

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG**

**KHOA HÓA - NGÀNH CNHH & VẬT LIỆU**

**Ths.GVC NGUYỄN DÂN**

# **CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT CHẤT KẾT DÍNH VÔ CƠ**



**2007**

## Chương 1

# PHÂN LOẠI CHẤT KẾT DÍNH VÔ CƠ VÀ PHỤ GIA

### 1.1 Phân loại chất kết dính và lĩnh vực sử dụng.

Căn cứ vào tính chất và mục đích sử dụng của chất kết dính vô cơ, người ta chia chúng thành 3 loại:

#### 1.1.1 Chất kết dính không khí.

Đó là những chất kết dính khi tác dụng với nước sẽ tạo thành hồ dẻo, và để trong không khí sau một thời gian sẽ rắn chắc lại như đá. Loại đá này chỉ bền trong môi trường không khí hay những nơi thoáng mát, khô ráo. Loại chất kết dính này gồm có: Chất kết dính vôi không khí, chất kết dính thạch cao, chất kết dính manhêđi, chất kết dính đolômit.

#### 1.1.2 Chất kết dính thủy lực.

Ngược lại với chất kết dính không khí, loại này có khả năng đóng rắn trong môi trường không khí, môi trường ẩm và cả trong nước. Khi rắn chắc như đá sẽ có độ bền nước, bền sulfat cao hơn. Loại chất kết dính này gồm có: xi măng portland, xi măng alumin, xi măng portland puzoland, vôi thủy, xi măng La Mã ...

#### 1.1.3 Chất kết dính chịu axit, chịu nhiệt.

Loại chất kết dính này thu được từ một loại xi măng gốc nào đó, sau đó tùy thuộc yêu cầu sử dụng người ta chọn loại phụ gia hoặc hóa chất pha vào với những hàm lượng khác nhau và đồng nhất chúng.

### 1.2 Khái niệm và phân loại phụ gia trong công nghệ sản xuất xi măng.

#### 1.2.1 Khái niệm về phụ gia.

Hóa chất hay nguyên liệu dùng để pha vào phối liệu hay cho vào nghiền chung với clinker xi măng, nhằm mục đích cải thiện công nghệ nghiền, nung hay tính chất của sản phẩm được gọi chung là phụ gia. Ngoài ra còn góp phần hạ giá thành sản phẩm và tăng sản lượng ( ví dụ khi sử dụng phụ gia đầy chẳng hạn).

#### 1.2.2 Phân loại phụ gia.

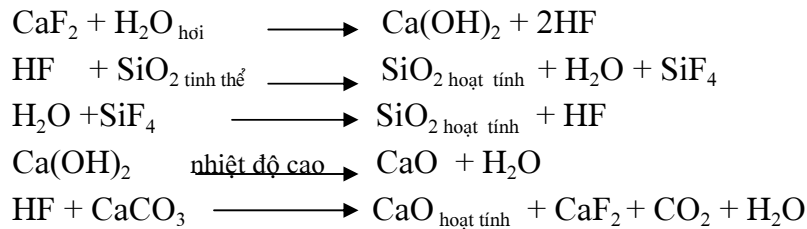
Phụ gia trong công nghệ sản xuất xi măng portland có thể chia làm hai loại: Phụ gia cải thiện công nghệ gia công và chuẩn bị phối liệu hay nung luyện, phụ gia cải thiện tính chất của xi măng (như tính bền nước, bền sulfat, bền nhiệt)

##### 1.2.2.1 phụ gia cải thiện công nghệ.

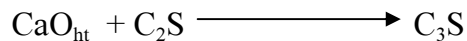
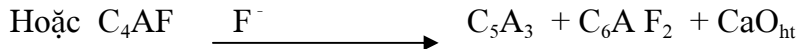
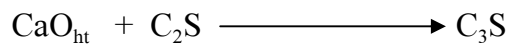
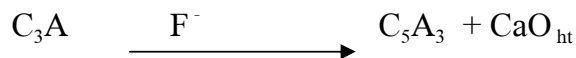
*Phụ gia trợ nghiền:* Đó là hóa chất hay nguyên liệu cho vào thiết bị nghiền và nghiền chung với hỗn hợp nguyên liệu ( nghiền phối liệu ) hay clinker nhằm mục đích tăng năng suất máy nghiền và giảm tiêu hao năng lượng điện.

*Phụ gia khoáng hóa:* Đó là hóa chất hay nguyên liệu cho vào thiết bị nghiền và nghiền chung với hỗn hợp nguyên liệu. Do sự có mặt của nó nên khi nung phối

liệu sẽ giảm được nhiệt độ nung, tăng tốc các phản ứng hóa học trong quá trình tạo khoáng. Ngoài ra nó còn có tác dụng giảm độ nhớt, tăng tính linh động pha lỏng. Do vậy tăng khả năng thấm ướt của pha lỏng cao ( do ở nhiệt độ cao chất khoáng hóa phá vỡ hay làm yếu cầu nối cấu trúc pha lỏng). Từ đó pha lỏng tăng tính hòa tan và C<sub>2</sub>S và CaO dễ dàng khuếch tán vào pha lỏng để tiếp xúc nhau tạo thành khoáng C<sub>3</sub>S. Ví dụ: khi chuẩn bị phối liệu cho lò nung ta cho vào máy nghiền phối liệu một lượng < 1%: CaF<sub>2</sub> hay Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ...và cơ chế:



Nhận xét: sự có mặt F<sup>-</sup> sẽ tạo ra các CaO<sub>ht</sub> và SiO<sub>2ht</sub>. Ngoài ra F<sup>-</sup> còn có khả năng định hướng tạo khoáng C<sub>3</sub>S có hiệu suất cao từ C<sub>3</sub>A và C<sub>4</sub>AF:



Cũng có thể sử dụng các loại phụ gia khoáng hóa tổng hợp.

Ví dụ: Dùng phospho, thạch cao ( lượng < 6% ) và muối florua (< 1%).

*CaSO<sub>4</sub> sẽ tác dụng với C<sub>3</sub>A (C<sub>3</sub>A tạo thành ở zôn phản ứng pha rắn) thành 3C<sub>3</sub>A.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>..CaSO<sub>4</sub> ( chất trung gian giả bền) và 3C<sub>3</sub>A.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>..CaSO<sub>4</sub> sẽ bao bọc hạt C<sub>3</sub>A và làm hạt C<sub>3</sub>A không phát triển kích thước được. Do đó CaO còn lại tiếp tục phản ứng với C<sub>2</sub>S tạo C<sub>3</sub>S. còn 3C<sub>3</sub>A.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>..CaSO<sub>4</sub> sẽ bị phân huỷ thành C<sub>5</sub>A<sub>3</sub>, CaO<sub>ht</sub> và CaSO<sub>4</sub>. Như vậy đã tạo thêm CaO<sub>ht</sub> để tác dụng với C<sub>2</sub>S tạo thành C<sub>3</sub>S..Thực ra về cơ chế cũng giống phụ gia khoáng hoá CaF<sub>2</sub>.*

*Khi có mặt CaSO<sub>4</sub> và P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> còn làm cấu trúc của C<sub>3</sub>S và C<sub>2</sub>S bền vững khó bị phân huỷ khi làm lạnh.*

*Phụ gia giảm ẩm: phối liệu( bùn) trong sản xuất xi măng theo phương pháp ướt thường có độ ẩm cao (W>32%). Do đó khi nung luyện tốn nhiều nhiệt cho quá trình bốc hơi và làm giảm năng suất lò. Biện pháp để làm giảm độ ẩm nhưng vẫn bảo đảm độ nhớt của bùn thường sử dụng các loại phụ gia sau:*

+ (0.2 - 0.5 )% S SB độ ẩm của bùn giảm (2 - 4)% tương đương giảm lượng nước trong bùn 7%.

+ Hỗn hợp ( SSB và Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) hàm lượng từ (0,2 - 0,5)% sẽ giảm nước trong bùn 8%.

+ Hỗn hợp thủy tinh lỏng và NaOH hoặc soda bùn giảm (3 - 6)% .

#### 1.2.2.2 phụ gia cải thiện tính chất của xi măng.

- *Phụ gia thủy*: Phụ gia thủy là một chất khi nghiền mịn trộn với vôi cho ta một chất có tính kết dính và đóng rắn, còn khi trộn với xi măng portland nó sẽ kết hợp với vôi tự do và vôi thoát ra của các phản ứng thủy hóa các khoáng xi măng trong quá trình đóng rắn xi măng tạo ra các khoáng bền nước và bền sulfat. Do đó làm tăng được độ bền nước, độ bền sulfat của xi măng portland .

Bản thân phụ gia thủy khi nghiền mịn trộn với nước không có tính chất kết dính, đó là đặc điểm cơ bản khác với xỉ lò cao.

Thành phần hoá học chủ yếu của phụ gia thủy là SiO<sub>2</sub> hoạt tính và một lượng nước liên kết nhất định, ngoài ra còn có chứa một lượng ôxit nhôm hoạt tính, ôxit sắt.

***Chất lượng của phụ gia thủy hoạt tính phụ thuộc vào hoạt tính hút vôi hoặc mức độ hoạt tính thủy lực của nó.***

***Hoạt tính hút vôi ( độ hoạt tính )***: Được xác định bằng số miligam vôi do một gam phụ gia hấp thụ trong thời gian 30 ngày đêm sau 15 lần chuẩn. Lượng vôi bị một gam phụ gia hấp thụ càng nhiều thì độ hoạt tính của phụ gia thủy càng cao. Độ hoạt tính của phụ gia thủy được phân loại như sau:

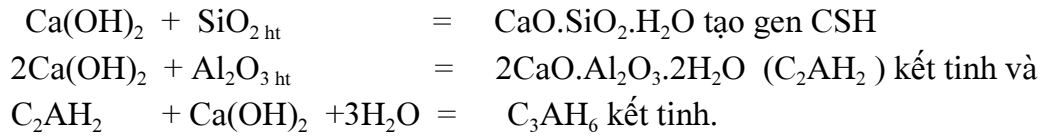
Bảng 1

Xếp phụ gia vào loại	Độ hoạt tính của phụ gia [mg CaO/1 gam phụ gia]
Rất mạnh	>150
Mạnh	100 - 150
Trung bình mạnh	70 - 100
Trung bình	50 - 70
Yếu	30 - 50

***Hoạt tính thủy lực còn gọi là chỉ số hoạt tính***: Chính là tỉ số mác ( R<sub>nén 28 ngày</sub>) của mẫu xi măng có pha phụ gia 20% (PCB) với mác ( R<sub>nén 28 ngày</sub>) của mẫu xi măng không pha phụ gia [ xi măng PC = (95% - 97%) clinker + (3% - 5%) thạch cao thiên nhiên].

$$I = \frac{R_{PCB}}{R_{PC}} \cdot 100$$

Hiện nay đánh giá chất lượng phụ gia thường thiên về sử dụng chỉ số hoạt tính. Vì đánh giá chất lượng phụ gia theo độ hút vôi mức độ chính xác thấp hơn. Lí do khả năng hút vôi của phụ gia có hai phần: phần hấp thụ vật lí thuần túy vào mao quản và lỗ rỗng của các hạt phụ gia và phần phản ứng hóa học ở 2 dạng sau:



Bảng 2 phân loại phụ gia theo chỉ số hoạt tính

TT	Tỉ lệ phụ gia %	Cấp hoạt tính	Phân loại
1	< 10	Không hoạt tính	Phụ gia trơ
2	10-12	Hoạt tính yếu	Loại 3
3	12-15	Hoạt tính trung bình	Loại 2
4	>15	Hoạt tính cao	Loại 1

- **Phân loại phụ gia thủy**

Căn cứ vào nguồn gốc hay thành phần hóa học của các loại phụ gia (thường hay căn cứ vào nguồn gốc) phụ gia thủy được phân loại như sau:

Bảng 3

Phụ gia thủy thiên nhiên		Phụ gia thủy nhân tạo
Nguồn gốc từ núi lửa (loại phun xuất)	Nguồn gốc trầm tích (cấu tạo từ vỏ trái đất)	
+ Tro núi lửa + Puzolan + Tup + Traxơ + Đá bọt	+ Diatômít + Trêpen + Opaka + Khoáng sét	+ Đất sét nung non lửa + Silic hoạt tính phế liệu + Tro, xỉ nhiên liệu + Tro trấu

- Phụ gia thủy thiên nhiên có nguồn gốc từ núi lửa: Là loại đá thiên nhiên do núi lửa tạo thành, thành phần hoá học gồm ôxít Silic hoạt tính, ôxít nhôm hoạt tính, tạp chất đất sét và một lượng nước hoá học. Độ hoạt tính của nó phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng ôxít Silic hoạt tính và nước hoá học, ngoài ra còn phụ thuộc vào quá trình làm lạnh khi tạo thành nó.

- Phụ gia thủy thiên nhiên có nguồn gốc trầm tích: Do cấu tạo vỏ trái đất là những khoáng nhẹ, dễ nghiền, xốp, khô, dễ hút ẩm, thành phần hoá học chủ yếu là ôxít Silic vô định hình. Trọng lượng riêng của loại phụ gia thủy này rất nhỏ ví dụ: Diatômít: 0,75 g/cm<sup>3</sup>, Trêpen: 0,85 g/cm<sup>3</sup>, Opaka: 0,14 g/cm<sup>3</sup>. Trọng lượng riêng càng nhỏ độ xốp càng lớn, độ hoạt tính càng cao.

- Phụ gia thủy nhân tạo gồm có:

Silic hoạt tính phé liệu: là phé liệu của ngành sản xuất phèn nhôm từ đất sét, có hoạt tính cao, sử dụng làm phụ gia thủy rất tốt.

- Đất sét hoạt hóa: Đất sét nung có thể sử dụng làm phụ gia thủy được, nhưng cần chọn loại đất sét có chứa nhiều khoáng  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  được gia công nhiệt ở  $(600 - 800)^\circ C$  và làm lạnh nhanh.

Theo các công trình nghiên cứu thì độ hoạt tính của phụ gia thủy loại đất sét phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ nung và loại đất sét sử dụng làm phụ gia thủy. Độ hoạt tính của đất sét nung do khoáng Caolinhit ở nhiệt độ  $(600 - 800)^\circ C$  tạo thành mêta caolinhit hoạt tính là chủ yếu và một lượng nhỏ ôxít Silic hoạt tính, ôxít nhôm hoạt tính. Nên chúng dễ dàng tác dụng với vôi tạo khoáng bền nước. Do đó có thể chọn đất sét gia nhiệt làm phụ gia thủy rất tốt.

- Tro, xỉ nhiên liệu rắn: Tro xỉ nhiên liệu rắn có thể sử dụng làm phụ gia thủy được, vì thành phần hoá học của nó gần giống như thành phần hoá học của đất sét nung. Muốn sử dụng làm phụ gia thủy thì nhiên liệu phải đốt ở nhiệt độ thấp, nếu đốt ở nhiệt độ cao thì độ hoạt tính của nó giảm.

- Xỉ lò cao hạt hóa: là phé liệu của ngành sản xuất gang. Vì quặng dùng để luyện gang có chứa các tạp chất: đất sét, cát, đá vôi. Các tạp chất này sẽ tác dụng với tro nhiên liệu tạo thành những silicat, aluminat canxi. Các khoáng này sẽ bị nóng chảy ở nhiệt độ  $1300^\circ C$  đến  $1500^\circ C$  tạo thành xỉ. Do trọng lượng riêng của xỉ nhỏ hơn gang nên nổi lên trên, được tháo ra ngoài và làm lạnh nhanh tạo thành những hạt nhỏ gọi là xỉ lò cao hạt hóa.

Bản thân xỉ lò cao khi nghiền mịn đem trộn với nước sẽ có tính kết dính, có khả năng đóng rắn và phát triển cường độ.

Thành phần hóa học của xỉ phụ vào thành phần của quặng và tro nhiên liệu. Các ôxít chính có trong xỉ  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  và tổng hàm lượng của chúng chiếm từ 90% đến 95%. Ngoài ra còn có một lượng nhỏ các ôxít khác:  $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$ .

Thành phần khoáng của xỉ lò cao chủ yếu phụ thuộc vào tốc độ làm lạnh xỉ. Ví dụ: Nếu làm lạnh chậm sẽ có:  $C_2AS$ ,  $CAS_2$ ,  $C_2MS_2$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$   $C_2S$ ,  $C_3S_2$ ,  $CMS$ ,  $MA$ ,  $CM$ ,  $M_2S$  và các khoáng aluminat canxi  $CA$ ,  $C_5A_3$ . Song các khoáng trên kết tinh lớn chiếm hàm lượng 90% và pha thủy tinh 10%, vả lại chỉ có khoáng  $\beta$   $C_2S$ ,  $CA$ ,  $C_5A_3$  là có tính dính kết nhưng hàm lượng của nhỏ, nên cường độ của xỉ không cao.

Nếu làm lạnh nhanh các khoáng trong xỉ sẽ kết tinh dạng tinh thể nhỏ, hàm lượng thủy tinh trong xỉ rất lớn :95% có hoạt tính cao và có tính kết dính lớn. Nên được coi là nguyên liệu quý dùng để sản xuất các loại chất kết dính bền nước.

Xỉ lò cao được phân làm hai loại: xỉ kiềm và xỉ axit. Để đặc trưng cho tính chất của xỉ dùng môđun thủy lực kí hiệu  $M_0$  và:

$$M_o = \%(\text{CaO} + \text{MgO}) / \%(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$$

$M_o > 1$  gọi là xỉ kiềm

$M_o < 1$  gọi là xỉ axit.

Ngoài ra còn sử dụng môđun hoạt tính kí hiệu  $M_a$  đặc trưng cho độ hoạt tính của xỉ:

$$M_a = \% \text{Al}_2\text{O}_3 / \% \text{SiO}_2$$

$M_a$  tăng thì độ hoạt tính của xỉ tăng và ngược lại.

**Chú ý:** Khi pha phụ gia thủy hoạt tính vào xi măng gốc để sản xuất xi măng hỗn hợp, thời gian đông kết của xi măng hỗn hợp bao giờ cũng lớn hơn thời gian đông kết của xi măng gốc. Do quá trình hấp thụ CaO của vữa xi măng bởi phụ gia thủy hoạt tính làm cho độ pH của vữa xi măng giảm, mặt khác có sự ngăn cản do sự bám dính của các hạt phụ gia và lớp màng mỏng của sản phẩm khi phụ gia tác dụng với các sản phẩm thủy hóa của xi măng trên bề mặt các hạt xi măng.

Một trong những biện pháp khắc phục hiện tượng trên thường tăng độ mịn xi măng.

Khi sử dụng phụ gia cần để ý đến hàm lượng kiềm ( $R_2O$ ) có trong phụ gia, vì hàm lượng của chúng lớn hơn 1.5% sẽ gây ra ăn mòn xi măng và cốt thép.

#### - Phụ gia điều chỉnh

Để điều chỉnh tốc độ đóng rắn của xi măng người ta thường dùng thạch cao 2 nước ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) hoặc một số muối như:  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{NaCl}$ ; ... pha vào xi măng. Vì bản thân clinker khi nghiền mịn đóng rắn rất nhanh khi tác dụng với nước, không bảo đảm thời gian nhào trộn, vận chuyển và thi công. Các loại phụ gia điều chỉnh trên pha vào xi măng với một tỷ lệ thích hợp sẽ có tác dụng kéo dài thời gian đóng rắn của xi măng. (về cơ chế xem phần quá trình hoá lí khi xi măng đóng rắn).

-*Phụ gia lười* Còn gọi là phụ gia đầy, có thể sử dụng như: các loại đá vôi chất lượng thấp, cát nghiền mịn, v.v... mục đích pha vào xi măng làm tăng sản lượng, hạ giá thành sản phẩm. Khi pha các loại phụ gia lười vào xi măng cần chú ý tỷ lệ để đảm bảo chất lượng sản phẩm.

-*Phụ gia bảo quản* Xi măng khi bảo quản trong kho thường bị giảm chất lượng vì các hạt xi măng dễ hút ẩm và khí  $\text{CO}_2$  trong không khí. Do đó các hạt xi măng bị hydrat hoá, cacbonat hoá và chúng dính lại với nhau tạo thành cục gọi là xi măng "bị chết gio'" trước khi sử dụng. Để khắc phục hiện tượng trên khi nghiền clinker người ta còn pha vào các loại phụ gia bảo quản như: Dầu lạc, dầu lạp, v.v... các phụ gia này tạo một màng mỏng bao bọc bên ngoài hạt xi măng, làm cho xi măng có khả năng chống ẩm tốt.

### 1.3 Các biện pháp kiểm soát hàm lượng phụ gia thủy hoạt tính pha vào xi măng.

Để kiểm tra hàm lượng phụ gia pha vào PCB thường sử dụng 3 phương pháp sau:

#### 1.3.1 Phương pháp cơ lí.

Thông qua và so sánh các tính chất cơ lí của PC và PCB như: lượng nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết, mác xi măng ...trong đó chỉ tiêu mác xi măng được sử dụng nhiều nhất. Thông thường mác PCB sau 28 ngày nhỏ hơn mác PC sau 28 ngày. Nhưng thực tế, có trường hợp nếu chọn hàm lượng phụ gia tối ưu thì mác PCB có thể bằng hoặc lớn hơn mác PC. Do đó phương pháp này ít sử dụng; hơn nữa khi thử nghiệm và kiểm tra Mács xi măng mất nhiều thời gian, nên không đáp ứng hiệu chỉnh kịp thời trong sản xuất.

### 1.3.2 Phương pháp đo dung trọng.

Đo dung trọng của PC và dung trọng của PCB, sau đó so sánh giá trị chênh lệch giữa chúng. Ưu điểm của phương pháp này so với phương pháp cơ lí thời gian kiểm tra ngắn hơn, song kết quả cũng thiếu chính xác. Lí do có một số phụ gia có khối lượng thể tích có thể gần bằng khối lượng thể tích clinker.

**1.3.3 Phương pháp hóa học.** Phương pháp này so với hai phương pháp trên thì độ chính xác cao hơn và có ưu điểm áp dụng cho mọi loại phụ gia không phân biệt mức độ hoạt tính, màu sắc, phụ gia đơn hay phụ gia hỗn hợp.

Nguyên tắc của phương pháp này là so sánh thành phần hóa của PCB và thành phần hóa của các nguyên liệu chủ yếu để sản xuất ra nó là clinker và các loại phụ gia.

Công thức tính tỉ lệ phụ gia pha vào PC (xi măng gốc: gồm clinker và từ 3% đến 5% thạch cao thiên nhiên). Gọi:

$C_1, S_1, A_1, F_1, K_1$  kí hiệu thành phần CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cặn không tan của **clinker** đang dùng sản xuất PCB.

$C_2, S_2, A_2, F_2, K_2$  kí hiệu thành phần CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cặn không tan của **phụ gia**

$C_3, S_3, A_3, F_3, K_3$  kí hiệu thành phần CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cặn không tan của **PCB**.

$C_{tc}, S_{tc}, A_{tc}, F_{tc}, K_{tc}$  kí hiệu thành phần CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cặn không tan của **thạch cao** trong xi măng PCB.

**Chú ý:** Các công thức trên sử dụng khi hàm lượng SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cặn không tan của thạch cao đáng kể.

$$\%PG(\text{theoC}) = \frac{100[(C_3 - C_{tc}) - C_1]}{C_2 - C_1}$$

$$\%PG(\text{theoS}) = \frac{100[(S_3 - S_{tc}) - S_1]}{S_2 - S_1}$$

$$\%PG(\text{theoA}) = \frac{100[(A_3 - A_{tc}) - A_1]}{A_2 - A_1}$$

$$\%PG(\text{theoF}) = \frac{100[(F_3 - F_{tc}) - F_1]}{F_2 - F_1}$$

$$\%PG(\text{theoK}) = \frac{100[(K_3 - K_{tc}) - K_1]}{K_2 - K_1}$$



## Chương 2

# CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT XI MĂNG PORTLAND.

### 2.1 Khái niệm và định nghĩa.

Xi măng portland là kết dính thủy lực, khi trộn nó với nước sẽ tạo hồ vữa có tính kết dính và đóng rắn được trong môi trường không khí, môi trường nước. Hồ vữa trong quá trình đóng rắn sẽ phát triển cường độ.

Xi măng portland là sản phẩm nghiền mịn của clinker với thạch cao thiên nhiên, đôi khi còn pha thêm vào một vài loại phụ gia khác nhằm cải thiện một số tính chất của xi măng và tăng sản lượng, hạ giá thành.

Clinker sản xuất bằng cách nung đến kết khối phối liệu đã được nghiền mịn và đồng nhất gồm: đá vôi, đất sét hoặc đá vôi, đất sét, quặng sắt ... hoặc đá vôi, đất sét với các phế liệu của các ngành công nghiệp khác (bùn nephelin, xỉ lò cao...). Trong phối liệu trên thông thường đá vôi chiếm tỉ lệ từ: 75% - 80%.

Hiện nay trên thị trường có hai loại xi măng phổ dụng: PC và PCB.

- PC viết tắt của Portland Cement: Để sản xuất xi măng này bằng cách nghiền chung clinker với (3%- 5%) thạch cao thiên nhiên. Tùy theo chất lượng của clinker, có thể sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính và phụ gia công nghệ khác. Tuy nhiên, tổng lượng phụ gia không được vượt quá 15%. Trong đó, phụ gia hoạt tính không được vượt quá 10%.

Ximăng portland gồm có các mác sau: PC30; PC40; PC50; PC60

- PCB viết tắt của Portland Cement Blended: Sản xuất xi măng này bằng hai cách nghiền chung và nghiền riêng. Tùy theo chất lượng của clinker ximăng portland và phụ gia. Tổng lượng các phụ gia khoáng (không kể thạch cao) trong ximăng portland hỗn hợp, tính theo khối lượng ximăng không vượt quá 40%. Trong đó, phụ gia đày không được vượt quá 20%. Phụ gia công nghệ không được vượt qua 1%.
- Ximăng portland hỗn hợp tùy theo mác được ký hiệu: PCB30, PCB40.

Cách nghiền chung: Cho clinker, thạch cao thiên nhiên ((3%- 5%) và các loại phụ gia khác vào chung trong thiết bị nghiền để nghiền.

Cách nghiền riêng: Nghiền clinker và thạch cao thiên nhiên riêng để có PC, các loại phụ gia khác nghiền riêng. Sau đó tùy theo yêu cầu ta định lượng PC và phụ gia, rồi trộn và đồng nhất chúng. Ví dụ:

PC40 được hiểu là xi măng poóclăng có mác 40 N/mm<sup>2</sup>.

PCB30 được hiểu là xi măng poóclăng hỗn hợp có mác 30 N/mm<sup>2</sup>.

<b>Bảng 2.1 Chỉ tiêu chất lượng của xi măng poóc lăng theo TCVN 2682:1999</b>			
Tên chỉ tiêu	Mức		
	PC 30	PC 40	PC 50
1. Cường độ chịu nén, N/mm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn, sau: 3 ngày ± 45 phút 28 ngày ± 8 giờ	16 30	21 40	31 50
2. Thời gian đông kết, phút: - Bắt đầu, không sớm hơn - Kết thúc, không muộn hơn	45 375		
3. Độ nghiền mịn, xác định theo: - Phần còn lại trên sàng 0,08mm, %, không lớn hơn - Bề mặt riêng, phương pháp Blaine, cm <sup>2</sup> /g, không nhỏ hơn	15 2700	12 2800	
4. Độ ổn định thể tích, xác định theo phương pháp Le Chatelier, mm, không lớn hơn	10		
5. Hàm lượng SO <sub>3</sub> , %, không lớn hơn	3,5		
6. Hàm lượng MgO, %, không lớn hơn	5,0		
7. Hàm lượng MKN, %, không lớn hơn	5,0		
8. Hàm lượng CKT, %, không lớn hơn	1,5		

**Các chỉ tiêu chất lượng của xi măng portland hỗn hợp theo TCVN 6260 -1997**

Bảng 2.2

Tên chỉ tiêu, đơn vị, quy định	Mức	
	PCB30	PCB40
1. Cường độ nén, N/mm <sup>2</sup> , không nhỏ hơn - 72 giờ ± 45 phút - Sau 28 ngày ± 2 giờ	14 30	18 40
2. Độ nghiền mịn: - Phần còn lại trên sàng 0,08 mm, %, không lớn hơn - Bề mặt riêng xác định phương pháp Blaine, cm <sup>2</sup> /g, không	12 2700	

nhỏ hơn	
3. Thời gian đông kết: - Bắt đầu, phút, không sớm hơn - Kết thúc, giờ, không muộn hơn	45 10
4. Độ ổn định thể tích, được xác định theo phương pháp Le Chatelier, mm, không lớn hơn	10
5. Hàm lượng Anhydric Sunfuric (SO <sub>3</sub> ), %, không lớn hơn	3,5

## 2.2 Thành phần hóa học của clinker

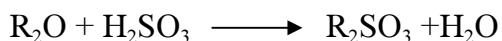
Bốn ôxit chính trong clinker xi măng là: CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Tổng hàm lượng của chúng từ 95%-97%. Ngoài ra còn có một số ôxit khác có hàm lượng không lớn lắm: MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>...

SiO<sub>2</sub> : 21 - 24%      CaO : 63 - 67%      Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0 - 3%      SO<sub>3</sub> : 0.1 - 1%  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 4 - 8%      MgO : 1 - 5%      P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 0.0 - 0.1%      ΣR<sub>2</sub>O: 0 - 1%  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 2 - 4%      TiO<sub>2</sub> : 0 - 0.5%      MKN: 0.5 - 3%

- **CaO**: Thành phần chính thứ nhất trong clinker xi măng. Muốn clinker có chất lượng tốt thì CaO phải liên kết hết với các ôxit khác tạo ra các khoáng có tính kết dính và cho cường độ cao. Trường hợp ngược lại, lượng CaO<sub>tự do</sub> sẽ nhiều. Khi CaO<sub>tự do</sub> ở nhiệt độ cao (1450°) thì CaO bị già lửa, tạo tinh thể lớn và cấu trúc sít đặc làm cho sản phẩm xi măng kém ổn định về thể tích vì quá trình hydrat CaO<sub>tự do</sub> kèm theo sự tỏa nhiệt và trương nở thể tích. Quá trình này có thể diễn ra trong thời gian dài. Clinker chứa nhiều CaO nếu kết hợp tốt với SiO<sub>2</sub> và các ôxit khác sẽ tạo nhiều dung dịch rắn alít. Điều này làm cho hồ xi măng đóng rắn nhanh, mác sẽ cao, tỏa nhiều nhiệt. Nhưng xi măng kém bền trong môi trường nước và sulfat.
- **SiO<sub>2</sub>**: Thành phần chính thứ 2. Nó tương tác với CaO tạo ra các khoáng silicat (C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S). Nếu tăng hàm lượng SiO<sub>2</sub> thì tổng khoáng silicat sẽ tăng (C<sub>2</sub>S tăng tương đối nhanh hơn C<sub>3</sub>S). Sản phẩm đóng rắn và phát triển cường độ trong những ngày đầu chậm (1, 3, 7 ngày đầu), tỏa nhiệt ít. Do đó xi măng bền trong môi trường nước và môi trường sulfat.
- **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**: Nó sẽ liên kết với CaO tạo ra các khoáng aluminat canxi C<sub>3</sub>A, C<sub>5</sub>A<sub>3</sub>.. và liên kết với Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tạo khoáng alumoferit canxi. Nếu tăng hàm lượng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thì trong clinker xi măng sẽ chứa nhiều C<sub>3</sub>A. Xi măng sẽ đóng rắn nhanh, tỏa nhiều nhiệt, kém bền trong môi trường nước, môi trường sulfat. Đồng thời nó làm độ nhớt pha lỏng tăng gây cản trở quá trình tạo khoáng C<sub>3</sub>S. Mặt khác khi làm lạnh các khoáng aluminat dễ bị phân hủy và tạo CaO<sub>tự do</sub>.

- **$Fe_2O_3$ :** Nó liên kết với CaO và  $Al_2O_3$  tạo ra ferit canxi, aluminoferrit canxi làm giảm nhiệt độ kết khối của clinker và độ nhớt pha lỏng. Sản phẩm đóng rắn chậm ở giai đoạn đầu, có độ bền trong môi trường nước, môi trường sulfat cao. Nếu tăng hàm lượng  $Fe_2O_3$  thì dễ bị ăn mòn clinker trong lò quay, và dễ bị dính, gây sự cố treo lò trong lò đứng (khi  $Fe_2O_3 > 5\%$ ).
- **MgO:** Nó là thành phần có hại trong clinker xi măng giống như  $CaO_{tự do}$ . Khi ở nhiệt độ  $1450^\circ C$  nếu MgO không liên kết sẽ bị già lửa tạo thành khoáng chịu lửa periclazơ có kích thước lớn, trơ và không có tính kết dính. Quá trình hydrat có thể diễn ra vài năm, làm sản phẩm không ổn định thể tích. Cần khống chế lượng MgO  $< 5\%$  trong quá trình nung luyện. Thực tế MgO có trong clinker xi măng tồn tại ở 3 dạng: khoáng periclazơ, dung dịch rắn với các khoáng ( $C_{54}S_{16}AM$ ), và nằm trong pha thủy tinh.  
 Khi MgO ở dạng periclazơ với hàm lượng  $> 3\%$ , kích thước tinh thể  $> 10 \mu m$ , tác dụng với nước chậm, khi đóng rắn xi măng không ổn định thể tích, ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Còn khi MgO nằm trong dung dịch rắn hoặc pha thủy tinh clinker thì không gây ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.
- **$TiO_2$ :** Do đất sét mang vào, nó lẫn trong clinker một hàm lượng rất nhỏ  $0.3\%$ . Người ta nghiên cứu thấy rằng nếu thay  $SiO_2$  bằng  $TiO_2$  từ  $4\% - 5\%$  không làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm xi măng. Còn nếu tăng hàm lượng  $> 5\%$  sẽ làm giảm cường độ cơ học của xi măng.
- **$Mn_2O_3$ :** Nó có mặt trong clinker khoảng  $1.5\%$  làm xi măng có màu nâu hung nhưng không làm ảnh hưởng đến chất lượng clinker. Có thể thay thế  $Fe_2O_3$  bằng  $Mn_2O_3$  đến  $4\%$ , khi nung luyện  $Mn_2O_3$  sẽ kết hợp với các ôxít khác như: CaO,  $Al_2O_3$  sẽ tạo ra các khoáng  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Mn_2O_3$  có tính chất tương tự như  $C_4AF$ .
- **$P_2O_5$ :** Trong clinker nó chiếm một lượng không lớn lắm  $1\% - 2\%$  có tác dụng làm chậm quá trình đóng rắn sản phẩm. Hiện nay người ta có thể đưa  $P_2O_5$  có hàm lượng  $< 1\%$  vào phối liệu để làm phụ gia khoáng hóa.
- **$K_2O + Na_2O$ :** Luôn luôn có trong clinker vì do đất sét mang vào. Khi nung luyện ở nhiệt độ cao các ôxít kiềm dễ bị bay hơi, và một phần tan trong pha lỏng tạo thủy tinh hay tham gia phản ứng tạo khoáng chứa kiềm, nên trong clinker chỉ còn  $0.5\% - 1\%$ . Sự có mặt ôxít kiềm làm tốc độ đóng rắn kém ổn định, tạo ra các vết loang trên bề mặt sản phẩm. Hàm lượng kiềm cho phép trong clinker  $< 0.5\%$ . Cần nhớ rằng hàm lượng các ôxít kiềm lớn khi bay hơi sẽ gây sự cố ở tháp phân giải: đóng tầng trong các cyclon trao đổi nhiệt, các gazoxog làm trở lực của hệ tháp tăng lên sinh ra hiện tượng đội áp rất nguy

hiếm. Nhất là khi dùng các loại đất sét chứa nhiều kiềm và nhiên liệu chứa nhiều lưu huỳnh. Điều này có thể giải thích như sau:



### 2.3 Thành phần khoáng clinker xi măng pooc lăng

Clinker xi măng pooc lăng không phải là sản phẩm đồng nhất, nó là tập hợp của nhiều khoáng khác nhau, các khoáng chính là: khoáng silicat canxi, khoáng aluminat canxi, khoáng alumoferit canxi, các khoáng chính trên còn gọi là khoáng alit, bêlít, chất trung gian hay chất đệm, ngoài ra còn một số khoáng khác. Tổng hàm lượng 4 khoáng chính ( $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ ) chiếm từ 95% đến 98%.

$C_3S$ ,  $C_2S$  Nhóm khoáng silicat.

$C_3A$ ,  $C_4AF$  Nhóm khoáng nóng chảy.

$C_3A$ ,  $C_4AF$  và pha thủy tinh gọi chung là chất trung gian hay còn gọi là chất đệm. Thành phần khoáng của clinker xi măng.

Bảng 2.3

Tên các khoáng	Điều kiện	Công thức	Kí hiệu
Tricanxi silicat (alit)		$3CaO.SiO_2$	$C_3S$
Đicanxi silicat (bêlít)		$2 CaO.SiO_2$	$C_2S$
Tricanxialuminat	$Al_2O_3 > Fe_2O_3$	$3CaO. Al_2O_3$	$C_3A$
Têtracanxi alumoferit	$Al_2O_3 > Fe_2O_3$	$CaO. Al_2O_3. Fe_2O_3$	$C_4AF$
Alumoferit canxi	$Al_2O_3 < Fe_2O_3$	$2CaO(Al_2O_3, Fe_2O_3)$	$C_2(A, F)$
Aluminat kiềm	$R_2O > SO_3$	$R_2O.8CaO.3 Al_2O_3$	$R.C_8A_3$
Sulfat kiềm	$R_2O < SO_3$	$R_2SO_4$	
Sulfat canxi	$R_2O < SO_3$	$CaSO_4$	

- **Alit:** Alit là khoáng silicat quan trọng của clinker xi măng pooc lăng cho ta cường độ cao, đóng rắn nhanh và tỏa nhiều nhiệt Trong clinker alit chiếm 45- 60%, gần đây một số tác giả cho rằng alit tinh khiết có công thức hóa học  $3CaO.SiO_2$ , loại này điều chế được trong phòng thí nghiệm, còn trong clinker xi măng pooc lăng trong sản xuất alit là một dung dịch rắn của  $C_3S$  và 1 lượng nhỏ  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $Cr_2O_3$ , ... khoảng 2-4%, tuy hàm lượng các oxit này không lớn lắm nhưng nó cũng có ảnh hưởng đến tính chất và cấu trúc của khoáng alit. Tuy nhiên một số nhà nghiên cứu xem alit như một khoáng chất có công thức:  $54CaO.16SiO_2.MgO. Al_2O_3$ , viết tắt là ( $C_{54}.S_{16}.MA$ ). Thành phần của khoáng chất này và alit tinh khiết không khác nhau nhiều lắm.

Khoáng	%CaO	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%MgO
--------	------	-------------------	---------------------------------	------

C <sub>3</sub> S	73,69	26,31	-	-
C <sub>54</sub> . S <sub>16</sub> . MA	73,29	23,27	2,47	0,97

Trong công thức C<sub>54</sub>. S<sub>16</sub>. MA có tỉ lệ phân tử CaO: SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:MgO là 54:16:1:1. Trong đó ion Al<sup>3+</sup> thay thế ion Si<sup>4+</sup> theo quan hệ 4 Al<sup>3+</sup> bằng 3 Si<sup>4+</sup>. Còn ion Mg<sup>2+</sup> làm nhiệm vụ bù trừ điện tích hay thay thế vào vị trí ion Ca<sup>2+</sup>.

Alit tinh khiết bền trong khoảng nhiệt độ 1200- 1900 °C, khi nhiệt độ thấp hơn 1200°C thì alit sẽ phân hủy thành 2CaO. SiO<sub>2</sub> và CaO tự do, còn ở nhiệt độ lớn hơn 1900°C thì alit bị chảy lỏng. Trong thực tế nung luyện, clinker được làm lạnh ở nhiệt độ 1200- 1250°C thì C<sub>3</sub>S có khả năng bị phân hủy thành C<sub>2</sub>S và CaO. Muốn tránh hiện tượng phân hủy C<sub>3</sub>S ở trên ta áp dụng phương pháp làm lạnh nhanh clinker qua nhiệt độ giới hạn này. Hơn nữa trong alit có lẫn một ít ôxít nhôm, ôxít sắt chúng tạo thành dung dịch rắn có hoạt tính cao và làm cấu trúc alit bền vững.

Alit có cấu trúc dạng tấm hình lục giác, màu trắng, có khối lượng riêng 3,15 ÷ 3,25 g/cm<sup>3</sup>, có kích thước 10 ÷ 250 μm.

- **Belit:** Belit là khoáng chính thứ hai trong clinker ximăng pooc-lăng, đóng rắn tương đối chậm, cường độ ban đầu không cao lắm, sau một thời gian cường độ phát triển tốt hơn, bền trong môi trường nước và nước khoáng.

Bêlit cũng như alit là một dung dịch rắn của β2CaO. SiO<sub>2</sub> và một lượng không lớn các ôxít Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ..vv..không 1-3%. Trong clinker ximăng pooc-lăng belit chiếm khoảng 20-30% và ở dạng β2CaO. SiO<sub>2</sub> viết tắt là βC<sub>2</sub>S. Bêlit có 4 dạng thù hình αC<sub>2</sub>S, α'C<sub>2</sub>S, βC<sub>2</sub>S, γC<sub>2</sub>S.

- αC<sub>2</sub>S bền trong khoảng nhiệt độ từ 1425°C- 2130°C. Ở nhiệt độ thấp hơn 1425°C thì αC<sub>2</sub>S chuyển thành α'C<sub>2</sub>S. Vì vậy thực tế trong clinker ximăng pooc-lăng không tồn tại αC<sub>2</sub>S.

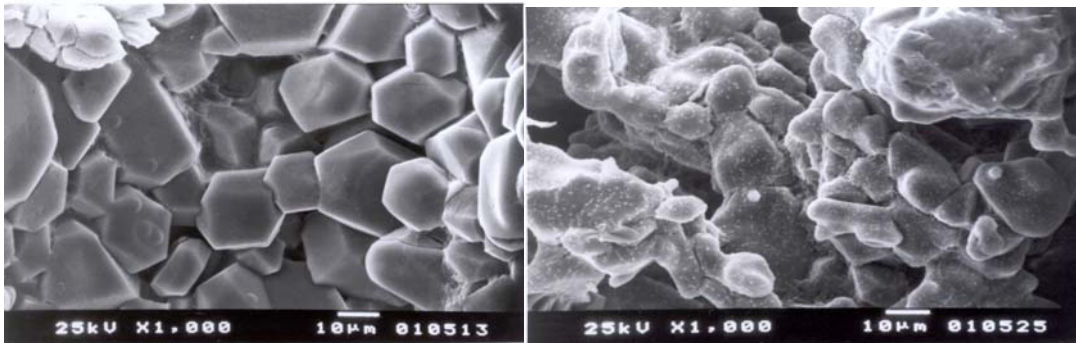
- α'C<sub>2</sub>S: bền trong khoảng 830-1425°C, ở nhiệt độ thấp hơn 830°C trong điều kiện làm lạnh chậm α'C<sub>2</sub>S tinh khiết sẽ chuyển thành γC<sub>2</sub>S, nếu làm lạnh nhanh ở 670°C thì α'C<sub>2</sub>S sẽ chuyển thành βC<sub>2</sub>S. Hiện nay người ta cũng chứng minh được α'C<sub>2</sub>S tồn tại ở hai dạng α'<sub>H</sub> và α'<sub>L</sub>. Sự chuyển hóa từ α'<sub>H</sub> sang α'<sub>L</sub> ở nhiệt độ 1160°C.

- βC<sub>2</sub>S: không bền ở tất cả các nhiệt độ và dễ chuyển thành γC<sub>2</sub>S, đặc biệt ở 525°C và thấp hơn, sự chuyển hóa từ βC<sub>2</sub>S sang γC<sub>2</sub>S và tăng 10% thể tích nên làm cho khoáng vỡ vụn thành bột, gọi là hiện tượng tả clinker ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Có thể hạn chế được bằng cách làm lạnh nhanh clinker khi qua nhiệt độ này hoặc đưa vào phối liệu không 1-3% phụ gia ổn định. Có thể dùng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, R<sub>2</sub>O, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ... Thực tế thường kết hợp cả hai. Do đó βC<sub>2</sub>S ổn định cấu trúc đến nhiệt độ thường.

- γC<sub>2</sub>S: không có tính chất kết dính, không tác dụng với nước, thực tế chỉ ở một số điều kiện đặc biệt thì γC<sub>2</sub>S mới có tính chất kết dính nhưng rất yếu.

Khoang Alit ( $C_{54}S_{16}AM$ )

Khoang Belit ( $\beta-C_2S$ )



- **Chất trung gian:** còn gọi là chất đậm.

Chất trung gian nằm giữa các tinh thể alit và bêlit, nó là những alumô pherit canxi, aluminat canxi và pha thủy tinh clinker. Tất cả các khoáng này khi nung ở nhiệt độ cao sẽ chuyển thành trạng thái lỏng.

- **Celit:** còn gọi là alumô pherit canxi.

Celit là dung dịch rắn của các alumô pherit canxi có thành phần khác nhau phụ thuộc vào thành phần hóa học của phối liệu và điều kiện nung luyện v v ... Nó có thể là một tập hợp dung dịch rắn gồm:  $C_8A_3F$ ,  $C_6A_2F$ ,  $C_4AF$ ,  $C_6AF_2$ ,  $C_2F$ . Trong clinker xi măng pooc lăng thường thì khoáng alumô pherit canxi chủ yếu là  $C_4AF$ . Trong clinker  $C_4AF$  chiếm 10-18%, là khoáng đóng rắn tương đối chậm, cho cường độ không cao lắm nhưng bền nước và bền trong môi trường sulphat,  $C_4AF$  là khoáng nặng nhất trong clinker xi măng pooc lăng, có  $\gamma = 3,77 \text{ g/cm}^3$ .

- **Aluminat canxi:** Cũng là chất trung gian nằm giữa alit và bêlit, trong clinker xi măng pooc lăng có thể gặp ở 2 dạng là  $3CaO.Al_2O_3$  và  $12CaO.7Al_2O_3$ . Trong clinker thường với hàm lượng CaO trong phối liệu cao thì dạng  $12CaO.7Al_2O_3$  không có mà tồn tại chủ yếu là dạng  $3CaO.Al_2O_3$ , viết tắt là  $C_3A$ .  $C_3A$  có tính chất kết dính, đóng rắn nhanh, tỏa nhiệt nhiều, kém bền nước và nước khoáng, trong clinker xi măng pooc lăng thường  $C_3A$  chiếm 5-15%. Thực tế  $C_3A$  chiếm < 10%.

- **Thủy tinh clinker:** Là chất trung gian trong clinker xi măng pooc lăng, được tạo thành trong quá trình làm lạnh chất lỏng trong clinker, hàm lượng pha thủy tinh trong clinker chiếm nhiều hay ít phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ làm lạnh chất lỏng trong clinker, pha thủy tinh clinker chứa một lượng lớn  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  ngoài ra còn một lượng nhỏ CaO, MgO.

- **Các khoáng chứa kiềm:** Trong clinker pooc lăng ở dạng  $K_2O. 23CaO. 12SiO_2$

nó chính là  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  mà thay 1 phân tử  $\text{CaO}$  bằng 1 phân tử  $\text{K}_2\text{O}$  và dạng  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 8\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$  nó chính là  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  mà thay 1 phân tử  $\text{CaO}$  bằng 1 phân tử  $\text{Na}_2\text{O}$ . Các khoáng này không có lợi vì nó làm tốc độ đông rắn của xi măng không ổn định, bề mặt sản phẩm có vết loang.

- **Ôxit canxi tự do:** Trong clinker xi măng poocăng thường tồn tại 1 lượng  $\text{CaO}$

tự do, nó là những hạt nhỏ không màu, đẳng hướng, chỉ số chiết suất là 1.83, hàm lượng  $\text{CaO}$  tự do trong clinker chỉ cho phép từ 0,5-1%, nếu hàm lượng  $\text{CaO}$  tự do cao sẽ ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm.

- **Ôxit Manhê:** Đã trình bày ở trên.

## 2.4 Các hệ số cơ bản của clinker xi măng poocăng KH hay LSF, n, p.

Để đánh giá chất lượng clinker, tính phối liệu người ta sử dụng các hệ số cơ bản KH (LSF), n, p dựa trên cơ sở hàm lượng ( tính theo % ) các ôxit chính có trong clinker xi măng poocăng. Sau đây xét cụ thể từng hệ số trên.

### 2.4.1 Môđun thủy học

Đầu tiên để đặc trưng cho thành phần clinker người ta dùng môđun thủy học ( hay thủy lực) ký hiệu là m. m là tỷ số giữa lượng  $\text{CaO}$  kết hợp với các ôxit acid với tổng hàm lượng các ôxit acid sau khi đã kết hợp hết với  $\text{CaO}$ .

$$m = \frac{\%(\text{CaO}_t - \text{CaO}_{td})}{\%(\text{SiO}_{2t} - \text{SiO}_{2td}) + \% \text{Fe}_2\text{O}_3 + \% \text{Al}_2\text{O}_3}$$

Đối với clinker xi măng poocăng thường  $m = 1,7-2,4$ .

### 2.4.2 Môđun silicat: kí hiệu là n hay MS hay SR (silicat ratio)

Môđun silicat là tỷ số hàm lượng ôxit silic tham gia phản ứng với các ôxit khác và tổng hàm lượng ôxit nhôm và ôxit sắt có trong clinker.

$$n = \frac{\%(\text{SiO}_{2t} - \text{SiO}_{2td})}{\%(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)}$$

Trong clinker hàm lượng  $\text{SiO}_2$  tự do không lớn lắm do đó khi tính toán cho phép sử dụng công thức đơn giản và xem như:  $\%(\text{SiO}_{2\text{tổng}} - \text{SiO}_2 \text{ tự do}) \approx \text{SiO}_2 \text{ tổng}$ . Ta có công thức đơn giản sau:

$$n = \frac{\%(\text{SiO}_2)}{\%(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

Môđun silicat trong clinker xi măng poocăng còn xác định tỷ số giữa các khoáng silicat và các khoáng nóng chảy. Với clinker xi măng poocăng thường thì  $n = 1,7 - 3,5$ ; một vài loại xi măng khác  $n \geq 4$  hoặc  $n \leq 7$ .

Nếu nâng cao n thì phối liệu khó kết khối khi nung luyện, còn trong clinker hàm lượng các khoáng silicat tăng lên và các khoáng nóng chảy giảm xuống.



Nếu giảm  $n$  xuống thì các khoáng nóng chảy trong clinker tăng lên, các khoáng silicat giảm xuống, do đó nhiệt độ nóng chảy của phối liệu giảm xuống.

#### 2.4.3 Môđun alumin: kí hiệu là $p$ hay $MA$ hay $AR$ (aluminat ratio).

Môđun alumin là tỷ số giữa hàm lượng phần trăm ôxit nhôm và ôxit sắt có trong clinker.

$$p = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3}$$

Môđun alumin còn xác định tỷ lệ giữa khoáng  $C_3A$  và khoáng chứa sắt.

Đối với xi măng pooclang thường  $p = 1-3$ .

Khi  $p \cong 0.64$  trong clinker chỉ có khoáng  $C_2F$ .

Nếu tăng  $p$  lên cao thì clinker xi măng sẽ chứa nhiều khoáng  $C_3A$  và ít khoáng  $C_4AF$ , xi măng sẽ đóng rắn nhanh, tỏa nhiều nhiệt, kém bền nước. Nếu giảm  $p$  xuống thì clinker sẽ chứa nhiều khoáng  $C_4AF$  và ít khoáng  $C_3A$ , xi măng sẽ đóng rắn tương đối chậm, cường độ không cao lắm nhưng bền nước tốt hơn.

#### 2.4.4 Hệ số bão hòa kí hiệu $KH$

Kiun cho rằng tính chất của xi măng càng tốt khi tất cả  $CaO$  trong clinker xi măng tác dụng hết với các ôxit khác để tạo thành các khoáng chủ yếu sau:

$3CaO \cdot SiO_2$  ;  $3CaO \cdot Al_2O_3$  ;  $2CaO \cdot Fe_2O_3$ . Nghĩa là các khoáng này bão hòa với cao nhất khi  $p < 0.64$ .

+  $C_3S$  có tỉ lệ phối hợp trọng lượng phân tử gam giữa ôxit canxi và ôxit silíc là:  $CaO:SiO_2 = 2,8:1$

+  $C_3A$  có tỉ lệ phối hợp trọng lượng phân tử gam giữa ôxit canxi và ôxit nhôm là:  $CaO:Al_2O_3 = 1,65:1$

+  $C_2F$  có tỉ lệ phối hợp trọng lượng phân tử gam giữa ôxit canxi và ôxit sắt là:  $CaO:Fe_2O_3 = 0,7:1$

Kiun gọi clinker này là clinker lý tưởng và như vậy các ôxit trong clinker lý tưởng phải thỏa mãn phương trình sau:

$$CaO = 2,8SiO_2 + 1,65Al_2O_3 + 0,7Fe_2O_3.$$

Trong thực tế khó sản xuất được loại clinker lý tưởng này vì khi nung luyện clinker bao giờ cũng còn 1 lượng  $CaO$  tự do, do đó lượng  $CaO$  kết hợp sẽ ít hơn so với tổng lượng  $CaO$  có trong clinker lý tưởng: vì vậy biểu thức trên sẽ viết như sau:

$$CaO = CH ( 2,8 SiO_2 + 1,65 Al_2O_3 + 0,7 Fe_2O_3 ) \text{ suy ra:}$$

$$CH = \frac{CaO}{2,8SiO_2 + 1,65Al_2O_3 + 0,7Fe_2O_3}$$

$CH < 1$  đây là công thức tính toán mức độ bão hòa vôi của Kin mà một số nước đã sử dụng để tính phối liệu sản xuất clinker xi măng pooclang trước đây.

Tiếp sau Kin đã lập luận: các ôxit trong clinker xi măng pooclang như  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ; khi nung luyện thực tế chỉ có  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  kết hợp và bão hòa với

CaO còn  $SiO_2$  kết hợp không hết với CaO, vì vậy công thức tính mức độ bão hòa của Kin chưa hoàn chỉnh.

Sau Kin là Kiun đã lập luận rằng: trong các hợp chất chứa Fe của clinker xi măng pooc lăng thường không phải ở dạng  $C_2F$  mà ở dạng  $C_4AF$ , vì vậy trong công thức trên tỉ lệ phối hợp trọng lượng phân tử gam giữa CaO và  $Fe_2O_3$  như sau:



Vậy:  $CaO : Fe_2O_3 = 0,35 : 1$ .

Trong thực tế khi nung clinker vẫn còn 1 lượng CaO tự do và  $SiO_2$  tự do, từ đó có:

$$CaO_t = KH \cdot 2,8 (SiO_{2t} - SiO_{2td}) + CaO_{td} + 1,65 Al_2O_3 + 0,35 Fe_2O_3 + 0,7 SO_3$$

Rút ra:

$$KH = \frac{(CaO_t - CaO_{td}) - 1,65 Al_2O_3 - 0,35 Fe_2O_3 - 0,7 SO_3}{2,8(SiO_{2t} - SiO_{2td})} \quad (1)$$

Trong đó:

$CaO_t$ ;  $SiO_{2t}$ : tổng hàm lượng ôxit canxi và ôxit silic có trong clinker.

$CaO_{td}$ ;  $SiO_{2td}$ : hàm lượng ôxit canxi và ôxit silic tự do trong clinker.

Để đơn giản dùng công thức:

$$KH = \frac{CaO - 1,65 Al_2O_3 - 0,35 Fe_2O_3 - 0,7 SO_3}{2,8 SiO_2}$$

trong đó:  $(CaO - 1,65 Al_2O_3 - 0,35 Fe_2O_3 - 0,7 SO_3)$  là tổng lượng vôi còn lại trong clinker sau khi tác dụng bão hòa  $Al_2O_3$ ;  $Fe_2O_3$ ;  $SO_3$  thành  $C_3A$ ;  $C_4AF$ ;  $CaSO_4$ .

$2,8 SiO_2$  là lượng vôi cần thiết để bão hòa hoàn toàn lượng  $SiO_2$  thành  $C_3S$ .

Từ công thức trên rút ra định nghĩa hệ số bão hòa:

**Hệ số bão hòa là tỉ lệ giữa phần trọng lượng vôi còn lại sau khi đã hoàn toàn tác dụng với các ôxit  $Al_2O_3$ ;  $Fe_2O_3$ ;  $SO_3$  trong clinker xi măng pooc lăng thành  $C_3A$ ;  $C_4AF$  và  $CaSO_4$  trên lượng vôi cần để hoàn toàn bão hòa  $SiO_2$  trong clinker xi măng pooc lăng thành  $C_3S$ .**

Khi tính toán phối liệu sản xuất clinker xi măng pooc lăng thường dùng công thức đơn giản sau (xem lượng  $CaO_{td}$  và  $SiO_{2td}$  không đáng kể):

$$KH = \frac{CaO - 1,65 Al_2O_3 - 0,35 Fe_2O_3}{2,8 SiO_2}$$

Đối với xi măng pooc lăng thường  $KH = 0,85 - 0,95$ .

