đứng, nếu xi măng chưa ổn định tích thì không được đóng bao và phải chứa trong silô và phải đảo xi măng đến khi ổn định thể tích.

## CHƯƠNG 6. QUÁ TRÌNH RẮN CHẮC CỦA XI MĂNG POOC LĂNG

### 6.1. Các quá trình hóa học xảy ra khi xi măng tác dụng với nước

Khi xi măng nhào trộn với nước, các thành phần trong xi măng sẽ tác dụng với nước tạo thành các hợp chất hydrát tạo nên khả năng đông kết và rắn chắc của hệ. Phụ thuộc vào thành phần hoá học, thành phần khoáng của xi măng poóc lăng và các nhân tố khác mà các hợp chất tạo thành có thành phần khác nhau.

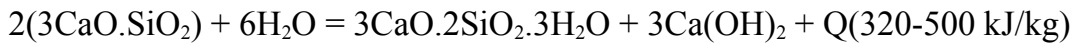
Xi măng poóc lăng gồm các khoáng tinh thể như  $C_3S$ ;  $C_3A$ ;  $C_2S$ ;  $C_4AF$  và pha thuỷ tinh... Vì vậy sự tác dụng của xi măng poóc lăng với nước là do sự tác dụng của các thành phần riêng biệt của xi măng poóc lăng với nước. Tùy thuộc vào loại khoáng, hàm lượng khoáng, hàm lượng pha thuỷ tinh mà khả năng tương tác của xi măng với nước sẽ khác nhau.

Trong xi măng, khoáng alít tồn tại ở dạng dung dịch rắn của  $C_3S$  với một lượng nhỏ các ôxít khác như  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  ... Khi alít tác dụng với nước tạo thành các hydrôsilicat canxi thành phần khác nhau phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và nồng độ của  $Ca(OH)_2$  trong pha lỏng.

Ở nhiệt độ thường, khi nồng độ của  $Ca(OH)_2$  trong pha lỏng từ 0,005 đến 1,2 gam  $CaO$ /lít,  $C_3S$  tác dụng với nước tạo thành hydrôsilicat canxi có mức độ kết tinh thấp và thành phần thay đổi  $(0,8-1,5)CaO.SiO_2.(1-1,25)H_2O$  [Bogue ký hiệu là  $CSH(B)$  và Taylor

ký hiệu là CSH(I)]. Khi nồng độ  $\text{Ca(OH)}_2$  càng nhỏ, các hydrôsilicat canxi tạo thành có độ bazơ càng thấp.

Trong pha lỏng bão hoà  $\text{Ca(OH)}_2$ , nếu nhiệt độ môi trường thấp thì  $\text{C}_3\text{S}$  tác dụng với nước tạo thành hydrôsilicat canxi có thành phần ổn định là  $(1,5-2)\text{CaO.SiO}_2.n\text{H}_2\text{O}$  được Bogue kí hiệu là  $\text{C}_2\text{SH}_2$  và Talor ký hiệu là  $\text{C}_2\text{SH(II)}$ . Khi nhiệt độ môi trường tăng lên đến  $30-50^\circ\text{C}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  tác dụng với nước tạo thành chủ yếu là  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  thuộc nhóm CSH(B) theo phản ứng:



Khi nhiệt độ môi trường tăng lên đến  $50-100^\circ\text{C}$  dẫn đến tạo thành CSH(B) và một phần  $\text{C}_2\text{SH}_2$ . Nếu nhiệt độ môi trường tăng lên đến  $120-175^\circ\text{C}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  tác dụng với nước tạo thành  $\text{C}_2\text{SH(A)}$  và  $\text{Ca(OH)}_2$ , ở  $175-200^\circ\text{C}$  là  $\text{C}_2\text{SH}_2$ ,  $\text{C}_2\text{SH(A)}$  và  $\text{C}_2\text{SH(C)}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ . Khi nhiệt độ môi trường lớn hơn  $200^\circ\text{C}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  tác dụng với nước tạo thành  $\text{C}_3\text{SH}_2$ .

Khi gia công nhiệt ẩm hỗn hợp xi măng, vôi và cát nghiền ở  $174,5-200^\circ\text{C}$  và áp suất 9-16 at,  $\text{C}_3\text{S}$  sẽ tác dụng với các cấu tử vôi và cát nghiền tạo thành  $\text{C}_2\text{SH}_2$ ,  $\text{C}_2\text{SH(A)}$ - $(1,8-2,4)\text{CaO.SiO}_2(1-1,5)\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{C}_3\text{SH}_{1,5}$  và  $\text{Ca(OH)}_2$  mà sản phẩm chính phụ thuộc vào nhiệt độ và độ dài gia công nhiệt ẩm và các nhân tố khác.

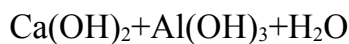
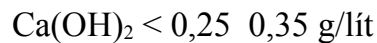
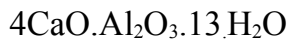
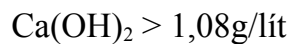
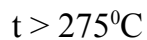
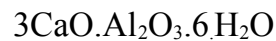
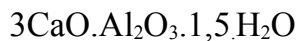
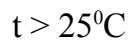
Khoáng belit trong xi măng poóc lăng nằm ở dạng dung dịch rắn  $\text{C}_2\text{S}$  với một lượng nhỏ  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ... Khi tác dụng với nước,  $\text{C}_2\text{S}$  bị hydrát hoá tạo thành các hydrôsilicat canxi có thành phần khác nhau và  $\text{Ca(OH)}_2$  kèm theo toả nhiệt từ  $250-290 \text{ kJ/kg}$ . Ở điều kiện nhiệt độ từ  $50-100^\circ\text{C}$  và pha lỏng có nồng độ  $\text{Ca(OH)}_2$  tương ứng,  $\text{C}_2\text{S}$  sẽ tác dụng với nước tạo thành CSH(B);  $\text{C}_2\text{SH}_2$  và  $\text{Ca(OH)}_2$ . Nếu nhiệt độ pha lỏng từ  $120-180^\circ\text{C}$  thì  $\text{C}_2\text{SH}_2$  được tạo thành sẽ chuyển thành  $\text{C}_2\text{SH(A)}$ , khi lưu thời gian lâu và tăng nhiệt độ pha lỏng thì sẽ chuyển thành  $\text{C}_2\text{SH(C)}$  có công thức  $(1,5-2,25)\text{CaO.SiO}_2.(0,3-0,4)\text{H}_2\text{O}$ .

Khi gia công nhiệt ẩm hỗn hợp  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$  và cát thạch anh nghiền mịn ở  $174,5-200^\circ\text{C}$  trong 10 giờ sẽ tạo thành CSH(B) khi đủ cát, nếu ít cát sẽ tạo thành  $\text{C}_2\text{SH(A)}$ . Các hydrôsilicat canxi nhóm CSH(B) có cấu trúc tinh thể dạng lớp chứa số phân tử nước thay đổi là 0,5; 1; 2,5. Chính lượng nước này được phân bố giữa các lớp của mạng lưới tinh thể nên nó có thể bay hơi hay hấp thụ kéo theo sự co ngót hay giãn nở thể tích. Hydrôsilicat canxi nhóm CSH(B) có 2,5 phân tử nước bền ở nhiệt độ thấp hơn  $100^\circ\text{C}$ , tại  $100^\circ\text{C}$  chúng sẽ bị mất một phân tử nước, ở  $250^\circ\text{C}$  thì mạng lưới tinh thể chỉ còn 0,5 phân tử nước và mất nước hoàn toàn ở  $450-550^\circ\text{C}$ , nhưng cấu trúc mạng chưa bị thay đổi. Ở  $700-800^\circ\text{C}$ , CSH(B) đã mất nước chuyển thành . Vôlátônhit, cấu trúc mạng lưới tinh thể bị biến đổi và co ngót đáng kể.