+ Nếu tăng KH lên thì hàm lượng khoáng alit trong clinker tăng lên, xi măng có cường độ cao, đóng rắn nhanh nhưng khó nung luyện vì nhiệt độ kết khối cao và sẽ giảm tuổi thọ gạch chịu lửa lót lò.

+ Nếu giảm KH xuống thì hàm lượng khoáng alit trong clinker giảm, chất lượng xi măng giảm, nhiệt độ kết khối giảm, nung luyện dễ.

Để sản xuất xi măng poóc lăng theo công nghệ lò quay phương pháp khô, các thông số chế tạo clinker để sản xuất PC50 (theo TCVN 4240-2002) theo tổng kết của tài liệu các nước và kinh nghiệm thực tế có thể lựa chọn như sau:

$$KH = 0,90 - 0,95; \quad n = 2,2 - 2,7; \quad p = 1,0 - 1,7$$

và khống chế tổng hàm lượng chất chảy ở 1400 °C ( $L_{1400^{\circ}C}$ ) trong giới hạn 23 đến 27%.

$$\text{ở đây: } L_{1400^{\circ}C} = 2,95 \cdot \%Al_2O_3 + 2,2 \cdot \%Fe_2O_3 + \%MgO + \%Na_2O + \%K_2O$$

**Hiện nay ở một số nhà máy lại sử dụng hệ số LSF.**

$$LSF = \frac{CaO_t \cdot 100}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3}$$

CaO<sub>t</sub>: lượng vôi tổng hay CaO lý thuyết. Giá trị LSF < 100%

Nếu lượng vôi tự do đáng kể dùng hệ số FCC

$$FCC = \frac{CaO_{lk} \cdot 100}{CaO_t}$$

CaO<sub>lk</sub> : CaO liên kết = CaO lý thuyết - CaO tự do.

CaO<sub>t</sub> : CaO lý thuyết = 2.8.SiO<sub>2</sub> + 1.18Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 0.65Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ngoài ra còn sử dụng các công thức thực nghiệm của Bút để tính phối liệu.

Để tính thành phần khoáng của clinker theo lý thuyết có thể dựa vào thành phần

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838C_2S}{C_3S + 1.3250C_2S}$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250C_2S}{1.4341C_3A + 2.0464C_4AF}$$

$$p = \frac{1.15 \cdot 1C_3A}{C_4AF} + 0.6383$$

hóa học của 4 ôxít chính trong clinker hoặc theo 3 hệ số đặc trưng KH, n, p.

**Cách tính theo hệ số KH độc lập:**

Theo nghiên cứu của Kin gọi CO là mức độ hoạt tính: đó là số phân tử CaO tác dụng với 1 phân tử SiO<sub>2</sub>, và Nếu tất cả CaO phản ứng hết để tạo C<sub>3</sub>S thì hệ số hoạt tính CO bằng 3 lần hệ số bão hòa vôi KH (CO = 3KH.). Như vậy 1% SiO<sub>2</sub> tham gia liên kết với 2.8%CaO sẽ được 3.8%C<sub>3</sub>S ( đã lí luận ở mục 2.4.4), tương tự khi CO = 2 thì 1% SiO<sub>2</sub> tham gia liên kết với 1.87%CaO sẽ được 2.87%C<sub>2</sub>S. Do đó:

$$\%C_3S = 3.8S \cdot (CO - 2) = 3.8S \cdot (3KH - 2).$$

$$\%C_2S = 2.87S \cdot (3 - CO) = 2.87S \cdot (3 - 3KH) = 8.61S \cdot (1 - KH).$$

**Cách tính theo 3 hệ số KH, n, p:**

Theo công thức thực nghiệm của Kin:

$$\%C_3S = \frac{3.8n \cdot (p+1)(3KH - 2) \cdot 100}{n(p+1)(2.8KH + 1) + 2.65p + 1.35}$$

$$\%C_2S = \frac{8.6n(p+1)(1 - KH) \cdot 100}{n(p+1)(2.8KH + 1) + 2.65p + 1.35}$$

**Cách tính theo hàm lượng 4 ôxít chính CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:**

Lượng CaO có trong C<sub>3</sub>S bằng 73.69% , ( Vì  $3M(\text{CaO})/ M(\text{C}_3\text{S}) = 73.69\%$  )

Lượng SiO<sub>2</sub> có trong C<sub>3</sub>S bằng 26.31% ( Vì  $M(\text{SiO}_2)/ M(\text{C}_3\text{S}) = 26.31\%$  )

Tương tự ta tính lượng CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> có trong C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF

Tên các ôxít	C <sub>3</sub> S (w)	C <sub>2</sub> S (x)	C <sub>3</sub> A (y)	C <sub>4</sub> AF (z)
CaO (a)	0.7369	0.6512	0.6227	0.4616
SiO <sub>2</sub> (b)	0.2631	0.3488	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (c)	0	0	0.3773	0.2098
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (d)	0	0	0	0.3286

Ta có các hệ phương trình sau:

. a = 0.7369w + 0.6512x + 0.6227y + 0.4616z

. b = 0.2631w + 0.3488x

. c = 0.3773y + 0.2098z

. d = 0.3286z

Suy ra:

$$\text{C}_3\text{S} = 4.071\text{CaO} - 7.6\text{SiO}_2 - 6.718\text{Al}_2\text{O}_3 - 1.430\text{Fe}_2\text{O}_3$$

$$\text{C}_2\text{S} = 8.602 \text{SiO}_2 + 5.068 \text{Al}_2\text{O}_3 + 1.078 \text{Fe}_2\text{O}_3 - 3.071 \text{CaO}$$

$$\text{C}_3\text{A} = 2.650 \text{Al}_2\text{O}_3 - 1.692 \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.65(\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.64 \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{C}_4\text{AF} = 3.043 \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ nếu } p > 0.64$$

C<sub>2</sub> (A, F) = 1.1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 0.7 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nếu p < 0.64 không tạo khoáng C<sub>3</sub>A, mà chỉ tạo các khoáng sau: C<sub>4</sub>AF, C<sub>6</sub>AF<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>F ...

**Cách tính hàm lượng pha lỏng:**

$$L = 1.12\text{C}_3\text{A} + 1.35 \text{C}_4\text{AF}.$$

Thực ra, nếu căn cứ vào nhiệt độ tạo pha lỏng của các hệ như sau:

Bảng 2.4

Hệ của các cấu tử	Nhiệt độ tạo pha lỏng ( °C)
C - S	2065
C - S - A	1458
C - S - A - F	1338
C - S - A - F - M	1300
C - S - A - F - M - R ( R: ôxít kiềm)	1280

Hàm lượng của pha lỏng tính theo nhiệt độ và hệ số p như sau:

Bảng 2.5

Nhiệt độ ( °C)	Hàm lượng pha lỏng
1338	p> 1.38: L = 6.1F + M + R <sub>2</sub> O p< 1.38: L = 8.5A - 5.22F + M + R <sub>2</sub> O
1400	L = 2.95A + 2.2F + M + R <sub>2</sub> O
1450	L = 3A + 2.25F + M + R <sub>2</sub> O

Tít của phối liệu (T) = 1.785 CaO + 2.09MgO.

CaO và MgO là thành phần của phối liệu.

### 2.5 Phân loại clinker ximăng dựa vào thành phần khoáng:

Tính chất của clinker ximăng phụ thuộc chủ yếu vào thành phần khoáng chứa trong clinker, dựa vào những khoáng chính ta phân loại clinker thành 2 loại:

Theo tỉ lệ các khoáng silicat: 3CaO. SiO<sub>2</sub> và 2CaO. SiO<sub>2</sub>.

Theo tỉ lệ các khoáng nóng chảy: 3CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và 4CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Các khoáng chính trong clinker thường chia thành 2 nhóm:

$$\frac{\text{Nhóm khoáng Silicat \% (C}_3\text{S} + \text{C}_2\text{S)}}{\text{Nhóm khoáng nóng chảy \% (C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF)}} = \frac{75-82\%}{25-18\%}$$

+ Nếu nâng cao hàm lượng khoáng nóng chảy > 25% thì khi nung luyện dễ tạo vòng anô đối với lò quay và dính thành lò đối với lò đứng, nhiệt độ kết khối giảm, nhưng cường độ ximăng không cao lắm.

+ Nếu giảm hàm lượng khoáng nóng chảy xuống < 18% thì nhiệt độ kết khối của phối liệu phải cao, ảnh hưởng tới độ bền của lò, nhưng chất lượng clinker tốt.

+ Các khoáng C<sub>3</sub>S ; C<sub>2</sub>S trong nhóm khoáng silicat hoặc C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF trong nhóm khoáng nóng chảy cũng giao động trong 1 khoảng rất rộng, ở 1 vài trường hợp đặc biệt có khi chỉ có 1 loại khoáng trong 1 nhóm khoáng mà thôi.

Sau đây người ta phân loại clinker theo từng nhóm khoáng

### Phân loại clinker theo nhóm khoáng silicat.

Tên của clinker	C <sub>3</sub> S / C <sub>2</sub> S	KH	C <sub>3</sub> S + C <sub>2</sub> S = 75%	
			C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S
Alit	> 4	> 0,92	> 60	< 15
Thường	4 - 1	0,92 - 0,81	60 - 37,5	15 - 37,5
Bêlit	< 1	< 0,81	< 37,5	> 37,5

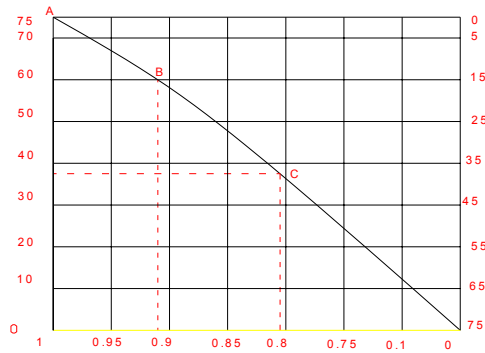
**Phân loại clinker theo nhóm khoáng nóng chảy:**

Tên của clinker	C <sub>3</sub> A /C <sub>4</sub> AF	P	C <sub>3</sub> A +C <sub>4</sub> AF =25%	
			C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Aluminat	> 1,5	> 2,3	> 15	< 10
Thường	1,5 - 0,4	2,3 - 1,1	15 - 7	10 - 18
Celit	< 0,4	< 1,1	< 7	> 18

**Mối quan hệ giữa thành phần khoáng và các hệ số cơ bản KH, n, p, của clinker.**

Biểu đồ 1:

Đoạn AB - ximăng alit



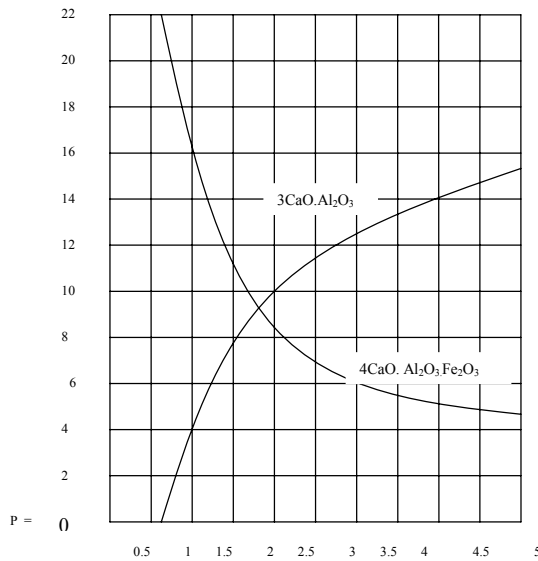
Đoạn BC - ximăng thường

Đoạn CD - ximăng bêlit

Khi KH thay đổi từ (1-0,67) thì hàm lượng khoáng C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, cũng thay đổi.

Biểu đồ 2

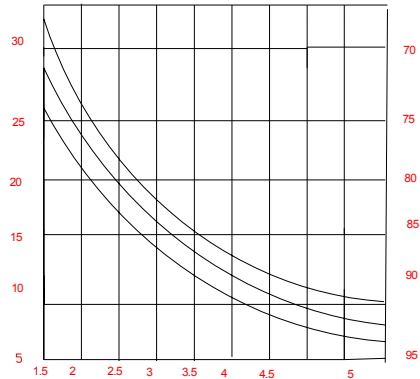
Sự thay đổi khoáng C<sub>3</sub>A và C<sub>4</sub>AF phụ thuộc vào hệ số



p.

### Biểu đồ 3:

Hệ số n càng lớn thì tổng hàm lượng khoáng g ( $C_2S + C_3S$ ) trong clinker càng lớn và tổng hàm lượng khoáng ( $C_3A$  và  $C_4AF$ ) trong clinker càng nhỏ.



## 2.6 Các phương pháp sản xuất clinker xi măng Poocăng.

Quá trình sản xuất clinker xi măng gồm 3 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Gia công, đồng nhất nguyên, nhiên liệu và chuẩn bị phối liệu.

Giai đoạn 2: Nung hỗn hợp phối liệu thành clinker và làm lạnh clinker.

Giai đoạn 3: Gia công, ủ và nghiền clinker với các phụ gia khác.

Có 2 phương pháp sản xuất xi măng là phương pháp ướt và phương pháp khô, 2 phương pháp này khác nhau chủ yếu ở giai đoạn 1 và giai đoạn 2.

Giai đoạn 1: Có thể gia công phối liệu theo phương pháp ướt hay phương pháp khô.

Giai đoạn 2: Có thể nung hỗn hợp phối liệu trong lò đứng hoặc trong lò quay.

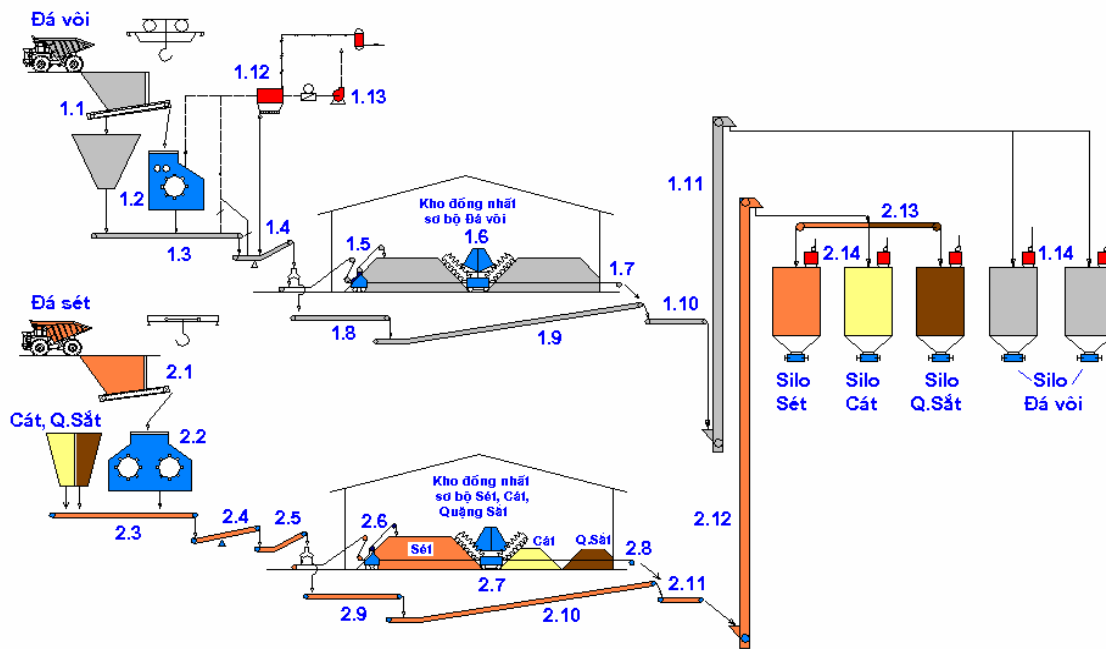
***Đối với lò đứng, khi phối liệu ở dạng bột mịn và được làm ẩm (10-12)% sau đó vê viên có đường kính (10-12)mm rồi nạp và lò: phương pháp bán khô.***

Việc lựa chọn phương pháp sản xuất phụ thuộc vào nhiều điều kiện mà chủ yếu là tính chất cơ lý, tính chất hóa học của nguyên liệu, điều kiện điện năng, nhiệt năng, thiết bị ..từ đó người ta quyết định chọn phương pháp sản xuất này hay phương pháp sản xuất khác, nung clinker trong lò đứng hay lò quay.

### **Một số sơ đồ công nghệ sản xuất xi măng Poocăng:**

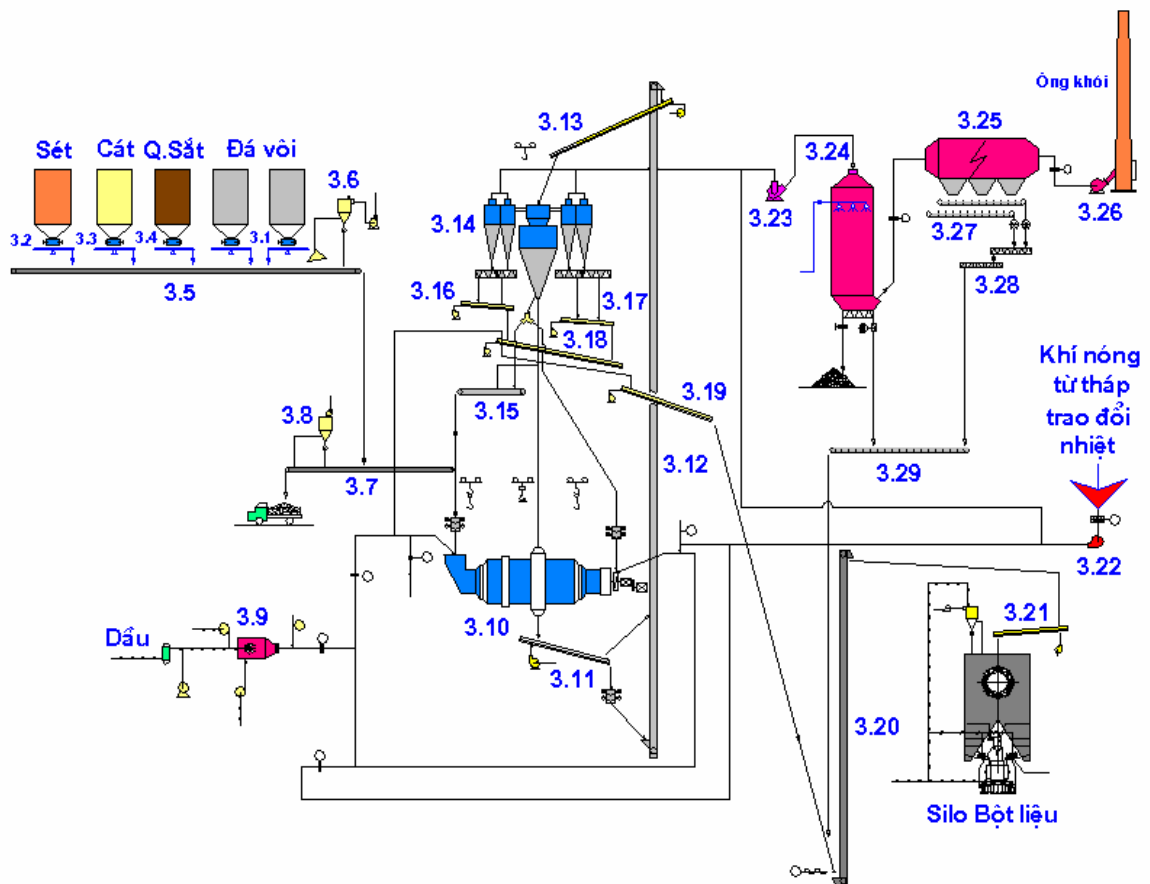
Sơ đồ công nghệ sản xuất xi măng theo phương pháp khô lò quay, phối liệu vào lò dạng bột có độ ẩm  $\leq 1\%$ .

## SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT XI MĂNG THEO PHƯƠNG PHÁP KHÔ - LÒ QUAY

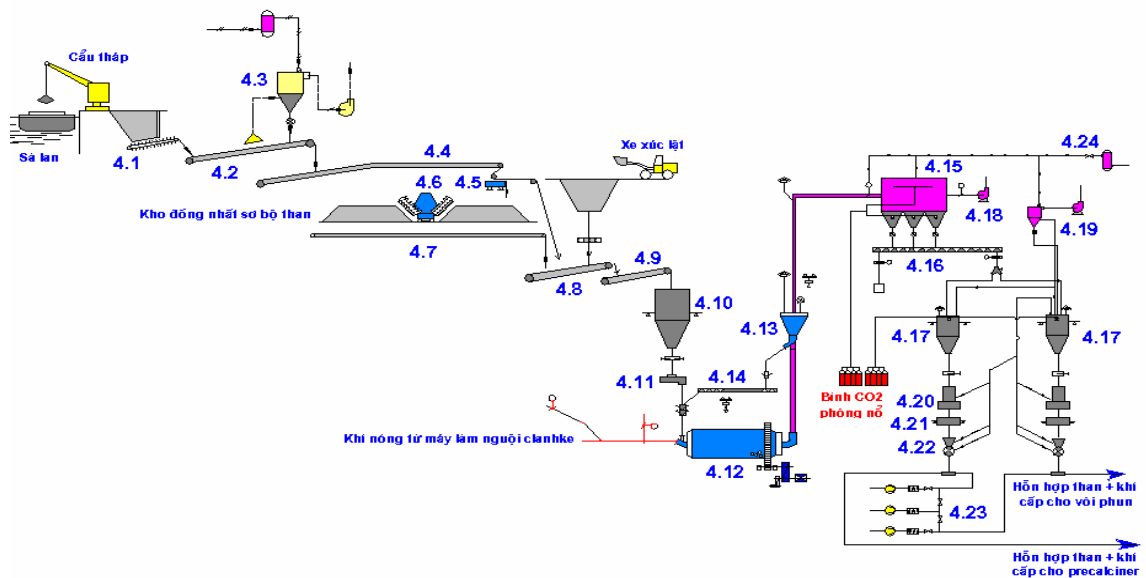


Sơ đồ công nghệ công đoạn chuẩn bị nguyên liệu.

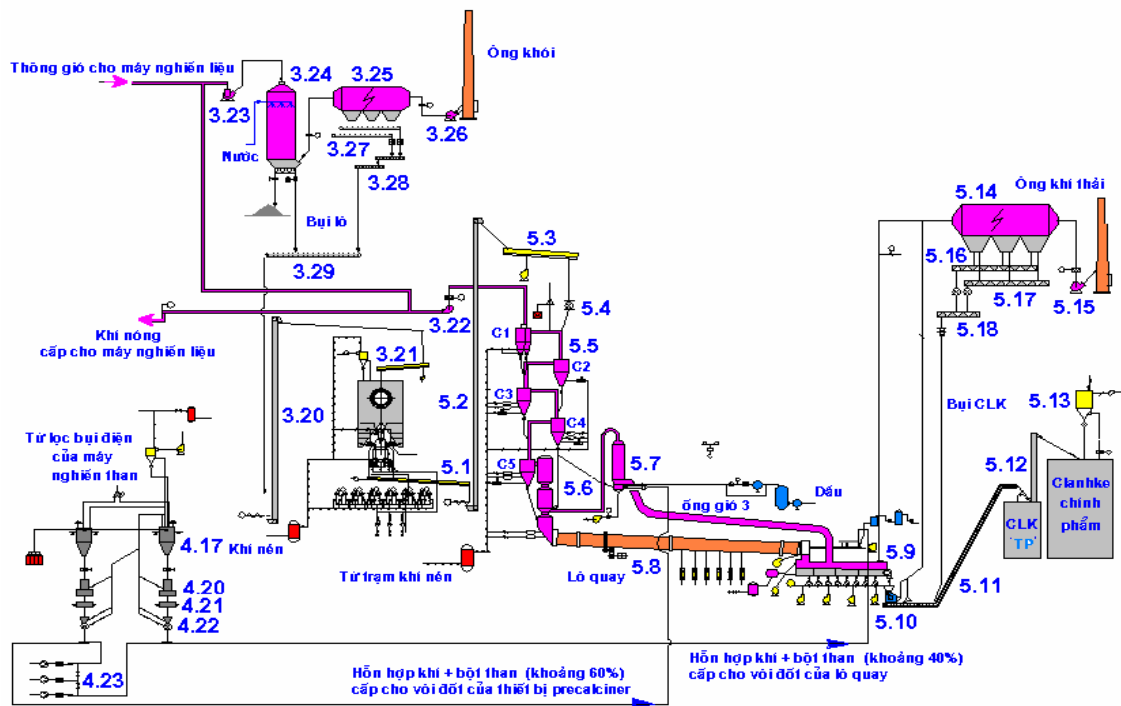




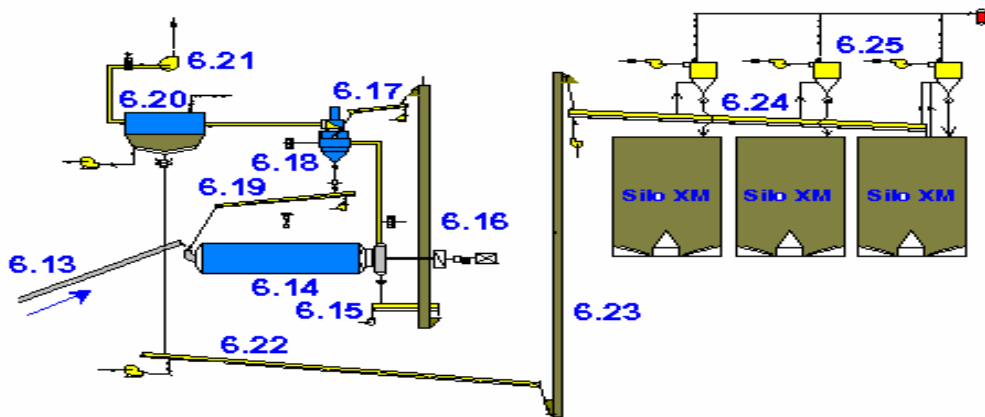
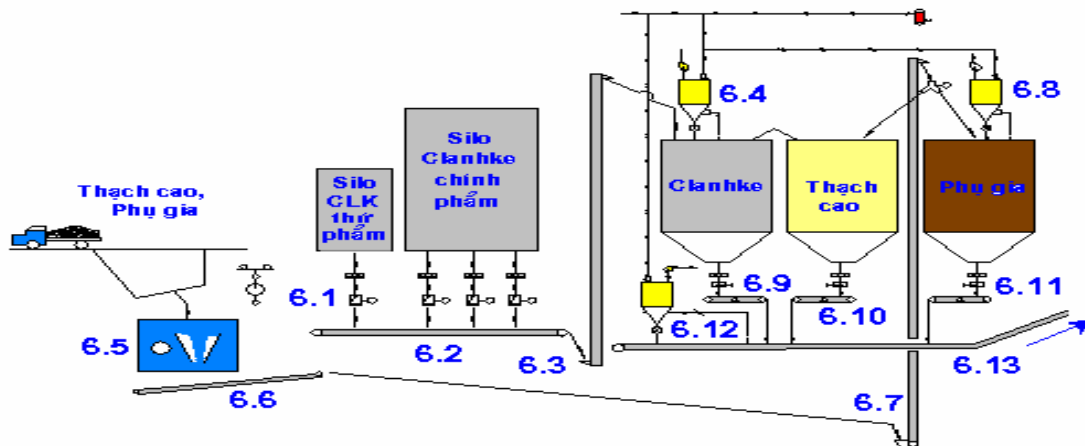
Sơ đồ công nghệ công đoạn nghiền phối liệu và đồngnhất.



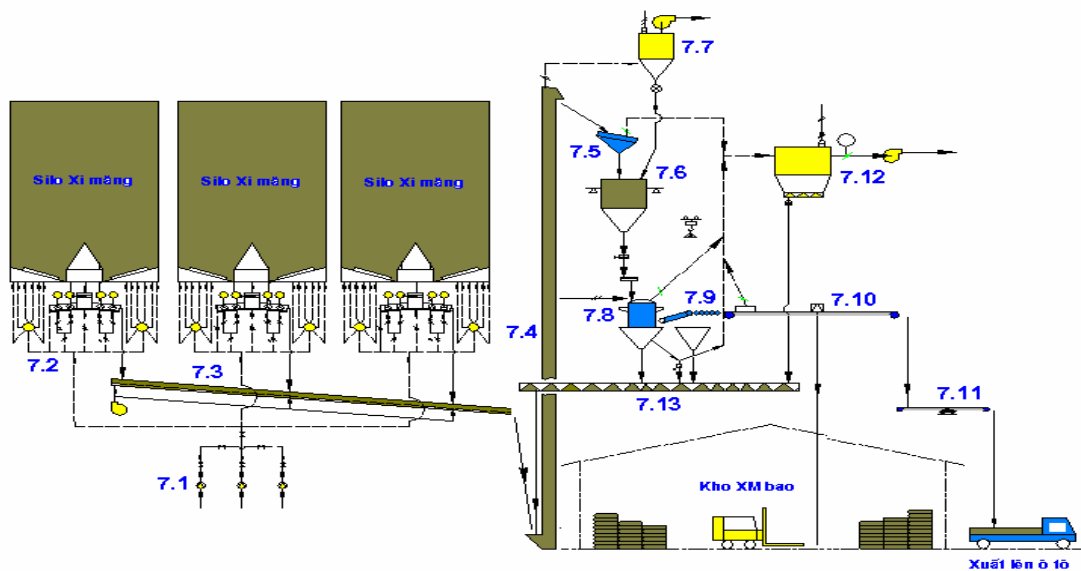
Sơ đồ công nghệ công đoạn chuẩn bị nhiên liệu.



Sơ đồ công nghệ nung phối liệu thành clinker.



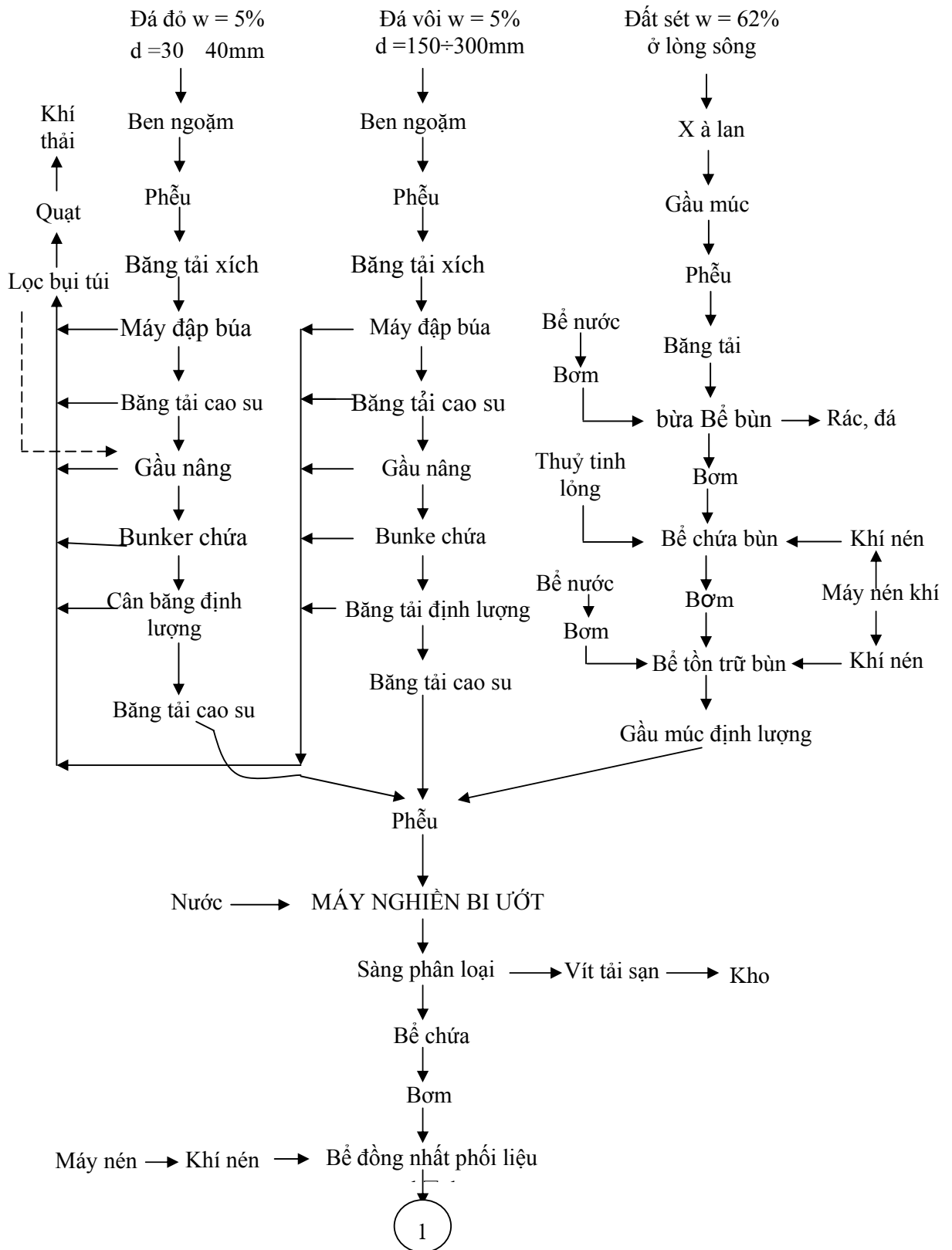
Sơ đồ công nghệ nghiền clinker xi măng

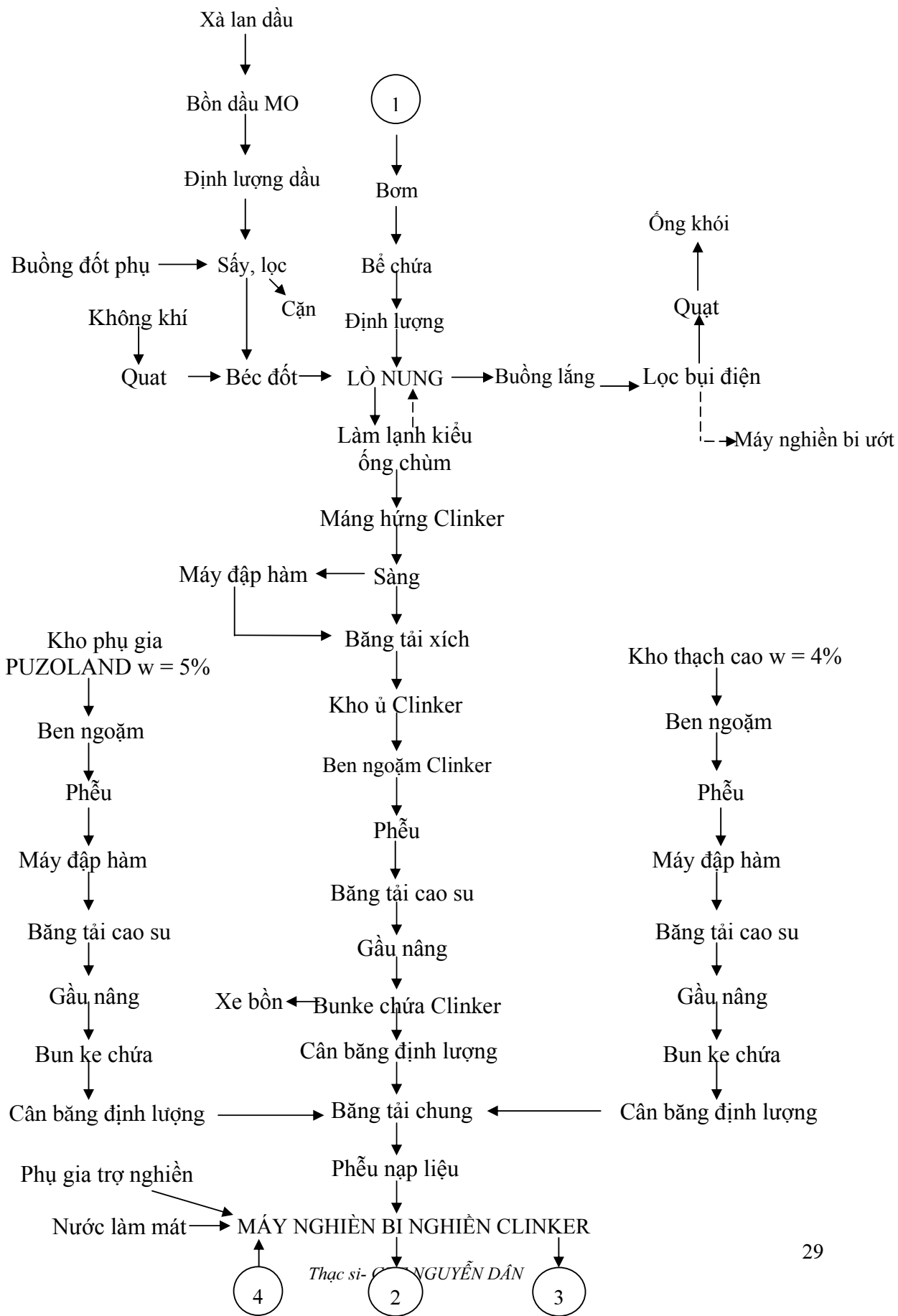


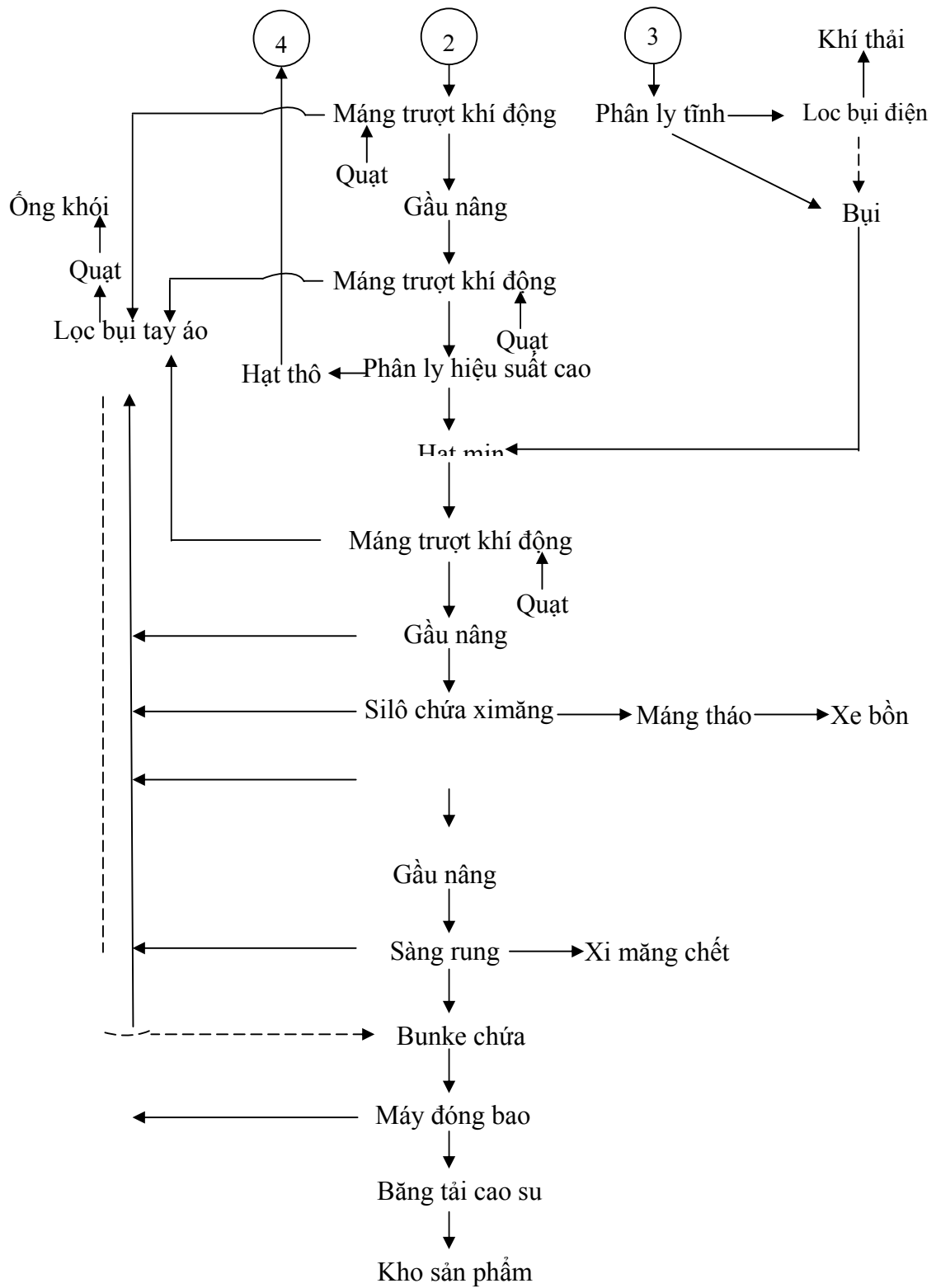
Sơ đồ công nghệ đóng bao xi măng

SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT XI MĂNG

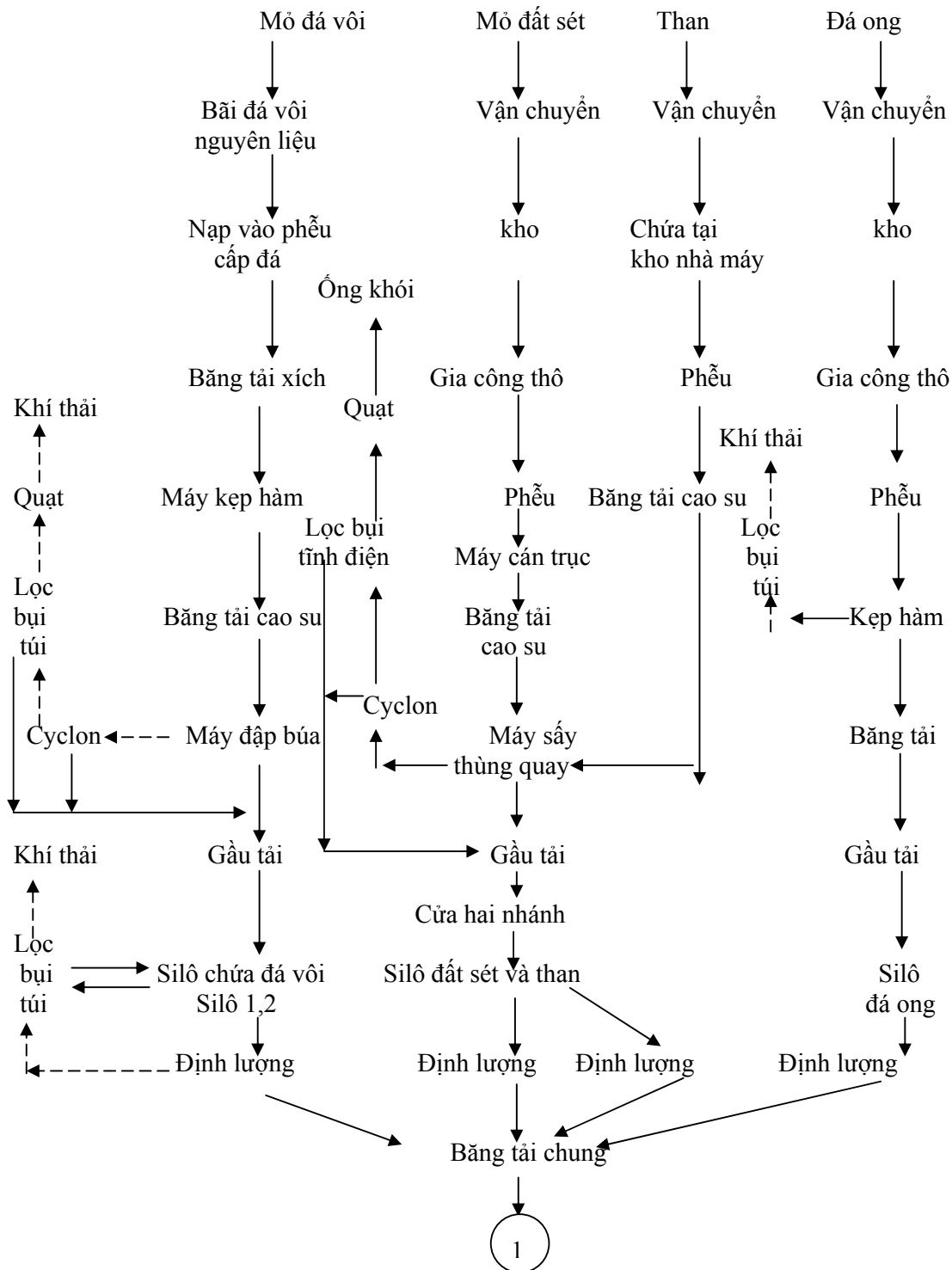
## THEO PHƯƠNG PHÁP ƯỚT - LÒ QUAY

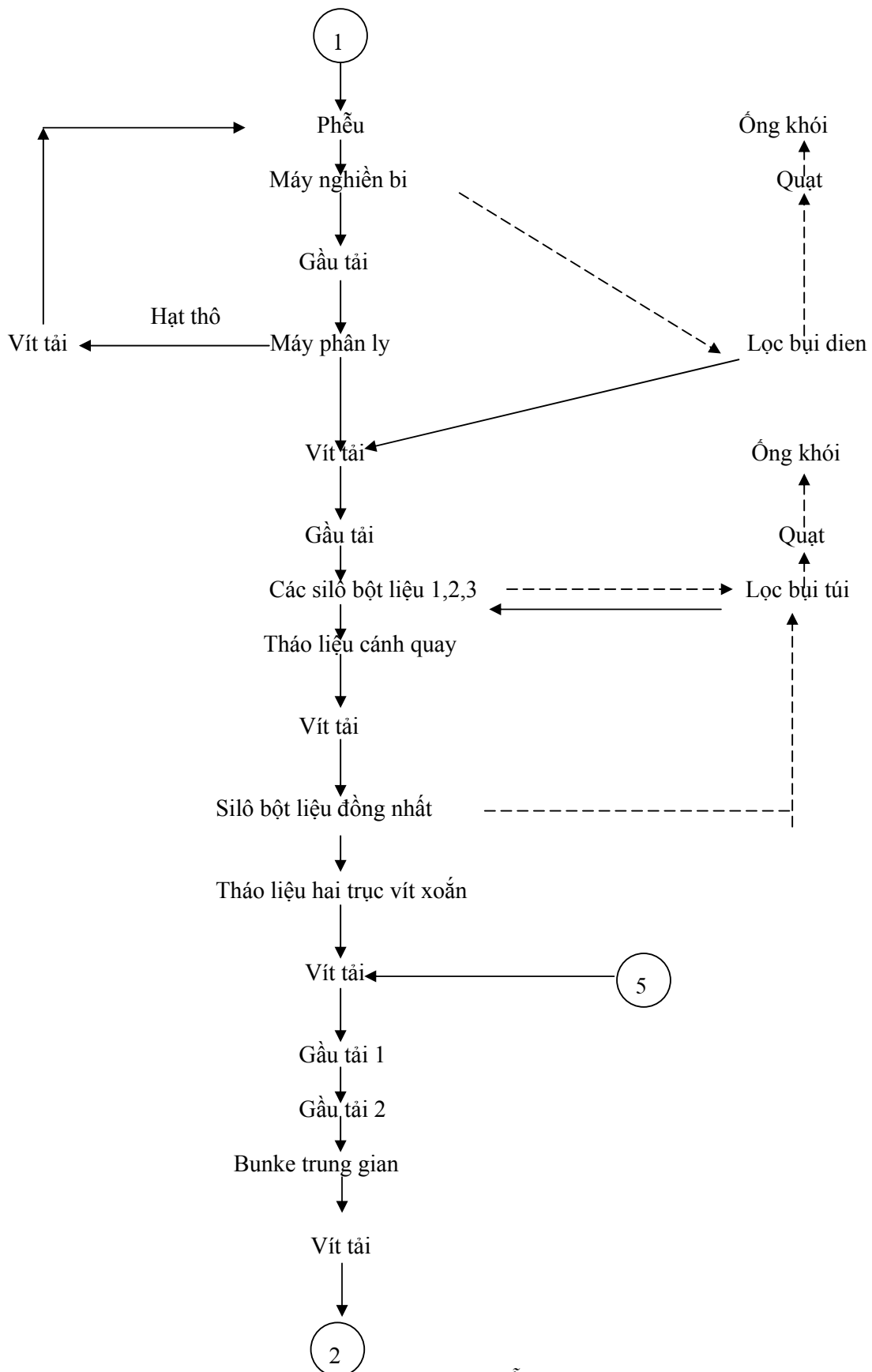




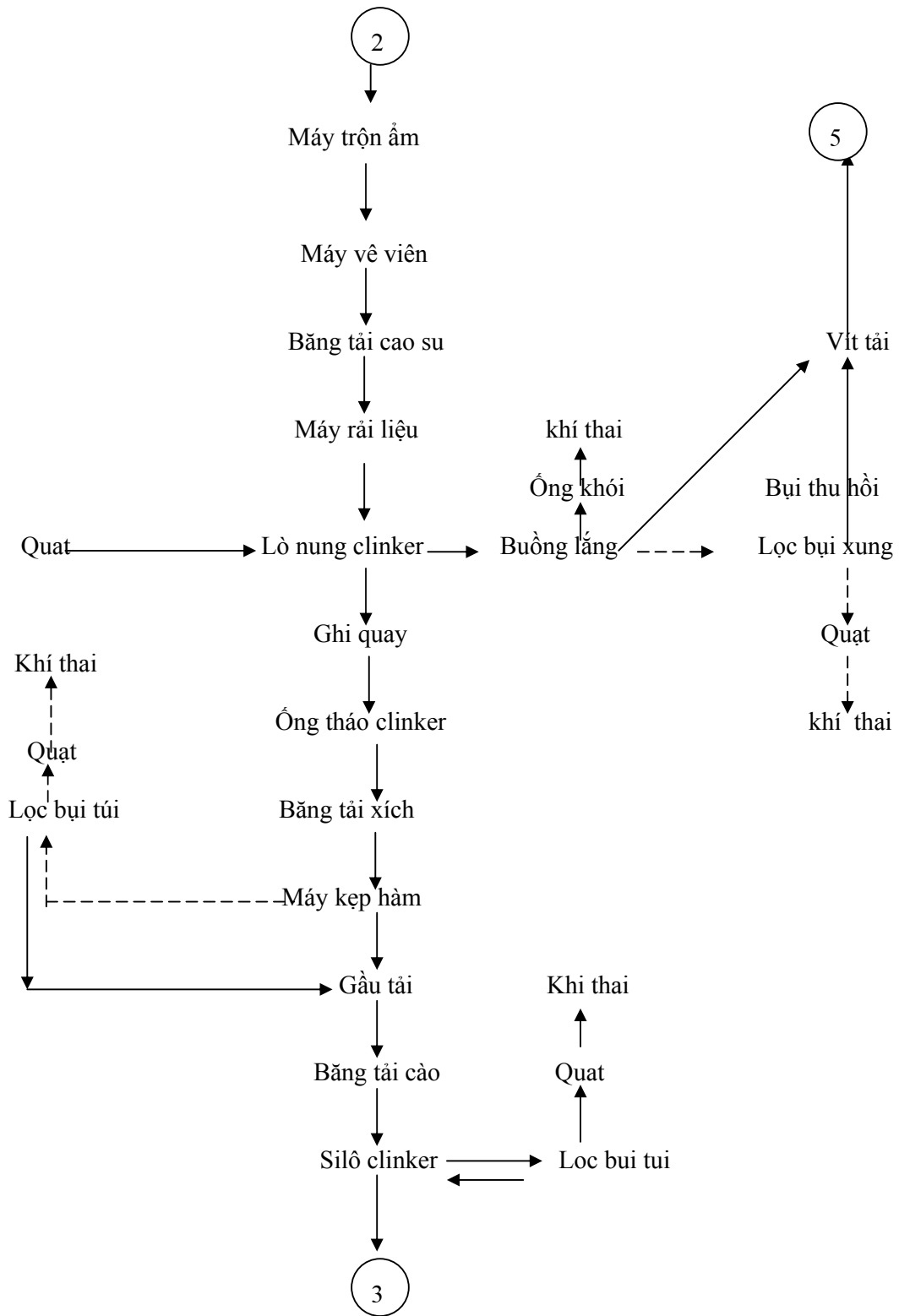


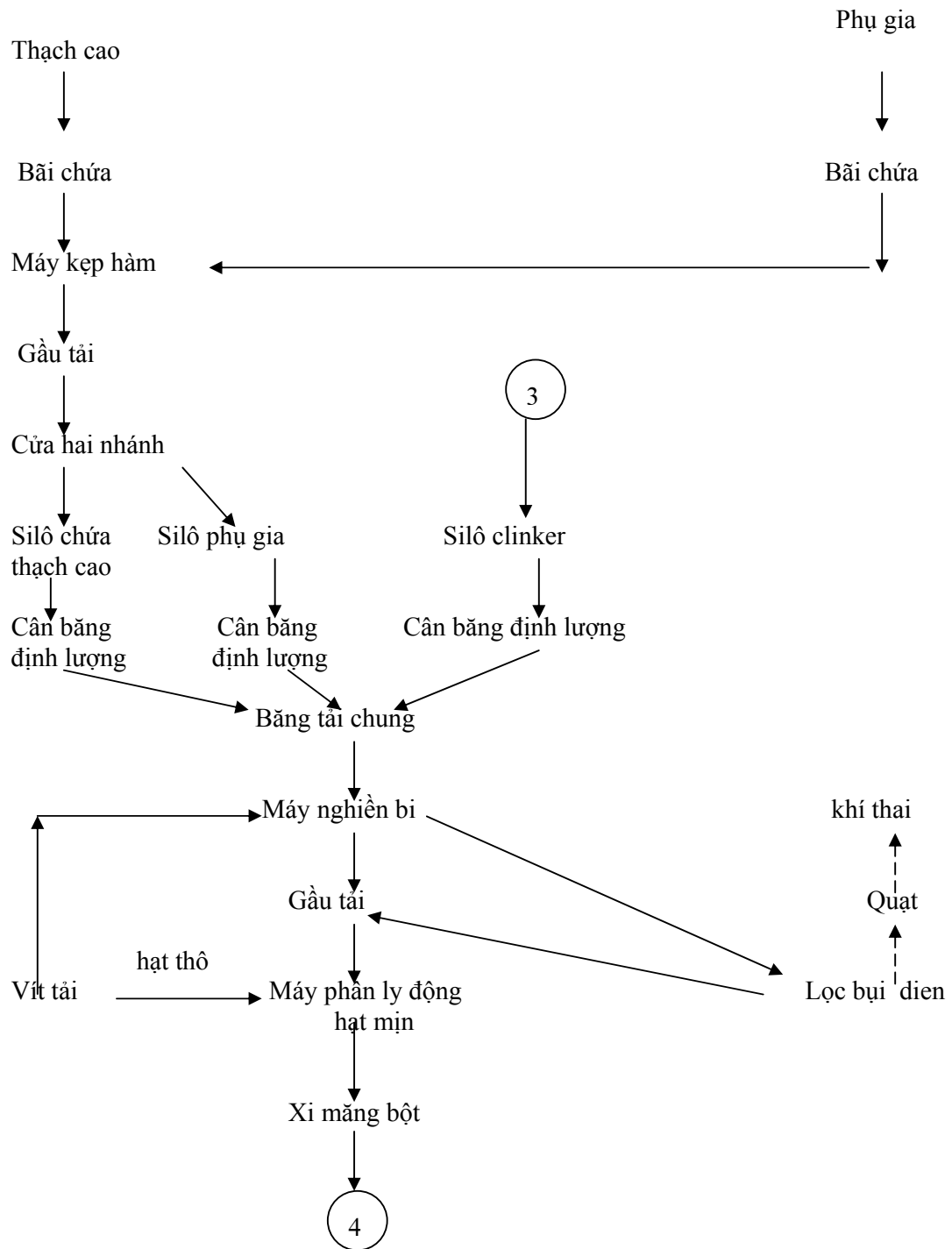
**SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT XI MĂNG  
THEO PHƯƠNG PHÁP BÁN KHÔ - Lò đứng**

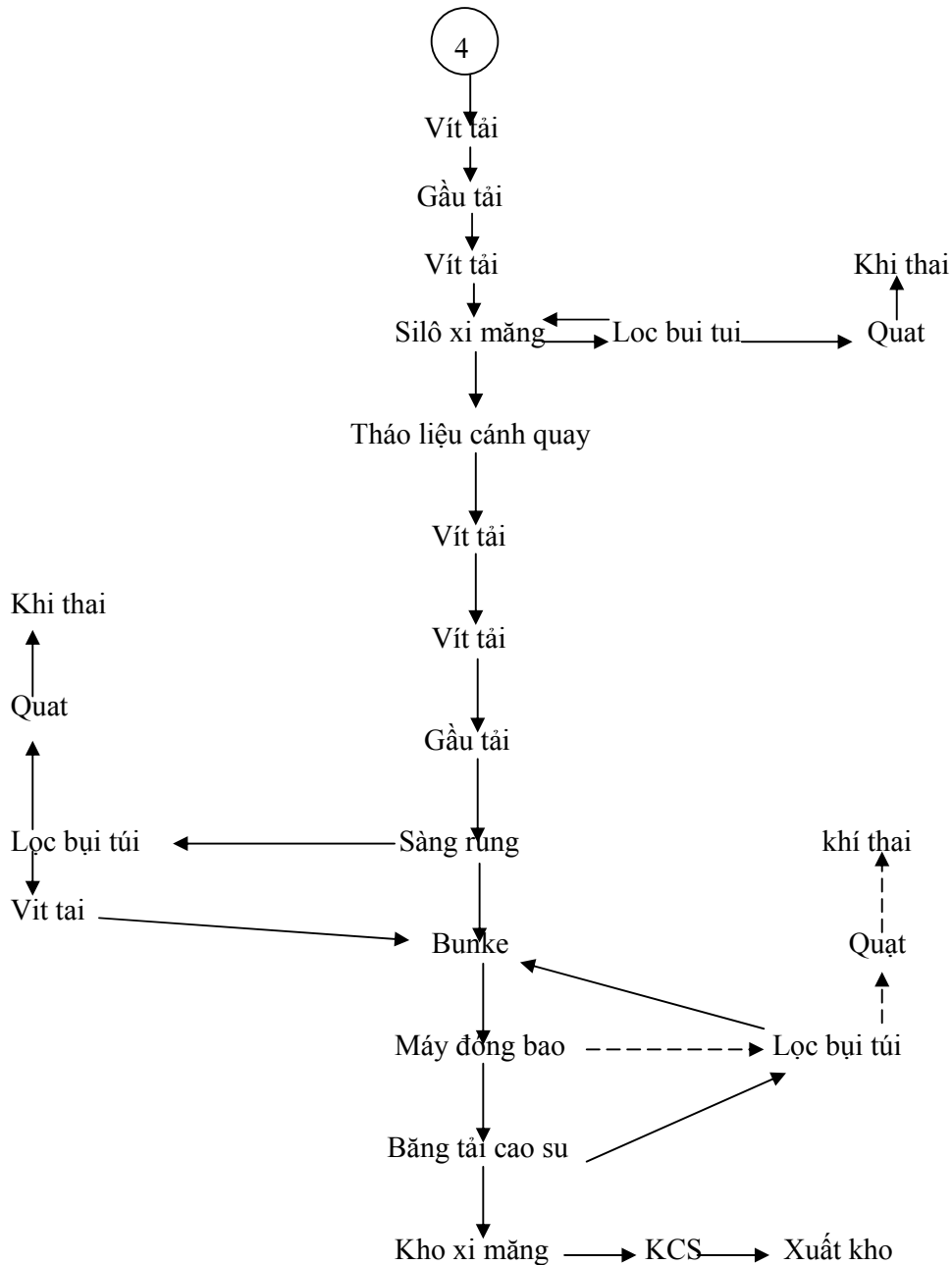












**Bảng 2.6 Một số chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật so sánh giữa các phương pháp sản xuất**

Các chỉ tiêu	Lò quay phương pháp ướt	Lò quay phương pháp khô
Nhiệt tiêu tốn cho 1 kg clinker (Kcal / kg )	1350 - 1600	< 800
Điện tiêu tốn cho 1 tấn clinker ( KWh /T)	55	79 - 83
Kích thước lò	Dài	Ngắn

Số lượng thiết bị	Ít	Nhiều
Diện tích sản xuất	Lớn	Nhỏ
Độ đồng nhất phối liệu	Tốt	Tương đối tốt
Chất lượng sản phẩm	Đảm bảo	Đảm bảo
Vệ sinh công nghiệp	Tốt	Tốt

Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Đạt mức		
		Phương pháp ướt	Phương pháp khô	
			Trước 1990	Sau 1990
Nhiệt năng	Kcal/kg Clinker	1450 - 1700	780 - 820	730
Điện năng	kWh/T cement	120 - 130	115 - 125	90 - 100
Gạch chịu lửa	Kg/T Clinker	2 - 2.5	1 - 1.5	0.5 - 0.8
VL nghiền	Kg/T cement	1.5 - 2	0.3 - 0.6	0.2 - 0.5
NS lao động	T cement/người/năm	200 - 600	1000-1500	2500-3800
Nồng độ bụi	mg/m <sup>3</sup> kk		100 - 150	50 - 100

### **Cơ sở để lựa chọn phương pháp sản xuất:**

Lựa chọn phương pháp sản xuất là một trong những vấn đề quan trọng, nó ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của nhà máy. Sau đây là một số cơ sở để lựa chọn phương pháp sản xuất.

- **Độ ẩm tự nhiên của nguyên liệu.**
- **Tính chất lý hóa của nguyên liệu.**
- **Điều kiện nhiệt năng, điện năng.**
- **Điều kiện thiết bị.**
- **Điều kiện vệ sinh công nghiệp.**
- **Điều kiện diện tích sản xuất và mở rộng.**

Khi lựa chọn phương pháp sản xuất cần so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật với những nhà máy có cùng năng suất như nhau, lò có cùng năng suất, cùng sử dụng một loại nhiên liệu, cùng sản xuất ra một loại sản phẩm.

Lựa chọn phương pháp sản xuất nào cũng cần xuất phát từ hoàn cảnh cụ thể của từng nước, từng địa phương và nhất thiết phải đạt những yêu cầu sau:

- Rút ngắn quá trình sản xuất, nâng cao hiệu suất sử dụng máy móc và thiết bị.
- Nâng cao sản lượng và chất lượng sản phẩm, hạ giá thành sản phẩm.
- Hạ chỉ tiêu tiêu tốn năng lượng, nguyên vật liệu.
- Nâng cao trình độ cơ khí hóa, tự động hóa, giảm bớt lao động nặng nhọc.
- Đảm bảo vệ sinh an toàn lao động.

### **2.7 Nguyên liệu, nhiên liệu sản xuất clinker xi măng.**

**2.7.1 Nguyên liệu:** Trong thiên nhiên rất hiếm loại nguyên liệu có thành phần hóa học giống thành phần hóa học của clinker xi măng. Nói chung hầu hết các nhà máy xi măng trên thế giới đều sản xuất xi măng từ hỗn hợp phối liệu nhân tạo.

Để đảm bảo thành phần hóa học của clinker người ta thường dùng hỗn hợp từ hai nguyên liệu chính là đá vôi và đất sét, ngoài ra còn 1 vài nguyên liệu phụ nữa như quặng bôxít, lacterít, quặng sắt, Trepén, diatomit ...

#### **2.7.1.1 Đá vôi.**

Sản xuất clinker xi măng poocăng người ta thường dùng các loại đá vôi, đá phần ... Các loại đá này thành phần chủ yếu của nó là cacbonat canxi, 1 lượng nhỏ  $MgCO_3$  và một ít tạp chất khác.

Muốn sản xuất được clinker xi măng thì đá vôi phải đảm bảo:

Theo TCVN 6072-1996, đá vôi dùng làm nguyên liệu để sản xuất xi măng portland phải thỏa mãn yêu cầu về hàm lượng của các chất là:  $CaCO_3 \geq 85\%$ ;  $MgCO_3 \leq 5\%$ ;  $K_2O + Na_2O \leq 1\%$ .

Các nhà máy xi măng ở nước ta sử dụng đá vôi có hàm lượng  $CaCO_3 = 90 \div 98\%$  ( $CaO = 48 \div 54\%$ ),  $MgO < 5\%$  và ô xít kiềm không đáng kể. **SiO<sub>2</sub> dạng quartz càng nhỏ càng tốt.**

#### **2.7.1.2 Đất sét**

Là loại nham thạch trầm tích, đó là những aluminosilicat ngậm nước có rất nhiều trong thiên nhiên. Thành phần chủ yếu của đất sét là  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ . Ngoài ra trong đất sét còn lẫn cát, sỏi, sạn và các tạp chất hữu cơ. Đất sét để sản xuất clinker cần có thành phần hóa học như sau:

Theo TCVN 6071-1996, sét dùng làm nguyên liệu để sản xuất xi măng portland phải có hàm lượng các ôxít trong khoảng sau:

$$SiO_2 = 55 \div 70\%, Al_2O_3 = 10 \div 24\%, K_2O + Na_2O \leq 3\%.$$

Các nhà máy xi măng ở nước ta hầu hết đều sử dụng sét đôi có hàm lượng:

$$SiO_2 = 58 \div 66\%, Al_2O_3 = 14 \div 20\%, Fe_2O_3 = 5 \div 10\%, K_2O + Na_2O = 2 \div 2,5\%.$$

Ngoài sét đôi, ở một số nơi có thể dùng sét ruộng hoặc sét phù sa. Những loại sét này thường có hàm lượng  $SiO_2$  thấp hơn,  $Al_2O_3$  và kiềm cao hơn, nên phải có nguồn phụ gia cao silic để bổ sung  $SiO_2$ . Việc này trở nên khó hơn khi cần sản xuất xi măng yêu cầu hàm lượng kiềm thấp.

#### **Phụ gia điều chỉnh**

- **Phụ gia giàu silic:** Để điều chỉnh mô đun silicat ( $n$ ), trong trường hợp nguồn sét của nhà máy có  $SiO_2$  thấp, có thể sử dụng các loại phụ gia cao silic. Các phụ gia thường sử dụng là các loại đất hoặc đá cao silic có  $SiO_2 > 80\%$ . Ngoài ra, ở những nơi không có nguồn đất cao silic có thể sử dụng cát mịn nhưng khả năng nghiền mịn sẽ khó hơn và  $SiO_2$  trong cát nằm ở dạng quaczit khó phản ứng hơn nên cần phải sử dụng kèm theo phụ gia khoáng hoá để giảm nhiệt độ nung clinker.

- **Phụ gia giàu sắt:** Để điều chỉnh mô đun aluminat (p) nhằm bổ sung hàm lượng  $Fe_2O_3$  cho phối liệu, vì hầu hết các loại sét đều không có đủ  $Fe_2O_3$  theo yêu cầu. Các loại phụ gia cao sắt thường được sử dụng ở nước ta là: Xỉ pirit Lâm Thao (phế thải của công nghiệp sản xuất  $H_2SO_4$  từ quặng pyrit sắt)  $Fe_2O_3$ : 55 ÷ 68%, quặng sắt (ở Thái Nguyên, Thanh Hoá, Quảng Ninh, Lạng Sơn)  $Fe_2O_3$ : 65 ÷ 85% hoặc quặng Laterit (ở các tỉnh miền Trung, miền Nam) chứa  $Fe_2O_3$ : 35 ÷ 50%.
- **Phụ gia giàu nhôm:** Cũng dùng để điều chỉnh mô đun aluminat (p) nhằm bổ sung hàm lượng  $Al_2O_3$  cho phối liệu trong trường hợp nguồn sét của nhà máy quá ít nhôm. Nguồn phụ gia cao nhôm thường là quặng bôxít (ở Lạng Sơn, Cao Bằng, Lâm Đồng)  $Al_2O_3$ : 44 ÷ 58%. Cũng có thể sử dụng cao lanh hoặc tro xỉ nhiệt điện làm phụ gia bổ sung nhôm, nhưng tỷ lệ dùng khá cao và hiệu quả kinh tế thấp.

### Phụ gia khoáng hoá

Để giảm nhiệt độ nung clinker nhằm tiết kiệm nhiên liệu và tăng khả năng tạo khoáng, tăng độ hoạt tính của các khoáng clinker, có thể sử dụng thêm một số loại phụ gia khoáng hoá như quặng fluorit, còn gọi là huỳnh thạch (chứa  $CaF_2$ ), quặng phosphorit (chứa  $P_2O_5$ ), quặng barit (chứa  $BaSO_4$ ), thạch cao (chứa  $CaSO_4$ ). Các loại phụ gia này có thể dùng riêng một loại hoặc dùng phối hợp với nhau ở dạng phụ gia hỗn hợp, khi đó tác dụng khoáng hoá sẽ tốt hơn. Tuy vậy, trong sản xuất nếu càng sử dụng nhiều loại nguyên liệu và phụ gia thì công nghệ pha trộn phối liệu càng phức tạp, tốn kém.

#### 2.7.1.3 Các loại nguyên liệu khác.

+ **Bùn nephelin:** người ta còn gọi là bùn trắng, là phế liệu của ngành sản xuất nhôm, thành phần hóa học nằm giữa clinker và xỉ lò cao.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	CaO	Ôxit kiềm
25 - 30%	2 - 5%	3 - 5%	50 - 58%	1,5 - 3%

Dùng bùn nephelin sản xuất clinker xi măng rất có lợi. Chỉ cần bổ sung vào phối liệu 15% - 20% đá vôi hoặc vôi nung, khi nung luyện tiêu tốn ít nhiệt và năng suất lò cao nhưng điểm là hàm lượng kiềm cao.

+ **Xỉ lò cao:** Xỉ lò cao là phế liệu của ngành sản xuất gang, thành phần hóa học gần giống thành phần clinker xi măng chỉ khác nhau về hàm lượng.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	CaO	MgO	MnO
28-38%	8-24%	40-50%	1-18%	1-3%

Xỉ lò cao có thể dùng làm phụ gia sản xuất xi măng hoặc dùng làm nguyên liệu sản xuất clinker xi măng, thay thế một phần đất sét.

#### 2.7.2 Nhiên liệu để sản xuất clinker xi măng.

+ **Nhiên liệu dùng cho lò quay.**

Nhiên liệu dùng cho lò quay là nhiên liệu rắn, lỏng, khí. Muốn đảm bảo năng suất lò cao cần cung cấp đầy đủ nhiên liệu cho lò để đạt được nhiệt độ yêu cầu, muốn vậy thì nhiên liệu cần phải đảm bảo:

- Cung cấp nhiều nhiệt cho lò.
- Nhiên liệu phải cháy hoàn toàn với lượng không khí dư nhỏ nhất.
- Dùng không khí nóng đưa vào để tăng điều kiện cháy.

Lựa chọn nhiên liệu cho lò quay cần chú ý 3 yêu cầu chính:

- Nhiệt trị thấp.
- Hàm lượng tro và chất bốc, hàm lượng lưu huỳnh.
- Kinh tế.

Trong các loại nhiên liệu trên thì nhiên liệu khí sử dụng cho lò quay là tốt nhất, vì nó có nhiệt năng cao, không có tro lẫn vào clinker và dễ tự động quá trình đốt cháy. Thực tế không sử dụng nhiên liệu khí vì nó góp phần nâng cao giá thành sản phẩm. Sau đây xét cụ thể từng loại nhiên liệu.

**2.7.2.1 Nhiên liệu rắn:** Nhiên liệu rắn dùng để sản xuất clinker xi măng là than đá. Yêu cầu nhiên liệu rắn dùng cho lò quay là: than phải có chất bốc cao, ngọn lửa dài, tro nhiên liệu ít, thường người ta sử dụng loại than có:

**Nhiệt trị thấp  $\geq 5500$  Kcal/kg**

**Chất bốc = (15 - 30)%**

**Hàm lượng tro = (10 - 20)%**

**Hàm lượng lưu huỳnh < 1%.**

Nếu có 1 loại than đạt yêu cầu kỹ thuật trên thì tốt, nếu không thì phải phối hợp 2 hay nhiều loại than để có 1 loại hỗn hợp than mịn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trên.

Than dùng cho lò quay là phải sấy khô nghiền mịn, độ mịn yêu cầu còn trên sàng 4900 lỗ /cm<sup>2</sup> là 8-12%, độ ẩm của than mịn là  $W \leq 3\%$ . Độ mịn của than còn phụ thuộc vào hàm lượng tro và chất bốc. Thường thì than có tro ít, chất bốc nhiều, nghiền thô hơn than có tro nhiều chất bốc ít.

Sử dụng than làm nhiên liệu phức tạp hơn dầu hoặc khí vì than phải được nghiền thật mịn và được phun vào lò. Mặt khác, lượng tro than còn lại sau khi cháy cũng tham gia vào phản ứng tạo khoáng clinker nên khi tính phối liệu phải coi nó như 1 cấu tử.

Đối với công nghệ sản xuất xi măng bằng lò quay phương pháp khô, cần sử dụng loại than có hàm lượng tro ít, nhiệt lượng cao và hàm lượng lưu huỳnh càng thấp càng tốt. Hiện nay hầu hết các nhà máy đều quy định chỉ sử dụng than cám có chất lượng tốt, ví dụ nên dùng than cám Hòn Gai có mức chất lượng từ 3C- HG trở lên (có số nhiệt trị phân khô  $Q^k > 6500$  kcal/kg, hàm lượng tro  $A^k < 20\%$ , chất bốc khô trung bình  $V^k$  6 - 8%, lưu huỳnh  $S^k < 0,8\%$ ).

**2.7.2.2 Nhiên liệu khí thiên nhiên.**

Khí thiên nhiên được khai thác từ dưới các lớp đất sâu, nó là những hợp chất của các loại cacbua hydro hữu hạn khác nhau, chủ yếu là khí metan, ngoài ra còn 1 số khí khác như: êtan, propan, butan, pentan và 1 lượng nhỏ khí CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>.

Ưu điểm của khí thiên nhiên dùng cho lò quay nung clinker là dễ tự động hóa, clinker không bị lẫn tro nhiên liệu, trước khi sử dụng không cần qua giai đoạn gia công, lắng lọc, gạn.

Bảng 2.7 Thành phần và tính chất của 1 số khí thiên nhiên ở bảng sau

TT	THÀNH PHẦN KHÍ KHÔ								Q <sup>p</sup> <sub>n</sub> Kcal	Tỉ Trọng	Giới hạn nổ	
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S			Thấp	Cao
1	93,2	4,4	0,8	0,6	0,3	0,1	0,8	-	8550	0,800	5	14
2	85,0	3,1	1,0	0,4	0,1	0,1	9,4	-	7970	0,804	5	15
3	98,0	0,3	0,1	0,1	-	0,3	1,2	-	8950	0,800	5	14
4	77,7	4,5	1,7	0,8	0,6	0,2	13,5	1	8080	0,889	-	-
5	51,0	6,0	8,0	4,0	0,3	0,7	30,0	-	8230	1,108	-	-

### 2.7.2.3 Nhiên liệu lỏng.

Nhiên liệu lỏng được sử dụng đối với lò quay ở dạng mazut. Mazut thu được từ sản phẩm sau khi đã chưng cất dầu mỏ. Mazut cũng là 1 loại nhiên liệu tốt dùng cho lò quay nung clinker.

Ưu điểm của mazut là ít tạp chất, hàm lượng tro rất nhỏ khoảng 0,1-0,3%, độ ẩm 1-4% , nhiệt năng khá cao thường là > 8000 Kcal/kg, mazut được phân loại dựa vào hàm lượng lưu huỳnh.

Mazut ít lưu huỳnh :  $S_{\text{tổng}}^p \leq 0,5\%$

Mazut lưu huỳnh trung bình :  $S_{\text{tổng}}^p = 0,5-1\%$

Mazut nhiều lưu huỳnh :  $S_{\text{tổng}}^p = 1-3\%$

Người ta còn phân loại mazut theo mức dựa vào độ nhớt và nhiệt độ. Mazut có trọng lượng riêng từ 1 - 1,06g/cm<sup>3</sup>, trong mazut có chứa 1 số chất không hòa tan, trước khi phun mazut vào lò cần qua quá trình gia công sau:

Đốt nóng mazut chủ yếu để giảm độ nhớt, vận chuyển trong đường ống và phun được dễ dàng và đưa vào thiết bị gạn lọc để loại bỏ tạp chất tránh tắc ống và bơm.

Tuy nhiên việc sử dụng nhiên liệu lỏng là mazut cũng có những nhược điểm:

- + Không thuận tiện khi vận chuyển, đổ rót và chứa đựng bảo quản.
- + Khi bảo quản hàm lượng tạp chất cơ học tăng lên rất cao, có khi tới 2,5% , độ ẩm có thể tăng lên 5 - 10% và hơn. Đặc trưng của 1 số mazut ở bảng 2.8 sau:



Bảng 2.8

CÁC THÔNG SỐ	MÁC CỦA MAZUT				
	20	40	60	80	100
Độ nhớt ở 80°C tính theo độ	2,5-5	5 - 8	8 - 11	11 - 13	13 - 15,5
Nhiệt độ đông đặc °C	+5	+10	+15	+20	+25
Điều kiện bốc cháy trong môi trường hở °C	80	100	110	120	125
Trọng lượng riêng ở °C	0,961	0,992	1,010	1,058	0,962
Trọng lượng riêng ở 100°C	0,905	0,938	0,962	1,018	0,900
Hệ số dẫn nhiệt Kcal/m.h°C ở 70°C	-	-	0,112	-	-
Nhiệt dung Kcal/kg °C	-	0,45 - 0,49	0,45 - 0,49	0,45 - 0,49	0,45- 0,49

Thành phần của một số nhiên liệu lỏng ở bảng sau.

Mác của nhiên liệu lỏng	THÀNH PHẦN NGUYÊN TỐ						Q <sup>P</sup> <sub>H</sub>
	C <sup>P</sup>	H <sup>P</sup>	S <sup>P</sup>	S <sup>P</sup> +O <sup>P</sup>	A <sup>P</sup>	W <sup>P</sup>	
Mazut mác 20	87,2	11,7	0,5	0,6	0,1	2,0	9650
Mazut mác 40	87,4	11,2	0,5	0,9	0,2	3,0	9420
Mazut mác 60	87,6	10,7	0,7	1,0	0,2	3,0	9320
Mazut mác 80 -100	87,6	10,5	0,9	1,0	0,3	4,0	9240

+ **Nhiên liệu dùng cho lò đứng:** Có thể dùng được cả nhiên liệu khí, lỏng, rắn, nhưng phổ biến và thuận lợi nhất là dùng nhiên liệu rắn. Nhiên liệu rắn dùng cho lò đứng có yêu cầu kỹ thuật sau:

Hàm lượng chất bốc nhỏ 3 - 6%

Nhiệt trị thấp khoảng 5500 - 7000 Kcal/kg

Hàm lượng tro < 15%

Nhiên liệu rắn có thể nghiền chung với phối liệu rồi tạo viên (đi than trong) hoặc nạp vào lò 1 lớp than, 1 lớp phối liệu khi sản xuất clinker màu (đi than ngoài).

### 2.7 Chuẩn bị, gia công và đồng nhất sơ bộ nguyên, nhiên liệu.

Việc chuẩn bị nguyên liệu và hỗn hợp phối liệu để sản xuất clinker xi măng pooc lăng là một khâu quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm. Muốn chất lượng sản phẩm tốt cần đảm bảo những yêu cầu sau:

- **Đảm bảo đủ thành phần hóa học.**
- **Đảm bảo độ mịn cần thiết.**
- **Đảm bảo độ đồng nhất cao.**
- **Đảm bảo độ ẩm thích hợp.**
- **Đảm bảo hình dạng và kích thước viên phối liệu.**

Chuẩn bị nguyên vật liệu phải qua các giai đoạn sau.

### ***Khai thác và vận chuyển nguyên liệu***

Khai thác và vận chuyển đá vôi:

Mỏ đá vôi hầu hết là lộ thiên vì vậy việc khai thác dễ dàng thuận lợi, trước khi khai thác cần chú ý loại bỏ những vỉa đá đolômi và tạp chất.

Người ta thường khai thác đá bằng phương pháp khoan nổ mìn. Sau đó dùng máy xúc để xúc lên ô tô, xe goòng, tàu hỏa đưa về nhà máy, cũng có trường hợp đập sơ bộ tại công trường rồi mới chuyển về nhà máy bằng thiết bị vận chuyển.

Vận chuyển nguyên liệu về nhà máy có thể dùng nhiều phương tiện và thiết bị khác nhau, phụ thuộc chủ yếu vào năng suất nhà máy, khoảng cách từ công trường khai thác về nhà máy.

### ***Khai thác và vận chuyển đất sét***

Trước khi khai thác cần loại bỏ những lớp đất màu, mùn sỏi . . . mỏ đất sét có thể là lộ thiên hoặc ngầm dưới nước, người ta có thể dùng tàu cuốc, máy xúc để khai thác rồi chuyển lên ô tô, tàu hỏa đưa về nhà máy.

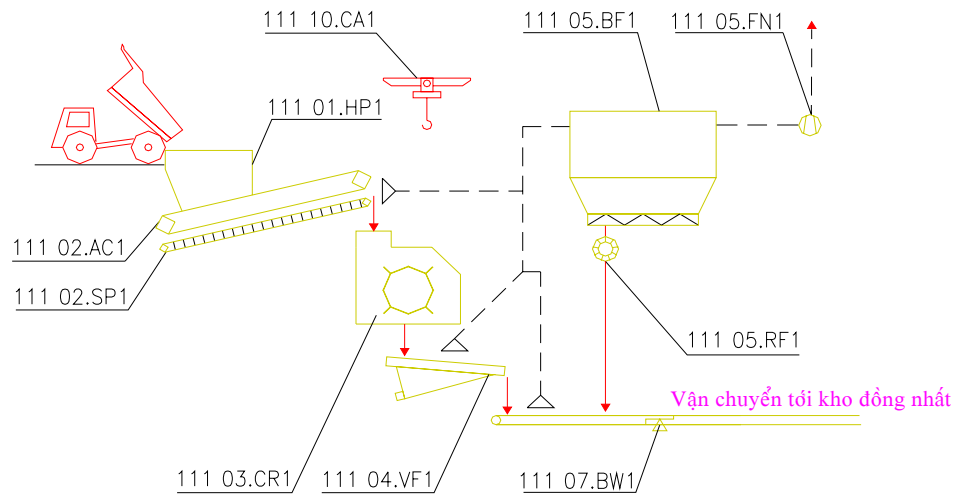
Đối với nhà máy xi măng sản xuất theo phương pháp ướt dùng thiết bị khai thác đất sét bằng cơ khí thủy lực là năng suất cao và hiện đại nhất, tức là dùng máy phun nước có áp suất lớn phun vào các vỉa đất sét, biến đất sét thành bùn lỏng, có độ ẩm 60 - 70%, sau đó dùng bơm, bơm bùn vào đường ống dẫn về nhà máy. Phương pháp khai thác đất sét bằng cơ khí thủy lực chỉ áp dụng với nhà máy xi măng năng suất cao, đất sét loại mềm, tơi.

### ***Gia công sơ bộ nguyên liệu.***

**Gia công đá vôi:** Đá vôi là nguyên liệu rắn, được chuyển về nhà máy từ công trường khai thác, đá thường có kích thước 600 - 800mm, do đó cần được gia công sơ bộ bằng máy đập hàm đến kích thước 60 - 80mm, sau đó đưa vào máy đập búa. Đá ra khỏi máy búa có kích thước 5 - 25mm, được đưa vào két chứa hoặc silô. Hay sử dụng máy đập búa 2 trục chỉ đập 1 lần để có kích thước (20-25)mm.

**Gia công đất sét:** Đất sét là loại nguyên liệu mềm có thể qua máy cán trực, rồi đưa vào két chứa, nếu đất sét có độ ẩm thấp; rồi đưa vào máy nghiền bi nghiền chung với đá, nước ( nếu sản xuất theo phương pháp ướt ) hoặc đưa vào máy sấy nghiền liên hợp phối liệu ( nếu sản xuất theo phương pháp khô). Nếu đất sét có độ ẩm cao thì sau khi qua máy cán trực được đưa vào bể bừa bùn, bùn ra khỏi bể bừa bùn có độ ẩm 60 - 70% được đưa vào bể chứa rồi vào máy nghiền bi nghiền chung với đá.

## CÔNG ĐOẠN GIA CÔNG SƠ BỘ VÀ VẬN CHUYỂN ĐÁ VÔI VÀO KHO CHỨA



## 111 - TRẠM ĐẬP ĐÁ VÔI

Trong đó:

111-AC1: Cấp liệu tấm

111- HP1: Phễu cấp liệu

111-CA1: Palang điện đơn ray

111-BF1: Lọc bụi tĩnh điện

111-FN1: Quạt hút

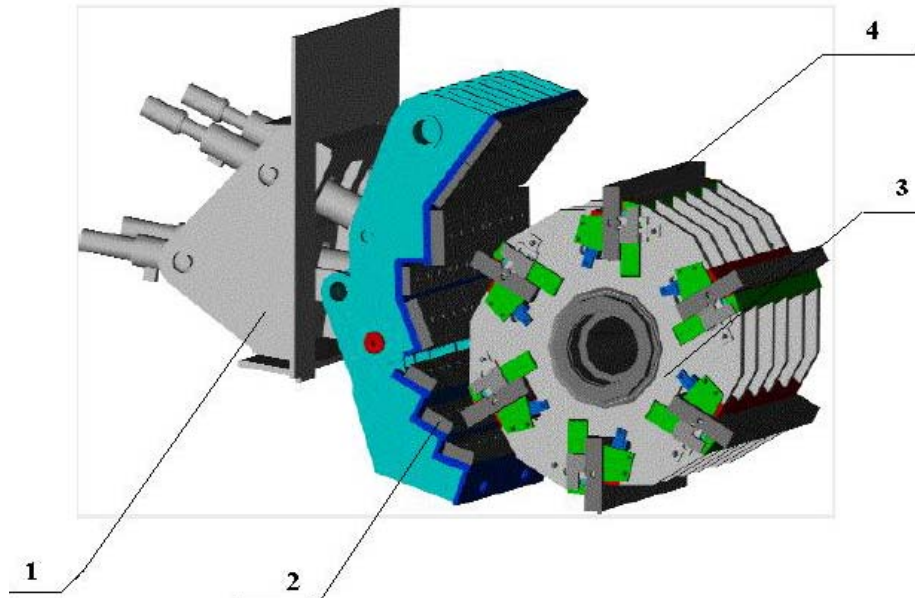
111-BW1: Cân băng định lượng

111-BC1: Băng tải cao su

111-VF1: Cấp liệu rung.

111-CR1: Máy đập xung lực kiểu thanh

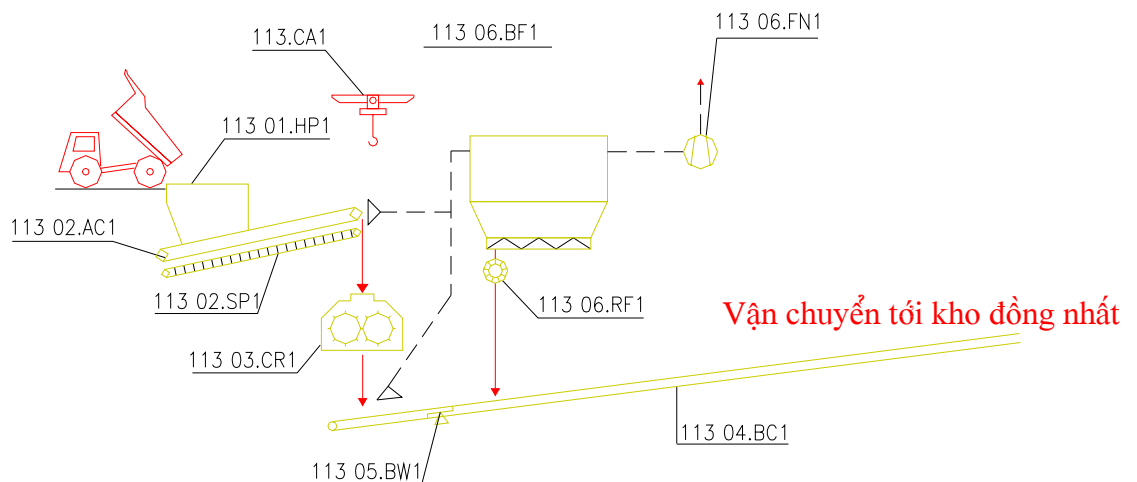
111-FG1: Van quay kín khí



Hình 4.3. Cấu tạo máy đập xung lực kiểu thanh

- 1- Bộ lò xo để điều chỉnh tấm phản hồi
- 2- Tấm phản hồi
- 3- Tang quay (rôto)
- 4- Thanh đập

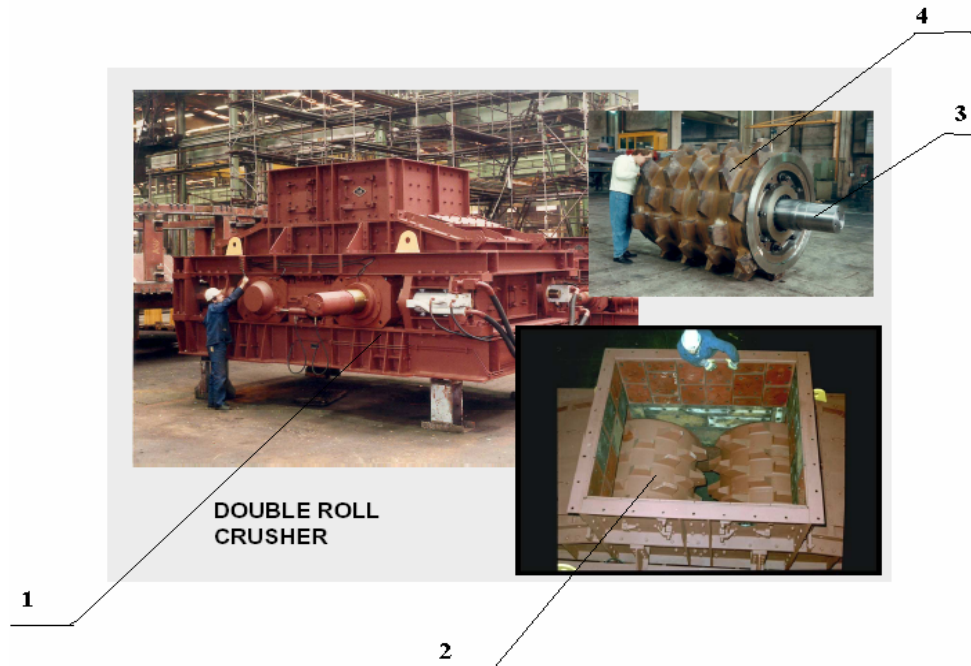
## CÔNG ĐOẠN GIA CÔNG VÀ VẬN CHUYỂN ĐÁT SÉT



## 113 - TRẠM ĐẬP SÉT

113 01 HP1 - Phễu cấp liệu, 113 02 AC1 - Băng tải tấm, 113 02 SP1 – Xích cào liệu

113 03 CR1 - Máy cán đất sét, 113 05 BW1 - Cân bằng định lượng, 113 04 BC1 – Bảng tải cao su, 113 06 RF1 - Van quay kín khí, 113 06 FN1 - Quạt, 113 06 BF1 – Lọc bụi tĩnh điện, 113 CA1 - Palang điện đơn ray.



Hình 4.7. Cấu tạo máy cán ép hai trục có răng

- 1- Thân máy
- 2- cán ép
- 3- Trục cán ép
- 4- Răng trên trục cán

**Sấy nguyên nhiên liệu:** Khi sản xuất xi măng theo phương pháp khô, nếu nguyên liệu, nhiên liệu có độ ẩm tự nhiên cao cần phải sấy đến độ ẩm đạt yêu cầu trước khi vào máy nghiền, cũng có thể sấy nghiền liên hợp.

Yêu cầu kỹ thuật của nguyên liệu trước khi vào máy nghiền:

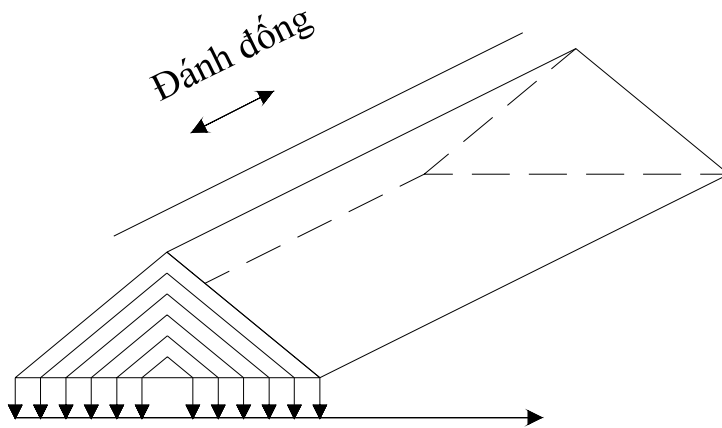
Tên nguyên liệu	(%) độ ẩm tự nhiên	(%) độ ẩm vào máy
Đá vôi	3 - 7%	< 2%
Đất sét	5 - 25%	< 2%
Xỉ lò cao	15 - 25%	< 2%
Than	10 - 15%	< 2 - 3%

### **Đồng nhất sơ bộ nguyên liệu ( tiên đồng nhất ).**

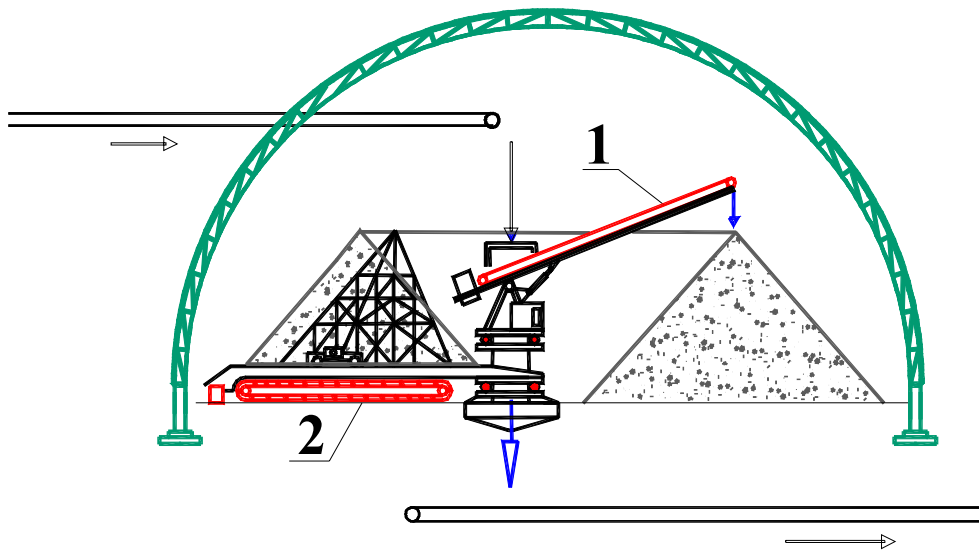
Chỉ giới thiệu vài phương pháp hay sử dụng trong công nghiệp sản xuất xi măng.

#### **Phương pháp Chevron**

Các lớp vật liệu được đặt bởi chuyển động đi đi, lại lại của thiết bị chất đồng trên một luống vật liệu cho đến khi chiều cao tràn của đồng tam giác đạt được. Sau đó vật liệu được làm vỡ theo những lát ngang của đồng nhờ các thiết bị làm vỡ tác dụng mật. Đây là phương pháp chất đồng thông thường đối với các đồng liệu dài các thiết bị làm vỡ bề mặt. Được ứng dụng rộng rãi trong các nhà máy xi măng.



Hình 2.2. Phương pháp chất đồng chervon



1- Cầu rải liệu, 2 Cầu rút liệu



1

2

3

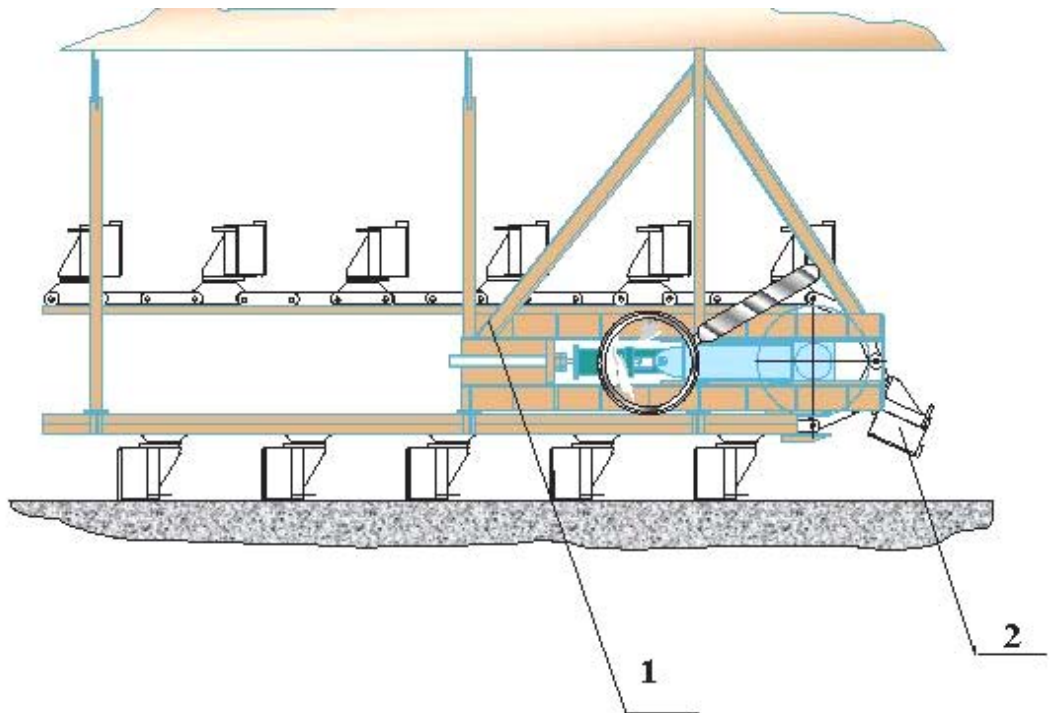
### Kho tròn đồng nhất đá vôi

1- Cầu rút liệu

2- Ống dẫn liệu trung tâm

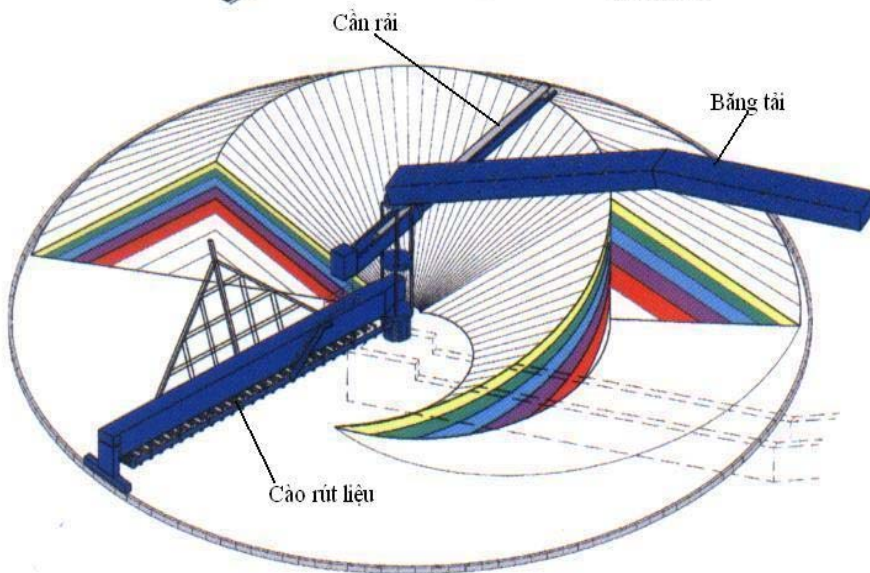
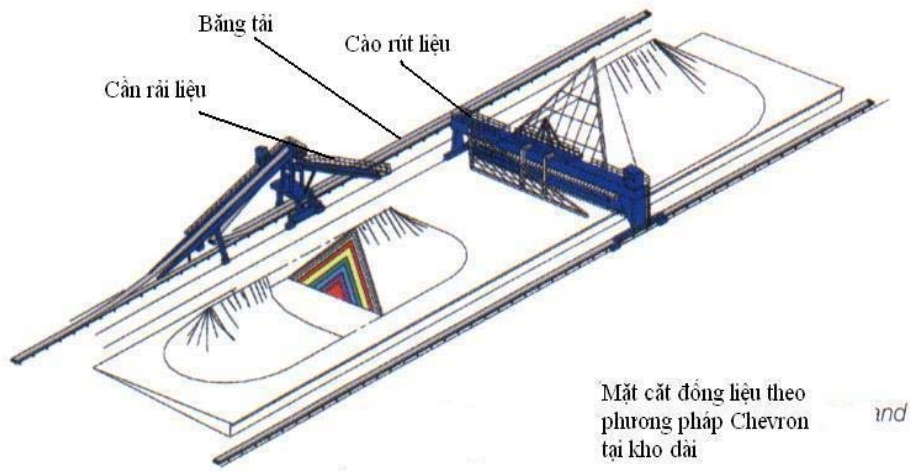
3 - Cầu rải liệu

Xích cào tháo đá vôi trong kho tròn đồng nhất. 1thiết bị võ mặt 2.xích cào liệu



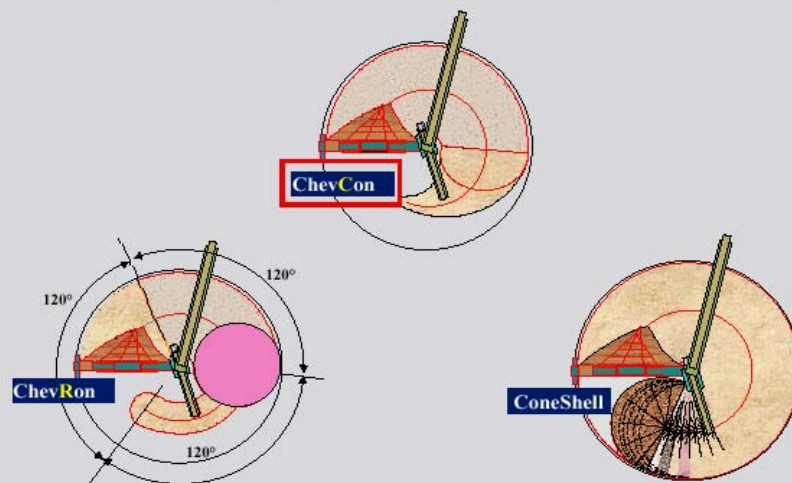
1

2



Mặt cắt đồng liệu theo phương pháp Chevron tại kho tròn

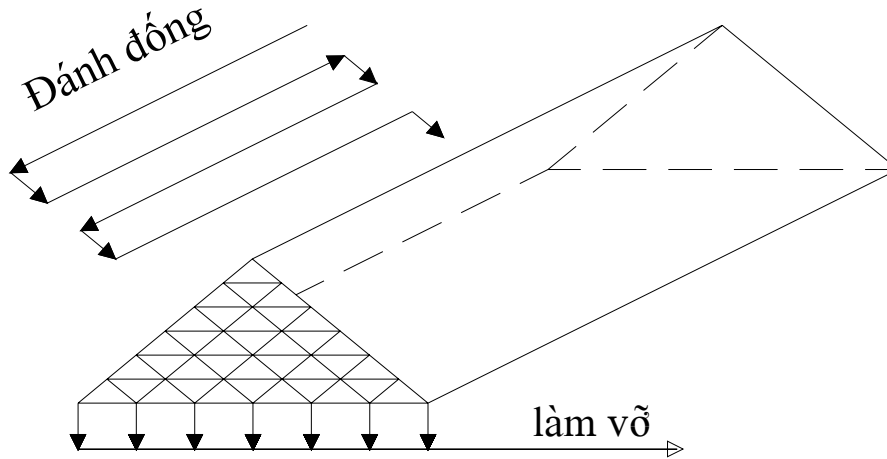
### Circular Mixing Bed „state of the art“





### - Phương pháp Windrow

Đặc điểm của phương pháp này là các lớp vật được chất đồng song song trên toàn bộ bề rộng đồng liệu. Các lớp vật liệu được phân theo các đường chiều dọc, cạnh với cạnh và ở trên có một lớp khác. Cứ như vậy cho đến khi vật liệu tràn đồng đạt được. Phương pháp chất đồng này muốn làm vỡ vật liệu thường dùng các máy có tác dụng mặt.



Hình 2.3. Phương pháp chất đồng Windrow

## 2.8 Tính phối liệu sản xuất clinker xi măng pooc lăng

Phối liệu sản xuất clinker xi măng pooc lăng đi từ nhiều phương pháp tính khác nhau:

- + Phương pháp toán học dựa vào hệ số cơ bản KH, n, p, và thành phần hóa học của nguyên liệu.
- + Phương pháp đồ thị.
- + Phương pháp hiệu chỉnh v.v . . .

Trong giáo trình này giới thiệu tính phối liệu theo phương pháp toán học tương đối phổ biến và khá chính xác so với các phương pháp khác. Còn các phương pháp khác giới thiệu để tham khảo.

Mục đích của việc tính phối liệu là để xác định tỉ lệ pha trộn giữa các cấu tử khi nung luyện để có clinker chất lượng đúng yêu cầu.

Cơ sở tính phối liệu của phương pháp này là các hệ số cơ bản KH, n, p và thành phần hóa học của các cấu tử nguyên liệu đã được phân tích.

### 2.8.1 Nguyên tắc tính toán:

#### 2.8.1.1 Chọn số hệ số

Từ yêu cầu chất lượng xi măng, ta dựa vào thực tế chọn hàm lượng các khoáng và dùng công thức thực nghiệm củ Bút tính các hệ số cơ bản KH, n, p.

Số các cấu tử nguyên liệu bao giờ cũng lớn hơn số các hệ số đã lựa chọn. Ví dụ : số các cấu tử là n thì số các hệ số là ( n -1) cụ thể như sau:

- + Nếu tính phối liệu 2 cấu tử thì sử dụng 1 hệ số cơ bản là KH.
- + Nếu tính phối liệu 3 cấu tử thì sử dụng 2 hệ số cơ bản là KH và p hoặc KH và n.
- + Nếu tính phối liệu 4 cấu tử thì sử dụng cả 3 hệ số cơ bản là KH, n, p.

### **2.8.1.2 Chọn các cấu tử phụ.**

- + Trường hợp tính phối liệu 2 cấu tử thì bao giờ cũng sử dụng 2 nguyên liệu chính là đá vôi và đất sét.
- + Trường hợp tính phối liệu 3 cấu tử thì ngoài 2 nguyên liệu chính là đá vôi và đất sét ra còn 1 nguyên liệu phụ nữa là quặng sắt (nếu 2 cấu tử chính có hàm lượng ôxít sắt nhỏ ) là Trepren hay diatomit ... nếu 2 cấu tử chính có hàm lượng ôxít Silic nhỏ )
- + Trường hợp tính phối liệu 4 cấu tử thì ngoài 2 nguyên liệu chính là đá vôi và đất sét còn dùng 2 nguyên liệu phụ nữa là quặng sắt và Trepren hay diatomit, cát ... nếu các cấu tử chính có hàm lượng ôxít sắt và ôxít Silic nhỏ.
- + Khi tính toán giải các phương trình toán học, mỗi cấu tử nguyên liệu chiếm 1 tỉ lệ nhất định ( phần trăm hoặc phần trọng lượng ), nếu 1 trong 2 cấu tử phụ khi giải ra có giá trị  $\leq 0$ , thì loại trừ ngay cấu tử phụ đó, xem như bài tính phối liệu không cần cấu tử thứ 3 hoặc thứ 4.

### **2.8.1.3 Tro nhiên liệu.**

Tro nhiên liệu lẫn vào clinker ximăng pooc lăng phụ thuộc vào phương pháp sản xuất, loại lò, kích thước lò...

- + Đối với phương pháp ướt lò quay:
  - Nếu L/D = 30 - 50 lần có mắc xích trao đổi nhiệt thì tro lẫn vào clinker là 100%.
  - Nếu L/D < 30 lần có xích trao đổi nhiệt thì tro lẫn vào là 80%, không có xích trao đổi nhiệt thì tro lẫn vào clinker 50%.
  - Với lò quay có thiết bị cô đặc bùn ( bốc hơi ẩm ) của bùn thì tro lẫn vào là 70%.
- + Đối với phương pháp khô lò quay.
  - Loại không có thiết bị tận dụng nhiệt khí thải, tro lẫn vào clinker là 30 - 40%.
  - Có thiết bị tận dụng nhiệt khí thải, tro lẫn vào clinker là 100%
  - Lượng tro nhiên liệu lẫn vào clinker ximăng được xác định theo công thức sau:

$$q = \frac{P \cdot A \cdot n}{100 \cdot 100} (\%)$$

Trong đó:

P: Lượng nhiên liệu tiêu tốn riêng ( % ) và  $P = q' / Q_{\text{thấp}}$  (kg nhiên liệu/kg clinker)

A: Hàm lượng tro có trong nhiên liệu ( % )

n : lượng tro lẫn vào clinker so với tổng hàm lượng tro trong nhiên liệu, phụ thuộc vào loại lò, phương pháp sản xuất.

Chú ý: lò đứng đi than ngoài thì  $n = 70-80\%$ .vd: sản xuất xi măng trắng. Để dễ dàng trong khi tính toán quy định 1 số ký hiệu như sau:

CẤU TỬ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Cấu tử 1	S <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
Cấu tử 2	S <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
Cấu tử 3	S <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
Cấu tử 4	S <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>
Hỗn hợp phối liệu	S <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>
Clinker	S	A	F	C

### 2.8.2 Trình tự tính toán.

*Bước 1:* Căn cứ vào chất lượng xi măng dựa vào thực tế để chọn hàm lượng bốn khoáng cho hợp lí và tổng của chúng luôn nhỏ hơn 100%. Sau đó dùng công thức thực nghiệm của Bút để tính KH, n, p.

*Bước 2:* Thành phần hóa học của các nguyên liệu cần tính toán đã phân tích, nếu tổng thành phần hóa học chưa đủ 100% hay lớn hơn 100% phải quy đổi về 100%.

- Nếu tính phối liệu không có tro nhiên liệu thì sau khi quy đổi về 100% là bắt đầu tính theo công thức hướng dẫn.

- Nếu bài tính phối liệu có tro nhiên liệu lẫn vào, sau khi quy đổi về 100% lại tiếp tục chuyển từ nguyên liệu chưa nung sang bảng thành phần hóa học của nguyên liệu đã nung để tiện việc tính toán ( nghĩa là trừ đi mất khi nung: MKN )

*Bước 3:* Ấn định số hệ số cơ bản KH, n, p, ( dựa vào yêu cầu bài tính phối liệu có mấy cấu tử mà chọn số các hệ số).

*Bước 4:* Thiết lập các phương trình và tiến hành tính theo các công thức hướng dẫn.

*Bước 5:* Giải hệ phương trình tìm tỉ lệ % của các cấu tử chính, phụ. Tính thành phần % các ôxít có trong phối liệu, trong clinker, hàm lượng các khoáng chính, lượng pha lỏng trong clinker và tít phối liệu.

*Bước 6:* Tính xong phải kiểm tra lại các hệ số đã ấn định ban đầu như KH, n, p, hàm lượng các khoáng chính có sai số trong giới hạn quy định (< 1%).

### 2.8.3 Tiến hành tính với các hệ cụ thể.

#### 2.8.3.1 Hệ 2 cấu tử không lẫn tro nhiên liệu.

- Thành phần hóa học của các nguyên liệu quy về 100% .

Chọn số các hệ số cơ bản và ấn định các hệ số đó, tính phối liệu 2 cấu tử, chọn 1 hệ số cơ bản là KH.

Thiết lập các phương trình.

Cứ 1 phần trọng lượng cầu tử thứ 2 cần phối hợp  $x_0$  phần trọng lượng cầu tử thứ 1 ta sẽ có các biểu thức sau

$$C_0 = \frac{x_0 C_1 + C_2}{x_0 + 1} \quad (1)$$

$$S_0 = \frac{x_0 S_1 + S_2}{x_0 + 1} \quad (2)$$

$$A_0 = \frac{x_0 A_1 + A_2}{x_0 + 1} \quad (3)$$

$$F_0 = \frac{x_0 F_1 + F_2}{x_0 + 1} \quad (4)$$

$$KH = \frac{C_0 - (1,65A_0 + 0,35F_0)}{2,8S_0} \quad (5)$$

Thay giá trị  $C_0, S_0, A_0, F_0$  ở phương trình (1,2,3,4) vào phương trình (5) và giải ta có:

$$x_0 = \frac{\text{Cầu tử 1}}{\text{Cầu tử 2}} = \frac{(2,8S_2KH + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2}{C_1 - (2,8S_1KH + 1,65A_1 + 0,35F_1)}$$

- Kết quả:  $x_0$  phần trọng lượng cầu tử 1/ 1 phần trọng lượng cầu tử 2

- Đổi ra % ta có:

$$\% \text{ cầu tử 1} = \frac{x_0}{x_0 + 1} \times 100 \quad (\%)$$

$$\% \text{ cầu tử 2} = \frac{1}{x_0 + 1} \times 100 \quad (\%)$$

Kiểm tra lại hệ số KH, n, p nếu sai số cho phép thì được.

Tính thành phần khoáng, lượng pha lỏng trong clinker và tít phối liệu.