Các hydrôsilicat canxi CSH(B) và  $\text{C}_2\text{SH}_2$  kết tinh yếu được gọi là pha gel. Chúng tạo thành các dạng bản mỏng có chiều dài  $20-30\text{Å}$  (hai hay ba lớp phân tử), rộng  $400-550\text{Å}$  và chiều dài trung bình là 1m. Bề mặt riêng của pha tạo thành 2 lớp đạt  $376 \text{ m}^2/\text{gam}$ , còn khi chiều dày của lớp tạo thành là 3 lớp thì đạt  $252 \text{ m}^2/\text{gam}$ . Ở nhiệt độ cao ( $150-200^\circ\text{C}$ ), nhóm

CSH(B) ở dạng tấm dày từ 10-20 phân tử làm giảm đáng kể bề mặt riêng của chất tạo mới tạo thành so với bề mặt riêng của nó là 2-3 phân tử ở nhiệt độ thường. Nhiệt độ càng cao, mức độ kết tinh của chất tạo mới tạo thành càng tăng và kích thước của CSH(B) càng lớn

Khoáng aluminat canxi trong xi măng poóc lăng ở dạng  $C_3A$ , khi hydrat hoá thường tạo thành các sản phẩm khác nhau phụ thuộc vào điều kiện môi trường như nhiệt độ, loại muối, nồng độ của muối hoà tan trong nước... Hiện nay có nhiều quan niệm về sản phẩm hydrat hoá tạo thành đầu tiên khi hydrat hoá  $C_3A$ . Các sản phẩm hydrat hoá cuối cùng của  $C_3A$  có thể là  $C_3AH_6$ ,  $C_4AH_{13}$  hay  $C_4AH_{19}$  phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Khi hydrat hoá  $C_3A$  trong điều kiện thường thì tạo thành  $C_3AH_{110-12}$ , nếu nhiệt độ môi trường lớn hơn  $25^{\circ}C$  thì từ  $C_3AH_{110-12}$  sẽ chuyển thành  $C_3AH_6$  bền vững, khi nhiệt độ môi trường  $275^{\circ}C$  thì chúng sẽ bị mất nước tạo thành  $C_3A_{1,5}$ . Nếu nồng độ  $Ca(OH)_2$  trong pha lỏng lớn hơn 1,08 g/lít thì  $C_3AH_6$  chuyển thành  $C_4AH_{13}$ , nhưng khi nồng độ  $Ca(OH)_2$  trong pha lỏng  $< 0,250,35$  g/lít thì ở nhiệt độ gần  $20^{\circ}C$  chúng bị phân huỷ thành  $Ca(OH)_2$  và  $Al(OH)_3$ . Sơ đồ phản ứng của  $C_3A$  trong nước có thể biểu diễn khái quát như sau:



Khi gia công nhiệt ẩm  $C_3A$  trong thiết bị chung hấp – abtoklab thì tạo thành  $C_3AH_6$  bền vững đến  $215^{\circ}C$ . Gia công trong abtoklab  $C_3A$  với cát nghiền mịn ở  $174,4200^{\circ}C$  và  $P = 616$  at. (với tỷ lệ 1:1 về trọng lượng) thì tạo thành hỗn hợp tôbermôrit và hydrôgranát có công thức :  $3CaO.Al_2O_3.xSiO_2.(6-2x)H_2O$  (với  $x = 0,30,5$ ). Nếu gia công nhiệt  $C_3A$  tinh khiết, sản phẩm tạo thành có cường độ rất thấp ( gần bằng không ), nhưng trong hỗn hợp ôxít silíc thì có cường độ tương đối cao.

Trong môi trường nước có chứa muối sunphát canxi, ở nhiệt độ thường  $C_3A$  bị hydrat hoá và tạo thành hợp chất phức gọi là hydrôsunphualuminat canxi. Trong dung dịch bão hoà  $Ca(OH)_2$  và sunphát canxi thì sẽ tạo thành với  $C_3A$  hợp chất ettringit theo phản ứng:



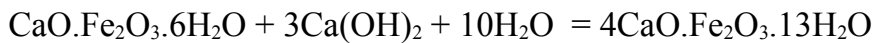
Khi nồng độ  $Ca(OH)_2$  và sunphát canxi trong dung dịch nhỏ thì tạo thành dạng  $3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.12H_2O$ . Dạng hydrô sunphôaluminat canxi này thường tạo thành trong dung dịch rắn với  $C_3AH_{13}$ . Trong dung dịch có nồng độ  $Ca(OH)_2$  0,00027 g/lít, ở nhiệt độ  $70100^{\circ}C$ , ettringit bị mất dần nước đến khi còn 810 phân tử, sau đó phân huỷ thành dạng

thấp sunphát và thạch cao. Gia công thủy nhiệt ở  $174,5200^{\circ}\text{C}$  cả hai dạng hydrôsunphôaluminát canxi đều bị phân huỷ thành  $\text{C}_3\text{AH}_6$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{CaSO}_4$ . Dạng ettringit bị phân huỷ bởi dung dịch sunphát magiê và cacbonát kiềm, nhưng nó bền với tác dụng của các dung dịch  $\text{NaCl}$  và  $\text{CaCl}_2$  ở  $25^{\circ}\text{C}$ , mật độ của ettringit =  $1,73 \text{ g/cm}^3$  còn ở dạng đơn sunphát là  $1,95 \text{ g/cm}^3$  (ở  $20^{\circ}\text{C}$ ). Sự tạo thành các hydrôsunphôaluminát canxi cao sunphát trong vữa hay bê tông đã đóng rắn kèm theo ứng lực và biến dạng lớn, dẫn đến làm giảm cường độ hay phá hoại sản phẩm vì khi đó thể tích pha rắn tăng hơn 7,5 lần so với thể tích  $\text{C}_3\text{A}$  ban đầu. Khi  $\text{C}_3\text{A}$  tiếp xúc lâu với nước có chứa silicat canxi,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  hoạt tính sẽ tạo thành các hợp chất phức tương tự như với sunphát canxi.

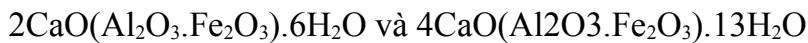
Pha alumôferit canxi trong xi măng poóc lăng ở dạng  $\text{C}_4\text{AF}$  khi tác dụng với nước xảy ra theo phản ứng:



Khi trong nước có hàm lượng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  cao sẽ xảy ra phản ứng:



Các hydrôaluminát ba hay bốn canxi có thể tạo thành dung dịch rắn với công thức chung:



Trong xi măng xêlít hay xi măng ferit có khoáng  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  thì khi tác dụng với nước tạo thành  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , nếu trong dung dịch nước có  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  thì chúng sẽ chuyển thành  $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  hay  $4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$

Các hợp chất hydrôferit canxi cũng tạo thành các hợp chất phức với  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \dots$  tương tự như hydrôaluminát canxi. Khi gia công nhiệt ẩm  $\text{C}_4\text{AF}$  với các thạch anh nghiền mịn ở  $174,5200^{\circ}\text{C}$  trong 810 giờ thì tạo thành  $\text{CSH}(\text{B})$ ,  $3\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2) \cdot (62x) \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Sự tác dụng của pha thủy tinh với nước thường tạo thành dung dịch rắn  $\text{C}_3\text{H}_6$  và  $\text{C}_3\text{FH}_6$ , hydrôgranát đặc biệt là khi gia công ẩm nhiệt.

Ôxít canxi tự do thường có mặt trong xi măng với hàm lượng 0,51% (đối với lò đứng có thể tích từ 35%), ở nhiệt độ thường bị hydrát hoá tương đối chậm. Vì vậy đối với xi măng có hàm lượng vô tự do  $> 1\%$ , sự tác dụng của chúng với nước xảy ra cả khi hỗn hợp đã rắn chắc, gây nên sự thay đổi thể tích không đồng thời kèm theo kẽ nứt và khuyết tật, giảm cường độ sản phẩm.

Ôxít magiê trong xi măng với hàm lượng nhỏ thì tham gia vào thành phần của alít và pha thủy tinh, phần còn lại ở dạng periclaz, hydrát hoá rất chậm với nước tạo thành  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , tạo nên ứng lực và tăng thể tích pha rắn, làm giảm cường độ sản phẩm. Các hợp chất kiềm



$K_2O$  và  $Na_2O$  chủ yếu nằm trong aluminat, alumôferít canxi và pha thủy tinh, khi tác dụng với nước tạo thành KOH và NaOH. Khi có mặt  $CaSO_4$ , chúng tác dụng với KOH và NaOH (hay  $K_2SO_4$ ) và  $Ca(OH)_2$  làm ảnh hưởng thành phần của các hydrôsilicat canxi và giảm cường độ vữa và bê tông.

## 6.2. Tốc độ hydrát hóa của xi măng poóc lăng.

Xi măng poóc lăng gồm 4 khoáng chính, vì vậy tốc độ hydrát hoá của xi măng được quyết định bởi tốc độ hydrát hoá các khoáng. Ngoài ra tốc độ hydrát hoá của xi măng poóc lăng còn phụ thuộc vào điều kiện môi trường rắn chắc, độ nghiền mịn của xi măng.