Thành phần khoáng clinker.

$$\% C_3S = 3,8 (3KH - 2) S$$

$$\% C_2S = 8,6 (1 - KH) S$$

Hàm lượng khoáng nóng chảy có thể tính theo công thức:

$$+ \text{ Khi } p = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \geq 0,64$$

$$\% C_4AF = 3,04F$$

$$\% C_3A = 2,65 (A - 0,64F)$$

$$+ \text{ Khi } p = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \leq 0,64$$

$$\% C_4AF = 4,77A$$

$$\% C_2F = 1,7 (F - 1,57A)$$

+ Hàm lượng (%)  $CaSO_4$  tính như sau:

$$\% CaSO_4 = 1,70SO_3$$

+ Lượng pha lỏng trong clinker :

$$L = 1,12 C_3A + 1,35C_4AF$$

+ Tít của phối liệu :

$$T = 1,785C + 2,09 MgO$$

### 2.8.3.2 Hệ 3 cấu tử không lẫn tro.

+ Quy đổi thành phần hóa học của nguyên liệu về 100%.

+ Ấn định các hệ số KH, n hoặc KH, p.

+ Thiết lập các phương trình tính toán:

Cứ 1 phần trọng lượng cấu tử thứ 3 cần phối hợp với

$x_0$  phần trọng lượng cấu tử thứ 1 và

$y_0$  phần trọng lượng cấu tử thứ 2 thì ta có các biểu thức sau:

$$C_0 = \frac{x_0 C_1 + y_0 C_2 + C_3}{x_0 + y_0 + 1} \quad (7)$$

$$F_0 = \frac{x_0 F_1 + y_0 F_2 + F_3}{x_0 + y_0 + 1} \quad (8)$$

$$S_0 = \frac{x_0 S_1 + y_0 S_2 + S_3}{x_0 + y_0 + 1} \quad (9)$$

$$A_0 = \frac{x_0 A_1 + y_0 A_2 + A_3}{x_0 + y_0 + 1} \quad (10)$$

$$KH = \frac{C_0 - 1,65A_0 - 0,35F_0}{2,8S_0}$$

$$n = \frac{S_0}{A_0 + F_0} \quad (12)$$

$$p = \frac{A_0}{F_0}$$

Thay các trị số của  $C_0$ ,  $F_0$ ,  $A_0$ ,  $S_0$ , ở phương trình (7,8 ,9,10) vào (11,12) hoặc (11,13) sẽ có :

$$x_0[(2,8S_1KH + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1] + y_0[(2,8S_2KH + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2] = C_3 - (2,8S_3KH + 1,65A_3 + 0,35F_3) \quad (14)$$

Và

$$x_0[n(A_1 + F_1) - S_1] + y_0[n(A_2 + F_2) - S_2] = S_3 - n(A_3 + F_3) \quad (15)$$

Hay

$$x_0(pF_1 - A_1) + y_0(pF_2 - A_2) = A_3 - pF_3 \quad (15')$$

Đặt :

$$a_1 = (2,8KHS_1 + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1$$

$$b_1 = (2,8KHS_2 + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2$$

$$c_1 = C_3 - (2,8KHS_3 + 1,65A_3 + 0,35F_3)$$

$$a_2 = n(A_1 + F_1) - S_1$$

$$b_2 = n(A_2 + F_2) - S_2$$

$$c_2 = S_3 - n(A_3 + F_3)$$

hay

$$a_2 = pF_1 - A_1$$

$$b_2 = pF_2 - A_2$$

$$c_2 = A_3 - pF_3$$

Thay  $a_1; a_2; b_1; b_2; c_1; c_2$ ; vào phương trình (14,15) có hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn số:

$$\begin{cases} a_1x_0 + b_1y_0 = c_1 \\ a_2x_0 + b_2y_0 = c_2 \end{cases} \quad (16)$$

Giải hệ phương trình (16) ta có  $x_0, y_0$ , tính ra phần trọng lượng

$$x_0 = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1} \quad (\text{phần trọng lượng})$$

$$y_0 = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1} \quad (\text{phần trọng lượng})$$

Đổi  $x_0, y_0$ , ra (%) ta có :

$$\% \text{ cấu tử 1} = \frac{x_0 \times 100}{x_0 + y_0 + 1} \quad (\%)$$

$$\% \text{ cấu tử 2} = \frac{y_0 \times 100}{x_0 + y_0 + 1} \quad (\%)$$

$$\% \text{ cấu tử 3} = \frac{1 \times 100}{x_0 + y_0 + 1} \quad (\%)$$

+ Kiểm tra lại các hệ số KH, n, p .

+ Tính thành phần khoáng , lượng pha lỏng trong clinker, tỉ lệ phối liệu như bài tính hệ 2 cấu tử ở trên.

### 2.8.3.3 Hệ 4 cấu tử

+ Quy đổi thành phần hóa học của nguyên liệu về 100%.

+ Ấn định các hệ số cơ bản KH, n, p.

+ Thiết lập các phương trình tính toán :

Cứ 1 phần trọng lượng cấu tử thứ 4 cần phối hợp với

$x_0$  phần trọng lượng cấu tử thứ 1 và

$y_0$  phần trọng lượng cấu tử thứ 2 và

$z_0$  phần trọng lượng cấu tử thứ 3 , ta sẽ có các phương trình tính toán sau:

$$C_0 = \frac{x_0C_1 + y_0C_2 + z_0C_3 + C_4}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} \quad (17)$$

$$S_0 = \frac{x_0S_1 + y_0S_2 + z_0S_3 + S_4}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} \quad (18)$$

$$A_0 = \frac{x_0 A_1 + y_0 A_2 + z_0 A_3 + A_4}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} \quad (19)$$

$$F_0 = \frac{x_0 F_1 + y_0 F_2 + z_0 F_3 + F_4}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} \quad (20)$$

$$KH = \frac{C_0(1,65A_0 + 0,35F_0)}{2,8S_0} \quad (21)$$

$$n = \frac{S_0}{A_0 + F_0} \quad (22)$$

$$p = \frac{A_0}{F_0}$$

Thay trị số của  $A_0$ ;  $F_0$ ;  $S_0$ ;  $C_0$  ở phương trình (17, 18, 19, 20) vào (21) ta có:

$$x_0[(2,8KHS_1 + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1] + y_0[(2,8KHS_2 + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2] + z_0[(2,8KHS_3 + 1,65A_3 + 0,35F_3) - C_3] = C_4(2,8KHS_4 + 1,65A_4 + 0,35F_4) \quad (24)$$

Thay trị số của  $S_0, A_0, F_0$  ở phương trình (18, 19, 20) vào phương trình (22) ta có:

$$x_0[n(A_1 + F_1) - S_1] + y_0[n(A_2 + F_2) - S_2] + z_0[n(A_3 + F_3) - S_3] = S_4 - n(A_4 + F_4) \quad (25)$$

Thay trị số  $A_0, F_0$  ở phương trình (19,20) vào (23) ta có:  $x_0(pF_1 - A_1) + y_0(pF_2 - A_2) + z_0(pF_3 - A_3) = A_4 - pF_4$  (26)

Đặt:

$$a_1 = (2,8KHS_1 + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1$$

$$b_1 = (2,8KHS_2 + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2$$

$$c_1 = (2,8KHS_3 + 1,65A_3 + 0,35F_3) - C_3$$

$$d_1 = C_4 - (2,8KHS_4 + 1,65A_4 + 0,35F_4)$$

$$a_2 = n(A_1 + F_1) - S_1 \quad a_3 = pF_1 - A_1$$

$$b_2 = n(A_2 + F_2) - S_2 \quad b_3 = pF_2 - A_2$$

$$c_2 = n(A_3 + F_3) - S_3 \quad c_3 = pF_3 - A_3$$

$$d_2 = S_4 - n(A_4 + F_4) \quad d_3 = A_4 - pF_4$$

Ta có hệ 3 phương trình bậc nhất 3 ẩn số.

$$\begin{cases} a_1 x_0 + b_1 y_0 + c_1 z_0 = d_1 \\ a_2 x_0 + b_2 y_0 + c_2 z_0 = d_2 \\ a_3 x_0 + b_3 y_0 + c_3 z_0 = d_3 \end{cases} \quad (27)$$

Giải hệ phương trình (27) ta có:

$$x_0 = \frac{d_1(b_2 c_3 - b_3 c_2) - d_2(b_1 c_3 - b_3 c_1) + d_3(b_1 c_2 - b_2 c_1)}{D}$$

$$y_0 = \frac{a_1(d_2 c_3 - d_3 c_2) - a_2(d_1 c_3 - d_3 c_1) + a_3(d_1 c_2 - d_2 c_1)}{D} \quad (\text{phần trọng lượng})$$

$$z_0 = \frac{a_1(b_2 d_3 - b_3 d_2) - a_2(b_1 d_3 - b_3 d_1) + a_3(b_1 d_2 - b_2 d_1)}{D}$$

Trong đó :

$$D = a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - a_2(b_1c_3 - b_3c_1) + a_3(b_1c_2 - b_2c_1)$$

Đổi  $x_0, y_0, z_0$ , ra phần trăm ta có:

$$\% \text{ cấu tử 1} = \frac{x_0 \times 100}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} (\%)$$

$$\% \text{ cấu tử 2} = \frac{y_0 \times 100}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} (\%)$$

$$\% \text{ cấu tử 3} = \frac{z_0 \times 100}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} (\%)$$

$$\% \text{ cấu tử 4} = \frac{1 \times 100}{x_0 + y_0 + z_0 + 1} (\%)$$

+ Kiểm tra lại các hệ số KH, n, p.

+ Tính thành phần khoáng và lượng pha lỏng clinker , tính tỉ phối liệu như bài hệ 2 cấu tử ở trên .

#### **2.8.3.4 Hệ hai, ba, cấu tử có lẫn tro.**

+ Quy đổi thành phần hóa học của nguyên liệu và tro nhiên liệu về 100%.

+Đổi thành phần hóa học của nguyên liệu chưa nung về đã nung ( trừ đi MKN).

+ Ấn định các hệ số cơ bản.

+ Xác định hàm lượng tro lẫn vào clinker theo công thức  $q = \frac{P.A.n}{100.100} (\%)$  (28)

+ Tính phối liệu hệ 2 cấu tử lẫn tro:

Cứ 100 phần clinker ( hay phối liệu đã nung ) thì có :

x phần trăm cấu tử 1 đã nung.

y phần trăm cấu tử 2 đã nung.

q phần trăm tro nhiên liệu lẫn vào.

Ta thiết lập được phương trình:

$$x + y + q = 100 \quad (29)$$

Có các biểu thức sau:

$$C = \frac{x C_1 + y C_2 + q C_3}{x + y + q} \quad (30)$$

$$S = \frac{x S_1 + y S_2 + q S_3}{x + y + q} \quad (31)$$

$$A = \frac{x A_1 + y A_2 + q A_3}{x + y + q} \quad (32)$$

$$F = \frac{x F_1 + y F_2 + q F_3}{x + y + q} \quad (33)$$

$$KH = \frac{C - (1,65A + 0,35F)}{2,8S} \quad (34)$$



Thay C, S, A, F ở phương trình (30, 31, 32, 33) vào (34) và giải ra ta có phương trình bậc nhất 2 ẩn số.

$$a_1x + b_1y = c_1 \quad (35)$$

Trong đó:

$$a_1 = (2,8KHS_1 + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1$$

$$b_1 = (2,8KHS_2 + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2$$

$$c_1 = [C_3 - (2,8KHS_3 + 1,65A_3 + 0,35F_3)] q$$

Từ phương trình (29), (35) có hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn số:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y = C_1 \\ x + y = 100 - q \end{cases} \quad (36)$$

Trong đó:  $a_2 = b_2 = 1$   
 $c_2 = 100 - q$

$$x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1} (\%) \quad (36a)$$

$$y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1} (\%) \quad (36b)$$

Giá trị(%) x, y là nguyên liệu đã nung, cần phải chuyển về dạng nguyên liệu chưa nung.

$$x_0 = \frac{x.100}{100 - (MKN)_x} \text{ (phần trọng lượng) } \quad (36.c)$$

$$y_0 = \frac{y.100}{100 - (MKN)_y} \text{ (phần trọng lượng) } \quad (36.d)$$

Trong đó:

$(MKN)_x$ ;  $(MKN)_y$  là lượng mất khi nung của cấu tử 1 và 2 .

Đổi  $x_0$ ,  $y_0$ , ra phần trăm

$$\%x_0 = \frac{x_0}{(x_0 + y_0)} \text{ (phần trọng lượng) } [\%]$$

$$\%y_0 = \frac{y_0}{(x_0 + y_0)} \text{ (phần trọng lượng) } [\%]$$

Kiểm tra các hệ số cơ bản KH, n, p.

Tính thành phần khoáng, hàm lượng pha lỏng của clinker và tít phối liệu như các hệ không tro ở trên.

### **Tính phối liệu hệ 3 cấu tử có lẫn tro**

Cứ 100 phần clinker (hay phối liệu đã nung) thì có:

x phần cấu tử thứ nhất đã nung.

y phần cấu tử thứ hai đã nung.

z phần cấu tử thứ ba đã nung.

q phân tro nhiên liệu lẫn vào.

Từ đó thiết lập được phương trình :

$$x + y + z + q = 100 \quad (37)$$

Có các biểu sau:

$$C = \frac{xC_1 + yC_2 + zC_3 + qC_4}{x + y + z + q} \quad (38)$$

$$A = \frac{xA_1 + yA_2 + zA_3 + qA_4}{x + y + z + q} \quad (39)$$

$$S = \frac{xS_1 + yS_2 + zS_3 + qS_4}{x + y + z + q} \quad (40)$$

$$F = \frac{xF_1 + yF_2 + zF_3 + qF_4}{x + y + z + q} \quad (41)$$

$$KH = \frac{C - (1,65A + 0,35F)}{2,8S} \quad (42)$$

$$n = \frac{S}{A + F} \quad (43)$$

hay

$$p = \frac{A}{F} \quad (44)$$

Thay trị số C, A, F, S, ở (38, 39, 40, 41) vào (42, 43) . Có hệ 2 phương trình bậc nhất 3 ẩn số.

$$\begin{cases} a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases} \quad (45)$$

Từ phương trình (37, 45) có hệ 3 phương trình bậc nhất 3 ẩn số .

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = 100 - q \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases} \quad (46)$$

Trong đó:  $a_1 = b_1 = c_1 = 1$

$$d_1 = 100 - q$$

$$a_2 = (2,8KHS_1 + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1$$

$$b_2 = (2,8KHS_2 + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2$$

$$c_2 = (2,8KHS_3 + 1,65A_3 + 0,35F_3) - C_3$$

$$d_2 = [ C_4 - (2,8KHS_4 + 1,65A_4 + 0,35F_4) ]q$$

$$a_3 = n (A_1 + F_1) - S_1$$

$$b_3 = n (A_2 + F_2) - S_2$$

$$c_3 = n (A_3 + F_3) - S_3$$

$$d_3 = q[S_4 - n(A_4 + F_4)]$$

Giải hệ phương trình (46) ta có:

$$x = \frac{d_1(b_2c_3 - b_3c_2) - d_2(b_1c_3 - b_3c_1) + d_3(b_1c_2 - b_2c_1)}{D}$$

$$y = \frac{a_1(d_2c_3 - d_3c_2) - a_2(d_1c_3 - d_3c_1) + a_3(d_1c_2 - d_2c_1)}{D} \quad [\%]$$

$$z = \frac{a_1(b_2d_3 - b_3d_2) - a_2(b_1d_3 - b_3d_1) + a_3(b_1d_2 - d_1b_2)}{D}$$

Trong đó:

$$D = a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - a_2(b_1c_3 - b_3c_1) + a_3(b_1c_2 - b_2c_1)$$

Chuyển x, y, z, về dạng nguyên liệu chưa nung như ở bài 2 cấu tử có lẫn tro ở trên.

Kiểm tra các hệ số cơ bản như các bài trên.

Tính thành phần khoáng, lượng pha lỏng của clinker và tít phối liệu như các bài trên.

### 2.8.3.5 Một số ví dụ

**Bài 1:**

#### TÍNH BÀI PHỐI LIỆU HỆ HAI CẤU TỬ KHÔNG LẤN TRO

Chọn thành phần khoáng

$$C_3S : (45 \div 60)\%$$

$$C_3A : (5 \div 15)\%$$

$$C_2S : (18 \div 30)\%$$

$$C_4AF : (10 \div 18)\%$$

Lập bảng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
56.000	23.000	7.000	12.400	98.400

Quy đổi về 100%

%C <sub>3</sub> S	%C <sub>2</sub> S	%C <sub>3</sub> A	%C <sub>4</sub> AF	TỔNG
56.911	23.374	7.114	12.602	100

Các hệ số cơ bản như sau

KH	n	P
0.85÷0.95	1.7÷3.5	1÷3

Tính các hệ số cơ bản theo công thức thực nghiệm của Bút như sau:

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 * C_2S}{C_3S + 1.3250 * C_2S} = 0.883$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.442$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.288$$

**BẢNG 1 Thành phần hoá của nguyên liệu chưa nung**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	7.84	1.66	1.05	49.09	0.92	40.03	100.59
Đất sét	60.00	16.00	14.00	0.13	0.80	7.17	98.10

Quy đổi về 100% về các hệ số chuyển đổi như sau:

$$\text{Đá vôi} \quad K_1 = 0.994$$

$$\text{Đất sét} \quad K_2 = 1.019$$

**BẢNG 2 Thành phần hoá của nguyên liệu chưa nung quy về 100%**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	7.79	1.65	1.04	48.80	0.92	39.80	100.00
Đất sét	61.16	16.31	14.27	0.13	0.82	7.31	100.00

Gọi X là phần trọng lượng của cấu tử 1 (ĐÁ VÔI)

Theo quan hệ cứ 1 phần cấu tử 2 (ĐẤT SÉT ) kết hợp với X phần cấu tử 1

Từ quan hệ trên ta xác định được:

$$X = \frac{CTu1}{CTu2} = \frac{(2.8 * S_2 * KH + 1.65 * A_2 + 0.35 * F_2) - C_2}{C_1 - (2.8 * S_1 * KH + 1.65 * A_1 + 0.35 * F_1)} = 6.920$$

% các cấu tử trong clinker

$$\% \text{ĐÁ VÔI} = (X * 100) / (X + 1) = 87.374\%$$

$$\% \text{ĐẤT SÉT} = (1 * 100) / (X + 1) = 12.626\%$$

$$\text{TỔNG} = 100.000\%$$

Kiểm tra sai số các hệ số đã chọn

Tính theo phần trăm (%) của các cấu tử trong clinker

**BẢNG 3 Thành phần hoá học của phối liệu**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	6.810	1.442	0.912	42.640	0.799	34.770	87.374
Đất sét	7.723	2.059	1.802	0.017	0.103	0.923	12.626
phối liệu	14.533	3.501	2.714	42.657	0.902	35.693	100.000
clinker	22.599	5.444	4.221	66.333	1.403	0.000	100.000

$$K_i = 100 / (100 - \text{MKN}) = 1.555$$

$$\text{Hệ số bảo hoà: } KH = \frac{C - (1.65A + 0.35F)}{2.8S} = 0.883$$

Hệ số KH xác định theo lý thuyết phù hợp với công thức thực nghiệm của Bút

Kiểm tra hệ số silicat, alumin

$$\text{Môđun alumin } p = \frac{A}{F} = 1.290$$

$$\text{Sai số } \Delta p = 0.186\%$$

$$\text{Môđun silicát } n = \frac{S}{(A+F)} = 2.338$$

$$\text{Sai số } \Delta n = 4.240\%$$

Các khoáng chính và hàm lượng pha lỏng trong clinker

$$C_3S = 3.8 \cdot (3 \cdot KH - 2) \cdot S = 55.733\%$$

$$\text{Sai số } \Delta C_3S = 2.070\%$$

$$C_2S = 8.6 \cdot (1 - KH) \cdot S = 22.739$$

$$\text{Sai số } \Delta C_2S = 2.717\%$$

$$C_3A = 2.65 \cdot (A - 0.64 \cdot F) = 7.269\%$$

$$\text{Sai số } \Delta C_3A = 2.183\%$$

$$C_4AF = 3.04 \cdot F = 12.830\%$$

$$\text{Sai số } \Delta C_4AF = 1.813\%$$

Tổng thành phần % của 4 khoáng chính trong clinker

$$\text{TỔNG} = \%C_3S + \%C_2S + \%C_3A + \%C_4AF = 98.571\%$$

$$\text{Các khoáng khác} = (100 - \text{TỔNG}) = 1.429\%$$

Hàm lượng pha lỏng

$$L = 1.12C_3A + 1.35C_4AF = 25.463$$

Tít phối liệu

$$T = 1.785 \cdot C_0 + 2.09 \cdot M_0 = 78.028$$

Giới hạn :  $T = 79 \pm 1$ ,  $L = (25 \div 30)\%$

## Bài 2

### BÀI TÍNH PHỐI LIỆU 3 CẤU TỬ KHÔNG LẤN TRO

Cũng tương tự như bài tính phối liệu 2 cấu tử không lẫn tro than mà ở đây chỉ thêm một cấu tử phụ ví dụ là đá ong để bổ sung thêm ôxít sắt.

#### BẢNG 1 Thành phần hoá của nguyên liệu chưa nung

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.79	0.85	0.54	53.40	0.45	42.40	98.43
Đất sét	63.34	15.44	5.56	5.33	0.07	10.11	99.85
Đá ong	13.20	5.10	70.45	1.50	0.65	3.20	94.10

Quy đổi về 100% với các hệ số chuyển đổi như sau:

$$\text{Đá vôi } K_1 = 1.016$$

$$\text{Đất sét } K_2 = 1.002$$

Đá ong  $K_3 = 1.063$

**BẢNG 2 Thành phần hoá của nguyên liệu chứa nung quy về 100%**

Ng.liệ u	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.80	0.86	0.55	54.25	0.46	43.08	100.00
Đất sét	63.44	15.46	5.57	5.34	0.07	10.13	100.00
Đá ong	14.03	5.42	74.87	1.59	0.69	3.40	100.00

Tương tự như bài tính phối liệu 2 cấu tử ta chọn các thành phần khoáng

KH	n	p
0.85 ÷ 0.95	1.7 ÷ 3.5	1 ÷ 3

Thành phần khoáng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
56.300	19.500	9.650	12.900	98.350

Quy đổi về 100%

%				TỔNG
C <sub>3</sub> S	%C <sub>2</sub> S	%C <sub>3</sub> A	%C <sub>4</sub> AF	
57.245	19.827	9.812	13.116	100.000

Tính các hệ số cơ bản theo công thức thực nghiệm của Bút như sau:

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 * C_2S}{C_3S + 1.3250 * C_2S} = 0.895$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.041$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.499$$

Thiết lập phương trình tính toán phối liệu

X phần trọng lượng cấu tử 1 (đá vôi)

Y phần trọng lượng cấu tử 2 (đất sét)

Z phần trọng lượng cấu tử 3 (đá ong).

Theo quan hệ: cứ 1 phần cấu tử 3 có x và y phần cấu tử 1 và 2

**Bảng ký hiệu các ôxit**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Đá vôi	S <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Đất sét	S <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
Đá ong	S <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>
Clinker	S <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
Phối liệu	S	A	F	C	M

T a có các biểu thức tính sau

$$C_0 = (x.C_1 + y.C_2 + C_3) / (x + y + 1) \quad (a)$$

$$S_0 = (x.S_1 + y.S_2 + S_3) / (x + y + 1) \quad (b)$$

$$A_0 = (x.A_1 + y.A_2 + A_3) / (x + y + 1) \quad (c)$$

$$F_0 = (x.F_1 + y.F_2 + F_3) / (x + y + 1) \quad (d)$$

$$KH = C_0 - ((1,65.A_0 + 0,35F_0)) / (2,8.S_0) \quad (e)$$

$$p = A_0 / F_0 \quad (f)$$

Thay các giá trị ở phương trình (a,b,c,d) vào phương trình (e) và (f) ta có hệ :  
 $x [(2,8.S_1.KH + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1] + y [(2,8.S_2.KH + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2] =$   
 $= C_3 - (2,8.S_3.KH + 1,65A_3 + 0,35F_3)$

$$x(p.F_1 - A_1) + y(p.F_2 - A_2) = A_3 - p.F_3$$

$$\text{Đặt :} \quad a_1 = (2,8.S_1.KH + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1 = -50.623$$

$$b_1 = (2,8.S_2.KH + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2 = 181.142$$

$$c_1 = C_3 - (2,8.S_3.KH + 1,65A_3 + 0,35F_3) = 68.715$$

$$a_2 = pF_1 - A_1 = -0.041$$

$$b_2 = p.F_2 - A_2 = -7.118$$

$$c_2 = A_3 - p.F_3 = -106.780$$

thay các hệ số trên vào phương trình (g) và (h) ta có hệ phương trình bậc nhất 2 ẩn:

$$a_1.X + b_1.Y = c_1$$

$$a_2.X + b_2.Y = c_2$$

Dùng định thức Cramer giải hệ:

$$\Delta = \begin{vmatrix} -50.623 & 181.142 \\ -0.041 & -7.118 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = 367.849$$

$$\Delta x = \begin{vmatrix} 68.715 & 181.142 \\ -106.780 & -7.118 \end{vmatrix}$$

$$\Delta x = 18853.080$$

$$\Delta y = \begin{vmatrix} -50.623 & 68.715 \\ -0.041 & -106.780 \end{vmatrix}$$

$$\Delta y = 5408.349$$

$$x = \Delta x / \Delta = 51.252 \text{ PTL}$$

$$y = \Delta y / \Delta = 14.703 \text{ PTL}$$

$$z = 1.000 \text{ PTL}$$

Đổi x, y, z ra % các chất: đất sét, đá vôi, đá ong trong phối liệu:

$$\% \text{Đá vôi} = x.100 / (x+y+z) = 76.547\%$$

$$\% \text{Đất sét} = y.100 / (x+y+z) = 21.959\%$$

$$\% \text{Đá ong} = z.100 / (x+y+z) = 1.494\%$$

$$\text{Tổng} = 100.000\%$$

### BẢNG 3 BẢNG THÀNH PHẦN HOÁ CỦA PHỐI LIỆU VÀ CLINKER

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.61	0.66	0.42	41.53	0.35	32.97	76.55
Đất sét	13.93	3.40	1.22	1.17	0.02	2.22	21.96
Đ ong	0.21	0.08	1.12	0.02	0.01	0.05	1.49
phối liệu	14.75	4.14	2.76	42.72	0.38	35.25	100.00
Clinker	22.79	6.39	4.26	65.98	0.58		100.00

**Tính kiểm tra các hệ số :**

$$KH = (C_0 - 1.65.A_0 - 0.35.F_0) / 2.8.S_0 = 0.886$$

$$\Delta KH = 1.071\% \quad (\text{Thoả mãn})$$

$$n = S_0 / (A_0 + F_0) = 2.139$$

$$\Delta n = 4.771\% \quad (\text{Thoả mãn})$$

$$p = A_0 / F_0 = 1.499$$

$$\Delta p = 0.000\% \quad (\text{Thoả mãn})$$

**Tính kiểm tra các khoáng**

$$\% C_3S = 3.8(3.KH - 2).S_0 = 59.376\%$$

$$\Delta C_3S = 3.724\% \quad (\text{thoả mãn})$$

$$\% C_2S = 8.6(1 - KH).S_0 = 20.525\%$$

$$\Delta C_2S = 3.518\% \quad (\text{thoả mãn})$$



$$\%C_3A = 2.65(A_0 - 0.64.F_0) = 9.702\%$$

$$\Delta C_3A = 1.122\% \quad (\text{thoả mãn})$$

$$\%C_4AF = 3.04.F_0 = 12.962\%$$

$$\Delta C_4AF = 1.178\% \quad (\text{thoả mãn})$$

Sai số giữa thành phần khoáng chọn và tính < 5% chấp nhận được

### Tính lượng pha lỏng

$$L = 1.12.C_3A + 1.35.C_4AF = 28.365 \quad (\text{Thoả mãn})$$

$$\text{Tính Tít phối liệu: } T = 1.785.C + 2.09.M = 77.047$$

Các giá trị trên phù hợp do  $L = 25 \div 30$  và  $T = 79 \pm 1$

### Bài 3

#### BÀI TÍNH PHỐI LIỆU 4 CẤU TỬ KHÔNG TRO

Tương tự như tính bài phối liệu 2, 3 cấu tử chỉ khác là ở đây ta sử dụng cả 3 hệ số cơ bản KH, n, p do đó số lượng phương trình tăng lên và giải hệ phức tạp hơn.

**BẢNG 1 Bảng thành phần hoá nguyên liệu chưa nung**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.44	0.22	0.02	54.51	1.30	43.48	99.97
Đất sét	62.33	18.13	5.80	0.85	1.02	9.02	97.15
Xỉ quặng	15.03	2.79	75.90	0.00	0.00	5.04	98.76
Cát vàng	95.08	1.30	1.00	0.52	0.02	0.00	97.92

Quy đổi về 100% đối với các hệ số chuyển đổi như sau:

$$\text{Đá vôi} \quad K_1 = 1.000$$

$$\text{Đất sét} \quad K_2 = 1.029$$

$$\text{Xỉ quặng} \quad K_3 = 1.013$$

$$\text{Cát vàng} \quad K_4 = 1.021$$

**BẢNG 2 Bảng thành phần hoá nguyên liệu chưa nung quy về 100%**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.44	0.22	0.02	54.53	1.30	43.49	100
Đất sét	64.16	18.66	5.97	0.87	1.05	9.28	100
Xỉ quặng	15.22	2.83	76.85	0.00	0.00	5.10	100
Cát vàng	97.10	1.33	1.02	0.53	0.02	0.00	100

Chọn thành phần khoáng và hệ số KH, n, p

KH	n	P
0.85 ÷ 0.95	1.7 ÷ 3.5	1 ÷ 3

Thành phần khoáng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
55.0	19.0	11.0	9.5	94.5

Quy đổi về 100%

%C <sub>3</sub> S	%C <sub>2</sub> S	%C <sub>3</sub> A	%C <sub>4</sub> AF	TỔNG
58.20	20.11	11.64	10.05	100.00

Tính các hệ số cơ bản theo công thức thực nghiệm của Bút như sau:

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 * C_2S}{C_3S + 1.3250 * C_2S} = 0.895$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.277$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.970$$

Thiết lập phương trình tính toán phối liệu

x phần trọng lượng cấu tử 1 (đá vôi)

y phần trọng lượng cấu tử 2 (đất sét)

z phần trọng lượng cấu tử 3 (xỉ quặng).

Cứ 1 phần cấu tử 4 kết hợp với x phần cấu tử 1, y phần cấu tử 3 và z phần cấu tử 3

#### Bảng ký hiệu các ôxit

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Đá vôi	S <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Đất sét	S <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
Xỉ quặng	S <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>
Cát vàng	S <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	M <sub>4</sub>
Clinker	S <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
Phối liệu	S	A	F	C	M

T a có các biểu thức tính sau:

$$C_0 = (x.C_1 + y.C_2 + z.C_3 + C_4) / (x + y + z + 1) \quad (a)$$

$$S_0 = (x.S_1 + y.S_2 + z.S_3 + S_4) / (x + y + z + 1) \quad (b)$$

$$A_0 = (x.A_1 + y.A_2 + z.A_3 + A_4) / (x + y + z + 1) \quad (c)$$

$$F_0 = (x.F_1 + y.F_2 + z.F_3 + F_4) / (x + y + z + 1) \quad (d)$$

$$KH = C_0 - ((1,65.A_0 + 0,35F_0) / (2,8.S_0)) \quad (e)$$

$$p = A_0 / F_0 \quad (f)$$

$$n = S_0 / A_0 + F_0$$

Thay các giá trị ở phương trình (a,b,c,d) vào phương trình (e) và (f) ta có hệ:

$$x [(2,8.S_1.KH+1,65A_1+0,35F_1) - C_1] + y [(2,8.S_2.KH+1,65A_2+0,35F_2) - C_2] + z[(2,8.S_3.KH+1,65A_3+0,35F_3) - C_3] = C_4 - (2.8KHS_4+1.65A_4+0.35F_4)$$

Và

$$x[n(A_1+F_1)-S_1] + y[n(A_2+F_2) - S_2] + z[n(A_3+F_3)-S_3] = S_4 - n(A_4 + F_4)$$

$$x(pF_1 - A_1) + y(pF_2 - A_2) + z(pF_3 - A_3) = A_4 - pF_4$$

Đặt:

$$a_1 = (2,8.S_1.KH+1,65A_1+0,35F_1) - C_1 = -53.053$$

$$b_1 = (2,8.S_2.KH+1,65A_2+0,35F_2) - C_2 = 192.868$$

$$c_1 = (2,8.S_3.KH+1,65A_3+0,35F_3) - C_3 = 69.717$$

$$d_1 = (C_4 - (2.8KHS_4+1.65A_4+0.35F_4)) = 130.637$$

$$a_2 = n(A_1+F_1) - S_1 = 0.106$$

$$b_2 = n(A_2+F_2) - S_2 = -8.080$$

$$c_2 = n(A_3+F_3) - S_3 = 166.182$$

$$d_2 = S_4 - n(A_4 + F_4) = 91.752$$

$$a_3 = (pF_1 - A_1) = -0.181$$

$$b_3 = (pF_2 - A_2) = -6.901$$

$$c_3 = (pF_3 - A_3) = 148.575$$

$$d_3 = A_4 - pF_4 = -0.684$$

Từ đó ta có hệ phương trình 3 ẩn:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} -53.053.x + 192.868 y + 69.717 z = 130.637 \\ 0.106 x + -8.080 .y + 166.182 z = 91.752 \\ -0.181. x + -6.901 y + 148.575 z = -0.684 \end{cases}$$

Dùng định thức crame giải hệ

$$D_x = \begin{vmatrix} 130.637 & 192.868 & 69.717 \\ 91.752 & -8.080 & 166.182 \\ -0.684 & -6.901 & 148.575 \end{vmatrix} = -2702649.052$$

$$D_y = \begin{vmatrix} -53.053 & 130.637 & 69.717 \\ 0.106 & 91.752 & 166.182 \\ -0.181 & -0.684 & 148.575 \end{vmatrix} = -734087.736$$

$$D_z = \begin{vmatrix} -53.053 & 192.868 & 130.637 \\ 0.106 & -8.080 & 166.182 \\ -0.181 & -6.901 & 148.575 \end{vmatrix} = -734087.736$$

$$\begin{aligned}
 Dz &= \begin{matrix} 0.106 & -8.080 & 91.752 \\ -0.181 & -6.901 & -0.684 \end{matrix} \\
 &Dz = -37353.266 \\
 &\begin{matrix} -53.053 & 192.868 & 69.717 \end{matrix} \\
 D &= \begin{matrix} 0.106 & -8.080 & 166.182 \\ -0.181 & -6.901 & 148.575 \end{matrix} \\
 &D = -6146.919 \\
 x &= Dx/D = 439.675 \text{ PTL} \\
 y &= Dy/D = 119.424 \text{ PTL} \\
 z &= Dz/D = 6.077 \text{ PTL}
 \end{aligned}$$

Đổi x, y, z, t ra phần trăm đá vôi, đất sét, xỉ quặng, Cát vàng trong phối liệu:

$$\begin{aligned}
 \% \text{Đá vôi} \quad x &= x.100/x+y+z+1 = 77.657 \\
 \% \text{Đất sét} \quad y &= y.100/x+y+z+1 = 21.093 \\
 \% \text{Xỉ quặng} \quad z &= z.100/x+y+z+1 = 1.073 \\
 \% \text{Cát vàng} \quad t &= 100/x+y+z+1 = 0.177 \\
 \text{TỔNG} &= 100.000
 \end{aligned}$$

**BẢNG 3 Bảng thành phần hoá của phối liệu và clinker**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.34	0.17	0.02	42.34	1.01	33.78	77.66
Đất sét	13.53	3.94	1.26	0.18	0.22	1.96	21.09
Xỉ quặng	0.16	0.03	0.82	0.00	0.00	0.05	1.07
Cát vàng	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
Phối liệu	14.21	4.14	2.10	42.53	1.23	35.79	100
Clinker	22.13	6.45	3.27	66.23	1.92		100

**Tính kiểm tra các hệ số :**

$$\begin{aligned}
 KH_t &= (C_0 - 1.65.A_0 - 0.35.F_0) / 2.8.S_0 = 0.879 \\
 \text{Sai số} \quad \Delta KH &= 1.865\% \\
 n_t &= S_0 / (A_0 + F_0) = 2.277 \\
 \text{Sai số} \quad \Delta n &= 0.000\% \\
 p_t &= A_0 / F_0 = 1.970 \\
 \text{Sai số} \quad \Delta p &= 0.000\%
 \end{aligned}$$

Tính kiểm tra các thành phần khoáng

$$\begin{aligned}
 \%C_3S &= 3.8(3.KH-2).S_0 = 57.715 \\
 \text{Sai số} \Delta C_3S &= 0.835\% \\
 \%C_2S &= 8.6(1-KH).S_0 = 19.898 \\
 \text{Sai số} \Delta C_2S &= 1.031\%
 \end{aligned}$$

$$\%C_3A = 2.65(A_0 - 0.64.F_0) = 11.535$$

$$\text{Sai số } \Delta C_3A = 0.906\%$$

$$\%C_4AF = 3.04.F_0 = 9.949$$

$$\text{Sai số } \Delta C_4AF = 1.032\%$$

Sai số giữa thành phần khoáng chọn và tính < 5% chấp nhận được

#### Tính lượng pha lỏng

$$L = 1.12.C_3A + 1.35.C_4AF = 26.350 \text{ Thoả mãn}$$

$$\text{Tính Tít phối liệu: } T = 1.785.C + 2.09.M = 78.488 \text{ Thoả mãn}$$

#### Bài 4

### BÀI TÍNH PHỐI LIỆU 2 CẤU TỬ CÓ LẤN TRO

**BẢNG 1 Thành phần hoá của nguyên nhiên liệu**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	2.22	0.40	1.29	53.28	1.10	41.83	100.12
Đất sét	56.00	18.09	6.87	1.74	2.27	6.46	91.43
Tro than	38.50	25.40	19.00	5.58	1.45	0.00	89.93

Quy đổi về 100% với các hệ số chuyển đổi như sau

$$K_1 = 0.999$$

$$K_2 = 1.094$$

$$K_3 = 1.112$$

**BẢNG 2 Thành phần hoá học của nguyên nhiên liệu quy về 100%**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	2.22	0.40	1.29	53.2	1.10	41.78	100.00
Đất sét	61.25	19.79	7.51	1.90	2.48	7.07	100.00
Tro than	42.81	28.24	21.13	6.20	1.61	0.00	100.00

Chọn thành phần khoáng

$$C_3S : (45 \div 60)\%$$

$$C_3A : (5 \div 15)\%$$

$$C_2S : (18 \div 30)\%$$

$$C_4AF : (10 \div 18)\%$$

Lập bảng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
48.00	20.00	10.20	11.00	89.20

Quy đổi về 100%

%C <sub>3</sub> S	%C <sub>2</sub> S	%C <sub>3</sub> A	%C <sub>4</sub> AF	TỔNG
53.81	22.42	11.43	12.33	100.00

Các hệ số cơ bản như sau

KH	n	p
0.85÷0.95	1.7÷3.5	1÷3

Tính các hệ số cơ bản theo công thức thực nghiệm của Bút như sau:

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 * C_2S}{C_3S + 1.3250 * C_2S} = 0.882$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.006$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.705$$

Đối với bài này ta chỉ sử dụng một hệ số cơ bản là KH

Chuyển thành phần hoá học ban đầu của nguyên nhiên liệu chưa nung sang thành phần hoá học đã nung bằng cách trừ đi phần mất khi nung. Ta có bảng sau

**BẢNG 3 Thành phần hoá học của nguyên nhiên liệu đã nung**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TỔNG
Đá vôi	3.81	0.69	2.21	91.41	1.89	100.00
Đất sét	65.91	21.29	8.09	2.05	2.67	100.00
tro than	42.81	28.24	21.13	6.20	1.61	100.00

Gọi: x là phần trăm cấu tử thứ 1(Đá vôi) trong clinker

y là phần trăm cấu tử thứ 2(Đất sét) trong clinker

t là phần trăm tro than trong clinker ta có

$$x + y + t = 100\% \quad (a)$$

**TÍNH t:**

Lượng tro nhiên liệu lẫn vào clinker cement được xác định theo công thức:

$$t = \frac{P.A.n}{100.100} (\%)$$

Trong đó: P là lượng nhiên liệu tiêu tốn riêng (kg nhiên liệu /kg clinker)

A là hàm lượng tro có trong nhiên liệu (%)

n là lượng tro lẫn vào clinker cement so với tổng hàm lượng tro có trong nhiên liệu, phụ thuộc vào loại lò và phương pháp sản xuất.

**Thành phần của than như sau**

C <sup>d</sup>	H <sup>d</sup>	O <sup>d</sup>	N <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	W <sup>d</sup>	A <sup>d</sup>	TỔNG
79.000	2.940	1.250	1.420	0.800	3.170	11.42 0	100.00 0

$$P = \frac{q}{Q_t}$$

Với : q là lượng nhiệt tiêu tốn riêng (kcal/kg clinker)

Q<sub>t</sub> là nhiệt trị thấp của nhiên liệu (kcal/kg clinker)

Ta chọn q = 730 kcal/kg clinker

áp dụng công thức tính nhiệt trị thấp của Nhiên liệu ta có

$$Q_t = 81.C^d + 246.H^d - 26(O^d - S^d) - 6.W^d = 7091.520 \text{ (kcal/kg clinker)}$$

$$p = 0.103 \text{ (kg nh.liệu/kg clinker)}$$

Vậy: 
$$t = \frac{P.A.n * 100}{100.100} = 0.940(\%)$$

**Bảng ký hiệu các ôxit**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Đá vôi	S <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Đất sét	S <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
tro than	S <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>
phối liệu	S <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
Clinker	S	A	F	C	M

Các công thức tính thành phần khoáng như sau

$$C_0 = (x.C_1 + y.C_2 + t.C_3) / (x + y + t)$$

$$S_0 = (x.S_1 + y.S_2 + t.S_3) / (x + y + t)$$

$$A_0 = (x.A_1 + y.A_2 + t.A_3) / (x + y + t)$$

$$F_0 = (x.F_1 + y.F_2 + t.F_3) / (x + y + t)$$

$$KH = \frac{C_3 S + 0.8838 * C_2 S}{C_3 S + 1.3250 * C_2 S} = 0.882$$

Từ đó ta có phương trình bậc nhất 2 ẩn:

$$a_1 x + b_1 y = c_1 \quad (b)$$

Trong đó:  $a_1 = (2.8 * KH * S_1 + 1.65 * A_1 + 0.35 * F_1) - C_1 = -80.097$

$$b_1 = (2.8 * KH * S_2 + 1.65 * A_2 + 0.35 * F_2) - C_2 = 198.589$$

$$c_1 = [C_3 - (2.8 * KH * S_3 + 1.65 * A_3 + 0.35 * F_3)] * t = -144.328$$

Kết hợp phương trình (a) và (b) ta có:

$$\begin{cases} -80.097 x + 198.589 y = -144.328 \end{cases}$$

$$1.000 \ x + 1.000 \ y = 99.060$$

$$Dx = \begin{vmatrix} 198.589 & -144.328 \\ 1.000 & 99.060 \end{vmatrix}$$

$$Dx = 19816.472$$

$$Dy = \begin{vmatrix} -144.328 & -80.097 \\ 99.060 & 1.000 \end{vmatrix}$$

$$Dy = 7790.078$$

$$D = \begin{vmatrix} 198.589 & -80.097 \\ 1.000 & 1.000 \end{vmatrix}$$

$$D = 278.686$$

Vậy

$$x = 71.107$$

$$y = 27.953$$

Như vậy thành phần clinker gồm:

Đá vôi đã nung: 71.107%

Đất sét đã nung: 27.953%

Tro lẫn vào : 0.940%

TỔNG = 100.000%

Từ thành phần hoá của nguyên nhiên liệu đã nung ta chuyển sang thành phần của nguyên nhiên liệu chưa nung ta có:

$$x_0 = x \cdot 100 / (100 - \text{MKN}_1) = 122.134 (\text{phần trọng lượng})$$

$$y_0 = y \cdot 100 / (100 - \text{MKN}_2) = 30.078 (\text{phần trọng lượng})$$

Đổi sang thành phần phần trăm ta được:

$$\%x_0 = x_0 \cdot 100 / (x_0 + y_0) = 80.239 (\%)$$

$$\%y_0 = y_0 \cdot 100 / (x_0 + y_0) = 19.761 (\%)$$

TỔNG = 100.000 (%)

**BẢNG 4** Bảng thành phần hoá trước khi nung

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	1.779	0.321	1.034	42.70	0.882	33.524	80.239
Đ sét	12.10	3.910	1.485	0.376	0.491	1.396	19.761
phối liệu	13.88	4.230	2.519	43.07	1.372	34.920	100.00



**BẢNG 5****Thành phần hoá clinker**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TỔNG
Đá vôi	2.708	0.488	1.574	64.995	1.342	71.107
Đ sét	18.422	5.951	2.260	0.572	0.747	27.953
tro than	0.403	0.266	0.199	0.058	0.015	0.940
Clinker	21.533	6.705	4.032	65.626	2.104	100.00

Tính kiểm tra lại các hệ số cơ bản:

$$KH = (C - (1.65 \cdot A + 0.35 \cdot F)) / (2.8 \cdot S) = 0.882$$

$$\text{sai số } \Delta KH = 0.000\%$$

$$n = S / A + F = 2.006$$

$$\text{sai số } \Delta n = 0.026\%$$

$$p = A / F = 1.663$$

$$\text{sai số } \Delta p = 2.466\%$$

Kiểm tra hàm lượng các khoáng

$$\%C_3S = 3.8 \cdot (3 \cdot KH - 2) \cdot S = 52.751$$

$$\text{sai số } \Delta C_3S = 1.971\%$$

$$\%C_2S = 8.6 \cdot (1 - KH) \cdot S = 21.934$$

$$\text{sai số } \Delta C_2S = 2.175\%$$

$$\%C_3A = 2.65 \cdot (A - 0.64 \cdot F) = 10.929$$

$$\text{sai số } \Delta C_3A = 4.429\%$$

$$\%C_4AF = 3.04 \cdot F = 12.258$$

$$\text{sai số } \Delta C_4AF = 0.595\%$$

Vậy tổng hàm lượng các khoáng trong clinker là:

$$TỔNG = \%C_3S + \%C_2S + \%C_3A + \%C_4AF = 97.872\%$$

$$\text{Hàm lượng các khoáng khác là: } 100 - 97.872 = 2.128\%$$

Kiểm tra hàm lượng pha lỏng và tít phối liệu

$$L = 1.12C_3A + 1.35C_4AF = 28.789\%$$

$$\text{Giới hạn } L = (25 \div 30) \%$$

$$T = 1.785CaO + 2.09MgO = 79.759$$

$$T = 79 \pm 1$$

**Bài 5**

**BÀI TÍNH PHỐI LIỆU 3 CẤU TỬ CÓ LẤN TRO**

**BẢNG 1 Thành phần hoá của nguyên nhiên liệu**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	6.00	0.56	0.60	49.50	1.02	39.60	97.28
Đá sét	54.00	17.00	11.00	1.50	0.30	6.70	90.50
Đá ong	25.00	11.20	44.50	1.50	1.50	10.50	94.20
tro than	60.00	18.00	15.00	0.00	0.00	0.00	93.00

Quy đổi về 100% với các hệ số chuyển đổi như sau

$$K_1 = 1.03 \quad K_3 = 1.08$$

$$K_2 = 1.10 \quad K_4 = 1.08$$

**BẢNG 2 Thành phần hoá học của nguyên nhiên liệu quy về 100%**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	6.17	0.58	0.62	50.88	1.05	40.71	100.00
Đá sét	59.67	18.78	12.15	1.66	0.33	7.40	100.00
Đá ong	26.54	11.89	47.24	1.59	1.59	11.15	100.00
Tro than	64.52	19.35	16.13	0.00	0.00	0.00	100.00

Chọn thành phần khoáng

$$C_3S : (45 \div 60)\%$$

$$C_3A : (5 \div 15)\%$$

$$C_2S : (20 \div 30)\%$$

$$C_4AF : 10 \div 18\%$$

Lập bảng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
54.00	23.00	7.00	12.40	96.40

Quy đổi về 100%

%C <sub>3</sub> S	%C <sub>2</sub> S	%C <sub>3</sub> A	%C <sub>4</sub> AF	TỔNG
56.02	23.86	7.26	12.86	100.00

Các hệ số cơ bản như sau

KH	n	P
0.85 0.95	1.7 ÷ 3.5	1 ÷ 3

Tính các hệ số cơ bản theo công thức thực nghiệm của Bút như sau:

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 * C_2S}{C_3S + 1.3250 * C_2S} = 0.88$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.39$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.29$$

Đối với bài này ta sử dụng hai hệ số cơ bản là KH, p  
Chuyển thành phần hoá học ban đầu của nguyên nhiên liệu chưa nung sang thành phần hoá học đã nung bằng cách trừ đi phần mất khi nung. Ta có bảng sau:

**BẢNG 3 Thành phần hoá học của nguyên nhiên liệu đã nung**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TỔNG
Đá vôi	10.40	0.97	1.04	85.82	1.77	100.00
Đất sét	64.44	20.29	13.13	1.79	0.36	100.00
Đá ong	29.87	13.38	53.17	1.79	1.79	100.00
Tro than	64.52	19.35	16.13	0.00	0.00	100.00

Cứ 100 phần clinker (phối liệu đã nung ) thì ta có:

x phần cấu tử 1 đã nung

y phần cấu tử 2 đã nung

z phần cấu tử 3 đã nung và t phần tro nhiên liệu lẫn vào ta có phương trình:

$$x + y + z + t = 100$$

Lượng tro nhiên liệu lẫn vào clinker cement được xác định theo công thức:

$$t = \frac{P.A.n}{100.100} (\%)$$

Trong đó:

P là lượng nhiên liệu tiêu tốn riêng (kg nhiên liệu /kg clinker)

A là hàm lượng tro có trong nhiên liệu (%)

n là lượng tro lẫn vào clinker cement so với tổng hàm lượng tro có trong nhiên liệu, phụ thuộc vào loại lò và phương pháp sản xuất

Thành phần su dung của than như sau

C <sup>d</sup>	H <sup>d</sup>	O <sup>d</sup>	N <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	W <sup>d</sup>	A <sup>d</sup>	TỔNG
79.00	2.94	1.25	1.42	0.80	3.17	11.42	100.00

$$P = \frac{q}{Q_t}$$

Với : q là lượng nhiệt tiêu tốn riêng (kcal/kg clinker)

Qt là nhiệt trị thấp của nhiên liệu (kcal/kg clinker)

Ta chọn q = 1350 kcal/kg clinker

áp dụng công thức tính nhiệt trị thấp của Nhiên liệu ta có

$$Qt = 81.C^d + 246.H^d - 26(O^d - S^d) - 6.W^d = 7091.65(\text{kcal/kg clinker})$$

$$\Rightarrow p = 0.19(\text{kg nh.liệu/kg clinker})$$

$$\text{Vậy} \quad t = \frac{P.A.n.100}{100.100} = 2.17(\%)$$

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Đá vôi	S <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Đ sét	S <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
Đ ong	S <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	M <sub>3</sub>
Tro than	S <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	M <sub>4</sub>
Clinker	S <sub>0</sub>	A <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>
Phổiliệu	S	A	F	C	M

Các công thức tính thành phần khoáng như sau

$$C_0 = (x.C_1 + y.C_2 + z.C_3 + t.C_4) / (x + y + z + t)$$

$$S_0 = (x.S_1 + y.S_2 + z.S_3 + t.S_4) / (x + y + z + t)$$

$$A_0 = (x.A_1 + y.A_2 + z.A_3 + t.A_4) / (x + y + z + t)$$

$$F_0 = (x.F_1 + y.F_2 + z.F_3 + t.F_4) / (x + y + z + t)$$

$$KH = C_0 - ((1,65.A_0 + 0,35F_0) / (2,8.S_0))$$

$$p = A_0 / F_0$$

$$n = S_0 / A_0 + F_0$$

Ta có hệ phương trình 3 ẩn

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \\ a_1 = b_1 = c_1 = 1.00 \\ d_1 = 100 - t = 97.83 \end{cases}$$

Trong đó

$$a_2 = (2,8.S_1.KH + 1,65A_1 + 0,35F_1) - C_1 = -58.22$$

$$b_2 = (2,8.S_2.KH + 1,65A_2 + 0,35F_2) - C_2 = 195.03$$

$$c_2 = (2,8.S_3.KH + 1,65A_3 + 0,35F_3) - C_3 = 112.48$$

$$d_2 = (C_4 - (2,8.KHS_4 + 1,65A_4 + 0,35F_4)) * t = -427.24$$

$$a_3 = (pF_1 - A_1) = 0.37$$

$$b_3 = (pF_2 - A_2) = -3.39$$

$$c_3 = (pF_3 - A_3) = 55.07$$

$$d_3 = (A_4 - pF_4) * t = -3.07$$

từ đó ta có hệ phương trình

$$\begin{cases} 1.00x + 1.00y + 1.00z = 97.83 \\ -58.22x + 195.03y + 112.48z = -427.24 \\ 0.37x + -3.39y + 55.07z = -3.07 \end{cases}$$

áp dụng định thức cramer

$$\Delta x = \begin{vmatrix} 97.83 & 1.00 & 1.00 \\ -427.24 & 195.03 & 112.48 \\ -3.07 & -3.39 & 55.07 \end{vmatrix}$$

$$\Delta x = 1113227.92$$

$$\Delta y = \begin{vmatrix} 1.00 & 97.83 & 1.00 \\ -58.22 & -427.24 & 112.48 \\ 0.37 & -3.07 & 55.07 \end{vmatrix}$$

$$\Delta y = 294896.46$$

$$\Delta z = \begin{vmatrix} 1.00 & 1.00 & 97.83 \\ -58.22 & 195.03 & -427.24 \\ 0.37 & -3.39 & -3.07 \end{vmatrix}$$

$$\Delta z = 9871.56$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1.00 & 1.00 & 1.00 \\ -58.22 & 195.03 & 112.48 \\ 0.37 & -3.39 & 55.07 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = 14495.08$$

Giải hệ phương trình ta được:

$$x = \Delta x / \Delta = 76.80\%$$

$$y = \Delta y / \Delta = 20.34\%$$

$$z = \Delta z / \Delta = 0.68\%$$

Như vậy thành phần clinker gồm:

Đá vôi đã nung:	76.80%
Đất sét đã nung:	20.34%
Đá ong đã nung:	0.68%
Tro lẫn vào:	2.17 %
<b>TỔNG</b>	<b>= 100.00%</b>

Từ thành phần hoá của nguyên nhiên liệu đã nung ta chuyển sang thành phần của nguyên nhiên liệu chưa nung ta có:

$$x_0 = x * 100 / (100 - MKN_1) = 129.527 \text{ (phần trọng lượng)}$$

$$y_0 = y * 100 / (100 - MKN_2) = 21.971 \text{ (phần trọng lượng)}$$

$$z_0 = z * 100 / (100 - MKN_3) = 0.77 \text{ (phần trọng lượng)}$$

Đổi sang thành phần phần trăm ta được:

$$\%x_0 = x_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0) = 85.067 \text{ (%)}$$

$$\%y_0 = y_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0) = 14.430 \text{ (%)}$$

$$\%z_0 = z_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0) = 0.50 \text{ (%)}$$

$$\text{TỔNG} = 100.00 \text{ (%)}$$

**BẢNG 4 Bảng thành phần hoá trước khi nung**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MKN	TỔNG
Đá vôi	5.247	0.490	0.525	43.286	0.892	34.628	85.067
Đất sét	8.610	2.711	1.754	0.239	0.048	1.068	14.430
Đá ong	0.134	0.060	0.238	0.008	0.008	0.056	0.503
phối liệu	13.99	3.26	2.52	43.53	0.95	35.75	100.00

**BẢNG 5 Thành phần hoá clinker**

Ng.liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TỔNG
Đá vôi	7.989	0.746	0.799	65.909	1.358	76.800
Đất sét	13.110	4.127	2.671	0.364	0.073	20.345
Đá ong	0.203	0.091	0.362	0.012	0.012	0.68
tro than	1.40	0.42	0.35	0.00	0.00	2.174
Clinker	22.705	5.385	4.182	66.285	1.443	100.000

Tính kiểm tra lại các hệ số cơ bản:

$$KH = (C - (1.65 * A + 0.35 * F)) / (2.8 * S) = 0.880$$

$$\text{sai số } \Delta KH = 0.000\%$$

$$n = S / A + F = 2.373$$

$$\text{sai số } \Delta n = 0.005\%$$

$$p = A/F = 1.288$$

$$\text{sai số } \Delta p = 0.000\%$$

Kiểm tra hàm lượng các khoáng

$$\%C_3S = 3.8 \cdot (3 \cdot KH - 2) \cdot S = 55.186$$

$$\Delta C_3S = 0.015\%$$

$$\%C_2S = 8.6 \cdot (1 - KH) \cdot S = 23.456$$

$$\Delta C_2S = 0.017\%$$

$$\%C_3A = 2.65 \cdot (A - 0.64 \cdot F) = 7.177$$

$$\Delta C_3S = 0.012\%$$

$$\%C_4AF = 3.04 \cdot F = 12.714$$

$$\Delta C_3S = 0.012\%$$

Vậy tổng hàm lượng các khoáng trong clinker là:

$$\text{TỔNG} = \%C_3S + \%C_2S + \%C_3A + \%C_4AF = 98.532\%$$

Hàm lượng các khoáng khác là:  $100 - 98.532 = 1.468\%$

Kiểm tra hàm lượng pha lỏng và tít phối liệu

$$L = 1.12C_3A + 1.35C_4AF = 25.201\%$$

$$\text{Giới hạn: } L = (25 \div 30)\%$$

$$T = 1.785CaO + 2.09MgO = 79.687$$

$$T = 79 \pm 1$$

## Bài 6

### TÍNH BÀI PHỐI LIỆU 4 CẤU TỬ CÓ LẤN TRO

Lựa chọn thành phần khoáng

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
54	20	8.6	11.5	94.1

Quy đổi về 100%

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
57.39	21.25	9.14	12.22	100

Từ hàm lượng các khoáng chính trên, áp dụng công thức thực nghiệm của Bút để

tính các hệ số KH, n, p.