Khi tác dụng với nước ở nhiệt độ điều kiện nhiệt độ thường, các khoáng của xi măng có tốc độ hydrát hoá theo thứ tự:  $C_3A > C_4AF > C_3S > C_2S$ . Mức độ hydrát hoá của  $C_3S$  ở  $25^\circ C$  sau 1 ngày đạt 2535%, sau 10 ngày đạt 5565%, sau 28 ngày đạt 7880%. Khoáng  $C_2S$  hydrát hoá chậm nhất, sau một ngày chỉ đạt 510%, 10 ngày đạt 1020%, 28 ngày đạt 3050% và 56 năm mới hydrát hoá hoàn toàn.  $C_3A$  có tốc độ hydrát hoá rất nhanh, sau 1 ngày mức độ hydrát hoá đạt 7080%, còn  $C_4AF$  sau 3 ngày cũng có mức độ hydrát hoá đạt 5070%. Vì vậy trong giai đoạn đầu, tốc độ rắn chắc của xi măng poóc lăng được quyết định bởi tốc độ hydrát hoá các khoáng theo thứ tự:  $C_3A > C_4AF > C_3S > C_2S$ . nếu xi măng có pha thạch cao thì mức độ hydrát hoá của các khoáng theo thứ tự  $C_3S > C_3A > C_4AF > C_2S$  vì thạch cao sẽ làm chậm sự hydrát hoá của  $C_3A$ . Vì vậy thông thường trong giai đoạn sau của quá trình rắn chắc thường có sự tác động lẫn nhau phức tạp của các khoáng trong xi măng. Do vậy tùy thuộc vào hàm lượng các khoáng trong xi măng, hàm lượng sunphát canxi mà tốc độ hydrát hoá của xi măng sẽ khác nhau.

Tốc độ hydrát hoá của xi măng còn phụ thuộc vào độ mịn xi măng. Khi độ mịn của xi măng càng lớn tốc độ hydrát hoá của các khoáng càng nhanh, do đó xi măng hydrát hoá càng nhanh.

Bảng 6.1 dẫn ra các đặc trưng của xi măng alít khi rắn chắc ở nhiệt độ thường có cường độ xác định bởi mẫu  $3,16 \times 3,16 \times 3,16$  cm được chuẩn bị từ hồ có lệ nước/xi măng = 0,25.

Khi mức độ hydrát hoá của xi măng tăng lên, mức độ lấp đầy thể tích tự do của xi măng đã rắn chắc bằng chất mới tạo thành cũng tăng lên. Ảnh hưởng của độ mịn xi măng đến tốc độ hydrát hoá và cường độ xi măng rất rõ rệt. Khi độ mịn càng lớn, cường độ chịu nén của xi măng càng giảm. Theo thời gian rắn chắc, xi măng có lượng nước nhào trộn càng cao thì cường độ phát triển càng nhanh do sự hydrát hoá của xi măng tăng lên. Khi pha vào xi măng các loại phụ gia khác nhau, sự hydrát hoá của xi măng cũng khác nhau.

Bảng 6.1. Các đặc trưng của xi măng alít khi rắn chắc ở nhiệt độ thường với  $N/X=0,25$

Chỉ tiêu	Thời gian xác định ( ngày )					
	1	3	7	28	90	180
Mức độ hydrát hoá,%	20	31	35	43	51	60

Cường độ khi nén kG/cm	172	284	457	702	867	924
Bề mặt riêng của xi măng đã rắn chắc, g/cm <sup>2</sup>	80	97	111	130	-	152
Bề mặt riêng của chất mới tạo thành, m <sup>2</sup> /g	318	275	257	248	-	235
Nồng độ thể tích	0,33	0,44	0,5	0,58	0,64	0,7

## **CHƯƠNG 7. CẤU TRÚC, TÍNH CHẤT CỦA HỒ VÀ ĐÁ XI MĂNG**

Khi nhào trộn xi măng với nước, hồ xi măng tạo thành có lượng nước chiếm từ 25,4%. Khi tăng khối lượng nước trong hồ xi măng thì tính linh hoạt của hồ tăng lên. Tùy theo trạng thái của hệ mà được đặc trưng bởi các tính chất khác nhau.

### **7.1. Độ nhớt cấu trúc và độ dẻo của hồ xi măng**

Hồ xi măng được xác định bởi hai đại lượng là độ nhớt tiêu chuẩn (độ nhớt Niu ton) và độ nhớt cấu trúc của hệ biểu diễn theo công thức:  $\mu = \mu_n + \mu_c$

Trong đó:  $\mu_n$  – độ nhớt Niu ton

$\mu_c$  - độ nhớt cấu trúc của hệ

Hệ như vậy gọi là hệ nhớt dẻo.

Độ nhớt của hệ là do lực Vanđécvan liên kết các phân tử phân tán mịn trong huyền phù. Khi giảm áp suất, độ nhớt tiêu chuẩn giảm đi nhưng đối với độ nhớt cấu trúc thì phải tác động một lực (trộn, chấn động ...) tương ứng với ứng suất trượt tới hạn gây nên sự chuyển hệ từ trạng thái đàn hồi dẻo sang trạng thái chảy cục bộ. Khi đó cấu trúc của hệ bị phá hủy, độ nhớt cấu trúc giảm, hệ huyền phù có tính chảy. Khi ngừng tác động cơ học thì mối liên kết cấu trúc trong hệ lại được khôi phục, độ nhớt của hệ tăng lên, trạng thái chảy biến mất. Hệ như vậy gọi là hệ sol-gel thuận nghịch.

Độ nhớt dẻo cấu trúc của hồ xi măng phụ thuộc vào tính chất của xi măng, nồng độ huyền phù, nhiệt độ và thời gian tồn tại huyền phù, lượng và loại phụ gia trong huyền phù. Khi đưa vào hồ xi măng phụ gia tăng dẻo gốc xà phòng với hàm lượng 0,005 - 0,1% trọng lượng xi măng thì có khả năng làm giảm đáng kể độ nhớt của hệ, tính công tác của hồ tăng lên. Các phụ gia như diatômít, trepen... đưa vào xi măng làm tăng độ nhớt cấu trúc của hệ. Khi đưa vào xi măng 30% trepen và nhào trộn xi măng với nước theo tỷ lệ  $X/N = 0,5$  thì độ nhớt cấu trúc tăng lên 10 lần. Trong hỗn hợp xi măng nhào trộn với nước xảy ra các quá trình phức tạp và đa dạng, chuyển dần hỗn hợp dẻo thành hỗn hợp cứng. Khi đó độ nhớt cấu trúc của hệ tăng lên rất nhanh, vữa xi măng có cường độ, đông thời quá trình đông kết của hệ bắt đầu xảy ra. Đặc trưng của hệ bắt đầu đông kết có cường độ  $1,5 \text{ kG/cm}^2$ , kết thúc đông kết đạt cường độ  $5 \text{ kG/cm}^2$  và được gọi chung là cường độ dẻo của hồ xi măng và vữa xi măng.

Để xác định độ nhớt cấu trúc của hồ và vữa xi măng người ta sử dụng nhớt kế rung. Độ nhớt của hồ xi măng được xác định bởi tốc độ nổi của bi có đường kính 20,1 mm và trọng lượng 2,82 gam trong ống rung với tần số và biên độ đã cho.

## 7.2. Hiện tượng trầm lắng trong hồ xi măng

Hệ hồ và vữa xi măng linh động dễ bị phân tầng dưới tác dụng của lực trọng trường. Các hạt lớn và nặng từ lớp trên chuyển xuống phía dưới và bên dưới trở nên đặc chắc hơn. Hiện tượng đó gọi là sự trầm lắng của hệ.

Khi hệ bị trầm lắng, độ đặc chắc của hệ không đều, cấu trúc phía trên của hệ tơi xốp, phía dưới đặc chắc và có cường độ cao, vì vậy ảnh hưởng xấu đến cường độ của hệ. Hiện tượng trầm lắng còn gây ảnh hưởng xấu đến các tính chất khác của hồ xi măng. Khi hệ bị trầm lắng dẫn đến tách nước, tạo nên sự không đồng nhất của sản phẩm đặc biệt là khi đổ khuôn thành nhiều lớp. Do tách nước nên phía dưới các hạt cốt liệu lớn và các thanh cốt thép có thể tạo thành màng nước làm giảm sự liên kết giữa xi măng và cốt thép, xi măng và cốt liệu, làm giảm cường độ và khả năng chịu lực của sản phẩm, tăng tính thấm nước... Vì vậy cần cứ vào điều kiện sử dụng hỗn hợp vữa và bê tông mà cần phải điều chỉnh khả năng giữ nước của hỗn hợp. Khi độ linh hoạt của hỗn hợp càng nhỏ, độ nhớt và khả năng giữ nước càng lớn thì tính trầm lắng và sự tách nước càng nhỏ. Đưa vào hỗn hợp vữa và bê tông một lượng phụ gia như vữa vôi, đất sét, chất phụ gia hoạt tính bề mặt... có khả năng làm tăng tính giữ nước. Tuy nhiên, khi đưa vào hỗn hợp vữa hay bê tông các chất điện giải

Giáo trình Kỹ thuật sản xuất xi măng poóc lăng (Cement Portland) – Lưu hành nội bộ  
 như  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ... cần phải xác định nồng độ và hàm lượng của chúng bằng thực nghiệm vì chúng có tác dụng lựa chọn đến tính giữ nước.

### 7.3. Sự tỏa nhiệt

Khi nhào trộn xi măng với nước, trong hỗn hợp xảy ra các phản ứng thủy hoá các khoáng của xi măng là các phản ứng tỏa nhiệt, vì vậy nhiệt độ hỗn hợp tăng lên. Sự tỏa nhiệt của xi măng poóc lăng phụ thuộc vào thành phần khoáng và độ mịn của xi măng. Trong xi măng có các khoáng chính là  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ , khi tác dụng với nước chúng sẽ tỏa nhiệt khác nhau, đồng thời tác dụng tỏa nhiệt cũng khác nhau (bảng 7.1)

Bảng 7.1. Nhiệt độ hoá của các khoáng trong clinker xi măng (Calo/gam)

Khoáng	Thời kỳ đóng rắn (ngày)					Hydrat hoá hoàn toàn	
	3	7	28	90	180	OKôrokov	Bogue
$\text{C}_3\text{S}$	97	110	116	124	135	160	120
$\text{C}_2\text{S}$	15	25	40	47	55	85	62
$\text{C}_3\text{A}$	141	158	209	222	245	254	207
$\text{C}_4\text{AF}$	41	60	90	99	-	136	100

Hàm lượng  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  và pha thủy tinh trong xi măng càng lớn, nhiệt thủy hóa tỏa ra ở thời kỳ đầu sau khi nhào trộn xi măng với nước càng lớn. Xi măng có  $\text{C}_2\text{S}$  và  $\text{C}_4\text{AF}$  nhiều, lượng nhiệt tỏa ra khi thủy hoá càng ít. Ảnh hưởng của hàm lượng  $\text{C}_3\text{S}$  và  $\text{C}_3\text{A}$  đến nhiệt hydrat hoá của xi măng poóc lăng đưa ra ở hình 6.2 và 6.3. Theo thực nghiệm, nhiệt hydrat hoá của xi măng có thể tính toán theo công thức:

$$Q_h = a(\text{C}_3\text{S}) + b(\text{C}_2\text{S}) + c(\text{C}_3\text{A}) + d(\text{C}_4\text{AF})$$

Trong đó: a, b, c, d – nhiệt hydrat hoá của các khoáng riêng biệt tương ứng;  
 $(\text{C}_3\text{S})$ ,  $(\text{C}_2\text{S})$ ,  $(\text{C}_3\text{A})$ ,  $(\text{C}_4\text{AF})$  - hàm lượng khoáng trong xi măng.

Độ mịn của xi măng càng lớn, khả năng phản ứng của các khoáng với nước xảy ra càng mạnh, do đó lượng nhiệt tỏa ra càng lớn ở thời kỳ đầu. Để giảm lượng nhiệt tỏa ra khi xi măng thủy hoá có thể đưa vào xi măng phụ gia làm chậm tốc độ đông kết hoặc giảm hàm lượng các khoáng tỏa nhiệt mạnh trong xi măng. Trong xi măng tồn tại các khoáng với hàm lượng khác nhau, vì vậy lượng nhiệt tỏa ra dao động như trong bảng 7.2.

Bảng 7.2. Lượng nhiệt tỏa ra của xi măng theo thời gian thủy hoá.

Thời gian đóng rắn (ngày)	Lượng nhiệt tỏa ra (calo/g)
3	2790
7	31114
28	42132

Sự toả nhiệt khi xi măng rắn chắc có ý nghĩa thực tế rất lớn. Khi thi công các cấu kiện nhỏ và trong điều kiện nhiệt độ thấp thì sự toả nhiệt có lợi, nhưng khi thi công các cấu kiện lớn và nhiệt độ cao thì lại có hại vì chúng gây nên ứng suất nhiệt. Do đó xi măng dùng cho công trình khối lớn yêu cầu lượng nhiệt toả ra sau 3 ngày 4045 calo/gam; sau 7 ngày là 5055 calo/gam xi măng. Quá trình toả nhiệt ở giai đoạn đầu đoán rắn của xi măng được chia làm 4 giai đoạn:

Giai đoạn: Sau 30 đến 40 phút kể từ khi nhào trộn xi măng với nước, lượng nhiệt toả ra nhanh, đặc biệt là từ 5 đến 8 phút đầu tiên.

Giai đoạn 2: Toả nhiệt ít và được gọi là giai đoạn cảm ứng, thường xảy ra sau 2 đến 4 giờ kể từ khi nhào trộn xi măng với nước và phụ thuộc tính chất của xi măng, hàm lượng thạch cao. Nguyên nhân của giai đoạn cảm ứng là do hình thành màng gel của các hợp chất hydrat trên bề mặt các hạt clanhke, do đó làm giảm sự xâm nhập của nước vào bên trong các hạt, làm giảm sự tương tác của các hạt với nước nên làm giảm lượng nhiệt toả ra. Do sự khuyết tán của các hợp chất trong màng gel dẫn đến làm tăng áp suất thẩm thấu đến một giá trị nhất định làm phá vỡ màng gel, do đó quá trình phản ứng của các khoáng với nước lại xảy ra. Đó là thời điểm cuối cùng của thời kỳ cảm ứng và bắt đầu thời kỳ toả nhiệt.

Giai đoạn 3: Sau 3 đến 5 giờ kể từ khi nhào trộn xi măng với nước, được đặc trưng bởi sự tăng dần lượng nhiệt toả ra (hỗn hợp bắt đầu đông kết) và đạt cực đại sau 6 đến 10 giờ (hỗn hợp kết thúc đông kết).

Giai đoạn 4: Sau khi lượng nhiệt đạt cực đại thì nhiệt toả ra bắt đầu giảm dần. Trong giai đoạn này tốc độ phát triển cường độ của hệ phát triển mạnh, lượng nhiệt toả ra giảm dần và sau một ngày đạt 2030% tổng lượng nhiệt toả ra.

Sự toả nhiệt của xi măng có ảnh hưởng lớn đến tính chất của sản phẩm đã rắn chắc. Khi xi măng toả nhiệt lớn, nhiệt độ của hỗn hợp sẽ cao, do đó quá trình hydrat hoá của các khoáng xi măng xảy ra càng nhanh hơn, vì vậy quá trình ninh kết và rắn chắc của hệ tăng lên nhanh. Tuy nhiên khi nhiệt toả càng lớn, ứng suất hiệu của hệ càng lớn, điều này có ảnh hưởng xấu đến cấu trúc của hệ. Vì vậy khi sử dụng xi măng cần chú ý đến khả năng hydrat hoá hay khả năng toả nhiệt để sử dụng được hợp lý trong các công trình xây dựng.

#### 7.4. Sự trương nở của hồ xi măng

Trong thời gian rắn chắc, thể tích của hồ xi măng bị thay đổi. Khi nhào trộn xi măng với nước, trong những giờ rắn chắc đầu tiên thể tích của hồ xi măng bị giảm là do sự bay hơi nước và hiện tượng trầm lắng của hồ. Cuối thời kỳ cảm ứng, thể tích của hồ bắt đầu tăng lên, sau 1 ngày đạt 0,11% thể tích ban đầu. sự trương nở của hệ được giải thích một phần là do sự giãn nở nhiệt, một phần là do sự dịch chuyển của các hạt xi măng dưới ảnh hưởng của áp suất trong các lỗ gel. Khi hồ còn linh động, sự trương nở thể tích của hồ ảnh hưởng không đáng kể đến cường độ dẻo, nhưng khi hệ đã có cường độ nhất định, đặc biệt khi hệ

kết thúc đông kết thì sự trương nở của hệ sẽ gây nứt làm giảm cường độ và độ bền của sản phẩm. Vì vậy đối với các hỗn hợp sử dụng xi măng cần có chế độ rắn chắc thích hợp.

#### 7.5. Sự thay đổi hàm lượng pha rắn của hồ và đá xi măng khi rắn chắc

Trong quá trình rắn chắc của hỗn hợp xi măng nước, lượng nước trong hệ liên tục bị giảm đi và hàm lượng pha rắn tạo thành ngày càng tăng lên. Khi đó pha rắn tạo thành là các hydrôsilicat canxi, hydrôaluminat canxi, hydrôferit canxi và các chất khác chủ yếu ở dạng gel.

Như vậy trong hồ xi măng, thể tích của hệ sau phản ứng bao giờ cũng nhỏ hơn thể tích của hệ trước khi phản ứng, như thể tích pha rắn sau khi phản ứng bao giờ cũng lớn hơn thể tích pha rắn trước phản ứng.