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838 \cdot C_2S}{C_3S + 1.3250 \cdot C_2S} = 0.89$$

$$n = \frac{C_3S + 1.3250 * C_2S}{1.4341 * C_3A + 2.0464 * C_4AF} = 2.24$$

$$p = \frac{1.1501 * C_3A}{C_4AF} + 0.6383 = 1.5$$

**BẢNG 1** Bảng thành phần hoá nguyên liệu

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TPK	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.2	1.06	0.12	55.62	0.29	0.15	43.3	100.74
Đất Sét	50	20.23	10.54	0.19	0.54	4.32	7.21	93.03
Quặng Sắt	24	11.25	50.04	0.13	0.35	2.21	7.93	95.91
Đá Cao Silic	88	4.76	1.39	0.21	0.14	1.53	1.33	97.36

**BẢNG 2** Chuyển đổi về 100%

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TPK	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.20	1.05	0.12	55.2	0.29	0.15	42.98	100
Đất Sét	53.75	21.75	11.33	0.20	0.58	4.64	7.75	100
Quặng Sắt	25.02	11.73	52.17	0.14	0.36	2.30	8.27	100
Đá Cao Silic	90.39	4.89	1.43	0.22	0.14	1.57	1.37	100

**BẢNG 3** Bảng thành phần hoá sau khi nung

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TPK	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.35	1.85	0.21	96.83	0.50	0.26	0	100
Đất Sét	58.26	23.57	12.28	0.22	0.63	5.03	0	100
Quặng Sắt	27.28	12.79	56.88	0.15	0.40	2.51	0	100
Đá Cao Silic	91.64	4.96	1.45	0.22	0.15	1.59	0	100
Tro Than	59.66	26.40	5.75	0.48	1.13	6.59	0	100

Tính lượng tro lẫn vào trong quá trình nung Clinker

Gọi  $t$  là hàm lượng tro lẫn vào trong quá trình nung Clinker

Ta có :

$$t = \frac{P.n.A}{100.100} \quad (\%)$$

trong đó :

P: là lượng nhiên liệu tiêu tốn riêng (kg nhiên liệu/kg clinker)

A: Là hàm lượng tro có trong nhiên liệu (%)

n : hàm lượng tro lẫn trong Clinker so với hàm lượng tro có trong nhiên liệu (với lò quay phương pháp khô thiết bị trao đổi nhiệt thì n = 100%)



Ta có bảng thành phần su dung của than:

C <sup>d</sup>	H <sup>d</sup>	O <sup>d</sup>	N <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	W <sup>d</sup>	A <sup>d</sup>	TỔNG
81.15	1.66	1.25	0.98	1.46	1	12.5	100

$$P = \frac{q}{Qt}$$

Trong đó

q: Là lượng nhiệt tiêu tốn riêng (Kcal/kg.clinker)

Qt:Nhiệt trị thấp của nhiên liệu (Kcal/kg.clinker)

áp dụng công thức tính nhiệt trị thấp của nhiên liệu ta có:

$$Qt = 81 * C^d + 246 * H^d - 26(O^d - S^d) - 6 * W^d$$

$$Q_t = 6980.97(\text{Kcal/kg clinker})$$

Ta chọn q = 730 (Kcal/kg.clinker)

$$\Rightarrow P = 0.10457(\text{kg nhiên liệu /kg Clinker})$$

$$t = \frac{P.n.A.100}{100.100} = 1.307\%$$

Gọi:

x là phần khối lượng cấu tử đá vôi đã nung .

y là phần khối lượng cấu tử đất sét đã nung .

z là phần khối lượng cấu tử quặng sắt đã nung .

m là phần khối lượng cấu tử đá cao silic đã nung .

t là hàm lượng tro than.

$$x + y + z + m + t = 100$$

Ta thiết lập được hệ phương trình sau :

$$a_1.x + b_1.y + c_1.z + d_1.m = e_1$$

$$a_2.x + b_2.y + c_2.z + d_2.m = e_2$$

$$a_3.x + b_3.y + c_3.z + d_3.m = e_3$$

$$a_4.x + b_4.y + c_4.z + d_4.m = e_4$$

$$a_1, b_1, c_1, d_1 = 1$$

$$e_1 = 100 - t = 98.6929$$

Với :

$$a_2 = (2.8.KH.S_1 + 1.65.A_1 + 0.35.F_1) - C_1 = -92.8$$

$$b_2 = (2.8.KH.S_2 + 1.65.A_2 + 0.35.F_2) - C_2 = 188.2$$

$$c_2 = (2.8.KH.S_3 + 1.65.A_3 + 0.35.F_3) - C_3 = 108.9$$

$$d_2 = (2.8.KH.S_4 + 1.65.A_4 + 0.35.F_4) - C_4 = 236.9$$

$$e_2 = [C_5 - (2.8.KH.S_5 + 1.65.A_5 + 0.35.F_5)].C_5 = -93.61$$

$$\begin{aligned}
a_3 &= n.(A_1 + F_1) - S_1 = 4.263 \\
b_3 &= n.(A_2 + F_2) - S_2 = 22.218 \\
c_3 &= n.(A_3 + F_3) - S_3 = 129.09 \\
d_3 &= n.(A_4 + F_4) - S_4 = -77.26 \\
e_3 &= [S_4 - n.(A_4 + F_4)].t = 100.99 \\
a_4 &= p.F_1 - A_1 = -1.5324 \\
b_4 &= p.F_2 - A_2 = -5.1703 \\
c_4 &= p.F_3 - A_3 = 72.435 \\
d_4 &= p.F_4 - A_4 = -2.7879 \\
e_4 &= A_5 - F_5.p = 17.79
\end{aligned}$$

Thay các giá trị trên vào ta được hệ phương trình sau:

$$\begin{cases}
1.00x + 1.00y + 1.00z + 1.00m = 98.69 \\
-92.85x + 188.21y + 108.86z + 236.90m = -93.61 \\
4.26x + 22.22y + 129.09z + -77.26m = 100.99 \\
-1.53x + -5.17y + 72.44z + -2.79m = 17.79
\end{cases}$$

$$D = \begin{vmatrix}
1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \\
-92.85 & 188.21 & 108.86 & 236.90 \\
4.26 & 22.22 & 129.09 & -77.26 \\
-1.53 & -5.17 & 72.44 & -2.79
\end{vmatrix}$$

$$D = 2302830.9$$

$$Dx = \begin{vmatrix}
98.69 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \\
-93.61 & 188.21 & 108.86 & 236.90 \\
100.9 & & & \\
9 & 22.22 & 129.09 & -77.26 \\
17.79 & -5.17 & 72.44 & -2.79
\end{vmatrix}$$

$$D_x = 155758471$$

$$D_y = \begin{vmatrix} 1.00 & 98.69 & 1.00 & 1.00 \\ -92.85 & -93.61 & 108.86 & 236.90 \\ 4.26 & 100.99 & 129.09 & -77.26 \\ -1.53 & 17.79 & 72.44 & -2.79 \end{vmatrix}$$

$$D_y = 35654214$$

$$D_z = \begin{vmatrix} 1.00 & 1.00 & 98.69 & 1.00 \\ -92.85 & 188.21 & -93.61 & 236.90 \\ 4.26 & 22.22 & 100.99 & -77.26 \\ -1.53 & -5.17 & 17.79 & -2.79 \end{vmatrix}$$

$$D_z = 7497229.6$$

$$D_m = \begin{vmatrix} 1.00 & 1.00 & 1.00 & 98.69 \\ -92.85 & 188.21 & 108.86 & -93.61 \\ 4.26 & 22.22 & 129.09 & 100.99 \\ -1.53 & -5.17 & 72.44 & 17.79 \end{vmatrix}$$

$$D_m = 28363093$$

Giải hệ phương trình ta có:

$$D_x/D = 67.64$$

$$D_y/D = 15.48$$

$$D_z/D = 3.26$$

$$D_z/D = 12.32$$

Như vậy thành phần clinker gồm:

$$\text{Đá vôi đã nung} \quad 67.64\%$$

Đất sét đã nung	15.48%
Quặng sắt đã nung	3.26%
Đá cao Silíc đã nung	12.32%
Tro lẫn vào	1.31%
<b>TỔNG</b>	<b>= 100%</b>

Từ thành phần hoá của nguyên nhiên liệu đã nung ta chuyển sang thành phần của nguyên nhiên liệu chưa nung ta có:

$$x_0 = x * 100 / (100 - MKN_1) = 118.625 \text{ (phần trọng lượng)}$$

$$y_0 = y * 100 / (100 - MKN_2) = 16.784 \text{ (phần trọng lượng)}$$

$$z_0 = z * 100 / (100 - MKN_3) = 3.55 \text{ (phần trọng lượng)}$$

$$m_0 = m * 100 / (100 - MKN_4) = 12.49 \text{ (phần trọng lượng)}$$

Đổi sang thành phần phần trăm ta được

$$\%x_0 = x_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0 + m_0) = 78.329 \text{ (\%)}$$

$$\%y_0 = y_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0 + m_0) = 11.082 \text{ (\%)}$$

$$\%z_0 = z_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0 + m_0) = 2.34 \text{ (\%)}$$

$$\%m_0 = m_0 * 100 / (x_0 + y_0 + z_0 + m_0) = .25 \text{ (\%)}$$

$$\text{TỔNG} = 100 \text{ (\%)}$$

**BẢNG 4** **Bảng thành phần hoá trước khi nung**

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TPK	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.16	0.82	0.09	43.25	0.23	0.12	33.67	78.33
Đất Sét	5.96	2.41	1.26	0.02	0.06	0.51	0.86	11.08
Quặng Sắt	0.59	0.27	1.22	0.00	0.01	0.05	0.19	2.34
Đá Cao Silic	7.45	0.40	0.12	0.02	0.01	0.13	0.11	8.25
Phối liệu	14.15	3.91	2.69	43.29	0.31	0.81	34.83	100

**BẢNG 5** **Bảng thành phần hoá clinker**

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TPK	MKN	TỔNG
Đá vôi	0.24	1.25	0.14	65.49	0.34	0.18	0	67.6
Đất Sét	9.02	3.65	1.90	0.03	0.10	0.78	0	15.5
Quặng Sắt	0.89	0.42	1.85	0.00	0.01	0.08	0	3.26
Đá Cao Silic	11.29	0.61	0.18	0.03	0.02	0.20	0	12.3
Tro than	0.78	0.35	0.08	0.01	0.01	0.09	0	1.31
Clinker	22.21	6.27	4.15	65.567	0.48	1.32		100

Tính kiểm tra lại các hệ số cơ bản:

$$KH = (C - (1.65 * A + 0.35 * F)) / (2.8 * S) = 0.855$$

$$\text{sai số } \Delta KH = 4.009\%$$

$$n = S / A + F = 2.132$$

$$\text{sai số } \Delta n = 5.017\%$$

$$p = A/F = 1.512$$

$$\text{sai số } \Delta p = 0.879\%$$

Kiểm tra hàm lượng các khoáng

$$\%C_3S = 3.8 \cdot (3 \cdot KH - 2) \cdot S = 56.62$$

$$\Delta C_3S = 1.33\%$$

$$\%C_2S = 8.6 \cdot (1 - KH) \cdot S = 20.95$$

$$\Delta C_2S = 1.41\%$$

$$\%C_3A = 2.65 \cdot (A - 0.64 \cdot F) = 9.58$$

$$\Delta C_3A = 4.82\%$$

$$\%C_4AF = 3.04 \cdot F = 12.61$$

$$\Delta C_4AF = 3.18\%$$

Vậy tổng hàm lượng các khoáng trong clinker là:

$$\text{TỔNG } = \%C_3S + \%C_2S + \%C_3A + \%C_4AF = 99.768\%$$

$$\text{Hàm lượng các khoáng khác là: } 100 - 99.768 = 0.232\%$$

Kiểm tra hàm lượng pha lỏng và tít phối liệu

$$L = 1.12C_3A + 1.35C_4AF = 27.753\%$$

$$\text{Giới hạn } L = (25 \div 30) \%$$

$$T = 1.785CaO + 2.09MgO = 77.921$$

$$T = 79 \pm 1$$

## PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHỈNH

Tính theo nguyên tắc dùng các cấu tử điều chỉnh lẫn nhau để đạt đúng các hệ số đã chọn.

Yêu cầu:

- Có đầy đủ thành phần nhiên liệu, tro than đã điều chỉnh về 100%.
- Sẽ tính chuyển về dạng nguyên liệu đã nung tròn 100%.
- Chọn thành phần khoáng clinker để tính ra các hệ số KH, n, p.
- Dùng các phụ gia điều chỉnh hệ số p không đổi sau đó mới điều chỉnh hệ số n và ngược lại.
- Phương pháp này chỉ dùng cho phối liệu 4 cấu tử không lẫn tro than hay 3 cấu tử lẫn tro than tính tương đối chuẩn xác.

*Công thức tính điều chỉnh*

**Điều chỉnh cho nguyên liệu có giá trị p không đổi**

$$( \text{ta có } p = A / F \longrightarrow pF = A \longrightarrow A - pF = 0 )$$

Phụ gia điều chỉnh là quặng sắt hoặc nguyên liệu chứa nhiều  $Fe_2O_3$  như xỉ pirít.

- Quặng sắt/Đá vôi =  $A_1 - pF_3/pF_3 - A_3$  = phần quặng sắt/1 phần đá vôi.
- Quặng sắt/Đất sét =  $A_2 - pF_2/pF_3 - A_3$  = phần quặng sắt/1 phần đất sét.
- Quặng sắt/Tro than =  $A_4 - pF_4/pF_3 - A_3$  = phần quặng sắt/1 phần tro than.
- Quặng sắt/cao silíc =  $A_5 - pF_5/pF_3 - A_3$  = phần quặng sắt/1 phần cao silíc.

$A_1, A_2, A_3$  hàm lượng ôxít nhôm của đá vôi, đất sét, tro than ...

$F_1, F_2, F_3$  hàm lượng ôxít sắt của đá vôi, đất sét, tro than ... và  $p$  là giá trị cần điều chỉnh

Cấu tử 5 có thể là đá cao silíc hoặc trêpen hoặc cát... Có hàm lượng  $SiO_2$  cao dùng để điều chỉnh  $SiO_2$ .

### Điều chỉnh cho nguyên liệu có giá trị $n$ không đổi

$$n = S / (A + F) \longrightarrow n(A + F) = S \longrightarrow S - n(A + F) = 0$$

Phụ gia điều chỉnh là: cấu tử 5 ở trên. Công thức điều chỉnh:

- Cao silíc/Đá vôi =  $S_1 - n(A_1 + F_1)/n(A_5 + F_5) - S_5$  = Phần cao silíc/1 phần đá vôi.
- Cao silíc/Đất sét =  $S_2 - n(A_2 + F_2)/n(A_5 + F_5) - S_5$  = Phần cao silíc/1 phần đất sét.
- Cao silíc/Quặng sắt =  $S_3 - n(A_3 + F_3)/n(A_5 + F_5) - S_5$  = Phần cao silíc/1 phần quặng sắt.
- Cao silíc/Tro than =  $S_4 - n(A_4 + F_4)/n(A_5 + F_5) - S_5$  = Phần cao silíc/1 phần tro than.

Nếu đầu tiên điều chỉnh  $p$  bằng quặng sắt mà bài phối liệu vẫn chưa hợp lý (hệ số  $n$  không đạt yêu cầu) thì lúc đó ta tính thêm bài phối liệu điều chỉnh thêm  $n$ .  
Tất cả công thức điều chỉnh  $n$  phải lấy thành phần hoá học nguyên liệu đã nung sau khi đã điều chỉnh xong  $p$  để tính điều chỉnh  $n$ .

### Tính điều chỉnh bài phối liệu 3 cấu tử có lẫn tro than

Số liệu ban đầu:

Nhiên liệu:  $A = 24,4\%$ .

$n = 80\%$ .

$P = 29\text{kg than} / 100\text{kg clinker}$

$$t = \frac{P.A.t}{100.100} = \frac{0.29.24,4.80}{100.100} = 5,66\%$$

Chọn chất lượng clinker

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	TỔNG
54	23	7	14	98

Tính các hệ số theo công thức thực nghiệm của Bút

$$KH = \frac{C_3S + 0.8838C_2S}{C_3S + 1.33C_2S} = \frac{54 + 0.8838 \times 23}{54 + 1.33 \times 23} = 0,88$$

$$n = \frac{C_3S + 1,33C_2S}{1,434C_3A + 2,046C_4AF} = \frac{54 + 1,33 \times 23}{1,434 \times 7 + 2,046 \times 14} = 2,2$$

$$p = \frac{1,1501.C_3A}{C_4AF} + 0,64 = \frac{1,1501 \times 7}{14} + 0,64 = 1,2$$

Bảng thành phần hoá nguyên liệu sau khi đã quy đổi về 100% nguyên liệu chưa nung:

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	CK	MKN	TỔNG
Đá vôi	1,77	1,17	0,74	53,61	0,96	41,75	100
Đất sét	64,73	14,6	7,28	2,37	6,2	4,82	100
Quặng sắt	19,5	4,03	65,26	3,08	5,44	2,69	100
Tro than	56,10	28,04	4,55	7,03	4,28	0	100
Cao silíc	81,04	7	2,14	3,45	1,01	5,36	100

Bảng thành phần hóa học nguyên liệu quy đổi về 100% dạng nguyên liệu đã nung:

Nguyên liệu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	CK	MKN	TỔNG
Đá vôi k <sub>1</sub> =1,72	3,04	2,01	1,27	92,03	1,65	-	100
Đất sét k <sub>2</sub> =1,05	68,01	15,34	7,65	2,49	6,51	-	100
Quặng sắt k <sub>3</sub> =1,03	20,04	4,14	67,06	3,17	5,59	-	100
Tro than k <sub>4</sub> =1	56,10	28,04	4,55	7,03	4,28	-	100
Cao silíc k <sub>5</sub> =1,06	85,63	7,40	2,26	3,64	1,72	-	100

**Điều chỉnh nguyên liệu đã nung về p = 1,2:**

Áp dụng các công thức trên ta có:

$$\text{Quặng sắt} / \text{Đá vôi} = \frac{2,01 - 1,2 \times 1,27}{1,2 \times 67,06 - 4,14} = 0,0064 \text{ phần quặng sắt} / 1 \text{ phần đá vôi}$$

$$\text{Đá vôi} = \frac{100 \times 1}{1 + 0,0064} = 99,36 \text{ (\%)}$$

$$\text{Quặng sắt} = 100 - 99,36 = 0,64 \text{ (\%)}$$

Như vậy, muốn điều chỉnh đá vôi có hệ số p = 1,2 thì cứ 1 phần đá vôi cần phải bổ sung 0,0064 phần quặng sắt hay 99,36% đá vôi cần bổ sung 0,64% quặng sắt.

$$\text{Quặng sắt / đất sét} = \frac{15,34 - 1,2 \times 7,65}{76,33} = 0,0807 \text{ Phần quặng sắt / 1 phần đất sét}$$

(1,2\*67,06-4,14 = 76,33 là mẫu số chung)

$$\text{Đất sét} = \frac{100 \times 1}{1 + 0,0807} = 92,56 \text{ (\%)}$$

$$\text{Quặng sắt} = 100 - 92,53 = 7,47 \text{ (\%)}$$

Muốn điều chỉnh đất sét có hệ số p = 1,2 thì cứ 1 phần đất sét cần phải bổ sung 0,0807 phần quặng sắt hay 92,53% đất sét cần bổ sung 7,47% quặng sắt.

$$\text{Quặng sắt / Tro than} = \frac{28,04 - 1,2 \times 4,55}{76,33} = 0,29 \text{ Phần quặng sắt / 1 phần tro than}$$

$$\text{Tro than} = \frac{100 \times 1}{1 + 0,29} = 77,17 \text{ (\%)}$$

$$\text{Quặng sắt} = 100 - 77,17 = 22,83 \text{ (\%)}$$

Muốn điều chỉnh tro than có hệ số p = 1,2 thì cứ 1 phần tro than cần phải bổ sung 0,29 phần quặng sắt hay 77,17% tro than cần bổ sung 22,83% quặng sắt.

$$\text{Quặng sắt / Cao silic} = \frac{7,40 - 1,2 \times 2,26}{76,33} = 0,06 \text{ Phần quặng sắt / 1 phần cao silic}$$

$$\text{Cao silic} = \frac{100 \times 1}{1 + 0,06} = 94,22 \text{ (\%)}$$

$$\text{Quặng sắt} = 100 - 94,22 = 5,78 \text{ (\%)}$$

Muốn điều chỉnh Đá cao silic có hệ số p = 1,2 thì cứ 1 phần đá cao silic cần phải bổ sung 0,06 phần quặng sắt hay 94,22% đá cao silic cần bổ sung 5,78% quặng sắt.

**Bảng thành phần hoá học nguyên liệu đã nung sau khi điều chỉnh cho tất cả có p = 1,2**

N.liệu	S	A	F	C	CK	MK N	TỔNG G	n	P
Đá vôi 99,36%	3,02	2	1,26	91,44	1,64	-	93,36	0,93	1,58
Q.sắt 0,64%	0,13	0,03	0,43	0,02	0,04	-	0,64	0,28	0,06
<b>Đá vôi 1</b>	<b>3,15</b>	<b>2,02</b>	<b>1,69</b>	<b>91,46</b>	<b>1,68</b>	-	<b>100</b>	<b>0,85</b>	<b>1,2</b>
Đất sét 92,53%	62,93	14,19	7,08	2,30	6,02	-	92,53	2,96	2,01
Q.sắt 7,47%	1,5	0,31	5,01	0,24	0,42	-	7,47	0,28	0,06
<b>Đất sét 1</b>	<b>64,43</b>	<b>14,5</b>	<b>12,09</b>	<b>2,54</b>	<b>6,44</b>	-	<b>100</b>	<b>2,42</b>	<b>1,2</b>
Tro than 77,17%	43,29	21,64	3,51	5,43	3,3	-	77,17	1,72	6,16



Quặng sắt 22,83%	4,58	0,95	15,31	0,72	1,28	-	22,83	0,28	0,06
<b>Tro than1</b>	<b>47,87</b>	<b>22,58</b>	<b>18,82</b>	<b>6,15</b>	<b>4,58</b>	-	<b>100</b>	<b>1,16</b>	<b>1,2</b>
Cao silíc 94,22%	80,68	6,97	2,13	3,43	1,01	-	94,22	8,87	3,27
Q.sắt 5,78%	1,16	0,24	3,88	0,18	0,32		5,78	0,28	0,06
<b>Cao silíc1</b>	<b>81,84</b>	<b>7,21</b>	<b>6,01</b>	<b>3,62</b>	<b>1,33</b>	-	<b>100</b>	<b>6,19</b>	<b>1,2</b>

### Xác định tỷ lệ trọng lượng giữa các nguyên liệu đã điều chỉnh xong $p = 1.2$

Sau khi đã điều chỉnh xong  $p = 1,2$  chúng ta cần xác định tỷ lệ trọng lượng giữa các nguyên liệu trên cơ sở phải thoả mãn điều kiện  $KH = 0,88$ .

Áp dụng công thức ta có:

$$\begin{aligned} \text{Đá vôi 1 / Đất sét 1} &= \frac{(2.8 \times S_2 \times KH + 1.65 \times A_2 + 0.35 \times F_2) - C_2}{C_1 - (2.8 \times KH \times S_1 + 1.65 \times A_1 + 0.35 \times F_1)} \\ &= \frac{(2.8 \times 64,43 \times 0,88 + 1,65 \times 14,5 + 0,35 \times 12,99) - 2,54}{91,46 - (2,8 \times 3,15 \times 0,88 + 1,65 \times 2,03 + 0,35 \times 1,69)} \\ &= \frac{184,37}{79,74} = 2,31 \text{ phần đá vôi(1) / 1 phần đất sét(1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Đá vôi(1) / Tro than(1)} &= \frac{(2.8 \times S_3 \times KH + 1,65 \times A_3 + 0,35 \times F_3) - C_3}{C_1 - (2,8 \times S_1 \times KH + 1,65 \times A_1 + 0,35 \times F_1)} \\ &= 1,98 \text{ phần đá vôi(1) / 1 phần tro than(1)} \end{aligned}$$

### Xác định lượng tiêu hao nhiên liệu đã nung cho 100kg clinker

Quặng để điều chỉnh tro than ban đầu:

$$5,66 \times 0,29 = 1,674 \text{ (kg)}$$

Tổng lượng tro than (1) gồm có:

$$\text{Tro than} + \text{Quặng điều chỉnh} = 5,66 + 1,674 = 7,33 \text{ (kg)}$$

Lượng đá vôi (1) bù trừ cho tro than(1):

$$7,33 \times 1,98 = 14,51 \text{ (kg)}$$

Lượng clinker do tro than (1) tạo nên

$$14,51 + 7,33 = 21,84 \text{ (kg)}$$

Lượng clinker do đất sét (1) và đá vôi (1) tạo nên

$$100 - 21,84 = 78,16 \text{ (kg)}$$

Lượng đất sét (1) theo tỷ lệ

$$(1 \times 78,16) / (1 + 2,31) = 23,6 \text{ (kg)}$$

Lượng đá vôi (1) tác dụng với đất sét (1) là

$$23,61 * 2,31 = 54,36 \text{ (kg)}$$

Tổng lượng đá vôi (1)

$$\text{Để bù trừ cho than: } 14,51 \text{ (kg)}$$

$$\text{Để phản ứng với đất sét: } 54,56 \text{ (kg)}$$

$$\text{Tổng : } 69,07 \text{ (kg)}$$

Tính tổng lượng quặng sắt:

- Quặng sắt có trong thành phần đá vôi (1)

$$69,07 * 0,0064 = 0,442 \text{ (kg)}$$

- Lượng đá vôi thực tế có trong đá vôi (1)

$$69,07 * 0,9936 = 68,62 \text{ (kg)}$$

- Quặng sắt có trong thành phần đất sét (1)

$$23,61 * 0,0747 = 1,763 \text{ (kg)}$$

- Lượng đất sét thực tế có trong thành phần đất sét (1)

$$23,61 * 0,9253 = 21,84 \text{ (kg)}$$

- Tổng lượng quặng sắt cần để điều chỉnh nguyên liệu về thành

$p = 1,2$  là:

$$\text{Điều chỉnh đá vôi(1): } 0,442 \text{ (kg)}$$

$$\text{Điều chỉnh đất sét(1): } 1,763 \text{ (kg)}$$

$$\text{Điều chỉnh tro than(1): } 1,674 \text{ (kg)}$$

$$\text{Tổng cộng : } 3,878 \text{ (kg)}$$

- Tỷ lệ phối liệu để chế tạo 100kg clinker là:

$$\text{Đá vôi: } 68,62 \text{ (kg)}$$

$$\text{Đất sét: } 21,84 \text{ (kg)}$$

$$\text{Quặng sắt: } 3,88 \text{ (kg)}$$

$$\text{Tro than: } 5,66 \text{ (kg)}$$

$$\text{Tổng: } 100 \text{ (kg)}$$

**Tính ra % nguyên liệu để điều chế 100kg clinker như sau**

Nguyên liệu	Lượng nguyên liệu có trong 100kg clinker (dạng đã nung)	Lượng nguyên liệu chưa nung có trong phối liệu	
		kg	%
Đá vôi $k_1 = 1,72$	68,62	118,03	81,42
Đất sét $k_2 = 1,05$	21,84	22,93	15,82
Quặng sắt $k_3 = 1,03$	3,88	4	2,76
Tro than $k_4 = 1$	5,66	-	-
Tổng	100	144,95	100

Theo tỷ lệ % của đá vôi, đất sét, quặng sắt và tro than. Áp dụng công thức thực nghiệm của I.M.Bút tính ra được tỉ lệ phối liệu như sau:

$$T = (95,73 \cdot \% \text{đá vôi} + 4,23 \cdot \% \text{đất sét} + 5,5 \cdot \% \text{quặng sắt}) / 100$$

$$T = 0,9573 \cdot 81,4 + 0,0423 \cdot 15,82 + 0,055 \cdot 2,76 = 78,77$$

Trên cơ sở tỷ lệ phối liệu chưa nung, ta nhân với thành phần từng cấu tử riêng để tìm ra thành phần hoá học của phối liệu có chứa đá vôi, đất sét, quặng sắt không có tro than và thành phần phối liệu đã nung không có tro than. Sau đó mới tính thành phần hoá học của clinker có lẫn tro than.

**Bảng tổng hợp thành phần hoá học phối liệu và clinker**

N.liệu	S	A	F	C	CK	MKN	TỔNG	n	p
Đá vôi 81,4%	1,44	0,95	0,6	43,65	0,78	33,99	81,42	0,93	1,58
Đất sét 15,8%	10,24	2,31	1,15	0,37	0,98	0,76	15,82	2,96	2,01
Quặng sắt 2,8%	0,54	0,11	1,8	0,09	0,15	0,07	2,76	0,28	0,06
PL chưa nung 100%	12,22	3,37	3,55	44,11	1,91	34,83	100	1,76	0,95
PL đã nung 100 %	18,75	5,18	5,45	67,68	2,94	0	100	1,76	0,95
Th.phần hoá học clinker 94,34% phối liệu đã nung	17,69	4,88	5,14	63,85	2,77	0	94,34	1,76	0,95
Tro than 5,66%	3,18	1,59	0,26	0,4	0,24	0	5,66	1,72	6,16
Clinker	20,87	6,47	5,4	64,25	3,01	0	100	1,76	1,2

Tính lại hệ số KH và thành phần khoáng

$$KH = \frac{C - 1,65 \times A - 0,35 \times F}{2,8 \times S} = 0,88$$

$$\%C_3S = 4,07 \cdot C - 7,6 \cdot S - 6,72 \cdot A - 1,42 \cdot F = 51,76$$

$$\%C_2S = 8,6 \cdot S + 5,07 \cdot A + 1,07 \cdot F - 3,07 \cdot C = 20,78$$

$$\begin{aligned} \text{Tổng } (C_3S + C_2S) &= 72,55 \% \\ \%C_3A = 2,65*(A - 0,64*F) &= 7,99 \\ \%C_4AF = 3,04*F &= 16,42 \\ \text{Tổng } (C_3A + C_4AF) &= 24,41 \% \end{aligned}$$

Ta thấy  $n = 1,76$  là quá nhỏ so với clinker chọn ban đầu. Do đó, khoáng silicat giảm và khoáng Aluminat tăng:

Khoáng silicat		Khoáng Aluminat	
Chọn	Tính	Chọn	Tính
$C_3S = 54$	$C_3S = 51$	$C_3A = 7$	$C_3A = 8$
$C_2S = 23$	$C_2S = 21$	$C_4AF = 14$	$C_4AF = 16$
<b>TỔNG : 77</b>	<b>73</b>	<b>21</b>	<b>24</b>

Muốn bảo đảm thành phần clinker và các hệ số  $KH = 0,88$ ,  $p = 1,2$  và  $n = 2,2$ . Ta phải tiếp tục điều chỉnh  $n$  bằng đá cao silíc trên cơ sở đã tính điều chỉnh  $KH = 0,88$  và  $p = 1,2$ . Tức là ta phải lấy thành phần đá vôi (1), đất sét (1), đá cao silíc (1) và tro than (1) để tính điều chỉnh tiếp hệ số  $n = 2,2$ .

Áp dụng công thức trên ta có:

$$\text{- Cao silíc (1) / Đá vôi (1)} = 0,095 \text{ Phần cao silíc(1) / 1 phần đá vôi (1)}$$

$$\text{- Đá vôi(1)} = \frac{100 * 1}{1 + 0,095} = 91,29 \%$$

$$\text{- Cao silíc (1)} = 100 - 91,29 = 8,71 (\%)$$

Như vậy muốn điều chỉnh đá vôi (1) có hệ số  $n = 2,2$  thì cứ 1 phần đá vôi cần phải bổ sung 0,095 phần đá cao silíc (1) hay 91,29% đá vôi (1) cần bổ sung 8,71% đá cao silíc(1)

$$\text{Cao silíc (1) / Tro than(1)} = 0,82 \text{ phần cao silíc(1) / 1 phần tro than(1)}$$

$$\text{- Tro than (1)} = 54,97 (\%)$$

$$\text{- Cao silíc (1)} = 45,03 (\%)$$

Như vậy muốn điều chỉnh tro than (1) có hệ số  $n = 2,2$  thì cứ 1 phần tro than cần phải bổ sung 0,82 phần đá cao silíc (1) hay 54,97% tro than (1) cần bổ sung 45,03% đá cao silíc(1)

$$\text{- Đá vôi(1)/ Đất sét (1)} = \frac{64,43 - 2,2 * 26,59}{2,2 * 3,71 - 3,15} = 1,18 \text{ phần Đá vôi(1)/1 phần đất sét (1)}$$

$$\text{- Đá vôi(1)} = 54,13 (\%)$$

$$\text{- Đất sét (1)} = 100 - 54,13 = 45,87 (\%)$$

**Bảng thành phần nguyên liệu đã điều chỉnh về  $p = 1,2$  và  $n = 2,2$**

N.liệu	S	A	F	C	CK	MKN	TỔNG	n	P
Đá vôi(1)91,29%	2,87	1,85	1,54	83,5 0	1,53	-	91,29	0,85	1,2

Cao silíc(1)8,71%	7,13	0,63	0,52	0,32	0,12	-	8,71	6,19	1,2
<b>Đá vôi(2)</b>	<b>10</b>	<b>2,48</b>	<b>2,07</b>	<b>83,8</b>	<b>1,65</b>	-	<b>100</b>	<b>2,2</b>	<b>1,2</b>
Đất sét(1)45,91%	29,58	6,66	5,55	1,17	2,96	-	45,91	2,42	1,2
Đá vôi(1)54,09%	1,7	1,09	0,91	49,47	0,91	-	54,09	0,85	1,2
<b>Đất sét(2)</b>	<b>31,28</b>	<b>7,75</b>	<b>6,46</b>	<b>50,64</b>	<b>3,86</b>	-	<b>100</b>	<b>2,2</b>	<b>1,2</b>
Tro than(1)54,97%	26,31	12,41	10,35	3,38	2,52	-	54,97	1,16	1,2
Cao silíc(1)45,03%	36,85	3,26	2,7	1,63	0,6	-	45,03	6,19	1,2
<b>Tro than (2)</b>	<b>63,16</b>	<b>15,66</b>	<b>13,05</b>	<b>5,01</b>	<b>3,12</b>	-	<b>100</b>	<b>2,2</b>	<b>1,2</b>

**Từ bảng trên tính ra tỷ lệ trọng lượng đá vôi(2), đất sét(2) và tro than(2) theo KH = 0,88**

$$\begin{aligned} \text{Đá vôi(2) / Đất sét(2)} &= \frac{(2,8 \times KH \times S_2 + 1,65 \times A_2 + 0,35 \times F_2) - C_2}{C_1(2,8 \times KH \times S_1 + 1,65 \times A_1 + 0,35 \times F_1)} \\ &= \frac{(2,8 \times 31,28 \times 0,88 + 1,65 \times 7,75 + 0,35 \times 6,46) - 50,64}{83,81 - (2,8 \times 10 \times 0,88 + 1,65 \times 2,48 + 0,35 \times 2,07)} \\ &= 0,76 \text{ phần đá vôi(2) / 1 phần đất sét(2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Đá vôi(2) / Tro than(2)} &= \frac{(2,8 \times S_3 \times KH + 1,65 \times A_3 + 0,35 \times F_3) - C_3}{C_1 - (2,8 \times S_1 \times KH + 1,65 \times A_1 + 0,35 \times F_1)} \\ &= 3,33 \text{ phần đá vôi(2) / 1 phần tro than(2)} \end{aligned}$$

**Xác định lượng tiêu tốn nguyên liệu để nung ra 100kg clinker:**

Quặng để điều chỉnh tro than ban đầu:

$$5,66 \times 0,29 = 1,674 \text{ kg}$$

Tổng lượng tro than (1) gồm có:

$$\text{Tro than} + \text{Quặng điều chỉnh} = 5,66 + 1,674 = 7,33 \text{ kg}$$

Lượng đá coa silíc (1) điều chỉnh cho tro than (1) về n = 2,2

$$7,33 \times 0,82 = 6,01 \text{ kg}$$

Tổng lượng tro than (2) gồm có

$$\text{Tro than (1)} + \text{Cao silíc điều chỉnh} = 7,33 + 6,01 = 13,34 \text{ kg}$$

Lượng đá vôi (2) bù trừ cho tro than (2) để có KH = 0,88 là

$$13,34 + 3,33 = 44,46 \text{ kg}$$

Lượng clinker do đá vôi (2) và tro than (2) tạo nên

$$13,34 + 44,46 = 57,8 \text{ kg}$$

Lượng clinker do đất sét (2) và đá vôi (2) tạo nên

$$100 - 57,8 = 42,2 \text{ kg}$$

Trong đó gồm có

$$\text{Đá vôi (2)} = \frac{42,2 * 0,76}{1 + 0,76} = 18,28 \text{ kg}$$

$$\text{Đất sét (2)} = 42,2 - 18,28 = 23,92 \text{ kg}$$

Tổng lượng đá vôi (2)

$$\text{Để bù trừ cho tro than (2)} : 44,46 \text{ kg}$$

$$\text{Để phản ứng với đất sét (2)} : 18,28 \text{ kg}$$

$$\text{Tổng} : 62,74 \text{ kg}$$

- Lượng đá vôi (1) có trong đá vôi (2)

$$62,74 * 0,9129 = 57,3 \text{ kg}$$

- Lượng đá vôi (1) có trong đất sét (2)

$$23,92 * 0,5409 = 12,9 \text{ kg}$$

Tổng lượng đá vôi (1)

$$\text{Trong đá vôi (2): } 57,3 \text{ kg}$$

$$\text{Trong đất sét (2): } 12,9 \text{ kg}$$

$$\text{Tổng} : 70,2 \text{ kg}$$

- Lượng đất sét (1) có trong đất sét (2)

$$23,92 * 0,4591 = 11 \text{ kg}$$

Tổng lượng đá cao silíc (1)

$$\text{Để điều chỉnh đá vôi (2)} : 5,5 \text{ kg}$$

$$\text{Để điều chỉnh tro than (2)} : 6,01 \text{ kg}$$

$$\text{Tổng} : 11,51 \text{ kg}$$

Tính thành phần phối liệu ban đầu

$$\text{Quặng sắt trong đá vôi (1): } 0,45$$

$$\text{Đá vôi trong đá vôi (1)} : 69,75$$

$$\text{Quặng sắt trong đất sét (1): } 0,82$$

$$\text{Đất sét trong đất sét (1)} : 10,18$$

$$\text{Quặng sắt trong đá cao silíc (1): } 0,66$$

$$\text{Đá cao silíc trong đá cao silíc (1): } 10,84$$

$$\text{Quặng sắt trong tro than (1): } 1,67$$

$$\text{Tro than có trong tro than (1): } 5,66$$

Tổng lượng quặng sắt : 3,61  
**Tính thành phần phối liệu chử nung sau khi đã điều chỉnh xong**  
**p = 1,2 ; n = 2,2 và KH = 0,88**

Nguyên liệu	Lượng nguyên liệu có trong 100kg clinker (dạng đã nung )	Lượng nguyên liệu chứa nung có trong phối liệu	
		kg	%
Đá vôi $k_1 = 1,72$	69,75	119,74	82,61
Đất sét $k_2 = 1,05$	10,18	10,7	7,38
Quặng sắt $k_3 = 1,03$	3,61	3,71	2,56
Cao silíc $k_4 = 1,06$	10,84	11,49	7,93
Tro than $k_5 = 1$	5,66	0	
Tổng	100	146	100

#### Tính toán phối liệu bằng phương pháp đồ thị

Nói chung tính toán phương pháp này không chính xác như các phương pháp trên nhưng có ưu điểm là nhanh, do đó có thể dùng để kiểm tra trong sản xuất tốt vì kịp thời.

Ta coi hệ xi măng portland là một hệ tam nguyên:

+  $3CaO.SiO_2$  viết tắt  $C_3S$

+  $2CaO.SiO_2$  viết tắt  $C_2S$

+ Pha lỏng trong clinker gồm có ( $C_3A$ ,  $C_4AF$  và pha thủy tinh)

Hệ này ta có thể biểu diễn trên một trục tọa độ Descartes như sau:

Trục tung biểu diễn lượng CaO kết hợp với  $SiO_2$  và pha lỏng trong clinker:

Điểm A            0 % CaO                            100 % pha lỏng

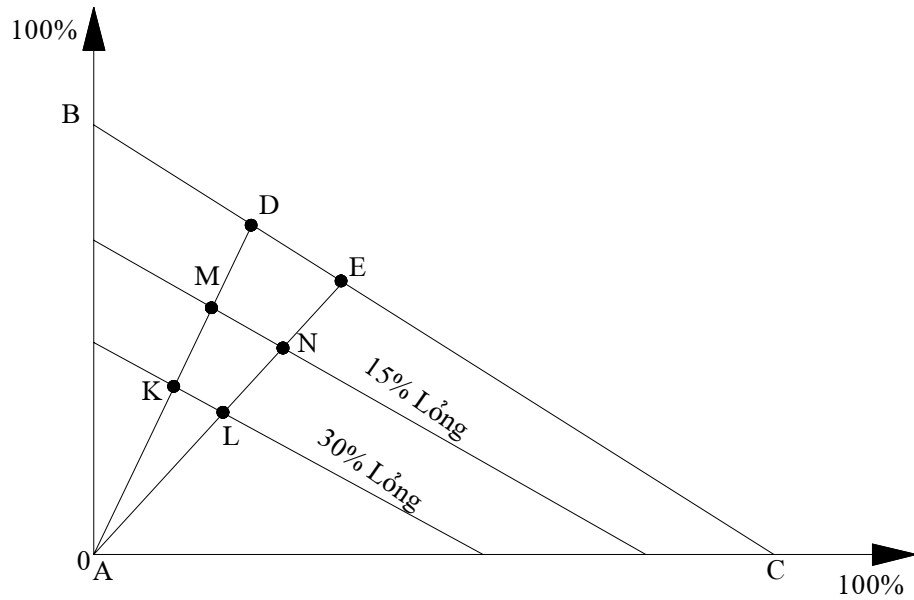
Điểm B            100 % CaO                            0 % pha lỏng

Trục hoành biểu diễn lượng  $SiO_2$  và pha lỏng trong clinker

Điểm A            0 %  $SiO_2$                             100 % pha lỏng

Điểm C            100 %  $SiO_2$                             0 % pha lỏng

Hình vẽ số 1



+ Đường BC sẽ biểu diễn tất cả các hợp chất do CaO và SiO<sub>2</sub> liên kết với nhau theo các thành phần khác nhau. Trên BC ta có điểm D và E.

+ Điểm D có tọa độ là 73,6% CaO và 26,3% SiO<sub>2</sub>. Như vậy điểm D đặc trưng cho 3CaO.SiO<sub>2</sub>. Cũng như thế điểm E đặc trưng cho 2CaO.SiO<sub>2</sub> với 65,12%CaO và 34,88%SiO<sub>2</sub>.

+ Đoạn DE biểu diễn cho tổng lượng 3CaO.SiO<sub>2</sub>, 2CaO.SiO<sub>2</sub> và pha lỏng.

Đối với xi măng portland nó chứa 3CaO.SiO<sub>2</sub>, 2CaO.SiO<sub>2</sub> và từ 15-30% pha lỏng.

Như vậy các hợp chất đặc trưng cho xi măng portland sẽ nằm trong tứ giác MNKL. Đường MN giới hạn 15% pha lỏng và đường KL giới hạn 30% pha lỏng. Nói cách khác mỗi điểm trong tứ giác MNKL đặc trưng cho một loại xi măng portland có chứa 3CaO.SiO<sub>2</sub>, 2CaO.SiO<sub>2</sub> và từ 15-30% pha lỏng.



Ta biểu diễn các nguyên liệu trên đồ thị, yêu cầu là nguyên liệu đã chuyển về dạng đã nung (nghĩa là khô tuyệt đối, đã bỏ mất khi nung (MKN) và qui đổi thành phần hóa của các nguyên liệu sao cho tổng của chúng là 100%.)

Mỗi nguyên liệu có tọa độ  $\text{CaO}_{\text{tọa độ}}$  và  $\text{SiO}_2_{\text{tọa độ}}$  tính riêng của từng nguyên liệu như sau:

$$\text{Tọa độ CaO} \quad \text{CaO}_{\text{tọa độ}} = \text{CaO}_{\text{tổng}} - 1,65 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$$

$$\text{Tọa độ SiO}_2 \quad \text{SiO}_2_{\text{tọa độ}} = \text{SiO}_2_{\text{tổng}}$$

Đầu tiên ta biểu diễn 2 nguyên liệu lên đồ thị

*Ví dụ* : Trong phối liệu có hai cấu tử đá vôi và đất sét.

Trên đồ thị sẽ có 2 điểm : P đặc trưng cho đá vôi và T đặc trưng cho đất sét

$$\text{Điểm P:} \quad \text{CaO}_{\text{tọa độ dv}} = \text{CaO}_{\text{dv}} - 1,65 \times \text{Al}_2\text{O}_{3\text{dv}} - 0,35 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{dv}}$$

$$\text{SiO}_2_{\text{tọa độ dv}} = \text{SiO}_2_{\text{dv}}$$

$$\text{Điểm T:} \quad \text{CaO}_{\text{tọa độ ds}} = \text{CaO}_{\text{ds}} - 1,65 \times \text{Al}_2\text{O}_{3\text{ds}} - 0,35 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{ds}}$$

$$\text{SiO}_2_{\text{tọa độ ds}} = \text{SiO}_2_{\text{ds}}$$

Các thành phần đều tính bằng thành phần phần trăm (%). Ta thấy PT sẽ biểu diễn tất cả các loại hỗn hợp giữa đá vôi và đất sét. Ở đây ta có mấy trường hợp:

+ Trường hợp 1: (hình 2)

Nếu PT không cắt qua tứ giác MNKL có nghĩa là: tất cả các hỗn hợp giữa đá vôi và đất sét ấy không phù hợp để sản xuất xi măng: Chất lượng của hai nguyên liệu ấy không đạt yêu cầu nên không dùng để sản xuất được. Phải chọn lại chất lượng của các nguyên liệu.

+ Trường hợp 2:(hình 3)

Nếu PT cắt qua NMKL và lại cắt qua S đặc trưng cho một loại xi măng nhất định. Như vậy chỉ cần chất lượng của đá vôi và đất sét ấy thôi cũng đủ để thu được một loại xi măng có đặc trưng là S. Ta có thể tính ra tỉ lệ phối liệu bằng qui tắc đòn bẩy theo hệ thức sau:

$$\frac{PS}{PT} = \frac{\text{Luongdatset}}{\text{Luongdavoi} + \text{Luongdatset}}$$

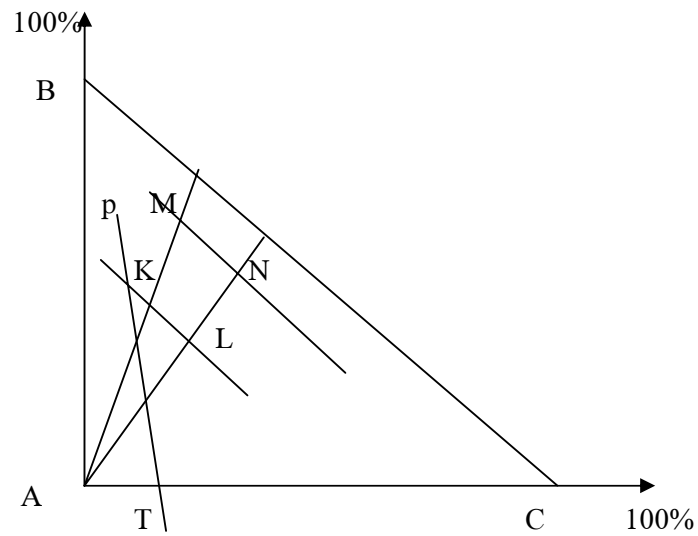
$$\frac{ST}{PT} = \frac{\text{Luongdavoi}}{\text{Luongdavoi} + \text{Luongdatset}}$$

*Mỗi đơn vị chiều dài (mm) tương ứng một đơn vị trọng lượng.*

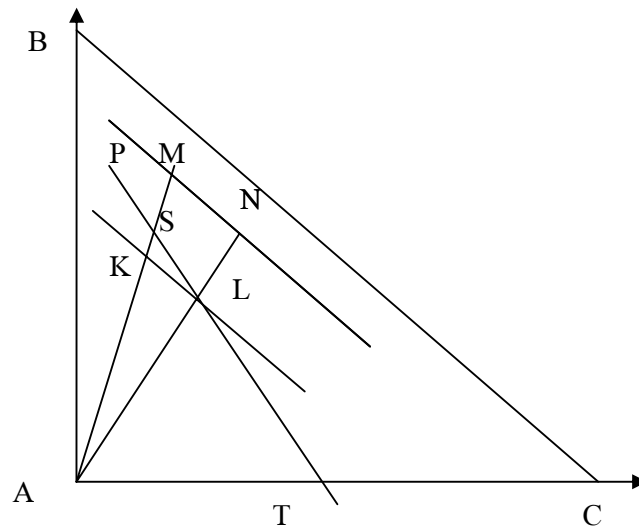
+ Trường hợp 3: (hình 4)

Nếu PT cắt qua MNKL mà không cắt qua S. Như vậy là chất lượng của đá vôi và đất sét khi phối trộn với nhau có thể nung xi măng được, nhưng phải bổ sung vào phối liệu

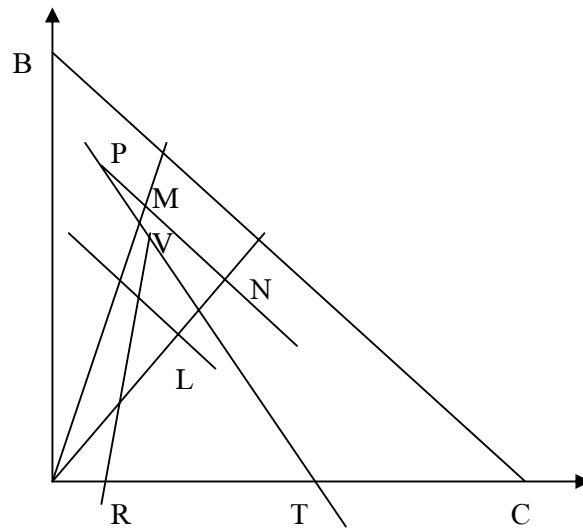
thêm cấu tử nữa để điều chỉnh cho nó có đặc trưng là S: nghĩa là ta phải sử dụng cấu tử thứ 3 nữa.



**Hình 2**



**Hình 3**



**Hình 4**

Ví dụ: Tính phối liệu để sản xuất xi măng biết thành phần của đá vôi, đất sét và quặng sắt cho ở bảng sau:

Nguyên liệu	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>	MKN	Tổng
Đá vôi	1.38	0.22	0.20	53.99	0.79	0.0	43.42	100
Đất sét	67.62	17.77	5.65	2.03	1.54	0.76	4.63	100
Qsắt	14.93	0.72	75.47	1.47	1.40	2.74	3.27	100

Chuyển nguyên liệu về dạng đã nung

Nguyên liệu	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>	MKN	Tổng
Đá vôi	2.44	0.35	0.39	95.42	1.40	0.00	0.00	100
Đất sét	70.90	18.63	5.92	2.13	1.62	0.8	0.00	100
Q sắt	15.44	0.74	78.02	1.52	1.45	2.83	0.00	100

Và chọn hàm lượng các khoáng và pha lỏng như sau (chọn điểm S):

$$C_3S = 57\%, C_2S = 19\%, \text{ Pha lỏng} = 24\%$$

Thành phần nguyên liệu như sau:

Điểm P biểu diễn cho đá vôi

$$\text{CaO} = 95,42 - (1,65 \times 0,35 + 0,35 \times 0,39) = 94,70$$

$$\text{SiO}_2 = 2,44$$

Điểm T biểu diễn cho đất sét

$$\text{CaO} = 2,13 - (1,65 \times 18,63 + 0,35 \times 5,92) = -30,68$$

$$\text{SiO}_2 = 70,90$$

Điểm R biểu diễn cho quặng sắt

$$\text{CaO} = 1,52 - (1,65 \times 0,74 + 0,35 \times 78,02) = -27,01$$

$$\text{SiO}_2 = 15,44$$

Đặt các điểm P, T, R lên biểu đồ.

Điểm S trong MNKL đặc trưng cho các loại xi măng trên là giao điểm của các đường pha lỏng 24% và trên đường nối gốc tọa độ với điểm chia  $\text{C}_3\text{S}$  và  $\text{C}_2\text{S}$  theo tỉ lệ 57 :19.

Biểu diễn cấu tử thứ 3 đó lên biểu đồ cũng giống phương pháp 2 cấu tử trước nghĩa là nó được đặc trưng cho bằng tọa độ  $\text{CaO}_{\text{toa độ}}$  và  $\text{SiO}_2_{\text{toa độ}}$  của nó.

Ví dụ : Gọi nó là điểm R và điểm R có tọa độ sau :

Điểm R

$$\text{CaO}_{\text{toa độ ct3}} = \text{CaO}_{\text{ct3}} - 1,65 \times \text{Al}_2\text{O}_3_{\text{ct3}} - 0,35 \times \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{ct3}}$$

$$\text{SiO}_{2\text{toa độ ct3}} = \text{SiO}_{2\text{ct3}}$$

Ta nối RS sẽ cắt PT ở V. Trong MNKL và ta có thể tính tỉ lệ phối liệu 3 cấu tử này theo các hệ thức sau:

$$\frac{SV}{RV} = \frac{\text{Luongcautu3}}{\text{Luongdavoil} + \text{Luongdatset} + \text{Luongcautu3}}$$

$$\frac{RS}{RV} = \frac{\text{Luongdatset} + \text{Luongdavoil}}{\text{Luongdavoil} + \text{Luongdatset} + \text{Luongcautu3}}$$

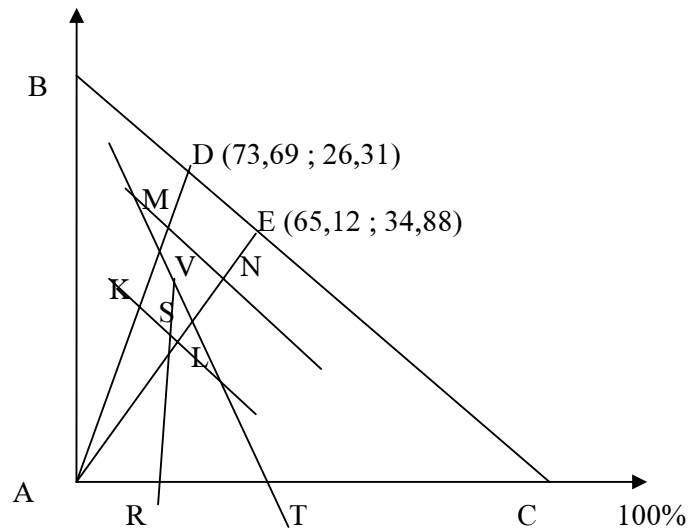
$$\frac{PV}{PT} = \frac{\text{Luongdatset}}{\text{Luongdavoil} + \text{Luongdatset} + \text{Luongcautu3}}$$

$$\frac{TV}{PT} = \frac{\text{Luongdavoil}}{\text{Luongdavoil} + \text{Luongdatset} + \text{Luongcautu3}}$$

Chú ý :Đoạn PTvà RV có thể đo cùng một đơn vị chiều dài hoặc không cùng một độ dài cũng được

\* Mỗi đơn vị chiều dài (mm) tương ứng một đơn vị trọng lượng.

Sau đây là đồ thị vẽ trường hợp trên:



Đo các đoạn ta có :

$$PV = 42,5\text{mm}$$

$$TV = 103,5\text{mm}$$

$$SV = 4,5\text{mm}$$

$$RS = 82,0\text{mm}$$

Từ đây ta tính ra tỉ lệ nguyên liệu pha chế theo tỉ lệ các đoạn thẳng đo được.