Trong quá trình rắn chắc của xi măng, các sản phẩm hydrát được tạo thành lhi hydrát hoá của khoáng clanhkecó sự co ngót thể tích theo thời gian rắn chắc do sự chuyển hoá của các hydrôsilicat canxi và hydrôaluminat canxi có hàm lượng nước lớn thành các sản phẩm có hàm lượng nước nhỏ. Các khoáng aluminat canxi và alumôferit canxi có thể tích tuyệt đối lớn hơn các khoáng silicat canxi.

Khi xi măng nghiền càng mịn thì sự co ngót thể tích càng lớn. Đối với xi măng poóc lăng thường, giá trị co ngót đạt tới  $58\text{cm}^3/1.000\text{gam}$ , trung bình là  $67\text{cm}^3/1.000\text{gam}$  xi măng. Xi măng có hàm lượng aluminat canxi và alumôferit canxi càng lớn thì sự co ngót của hệ khi tác dụng với nước càng lớn. Tăng tỷ lệ nước/xi măng, sự co ngót thể tích của cũng tăng lên. Thực tế khi xi măng rắn chắc, mặc dù có sự co ngót thể tích của các thành phần hydrát hoá nhưng sự co ngót này xảy ra khi hệ đã rắn chắc nên thể tích của hệ không bị giảm đi mà chỉ làm tăng độ rỗng của đá xi măng. Vì vậy sau 28 ngày rắn chắc, độ rỗng của đá xi măng có thể đạt 47% thể tích của nó. Độ rỗng của đá xi măng phụ thuộc vào tính chất của xi măng cũng như tỷ lệ nước nhào trộn. Khi tăng lượng nước nhào trộn, độ rỗng của đá xi măng tăng lên. Do sự tạo thành lỗ rỗng co ngót trong hệ làm xuất hiện chân không, vì vậy phụ thuộc vào điều kiện rắn chắc mà các lỗ rỗng đó có thể được chứa đầy nước hay khí. Sự co ngót thể tích của sản phẩm đã rắn chắc có thể gây nên ứng suất và biến dạng sản phẩm. Vì vậy khi sử dụng xi măng làm các sản phẩm phải có chế độ gia công thích hợp để hạn chế ảnh hưởng của sự co ngót.

#### 7.6. Cấu trúc của hồ và đá xi măng

Khi nhào trộn xi măng với nước, hồ xi măng được tạo thành là hỗn hợp dẻo của các hạt clanhke xi măng, nước và một lượng khí lẫn vào khi nhào trộn. Trong quá trình rắn chắc, hồ xi măng chuyển dần thành đá xi măng bền vững là hệ gồm ba pha rắn, lỏng và khí có cấu trúc rỗng phức tạp.

Xi măng poóc lăng khi hydrát hoá hoàn toàn ở nhiệt độ thường liên kết hoá học với khoảng 25 - 27 nước theo khối lượng. Thông thường khi đóng rắn lâu hàng chục năm, mức độ hydrát của xi măng thường không vượt quá 80 - 90%. Vì vậy lượng nước đưa vào hồ xi

măng từ 30 - 50% chỉ có một phần tác dụng hoá học với xi măng và tham gia vào thành phần pha rắn. Khối lượng nước liên kết khi tách ra không sấy ở 105<sup>0</sup>C sau một tháng rắn chắc của xi măng ở điều kiện 15 - 20<sup>0</sup>C đạt 10 - 18% khối lượng xi măng. Vì vậy tỷ lệ N/X càng lớn, độ mịn của xi măng càng cao thì lượng nước liên kết càng lớn. Độ co ngót của đá xi măng phụ thuộc tỷ lệ thuận với lượng nước liên kết không bay hơi khi sấy ở 105<sup>0</sup>C. Độ rỗng của các loại đá xi măng póoc lăng khác nhau dao động trong giới hạn 0,2 - 0,3 cm<sup>3</sup>/gam nước liên kết, đối với đá xi măng póoc lăng xỉ độ rỗng co ngót đạt đến 0,4 - 0,5 cm<sup>3</sup>/gam.

Khối lượng chủ yếu của các chất mới tạo thành khi xi măng tác dụng với nước là các hydrôsilicat canxi ở dạng gel. Ngoài ra trong hỗn hợp cũng còn các hạt chưa phản ứng, các tinh thể lớn của Ca(OH)<sub>2</sub> và các chất khác. Khi hydrat hoá hoàn toàn C<sub>3</sub>S, sản phẩm tạo thành 60% hydrôsilicat canxi dạng CSH(B) và 40% Ca(OH)<sub>2</sub>, nhưng khi hydrat hoá hoàn toàn C<sub>2</sub>S thì tạo thành 82% CSH(B) và 18% Ca(OH)<sub>2</sub>.

Về mặt cấu trúc, đá xi măng bao gồm các hạt clanhke chưa phản ứng, thành phần dạng gel, các tinh thể, lỗ rỗng mao quản và lỗ rỗng lớn. Các hạt chưa phản ứng giảm dần theo thời gian phụ thuộc vào loại clanhke xi măng, độ nghiền mịn và thời gian rắn chắc. Các gel gồm các chất mới tạo thành có kích thước 50A<sup>o</sup> và lỗ gel đường kính từ 101A<sup>o</sup>. Ngoài ra trong xi măng còn có các chất mới tạo thành có kích thước lớn và không có tính chất keo. Hàm lượng của thành phần dạng gel và tinh thể phụ thuộc vào loại clanhke xi măng, điều kiện rắn chắc. Lỗ rỗng mao quản trong đá xi măng có kích thước từ 0,110m, còn các lỗ rỗng chứa khí có kích thước từ 50m đến 2 mm. Lỗ rỗng chứa khí thường chiếm từ 25% thể tích đá xi măng.

Khi nhào trộn xi măng với nước để chế tạo sản phẩm vữa hoặc bê tông, lượng nước nhào trộn thường lớn hơn nhiều so với lượng nước cần thiết để hydrat hoá hoàn toàn các khoáng xi măng, do đó trong đá xi măng còn một lượng nước dư được phân bố trong lỗ rỗng gel hay nằm giữa các hạt chưa phản ứng tạo thành lỗ rỗng mao quản. Khi tăng thời gian rắn chắc sản phẩm, độ rỗng mao quản giảm đi do chúng được lấp đầy bởi các sản phẩm hydrat. Tùy thuộc vào lượng nước nhào trộn mà độ rỗng mao quản có thể thay đổi trong khoảng rộng và có thể đạt tới 40%. Khi giảm lượng nước nhào trộn, độ rỗng của sản phẩm giảm, tính thấm tăng lên. Thực tế cho thấy khi tỷ lệ N/X là 0,4 - 0,45 thì tính chống thấm của đá xi măng tương đương với đá tự nhiên có độ rỗng 23%, nhưng nếu tỷ lệ N/X = 0,6 thì tính thấm giảm mạnh. Khi đưa vào hỗn hợp xi măng nước các chất phụ gia như CaCl<sub>2</sub>, NaCl, FeCl<sub>3</sub> với hàm lượng từ 25% sẽ làm giảm đáng kể thể tích và kích thước lỗ rỗng. Trong hỗn hợp xi măng nhào trộn với nước còn tạo thành các lỗ rỗng hình cầu hay lỗ rỗng thông nhau chứa khí, chúng có ảnh hưởng lớn đến cấu trúc và tính chất của đá xi măng

### 7.7. Các dạng liên kết nước trong hồ và đá xi măng

Trong hỗn hợp xi măng nước xảy ra các quá trình phản ứng phức tạp làm thay đổi hàm lượng các pha trong hệ dẫn đến sự phân bố và xuất hiện các liên kết phức tạp của nước

trong hệ. Trong đá xi măng, nước có thể tồn tại ở dạng liên kết hoá học, liên kết hấp thụ, liên kết bằng lực mao dẫn và nằm ở trạng thái tự do.

Nước liên kết hoá học là nước tham gia vào cấu trúc mạng lưới tinh thể của các chất tạo thành bởi liên kết hoá trị và chỉ bị tách ra ở nhiệt độ cao. Trong đá xi măng, nước liên kết hoá học tham gia vào thành phần các sản phẩm tạo thành khi hydrat hoá các khoáng xi măng. Ví dụ:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  có nước liên kết bằng lực ion và chỉ bị tách ra ở 300 - 500°C, riêng nước trong  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  mặc dù ở trạng thái liên kết hoá học nhưng lại bị tách ra ở 100°C.

Nước hấp thụ là nước được giữ lại và phân bố trên bề mặt các hạt pha rắn bằng lực Vanđécvan của nguyên tử hay ion không bão hoà. Nước liên kết hấp thụ kém bền hơn liên kết hoá học và thường bị tách ra khi sấy ở 105 - 110°C. Tính chất của lớp nước hấp thụ trên bề mặt các hạt pha rắn ít bị thay đổi, nhưng khi chúng tạo thành các lớp mỏng từ 23 phân tử thì có tính chất “giả rắn”.

Nước mao quản là nước được giữ lại trong các mao quản của đá xi măng có kích thước  $d = 2040m$  bằng lực mao quản. Đường kính mao quản càng nhỏ thì lực mao quản càng lớn. Khả năng giữ nước của mao quản phụ thuộc vào đường kính của nó. Các mao quản thông nhau có đường kính 0,2m có thể chứa đầy nước do hút và ngưng tụ hơi nước với chiều dày màng nước trong mao quản 0,1m. Nước mao quản của đá xi măng bị tách ra khi sấy ở 100-105°C. Khả năng tách nước của mao quản không những phụ thuộc vào nhiệt độ mà còn phụ thuộc vào đường kính mao quản và độ ẩm môi trường. Các mao quản có  $d = 100m$  bốc hơi nước khi độ ẩm tương đối của môi trường là 99%, còn các mao quản có  $d = 10m$  chỉ bốc hơi ẩm khi 89,9% nhưng các mao quản có  $d = 1m$  chỉ bốc hơi ẩm khi 34,8%. Nếu độ ẩm tương đối của môi trường lớn hơn độ ẩm tới hạn trên thì xảy ra trường hợp ngược lại là ngưng tụ hơi nước trong mao quản. Vì thế đá xi măng và bê tông có độ ẩm thay đổi là do sự thay đổi độ ẩm tương đối và nhiệt độ môi trường.

Nước tự do chứa đầy trong các lỗ rỗng lớn hơn đá xi măng, chúng được giữ lại bởi một vài lớp phân tử phân bố trên bề mặt pha rắn và liên kết hấp thụ. Nước tách ra bằng cách sấy và li tâm. Khi thay đổi nhiệt độ, nước chứa trong các lỗ rỗng lớn khác nhau có sự thay đổi trạng thái khác nhau. Khi làm lạnh sản phẩm đến nhiệt độ  $t_0^\circ\text{C}$  thì nước trong các lỗ rỗng và mao quản lớn bị đông lại, nhưng ở các mao quản nhỏ thì nước bị đông đặc ở nhiệt độ thấp hơn. Đường kính mao quản càng nhỏ thì nhiệt độ đông đặc của nước càng thấp, có khi tới  $-25^\circ\text{C}$ .

#### 7.8. Tính kiềm của pha lỏng trong hồ và đá xi măng

Pha lỏng của hồ và đá xi măng là nước chứa các chất hoà tan như  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaOH, KOH... Sự tồn tại các hợp chất hoà tan trong nước tạo nên tính kiềm cao của pha lỏng trong hồ và đá xi măng.



Tính kiềm của pha lỏng trong hồ và đá xi măng được đặc trưng bằng độ pH thông thường bằng 12 - 13. Độ pH của pha lỏng có ảnh hưởng đến tính ăn mòn cốt thép trong đá xi măng. Khi độ pH = 5 - 10 thì cốt thép bị ăn mòn mạnh, nhưng nếu pH = 10 thì tính ăn mòn giảm đi, đặc biệt khi pH = 14 thì sự ăn mòn cốt thép ngừng lại. Nhân của hiện tượng ăn mòn cốt thép giảm khi độ pH tăng lên là do trong môi trường kiềm trên bề mặt cốt thép tạo thành màng bảo vệ bằng hợp chất khó tan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , ngăn cản sự ăn mòn tiếp theo của cốt thép. Khi độ pH càng cao thì khả năng hoà tan của  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  càng giảm do khả năng bảo vệ cốt thép càng cao. Giới hạn của việc bảo vệ cốt thép là độ pH trong môi trường phải lớn hơn 12. Trong thời gian bảo quản và dụng bê tông cốt thép, độ pH của pha lỏng bị giảm do sự cacbonat hoá  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  trong đá xi măng dưới tác dụng của  $\text{CO}_2$  trong không khí. Khi độ pH của pha lỏng bị giảm xuống 12 thì sự ăn mòn cốt thép xảy ra. Vì vậy, để bảo vệ cốt thép người ta thường tạo ra lớp bề mặt sản phẩm đặc chắc dày 1,52 cm ngăn cản sự xâm nhập của  $\text{CO}_2$  từ môi trường bên ngoài vào trong sản phẩm. Khi bê tông cốt thép làm việc trong môi trường không khí độ ẩm tương đối nhỏ hơn 60% thì sự ăn mòn cốt thép không xảy ra. Tốc độ ăn mòn cốt thép không những phụ thuộc vào độ pH của môi trường mà còn phụ thuộc vào sự có mặt của các chất trong đá xi măng. Khi đá xi măng có ion  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ... thì sự ăn mòn cốt thép tăng lên, nhưng khi có các chất nitrát, crômát natri... thì tốc độ ăn mòn giảm đi. Bê tông cốt thép sử dụng các loại xi măng khác nhau gây nên sự ăn mòn cốt thép trong đá xi măng khác nhau. Ví dụ: pha lỏng của đá xi măng poóc lăng xỉ và xi măng poóc lăng Puzolan có tính kiềm nhỏ hơn xi măng poóc lăng thường nên tính ăn mòn cốt thép lớn hơn. Khi muốn bảo vệ cốt thép khỏi bị ăn mòn người ta phải dùng các biện pháp khác nhau như dùng sơn phủ cốt thép, tăng độ đặc chất của bê tông.

## **CHƯƠNG 8. TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA XI MĂNG**

Xi măng poóc lăng là chất kết dính được sử dụng rộng rãi trong thực tế xây dựng. Trong quá trình sử dụng, người ta không chỉ quan tâm đến các tính chất lý học và cơ học của xi măng mà còn chú ý đến các tính chất của xi măng sau khi đã rắn chắc. Một số tính chất lý học và cơ học chủ yếu của xi măng poóc lăng được đưa ra dưới đây.

### **8.1. Khối lượng riêng và khối lượng thể tích**

Khối lượng riêng  $\rho_a$  của xi măng phụ thuộc vào thành phần khoáng clanhke xi măng poóc lăng và dạng phụ gia vào. Trong clanhke xi măng poóc lăng, hàm lượng khoáng  $C_3A$  và  $C_4AF$  có khối lượng riêng lớn, do đó khi hàm lượng của chúng càng lớn thì  $\rho_a$  của xi măng càng cao. Khi pha vào xi măng các loại phụ gia khác nhau và hàm lượng khác nhau, khối lượng riêng  $\rho_a$  của xi măng cũng khác nhau. Xi măng poóc lăng thông thường có khối lượng riêng  $\rho_a = 3,03,2 \text{ gam/cm}^3$ , xi măng poóc lăng xỉ và xi măng poóc lăng Puzolan thường có  $\rho_a = 2,72,9 \text{ gam/cm}^3$ .

Khối lượng thể tích đồ đồng  $\rho_o$  của xi măng phụ thuộc vào loại xi măng, độ nghiền mịn và độ rền chặt của xi măng. Xi măng có hàm lượng các khoáng  $C_3A$ ,  $C_4AF$  càng lớn,  $\rho_a$  càng lớn, đồng thời độ rền chặt của xi măng càng lớn thì  $\rho_o$  càng cao. Khi độ mịn càng cao, khối lượng thể tích của xi măng càng nhỏ. Để đặc trưng cho khối lượng thể tích của xi măng poóc lăng thường sử dụng hai dạng:

Khối lượng thể tích ở dạng tơi:  $\rho_o = 9001100 \text{ kg/m}^3$

Khối lượng thể tích ở dạng chặt:  $\rho_o = 14001700 \text{ kg/m}^3$

Khối lượng thể tích của xi măng thường dùng để tính toán xylô, bunke chứa và bảo quản xi măng. Thông thường trong tính toán, khối lượng thể tích đồ đồng  $\rho_o$  lấy trung bình bằng  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

## 8.2. Lượng nước tiêu chuẩn và độ dẻo tiêu chuẩn

Lượng nước yêu cầu của xi măng hay lượng nước tiêu chuẩn là lượng nước cần thiết để hydrat hoá các khoáng của clanhke xi măng và đảm bảo độ linh động cần thiết của hỗn hợp khi thi công. Lượng nước yêu cầu cũng là lượng nước cần thiết để điều chế hồ có độ dẻo tiêu chuẩn.