Goi x, y, z lần lượt là tỉ lệ của đá vôi, đất sét, và quặng sắt đã nung ta có:

$$\frac{SV}{RV} = \frac{4,5}{86,5} = \frac{z}{x+y+z} = 0,052 \quad (1)$$

$$\frac{RS}{RV} = \frac{82}{86,5} = \frac{x+y}{x+y+z} = 0,948 \quad (2)$$

$$\frac{PV}{PT} = \frac{103,5}{146} = \frac{x}{x+y} = 0,709 \quad (3)$$

$$\frac{TV}{PT} = \frac{42,5}{146} = \frac{y}{x+y} = 0,291 \quad (4)$$

$$\frac{z}{x+y} = \frac{0,052}{0,948} \quad (5)$$

$$\frac{x}{y} = \frac{0,709}{0,291} \quad (6)$$

Chia (1) cho (2) và chia (3) cho (4) ta được (5) và (6)

Từ (5) và (6) ta tính được:

$$\text{Lượng đá vôi (tương ứng TV)} = 67,2\%$$

$$\text{Lượng đất sét (tương ứng với PV)} = 27,6\%$$

$$\text{Lượng quặng sắt (tương ứng SV)} = 5,20\%$$

Đổi ra nguyên liệu chưa nung ta có:

$$\text{*Đá vôi } 77,58\%$$

$$\text{*Đất sét } 18,91\%$$

$$\text{*Quặng sắt } 3,51\%$$

Lập bảng thành phần hóa học ta có:

Nghị liệu	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>	MKN	Tổng
77.58%Đá vôi	1.071	0.171	0.155	41.885	0.613	0.000	33.685	77.58
18.91%đất sét	12.787	3.360	1.068	0.384	0.291	0.144	0.876	18.91
3.51% Q sắt	0.524	0.025	2.649	0.052	0.049	0.096	0.115	3.51
100%Phối liệu	14.382	3.556	3.873	42.321	0.953	0.240	34.676	100
100%Clinker	22.016	5.444	5.928	64.786	1.459	0.367	0.000	100

$$KH = \frac{64,786 - (1,65 \times 5,444 + 0,35 \times 5,928)}{2,8 \times 22,016}$$

$$KH = 0,871$$

Tính KH theo thành phần khoáng từ công thức thực nghiệm của Bút ta có:

$$KH = \frac{K + 0,8838}{K + 1,3256}$$

$$\text{Với } K = C_3S/C_2S$$

$$KH = 0,897$$

Sai số tương đối:

$$\Delta = \frac{(0,897 - 0,871) \times 100}{0,871} = 2,898 \quad (\%)$$

Như vậy ta thấy có sai số tương đối nằm trong giới hạn cho phép. Do đó phép tính này chỉ dùng để kiểm tra cho nhanh chóng.

## **2.9 Nghiên mịn hỗn hợp nguyên liệu.**

Sau khi đã tính toán và định tỷ lệ phối liệu, các nguyên liệu được chuẩn bị đầy đủ, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật được đưa vào máy nghiền. Để đảm bảo độ đồng nhất cao thường nghiền chung hỗn hợp phối liệu trong máy nghiền.

Độ mịn của hỗn hợp phối liệu có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình nung luyện và chất lượng clinker, độ mịn càng cao bề mặt tiếp xúc giữa các nguyên liệu càng lớn, quá trình nung càng nhanh, càng có điều kiện nâng cao hệ số KH và chất lượng clinker .

Người ta đã thí nghiệm thấy rằng:

Độ mịn phối liệu: lượng sót sàng 5 - 8% trên sàng 4900 lỗ/cm<sup>2</sup>.

Hệ số KH = 0,87 - 0,89; n = 2 xi măng có thể đạt mác (30 - 40) N/mm<sup>2</sup>.

Nếu độ mịn phối liệu còn 5 - 8% trên sàng 10.000lỗ /cm<sup>2</sup>.

Hệ số KH = 0,9 - 0,95 ; n = 2,5 thì xi măng có thể đạt mác (70 - 80) N/mm<sup>2</sup>.

## **2.10 Đồng nhất và điều chỉnh phối liệu.**

### ***Phương pháp ướt lò quay***

Hỗn hợp nguyên liệu và nước nghiền chung trong máy nghiền thành bùn với W = 30 - 32%. Máy nghiền ngoài nhiệm vụ nghiền mịn hỗn hợp phối liệu còn có nhiệm vụ khuấy trộn đều hỗn hợp phối liệu. Sau khi phối liệu ra khỏi máy nghiền bị đưa lên hệ thống bể điều chỉnh, kiểm tra và điều chỉnh độ ẩm, thành phần hóa học và tít phối liệu, đồng thời khuấy trộn liên tục để chống lắng và đảm bảo độ đồng nhất của phối liệu, sau đó bùn được đưa lên bể chứa và nạp vào lò nung qua thiết bị cấp bùn..

### ***Phương pháp khô lò quay phối liệu vào lò dạng bột***

Khi bột phối liệu ra khỏi máy sấy nghiền liên hợp được đưa lên hệ thống silô khuấy trộn bằng khí nén đảm bảo độ đồng nhất và điều chỉnh độ ẩm, tít và thành phần hóa học của phối liệu. Sau đó chuyển sang hệ thống silô chứa rồi đưa vào hệ thống xyclôn trao đổi nhiệt ( tháp phân giải), pre'calciner, vào lò nung. Bột phối liệu vào hệ xyclôn trao đổi nhiệt phải có W = 0,5 - 1%.

### **2.10.1.Mục đích đồng nhất bột liệu**

Đồng nhất bột liệu là một trong những phương pháp dùng để trộn đều liệu sống sao cho đảm bảo độ đồng nhất và ổn định thành phần của phối liệu là tốt nhất.

Phối liệu ra khỏi máy nghiền vẫn chưa đảm bảo độ đồng nhất và độ ổn định. Vì vậy bột liệu phải cho qua các thiết bị đồng nhất (Silô) để được trộn đều, đảm bảo được những chỉ tiêu yêu cầu kỹ thuật và được đồng nhất trước khi đưa vào lò .

### **2.10.2 Nguyên tắc đồng nhất**

Khác với phương pháp sản xuất cement hệ ướt, việc đồng nhất bột liệu ở hệ khô diễn ra phức tạp hơn nhiều. Đặc biệt là ở khâu xung khí trong silô đồng nhất. Trong quá trình đồng nhất cần không chế chặt chẽ dòng và áp lực của dòng khí.

Nguyên tắc của việc đồng nhất phối liệu là dựa vào áp lực nhất định của khí nén để tiến hành trộn đều bột liệu, trên tấm đáy silô lắp đặt các kiểu thiết bị xung khí. Sau khi xung khí, trước tiên làm lỏng bột liệu, sau đó tiến hành trộn theo trạng thái "dòng chảy" làm cho thành phần bột liệu đồng đều. Do thiết bị xung khí có khác và cách bố trí cũng khác, dẫn đến sự khác nhau về phương pháp đồng nhất và cấu tạo silô đồng nhất cũng khác nhau.

Công đoạn đồng nhất bột liệu là thao tác cuối cùng để chuẩn bị đưa liệu vào lò. Hiệu quả đồng nhất tại đây dao động khoảng nhỏ hơn 20%. Số % còn lại chủ yếu tập trung vào các công đoạn đầu như:

- + Các nguyên liệu được khai thác ban đầu ở bãi đưa về kho chứa. Tại đây người ta đã tiến hành đồng nhất từng nguyên liệu một cách sơ bộ để đạt được độ đồng nhất về thành phần hoá vì nguyên liệu khai thác ở từng khu vực khác nhau có độ dao động thành phần cũng khác nhau.

- + Công đoạn nghiền phối liệu cung cấp liệu cho lò hoạt động có nhiều ý nghĩa lớn. Hiệu quả đồng nhất của bột liệu ra khỏi máy nghiền vào khoảng hơn 70 - 90% , đó là vùng đồng nhất cỡ hạt và đồng nhất phối liệu.

- + Phối liệu ở đây qua nhiều thiết bị vận chuyển trung gian như: máng trượt khí động trạng thái tầng sôi, gầu nâng . . . tăng sự đồng nhất lên một phần trước khi vào silô đồng nhất.

\*Tóm lại sự đồng nhất bột liệu có ý nghĩa chính trong công nghệ sản xuất clinker xi măng. Nó phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Kích thước hạt.
- Độ ẩm bột liệu.
- Thiết bị máy móc vận chuyển và sục khí trung gian.
- Thời gian đồng nhất.
- Đường đi của bột liệu.
- Kết cấu silô và phương pháp sục khí nén ở đáy silô.

### **Thông số đặc trưng quá trình đồng nhất**

#### **- Tít phối liệu (T)**

Tít phối liệu là thông số đặc trưng cho quá trình đồng nhất phối liệu. Thông qua nó người ta biết được quá trình đồng nhất đạt hay không đạt. Tít phối liệu được xác định bằng tổng hàm lượng hai ôxít CaO và MgO có trong phối liệu :

$$T = \Sigma ( CaO + MgO)$$



$$\text{Hoặc : } T = \Sigma (\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3)$$

Trong đó : % CaO và % MgO là thành phần hoá có trong phối liệu .

CaCO<sub>3</sub> và MgCO<sub>3</sub> là thành phần hoá có trong phối liệu.

Công thức xác định:

$$\text{Hay sử dụng: } T = 1.875 \text{ CaO} + 2.09 \text{ MgO}$$

Trong đó: Các hệ số 1.875 và 2.09 là hằng số chuẩn độ axit

Giới hạn :  $77 < T < 80$

### - Độ lệch chuẩn (S)

Độ lệch chuẩn là một khái niệm toán học. Trị số chênh lệch giữa liệu vào với liệu ra tại silô đồng nhất là biểu thị chỉ tiêu đồng đều trị số ( %) cacbonat canxi và cacbonat magiê của vật liệu . Trị số này càng nhỏ chứng tỏ thành phần càng đồng nhất

Đối với phối liệu để sản xuất xi măng. Nếu gọi  $\bar{X}$  là trị số quy định của CaCO<sub>3</sub> trong đá vôi,  $X_i$  là trị số thực nghiệm của CaCO<sub>3</sub> trong đá vôi ở mẫu thứ i thì độ lệch chuẩn S có thể biểu thị bằng công thức dưới đây:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

n: Số mẫu thực nghiệm ( thông thường  $n > 30$ )

### Hiệu quả đồng nhất

Hiệu quả đồng nhất bột liệu là tỷ số độ lệch chuẩn giữa liệu vào (  $S_i$  ) và liệu ra khỏi silô (  $S_0$  ). Tỷ số này càng lớn chứng tỏ hiệu quả đồng nhất càng tốt.

$$e = \frac{S_i}{S_0}$$

Trong đó: e: hiệu quả trộn đều.

$S_i$  : độ lệch chuẩn thành phần liệu vào.

$S_0$  : độ lệch chuẩn thành phần liệu ra.

### **2.10.3 Phân loại các phương pháp đồng nhất bột liệu**

#### **Có 2 phương pháp đồng nhất bột liệu**

##### ***Silô đồng nhất bột liệu kiểu gián đoạn***

*\*Khái niệm:* Silô đồng nhất kiểu gián đoạn là loại silô mà khi tiến hành đồng nhất phải chia bước gián đoạn khi vào liệu và ra thành phẩm liệu sống.

*\* Phạm vi ứng dụng:* Silô đồng nhất kiểu gián đoạn sử dụng khi nhà máy sản xuất xi măng có khâu tiền đồng nhất nguyên liệu chưa được tốt và thành phần nguyên liệu khó ổn định ( có biến động lớn ).

Có 3 loại silô:

- +Loại silô 2 tầng.
- +Loại silô xếp sánh đôi.
- +Loại silô trộn đơn thuần.

##### ***Silô đồng nhất bột liệu kiểu liên tục***

*\*Khái niệm:* Silô đồng nhất kiểu liên tục rất phù hợp với sự phát triển hiện đại và qui mô của ngành công nghiệp xi măng. Các loại silô này tiến hành hoạt động ở các bước vào liệu, đồng nhất, ra liệu và tồn trữ một cách rất hợp lí. Có quy trình công nghệ đơn giản, chiếm diện tích đất ít, bố trí chặt chẽ, thao tác tiện lợi, người vận hành ít, dễ thực hiện điều khiển tự động, vốn đầu tư cơ bản ít .

So với hệ thống đồng nhất kiểu gián đoạn thì dùng silô kiểu liên tục có thể tiết kiệm được 20 % vốn đầu tư ban đầu, hao phí điện năng ít, chi phí cho thao tác bảo dưỡng thiết bị thấp ...Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là đòi hỏi thành phần nguyên liệu đầu vào tương đối đồng nhất hoặc phải có công nghệ đồng nhất sơ bộ. Nếu không thành phần liệu sống ra khỏi máy nghiền sẽ có dao động lớn, ảnh hưởng đến quá trình nung và chất lượng của clinker ra khỏi lò ( đây là nhược điểm của hệ thống đồng nhất liên tục ). Thay vì đồng nhất bằng cách sục khí vào theo phương pháp đồng nhất gián đoạn, quá trình trộn xảy ra nhờ một phễu vật liệu được hình thành trong thời gian vật liệu được tháo ra khỏi silô.

Hiệu quả đồng nhất đầy đủ chỉ đạt được khi chiều cao đổ đầy trong silô được duy trì. Khi mức độ đổ đầy thấp, hiệu quả đồng nhất thấp. Vì hiệu quả đồng nhất phụ thuộc vào dòng chảy của bột liệu khi tháo liệu. Quá trình tháo liệu ở đây nhờ vào trọng lượng của khối bột liệu, do đó phụ thuộc vào chiều cao ( mức độ đổ đầy) của bột liệu trong silô. Chiều cao bột liệu càng lớn thì khối lượng bột liệu càng tăng, dẫn đến tốc độ dòng chảy bột liệu tăng, quá trình đồng nhất càng tốt. Nếu duy trì mức bột liệu trong silô ổn định thì quá trình tháo liệu sẽ ổn định, đảm bảo quá trình đồng nhất tốt. Do đó người ta yêu cầu giữ mức đổ đầy trên mức tối thiểu là 30%.

Có các loại silô:

- +Silô trộn đều bột liệu kiểu liên tục khoang hỗn hợp.
- +Silô trộn đều kiểu nhiều dòng điểm.

- +Silô trộn đều kiểu không chế dòng liên tục.
- +Silô kiểu buồng trộn của Claudius Petes.
- + Silô buồng đồng nhất của Claudius Petes.
- +Silô đồng nhất liên tục của Polysius.
- +Silô đồng nhất kiểu đa dòng của Polysius.
- + Silô đồng nhất kiểu điểm đa dòng của LSF.
- + Silô buồng trung tâm của IBAU.
- + Silô đồng nhất liên tục của PARTER.

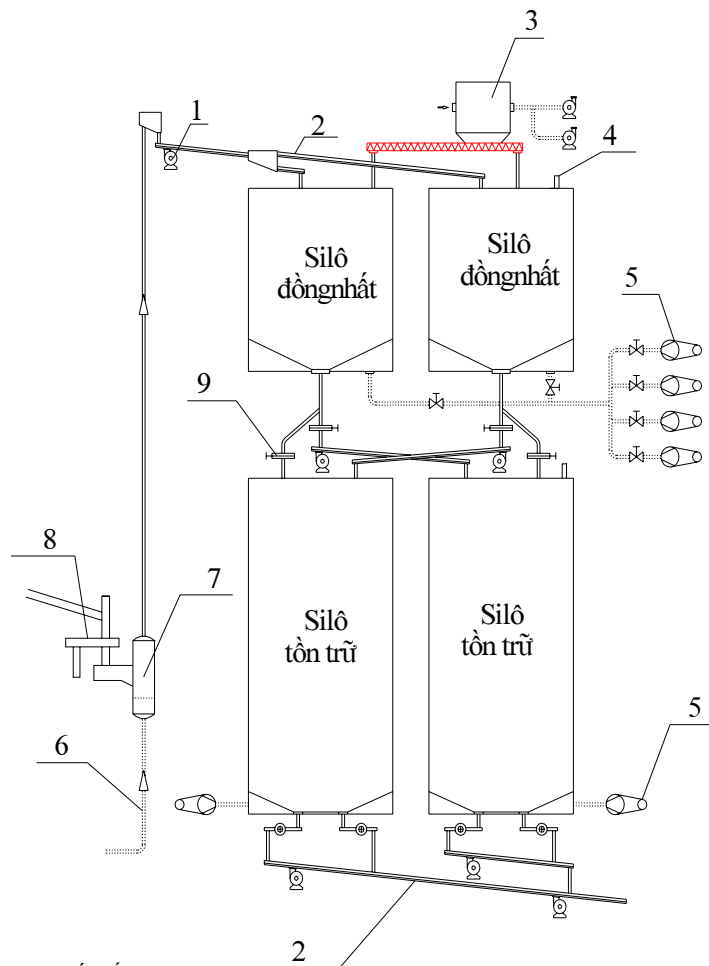
## **SILÔ TRỘN ĐỀU LIỆU SỐNG KIỂU GIÁN ĐOẠN**

### ***Silô hai tầng***

Hai silô đồng nhất nằm phía trên, đây là nơi đồng nhất bột liệu sau khi ra khỏi máy nghiền bột sống, để bột liệu có được sự đồng đều về thành phần hoá và độ ẩm. Sử dụng khí nén của các máy nén khí cung cấp để đồng nhất bột liệu ở các silô. Đáy silô có gắn các túi vải polyeste, các tấm vải bố trí theo từng múi, khí nén sục vào silô qua các túi này được thực hiện theo chu trình đồng nhất định trước. Bột được tháo xuống silô tồn trữ qua cửa đáy của silô theo hai hướng: tháo thẳng hoặc tháo chéo theo máng trượt. Trên đỉnh silô có lắp một lọc bụi tay áo để tạo áp âm cho hệ thống silô.

Ngoài ra ở đỉnh silô có lắp một thước đo định mức kiểm tra chiều cao bột trong mỗi silô, và bộ báo mức cao. Khi bột đến mức này thì bộ báo mức cao làm việc và mạch liên động tự động dừng đường nạp liệu cho silô và chuyển qua nạp liệu cho silô khác. Còn hai silô tồn trữ thì nằm phía dưới. Đây là nơi tồn trữ bột liệu để cung cấp cho lò nung. Hai silô tồn trữ có chiều cao lớn hơn hai silô đồng nhất. Hai silô này cũng sử dụng khí nén do các máy nén khí cung cấp để "*làm lỏng*" bột ở silô tồn trữ thuận tiện cho việc tháo bột liệu ra khỏi silô. Đáy silô có gắn các tấm vải polyeste, các tấm vải này được bố trí theo dạng múi và khí nén sục vào silô theo các múi này để làm "*lỏng hoá*" bột và tháo bột liên tục. Ở đáy mỗi silô có hai cửa tháo bột, dưới cửa tháo bột là cửa quay, tùy theo năng suất cung cấp cho lò nung mà ta có thể mở van theo độ mở khác nhau. Dưới các van cửa quay là các máng trượt để vận chuyển bột tới máng trượt khác rồi đến cấp liệu cho lò nung .

# SILÔ HAI TẦNG



**CHÚ THÍCH:**

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1- Khí nén             | 6- Khí cao áp      |
| 2- Máng trượt khí động | 7- Bình bơm cao áp |
| 3- Lọc bụi túi         | 8- Cấp liệu sống   |
| 4- Thiết bị báo đầy    | 9- Van cấp liệu    |
| 5- Sục khí nén         |                    |

**Hình : 2.1 : Silô hai tầng**

**Nguyên tắc làm việc**

Bột liệu đưa lên máng trượt nhờ bình bơm Aeropol. Từ máng trượt liệu rơi vào hai silô đồng nhất. Khi liệu đổ vào silô này thì silô kia tiến hành quá trình trộn đều, lấy mẫu phân tích và tháo liệu. Khi một trong hai silô có chiều cao bột đạt max thì ta tiến hành đồng nhất phối liệu bằng cách sục khí từ máy khí nén. Ngoài ra phối liệu có tít theo yêu cầu không đạt ta cũng tiến hành hiệu chỉnh tại hai silô này, nghĩa là xác định tỉ lệ cấp phối vào máy nghiền. Cỡ hạt phối liệu có thể gây ra sự phân lớp trong silô ảnh hưởng tới hiệu quả đồng nhất phối liệu.

Ở hai silô tồn trữ thì quá trình tháo và nạp liệu cũng tương tự như trên. Liệu từ hai silô đồng nhất có thể đi xuống trực tiếp hoặc có thể đi chéo qua silô kia để tăng

hiệu quả đồng nhất tốt hơn. Cũng tương tự như hai silô đồng nhất, quá trình sục khí nén đi qua các túi vải polyeste và khi một trong hai silô đạt được mức max thì quá trình tháo liệu được tiến hành. Khi silô này tháo liệu xong thì tiến hành tháo liệu silô kia và ngược lại. Hệ thống khí nén sẽ làm cho bột liệu được linh động hơn và cũng nhờ đó quá trình tháo liệu được dễ dàng hơn. Ngoài ra quá trình tháo liệu nhờ trọng lực nên có thể tháo rất nhanh.

***Ưu nhược điểm của phương pháp:***

***\*Ưu điểm:***

- +Chiếm đất ít
- +Thiết bị ít
- +Thao tác quản lý đơn giản
- +Tiêu hao điện năng thấp

***\*Nhược điểm:***

- +Chiếm không gian lớn
- +Quá trình đồng nhất không đạt hiệu quả cao.
- +Phía dưới chịu tải trọng lớn

Đây là kiểu silô được nhiều nhà máy sản xuất xi măng áp dụng, trong đó có nhà máy xi măng Hà Tiên 2.

Ví dụ thực tế :

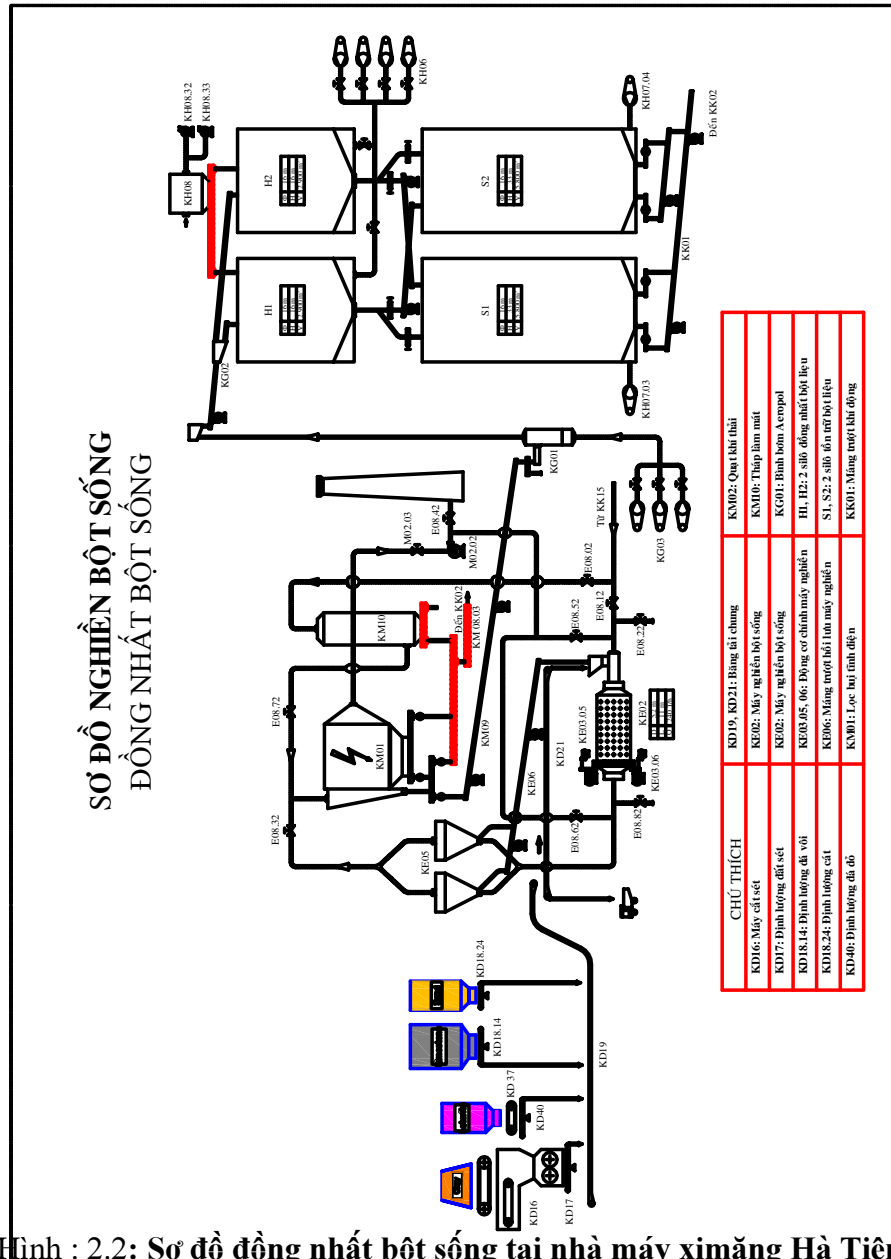
Quy trình công nghệ đồng nhất bột liệu ở nhà máy xi măng Hà Tiên 2 :

***• Thuyết minh dây chuyền công nghệ***

Ở dây chuyền sản xuất phương pháp khô này có 4 silô: hai silô đồng nhất (H1, H2 ) và hai silô tồn trữ ( S1 , S2 ). Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động giống như loại silô hai tầng ở trên .

Thông số kỹ thuật:

- \* Silô đồng nhất
  - + Đường kính silô: 16 m
  - + Chiều cao hữu dụng: 16m.



**Hình : 2.2: Sơ đồ đồng nhất bột sống tại nhà máy xi măng Hà Tiên 2**

+ Dung lượng hữu dụng:  $2900 m^3$

\* Silô tồn trữ

+ Đường kính silô: 16 m

+ Chiều cao hữu dụng: 33m

+ Dung lượng hữu dụng:  $5800 m^3$

+ Công suất của mỗi động cơ máy khí nén: 220KW.

+ Điện áp: 6.6 KV.

+ Áp lực khí nén: 2 bar

+ Lưu lượng khí nén:  $65.5 m^3 / \text{phút}$

\* Vận hành silô

+ Nạp liệu: Để cho bột liệu trong các silô không bị nén do trọng lượng của bột chứa trong silô, chiều cao chứa tối đa cho phép của silô là 70% chiều cao hữu dụng của

nó. Đối với silô (H1, H2) để quá trình đồng nhất bột liệu được tốt, thông thường chỉ nạp liệu đến (10 -11) m thì tiến hành nạp qua silô khác và cho đồng nhất silô vừa đầy.

**Chú ý :** + Không được nạp liệu vào silô (H1, H2) quá chiều cao tối đa cho phép.

+ Khi nạp liệu xong silô H thì tiến hành cho chạy máy nén sục khí vào silô đồng nhất ngay, không nên để lâu làm nhiệt độ hạ thấp, bột sẽ hút ẩm vón cục và tạo vòng trong vách silô gây nên sự tắt nghẽn các cửa tháo bột.

+ Đồng nhất: Khởi động 3 máy khí nén, theo dõi dòng của nó. Quá trình đồng nhất đạt yêu cầu sau thời gian khởi động 60 phút thì dòng động cơ của 3 máy khí nén lên khoảng 16-18A và ổn định trong suốt quá trình đồng nhất.

Sau thời gian 1.5 giờ kể từ khi bắt đầu đồng nhất, nhân viên thí nghiệm sẽ tiến hành lấy mẫu lần thứ nhất để phân tích thành phần hoá của phối liệu, sau 30 phút kế tiếp sẽ lấy mẫu lần 2 để phân tích. Thời gian đồng nhất tối thiểu cho một silô là 2h.

+ Tháo liệu: Việc tháo liệu tại 2 silô phải được kiểm tra chặt chẽ hệ thống các máng trượt, cửa tháo. Kiểm tra cửa tháo ở đáy silô (H1, H2) có mở đúng theo đường tháo bột : thẳng hoặc chéo không. Mạch điều khiển tự động sẽ làm việc theo chu kỳ 30 phút để bột nóng từ silô H1 hoặc H2 được cấp xuống đều đặn cho 2 silô tồn trữ (S1,S2) đồng thời để tạo sự đồng đều về phối liệu cho 2 silô này. Thời gian tháo hết khoảng 3-4 giờ .

Việc tháo liệu ra khỏi silô S1, S2 phụ thuộc vào yêu cầu về phối liệu chạy lò và phải chú ý đến việc tháo liệu giữa hai silô, tránh trường hợp tháo 1 silô S1 còn silô còn lại (S2) dừng lâu làm bột hút ẩm, vón cục gây tắc nghẽn các cửa tháo ở đáy silô.

Trong hai cửa quay dưới đáy silô thì 1 van đặt ở chế độ điều khiển bằng tay, độ mở khoảng 40- 60 %, còn van kia điều khiển ở chế độ tự động, độ mở van tùy theo hướng của bột liệu trong phễu cân.

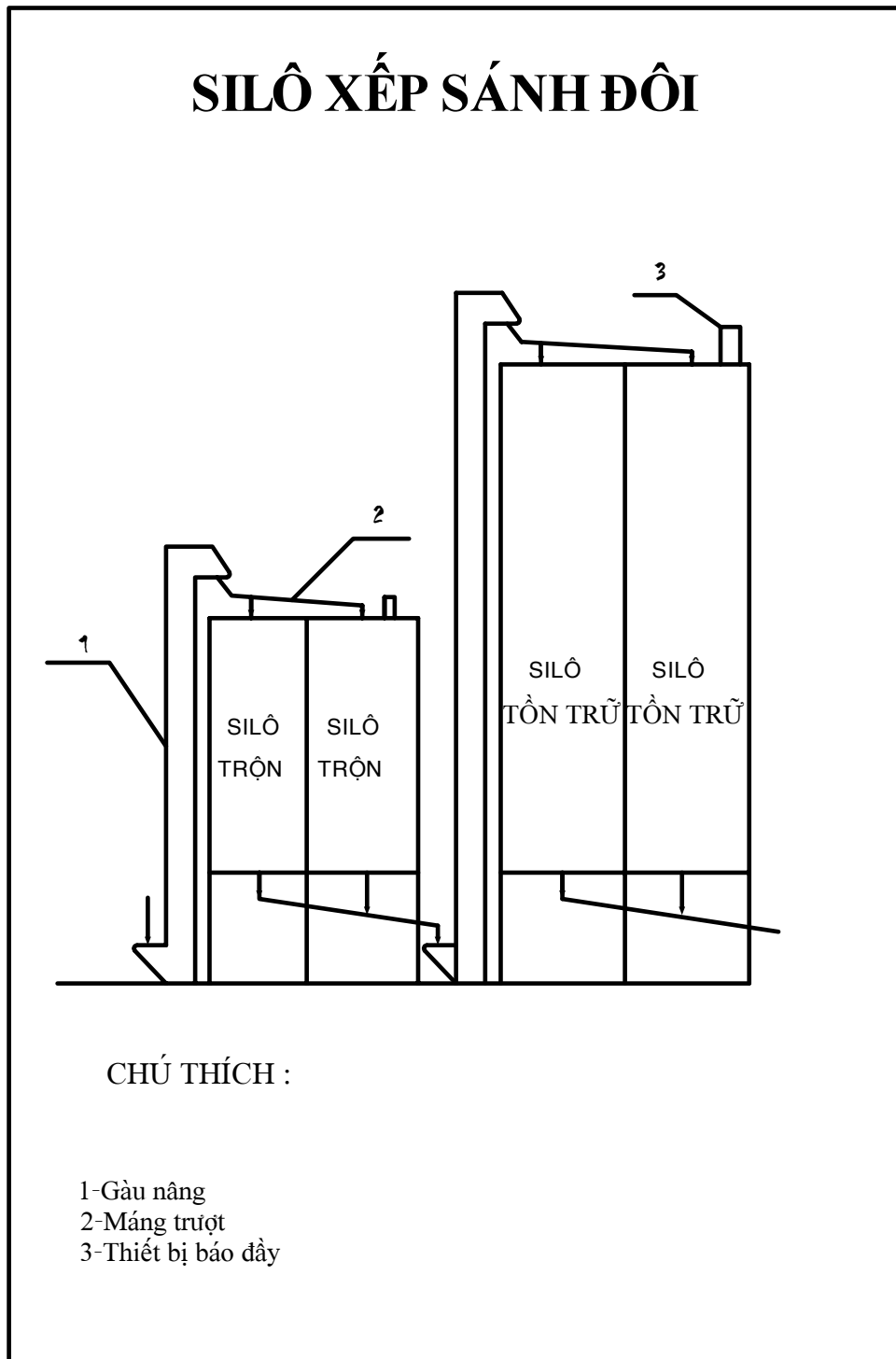
Trường hợp phối liệu đang tháo từ 1 silô H1 hoặc H2 xuống không đạt yêu cầu : các hệ số LSF, MA, MS .chênh lệch nhiều so với yêu cầu kỹ thuật thì nhân viên vận hành trung tâm tháo kết hợp cả hai silô S1 và S2 để có phối liệu chấp nhận được. Độ mở van của mỗi silô tồn trữ khi tháo kết hợp phụ thuộc vào kết quả phân tích thành phần hoá phối liệu vào lò của bộ phận thí nghiệm, nhân viên vận hành trung tâm điều chỉnh độ mở van của 2 silô cho thích hợp để có phối liệu vào lò đạt yêu cầu đề ra .

### ***.Silô xếp sánh đôi***

Được tạo thành bởi hai silô đồng nhất và hai silô tồn trữ xếp sánh đôi nhau. Thực chất loại silô này cũng tương tự loại silô hai tầng nhưng các silô không xếp chồng lên nhau mà chúng được xếp song song nhau, hai silô đồng nhất và hai silô tồn trữ được tách ra mà thôi.

Hai silô đồng nhất có kích thước nhỏ hơn hai silô tồn trữ. Đáy silô cũng có gắn các túi vải polyeste, các tấm vải được bố trí theo từng múi, khí nén từ các máy khí nén sục vào silô qua các túi này. Trên đỉnh các silô cũng có thiết bị lọc bụi tay áo để tạo áp âm cho hệ thống các silô. Trong các silô có một thước đo để kiểm tra chiều cao bột

trong mỗi silô, và có bộ báo mức cao, khi bột đến mức này thì bộ báo mức cao làm việc và mạch liên động tự động dừng đường nạp liệu cho silô.



Hình : 2.3 : Siêu sánh đôi



### ***.Nguyên tắc làm việc***

Liệu sau khi ra khỏi máy nghiền qua hệ thống phân ly sau đó đưa đến gầu nâng đưa lên cho vào máng trượt khí động đổ vào một trong hai silô đồng nhất. Khi liệu đổ vào silô này thì silô kia tiến hành quá trình trộn đều, lấy mẫu phân tích và tháo liệu. Khi một trong hai silô có chiều cao bột đạt max thì ta tiến hành đồng nhất phối liệu bằng cách sục khí từ máy khí nén. Khí nén sẽ đi qua các túi vải polyeste tạo cho lớp liệu một độ linh động nhất định và liệu sẽ đồng nhất hơn.

Ở hai silô tồn trữ thì quá trình tháo và nạp liệu cũng tương tự như trên. Liệu từ một trong hai silô đồng nhất sẽ được tháo xuống máng khí động đổ vào gầu nâng đưa lên cho vào silô tồn trữ. Cũng tương tự như hai silô đồng nhất, quá trình sục khí nén đi qua các túi vải polyeste và khi một trong hai silô đạt được mức max thì quá trình tháo liệu được tiến hành. Khi silô nay tháo liệu xong thì tiến hành tháo liệu silô kia và ngược lại. Hệ thống khí nén sẽ làm cho bột liệu được linh động hơn và cuing nhờ đó quá trình tháo liệu được dễ dàng hơn. Ngoài ra quá trình tháo liệu nhờ trọng lực nên có thể tháo rất nhanh.

### ***Ưu nhược điểm của phương pháp***

\* Ưu điểm:

- +Chiếm diện tích không gian thấp.
- +Việc xây dựng silô đơn giản hơn.
- +Ít chịu tải trọng hơn.

\*Nhược điểm:

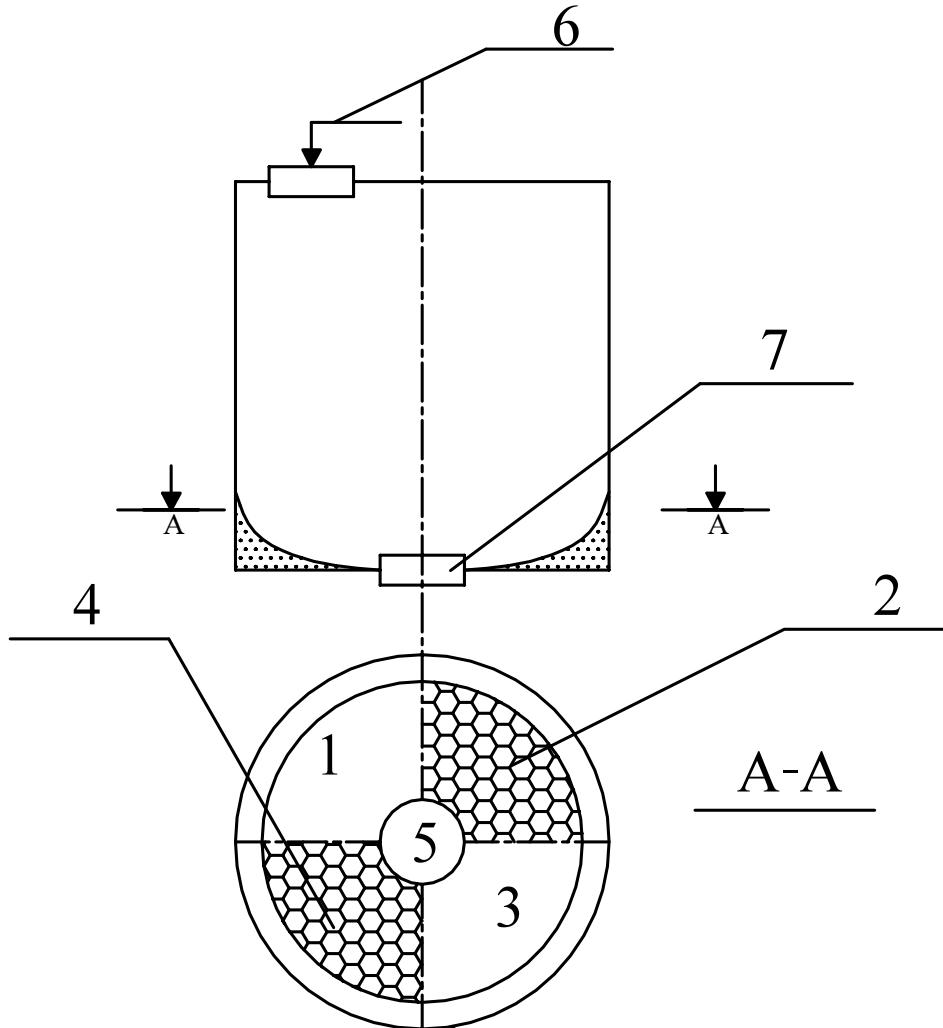
- +Chiếm diện tích đất nhiều hơn loại trên.
- +Thiết bị vận chuyển tốn kém vì phải thêm một thiết bị nâng liệu là gầu nâng.
- +Quá trình thao tác cũng tăng lên theo.
- +Tiêu tốn năng lượng cao hơn.
- +Hiệu quả đồng nhất cũng không cao

## **CÁC PHƯƠNG PHÁP SỤC KHÍ CỦA SILÔ ĐỒNG NHẤT GIÁN ĐOẠN**

### ***Hệ thống đồng nhất hoá của Polisius.***

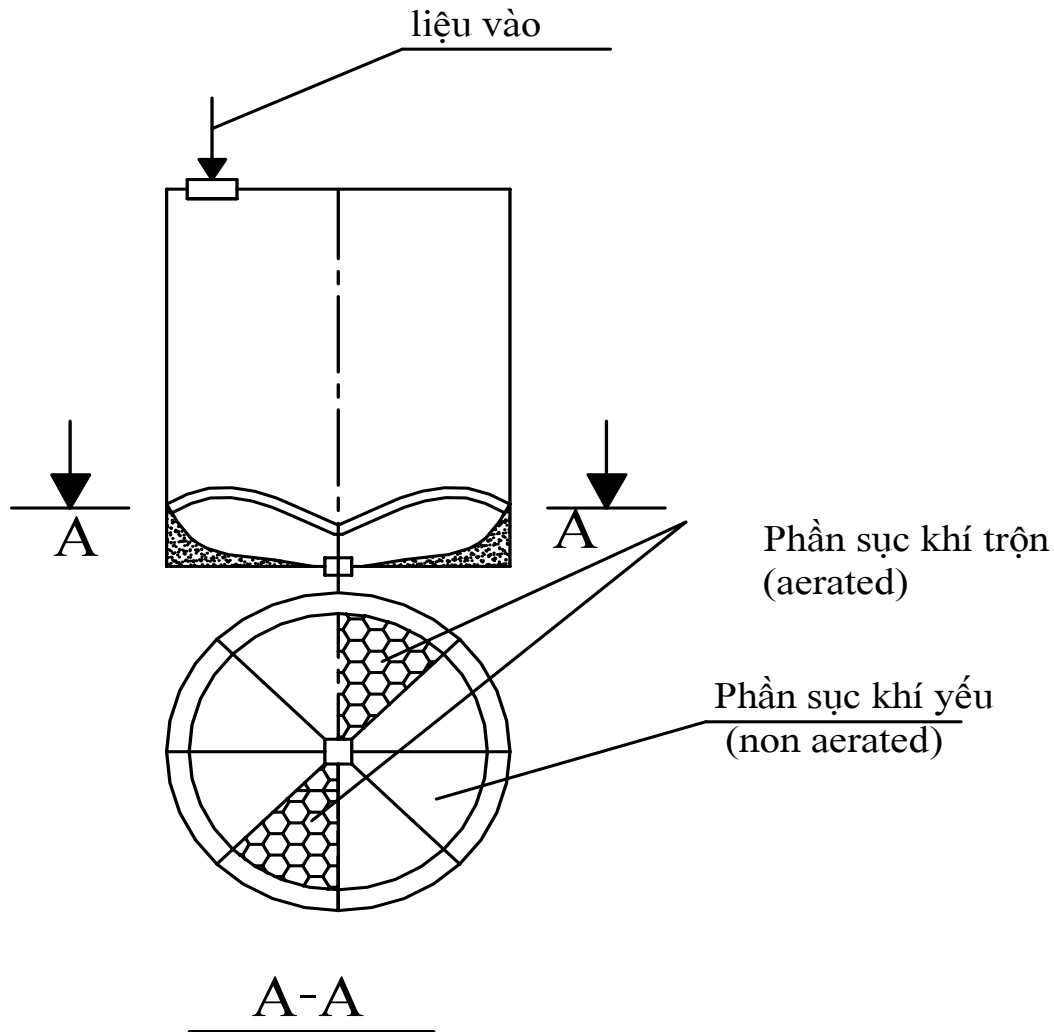
\* Hệ thống này có hai khu vực đối diện nhau và có một vùng tròn nhỏ ở đáy của silô được sục khí cùng một lúc. Trong loại silô kiểu này được chia làm 5 khu vực nhỏ, mỗi khu vực có thể được cung cấp với những lượng không khí có lưu lượng khác nhau. Khi khu vực 5( hình vẽ) được sục khí liên tục, trong suốt thời gian này, những khu vực còn lại không được sục khí. Sau khoảng một thời gian thì những khu vực còn lại bắt đầu sục khí .

- 1,3: Khu vực sục khí yếu
- 2, 4: Khu vực sục khí mạnh
- 5: Vùng sục khí liên tục
- 6: Cửa nạp liệu
- 7: Cửa tháo liệu



Hình 2.4 Hệ thống sục khí của Polissius

Ngoài ra hệ thống đồng nhất hoá kiểu Polissius còn có kiểu sục khí kiểu 1/8. Đáy của silô được chia làm 8 phần, khi hoạt động thì chỉ có 2 phần cùng được sục khí cùng một lúc. Có nghĩa là 1/4 diện tích đáy được sục khí đồng thời, nó chiếm khoảng 60 % lượng không khí, còn 3/4 diện tích đáy còn lại chỉ được sục khoảng 40% tổng lượng không khí. Ngoài ra phần được sục khí chủ yếu còn được chia ra thành các phần nhỏ, được sục khí với lượng khác nhau. Cứ cách 7-10 phút tùy theo thời gian cài đặt sẽ chuyển đổi sang phần sục khí kế tiếp. Thời gian đồng nhất, một chu kỳ khoảng 40 phút



Hình 2.5 Hệ thống sục khí 1/8 của Polisius

SILÔ ĐỒNG NHẤT BỘT LIỆU KIỂU LIÊN TỤC

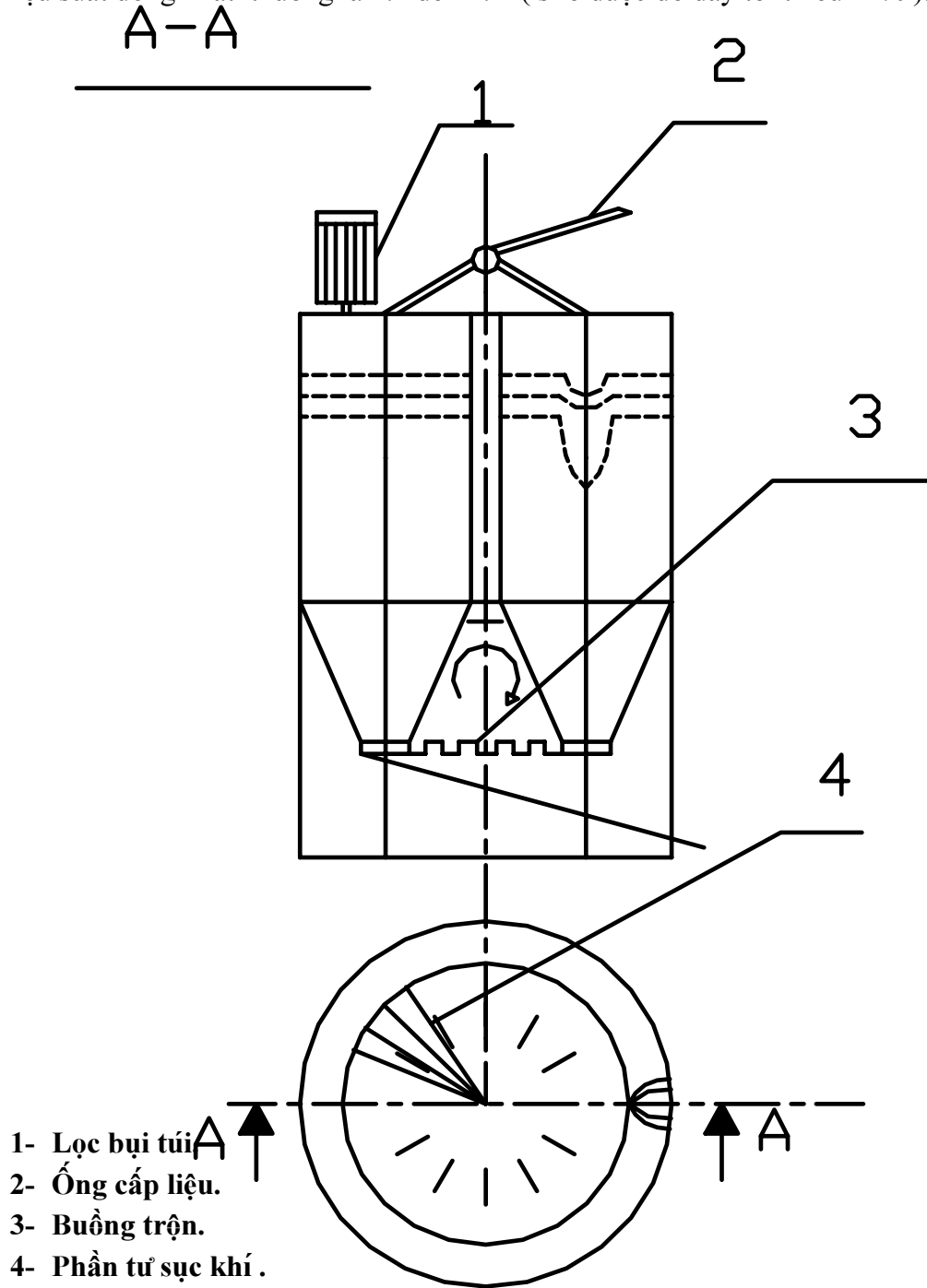
**SILÔ KIỂU BUỒNG TRỘN CỦA CLAUDIUS PETES**

Với phương pháp kiểu buồng trộn, quá trình trộn được thực hiện một cách liên tục trong suốt quá trình tháo và cấp liệu hoặc chỉ khi vật liệu được tháo từ silô. Vật liệu khi vào silô được phân phối rất đồng đều tạo thành những lớp vật liệu nằm ngang. Đáy của silô được chia làm 12 phần có các tấm đệm sục khí và một buồng trộn có hệ thống sục khí 1/4. Việc cung cấp không khí vào hoạt động của buồng trộn xảy ra một cách đồng thời và luân chuyển theo vòng tròn. Để tháo vật liệu ra khỏi silô, một phần ngoài và 1/4 hoạt động của buồng trộn được sục khí đồng thời, nhờ vậy một phần vật liệu được tạo ra bên trên phần được sục khí. Hiệu quả đồng nhất đạt được do:

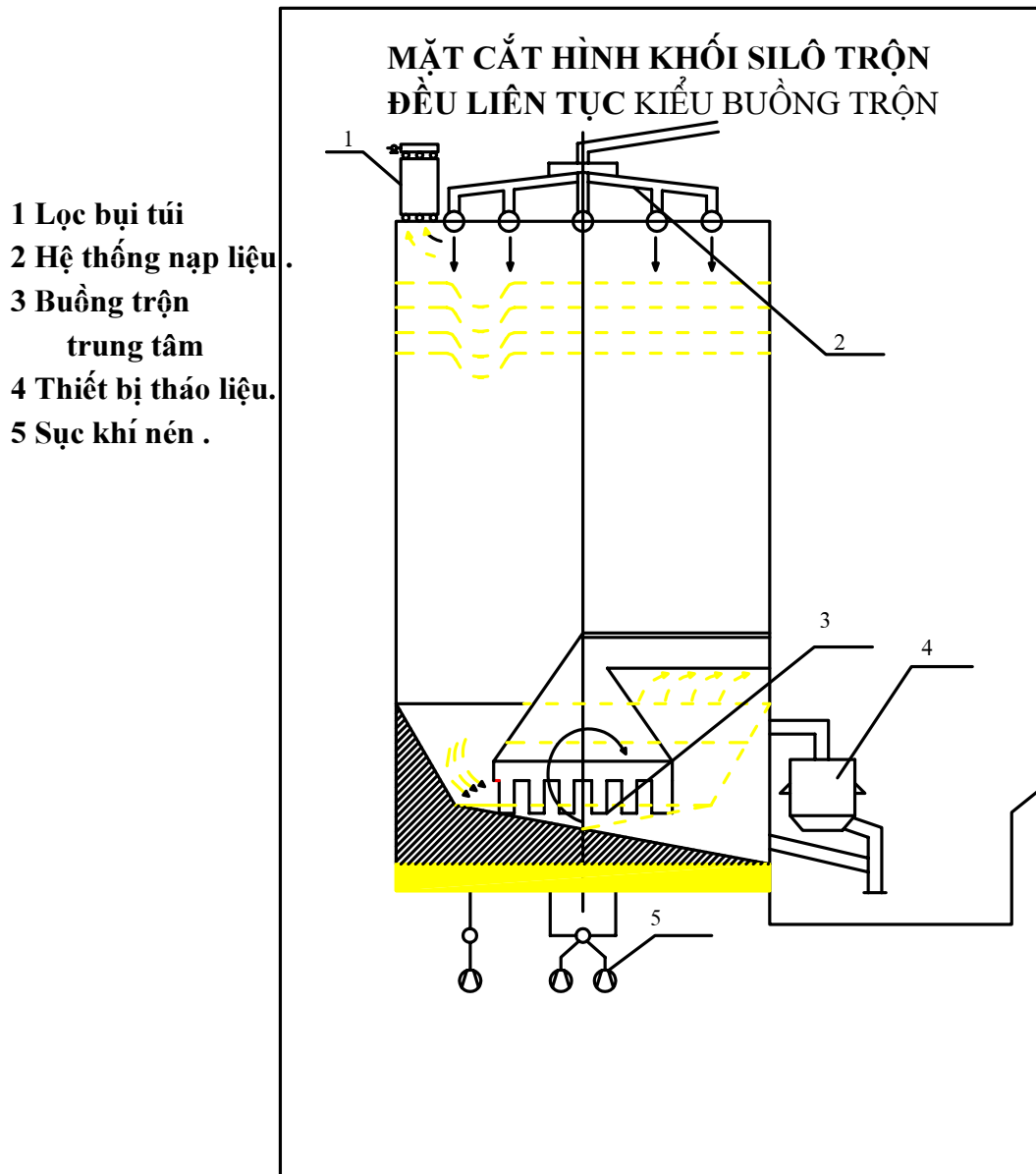
- + Sự tạo thành các phần xen kẽ gây ra bởi trọng lượng của vật liệu tháo, vì vậy các lớp bột liệu nằm ngang được trộn lẫn với nhau .

- +Tạo ra một dòng liệu xoáy trong buồng trộn do sự giảm áp suất và sự sục khí tăng cường.

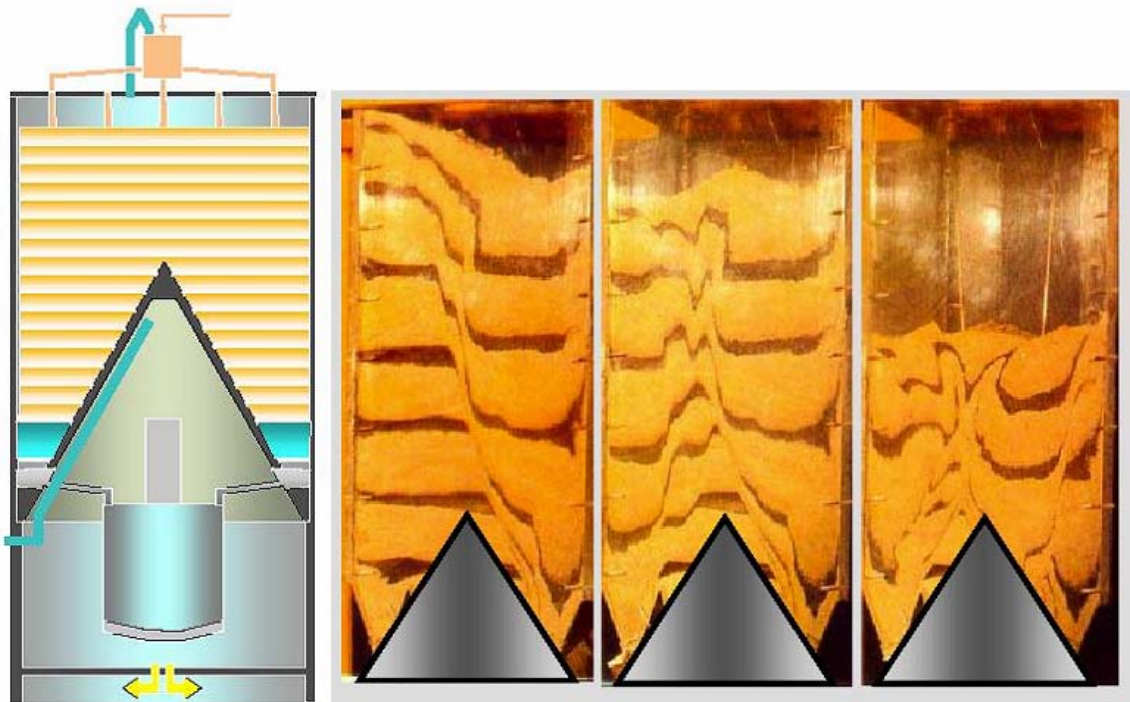
- Silô buồng trộn được lắp đặt với năng suất xấp xỉ 10.000 tấn.
- Tỷ lệ đường kính và chiều cao thường nằm trong khoảng 1 - 1.5.
- Tiêu hao năng lượng riêng 0.3 Kwh/t hoặc thấp hơn.
- Hiệu suất đồng nhất thường là 1:2 đến 1:5 ( silô được đổ đầy tối thiểu 30% ).