Xi măng poóc lăng là chất kết dính có lượng nước tiêu chuẩn thấp và phụ thuộc vào thành phần của clanhke xi măng, độ mịn xi măng, lượng và loại phụ gia pha vào. Khi xi măng có hàm lượng các khoáng  $C_3A$ ,  $C_3S$  càng cao, lượng nước yêu cầu càng lớn. Độ mịn của xi măng càng cao, lượng nước yêu cầu càng cao. Pha vào xi măng các loại phụ gia khác nhau dẫn đến lượng nước yêu cầu cũng khác nhau. Xi măng pha phụ gia khoáng hoạt tính nguồn gốc kết tủa như diatômít, trepan có lượng nước yêu cầu lớn hơn xi măng pha xỉ lò cao hoặc phụ gia nguồn gốc núi lửa như tốp, đá bọt... Thông thường lượng nước yêu cầu của xi măng poóc lăng từ 24 - 28% và xi măng poóc lăng puzolan thì từ 35 - 40% khối lượng xi măng. Khi nhào trộn hỗn hợp bê tông với lượng nước lớn sẽ làm tăng độ rỗng của sản phẩm, làm giảm tính chống thấm, tính chịu lạnh và cường độ bê tông.

Để giảm lượng nước yêu cầu của xi măng, khi nhào trộn có thể đưa vào các loại phụ gia hoạt tính bề mặt với hàm lượng từ 0,1 - 0,3% khối lượng xi măng sẽ làm tăng được cường độ và tính chống thấm của bê tông.

## 8.3. Sự đông kết của xi măng poóc lăng

Quá trình một hỗn hợp xi măng nước tương đối linh động dần dần đặc lại và có cường độ ban đầu nào đó thì gọi là quá trình đông kết. Khi đó sự tác động cơ học lại hỗn hợp này gặp khó khăn và không thể được và nó ảnh hưởng đến sự hình thành cấu trúc và cường độ sản phẩm sau này. Vì vậy các chất kết dính cần phải có thời kỳ đông kết hợp lý, cho phép chuẩn bị các hỗn hợp bê tông và sử dụng chúng trong thời gian thi công.

Khi nhào trộn xi măng với nước, đầu tiên xảy ra quá trình đông kết hỗn hợp, sau đó là quá trình rắn chắc và phát triển cường độ. Tốc độ đông kết của xi măng phụ thuộc vào thành phần khoáng của clanhke xi măng, độ nghiền mịn, loại phụ gia và lượng phụ gia đưa vào, điều kiện môi trường, lượng nước nhào trộn. Khi clanhke xi măng poóc lăng có hàm lượng các khoáng  $C_3A$ ,  $C_3S$  càng lớn thì sự đông kết xảy ra càng nhanh. Tăng tốc độ nghiền mịn của xi măng, giảm lượng nước nhào trộn cũng làm tăng sự đông kết của hỗn hợp xi măng. Pha vào xi măng các loại phụ gia khác nhau, tốc độ đông kết của xi măng cũng khác nhau. Xi măng không pha phụ gia thạch cao có tốc độ đông kết nhanh và tạo ra sản phẩm có cường độ rất thấp. Thạch cao pha vào khi nghiền mịn xi măng nhằm điều chỉnh tốc độ đông kết của xi măng. Hàm lượng thạch cao pha vào chủ yếu phụ thuộc vào hàm lượng  $C_3A$  trong clanhke xi măng. Với xi măng poóc lăng, hàm lượng thạch cao thường dao động từ 36%, ngoài giới hạn đó đều có tác dụng xấu cho quá trình đông kết. Loại thạch cao pha vào cũng có ảnh hưởng đến tốc độ đông kết của xi măng. Nếu sử dụng thạch cao dạng  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  pha vào xi măng, khi thừa ít thạch cao cũng làm tăng nhanh quá trình đông kết của xi măng. Vì vậy hàm lượng thạch cao pha vào xi măng phụ thuộc không chỉ vào sự đông kết mà còn phụ thuộc vào các tính chất khác nhau như cường độ, tốc độ đóng rắn, tính chịu lạnh... Ảnh hưởng của thạch cao đến tốc độ đông kết của xi măng poóc lăng được giải thích bởi sự tác dụng của nó với  $C_3A$  để tạo thành dạng ettringit  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$  bao bọc xung quanh các khoáng aluminat, ngăn cản sự xâm nhập của nước tới các khoáng này và làm chậm tốc độ phản ứng thủy hoá. Để điều chỉnh sự đông kết của xi măng, ngoài thạch cao còn sử dụng các phụ gia khác. Sự có mặt của thủy tinh lỏng, xôđa,  $CaCl_2$ , nitrat... trong xi măng làm tăng sự đông kết, nhưng các chất đường, borat lại làm giảm sự đông kết. Có một số chất phụ gia, ví dụ như  $FeCl_3$ , tùy thuộc vào hàm lượng pha và mà có khả năng làm tăng hay làm giảm sự đông kết. Với 2%  $FeCl_3$  pha trộn vào xi măng làm chậm sự đông kết, nhưng > 2% thì lại làm tăng nhanh sự đông kết. Tốc độ đông kết của xi măng cũng bị ảnh hưởng nhiều bởi tỷ lệ N/X và nhiệt độ môi trường. Khi tăng tỷ lệ N/X, giảm nhiệt độ môi trường đóng rắn, sự đông kết của xi măng bị giảm đi và ngược lại. Trong môi trường không khí khô,  $CO_2$  không ảnh hưởng đến tốc độ đông kết, nhưng trong môi trường không khí ẩm thì sự có mặt khí  $CO_2$  làm tăng sự đông kết của xi măng. Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2682-1999 yêu cầu về thời gian đông kết của xi măng poóc lăng như sau:

- Thời gian bắt đầu đông kết không lớn hơn 45 phút;
- Thời gian kết thúc đông kết không chậm hơn 375 phút;

#### 8.4. Tính ổn định thể tích

Các chất kết dính nói chung và xi măng nói riêng cần phải ổn định thể tích trong quá trình rắn chắc. Xi măng thay đổi thể tích trong quá trình rắn chắc sẽ dẫn đến làm suy giảm cường độ, có khi dẫn tới phá huỷ sản phẩm. Sự thay đổi thể tích trong quá trình rắn chắc hay tính không ổn định thể tích của các loại xi măng có thể xảy ra khi trong xi măng có chứa hàm lượng CaO tự do và MgO tự do lớn. Do CaO tự do và MgO tự do bị hydrat hoá chậm khi tác dụng với nước kèm theo sự thay đổi thể tích trong sản phẩm có xi măng đã rắn chắc, vì vậy làm xuất hiện ứng suất và có thể phá hoại sản phẩm. Đối với xi măng, yêu cầu hàm lượng CaO tự do phụ thuộc vào công nghệ sản xuất, nhưng hàm lượng MgO trong xi măng không lớn hơn 5%.

Sự thay đổi thể tích của đá xi măng còn xảy ra khi sử dụng các sản phẩm vữa hay bê tông trong môi trường có các hợp chất sunphat. Khi đó sẽ xảy ra phản ứng khoáng hydrô aluminat canxi trong đá xi măng và hợp chất sunphat trong môi trường tạo thành ettrigrit làm thay đổi thể tích sản phẩm, xuất hiện ứng suất và giảm cường độ sản phẩm. Theo tiêu chuẩn Việt Nam 2682: 1999, độ ổn định thể tích của xi măng được xác định theo phương pháp Lơ Chatelier không lớn hơn 10 mm.

#### 8.5. Cường độ của xi măng

Một tính chất quan trọng của xi măng là khả năng rắn chắc khi tác dụng với nước và chuyển hỗn hợp dẻo thành trạng thái dạng đá, tạo cho sản phẩm có cường độ. Cường độ cơ học của đá xi măng càng cao, tốc độ phát triển cường độ càng lớn thì chất lượng của xi măng hay chất kết dính càng cao. Để đánh giá xi măng có thể căn cứ vào cường độ cuối cùng đạt được khi rắn chắc và tốc độ rắn chắc- được đặc trưng bởi tốc độ phát triển cường độ xi măng rắn chắc theo thời gian. Cường độ cơ học của xi măng có thể đánh giá bằng các phương pháp khác nhau như theo cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn... Cường độ của xi măng được xác định theo TCVN 6016: 1995.

Mác xi măng đặc trưng cho khả năng chịu nén của mẫu xi măng được chế tạo và xác định theo tiêu chuẩn. Theo TCVN 2682:1992, xi măng poóc lăng có thể có các mác PC30, PC40, PC50 là giới hạn bền nén sau 28 ngày tính bằng N/mm<sup>2</sup> đưa ra trong bảng 8.1.

Xi măng poóc lăng là chất kết dính có cường độ cao trước hết phụ thuộc vào thành phần khoáng và cấu trúc của clanhke xi măng, tỷ lệ nước nhào trộn, phụ gia pha vào xi măng và điều kiện rắn chắc. Chỉ tiêu cường độ của các xi măng khác nhau (theo tiêu chuẩn Liên xô cũ) được đưa ra ở bảng 8.2.