Hình 2.6 Silô kiểu buồng trộn của Claudius Peter



Hình 2.7 Mặt cắt silô trộn đều bột liệu liên tục kiểu buồng trộn của Claudius Peter



*Hình 2.8 Sơ đồ nguyên lý đồng nhất phối liệu bằng khí nén*

### ***Những sự cố trong vận hành silô đồng nhất liên tục***

Những sự cố thường xuất hiện trong vận hành silô đồng nhất liên tục là việc giảm dần hoặc đột ngột hiệu quả đồng nhất cũng như những rối loạn khi tháo bột liệu. Những nguyên nhân chính gây ra những rối loạn trên có thể là: ẩm, sự sục khí và silô dừng hoạt động.

#### **Ẩm**

Bột liệu có độ ẩm quá cao, có khuynh hướng dính lại với nhau và mất khả năng chảy của nó. Do đó một vài khu vực còn vật liệu trong silô là những khu vực sục khí quá yếu đến nỗi không di chuyển vật liệu đi được. Ngoài ra, vật liệu ẩm còn làm nghẹt những bộ phận sục khí.

#### **Ẩm nguyên liệu**

Giới hạn trên của độ ẩm bột liệu thường <1%. Thông thường giới hạn này bị vượt quá do quá trình sấy bột liệu chưa đủ. Đặc biệt nguy hiểm khi bột liệu quá ẩm, được sản xuất trong thời gian dài. Nhất là trong mùa mưa, cần có sự giám sát thường xuyên về độ ẩm bột liệu. Tuy nhiên, một sự cố đã xuất hiện thì silô phải được làm trống và sạch.

#### **Ẩm từ tường**

Trước đây người ta quan sát thấy rằng: Silô sau khi xây dựng một thời gian nhất định sẽ bị giảm hiệu quả đồng nhất. Nguyên nhân này do việc sấy silô không được tốt sau khi xây dựng. Trường hợp này silô phải được làm trống và làm sạch.

### **Nước xâm nhập vào silô**

Cũng có thể xảy ra hiện tượng nước xâm nhập vào silô theo các khe nứt hoặc những chỗ rò trên mái do khi lắp bộ phận nạp liệu không được làm kín tốt. Khi xảy ra hiện tượng này phải khắc phục ngay và phải làm trống và làm sạch silô.

### **Sự cố sục khí**

Việc sục khí bột liệu bằng các bộ phận ở đáy silô là rất quan trọng. Vì vậy việc phân phối khí cũng như lưu lượng và áp suất phải đúng theo yêu cầu.

Thông thường áp suất ngõ vào của bộ phận sục khí là 0.6-0.8bar, lưu lượng khí ngõ vào là 1-2 m<sup>3</sup>/ phút cho một 1 m<sup>2</sup> bề mặt sục khí. Trong trường hợp áp suất khí không đủ, một phần vật liệu còn lại trong một thời gian dài sẽ bị nén chặt do ảnh hưởng của áp lực các lớp vật liệu nằm phía trên.

Hệ thống sục khí cần kiểm tra thường xuyên bằng cách theo dõi áp suất khí trong ống dẫn, vì nó biểu hiện chính cho các sự cố về sục khí. Nếu áp suất quá thấp có thể là máy khí nén làm việc không tốt hoặc có một vài chỗ rò trong hệ thống. Trong trường hợp áp suất quá cao, có khả năng là ống dẫn, van, bộ phận phân phối khí bị nghẹt.

### **Phương pháp khô lò đứng phối liệu vào lò dạng viên**

Bột phối liệu đã đảm bảo yêu cầu kỹ thuật được đưa sang thiết bị làm ẩm tạo viên rồi đưa vào lò nung. Viên phối liệu cần có yêu cầu kỹ thuật sau:

#### **Độ ẩm vào lò**

Độ ẩm viên phối liệu vào lò càng nhỏ càng tốt. Vì giảm được nhiệt độ để bốc hơi ẩm, năng suất lò cao. Tuy vậy nếu độ ẩm nhỏ quá không đảm bảo được độ bền của viên phối liệu, dễ vỡ thành bột, ảnh hưởng đến quá trình nung luyện và năng suất lò. Độ ẩm thích hợp nhất là  $W = 10 - 12\%$ .

#### **Độ bền viên phối liệu**

Viên phối liệu sau 1 ngày phải đảm bảo cường độ  $> 0,5 \text{ kg/cm}^2$ , người ta có thể tăng độ bền bằng cách pha thêm chất hóa dẻo như: aluminic, sulphonic, ..vv.. không ảnh hưởng đến tính chất clinker và ximăng.

#### **Độ xốp của viên phối liệu**

Viên phối liệu vào lò cần đảm bảo độ xốp nhất định, nếu viên phối liệu có độ xốp nhỏ thì có độ bền tốt, nhưng sự cháy xảy ra trong viên phối liệu trở nên khó khăn, có thể cháy không hoàn toàn, ảnh hưởng đến năng suất lò và chất lượng clinker. Để tăng độ xốp người ta có thể trộn thêm 2% mùn cưa vào phối liệu.

#### **Kích thước viên phối liệu:**

Kích thước viên phối liệu có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình nung và chất lượng sản phẩm. Nếu viên phối liệu lớn quá, nung lâu, quá trình cháy xảy ra không hoàn toàn dễ bị sũng, ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng clinker. Nếu viên phối liệu

nhỏ quả thì ảnh hưởng đến thông gió của lò và sự vận chuyển nguyên liệu trong lò nhất là đối với lò đứng. Kích thước viên phối liệu thường từ (5 - 12)mm.

## **2.10 Quá trình nung luyện clinker xi măng**

Giới thiệu sơ lược các loại lò nung clinker xi măng.

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

Lò quay nung clinker theo phương pháp ướt còn gọi là lò quay có thiết bị trao đổi nhiệt bên trong. Nó là 1 ống kim loại hình trụ rỗng bằng thép dày 20 - 70mm mác CT3 và được lót gạch chịu lửa bên trong. Theo hình dáng vỏ lò chia làm hai loại: Đường kính đồng đều và không đồng đều. Lò đặt nghiêng 1 góc  $\alpha$  so với mặt phẳng ngang, góc nghiêng của lò  $\alpha = 3 - 5^{\circ}$ . Số vòng quay dao động từ 0.5 đến 4 vòng / phút. Tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính lò:  $L/D = (30 - 40)$  lần. Lò quay phương pháp ướt thường có các loại sau:  $D \times L = 3 \times 100m$ ;  $3,6 \times 120m$  ;  $4 \times 150m$  ;  $5 \times 185m$  ;  $7 \times 270m$ . Tùy theo lò có kích thước khác nhau, sẽ có năng suất khác nhau. Toàn bộ chiều dài lò được đặt trên hệ thống bộ đỡ có con lăn đặt trên các trụ lò bằng bê tông cốt thép. Số trụ lò nhiều hay ít phụ thuộc vào chiều dài và đường kính lò. Bước trụ lò từ 20m đến 25m.

Lò quay làm việc theo nguyên tắc ngược chiều, phối liệu vào đầu cao ( đầu lạnh ) của lò, clinker ra đầu thấp ( đầu nóng ) của lò, nhiên liệu và không khí đi vào đầu thấp của lò. Quá trình cháy và sự trao đổi nhiệt xảy ra theo chiều dài của lò, cuối cùng khí thải được đi ra phía đầu cao của lò. Do nhiên liệu được đốt cháy và phối liệu đi ngược chiều nhau, kết quả nguyên liệu được đốt nóng từ nhiệt độ thường đến nhiệt độ kết khối, còn khí nóng có nhiệt độ giảm dần theo chiều dài lò ra ống khói, nhiệt độ khí thải khoảng 200 - 300°C.

Dựa vào chiều dài lò quay, nhiệt độ vật liệu và dòng khí người ta phân chia lò thành 6 hoặc 8 đôn là: đôn sấy (hay zôn xích), đôn đốt nóng, đôn phân giải (hay zôn thu nhiệt hay zôn đêcacbonát), đôn tỏa nhiệt (hay zôn phản ứng pha rắn), đôn kết khối (hay zôn nung), đôn làm lạnh. Chiều dài từng đôn không hoàn toàn cố định mà thay đổi phụ thuộc vào điều kiện phối liệu, nhiên liệu, trình độ vận hành của công nhân, thường người ta phân chia như sau:

Dôn sấy và đốt nóng chiếm 50 - 60% chiều dài lò.

Dôn phân giải cacbonát chiếm 20 - 23 % chiều dài lò.

Dôn tỏa nhiệt chiếm 5 - 7% chiều dài lò.

Dôn kết khối chiếm 10 - 15% chiều dài lò.

Dôn làm lạnh chiếm 2 - 4% chiều dài lò.

Để đảm bảo tuổi thọ của lò và giảm tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh, trong lò thường tạo một lớp cô la ( lớp trám ) dày từ 100- 150mm trên bề mặt gạch chịu



lửa và làm mát vỏ lò bằng nước hay không khí. Tùy theo tính chất kỹ thuật của từng đơn mà sử dụng các loại gạch chịu lửa lót khác nhau.

Để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt trong lò người ta thường bố trí các thiết bị trao đổi nhiệt bên trong như: xích trao đổi nhiệt, các tấm bằng kim loại, gốm trao đổi nhiệt ở các đơn như đơn sấy, đơn đốt nóng. Sử dụng phổ biến là xích trao đổi nhiệt vì nó có những tác dụng sau:

- Tăng bề mặt trao đổi nhiệt, bề mặt bốc hơi ẩm cho vật liệu.
- Cản bụi mang ra ngoài.
- Va đập và tạo viên phối liệu.
- Vận chuyển phối liệu vào các zona tiếp theo đều đặn.

### **Lò quay nung clinker xi măng theo phương pháp khô**

Lò quay nung clinker xi măng theo phương pháp khô về cấu tạo thân lò và nguyên tắc làm việc ngược chiều như lò quay phương pháp ướt. Tuy nhiên cũng có những điểm khác nhau: kích thước lò rất ngắn so với lò phương pháp ướt, tỉ lệ  $L/D = 15 - 17$  lần, phổ biến là loại lò có kích thước:  $D \times L = 3,5 \times 50m ; 4 \times 60m ; 5 \times 75m$ ; Lò quay phương pháp khô có những loại sau:

**Phối liệu vào lò dạng bột mịn:** Bột phối liệu từ két chứa hoặc silô chứa có  $W = 0,5 - 1\%$  vào hệ thống cyclon trao đổi nhiệt ( tháp trao đổi nhiệt) nhờ thiết bị chuyển vận, khí nóng từ trong lò đi vào buồng khói rồi lên các cyclon, vật liệu và dòng khí chuyển động ngược chiều nhau. **Song quá trình trao đổi nhiệt giữa chúng là cùng chiều.** Do tác dụng của dòng khí vật liệu trong cyclon luôn luôn ở trạng thái lơ lửng, vì vậy sự tiếp xúc giữa dòng khí và vật liệu tốt hơn, quá trình trao đổi nhiệt giữa khí và vật liệu tốt hơn.

Hệ thống cyclon trao đổi nhiệt đặt phía đầu cao của lò, có thể là cyclon 3 bậc, 4 bậc hoặc nhiều bậc. Hiện nay cấu tạo tháp phân giải có thể:

- + Một nhánh 5 bậc một dòng.
- + Một nhánh 5 bậc hai dòng.
- + Một nhánh 5 bậc một dòng - Pre'calciner
- + Một nhánh 5 bậc hai dòng - Pre'calciner
- + Hai nhánh 5 bậc hai dòng - Pre'calciner
- + Hai nhánh 5 bậc hai dòng - Pre'calciner - by pass. ...

Ở mỗi bậc cyclon vật liệu và dòng khí có nhiệt độ xác định, nhiệt độ vật liệu được tăng dần từ trên xuống dưới, nhiệt độ dòng khí giảm dần theo chiều từ dưới đi lên. Kết quả bột phối liệu vào đầu lò có nhiệt độ  $950 - 1000^{\circ}C$  còn nhiệt độ khí thải ra là  $300 - 310^{\circ}C$ , phối liệu vào lò tiếp tục quá trình nung luyện. Hiện nay nhờ thiết kế thêm buồng đốt phụ ( pre'calciner), nên mức độ phân giải đá vôi có thể lên mức từ 90% đến 97% trước khi vào lò.

*Phối liệu vào lò dạng viên.*

Phối liệu trước khi vào lò phải qua thiết bị làm ẩm tạo viên ( nếu phối liệu dạng bột ) hoặc qua thiết bị sấy, ép lọc ( nếu phối liệu dạng bùn ); viên phối liệu vào lò phải đảm bảo  $W = 10 - 12\%$ .

### ***Lò đứng nung clinker xi măng.***

Lò đứng là 1 ống hình trụ đứng rỗng, ngoài là gạch thường (hiện nay lớp vỏ bằng thép), trong lót vật liệu cách nhiệt và gạch chịu lửa. Chiều cao và đường kính lò thường có tỉ lệ xác định  $H / D = 3,5 - 4$  lần. Tùy theo kích thước lò mà có năng suất khác nhau, để tăng hiệu quả sấy người ta thường mở rộng dôn sấy.

Lò đứng cơ khí hóa cao thường có thiết bị nạp liệu, tháo clinker hoàn toàn tự động, bột phối liệu từ silô chứa vào thiết bị làm ẩm sau đó vào thiết bị tạo viên, chuyển xuống thiết bị nạp liệu vào lò và quá trình nung luyện được tiến hành trong lò đứng tương tự như trong lò quay.

Dựa vào chiều cao lò, nhiệt độ nung mà phân chia lò đứng thành 3 hoặc 4 dôn. Phổ biến hơn là 3 dôn: dôn sấy, dôn nung và dôn làm lạnh. Để tăng cường quá trình nung trong lò đứng người ta thường đưa gió nóng hoặc gió giàu oxy vào khu nung ( thông gió phụ).

## **2.11 Quá trình hóa lý khi nung luyện clinker trong lò quay**

### ***2.11.1 Quá trình lý học***

Lò quay nung clinker làm việc theo nguyên tắc ngược chiều, sự cháy xảy ra trong khoảng 20 - 30m chiều dài lò. Tốc độ dòng khí trong lò từng khu vực khác nhau thì khác nhau, và thay đổi trong giới hạn 6 - 13m/s, tốc độ dòng khí lớn nhất là sát trục lò, tốc độ nhỏ nhất là gần lớp gạch lót thân lò, xích trao đổi nhiệt có khả năng làm tốc độ dòng khí phân bố đều theo tiết diện lò ở dôn xích.

Vật liệu chuyển động theo chiều dài của lò rất phức tạp, chủ yếu là trượt trên bề mặt lớp trám hay gạch chịu lửa với tốc độ khác nhau của những hạt vật liệu có kích thước khác nhau. Thời gian lưu vật liệu trong lò phụ thuộc vào nhiều yếu tố và có thể trong khoảng 3 - 6 giờ. Do tác dụng cơ học của màn xích và các thiết bị trao đổi nhiệt mà hệ số đỡ đẩy vật liệu của lò ở từng khu vực khác nhau thì khác nhau. Ở dôn sấy do sự tác dụng của màn xích và các thiết bị trao đổi nhiệt mà vật liệu chuyển động điều hòa, viên phối liệu cũng được tạo thành ở khu vực này. Ở dôn decacbonat 1 lượng lớn  $CO_2$  được tách ra nên tốc độ của vật liệu chuyển động tăng lên. Ở dôn kết khối có sự xuất hiện pha lỏng, đồng thời có sự dính kết các hạt clinker nhỏ thành hạt clinker lớn, do đó tốc độ chuyển động của vật liệu bị giảm. Tóm lại do nhiều yếu tố tác dụng mà vật liệu trong lò chuyển động theo dạng hình sin ( dạng sóng ).

Việc xác định nhiệt độ của vật liệu theo chiều dài lò quay một cách chính xác là một khó khăn lớn, cho đến nay vẫn còn tồn tại và tiếp tục nghiên cứu.

Ví dụ: Lò quay có  $L = 135\text{m}$ , đặc trưng cho sự thay đổi nhiệt độ của vật liệu và dòng khí như sau:

Trong khoảng 40m chiều dài lò (ở đầu lạnh của lò), nhiệt độ vật liệu thay đổi không lớn lắm (khoảng  $100^{\circ}\text{C}$ ) còn nhiệt độ dòng khí thay đổi khá lớn từ  $800^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ , ở khu vực này nhiệt cung cấp chủ yếu là để bốc hơi ẩm của phối liệu, sau khu vực này thì nhiệt độ vật liệu bắt đầu tăng nhanh. Khi vật liệu đạt nhiệt độ  $900^{\circ}\text{C}$  thì bắt đầu quá trình phân giải  $\text{CaCO}_3$ . Khi các phản ứng tỏa nhiệt xảy ra mạnh thì nhiệt độ vật liệu tăng rất nhanh đến  $1200 - 1300^{\circ}\text{C}$ , ở  $1400 - 1450^{\circ}\text{C}$  thì nhiệt độ vật liệu tăng chậm lại. Sự chênh lệch nhiệt độ của vật liệu và dòng khí ít nhất là ở đôn kết khối, còn ở các đôn khác thì chênh nhau  $400 - 600^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ tối đa của dòng khí trong lò quay phương pháp ướt là  $1700 - 1900^{\circ}\text{C}$ , còn lò quay phương pháp khô thì nhiệt độ cao hơn một chút.

### **2.11.2 Quá trình hóa học**

Ví dụ: Sản xuất clinker xi măng phương pháp ướt lò quay phối liệu  $W = 29 - 32\%$ .

*Đôn sấy* : Phối liệu vào đôn sấy ở dạng bùn lỏng, nhờ có xích trao đổi nhiệt mà cường độ sấy tăng lên, độ ẩm phối liệu giảm dần, độ nhớt tăng lên, vật liệu vón thành cục. Do tác dụng va đập của xích và sự quay của lò mà vật liệu được tạo viên có kích thước khác nhau. Độ ẩm vật liệu ra khỏi đôn xích không được thấp hơn  $8 - 10\%$ . Vì dễ xảy ra hiện tượng cháy màn xích và bụi mang ra ngoài nhiều. Cuối đôn xích nhiệt độ vật liệu đạt khoảng  $200^{\circ}\text{C}$  khi đó đất sét mất một phần tính dẻo, hạt vật liệu có kích thước tương đối nhỏ.

*Đôn đốt nóng* : Nhiệt độ vật liệu đạt  $200 - 650^{\circ}\text{C}$  .

Ở  $450 - 500^{\circ}\text{C}$  chủ yếu là mất nước hóa học của đất sét, khi đó đất sét mất hoàn toàn tính dẻo, cường độ hạt phối liệu bị giảm.

*Đôn phân giải*: Nhiệt độ vật liệu đạt  $650 - 1100^{\circ}\text{C}$ .

Ở đôn này  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{MgCO}_3$  được phân hủy hoàn toàn, đồng thời các khoáng của đất sét cũng bị phân hủy thành các ôxit riêng biệt và hoạt tính như  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , khi đó  $\text{CaO}$  kết hợp với các oxit này tạo thành các khoáng như  $\text{C}_2\text{F}$ ,  $\text{CA}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ . Quá trình tạo các khoáng trên phụ thuộc nhiệt độ và độ mịn phối liệu.

*Đôn phản ứng tỏa nhiệt* : Nhiệt độ vật liệu  $1200 - 1350^{\circ}\text{C}$ .

Các khoáng được tạo thành ở đôn này là :  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_5\text{A}_3$ , sản phẩm ra khỏi đôn tỏa nhiệt là các khoáng :  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{F}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$  ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_5\text{A}_3$  và 1 lượng  $\text{CaO}$  tự do,  $\text{MgO}$ , hạt vật liệu có kích thước  $2 - 10\text{mm}$ .

*Đôn kết khối* : Nhiệt độ vật liệu đạt  $1350^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C} - 1350^{\circ}\text{C}$

Ở 1350°C một phần vật liệu bị nóng chảy tạo chất lỏng, sản phẩm đi vào khu vực kết khối gồm:  $C_3A$ ,  $C_4AF$ ,  $C_3A_3$ ,  $C_2S$ ,  $C_2F$ ,  $MgO$  và 1 lượng  $CaO$  tự do. Khoáng chủ yếu được tạo thành ở đôn kết khối là alit do sự tác dụng của  $C_2S$  và  $CaO$  tự do khi có mặt pha lỏng trong clinker.

Quá trình tạo alit được hoàn toàn trong khoảng 15 - 25 phút. Đối với phối liệu có thành phần hóa học khác nhau thì nhiệt độ kết khối khác nhau thường khoảng 1400 - 1500°C và hàm lượng pha lỏng khoảng 15 - 30%. Nếu nhiệt độ nung quá cao, hàm lượng pha lỏng quá lớn thì clinker có thể tạo thành những cục lớn hoặc rất lớn, đồng thời có thể tạo anô trong lò, ảnh hưởng đến sự chuyển vận của vật liệu trong lò và năng suất lò. *Chất lượng clinker được đánh giá sơ bộ dựa vào kích thước hạt clinker, màu sắc và dung trọng của nó.*

Trong thực tế phối liệu nung clinker dễ kết khối khi hệ số KH thấp và hàm lượng pha lỏng trong phối liệu cao, nhưng chất lượng clinker kém. Ngược lại khi hệ số KH cao, hàm lượng pha lỏng trong clinker thấp thì phối liệu khó kết khối, nhiệt độ nung phải cao, thu được clinker chất lượng tốt.

*Đôn làm lạnh* : Nhiệt độ clinker từ 1350 - 1000°C.

Một phần pha lỏng được kết tinh, còn  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  tự do và 1 lượng nhỏ  $C_3S$  tách ra khỏi pha lỏng ở dạng tinh thể, một phần pha lỏng đóng cứng lại thành thủy tinh clinker.

### ***Quá trình hoá lý khi nung clinker trong lò đứng***

Trong thời gian hiện nay, việc sử dụng lò đứng để nung clinker xi măng hạn chế hơn lò quay vì:

Năng suất lò thấp.

Chất lượng sản phẩm khó đảm bảo và ít ổn định.

Phối liệu nung trong lò đứng cũng tương tự như trong lò quay chỉ khác là hàm lượng chất chảy trong phối liệu cần không chế thấp hơn lò quay, nếu hàm lượng chất chảy cao gây dính lò, ảnh hưởng đến năng suất và thiết bị, đây cũng là 1 trong những nguyên nhân hạn chế việc sử dụng lò đứng nung clinker xi măng.

Thuận lợi hơn là dùng phối liệu trong lò đứng có n cao và KH thấp hơn lò quay, còn  $p = 1,3 - 1,5$ . Kích thước viên phối liệu vào lò từ 5 - 12mm, để tăng hệ số đổ đầy lò thì viên phối liệu phải có kích thước khác nhau.

Ví dụ: Khi viên phối liệu có kích thước đều nhau, hệ số đổ đầy thể tích lò ở đôn canxi hóa đạt 55%, nếu viên phối liệu có kích thước 5 - 12mm thì hệ số đổ đầy tăng lên đến 65 - 70%, khi đó khả năng chuyển động xoáy của dòng khí lại càng tăng, và sự truyền nhiệt từ dòng khí cho vật liệu là tốt nhất, nếu giảm kích thước viên phối liệu xuống từ 2 - 4mm thì quá trình thông gió không tốt. Hiện nay đối với lò đứng người ta sử dụng viên phối liệu có kích thước thích hợp là 5 - 12mm. Nhiệt độ tối

đa của dòng khí trong đôn nung là  $1500^{\circ}\text{C}$ , tốc độ tạo clinker trong lò đứng phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

Tốc độ dòng khí trong lò.

Kích thước cục vật liệu.

Nhiệt độ nung trong lò ...

T toàn bộ thời gian lưu vật liệu trong lò đứng khoảng 10 - 12 giờ, thời gian lưu vật liệu trong đôn kết khối khoảng 10 - 25 phút. Nếu tăng tốc độ dòng khí, giảm kích thước viên phối liệu và hạt nhiên liệu thì sự cháy xảy ra ở đôn nung mãnh liệt và nhiệt độ nung đạt được tối đa.

Dựa vào chiều cao lò, nhiệt độ nung và quá trình hóa lý xảy ra trong lò đứng ta chia thành 3 đôn :

*Đôn sấy:* Nhiệt độ vật liệu đạt  $600^{\circ}\text{C}$  -  $1000^{\circ}\text{C}$ , hỗn hợp phối liệu mất nước cơ học, hóa học, chất bốc trong nhiên liệu bắt đầu cháy ở khu vực thiếu oxy, nhiệt độ cháy càng tăng, vật liệu chuyển dần xuống đôn nung thì sự cháy xảy ra càng đầy đủ oxy hơn, sự phân giải đá vôi, phân hủy đất sét được tiến hành và các phản ứng ở trạng thái rắn xảy ra với tốc độ tăng dần.

*Đôn nung:* Nhiệt độ vật liệu đạt  $1350$  -  $1450^{\circ}\text{C}$  -  $1350$ , các phản ứng ở trạng thái rắn tiếp tục hoàn thành, pha lỏng trong phối liệu xuất hiện CaO và  $\text{C}_2\text{S}$  khuếch tán vào pha lỏng và phản ứng tạo  $\text{C}_3\text{S}$ .

*Đôn làm lạnh :* nhiệt độ clinker từ  $1350^{\circ}\text{C}$  -  $1200^{\circ}\text{C}$  -  $100^{\circ}\text{C}$ .

Clinker từ đôn kết khối đi xuống tiếp xúc với không khí lạnh từ dưới đi lên và clinker nguội dần. Tốc độ làm lạnh clinker trong lò đứng chậm hơn lò quay. Vì vậy dễ có hiện tượng chuyển hóa một số khoáng làm giảm chất lượng clinker.

### ***Những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình nung luyện và chất lượng clinker.***

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình nung và chất lượng clinker, ở đây chỉ xét đến một số yếu tố cơ bản.

#### ***Thành phần hóa học của phối liệu***

Trong phối liệu nung clinker xi măng nếu tăng hàm lượng CaO lên nghĩa là tăng hệ số bão hòa KH, clinker sẽ chứa nhiều khoáng  $\text{C}_3\text{S}$ , chất lượng clinker tăng lên. Tuy nhiên nhiệt độ nung phải cao, thời gian lưu vật liệu trong lò phải lâu hơn, tiêu tốn nhiệt lớn, ảnh hưởng đến độ bền gạch chịu lửa lót lò và năng suất lò.

Nếu tăng hàm lượng  $\text{SiO}_2$  trong phối liệu nung clinker tức là tăng hệ số silicat, do đó trong clinker hàm lượng khoáng silicat ( $\text{C}_3\text{S} + \text{C}_2\text{S}$ ) tăng lên và hàm lượng khoáng nóng chảy ( $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ ) giảm xuống, phối liệu khó kết khối trong khi nung luyện, người ta thường khống chế  $n = 1,5 - 2,5$ ; và  $p = 1,4 - 1,8$ .

Nếu tăng hệ số p lên trong clinker xuất hiện nhiều CaO tự do, độ nhớt pha lỏng tăng, gây khó khăn cho việc tạo khoáng alit.

### ***Độ mịn của phối liệu:***

Phối liệu có độ mịn càng cao, các phản ứng xảy ra khi nung luyện clinker càng nhanh, càng triệt để, chất lượng clinker càng tốt. Nếu phối liệu có độ mịn > 100 - 120  $\mu$ K và độ đồng nhất kém thì quá trình phản ứng hóa học xảy ra không hoàn toàn, trong clinker sẽ có nhiều CaO tự do, khoáng  $C_3S$  ít,  $C_2S$  nhiều.

### ***Chế độ nung luyện clinker***

Khi nung clinker trong lò quay, thời gian lưu vật liệu trong đôn kết khối khoảng 20 - 25 phút với nhiệt độ nung  $1300^{\circ}C - 1450^{\circ}C - 1300^{\circ}C$  thì quá trình tạo khoáng xảy ra hoàn toàn. Nếu lưu vật liệu trong đôn kết khối với thời gian quá ngắn, quá trình tạo khoáng sẽ xảy ra không hoàn toàn, trong clinker sẽ xuất hiện nhiều CaO tự do, chất lượng clinker giảm. Nếu kéo dài thời gian lưu vật liệu trong đôn kết khối quá nhiều thì một số khoáng sẽ bị phân hủy trong khi nung, năng suất lò giảm, thu được clinker khó nghiền, tốn nhiệt năng.

Để tăng quá trình tạo alit trong đôn kết khối người ta thực hiện phương pháp nung nhanh bằng cách pha vào phối liệu một lượng phụ gia khoáng hóa hoặc dùng biện pháp tăng nhiệt độ nung. Ví dụ: phối liệu nung clinker gồm đá vôi và đất sét có hệ số KH = 0,95 khi nung ở các nhiệt độ sau:

$t^{\circ} = 1600^{\circ}C$  kết thúc việc tạo khoáng sau 5 - 10 phút.

$t^{\circ} = 1700 - 1800^{\circ}C$  kết thúc việc tạo khoáng sau 1 phút.

Tuy nhiên trong thực tế người ta không nung ở nhiệt độ quá cao như trên, vì một số khoáng dễ bị phân hủy giảm chất lượng clinker, thu được clinker khó nghiền, tốn nhiều nhiệt năng, ảnh hưởng đến độ bền của lò và các thiết bị khác.

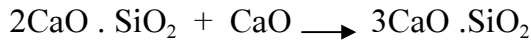
*Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian lưu lên mức độ liên kết vôi %*

Thời gian lưu (phút)	1350 $^{\circ}C$	1415 $^{\circ}C$	1450 $^{\circ}C$	1520 $^{\circ}C$
1	25	66	72,5	75,5
2	57,5	77	80,5	82,5
3	70	80,5	83	84,5
4	72,7	82	84	85,5
5	74	83	85	86,3
8	76,5	84,5	86,2	87,5
20	79	86,5	88,3	88,8

### ***Làm lạnh clinker xi măng poocăng***

Quá trình làm lạnh clinker: Làm lạnh clinker là một giai đoạn quan trọng trong quá trình sản xuất clinker, nó ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Khi làm lạnh clinker từ  $1450^{\circ}C - 1300^{\circ}C$  trong clinker vẫn còn 1 lượng pha lỏng và vẫn tiếp tục có phản ứng tạo khoáng  $C_3S$ .



Đồng thời tinh thể  $\text{C}_3\text{S}$  tách ra khỏi pha lỏng.

Khi làm lạnh clinker đến nhiệt độ  $< 1300^\circ\text{C}$  pha lỏng trong clinker một phần được kết tinh lại thành những tinh thể  $\text{C}_3\text{A}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  và  $\text{MgO}$ , còn một phần pha lỏng đóng cứng lại thành pha thủy tinh clinker. Tốc độ làm lạnh clinker có ảnh hưởng đến sự kết tinh các khoáng và hàm lượng pha thủy tinh trong clinker.

Nếu làm lạnh chậm: trong clinker sẽ chứa các tinh thể  $\text{MgO}$  có kích thước lớn (30 - 40  $\mu\text{K}$ ) hydrat hóa rất chậm khi xi măng đóng rắn, sản phẩm đóng rắn sẽ không ổn định thể tích. Mặt khác làm lạnh clinker chậm sẽ có hiện tượng chuyển hóa khoáng  $\beta\text{C}_2\text{S} \rightarrow \gamma\text{C}_2\text{S}$  và  $\text{C}_3\text{S}$  phân hủy thành  $\text{C}_2\text{S}$  và  $\text{CaO}$  tự do, hai hiện tượng trên đều làm giảm chất lượng clinker.

Nếu làm lạnh nhanh: clinker sẽ chứa tinh thể  $\text{MgO}$  có kích thước nhỏ (8 - 10  $\mu\text{K}$ ) còn 1 lượng  $\text{MgO}$  nằm trong pha thủy tinh clinker.  $\text{MgO}$  ở dạng tinh thể nhỏ dễ dàng hydrat hóa khi xi măng đóng rắn, sản phẩm đóng rắn ổn định thể tích hơn, đồng thời khi làm lạnh nhanh clinker tránh được hiện tượng chuyển hóa khoáng  $\beta\text{C}_2\text{S} \rightarrow \gamma\text{C}_2\text{S}$  và  $\text{C}_3\text{S}$  ít bị phân hủy thành  $\text{C}_2\text{S}$  và  $\text{CaO}$  tự do, vì vậy chất lượng clinker tốt hơn.

Thành phần khoáng clinker phụ thuộc tốc độ làm lạnh.

Tên khoáng	Thành phần (%) các khoáng clinker khi làm lạnh với tốc độ			
	Chậm	Trung bình	Nhanh	Rất nhanh
$\text{C}_3\text{S}$	59,8	65,2	65,2	70,0
$\text{C}_2\text{S}$	18,5	14,5	9,2	3 - 4
$\text{C}_3\text{A}$	12,8	8,0	0	0
$\text{C}_4\text{AF}$	6,1	6,1	0	0
Thủy tinh clinker	0	0	22,4	20,6

Ủ, nghiền clinker và tháo sản phẩm.

Ủ clinker: Clinker ra khỏi thiết bị làm lạnh được đưa ra kho ủ từ 7 - 10 ngày nhằm mục đích:

- + Tiếp tục làm lạnh clinker đến nhiệt độ thường.
- + Tạo điều kiện cho  $\text{CaO}$  tự do trong clinker tác dụng với hơi nước trong không khí, làm cho sản phẩm sau này ổn định thể tích khi đóng rắn.
- + Clinker dòn, dễ nghiền.

Để đạt được những mục đích trên người ta còn phun nước ở dạng sương mù vào clinker mới ra lò, như vậy hiệu quả làm lạnh clinker nhanh hơn, rút ngắn thời gian ủ, giảm diện tích kho.

Ngoài những lý do trên không cho phép nghiền clinker nóng vì thu được sản phẩm có nhiệt độ quá cao, ảnh hưởng việc đóng bao giao hàng, mặt khác nghiền clinker quá nóng, năng suất máy nghiền sẽ giảm, ảnh hưởng đến thiết bị trong máy nghiền và thạch cao hai nước có thể bị đề hydrat hóa ngay trong máy nghiền, làm giảm tác dụng điều chỉnh tốc độ đóng rắn xi măng.

#### *Đập clinker và phụ gia*

Trước khi nghiền clinker và phụ gia trong máy nghiền cần tiến hành gia công sơ bộ bằng cách đập thô clinker và phụ gia trong máy đập hàm đến kích thước đạt yêu cầu, người ta có thể đập clinker ngay sau khi ra khỏi lò nung rồi đưa vào kho ủ. Đập clinker và phụ gia trước khi nghiền rất có lợi:

- + Tăng năng suất máy nghiền.
- + Tránh được những ách tắc sự cố khi nghiền.

Thực tế cho thấy kích thước cục clinker vào máy từ 8 - 10 mm, năng suất máy nghiền tăng lên 10 - 15%, nếu kích thước cục clinker 2 - 3mm năng suất máy nghiền tăng 25 - 30 %.

#### **2.12 Nghiền clinker và phụ gia trong máy nghiền.**

Trong máy nghiền gồm: clinker, các loại phụ gia như phụ gia thủy, phụ gia điều chỉnh, phụ gia lười... Máy nghiền ngoài tác dụng nghiền mịn hỗn hợp trên còn có tác dụng trộn đều.

Cường độ xi măng, tốc độ đóng rắn phụ thuộc nhiều vào độ nghiền mịn của bột xi măng. Xi măng nghiền càng mịn quá trình đóng rắn càng nhanh, cường độ càng cao.

Thực nghiệm đã thấy rằng:

- + Độ lớn của hạt xi măng 0,005mm hydrat hóa hoàn toàn sau 2 - 3 tuần.
- + Độ lớn của hạt xi măng 0,005mm - 0,02mm, hydrat hóa hoàn toàn sau 1 - 2 tháng
- + Độ lớn của hạt xi măng 0,04 - 0,06mm, hydrat hóa bên ngoài.
- + Độ lớn của hạt xi măng 0,06 - 1mm, bị trở không hydrat hóa.

Để tăng hiệu quả nghiền người ta có thể pha thêm 1 số phụ gia hoạt tính bề mặt ( phụ gia trợ nghiền) hoặc nghiền ướt clinker trong máy nghiền. Tuy nhiên nghiền xi măng có độ mịn cao thì lượng nước trộn vữa càng lớn, khi đóng rắn tỏa nhiều nhiệt, gây hiện tượng biến dạng co của sản phẩm.

Độ mịn của xi măng còn phụ thuộc vào thành phần khoáng clinker. Clinker chứa nhiều khoáng  $C_3S$  và  $C_3A$  thì khó nghiền mịn hơn clinker chứa ít khoáng  $C_3S$  và  $C_3A$ .

Để nghiền mịn clinker xi măng người ta sử dụng máy nghiền loại nghiền khô là phổ biến, và có thể:

- + Nghiền theo công nghệ nghiền chung.
- + Nghiền theo công nghệ nghiền riêng.



## ***Làm lạnh và vận chuyển xi măng bột về silô***

Xi măng bột từ máy nghiền ra có nhiệt độ thường là  $80^{\circ}\text{C}$  -  $130^{\circ}\text{C}$  cũng có khi cao hơn, xi măng được tiếp tục làm lạnh trong các silô chứa, quá trình làm lạnh này xảy ra rất chậm. Vì vậy cần phải nhiều silô thì mới đáp ứng yêu cầu của nhà máy.

Để giảm bớt số silô chứa xi măng, trước đây ở một số nước người ta làm lạnh xi măng bằng thiết bị làm lạnh kiểu vít nằm, vít đứng, máy khuấy có nước làm lạnh bên ngoài, xi măng và nước đi ngược chiều nhau, cuối cùng nhiệt độ xi măng ra khỏi thiết bị làm lạnh là  $30^{\circ}\text{C}$  -  $50^{\circ}\text{C}$ . Xi măng bột sau khi làm lạnh được vận chuyển lên silô chứa bằng các thiết bị vận chuyển như: vít tải, băng tải, gầu nâng, khí nén ...

### **2.13 Quá trình hóa lí khi xi măng đóng rắn**

#### **2.13.1 Quá trình lý học khi đóng rắn xi măng**

Đã có rất nhiều thuyết nói về quá trình đóng rắn của xi măng cùng với những lý giải về liên kết hydrô, liên kết phối trí v.v ... Ví dụ như thuyết Le chatelier, thuyết Bai - cốp. Tuy nhiên đến nay thuyết Bai - cốp vẫn được sử dụng cho mọi chất kết dính. Thuyết này cho rằng khi đóng rắn chất kết dính chia làm 3 giai đoạn.

- + Giai đoạn 1: Gọi là giai đoạn chuẩn bị.
- + Giai đoạn 2: Gọi là giai đoạn keo hoá hay còn gọi là chu kỳ ninh kết.
- + Giai đoạn 3: Gọi là giai đoạn kết tinh hay còn gọi là chu kỳ đóng rắn

#### ***Giai đoạn 1***

Nước tiếp xúc với các hạt xi măng và ngay lập tức tham gia phản ứng hoá học với vật chất trên lớp bề mặt của hạt. Những sản phẩm hoà tan của phản ứng (kiềm, vôi, thạch cao, khoáng clinker không bền bị phân huỷ) ngay tức khắc chuyển vào dung dịch và các lớp tiếp theo của hạt xi măng lại tiếp tục phản ứng với nước. Phản ứng xảy ra liên tục cho tới khi pha lỏng trở nên bão hoà bởi sản phẩm phản ứng.

#### ***Giai đoạn 2***

Là giai đoạn trực tiếp tạo thành sản phẩm phản ứng ở trạng thái rắn mà không cần thông qua sự hoà tan trung gian của các sản phẩm ban đầu. Sản phẩm của phản ứng ở giai đoạn này nằm ở trạng thái rắn không thể bị hoà tan trong pha lỏng đã bão hoà. Vì vậy, chúng trực tiếp tách ra thành sản phẩm dạng chất rắn có kích thước hạt vô cùng nhỏ - trạng thái phân tán mịn tạo nên hệ keo dưới dạng các gel. Trong suốt quá trình này, bản tính linh động của hồ nhão xi măng dần dần bị ninh kết nhưng chưa tạo cho hồ xi măng có cường độ. Bởi vậy giai đoạn này còn được gọi là chu kỳ ninh kết, còn giai đoạn 1 gọi là quá trình hoá học.

### **Giai đoạn 3**

Những hạt keo dạng gel dần dần mất nước, sít chặt lại tạo nên vữa bắt đầu phát triển cường độ nhưng còn yếu. Từ gel mất nước, hạt vật chất vô cùng nhỏ trở thành tâm của những mầm tinh thể vật chất mới bị kết tinh và phát triển kích thước tạo nên vật liệu xi măng có cường độ phát triển theo thời gian và sự kết tinh toàn khối vật liệu. Khi vật liệu kết tinh hết thì kết thúc quá trình đóng rắn làm cho xi măng hoá đá có độ bền rất cao. Có thể tóm tắt như sau:

<i>Hydrat hoá (sol)</i>	<i>Gel</i>	<i>Keo tụ</i>	<i>Kết tinh</i>
<i>Vữa linh động</i>	<i>Bắt đầu ninh kết</i>	<i>Kết thúc ninh kết</i>	<i>Đóng rắn</i>
<i>Quá trình ninh kết</i>		<i>Quá trình đóng rắn</i>	

#### **2.13.2 Quá trình hoá học khi đóng rắn xi măng**

Xi măng có nhiều thành phần hóa và thành phần khoáng. Vì vậy, khi xi măng phản ứng hoá học với nước thì nó cũng xảy ra rất phức tạp. Khi trộn xi măng với nước, các thành phần khoáng riêng biệt đồng thời tác dụng với nước song song với nhau. Sau đó các sản phẩm hydrat lại tác dụng với nhau hay sản phẩm hydrat của xi măng phản ứng với những thành phần hoạt tính trong phụ gia lúc nghiền v.v ...

Theo I.un, quá trình hoá học xảy ra hai giai đoạn :

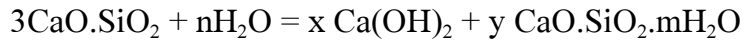
**Giai đoạn đầu:** Gọi là phản ứng sơ cấp. Chủ yếu các khoáng xi măng phản ứng thuỷ phân hay thuỷ hoá với nước.

**Giai đoạn thứ hai:** Gọi là phản ứng thứ cấp. Các sản phẩm thuỷ phân, thuỷ hoá của xi măng tác dụng tương hỗ với nhau hay tác dụng với các phụ gia hoạt tính trong xi măng.

Đối với xi măng portland thường, giai đoạn đầu là giai đoạn chủ yếu. Đầu giai đoạn hai là quá trình đóng rắn xi măng Portland. Quá trình phản ứng giữa phụ gia nghiền trong xi măng với các sản phẩm hydrat khoáng xi măng chỉ xảy ra đối với xi măng portland xỉ, xi măng portland puzolan, xi măng portland cacbonat. Nếu xi măng portland pha 10% đến 15% các loại phụ gia hoạt tính thì vẫn có quá trình phản ứng. I.un đã phân tích và tóm tắt quá trình hydrat hoá của từng khoáng xi măng như sau:

#### **Khoáng $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ ( $\text{C}_3\text{S}$ )**

$\text{C}_3\text{S}$  phản ứng thuỷ phân với nước tạo thành hydrosilicat canxi có tỉ lệ phân tử  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 < 3$



Trong đó:  $x + y = 3$

$$m = n - 2.x$$

Đa số tài liệu cho rằng sản phẩm hydrosilicat canxi do  $\text{C}_3\text{S}$  thủy phân là  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$ . Trị số  $m$  thực tế rất giao động. Theo Tôrôpôp và Bêlakin,  $m$  có thể từ 1 đến 4 mol  $\text{H}_2\text{O}$  cho 1 mol  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ .

Một số tài liệu nghiên cứu sự thủy phân  $\text{C}_3\text{S}$  thành hydrosilicat canxi có tỉ lệ  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3/2$



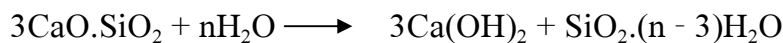
$3\text{CaO}.2\text{SiO}_2.2\text{H}_2\text{O}$  viết tắt là  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_2$  gọi là aprinit

Có rất nhiều tranh cãi về trạng thái của sản phẩm thủy phân  $\text{C}_3\text{S}$ . Có tác giả cho rằng hydrosilicat canxi tạo thành ở trạng thái keo, cũng có tác giả lại cho rằng hydrosilicat canxi tách ra ở dạng tinh thể. Tuy nhiên, kích thước của chúng thuộc hệ keo, vì vậy người ta đã kết luận là: Hydrosilicat canxi tách ra có kích thước trạng thái keo.

Khi nghiên cứu bằng kính hiển vi điện tử cũng cho kết quả không nhất quán. Một số tác giả quan sát thấy hydrosilicat canxi trạng thái  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$  thể hiện rõ ràng cấu trúc tinh thể là những hạt tấm hình thoi tập hợp dính kết lại với nhau. Tuy nhiên, cũng có một số tác giả quan sát thấy hydrosilicat canxi ở trạng thái  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$  là hình cầu dạng gel keo, còn cấu trúc tinh thể tấm hình thoi thực chất là tinh thể  $\text{CaCO}_3$  do cacbonat hoá  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Vì vậy, ta tạm chấp nhận  $2\text{CaO}.\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$  tách ra ở dạng keo hay những hạt phân tán mịn có kích thước vô cùng nhỏ thuộc trạng thái keo.

Theo Vet, tùy điều kiện môi trường khi hydrat, điều kiện đóng rắn và nồng độ vôi trong pha lỏng mà các khoáng  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$  thực hiện phản ứng thủy phân hay thủy hoá.

Khoáng  $\text{C}_3\text{S}$  và  $\text{C}_2\text{S}$  thủy phân toàn phần khi có dư nước.



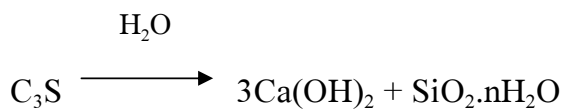
Trong thực tế 2 phản ứng trên không xảy ra đến cùng, vì pha lỏng dần dần bão hoà làm cho phản ứng ngừng hay chậm lại. Do đó tùy theo nồng độ vôi trong pha lỏng mà  $C_3S$  xảy ra các phản ứng khác nhau.

Tạo thành  $CaO.SiO_2.H_2O$  (CSH) là khoáng bền. Khi tỉ lệ  $CaO/SiO_2 = 0,8$  đến 1,5 ứng với nồng độ vôi trong pha lỏng bằng 0,08 (1,1 gam  $CaO/lít$ )

Khi nồng độ vôi là 1,1 g/l tính theo  $CaO$  thì hydrosilicat canxi có công thức là:  $2CaO.SiO_2.2H_2O$  ( $C_2SH_2$ )

Tổng hợp quá trình như sau:

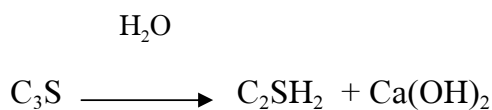
+ Nồng độ  $CaO < 0.08$  g/l phản ứng xảy ra như sau:



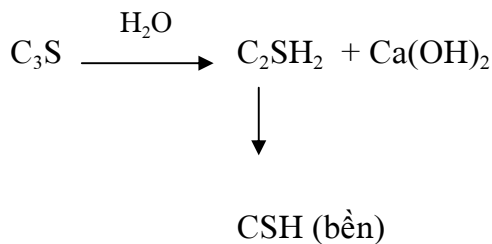
+ Nồng độ  $CaO = 0.08$  g/l phản ứng xảy ra như sau:



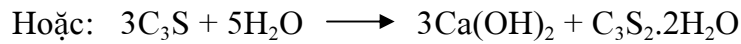
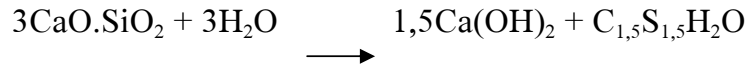
+ Nồng độ  $CaO = 1,1$  g/l phản ứng xảy ra như sau:



Điều kiện thực tế sẽ theo sơ đồ sau:



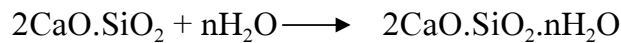
Cũng có một số tác giả nêu lên hệ số cụ thể là:



Tóm lại phản ứng hoá học giữa  $\text{C}_3\text{S}$  với nước luôn có  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  trong pha rắn. Đây chính là tính chất riêng biệt của  $\text{C}_3\text{S}$  khi tác dụng với nước bao giờ cũng sinh ra phản ứng thuỷ phân.

### **Khoáng $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ ( $\text{C}_2\text{S}$ )**

Theo I.un khoáng này chủ yếu thuỷ hoá.

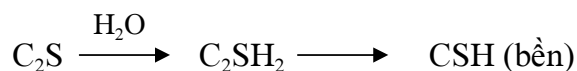


Nhiều tác giả đều thống nhất rằng: Nếu thuỷ hoá khi cho ít nước thì không thấy  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tiết ra. Nếu ta lắc liên tục  $\text{C}_2\text{S}$  trong nước vôi có hàm lượng  $\text{CaO}$  là 0,4 g/l thì vôi trong kết tủa không tan ra dung dịch, nếu tăng nồng độ vôi trong dung dịch lên 0,6 g/l và cũng lắc  $\text{C}_2\text{S}$  liên tục thì vôi trong sẽ bị kết tủa hấp thụ lắng đọng lại.

Theo Vet,  $\text{C}_2\text{S}$  khi tác dụng với nước cũng tương tự như  $\text{C}_3\text{S}$ , nghĩa là nếu như nhiều nước và lắc liên tục thì chúng cũng sẽ bị thuỷ phân.



Thông thường, với nồng độ  $\text{CaO}$  nhất định trong dung dịch thì có thể có theo sơ đồ

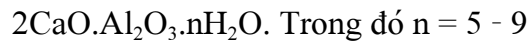
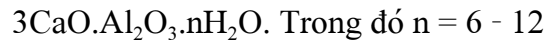
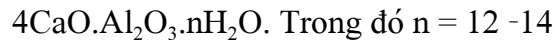


Hydrosilicat canxi là một trong số những vật chất tạo nên tính chất dính kết bảo đảm cho đá xi măng phát triển cường độ và có độ bền vĩnh cửu.

### **Khoáng aluminat canxi ( $\text{C}_3\text{A}$ ).**

Theo I.Un, kết quả hydrat  $\text{C}_3\text{A}$  tạo nên hydroaluminatcanxi khác hẳn hydrosilicat canxi ở chỗ hydroaluminat canxi rất nhạy dẫn đến kết tinh tạo tinh thể mới. Cấu trúc tinh thể của chúng có 2 nhóm .

Nhóm tám Hecxa và nhóm tám giả Hecxa. Vì vậy, tùy điều kiện có thể có hydroaluminat canxi như sau:



Ngoài 2 cấu trúc Hecxa nói trên còn có cấu trúc khối lập phương  $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ .

Khi nghiên cứu cấu trúc bằng Rơnghen, nhiều tác giả phát hiện thấy hydroaluminatcanxi chỉ có 2 loại cấu trúc tám gồm có 2 lớp Hecxa của  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  và  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .



**Khi nghiên cứu hệ  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$** , người ta thấy rằng ở nhiệt độ  $21^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$ , pha bền vững chủ yếu là Gipxit ( $\text{Al}_2\text{O}_3.3\text{H}_2\text{O}$ ), khi nồng độ CaO là 0,33 g/l. Nếu nồng độ CaO lớn hơn 0,33 g/l thì có dạng  $3\text{CaO}.\text{SiO}_2.6\text{H}_2\text{O}$  kết tinh dạng tinh thể khối lập phương tách ra ở pha rắn và  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tách ra ở pha rắn.

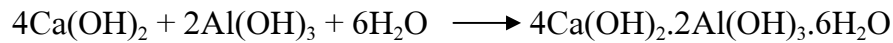
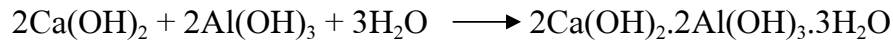
Hydroaluminat 2canxi hay 4 canxi trong hệ này là hợp chất không bền. Vì vậy, thành phần hydroaluminat canxi phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Tỷ lệ pha rắn  $\text{C}_3\text{A}$  và pha lỏng là nước, nồng độ CaO trong dung dịch rắn, nhiệt độ thực hiện quá trình.v.v...

Ở nhiệt độ thấp  $< 25^\circ\text{C}$ , dạng hydroaluminat thu được chủ yếu là hình tám. Ở nhiệt độ cao  $> 25^\circ\text{C}$  hydroaluminat ở dạng hình khối  $\text{C}_3\text{AH}_6$  còn dạng Hecxa là giả bền sẽ mau chóng chuyển sang dạng khối .

Khoáng  $\text{C}_5\text{A}_3$  có thể có trong clinker xi măng (có tài liệu gọi là  $\text{C}_{12}\text{A}_7$ ) khi tác dụng với nước sẽ bị thủy phân tạo nên hydroaluminat kiềm cao  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 5,3$  và thoát ra  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Cấu trúc hydroaluminat  $\text{C}_5\text{A}_3$  lúc thủy phân là dạng khối  $\text{C}_3\text{AH}_6$ .

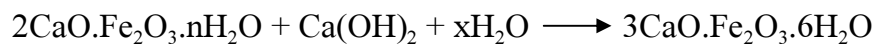
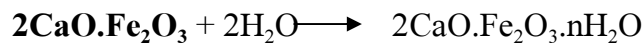
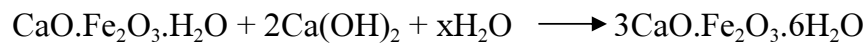
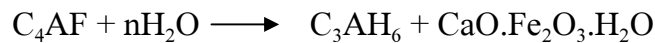


Trong quá trình xảy ra đóng rắn bột xi măng,  $\text{Al(OH)}_3$  có thể phản ứng với  $\text{Ca(OH)}_2$  do quá trình hydrat hoá khoáng silicat tạo ra để tổng hợp thành hydroaluminat 2 canxi hay 4 canxi.



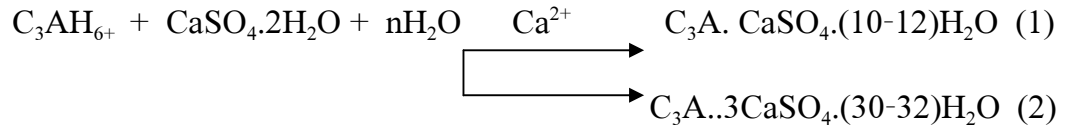
### Khoáng alumopherit canxi ( $\text{C}_4\text{AF}$ )

Trong clinker ngoài  $\text{C}_4\text{AF}$  có thể có  $\text{C}_2\text{F}$ . Các khoáng này vừa tham gia phản ứng thuỷ phân vừa tham gia phản ứng thuỷ hoá để tạo thành hydroaluminat canxi và hydropherit canxi



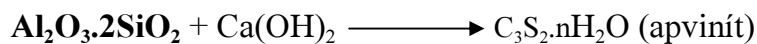
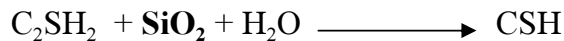
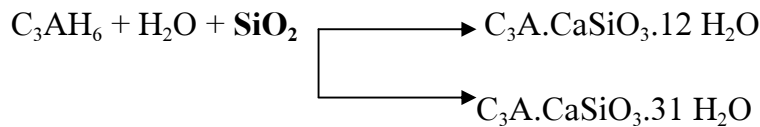
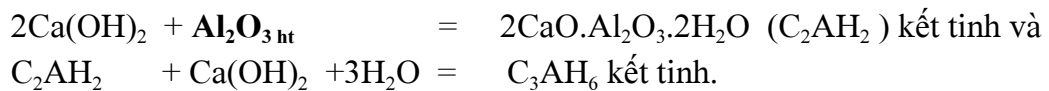
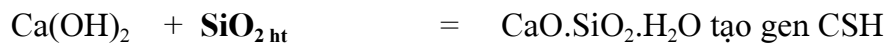
Thành phần các	Kết quả nghiên cứu trong hệ	
hydrosilicat canxi khi các khoáng silicat tác dụng với nước	CaO - SiO <sub>2</sub> - H <sub>2</sub> O của các tác giả sau	
$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1,1\text{H}_2\text{O}$	Bog	Taylor
$(0,8 - 1,5) \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot (0,5 - 2,5)\text{H}_2\text{O}$	$\text{CSH}_{(A)}$	CSH
$(1,7 - 2) \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot (2 - 4)\text{H}_2\text{O}$	$\text{CSH}_{(B)}$	$\text{CSH}_{(I)}$
$(1,8 - 2,4) \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot (1 - 1,25)\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_2\text{SH}_8$	$\text{CSH}_{(II)}$
	$\text{C}_2\text{SH}_A$	$\text{CS}\alpha$

**Giai đoạn 2:** Các sản phẩm thủy hoá ở trên tác dụng với các loại phụ gia:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$  ht ...



**(1) Tạo thành khi nồng độ vôi và nồng độ  $\text{SO}_4^{2-}$  chưa bão hoà.  $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot (10-12)\text{H}_2\text{O}$  dạng keo sét đặc.**

**(2) Tạo thành khi nồng độ vôi và nồng độ  $\text{SO}_4^{2-}$  bão hoà.  $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot (30-32)\text{H}_2\text{O}$  có tên ettringít, nó trương nở thể tích từ ( 2 - 7,5) lần so với dạng 1.**



## 2.14 Các dạng ăn mòn và biện pháp bảo vệ đá xi măng

Tuổi thọ của các công trình phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Các nhà xây dựng thường tìm mọi cách để kéo dài tuổi thọ của công trình. Vì trong các cấu kiện bê tông, xi măng chiếm một tỉ lệ rất nhỏ nhưng lại có giá thành rất đắt. Thông thường nó chỉ chiếm 1/7-1/8 khối lượng bê tông nhưng lại chiếm trên 2/3 tổng giá thành vật liệu chế tạo bê tông. Một trong những biện pháp đó là ngăn chặn và kìm hãm các yếu tố ăn mòn và xâm thực bê tông, bê tông cốt thép.

Quá trình ăn mòn này thường do các nhân tố ăn mòn (các chất khí, chất lỏng) có



trong môi trường tác dụng lên các bộ phận cấu thành đá ximăng, bê tông hay bê tông cốt thép. Để tăng độ bền vững của đá ximăng portland trong các môi trường ngoài việc cho thêm phụ gia người ta còn không chế thành phần khoáng của ximăng portland cho thích hợp.

Ví dụ: Trong môi trường sulphat sẽ giảm hàm lượng  $C_3A$ ,  $C_3S$  và cho thêm các chất độn chống thấm nước đồng thời khi sản xuất bê tông cần đầm kỹ bằng máy và cách ly mặt ngoài bằng các chất không thấm nước như: nhựa đường, bitum v.v ...

Tuy nhiên thời gian có hạn nên với nhiệm vụ được giao tôi chỉ đề cập đến loại phụ gia thuỷ đưa vào ximăng và xét ảnh hưởng của chúng đến độ bền về xâm thực và ăn mòn trong các môi trường khác nhau.

### **2.14.1 Ăn mòn dạng 1**

Ăn mòn dạng 1 được xác định bằng quá trình nhả vôi. Sản phẩm hydrat hoá cả ximăng thường bị hoà tan ở trong nước, đặc biệt là  $Ca(OH)_2$ . Vì vậy độ hoà tan của các sản phẩm thể hiện khả năng ăn mòn đá ximăng.

Hàm lượng  $CaO_{td}$  và hàm lượng những khoáng khi thuỷ phân tách ion  $Ca^{2+}$  sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến cường độ của quá trình nhả vôi. Do đó, sự chống lại ăn mòn dạng này được xác định bởi độ bền khi thuỷ phân của các khoáng trong đá ximăng.

Vào đầu thế kỷ XX, các nhà bác học đã đặc biệt chú ý đến sự nguy hiểm của ăn mòn do quá trình nhả vôi.

Tất cả các công trình bê tông từ ximăng portland không thể tránh khỏi sự nhả vôi, đến một khoảng thời gian nào đó các liên kết sẽ mất, công trình sẽ bị phá huỷ. Thực tế đã có nhiều công trình bị phá huỷ như vậy, sự phá huỷ này được thể hiện bằng sự hoà tan vôi xảy ra từ bản chất ximăng Portland. Quá trình hoà tan này xảy ra khá lâu vì trong tự nhiên luôn có một số yếu tố làm hãm một cách bất thường các quá trình nhả vôi.

Có thể nói, dựa vào vẻ bề ngoài của các công trình bị ăn mòn mà người ta nói rằng ăn mòn dạng này là "sự chết trắng" của bê tông. Vì thực tế, bề mặt bê tông có màu trắng. Đó là do  $Ca(OH)_2$  tách ra từ bên trong tác dụng với  $CO_2$  của môi trường tạo nên kết tủa có màu trắng. Điều này chứng tỏ quá trình phá hoại xảy ra trong sâu của cấu trúc. Để đánh giá mức độ nguy hiểm của quá trình phá huỷ người ta phân tích điều kiện tương tác của nước với bê tông, cường độ thấm của nước sự thay đổi tốc độ thấm theo thời gian chiều dày cấu kiện và những tình huống khác.

### **2.14.2 Độ hoà tan của đá ximăng và sự cân bằng trong hệ "những sản phẩm thuỷ hoá - nước"**

Đá ximăng không phải là vật thể đồng nhất, nó không cùng cấu trúc, tính chất nên

khi tiếp xúc với  $\text{Ca(OH)}_2$  bão hoà thì đồng thời những sản phẩm thuỷ hoá, những hạt clinker không thuỷ hoá cùng tồn tại. Hệ phức tạp này ở trạng thái cân bằng không bền. Trong đó diễn ra những thay đổi không ngừng. Dưới tác dụng của nước những phần tử nào đó bị phá vỡ và tất cả hệ chịu sự thay đổi nhất định sẽ chuyển sang trạng thái cân bằng mới, ứng với những điều kiện cân bằng mới.

Xét quá trình ăn mòn đá xi măng tạo thành từ những sản phẩm hydrat hoá các khoáng clinker xi măng portland và từ một phần các hạt clinker không hydrat hoá.

Độ hoà tan của  $\text{Ca(OH)}_2$  trong nước cất ở  $20^\circ\text{C}$  bằng 1.18 g/l tính theo CaO. Còn trong các khoáng thì  $\text{Ca(OH)}_2$  có độ hoà tan lớn nhất, đây chính là cơ sở để điều chỉnh sự cân bằng của hệ: Đá xi măng - nước. Số lượng  $\text{Ca(OH)}_2$  trong đá xi măng portland sau một tháng đóng rắn chiếm 9 - 11% còn sau một tháng đạt 15% khối lượng xi măng.

Nước có thể tác dụng lên đá xi măng để tạo dung dịch quá bão hoà với nồng độ 1,6 - 1,7 g/l và có thể lên đến 1,9 g/l.

Sự có mặt của các muối trong dung dịch gây ảnh hưởng đáng kể đến độ hoà tan của  $\text{Ca(OH)}_2$ , các ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$  làm giảm độ hoà tan, còn những ion lạ như:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  làm tăng độ hoà tan của  $\text{Ca(OH)}_2$ .

- Ví dụ: + Trong 1 lit dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1% có 2,14 gam CaO bị hoà tan.
- + Trong 1 lit dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  2% có 3 gam CaO bị hoà tan.
- + Trong 1 lit dung dịch NaOH 5 gam/lit có 0.18 gam CaO bị hoà tan.

$\text{Ca(OH)}_2$  và những thành phần khác của đá xi măng càng dễ bị hoà tan thì cường độ ăn mòn dạng 1 càng tăng và tốc độ phá huỷ bê tông càng lớn.

Quá trình nhả vôi từ đá xi măng như sau: Đầu tiên  $\text{CaO}_{\text{td}}$  chuyển vào dung dịch đến khi đạt được một nồng độ đủ lớn thì sự thuỷ phân các hydrosilicat và hydroaluminat bắt đầu kèm theo sự tách  $\text{Ca(OH)}_2$ . Tùy theo mức độ tăng nồng độ CaO trong dung dịch tiếp xúc với đá xi măng mà diễn ra sự thuỷ phân các hydrat khác. Những sản phẩm hydrat và các khoáng clinker xi măng portland chỉ tồn tại bền trong dung dịch có nồng độ  $\text{Ca(OH)}_2$  nhất định.

Thông thường đối với dung dịch có cùng một nồng độ CaO thì các hydrocanxisilicat và hydrocanxialuminat có độ basit cao sẽ kém bền hơn so với các hydrocanxisilicat và hydrocanxialuminat có độ basit thấp. Chúng dễ bị phân huỷ thành các hydrocanxisilicat và hydrocanxialuminat có độ basit thấp

Ví dụ: + Khi nồng độ CaO < 1.1 gam/lit các hydrocanxisilicat có độ basit cao sẽ chuyển thành các hydrocanxisilicat có độ basit thấp.

+ Khi nồng độ CaO < 1.08 gam/lit thì hydrocanxialuminat có độ basit cao ( $C_4AH_n$ ) sẽ chuyển thành hydrocanxialuminat có độ basit thấp ( $C_3AH_6$ )

Mỗi khoáng nó chỉ bền trong một dung dịch  $Ca(OH)_2$  có nồng độ nhất định, nếu giảm nồng độ của dung dịch  $Ca(OH)_2$  thì các khoáng này sẽ bị phân huỷ và thông thường kèm theo sự tách  $Ca(OH)_2$ .

Ví dụ: + Từ hydrosilicat ít bền nhất trong quá trình hydrat hoá xi măng, hydratsilicat được tạo thành  $(C_2S)_{aq}$  thường gặp trong thiên nhiên ở dạng khoáng xêlônit. Nó hoàn toàn chỉ bền trong dung dịch  $Ca(OH)_2$  bão hoà, khi giảm nồng độ, nó bị hoà tan phân huỷ và tách  $Ca(OH)_2$

+ Khoáng  $(C_3S_2)_{aq}$  bền trong dung dịch có nồng độ CaO > 1,1 gam/lit. Khi nồng độ dung dịch giảm thì nó cũng thuỷ phân tách  $Ca(OH)_2$ . nếu ta tiếp tục giảm nồng độ  $Ca(OH)_2$  nữa thì hầu hết các silicat bị phân huỷ, trong pha rắn chỉ còn lại gel  $Si(OH)_4$ . Tuy nhiên còn rất lâu mới đến trạng thái này vì lúc đó bê tông đã hoàn toàn mất độ bền cơ học và bị phá huỷ.

Nồng độ của CaO ứng với trạng thái bền của các hydroaluminat như sau:

+  $(C_2A)_{aq}$  : 0,17    0,315 (gam/lit)

+  $(C_3A)_{aq}$  : 0,315    1,15 (gam/lit)

+  $(C_2A)_{aq}$  :        > 1,15 (gam/lit)

Những số liệu so sánh độ bền của tổ hợp đá xi măng đối với tác dụng hoà tan của nước cần được dựa trên cơ sở giá trị độ bền đối với ăn mòn dạng 1.

### **2.14.3 Ảnh hưởng của thành phần xi măng lên độ bền của bê tông đối với ăn mòn dạng 1**

Tốc độ phá huỷ đá xi măng do ăn mòn dạng 1 không chỉ do hàm lượng CaO hay  $Ca(OH)_2$  trong xi măng gây ra mà nó còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như:

+ Thành phần khoáng của clinker xi măng và thành phần các chất khác (hàm lượng phụ gia).

+ Vi cấu trúc của clinker - yếu tố này lại do điều kiện sản xuất xi măng (tốc độ làm lạnh, độ mịn khi nghiền.v.v...) quyết định đến.

Cấu trúc và mật độ đá xi măng ảnh hưởng rất lớn đến ăn mòn dạng 1. Do đó, khi so sánh độ bền các loại bê tông phải chú ý đến những nhân tố vật lý và hoá học trong liên kết của chúng.

Để tăng độ bền của đá xi măng đối với việc nhả vôi người ta thêm vào thành phần xi măng portland phụ gia thuỷ hoạt tính. Đây là hướng cơ bản trong 30 năm lại đây nhằm tăng độ bền vững cho bê tông trong các công trình kỹ thuật thuỷ lợi.

Thí nghiệm về độ bền của bê tông bằng phương pháp lọc, được tiến hành đối với các mẫu từ vữa xi măng, nước và dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,1% (Tức là cho nước hay dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  thấm qua mẫu rồi phân tích lượng nước sau khi đã đi qua mẫu). Kết quả cho thấy. Khi pha xi măng portland với cát đã gia công thì sự nở vôi tăng, còn khi thêm vào thành phần xi măng phụ gia thuỷ hoạt tính thì độ bền tăng.

Phụ gia không những thay đổi thành phần hoá học của đá xi măng, làm nó bền hơn đối với tác dụng của nước mà còn tăng mật độ bê tông (giảm độ hút nước).

#### **2.14.4 Ảnh hưởng các nhân tố kỹ thuật sản xuất lên độ bền bê tông.**

Như ta đã biết độ bền của bê tông đối với ăn mòn dạng 1 được xác định bởi hàm lượng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  không liên kết và bởi mật độ đá xi măng. Điều này lại được quyết định bởi rất nhiều yếu tố như thành phần khoáng của clinker, điều kiện và thời gian đóng rắn ...

Quá trình tương tác giữa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  với phụ gia thuỷ xảy ra chậm, nhất là đối với phụ gia có hoạt tính yếu. Do đó, hoạt tính phụ gia càng thấp thì vai trò thời gian càng lớn tức là tuổi bê tông càng lớn.

Mức độ liên kết vôi của phụ gia thuỷ phụ thuộc vào tuổi, cho nên trong những điều kiện thí nghiệm với xi măng portland puzoland, đến 90 ngày mới có độ bền đáng kể so với xi măng Portland.

Xi măng portland có chứa phụ gia thuỷ hoạt tính đóng rắn chậm hơn so với xi măng portland và phụ thuộc vào tỉ lệ phụ gia pha vào xi măng.

Sự phát triển cường độ của xi măng portland có chứa phụ gia thuỷ hoạt tính có một số đặc điểm sau:

- + Giai đoạn đầu: (Đến 6 tháng tuổi) Cường độ xi măng giảm khi tăng hàm lượng phụ gia puzoland.

- + Ở tuổi cao hơn: Với tỉ lệ puzoland hợp lý xi măng portland có chứa phụ gia thuỷ hoạt tính có độ bền cơ học cao hơn so với xi măng nền. Tương tự với xi măng chứa 0 - 40% phụ gia sau 5 năm cường độ cao hơn xi măng nền.

Trạng thái ăn mòn dạng 1 thường quan sát thấy ở những công trình khác nhau và nhìn thấy rõ nhất ở những nơi nước thấm qua bê tông hay trên bề mặt. Trường hợp này là do những chất bị hoà tan trong nước, đầu tiên là  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bị cacbonat hoá tạo nên một màng trắng trên bề mặt.

Dưới ảnh hưởng của  $\text{H}_2\text{CO}_3$  trong không khí,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  liên tục chuyển thành cacbonat, kích thước đáng kể của màng này chỉ đạt được ở những nơi lọc nước lâu qua bê tông. Ảnh hưởng này rất rõ ở các công trình thuỷ lợi.

## 2.14.5 Ăn mòn dạng 2.

Trong môi trường xung quanh luôn có các axit và muối tồn tại vì vậy chúng sẽ tương tác với các thành phần của đá ximăng. Đây chính là bản chất của dạng ăn mòn 2. Khi các phản ứng xảy ra càng mạnh kết hợp với sự hoà tan các sản phẩm phản ứng càng nhanh thì tốc độ ăn mòn càng lớn, công trình càng nhanh bị phá huỷ.

Về bản chất, bê tông bị phá huỷ hoàn toàn khi ăn mòn dạng 1 kết thúc (Sự nở kiềm dần dần từ những sản phẩm thuỷ phân của ximăng). Còn ăn mòn dạng 2, sự phá huỷ đá ximăng xảy ra ở những lớp bề mặt, tiếp xúc với môi trường xâm thực. Quá trình phá huỷ có thể phát triển mạnh khi thành phần đá ximăng ở những lớp này hầu như không thay đổi.

Nếu các hợp chất mới tạo thành không có tính kết dính và không có mật độ đủ đạt để ngăn cản sự xâm nhập của môi trường xâm thực, chúng sẽ bị hoà tan và lớp sâu hơn bị bóc ra.

Quá trình ăn mòn này xảy ra ở tất cả các loại bê tông, tuy nhiên sự ăn mòn xảy ra với những tốc độ khác nhau.

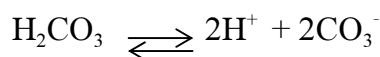
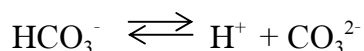
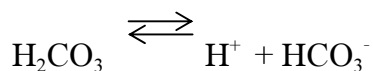
Nếu các hợp chất mới tạo thành không hoà tan hay sau khi khử những sản phẩm hoà tan của phản ứng, còn lại một lớp đủ bền trong những điều kiện cụ thể, lớp đá tiếp xúc với môi trường xâm thực, thì qua tính chất của lớp này người ta xác định được cường độ phá huỷ bê tông ở dạng ăn mòn thứ 2.

## 2.14.6 Cơ sở lý thuyết về ăn mòn $H_2CO_3$ .

Trong nước thiên nhiên luôn có  $H_2CO_3$  với một hàm lượng lớn hay nhỏ, khi  $pH > 8,5$  thì hàm lượng  $H_2CO_3$  mới không đáng kể. Sự xuất hiện  $H_2CO_3$  trong nước thiên nhiên là cơ sở của những quá trình hoá sinh xảy ra trong nước cũng như trong đất tiếp xúc với nước.

Trong khí quyển có 0,03%  $CO_2$ , trong nước không chứa muối ở  $15^\circ C$  hoà tan 0,59mg  $H_2CO_3$ /lít làm cho nước có tính axit yếu ( $pH = 5,7$ ). Đa số trường hợp hàm lượng  $CO_2$  trong nước thiên nhiên lớn đáng kể. Vì vậy quá trình hấp thụ nó từ không khí thường không đóng vai trò đáng kể. Chỉ ở lớp bề mặt những hồ lớn như ở mặt biển, trong những ngày nắng nóng thì lượng  $CO_2$  mới nhỏ hơn (do sự quang hợp, sự hấp thụ  $CO_2$  của thực vật ...) lúc đó sự hấp thụ  $H_2CO_3$  từ không khí mới có ý nghĩa thực tế.

$H_2CO_3$  có 2 mức độ phân ly:



Sự tăng  $\text{H}^+$  phá vỡ cân bằng trên và  $\text{HCO}_3^-$  chuyển thành  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , còn  $\text{CO}_3^{2-}$  chuyển thành  $\text{HCO}_3^-$ .

Giảm  $\text{H}^+$  thì tạo  $\text{HCO}_3^-$  và  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Hằng số phân ly:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 3,04 \cdot 10^{-7}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,01 \cdot 10^{-11}$$

Rõ ràng tỉ số này phụ thuộc nồng độ  $[\text{H}^+]$ . Ở những độ pH khác nhau hàm lượng mỗi dạng hợp chất khác nhau.

Trong nước bao giờ cũng có một lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng vì vậy nếu có một lý do nào đó mà lượng  $\text{CO}_2$  trong dung dịch tăng lên thì sẽ có một lượng carbonat chuyển vào dung dịch. Ngược lại, nếu  $\text{CO}_2$  trong nước giảm thì sẽ có một lượng carbonat kết tủa.

Nước trong đó có  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ở trạng thái cân bằng không thực hiện hoà tan không thuận nghịch màng carbonat của bê tông, và do đó nó không xâm thực đối với bê tông. Khi tăng lượng  $\text{CO}_2$  vượt quá  $\text{CO}_2$  cân bằng, tức tạo điều kiện hoà tan màng cacbonat, và nước lúc đó mang tính xâm thực. Cho nên lượng  $\text{CO}_2$  thừa so với lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng gọi là  $\text{H}_2\text{CO}_3$  xâm thực.

#### 2.14.7 Tác dụng của nước có $\text{H}_2\text{CO}_3$ lên đá ximăng.

Xét sự tương tác của nước chứa lượng  $\text{CO}_2$  xâm thực hay không xâm thực với  $\text{CaCO}_3$  hay với đá ximăng.

Trong khoảng thời gian xác định, sau khi đã ximăng tiếp xúc với dung dịch xâm thực, ở điều kiện dung dịch không thay đổi đến lúc cân bằng carbonat được xác lập. Điều này xảy ra sau khi một phần  $\text{H}_2\text{CO}_3$  xâm thực đã liên kết thành bicarbonat, phần còn lại ở dạng  $\text{H}_2\text{CO}_3$  cân bằng. Độ xâm thực của dung dịch trên được thể hiện qua khả năng hoà tan một lượng xác định carbonat rắn, mặt khác qua tốc độ hoà tan sau khi đạt cân bằng trong hệ.

Sự có mặt của những ion không trực tiếp tham gia phản ứng, làm tăng lực ion của cân bằng trong hệ và hoà tan một lượng lớn cacbonat rắn.

Lớp carbonat hoá trên bề mặt đá xi măng thường có chiều dày không lớn và bị phá huỷ dần dưới tác dụng của dung dịch xâm thực. Trong lớp này có các vết rỗ và các ống mao quản chứa đầy nước. Do đó, xảy ra sự khuếch tán  $\text{Ca(OH)}_2$  từ trong bê tông ra bề mặt và vào môi trường xung quanh.

Sự xuất hiện  $\text{OH}^-$  trong dung dịch thay đổi cân bằng đã được xác định.

Phản ứng giữa  $\text{H}_2\text{CO}_3$  xâm thực và  $\text{CaCO}_3$  diễn ra nhanh còn sự khuếch tán của  $\text{Ca(OH)}_2$  thì chậm. Vì vậy, lớp carbonat tạo thành trong bê tông dần dần bị phá huỷ. Sự phá huỷ lớp này xảy ra cho đến khi hoặc là vận tốc khuếch tán bằng vận tốc ăn mòn lớp carbonat, hoặc là những thành phần thủy hoá của đá xi măng bắt đầu bị phá huỷ trực tiếp.

Trường hợp thừa  $\text{OH}^-$  trên bề mặt bê tông lớp carbonat được hình thành, sau đó chuyển vào dung dịch ở dạng bicarbonat.

Người ta phát hiện rằng, không thể có sự carbonat hoá lớp bê tông bên trong. Song điều này không có ý nghĩa thực tế vì đối với sự phát triển ăn mòn màng carbonat bên ngoài có giá trị cơ bản nếu xét đặc.

Trong giai đoạn đầu nhân tố hạn chế sự phá huỷ bê tông là tốc độ tạo carbonat hoá, tốc độ này phụ thuộc nồng độ và dung dịch phản ứng của dung dịch xâm thực. Giai đoạn tiếp theo, khi tốc độ xâm nhập của  $\text{CO}_2$  xâm thực không còn là nhân tố hạn chế tốc độ ăn mòn, thì diện tích bề mặt phản ứng của đá xi măng và việc giảm sự khuếch tán nhờ sản phẩm ăn mòn là nhân tố xác định tốc độ phá huỷ bê tông.

Những số liệu thực tế cho thấy, diện tích bề mặt phản ứng có ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ bicarbonat cục đại và thời hạn đạt cục đại đó.

Tốc độ ăn mòn đá xi măng bằng tốc độ hoà tan carbonat:  $V_k = w$

Tốc độ ăn mòn tỉ lệ với tốc độ khuếch tán  $\text{HCO}_3^-$  từ lớp tiếp cận ra môi trường xung quanh  $V_g$ , và tỉ lệ với diện tích bề mặt tiếp xúc của đá và nước:

$$V_k = F \cdot V_g$$

Trong đó:

$V_k$ : Là tốc độ ăn mòn đá xi măng.

$F$  : Là diện tích bề mặt tiếp xúc giữa đá với nước.

$V_g$ : Là tốc độ khuếch tán  $\text{HCO}_3^-$  ra môi trường xung quanh.

### **Độ bền của các loại xi măng khác nhau dưới tác dụng của nước $\text{H}_2\text{CO}_3$**

Tính chất chung của xi măng dùng cho các công trình xây dựng là số lượng

$\text{Ca}(\text{OH})_2$  lớn hay nhỏ. Sự có mặt của  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  là điều kiện tất nhiên của sự tồn tại các hydrosilicat, hydroaluminat và hydrofericcanxi. Do đó tất cả các xi măng đều bị phá huỷ bởi  $\text{H}_2\text{CO}_3$  xâm thực. Tuy nhiên, tốc độ phá huỷ này phụ thuộc vào thành phần khoáng hoá của xi măng, vào những tính chất vật lý: mật độ, lượng và chất của các hợp chất mới hình thành (sản phẩm ăn mòn). Tất cả những nhân tố này đều ảnh hưởng đến tốc độ ăn mòn và độ bền của đá xi măng.

Đặc trưng cho cường độ quá trình ăn mòn là lượng  $\text{CaO}$  (ở dạng bicacbonat) trong dung dịch xâm thực, tạo thành sau 1 phút ở những giai đoạn ăn mòn khác nhau.

Cường độ ăn mòn ban đầu đối với mọi xi măng giống nhau. Sau đó, khi  $\text{CO}_2$  không xâm nhập thì sự phát triển ăn mòn đối với xi măng portland hơi nhanh so với các xi măng khác.

Sự khác nhau về cường độ hoà tan đối với xi măng portland puzoland và xi măng portland khác có độ bền lớn hơn một chút do có sự lèn chặt của những sản phẩm ăn mòn ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ) cản trở sự khuếch tán tự do của ion  $\text{Ca}^{2+}$  đến bề mặt đá xi măng.

Quan sát vai trò của lớp carbonat hình thành trên bề mặt bê tông trong việc phát triển ăn mòn dưới tác dụng của nước có chứa  $\text{CO}_2$ .

Nếu chỉ có ăn mòn dạng 1 thì lớp này có nhiệm vụ cản trở quá trình ăn mòn và có tác dụng tích cực tăng độ bền vững cho bê tông, nhưng dưới tác dụng của nước có  $\text{CO}_2$  xâm thực trên bề mặt bê tông có lớp  $\text{CaCO}_3$  xảy ra 2 quá trình. Đầu tiên  $\text{OH}^-$  thừa tạo thành  $\text{CaCO}_3$ . Sau đó,  $\text{OH}^-$  trong lớp bề mặt đi ra tạo bicarbonat canxi, bị nước hoà tan và mang đi. Cùng với sự tạo thành bicarbonate canxi của lớp  $\text{CaCO}_3$  lượng  $\text{CO}_2$  xâm thực cũng tạo thành bicarbonat. Cho nên lớp carbonat dưới tác dụng của nước có  $\text{CO}_2$  thúc đẩy ăn mòn và giảm độ bền.

### **Tác dụng của axit lên xi măng và ảnh hưởng tốc độ trao đổi của môi trường xâm thực lên độ bền.**

Ngoài  $\text{H}_2\text{CO}_3$  còn có một số các axit khác tác dụng lên xi măng như:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  và những axit hữu cơ như giấm, sữa...Đá xi măng bị phá vỡ hoàn toàn dưới tác dụng của những axit, thêm vào đó những ăn mòn bị hoà tan.

Tốc độ của quá trình ăn mòn phụ thuộc vào tốc độ hoà tan của những sản phẩm phản ứng.

Các axit đầu tiên tác dụng với  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sau đó mới tương tác với các hydrosilicatcanxi, hydroaluminatcanxi tạo thành các muối canxi. Tốc độ phá huỷ phụ thuộc đáng kể vào độ hoà tan và cấu trúc của lớp sản phẩm ăn mòn. Độ hoà tan



của những sản phẩm này càng lớn và bị dung dịch mang đi càng nhanh thì sự phá huỷ càng mạnh. Cấu trúc những phần còn lại không có tính liên kết. Trường hợp này nhân tố hạn chế tốc độ ăn mòn đầu tiên là dung lượng phản ứng của môi trường xâm thực và tốc độ trao đổi của môi trường quanh bề mặt của bê tông.

Nếu những sản phẩm của phản ứng ít hoà tan, tức giữ nguyên vị trí trên bề mặt bê tông thì chúng sẽ cản trở sự xâm nhập của môi trường xâm thực vào bên trong, giảm được phần nào sự phá hoại đá ximăng. Trường hợp này tốc độ khuếch tán ion qua lớp sản phẩm mới hình thành trở thành nhân tố hạn chế ăn mòn.

Tốc độ khuếch tán ion phụ thuộc vào gradien nồng độ cũng như chiều dày và độ thấm thấu khuếch tán của lớp sản phẩm trên bề mặt.

Độ hoà tan được tạo thành do những phản ứng giữa axit và tổ hợp đá ximăng, giữa muối canxi và những sản phẩm thừa của sự phá huỷ các silicat, aluminat và ferit ở dạng gel  $Al(OH)_3$ ,  $Si(OH)_4$ ,  $Fe(OH)_2$ , liên quan đến tốc độ ăn mòn. Những lớp sản phẩm phản ứng không được tạo thành tùy mức độ phát triển ăn mòn.

Để hạn chế ăn mòn dạng 2 thì ngoài biện pháp sử dụng các loại ximăng hỗn hợp có phụ gia hoạt tính vào để phản ứng với vôi thôi ra trong quá trình thuỷ hoá, mà còn tác dụng với sản phẩm thuỷ hoá của ximăng tạo thành các sản phẩm ít tan, có tính kết dính và phát triển cường độ theo thời gian và các biện pháp khác trong đó có cường độ thi công để cấu kiện sít đặc.

### **Ăn mòn dạng 3.**

Dấu hiệu để nhận thấy đá ximăng bị ăn mòn ở dạng thứ 3 đó là: Các muối được tích lũy trong những vết rỗ của đá ximăng, sự kết tinh các muối này làm tăng thể tích pha rắn. Các muối này là kết quả của phản ứng giữa môi trường xâm thực với thành phần đá ximăng, hay do sự xâm nhập từ ngoài vào và bị tách ra khỏi dung dịch do nước bốc hơi. Các thành phần cứng bị tách ra đồng thời các tinh thể lớn lên làm cho ứng suất nội tăng lên, tạo thành những khe nứt và khoảng trống phá huỷ đá ximăng.

Trong dạng ăn mòn 1 và 2, sự phá huỷ đá ximăng gắn liền với sự hoà tan các thành phần bê tông và các sản phẩm của phản ứng trao đổi. Trong dạng ăn mòn thứ 3, sự tích tụ các muối ở những khoảng trống trong giai đoạn đầu làm bê tông được nén chặt. Nếu quá trình phát triển chậm thì các khe hở và khoảng trống được lấp đầy bởi những tinh thể mới tạo thành. Độ cứng của bê tông trong giai đoạn đầu tăng lên và lớn hơn so với loại cùng mác, mà không chịu tác dụng của môi trường. Do vậy, đôi lúc không nhận biết được dấu hiệu của sự ăn mòn dạng 3 ngay từ đầu. Chỉ đến sau khi xuất hiện các ứng suất kéo ở thành khe hở, khối lượng tinh thể kết tinh

tăng dẫn đến giảm độ bền và phá huỷ đá ximăng.

Quá trình ăn mòn càng chậm thì thời gian bê tông bị phá huỷ càng dài. Đối với ximăng mác thấp dễ thấm nước, trong giai đoạn đầu xuất hiện sự phá huỷ trong môi trường xâm thực diễn ra trong một tuần hay một tháng. Đối với các loại ximăng mác cao diễn ra vài năm. Với những loại bê tông nhẹ có chất độn rỗng, do độ rỗng cao nên những hợp chất mới tạo thành càng gây ứng suất nội. Do đó để đánh giá các điều kiện của dạng ăn mòn 3 cần sử dụng cẩn thận các kết quả thí nghiệm tức thời.

Tuỳ thuộc vào tính chất đá ximăng, môi trường, các điều kiện tác dụng mà dạng ăn mòn nào chiếm ưu thế, vì thông thường thì cả ba dạng ăn mòn đều tác dụng cùng một lúc lên đá ximăng. Từ đó, mà ta phân loại ăn mòn theo những dấu hiệu đặc trưng chính. Tác dụng ăn mòn dạng 2 tăng lên nếu cấu kiện làm việc lâu trong môi trường muối, vì quá trình tương tác hoá học giữa môi trường và bê tông sẽ được xúc tác bằng quá trình lý học của sự kết tinh các sản phẩm ăn mòn. Khả năng ăn mòn tăng lên nếu nhiệt độ thay đổi trong quá trình sử dụng .

Quá trình ăn mòn liên tục và gián đoạn của muối có thể phân loại dựa vào điều kiện nhiệt độ và tác dụng hoá học. Quá trình ăn mòn dạng 3 rất phức tạp, đa dạng và xảy ra đồng thời với các dạng khác. Phổ biến nhất của dạng ăn mòn 3 là do tác dụng của sulfat.

### **Sự ăn mòn sulfat.**

Sulphat phân lớn có trong nước thiên nhiên: Ở ao hồ, sông ngòi lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  thường không vượt quá 60mg/l, nước ngầm thì cao hơn. Trong nước biển với độ mặn 25-33 g/l thì hàm lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  là 2500- 2700 mg/l, nước khoáng là 1000 mg/l.

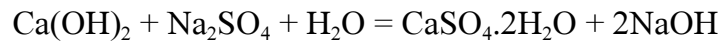
Sự có mặt  $\text{SO}_4^{2-}$  trong nước thiên nhiên là nguyên nhân gây nên sự hoà tan  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ . ở nước khoáng nồng độ thấp lượng  $\text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-}$ , nếu nồng độ cao,  $\text{MgSO}_4$  và  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dễ hoà tan.

Thường gặp sulfat trong nước thải công nghiệp vì vậy cần phải xét kỹ quá trình tiếp xúc giữa bê tông với môi trường xung quanh. Có như vậy thì mới phòng ngừa được sự ăn mòn cho công trình.

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  và  $\text{CaSO}_4$  có ở trong nước tiếp xúc với bê tông làm tăng độ hoà tan và thúc đẩy ăn mòn dạng 1, mặt khác làm phát triển phản ứng trao đổi giữa các cation  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , với  $\text{Ca}^{2+}$  của bê tông (ăn mòn dạng 2).

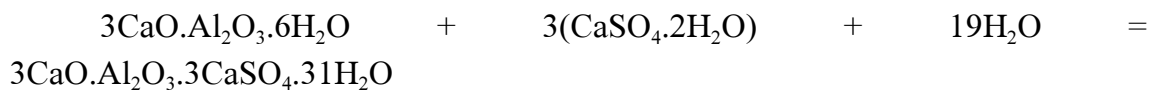
Ở điều kiện thường tác dụng của sulfat có thể ăn mòn dạng 3, trường hợp này do phản ứng trao đổi, nước ở các khe trống dần dần được bảo hoà bằng sulfat canxi.

Trong nước biển ngoài muối NaCl còn có một loạt các muối khác như: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> và MgSO<sub>4</sub>, các muối khoáng trên không những có trong nước biển mà còn có thể có trong nước ngầm ở một số vùng. Vì vậy khi đá xi măng và bê tông tiếp xúc với môi trường này xảy ra sự ăn mòn sulfat, sự ăn mòn sulfat xảy ra dưới tác dụng của ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> liên quan với các cation Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. Các dạng khác nhau của ăn mòn sulfat là ăn mòn thạch cao và ăn mòn sunphoaluminat. Sự ăn mòn sunphoaluminat xuất hiện trong nước chứa ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> lớn hơn 250 mg/l, khi này Ca(OH)<sub>2</sub> trong đá xi măng và bê tông phản ứng với SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> tạo thành thạch cao theo phản ứng.



Thạch cao tạo thành ở pha rắn thể tích tăng lên 2,24 lần gây ra ứng suất nội trong bê tông và làm hàm lượng Ca(OH)<sub>2</sub> giảm. Để cân bằng các hydrosilicat có độ basic cao dần dần bị phá huỷ thành hydrosilicat có độ basic thấp và thôi vôi.

Thạch cao tạo thành lại lần lượt tham gia tác dụng với hydrocanxialuminat trong đá xi măng và bê tông theo phản ứng.



Kết quả tạo ettringit ít hoà tan từ C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub> rắn có thể tích tăng khoảng 2,5 lần so với thể tích ban đầu nên ứng suất nội trong bê tông xuất hiện và tạo thành các vết nứt làm cho sự ăn mòn sulfat nhanh chóng đi sâu vào bên trong khối bê tông. Nhưng ettringit tạo thành ở pha rắn chỉ khi nồng độ Ca(OH)<sub>2</sub> lớn hơn 0,46 g/l (tính theo CaO). Khi nồng độ Ca(OH)<sub>2</sub> trong dung dịch không đáng kể, nếu đưa vào trong xi măng phụ gia hoạt tính thì phản ứng giữa sulfat và aluminat không diễn ra, hoặc diễn ra qua dung dịch, nên không gây ra ứng suất phá hoại bê tông. Cho nên xi măng portland puzoland bền với môi trường sulfat hơn xi măng portland thường. Khi có mặt ion Cl<sup>-</sup>, ăn mòn sulfat xảy ra ở mức độ thấp hơn một ít. Nếu hàm lượng SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> trong nước lớn hơn 1000 mg/l thì ăn mòn thạch cao chiếm ưu thế, vì thạch cao tạo thành lắng đọng trong các mao quản của đá xi măng.

Nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến quá trình ăn mòn sulfat. Người ta chứng minh rằng quá trình ăn mòn ở 5°C và 25°C là không giống nhau do thành phần hydroaluminat ở những nhiệt độ khác nhau thì khác nhau. Ở 5°C hydroaluminat cơ bản là C<sub>4</sub>AH<sub>19</sub>, còn ở 25°C là C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub>. Do vậy, ở 25°C tác dụng với thạch cao tạo hydrosulpho aluminat canxi dạng trisulfat, còn ở 5°C tạo hydrosulpho aluminat đơn canxit.

### **Ảnh hưởng của các loại xi măng trong ăn mòn sulfat.**

Quá trình thủy hoá xi măng tức là quá trình tương tác giữa xi măng và nước, bắt

đầu ở lớp bề mặt rồi tiếp tục dần vào trong sâu. Một phần khoáng chuyển ra để tương tác với nước ở lớp bề mặt. Do tốc độ thủy hoá và độ hoà tan khác nhau đối với từng loại khoáng, nên sự tương tác giữa xi măng và nước xảy ra liên tục.

Khoáng aluminat phản ứng với sulfat trong giai đoạn thủy hoá đầu tiên của xi măng có một ý nghĩa lớn, xi măng càng mịn lượng thạch cao liên kết trong giai đoạn thủy hoá đầu càng lớn thì độ bền sulfat càng cao.

Theo một số nhà nghiên cứu, xi măng có hàm lượng  $C_2S$  cao có độ bền sulfat cao hơn xi măng có hàm lượng  $C_3S$  cao hơn. Người ta khẳng định rằng: trong xi măng alit aluminat canxi đã hydrat hoá không tan trong nước bão hoà  $Ca(OH)_2$ . Vì vậy, thạch cao tan trong nước phản ứng với aluminat canxi rắn tạo hydrosulphoaluminat canxi với sự tăng thể tích pha rắn, dẫn đến phá huỷ đá xi măng. Trong xi măng bêlit có một lượng lớn  $C_2S$  thay  $C_3S$ , nên hàm lượng kiềm trong môi trường thấp. Khi đó aluminat canxi vào dung dịch. Trường hợp này sự tạo thành hydrosulphoaluminat làm tăng thể tích không đáng kể và sự phá huỷ không xảy ra.

Khi nghiên cứu độ bền sulfat của các loại xi măng portland có thành phần khoáng khác nhau, người ta đã đi đến kết luận: Xi măng portland bêlit có độ bền sulfat cao nhất và xi măng portland cao aluminat có độ bền sulfat thấp nhất. Các loại xi măng còn lại có độ bền sulfat nằm giữa hai loại trên.

### **CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG ĂN MÒN XI MĂNG.**

Trong thực tế các công trình không thể tránh khỏi việc tiếp xúc với môi trường xâm thực, do đó chúng ta phải bảo vệ để chúng đảm bảo thời gian sử dụng. Nhiệm vụ của bảo vệ là không cho hay làm hạn chế khả năng tiếp xúc của môi trường xâm thực với bê tông.

Để tăng độ bền vững của xi măng người ta có thể áp dụng một số biện pháp khác nhau:

+ Chọn xi măng có thành phần khoáng thích hợp.

Ví dụ: Trong môi trường sulfat phải giảm thành phần khoáng  $C_3A$  và  $C_3S$

+ Dùng các loại phụ gia như phụ gia thủy có hàm lượng  $SiO_2$  hoạt tính tác dụng với  $CaO$  tự do của cấu kiện tạo silicat, rồi chuyển thành hydrosilicat bảo vệ cấu kiện.

+ Cách ly môi trường xâm thực và cấu kiện bằng cách phủ ở mặt ngoài lớp vật liệu kỵ nước (nhựa đường, bitum, sơn, keo, lớp ốp lát ...) tùy theo điều kiện cụ thể.

Ngoài ra cần thiết phải sản xuất bê tông có mật độ lớn, chọn đúng thành phần, đồng thời khi thi công cần đầm kỹ bằng đầm tay hay chân không.

Nhưng cần nhấn mạnh biện pháp cách ly, dầm kỹ chỉ tăng mật độ bê tông mà không thể chống ăn mòn tuyệt đối được, nó chỉ tăng thời gian sử dụng của công trình. Các biện pháp hoá học: chọn thành phần xi măng, cho thêm phụ gia, chất xúc tác có tác dụng tốt hơn và lâu dài hơn.

## 2.15 Một số tính chất (chỉ tiêu kỹ thuật) quan trọng của xi măng poocăng

### 2.15.1 Khối lượng riêng

Khối lượng riêng của xi măng poocăng phụ thuộc vào thành phần khoáng hoá của clinker và lượng và loại phụ gia khi nghiền. Muốn tăng khối lượng riêng của xi măng người ta có thể tăng hàm lượng khoáng có trọng lượng riêng lớn, ví dụ như  $C_4AF$  có trọng lượng riêng là  $3,77g/cm^3$  hoặc pha thêm vào phối liệu 1 lượng BaO. BaO kết hợp với  $SiO_2$  trong quá trình nung luyện clinker và tạo thành khoáng  $2BaO \cdot SiO_2$ , khoáng này có tính chất kết dính và khối lượng riêng là  $5,4g/cm^3$ .

Xi măng poocăng thường không có phụ gia thủy khối lượng riêng khoảng  $3,05 - 3,2g/cm^3$ ; có chứa phụ gia thủy trọng lượng riêng là  $2,7 - 2,9g/cm^3$ .

### 2.15.2 Khối lượng thể tích

Có 2 loại khối lượng thể tích:

Khối lượng thể tích loại tơi ( xốp)  $0,90 - 1,10g/cm^3$ .

Khối lượng thể tích loại chặt  $1,40 - 1,70g/cm^3$ .

Khối lượng thể tích của xi măng phụ thuộc vào thành phần khoáng và độ mịn, độ mịn càng cao, khối lượng thể tích càng nhỏ. Khi tính silô chứa xi măng bột thường lấy khối lượng thể tích là  $1200g/l$ , còn khi sử dụng xi măng trong xây dựng thường lấy khối lượng thể tích là  $1300g/l$ . Thực tế trong sản xuất hay đo dung trọng (gam/lít)

### 2.15.3 Độ mịn của xi măng

Độ mịn của xi măng có ảnh hưởng đến lượng nước tiêu chuẩn, tốc độ đóng rắn và cường độ của xi măng. Độ mịn càng cao xi măng đóng rắn càng nhanh, cường độ càng tăng. Độ mịn xi măng được đặc trưng bằng tỉ diện (bề mặt riêng) trung bình là  $2700 - 3500cm^2/g$  hay lượng còn lại trên sàng  $N^0_{008}$  là  $5 - 10\%$ . Tuy nhiên độ mịn xi măng càng cao thì năng suất máy nghiền càng giảm, thu được sản phẩm khi đóng rắn tỏa nhiều nhiệt, dễ biến dạng co, phồng.

Độ mịn của xi măng ảnh hưởng đến cường độ sản phẩm ở bảng sau

Lượng sót trên sàng $N^0_{008}$	Cường độ xi măng , KG / $cm^2$			
	1 ngày	3 ngày	7 ngày	28 ngày
5,9%	68	274	465	571
2,81%	303	442	512	685

### 2.15.4 Tính chất của xi măng khi bảo quản (độ giảm mác khi lưu kho)

Ximăng khi bảo quản trong kho, silô thường có sự giảm cường độ, do các hạt ximăng hút hơi ẩm và khí CO<sub>2</sub> trong không khí. Nếu ximăng chứa nhiều phụ gia thủy thì càng dễ hút ẩm và CO<sub>2</sub>, hiện tượng giảm cường độ càng nhanh.

Giữ ximăng lâu trong kho lượng mất khi nung càng lớn, tốc độ đóng rắn của ximăng càng chậm, cường độ ximăng càng giảm. Nếu ximăng chứa nhiều khoáng C<sub>3</sub>A và C<sub>2</sub>S bảo quản lâu cường độ càng giảm nhiều.

-Nếu bảo quản ximăng 3 tháng cường độ giảm 10 - 20%.

-Nếu bảo quản ximăng 6 tháng cường độ giảm 15 - 30%.

-Nếu bảo quản ximăng 12 tháng cường độ giảm 25 - 40%.

Muốn bảo quản ximăng tốt, người ta thường pha 1 số phụ gia bảo quản trong khi nghiền ximăng như dầu lạc chẳng hạn.

### **2.15.5 Lượng nước tiêu chuẩn của ximăng ( độ dẻo tiêu chuẩn)**

Lượng nước tiêu chuẩn của ximăng là lượng nước cần thiết để biến ximăng bột thành vữa ximăng hoặc hồ ximăng có độ dẻo tiêu chuẩn, lượng nước này có 2 nhiệm vụ:

+ Cung cấp nước cho các khoáng ximăng thực hiện phản ứng hóa học tạo điều kiện cho ximăng ninh kết và đóng rắn.

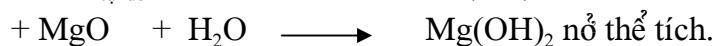
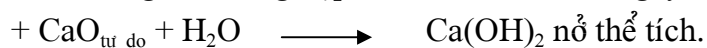
+ Giúp cho vữa ximăng không đóng rắn ngay, có độ linh động tốt, dễ đổ khuôn, xây trát.

Lượng nước để các khoáng thực hiện phản ứng hóa học thường chỉ bằng 1/3 - 1/4 lượng nước tiêu chuẩn. Nếu vữa ximăng nhiều nước quá ximăng đóng rắn chậm, và để lại những lỗ xốp trong sản phẩm, làm cho cường độ ximăng bị giảm. Nếu lượng nước trộn vữa ximăng ít quá sẽ làm cho ximăng đóng rắn nhanh, cường độ ximăng cao, nhưng độ linh động của hồ ximăng kém, khó khăn cho việc đổ khuôn xây trát. Ximăng pooclang thường lượng nước tiêu chuẩn 24 - 30%, ximăng chứa nhiều khoáng C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A và phụ gia thủy hoạt tính cần lượng nước tiêu chuẩn cao hơn ximăng chứa nhiều khoáng C<sub>2</sub>S và C<sub>4</sub>AF.

### **2.15.6 Biến đổi thể tích của ximăng**

Ximăng khi đóng rắn cần biến đổi thể tích đều đặn hoặc không biến đổi thể tích, nhưng thực tế khi ximăng đóng rắn thường xảy ra 2 hiện tượng là: giãn nở thể tích và co phòng. Cả 2 hiện tượng trên đều làm ảnh hưởng đến cường độ ximăng.

- **Giãn nở thể tích:** sản phẩm sau khi đóng rắn thường giãn nở thể tích, vì trong ximăng có những hợp chất làm nở thể tích gây ứng suất nội như:



+ Sự tạo thành các hydro trisulpho aluminat canxi nở thể tích. Các nguyên nhân trên đều gây nứt vỡ giảm cường độ sản phẩm.

- + Do sự tác dụng của kiềm trong môi trường, của xi măng với  $\text{SiO}_2$  ht của phụ gia.
- Co phòng: sản phẩm sau khi đóng rắn thường có hiện co phòng vì độ mịn xi măng quá cao, nước dư nhiều, hoặc trộn vữa bằng nước nóng, sản phẩm đóng rắn ngâm trong nước.

### 2.15.7 Sự tỏa nhiệt khi xi măng đóng rắn

Khi trộn xi măng với nước thường có hiện tượng tỏa nhiệt, nếu đổ bê tông với những cấu trúc lớn, nhiệt độ có thể tăng lên 30 - 50<sup>0</sup> C và hơn nữa. Do sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài khối cấu trúc mà gây ứng suất nội làm rạn nứt công trình, tạo điều kiện cho môi trường ăn mòn, xâm thực.

Bởi vậy, đối với những công trình lớn vấn đề tỏa nhiệt cần được giải quyết, chủ yếu là làm cho bề mặt bên ngoài khối cấu trúc nhiệt độ giảm chậm lại.

Nhiệt độ tỏa ra khi xi măng đóng rắn phụ thuộc vào thành phần khoáng clinker, nếu xi măng chứa nhiều khoáng  $\text{C}_3\text{A}$  khi đóng rắn sẽ tỏa nhiều nhiệt, xi măng có độ mịn quá cao khi đóng rắn cũng tỏa nhiều nhiệt.

Dựa vào những yếu tố trên người ta có thể sản xuất được loại xi măng ít tỏa nhiều nhiệt, hoặc có độ tỏa nhiệt thích hợp với yêu cầu xây dựng bằng cách thay đổi thành phần khoáng và độ mịn của xi măng.

Nhiệt hydrat hoá các khoáng clinker tinh khiết, ( kcal/g)

Loại khoáng	Thời gian đóng rắn, ngày					
	3	7	28	90	180	Hoàn toàn
$\text{C}_3\text{S}$	97	110	116	124	135	160
$\text{C}_2\text{S}$	15	25	40	47	55	84
$\text{C}_3\text{A}$	141	158	209	222	245	254
$\text{C}_4\text{AF}$	42	60	90	99	-	136

### 2.15.8 Tính chất chịu lửa của xi măng

Xi măng poocăng thường là chất kết dính không chịu lửa vì những hợp chất được tạo thành khi đóng rắn xi măng là những hợp chất không bền ở nhiệt độ cao, thông thường ở 200<sup>0</sup>C cường độ xi măng giảm 50%; ở 575<sup>0</sup>C sản phẩm bị va chạm mạnh sẽ vỡ. Do đó, muốn cho bê tông hoặc xi măng chịu nhiệt phải pha vào 1 lượng phụ gia chịu nhiệt như bột samôt hoặc đất sét chịu nhiệt, khi đó sản phẩm có thể chịu được nhiệt độ tới 1000<sup>0</sup>C.

### 2.15.9 Tốc độ ninh kết

Tốc độ ninh kết là thời gian cần thiết thao tác, đóng khuôn, xây trát, theo quy chuẩn tốc độ ninh kết của xi măng phải đạt yêu cầu:

- + Bắt đầu ninh kết > 45 phút.
- + Kết thúc ninh kết ≤ 10 giờ.

Clinke xi măng pooclang khi nghiền ra ninh kết rất nhanh không đảm bảo thời gian quy định trên, vì vậy phải pha thêm 1 tỷ lệ thạch cao vào để điều chỉnh tốc độ đông rắn.

Tốc độ ninh kết và đông rắn của xi măng phụ thuộc vào nhiều yếu tố: thành phần khoáng xi măng, độ mịn, lượng nước tiêu chuẩn, nhiệt độ môi trường ...

#### **2.15.10 Cường độ xi măng**

Cường độ xi măng là tính chất quan trọng của xi măng, đó là khả năng chịu kéo, chịu uốn, chịu nén, va đập, mài mòn và xâm thực của mẫu thử xi măng với các tiêu chuẩn theo tỷ lệ quy định.

Mức xi măng (cường độ nén), đơn vị tính MPa, hoặc  $dcaN/cm^2$ , hoặc  $N/mm^2$ ... Theo TCVN 6016-95 là giá trị cường độ khi nén vỡ nửa mẫu tiêu chuẩn ( $4 \times 4 \times 16$ )cm. Mẫu ( $4 \times 4 \times 16$ )cm được tạo bởi vữa xi măng: xi măng/ cát tiêu chuẩn = 1 : 3 và tỉ lệ xi măng/ nước = 0,5 đông rắn sau 28 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn (một ngày ở trong khuôn ở môi trường  $(27 \pm 1)^\circ C$ , độ ẩm  $\geq 90\%$ , 27 ngày sau ở trong nước ở  $(27 \pm 1)^\circ C$ ).

Cát tiêu chuẩn:  $SiO_2 > 96\%$ ,  $d = (0,14-2)mm$ , hàm lượng sét  $< 1\%$ .

Cường độ xi măng phụ thuộc chủ yếu vào thành phần khoáng và độ mịn. Xi măng chứa nhiều khoáng  $C_3S$  và  $C_2S$  cường độ càng cao, độ mịn xi măng càng cao đông rắn càng nhanh cường độ càng cao. Ngoài ra cường độ xi măng còn phụ thuộc vào tỉ lệ xi măng nước, điều kiện đông rắn, thời gian lưu kho, phương pháp thử..

Ví dụ: Ở  $t^0 < 0^\circ C$  phản ứng thủy hoá sẽ dừng lại.  $t^0 = (5-15)^\circ C$  phản ứng thủy hoá xảy ra chậm. Khi dưỡng hộ mẫu trong ôctôclơ cường độ xi măng sau 4 giờ có thể đạt đến cường độ của xi măng ở tuổi 28 ngày dưỡng hộ ở điều thông thường.

#### **2.15.11 Tính tách nước và giữ nước của xi măng**

Lượng nước tiêu chuẩn thường gấp 3 - 4 lần nước cần thiết để các khoáng trong xi măng hydrat hóa và đông rắn, vì vậy sau khi đổ khuôn, xây trát nước thừa sẽ tách ra trên bề mặt trên hoặc dưới cấu trúc hoặc chỗ tiếp xúc giữa phụ gia đầy và cốt liệu. Nếu nước thừa tách ra quá nhanh sẽ tạo thành những lỗ rỗng và xi măng mất tính dẻo ngay từ đầu, dễ bị tơi ra không liên kết với vật liệu nữa. Tránh hiện tượng tách nước nhanh của xi măng và tăng tính giữ nước bằng cách nâng cao độ mịn của xi măng hoặc dùng các loại phụ gia giữ nước như phụ gia thủy, đất sét v.v...

#### **2.15.12 Bảo quản và đóng bao xi măng**

Khi chứa xi măng trong silô, vôi tự do trong xi măng tiếp tục hydrat hóa làm cho xi măng ổn định thể tích khi đông rắn.

Trong thời gian giữ xi măng trong silô cần tiến hành thử một số tính chất kỹ thuật của xi măng như: lượng nước tiêu chuẩn, tốc độ đông rắn, hàm lượng vôi tự do, cường độ của xi măng... Silô là kho trung gian đảm bảo cho nhà máy hoạt động liên tục, xi măng có thể được phép chứa trong silô (7 - 15) ngày là đủ điều kiện xuất



ximăng khỏi nhà máy. Người ta thường thiết kế những silô có đường kính lớn để giảm số lượng silô chứa ximăng.

Thực tế đã sử dụng với 2 lò quay  $5 \times 185\text{m}$ , ximăng bột cần chứa trong 10 ngày, số silô sẽ là 4 silô; đường kính silô  $D= 18\text{m}$ . Silô chứa ximăng thường có các kích thước sau:

$$D = 8 ; 10 ; 12 ; 15 ; 18 \text{ m.}$$

$$H = 25 - 30\text{m.}$$

Loại silô có  $D = 10 - 12\text{m}$  có khả năng chứa được 2500 - 4000 tấn ximăng; còn silô có  $D = 18\text{m}$  chứa được 10.000 tấn ximăng.

Silô có  $D = 8 - 12\text{m}$  thường bố trí 1 hàng 6 - 8 silô.

Silô có  $D =$  lớn hơn thường bố trí 1 hàng 3 - 4 silô.

Ximăng chứa trong silô đảm bảo yêu cầu kỹ thuật được tháo nhờ thiết bị tháo ximăng bột đặt cạnh silô. Nếu tháo ximăng bột cho ô tô, tàu hỏa thì có thể tháo bên cạnh hoặc đáy silô. Muốn vậy người ta có thể xây dựng đường ô tô, tàu hỏa bên cạnh hoặc dưới silô. Trên thế giới có những nhà máy xuất ximăng bột đến 80% sản lượng ximăng của nhà máy, còn lại 20% là xuất ximăng bao. Người ta sử dụng máy đóng bao ximăng tự động năng suất 35 - 50 tấn /h hay ( 700 - 1200 bao/h) . Trọng lượng 1 bao ximăng là 50kg, máy đóng bao có loại 5; 6; 10; 12; và 14 vôi; loại 12 vôi đạt 120 T/h. Ximăng bao được vận chuyển vào kho bảo quản và chờ xuất xưởng. Kho ximăng cần cao ráo, tránh ẩm ướt làm giảm phẩm chất của ximăng.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Bùi Văn Chén - *Kỹ thuật sản xuất xi măng portland* - ĐHBK Hà Nội 1992
- [2] Duda - *Cement - Data book*, Mockba 1981
- [3] *Các tạp chí xi măng* trong và ngoài nước
- [4] *Các tạp chí xây dựng* trong nước - Bộ xây dựng
- [5] Tài liệu hội thảo quốc tế chuyên đề : "*Công nghệ và thiết bị sản xuất xi măng*"  
Hà Nội - 1996.
- [6] Tài liệu hội thảo quốc tế chuyên đề : "*Công nghệ sản xuất xi măng tiên tiến thế giới*" - Hà Nội 11/ 2002.
- [7] Tài liệu hội thảo trong nước chuyên đề : "*Phối liệu sản xuất clinker xi măng*"  
Hải Phòng - 3/1994.
- [8] *Tài liệu đào tạo công nhân và kỹ sư ở các nhà máy sản xuất xi măng trong nước*
- [9] *The cement plant operations handbook* - Fourth edition, January 2005
- [10] Hoàng Văn Phong - *Phương pháp kiểm soát tỉ lệ phụ gia dùng cho sản xuất và ổn định chất lượng xi măng PCB* - NXB KH&KT 2002