**Bảng 8.1. Chỉ tiêu cường độ của xi măng poóc lăng theo TCVN 2682: 1992**

Tiêu chuẩn của xi măng	Mác xi măng
------------------------	-------------

	PC30	PC40	PC50
Giới hạn bền nén			
Sau 3 ngày	16	21	31
Sau 28 ngày	30	40	50

Bảng 8.2. Chỉ tiêu cường độ của các loại xi măng khác nhau

Xi măng	Cường độ sau 28 ngày (kg/cm <sup>2</sup> ) không nhỏ hơn							
	Khi uốn với mác				Khi nén với mác			
	300	400	500	600	300	400	500	600
Poóc lăng	45	55	60	65	300	400	500	600
Poóc lăng dẻo	45	55	60	-	300	400	500	600
Poóc lăng kỵ nước	45	55	-	-	300	400	-	-
Poóc lăng bền sunphát	-	55	-	-		400	-	-

Cường độ của xi măng phụ thuộc vào thành phần khoáng, chủ yếu là các khoáng  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ . Trong đó các khoáng của clanhke xi măng poóc lăng,  $C_3S$  là khoáng có hàm lượng lớn nhất, tốc độ phát triển cường độ nhanh, còn  $C_2S$  là khoáng có tốc độ phát triển cường độ tương đối chậm ở thời kỳ đầu, sau đó tốc độ phát triển cường độ tăng dần. Các khoáng nóng chảy  $C_3A$  hydrát hoá nhanh nhưng cường độ phát triển thấp, còn  $C_4AF$  có cường độ tương đối cao nhưng vẫn thấp hơn so với  $C_2S$ . Vì vậy khi xi măng có hàm lượng  $C_3S$ ,  $C_2S$  nhiều thì cường độ cuối cùng của sản phẩm cao và xi măng có  $C_3A$  nhiều thì cường độ thấp. Trong clanhke xi măng, các khoáng có hàm lượng khác nhau nhưng hàm lượng chủ yếu là  $C_3S$ , vì vậy nó là khoáng ảnh hưởng quyết định tới cường độ và tốc độ rắn chắc của xi măng. Sau 7 ngày rắn chắc  $C_3S$  có thể đạt gần 70% cường độ cuối cùng, còn  $C_2S$  rắn chắc chậm hơn, sau 12 tháng mới đạt cường độ đủ cao. Khi  $C_3A$  rắn chắc ở trạng thái đơn khoáng thì cường độ rất thấp, nhưng trong clanhke cùng với các khoáng khác thì vai trò của  $C_3A$  tăng lên đáng kể. Khi hàm lượng khoáng  $C_3A$  trong xi măng không lớn hơn (5-12%), khoáng này có khả năng làm tăng tốc độ phát triển cường độ của chất kết dính vào thời kỳ đầu rắn chắc. Ảnh hưởng của hàm lượng các khoáng khác nhau đến cường độ của xi măng poóc lăng được thể hiện qua bảng 8.3.

Bảng 8.3. Sự phụ thuộc của cường độ và tốc độ phát triển vào hàm lượng các khoáng xi măng poóc lăng (theo C.Đ.Ôkôrôkôp)

Thành phần khoáng (%)				Cường độ nén (kG/cm <sup>2</sup> ) Sau ngày				Tốc độ phát triển cường độ % (so với 28 ngày)			
C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	3	7	28	180	3	7	28	180
70	5	12,5	12,5	138	238	346	398	40	69	100	115
55	20	12,5	12,5	126	197	369	375	38	60	100	102
40	35	12,5	12,5	63	116	264	293	31	57	100	113
25	50	12,5	12,5	33	88	203	269	16	43	100	133

Cường độ của xi măng còn phụ thuộc vào cấu trúc của clanhke xi măng poóc lăng. Nếu các clanhke có cùng thành phần hoá học thì loại clanhke nào có hàm lượng pha thủy tinh lớn, kích thước các tinh thể C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S nhỏ thì cường độ xi măng cao. Độ mịn của xi măng và thành phần hạt của nó cũng ảnh hưởng đến cường độ và các tính chất khác của xi măng. Khi độ mịn càng cao, thành phần hạt của xi măng càng hợp lý thì cường độ của xi măng càng cao và phát triển nhanh trong giai đoạn đầu rắn chắc. Trong quá trình bảo quản xi măng, thời gian bảo quản có ảnh hưởng lớn đến cường độ. Khi xi măng bảo quản càng lâu, môi trường có độ ẩm càng lớn thì sự giảm cường độ xi măng càng lớn. Xi măng có độ mịn càng lớn, thời gian bảo quản càng dài thì sự giảm cường độ càng nhanh. Sau 3 tháng bảo quản, cường độ xi măng có thể giảm từ 15 - 20%, sau 6 tháng cường độ giảm 20 - 30% so với xi măng mới nghiền. Xi măng có pha các loại phụ gia khoáng hoạt tính như trepan, điatômít... gây nên sự giảm cường độ nhanh hơn trong thời gian bảo quản.

Các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép khi sử dụng sẽ chịu tác động của các lực khác nhau và gây nên lực kéo uốn. Cường độ chịu nén của xi măng càng cao, càng độ chịu uốn của xi măng càng cao. Ví dụ xi măng Liên xô mác 300 có chỉ số chịu uốn là khoảng 300/50 = 6, nhưng khi mác 500 thì tỷ số này sẽ là 500/7 = 7,1.

Lượng nước nhào trộn có ảnh hưởng lớn đến cường độ xi măng. Khi hàm lượng nước nhào trộn càng lớn, độ đặc chắc của sản phẩm càng giảm do đó cường độ càng giảm. Sự phụ thuộc của cường độ đá xi măng vào lượng nước nhào trộn biểu diễn theo phương trình:

$$R = K \left( \frac{C}{a + e} \right)^2$$

Trong đó: K - hằng số;

C, a, e - thể tích tuyệt đối của xi măng, không khí và nước trong hỗn hợp.

Theo phương trình này, cường độ của xi măng tỷ lệ với bình phương nồng độ xi măng trong một đơn vị thể tích. Khi tỷ lệ nước đối với xi măng là từ 0,40,8, cường độ của bê tông biểu diễn theo phương trình:

$$R_b = AR_x(X/N - B);$$

Trong đó: A, B là hằng số.

Vì vậy khi lượng nước nhào trộn càng nhỏ, cường độ bê tông càng cao. Cường độ của xi măng và bê tông còn phụ thuộc vào sự có mặt của các phụ gia pha vào hỗn hợp khi nhào trộn. Việc đưa vào hỗn hợp các phụ gia rắn nhanh như  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ... làm giảm sự rắn chắc, vì vậy cường độ sau 3 ngày lớn gấp 1,52 lần hỗn hợp không có phụ gia. Hàm lượng phụ gia pha vào thường 1,5%.

Điều kiện môi trường rắn chắc có ảnh hưởng lớn đến cường độ xi măng. Khi xi măng rắn chắc trong môi trường có độ ẩm cao, trong môi trường nước hay hơi nước thì cường độ phát triển nhanh. Trong môi trường không khí có độ ẩm tương đối = 60 - 80%, sự phát triển cường độ chậm lại và khi có độ ẩm tương đối nhỏ (40 - 50%) thì sự đóng rắn bị ngừng lại. Gia công nhiệt ẩm làm tăng nhanh quá trình rắn chắc của xi măng. Sau 810 giờ gia công nhiệt ẩm ở 70 - 80%, cường độ của mẫu có thể đạt 60 - 70% cường độ mẫu sau 28 ngày rắn chắc trong điều kiện thường. Khi nhiệt độ gia công nhiệt ẩm càng cao, sự phát triển cường độ càng nhanh. Tuy nhiên gia công nhiệt ẩm ở nhiệt độ và áp suất cao, thời gian lâu sẽ làm giảm cường độ cuối cùng của sản phẩm so với dưỡng hộ tự nhiên, làm giảm tính thấm của sản phẩm.

Nhiệt độ môi trường rắn chắc có ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ của xi măng. Ở nhiệt độ từ 0 - 8°C, xi măng rắn chắc chậm hơn 23 lần khi rắn chắc ở nhiệt độ từ 18 - 20°C. Khi nhiệt độ < 0°C, sự rắn chắc bị ngừng lại. Nhiệt độ càng thấp, độ hoạt tính của xi măng càng nhỏ, tỷ lệ nước nhào trộn càng lớn thì cường độ của xi măng tăng càng chậm. Do đó bê tông hay xi măng rắn chắc ở nhiệt độ âm -10°C thường phải sử dụng hỗn hợp phụ gia  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  với tỷ lệ 3/7, nếu nhiệt độ thấp hơn nữa (từ -15°C đến -20°C) cần sử dụng hỗn hợp phụ gia  $\text{NaNO}_2$  và  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .