

PGS. TS. HOÀNG VĂN PHONG

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO

**XI MĂNG, BÊ TÔNG, BÊ TÔNG CỐT THÉP
VÀ VỮA XÂY DỰNG**



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PGS. TS. HOÀNG VĂN PHONG

Công nghệ chế tạo
XI MĂNG, BÊTÔNG,
BÊTÔNG CỐT THÉP VÀ
VỮA XÂY DỰNG

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục

113-2008/CXB/49-175/GD

Mã số : 7B695Y8-DAI

Lời nói đầu

Ở nước ta hiện nay công việc xây dựng rất đa dạng về quy mô và cấp bậc. Tại các thành phố lớn, bên cạnh các khu đô thị mới với nhiều nhà chung cư cao tầng và các công trình giao thông, khách sạn, nhà văn hoá lớn... cũng có nhiều công trình nhỏ do dân tự xây. Còn ở nông thôn thì từ nhà ở đến đường làng, ngõ xóm, kênh mương thủy lợi... đều do dân tự làm. Nhưng những người biết sử dụng thành thạo những vật liệu xây dựng cơ bản và thông dụng như xi măng, bê tông và bê tông cốt thép,... trong nhân dân còn rất thiếu. Số đông thợ xây ở làng quê chưa được học qua một khoá đào tạo nào mà chỉ học hỏi kinh nghiệm lẫn nhau. Tình trạng phát triển hành nghề xây dựng tự do đã gây ra nhiều tổn hại về tiền của, lãng phí vật liệu và thậm chí cả tính mạng người lao động.

Mặt khác, hiện nay ngành công nghiệp sản xuất xi măng đang phát triển rất nhanh: đã có tới 18 nhà máy xi măng lò quay công suất lớn và 40 nhà máy xi măng lò đứng đang sản xuất. Sắp tới sẽ có khoảng 10 nhà máy công suất từ 75 vạn đến 2,5 triệu tấn xi măng/năm đưa vào vận hành sản xuất nhằm đưa sản lượng xi măng cả nước lên 50 triệu tấn/năm vào năm 2012. Sự phát triển nhanh của ngành công nghiệp này cũng đòi hỏi phải có khoảng 5 – 8 nghìn công nhân kỹ thuật cao. Tình trạng trên đòi hỏi ngành đào tạo nghề phải có thêm nhiều trường dạy nghề cho công nhân xây dựng và sản xuất vật liệu xây dựng. Nhưng các nguồn tài liệu cho 2 ngành đào tạo trên còn rất thiếu và chưa thật phù hợp.

Xuất phát từ yêu cầu đó, chúng tôi cho ra đời cuốn sách này nhằm bổ sung thêm tài liệu phù hợp cho các trường dạy nghề và học nghề trên ở trình độ trung cấp và cao đẳng.

Cuốn sách có thể là tài liệu tham khảo cần thiết cho sinh viên năm cuối của các chuyên ngành hoá Silicat – vật liệu xây dựng của các trường đại học Bách khoa, Xây dựng. Cuốn sách cũng có thể làm

tài liệu tra cứu cho các kỹ sư chuyên ngành xây dựng trong công việc thiết kế, nhất là các chủng loại, chất lượng và phạm vi sử dụng xi măng.

Chúng tôi đã cố gắng trình bày, lập luận và diễn giải các nội dung chương mục một cách rõ ràng, dễ hiểu. Tuy vậy chắc chắn không tránh khỏi một số sai sót, mong được bạn đọc lượng thứ và góp ý sửa chữa. Tác giả xin chân thành cảm ơn!

Các ý kiến góp ý xin gửi về cho tác giả theo địa chỉ : Số 12, ngách 172/41, ngõ 172 Phố Đại Từ, Đại Kim, Hoàng Mai, Hà Nội.

TÁC GIẢ

KHÁI NIỆM VỀ BÊ TÔNG VÀ CÁC CHỦNG LOẠI XI MĂNG ĐỂ SẢN XUẤT BÊ TÔNG

1. KHÁI NIỆM VỀ BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP

Bê tông là vật liệu xây dựng bằng đá nhân tạo có các tính năng cơ lý bền vững, có khả năng chịu lực lớn để thi công xây dựng nhiều loại công trình, thoả mãn được tính đa dạng về kiến trúc và có tính vĩnh cửu.

Bê tông được chế tạo từ các vật liệu như xi măng và những nguyên liệu có sẵn trong thiên nhiên như đá núi, sỏi cuội và cát vàng khai thác từ các bãi bồi, khe suối, sông ngòi. Các thành phần xi măng, cát, đá dăm và nước sau khi được tính toán và chọn lựa cấp phối hợp lý sẽ được trộn thủ công bằng xẻng hoặc bằng máy trộn cơ khí tạo thành một hỗn hợp có tính dẻo và linh động (độ sụt) gọi là vữa bê tông. Vữa bê tông sau đó có thể được đúc rót và tạo hình thành các cấu kiện có kích thước và hình dạng khác nhau. Sau khoảng thời gian 28 ngày đóng rắn (có thể rút ngắn thời gian bảo dưỡng này bằng cách xử lý nhiệt ẩm), chúng được sử dụng để tạo nên kết cấu xây dựng cho các công trình nhà ở, văn hoá, giáo dục, giao thông, công nghiệp, quốc phòng, v.v...

Bản thân bê tông có cường độ chịu nén rất lớn, nhưng cường độ kéo và uốn rất thấp. Khi bê tông kết hợp với thép làm cốt (gọi là bê tông cốt thép) thì khắc phục được nhược điểm trên nên nó là vật liệu xây dựng hiện đại, phổ biến nhất hiện nay và được sử dụng rộng rãi, lâu dài ở khắp các nước trên thế giới. Sắt thép, hợp kim, nhựa cứng... cũng là những vật liệu xây dựng tốt nhưng đắt tiền, không có tính vĩnh cửu và không dễ dàng tạo hình như bê tông.

2. PHÂN LOẠI BÊ TÔNG

Trong thực tế xây dựng các công trình, thậm chí ngay trong một công trình nhiều khi cũng đòi hỏi phải chế tạo nhiều loại bê tông khác

nhau. Tùy theo tính năng kỹ thuật và các nguyên liệu chế tạo ra chúng, người ta đưa ra sự phân loại như sau:

2.1. Phân loại bê tông theo khối lượng thể tích

Phân loại bê tông theo khối lượng thể tích gồm có:

– **Bê tông nặng:** Bê tông nặng là loại bê tông thông dụng nhất. Khối lượng thể tích của loại bê tông này là $1,8 \div 2,2$ tấn/m³, tức $\gamma = 2 \pm 0,2$ T/m³, hay $2 \pm 0,2$ kg/l. Sự dao động khối lượng thể tích của loại bê tông này phụ thuộc vào mác, loại cốt liệu và kích thước cỡ hạt của chúng. Những số liệu ghi trong bảng 1 sau đây là sự phụ thuộc khối lượng thể tích của 2 loại cốt liệu vào kích thước cỡ hạt của chúng.

Bê tông nặng được dùng để thi công các công trình ở đất liền. Nó có nhược điểm là độ toả nhiệt lớn nên dễ gây nứt rạn, nhất là bê tông khối lớn. Bê tông nặng cũng không bền vững trong môi trường nước có ion hoặc muối sunphat và các loại nước chứa các hoá chất hoặc nồng độ pH < 7.

Để thi công xây dựng các công trình trong các môi trường đó người ta phải sử dụng các chủng loại bê tông đặc biệt và thích hợp nói tại mục 9 ở sau.

BẢNG 1.

Kích thước của đá dăm (mm)	Khối lượng thể tích của đá dăm ẩm 3% (kg/l)			
	Đá bazan đen	Đá mable	Đá vôi	Đá granit
10 ÷ 20	1,30 ÷ 1,35	1,35 ÷ 1,42	1,38 ÷ 1,45	1,50 ÷ 1,60
20 ÷ 40	1,35 ÷ 1,42	1,42 ÷ 1,50	1,45 ÷ 1,50	1,6 ÷ 1,75
30 ÷ 50	1,42 ÷ 1,55	1,50 ÷ 1,60	1,50 ÷ 1,60	1,75 ÷ 1,90
Cỡ hạt của cát	Khối lượng thể tích của cát vàng ẩm 5% (kg/l)			
Modun độ lớn	2,5 ÷ 3,2	2,0 ÷ 2,5	1,0 ÷ 2,0	0,7 ÷ 1
Khối lượng thể tích	1,30 ÷ 1,35	1,25 ÷ 1,3	1,20 ÷ 1,25	1,0 ÷ 1,2

– *Bê tông siêu nặng*: có khối lượng thể tích từ 3 – 5 T/m³. Để có được thể tích nặng như vậy, người ta phải sử dụng các loại đá, quặng và kim loại nặng để làm cốt liệu thô và cốt liệu mịn như quặng sắt có hàm lượng ôxít sắt (Fe₂O₃) ≥ 50%, quặng barit (Sunphat Bari) lẫn ít silic (SiO₂), chì hạt kích thước khác nhau. Bê tông siêu nặng chính là loại bê tông cảm xạ nguyên tử Uranium và các phóng xạ đồng vị. Vì vậy người ta sử dụng loại bê tông này để xây dựng lò phản ứng nguyên tử của các nhà máy điện nguyên tử và các phòng thí nghiệm cao tốc, Ronghen, v.v...

2.2. Phân loại bê tông theo kích thước cốt liệu

Theo sự phân loại này có 2 loại bê tông sau:

– *Bê tông vi mịn*: là loại bê tông silicat, bê tông xi măng đá silic (đá quarkzit) mặt đá granit... và xi măng cao đều có hạt nhỏ. Bê tông loại này thường dùng chế tạo các cấu kiện nhỏ và có qua xử lý nhiệt để thúc đẩy quá trình đóng rắn. Bê tông loại này dùng để lát nền nhà, bậc cầu thang, v.v...

– *Bê tông cốt liệu thô*: Bê tông cốt liệu thô (cốt liệu thô có kích thước 40 ÷ 70mm) thường được dùng để đổ móng nhà, đổ bê đập kích thước lớn, đổ trám các hang động Catstơ, v.v...

2.3. Phân loại bê tông theo mục đích sử dụng

Tùy theo mục đích sử dụng, ngoài loại bê tông siêu nặng đã nói ở trên, còn có nhiều loại bê tông đặc biệt để thích ứng với môi trường làm việc của bê tông (xem mục 9) như:

- Bê tông cách âm, cách nhiệt.
- Bê tông bền Sunphat.
- Bê tông đóng rắn nhanh.
- Bê tông mác cao.
- Bê tông chịu nhiệt v.v...

2.4. Phân loại bê tông theo công nghệ sản xuất

Tùy thuộc vào công nghệ sản xuất, bê tông có những loại sau:

– *Bê tông đổ tại chỗ*: là bê tông được chế tạo và đúc rót ngay tại hiện trường thi công xây dựng theo thiết kế và kết cấu đã được chuẩn bị trước.

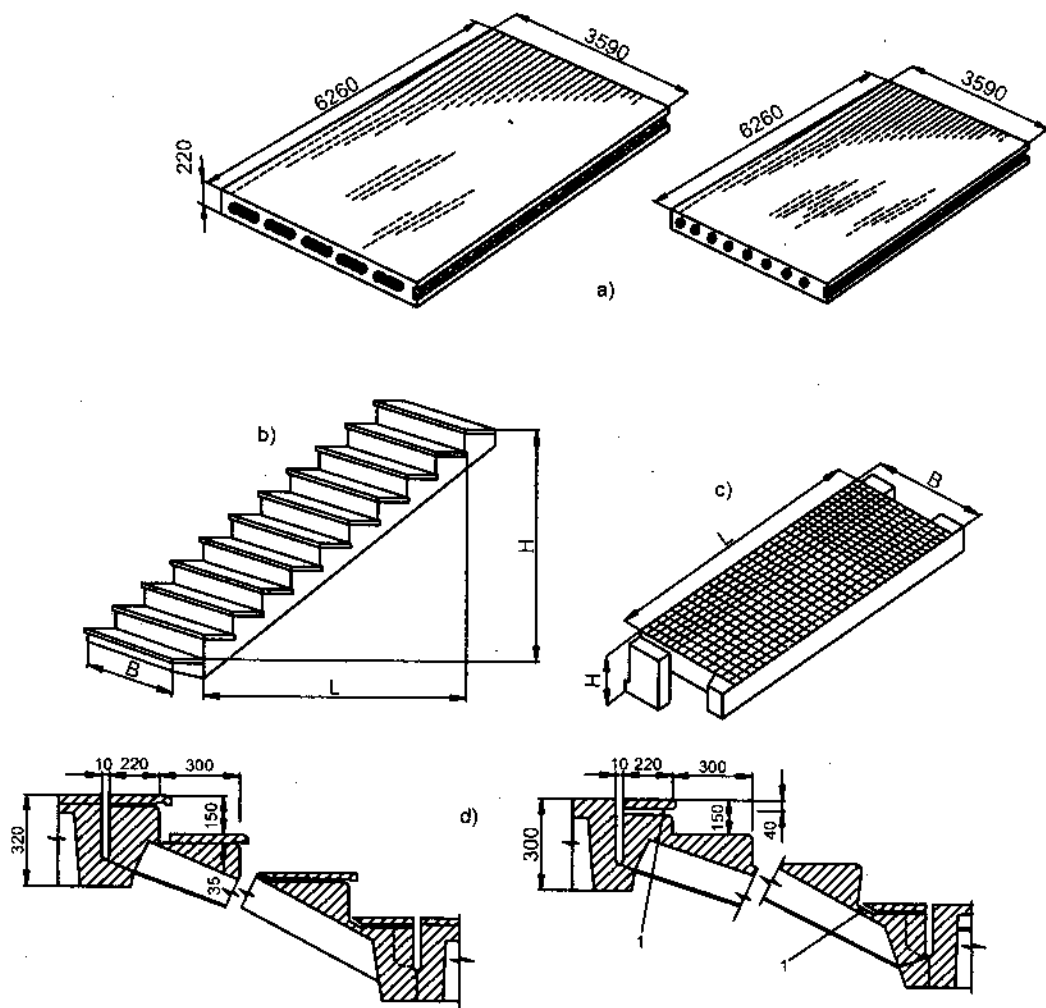
– *Bê tông đúc sẵn*: đây là các cấu kiện bê tông được sản xuất tại các nhà máy bê tông theo đơn đặt hàng của người tiêu dùng hoặc của các công ty xây dựng do điều kiện đúc đổ tại chỗ bị hạn chế hoặc vì lý do tiến độ thi công hoặc theo kế hoạch phân công giữa đơn vị thi công và đơn vị sản xuất bê tông cùng ở trong một công ty xây dựng. Hình 1.1 là một số cấu kiện bê tông đúc sẵn.

– *Bê tông lắp ghép*: là những cấu kiện bê tông đúc sẵn tại chỗ hay sản xuất tại các nhà máy bê tông nhưng chưa được hoàn thành 100% (trừ tấm trần, tấm panel sàn nhà,...). Phần chưa hoàn thành còn lại sẽ được hoàn thiện trong quá trình lắp ghép, ví dụ các giao điểm hoặc các mối nối của các cấu kiện với nhau, v.v...

– *Bê tông tươi*: là loại vữa bê tông được chế tạo tại các trạm trộn công suất lớn sau đó được vận chuyển đến (bằng ô tô chuyên dùng), đổ rót tại công trường xây dựng theo yêu cầu của khách hàng.

– *Bê tông chưng hấp*: là loại bê tông sau khi tạo hình xong được đưa cả khuôn (cốp – pha) vào nồi hấp hơi nhiệt ẩm ở áp suất thường hoặc áp suất 5 – 8 atmôtphe để rút ngắn thời gian đông rắn bê tông và xuất sản phẩm đi tiêu dùng.

Các cách phân loại nói trên chỉ mang tính tương đối, không có sự khác biệt hoàn toàn. Ví dụ bê tông chưng hấp và bê tông đúc sẵn cũng đều cho kết quả sản phẩm cuối cùng như nhau, chỉ khác nhau công đoạn xử lý nhiệt trong quá trình sản xuất.



Hình 1. Một số cấu kiện bê tông đúc sẵn

- a. Tấm đan lát sàn, làm tường ngăn.
- b. Một nhịp cầu thang.
- c. Tấm lát cầu thang có gờ nhám, chống trượt chân.
- d. Các nhịp cầu thang có tấm lát và không có tấm lát.

3. CÁC CHỦNG LOẠI XIMĂNG ĐỂ CHẾ TẠO BÊTÔNG NẶNG

Ximăng là thành phần quan trọng nhất của bê tông, mặc dù ximăng chỉ chiếm từ 10 ÷ 22% khối lượng của 1m³ bê tông, nhưng nó đóng vai trò gắn kết các loại cốt liệu với nhau và đông cứng để tạo thành bê tông. Vì vậy, người ta thường nói ximăng là “nguyên liệu bánh mỳ” của bê tông. Ximăng với nước và các cốt liệu tạo ra độ dẻo và tính linh động (độ sụt) của vữa bê tông, cho phép tạo hình thành khối bê tông. Vữa bê tông kết hợp với cốt thép tạo thành những hình thù cấu kiện khác nhau. Với một loại ximăng, ví dụ ximăng Portland có thể sản xuất được nhiều loại bê tông. Trong thực tế thi công xây dựng, đòi hỏi có nhiều loại bê tông có các tính năng khác nhau. Do sự khác nhau đó mà đòi hỏi có các chủng loại ximăng khác nhau. Ximăng thông dụng chỉ chế tạo được các loại bê tông thông dụng. Để chế tạo các loại bê tông đặc biệt cần sử dụng loại ximăng đặc biệt. Ximăng không những dùng để chế tạo bê tông, nó còn được sử dụng để chế tạo các loại sản phẩm khác... Trong mục này sẽ trình bày các chủng loại ximăng dùng cho sản xuất bê tông nặng và vữa xây dựng.

Nội dung sau giới thiệu chủ yếu về đặc điểm công nghệ sản xuất, chất lượng và phạm vi sử dụng của mỗi loại ximăng. Riêng đối với ximăng portland là loại ximăng thông dụng nhất, sẽ trình bày thêm về quá trình đông rắn của nó vì quá trình đông rắn của ximăng chính là quá trình đông rắn của bê tông và vữa xây dựng. Mặt khác quá trình đông rắn của ximăng portland mang tính chất và đặc điểm chung cho quá trình đông rắn của các loại ximăng khác.

3.1. Ximăng Portland – PC

Ximăng portland ở Việt Nam được ký hiệu là PC, ký hiệu quốc tế là OPC - ximăng Portland thông dụng (chữ O là viết tắt của từ Ordinary theo tiếng Anh có nghĩa là thông thường, thông dụng), vì nó được sử dụng nhiều nhất trong xây dựng. Ximăng PC gồm có 2 thành phần là clinker portland (95 ÷ 96%) và thạch cao (4 ÷ 5%) được nghiền chung hoặc trộn chung thành bột mịn màu xanh xám, có cỡ hạt từ 20 đến 90 micrông (μK) chiếm tới 80 – 90%, tỷ lệ các hạt nhỏ hơn 20 μK và lớn hơn 90 μK chỉ chiếm 10 – 20%. Theo tiêu chuẩn Việt Nam – TCVN 2682 – 2008 thì độ mịn của ximăng PC tùy theo mức dao động trong phạm vi <10% trên

sàng 0,09 mm hoặc $\geq 2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ giá trị diện tích bề mặt riêng hay còn gọi là tỷ diện.

3.1.1. Nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng portland

Nguyên liệu để sản xuất clinker xi măng PC gồm có: đá vôi, đất sét và các phụ gia điều chỉnh.

– *Đá vôi*: Đá vôi là loại đá canxit, tức là khoáng Cacbonat canxi – CaCO_3 . Nhưng không phải đá vôi nào cũng đạt chất lượng để sản xuất xi măng PC. Về thành phần hoá học của đá vôi phải đạt các tỷ lệ % ghi trong bảng 2 sau đây:

BẢNG 2. THÀNH PHẦN HOÁ HỌC (%) CỦA ĐÁ VÔI SẢN XUẤT XIMĂNG PC

MKN	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	R_2O	SO_3	P_2O_5	Cl^-
≥ 42	≥ 52	$\leq 2,5$	$< 0,5$	$< 0,3$	≤ 2	$< 0,5$	$< 0,3$	$< 0,3$	$< 0,1$

Ở đây MKN là viết tắt 3 chữ mất khi nung, tức khi nung ở nhiệt độ từ 1000°C trở lên thì đá vôi bị phân hủy ra khí CO_2 bay vào không khí, còn lại là oxit canxi – CaO và một tỷ lệ nhỏ các oxit khác ghi trong bảng 2.

R_2O là viết tắt 2 loại oxit kiềm Na_2O và K_2O .

Ion Cl^- có trong các muối NaCl , MgCl_2 là tạp chất của đá vôi, nhất là đá vôi ở các vùng có nước mặn thâm nhập hoặc được tạo từ các vùng biển cận thời xa xưa.

Nhưng đạt tiêu chuẩn về thành phần hoá học như trên mà đá vôi quá cứng, máy đập khó đập nhỏ thì vẫn chưa đủ tiêu chuẩn cho sản xuất xi măng. Vì vậy người ta phải đưa ra thêm chỉ tiêu về độ cứng của đá vôi phải ≤ 5 theo thang độ cứng của Morth. Với độ cứng ≤ 5 Morth thì máy đập xung lực và máy đập cánh búa mới đập nhỏ được, vì đá vôi khai thác công nghiệp có kích thước tảng từ 500 đến 1500mm nếu không đập nhỏ xuống kích thước nhỏ hơn 70 mm thì máy nghiền cũng không nghiền được.

Tại các địa điểm có mỏ đá vôi có trữ lượng đạt chỉ tiêu trữ lượng công nghiệp đảm bảo đủ đá để cung cấp cho nhà máy xi măng vận hành

hết công suất trong thời gian ít nhất là 30 năm mới được đầu tư xây dựng nhà máy sản xuất xi măng.

Như vậy, một mỏ đá (núi đá) vôi có đủ chất lượng, trữ lượng và điều kiện khai thác, vận tải (bằng ô tô 20 ÷ 30 tấn trọng tải, bằng tàu hỏa, xà lan) thuận lợi thì mới được chọn để đầu tư nhà máy sản xuất xi măng Portland. Muốn thế phải qua các bước khảo sát tìm kiếm và khảo sát đánh giá chất lượng, trữ lượng. Trữ lượng của đá vôi phụ thuộc công suất của nhà máy xi măng. Ví dụ trữ lượng đá đủ cho nhà máy sản xuất một triệu tấn xi măng/năm là $1,35 \times 1 \times 30 \text{ năm} = 40,5 \text{ triệu tấn}$. Ở đây 1,35 là định mức đá cho 1 tấn xi măng.

Đá vôi là nguyên liệu chiếm tỷ lệ tới 80% trong hỗn hợp các nguyên liệu sản xuất xi măng.

– Đất sét là nguyên liệu lớn thứ hai cần có để sản xuất xi măng. Đất sét ở Việt Nam thường có độ ẩm trung bình là 18%. Định mức đất sét cho sản xuất một tấn xi măng Portland thường là 0,3 tấn.

Cũng như đá vôi, đất sét cũng phải có đủ chất lượng, trữ lượng, độ cứng và điều kiện khai thác, vận tải. Độ cứng của đất sét phải ≤ 3 Morth mới cắt – đập được bằng máy. Thành phần hoá học là chỉ tiêu chất lượng của đất (hoặc đá) sét phải thoả mãn các thông số ghi trong bảng 3 :

BẢNG 3

Thành phần %	MKN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	R ₂ O	SO ₃	Cl ⁻
Mỏ sét được chọn	4 – 8	55–72	12–22	4–8	≤ 1	≤1,5	≤1	≤2,5	≤0,3	≤0,1
Trung bình của mỏ được chọn	6 ±1	66±2	16±1	7±1	≤1	1±0,5	≤1	≤2	≤0,3	≤0,1

Chỉ tiêu quan trọng nhất của đất sét là hàm lượng oxit Silic (SiO₂) và oxit nhôm. Hàm lượng các oxit Magiê (MgO, kiềm và ion Cl⁻) cũng phải quy định hạn chế nghiêm ngặt, nếu hàm lượng MgO quá cao thì xi măng

và bê tông bị trương nở, hàm lượng $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = \text{R}_2\text{O}$ vượt quá 2% thì xi măng và cốt thép của bê tông bị ăn mòn, ion Clo nhiều gây ăn mòn thiết bị trong quá trình sản xuất xi măng.

Chất lượng của đất/đá sét còn được quy định theo trị số của modun Silic M_S biểu thị bằng công thức sau:

$$M_S = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (1)$$

Trong tính toán trữ lượng của mỏ sét, trị số của M_S được lấy từ 2,4 đến 3,6. Trị số trung bình của toàn mỏ là $M_S = 3 \pm 0,3$. Nếu $M_S < 2,7$ cần phải cho thêm cát hoặc đá có hàm lượng silic cao ($\text{SiO}_2 = 78 \div 92\%$) để đảm bảo đủ SiO_2 , nếu $M_S > 3$ thì phải tìm kiếm nguồn sét có hàm lượng nhôm cao ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 23\%$) hoặc phải bổ sung quặng bôxít pha vào với sét để bù lượng Al_2O_3 còn thiếu^(*).

Mặt khác, trong đất/ đá sét thường thiếu ôxit sắt (Fe_2O_3) nên cần cho thêm quặng sắt vào phối liệu sản xuất Clinker Portland (thường thiếu 2 – 4%). Những khoáng vật phải bù thêm như quặng sắt, cát hoặc đá silic, quặng bôxít được gọi chung là phụ gia điều chỉnh phối liệu. Các loại phụ gia điều chỉnh này tuy hàm lượng ít nhưng thiếu nó thì chất lượng clinker và xi măng Portland thấp, khó sản xuất (khó nung luyện hoặc đòi hỏi nhiệt độ cao, hoặc bào mòn nhanh chóng gạch chịu lửa xây lò, ...). Vì vậy các phụ gia điều chỉnh phối liệu vẫn là các nguyên liệu quan trọng để sản xuất clinker xi măng trong đó phổ biến (hay dùng) nhất là quặng Sắt.

– Thạch cao: Thạch cao chiếm 4 – 5% trong xi măng PC, số còn lại là clinker portland. Thạch cao có vai trò điều chỉnh thời gian đông kết của xi măng Portland, làm cho tốc độ hydrat hoá của các khoáng hoạt tính nhất trong xi măng xảy ra chậm lại nhằm đảm bảo đủ thời gian cho sự sắp xếp một cách hợp lý cấu trúc của đá xi măng trong quá trình đóng rắn.

(*) Nhà máy xi măng Hoàng Thạch phải mua quặng bôxít Lạng Sơn vì đá sét Hoàng Thạch thiếu ôxit nhôm, nhà máy xi măng Kiên Giang (Hà Tiên 2) phải pha thêm cát cho đủ Silic (SiO_2).

Vì vậy thạch cao cũng có vai trò tạo nên độ dẻo và độ sụt của vữa bê tông trong khoảng thời gian nhất định để kịp thời gian đúc rót và tạo hình các cấu kiện bê tông. Vì vậy có thể nói, thạch cao không những là phụ gia điều chỉnh thời gian đông kết của xi măng PC mà còn là phụ gia điều chỉnh độ sụt của bê tông.

3.1.2. Nhiên liệu để sản xuất xi măng PC

Nhiên liệu để sản xuất Clinker xi măng PC ở Việt Nam chỉ có hai loại là than cám antraxit Quảng Ninh và dầu nặng FO hoặc DO. Hai loại dầu này dùng để đốt lò bàn đầu cho đến nhiệt độ bắt lửa ($500 - 600^{\circ}\text{C}$) của than antraxit nghiền mịn. Đây là công nghệ đốt lò quay khô sản xuất clinker xi măng PC. Đối với công nghệ lò đứng thì chỉ dùng 100% than cám Hòn Gai.

Khí tự nhiên có thể thay thế được dầu nặng. Tuy nhiên chi phí đầu tư đường dẫn khí đốt tự nhiên từ các mỏ khí ở miền Nam đến cấp cho các nhà máy xi măng sẽ rất tốn kém.

Các nước có nhiều khí đốt như Nga,..., người ta dùng khí để đốt lò quay sản xuất xi măng. Ở một số nước có nhiều phế thải cao su, có thể tận dụng một tỷ lệ nhiên liệu phế thải này. Chất lượng than cám và dầu FO để sản xuất xi măng như sau:

– Chất lượng than cám cho đốt lò quay khô: Hàm lượng tro: $\leq 20\%$, nhiệt năng ≥ 6500 kcal/kg than. Hàm lượng chất bốc $\geq 6\%$, hàm lượng lưu huỳnh $\leq 1\%$, độ ẩm của than nhập kho nhà máy : $\leq 11\%$. Than cám 4a Hòn gai có chất lượng tương đương với các chỉ tiêu trên.

Khí Clo (ion Cl^-) trong nguyên liệu phải hạn chế $\leq 0,1\%$ để không gây ăn mòn thiết bị do hơi nước tạo thành axit HCl, hàm lượng lưu huỳnh (S) trong than cám cũng không được vượt quá 1% để hạn chế sự tạo thành axit sunphuaric (H_2SO_4) lúc khí SO_3 gặp hơi nước:



Hơi axit H_2SO_4 bám vào sắt thép làm hư hỏng thiết bị.

Than cám nhập kho được đưa qua máy nghiền sấy liên hợp, khi than đạt độ mịn để có than mịn tới 6% trên sàng 0,08 mm và độ ẩm $\leq 0,5\%$ mới cấp cho vôi phun đốt lò quay khô nung luyện Clinker.

– Chất lượng của dầu FO dùng cho mỗi lò quay phải đạt nhiệt năng ≥ 9500 kcal/kg dầu. Hàm lượng tro (Péc) và lưu huỳnh (S) cũng phải hạn chế.

Dầu FO hoặc DO ở nhiệt độ thường có độ nhớt cao, khó bơm phun vào lò tạo thành những tia nhỏ dễ cháy, do vậy, người ta phải hâm nóng dầu tới 100°C để giảm độ nhớt mới dễ dàng bơm theo ống đến vôi phun và tạo thành những tia mịn.

3.1.3. Các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker và thành phần khoáng của xi măng PC

– Chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo Clinker PC:

Clinker xi măng PC của các nước trên thế giới cũng như của Việt Nam đều được thiết kế và chế tạo theo 3 chỉ tiêu kỹ thuật sau:

- Hệ số bão hoà vôi của clinker – (ký hiệu là LSF) và được tính bằng công thức:

$$\text{LSF} = \frac{(\text{CaO} - f.\text{CaO} - 0,7\text{SO}_3).100}{2,8\text{SiO}_2 + 1,18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (\%) \quad (3)$$

- Modun Silicat – M_s được tính theo công thức:

$$M_s = \frac{\text{SiO}_2}{(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)} \quad (4)$$

- Modun alumin – M_A được tính bằng công thức:

$$M_A = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (5)$$

Tất cả các ôxit trong 3 công thức (3), (4) và (5) ở trên đều tính bằng %. Chúng là hàm lượng các ôxit có trong Clinker xi măng Portland theo kết quả phân tích mẫu đại diện của lô clinker đã được ra lò. Đây là 3 chỉ tiêu đánh giá chất lượng của clinker PC nên chúng cũng là các chỉ tiêu thiết kế chất lượng clinker và xi măng PC về mặt hoá học.

– Các khoáng chính và thành phần (%) khoáng của clinker PC:
Clinker PC có 4 thành phần khoáng chính là:

1. Tricanxi silicat hay là alit: $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ viết tắt là C_3S .
 2. Dicanxi silicat hay là belit: $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ viết tắt là C_2S .
 3. Tricanxi aluminat: $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ viết tắt là C_3A .
 4. Alumoferit canxi: $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ viết tắt là C_4AF .
- (6)

Hai khoáng cuối cùng có tên chung là Selit hay là các khoáng chảy tức là thành phần chủ yếu trong pha lỏng của clinker portland, nếu không có chúng thì khoáng thứ nhất (alit) rất khó thành tạo và cả 2 khoáng chính là alit và belit rất khó kết luyện thành viên (hạt) clinker.

Ngoài ra, tùy thuộc vào các trị số kỹ thuật chế tạo (3), (4), (5) nói trên, trong thành phần khoáng clinker Portland có thể có một tỷ lệ nhỏ các khoáng ở dạng không ổn định như C_xA_y và C_mF_n . Các hệ số x, y và m, n không ổn định. Trong clinker còn có khoảng 0,5 – 3% ôxit canxi tự do – f.CaO tùy theo công nghệ sản xuất. Công nghệ lò đứng bán khô có hàm lượng f.CaO trong clinker lớn hơn công nghệ lò quay khô. Trong clinker PC còn có một tỷ lệ nhỏ từ 2 – 4% MgO ở thể trơ (quá nung) có dạng khoáng Periclaz. Khoáng này không hoạt tính ở nhiệt độ dưới 200°C nhưng nếu để lâu ngày nó cũng hydrat rất chậm để tạo thành $\text{Mg}(\text{OH})_2$ kèm theo nở thể tích gấp 1,5 lần so với MgO, trong khi đó, vữa xi măng và bê tông đã thành đá cứng rắn nên sẽ gây ra hiện tượng nứt đá xi măng và bê tông. Đây là lý do giải thích tại sao phải hạn chế ôxit MgO trong đá vôi và đất sét làm nguyên liệu sản xuất xi măng PC. Cũng vì nguyên nhân đó mà trong các tiêu chuẩn chất lượng các chủng loại xi măng có clinker Portland người ta hạn chế hàm lượng $\text{MgO} \leq 5\%$. Tuy nhiên, các nhà khoa học vật liệu xây dựng của Nhật Bản đã phát hiện ra rằng, sự có mặt của MgO với một hàm lượng nhỏ trong khoảng 1,7 – 2,5% thì ôxit MgO trong Clinker Portland không có hại, thậm chí nó tạo màu cho Clinker nên làm cho xi măng PC có màu đẹp.

Trong bốn loại khoáng chính nói trên, alit (C_3S) là khoáng cho cường độ lớn nhất của xi măng. Vì vậy trong tính toán thiết kế chất lượng clinker

PC người ta cố gắng cho hàm lượng khoáng C_3S đạt giá trị cao nhất trong điều kiện cho phép của công nghệ chế tạo, chất lượng của các nguyên liệu sẵn có ở địa phương, hiện trạng thiết bị của dây chuyền sản xuất và tay nghề, kinh nghiệm vận hành của đội ngũ kỹ sư và công nhân, cũng như phương tiện kiểm tra sản xuất.

Khoáng C_3A cũng cho cường độ cao nhưng không thể thiết kế hàm lượng cao được vì khoáng này là khoáng dễ chảy và có độ nhớt lớn nên nó ngăn cản quá trình tạo khoáng alit. Mặt khác, khoáng này rất hoạt tính hydrat với nước nên làm cho hồ xi măng và vữa bê tông đông kết rất nhanh, gây khó khăn cho việc đổ rót và tạo hình các cấu kiện bê tông.

Khoáng belit (C_2S) có độ hoạt tính hydrat thấp nên nó phản ứng với nước chậm và cho cường độ về sau.

Khoáng C_4AF cũng là khoáng chảy nhưng độ nhớt thấp nên nó tạo điều kiện cho quá trình tạo khoáng alit. Vì vậy trong clinker PC cũng phải chọn hàm lượng C_4AF hợp lý.

Chất lượng clinker càng tốt thì chất lượng xi măng càng cao. Clinker PC có chất lượng tốt nhất là clinker có các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo và thành phần khoáng ghi trong bảng 4 dưới đây:

BẢNG 4

Loại công nghệ	Kỹ thuật chế tạo			Thành phần khoáng của clinker tốt, %						
	LSF, %	M_S	M_A	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	f.CaO	MgO	R_2O
Lò quay khô (A)	96±1	2,5±0,2	1,5±0,2	65±2	12±2	9±1	10±1	<1	≤3	≤0,7
Lò đứng (B)	90±1	2,3±0,1	1,3±0,2	50±2	26±2	8±1	12±1	≤3	≤3	<1

3.1.4. Sự cần thiết phải chọn lựa phối liệu sản xuất clinker PC [1]

Những số liệu trong bảng 4 tương ứng loại clinker PC tốt nhất được sản xuất bằng dây chuyền công nghệ lò quay theo phương pháp khô hiện đại và ổn định (A) và công nghệ lò đứng tốt (B). So sánh giữa hai công nghệ, ta thấy có sự khác biệt rõ rệt. Do vậy phối liệu phải được chọn theo công nghệ: Clinker được sản xuất ở dây chuyền công nghệ cao hơn thì tốt hơn clinker sản xuất bằng dây chuyền trình độ công nghệ thấp hơn. Đó là lẽ tất nhiên. Như vậy lý do thứ nhất phải chọn lựa phối liệu sẽ phụ thuộc vào trình độ công nghệ của thiết bị dây chuyền sản xuất.

Như trên chúng ta đã biết, khoáng alít (C_3S) càng nhiều thì xi măng PC càng tốt, cường độ xi măng càng cao. Như vậy tại sao không tính toán thiết kế phối liệu để clinker ra lò đạt trên 85 + 90% khoáng C_3S để mác xi măng PC đạt được 70, 80 hay 90 N/mm² ?

Trong thực tế, không thể đạt được tỷ lệ như vậy vì khoáng alit được tạo ra từ phản ứng của khoáng belit (C_2S) với ion Canxi (Ca^{2+}) được tách ra từ các khoáng chảy chưa ổn định cấu trúc phân tử, tức là từ các dãy dung dịch rắn $C_2A - C_2F - CaO, \dots$ của chúng. Như vậy trong clinker phải có tổng các khoáng chảy không ít hơn 22 + 25%. Tại thời điểm nhiệt độ nung tạo ra được tỷ lệ các khoáng chảy lớn nhất thì song song là quá trình tạo khoáng alit đạt được tốc độ lớn nhất ; khi một phần các khoáng chảy đã có xu hướng ổn định về cấu trúc phân tử của chúng thì tốc độ tạo khoáng alít bị chậm dần lại và dừng hẳn khi dòng clinker chảy ra khỏi zôn nung và đến vùng zôn lạnh. Tại vị trí đó nhiệt độ của lò đã thấp hơn 1400°C, độ nhớt của pha lỏng lớn hơn, đặc hơn và clinker đã tạo viên rắn chắc. Phần khoáng belit còn lại cùng với khoáng alít và các khoáng chảy đã có kết tinh một phần (chủ yếu là C_3A) hoàn chỉnh cấu trúc phân tử, tinh thể và ra khỏi lò. Một tỷ lệ ôxit canxi được tách ra ở thể tự do (f.CaO). Nếu có thêm nhiều ôxit canxi nữa thì cũng chỉ ở trạng thái tự do và chỉ có hại mà không thể nào tạo thêm được khoáng alít. Đây là lý do công nghệ sản xuất clinker PC không cho phép chọn hệ số bão hoà của clinker (LSF) đạt tới giá trị 100%, dù trình độ công nghệ dây chuyền thiết bị hiện đại. Mặt khác, cũng phải lựa chọn phối liệu theo trị số modun alumin thiết kế để có được độ nhớt hợp lý của pha chảy làm cho quá trình

tạo khoáng alit được thuận lợi nhưng vẫn bảo vệ được gạch chịu lửa tại zôn nung lò quay bằng độ dày vừa phải của lớp “Cola” (trong khoảng $200 \pm 50\text{mm}$) để gạch chịu lửa xây lò chậm bị bào mòn và không rơi rớt vào lò, bảo đảm năng suất lò.

Ngoài 3 lý do chính trên còn có các lý do phụ khác, đó là:

- Một dây chuyền thiết bị hiện đại nhưng cũng không thể vận hành một cách ổn định liên tục trong suốt 365 ngày của năm. Nhiều khi phải sửa chữa thiết bị này hay thiết bị khác, nhất là mỗi lần sửa chữa lò. Trong khoảng thời gian đó buộc phải thay đổi phối liệu;

- Chất lượng các nguyên liệu đầu vào không ổn định, hoặc nguyên liệu tại một địa phương nào đó có thành phần hoá học tốt nhưng mức độ hoạt tính (khả năng phản ứng tạo khoáng clinker) kém. Trường hợp này song song với việc tăng độ mịn của bột phối liệu cũng phải chọn phối liệu cho phù hợp.

Trên đây là những lý do tại sao phải chọn phối liệu.

3.1.5. Phối liệu – Khái niệm và công thức tính

– Khái niệm: Phối liệu sản xuất clinker PC là hỗn hợp 4 thành phần nguyên liệu gồm đá vôi, đất sét, quặng sắt và một loại phụ gia điều chỉnh silic hoặc điều chỉnh nhôm. Tro than đốt lò cũng tham gia tạo khoáng clinker. Tất cả các thành phần đó đều được tính bằng tỷ lệ % theo khối lượng vật liệu có độ ẩm tự nhiên được cân đong bằng các cân điện tử lắp đặt ở dưới mỗi silô chứa các nguyên liệu đã đập nhỏ.

Bột phối liệu sống được cấp cho lò nung để nung thành clinker.

– Trình tự các bước tính phối liệu:

- Căn cứ vào trình độ công nghệ (lò quay khô hiện đại công suất lớn (≥ 1 triệu tấn/năm) hay lò quay khô mini (công suất dưới 50 vạn tấn clinker/năm) hoặc công nghệ lò đứng);

- Căn cứ vào chất lượng của các nguyên liệu thông qua số liệu phân tích thành phần hoá học của nhiều mẫu đại diện cho mỏ đá vôi, mỏ sét, quặng sắt và tro than. Trường hợp đất sét thiếu SiO_2 ($\text{SiO}_2 \leq 64\%$) thì chọn loại phụ gia điều chỉnh silic là quặng đá cao silic ($\text{SiO}_2 = 86-90\%$)

hoặc cát đen, cát bồi. Sau khi chọn xong phụ gia điều chỉnh silic thì chọn tỷ lệ pha phụ gia điều chỉnh với sét nhằm tạo ra 1 loại sét hỗn hợp để có được hàm lượng SiO_2 trong khoảng 65 – 68% và hàm lượng ôxit $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15 - 17\%$. Để đạt được tỷ lệ như vậy, cần pha 1 phần phụ gia điều chỉnh với bao nhiêu phần sét theo khối lượng hoặc theo thể tích để đạt được thành phần hoá mong muốn của phối liệu (ví dụ 1/7).

• Thành phần hoá học của 4 loại nguyên bao gồm cả tro than, được cho trong bảng 5 sau đây:

BẢNG 5

STT	Tên nguyên liệu	Thành phần hoá học %							$\Sigma\%$
		MKN	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	R_2O	
1	Đá vôi	42,5	53	2	0,2	0,3	1	0,2	99,2
2	Sét hỗn hợp	6,5	1,0	1,5	16	6,5	66	1,9	99,4
3	Quặng sắt	8,5	4	2	6	54	24	0,5	99,0
4	Tro than	2	2	1	28	7	58	1	99,0

• Thiết kế thành phần khoáng của clinker PC:

Như đã nói ở trên, khi thiết kế thành phần khoáng của clinker PC, chúng ta cần xét tới trình độ công nghệ và hiện trạng vận hành của dây chuyền thiết bị nhằm đảm bảo chắc chắn các yêu cầu, quy định trong quá trình sản xuất. Ví dụ với dây chuyền thiết bị lò quay khô công suất 1500 tấn clinker PC/ngày có trình độ công nghệ ở mức trung bình tiên tiến, ta thiết kế thành phần khoáng clinker như sau.

BẢNG 6. THÀNH PHẦN KHOÁNG CLINKER THIẾT KẾ, (%)

MKN	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	f.CaO	f. SiO_2	MgO	R_2O	SO_3	Σ
0,50	58 ± 1	17 ± 1	8 ± 1	12 ± 1	$0,5 \pm 0,2$	$\leq 0,2$	$2,5 \pm 0,5$	$0,7 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	99,90

• Chúng ta lấy giá trị trung bình thành phần khoáng đã thiết kế để tính ra thành phần hoá học của clinker theo các công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} \%CaO &= 0,7369.C_3S + 0,6512.C_2S + 0,6222C_3A + 0,4609.C_4AF \\ &\quad + f.CaO + 0,7SO_3; \\ \%SiO_2 &= 0,2631.C_3S + 0,3490.C_2S + f.SiO_2; \\ \%Al_2O_3 &= 0,3779.C_3A + 0,2098.C_4AF; \\ \%Fe_2O_3 &= 0,3292.C_4AF \end{aligned} \right\} (7)$$

Từ các công thức (7) trên, tính được thành phần hoá học của clinker, thiết kế và được ghi trong bảng 7.

BẢNG 7. THÀNH PHẦN HOÁ CỦA CLINKER THIẾT KẾ. (%)

CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	R ₂ O	SO ₃	Σ
65,17	2,50	5,54	3,95	21,40	0,70	0,50	99,76

• Từ thành phần hoá học của clinker PC thiết kế trên, ta tính được các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker bằng các công thức (3), (4), (5) và thu được kết quả như sau:

$$\left. \begin{aligned} - \text{Hệ số bão hoà với LSF} &= 94,32\% \\ - \text{Modun Silic } M_S &= 2,255 \\ - \text{Modun alumin } M_A &= 1,40 \end{aligned} \right\} (8)$$

• Áp dụng hệ phương trình bậc nhất (9) sau đây để tính các thành phần của phối liệu ở dạng nung của clinker, sau đó tính thành phần phối liệu ở dạng các nguyên liệu khô (ẩm = 0 %) và cuối cùng tính chuyển ra thành phần phối liệu ở dạng ẩm tự nhiên.

$$\left\{ \begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1z &= d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z &= d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z &= d_3 \end{aligned} \right. (9)$$

Ở đây các hệ số a_1, b_1, c_1, d_1 (9) được tính như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 = 2,8.(LSF). S_1 + 1,18.A_1 + 0,65.F_1 - C_1 \\ b_1 = 2,8.(LSF).S_2 + 1,18.A_2 + 0,65.F_2 - C_2 \\ c_1 = 2,8.(LSF).S_3 + 1,18.A_3 + 0,65.F_3 - C_3 \\ d_1 = q.[C_q - (2,8.(LSF).S_q + 1,18.A_q + 0,65 F_q)] \quad (10) \\ a_2 = S_1 - M_S. (A_1 + F_1), \quad a_3 = 1 \\ b_2 = S_2 - M_S. (A_2 + F_2), \quad b_3 = 1 \\ c_2 = S_3 - M_S. (A_3 + F_3), \quad c_3 = 1 \\ d_2 = q[S_q - M_S.(A_q + F_1)], \quad q = \frac{p.A_d.n}{100.100} \end{array} \right.$$

$$x + y + z + q = 100\% \quad (11)$$

Trong các công thức (10) và (11), các ký hiệu:

– S_1, S_2, S_3, S_q là hàm lượng (%) ôxit SiO_2 của đá vôi, đất sét hỗn hợp (hoặc đất sét đơn điệu), của quặng sắt (S_3) và tro than (S_q) ở dạng nung;

– A_1, A_2, A_3, A_q là hàm lượng (%) Al_2O_3 của đá vôi (A_1), đất sét (A_2), quặng sắt (A_3) và của tro than (A_q) ở dạng nung;

– F_1, F_2, F_3, F_4 là hàm lượng (%) Fe_2O_3 của các nguyên liệu trên ở dạng nung;

q – là tỷ lệ (%) tro than tham gia tạo khoáng clinker;

p – là tỷ lệ (%) của than đốt lò để nung thành 1 kg clinker PC;

A_d – là tỷ lệ (%) tro của than đốt lò;

n – là % của tro than tham gia tạo khoáng clinker, trị số của $n = 98\%$;

x – là % của đá vôi (dạng nung) trong clinker;

y – là % của đất sét (dạng nung) trong clinker;

z – là % của quặng sắt (dạng nung) trong clinker;

q – là % của tro than trong clinker;

• Sau khi tìm được % của x, y, z, ta tiến hành tính chuyển theo phần trọng lượng của đá vôi, đất sét và quặng sắt ở dạng tươi, khô (ẩm = 0%) nhưng có mất khi nung bằng các công thức (12) sau:

$$\left. \begin{aligned} - \text{Phần trọng lượng của đá vôi } T_1 &= \frac{x}{100 - \text{MKN}_{\text{đá}}} \\ - \text{Phần trọng lượng của đất sét } T_2 &= \frac{y}{100 - \text{MKN}_{\text{sét}}} \\ - \text{Phần trọng lượng của quặng sắt } T_3 &= \frac{z}{100 - \text{MKN}_{\text{q.s}}} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Từ các giá trị nhận được của T_1 , T_2 , T_3 ở trên, ta tính chuyển về thành phần khô của bột sống phối liệu (%) như sau:

$$\left. \begin{aligned} \% \text{ Đá vôi (khô)} &= \frac{T_1 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = x_o \\ \% \text{ Đất sét (khô)} &= \frac{T_2 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = y_o \\ \% \text{ Quặng sắt (khô)} &= \frac{T_3 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = z_o \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Từ các tỷ lệ % của đá vôi khô (x_o), đất sét (y_o) và quặng sắt (z_o), dễ dàng tính chuyển về tỷ lệ phối liệu dạng ẩm tự nhiên:

$$x_n = \frac{x_o}{100 - w}, \text{ trong đó } w \text{ là độ ẩm đá vôi ở silô hoặc ở kho ngoài trời.}$$

3.1.6. Quá trình công nghệ sản xuất xi măng PC

Quá trình công nghệ sản xuất xi măng PC được bắt đầu từ công đoạn khai thác, vận tải, đập nhỏ và đồng nhất sơ bộ các nguyên liệu thô cho đến công đoạn nghiền và xuất sản phẩm cuối cùng cho khách hàng. Sau đây giới thiệu tóm tắt từng công đoạn và đặc điểm công nghệ chủ yếu nhất của các công đoạn đó (hình 2).

– Công đoạn khai thác, vận tải, đập nhỏ và đồng nhất sơ bộ các nguyên liệu:

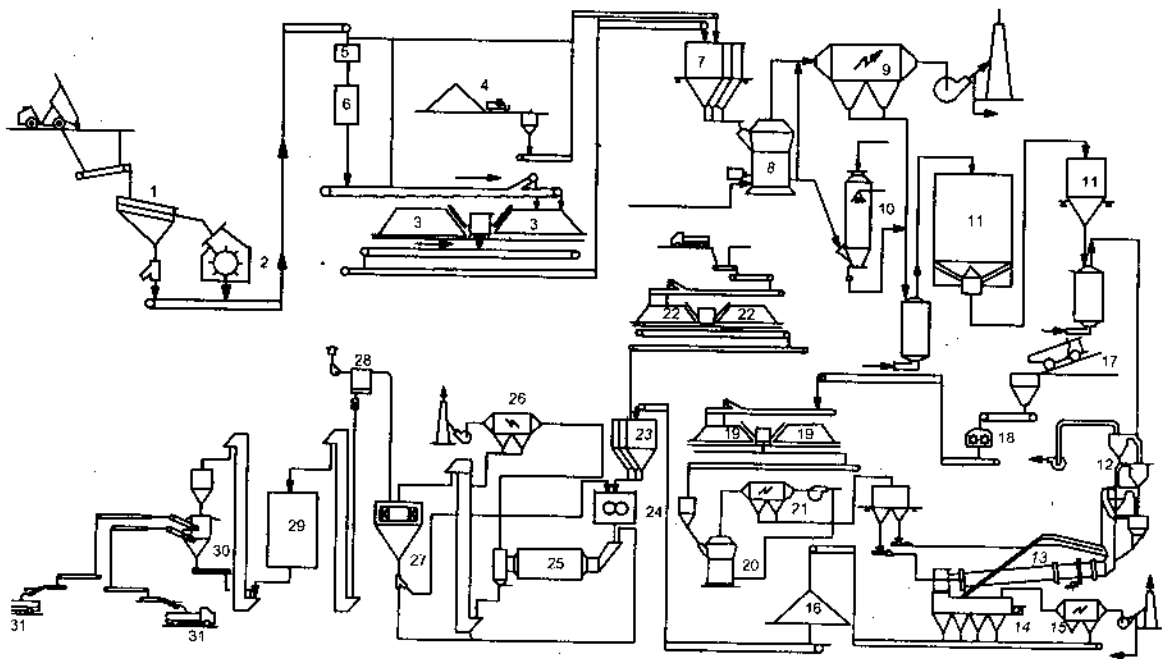
Yêu cầu kỹ thuật và công nghệ chủ yếu của công đoạn này là đá vôi, đất sét, quặng sắt,... từ các mỏ nguyên trạng về đến kho nhà máy có độ chênh lệch về thành phần hoá ít nhất so với độ chênh lệch tự nhiên vốn có ở tại mỏ, có kích thước phù hợp cấp được cho máy nghiền bột sống phối liệu, sản phẩm có giá thành thấp nhất và có khối lượng dự trữ cần thiết để đảm bảo sản xuất liên tục cho các công đoạn phía sau.

Để thực hiện được các yêu cầu kỹ thuật và công nghệ của công đoạn, đá vôi sau khi được thăm dò tỷ mỷ (đạt cấp B ít nhất là 20% tổng trữ lượng cả mỏ) được khai thác theo phương pháp cắt tầng đã được các cơ quan tư vấn mỏ chuyên ngành lập và duyệt. Tùy theo chất lượng cụ thể của từng núi hoặc từng khối trữ lượng, người ta có thể mở một hoặc đồng thời 2 vỉa đá để phối trộn tùy theo trọng tải ôtô chở đá thô (thường 40 tấn/1 chuyến xe) và kích thước lớn nhất của mỗi viên đá cho phép tới 1500mm/viên về trạm đập đá.

- Trạm đập đá thô có thể đặt tại nhà máy nếu khoảng cách từ mỏ về nhà máy không quá 3 km, hoặc có thể đặt tại mỏ nếu khoảng cách đó lớn hơn 3 km. Việc đặt trạm đập đá vôi ở trong hoặc ngoài nhà máy được quyết định theo kết quả so sánh 2 phương án kinh tế – kỹ thuật vận tải: phương án vận chuyển đá thô (đá chưa đập nhỏ) về đập ở trong nhà máy và phương án vận tải đá dăm sau khi đập tại mỏ bằng máy đập xung lực (hình 3) đến cỡ cục ≤ 70 mm về kho nhà máy để được đồng nhất sơ bộ bằng thiết bị cầu rải. Tỷ lệ vận chuyển đá vôi về nhà máy thông thường đạt $80 \pm 1\%$ tổng khối lượng đá vôi, đất sét và quặng sắt và thời gian dự trữ là 7 ± 1 ngày sản xuất tùy theo công suất nhà máy xi măng.

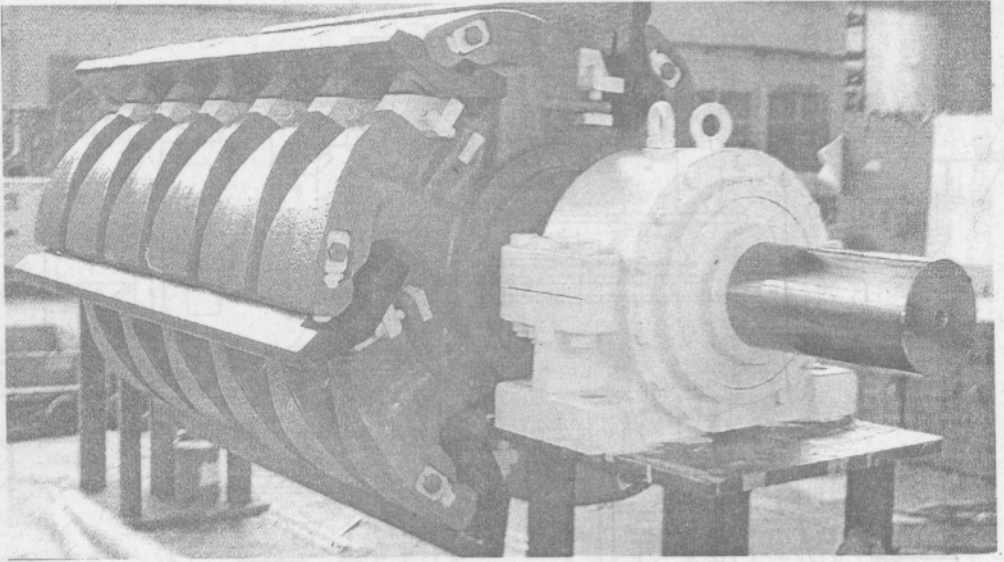
- Kho chứa và đồng nhất sơ bộ đá vôi dăm có 2 loại: kho tròn và kho dài. Loại kho dài có 2 loại: loại kho đánh đồng ở ngoài trời không có mái che mưa và loại kho dài rải lớp bằng cầu trục có mái che. Loại kho rải lớp có hệ số đồng nhất cao hơn (tốt hơn) loại kho đánh đồng ngoài trời nhưng giá đầu tư kho cao hơn.

Loại kho tròn có hệ số đồng nhất khá cao và rất tiện lợi cho việc rút lấy đá dăm đem cấp cho máy nghiền và giá đầu tư thấp nhưng không mở rộng được khi tăng công suất của nhà máy hoặc xây lắp thêm dây chuyền mới. Với loại kho dài, việc mở rộng sức chứa dễ dàng hơn.

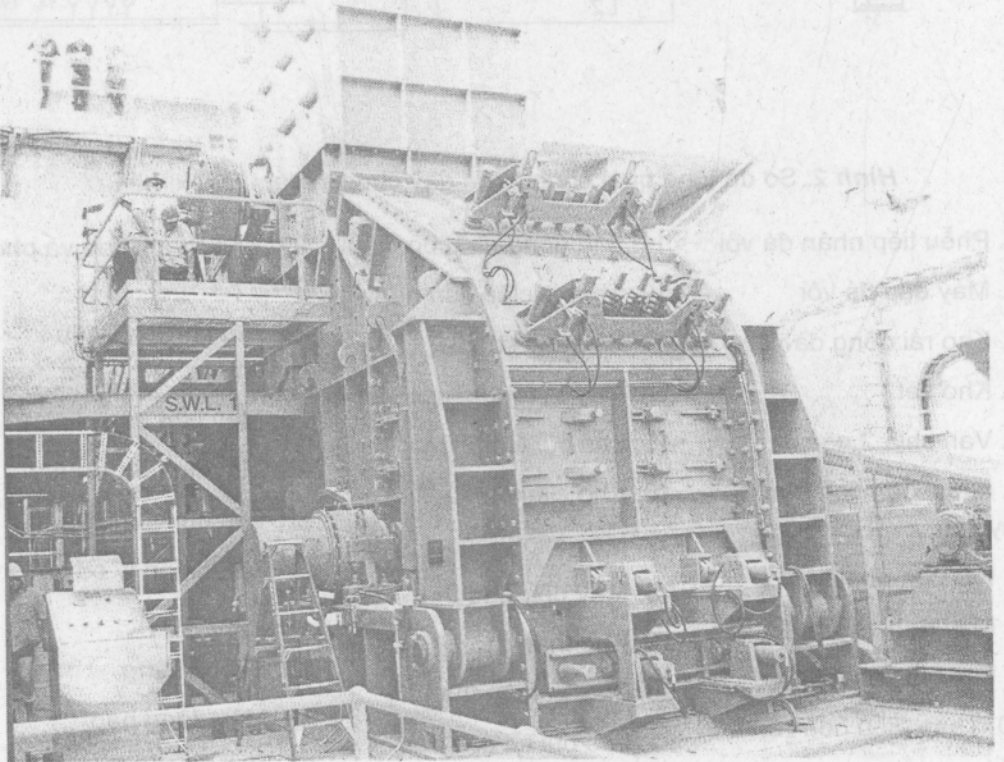


Hình 2. Sơ đồ tổng quát công nghệ dây chuyền sản xuất xi măng

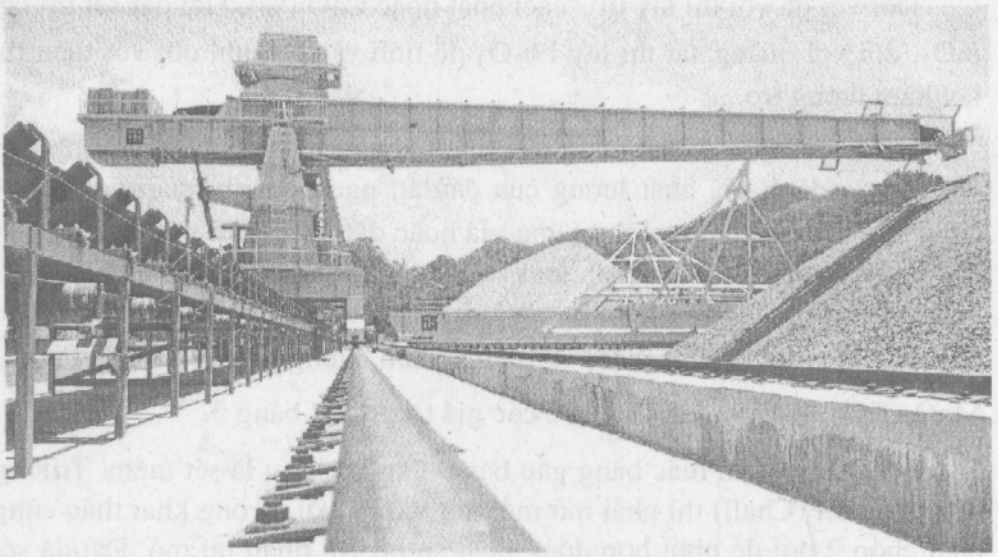
- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Phễu tiếp nhận đá vôi | 11. Silô đồng nhất bột liệu | 22. Kho thạch cao và phụ gia |
| 2. Máy đập đá vôi | 12. Tháp cyclôn tiền nung | |
| 3. Kho rải đồng đá vôi | 13. Lô quay khô | 23. Két cân phối liệu xi măng |
| 4. Kho sét | 14. Máy làm nguội clinker | 24. Máy cán đập clinker |
| 5. Van chia 2 ngã | 15. Lọc bụi tĩnh điện | 25. Máy nghiền xi măng |
| 6. Máy phân tích trực tuyến | 16. Kho clinker | 26. Lọc bụi tĩnh điện |
| 7. Két cân phối liệu | 17. Máy cấp than | 27. Máy phân ly cỡ hạt |
| 8. Máy nghiền liệu sống | 18. Máy đập nhỏ than | 28. Lọc bụi túi |
| 9. Lọc bụi tĩnh điện | 19. Kho than thô | 29. Silô xi măng |
| 10. Tháp điều hoà | 20. Máy nghiền than | 30. Máy đóng bao |
| | 21. Lọc bụi túi cao cấp | 31. Ôtô lấy xi măng |



Hình 3a. Bên trong máy đập đá xung lực



Hình 3b. Bên ngoài máy đập đá xung lực



Hình 4. Kho trần và máy đánh đồng đá vôi

• Hệ số đồng nhất của đá vôi (tính theo độ chênh lệch hàm lượng % ôxít CaO của các mẫu đá đổ vào kho và các mẫu đá lấy ra khỏi kho mang đi cấp cho máy nghiền) của kho dài rải lớp và kho tròn (thường đạt $8/1 \div 10/1$) cao hơn kho đánh đồng ngoài trời (thường đạt $5/1 \div 6/1$).

Để tính gần đúng hệ số đồng nhất các nguyên liệu (theo thành phần hoá) của kho, có thể dùng công thức sau:

$$\text{Đ}_h = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{TB} - x_i) \text{vào}}{\sum_{i=1}^n (y_{TB} - y_i) \text{ra}} \quad (14)$$

Trong đó :

Đ_h – hiệu suất (hoặc hệ số) đồng nhất của kho.

n – tổng số mẫu lấy từng giờ trong ca làm việc.

x_{TB} và x_i – kết quả trung bình phân tích của n mẫu lấy trong toàn ca và kết quả phân tích của mẫu lấy từng giờ trong ca (đầu vào).

y_{TB} và y_i – kết quả trung bình phân tích n mẫu lấy trên băng rút đi (đầu ra) và kết quả phân tích mẫu lấy từng giờ rút đá đi cấp cho máy nghiền.

Đối với đá vôi thì lấy tit^(*) cacbonat hoặc CaO (%). Đối đất sét thì lấy SiO₂, đối với quặng sắt thì lấy Fe₂O₃ để tính và so sánh, đối với than thì lấy hàm lượng tro,...

- Đất sét hoặc đá sét cũng cần được khảo sát thăm dò tỷ mỷ như đá vôi. Trong đánh giá chất lượng của đá/đất, ngoài thành phần hoá và độ cứng (≤ 3 Morth) phải tránh những vĩa hoặc đất sét có sỏi sạn, đặc biệt kỵ là sỏi thạch anh. Tỷ lệ sỏi sạn (sỏi sắt) cũng không cho phép quá 5%. Sét phải mịn cỡ hạt, dẻo và hàm lượng kali natri sunphat phải ít hơn 2%. Khi tính trữ lượng cần chú ý tới độ cứng, hàm lượng SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, TiO₂, R₂O và ion Cl⁻ theo các giá trị ghi tại bảng 3.

- Sét được khai thác bằng gầu băng, gầu xúc nếu là sét mềm. Trường hợp là đá sét (Chall) thì phải mở mỏ như mỏ đá vôi. Trong khai thác cũng phải chọn 2 đối để phối hợp đồng nhất sơ bộ với nhau tại mỏ. Đất/đá sét thường được vận tải bằng ô tô 30 tấn về kho đập – cất ở trong nhà máy.

Kho đồng nhất đất/đá sét tốt nhất là kho dài có cấu trúc rải lớp.

- Quặng sắt tỷ lệ dùng ít (2 – 5%) trong phối liệu nên có thể đặt mua ngoài và vận chuyển về nhà máy ở dạng thô hoặc đã qua máy đập nhỏ cỡ cục 10 – 60mm. Hàm lượng P₂O₅ hoặc SO₃ trong quặng sắt phải $\leq 1\%$.

Quặng sắt trước lúc đưa lên silô chứa cũng phải qua đồng nhất sơ bộ ở trong kho trần. Không nên đặt mua loại quặng giàu sắt để khó đập nhỏ. Quặng sắt tốt nhất cho sản xuất xi măng là loại quặng có hàm lượng Fe₂O₃ = 40 ÷ 55%.

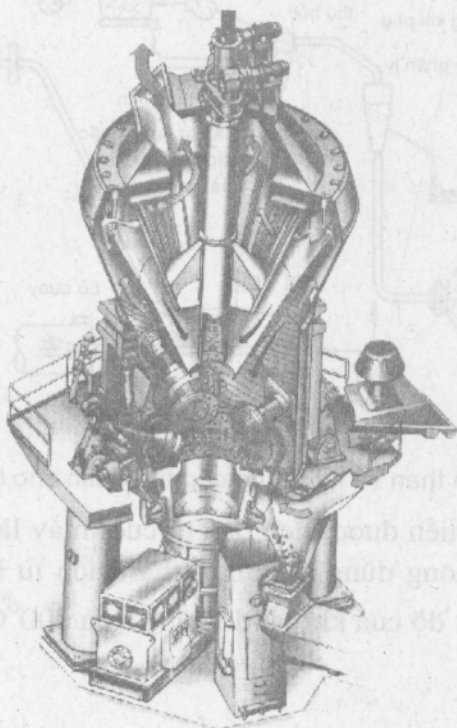
– Công đoạn nghiền và đồng nhất bột sống phối liệu:

Yêu cầu công nghệ của công đoạn sản xuất này là đảm bảo thành phần hoá và ổn định độ mịn của bột sống phối liệu cấp cho lò nung clinker. Đảm bảo thành phần hoá của bột sống là đảm bảo cho các phản ứng tạo khoáng của clinker được xảy ra thuận lợi, dễ dàng và đạt chất lượng đề ra. Để đảm bảo được yêu cầu đó, trước hết các kỹ sư phụ trách chế tạo clinker sử dụng phần mềm sẵn có để tính kiểm tra các trị số kỹ thuật chế tạo và thành phần khoáng clinker theo số liệu phân tích thành phần hoá của bột liệu trong từng giờ và từng ca sản xuất của công đoạn.

^(*) Tit trong công nghệ sản xuất xi măng là hàm lượng % canxi cacbonat của bột khô hoặc của bùn ướt phối liệu sau khi nghiền.

Nếu phát hiện có sự chênh lệch ngoài phạm vi cho phép thì phải điều chỉnh lại tỷ lệ cân đong các thành phần của phối liệu đã cài đặt trước. Trường hợp nhà máy có hệ tự động hoá điều chỉnh phối liệu bằng phần mềm liên kết giữa kết quả phân tích bột liệu hàng giờ bằng máy phân tích Ronghen (X – R) và phần mềm của hệ tự động điều chỉnh các cân bằng định lượng theo chương trình QCX thì cũng phải kiểm tra quá trình làm việc của hệ điều khiển đó hàng ca để đề phòng trục trặc cho sai số liệu của chúng. Trong thực tế thấy rằng, hệ điều khiển tự động QCX cũng không thể giải quyết một cách ổn định thành phần hoá của liệu sống mà vẫn cần phải có sự can thiệp của các kỹ sư phụ trách kỹ thuật chế tạo và phải sử dụng thêm silô đồng nhất bột liệu ở sau.

Các thiết bị công nghệ của công đoạn này là máy nghiền đứng kèm theo máy phân ly cỡ hạt bột liệu hiệu suất cao kiểu LM... 2 + 2c của Hãng LOESCHE (Đức). Các cân bằng định lượng đặt dưới các silô chứa đá dăm, đất sét, quặng sắt và phụ gia điều chỉnh (nếu có) với mức độ chính xác của cân $\leq 1\%$ (cân quặng sắt và phụ gia điều chỉnh phải đạt mức chính xác tới $\pm 0,5\%$). Silô đồng nhất bột liệu bằng khí nén kiểu CF của FLS Đan Mạch với hiệu suất đồng nhất 10/1 cũng được coi là thiết bị công nghệ của công đoạn này.



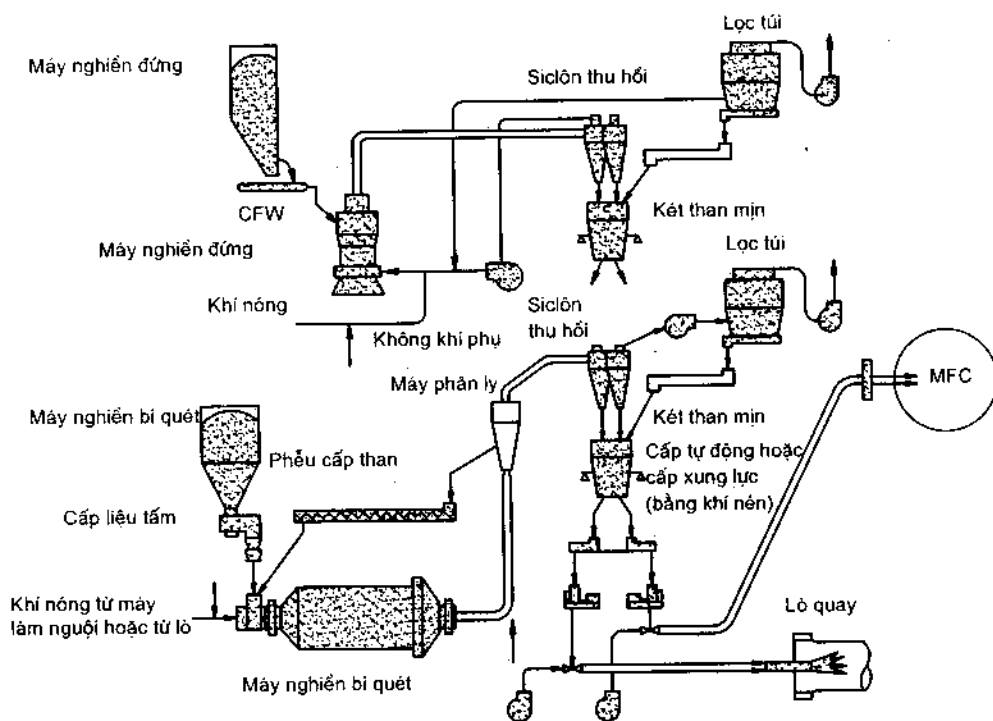
Hình 5

Máy nghiền liệu sống của
Đức, kiểu LM ... 2 + 2c

– Công đoạn nghiền than:

Như trên đã nói, nhiên liệu chủ yếu dùng cho sản xuất xi măng ở Việt Nam là than cám Quảng Ninh loại 4a. Dầu FO chỉ dùng để đốt lò đến nhiệt độ bắt cháy được than mịn ($500 - 600^{\circ}\text{C}$) vì than của ta là than antraxit, hàm lượng chất bốc thấp (các khí dễ cháy ít) nên không bắt lửa được ở nhiệt độ $< 500^{\circ}\text{C}$.

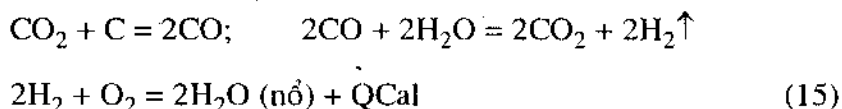
Than cám 4a nhập vào kho nhà máy cũng phải được đánh đồng trộn đều trước khi cấp cho máy nghiền than. Máy nghiền than có thể là máy nghiền đứng hoặc máy nghiền nằm (nghiên bi) (hình 6). Máy nghiền than là một máy nghiền – sấy liên hợp.



Hình 6. Sơ đồ công nghệ nghiền than và hệ thống cấp than mịn cho lò quay.

Khí nóng cấp cho máy nghiền được trích dẫn từ cuối máy làm nguội clinker đặt ở cuối lò quay. Không dùng được khí thải trích từ hệ thống Siclôn tiền nung, tuy rằng nhiệt độ của khí tại đó cũng trên 300°C , nhưng

trong khí thải của lò chứa nhiều khí CO_2 , dễ bị phản ứng với than mịn thành khí ôxit cacbon, rất dễ gây nổ khi gặp hơi nước theo phản ứng sau:



Vì khí hydro là khí rất dễ cháy với oxy, gây nổ, áp lực lớn làm vỡ các ống dẫn.

Sơ đồ công nghệ nghiền than được thể hiện trên hình 6. Một điều cần lưu ý nữa là khí CO và H_2 dễ gây nổ nên người ta không dùng máy lọc bụi điện để lọc bụi than (máy lọc bụi điện có tia chớp lửa điện) mà phải dùng máy lọc bụi túi kiểu hiện đại, hiệu suất lọc cao đến 30 mg/m^3 khí thải.

Than mịn cung cấp cho đốt lò quay phải đạt độ mịn $5 \pm 1\%$ trên sàng $0,08 \text{ mm}$ để dễ bắt lửa.

– Công đoạn lò nung luyện clinker:

Công đoạn lò nung là công đoạn quan trọng nhất. Vì công đoạn này là công đoạn cuối cùng sản xuất ra clinker PC. Có được clinker thì có xi măng, vì clinker chiếm 95 – 96% thành phần của xi măng PC, 4 – 5% còn lại là thạch cao. Chất lượng của clinker tốt thì chất lượng xi măng tốt và ngược lại. Dĩ nhiên chất lượng của clinker phụ thuộc vào chất lượng của bột sống phối liệu – sản phẩm của các công đoạn phía trước và chất lượng nung luyện.

Để giảm thiểu cường độ lao động của thợ lò, nhằm đảm bảo chất lượng clinker ra lò và tiết kiệm chi phí điện năng và nhiệt năng, giảm giá thành và nâng cao hiệu quả sản xuất, trong vòng vài chục năm qua các nhà khoa học và công nghệ xi măng đã không ngừng cải tiến, hoàn thiện hệ thống lò nung clinker nói riêng và cả dây chuyền thiết bị sản xuất xi măng nói chung. Từ lò quay phương pháp ướt rất công kềnh, tốn kém với hàng vạn tấn thiết bị và hàng trăm hecta diện tích xây dựng, tiêu tốn đến 1700 kcal/kg clinker và đến 180 kWh điện cho 1 tấn xi măng như 2 lò quay ướt của nhà máy xi măng Bim Sơn trước năm 2000 đến dây chuyền số 1 lò quay khô của xi măng Hoàng Thạch và xi măng Hà Tiên 2 với hệ Siclon 4 tầng trao đổi nhiệt, tiền nung không có buồng phân hủy

cacbonat. Hiện nay, ở nước ta đã có tới 18 lò quay khô siclôn 5 tầng trao đổi nhiệt có buồng phân hủy cacbonat hiệu suất 90 – 92% với tổng công suất xi măng 25 triệu tấn và đang xây dựng 5 – 6 dây chuyền lò quay công suất lớn từ 1,5 triệu đến 2,3 triệu tấn xi măng (tổng công suất gần 10 triệu T/năm) không kể các dây truyền dưới 1 triệu T/năm.

20 dây truyền lò quay khô này hoàn toàn tự động hoá điều khiển vận hành tất cả các công đoạn sản xuất. Nhiệt năng và điện năng tiêu tốn cho sản xuất 1 kg clinker PC – 50 chỉ dao động từ 730 đến 740 kcal/kg clinker... Nếu tính cho 1 tấn xi măng thì chỉ tốn khoảng 130 kg than cám 4a và 95 – 96 kWh điện năng.

Thiết bị của công đoạn lò nung (đối với công nghệ lò quay khô) gồm có 3 công đoạn nhỏ:

- Thiết bị của công đoạn cấp liệu (bột sống) cho lò gồm:

Các băng tải cao su cấp liệu cho các gầu nâng.

Các máng khí động nhận bột liệu từ gầu nâng rồi cấp cho lò tại ống trên của siclôn tầng 4 của hệ siclôn trao đổi nhiệt (tiền nung) 5 tầng có buồng phân hủy cacbonat (canciner).

Một cân định lượng bột liệu cấp cho lò kiểu lưu lượng khí tải bột liệu.

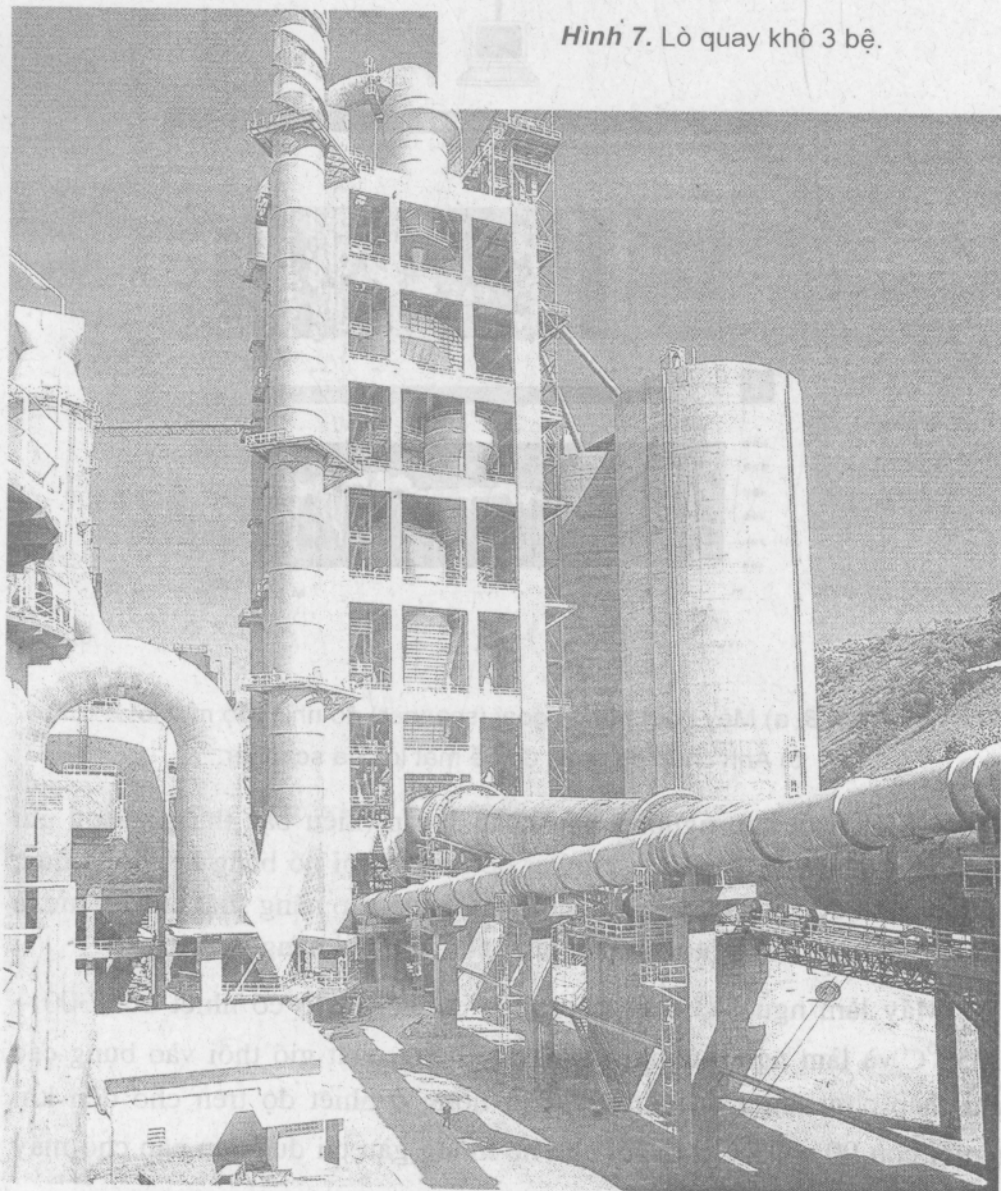
Một van khí làm việc theo nguyên tắc 2 chiều đóng, mở linh hoạt để mở ống 2 ngả cấp liệu cho lò và đóng lại khi cần thiết.

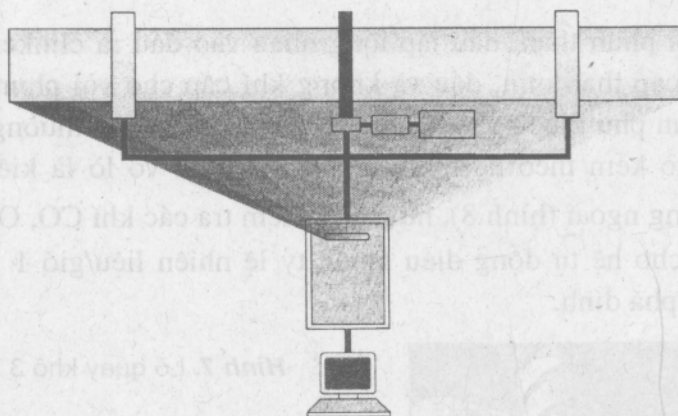
Số lượng gầu nâng và máng khí là 2 chiếc hoặc 3 chiếc tùy thuộc vào năng suất của lò nung. Trường hợp 3 gầu nâng thì 2 chiếc làm việc, 1 chiếc để dự phòng thay đổi. Cũng như vậy đối với số máng khí động. Nhưng khác với gầu nâng, trong 3 máng khí động thì phải có 1 máng hoạt động 2 chiều điều khiển tự động linh hoạt để hỗ trợ cho máng kia mang bột liệu đi cấp cho lò và ngược lại mang bột thừa trả lại cho silô đồng nhất.

- Thiết bị của hệ lò nung bao gồm hệ siclôn trao đổi nhiệt 4 hoặc 5, 6 tầng 1 nhánh hoặc 2 nhánh tùy theo năng suất của lò, 1 buồng hay 2 buồng phân hủy cacbonat, mỗi buồng 2 vòi đốt dầu và 2 vòi phun than, lò nung (lò quay) có đường kính và chiều dài phụ thuộc năng suất lò.

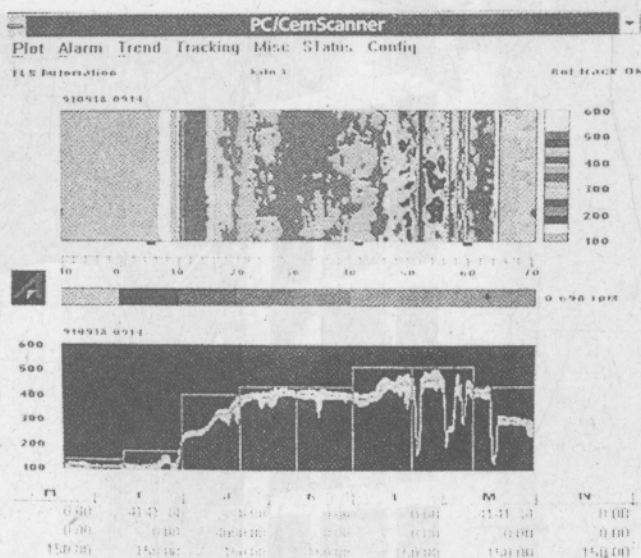
Lò có 1 vòi phun than, dầu lắp lồng nhau vào đầu ra clinker và kèm hệ thống ống cấp than mịn, dầu và không khí cấp cho vòi phun. Năng suất của vòi phun phụ thuộc vào năng suất của lò. Lò quay thường có 3 bộ đỡ (hình 7). Lò kèm theo hệ thống kiểm tra nhiệt vỏ lò là kiểu máy quét bằng tia hồng ngoại (hình 8), hệ thống kiểm tra các khí CO , O_2 và NO_x để thông báo cho hệ tự động điều khiển tỷ lệ nhiên liệu/gió 1 và hệ thống các “súng” phá dính.

Hình 7. Lò quay khô 3 bộ.





a)



b)

Hình 8. a) Máy quét hồng ngoại (scanner) đo nhiệt độ mặt lò;

b) Ảnh chụp đo nhiệt độ bề mặt lò của scanner.

- Một máy làm nguội 2 cấp hoặc 3 cấp (kiểu bậc thang) bằng ghi thép chịu nhiệt đặt ở đầu ra clinker để làm nguội nó bằng hệ thống quạt gió. Kích thước của máy làm nguội phụ thuộc vào năng suất của lò, tức là năng suất máy làm nguội clinker phải phù hợp với năng suất lò.

Máy làm nguội clinker tiếp nhận clinker ra lò có nhiệt độ 1300 – 1350°C và làm nguội clinker bằng hệ thống quạt gió thổi vào bụng các ghi thép chịu nhiệt tải dòng clinker nóng ở nhiệt độ trên cho đến khi nguội còn 90 – 95°C mới rót cho hệ thống gàu tải đưa đến cấp cho máy

đập xung lực để đập nhỏ xuống cỡ cục ≤ 25 mm mới được đổ vào các silô chứa.

Máy làm nguội clinker có 2 cửa thải khí nóng: Cửa ở đầu máy thải không khí nóng đến $700 - 800^{\circ}\text{C}$ cho ống dẫn (có đường kính $2,5 - 3\text{m}$) đưa đến cấp cho 2 vòl đốt than của buồng phân hủy cacbonat của bột liệu. (Khí nóng này được gọi là khí gió 3). Cửa thải khí nóng thứ 2 (gọi là khí gió 2) ở cuối máy làm nguội cấp cho ống dẫn (có đường kính $0,8 - 1\text{m}$) đưa đến cấp cho máy nghiền than mịn.

Hiệu suất làm việc của máy làm nguội clinker được đánh giá bằng 2 chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật sau:

– Hiệu suất làm nguội clinker. Chỉ tiêu này được đánh giá bằng nhiệt độ của clinker ra khỏi máy. Hiệu suất làm nguội cao (tốt) nếu nhiệt độ của clinker ra khỏi máy $\leq 65^{\circ}\text{C} + \text{nhiệt độ của môi trường}^{(*)}$. Nếu hiệu suất làm nguội cao thì tinh thể của các khoáng alit (C_3S) và belit (C_2S) kết tinh càng lớn và các đường vi nứt tinh thể càng nhiều do đó độ hoạt tính thủy hoá (hydrat) càng lớn và cường độ của xi măng PC càng cao. Hình 9a và 9b là ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử của tinh thể khoáng alit và belit.

– Hiệu suất thu hồi nhiệt từ clinker ra lò: Hiệu suất này được đánh giá bằng % và được tính theo công thức sau:

$$H_{\text{ST}} = \frac{q_1 \cdot N_{\text{CL}} \cdot 1000}{q_2 \cdot v_1 + q_3 \cdot v_2} \times 100 \quad (16)$$

Ở đây H_{ST} là hiệu suất thu hồi nhiệt.

q_1, q_2, q_3 là nhiệt lượng tiêu tốn để nung luyện 1 kg clinker PC, và nhiệt lượng thu hồi của 1m^3 gió 3 và 1m^3 gió 2.

v_1, v_2 là lượng gió 3 và gió 2 thu hồi (m^3).

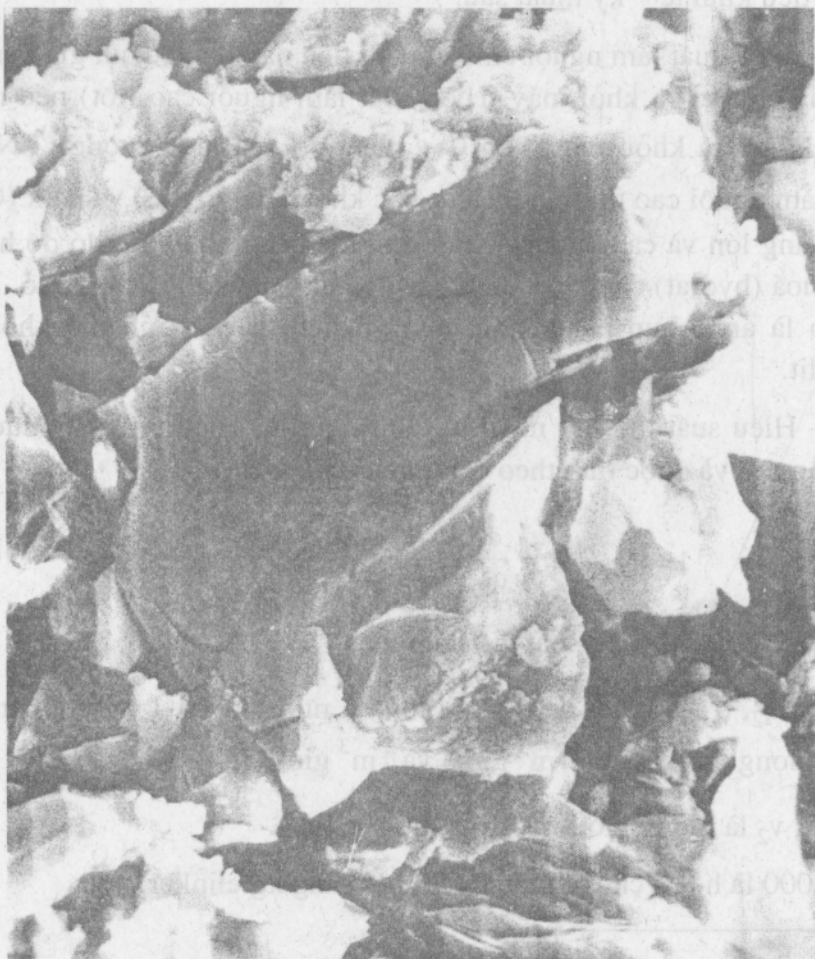
1000 là hệ số chuyển từ tấn clinker sang kg clinker.

(*) Ví dụ nhiệt độ của môi trường mùa hè là 35°C thì nhiệt độ clinker ra lò là $\leq 100^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ môi trường mùa đông là 15°C thì nhiệt độ clinker ra lò $\leq 80^{\circ}\text{C}$.

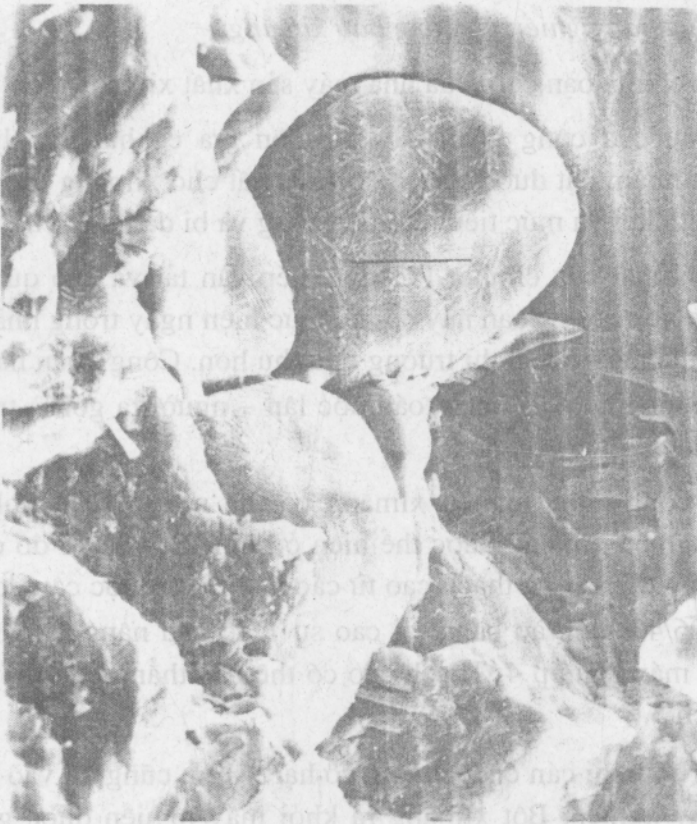
N_{CL} – là năng suất của lò nung (T/h).

100 là hệ số chuyển số đo về %.

Toàn bộ công đoạn lò và 2 công đoạn phía trước và 1 công đoạn sau lò có chung một phòng điều khiển vận hành trung tâm – gọi là phòng điều khiển tự động trung tâm (gọi là “trung tâm” vì ngoài phòng điều khiển chủ đạo này, ở dưới mỗi phân xưởng như phân xưởng chế biến nguyên liệu, phân xưởng nghiền than, phân xưởng nghiền và đóng bao xi măng,... đều có phòng điều khiển vận hành trực tiếp). Hình 10 là ảnh chụp tại một phòng điều khiển trung tâm.



Hình 9a. Tinh thể khoáng alit



Hình 9b. Tinh thể khoáng belit



Hình 10. Phòng điều khiển trung tâm vận hành nhà máy xi măng

– Công đoạn nghiền và đóng bao xi măng:

Đây là công đoạn cuối của nhà máy sản xuất xi măng PC.

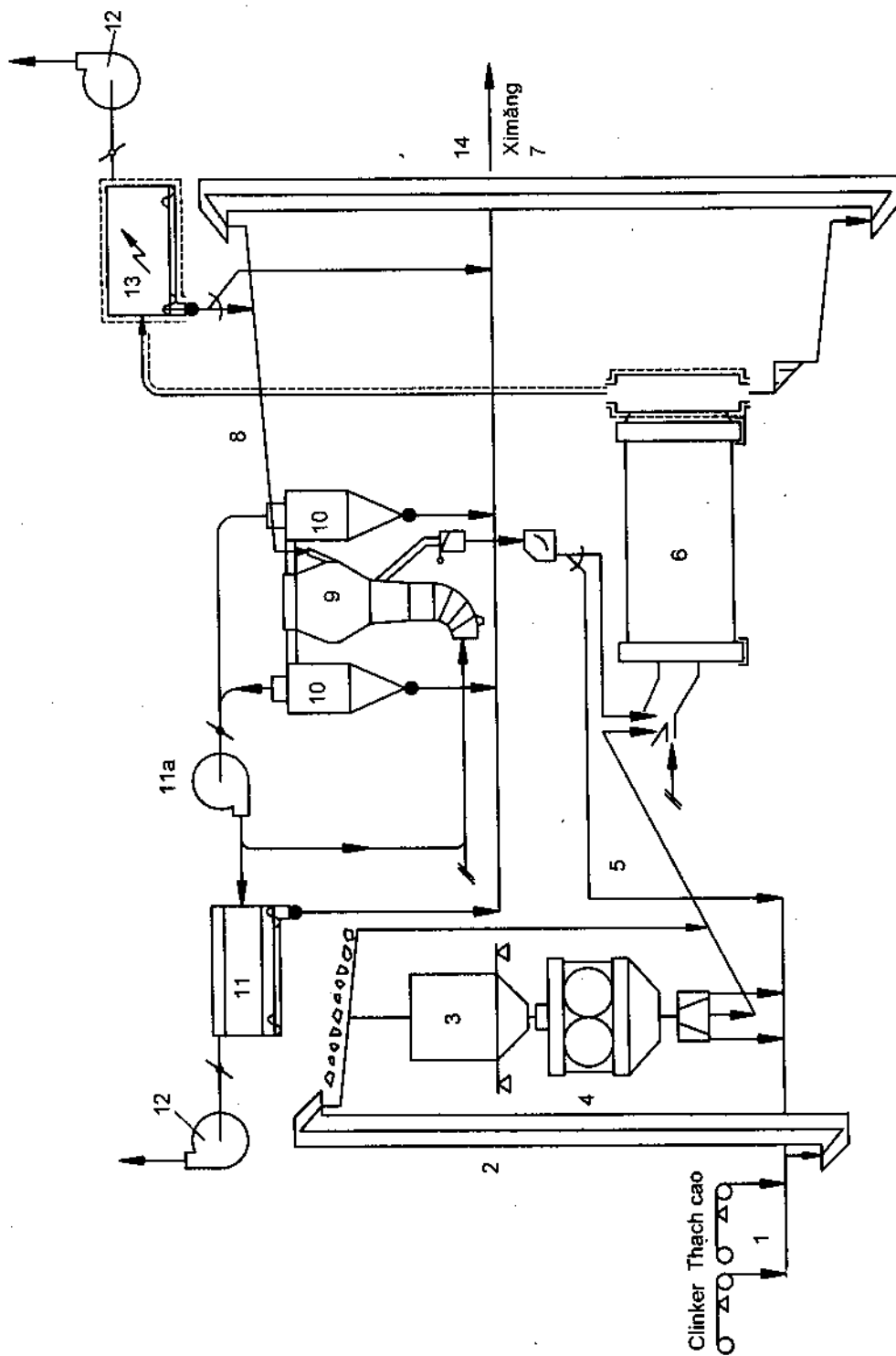
Yêu cầu của công đoạn này là chọn lựa cỡ hạt hợp lý nhất của xi măng bột nhằm đạt được cường độ lớn nhất cho xi măng trên cơ sở chất lượng của clinker và mức tiêu tốn điện năng và bị nạn nghiền thấp.

Do tính chất của clinker PC cho phép vận tải và bảo quản dễ dàng hơn xi măng nên công đoạn này có thể thực hiện ngay trong nhà máy hoặc bên ngoài nhà máy ở gần thị trường tiêu thụ hơn. Công đoạn này do đó có thể tổ chức thực hiện và hạch toán độc lập – người ta gọi là trạm nghiền hoặc nhà máy nghiền xi măng.

Sơ đồ công nghệ nghiền xi măng có thể mô tả trên hình 11. Máy nghiền bi nghiền xi măng được thể hiện ở hình 12a. Từ sơ đồ công nghệ, chúng ta thấy clinker và thạch cao từ các silô chứa được cân đong theo tỷ lệ 95/5%÷96/4% đổ vào băng tải cao su 1 để gầu nâng 2 mang lên nạp phễu 3 của máy cán ép 4. Thạch cao có thể cấp thẳng cho máy nghiền 6 nhờ gầu xích 5.

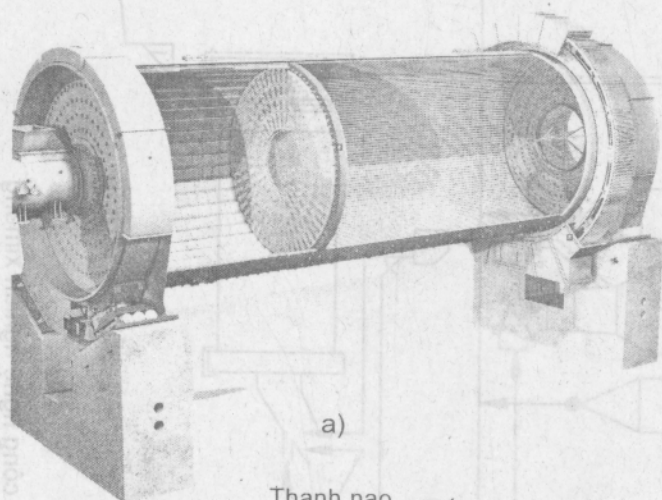
Clinker sau khi cán chap xuống cỡ hạt $\leq 1\text{cm}$ cũng đổ vào gầu xích 5 cấp cho máy nghiền. Bột xi măng ra khỏi máy nghiền được gầu nâng 7 đưa lên cấp cho máy phân ly 9 nhờ máng khí động 8. Phần xi măng đạt độ mịn được hai siclôn 10 thu lại rồi đổ vào băng tải cao su (hoặc máng khí động) 14 để mang đến đổ vào các silô chứa. Khí thải có bụi xi măng của hai siclôn 10 được quạt 11a hút để cấp khí cho máy phân ly và phần thừa được cấp cho túi lọc bụi 11 để lọc và xi măng thu hồi được đổ xuống băng tải 14. Khí hút bụi xi măng ở cuối máy nghiền đổ xuống gầu nâng 7 cũng được máy lọc bụi tĩnh điện 13 lọc và xi măng thu được cũng đổ xuống băng tải 14. Khí của lọc bụi túi và lọc bụi tĩnh điện được quạt 12 thổi vào môi trường. Nồng độ bụi của khí thải phải đạt $\leq 50\text{mg/m}^3$ không khí.

Tuy nhiên ở nước ta có một số nhà máy xi măng không sử dụng sơ đồ công nghệ này mà dùng 2 máy nghiền đứng có luôn máy phân ly hiệu suất cao kiểu LM46.2 + 2c của (Hãng LOESCHE (Đức) hoặc 1 máy nghiền đứng ở trước và máy nghiền bi ở sau. Công nghệ này có tiến bộ hơn về độ mịn xi măng (cỡ hạt hợp lý) và tiêu tốn điện năng thấp hơn.



Hình 11. Sơ đồ công nghệ nghiền ximăng

Ximăng PC đạt độ mịn $6 \div 15\%$ trên sàng $0,08\text{mm}$ hoặc đạt tỷ diện $2700 - 3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ (tùy theo mác) được băng tải (hoặc máng khí động) và gàu nâng mang lên đổ vào các silô chứa – Kích thước silô và số silô ximăng tùy thuộc công suất nhà máy, trạm nghiền và số loại mác của ximăng. Mỗi một silô ximăng đều có khí nén sục trộn liên tục để đồng nhất và chống vón cục. Ximăng bột không được chứa trong silô quá 30 ngày kể từ ngày nghiền vì theo tiêu chuẩn Việt Nam thì cường độ (mác) của ximăng chỉ được bảo hành trong thời hạn 60 ngày.

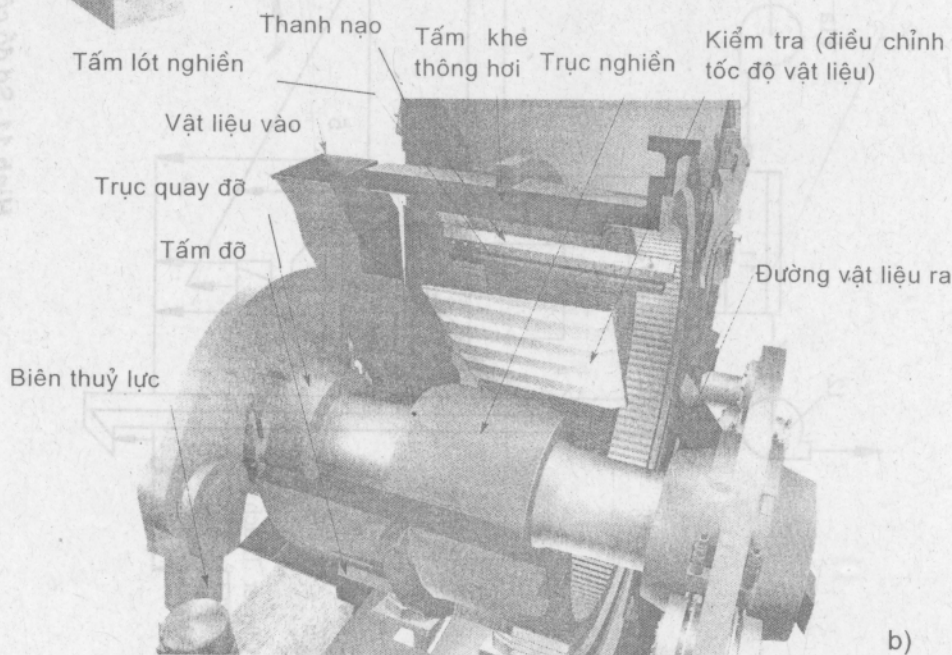


a)

Hình 12

a) Máy nghiền bi ximăng kiểu nằm ;

b) Máy nghiền ximăng kiểu Horomill của Pháp



b)

3.1.7. Công nghệ lò đứng sản xuất xi măng P.C

– Sự khác nhau công nghệ lò đứng so với công nghệ lò quay khô:

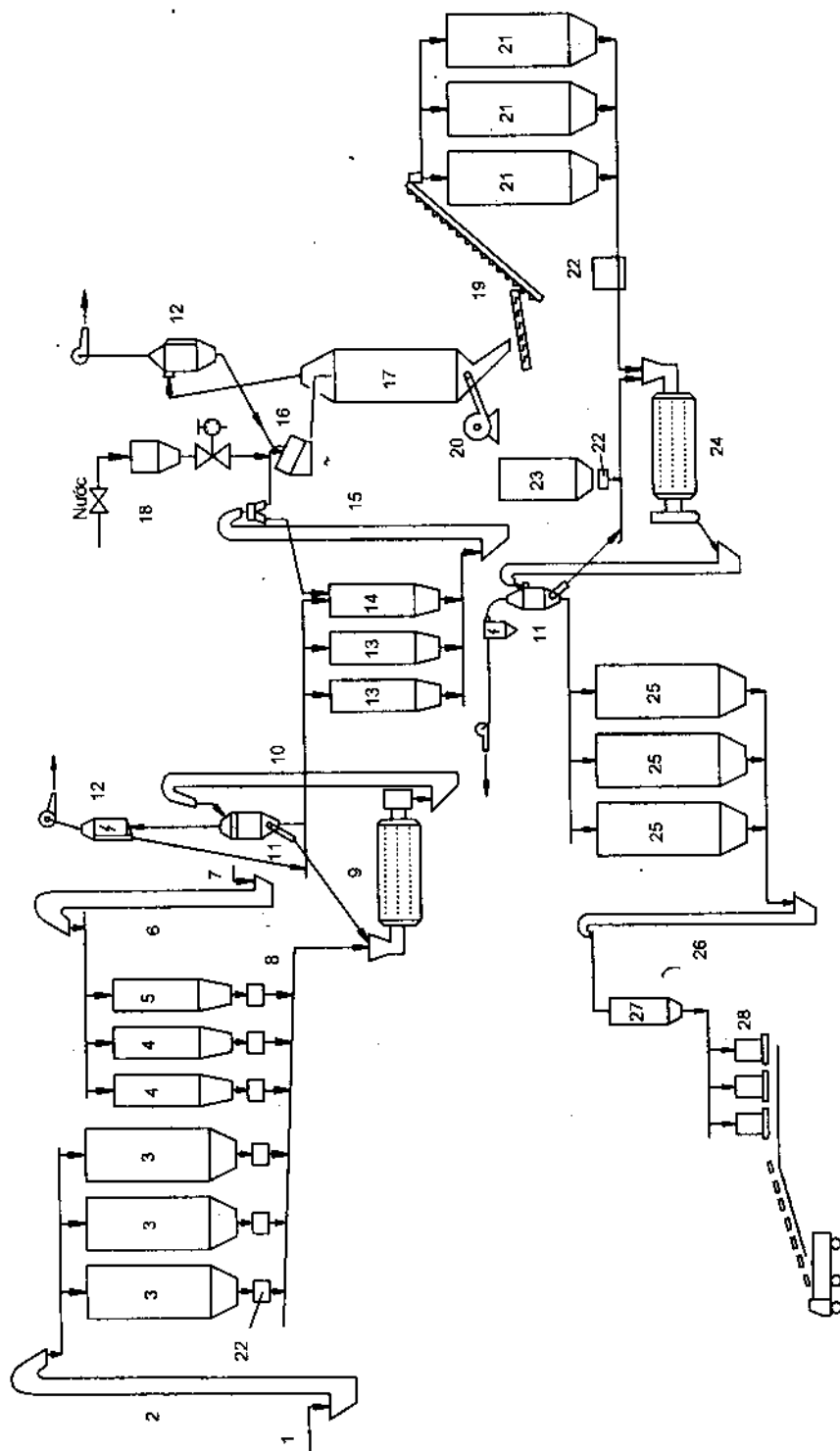
- Công suất nhỏ. Một dây chuyền thiết bị của lò đứng chỉ có công suất từ 4 vạn đến 10 vạn tấn xi măng/năm. Trong khi đó công suất một dây chuyền lò quay khô có công suất nhỏ nhất hiện nay là 75 vạn tấn xi măng/năm và dây chuyền lớn nhất có thể đạt tới hơn 4 triệu tấn xi măng/năm (lò nung năng suất 12.000 tấn clinker/ngày). Ở nước ta hiện nay có một số dây chuyền công suất 2,2 – 2,3 triệu tấn xi măng/năm (lò 6000 tấn clinker/ngày) như dây chuyền xi măng Nghi Sơn Thanh Hoá, Cẩm Phả và Hoàn Bồ Quảng Ninh... Ở nước ta hiện đang còn khoảng 40 nhà máy xi măng lò đứng với tổng công suất đạt 3 triệu tấn xi măng/năm, trung bình đạt 75.000 T/năm mỗi nhà máy. Tuy nhiên cũng có một số nhà máy công suất nhỏ: 40.000 ÷ 60.000 T/năm. Số còn lại có công suất 80.000 ÷ 145.000 T/năm.

- Công nghệ lò đứng chế biến bột sống phối liệu khô như xi măng lò quay, nhưng liệu vào lò nung có dạng viên tròn $\varnothing = 5 \div 20$ mm với độ ẩm 12 – 14% vì phải trộn ẩm mới vè viên được. Do vậy phải tiêu tốn nhiệt năng và điện năng nhiều hơn công nghệ lò quay khô để sấy khô viên liệu trước khi nung và vận hành hệ thống thiết bị trộn ẩm, vè viên...

Nếu nhiệt năng trung bình cho 1 kg clinke của lò quay khô là 740 kcal thì clinker công nghệ lò đứng trung bình phải tốn tới 1150 kcal/kg clinker.

Tiêu tốn điện năng cho 1 tấn xi măng PC lò đứng mác PC-30 phải gấp 1,5 lần cho 1 tấn xi măng lò quay khô cùng mác. Nhưng giá thành xi măng lò đứng vẫn thấp hơn xi măng lò quay khô vì xi măng lò đứng công suất nhỏ nên sử dụng được nguyên liệu tại chỗ, thị trường tại chỗ nên chi phí vận tải thấp. Trình độ công nghệ thấp kém hơn nhiều so với xi măng lò quay khô hiện đại nên tỷ suất đầu tư cho 1 tấn xi măng rẻ (35 – 40 USD/tấn xi măng) trong khi đó xi măng lò quay khô hiện đại có suất đầu tư từ 175 – 200 USD/tấn xi măng, tức gấp 5 lần. Vì vậy tiền khấu hao lớn. Chi phí vận tải và chi phí quản lý cũng lớn hơn nhiều. Than cho lò đứng không phải nghiền mịn.

- Nhiên liệu cho sản xuất xi măng lò đứng là 100% than cám thô (1 – 5mm), được cho vào vè viên khoảng 85 – 90% (phối liệu đen) và bổ sung trực tiếp trên miệng lò khoảng 10 – 15%. Nhiên liệu cho lò quay là 95 – 97% than mịn và 3 – 5% dầu FO để mỗi lò. (Lò đứng mỗi lò bằng củi và than cục).



Hình 13. Dây chuyền công nghệ lò đứng sản xuất xi măng PC.

1. Băng tải cấp đá vôi sau máy đập
2. Gầu tải đá dăm
3. Silô đá vôi
4. Silô đất sét đã sấy khô (ẩm 2 – 3%)
5. Silô quặng sắt
6. Gầu tải đất sét, quặng sắt (làm việc thay đổi)
7. Băng tải đất sét, quặng sắt
8. Băng tải cấp liệu cho máy nghiền
9. Máy nghiền liệu sống
10. Gầu nâng cấp bột thô cho máy phân ly
11. Máy phân ly
12. Lọc bụi điện
13. Silô bột sống chưa đồng nhất
14. Silô bột sống đã được đồng nhất
15. Gầu tải bột lên silô đồng nhất và cấp cho máy vè viên
16. Máy vè viên
17. Lò đứng nung clinker
18. Thùng nước
19. Gầu tải clinker
20. Quạt lò đứng
21. Silô clinker
22. Cân định lượng
23. Silô thạch cao
24. Máy nghiền xi măng
25. Silô xi măng bột
26. Gầu tải xi măng bột
27. Két xi măng của máy đóng bao
28. Máy đóng bao xi măng

– Sự khác nhau cơ bản về trình độ công nghệ:

- Hiệu suất đồng nhất nguyên liệu và bột sống phối liệu chỉ có thể đạt từ 2/1 đến 4/1 (xem hình 13 – Sơ đồ công nghệ lò đứng sản xuất

ximăng PC), vì vốn đầu tư ít nên không thể xây nhiều silô để chứa đá vôi, đất sét và bột sống phối liệu.

- Thao tác vận hành lò bằng lao động thủ công là chủ yếu.
- Chuyển động của liệu trong lò theo dòng thẳng đứng nên không được đảo đều như lò quay và sự trao đổi với nhiệt không được đều.
- Clinker ra lò được làm nguội chỉ bằng quạt lò mà không có máy làm nguội riêng như lò quay nên mức độ hoạt tính kém hơn clinker lò quay.
- Hàm lượng canxi tự do ($f.CaO$) của clinker lò đứng lớn (thông thường $\geq 3\%$). Vì vậy mà không thể chọn hệ số bão hoà vôi (LSF) vượt quá 90 – 91% để có hàm lượng khoáng alít (C_3S) cao hơn 45 – 50% cho ximăng đạt được mác PC.40. (Muốn có mác PC.40 thì phải chọn clinker tốt bằng mắt thường, clinker chọn được không nhiều và phải tăng độ mịn của ximăng).

Tuy nhiên với mác PC.30 và với kinh nghiệm đốt lò của nhiều thợ lò nung của công nghệ lò đứng, việc đảm bảo chất lượng của ximăng PC.30 và PCB.30 lâu nay khá ổn định. Sản lượng 3 triệu tấn ximăng lò đứng hàng năm đã đóng góp đáng kể cho thị trường xây dựng ở nông thôn rộng lớn của nước ta, nhất là trong thời gian 20 năm (1986 – 2005) thời gian rất thiếu ximăng mà công nghệ lò quay khô chưa phát triển kịp. Hiện nay hơn 30% cơ sở ximăng lò đứng đang xúc tiến việc chuyển đổi công nghệ bằng lò quay khô mini công suất 30 – 35 vạn Tấn/năm. Các cơ sở không đủ vốn chuyển đổi công nghệ thì cũng đã và đang nâng cấp phương tiện bảo vệ môi trường và sửa chữa lớn để cải tiến điều kiện sản xuất nhằm đảm bảo ổn định chất lượng ximăng PC.30 và PCB.30.

3.1.8. Chất lượng ximăng PC, những yếu tố phụ thuộc và phương pháp đánh giá

– *Chất lượng ximăng PC:* Ở nước ta, chất lượng ximăng PC được chia làm 3 mác với các chỉ tiêu quy định tại TCVN 2682 – 2008 và thể hiện trong bảng 8 sau:

BẢNG 8

Chỉ tiêu chất lượng	Mác và mức quy định		
	PC-30	PC-40	PC-50
1. Cường độ chịu nén (N/mm^2) không nhỏ hơn:			
– Mẫu 3 ngày	16	21	25
– Mẫu 28 ngày	30	40	50
2. Thời gian đông kết (phút):			
– Bắt đầu: không sớm hơn	45		
– Kết thúc: không muộn hơn	375		
3. Độ mịn:			
– % còn lại trên sàng 0,09mm	≤ 10		
– Bề mặt riêng (tỷ diện), cm^2/g	≥ 2800		
4. Ổn định thể tích theo chatalie (mm), không lớn hơn	10		
5. Hàm lượng SO_3 (%) không lớn hơn	3,5		
6. Hàm lượng MgO (%) không lớn hơn	5		
7. Lượng mất khi nung (%) không lớn hơn	3		
8. Hàm lượng cặn không tan (%) không lớn hơn	1,5		
9. Hàm lượng kiềm quy đổi ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$) %	$\leq 0,60$		

Ximăng PC của một số nước còn quy định một số chỉ tiêu chất lượng cao hơn như tỷ diện PC – 40 ≥ 3000 , PC – 50: $\geq 3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ và hàm lượng cặn không tan $\leq 1\%$. Tuy nhiên, xét về độ hoạt tính tỷ lệ thuận với độ mịn (tỷ diện) thì quy định của Việt Nam ($\geq 2800 \text{ cm}^2/\text{g}$) thấp hơn mà

đạt mức (R_{28}) thì khả năng phát triển cường độ sau 28 ngày xi măng PC của Việt Nam sẽ cao hơn xi măng PC của các nước.

Chỉ tiêu thời gian bắt đầu đông kết quy định 45 phút là quá sớm (chỉ phù hợp với xi măng đông rắn nhanh). Trong thực tế thi công bê tông đòi hỏi xi măng có thời gian đông kết muộn hơn nhiều. Vì vậy các nhà sản xuất xi măng thường khống chế thời gian bắt đầu đông kết không sớm hơn 100 phút mà vẫn đạt tiêu chuẩn.

– *Các yếu tố phụ thuộc:*

Chất lượng xi măng PC phụ thuộc trước hết vào thành phần khoáng và trị số của các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker. Hàm lượng khoáng alit (C_3S) càng lớn thì cường độ xi măng PC càng cao. Nhưng hàm lượng khoáng alit phụ thuộc vào hệ số bão hoà vôi (LSF). Trị số của LSF càng tiến gần tới 100% thì hàm lượng C_3S lớn hơn 60%. Tuy nhiên không bao giờ trị số của LSF đạt 100% vì lý do đã nói ở mục 3.1.4.

Trị số của modun silicat (M_S) càng lớn thì cường độ của xi măng PC cũng lớn. Nhưng nó cũng không thể vượt giá trị 2,65, vì nếu $M_S > 2,65$ thì rất khó nung và clinker ăn mòn gạch chịu lửa do hàm chảy thấp và dòn, không được dẻo do phải hạn chế hàm lượng khoáng C_3A và C_4AF .

Hàm lượng các ôxit có hại như $f.CaO$, MgO , R_2O càng lớn thì chất lượng của xi măng PC càng kém.

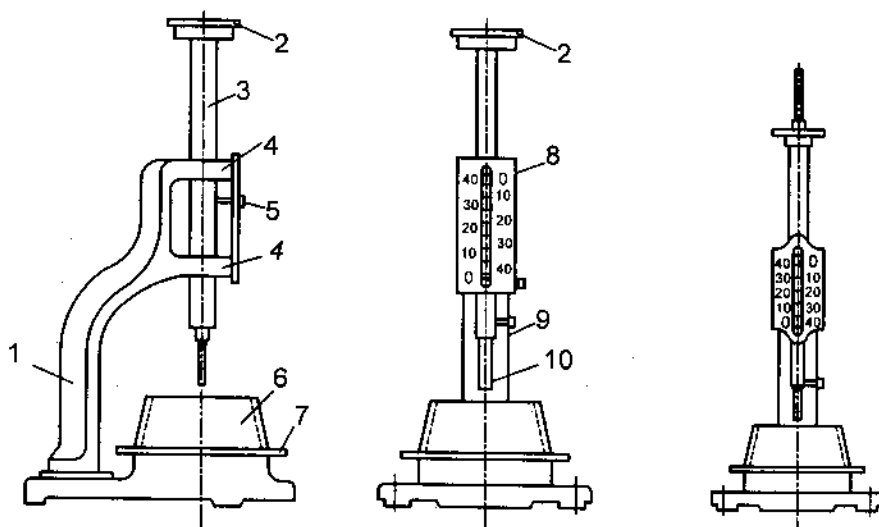
Độ mịn (tỷ diện) của xi măng PC càng lớn thì cường độ ban đầu cao (R_3 và R_7) rút ngắn được thời gian tháo khuôn cốt – pha. Nhưng xi măng có tỷ diện lớn sẽ đông kết nhanh làm cho độ sụt của vữa bê tông nhỏ, sẽ đúc rót bê tông khó khăn.

– *Các phương pháp đánh giá chất lượng xi măng PC:*

+ *Phương pháp xác định thời gian đông kết:*

Thời gian đông kết xác định bằng kim Vica (hình 14). Cân 500g xi măng bằng cân kỹ thuật có độ chính xác tới 0,01 gam đổ vào mũ trộn, lấy 125 ml nước máy đổ vào mũ và trộn trong 2 – 3 phút. Dùng bay lấy hồ xi măng từ mũ trộn ra cho vào khuôn thử. Khuôn thử là 1 cốc thép hình côn không đáy cao 40mm, đường kính trên 70mm, đường kính dưới

80mm, đáy bằng 1 miếng kính hình vuông $15 \times 15\text{cm}$ được lau sạch bằng khăn ẩm có dầu bôi trơn. Khuôn thép cũng được lau bằng khăn ẩm có dầu bôi trơn. Đặt khuôn lên kính rồi lấy hồ ximăng đổ vào khuôn. Dùng que thuỷ tinh chọc vào khuôn để lèn chặt hồ ximăng, lấy dao gạt phẳng hồ ximăng trên mặt khuôn, dùng tay bưng miếng kính có khuôn ximăng đặt vào đáy kim Vica. Kim Vica cũng được lau sạch bằng khăn ẩm có dầu bôi trơn. Đặt kim Vica sát mặt hồ ximăng trên khuôn thử rồi vặn chặt ốc tỷ kim lại, sau đó mở (vặn ra) kim Vica để kim Vica cắm vào khuôn ximăng. Cứ 3 – 5 phút cho kim chọc 1 lần.



Hình 14. Kim Vica - Thử thời gian đông kết của ximăng

1. Giá đỡ trực kim ; 2. Ốc điều chỉnh trọng lượng trực kim ; 3. Trục kim Vica ; 4. Tay của giá đỡ ; 5. Vít tỷ và mở trực kim ; 6. Khuôn thép hình côn đựng hồ ximăng ; 7. Miếng kính (hoặc tôn thép) làm đáy khuôn ; 8. Thước đo mm của kim Vica chọc sâu vào khuôn chứa hồ ximăng ; 9. Mặt kính hoặc tôn bóng để giữ vít tỷ kim ; 10. Kim thử đông kết hoặc kim xác định lượng nước tiêu chuẩn của ximăng.

Thời gian bắt đầu đông kết của ximăng là khoảng thời gian từ khi đổ nước vào trộn hồ ximăng cho đến khi đầu mút kim Vica cách miếng kính làm đáy khuôn 2 – 3mm trong lần chọc kim cuối cùng.

Thời gian kết thúc đông kết được tính từ khi đổ nước vào trộn hồ ximăng cho đến khi kim Vica chọc vào khuôn thử chỉ ngập sâu được

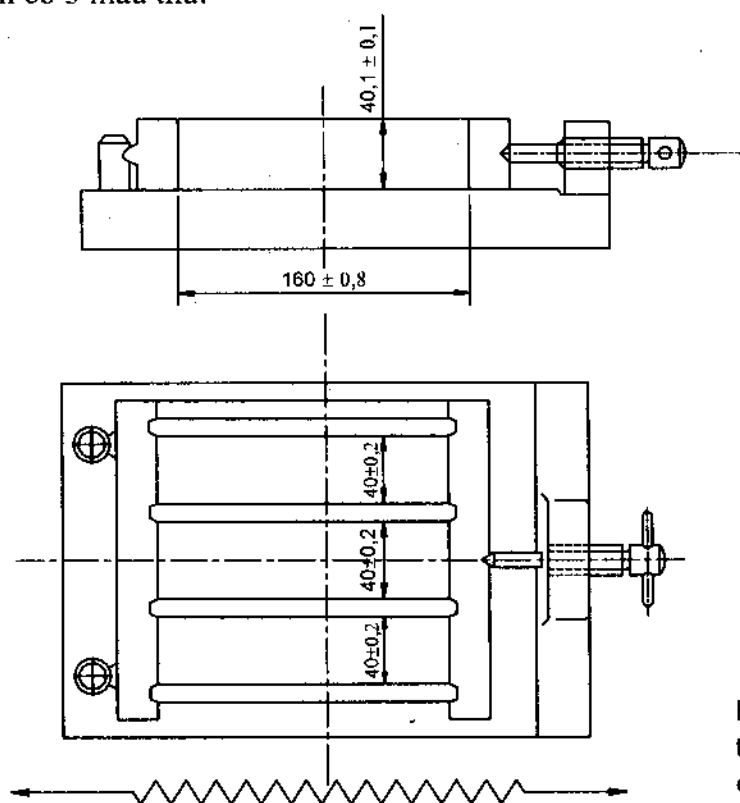
2 – 3mm so với mặt khuôn (đáy trên). Trước mỗi lần chọc, kim vica phải được lau sạch bằng khăn ẩm có dầu bôi trơn.

Cần làm 2 đến 3 khuôn và lấy giá trị trung bình cộng để có được kết quả chính xác.

+ Phương pháp thử cường độ nén của xi măng (R_n)

• Chuẩn bị mẫu thử: Mẫu xi măng để thử phải là mẫu đại diện cho lô sản xuất, hoặc lô xi măng trên công trường xây dựng. Mẫu đại diện là mẫu 20 kg được lấy từ 20 bao (mỗi bao lấy 1 kg) ở các vị trí khác nhau của lô xi măng gồm một số bao ở trên mặt, một số bao xếp ở giữa đống và một số bao của lớp xếp dưới cùng (sát nền kho). Sau khi lấy đủ 20 kg xi măng như trên, đổ ra nền hoặc bạt khô để trộn đều rồi chia làm 4 phần, mỗi phần 5 kg. Lấy 1 phần để thử, 3 phần còn lại để lưu cho đến 60 ngày.

Số mẫu để thử cường độ nén, uốn phải là 9 mẫu $4 \times 4 \times 16$ cm (Khuôn đúc mẫu như trên hình 15). Mỗi tuổi 3 ngày, 7 ngày và 28 ngày cần có 3 mẫu thử.



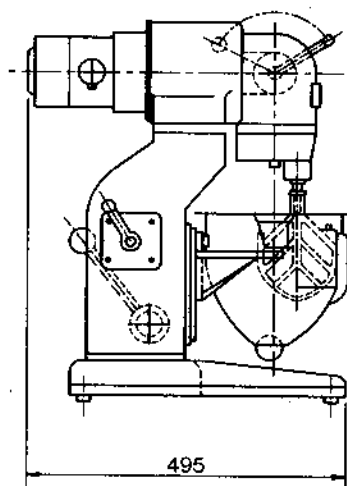
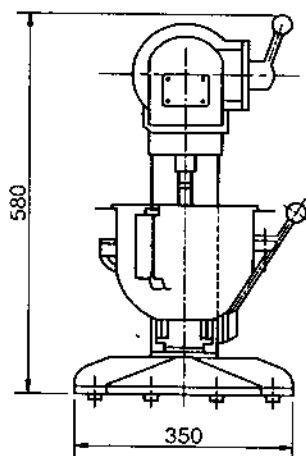
Hình 15

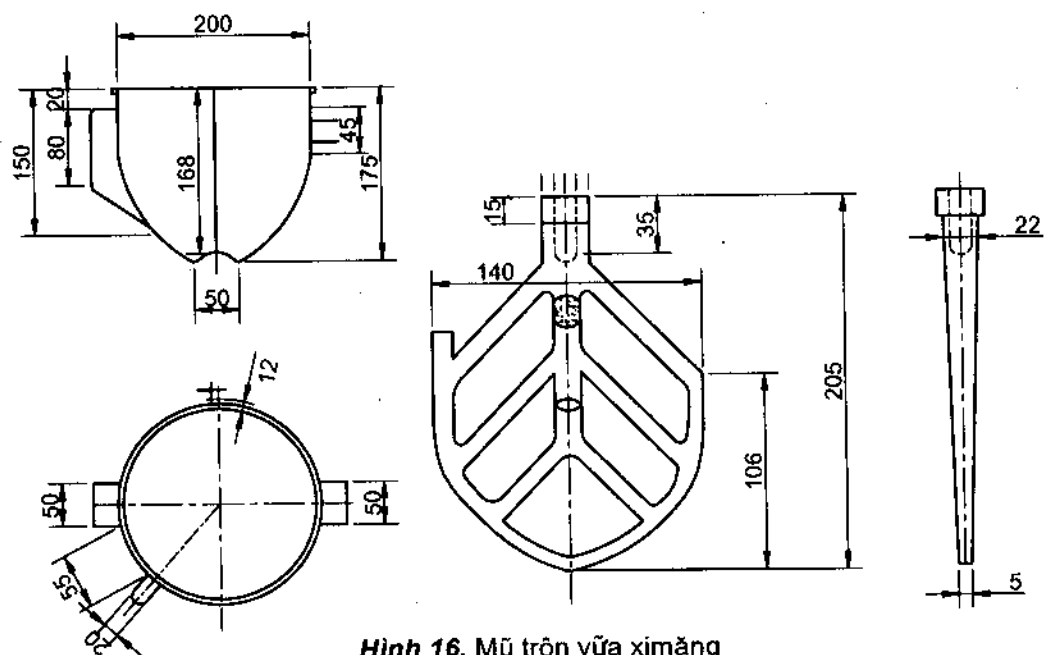
Khuôn đúc mẫu
thử cường độ nén
của xi măng

Mẫu thử làm như sau: chuẩn bị 3 khuôn, lau sạch bản và bôi trơn bên trong khuôn (chỗ đúc mẫu).

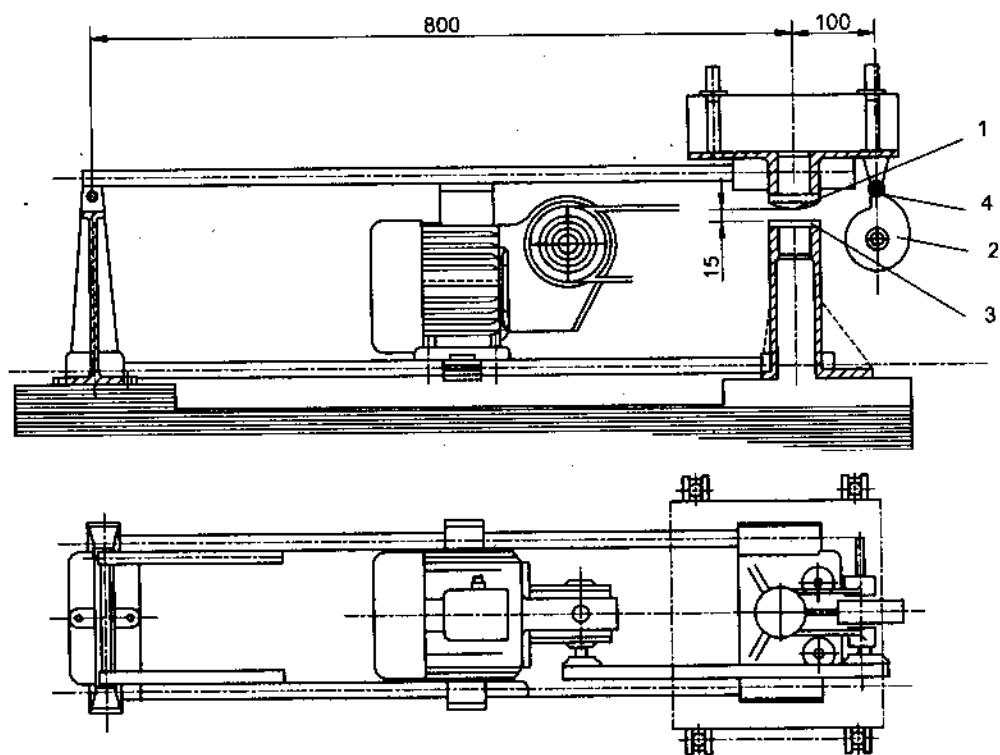
Cân 450 gam xi măng, 1350 gam cát tiêu chuẩn (tức 1 gói) đổ vào mũ trộn (hình 16) và bật máy cho trộn khô 1 – 2 phút, sau đó dùng ống đong 500 ml để lấy 225 ml nước máy hoặc nước sạch (ở những nơi không có nước máy thì dùng nước giếng ăn $\text{pH} \geq 7$) đổ vào mũ và cho trộn tiếp trong 2 phút nữa rồi tắt máy. Lấy vữa xi măng – cát tiêu chuẩn ra và cho vào khuôn 3 mẫu $4 \times 4 \times 16\text{cm}$. Dùng chày gỗ hoặc chày thép lèn chặt vữa vào khuôn, sau đó đặt khuôn có vữa xi măng – cát lên bàn dần (hình 17), đóng điện cho bàn dần dần trong 1 phút hay 60 lần dần rồi tắt điện. Lấy khuôn mẫu xuống bàn, dùng dao miết vữa cho bằng với mặt khuôn và ghi ngày tháng, tên mẫu lên giấy rồi dán vào khuôn. Làm đủ 3 khuôn (9 mẫu) như vậy, để lên bàn trong thời gian 2 giờ cho mặt trên của mẫu kịp se lại (tức đông kết lại) rồi đặt khuôn mẫu vào bể nước để bảo dưỡng. Nước bảo dưỡng phải được khống chế nhiệt độ $25 \pm 2^\circ\text{C}$. (Mùa đông thì mắc 1 số bóng đèn để sưởi ấm nước, mùa hè thì dùng máy lạnh để giữ nhiệt độ 27°C). Phòng dưỡng mẫu phải đóng kín để giữ nhiệt và cách ly khỏi bụi, khói, ... Tên mẫu, ký hiệu và ngày tháng đặt mẫu bảo dưỡng phải ghi vào sổ thí nghiệm.

Mẫu bảo dưỡng đúng 3, 7 và 28 ngày lấy ra tháo khuôn, ghi tên mẫu vào sổ thí nghiệm, lấy khăn ẩm thấm nước rồi cho thử cường độ ngay trong ngày (không quá 2 giờ kể từ lúc lấy mẫu ra khỏi nước dưỡng mẫu).



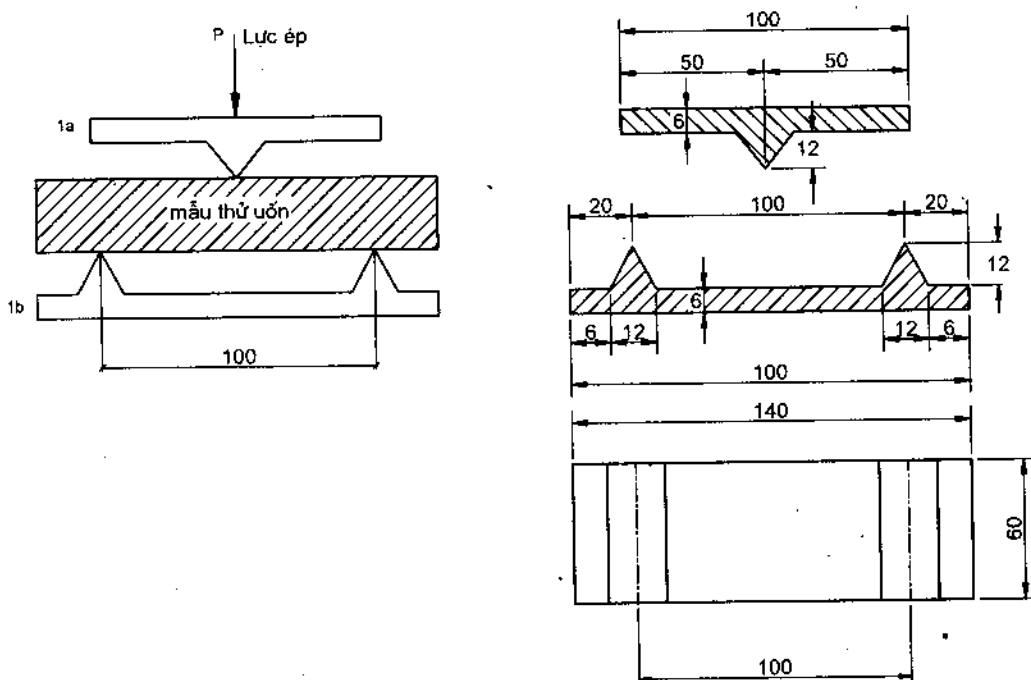


Hình 16. Mũ trộn vữa xi măng



Hình 17. Bàn dẫn tạo mẫu thử cường độ nén của xi măng

Kích thước tính bằng milimét ; 1. Vấu ; 2. Cam ; 3. Chốt hãm ; 4. Cơ cấu phụ cam



Hình 18. Dụng cụ thử cường độ uốn

Đầu tiên đặt vào tâm thớt của máy ép 5 tấn dụng cụ 1b có 2 gờ tỳ mẫu rồi đặt mẫu thử $4 \times 4 \times 16$ lên sao cho cân với 2 bên gờ tỳ, cuối cùng đặt thanh dụng cụ 1a để gờ tỳ nằm chính giữa thanh mẫu đá xi măng. Dùng tay xoay vòng quay của thớt trên máy ép cho thớt trên kẹp chặt dụng cụ 1a, 1b và mẫu thử với nhau. Mở máy ép cho bơm dầu lên lực nén ép từ từ đến khi kim đồng hồ chỉ lực nén bắt đầu chuyển động thì điều khiển giảm tốc độ tăng lực và giữ tốc độ tăng lực này cho đến khi mẫu thử gãy đôi. Ghi giá trị lực vào sổ.

Cường độ uốn của mẫu được tính theo công thức sau:

$$R_u = \frac{3P_u \cdot 100}{2 \cdot r^3} = \frac{300P_u}{2 \cdot 4^3} = 2,344 \cdot P_u \text{ kG/cm}^2 \quad (17)$$

Trong đó : R_u là cường độ uốn của mẫu.

P_u là lực nén làm cho mẫu gãy đôi.

r là cạnh của mẫu $4 \times 4 \times 16$ cm.

• *Thử cường độ chịu nén:*

Để thử cường độ nén của mẫu xi măng $4 \times 4 \times 16\text{cm}$, người ta sử dụng máy nén ép 30 tấn có 3 thang lực trên đồng hồ. Thang 10 tấn dành cho xi măng có cường độ 350 kG/cm^2 trở xuống vì thanh kẹp mẫu có diện tích nén 25 cm^2 , thì $10.000\text{ kG}/25 = 400\text{ kG/cm}^2$. Các thang 20 và 30 tấn dành cho thử mẫu xi măng mác $\geq \text{PC40}$.

Máy nén ép thử mẫu phải được kiểm định hàng năm để đảm bảo độ chính xác của lực nén cũng như tốc độ tăng lực, máy bơm dầu,... công việc hiệu chỉnh và kiểm định này phải do các trung tâm đo lường thực hiện và cấp giấy chứng nhận sự làm việc bình thường của máy.

Mẫu thử uốn xong thực hiện ngay thử nén.

Lấy mẫu với 2 thanh kẹp mẫu thử đặt vào tâm của máy nén. Dùng tay quay thớt trên của máy để thớt kẹp chặt mẫu thử với thanh kẹp. Cần phải gạt kim đồng hồ chỉ lực nén về số không. Tay phải đóng điện cho máy bơm dầu làm việc khoảng 30 giây đến 1 phút sau đó tay trái mở van dầu để tăng lực nén từ từ cho đến khi mẫu thử bị phá vỡ. Đồng thời ngay lúc đó tay trái kịp thời đóng van dầu của máy bơm (trong khi động cơ của máy bơm dầu vẫn làm việc để nén tiếp các mẫu sau).

Ghi lực trên đồng hồ vào sổ (lực P) cho mẫu theo thứ tự. Tiếp tục nén hết các mẫu còn lại (6 mẫu cho 1 tuổi đóng rắn xi măng).

Cường độ chịu nén của mẫu được tính bằng trung bình cộng của 6 mẫu thử. Nếu có 1 mẫu nào đó có giá trị quá lớn hoặc quá bé thì có thể gạch bỏ và lấy giá trị trung bình của 5 mẫu xấp xỉ nhau.

Cường độ nén của từng mẫu được tính theo công thức sau:

$$R_n = \frac{P}{25} \text{ kG/cm}^2 \quad (18)$$

P là lực nén tính bằng kG, 25 là tiết diện ép nén của thanh kẹp mẫu (cm^2).

+ *Phương pháp thử độ ổn định thể tích:*

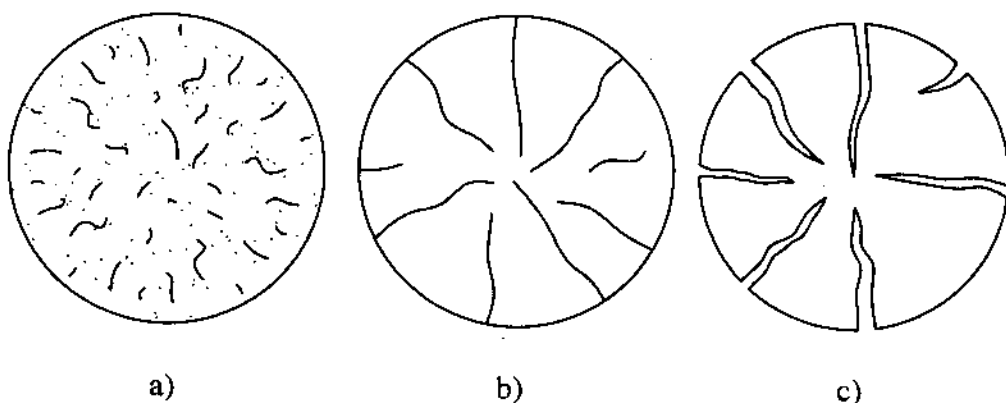
Có 2 phương pháp thử độ ổn định thể tích của xi măng đó là:

• **Phương pháp bánh đa (bánh bèo):** đây là phương pháp nhanh, dễ làm nhưng mức độ chính xác kém. Cách thử tiến hành như sau:

Cân 250 gam xi măng và 62,5 ml nước cho vào chảo gang để trộn thành hồ dẻo xi măng. Lấy 3 miếng kính hình vuông $10 \times 10\text{cm}$ lau sạch bằng khăn ẩm có dầu bôi trơn. Hồ xi măng được nhào trộn bằng tay bay cho thật dẻo đồng nhất. Lấy hồ xi măng (bằng bay trộn) đắp lên các miếng kính rồi miết tròn lại giống như hình bánh bèo ở Huế. Đường kính mỗi “bánh bèo” ở trên mặt kính khoảng $7 - 7,5\text{ cm}$, chiều cao ở tâm điểm của “bánh bèo” xi măng khoảng $6 - 8\text{ mm}$. Vành biên đường tròn “bánh bèo” có chiều dày $1 - 2\text{ mm}$. Đem các miếng kính có “bánh bèo” đặt chỗ ẩm để cho “bánh” đông cứng.

Khoảng $4 \div 5$ giờ sau lại đặt chúng vào nồi hấp hơi 100°C trong vòng 8 giờ. Để nguội lấy mẫu ra để kiểm tra mức độ ổn định thể tích theo mẫu hình 19.

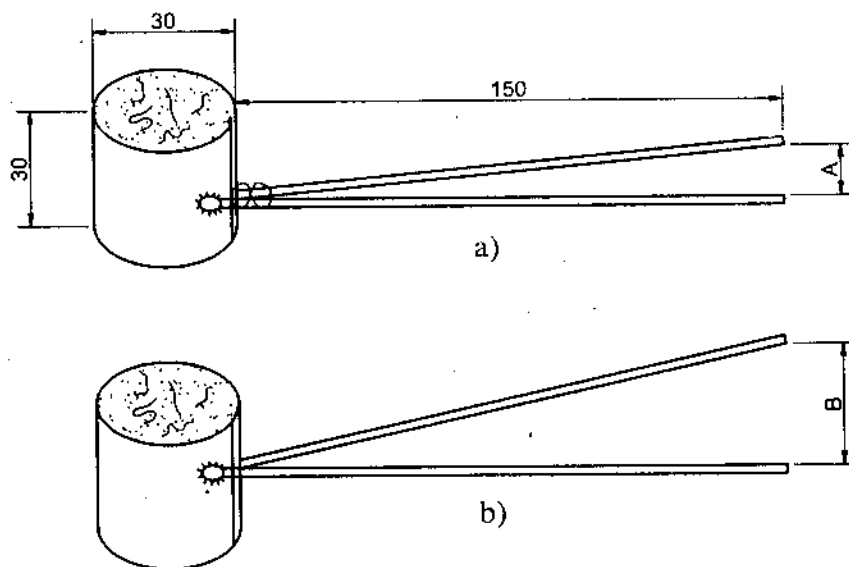
Nếu cả 3 chiếc “bánh bèo” có dạng 19a thì xi măng ổn định thể tích tốt. Nếu 1 hoặc 2 bánh hoặc cả 3 bánh đều có dạng 19b thì xi măng chưa thật ổn định hoặc độ ổn định có thể chấp nhận được. Trường hợp có 1 hoặc 2 bánh có dạng như hình 19c thì xi măng ổn định kém.



Hình 19. Phương pháp Bánh bèo thử độ ổn định thể tích của xi măng

• **Phương pháp của Chatalier:** Phương pháp thử độ ổn định thể tích của Chatalier cho kết quả tin cậy hơn. Vì vậy các nước trên thế giới và các nhà máy xi măng lớn của nước ta đều áp dụng phương pháp này.

Phương pháp này dựa trên cơ sở độ nở của mẫu hồ xi măng dẻo được lèn chặt trong khuôn đồng có 2 càng đồng dính hàn 2 bên mép hở của khuôn (hình 20), được đun sôi trong thùng nước trong thời gian 3 giờ kể từ lúc sôi rồi để nguội sau khi được dưỡng ẩm trong tủ có độ ẩm bão hoà (98 – 99%) ở nhiệt độ $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ và trong 24 giờ so với mẫu cũng được dưỡng ẩm trong cùng điều kiện không được đun sôi.



Hình 20. Khuôn Chatalier thử ổn định thể tích xi măng

Nếu độ nở của mẫu được dưỡng ẩm 24 giờ và được đun sôi 3 giờ kể từ lúc sôi thể hiện bằng khoảng cách giữa 2 chốt bằng B mm và độ nở của mẫu không được ngâm trong nước sôi 3 giờ (sau 24 giờ dưỡng ẩm ở độ ẩm bão hoà 98%) là A mm thì độ ổn định thể tích của xi măng là $B - A$ mm.

Xi măng được gọi là đạt tiêu chuẩn độ ổn định thể tích nếu hiệu $B - A \leq 10$ mm. Quá trình chuẩn bị được quy định theo TCVN 6017 – 1995 [17].

Như vậy 4 tính chất cơ lý về chất lượng xi măng PC đã được xác định. Với 4 chỉ tiêu hoá học của chất lượng xi măng PC là hàm lượng ôxit canxi

tự do (f.CaO), ôxit MgO, hàm lượng SO_3 và cặn không tan (RI) thì có thể tìm xem thêm về tiêu chuẩn phân tích thành phần hoá học của xi măng.

3.1.9. Phạm vi sử dụng xi măng PC trong xây dựng

Xi măng PC là loại xi măng sử dụng phổ biến nhất trên thế giới vì nó không những là “bánh mỳ” của các loại bê tông mà còn làm vữa xây, trát và là thành phần chủ yếu của các chủng loại xi măng khác như xi măng Portland – xỉ, xi măng Portland hỗn hợp, xi măng Portland puzolan, v.v.. Tuy nhiên, xi măng PC cần có nghiên cứu thực tế hoặc phải được xử lý một cách thận trọng khi sử dụng cho các công trình sau đây:

1. Đồ bê tông khối lớn cho các đê, đập thủy lợi, thủy điện, ... vì độ toả nhiệt của nó lớn;
2. Các công trình ngầm có nhiều nước mạch và có ion sunphat lớn hơn 200 mg/lít nếu hàm lượng khoáng $C_3A > 8\%$ và hàm lượng $C_3S > 58\%$, vì độ bền ăn mòn sunfat kém;
3. Không sử dụng xi măng PC cho các công trình tiếp xúc với nước biển và các công trình có tiếp xúc với hoá chất, thực phẩm, có độ kiềm cao hoặc $pH < 7$, ...
4. Không sử dụng xi măng PC cho bê tông chịu nhiệt, bê tông có tiếp xúc với các loại tia phóng xạ (γ , α , X-R, ...).

3.1.10. Quá trình đóng rắn và các sản phẩm đóng rắn của xi măng PC

Quá trình đóng rắn của xi măng Portland là một quá trình hoá – lý xảy ra khá phức tạp trong hệ xi măng – nước với tỷ lệ nước/xi măng phù hợp để tạo thành các sản phẩm đóng rắn khác nhau về thể loại, kích thước, trạng thái và hình dạng, về tốc độ hình thành và tự sắp xếp, liên kết và kết cấu với nhau thành vữa dẻo trong thời gian đông kết rồi đóng rắn dần thành đá xi măng và bê tông có cường độ nhất định, làm việc được trong các công trình xây dựng với những môi trường khác nhau.

Theo Taylor H.F.W, Bogue R.H., Butt Yu. M., Timashev v.v., ... sản phẩm đóng rắn xi măng PC là những hydrat nhiều dạng và có hàng chục loại (xem bảng 9) với kích thước, trạng thái và mạng tinh thể khác nhau, kể cả những hạt hoặc nhân của các khoáng clinker chưa hydrat hết và

nước vật lý (nước thừa). Vì vậy đá xi măng đóng rắn không thể có được một mạng tinh thể thống nhất như những loại đá tinh khiết tự nhiên (như đá vôi sạch, thạch cao, v.v...) mà vẫn có độ cứng về cường độ nén, kéo, ... tương đương với một số loại đá tự nhiên. Cho nên có thể nói quá trình hệ xi măng – nước trở thành vữa dẻo rồi đông kết và hoá cứng thành đá là một quá trình kỳ diệu, phức tạp và không dễ gì phân đoạn, mô tả và giải trình thành thuyết đóng rắn xi măng Portland hoàn chỉnh.

– Năm 1765, nhà khoa học Lavoisier A. L. người Pháp [6] qua nghiên cứu hệ thạch cao – nước đã kết luận rằng: quá trình kết tinh các khoáng hydrat xi măng xảy ra nhanh chóng và liên tục, tạo ra các tinh thể rất bé. Các tinh thể này dính kết lại với nhau thành đá rắn chắc. Đến năm 1887, Le Chatelier H. (người Pháp) đã phát triển nhận xét của Lavoisier A. L. thành “giả thiết kết tinh” để giải thích quá trình đóng rắn xi măng. Taylor H. F. W. [6] phân tích rằng giả thuyết kết tinh chỉ có thể phù hợp với quá trình đóng rắn xi măng đơn khoáng như thạch cao nửa nước.

– Năm 1893, Mikhaelis W. và Hermans P. H. [6] đã đưa ra giả thuyết hoá keo và gel để giải thích hiện tượng đông kết và đóng rắn xi măng. Theo Taylor H. F. W. thì giả thuyết này còn khả dĩ hơn giả thuyết kết tinh của Lavoisier A. L. và Le Chatelier H., nên đã được một số nhà khoa học xem xét, vì thuyết này lấy lực liên kết hydro, lực “Vander – Valsa”, lực hút đồng hoá trị, lực hút bề mặt, v.v.. để giải thích sự liên kết giữa các tinh thể của những sản phẩm đóng rắn khác nhau có kích thước và mạng tinh thể khác nhau.

– Năm 1926, nhà khoa học Baicov A. A. người Nga [4] đã đưa ra quan điểm rằng, hydro silicat và các sản phẩm hydrat khác của clinker xi măng ở trạng thái các hạt “gen” chỉ lúc đầu – trong thời gian đông kết, còn về sau quá trình đóng rắn xảy ra tiếp diễn là nhờ sự xuất hiện kết tinh của các hydrat. Quan điểm này đã được các nhà khoa học cùng thời thừa nhận, trừ Taylor H. F. W. và các nhà khoa học Mỹ.

– Taylor H. F. W, Copelend L. E., Cantro D. L., Power T. C. (Mỹ) [6] và Grudemo A. (Thụy Điển) đã phát triển giả thuyết keo – gen. Nội dung của giả thuyết này có thể tóm tắt như sau:

Vữa xi măng thường có tỷ lệ nước từ 0,3 đến 0,7 tùy loại và theo khối lượng xi măng. Do phản ứng giữa các phân tử nước và các hạt xi măng, trên bề mặt của mỗi hạt xi măng tạo ra một lớp các hợp chất cấu tạo mới – hydrat. Một phần của các cấu tạo mới đó được bóc ra khỏi bề mặt các hạt xi măng và chiếm không gian có chứa nước giữa các hạt. Còn phần còn lại (ở trạng thái chưa ổn định) thì các phân tử nước len vào hấp phụ kín bề mặt còn lại. Lúc này những hạt xi măng với lớp cấu tạo mới chưa ổn định trở thành những hạt keo dạng “huyền phù caloít”, kích thước từ 10 đến 1000 Å. Đồng thời lúc này bắt đầu kết tinh những phân tử hydrôxit canxi – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và lắng xuống “môi trường” xen kẽ với những hạt keo và các ion Al^{3+} , Fe^{3+} , SiO_4^{2-} ... Hồ xi măng nhanh chóng đạt tới bão hoà $\text{Ca}(\text{OH})_2$ so với các hạt keo và các ion nêu trên. Những hạt keo – gel caloít với lực hút bề mặt, các liên kết hydro và lực “Vander – Valsa” đã xích lại gần nhau hơn và dính kết với nhau. Hiện tượng này chính là trạng thái đông kết của vữa xi măng.

Khi hàm lượng các cấu tạo mới – hydrat đã khá nhiều thì xảy ra hiện tượng bão hoà của từng thể loại cấu tạo mới trong không gian chứa nước nên các mầm kết tinh phát triển và dẫn đến kết tinh những hợp chất kết tinh tốt như C_2AH_8 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, C_3AH_6 và một số hydro silicat canxi với 11 loại ghi trong bảng 9.

Khi vữa xi măng đã hoá cứng thành đá (trong thời gian tối thiểu là 2 ngày) thì có thể xem đá xi măng như một thể bê tông vi mịn, trong đó cốt liệu là những tinh thể rắn khác nhau, còn chất dính kết là các tobermorit bán kết tinh (C–S–H (II) và C–S–H (I)) ở dạng keo–gen.

Đến thời kỳ 1950 – 1980, thuyết keo – gel về đông rắn xi măng cũng đã được nhiều nhà khoa học nghiệm chứng lại và phát triển thêm như Lafuma (Pháp), Sushev M. M. (Nga), v.v..

Những nghiên cứu bề mặt đá xi măng đông rắn 28 và 60 ngày cho những nghiệm chứng phù hợp với thuyết keo – gel hơn thuyết kết tinh. Chúng ta cho rằng khó có thể kết cấu thành đá xi măng mà sản phẩm đông rắn của đá này có rất nhiều thể loại với kích thước mạng tinh thể, mức độ kết tinh khác nhau lại trộn lẫn với những hạt khoáng xi măng chưa kịp hydrat, những lỗ xốp, những phân tử nước vật lý, v.v.. mà không có vai trò liên kết của những phân tử keo – gel.

BẢNG 9. CÁC HỢP CHẤT - SẢN PHẨM ĐÓNG RẮN CHỦ YẾU CỦA XI-MĂNG PORLARND (PC)

Hợp chất đóng rắn xi măng PC	Số phần tử			Công thức cấu trúc của hợp chất	Kích thước mạng tinh thể (Å)		
	CaO	SiO ₂	H ₂ O		a	b	c
1. Tricaxi hydro silicat	6	2	3	$\text{Ca}_6(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_6$	-	-	-
2. Holdrolit canxi	5	2	1	$\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$	-	-	-
3. Hilebrandit	2	1	1	$\text{Ca}_2(\text{SiO}_3)_2(\text{OH})_2$	-	-	-
4. Hydrat $\alpha - \text{C}_2\text{S}$	2	1	1	$\text{Ca}_2(\text{HSiO}_4)_2(\text{OH})_2$	9,34	9,22	10,61
5. Phochagit	4	3	1	$\text{Ca}_4(\text{SiO}_3)_3(\text{OH})_2$	-	-	-
6. Ksonolit	6	6	9	$\text{Ca}_6(\text{Si}_6\text{O}_{17})_2(\text{OH})_2$	17,1	7,34	14,06
7. Tobermorit 14Å (kết tinh hình kim)	5	6	9	$\text{Ca}_5(\text{Si}_6\text{O}_{13}\text{H}_2)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	14	-	-
8. Tobermorit 11,3Å (kết tinh hình kim)	5	6	5	$\text{Ca}_5(\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{H}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	11,3	7,3	22,6
9. Tobermorit 9,3Å (kết tinh hình kim)	5	6	2	$\text{Ca}_5(\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{H}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	9,3	-	-
10. Hyrolit	2	3	2	$\text{Ca}_2(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	9,72	-	6,22
11. Pha Y	6	3	1	$\text{Ca}_6(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{O}$	-	-	-
12. Pha Z	2	4	3	-	-	-	-
13. Tobermorit C-S-H(I) (bán kết tinh 9-14 Å)	C/S = 0,8 ÷ 1			-	11,2	7,3	-
14. Tobermorit C-S-H (II) (bán kết tinh) 9-14 Å	C/S = 1,5 - 2			-	-	-	-
15. Tobermorit vô định hình (gel)	C/S ≥ 1,5			-	-	-	-
16. Hydro aluminat canxi (kết tinh tấm lục giác)	C4	A1	H19	$\text{C}_4\text{A H}_{19}$	5,77	-	10,69
17. -nt-	4	1	13	$\text{C}_4\text{A H}_{13}$	5,74	-	7,92
18. -nt-	2	1	8	$\text{C}_2\text{A H}_8$	5,70	-	10,7
19. -nt- (kết tinh hình lập phương)	3	1	6	$\text{C}_3\text{A H}_6$	12,57	-	-
20. -nt- (kết tinh hình tấm phẳng)	4	3	3	$\text{C}_4\text{A}_3\text{H}_3$	12,87	12,42	8,9
21. Ettringit (Trisunfo)	3	1	31-32	$\text{C}_3\text{A}_3\text{CaSO}_4 \cdot (31-32\text{H}_2\text{O})$	11,23	-	21,44
22. Monosunfo alumin canxi	3	1	12	$\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	5,70	-	8,92

Các hợp chất hydro aluminat tạo ra cũng có tỷ lệ phân tử C/F/H giống như các hợp chất hydro aluminat C/A/H và có khoảng cách giữa các mặt phẳng trên giản đồ rơnghepha gần giống nhau mà điển hình là C_3FH_6 có khoảng cách $d = 5,18\text{\AA}$ với cường độ trung bình thì C_3AH_6 có khoảng cách $d = 5,16\text{\AA}$ với cường độ mạnh, v.v.. [6].

Tốc độ hydrat của các khoáng xi măng phụ thuộc chủ yếu vào mức độ hoạt tính của bản thân từng khoáng và độ mịn của chúng. Chúng ta có thể nhận biết mức độ hoạt tính của các khoáng xi măng thông qua mức độ toả nhiệt trong quá trình hydrat của chúng ghi ở bảng 10.

BẢNG 10

Nhiệt hydrat của các khoáng xi măng PC (Cal/g) ⁽¹⁾						
Loại khoáng	Toàn phần	3 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	1 năm
C_3S	120/120	80/58	98/53	106/30	120/104	-/117
C_2S	62/62	15/12	25/10	40/25	47/42	-/54
C_3A	207/207	121/212	158/372	200/329	200/311	-/279
C_4AF	100/100	26/69	40/118	60/118	96/98	-/90

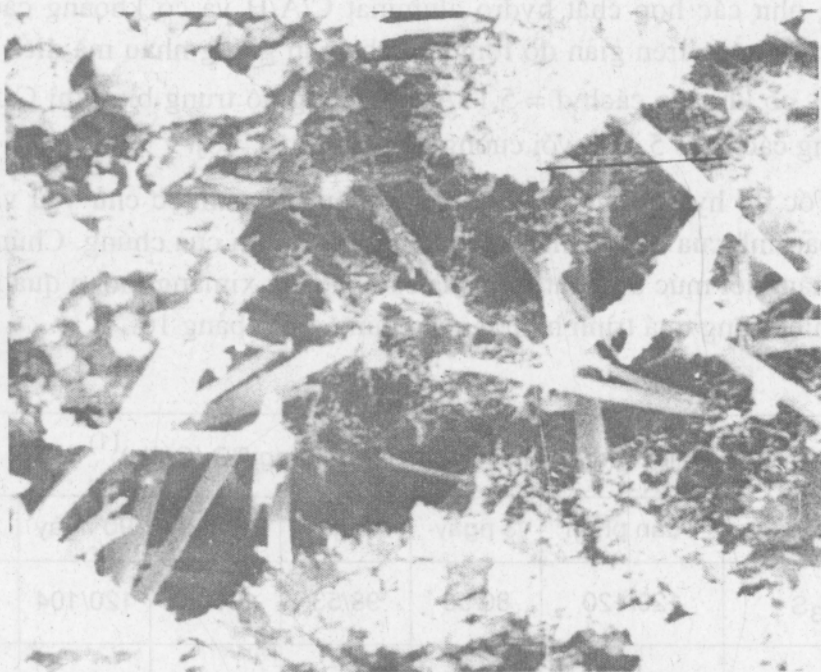
Từ các nhiệt lượng hydrat ghi ở bảng 10 chúng ta có thể lập được dãy hoạt tính của các khoáng clinker xi măng Portland như sau:

$$C_3A > C_3S > C_4AF > C_2S \quad (19)$$

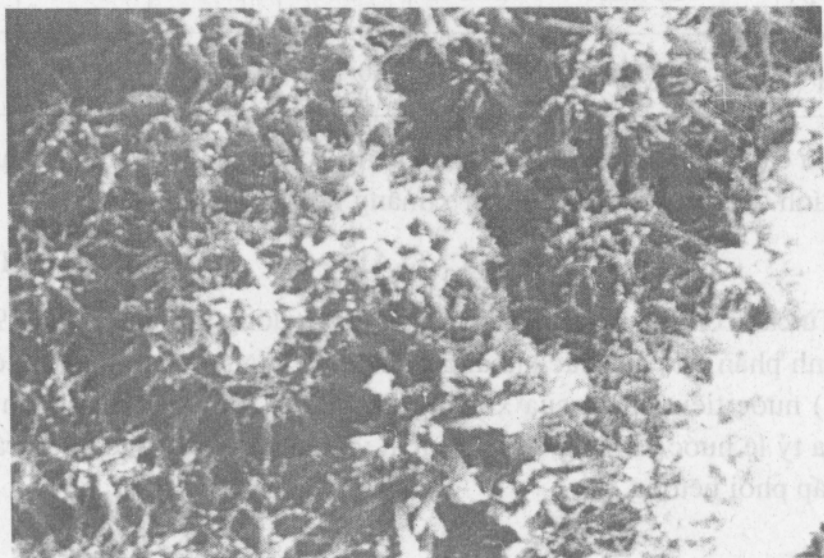
Từ các công thức cấu trúc các sản phẩm đông rắn ghi ở bảng 9 với tỷ lệ thành phần (%) của các khoáng xi măng PC người ta có thể tính được tỷ lệ (%) nước tiêu chuẩn của xi măng PC. Từ tỷ lệ nước tiêu chuẩn có thể tính ra tỷ lệ nước/xi măng cho mỗi loại vữa xi măng và tỷ lệ nước cần thiết cho cấp phối bê tông.

(1) Từ số là số liệu của Buti Yu, M [8], mẫu số là số liệu của Taylor H. F. W. [6]

3.1.11. Một số hình ảnh của đá xi măng dưới kính hiển vi điện tử



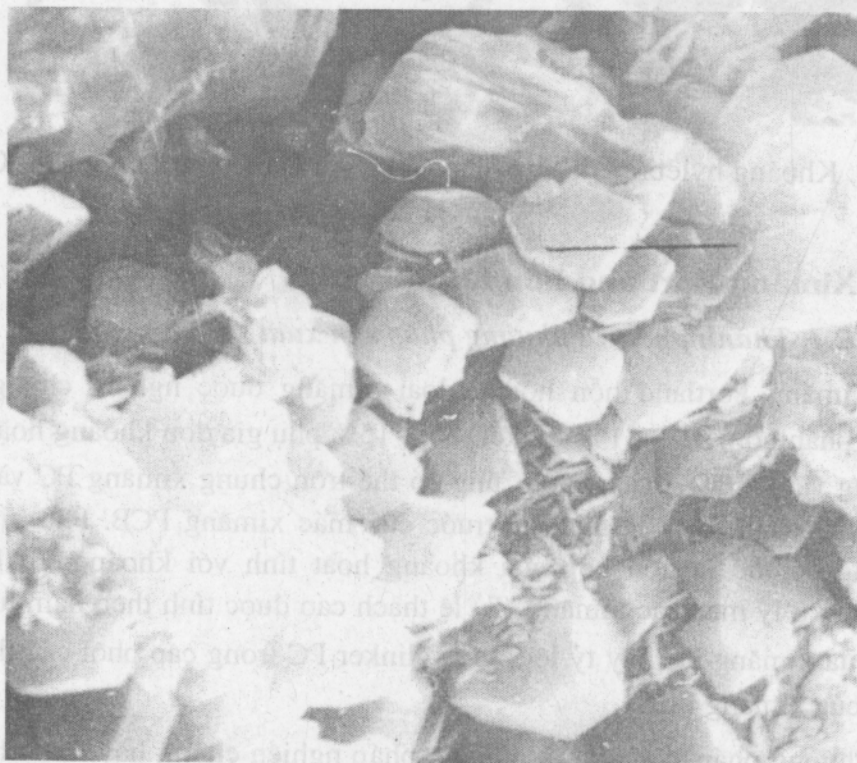
1. Một hình mẫu của đá xi măng PC. Khoáng Tobermorit nhiều loại.



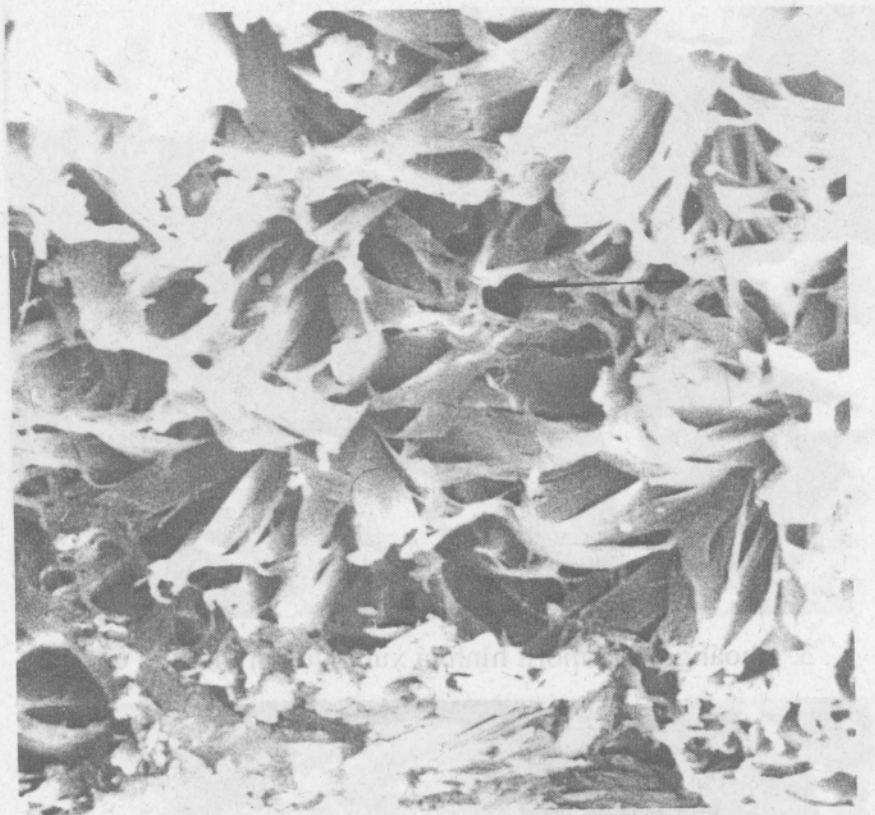
2. Khoáng Tobermorit hình bông keo



3. Khoáng Tobermorit hình lá xung quanh tinh thể C_3AH_6 .



4. Các tinh thể $Ca(OH)_2$ xen kẽ với tinh thể C_3AH_6



5. Khoáng hylebrandit – C_2SH xen kẽ với khoáng Tobermorit – CSH
hình lá keo

3.2. Xi măng Portland hỗn hợp (PCB)

3.2.1. Thành phần và phương pháp sản xuất

Xi măng Portland hỗn hợp là loại xi măng được nghiền chung ba thành phần gồm 61 – 81% clinker, 35 – 15% phụ gia đơn khoáng hoặc đa khoáng và 4 – 5% thạch cao. Cũng có thể trộn chung xi măng PC và bột mịn phụ gia theo tỷ lệ thiết kế trước của mác xi măng PCB. Phụ gia đa khoáng có thể là hỗn hợp của khoáng hoạt tính với khoáng trơ hoặc khoáng xử lý màu sắc xi măng. Tỷ lệ thạch cao được tính theo hàm lượng SO_3 của xi măng PC hay tỷ lệ % của clinker PC trong cấp phối các thành phần của xi măng PCB.

Phương pháp sản xuất là phương pháp nghiền chung hay trộn chung đã nói ở trên.

3.2.2. Chất lượng xi măng PCB

Chất lượng của xi măng PCB phụ thuộc vào chất lượng clinker Portland hoặc chất lượng của xi măng PC, chất lượng của các phụ gia khoáng và chất lượng hoặc trình độ công nghệ sản xuất.

Về chất lượng của clinker Portland hoặc của xi măng PC đã trình bày ở các mục trước. Trong phần này sẽ nói kỹ về chất lượng của các loại phụ gia khoáng khác nhau và chất lượng của công nghệ sản xuất.

3.2.2.1. Phụ gia khoáng cho xi măng PCB và chất lượng của chúng

Phụ gia khoáng cho xi măng PCB chủ yếu có hai loại: loại phụ gia hoạt tính và loại phụ gia trơ. Loại phụ gia hoạt tính được chia làm bốn mức [1]:

1. Mức hoạt tính yếu có độ hút vôi ≤ 60 mg CaO/g phụ gia. Tương ứng với loại này có đá bazan chắc đặc ($\gamma \geq 2,3$ g/cm³), tro than còn hàm lượng than chưa cháy $\geq 10\%$, sét kẹp tầng than, đá vôi sét nghèo canxi (CaO < 40%), trepel tạp Pháp Cổ (Hải Phòng), Thượng Chiếu, Hạ Chiếu, ... chưa qua sấy, v.v.. là phụ gia loại 4.

2. Mức hoạt tính trung bình có độ hoạt tính hút vôi 61 – 90 mg CaO/g phụ gia. Tương ứng với mức hoạt tính này có tro, xỉ than nhiệt điện chứa than chưa cháy nhỏ hơn 10% và đã qua sấy ở 110 – 150°C, đá bazan xốp nhẹ ($\gamma < 2,3$ g/cm³) của Phù Quỳnh (Tây Nghệ An), Sơn Tinh (Quảng Ngãi), Bà Rịa – Vũng Tàu, đất tro núi lửa Do Linh, Vĩnh Linh, Cam Lộ (Quảng Trị) đã qua sấy 110 – 150°C, v.v... Đây là phụ gia khoáng loại 3.

3. Mức hoạt tính khá có độ hút vôi 91 – 120 mg CaO/g phụ gia. Tương ứng với loại này có một số vữa của bazan Mu Rùa (Bà Rịa – Vũng Tàu), một số vữa bazan xốp ở Phù Quỳnh (Tây Nghệ An), một số núi nhỏ đất tro núi lửa ở Cam Lộ (Quảng Trị) đã qua sấy đến độ ẩm < 5%, xỉ nhiệt điện được làm lạnh nhanh và xỉ lò cao Thái Nguyên không được làm lạnh nhanh và hạt^(*) hoá tốt. Đây là khoáng loại 2.

4. Phụ gia khoáng có mức hoạt tính cao, độ hút vôi phải đạt trên 120 mg CaO/g phụ gia. Tương ứng với phụ gia khoáng loại 1 này ở nước ta rất hiếm, nhưng trước đây đã có, như một số vữa đá bọt bazan Mu Rùa

(*) Hạt hoá xỉ lò cao là thổi phun xỉ chảy lỏng thành những tia nhỏ vào nước làm nguội để xỉ có hạt ngô, hạt gạo mà không kết tảng lại thành cục kích thước lớn.

(Bà Rịa – Vũng Tàu), một số vỉa của đất đá tro núi lửa Cam Lộ (Quảng Trị) được sấy đến độ ẩm 3% và xỉ gang thép Thái Nguyên được hạt hoá tốt, làm lạnh nhanh và được sấy đến độ ẩm < 3%.

Hiện nay phụ gia khoáng loại I còn lại không đáng kể, trữ lượng rất ít.

Puzolan Sơn Tây sấy đến 700°C tuy độ hút vôi đạt loại I nhưng màu sắc đỏ nâu và vàng nên không được các nhà máy xi măng ưa chuộng.

Loại phụ gia tro đang được sử dụng phổ biến là đá vôi màu đen dầu và đá vôi sét nghèo canxi.

3.2.2.2. Vai trò và cơ chế thủy lực của phụ gia khoáng đối với xi măng PCB

Ở phần trên chúng ta đã làm quen với danh từ “độ hút vôi” của các loại phụ gia khoáng. Khi phân loại chất lượng của các phụ gia khoáng, chúng ta phân theo khả năng hút vôi của chúng. Như vậy có nghĩa là một phụ gia có khả năng hút vôi càng lớn thì chất lượng của phụ gia càng tốt.

Ở phần này chúng ta sẽ lần lượt trả lời những câu hỏi:

1. Tại sao các phụ gia khoáng có khả năng hút vôi, hút vôi bởi những thành phần gì?

2. Khả năng hút vôi phụ thuộc những yếu tố gì?

3. Sản phẩm hút vôi của chúng là những gì để từ đó nắm được thực chất hoạt tính thủy lực của các phụ gia khoáng khác nhau.

4. Cơ chế tạo ra hoạt tính thủy lực của các phụ gia khoáng có mấy hình thái và hình thái nào là chủ yếu?

Tại nguồn tài liệu [1] có hướng dẫn cách đánh giá hệ số thủy lực của các phụ gia khoáng cho xi măng PCB. Để đảm bảo tính hệ thống trong việc giải thích các hình thái cơ chế hoạt tính thủy lực, sau đây sẽ nhắc lại và bổ sung một số vấn đề sau :

3.2.2.3. Phương pháp đánh giá hệ số hoạt tính thủy lực của phụ gia

Muốn đánh giá năng lực hoạt tính thủy lực của một hay hai, ba loại phụ gia khoáng cho xi măng chúng ta phải cẩn thận thực hiện các thí nghiệm sau đây:

- Đầu tiên chọn 1 loại clinker Portland có chất lượng ổn định cho toàn bộ các mẫu thí nghiệm (thông thường khối lượng 50 kg) bằng cách trộn tay cho thật đều, sàng bỏ bụi (hạt nhỏ hơn 2 – 3 mm). Clinker đựng

trong bao hoặc hộp cách ẩm để thực hiện đủ các thí nghiệm. Clinker cũng cần cách bụi, khí CO_2 , hơi kiềm, v.v...

- Chuẩn bị các thiết bị thực hiện các thí nghiệm để đảm bảo tính đồng nhất các điều kiện thí nghiệm như cùng mức độ chính xác của cân liệu, tủ sấy cùng nhiệt độ sấy ẩm các phụ gia khoáng, máy nghiền thí nghiệm cùng loại, tỷ lệ bi đạn nghiền, thời gian để khống chế được độ mịn xi măng PC và PCB chế tạo trong phòng thí nghiệm, khuôn tạo mẫu, nhiệt độ dưỡng mẫu, loại mủ trộn vữa, loại cát tiêu chuẩn cùng mẻ lấy, máy nén ép thử cường độ nén R_3 , R_7 , R_{28} , ... đều như nhau, v.v... Nhân viên thực hiện thí nghiệm cũng không thay đổi và loại nước sử dụng tạo vữa xi măng cũng phải cùng loại, cùng nhiệt độ.

- Các loại phụ gia khoáng là đối tượng xác định độ hoạt tính thủy lực phải được lấy cùng khối lượng như nhau (ví dụ 10 kg mỗi loại), trộn đều sau khi qua máy đập nhỏ, trộn đều bằng tay, loại trừ bụi, và được sấy cùng thiết bị sấy, cùng chế độ sấy đến độ ẩm ấn định trước (ví dụ đến $3 \pm 0,5\%$ hay đến $5 \pm 0,5\%$). Sau khi sấy, các phụ gia cũng được bảo quản cùng chế độ như clinker.

- Thạch cao đưa vào thí nghiệm chế tạo các mẻ xi măng PC và PCB trong phòng thí nghiệm cũng phải được lấy một lần, một lô có khối lượng xác định, qua máy đập nhỏ và được bảo quản như trên.

Đầu tiên chế tạo “lô” xi măng PC trong phòng thí nghiệm (khối lượng khoảng 10 kg) gồm hai thành phần: 95 – 96% clinker và 4 – 5% thạch cao có độ mịn chuẩn (% trên sàng 0,08 mm và tỷ diện) để làm chuẩn độ mịn cho các “lô” xi măng PCB tiếp theo. Các “lô” xi măng PCB được chế tạo cùng loại clinker, thạch cao, chỉ khác nhau tỷ lệ (%) phụ gia khoáng đối với mỗi loại.

Các tỷ lệ phụ gia của một loại cách nhau 2% (8, 10, 12, 14, 16, 18, ...%). Có bao nhiêu tỷ lệ thì có bấy nhiêu “lô” hoặc mẻ xi măng PCB. Số mẫu cơ – lý mỗi mẻ thí nghiệm không ít hơn 18 mẫu $4 \times 4 \times 16$ cm, mỗi lần thử (R_3 , R_7 , R_{28}) 6 mẫu để loại 1 – 2 mẫu có kết quả khác biệt với các mẫu kia.

Kết quả các lần thử cường độ nén R_3 và R_7 chỉ để so sánh biến thiên phát triển cường độ, còn kết quả thử cường độ nén R_{28} mới được lấy để

đánh giá hoạt tính thủy lực của phụ gia. Sở dĩ phải làm nhiều thí nghiệm với tỷ lệ phụ gia cách nhau 2% là để chọn được mẫu xi măng PCB nào có cường độ R_{28} bằng cường độ R_{28} của xi măng PC, tức là:

$$R_{28}(\text{PC}) = R_{28}(\text{PCB}) \quad (20)$$

trong đó thành phần của xi măng PC là: 96% clinker + 4% thạch cao;
thành phần của xi măng PCB là: x% clinker + y% phụ gia + 4% thạch cao.

Vậy hệ số hoạt tính thủy lực của phụ gia là:

$$K = \frac{y}{y + x} \cdot 100 (\%) \quad (21)$$

K được tính bằng % với điều kiện phải thỏa mãn điều kiện (20). Phụ gia khoáng nào có hệ số K lớn hơn thì chất lượng tốt hơn. Tuy nhiên trong trường hợp hai phụ gia khoáng có hệ số K tương đương nhau thì phụ gia nào có cường độ R_7 cao hơn thì có thể kết luận phụ gia ấy tốt hơn, vì R_7 cao hơn thì thời gian tháo ván khuôn đúc bê tông sẽ ngắn hơn. Dĩ nhiên khi đánh giá, để tránh sai số trong khi làm thí nghiệm, ngoài việc lặp đi lặp lại thí nghiệm để kết luận một cách chắc chắn hơn, cần phải đối chứng với kết quả thử độ hút vôi của hai loại phụ gia.

Phương pháp đánh giá hệ số hoạt tính thủy lực như trên áp dụng được cho mọi loại phụ gia khoáng: puzolan, tro xỉ nhiệt điện, xỉ hạt lò cao gang thép, đá bazan, đất tro núi lửa, đá sét tầng than, trepel tạp, đá vôi sét và đá vôi màu đen dầu, v.v..

3.2.2.4. Cơ chế hoạt tính thủy lực của phụ gia khoáng xi măng PCB

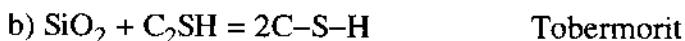
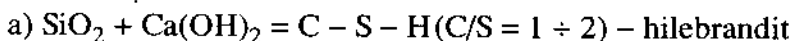
Cơ chế hoạt tính thủy lực của phụ gia được thể hiện dưới hai hình thái sau đây:

1. Hình thái lý học là hình thái làm nhiệm vụ tạo mầm kết tinh cho những hợp chất hydrat có khả năng kết tinh thành tinh thể. Đối với những sản phẩm đông rắn xi măng ở dạng keo – gel thì phụ gia làm nhiệm vụ vừa làm cốt liệu rắn cho bê tông vì mịn và vừa làm những “cái nệm” chiếm những lỗ xốp tạo ra trong quá trình kết cấu đá xi măng và bê tông. Vì trong các hợp chất hydro silicat canxi có khả năng kết tinh hình kim như ksonolit, hydrat $\alpha - C_2SH$, tobermorit 11,3Å, 9,3Å và các hydro

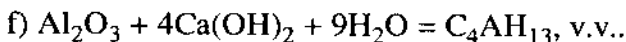
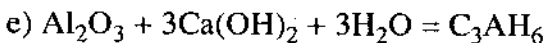
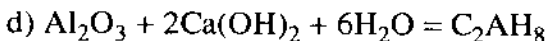
aluminat canxi như C_3AH_6 (kết tinh tinh thể hình lập phương), C_4AH_{19} (kết tinh hình tám lục giác), v.v... nên vai trò cốt liệu vi mịn và làm những “cái nệm” chặt các lỗ xốp của đá xi măng cũng bị hạn chế. Vì vậy hiệu quả của cơ chế hoạt tính thủy lực dạng này chỉ dao động 7 – 10% phụ gia. Trên 10% thì phần dư thừa phụ gia sẽ làm giảm cường độ của xi măng do không đủ lượng keo – gel để kết gắn với nó. Do đó thông thường các phụ gia trơ (gạch non, đá vôi, ...) chỉ có thể pha đến 10% là tối đa.

2. Hình thái cơ chế thứ 2 mới là hình thái cơ chế chủ yếu do nó tạo ra một phần các sản phẩm đóng rắn xi măng có tính dính kết như xi măng. Đó là kết quả phản ứng hoá học của những phân tử silic (SiO_2) hoạt tính và nhôm (Al_2O_3) hoạt tính của bản thân các phụ gia khoáng. Như vậy thực chất của cơ chế hình thái này là ái lực hoá học của hàm lượng SiO_2 hoạt tính và Al_2O_3 hoạt tính với hydroxit canxi – $Ca(OH)_2$ và các hydro silicat có tỷ lệ C/S cao ($C/S \geq 2$) tạo ra trong quá trình hydrat các khoáng silicat của clinker Portland:

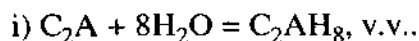
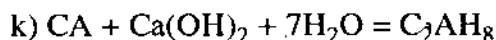
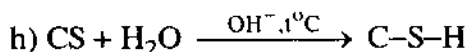
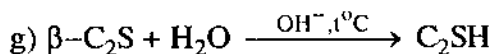
- Đối với SiO_2 hoạt tính có ba khả năng phản ứng như sau:



- Đối với Al_2O_3 hoạt tính cũng có khả năng tạo với $Ca(OH)_2$ để thành những sản phẩm đóng rắn sau đây:



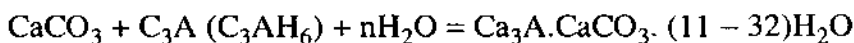
- Đối với phụ gia là xỉ hạt lò cao gang thép thì ngoài 6 khả năng phản ứng tạo thành các hợp chất đóng rắn xi măng PCB nêu trên, tùy thuộc vào hàm lượng các khoáng $\beta - C_2S$, CS, CA, C_2A ... trong xỉ có thêm khả năng tạo ra những hợp chất đóng rắn xi măng PCB thuộc các dạng sau đây:



Như vậy hiệu suất của hình thái cơ chế hoá học này phụ thuộc vào hàm lượng của các oxit hoạt tính nêu trên.

Khi nung, sấy các phụ gia khoáng chứa $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ và các hợp chất hydrat khác thì các phân tử nước liên kết bị phân hủy, bốc hơi, để lại độ rỗng và các khuyết tật khác nên mức độ hoạt tính của các khoáng loại này càng cao hơn, tức là phản ứng nhanh hơn và nhiều hơn với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và các hợp chất hydro silicat hệ số kiềm C/S cao để tạo ra một lượng bổ sung hàm lượng các sản phẩm đóng rắn, làm tăng năng lực dính kết bổ sung cho xi măng. Vì vậy mà giảm bớt được tỷ lệ (%) clinker Portland và tăng được tỷ lệ phụ gia khoáng trong xi măng PCB có thể đến trên 50%, thậm chí đến 70 – 80% đối với loại phụ gia là xỉ hạt hoá lò cao gang thép.

Ở đây bổ sung thêm, trong các loại phụ gia trơ có loại đá vôi (tùy theo từng nơi mức độ hoạt tính của nó có khác nhau) như đá vôi sét thành tạo ngấm dưới đất, ngoài hình thái cơ chế lý học nói trên, nó cũng có khả năng nhất định về cơ chế hoá học do nó có thể phản ứng với khoáng C_3A và khoáng thủy hoá của nó là C_3AH_6 để tạo thành hợp chất đóng rắn gọi là carboaluminat canxi có dạng:



Phản ứng tạo hợp chất này xảy ra chậm làm tăng thể tích đá xi măng.

Vì lý do như vậy mà tại Nhà máy Xi măng Luksvaxi Hương Trà (Huế) lúc đầu sử dụng đá vôi nghèo canxi ($\text{CaO} < 45\%$) để làm phụ gia cường độ nén cao nhưng đá xi măng dòn và bị nứt rạn bề mặt. Về sau nghiên cứu đưa thêm tro núi lửa Cam Lộ (Quảng Trị) làm phụ gia hỗn

hợp thì nhược điểm này mới được loại trừ và vữa xi măng dẻo hơn, xây trát và đổ bê tông không còn bị nứt rạn.

Qua các phản ứng hoá học (a → i) nói trên chúng ta cũng thấy rõ ràng các ôxit hoạt tính của các loại phụ gia khoáng đều phản ứng với Ca(OH)_2 và các hợp chất hydro silicat kiềm cao ($\text{C/S} \geq 2$) của xi măng PC. Nếu hàm lượng các ôxit hoạt tính ($\text{SiO}_{2\text{ht}}$, $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{ht}}$) của phụ gia càng lớn thì đòi hỏi hàm lượng Ca(OH)_2 của xi măng PC (hoặc clinker Portland – một thành phần chủ yếu của xi măng PCB) càng lớn. Từ đây chúng ta cần lưu ý rằng, hệ số hoạt tính thủy lực của phụ gia phụ thuộc không những vào chất lượng riêng của nó mà còn phụ thuộc vào chất lượng của phần clinker Portland hoặc của phần xi măng PC trộn chung với nó để thành xi măng PCB. Nói một cách rõ ràng hơn như sau:

- Khi chất lượng clinker Portland hoặc xi măng PC không thay đổi thì với nó, mỗi loại phụ gia khoáng thể hiện một hệ số hoạt tính thủy lực riêng của mình. Hệ số hoạt tính thủy lực này là tổng lực của hai hình thái: hình thái cơ chế lý học và hình thái cơ chế hoá học.

- Đối với mỗi loại phụ gia khoáng với lý tính và hoá tính ổn định thì hệ số hoạt tính thủy lực càng lớn nếu chất lượng của clinker Portland (hoặc xi măng PC) càng cao (hệ số bão hoà vôi càng lớn) và đạt hệ số cao nhất nếu xi măng Portland (PC) cung cấp đủ và thừa Ca(OH)_2 cho phản ứng hết với hàm lượng SiO_2 và Al_2O_3 hoạt tính có trong phụ gia ở độ tuổi 28 ngày đóng rắn.

Đến đây, 4 câu hỏi đặt ra ở trên về cơ bản đã được trả lời tuy có thể vẫn chưa đầy đủ.

Bảng 11 đưa ra thành phần của một số phụ gia khoáng của Việt Nam.

BẢNG 11

Phụ gia	Thành phần hoá học (%)									
	MKN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	TiO ₂	SO ₃	Σ
Diatomit Thủy Nguyên (Hải Phòng)	1,1-1,8	88-94	1,6-4	1,04-2	0,15-0,5	0,2-0,5	0,2-0,9	0,4-0,6	-	-
Bazan Vĩnh Linh (Quảng Trị)	3,08	50,14	16,27	10,50	7,49	7,51	4,26	0,56	-	99,81
Bazan Phủ Quỳ (Nghệ An)	3,95	45,11	16,15	11,87	9,67	7,01	5,24	-	-	99,0
Bazan núi Thơm (Bà Rịa)	3,08	45,02	16,85	12,96	9,94	7,10	2,01	0,5	-	97,46
Tro núi lửa Cam Lộ (Quảng Trị)	12,49	37,74	26,45	17,15	2,06	2,11	1,12	0,35	-	99,47
Tro xỉ nhiệt điện Phả Lại	9,52	50,25	20,40	6,60	1,90	1,30	2,49	0,40	0,58	99,44
Đá vôi sét Văn xá (Huế)	41,23	5,15	1,45	0,34	45,78	4,78	0,40	0,35	0,20	99,68
Xỉ gang thép Thái Nguyên	9-10	29-34	16-17	14-17	35-40	7-8	-	0,4-0,5	0,4-0,47	-

3.2.2.5. Chất lượng của xi măng PCB

Theo quy định của TCVN 6260 – 1977 thì tỷ lệ phụ gia khoáng trong xi măng PCB chỉ được pha trong khoảng giới hạn từ 10 đến 40%. Quy định này phù hợp với chất lượng các phụ gia khoáng hiện có của Việt Nam ghi trong bảng 11. Riêng xỉ lò cao gang thép Thái Nguyên và tro xỉ nhiệt điện thì dù các tiêu chuẩn của nước ngoài như JIS A6206 – 1997 của Nhật Bản, EN 197 – 1: 2000 của EU, ASTM C989 của Mỹ, GOCT 10178 của Nga, v.v... đều cho phép pha đến 50% đối với tro bay và đến 70 – 85% đối với xỉ lò cao gang thép, nhưng vì xỉ gang thép Thái Nguyên chưa có công nghệ làm lạnh và hạt hoá hoàn chỉnh nên chất lượng chưa cao, do đó trong thực tế cũng chỉ pha đến 20%. TCVN 6260 – 1997 còn quy định rằng, mọi nguồn phụ gia khoáng trước khi đưa vào sản xuất xi măng PCB phải qua nghiên cứu cẩn thận và phải được cơ quan có thẩm quyền cho phép. Quy định này rất cần thiết cho việc kiểm soát các nguồn phụ gia đang và sẽ sử dụng để sản xuất xi măng PCB nhằm đảm bảo chất lượng không những cho xi măng PCB mà còn đảm bảo chất lượng các công trình xây dựng. TCVN 6260 – 1997 quy định cụ thể 5 chỉ tiêu chất lượng cho xi măng PCB như bảng 12.

BẢNG 12

Chỉ tiêu chất lượng xi măng PCB	Mức quy định	
	M.PCB –30	M.PCB –40
1. Cường độ nén (N/m^2) không nhỏ hơn:		
– Mẫu 3 ngày (R_3)	14	18
– Mẫu 28 ngày (R_{28})	30	40
2. Thời gian đông kết:		
– Bắt đầu (phút), không sớm hơn	45	
– Kết thúc (giờ), không muộn hơn	10	
3. Độ mịn xi măng:		
– % còn lại trên sàng 0,08 mm, không lớn hơn	12	
– Tỷ diện bề mặt (blaine, cm^2/g), không nhỏ hơn	2700	
4. Độ ổn định thể tích theo Chatelier (mm), không lớn hơn	10	
5. Hàm lượng SO_3 (%), không lớn hơn	3,5	

Đối với chỉ tiêu độ mịn (blaine) các tiêu chuẩn nước ngoài (Nga, Mỹ, châu Âu, Nhật Bản...) đều quy định lớn hơn TCVN 6260– 1997 và đến 5000 blaine. Tiêu chuẩn này cũng chưa quy định chất lượng mác PCB – 50, tuy đã có một số nhà máy xi măng mới của Việt Nam quảng cáo cho mác mới này.

3.2.3. Phạm vi sử dụng xi măng PCB

Xi măng PCB là loại xi măng được sử dụng rất phổ biến, nhất là ở nước ta. Tùy thuộc vào loại phụ gia khoáng, xi măng PCB có thể có những tính năng sau đây:

- Tính bền sunphat nếu phụ gia khoáng là puzolan, tro xỉ nhiệt điện, xỉ lò cao, tro núi lửa Cam Lộ (Quảng Trị), phụ gia bazan loại bột xốp ít kiềm như bazan Bà Rịa – Vũng Tàu, Sơn Tinh (Quảng Ngãi), diatomit tạp Thủy Nguyên (Hải Phòng), Phú Yên...

- Khả năng tỏa nhiệt ít hơn xi măng PC do sau khi pha các loại phụ gia khoáng nói trên vào xi măng PC để thành xi măng PCB thì hàm lượng các khoáng alit (C_3S) và alumiat (C_3A) bị giảm thấp so với xi măng PC. Vì vậy xi măng PCB cũng có thể sử dụng để đúc bê tông khối lớn, bê tông các công trình ngầm có nồng độ ăn mòn sunphat < 400 mg/l.

- Điều cần thận trọng khi sử dụng xi măng PCB là phải kiểm tra nghiêm ngặt tổng hàm lượng kiềm $Na_2O + 0,658 K_2O$ để tránh sự ăn mòn bê tông cốt thép. Đối với các bê tông mác cao ($M \geq 30$) thường hạn chế tổng hàm lượng kiềm nói trên ở dưới mức 0,7%. Đối với các bê tông mác thấp ($M \leq 25$) tổng hàm lượng kiềm có thể cho phép < 1%.

- Xi măng PCB – 30 sử dụng xây trát tốt cho mọi công trình.

- Xi măng PCB không sử dụng được cho các công trình biển, các công trình ngầm có nồng độ sunphat > 400 mg/l.

- Xi măng PCB với phụ gia là puzolan, diatomit, tro xỉ nhiệt điện, tro xỉ lò cao, không sử dụng được cho các công trình dề, đập nước mà mực nước dao động hàng ngày lúc cao, lúc thấp do sản phẩm đóng rắn của các xi măng này có nhiều keo – gel nên dễ bị mất nước, co ngót lại và dễ dàng hút nước để trương nở thể tích.

4. CÁC CHỦNG LOẠI XIMĂNG ĐẶC BIỆT ĐỂ CHẾ TẠO CÁC LOẠI BÊTÔNG ĐẶC BIỆT

4.1. Ximăng Portland – puzolan (PC_{PU})

Ximăng Portland – puzolan thực chất cũng là một loại ximăng Portland hỗn hợp PCB. Sự khác nhau ở đây chỉ là phụ gia đơn và phụ gia hỗn hợp phải có hoạt tính hút vôi đạt mức khá trở lên, tức là mức độ hút vôi của 1g phụ gia puzolan trong thời gian 28 ngày ở trong môi trường dung dịch 5% CaO không được ít hơn 90 mg CaO.

4.1.1. *Chủng loại và chất lượng của phụ gia puzolan*

Puzolan được phân làm hai loại chính là puzolan thiên nhiên và puzolan nhân tạo.

Puzolan thiên nhiên có các khoáng khác nhau như trepel, diatomit, opoka, túp, tro núi lửa, đá bazan bột xốp, sét kẹp tầng than, opan (silic ngâm nước) quakzit phong hoá thành bột mịn, v.v...

Trepel, diatomit, opoka có ở vùng Thủy Nguyên (Hải Phòng), Thượng Chiểu, Hạ Chiểu (Hải Dương giáp Quảng Ninh), nhưng chất lượng kém do chúng có lẫn khoáng caolinit hoặc montmorillonit (sét dẻo), v.v... Các khoáng này có các mức hoạt tính khác nhau, tùy thuộc nhiệt độ nung sấy. Nếu chỉ qua phơi sấy tự nhiên dưới nắng gió đến độ ẩm 5% thì độ hút vôi của chúng chỉ đạt loại yếu, tức là ≤ 60 mgCaO/gF.G. Nếu sấy ở nhiệt độ 300°C đến độ ẩm 0% và mất một phần nước liên kết hoá học thì hoạt tính hút vôi của chúng có thể đạt tới trên 90 mgCaO/gF.G. Tiếp tục sấy chúng đến $650 - 700^{\circ}\text{C}$, các puzolan loại này có hoạt tính cao, tức là độ hút vôi trên 120 mgCaO/gFG, gần bằng puzolan đỏ Sơn Tây nung ở 700°C .

Trữ lượng diatomit tập và opoka vùng Thủy Nguyên và Thượng Chiểu, Hạ Chiểu khá lớn (trên 50 triệu tấn) nhưng vì màu sắc vàng đất và đỏ nâu không phù hợp với thị hiếu của người tiêu dùng ximăng nên chưa được thăm dò tỷ mỉ để tổ chức sản xuất cung cấp cho các nhà máy ximăng công suất lớn ở vùng này (Hoàng Thạch, Phúc Sơn, Hải Phòng (Tràng Kênh), Chinh Fong, Hoàng Bồ, Cẩm Phả...). Chắc chắn trong

tương lai chúng sẽ được nghiên cứu tới, vì nguồn puzolan nhân tạo của ta không có nhiều.

Túp và tro núi lửa ở Do Linh và Cam Lộ (Quảng Trị) trữ lượng không lớn (khoảng 10 triệu tấn) và cũng chỉ ở cấp thăm dò tìm kiếm sơ bộ. Puzolan loại này chỉ cần được sấy qua ở nhiệt độ $100 - 150^{\circ}\text{C}$ đến độ ẩm 3 – 5% thì mức hoạt tính hút vôi đã đạt 90 – 100 mgCaO/gF.G. Tuy nhiên cũng chưa được tổ chức khai thác, phơi sấy quy mô công nghiệp để cung cấp cho các nhà máy xi măng Sông Gianh và Luksvani Hương Trà (Huế) do có tranh chấp địa chất với các nông trường trồng hồ tiêu và công nghiệp giấy.

Các nguồn đất bazan Sơn Tịnh (Quảng Ngãi), Mu Rùa, Núi Thơm (Bà Rịa – Vũng Tàu) và trepel Ninh Thuận đang được khai thác và sơ chế (đập nhỏ) để cung cấp cho các trạm nghiền xi măng PCB. Nhưng chất lượng cũng chỉ đạt mức trung bình (60 – 90 mgCaO/gF.G).

Nguồn quakzit phong hoá ở Phú Thọ cũng không lớn và không ổn định nên chỉ có một nhà máy xi măng lò đứng vùng này tự khai thác và tự cấp cho nhà máy mình.

Nguồn puzolan đỏ Sơn Tây trữ lượng cũng không lớn, dù hoạt tính của nó sau khi nung 700°C đạt khá cao (120 – 180 mg/gF.G) nhưng do màu sắc không phù hợp thị hiếu nên không được tổ chức sản xuất.

Nói chung, nguồn phụ gia puzolan thiên nhiên Việt Nam trữ lượng không lớn, màu sắc phần lớn không phù hợp với thị hiếu và chất lượng thấp, đòi hỏi phải có giải pháp xử lý màu sắc, tổ chức khai thác và sản xuất bằng dây chuyền nung sấy công nghiệp mới đảm bảo ổn định chất lượng và nguồn cung cấp.

Hiện nay mới có hai nguồn *puzolan nhân tạo* là xỉ lò cao gang thép Thái Nguyên và tro xỉ nhiệt điện Phả Lại. Tuy nhiên, như đã nói ở trên, cả hai nguồn này vừa ít lại chưa có công nghệ hạt hoá và làm lạnh nhanh nên chất lượng vẫn kém. Riêng tro xỉ nhiệt điện Phả Lại thì dùng nước bơm thải ra hồ chứa mới xúc lên để ráo nước rồi bán cho các nhà máy xi măng, khi mua về, độ ẩm lớn (11 – 15%) nên phải mất năng lượng sấy đến độ ẩm 5% mới sử dụng được, vì thế giá thành cao và hiệu quả sản xuất thấp. Hy vọng trong tương lai, các nhà máy nhiệt điện mới ở phía Nam sẽ có

công nghệ thu hồi tro bay và xỉ ngay trong nhà máy để tận dụng nguồn sản phẩm phụ này tốt hơn cho các nhà máy xi măng PCB và Portland – puzolan.

Thành phần hoá học các nguồn puzolan thiên nhiên và nhân tạo đã được giới thiệu ở bảng 11. Cơ chế biểu hiện hoạt tính và phương pháp đánh giá chất lượng của puzolan cũng đã giải trình tại mục phụ gia khoáng cho xi măng PCB.

4.1.2. Chất lượng và phạm vi sử dụng xi măng Portland – puzolan

Nội dung sau đây sẽ giới thiệu về các chỉ tiêu chất lượng của xi măng puzolan (PC_{pu}) theo TCVN 4033–1995 và phạm vi sử dụng chủng loại xi măng này trong xây dựng.

Theo tiêu chuẩn này xi măng Portland – puzolan có 3 mức với 6 chỉ tiêu chất lượng cụ thể như ở bảng 13.

Tuy nhiên tiêu chuẩn này có một số chỉ tiêu như độ mịn, hàm lượng mất khi nung thấp hơn xi măng cùng loại của nước ngoài và mức xi măng $PC_{pu} - 20$ không còn được sản xuất và tiêu thụ. Ngược lại mức $PC_{pu} - 50$ thì thị trường đã đòi hỏi nhưng chưa có chỉ tiêu chất lượng cụ thể. Vì vậy tiêu chuẩn này cần phải soát xét lại.

Cũng như xi măng PCB, xi măng Portland – puzolan có ưu điểm là độ bền sunphat khá, ít toả nhiệt và khả năng chống thấm tốt. Tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là cường độ ban đầu (R_3) thấp và sản phẩm đóng rắn có tỷ lệ keo–gel cao nên không sử dụng được cho bê tông các dề, đập có mực nước thay đổi hàng ngày. Vì vậy loại xi măng này chỉ được sử dụng ở các trường hợp sau đây:

1. Dùng cho bê tông hầm ngầm có nồng độ ăn mòn sunphat lớn ($\geq 400 \text{ mg/l}$);
2. Đúc rót các bê tông có nhiệt dưỡng ẩm cao hơn nhiệt độ môi trường;
3. Có thể dùng để đúc bê tông khối lớn đối với mức $PC_{pu} - 40$ và $PC_{pu} - 50$ và những công trình không có mực nước dao động hàng ngày;
4. Xi măng Portland – puzolan dùng làm vữa xây, trát rất dẻo.

BẢNG 13

Chỉ tiêu chất lượng xi măng Portland – puzolan	Mức quy định		
	PC _{pu} – 20	PC _{pu} – 30	PC _{pu} – 40
1. Cường độ nén (N/mm ²) không nhỏ hơn:			
– Mẫu 7 ngày (R ₇)	13	18	25
– Mẫu 28 ngày (R ₂₈)	20	30	40
2. Độ mịn ⁽¹⁾			
– % còn lại trên sàng 0,08 mm, không lớn hơn	15/12		
– Tỷ diện (blaine, cm ² /g), không nhỏ hơn	2600/3200		
3. Thời gian đông kết:			
– Bắt đầu (phút), không sớm hơn	45		
– Kết thúc (giờ), không muộn hơn	10		
4. Độ ổn định thể tích (mm) theo Chatelier, không lớn hơn	10		
5. Hàm lượng SO ₃ (%), không lớn hơn	3		
6. Lượng mất khi nung ⁽²⁾ , không lớn hơn	7/5		

4.1.3. Quá trình công nghệ sản xuất xi măng Portland – puzolan

Cũng như xi măng Portland hỗn hợp (PCB), quá trình công nghệ sản xuất xi măng Portland puzolan chỉ gồm một số công đoạn công nghệ như sau:

(1), (2) Từ số là quy định của Việt Nam, mẫu số là quy định của nước ngoài (ASEAN, EU, ...).

1. Công đoạn tiếp nhận, xử lý và lưu giữ các nguyên liệu:

Nếu xi măng PCB hay xi măng Portland – puzolan được sản xuất tại một trạm nghiền và phân phối độc lập thì những thiết bị và phương tiện kiến trúc công nghệ của công đoạn phải có :

– Cảng hoặc ga tiếp nhận clinker, thạch cao và phụ gia với quy mô phù hợp với công suất của trạm nghiền. Đối với các trạm nghiền có công suất từ 200000 tấn trở lên, thì cảng biển hoặc cảng sông phải có vị trí neo đậu tàu hoặc xà lan trọng tải 300 – 400 tấn. Nếu ga tàu hoả thì phải có đường tàu vào luôn trong kho kín, bãi kín đổ clinker và phụ gia.

– Clinker Portland từ tàu, canô, xà lan được gàu ngoạm của cần trục quay hoặc phễu ống hút đổ vào phễu tiếp nhận của máy đập búa hoặc máy đập hàm. Dưới máy đập, clinker được hệ thống băng tải hoặc băng gàu tải đưa lên rót vào các silô chứa. Dung tích và số silô chứa clinker được thiết kế phù hợp với công suất của trạm nghiền. Trường hợp nếu clinker được các toa xe hoả mang đến đổ vào kho có che mưa, thì sau đó dùng xe ủi và gàu ngoạm đưa vào phễu tiếp nhận của máy đập. Dưới máy đập có băng tải và gàu tải đưa lên đổ vào silô chứa.

– Phụ gia và thạch cao cũng phải qua máy đập hàm trước lúc đổ vào silô riêng. Trường hợp độ ẩm của phụ gia lớn hơn 8% (với máy nghiền được cấp khí nóng thì có thể cho phép độ ẩm của phụ gia đến 8%) thì phải qua phơi sấy tự nhiên hoặc phơi sấy công nghiệp, tùy theo mức độ ẩm lớn hay nhỏ.

2. Công đoạn định lượng và nghiền xi măng:

Công đoạn này cũng giống như sản xuất xi măng PCB, bên dưới đáy các silô clinker, phụ gia và thạch cao đều có lắp cân định lượng với năng suất rút và cân phù hợp với tỷ lệ % và công suất của trạm nghiền. Để đảm bảo thay đổi tỷ lệ của clinker và phụ gia theo loại và theo mác xi măng PCB, Portland – puzolan, thông thường người ta chọn lựa khoảng giới hạn điều chỉnh năng suất và tỷ lệ cân clinker từ 30 đến 80%, khoảng điều chỉnh năng suất và tỷ lệ cân phụ gia từ 15 đến 70%, còn khoảng điều chỉnh năng suất và tỷ lệ thạch cao từ 3 đến 7%. Mức độ chính xác của việc cân thạch cao yêu cầu không vượt quá $\pm 0,5\%$, còn mức độ chính xác của cân clinker và phụ gia cho phép đến $\pm 1\%$.

Clinker, phụ gia sau khi qua cân được đổ vào băng tải chung để cấp cho máy nghiền xi măng. Trường hợp dây chuyền nghiền xi măng có lắp đặt máy nghiền cán ép hoặc máy nghiền đứng CKP ở phía trước thì clinker được cấp tiếp cho máy nghiền trước để nghiền chập đến cỡ hạt ngô, hạt gạo rồi mới cấp tiếp cho máy nghiền bi. Còn phụ gia (trừ phụ gia là đá bazan đen độ cứng cao) và thạch cao thì cấp thẳng vào máy nghiền bi. Máy nghiền bi có thể là máy nghiền ống hai ngăn hoặc một ngăn (tùy theo độ mịn của máy nghiền trước) có kèm theo máy phân ly cỡ hạt hiệu suất cao kiểu O – SEPA của Nhật Bản hoặc máy phân ly LSKS của hãng LOESCHE hoặc kiểu SEPOL của POLISIUS. Yêu cầu chất lượng công nghệ của máy phân ly là không những hiệu suất phân ly cao, mà còn yêu cầu điều khiển được tỷ lệ các cỡ hạt 0 – 30 μ K, 30 – 60 μ K và 60 – 90 μ K của xi măng để đảm bảo được cường độ nén R_{28} ngày của xi măng nhưng tỷ diện chỉ dao động ổn định trong phạm vi 3200 ± 100 blaine (cm^2/g).

Hiện nay theo chào hàng của nhiều hãng thiết bị sản xuất xi măng trên thế giới thì có ba loại máy nghiền xi măng cân được nghiền cứu chọn lựa sao cho phù hợp với công nghệ tiên tiến nhưng thích hợp với kinh nghiệm vận hành của công nhân Việt Nam, đó là các loại sau:

- Máy nghiền đứng con lăn model LM... 2 + 2 của hãng LOESCHE (Đức – Pháp) là máy nghiền 4 con lăn theo thiết kế modun với con lăn hình nón và bàn nghiền phẳng. Một cặp con lăn (còn gọi là con lăn S) dẫn liệu trên bàn nghiền đến 2 con lăn M. Hai con lăn M đè lên liệu và nghiền với áp suất cao. Tất cả 4 con lăn đều có bộ chặn để tránh sự tiếp xúc trực tiếp giữa kim loại trong khi vận hành. Cặp con lăn S đảm bảo cho vận hành ít rung, đặc biệt đối với sản xuất xi măng mác cao hay xi măng PCB mà phụ gia là xỉ lò cao đạt tới độ mịn 6000 blaine nhưng vẫn tiết kiệm điện. Loại máy nghiền đứng này có nhiều kích cỡ bàn nghiền và con lăn khác nhau với năng suất khác nhau, nhưng nói chung là độ mịn cao mà vẫn tiết kiệm điện.

- Hệ thống nghiền hai cấp: Máy nghiền bi 2 ngăn + máy nghiền đứng CKP – 200 của Nhật Bản. Hệ nghiền này đảm bảo độ mịn ổn định của xi măng 3200 blaine với tiết kiệm điện 34%, tức là đạt mức tiêu thụ điện 28,9 – 29 kWh/tấn xi măng [18].

- Máy nghiền Horomill của Pháp: Đây là máy nghiền theo nguyên tắc nghiền ép lên bề mặt bàn vỏ máy nghiền, có thể dùng được cho nghiền liệu sống cũng như nghiền xi măng. Một con lăn nghiền nằm

ngang tự do lăn trên vỏ máy nghiền nhờ hệ thống 2 xilanh thủy lực tác động một lực ép cần thiết lên vỏ máy nghiền trong quá trình nghiền. Cấp liệu vào máy nghiền được thực hiện từ phía trên thân máy đổ vào vị trí vùng ly tâm. Do tốc độ quay lớn của vỏ máy nghiền (xấp xỉ bằng hai lần tốc độ quay của máy nghiền bi), liệu sẽ dính vào vỏ máy nhờ lực ly tâm. Bộ cào liệu bố trí dọc theo chiều dài của vỏ máy và sẽ rơi xuống một thiết bị vận chuyển bên trong do FCB sáng chế. Thiết bị vận chuyển này gồm một bàn nghiêng được điều khiển từ xa bởi một động cơ bánh răng nhằm điều chỉnh dòng liệu bên trong máy nghiền. Lực ép của trục dè lên vỏ nhiều lần cho phép giảm lực ép cần thiết để giảm điện. Sau khi chuyển vào vùng nghiền của vỏ và con lăn giữa vỏ máy, liệu nghiền được đẩy về phía trước bởi trọng lực rơi vào đáy trong của gàu tải cấp liệu cho máy phân ly khí động (xem hình 12b trang 40).

Cần lưu ý rằng, các hệ thống máy nghiền xi măng nói trên đều được cấp khí nóng $300^{\circ} \pm 50^{\circ}\text{C}$ nên độ ẩm của phụ gia cho phép đến 8% so với độ ẩm của không khí. Trường hợp độ ẩm của phụ gia vượt quá 8% thì có thể phải phơi sấy sơ bộ hoặc phải tăng nhiệt độ của khí nóng cấp cho máy nghiền. Mức tiêu thụ điện của loại máy nghiền này chỉ là 24 – 27 kWh/tấn xi măng. Tuy nhiên đây là một loại máy nghiền mới mà các phụ tùng đều do người bán cấp nên cần được tính toán chọn lựa cho phù hợp với hoàn cảnh cụ thể và giá đầu tư trạm nghiền.

Cũng có thể chọn hệ thống máy nghiền bi 2 ngăn cộng với máy nghiền ép 2 trục ở phía trước của hãng Polysuis (Đức) như ở Trạm nghiền xi măng Hải Vân (công suất 60 vạn T/năm) ở Đà Nẵng. Hệ thống nghiền này vượt năng suất thiết bị (62 vạn T/năm) với độ mịn 3200 blaine và nhiệt độ của xi măng không quá 80°C cũng là một hệ thống nghiền xi măng cần được tham gia nghiền cứu trong chọn lựa đầu tư.

Tóm lại, việc chọn lựa hệ thống thiết bị cho một dây chuyền nghiền xi măng PCB hay xi măng Portland – puzolan là tùy thuộc yêu cầu đặt ra trong đầu tư: Năng suất, trình độ công nghệ, tính bền vững, ổn định chất lượng xi măng, khả năng và kinh nghiệm vận hành và mức vốn đầu tư có khả thi huy động.

3. Công đoạn đồng nhất xi măng, dự trữ và đóng bao xuất xưởng:

Thiết bị công nghệ chủ yếu của công đoạn này là hệ thống các silô chứa theo chủng loại xi măng, hệ thống khí nén sục trộn đảo và chống vón xi măng, hệ thống rút và xuất xi măng bột, cấp cho các két đóng bao, hệ

thống các máy đóng bao và khí nén kèm theo và hệ thống xuất xi măng bao theo ô tô và toa xe, xà lan nếu có. Máy quét sạch bề mặt bao xi măng và các máy lọc bụi trong suốt dây chuyền cũng phải lựa chọn loại phù hợp và hiệu suất lọc bụi cao để đảm bảo môi trường sản xuất và xung quanh nhà máy.

4.2. Xi măng Portland – xỉ lò cao

4.2.1. Bản chất của xỉ lò cao

Xét về thành phần thì đây là một dạng của xi măng Portland hỗn hợp. Nhưng xét về bản chất của phụ gia thì có thể nói đây là một dạng của xi măng Portland – puzolan vì xỉ lò cao là puzolan nhân tạo. Mặc dù vậy, khi nghiên cứu kỹ hơn về thành phần khoáng và thành phần hoá học cũng như khả năng thể hiện hoạt tính thủy lực trong điều kiện thuận lợi nhất thì thấy rằng bản chất xỉ lò cao cũng là một loại chất dính kết độc lập. Chính vì đặc tính này mà các nhà khoa học chuyên nghiên cứu về xi măng trên thế giới gọi nó bằng một cái tên riêng là xi măng xỉ lò cao hay là xi măng Portland – xỉ lò cao, nếu sử dụng clinker Portland có hệ số bão hoà vôi (LSF) cao để kích thích tính dính kết của xỉ. Còn trường hợp dùng dung dịch kiềm hoặc kiềm thổ để phát huy tính dính kết của xỉ thì rõ ràng nó là một chất dính kết độc lập.

Có nhiều giải pháp kích thích hoạt tính dính kết của xỉ lò cao. Nhưng để thấy rõ khả năng dính kết của xỉ lò cao, trước hết chúng ta hãy nghiên cứu thành phần hoá học và nhất là thành phần khoáng của xỉ.

Trước hết có thể nói rằng, xỉ lò cao gang thép cũng là một dạng clinker xi măng Portland kiềm thấp được nung bằng phương pháp nấu chảy mà không phải bằng phương pháp kết luyện. Nếu được hạt hoá và làm lạnh nhanh, xỉ lò cao chứa đến 90 – 95% pha thủy tinh, trong đó có một số thành phần khoáng clinker Portland và dung dịch rắn của chúng. Đó là các khoáng β - C_2S , CS, CA, C_2A , C_2F , CF, CAS, CAM, v.v.. cùng dãy dung dịch rắn của chúng trong đó ôxit nhôm vừa ở dạng phối trí 4, vừa ở dạng phối trí 6 đối với oxy [13]. Vì vậy mức độ hoạt tính của hàm lượng Al_2O_3 của xỉ lò cao đạt tới mức 100%. Sau đây là thành phần hoá học và hệ số kiểm tính, hệ số chất lượng của xỉ lò cao của một số nước (bảng 14).

BẢNG 14. THÀNH PHẦN HOÁ VÀ CÁC CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG XI LÒ CAO CỦA MỘT SỐ NƯỚC

Các loại xỉ	Thành phần xỉ lò cao (%)									Hệ số bảo hoà LSF (%)	Hệ số chất lượng (K)	Pha thủy tinh (%)	Hệ số Thủy lực K_{TL}
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	FeO	CaO	MgO	MnO	SO ₃	S	CaF ₂				
1. Xỉ lò cao Thái Nguyên	34	16	0,9	40	8	1,0	0,4	-	-	40	1,72	75	1,88
2. Xỉ Ruman	35,0	11,3	-	40	7,8	0,28	2,0	-	-	41	1,61	96	1,69
3. Xỉ Anh	33,8	12,38	1	36,9	12,6	0,9	-	1,6	-	47	1,60	-	1,83
4. Xỉ Anh	26,1	26,3	1,2	40	3,3	0,3	-	2,2	-	43	2,49	-	2,67
5. Xỉ Liên Xô (cũ)	37,87	11,02	0,51	39,89	5,88	1,75	1,01	0,59	-	40	1,50	88	1,50
6. Xỉ Liên Xô (cũ)	38,26	13,53	3,1	37,74	2,77	2,42	0,10	0,32	-	37	1,30	97	1,59

Theo thành phần hoá học và các hệ số thủy lực (K_{TL}), hệ số bão hoà (LSF), hệ số chất lượng (K) thì chúng ta thấy xỉ của Anh và Rumania tốt hơn xỉ lò cao của Liên Xô (cũ). Xỉ gang thép Thái Nguyên nếu được hạt hoá và làm lạnh nhanh thì cũng thuộc loại tốt (ở đây hệ số bão hoà được tính theo công thức sau :

$$LSF = \frac{(\sum MeO - 0,7SO_3) \cdot 100}{2,8SiO_2 + 1,18Al_2O_3 + 0,65Fe_2O_3}$$

trong đó Me – kim loại có hoá trị 2^+ như CaO, MgO, MnO, % trên thực tế theo thành phần hoá (bảng 14). Còn hệ số thủy lực thì xác định như sau :

$$K_{TL} = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2 + TiO_2}$$

Vì thành phần khoáng (β , γ – C_2S , CS, CA, C_2A , ...) chỉ có định tính, chưa có thiết bị định lượng chính xác nên chỉ có thể nghiên cứu chất lượng xỉ lò cao theo thành phần hoá và các chỉ tiêu chất lượng nêu ở bảng 14.

Cần lưu ý, ôxit magiê (MgO) ở đây không ở thể tự do (dạng Perielaz) mà ở dạng hợp chất pha thủy tinh như CAM, CMS,... nên khi được kích thích bởi dung dịch các kiềm và kiềm thổ, sunphat (SO_4^{2-}) đặc biệt là có gia nhiệt trong điều kiện cỡ hạt vi mịn (≥ 4000 blaine) chúng cũng thể hiện tính dính kết như một số khoáng khác như γ – C_2S , CS... mà không gây trương nở thể tích nguy hiểm đến bê tông⁽¹⁾. Vì vậy trong sản xuất các loại xi măng xỉ, tùy theo mức và chủng loại người ta có thể pha tới 60 – 90%. Trong các chủng loại xi măng này, clinker Portland hoặc xi măng PC chỉ đóng vai trò như phụ gia hoạt hoá xỉ lò cao.

4.2.2. Xi măng Portland tro bay và xi măng Portland – xỉ ở Việt Nam và trên thế giới

Hiện nay tại nhiều nước trong khu vực và trên thế giới, tro bay của các nhà máy nhiệt điện cũng được sử dụng khá nhiều trong sản xuất

(1) Tuy nhiên ở Mỹ người ta sử dụng một số loại xỉ chứa MgO ($> 10\%$) để sản xuất xi măng không co và xi măng giãn nở nhẹ [6].

ximăng Portland hỗn hợp như xỉ lò cao. Những số liệu thống kê ở bảng 15 chứng minh điều đó.

BẢNG 15

Nước	Tỷ lệ tro bay (%) trong ximăng hỗn hợp	Tỷ lệ xỉ lò cao (%) trong ximăng hỗn hợp
Malaysia	6 – 50	6 – 70
Philippine	Đến 40	Không giới hạn
Trung Quốc	15 – 50	20 – 70
Hàn Quốc	5 – 30	25 – 65
Nhật Bản	5 – 30	5 – 70
Châu Âu	Đến 55% đ/v Cem loại IV	Đến 95% đ/v Cem. loại III
Ấn Độ	15 – 35	25 – 70
Nga	–	≤ 80
Mỹ	–	35 – 80
Việt Nam	10 – 40	20 – 60

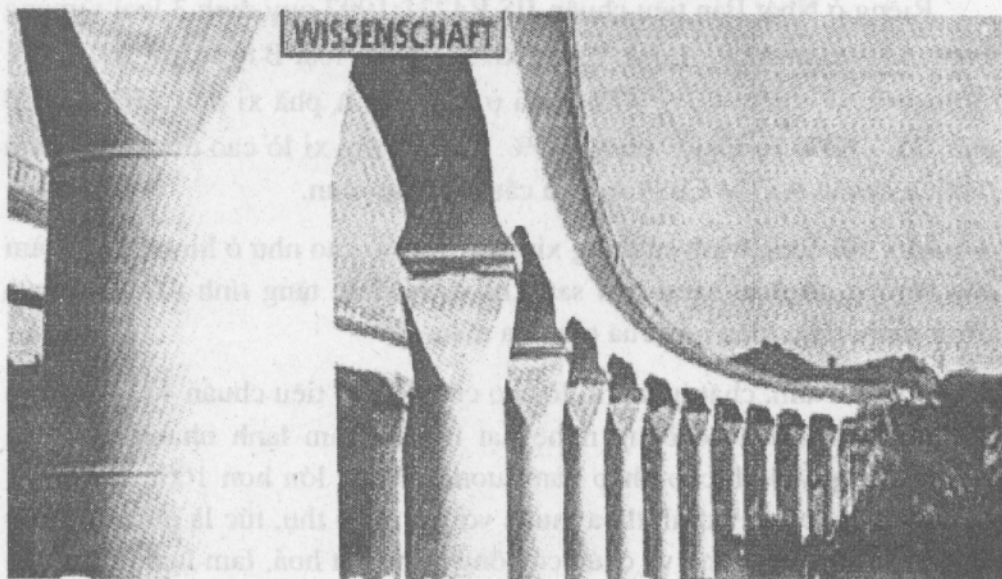
Riêng ở Nhật Bản tiêu chuẩn JIS R4221:1997 quy định 3 loại ximăng Portland – xỉ như sau: Loại A tỷ lệ xỉ: 5 – 30%, loại B tỷ lệ xỉ: 30 – 60% và loại C: xỉ chiếm 60 – 70%. Còn ở Mỹ loại A pha xỉ đến 35%, loại B pha: 35 – 80% và loại C pha $\geq 85\%$. Chất lượng xỉ lò cao được quy định tại tiêu chuẩn ASTM C989 và yêu cầu trị số modun.

Một vài công trình sử dụng ximăng – xỉ lò cao như ở hình 21. Xỉ làm cho bê tông có màu sáng hơn sau khi xử lý, làm tăng tính thẩm mỹ của công trình, tăng hiệu quả của phụ gia màu.

Ở Việt Nam, chất lượng xỉ lò cao cũng đã có tiêu chuẩn 4315 – 1986 quy định. Vì chưa có công nghệ hạt hoá và làm lạnh nhanh nên tiêu chuẩn này quy định cho phép hàm lượng cỡ cục lớn hơn 100mm tới 5% và độ ẩm của xỉ quy định thỏa thuận với bên tiêu thụ, tức là phương pháp thu hồi xỉ còn thủ công và chưa có công nghệ hạt hoá, làm lạnh nhanh và xử lý độ ẩm.



Hình 21a. Tòa nhà Skydome tại Toronto (Canada) xây dựng năm 1989 sử dụng bê tông – xỉ trong đó xỉ hạt cao đã thay thế 25% xi măng Portland.



Hình 21b. Xi măng Portland – xỉ dùng trong xây dựng cầu trên đường tàu hỏa cao tốc ở vùng Địa Trung Hải.

Chất lượng xi măng Portland – xỉ được chia làm 5 loại mác: M-20, M-25, M-30, M35 và M-40. Chỉ tiêu cường độ nén chỉ quy định cho R_{28} phải đạt theo mác. Thời gian bắt đầu đông kết không sớm hơn 45 phút và kết thúc không muộn hơn 10 giờ. Độ mịn chung cho cả 5 loại mác đều không được lớn hơn 15% trên sàng 0,08 mm, lượng mất khi nung không vượt 5%, độ ổn định thể tích xây dựng theo Chatelier không vượt quá 10 mm và hàm lượng SO_3 không được lớn hơn 3%. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này đã quá cũ vì chưa phân chia ra 3 loại theo các tỷ lệ xỉ khác nhau phù hợp với tính chất và yêu cầu sử dụng của xi măng như ở các nước trên thế giới. Do đó tỷ lệ (%) các quy định về độ mịn, hàm lượng SO_3 , v.v... chưa phù hợp.

4.2.3. Công nghệ sản xuất xi măng Portland – xỉ lò cao

Nhu cầu sử dụng thực tế đòi hỏi cần sản xuất nhiều loại xi măng Portland – xỉ và do yêu cầu công nghệ hoạt hoá (kích thích tính dính kết) của xỉ lò cao nên công nghệ sản xuất xi măng Portland – xỉ có hai đặc điểm khác với công nghệ sản xuất xi măng Portland – puzolan là:

1. Cần có quy định chất lượng của clinker mà cụ thể là hệ số bão hoà với của nó phải bằng hoặc lớn hơn 95% ($LSF \geq 95\%$). Trường hợp $LSF < 95\%$ thì có thể phải sử dụng phối hợp thêm với vôi sạch có hàm lượng phù hợp tính theo CaO. Cũng tương tự, cần quy định chất lượng của thạch cao theo hàm lượng SO_3 (SO_3 của thạch cao phải $\geq 40\%$), bởi vì có loại xi măng Portland – xỉ phải pha tới 7% SO_3 để vừa hoạt hoá xỉ, lại vừa tạo hệ số giãn nở nhẹ hoặc không co cho xi măng.

2. Xi măng xỉ đòi hỏi độ mịn cao (3500 – 4500 blaine) trong điều kiện xỉ lò cao có độ ăn mòn cơ học đối với phụ tùng (con lăn, bàn nghiền hoặc lớp lót, bi đạn nghiền, v.v...) khá lớn. Vì vậy phải chọn lựa loại máy nghiền và máy phân ly cỡ hạt phù hợp. Có thể chọn máy nghiền đứng model LM... 2 + 2 của Hãng LOESCHE của Đức – Pháp hoặc máy nghiền kiểu HOROMILL của Pháp để lắp đặt cho trạm nghiền xi măng Portland – xỉ lò cao.

Tất nhiên xỉ lò cao phải là loại xỉ được hạt hoá, làm lạnh nhanh và phải được đánh giá chất lượng bằng các hệ số nói trên trước khi mua

trong nước hoặc nhập mua của nước ngoài theo đơn chào hàng và theo điều kiện kỹ thuật của hợp đồng. Cần tránh nhập mua những loại xỉ lò cao mà các nước không sử dụng, loại ra, tức các loại xỉ có chứa các nguyên tố phóng xạ và các nguyên tố độc hại.

Việc sản xuất và sử dụng các chủng loại xi măng Portland – xỉ lò cao không những giảm thiểu được khí thải CO_2 cho môi trường do giảm bớt tỷ lệ clinker sản xuất trong nước mà còn tiết kiệm được nguyên liệu (đá vôi, đất sét, ...) cho sản xuất xi măng lâu dài vì trữ lượng đá vôi của ta tuy không ít nhưng cũng không nhiều.

4.2.4. Phạm vi sử dụng xi măng Portland – xỉ

Ngoài những ưu điểm như toả nhiệt ít, tính bền sunphat cao, xi măng Portland – xỉ còn có độ bền chịu mài mòn cơ học lớn, chịu nhiệt tốt, độ chống thấm khá, lại không co, thậm chí có giãn nở nhẹ khi đủ hàm lượng sunphat (SO_3) nên các chủng loại xi măng Portland – xỉ được sử dụng khá rộng rãi trong các trường hợp sau đây:

1. Dùng để đổ bê tông khối lớn;
2. Dùng để sản xuất bê tông chịu nhiệt tới $700 - 800^\circ\text{C}$;
3. Dùng để thi công các công trình ngầm có nồng độ sunphat (SO_4^{2-}) lớn hơn 400 mg/l ;
4. Dùng để sản xuất loại bê tông không co hoặc giãn nở nhẹ với hàm lượng SO_3 hợp lý (đến 7%);
5. Dùng để thi công bê tông mặt cầu, đường bộ, đường bay do tính bền mài mòn cơ học lớn;
6. Dùng để bơm trám các giếng khoan sâu, xử lý các hang catster có yếu tố ăn mòn sunphat và sunphat magiê v.v..
7. Do xi măng – xỉ có màu xanh lơ dễ chịu, chủng loại xi măng này cũng được sử dụng để xây trát và đổ bê tông mái nhà hát, cầu lạc bộ văn hoá, v.v...

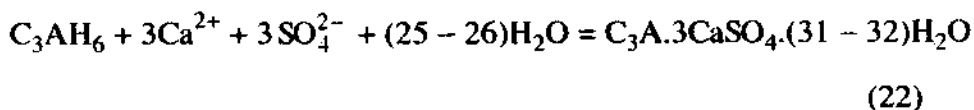
Lĩnh vực sử dụng cần phải được xem xét thận trọng là lĩnh vực bê tông dề, đập có mực nước dao động lên xuống hàng ngày, vì sản phẩm đóng rắn của xi măng – xỉ có nhiều gel.

4.3. Xi măng Portland bền sunphat

Như trên đã nói, các loại xi măng Portland – puzolan và Portland – xỉ đều là những loại xi măng bền sunphat cao. Tuy nhiên có một điểm yếu của hai loại xi măng này là sản phẩm đóng rắn đều có nhiều gel nên dễ dàng trương nở khi gặp nước và cũng dễ dàng mất nước để co ngót lại lúc gặp nắng hanh khô. Vì vậy hai loại xi măng nói trên không thể sử dụng để thi công các bê đập ngăn mặn có thủy triều lên xuống hằng ngày và các công trình thủy nông có mực nước lên xuống liên tục. Do đó người ta buộc phải sản xuất thêm loại xi măng Portland bền sunphat.

4.3.1. Nguyên lý kỹ thuật sản xuất xi măng bền sunphat

Nguyên lý này nảy sinh ra từ thực tế sử dụng xi măng Portland thông dụng (PC) để xây dựng các công trình có tiếp xúc với ion sunphat SO_4^{2-} . Sau một thời gian 5 – 7 năm xuất hiện hiện tượng nứt vỡ bê tông. Lấy mẫu bê tông nứt vỡ đi phân tích thấy có những hợp chất chứa nhiều sunphat dạng $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ và $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$, trong đó x dao động 12 – 14 và y dao động đến 31 – 32 phân tử nước. Phân tích nhiệt vi sai (DTA) mẫu bê tông có nhiều sunphat thấy có điểm (pic) thu nhiệt ở nhiệt độ 110 – 150°C. Đem sấy ở 60°C thì số phân tử nước chỉ còn 20, tiếp tục sấy trên 110°C thì số phân tử nước chỉ còn 8. Nâng nhiệt độ sấy lên 145°C thì chỉ còn 6 phân tử nước và tiếp tục sấy đến 200°C thì nước chỉ còn 2 phân tử. Đưa mẫu đá xi măng và bê tông nứt vỡ vào phân tích ronghen pha thì thấy xuất hiện “pic” khá mạnh tại 4,48Å. Sau này có nhiều nhà khoa học cho nhiều mẫu xi măng khác nhau đóng rắn trong môi trường sunphat với nồng độ ion SO_4^{2-} khác nhau đều đi đến kết luận rằng, hợp chất có thành phần $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot (31 - 32)\text{H}_2\text{O}$ chính là sản phẩm của kết quả tác dụng của hydro aluminat canxi (C_3AH_6) với các ion Ca^{2+} và SO_4^{2-} của môi trường tạo thành:



Người ta đặt tên cho nó là “ettringit” và chính sự hình thành của nó ở trong các lỗ xốp và vi mao đã gây nứt vỡ đá xi măng và bê tông. Ngoài ettringit ra người ta còn phát hiện thêm sunphat canxi được hình thành do phản ứng của $\text{Ca}(\text{OH})_2$ của đá xi măng và bê tông với ion SO_4^{2-} của môi trường cũng gây nứt vỡ bê tông nhưng với hiệu lực bé hơn ettringit do hệ số nở của $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ so với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ có ít hơn ettringit so với C_3AH_6 .

Từ phát hiện nguyên nhân gây nứt vỡ đá xi măng và bê tông nói trên người ta đã đề ra nguyên lý kỹ thuật sản xuất xi măng Portland bền sunphat là hạn chế hai thành phần khoáng của clinker Portland là C_3A và C_3S . Nhưng hạn chế bao nhiêu để vẫn đảm bảo được mác xi măng thì phải qua quá trình nghiên cứu chế tạo và khảo nghiệm thực tế. Cho đến năm 1950 thì công nghệ sản xuất chủng loại xi măng Portland bền sunphat đã hoàn thiện [20]. Ở một số nước, đã có nhiều công trình nghiên cứu quá trình ăn mòn của xi măng và bê tông [13 – 15] làm cơ sở cho quá trình hoàn thiện công nghệ sản xuất chủng loại xi măng đặc chủng này.

Ngày nay trên thế giới người ta đã thống nhất sản xuất hai loại xi măng Portland bền sunphat. Đó là xi măng bền sunphat loại vừa và xi măng bền sunphat loại cao mà sự khác nhau giữa chúng là mức độ hạn chế hai khoáng hoạt tính cao nhất của clinker đã nói ở trên.

Để thấy rõ lý do tại sao trên thế giới người ta đưa ra chỉ tiêu hạn chế hàm lượng khoáng C_3A là 5% đối với xi măng bền sunphat loại vừa và 3% đối với xi măng bền sunphat loại cao cần xem trong hợp chất ettringit – (E) – $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot (31 - 32)\text{H}_2\text{O}$ có bao nhiêu hàm lượng SO_3 (%)?

Chúng ta đã biết, phân tử lượng của C_3A là 270, phân tử lượng của SO_3 là 80.

Trong hợp chất E cứ 270g C_3A thì cần đến 240g SO_3 . Như vậy cứ 1% khoáng C_3A cần đến 0,8889% SO_3 để trung hoà thành ettringit 100%.

5% C_3A cần đến $0,8889 \times 5 = 4,4445\%$ SO_3 để trung hoà thành E.

3% C_3A cần đến $0,8889 \times 3 = 2,6667\%$ SO_3 .

Trong khi đó các tiêu chuẩn xi măng bền sunphat đều quy định hàm lượng SO_3 đến 3%. Như vậy quy định 3% C_3A đối với xi măng bền sunphat loại cao là hoàn toàn đúng vì hàm lượng SO_3 có trong xi măng đã có khả năng trung hoà hết 3% C_3A để thành khoáng E. Vì vậy khi trong môi trường có thêm SO_4^{2-} thì không còn gì để gây hại. Còn 5% C_3A cho xi măng bền sunphat loại vừa thì còn thiếu 1,4445% SO_3 nên vẫn còn nguy cơ gây hại cho bê tông nhưng không nhiều vì bê tông có độ xốp nhất định để chứa phần mới thành tạo của khoáng E. Đây là xi măng bền sunphat loại vừa.

Như vậy với hàm lượng 8% C_3A theo quy định của TCVN 6067 – 1995 (còn thiếu đến 4,1112% SO_3) nên không đạt chất lượng xi măng bền sunphat loại vừa của nhiều nước trên thế giới quy định (ASTM, EN, GOCT, ...). Trong clinker xi măng Portland thông dụng (PC) hàm lượng khoáng C_3A được thiết kế bằng $8 \pm 2\%$.

Khoáng alit (C_3S) trong clinker Portland bền sunphat cũng được hạn chế trong phạm vi $50 \pm 8\%$ vì khoáng này nhiều hơn 58% thì sản phẩm hydrat có khá nhiều hydrôxit canxi – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ là đối tác phản ứng với ion SO_4^{2-} của môi trường để tạo thành gips – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mà bản thân nó sẽ làm tăng thể tích của đá xi măng và bê tông so với $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Ngoài hai khoáng nêu trên, xi măng bền sunphat còn hạn chế tổng hàm lượng kiềm $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$ không vượt quá 0,6% và hàm lượng cặn không tan phải $< 0,75\%$ [4], vì kiềm tác dụng với SiO_2 tạo thành silicat natri và silicat kali hoà tan trong nước gây ăn mòn cốt thép. Để tăng độ bền sunphat, người ta còn pha vào phối liệu đến 4 – 6% ôxit bari (BaO) hoặc pha vào xi măng 20 – 25% xỉ lò cao nghiền mịn [4].

4.3.2. Công nghệ sản xuất xi măng Portland bền sunphat

Nguyên lý công nghệ sản xuất chủng loại xi măng đã được mô tả tại mục 4.3.1. Ở đây chúng ta sẽ tìm hiểu thêm về việc chọn lựa nguyên liệu và thiết bị sản xuất.

– Muốn thực hiện được thành phần khoáng clinker cho xi măng bền sunphat loại thường ($C_3A \leq 5\%$, $C_3S \leq 58\%$) và loại cao ($C_3A \leq 3\%$, $C_3S \leq 50\%$) thì không những phải thiết kế và tính toán tốt việc phối liệu bột sống mà cần chọn lựa loại nguyên liệu (chủ yếu là sét hoặc hỗn hợp loại sét) để hàm lượng Al_2O_3 trong sét hoặc hỗn hợp sét không vượt quá 14 – 16% thì mới phối liệu được thành phần hoá của liệu sống và clinker. Riêng việc hạn chế hàm lượng kiềm trong xi măng bền sunphat các loại trên cũng đòi hỏi có sự chọn lựa nguyên liệu sét và loại than mà tro của nó ít kiềm ($K_2O + Na_2O$).

– Từ yêu cầu hạn chế hàm lượng kiềm và thành phần khoáng nói trên đòi hỏi có sự kiểm tra nghiêm ngặt bán thành phẩm của các công đoạn sản xuất từ khâu nhập sét, than,... đến khâu kiểm tra thành phần hoá của liệu sống và clinker.

– Về thiết bị sản xuất và các công đoạn sản xuất tương tự như dây chuyền sản xuất xi măng Portland thông dụng (PC).

4.3.3. Chất lượng của xi măng bền sunphat

TCVN 6069 – 1995 [1] chia xi măng bền sunphat làm hai loại với mỗi loại có 2 mức là $PC_S - 30$, $PC_S - 40$ (loại thường) và $PC_{HS} - 30$, $PC_{HS} - 40$ đối với loại bền sunphat cao. Các chỉ tiêu về cường độ nén, độ mịn xi măng, thời gian đông kết, độ ổn định thể tích tương tự như xi măng PC. Tuy nhiên thành phần khoáng (C_3A , C_3S , tổng kiềm và hàm lượng cặn không tan) theo TCVN 6069 – 1995 quy định thấp hơn các tiêu chuẩn của nước ngoài như ASTM C 150.96 của Mỹ, v.v... các chỉ tiêu cụ thể của chất lượng hai loại xi măng bền sunphat theo TCVN 6069 – 1995 được thống kê ở bảng 16.

4.3.4. Phạm vi sử dụng của xi măng bền sunphat

Tùy theo nồng độ của các yếu tố ăn mòn sunphat, magiê,... trong môi trường mà đá xi măng và bê tông tiếp xúc, người ta quyết định chọn xi măng bền sunphat loại vừa hay loại cao.

– Thông thường nồng độ SO_4^{2-} của môi trường ≤ 400 mg/l, hàm lượng $Mg^{2+} < 100$ mg/l thì nên chọn xi măng bền sunphat loại vừa (tức là

loại có $C_3A \leq 5\%$, $C_3S \leq 58\%$). Còn nếu nồng độ SO_4^{2-} và Mg^{2+} vượt các mức nói trên thì người ta thường chọn loại bẽ sunphat cao (tức là $C_3A \leq 3\%$, $C_3S \leq 50\%$).

– Ximăng Portland bẽ sunphat đợc sử dụng để thi công bê tông cho các đẽ, đập ngăn mặn, các công trình ngoài biển, thêm lục địa, các công trình ngầm có sunphat, các đẽ đập thủy lợi ở các vùng đất phèn chua, đẽ đập có mực nước lên xuống thất thường, v.v...

Chất lượng ximăng Portland bẽ sunphat đợc mô tả tại TCVN 6067: 2004 tại bảng 16.

BẢNG 16

Tên chỉ tiêu chất lượng về hoá	Mức quy định		
1. Hàm lượng mất khi nung (%) không lớn hơn	3		
2. Hàm lượng ôxit magiê (MgO, %) không lớn hơn	5		
3. Hàm lượng sunphat theo % SO_3 , không lớn hơn	2,5		
4. Tổng hàm lượng $2C_3A + C_4AF$, (%), không lớn hơn	25		
5. Hàm lượng khoáng C_3A , (%), không lớn hơn	3,5		
6. Tổng hàm lượng kiềm $Na_2O + 0,658 K_2O$ (%) không lớn hơn	0,60		
7. Hàm lượng cặn không tan, (%), không lớn hơn	1		
8. Hàm lượng ôxit Bari (BaO, %) không lớn hơn	1,5 ÷ 2,5		
Tên chỉ tiêu chất lượng cơ lý theo mác ximăng	PC _{SR} – 30	PC _{SR} – 40	PC _{SR} – 50
9. Cường độ nén (N/mm ² hay MPa) không nhỏ hơn			
– 3 ngày (R ₃)	12	16	20
– 28 ngày (R ₂₈)	30	40	50

mình. Kết quả của quá trình này kéo theo sự giảm sút cường độ và co ngót thể tích. Đó là nguyên nhân của các vết nứt rạn đá xi măng và bê tông. Những vết nứt rạn này thường cong vênh với độ lớn của khe nứt không đều nhau. Nhưng trong quá trình thi công bê tông khối lớn nhiều khi xác suất khá lớn có sự trùng lặp của các khuyết điểm chế tạo bê tông không được đều về tỷ lệ xi măng, nước, phân bố cỡ hạt đá sỏi, v.v... với quá trình đổ rót và bản thân của xi măng nên nhiều khi bê tông có một số đường nứt rạn không cắt nhau mà lại tương đối thẳng hàng hoặc cách đều nhau làm cho các kỹ sư kiểm tra chất lượng công trình ngạc nhiên và khó hiểu.

Để ngăn ngừa và hạn chế hiện tượng nêu trên người ta sử dụng thêm phụ gia làm chậm lại quá trình đông kết hoặc sử dụng loại xi măng toả nhiệt ít, tức là loại xi măng Portland toả nhiệt ít, đó là loại xi măng Portland có hạn chế hàm lượng các khoáng hoạt tính cao như C_3A và C_3S . Cách thứ nhất chỉ hạn chế được độ toả nhiệt trong vòng 24 giờ, sau đó (3 ngày, 7 ngày và 28 ngày, v.v...) thì độ toả nhiệt vẫn xảy ra tuỳ theo sự có mặt với hàm lượng cao của các khoáng nêu trên. Còn cách thứ hai sẽ ngăn ngừa độ toả nhiệt lâu dài.

Như vậy nguyên lý kỹ thuật sản xuất xi măng Portland toả nhiệt ít là thiết kế một hàm lượng các khoáng clinker vừa hạn chế được mức toả nhiệt nhưng vừa đảm bảo được mác xi măng cho mác bê tông. Muốn đạt được như vậy phải nắm rõ phương trình tính nhiệt toả ra gần đúng do hydrat của các khoáng clinker theo Copeland L.E và Kantro D.L. đã đưa ra như sau [6]:

$$Q_H = a_h \cdot C_3S + b_h \cdot C_2S + c_h \cdot C_3A + d_h \cdot C_4AF, \text{ (Cal/g)}$$

trong đó các hệ số a_h , b_h , c_h , d_h là hệ số toả nhiệt hay là độ nhiệt toả riêng đặc trưng cho các khoáng clinker trong quá trình hydrat của chúng (Cal/g khoáng) ở thời gian 1 ngày, 3 ngày, 28 ngày, v.v...

Phương trình này đã được các nhà khoa học Nga kiểm chứng và xác định các hệ số toả nhiệt của từng loại khoáng như ở bảng 17.

Căn cứ vào hệ số toả nhiệt riêng của từng khoáng, căn cứ vào hoạt tính thuỷ lực (cường độ nén) của chúng người kỹ sư phụ trách kỹ thuật thi công bê tông khối lớn cộng tác với kỹ sư chế tạo phối liệu để thiết kế chọn

lựa một phương án thành phần khoáng của xi măng ít toả nhiệt rồi đặt hàng cho nhà máy xi măng sản xuất cung cấp.

BẢNG 17

Nhiệt hydrat của xi măng (Q_H)	Hệ số toả nhiệt riêng của các khoáng			
	$a_h(C_3S)$	$b_h(C_2S)$	$c_h(C_3A)$	$d_h(C_4AF)$
Q_H của mẫu 3 ngày	0,929	0,159	1,517	-0,119
Q_H của mẫu 7 ngày	1,093	0,231	2,099	-0,414
Q_H của mẫu 28 ngày	1,142	0,153	2,999	0,140
Q_H của mẫu 3 tháng	1,183	0,230	2,453	0,332
Q_H của mẫu 6 tháng	1,145	0,445	2,457	0,312
Q_H của mẫu 12 tháng	1,269	0,532	2,525	0,400

4.4.2. Công nghệ sản xuất xi măng Portland toả nhiệt ít

Nhiệm vụ của người sản xuất là căn cứ vào mức xi măng và thành phần khoáng đặt hàng của công trình mà chọn lựa nguyên liệu và đề ra phương án kỹ thuật sản xuất, tức là phương án phối liệu và chương trình kiểm tra sản xuất để đảm bảo được yêu cầu của khách hàng.

Vì các lò xi măng đặc chủng như vậy thường không vượt quá 5000 tấn một đơn đặt hàng/năm nên các nhà máy xi măng có công suất lớn hơn 3000 tấn/ngày rất khó sản xuất. Tuy nhiên người ta cũng sản xuất được bằng cách chế tạo bột sống phối liệu gấp ba lần 5000 tấn xi măng rồi vẫn cấp cho lò “ăn” liệu này và tăng cường gấp ba lần số mẫu kiểm tra chất lượng clinker cho đến khi nào đạt các chỉ tiêu chất lượng theo thiết kế thì mới chuyển ra bãi thu nhận đủ 10000 tấn clinker (gấp đôi đơn đặt hàng). Sau đó người ta mới dùng máy nghiền xi măng PC hoặc PCB đang nghiền rồi dùng clinker ít toả nhiệt nghiền “súc” máy và cũng tăng số mẫu kiểm tra thành phần hoá gấp ba lần cho đến khi nào đạt thành phần thiết kế mới

cho đóng bao. Và tại máy đóng bao cũng phải dùng giải pháp “súc rửa” như trên. Với quy trình như vậy, giá thành sẽ cao gấp rưỡi giá xi măng thường. Đạt hàng cho các nhà máy công suất 30 hoặc 60 vạn tấn/năm thì giá thành có thể thấp hơn, nhưng các khâu kiểm tra chất lượng lại phải được tăng cường nhiều hơn so với các nhà máy công suất lớn vì thông thường các nhà máy công suất nhỏ thì trình độ kiểm tra sản xuất lại thấp hơn các nhà máy công suất lớn.

Đó là những khó khăn có khả năng khắc phục được trong công nghệ sản xuất chủng loại xi măng toả nhiệt ít nói riêng và các chủng loại xi măng đặc biệt nói chung. Tổng tỷ lệ tiêu dùng cho các loại xi măng đặc biệt chỉ khoảng 1% trong tổng sản lượng xi măng hàng năm (ví dụ tổng nhu cầu xi măng cho năm 2005 là 30 triệu tấn thì tổng sản lượng các chủng loại xi măng đặc biệt chỉ đến 30 vạn tấn/năm). Nhưng chưa có nhà máy sản xuất xi măng nào dám đầu tư một dây chuyền chuyên sản xuất các chủng loại xi măng đặc biệt, vì lý do là các đơn đặt hàng các chủng loại xi măng này không ổn định mà tỷ suất đầu tư dây chuyền thiết bị (kể cả các phương tiện và thiết bị tự động hoá kiểm tra sản xuất) lại cao hơn một dây chuyền sản xuất xi măng PC bình thường. Riêng kho chứa nguyên liệu và kho (silô) chứa clinker và xi măng cũng phải tăng thêm nhiều so với yêu cầu của dây chuyền sản xuất xi măng thông dụng (PC hoặc PCB).

4.4.3. Chất lượng xi măng Portland toả nhiệt ít

Chất lượng xi măng toả nhiệt ít được đánh giá bằng thành phần khoáng (theo tính toán), lượng nhiệt toả ra trong các chu kỳ (1 ngày, 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày) hydrat và đóng rắn xi măng. Ngoài ra, các chỉ tiêu cơ – lý của xi măng vẫn đánh giá bình thường như xi măng PC.

Ở nước ta có TCVN 6069 – 2006 phân chia xi măng Portland toả nhiệt ít ra làm hai loại: loại toả nhiệt vừa được ký hiệu là PC_{MH} và loại toả nhiệt ít – PC_{LH} (viết tắt theo tiếng Anh, mỗi loại có 2 mức với 11 chỉ tiêu chất lượng được ghi trong bảng 18.

BẢNG 18

Tên chỉ tiêu chất lượng	Mức quy định theo loại, mác			
	PC _{MH} -30	PC _{MH} -40	PC _{LH} -30	PC _{LH} -40
1. Hàm lượng mất khi nung (%) không lớn hơn	2,5			
2. Hàm lượng ôxit magiê (MgO, %) không lớn hơn	5			
3. Hàm lượng sunphat theo SO ₃ , (%) không lớn hơn	2,3			
4. Hàm lượng cặn không tan, (%) không lớn hơn	1,5			
5. Hàm lượng khoáng C ₃ S, (%), không lớn hơn	50 ^(*)		35 ^(*)	
6. Hàm lượng khoáng C ₃ A, (%), không lớn hơn	8 ^(*)		5 ^(*)	
7. Nhiệt lượng Thủy hoá (Kj/kg) không lớn hơn				
– 7 ngày	290		250	
– 28 ngày	335		290	
8. Cường độ nén. (MPa), không nhỏ hơn:				
– 7 ngày	18	24	16	21
– 28 ngày	30	40	30	40
9. Độ mịn:				
– % còn lại trên sàng 0,09mm	≤ 10			
– Tỷ diện (Blaine, cm ² /gam)	≥ 3000			
10. Thời gian đông kết:				
– Bắt đầu, (phút), không sớm hơn	45			
– Kết thúc, (phút), không muộn hơn	375			
11. Độ ổn định thể tích xác định theo Le Chalelier (mm), không lớn hơn	10			
Chú thích: Các quy định tại các chỉ tiêu 5 và 6 không bắt buộc nếu nhiệt lượng thủy hoá quy định tại chỉ tiêu 7 đã thoả mãn.				

4.4.4. Phạm vi sử dụng xi măng toả nhiệt ít

- Xi măng Portland toả nhiệt ít được sử dụng để đổ rót thi công các hạng mục bê tông khối lớn của các đê, đập thủy điện, thủy lợi, v.v...
- Xi măng Portland toả nhiệt ít cũng có thể sử dụng như xi măng bôn sunphat do thành phần khoáng của hai loại xi măng này gần giống nhau.

4.5. Xi măng Portland mác cao

Xi măng Portland có cường độ kháng nén (R_{28}) của mẫu tiêu chuẩn đóng rắn 28 ngày đạt từ 60 N/mm^2 trở lên được gọi là xi măng mác cao. Sở dĩ gọi như vậy là vì xi măng alumin cũng có thể đạt mác 60 và hơn nữa nhưng không ổn định theo thời gian.

4.5.1. Kỹ thuật sản xuất xi măng Portland mác cao

Theo các tài liệu của nước ngoài và kết quả nghiên cứu của Viện Vật liệu xây dựng thuộc Bộ Xây dựng thì clinker xi măng Portland mác cao phải có các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker và thành phần khoáng như ở bảng 19 sau:

BẢNG 19

Chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker			Cường độ của xi măng (N/mm^2)		
LSF (%)	M_S	M_A	R_3	R_7	R_{28}
97 ± 1	$2,6 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,2$	≥ 35	≥ 50	> 60
Thành phần khoáng clinker (%)					
C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	MgO	Cặn không tan
68 ± 2	10 ± 1	8 ± 1	10 ± 1	≤ 2	$\leq 0,3$

Từ thành phần khoáng nêu trên người ta tính ra được thành phần hoá của clinker bằng các phương trình sau đây:

$$\%CaO = 0,7369.C_3S + 0,6512.C_2S + 0,6222.C_3A + 0,4609.C_4AF + fCaO$$

$$\%SiO_2 = 0,2631.C_3S + 0,3490.C_2S + f.SiO_2 \quad (23)$$

$$\%Al_2O_3 = 0,3779.C_3A + 0,2098.C_4AF$$

$$\%Fe_2O_3 = 0,3292.C_4AF$$

trong đó $f.CaO \leq 0,5\%$; $f.SiO_2 \leq 0,3\%$

Thành phần hoá trung bình của clinker xi măng mác cao (%) có thể lấy như bảng 20.

BẢNG 20

CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MgO	R ₂ O	SO ₃	Σ
67,0	5,12	3,30	21,65	≤ 0,50	≤ 2	≤ 0,6	≤ 0,3	≤ 100,47

Từ thành phần clinker như ở bảng 20, người ta lại tính ra các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker theo các công thức như sau:

$$LSF (\%) = \frac{(CaO + f.CaO - 0,7SO_3).100}{2,8SiO_2 + 1,18Al_2O_3 + 0,65Fe_2O_3} = 97,8\%$$

$$M_S = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} = \frac{21,65}{5,12 + 3,30} = 2,57$$

$$M_A = \frac{5,12}{3,30} = 1,55.$$

Từ các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo nhận được, chúng ta cho phạm vi sai số tính toán, áp dụng hệ phương trình tam thức bậc nhất với số liệu phân tích tin cậy thành phần hoá của các nguyên liệu: đá vôi, đá sét hoặc hỗn hợp đá sét, quặng sắt hoặc hỗn hợp quặng sắt và tro than, chúng ta có thể dùng máy tính hoặc sử dụng phần mềm có sẵn dành cho bài tính phối liệu clinker trong máy vi tính để tính thành phần (%) tỷ lệ của các nguyên liệu đưa vào nghiền bột sống phối liệu cho sản xuất clinker xi măng Portland mác cao.

Ở đây đưa thêm các công thức tính các hệ số a, b, c, d của hệ phương trình tam thức bậc nhất, bạn đọc có thể sử dụng máy tính cầm tay tính toán kiểm tra khi không có máy vi tính xách tay có sẵn phần mềm dành cho tính phối liệu. Công thức tính các hệ số a, b, c, d như sau:

$$a_1 = 2,8 (LSF).S_1 + 1,18A_1 + 0,65F_1 - C_1;$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= 2,8 \text{ (LSF)}.S_2 + 1,18A_2 + 0,65F_2 - C_2; \\
c_1 &= 2,8 \text{ (LSF)}.S_3 + 1,18A_3 + 0,65F_3 - C_3; \\
d_1 &= q.[(C_q - (2,8 \cdot \text{LSF} \cdot S_q + 1,18 A_q + 0,65F_q))]; \quad (24) \\
a_2 &= S_1 - M_S.(A_1 + F_1); \quad a_3 = 1; \\
b_2 &= S_2 - M_S.(A_2 + F_2); \quad b_3 = 1; \\
c_2 &= S_3 - M_S.(A_3 + F_3); \quad c_3 = 1; \\
d_2 &= q.[S_q - M_S(A_q + F_q)]; \quad d_3 = 100 - q \\
q &= \frac{p.A_d.n}{100.100}
\end{aligned}$$

trong đó S_1, A_1, F_1, C_1 – thành phần hoá $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ và CaO của đá vôi;

S_2, A_2, F_2, C_2 – thành phần $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ và CaO của đá sét (hoặc hỗn hợp của đá sét);

S_3, A_3, F_3, C_3 – thành phần $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ và CaO của quặng sắt;

S_q, A_q, F_q, C_q – thành phần $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$ và CaO của tro than đốt lò;

q – tỷ lệ (%) tro than cám tham gia tạo khoáng clinker;

p – tỷ lệ than (%) sử dụng để nung 1 kg clinker ở trên;

A_d – tỷ lệ tro của than (%) sử dụng để đốt lò;

n – % của tro than tham gia tạo khoáng clinker, thường $n = 98\%$ đối với lò quay khô sản xuất clinker, $n = 96\%$ đối với lò đứng hiện tại.

Nếu đặt x là tỷ lệ đá vôi (dạng nung, tức là $\text{MKN} = 0$), y là tỷ lệ sét (hoặc hỗn hợp sét), ở dạng nung ($\text{MKN} = 0$), z là tỷ lệ quặng sắt dạng nung ($\text{MKN} = 0$) và q là tỷ lệ tro than tham gia tạo khoáng clinker thì ta luôn luôn có phương trình:

$$x + y + z + q = 100\% \quad (25)$$

Sau khi tính được tỷ lệ % cho các nguyên liệu ở dạng nung (MKN = 0) thì ta có thể dễ dàng chuyển về tỷ lệ các nguyên liệu (%) ở dạng tươi và khô (ẩm bằng 0) dựa vào các công thức sau đây:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Phần trọng lượng đá vôi: } \frac{x}{100 - \text{MKN}_d} = T_1 \\
 & - \text{Phần trọng lượng đất sét: } \frac{y}{100 - \text{MKN}_s} = T_2 \\
 & - \text{Phần trọng lượng quặng sắt: } \frac{z}{100 - \text{MKN}_f} = T_3
 \end{aligned} \tag{26}$$

Sau khi tìm được T_1, T_2, T_3 thì chúng ta có thể dễ dàng chuyển về tỷ lệ thành phần (%) của các nguyên liệu hoặc hỗn hợp các nguyên liệu cân cân đồng phối liệu sản xuất bột sống như sau:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Đá vôi (khô)} &= \frac{T_1 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = x \\
 \% \text{ Đất sét (khô)} &= \frac{T_2 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = y \\
 \% \text{ Quặng sắt (khô)} &= \frac{T_3 \times 100}{T_1 + T_2 + T_3} = z
 \end{aligned} \tag{27}$$

Từ các công thức (27) chúng ta có tính bù trừ cho độ ẩm cho từng nguyên liệu theo công thức

$$x_w = \frac{x_k \times 100}{100 - w} \tag{28}$$

trong đó x_w thành phần đá vôi ẩm;

x_k – thành phần (%) đá vôi khô;

w – độ ẩm trung bình thực tế của đá vôi trong kho, v.v...

4.5.2. Yêu cầu chất lượng các nguyên liệu cho sản xuất xi măng Portland mác cao

Chất lượng các nguyên liệu bao gồm đá vôi, đá sét và quặng sắt,... thoả mãn các yêu cầu cần thiết cho sản xuất xi măng Portland nói chung vẫn chưa đảm bảo đủ yêu cầu chất lượng để sản xuất xi măng mác cao.

Lý do là để tiết kiệm nguyên liệu, các tiêu chuẩn quy định chất lượng đã để khoảng dao động rất lớn và thường quy định tối thiểu mà không quy định giá trị trung bình cần đạt được và không quy định giá trị tối đa. Với giá trị tối thiểu thì chỉ có thể sản xuất được loại xi măng Portland với mác bình thường, ví dụ PC – 40 còn nếu sản xuất xi măng PC – 50 chưa hẳn đã đạt an toàn.

Vậy yêu cầu chất lượng các nguyên liệu cho sản xuất xi măng Portland mác cao bao gồm những gì?

1. Trước hết, yêu cầu kỹ thuật đối với đá vôi là hàm lượng CaO phải không nhỏ hơn 54% và hàm lượng MgO không vượt quá 2%, hàm lượng SiO₂ phải nhỏ hơn 1%, nhiệt độ phân hủy cacbonat (giải phóng CO₂) phải ở trong phạm vi $\leq 900^{\circ}\text{C}$, độ cứng của đá < 5 Morth, là loại đá vôi kết tinh thô, xốp, dễ nghiền. Đạt yêu cầu này có nhiều núi đá vôi ở khu vực Trảng Kênh (Hải Phòng) Bìm Sơn (Thanh Hoá) Hoàng Mai (Nghệ An), Phú Lý (Hà Nam), Quảng Bình và Hà Tiên (Kiên Giang).

2. Đối với đá/đất sét hoặc hỗn hợp của hai loại sét: yêu cầu sét dễ toi, mịn, hàm lượng TiO₂ thấp ($< 0,5\%$), hàm lượng kiềm ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) $< 2\%$, $\text{P}_2\text{O}_5 < 0,3\%$, hàm lượng SiO₂ trung bình $\geq 66\%$ (66 – 72%), hàm lượng Al₂O₃ = 15 – 16%, hàm lượng Fe₂O₃ $\leq 8\%$. Độ hoạt tính tốt, không lẫn quặng (thạch anh) tự do bất cứ cỡ hạt nào, modun silic (M_s) phải lớn hơn hoặc bằng 2,8. Độ cứng của sét ≤ 3 Morth, độ ẩm $\leq 18\%$. Đạt yêu cầu này có hỗn hợp sét sông Cẩm (Hải Phòng) và trepel tap ở Quỳ Khê, Pháp Cỗ (Hải Phòng), sét Hà Chanh, Yên Mỹ và Cao Văn (Quảng Ninh), sét Bắc thị xã Đồng Hới (Quảng Bình), v.v...

3. Đối với quặng sắt các loại: yêu cầu độ cứng $\leq 4,5$ Morth, hàm lượng Fe₂O₃ = 40 – 65%, hàm lượng $\text{P}_2\text{O}_5 < 0,5\%$, $\text{SO}_3 < 0,5\%$, $\text{MgO} < 2\%$...

Nói chung yêu cầu chất lượng các nguyên liệu khá cao và rất ít nơi nào, địa điểm nào hội tụ được toàn bộ các nguyên liệu thoả mãn chất lượng như vậy. Do đó không phải nơi nào cũng có đủ điều kiện nguyên liệu để sản xuất xi măng mác cao.

4.5.3. Quá trình công nghệ sản xuất xi măng Portland mác cao

Dây chuyền thiết bị sản xuất an toàn xi măng mác cao phải là dây chuyền lò quay phương pháp khô hiện đại, tự động hoá cao, có đủ trang bị và phương tiện thực hiện kiểm tra, kiểm soát sản xuất tốt và đồng đều ở mọi công đoạn sản xuất, kể từ khâu khai thác, đồng nhất sơ bộ và nhập kho các loại nguyên – nhiên liệu đến công đoạn nghiền xi măng. Vì vậy nội dung và khối lượng công việc kiểm tra, kiểm soát các nguyên liệu, bán thành phẩm từng công đoạn và xi măng thành phẩm cao hơn, nhiều hơn so với sản xuất xi măng PC thông thường.

Các yêu cầu công nghệ cụ thể như sau:

1. Hệ số (hoặc hiệu suất) đồng nhất các nguyên – nhiên liệu thô ở trong kho (silô) chứa phải đạt 10 : 1 ở tất cả các giờ sản xuất. Yêu cầu này đòi hỏi có kho đồng nhất nguyên liệu tốt.

2. Độ mịn của liệu sống phải đạt $\leq 10\%$ trên sàng 0.08 mm để tăng khả năng hoạt tính phản ứng tạo khoáng clinker; yêu cầu này đòi hỏi máy nghiền liệu tốt và phân ly hiệu suất cao.

3. Hệ số đồng nhất bột liệu sống phải đạt 10:1 hay độ chênh lệch hàm lượng CaCO_3 trong mọi mẫu kiểm tra theo giờ không vượt quá 0,2%; yêu cầu này đòi hỏi phải chọn kho đồng nhất bột liệu hoạt động liên tục quá trình trộn và rút liệu theo model CF.

4. Hiệu suất phân hủy cacbonat của tháp tiền nung (calciner) không dưới 92% và 5 tầng siclôn trao đổi nhiệt hiệu quả cao.

5. Yêu cầu nhiên liệu đốt lò phải đảm bảo ngọn lửa dài để đảm bảo chiều dài cần thiết của zôn nung ($\geq 10 - 12\text{m}$).

6. Yêu cầu môi trường nung phải là môi trường oxy hoá nhẹ (tức là tỷ lệ CO trong khí thải bằng 0% và O_2 trong khí thải đảm bảo $\geq 0,2\%$).

7. Yêu cầu dung trọng clinker phải đạt $1400 \pm 50 \text{ g/l}$ trong mọi ca sản xuất và hàm lượng f.CaO $< 0,5\%$, RI $< 0,3\%$.

8. Yêu cầu làm lạnh clinker đạt hiệu suất cao và nhiệt clinker ra lò không lớn hơn 65°C cộng nhiệt độ môi trường.

9. Yêu cầu về thành phần khoáng, thành phần hoá và các chỉ tiêu kỹ thuật chế tạo clinker phải đạt như ở bảng 19 và bảng 20.

10. Yêu cầu độ mịn xi măng phải đạt 4000 ± 200 blaine hoặc 6% trên sàng 0,08mm.

11. Yêu cầu hàm lượng SO_3 của xi măng phải đạt $3 \pm 0,5\%$.

4.5.4. Phạm vi sử dụng xi măng mác cao

1. Xi măng Portland mác cao được sử dụng để đúc rôt các loại bê tông mác cao như các khung dầm cầu có trọng tải lớn, kết cấu khung nhà cao tầng (30 tầng trở lên); các công trình đòi hỏi chịu lực cao (các hầm tàu điện ngầm, công trình quốc phòng, kết cấu chịu lực các sân vận động lớn v.v.). Để bê tông đạt chỉ tiêu độ sụt và mức chống thấm cần thiết, người ta sử dụng các loại phụ gia dẻo hoá và tăng khả năng chống thấm của bê tông.

2. Không được sử dụng xi măng mác cao để đúc, đổ bê tông khối lớn và các công trình có tác nhân ăn mòn sunphat.

4.6. Xi măng Portland đóng rắn nhanh

4.6.1. Nguyên lý kỹ thuật sản xuất xi măng Portland đóng rắn nhanh

Xi măng đóng rắn nhanh là loại xi măng có cường độ nén của mẫu đóng rắn trong 24 giờ không ít hơn 20 N/mm^2 , và mẫu đóng rắn 3 ngày đêm (72 ± 1 giờ) phải đạt không ít hơn 40 N/mm^2 . Thỏa mãn điều kiện này không những là xi măng Portland mác cao mà còn là xi măng alumin có hàm lượng khoáng CA và C_2A hợp lý.

Như vậy kỹ thuật sản xuất xi măng Portland đóng rắn nhanh trùng với kỹ thuật sản xuất xi măng Portland mác cao ở yêu cầu về cường độ chịu nén ban đầu. Nhưng xét thành phần khoáng thì không hoàn toàn giống nhau, bởi vì để đóng rắn nhanh, ngoài giải pháp tăng độ mịn của xi măng, người ta còn tăng hàm lượng khoáng C_3A đến $\geq 10\%$. Mặc dù vậy, nếu chỉ sử dụng giải pháp tăng độ mịn và tăng thành phần khoáng C_3A và C_3S cũng chưa an toàn cho xi măng Portland đóng rắn nhanh. Vì vậy người ta buộc phải sử dụng thêm phụ gia đóng rắn nhanh, tức là phụ gia kích thích

hoạt tính hydrat các khoáng ximăng, kích thích mầm kết tinh và tạo gel nhanh hơn bình thường. Đó là các muối AlCl_3 , BaCl_2 , MnCl_4 , NaCl , v.v.. chọn lựa phụ gia đơn hoặc phụ gia hỗn hợp của hai loại muối kim loại trên với tỷ lệ hợp lý để thời gian bắt đầu đông kết của ximăng không được sớm hơn 45 phút và kết thúc đông kết không sớm hơn 3 giờ.

Cơ chế làm việc của các phụ gia kích thích đông rắn nói trên có thể mô tả tóm tắt như sau: Khi đưa vào một hoặc hỗn hợp của hai loại muối clorua (AlCl_3 , BaCl_2 , MnCl_4 , NaCl , ...) với tỷ lệ phù hợp thì sau khi phân ly các muối này thành các ion Me^{n+} và Cl^- , ngay lập tức nồng độ pH của môi trường ximăng – nước bị giảm sút. Điều này kích thích trực tiếp quá trình hydrat các khoáng C_3S , C_2S để bổ sung phần thiếu hụt nồng độ pH của “môi trường” do hiện tượng thành tạo hợp chất $\text{HO} - \text{Ca} - \text{Cl}$ ngay trên bề mặt các hạt khoáng silicat canxi, làm cho quá trình phản ứng bề mặt được xúc tiến hơn.

Chúng ta đã biết rằng, quá trình phản ứng hydrat các khoáng ximăng là quá trình phản ứng bề mặt theo nguyên lý “bóc dần từng lớp” sản phẩm phản ứng ra khỏi bề mặt các hạt khoáng ximăng – tức là quá trình “topo – chemistry” [6]. Tốc độ thực hiện phản ứng, tức là tốc độ “bóc tách” ra khỏi bề mặt những sản phẩm đông rắn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như nhiệt độ môi trường, áp suất bề mặt, tỷ lệ nước/ximăng, v.v... nhưng trực tiếp nhất là nồng độ pH của môi trường, điều kiện sắp xếp và “định vị” không gian của chúng trong kết cấu đá ximăng và bê tông. Các ion Me^{n+} và Cl^- của một số muối clorua kim loại đưa vào hệ ximăng – nước thực hiện hai nhiệm vụ: thúc đẩy nhanh quá trình phản ứng bề mặt tạo ra nhiều sản phẩm đông rắn so với không có mặt của chúng nhưng lại làm chậm quá trình kết tinh và liên kết giữa các tinh thể với những hạt keo – gel trong một khoảng thời gian nhất định ban đầu, tạo điều kiện hợp lý về thời gian và không gian cho kết cấu độ bền của đá ximăng và bê tông. Cơ chế này của các phụ gia bằng muối clorua một số kim loại đã làm cho ximăng mác cao có cường độ nén ban đầu (R_1 , R_3) cao. Vì vậy, kỹ thuật sản xuất ximăng đông rắn nhanh phải áp dụng đồng thời cả ba giải pháp: tăng hàm lượng khoáng C_3A , C_3S , tăng độ mịn và đưa thêm một tỷ lệ hợp lý phụ gia công nghệ.

4.6.2. Ưu nhược điểm của xi măng đóng rắn nhanh và phạm vi sử dụng

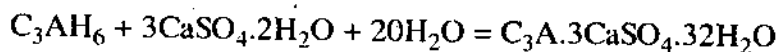
Tính ưu việt của xi măng đóng rắn nhanh là vừa có cường độ cao (mức cao) lại vừa đóng rắn nhanh để xử lý kịp thời các sự cố dề điều, sự rò rỉ thất thoát của các giếng dầu, khí, cứu hộ các nguy cơ sụp đổ hoặc nghiêng ngã các công trình, v.v...

Nhưng nhược điểm của xi măng đóng rắn nhanh là có nhiều khuyết tật về cấu trúc, kết cấu của đá xi măng và bê tông do quá trình đóng rắn nhanh để lại, dù rằng các phụ gia đóng rắn nhanh có “phanh hãm” lại một bước như đã nói rõ tại phần cơ chế hoạt động của các phụ gia công nghệ. Nhưng chỉ hãm một phần chứ không hãm tất cả (thả lỏng tự do) như xi măng thường. Vì vậy các khuyết tật về cấu trúc vẫn có nhiều, nhất là giai đoạn từ 1 đến 3 ngày. Nguyên lý cấu tạo của vật chất bao giờ cũng có xu thế ổn định nhất về cấu trúc để có nội năng nhỏ nhất. Xu thế đó kéo theo quá trình tái sắp xếp, tái kết tinh khi mà đá xi măng và bê tông đã hoá cứng. Quá trình này thường làm giảm sút cường độ, tăng độ xốp, v.v... tạo điều kiện cho quá trình ăn mòn bê tông, ăn mòn cốt thép xảy ra nhanh hơn.

Vì vậy xi măng đóng rắn nhanh không dùng để thi công các công trình bình thường mà chỉ dùng để xử lý các sự cố vết nứt rạn các dề đập, bít các rò rỉ nước, dầu khí, bít nhanh dột nhà, rò rỉ nước các khu vệ sinh của nhà nhiều tầng, chống đỡ tạm thời các sự cố nền, móng, v.v...

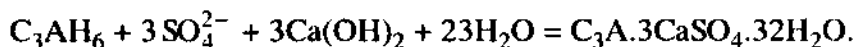
4.7. Xi măng Portland giãn nở

– Nguyên lý kỹ thuật sản xuất xi măng Portland giãn nở là dựa vào hiện tượng trương nở thể tích mạnh của hợp chất ettringit (E.) – $C_3A.3CaSO_4.(31 - 32)H_2O$ là sản phẩm phản ứng của khoáng hydroaluminat canxi – C_3AH_6 với thạch cao (sunphat canxi) và nước. Thể tích của hợp chất E tăng hơn 3,17 lần so với thể tích của C_3AH_6 :

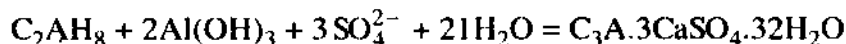


Vì khối lượng phân tử của C_3AH_6 chỉ là 378 g mà khối lượng phân tử của E đến 1254 g, tức là tăng 4,174 lần.

Hợp chất E cũng có thể tạo thành do phản ứng của C_3AH_6 với $Ca(OH)_2$ của đá ximăng với ion SO_4^{2-} và nước của môi trường (phản ứng ăn mòn ximăng):



Hoặc E được tạo thành do phản ứng của C_2AH_8 với $Al(OH)_3$ và SO_4^{2-} , nước của môi trường:



– Từ nguyên lý nêu trên chúng ta có thể sản xuất ximăng giãn nở bằng hai cách: trộn ximăng Portland có thành phần C_3A cao ($\geq 10\%$) với thạch cao và phụ gia giãn nở hoặc trộn ximăng alumin với phụ gia thạch cao.

Tùy thuộc vào yêu cầu về mức độ giãn nở (%) tăng thể tích có thể điều chỉnh tỷ lệ % của 1 hoặc 2 trong 3 thành phần nêu trên để được ba loại ximăng giãn nở sau đây:

1. Loại ximăng không co, tức là loại ximăng giãn nở yếu, thể tích giãn nở vừa đủ để trừ khử được độ xốp tạo ra trong quá trình đông rắn 28 ngày và còn thừa hệ số nở 0,1% so với ximăng Portland bình thường (PC);

2. Loại ximăng giãn nở vừa, có hệ số giãn nở sau 28 ngày đạt 0,2 – 1% thể tích tăng. Thành phần của ximăng giãn nở loại này gồm: 75 – 80% clinker Portland cao C_3A và 20 – 25% phụ gia giãn nở;

3. Loại ximăng giãn nở mạnh, còn gọi là ximăng “cường lực”, có hệ số giãn nở sau 24 giờ đông rắn đạt $\geq 0,15\%$ và sau 28 ngày đạt hơn 1% thể tích tăng.

Phụ gia giãn nở thường là hỗn hợp ximăng alumin và thạch cao hoặc hỗn hợp với sống với thạch cao, hoặc hỗn hợp khoáng alunit ($K_2Al_6(OH)_{12} \cdot (SO_4)_4$) nung với thạch cao [4].

Ximăng giãn nở có độ mịn rất cao (≥ 4500 blaine) để phản ứng tạo hợp chất E được thực hiện toàn phần.

– Phạm vi sử dụng xi măng giãn nở: xi măng Portland giãn nở được dùng trong các trường hợp sau:

1. Gia cố nền đất yếu bằng bê tông cọc nhồi với xi măng giãn nở;
2. Xử lý những lỗ hang hốc hoặc bùng bít kịp thời mạch nước ngầm dọc theo dè điều;
3. Hàn gắn các vết nứt bê tông sàn, trần, tường nhà ở;
4. Bơm trám sửa chữa các giếng khoan để kịp thời bít các lỗ thoát nước, hay dầu khí;
5. Có thể sử dụng xi măng giãn nở mạnh để phá đổ các móng, tường nhà kho, hàng rào chắn xây sai kỹ thuật hoặc không đúng thiết kế, v.v...

4.8. Xi măng trắng và xi măng màu

– Xi măng trắng là xi măng hỗn hợp đặc biệt được nghiền mịn từ clinker Portland trắng với phụ gia tăng độ trắng như đá vôi trắng, quặng barit sạch, v.v...

Clinker Portland trắng là loại clinker Portland không có, hoặc có rất ít ($\leq 1\%$) khoáng chảy có màu C_4AF và các tạp chất màu như MnO , MnO_2 , CO , Cr_2O_3 , v.v...

– Xi măng màu là hỗn hợp của xi măng trắng với một tỷ lệ nhỏ phù hợp (1 – 10%) các ôxit hoặc muối của những kim loại màu như MnO_2 , Fe_2O_3 – màu đỏ, Cr_2O_3 – màu xanh lá cây, $K_2CrO_4 + CuCl_2$ – màu vàng, $MnO + CuSO_4$ – màu xanh da trời, $TiCl_4$ – màu tím, $TiBr_4$ – da cam, v.v...

4.8.1. Yêu cầu về chất lượng các nguyên liệu sản xuất xi măng trắng và xi măng màu

1. Đá vôi để sản xuất xi măng trắng là loại đá vôi sạch, hàm lượng $CaO \geq 54\%$, hàm lượng $MgO < 2\%$ và không nhiễm các ôxit màu như Fe_2O_3 , MnO , Cr_2O_3 , P_2O_5 , v.v...

2. Đất/đá sét để sản xuất xi măng trắng phải là caolin trắng, mịn, hàm lượng Fe_2O_3 và các ôxit màu $< 2\%$, mica ít, độ trắng của caolin nguyên khai phải đạt $\geq 75\%$ so với độ trắng của Bari sunphat tinh khiết.

3. Đá vôi trắng làm phụ gia tăng độ trắng phải đạt độ trắng 80% (bột mịn ≥ 2500 blaine) so với bari sunphat tinh khiết (BaSO_4);

4. Thạch cao cũng phải là thạch cao sạch, không nhiễm bân sét và các tạp chất màu, hàm lượng $\text{SO}_3 \geq 42\%$ và độ trắng không ít hơn 70%;

5. Các phụ gia khoáng bổ sung hàm chảy clinker như CaF_2 , NaSiF_6 , BaSO_4 cũng phải là các muối sạch, không lẫn các ôxit hoặc các muối kim loại màu.

Sở dĩ phải sử dụng một hàm lượng nhỏ (0,2 – 1%) các phụ gia đơn hoặc hỗn hợp hai phụ gia khoáng hoá là để vừa hạ thấp độ nhớt của các khoáng chảy C_3A , C_2A , CMA, CA,... vừa bổ sung thêm một lượng khoáng chảy cần thiết để tạo được khoáng alit C_3S được thuận lợi khi không có hoặc có rất ít khoáng chảy có màu C_4AF ,...

6. Nhiên liệu đốt lò để nung luyện clinker Portland trắng phải là các nhiên liệu ít tro như dầu MFO, DO, mazut, khí đốt tự nhiên mà ít lưu huỳnh ($\text{S} < 1\%$).

4.8.2. Đặc điểm công nghệ sản xuất xi măng trắng

– Xi măng trắng kỵ các tạp chất màu nên công nghệ nghiền liệu sống, nghiền xi măng, thu nhận và pha chế các nguyên liệu phải sạch, hạn chế hết sức sự mài mòn sắt thép như bi đạn nghiền, tấm lót hoặc bề mặt bàn nghiền,... Độ mài mòn các phụ kiện của các thiết bị nghiền, đập phải đạt dưới 40 g cho một tấn bột liệu và một tấn xi măng trắng.

Kho silô chứa các nguyên liệu và sản phẩm trung gian phải được che kín để tránh nhiễm bụi bẩn.

– Clinker Portland xi măng trắng phải được nung trong lò quay với môi trường khử yếu, tức là có thừa khí CO ($\leq 0,5\%$) để ngăn chặn sự chuyển hoá trị 2 của ôxit sắt (FeO) về hoá trị 3 (Fe_2O_3) màu nâu đen, tức là để khí CO khử ôxit sắt hoá trị 3: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{FeO} + \text{CO}_2 \uparrow$. Ôxit sắt FeO lại kết hợp với CaO thành khoáng $2\text{CaO}.\text{FeO}$ (fai-lit) màu trắng.

– Công nghệ làm nguội clinker trắng phải đạt hiệu suất cao và nhanh hơn công nghệ làm nguội clinker của xi măng đen với mục đích ngăn

chặn sự chuyển hoá của khoáng failit màu trắng về khoáng C_2F ($2CaO \cdot Fe_2O_3$) màu đen nâu. Vì vậy phải phun nước áp suất lớn để làm nguội clinker trắng, thậm chí có cả khí khử.

– Độ mịn của xi măng trắng cũng phải cao hơn độ mịn của xi măng đen vì sóng hấp thụ ánh sáng (máy đo độ trắng của xi măng trắng) tỷ lệ thuận với độ mịn của xi măng. Tất cả những đặc điểm công nghệ nêu trên đã giải thích tại sao giá thành và giá bán của xi măng trắng phải gấp đôi hoặc hơn gấp đôi giá thành và giá bán của xi măng đen.

4.8.3. Chất lượng và phạm vi sử dụng xi măng trắng và xi măng màu

Chất lượng của xi măng trắng được đặc trưng bằng hai chỉ tiêu chủ yếu là cường độ nén và độ trắng.

– Độ trắng được đo bằng máy quang phổ hấp thụ ánh sáng hoặc so sánh với độ trắng của bari sunphat tinh khiết ($BaSO_4$). Nếu độ trắng của $BaSO_4$ tinh khiết là 100% thì theo TCVN 5691 – 1992 xi măng trắng được chia làm ba loại:

+ Loại 1 có độ trắng $\geq 80\%$;

+ Loại 2 có độ trắng 75 – 79%,

+ Loại 3 có độ trắng 68 – 74%

– Về cường độ, tiêu chuẩn này được chia làm ba mức: $PC_w - 25$, $PC_w - 30$ và $PC_w - 40$.

Các chỉ tiêu cơ – lý khác được quy định như xi măng Portland thông dụng PC, trừ chỉ tiêu lượng mất khi nung được quy định chung cho cả ba mức là $\leq 9\%$ vì phụ gia của xi măng trắng là đá vôi màu trắng.

Phạm vi sử dụng của xi măng trắng và xi măng màu: Xi măng trắng và xi măng màu được sử dụng trong các công việc sau:

1. Sản xuất bê tông trang trí, hoàn thiện các công trình nhà ở, khách sạn, trụ sở, cơ quan làm việc, nhà hàng, các công trình văn hoá – xã hội...

2. Để sản xuất các bả mattit trắng và mattit màu, lát trát tường, trần nhà;

3. Để hàn mạch ốp lát gạch men cùng màu;

4. Xi măng trắng có thể dùng để kẻ đường phân luồng giao thông đường bộ, đường bay,...

4.9. Xi măng Portland cho bê tông mặt đường bộ và sân bay

– Đây là loại xi măng tăng cường độ chống mài mòn cao nhất do lực chà xát của các loại bánh lốp ô tô, xe máy, bánh lốp máy bay trên đường cất cánh và hạ cánh. Thực chất thành phần hoá học của loại xi măng này vẫn là loại xi măng Portland thông thường, mác cao và có tăng hàm lượng khoáng C_4AF là khoáng có khả năng chống mài mòn cao nhất so với các khoáng khác.

– Thành phần khoáng của loại xi măng này là: $C_3A = 5 \div 8\%$, $C_4AF \geq 15\%$ và $C_3S \geq 60\%$.

Phụ gia tăng khả năng chống mài mòn là xỉ lò cao gang thép có trị số modun $M_o \leq 1$, tức là xỉ axit tính, chứa nhiều SiO_2 .

Các nghiên cứu của những nhà kỹ thuật xây dựng các công trình giao thông cho thấy rằng, giới hạn “mỏi mệt” hoặc sức chịu đựng của bê tông mặt cầu, đường bộ, đường cất cánh, hạ cánh máy bay đạt tới 55 – 65% cường độ chịu nén và tới 70% cường độ chịu uốn của xi măng. Các nghiên cứu thực nghiệm cho kết quả là tăng hàm lượng hai khoáng C_3S và C_4AF thì bê tông mác cao (M – 40, M – 45) của nó có sức chịu đựng độ mài mòn tốt hơn xi măng Portland thông thường. Pha vào xi măng này 20 – 25% xỉ lò cao ($M_o \leq 1$) cũng tăng khả năng chống mài mòn của xi măng và bê tông.

– Để tăng tỷ lệ xi măng trong cấp phối bê tông mác cao khi làm mặt đường bay, mặt cầu người ta pha phụ gia dẻo hoá với tỷ lệ hợp lý như SDB, GKJ – 11, v.v... [4].

– Chất lượng của xi măng cầu đường: Đặc điểm của chất lượng xi măng cầu đường là tỷ lệ cỡ hạt 30 – 70 μk phải lớn nhất, tỷ diện 2600 ± 100 blaine và thời gian bắt đầu đông kết không sớm hơn 2 giờ để xi măng và bê tông có kết cấu chắc đặc và có độ xốp nhỏ nhất.

Tóm lại, đặc điểm chất lượng của xi măng cầu đường là thành phần khoáng ($C_3S \geq 60\%$, $C_4AF \geq 15\%$), thời gian bắt đầu đông kết (không sớm hơn 2 giờ), tỷ lệ cỡ hạt và độ mịn xi măng, phụ gia xỉ hạt lò cao tính axit (với tỷ lệ 20 – 25%). Yêu cầu tổng thể nhất là tăng cường độ chống mài mòn cơ học của xi măng.

Các nhà thi công cầu đường, sân bay (đường cất cánh, hạ cánh) có thể căn cứ vào các yêu cầu nêu trên để đặt hàng chủng loại riêng cho mình.

4.10. Xi măng alumin (C_A)

Xi măng alumin có thành phần khoáng chủ yếu là CA , $C_{12}A_7$, CA_2 và một tỷ lệ nhỏ các khoáng C_2S , C_2AS , CF và dung dịch rắn của dãy $CA - CF$.

– Nguyên liệu chủ yếu để sản xuất xi măng alumin là quặng bôxít ít sắt ôxít và đá vôi.

Người ta chia xi măng alumin ra làm hai loại: loại nhiều nhôm (Al_2O_3) và loại thấp canxi (CaO).

– Thành phần hoá trung bình (%) của xi măng alumin được cho trong bảng 21.

BẢNG 21

CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	TiO_2	MgO	R_2O	SO_3	Σ
40±5	50±5	4–6	3–6	1–2	0,5–1	0–1	0–1	100

Tỷ lệ (%) giữa hai nguyên liệu đá vôi và bôxít trong phối liệu xi măng alumin được tính theo công thức thực nghiệm như sau [4]:

$$\frac{\text{Đá vôi}}{\text{Bôxít}} = \frac{1,857SiO_2 + 0,55Al_2O_3 + 0,5Fe_2O_3 - CaO}{CaO - [1,857SiO_2 + 0,55Al_2O_3 + 0,75Fe_2O_3]} \quad (29)$$

Tuy nhiên công thức (29) chỉ phù hợp với quặng bôxít của Liên Xô cũ trước đây. Đối với quặng bôxít của Việt Nam (Lạng Sơn, Lâm Đồng) đều rất nhiều sắt ôxít (22 – 28%) nên muốn sản xuất xi măng alumin từ

quặng bôxít thì phải có công nghệ tách lọc bớt 65 – 70% sắt thì mới sử dụng được.

Nếu sau khi tách bớt (Fe_2O_3) mà thành phần của bôxít đạt được yêu cầu như trong bảng 22 dưới đây thì không cần sử dụng công thức (29) mà có thể sử dụng cách tính tỷ lệ (%) đá vôi và quặng bôxít (đã được tách lọc bớt sắt).

BẢNG 22. THÀNH PHẦN HOÁ (%) CỦA ĐÁ VÔI VÀ QUẶNG BÔXÍT (SAU TÁCH LỌC)

	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	TiO_2	MgO	MKN	Σ
Đá vôi	53,90	0,50	0,35	0,30	–	1,40	43,90	99,95
Boxit	2,60	67±1	8±1	6±1	1±0,5	1±0,5	13±1	98,6±1

– Tính tỷ lệ phối liệu (%) để sản xuất xi măng alumin từ thành phần hoá của hai nguyên liệu nêu ở bảng 22.

Chúng ta có thể chọn thành phần hoá trung bình của xi măng alumin nêu ở bảng 21. Nếu chấp nhận phương án đó, chúng ta thấy hàm lượng CaO và Al_2O_3 chiếm từ 90 đến 100%, các thành phần khác chỉ chiếm tỷ lệ rất ít (0 – 10%). Đúng như vậy, nếu xem lại thành phần khoáng chủ yếu của xi măng alumin thì các khoáng dãy C_nA_m chiếm phần lớn như CA, C_2A , CA_2 , C_{12}A_7 , v.v... còn các khoáng C_2S , CF, C_2F_1 ... chiếm tỷ lệ rất ít ($\leq 10\%$). Vì vậy chúng ta có thể chọn phương án phối liệu gần đúng tính theo công thức:

$$\frac{\text{Đá vôi}}{\text{Bôxít}} = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} \approx \frac{40}{50} \% \quad (30)$$

Lúc này tỷ lệ (%) đá vôi và bôxít (sau tách lọc bớt sắt) được tính như sau:

– Phần khối lượng đá vôi = $40/53,9 = 0,7421$ ở đây 53,9 là % CaO của đá vôi;

– Phần khối lượng bôxít = $50/67 = 0,7463$ ở đây 67 là % Al_2O_3 của quặng bôxít sau khi tách lọc bớt sắt.

Từ đó ta suy ra tỷ lệ (%) của đá vôi là:

$$0,7421 \times \frac{100}{0,7421 + 0,7463} = 49,86\%$$

Tỷ lệ (%) của bôxít là $100 - 49,86 = 50,14\%$ và thành phần hoá (%) của liệu sống phối liệu và clinker xi măng như bảng 23.

BẢNG 23

Thành phần hoá (%)	Đá vôi	Bôxít (sau xử lý)	Tỷ lệ đá vôi (%)	Tỷ lệ bôxít (%)	Liệu sống	Clinker
1. CaO	53,9	2,60	49,86	50,14	28,18	39,36
2. Al ₂ O ₃	0,30	67,0	"	"	33,74	47,12
3. Fe ₂ O ₃	0,15	8,0	"	"	4,08	5,70
4. SiO ₂	0,30	6,5	"	"	3,41	4,76
5. MgO	1,40	1,0	"	"	1,20	1,67
6. TiO ₂	—	1,0	"	"	0,5014	0,70
7. MKN	43,9	13,0	"	"	28,40	0,00
Tổng	99,95	99,10	"	"	99,51	99,31

Từ thành phần hoá của clinker xi măng alumin nhận được ở bảng 23 chúng ta thấy nằm trong khung giới hạn của thành phần hoá trung bình của xi măng alumin đã cho ở bảng 21. Như vậy với phương pháp gần đúng như trên, chúng ta cũng tính được thành phần hoá của liệu sống và clinker xi măng alumin trung bình trên cơ sở hai nguyên liệu là đá vôi và quặng bôxít Việt Nam sau khi xử lý tách lọc bột sắt.

— Phương pháp công nghệ sản xuất xi măng alumin: Có hai phương pháp công nghệ sản xuất xi măng alumin là phương pháp nấu chảy và phương pháp kết luyện.

Phương pháp nấu chảy được tiến hành nấu trong lò điện hoặc lò cao luyện gang, sử dụng than cốc ở nhiệt độ 1600 – 1650°C. Sản phẩm nấu

trong lò cao có hai loại: clinker xi măng alumin nhẹ ở trên và gang nặng ở dưới.

Phương pháp kết luyện được nung trong lò quay hoặc lò đứng ở nhiệt độ 1200 – 1250°C. Nhiên liệu đốt lò là dầu nặng ít tro như mazut, DO, ... hoặc khí đốt tự nhiên. Bột sống phối liệu được vè viên sẵn cấp cho lò quay hoặc lò đứng.

Để tăng khả năng phản ứng, người ta cho phối liệu một tỷ lệ nhỏ phụ gia khoáng hoá dưới dạng thạch cao hoặc K_2SO_4 , CaF_2 , $CaCl_2$, v.v...

Phương pháp nấu chảy cho chất lượng xi măng alumin tốt hơn phương pháp kết luyện, nhưng giá thành đắt hơn.

– Đặc điểm chất lượng xi măng alumin: Xi măng alumin là loại xi măng mác cao, bền trong môi trường sunphat, nhưng đông rắn nhanh. Thời gian bắt đầu đông kết trong 30 – 40 phút và kết thúc thường sớm hơn 10 giờ. Cường độ kháng nén của mẫu 24 giờ đông rắn đạt giá trị 60% và mẫu 3 ngày (R_3) đã đạt mác.

Xi măng alumin thường có ba mác là: $C_A - 40$, $C_A - 50$ và $C_A - 60$. Tuy nhiên, vì đặc điểm đông rắn nhanh nên thường có nhiều khuyết tật về cấu trúc đá xi măng và bê tông, do nhiệt hydrat lớn và quá trình kết tinh vội vã nên không kịp sắp xếp hợp lý giữa các loại sản phẩm đông rắn, nhất là ở nhiệt độ môi trường cao hơn 25°C. Hiện tượng này gây ứng suất nội bộ lớn và xu thế tái kết tinh để giảm nội năng và kèm theo giảm sút cường độ.

– Phạm vi sử dụng xi măng alumin:

1. Dùng để hàn gắn vết nứt của công trình;
2. Làm chất dính kết cho bê tông chịu nhiệt và chịu lửa tùy theo loại cốt liệu;
3. Bít nhanh các giếng khoan rò rỉ dầu, khí, nước, nhưng phải chọn giải pháp tốt cho thi công để phù hợp với thời gian đông kết nhanh;
4. Dùng với thạch cao làm phụ gia giãn nở cho xi măng giãn nở các loại.

– Chất lượng xi măng alumin:

Để đáp ứng yêu cầu sử dụng xi măng alumin trong các ngành công nghiệp khác nhau, viện Vật liệu xây dựng thuộc Bộ xây dựng đã biên soạn xong tiêu chuẩn chất lượng chủng loại xi măng này nhưng chưa được ban hành. Bản dự thảo tiêu chuẩn phân chia xi măng alumin làm 5 mức với các chỉ tiêu chất lượng quy định như bảng 24.

BẢNG 24

Chỉ tiêu \ Mức	AC-40	AC-50	AC-60	AC-70	AC-80
1. Hàm lượng Al_2O_3 , %	32-49	50-59	60-67	68-76	≥ 77
2. Hàm lượng SiO_2 , %	—	≤ 8	≤ 5	≤ 1	$\leq 0,5$
3. Hàm lượng Fe_2O_3 , %	—	$\leq 2,5$	≤ 2	$\leq 0,7$	$\leq 0,5$
4. Hàm lượng kiềm tan, % ($\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$)	—	$\leq 0,40$			
5. Cường độ nén (N/mm^2) mẫu chuẩn 1 ngày đóng rắn	≥ 40	≥ 40	≥ 20	≥ 30	≥ 25
3 ngày đóng rắn	≥ 50	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 30
28 ngày đóng rắn	—	—	≥ 85	—	—
6. Độ mịn xi măng trên sàng 0,043mm, %/cm ² .gam	20%/3000 cm ² /gam				
7. Thời gian đông kết: Bắt đầu	≥ 30 phút	≥ 60 phút		≥ 30 phút	
Kết thúc	≤ 6 giờ	≤ 18 giờ		≤ 6 giờ	

4.11. Xi măng chống phóng xạ

Xi măng chống phóng xạ là loại xi măng có chứa ôxit bari hoặc bari sunphat mà sản phẩm đóng rắn của nó có tỷ lệ Xi/nước khá cao [4] để bê tông của chúng ngăn cản hoặc hấp thụ được các tia γ , α , tia Ronghen, phóng xạ của urani, coban và các chất đồng vị, ngăn chặn và hấp thụ được các sóng radio, v.v... Bê tông chống phóng xạ của các loại xi măng này phải có độ chắc đặc cao, tỷ trọng lớn, chứa nhiều nước liên kết và có độ chịu nhiệt nhất định, vì khi hấp thụ các tia phóng xạ thì nhiệt độ của bê tông có thể lên tới 700°C.

– Các hợp chất chứa nhiều nước liên kết là okxyclozit và okxysunphat magiê ($3\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$, C_2AH_8 , $\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ v.v...)

– Như vậy các loại xi măng chống phóng xạ gồm có:

a) Xi măng Portland chứa tới 10% BaO trong clinker và tới 15 – 20% BaSO_4 trong phụ gia xi măng;

b) Xi măng alumin chứa 15 – 20 BaSO_4 trong phụ gia xi măng;

c) Xi măng okxyclozit và okxysunphat magiê.

Khi đưa BaO hoặc BaSO_4 vào phối liệu clinker, trong điều kiện nhiệt độ cao sẽ xảy ra quá trình trao đổi (thay thế) giữa hai ion có cùng hoá trị là $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}$. Vì vậy, hàm lượng khoáng alit (C_3S) bị giảm sút, nhưng hàm lượng khoáng belit (C_2S) hoạt tính cao dạng $\alpha - \text{C}_2\text{S}$ và $\alpha' - \text{C}_2\text{S}$ được tăng lên rõ rệt nên cuối cùng cường độ của xi măng vẫn không bị giảm sút.

Bê tông chống phóng xạ có tỷ trọng cao, tới 4000 – 5000 kg/m^3 nhờ cốt liệu tỷ trọng lớn như BaSO_4 , quặng sắt, chì hạt với nhiều kích cỡ khác nhau.

– Phạm vi sử dụng xi măng và bê tông chống phóng xạ:

1. Dùng làm tường che chắn các phòng phân tích, thí nghiệm và chiếu chụp Ronghen;

2. Dùng che chắn hoặc hấp thụ thiết bị phát xạ coban và các tia γ , α ,... trong công nghiệp đo mức nguyên liệu,... trong công nghiệp hoá chất, xi măng, v.v...

3. Dùng đúc bê tông nặng bảo vệ các lò phản ứng hạt nhân, tường che chắn các lò của các nhà máy điện nguyên tử, v.v...

4.12. Xi măng Romans

Thực chất của xi măng Romans là xi măng Portland belit với mác 20 – 25 được sản xuất từ nguồn đá vôi sét nghèo canxi ($\text{CaO} \leq 40\%$) và

có bổ sung một tỷ lệ nhỏ các phụ gia điều chỉnh như sét, cát non hoặc quặng sắt nghèo Fe_2O_3 dưới dạng laterit.

Clinker xi măng Romans được nung bằng lò quay hoặc lò đứng ở nhiệt độ $1250 - 1300^\circ\text{C}$.

Thành phần khoáng của clinker xi măng Romans chủ yếu là C_2S , C_3A , C_2F và C_4AF , trong đó tỷ lệ lớn nhất là C_2S (từ 50 đến 75%).

Nói một cách khác, đây là loại xi măng tận dụng các nguồn nguyên liệu đá vôi sét (mergel) mà chất lượng của nó không đạt yêu cầu để sản xuất loại xi măng Portland thông dụng (PC).

Ở nước ta, các nguồn đá vôi sét có rất nhiều ở các tỉnh Thừa Thiên – Huế và Quảng Trị với tổng trữ lượng lên đến hơn 1 tỷ tấn. Trữ lượng nhiều nhất là Văn Xá Hương Trà, Long Thọ, Đồng Lâm, Phong Điền thuộc tỉnh Thừa Thiên – Huế và ven bờ Nam Sông Hiếu Đông Hà (Quảng Trị). Nhưng hiện nay chúng chưa được tận dụng, thậm chí khai thác để đổ đi trong quá trình tìm loại đá đủ canxi ($\text{CaO} \geq 47\%$) để sản xuất xi măng Portland thông dụng. Sự lãng phí nguồn tài nguyên này đang xảy ra tại Nhà máy Xi măng Long Thọ (Huế) và Nhà máy Xi măng Luksvaxi Hương Trà (Huế).

Hiện nay các nhà máy xi măng này khai thác, bóc tách ra sau đó lại tốn công vận chuyển chở lên núi đổ thành bãi đá thải lớn, vừa lãng phí tài nguyên, vừa tốn tiền của, lại làm ô nhiễm môi trường và chiếm dụng đất làm bãi thải. Trong lúc đó, nếu tận dụng loại đá vôi sét nghèo canxi này ($\text{CaO} = 30 - 45\%$) để sản xuất xi măng mác M20 – M25, làm vữa xây trát, làm bê tông mác thấp (M.10 – M.15) cho đường sá nông thôn, sân phơi cho các hợp tác xã, đóng gạch bloc không nung xi măng – cát, v.v... thì vừa có hiệu quả kinh tế mà lại tiết kiệm được tài nguyên cho sản xuất xi măng lâu dài.

– Các nguyên liệu để sản xuất xi măng Romans là :

1. Loại đá vôi sét nghèo canxi.
2. Quặng laterit (quặng sắt nghèo Fe_2O_3).

3. Phụ gia điều chỉnh: đất sét hoặc cát pha (cát nghèo silic) và thạch cao (~2%) vào phối liệu.

Nguyên liệu 1 và 2 là chính.

– Các chỉ tiêu kỹ thuật sản xuất clinker xi măng Romans:

- Hệ số thủy lực: $H = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,5 \pm 0,2$

- Hệ số bão hoà vôi tính theo khoáng belit và các khoáng CA, CF:

$$\text{LSF} = \frac{(\text{CaO} - 0,7\text{SO}_3) \cdot 100}{1,867 \cdot \text{SiO}_2 + 0,549 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3} = 100 \pm 2\%, \text{ ở đây}$$

1,867 là tỷ lệ $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ của khoáng C_2S ;

0,549 là tỷ lệ $\frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ của khoáng CA;

0,35 là tỷ lệ $\frac{\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ của khoáng CF.

- Hệ số bão hoà vôi tính theo clinker xi măng Portland thường (PC):

$$\text{LSF} = \frac{(\text{CaO} - 0,7\text{SO}_3) \cdot 100}{2,8 \cdot \text{SiO}_2 + 1,18 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65\text{Fe}_2\text{O}_3} = 67 \div 72\%$$

- Modul silic:

$$M_S = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 2,6 \pm 0,2$$

- Modul alumin

$$M_A = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,5 \pm 0,2.$$

- Tổng hàm lượng các oxit: $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 10 \pm 1$.

- Hàm lượng SO_3 của clinker để kích hoạt khoáng C_2S :

$$\text{SO}_3 = 0,02 \times 0,3488 \times \text{C}_2\text{S} \quad (\%)$$

Ở đây 0,02 (2%) là khả năng thay thế tối đa của ion SO_4^{2-} cho ion SiO_4^{4-} trong quá trình trao đổi $\text{SiO}_4^{4-} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-}$ ở điều kiện nung luyện clinker xi măng Romans;

0,3488 là tỷ lệ SiO_2 trong khoáng C_2S ;

C_2S là tỷ lệ (%) khoáng C_2S trong clinker Romans.

– Chất lượng xi măng Romans và phạm vi sử dụng: Chất lượng xi măng Romans phụ thuộc vào hàm lượng khoáng C_2S và mức độ kích hoạt của nó, tức là tỷ lệ α – và α' – C_2S trong $\Sigma\text{C}_2\text{S}$ và hàm lượng khoáng CA của clinker. Trong trường hợp tỷ lệ α – và α' – $\text{C}_2\text{S}/\Sigma\text{C}_2\text{S} > 50\%$, cường độ của xi măng Romans có thể đạt mức 25 – 30, còn nếu tỷ lệ đó $\leq 30\%$ thì đạt mức 15 – 20, nhưng cường độ nén mẫu 3 ngày (R_3) có thể thấp hơn 12 N/mm^2 và thời gian bắt đầu đông kết không sớm hơn 90 phút với độ mịn xi măng bằng 2500 – 2800 blaine ($\sim 15 \pm 1\%$ trên sàng 0,08 mm). Vì vậy xi măng này không cần pha thạch cao lúc nghiền clinker (chỉ pha 1,5 – 2% vào phối liệu để kích hoạt khoáng belit).

– Phạm vi sử dụng xi măng Romans:

1. Dùng để làm vữa xây trát cho mọi công trình;
2. Dùng để đúc bê tông mức M10 – M20 cho sân phơi, đường giao thông nông thôn, kênh mương dẫn nước thủy lợi.
3. Dùng để đóng gạch bloc không nung trên cơ sở xi măng – cát hoặc xi măng – mặt đá hoặc xi măng – cát vàng – sỏi cuội loại nhỏ (5–15mm).
4. Xi măng Romans mức 15 – 20 (100–200) có thể dùng để phối trộn với xi măng PC–40 trong sản xuất xi măng PCB – 30 rất kinh tế vì tỷ lệ pha nó có thể đến 60 – 70%.

– Hiệu quả kinh tế sản xuất tiêu thụ xi măng PCB – 30 trên cơ sở xi măng Romans khoảng 22000 – 25000 đ/tấn, do tiết kiệm than, điện và nguyên liệu giá rẻ.

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÊTÔNG, BÊTÔNG CỐT THÉP VÀ VỮA XÂY DỰNG

5. CỐT LIỆU CHO BÊTÔNG NẶNG

Trừ cốt thép, cốt liệu cho bê tông nặng có 2 loại là cốt liệu mịn và cốt liệu thô.

5.1. Cốt liệu mịn

Cốt liệu mịn được chia ra 2 loại là cát thạch anh tự nhiên và cốt liệu mịn nhân tạo bằng mặt đá. Cát thạch anh tự nhiên được khai thác từ các bãi bồi của sông ngòi và khe suối.

Cát tự nhiên đạt chất lượng làm cốt liệu mịn cho bê tông phải có cỡ hạt theo quy định của TCVN 338 – 146 – 86 và như sau:

BẢNG 25. CỠ HẠT CỦA CÁT LÀM CỐT LIỆU CHO BÊTÔNG NẶNG

Kích thước mắt sàng; mm	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng còn lại trên sàng, %	0	5 – 20	15 – 45	35 – 75	70 – 90	90 – 100

Theo modul độ lớn cỡ hạt thì người ta chia cát làm 4 loại như sau (bảng 26).

BẢNG 26

Loại cát	Loại lớn	Loại vừa	Loại nhỏ	Loại rất nhỏ
Trị số của modul cỡ hạt, M_K	3,2 – 2,5	2,5 – 2	2 – 1	1 – 0,7
% Cỡ hạt 0,14mm	≤ 10	≤ 10	≤ 20	≤ 35

Ở Mỹ, theo tiêu chuẩn ASTM D43 – 86, cát cho bê tông quy định cỡ hạt to hơn cỡ hạt cát cho bê tông Việt Nam và như sau:

BẢNG 27

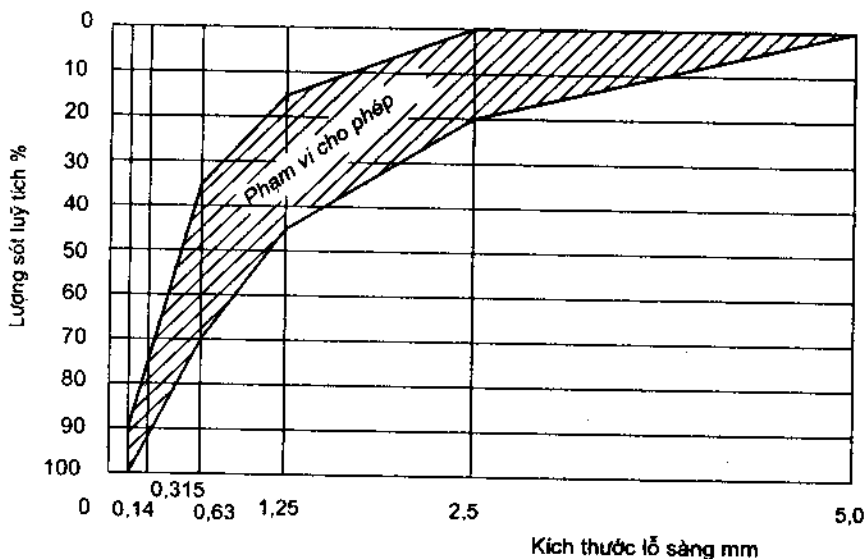
Kích thước mắt sàng; mm	9,5	4,75	2,36	1,19	0,9	0,15
Lượng cát lọt sàng, %	100	85 – 100	10 – 40	0 – 10	0 – 5	0

Trị số môđun cỡ hạt M_K của cát cho bê tông được tính như sau:

$$M_K = (a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,15})/100 \quad (31)$$

a là % khối lượng của các loại cỡ hạt. Nếu xây dựng biểu đồ cỡ hạt của cát cho bê tông thì chúng ta có hình 22.

Ở các địa phương không có cát vàng thì có thể sử dụng đá nghiền (từ các loại đá cứng tự nhiên) theo yêu cầu kỹ thuật của TCXDVN 322: 2004.



Hình 22. Biểu đồ xác định thành phần hạt của cát

- Tổng hàm lượng các tạp chất của cát trong bê tông: sét, bùn, bụi, sunphat, kiềm, tạp chất hữu cơ không được vượt quá 5%. Tạp chất mica không được vượt quá 1,5%. Nếu tạp chất vượt quá quy định trên thì khả năng bám dính của xi măng lên bề mặt của cát bị giảm và do đó cường độ

của bê tông cũng bị giảm theo. Tạp chất sunphat và kiềm còn gây ăn mòn xi măng và cốt thép.

- Hàm lượng ôxit silic (SiO_2) của cát bê tông không được ít hơn 97%.

Cát nhân tạo (mạt đá granit) chỉ dùng cho những nơi không có cát thạch anh. Mạt đá granit hoặc mạt đá quáczit phải được rửa sạch bụi trước khi dùng. Tiêu chuẩn cỡ hạt vẫn phải tuân thủ như cát thạch anh.

5.2. Cốt liệu thô

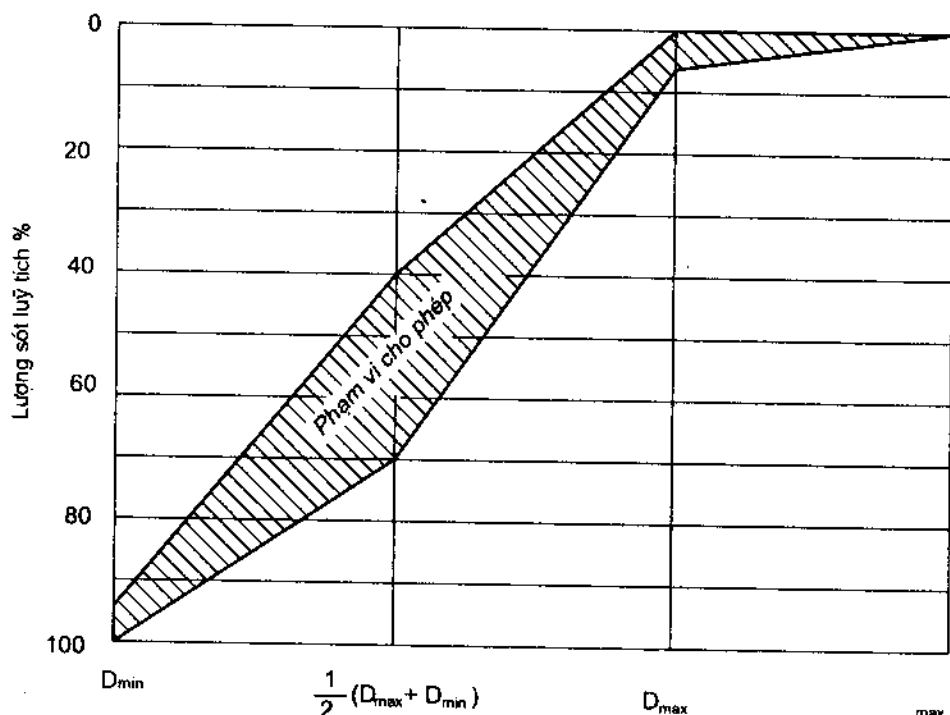
Cốt liệu thô cho bê tông là đá dăm hoặc sỏi cuội. Chất lượng cốt liệu thô được đánh giá bằng cường độ của đá, sỏi, cỡ hạt và hàm lượng tạp chất. Đá dăm, sỏi cuội càng sạch tạp chất càng tốt. Vì vậy mà người ta thường thổi sạch bụi, thậm chí phun nước rửa sạch đá, sỏi trước khi trộn bê tông.

Cốt liệu thô thường có cỡ hạt 5 đến 70mm. Ở Việt Nam thường sử dụng các cỡ hạt 10 – 20 mm gọi là đá 1 – 2, đá 2 – 4 (20 – 40mm) và đá 4 – 6 (40 – 60mm). Tùy theo loại bê tông, có thể sử dụng 1 trong 3 cỡ hạt trên hoặc chọn phối hợp 2 trong 3 loại. Bê tông đổ sàn, cột, dầm tiết diện nhỏ : 20 × 20, 15 × 15, 18 × 18 với cột và với dầm có tiết diện 15 × 20, 18 × 25, 20 × 30) thường dùng cỡ đá 1 – 2 (50%) và đá 2 – 4 (50%). Bê tông móng, cột, dầm tiết diện lớn thường dùng phối hợp cả 3 loại cỡ hạt trên, mỗi loại chiếm 1/3. Tuy nhiên đó chỉ là kinh nghiệm thực tế. Theo tiêu chuẩn và quy phạm của Nhà nước thì việc chọn kích thước của đá dăm hoặc sỏi cuội (Đ) phải tuân theo bảng 28 và hình 23 sau đây:

BẢNG 28

Kích thước sàng Đ	$1,25 D_{\max}$	$D_{\max}$	$\frac{1}{2} (D_{\max} + D_{\min})$	$D_{\min}$
Lượng trên sàng, %	5	25 – 55	40 – 70	0

Chúng ta cũng có thể chọn kích thước cốt liệu thô (đá dăm, sỏi cuội) theo quy định của TCVN 1771: 87 hoặc chọn theo biểu đồ cỡ hạt đá dăm mô tả trên hình 23.



Hình 23. Biểu đồ thành phần hạt tiêu chuẩn của cốt liệu lớn

Ví dụ: cần chọn 50% đá 1 – 2 và 50% đá 2 – 4 cho bê tông cốt thép đúc sẵn, cột cho nhà 4 tầng có diện tích xây dựng 50 – 60m², ta có:

$D_{\max} = 4\text{cm}$, $D_{\min} = 1\text{cm}$ và thành phần cỡ hạt đá như sau:

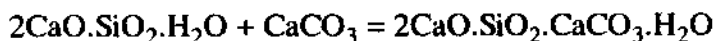
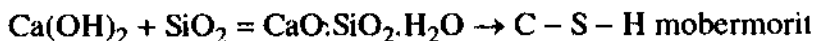
- Kích thước đá > 4cm phải là $\leq 5\%$
- Kích thước đá 2,5 cm ÷ 4 cm phải là 40 ÷ 70%, tức đá kích thước 2,5 – 4 cm là $(40 \div 70)/2 = 55\%$ và tổng thành phần các loại đá phải là 100% tức:

$$5\% \text{ đá } > 4 \text{ cm} + 55\% \text{ đá } 2,5 \div 4 \text{ cm} + 40\% \text{ đá } 1 \div 2,5 \text{ cm} = 100\%$$

Như vậy đá dăm cho bê tông nặng phải có nhiều cỡ hạt, trong đó đá từ 1 ÷ 4 cm phải chiếm 90%, còn lại đá > 4 cm và đá < 1 cm chỉ chiếm $\leq 10\%$. Đá cốt liệu thô có nhiều cỡ hạt thì diện tích bám dính xi măng càng lớn và cường độ của bê tông càng cao.

Sỏi cuội có cùng kích thước với đá dăm không tốt bằng đá dăm vì sỏi cuội có dạng hạt tròn nên tiết diện tiếp xúc với xi măng bé hơn đá dăm tuy rằng sỏi cuội phần lớn là đá thạch anh có bề mặt là ôxit silic (SiO_2) để

phản ứng với xi măng hơn đá vôi cacbonat, nhưng đá vôi cacbonat (đá canxit) lại có khả năng bám dính xi măng tốt hơn các loại đá khác do chúng có khả năng tạo thành các hợp chất đóng rắn sau :



Vì vậy nếu dùng sỏi cuội thì phải nhặt loại bỏ những hạt lép, hạt đen,... không phải là đá silic, các hạt này làm giảm khả năng bám dính xi măng.

5.3. Nước trộn vữa bê tông

Nước cũng là nguyên liệu để chế tạo bê tông, vì nó chiếm tới 16 – 20% tùy theo chủng loại bê tông, xi măng và các loại cốt liệu của nó. Cốt liệu thô từ sỏi cuội ít cần nước hơn đá dăm vì đá dăm có diện tích bề mặt và độ xốp lớn hơn sỏi cuội.

Nước để trộn bê tông phải là nước máy hoặc nước giếng đạt tiêu chuẩn nước sinh hoạt (ít muối khoáng có hại và $\text{pH} = 7 - 10$). Nước sông loại trong và ít muối khoáng có hại cũng có thể dùng để trộn bê tông. Nước giếng khoan có nhiều hydrôxit sắt và muối khoáng nên không dùng được để trộn bê tông. Nước biển có nhiều muối khoáng nên cũng không dùng được cho chế tạo bê tông. Nước để trộn bê tông và vữa xây dựng có thể lấy theo TCXDVN 302: 2004.

Theo kinh nghiệm, nên chọn nước có độ $\text{pH} = 7 \div 10$ là an toàn vì theo viện sỹ Pashenco A. [4]: bê tông nặng có độ xốp trung bình có thể bị ăn mòn từ nước có độ $\text{pH} \leq 6,5$, còn nước có độ $\text{pH} \leq 4 - 4,9$ có thể phá hủy bê tông nặng có độ xốp nhỏ. Vì vậy không nên sử dụng nước có $\text{pH} = 4 - 5$ để trộn bê tông, nhất là bê tông cốt thép để tránh ăn mòn. Nước có độ $\text{pH} \geq 12$ thì chỉ nên dùng cho bê tông từ xi măng – xỉ lò cao để kích thích khả năng hoạt tính của xỉ, đối với bê tông – xi măng PC thì nước có độ $\text{pH} \geq 11$ có thể làm chậm quá trình đóng rắn bê tông hoặc gây đóng rắn quá nhanh kèm theo nhiều khuyết tật về cấu trúc.

5.4. Các loại phụ gia cho bê tông

Phụ gia cũng là nguyên liệu của bê tông mặc dù tỷ lệ sử dụng của nó rất ít, từ $0,1 \div 1\%$, tùy loại. Theo chức năng làm việc, người ta có thể phân chia phụ gia ra một số loại như sau:

– Phụ gia dẻo hoá bê tông: đây là loại phụ gia sử dụng rộng rãi nhất, bao gồm các loại : Lignosulfonat natri, Sunfonaphtalen, Sakcaro – Kali cacbonat, CDB, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_3BO_3 ,...

– Phụ gia thúc đẩy quá trình đông rắn bê tông: KDT_2 , BaCl_2 , SiKa,...

– Phụ gia tạo bọt xốp: bột nhôm, Sunphanol, GKG,...

Tất cả các loại phụ gia trên trước khi sử dụng đều phải qua thí nghiệm để chọn lựa tỷ lệ thích hợp và nghiên cứu ảnh hưởng của nó đối với quá trình phát triển cường độ của bê tông và ảnh hưởng đối với cốt thép,... Nên sử dụng hỗn hợp 2 hoặc 3 loại phụ gia để phát huy ưu điểm và hạn chế tác dụng xấu của chúng.

Nói chung, phụ gia thường có tác dụng 2 mặt trái ngược nhau, ví dụ phụ gia dẻo hoá thì thường làm chậm phát triển cường độ 3 ngày và 7 ngày của bê tông, phụ gia tăng cường độ của bê tông có thể làm giảm sút cường độ về sau do quá trình tái cấu trúc của đá bê tông. Đó là tính chất 2 mặt của phụ gia. Vì vậy muốn sử dụng phải qua bước nghiên cứu để chọn lựa chủng loại và tỷ lệ phù hợp.

6. TÍNH CẤP PHỐI CỦA BÊ TÔNG NẶNG THEO MÁC THIẾT KẾ ĐỊNH TRƯỚC

6.1. Nội dung của việc tính toán cấp phối thành phần bê tông nặng

Thông qua các thí nghiệm và các quy trình kiểm tra chất lượng, chúng ta đã xác định được cường độ nén (R_{28}) của xi măng, chất lượng của nước, cát vàng và đá đầm dặt yêu cầu chế tạo bê tông, công việc tiếp theo là cần tính thành phần cấp phối của chúng để đạt mác thiết kế yêu cầu.

Tuy nhiên, trước khi tính cấp phối cần nắm được một số nội dung sau:

- Mác (cường độ nén) của xi măng bao giờ cũng cao hơn mác của bê tông 1 mác, tức 100 kg/cm^2 vì cát để trộn vữa tạo mẫu thử mác xi măng là cát rất sạch và có cỡ hạt theo tiêu chuẩn TCVN – 139 – 1991 (phù hợp với tiêu chuẩn Quốc tế), là cát đa cỡ hạt, có hàm lượng ôxit silic

(SiO_2) $\geq 98\%$ còn cát làm cốt liệu mịn và đá dăm làm cốt liệu thô cho bê tông không được sạch như cát tiêu chuẩn tuy cũng là loại đa cỡ hạt nhưng thành phần cỡ hạt của chúng dao động lớn.

- Tỷ lệ nước cho cấp phối bê tông lớn hơn tỷ lệ nước trộn vữa tạo mẫu thử cường độ xi măng.

- Điều kiện tạo mẫu thử mác (cường độ) của xi măng khác hơn điều kiện tạo mẫu thử cường độ nén của bê tông, v.v... Đó là chưa tính đến các yếu tố dao động về độ ẩm của các loại cốt liệu.

Với những lý do đó chúng ta không thể chế tạo mác bê tông bằng mác xi măng.

Cũng vì những lý do trên mà không thể tính chọn cấp phối thành phần bê tông để có được mác đúng 100% như mác thiết kế định trước. Vì vậy phải làm thí nghiệm để hiệu chỉnh lại sai số của tỷ lệ tính toán cấp phối, mặc dù các công thức tính toán cũng đều được thiết lập xuất phát từ thực tế.

Trước khi tính cấp phối cần phải xác định độ ẩm tự nhiên của các cốt liệu để khi tính lượng nước cần thiết trộn vữa cần trừ đi tổng lượng nước sẵn có trong cát và đá dăm. Các số liệu khác ban đầu cần có là R_b – mác thiết kế của bê tông, R_{xi} – cường độ của xi măng đóng rắn 28 ngày, độ linh động (hay độ sụt) cần có của vữa bê tông, khối lượng thể tích của xi măng, cát, đá dăm và tỷ trọng (khối lượng riêng) của chúng.

6.2. Các công thức tính cấp phối bê tông nặng

* Công thức của SCRAMTAEV V.G [3]

Công thức này được thành lập trên cơ sở chấp nhận tổng thể tích tuyệt đối của các thành phần bê tông trong 1 m^3 bằng thể tích 1 m^3 vữa bê tông được lèn chặt, tức trong $1 \text{ m}^3 = 1000$ lít bê tông có tất cả 4 thành phần: xi măng, cát vàng, đá dăm (hoặc sỏi cuội) và nước. Tổng khối lượng của 4 thành phần này khoảng $2400 \pm 100 \text{ kg}$.

Cramtaev phân biệt 2 trường hợp sau [3]:

- Trường hợp bê tông có tỷ lệ xi măng/nước: $X_i/N \leq 2,5$ thì:

$$R_b = A \cdot R_{xi} \left(\frac{X_i}{N} - 0,5 \right), \text{ tức } \frac{X_i}{N} = \frac{R_b}{A \cdot R_{xi}} + 0,5 \quad (32)$$

- Đối với các bê tông có tỷ lệ $X_i/N > 2,5$ thì:

$$R_b = A_1 \cdot R_{xi} \left(\frac{X_i}{N} + 0,5 \right), \text{ tức } \frac{X_i}{N} = \frac{R_b}{A_1 \cdot R_{xi}} - 0,5 \quad (33)$$

Ở đây R_b là cường độ 28 ngày (mác) của bê tông thiết kế ($R_{b,28}$), kG/cm^2 .

R_{xi} là cường độ 28 ngày đóng rắn và xi măng dùng để thiết kế mác bê tông (R_{xi28}), kG/cm^2

X_i là khối lượng xi măng (kg), N – là lượng nước (lít = kg)

A và A_1 là hệ số đặc trưng cho cốt liệu, lấy theo bảng 29 [7].

Cần lưu ý rằng R_{xi} không phải là mác xi măng ghi trên vỏ bao mà là cường độ 28 ngày đóng rắn của mẫu đại diện của lô xi măng có tại công trường xây dựng tại thời điểm thiết kế mác của bê tông.

BẢNG 29

Loại cốt liệu (chất lượng)	A	A ₁
Cốt liệu chất lượng cao	0,65	0,43
Cốt liệu chất lượng trung bình	0,60	0,40
Cốt liệu chất lượng kém	0,55	0,37

Mặt khác, theo Volcov M.I. [7] lượng nước cần thiết để trộn vữa bê tông phụ thuộc vào kích thước lớn nhất của đá dăm hoặc sỏi cuội và độ sụt của vữa bê tông và có thể chọn theo bảng 30 sau đây:

BẢNG 30. LƯỢNG NƯỚC CỦA 1M³ BÊ TÔNG NẶNG VÀ SỰ PHỤ THUỘC CỦA NÓ VÀO ĐỘ SỤT VÀ KÍCH THƯỚC LỚN NHẤT CỦA CỐT LIỆU THÔ

Độ sụt của vữa bê tông (cm)	Thời gian ngừng sụt (giờ) (độ cứng)	Kích thước lớn nhất của cốt liệu thô, mm					
		Đá dăm			Sỏi cuội		
		10	20	40	10	20	40
0	150 – 200	155 lít	145	130	145	130	120 lít
0	90 – 120	160	150	135	150	135	125
0	60 – 80	170	160	145	160	145	130
0	20 – 50	175	165	150	165	150	135
0	15 – 20	185	175	160	175	160	145
1	15 – 20	195	185	170	185	170	155
2 – 2,5	15 – 20	200	190	175	190	175	160
3 – 4	15 – 20	205	195	180	195	180	165
5	15 – 20	210	200	185	200	185	170
7	15 – 20	215	205	190	205	190	175
8	15 – 20	220	210	195	210	195	180
10 – 12	15 – 20	225	215	200	215	200	190

Theo Scramtaev V.G, tổng thể tích của 4 thành phần bê tông nặng được lèn chặt trong thể tích 1 m³ hay 1000 lít nên chúng ta còn có công thức như sau:

$$\frac{X_i}{\gamma_{Xi}} + \frac{Đ}{\gamma_d} + \frac{C_t}{\gamma_c} + \frac{N}{\gamma_N} = 1000 \quad (34)$$

Ở đây

– X_i là khối lượng xi măng, γ_{Xi} là khối lượng thể tích của xi măng (đối với xi măng PC $\gamma_{Xi} = 1,25 \pm 0,01$, với xi măng PCB $\gamma_{Xi} = 1,23 \pm 0,01$).

– $Đ$ là khối lượng đá dăm hoặc sỏi cuội, γ_d là khối lượng thể tích của đá/sỏi.

– C_1 là khối lượng cát, γ_c là khối lượng thể tích của cát;

– N là lượng nước (lít), γ_N là tỷ trọng của nước ($\gamma_N = 1 \text{ kg/l}$)

(Đối với đá vôi cỡ 1 – 2: $\gamma_d = 1,40 - 1,45$; đá vôi cỡ 2 – 4: $\gamma_d = 1,46 - 1,48$; sỏi cuội cỡ 1 – 2: $\gamma_d = 1,38 - 1,40$).

Cát vàng cỡ hạt trung bình $\gamma_c = 1,32 - 1,34$, cát cỡ hạt lớn $\gamma_c = 1,34 - 1,35$, cát cỡ hạt bé $\gamma_c = 1,25 - 1,30$).

* Công thức của Volcov M.I [7, 11]

Theo Volcov M.I., đối với những bê tông có tỷ lệ $N/X_i > 0,40$ và với chất lượng trung bình của các cốt liệu thì cường độ 28 ngày (R_b) có thể tính như sau:

$$R_b = 0,6 R_{X_i} \left(\frac{N}{X_i} - 0,5 \right) \text{ hay } \frac{N}{X_i} = \frac{1,2.R_{X_i}}{(2R_b + 0,6R_{X_i})} \quad (35)$$

Từ công thức (35), rút ra công thức tính lượng xi măng (X_i) như sau (theo Volcov):

$$X_i = N \cdot \left(\frac{2R_b + 0,6R_{X_i}}{1,2R_{X_i}} \right) \quad (36)$$

$$\text{hoặc (theo Scramtaev) } X_i = N \cdot \left(\frac{R_b + 0,5A.R_{X_i}}{A.R_{X_i}} \right) \quad (37)$$

Các thành phần đá dăm (sỏi cuội) và cát tính như sau:

$$D = \frac{1000}{V_d \cdot \frac{K_T}{\gamma_d} + \frac{1}{\gamma_{od}}} \quad (38)$$

$$C_1 = \left[1000 - \left(\frac{X_i}{\gamma_{ox_i}} + \frac{D}{\gamma_{od}} + \frac{N}{1} \right) \right] \cdot \gamma_{o.c} \quad (39)$$

Ở đây:

– R_b, R_{xi} là cường độ 28 ngày của bê tông (mác bê tông thiết kế) và cường độ 28 ngày của xi măng theo thí nghiệm kiểm tra ở công trường hoặc thuê tư vấn kiểm định lại.

– K_T là hệ số dư thừa của bê tông để lèn chặt khuôn cốp – pha cấu kiện, γ_{oxi} , γ_{od} và $\gamma_{o,c}$ là tỷ trọng (khối lượng riêng); đối với đá vôi $\gamma_{od} = 2,65 - 2,66$, đối với cát vàng hàm lượng silic $\geq 96\%$, $\gamma_{o,c} = 2,63$.

– V_d là độ xốp của đá dăm/sỏi cuội được tính theo công thức sau:

$$V_d = \left(1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_{o,d}} \right) \quad (40)$$

Hệ số K_T lấy theo bảng 31.

BẢNG 31

Khối lượng xi măng cho 1 m ³ bê tông (kg)	Hệ số K_T	
	Đá dăm	Sỏi cuội
Khoảng ≈ 250	1,30	1,34
≈ 300	1,36	1,42
≈ 350	1,42	1,48
≈ 400	1,47	1,52

6.3. Thứ tự tính cấp phối thành phần bê tông nặng

6.3.1. Chuẩn bị những thông số đầu vào

– Cần xem xét, lựa chọn mác bê tông phù hợp với các cấu kiện của công trình và những cấu kiện xây dựng trong một công trình có chung một loại mác bê tông và độ sụt.

– Xác định khối lượng thể tích của xi măng, cát, đá/ sỏi: Việc xác định khối lượng thể tích (γ) của các nguyên liệu phục vụ cho việc tính cấp phối bê tông có thể thực hiện tại công trường xây dựng. Dụng cụ đo đặc bao gồm 1 cân kỹ thuật có độ chính xác tới 0,01 kg và một chiếc xô 3 hoặc 5 lít. Đá, sỏi, cát trước khi tiến hành xác định γ cần phơi ngoài

không khí trong điều kiện trời không mưa hoặc dàn mỏng ra trên nền nhà chỗ thoáng gió trong khoảng 2 giờ để cát ẩm không bị vón cục lại.

Nhẹ nhàng lấy xẻng xúc cát hoặc đá/ sỏi đổ nhẹ vào xô (hoặc gầu tôn) không rung, lắc. Gạt bằng miệng xô hoặc gầu và đặt xô lên cân. Ghi lại kết quả trọng lượng cả xô và cát hoặc đá đến độ chính xác ± 10 gam. Đổ cát hoặc đá ra, lấy chổi quét sạch xô (hoặc gầu tôn) rồi cân xô không có liệu, ghi trọng lượng của xô với độ chính xác ± 10 g. Cuối cùng đổ nước sạch đầy miệng xô, cân xô có đầy nước và ghi lại kết quả với độ chính xác như trên.

Tính khối lượng của cát hoặc đá, xi măng:

$$\gamma_i = \frac{G_1 - G_0}{G_2 - G_0} \quad \text{kg/l} \quad (41)$$

Ở đây γ_i là khối lượng thể tích của nguyên liệu: xi măng, cát, đá

- G_0 là khối lượng xô hoặc gầu (không có liệu)
- G_1 là khối lượng của xô và liệu đầy bằng miệng
- G_2 là khối lượng của xô chứa đầy nước.

Hiệu $G_2 - G_0$ là khối lượng nước nhưng đó là dung tích của xô (lít)

vì tỷ trọng của nước = $1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$.

- Xác định độ ẩm của cát, đá ở nơi không có tủ sấy: dùng chảo hoặc nồi nhôm có miệng rộng. Cân chính xác 1 kg cát đổ vào chảo, rang khô cát cho đến khi cát chảy dễ dàng (thời gian rang khoảng 1 – 2 giờ, tùy theo cát ẩm nhiều hay ít). Để cát nguội, cân lại lượng cát khô và ghi khối lượng của cát khô. Độ ẩm của cát tính như sau:

$$W = \frac{g_1 - g_0}{g_1} \times 100 (\%) \quad (42)$$

Ở đây w là độ ẩm cát, g_1 là khối lượng cát ẩm ($g_1 = 1000$ gam), g_0 là khối lượng cát khô. Cân tính độ ẩm của cát và đá để xác định được lượng nước ngậm trong cát và đá.

Đối với đá hoặc sỏi nếu không bị mưa rào ngấm ướt độ ẩm của chúng chỉ là 3%. Trường hợp bị mưa rào ngấm ướt hoặc phun nước để rửa sạch mùn, bụi thì độ ẩm của chúng cũng chỉ đến 4%. (Độ ẩm của cát có thể đến 10% nếu bị mưa ướt).

– Làm thí nghiệm (hoặc thuê viện, công ty, trung tâm kiểm định chất lượng của VLXD) để xác định cường độ của xi măng trước lúc tính cấp phối bê tông.

Trường hợp các công trình xây dựng nhỏ (xây dựng nhà ở của dân, diện tích mặt bằng xây dựng không quá $50 \div 60 \text{ m}^2$, số tầng không quá 5) thì có thể lấy mác làm cường độ 28 ngày (R_{28}) đối với xi măng lò quay khô thời gian xuất xưởng ghi trên vỏ bao đến ngày sử dụng không quá 45 ngày và không bị vón cục. Ví dụ mác PCB – 30 thì lấy trị số $R_{Xi} = 300 \text{ kG/cm}^2$, mác PC – 40 thì $R_{Xi} = 400 \text{ kG/cm}^2$. Phần cường độ cao hơn mác xem như là hệ số an toàn.

Riêng đối với xi măng lò đứng thì phải kiểm tra lại cường độ, vì xi măng lò đứng có hệ số an toàn mác thấp và thời gian lưu kho lâu hơn xi măng lò quay. Trường hợp không thể chờ đến kết quả 28 ngày đóng rắn thì cần phải lấy kết quả của mẫu R_3 và R_7 để kiểm tra chất lượng. Nếu $R_3 \geq 160 \text{ kG/cm}^2$ và $R_7 \geq 240 \text{ kG/cm}^2$ thì có thể lấy $R_{Xi} = 300 \text{ kG/cm}^2$ và phải lấy hệ số an toàn cho mác bê tông không ít hơn 10% xi măng so với kết quả tính toán.

6.3.2. Một số ví dụ hướng dẫn tính cấp phối thành phần bê tông nặng

* Ví dụ 1: Cho số liệu ban đầu như sau:

- Cường độ nén 28 ngày của xi măng PCB – 30 lò quay $R_{Xi} = 350 \text{ kG/cm}^2$

- Khối lượng thể của đá dăm cỡ 1 – 2 cm là $\gamma_d = 1,43 \text{ kg/l}$ và tỷ trọng của vôi $\gamma_{od} = 2,65 \text{ kg/l}$.

- Khối lượng thể tích của cát vàng cỡ hạt loại vừa $\gamma_C = 1,32 \text{ kg/l}$ và $\gamma_{oc} = 2,63 \text{ kg/l}$.

- Cho khối lượng riêng trung bình của xi măng PCB là $\gamma_{oXi} = 3,05 \text{ kg/l}$.

Cần tính cấp phối vữa bê tông có độ sụt = 8 cm để đổ cột nhà 5 tầng, diện tích mặt bằng xây dựng 50 m^2 qua 28 ngày bảo dưỡng đạt mác $R_b = 250 \text{ kG/cm}^2$.

– Xác định lượng nước của vữa bê tông:

Tra bảng 30, đối với cốt liệu đá dăm cỡ hạt lớn nhất 20 mm và tương ứng độ sụt 8 cm (không sử dụng phụ gia dẻo hoá) là 210 lít. Như vậy $N = 210$ cho 1 m^3 bê tông.

+ Tính khối lượng xi măng PCB – 30 với $R_{X_i} = 350 \text{ kG/cm}^2$

• Tính theo công thức (36) của Volcov, ta có:

$$X_i = N \left(\frac{2R_b + 0,6R_{X_i}}{1,2R_{X_i}} \right) = 210 \left(\frac{2.250 + 0,6.350}{1,2.350} \right) = 355 \text{ kg/ } 1\text{m}^3\text{b.t}$$

• Tính theo công thức (37) của Scramtaev, ta có:

$$X_i = N \cdot \left(\frac{R_b + 0,5A \cdot R_{X_i}}{A \cdot R_{X_i}} \right) = 210 \cdot \left(\frac{250 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 350}{0,6 \cdot 350} \right) = 355 \text{ kg/ } 1\text{m}^3\text{b.t}$$

Ở đây hệ số A tra bảng 29 với cốt liệu chất lượng trung bình $A = 0,60$.

Như vậy lượng xi măng PCB – 30 ($R_{X_i} = 350 \text{ kG/cm}^2$) tính theo 2 công thức của 2 tác giả đều cho kết quả giống nhau.

+ Tính khối lượng của đá dăm cỡ hạt 1 – 2 (10 – 20 mm) với $\gamma_d = 1,43$ và $\gamma_{od} = 2,65$. Chúng ta có công thức (38):

$$D = \frac{1000}{V_d \cdot \frac{K_T}{\gamma_d} + \frac{1}{\gamma_{o,d}}} \text{ trong đó}$$

$$V_d = \left(1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_{od}} \right) \text{ là độ xốp của đá dăm đồ đông}$$

$$V_d = \left(1 - \frac{1,43}{2,65} \right) = 0,46 \text{ tức } 46\%$$

Tìm trị số K_T , chúng ta tính được lượng xi măng cho 1 m^3 bê tông là 355 kg. Tra bảng 28 với cốt liệu đá dăm ta có $K_T = 1,42$.

$$\text{vậy } D = \frac{1000}{0,46 \cdot \frac{1,42}{1,43} + \frac{1}{2,65}} = 1199 \text{ kg/l m}^3 \text{ b.t} \approx 1200 \text{ kg}$$

+ Tính lượng cát vàng - C_i :

Chúng ta áp dụng công thức (39):

$$C_i = \left[1000 - \left(\frac{X_i}{\gamma_{oX_i}} + \frac{D}{\gamma_{od}} + \frac{N}{1} \right) \right] \gamma_{o.c} =$$

$$\left[1000 - \left(\frac{355}{3,05} + \frac{1199}{2,65} + \frac{210}{1} \right) \right] \cdot 2,63 = [1000 - (116,39 + 452,24 + 210)] \cdot 2,63 = 582 \text{ kg/m}^3 \text{ bt.}$$

Như vậy tổng khối lượng 4 thành phần của 1 m^3 bê tông mác 250 là:

$$G = 355 \text{ kg } X_i + 1199 \text{ kg đá} + 582 \text{ kg cát} + 210 \text{ kg nước} = 2346 \text{ kg/m}^3, \text{ lấy tròn là } 2350 \text{ kg/m}^3.$$

Trên cơ sở kết quả tính được nên làm mẫu thí nghiệm để kiểm tra lại. Mẫu thí nghiệm làm 9 mẫu $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ và thử luôn đổ sục. Từ kết quả tính lại cho 35 lít vữa bê tông bởi vì tổng thể tích 9 mẫu là $9 \times 1,5 \times 1,5 \times 1,5 = 30,375 \approx 30,5 \text{ lít}$.

Khối lượng bê tông cho 9 mẫu thử trên là: $30,5 \times 2,35 \text{ kg/l} = 71,68 \text{ kg}$.
Cần tính cho 35 lít để trừ hao hụt: $35 \text{ lít} \times 2,35 \text{ kg/l} = 82,25 \text{ kg}$, chọn 82kg để tính cấp phối vữa thí nghiệm.

$$1. X_i = \frac{355 \text{ kg}}{1000 \text{ l}} \times 35 \text{ l} = 12,425 \text{ kg}$$

$$2. \text{Đá} = \frac{1199 \text{ kg}}{1000 \text{ l}} \times 35 \text{ l} = 41,965 \text{ kg} \quad \sum_1^4 = 82 \text{ kg cho 9 mẫu thử}$$

$$3. \text{Cát} = \frac{582 \text{ kg}}{1000 \text{ l}} \times 35 \text{ l} = 20,370 \text{ kg}$$

$$4. \text{Nước} = \frac{210}{1000} \times 35 = 7,35 \text{ kg (vì tỷ trọng của nước} = 1 \text{ kg/l)}.$$

Cần lưu ý $N = 210$ lít là chưa trừ lượng nước do cát ẩm. Vì vậy lúc trộn mẫu thí nghiệm không nên rót đủ 7,35 l lần. Lúc đầu chỉ cho 6 lít, trộn 2 – 3 phút thấy vừa còn khô thì cho thêm từng ít một cho đến khi vừa khá dẻo thì thử độ sụt ngay. Nếu chưa đạt độ sụt cần thiết thì mới đổ đủ 7,35 lít.

Nếu cường độ nén của mẫu 7 ngày dưỡng ẩm đạt từ 75 – 80% mức thì mẫu 28 ngày có thể sẽ đạt mức bê tông thiết kế.

**Ví dụ 2:* Biết chất lượng cốt liệu đá dăm và cát vàng vào loại trung bình, trong đó đá sử dụng 50% đá 1 – 2 (10 – 20 mm) và 50% đá 2 – 4 (20 – 40 mm), cát có độ lớn modul cỡ hạt loại thô ($M_K = 3,2 - 2,5$), cường độ (R_{xi}) xi măng mác (PC – 40) 28 ngày đóng rắn là 440 kg/cm^2 . Cần tính cấp phối vữa bê tông nặng đạt mác M.30 (300 kg/cm^2) có độ sụt = 7 cm để đổ móng và dầm móng nhà 5 tầng (sau khi ép cọc bê tông) có diện tích mặt bằng xây dựng 70 m^2 .

– Chúng ta có các thông số ban đầu như sau (bảng 32)

BẢNG 32

R_b	R_{xi}	$\gamma_{0,xi}$	γ_{xi}	$\gamma_{0,s}$	γ_s	$\gamma_{0,c}$	γ_c	Độ sụt	A
$300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$440 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	3,10	1,25	2,65	1,46	2,63	1,34	7 cm	0,6

– Xác định lượng nước cho trộn vữa bê tông không có phụ gia dẻo hoá:

Tra bảng 30 với cốt liệu thô là đá dăm cỡ hạt lớn nhất là 40 mm và tương ứng với độ sụt của vữa bê tông bằng 7 cm, ta tìm được lượng nước cần để trộn 1 m^3 vữa bê tông trên là 190 lít.

$$N = 190 \text{ lít}$$

Tra bảng 29 với cốt liệu chất lượng trung bình ta có hệ số A của công thức (37) tính lượng xi măng PC – 40 là $A = 0,6$ đã ghi trong bảng 32.

– Tính khối lượng xi măng PC – 40 với cường độ 28 ngày $R_{Xi} = 440$ kG/cm².

- Tính theo công thức (37) của Scramtaer ta có:

$$X_i = N \left(\frac{R_b + 0,5A.R_{Xi}}{A.R_{Xi}} \right) = 190 \left(\frac{300 + 0,5.0,6.440}{0,6.440} \right) = 311 \text{ kg/1 m}^3 \text{bt.}$$

- Tính theo công thức (22) của Volcov, ta có:

$$X_i = N \left(\frac{2R_b + 0,6R_{Xi}}{1,2R_{Xi}} \right) = 190 \left(\frac{2.300 + 0,6.440}{1,2.440} \right) = 311 \text{ kg/1 m}^3 \text{ B.T.}$$

Như vậy việc tính lượng xi măng cho 1 m³ bê tông bằng 2 công thức của 2 tác giả trên đều cho kết quả giống nhau. Vậy chúng ta có thể tính theo một trong hai công thức đều được.

Ở đây nếu so sánh kết quả tính lượng xi măng với ví dụ 1, có thể thấy lượng xi măng cho mác bê tông thấp hơn ($R_b = 250$) nhưng lại nhiều hơn lượng xi măng cho mác bê tông cao hơn ($R_b = 300$).

Sở dĩ như vậy là vì những lý do sau: lượng xi măng bám dính vào cốt liệu bê tông tỷ lệ thuận với bề mặt của chúng. Ở ví dụ 1, sử dụng cốt liệu mịn là cát có modun cỡ hạt trung bình nên có diện tích bề mặt riêng (tỷ diện) lớn hơn tỷ diện của cát có modun cỡ hạt lớn của ví dụ 2. Cũng tương tự, tỷ diện của đá 1 – 2 lớn hơn tỷ diện của đá 2 – 4 của ví dụ 2 (có 50% đá 2 – 4).

Lý do thứ 2 là cường độ của bê tông (cũng như xi măng) tỷ lệ nghịch với lượng nước dùng để trộn vữa. Tại ví dụ 1 lượng nước là 210 lít, lượng nước của ví dụ 2 chỉ có 190 lít.

Lý do thứ 3 là cường độ R_{Xi} của ví dụ 1 chỉ có 350 kG/cm², R_{Xi} của ví dụ 2 là 440 kG/cm², cao hơn 90 kG/cm² do vậy cũng đòi hỏi xi măng ít hơn.

Nếu trường hợp sử dụng xi măng PC – 40 với $R_{xi} = 440 \text{ kG/cm}^2$ để chế tạo bê tông mác $R_b = 250 \text{ kG/cm}^2$ với các loại cốt liệu như ví dụ 2 thì nhu cầu nước với độ sụt 8 cm chỉ là 195 lít và lượng xi măng PC – 40 chỉ cần $282 \text{ kg} < 355 \text{ kg}$.

Quả vậy:

$$X_i = 195 \left(\frac{2.250 + 0,6.440}{1,2 \times 440} \right) = 282 \text{ kg/1 m}^3 \text{ mác 250.}$$

– Tính lượng đá dăm (với 50% đá 1 – 2 và 50% đá 2 – 4):

Chúng ta áp dụng công thức (38) và công thức (40):

$$v_d = \left(1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_{od}} \right) = \left(1 - \frac{1,46}{2,65} \right) = 0,45$$

$$\text{Tra bảng 31 chúng ta có } K_T = 1,36 + \left(\frac{1,42 - 1,36}{50} \right) \times 11 = 1,372$$

Vậy khối lượng đá dăm gồm 50% đá 1 – 2 và 50% đá 2 – 4 cho 1 m^3 bê tông trên là:

$$D = \frac{1000}{v_d \cdot \frac{K_T}{\gamma_d} + \frac{1}{\gamma_{o,d}}} = \frac{1000}{0,45 \cdot \frac{1,372}{1,46} + \frac{1}{2,65}} = 1250 \text{ kg}$$

– Tính khối lượng cát:

$$C_1 = \left[1000 - \left(\frac{X_i}{\gamma_{oX_i}} + \frac{D}{\gamma_{od}} + \frac{N}{1} \right) \right] \cdot \gamma_{o,c} =$$

$$\left[1000 - \left(\frac{311}{3,1} + \frac{1250}{2,65} + 190 \right) \right] \cdot 2,63 = 626 \text{ kg}$$

Tổng khối lượng 4 thành phần 1 m^3 bê tông M.300 là:

$$311 + 1250 + 626 + 190 = 2377 \text{ kg/1 m}^3 \text{ lấy tròn } 2380 \text{ kg/m}^3 \text{ BT.}$$

Từ 2 ví dụ tính cấp phối cho 2 loại mác bê tông trên, chúng ta có thể rút ra nhận xét rằng:

- Cân chuẩn bị các nguyên liệu đầu vào đồng nhất (không có loại xấu, loại tốt lẫn lộn sẽ khó khăn trong việc xác định độ ẩm và khối lượng thể tích của chúng).

- Tra bảng để tìm các hệ số A , A_1 , K_T , lượng nước cần thiết phải thận trọng, chính xác.

- Thứ tự tính: đầu tiên tra bảng 31 để xác định lượng nước cho 1 m^3 bê tông, bước 2 xác định lượng xi măng, sau đó xác định lượng đá dăm (hoặc sỏi), cuối cùng tính lượng cát. Kích thước cỡ hạt đá, sỏi, cát phải được lấy mẫu đại diện để đo và cân đo luôn khối lượng thể tích của từng loại: xi măng, đá, cát, vì chúng là số liệu đầu vào.

- Cường độ của xi măng phải được kiểm tra cẩn thận.

- Lượng xi măng tính được cần phải nhân với hệ số an toàn $K_a = 1,05 \div 1,10$ khi thi công.

- Khi thi công, lượng nước tính được phải trừ đi độ ẩm của cát. Ví dụ:

$$N_T = 190 \text{ lít} \quad N_{wc} = C_{1,w} \times \frac{w\%}{100} \text{ thì lượng nước thi công sẽ là :}$$

$$N_{T.C} = N_T - C_{1,w} \times \frac{w}{100} \text{ ở đây } N_{T.C} \text{ là nước thi công, } w \text{ là độ ẩm của cát (\%).}$$

- Vì cát thường ẩm, có khi tới 5 – 10% nên lượng cát cũng phải bù thêm đúng bằng độ ẩm của nó. Ví dụ lượng cát tính được là 600 kg với độ ẩm tự nhiên không quá 3%. Nhưng khi trời mưa, độ ẩm của nó tới 7% thì lượng cát phải bù là $\frac{600.(7 - 3)}{100} = 24 \text{ kg}$.

Trong tính toán thiết kế mác bê tông bao giờ cũng phải sử dụng xi măng cao hơn một mác. Vì khi thí nghiệm xác định cường độ hay mác của xi măng luôn sử dụng cốt liệu cát tiêu chuẩn (chất lượng tốt, rất sạch tạp chất, hàm lượng $\text{SiO}_2 \geq 97\%$, có nhiều cỡ hạt theo quy định của tiêu chuẩn, độ ẩm $< 1\%$,...) với tỷ lệ khối lượng 1 xi măng/3 cát, tỷ lệ Nước/xi măng luôn luôn bằng 0,50, tức tỷ lệ xi măng luôn luôn có $1/(3 + 1 + 0,5) = 22,22\%$, trong khi đó tỷ lệ xi măng trong bê tông chỉ chiếm từ 8 đến cao nhất là 20% mà tỷ lệ nước trong bê tông thường chiếm hơn 50%

so với xi măng. Thêm vào đó, quy trình đúc rót, lèn chặt vữa bê tông vào khuôn “cốp – pha” không thể đạt chuẩn như lèn chặt đúc mẫu $4 \times 4 \times 16$ cm để thử cường độ nén (mác) của xi măng, quy trình bảo dưỡng mẫu thử mác xi măng được nghiêm túc thực hiện theo quy định của TCVN, còn quy trình bảo dưỡng mẫu thử mác bê tông không đảm bảo được đầy đủ điều kiện như thử nghiệm mẫu xi măng. Tất cả các dữ liệu và điều kiện trên đây đòi hỏi phải chọn xi măng cao hơn mác bê tông thiết kế 1 mác.

Những điều kiện công nghệ, thiết bị hiện đại hiện nay và nguyên liệu hiện có tại Việt Nam cũng như ở hầu hết các nước trên thế giới mới cho phép sản xuất được xi măng PC với mác cao nhất là M.60, tức cường độ 28 ngày của xi măng thử theo TCVN – 2682 – 2008 hay ISO 679 – 1985 (E) chỉ đạt từ 600 đến 650 kG/cm². Đó là kết hợp cả việc chọn lựa nguyên liệu, giải pháp đảm bảo chất lượng clinker tốt nhất và giải pháp tăng độ mịn của xi măng lên $3500 \div 3600$ cm²/g. Còn trong sản xuất đại trà thì xi măng đạt mác PC – 50 đã là rất tốt. Để có bê tông đạt mác M600 thì phải sử dụng thêm cả phụ gia tăng cường độ của bê tông và tăng lượng xi măng trong phạm vi cho phép. Trong xây dựng sử dụng bê tông mác M500 là cao nhất.

7. KỸ THUẬT CHẾ TẠO BÊ TÔNG NẶNG

Kỹ thuật chế tạo bê tông bao gồm các công việc sau:

7.1. Kiểm tra chất lượng của các nguyên liệu đầu vào và xác định các thông số kỹ thuật của chúng

Đây là công việc khá quan trọng quyết định đến chất lượng của bê tông nặng, bao gồm các việc sau:

- Kiểm tra cường độ nén 3, 7 và 28 ngày của xi măng (xem mục 3.1.8);
- Kiểm tra chất lượng đá dăm: chất lượng của đá dăm gồm có các chỉ tiêu như:
 - Cường độ nén của đá trong trạng thái bão hoà nước không dưới 600 kG/cm². (Để đá có nước bão hoà người ta rửa mẫu đá kích thước $15 \times 15 \times 15$ cm rồi đem ngâm các viên đá (3 viên) trong nước 50 – 60°C

trong 8 giờ hoặc ngâm trong nước 25 – 30°C 48 giờ rồi đem ra lấy khăn ẩm lau ráo mặt và nén bằng máy nén thử cường độ của đá có lực nén ép 200 tấn. Cường độ của đá là trị số trung bình cộng của 3 mẫu đá.

• Kiểm tra cỡ hạt của đá: dùng bộ sàng có mắt sàng 5 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm và 60 mm. Lấy 15 kg đá (hoặc sỏi) (mẫu đại diện cho lô đá) đem hong khô dưới nắng hoặc gió trong 4 giờ rồi cân lại lấy chính xác 10 kg và đem sàng qua lần lượt các loại sàng từ 5 mm đến 60 mm. Chất lượng cỡ hạt đá tính như ở bảng 28, tức là:

Đối với đá 1 – 2 (10 – 20 mm): đá lọt sàng 5 mm phải là 0%

đá lọt sàng 10 mm $\leq 5\%$

đá trên sàng 20 mm $\leq 5\%$

đá trên sàng 10 mm
đá lọt sàng 20 mm $\left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{đá trên sàng 10 mm} \\ \text{đá lọt sàng 20 mm} \end{array}} \right\} \geq 90\%$

Đối với đá 2 – 4 (20 – 40 mm): đá lọt sàng 20 mm $\leq 5\%$

đá trên sàng 40 mm $\leq 5\%$

đá trên sàng 20 mm
và đá lọt sàng 40 mm $\left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{đá trên sàng 20 mm} \\ \text{đá lọt sàng 40 mm} \end{array}} \right\} \geq 90\%$

Cũng tương tự như vậy xác định cỡ hạt đá 1 – 3, 2 – 5, 4 – 6 cm, nếu cần phải có các loại đá đó.

• Việc kiểm tra khối lượng thể tích và độ ẩm của đá đã trình bày ở các nội dung trước. Tỷ trọng của đá vôi có thể là $\gamma_{od} \approx 2,65$, của sỏi cuội (đã loại bỏ những hòn dẹt màu đen) $\gamma_{os} \approx 2,63$.

Đá bazan đen $\gamma_{oB} \approx 2,50$

Đá mable $\gamma_{om} \approx 2,60$

Đá granit $\gamma_{og} \approx 2,70$

Đá quākzit $\gamma_{oq} \approx 2,60$

Độ ẩm tự nhiên của các loại đá (không có mưa) đều trong phạm vi 2 – 3% cho nên không cần thiết phải xác định.

- Kiểm tra cỡ hạt, khối lượng thể tích và độ ẩm của cát:

Kiểm tra cỡ hạt của cát cần sử dụng những bộ sàng 0,14 mm, 0,315 mm, 0,63; 2,5 và 5 mm. Cân chính xác 5kg cát (mẫu đại diện cho lô cát) với sai số là $\pm 10g$. Đem đổ cát vào khay nhôm hình chữ nhật 30×50 cm, canh mỏng ra rồi đặt vào tủ sấy $120^{\circ}C$. Không tính thời gian lên nhiệt, sấy trong 4 giờ kể từ lúc tủ sấy đạt nhiệt độ, cứ sau khoảng thời gian 30 phút dùng thìa thủy tinh trộn cát trong khay 1 lần. Sau 4 giờ sấy lấy khay cát ra để nguội và cân lại bằng cân đã cân để xem khối lượng còn lại.

$$\text{Độ ẩm của cát} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\%,$$

G_1 – Khối lượng cát chưa sấy.

G_2 – Khối lượng cát sau sấy.

Lấy cát đã sấy để xác định cỡ hạt và khối lượng thể tích.

Cân 1 kg và lần lượt sàng cát qua các sàng 0,14 mm trở lên. Chất lượng cát cho bê tông phải đạt như quy định ở bảng 25, nghĩa là:

Cát trên sàng 0,14 mm $\geq 90\%$, đạt 100% càng tốt;

Cát trên sàng 0,315 mm $\geq 80\%$, đạt 90% càng tốt;

Cát trên sàng 0,63 mm $\geq 55\%$, đạt 70% càng tốt;

Cát trên sàng 1,25 mm $\geq 30\%$, đạt 40% càng tốt;

Cát trên sàng 2,5 mm $\geq 10\%$, đạt 15% càng tốt;

Cát trên sàng 5 mm = 0%, nếu trên sàng 4 mm $\leq 3\%$ càng tốt.

Xác định modun độ lớn M_k của cát thực hiện theo công thức (31).

Xác định khối lượng thể tích của cát: dùng hộp hoặc lon có dung tích 1 – 2 lít. Đem nước sạch đổ đầy lon/hộp cho đến khi nước không chảy tràn ra ngoài sau đó đổ vào ống đong 500 và 250 ml để đo dung tích của lon/hộp. Trường hợp không có ống đong thì cân lon khô trước (g_0), sau đó đổ nước vào đầy lon, cân khối lượng của lon nước đầy (g_1)

Dung tích của lon là $V_L = g_1 - g_0$ (mL). g_1 và g_0 tính bằng gam.

Đổ đầy cát khô (sau sấy), lấy đũa gạt bằng miệng lon (hộp) đem cân lon cát đầy ghi g_2 (kg);

$$\text{Khối lượng thể tích của cát khô } \gamma_c = \frac{g_2}{V_L / 1000} \text{ kg/l}$$

(phải chia V_L cho 1000 để đổi đơn vị từ ml sang đơn vị lít).

Khối lượng riêng (tỷ trọng) của cát rửa sạch tạp chất mùn, sét,... có thể đạt giá trị $\gamma_{oc} = 2,63 \text{ kg/l}$. Nếu cát không rửa, $\gamma_{o,c} = 2,60 \text{ kg/l}$.

7.2. Tính chuyển cấp phối thành phần liệu khô sang liệu ẩm tự nhiên

Như trên đã nói, các nguyên vật liệu khi đưa vào tính cấp phối thành phần của vữa bê tông là các nguyên vật liệu khô. Ở hiện trường thi công xây dựng, đó là những vật liệu ẩm, nhất là cát, khi có mưa rào, cát có thể chứa ẩm đến 10 – 12%. Tại công trường hoặc nhà máy phải thi công hoặc sản xuất liên tục vì vậy các nhân viên thí nghiệm phải bám sát thời tiết để xác định độ ẩm của cát cho máy trộn bê tông làm việc liên tục theo yêu cầu của tiến độ thi công.

Đối với các công trình tự xây của dân thì phương pháp xác định độ ẩm của cát được thực hiện bằng cách rang thủ công đã giới thiệu trong nội dung trước. Những thợ giỏi giàu kinh nghiệm có thể tự điều chỉnh lượng nước để đạt được độ dẻo (tức độ sụt) cần thiết. Tuy nhiên, việc xác định khối lượng đá, cát không tránh khỏi sai số lớn. Ví dụ, khi trời khô ráo, 1 mẻ trộn thủ công có tỷ lệ các nguyên liệu là 3 đá/2 cát/1 xi măng PCB – 30. Sau khi mưa 1 – 2 giờ, tiếp tục thi công. Nếu giữ nguyên tỷ lệ 3 đá/ 2 cát/ 1 xi măng thì cát sẽ thiếu và cường độ, độ dẻo của vữa bê tông sẽ thay đổi làm cho chất lượng công trình không được đồng nhất. Đây là một trong những nguyên nhân chính gây nguy hiểm cho công trình do chất lượng của bê tông không đồng đều, nhất là khi đội thợ xây tay nghề còn yếu và không có sự giám sát của kỹ sư xây dựng.

Nói chung, dù công trình lớn hay nhỏ thì việc theo dõi chất lượng các nguyên liệu đầu vào phải luôn luôn được xem xét một cách thận trọng. Nên chuẩn bị đầy đủ các nguyên liệu như cát, đá, sỏi, xi măng đủ cho một hạng mục nhất định của công trình thậm chí cho toàn bộ công trình để

đảm bảo sự đồng nhất nguyên liệu. Riêng xi măng có thể mua nhiều cho tiện bảo quản nhưng thời gian bảo quản không được quá 30 ngày và chỉ sử dụng xi măng của một nhà máy nếu chỉ dùng một loại mác.

7.3. Kỹ thuật trộn vữa bê tông nặng

7.3.1. Nguyên lý trộn vữa bê tông

Mục đích của việc trộn bê tông nhằm phân bố đều, đồng nhất các loại cốt liệu với nhau và với xi măng, nước tạo thành một loại vữa đồng nhất để khi hoá rắn cường độ của bê tông ở mọi vị trí giống nhau và không bị phân lớp. Sau đây là cơ sở lý thuyết của việc trộn bê tông:

– Khi đổ đầy cốt liệu thô, ví dụ đá dăm cỡ hạt 10 – 20 mm vào một hộp lập phương có cạnh 1 m (thể tích của hộp là 1 m³ hay 1000 lít) thì tỷ lệ % độ rỗng của đá 10 – 20 mm có trong 1 m³ là:

$$V_{r,d} = \left(\frac{\gamma_{od} - \gamma_d}{\gamma_{od}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{2,65 - 1,43}{2,65} \right) \cdot 100 = 46\%$$

Điều đó có nghĩa rằng thể tích của đá dăm cỡ hạt 10 – 20 mm đổ vào hộp (hoặc thùng) dung tích 1 m³ chỉ chiếm 100 – 46 = 54% thể tích. Chiếm 46% thể tích còn lại là cát, xi măng và nước.

– Bây giờ giả thiết rằng trong 46% thể tích còn lại được sử dụng toàn bộ cát để lấp đầy thì độ rỗng của cát là bao nhiêu%?

Chúng ta biết rằng khối lượng thể tích của cát cỡ hạt trung bình là $\gamma_c = 1,32$ kg/l và γ_{oc} của nó là 2,63 kg/l. Vậy độ rỗng tự nhiên của cát là:

$$V_{r,l} = \left(\frac{\gamma_{o,c} - \gamma_c}{\gamma_{o,c}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{2,63 - 1,32}{2,63} \right) \cdot 100 = 49,8\%$$

Vậy sau khi đổ đủ cát để lấp đầy độ rỗng của đá 10 – 20 mm ($V_{r,d} = 46\%$) thì độ rỗng còn lại do cát cỡ hạt trung bình vẫn còn là:

$V_{r,c,l} = 0,498 \times 46 = 22,9\%$ vì vậy chúng ta phải sử dụng thêm xi măng và nước tạo hồ xi măng để lấp 22,9% độ rỗng còn lại. Tất nhiên hồ xi măng vừa làm nhiệm vụ lấp đầy 22,9% độ rỗng, vừa làm nhiệm vụ

quan trọng nhất là gắn kết cát, đá lại với nhau và đóng rắn để tạo ra cường độ của bê tông.

Cơ sở trên đây giải thích lý do vì sao phải trộn đều các cốt liệu với nhau trước (để cho cát lấp đầy độ rỗng của đá trước) sau đó mới trộn đều xi măng với 2 cốt liệu và cuối cùng cấp nước để trộn thành vữa dẻo, đồng thời còn cho thấy sự cần thiết phải có cốt liệu mịn là cát vàng trong thành phần cấp phối của bê tông.

7.3.2. Thứ tự trộn cấp phối bê tông và yêu cầu độ chính xác của việc cân đong nguyên liệu

– Từ nguyên lý trên, chúng ta dễ dàng biết được thứ tự trộn vữa bê tông phải là “trộn khô trước, trộn nước sau”. Đó cũng là nguyên tắc của công việc trộn vữa bê tông nói chung. Giả sử ta trộn vữa xi măng với cát trước sau đó đổ đá dăm vào trộn tiếp thì không thể tạo thành vữa bê tông đồng nhất vì vữa xi măng cát vàng có độ nhớt lớn nên không chèn vào được toàn bộ các lỗ hổng của khối lượng lớn đá dăm (1100 – 1300 kg đá/1 m³ bê tông).

Thực ra quá trình trộn vữa bê tông phải có 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1 trộn đều cốt liệu mịn với cốt liệu thô: 2 – 3 phút
- Giai đoạn 2 trộn đều xi măng với hỗn hợp 2 loại cốt liệu: 2 – 3 phút
- Giai đoạn phun nước vào và trộn ướt cho đến khi đạt độ dẻo và đồng nhất vữa. Giai đoạn cuối có thời gian dài nhất: 4 – 6 phút.

Thời gian quy định trên là thời gian trộn máy, nếu trộn thủ công thì thời gian phải lâu hơn.

– Cân đong đúng khối lượng và tỷ lệ đá: cát: xi măng: nước theo thiết kế là một yêu cầu khắt khe trong chế tạo bê tông nói chung và bê tông nặng nói riêng.

7.3.3. Các phương pháp và thiết bị trộn vữa bê tông nặng và ưu nhược điểm của chúng

– *Phương pháp trộn tay (thủ công):*

Để trộn vữa bê tông bằng phương pháp thủ công, cần có một diện tích khoảng 5 m² nền sân gạch hoặc nền bê tông. Không dùng cân mà đong

vật liệu bằng xô tôn (5 – 7 lít) hoặc thúng tre nan. Ví dụ 3 xô đá dăm/ 2 xô cát vàng/ 1 xô xi măng và lặp lại vài, ba lần rồi dùng xẻng để nhào trộn khô trước, khi thấy vừa khô tương đối đều (theo kinh nghiệm của thợ trộn vữa) thì khơi vữa khô thành một hố sâu ở giữa đống, đổ nước (bằng xô hoặc vòi nước của máy bơm) vào hố và xúc xẻng nhào trộn cho đến vữa bê tông dẻo đều thì xúc vào xô và khăn trương đổ vào khuôn cốp – pha để tạo hình cấu kiện xây dựng.

Ưu điểm của phương pháp thủ công duy nhất là tiết kiệm nhưng có nhiều nhược điểm là:

- Đông lượng nguyên liệu bằng xô hoặc thúng nan tre không thể đảm bảo đúng tỷ lệ cần thiết và có sự khác nhau giữa các mẻ trộn;
- Trộn bằng tay xẻng không thể đảm bảo sự phân bố đều cốt liệu thô với cốt liệu mịn và xi măng với hỗn hợp 2 cốt liệu ở mọi vị trí nên không thể đạt độ đồng nhất trong 1 mẻ trộn và giữa các mẻ với nhau.

- Trộn thủ công chỉ có thể phù hợp với các công việc sửa chữa hoặc các công trình xây dựng nhỏ mà khối lượng bê tông chỉ $0,5 \div 2 \text{ m}^3$. Còn đối với các công trình hoặc hạng mục cần từ 3 m^3 bê tông trở lên thì không đáp ứng được và dễ bị phân lớp bê tông làm cho tuổi thọ của công trình bị giảm sút, rút ngắn.

– *Phương pháp trộn bằng máy trộn mini năng suất $2 - 5 \text{ m}^3/\text{giờ}$.*

Đây là phương pháp bán thủ công hay nửa cơ khí, trong đó, công việc trộn bê tông thực hiện bằng máy trộn, còn các công việc cân đong và cấp liệu cũng như đánh giá độ dẻo của vữa là do người thợ trộn vữa thực hiện.

Đầu tiên người ta cho máy quay, tiếp theo tiến hành đổ đá dăm bằng thúng khối lượng 15 kg/thúng và cát bằng xô với khối lượng 10 kg/xô. Như vậy tỷ lệ đá/cát = 1,5 và cứ thế đổ 1 đá, 1 cát cho đến khi đạt 3 thúng đá 3 xô cát (tức khoảng 45 kg đá và 30 kg cát thì người ta đổ 2 xô xi măng PCB – 30 ($\approx 18 \text{ kg}$ xi măng đối mức bê tông $\approx 200 \text{ kg/cm}^2$). Máy vẫn quay liên tục từ thúng đá đầu tiên cho đến khi đổ xong xi măng. Như vậy máy vẫn thực hiện đúng quy trình trộn khô: đầu tiên trộn 2 loại cốt liệu với nhau.

Sau trộn xi măng với hỗn hợp 2 cốt liệu. Thời gian trộn khô khoảng 3 phút. Sau trộn khô người ta cho 1 xô nước, khoảng 9 lít vào máy trộn và trộn tiếp khoảng 2 phút nữa thì người ta nghiêng máy đổ ra xô, thùng và chuyển đi đổ cột, sàn, xà. Như vậy nếu dùng đầy miệng xô, thùng thì tỷ lệ nguyên liệu là: 45 kg đá 1 – 2/30 kg cát/ 18 kg X_i (PCB – 30)/ 9 lít nước. Tổng khối lượng 4 thành phần là 102 kg/mẻ trộn. Tính cho 20 mẻ trộn là:

$900 \text{ kg đá} + 600 \text{ kg cát} + 360 \text{ kg } X_i \text{ (PCB – 30)} + 180 \text{ kg nước} = 2040 \text{ kg}$ và được coi đó là 1 m^3 bê tông mác 200 kG/cm^2 .

(Theo tính toán thực tế: khối lượng của 1 m^3 bê tông nặng dao động từ 1800 đến 2400 kg).

Tuy việc cân đong xác định khối lượng nguyên liệu vẫn được tiến hành bằng thủ công nên không tránh được sự sai số, nhưng dù sao thì phương pháp trộn bằng máy trộn mini (bán thủ công) cũng tiến bộ hơn nhiều so với phương pháp trộn thủ công.

– Phương pháp trộn bê tông bằng máy trộn liên tục:

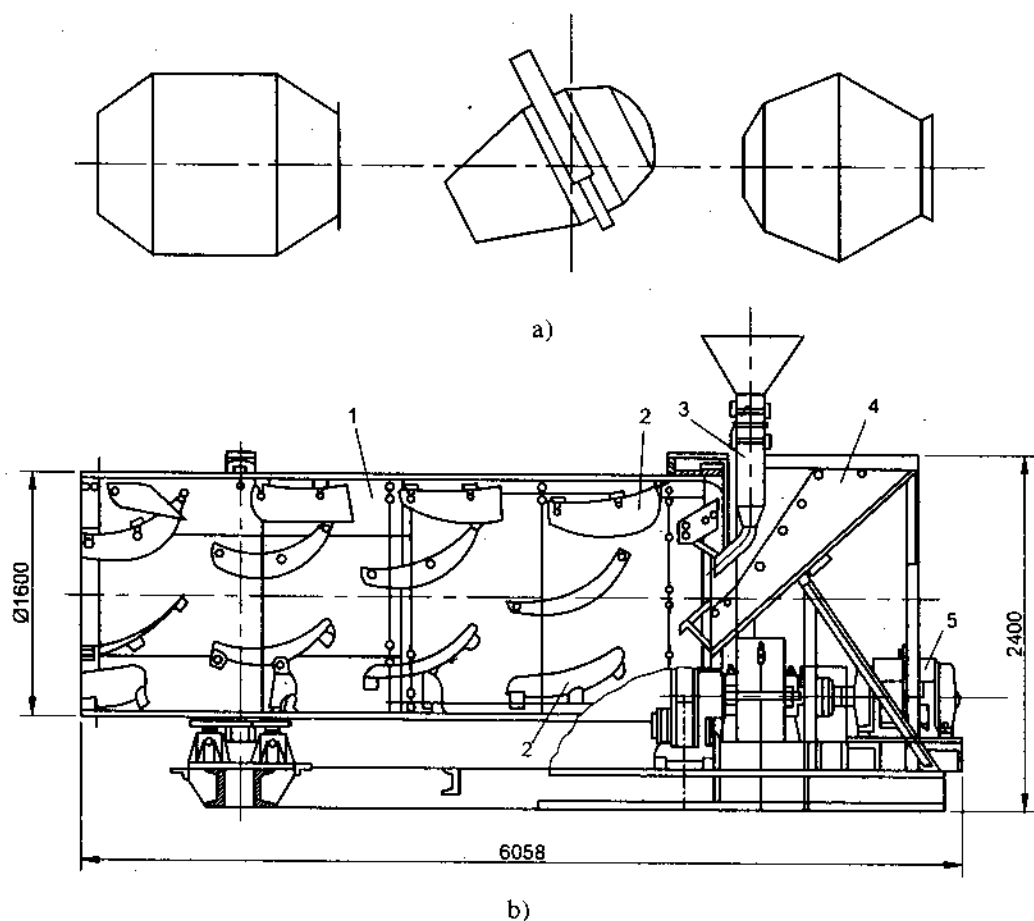
Trên hình 24b là máy trộn liên tục nằm ngang, máy có 2 phễu: một phễu nhận cấp liệu 3 thành phần đá, cát, xi măng được cân sẵn và đổ vào băng tải mang lên đổ vào phễu 4, còn phễu 3 là phễu cấp nước. Máy hoạt động liên tục nhưng điều khiển do công nhân. Thời gian mỗi mẻ trộn 400 lít bê tông là 3 phút kể từ lúc cấp liệu cho đến khi tháo hết vữa bê tông. Như vậy năng suất trộn mỗi giờ là 20 mẻ thu được 8000 lít bê tông, tức $8 \text{ m}^3/\text{h}$. Đây là máy trộn cơ khí C – 314 của Nga.

Trên hình 24c là máy trộn liên tục điều khiển tự động hoàn toàn. Máy có 4 tầng. Tầng 4 tiếp nhận cấp liệu, 3 giờ 1 lần vào 4 phễu ở tầng 3: phễu bên trái chứa đá dăm, phễu bên phải chứa cát, phễu ở giữa phía trước chứa xi măng, phễu ở giữa phía sau chứa nước. Bên dưới các phễu là các cân định lượng. Việc mở phễu cho vật liệu chảy xuống các cân và cân làm việc hoàn toàn tự động được cài đặt theo thứ tự 1, 2, 3, 4: đá, cát, xi măng, nước và 3 phút sau lặp lại chu kỳ như vậy. Vật liệu được trộn trong 2 máy trộn nằm ngang (được lắp đặt ở tầng 2) trong vòng 3 phút. 2 máy trộn làm việc so le thay đổi nhau, việc cấp liệu và rót vữa bê tông qua

phần số 1. Tầng 1 là chỗ ôtô chuyên dùng lấy vữa bê tông đem ra thi công tại công trường. Đây là máy trộn tự động C – 333P của Nga.

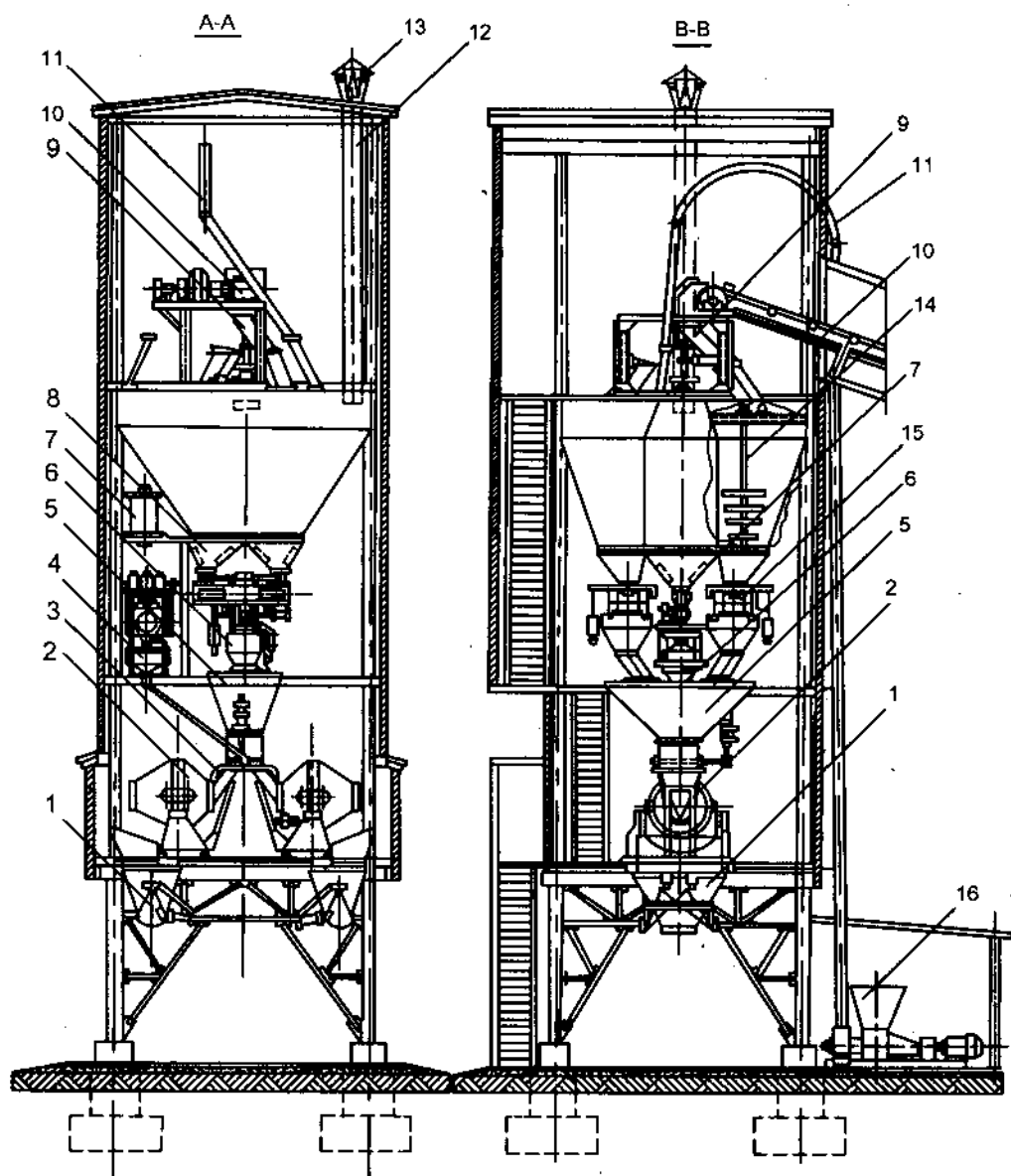
Năng suất máy C – 333P từ $30 \div 60 \text{ m}^3/\text{h}$. Ở nước ta hiện nay đã rất nhiều trạm trộn bê tông có 1 – 2 máy kiểu giống máy C – 333P của Nga.

Vữa bê tông được trộn bằng các máy trộn tự động có chất lượng đồng nhất theo từng loại mác vì máy thực hiện đúng quy trình trộn cũng như đạt được mức độ chính xác khi cân đo các thành của cấp phối. Dĩ nhiên các máy này chỉ phù hợp với các công trình xây dựng lớn.



Hình 24. Các loại máy trộn vữa bê tông

a) Máy trộn mini loại nhỏ ; b) Máy trộn loại lớn (trộn liên tục) nằm ngang ;



Hình 24c. Máy trộn vữa bê tông kiểu đứng.

8. QUÁ TRÌNH ĐÓNG RẮN CỦA BÊTÔNG VÀ CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NHIỆT

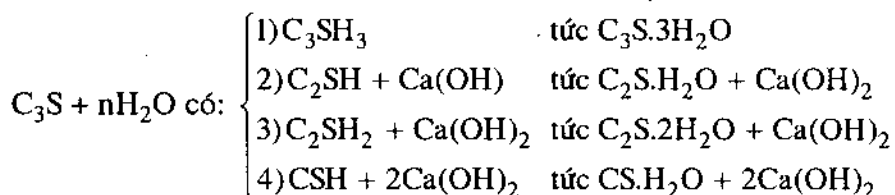
8.1. Quá trình đóng rắn của bê tông nặng

Quá trình đóng rắn của bê tông nặng là quá trình đóng rắn của xi măng cộng thêm cơ chế của sự bám dính hồ xi măng lên bề mặt các

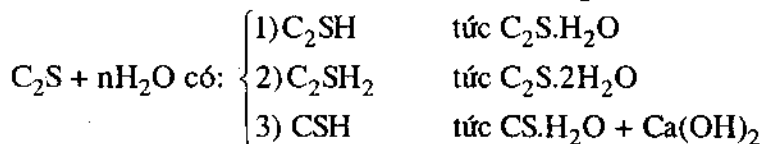
cốt liệu. Cơ sở lý thuyết về đóng rắn xi măng đã trình bày tại mục 3.1.9. Ở đây chúng ta chỉ nhắc lại một số hợp chất hydrat của các khoáng xi măng, tức là một số sản phẩm đóng rắn xi măng phổ biến để giải thích cơ chế bám dính của hồ xi măng lên bề mặt các hạt cốt liệu, liên kết các loại cốt liệu với nhau thành đá nhân tạo – đó là bê tông.

Chúng ta đã biết, bản thân các cốt liệu không thể dính lại với nhau thành đá được mà phải nhờ hồ keo xi măng. Vậy hồ keo có tính bám dính của xi măng là gì? – Đó chính những hợp chất chưa ổn định về mặt cấu tạo phân tử của các hydro silicat canxi, hydro aluminat canxi, hydro aluminoferrit canxi, hydro sunfualuminat canxi, v.v... Sau đây là một hợp chất chính từ đó giải thích cơ chế bám dính.

– Các hợp chất hydrat chính của khoáng alit (C_3S):

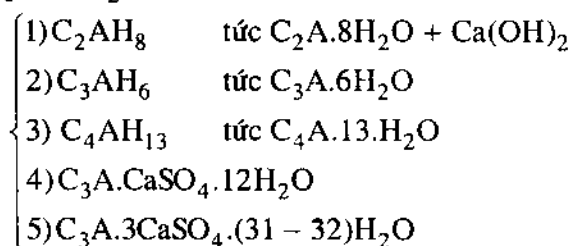


– Các hợp chất hydrat của khoáng belit (C_2S):

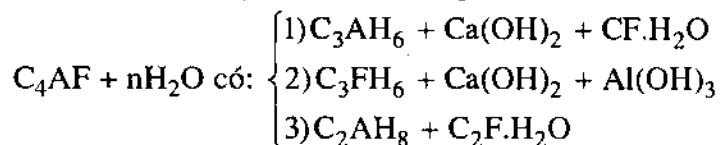


– Các hợp chất hydrat của khoáng aluminat canxi (C_3A):

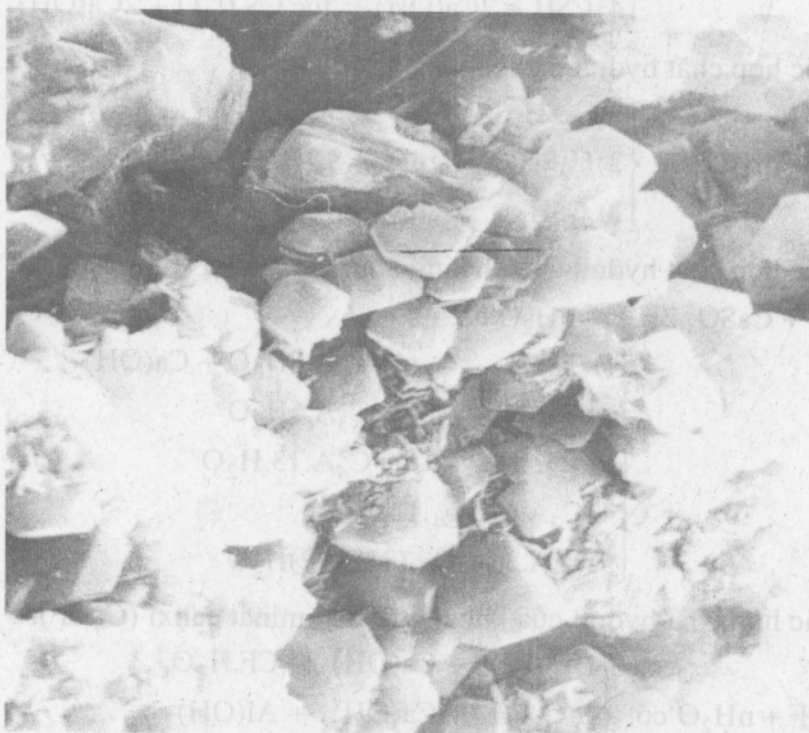
$C_3A + CaSO_4.2H_2O + nH_2O$ có:



– Các hợp chất hydrat của khoáng feroaluminat canxi (C_4AF):



Bảng kê trên tuy chưa đầy đủ nhưng chúng ta thấy rằng: mỗi một khoáng xi măng Portland khi phản ứng hydrat với nước, chúng cho nhiều hợp chất hydrat khác nhau, khác nhau không những ở tỷ lệ các nguyên tử CaO/SiO_2 , $\text{CaO/Al}_2\text{O}_3$,... mà còn có số phân tử nước cũng khác nhau. Vì vậy người ta nói chúng không có cấu tạo phân tử ổn định và chính đó là cơ sở để tạo những hạt keo – gel có hình thù và kích thước khác nhau, chúng tạo ra lực hay khả năng bám dính với nhau và với những phân tử chất rắn như cốt liệu cát, đá, cốt thép,... Trong những hợp chất nói trên chỉ có hydrôxit canxi (Ca(OH)_2) là có cấu tạo phân tử ổn định nên nó kết tinh thành hình hộp lục giác (hình 25). Nhưng không phải 100% các hợp chất Ca(OH)_2 đều được tách ra khỏi bề mặt của những hạt khoáng xi măng Portland, mà một phần của chúng còn bám vào bề mặt của hạt khoáng làm cho những hạt khoáng chưa phản ứng hydrat hết cũng thành những phân tử keo dính. Đó là bản chất hay là khả năng kết dính của xi măng nói chung và các loại xi măng Portland nói riêng.

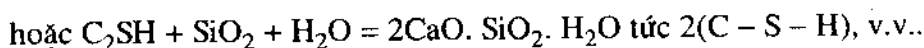
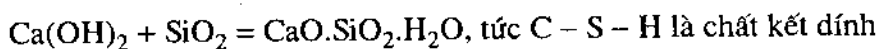


Hình 25. Ảnh chụp tinh thể Ca(OH)_2 bằng kính hiển vi điện tử

Sau đây, chúng ta sẽ xem xét cơ sở hoá học và lý học của sự bám dính của hồ xi măng lên bề mặt cốt liệu và cốt thép.

8.2. Sự bám dính của hồ xi măng lên các loại cốt liệu

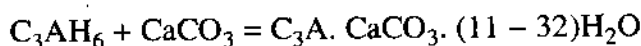
– Bản chất hồ xi măng là gì? – Đó là toàn bộ các hợp chất hydrat không ổn định về cấu tạo phân tử, các hạt xi măng chưa hydrat hoá hết (lõi) và các phân tử nước vật lý và nước tự do^(*). Còn trên mặt những hạt cát thạch anh thì có những phân tử silic (SiO_2). Vì vậy hồ xi măng sẽ bám dính với bề mặt của hạt cát bằng ái lực của 2 loại vật chất bằng lực hút vật lý và ái lực phản ứng hoá học do:



Vì vậy giải thích tại sao hồ xi măng lại gắn kết với cát chắc như vậy.

– Còn hồ xi măng kết dính cốt liệu là đá dăm bằng những lực gì?

• Trước hết là lực hoá học do phản ứng sau đây của hydro aluminat canxi với đá cacbonat [4]:

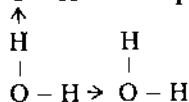


• Lực vật lý: đá vôi trong quá trình đập nhỏ thành cỡ hạt cốt liệu thô bê tông, mạng tinh thể của đá cacbonat bị bẻ gãy đã để lại nhiều điện tử tự do trên bề mặt viên đá. Các hợp chất hydrat của hồ xi măng không có cấu trúc phân tử ổn định nên cũng mang trên mình chúng những điện tử tự do và điện tích trái dấu. Vì vậy mà những hợp chất hydrat của các khoáng xi măng và những viên đá vôi (hoặc các loại đá khác) hút nhau bằng hoá trị tự do, bằng lực điện tử đồng hoá trị và những ái lực vật lý khác.

8.3. Sự bám dính hồ xi măng lên cốt thép

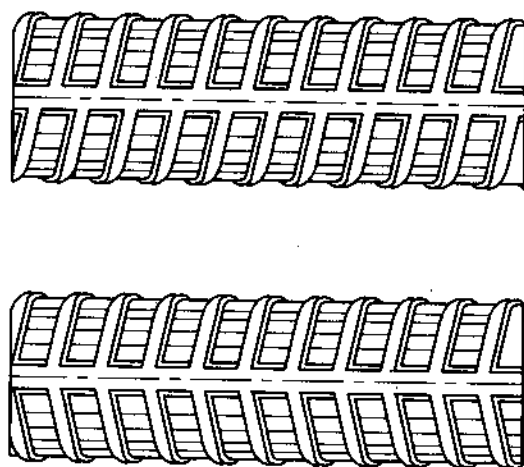
Như trên đã nói, những sản phẩm đóng rắn của xi măng PC là những hợp chất hydrat không có cấu trúc phân tử hoàn chỉnh mà phần lớn chúng ở dạng meta stabin (tức không ổn định) nên chúng mang trong mình

(*) Nước vật lý là nước có liên kết hydro $\text{H} - \text{O} - \text{H}$ với các phân tử nước hoá học tạo ra các hợp chất hydrat.



những điện tích hoá trị có dấu khác nhau, những điện tử tự do. Tính chất đó làm cho hồ xi măng có khả năng bám dính lên mặt các loại cốt liệu vô cơ (đá, cát, sắt, thép, nhôm...). Trong thành phần của thép có đến 98 – 99% là Fe, còn lại 1 – 2% là các kim loại như Cr, Mn, Ni, Ti, Cu, ... và một tỷ lệ rất nhỏ phi kim như C (Cacbon), P (Phốt pho), S (lưu huỳnh), Si (Silic). Tất cả chúng đều có ái lực hoá học với ion Canxi Ca^{2+} và ôxít (CaO), hydrôxít của nó ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Vì vậy mà có các hợp chất của ôxít canxi (CaO) với chúng như C_2F ($2\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$), CF ($\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$), $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaSO_4 , $\text{CaO}.\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{CaO}.\text{SiO}_2$, v.v...

Mặt khác trên bề mặt các thanh thép, sắt, đồng, nhôm luôn luôn có các điện tử tự do. Vì vậy mà chúng dẫn điện tốt hơn thanh cacbon, hoặc silic^(*). Những điện tử tự do này sẽ ghép với những điện tích hoá trị của các hợp chất chưa ổn định về cấu trúc của hồ xi măng thành mối liên kết đồng hoá trị và đây chính là khả năng bám dính của hồ xi măng lên bề mặt của cốt thép. Nhưng lực bám dính ấy không lớn nên người ta phải tạo thêm gờ trên bề mặt của thanh thép làm cốt cho bê tông cốt thép như trên hình 26 dưới đây. Các gờ trên cốt thép không những làm tăng độ bám dính của hồ xi măng mà còn làm chặt cốt thép trong vữa bê tông.



Hình 26. Một số loại cốt thép có gờ

(*) Tính chất dẫn điện là sự chuyển động các điện tử tự do trên bề mặt kim loại.

8.4. Công nghệ xử lý nhiệt để thúc đẩy quá trình đông rắn bê tông

Tính công nghệ ở đây không phải là giải pháp kỹ thuật trong sản xuất bê tông mà là các phương pháp thúc đẩy quá trình đông rắn của vữa bê tông để rút ngắn thời gian tháo khuôn “cốp – pha”, hay làm cho vữa bê tông đạt cường độ mong muốn (hoặc theo thiết kế) được sớm hơn để xuất sản phẩm nhanh hơn phục vụ cho người sử dụng. Các phương pháp xử lý nhiệt dựa trên cơ sở khoa học là nhiệt độ hay là nhiệt năng có thúc đẩy tốc độ phản ứng hydrat của các khoáng xi măng PC với nước, tạo ra một khối lượng sản phẩm đông rắn của xi măng (và vữa bê tông) nhiều hơn so với nhiệt độ thấp hay mức nhiệt năng thấp hơn. Đó là tính công nghệ của các phương pháp xử lý nhiệt của bê tông.

Ở đây sẽ nảy sinh câu hỏi là: như vậy chúng ta có thể tăng nhiệt độ xử lý bê tông càng cao để cho cường độ của bê tông càng sớm đạt mức được không? – Câu trả lời sẽ là không phải tăng nhiệt xử lý bê tông bao nhiêu cũng được mà chỉ được ở mức cho phép. Đó là tính chất công nghệ thứ 2 của các phương pháp xử lý nhiệt cho bê tông mà sẽ được giải thích dưới đây.

Chúng ta đã biết, tất cả các khoáng xi măng PC khi phản ứng với nước để cho các hợp chất hydrat đều có kèm theo toả nhiệt ở mức độ khác nhau, tùy theo loại khoáng và thời gian đông rắn. Sự toả nhiệt đó đã được nhiều nhà khoa học đo đạc như Babuskin [15], Taylor [6]. Sau đây là số liệu đo của Taylor (bảng 33).

BẢNG 33. NHIỆT THỦY HOÁ CỦA CÁC KHOÁNG XIMĂNG PC Ở 21°C (CAL/G)

Tên khoáng \ Ngày	3	7	28	90	Toàn phần
C ₃ S	58	53	30	104	120
C ₂ S	12	10	25	42	62
C ₃ A	212	372	329	311	214 – 261
C ₄ AF	69	118	118	98	100

Như vậy tất cả các khoáng khi thủy hoá đều toả nhiệt, không khoáng nào cần phải thu nhiệt, trong đó độ toả nhiệt lớn nhất là khoáng C_3A , tiếp theo là alít và khoáng C_4AF . Có 1 – 2 khoáng cần kích nhiệt cho chúng thì chúng mới hydrat hoá để nâng nhiệt độ xử lý lên trên $100^{\circ}C$. Với thành phần các khoáng của clinker xi măng PC trung bình đạt mức PC – 40 (M.400) thì chúng ta cho xử lý nhiệt trong phạm vi $50 - 100^{\circ}C$ với thời gian xử lý chỉ dừng lại 8 – 24 giờ sẽ không gây nứt rạn bê tông.

Như vậy, chỉ nên xử lý nhiệt đối với các loại bê tông sử dụng xi măng mác thấp có pha phụ gia như xỉ gang thép, tro xỉ nhiệt điện,... vì độ hoạt tính phản ứng giữa các loại tro, xỉ hoặc cát với $Ca(OH)_2$ của hồ xi măng xảy ra chậm. Còn các loại bê tông sử dụng xi măng mác PC – 40, PCB – 40 trở lên không nên hoặc cần hạn chế nhiệt độ xử lý bê tông.

8.5. Các phương pháp xử lý nhiệt cho bê tông

Trên cơ sở công nghệ đã trình bày tại mục 8.4. người ta đã áp dụng 3 phương pháp xử lý nhiệt cho bê tông. Ở đây danh từ bê tông dùng chung cho nhiều chủng loại bê tông, không phải riêng cho chủng loại bê tông nặng. Ví dụ bê tông vôi mịn từ vôi – xỉ, vôi – cát, xi măng – xỉ các loại,... cũng được xem là bê tông đúc sẵn kích thước nhỏ.

Ba phương pháp xử lý nhiệt cho bê tông là:

a) Phương pháp ngâm các cấu kiện bê tông đúc sẵn trong bể nước ấm có nhiệt độ $60 - 70^{\circ}C$ trong thời gian $12 \div 24$ giờ tùy thuộc vào loại và mác bê tông, phần lớn là bê tông nặng có kích thước lớn.

b) Phương pháp hấp hơi nước bão hoà nhiệt độ $95 - 100^{\circ}C$ trong thời gian 8 – 12 giờ. Phương pháp này cũng dùng cho bê tông đúc sẵn thuộc loại bê tông nhẹ, khối lượng thể tích từ $1200 \div 1800 \text{ kg/m}^3$ hay $1,2 \div 1,8 \text{ kg/dm}^3$ (lít) và có kích thước loại vừa, sử dụng xi măng – tro xỉ, hoặc xi măng – xỉ gang thép.

c) Phương pháp chưng hấp trong thùng aptơclap bằng hơi nước bị nén dưới áp suất 8 – 10 atmophe và trong thời gian 8 – 12 giờ. Phương pháp này chỉ dùng cho bê tông silicat như gạch ép vôi – cát, vôi – xỉ,....

Nói chung các phương pháp a và b dành cho bê tông đúc sẵn bao gồm cả bê tông nhẹ và bê tông trang trí hoàn thiện.

9. CÁC CHỦNG LOẠI BÊ TÔNG ĐẶC BIỆT

Có nhiều loại bê tông đặc biệt với phạm vi sử dụng và quy mô sản lượng khác nhau. Sau đây sẽ giới thiệu 9 loại bê tông tương đối phổ biến hoặc quan trọng.

9.1. Bê tông thủy công

Bê tông thủy công được sử dụng để thi công xây dựng đập, các kênh ngầm dẫn nước, xả nước, chắn nước ngăn sông,... trong các công trình thủy điện, thủy lợi, đập, các hồ chứa trữ nước. Bê tông chủng loại này đòi hỏi độ chặt lớn, có độ toả nhiệt thấp, độ chống thấm cao nên xi măng dùng cho chủng loại này là xi măng toả nhiệt ít. Trong thành phần cấp phối của bê tông có sử dụng một số loại phụ gia như phụ gia dẻo hoá và phụ gia chống thấm. Thời gian duy trì độ sụt của bê tông thủy công không ít hơn 1 giờ đến 1 giờ 30 phút, cường độ nén sau 7 ngày đóng rắn không ít hơn 200 kg/cm^2 và sau 28 ngày không ít hơn 300 kg/cm^2 . Có hạng mục công trình đòi hỏi mác của bê tông thủy công tới 400 và 500 kg/cm^2 .

9.2. Bê tông đóng rắn nhanh

Bê tông đóng rắn nhanh được sử dụng để hàn bít các lỗ mối, khe nứt của đập thủy điện, thủy lợi, lấp trám các hang động Castơ của nền móng công trình, các đường hầm cao tốc,... mà trên các nền móng đó chịu tải trọng lớn như thiết bị nặng, các silô chứa vật liệu như Clinker, xi măng, v.v...

Bê tông đóng rắn nhanh được chế tạo từ xi măng đóng rắn đóng nhanh và trong cấp phối có sử dụng phụ gia đóng rắn nhanh. Mác của xi măng đóng rắn nhanh có thể từ M.100 đến M.400.

9.3. Bê tông mác cao

Bê tông mác cao hiện nay sử dụng khá nhiều trong xây dựng các móng, trụ cầu trọng tải lớn, các xà, dầm nhà cao tầng, đường bay của sân bay, v.v... Bê tông mác cao được chế tạo từ xi măng Portland mác cao

(PC – 50 và PC – 60), tức cường độ nén 28 ngày phải đạt trên 500 và trên 600 kG/cm², các loại cốt liệu chất lượng tốt và có thể sử dụng thêm một số loại phụ gia tăng cường độ của bê tông. Bê tông mác cao đòi hỏi kỹ thuật đúc rót, lèn chặt và quy trình bảo dưỡng nghiêm ngặt hơn.

9.4. Bê tông chống phóng xạ

Bê tông chống phóng xạ hay còn gọi là bê tông cản xạ là loại bê tông có khả năng hấp thụ hoặc ngăn chặn được các tia bức xạ Ronghen, phát xạ nguyên tử Uranium, sóng radio cao tần, phát xạ của các nguyên tố đồng vị,... có hại cho sức khỏe con người và sự sống của loài vật.

Bê tông cản xạ được chế tạo từ xi măng Portland có chứa một tỷ lệ oxit bari (BaO) và phụ gia xi măng từ sunphat bari (BaSO₄). Tùy theo mức độ phát xạ của nguồn mà các cốt liệu của bê tông cản xạ là đá quặng Barit (BaSO₄.SiO₂) hoặc chì hạt có kích thước khác nhau. Chì hạt có khả năng cản xạ lớn nhất, sau đó đến oxit bari (BaO) và tiếp theo đến quặng barit và 3MgO.MgSO₄.11H₂O (okxy sunphat magie).

Bê tông cản xạ được sử dụng để xây nhà máy điện nguyên tử, các phòng thí nghiệm nguyên tử, các đài phát thanh có sóng radio cao tần, các phòng Ronghen y tế, v.v... khối lượng thể tích của bê tông cản xạ khá nặng, có thể từ 4 đến 6 T/m³, vì vậy loại bê tông này còn gọi là bê tông siêu nặng.

9.5. Bê tông chịu nhiệt

Tùy theo mức độ chịu nhiệt khác nhau, người ta phân loại bê tông chịu nhiệt ra làm 3 cấp: cấp 1 có nhiệt độ làm việc từ 150 đến 500°C, cấp 2 có nhiệt độ làm việc từ 500 đến 800°C và cấp 3 có nhiệt độ làm việc từ 800 – 1300°C. Bê tông có nhiệt độ làm việc trên 1300°C gọi là bê tông chịu lửa.

– Thành phần cấp phối của bê tông chịu nhiệt cấp 1 là xi măng Portland, cốt liệu mịn là xỉ hạt lò cao hoặc tro xỉ nhiệt điện, cốt liệu thô là gạch ngói vỡ.

Bê tông chịu nhiệt cấp 1 được sử dụng để xây các lò sấy lương thực, thực phẩm như lò sấy chè, lò bánh mỳ, lò sấy cà phê, lò sấy gạch kiểu Tunnel, v.v....

– Thành phần cấp phối của bê tông chịu nhiệt cấp 2 là xi măng Portland – xỉ lò cao gang thép với tỷ lệ của xỉ không ít hơn 35%, cốt liệu mịn là xỉ hạt lò cao và cốt liệu thô là gạch vỡ được đập về cỡ hạt hợp lý.

Bê tông chịu nhiệt cấp 2 được sử dụng để xây 2 đầu zon lạnh của các lò nung gạch, lò nung gốm, sứ xây dựng, một số lò của công nghiệp hoá chất v.v...

– Thành phần cấp phối bê tông chịu nhiệt cấp 3 (nhiệt độ làm việc 800 – 1300°C) gồm xi măng Portland – xỉ với tỷ lệ pha xỉ gang thép không ít hơn 50%, cốt liệu mịn là 50% xỉ hạt lò cao trộn với 50% bột samốt B (sét chịu lửa loại B có hàm lượng Al_2O_3 trong sét từ 28 – 35% được ép quả bàng và nung lên ở nhiệt độ 1300 – 1350°C), cốt liệu thô là gạch vỡ samốt đập về cỡ hạt phù hợp. Tỷ lệ nước để trộn bê tông chịu nhiệt cấp 3 này chỉ khoảng 15% và có hoà tan trong nước khoảng 3% keo kali silicat ($K_2O.nSiO_2$, $n = 2,8 \div 3$).

Bê tông chịu nhiệt cấp 3 được sử dụng để xây lò đốt quặng pirit trong công nghiệp hoá chất sản xuất axit sunphuaric và phân bón Super – photphát, zon sấy lò nung gốm sứ, gạch xây từ đất sét, lò tôi thép, kính thủy tinh, buồng đốt than nổi hơi cho các nhà máy nhiệt điện, v.v... Mác của bê tông chịu nhiệt có thể từ M.100 đến M.300.

9.6. Bê tông chịu lửa thường

Nhiệt độ làm việc của bê tông chịu lửa từ 1300 – 1500°C. Vì vậy thành phần cấp phối của bê tông chịu lửa là xi măng alumin (xi măng nhôm), cốt liệu mịn là bột mịn Samốt loại A (sét chịu lửa loại A, có hàm lượng $Al_2O_3 = 37 - 42\%$ được ép thành quả bàng và nung ở nhiệt độ $1400 \pm 20^\circ C$) và mảnh vỡ từ gạch chịu lửa Samốt A hoặc gạch vỡ chịu lửa cao nhôm thải ra từ gạch xây lò quay sản xuất xi măng, v.v... được đập nhỏ thành cỡ hạt hợp lý cho cốt liệu bê tông này.

Nước để trộn cho bê tông chịu lửa khoảng 10 – 12% và có pha keo thủy tinh lỏng ($K_2O.n.SiO_2$, $n = 3 \div 3,5$) khoảng 3%, hoặc axit photphoric tỷ lệ phù hợp với cốt liệu mịn được chọn lựa bằng mẫu bê tông thí nghiệm.

Bê tông chịu lửa được sử dụng để xây vòm lò tunel nung gốm sứ xây dựng, xây các tầng tháp cyclon và buồng phân hủy cacbonat của lò quay khô sản xuất xi măng, một số lò công nghiệp hoá chất, v.v...

9.7. Bê tông chịu lửa siêu cao

Nhiệt độ làm việc của bê tông chịu lửa siêu cao từ $1650 \div 1800^\circ C$. Thành phần cấp phối của nó là:

– Phương án cấp phối số 1: sử dụng xi măng alumin hàm lượng ôxit $Al_2O_3 \geq 60\%$ sản xuất theo phương pháp nóng chảy trong lò cao luyện gang, thép, cốt liệu mịn và cốt liệu thô đều là gạch chịu lửa cao nhôm ($Al_2O_3 \geq 65\%$) hoặc gạch chịu lửa Crôm – magiê thải ra từ các lò quay sản xuất xi măng hoặc lò cao luyện thép và lò nung gạch chịu lửa kiềm tính. Các loại gạch phế thải này đập nhỏ ra (bằng máy đập búa) đến cỡ hạt phù hợp với cốt liệu thô, còn cốt liệu mịn thì nghiền nhỏ lại cốt liệu thô bằng máy nghiền bi hoặc máy đập búa rồi sàng bỏ bụi và chọn lựa tỷ lệ cỡ hạt.

Trong cấp phối dùng nước từ 8 – 10% có pha khoảng 3% thủy tinh lỏng để tăng độ dẻo của bê tông rồi đóng vào khuôn thép tháo mở bằng vít.

– Phương án cấp phối số 2: sử dụng chất kết dính hay còn gọi là xi măng Okxi sunphat – magiê. Loại xi măng này được sản xuất bằng hỗn hợp bột mịn ôxit magiê (MgO) với dung dịch 20% magiê sunphat ($MgSO_4 \cdot 6H_2O$). Tỷ lệ pha dung dịch khoảng 15 – 20%. Cốt liệu thô và cốt liệu mịn đều là gạch thải Spinel ($MgO \cdot Al_2O_3$) – gạch chịu lửa kiềm tính thải ra từ các lò công nghiệp nói trên.

Bê tông chịu lửa nhiệt độ cao này được sử dụng để xây dựng một số vùng của các lò quay sản xuất xi măng, lò cao luyện thép, lò nung vật liệu chịu lửa v.v... Mác của các loại bê tông chịu lửa dao động từ M100 đến M500 tùy theo mục đích sử dụng.

9.8. Bê tông màu hay còn gọi là bê tông trang trí

Bê tông màu được chế tạo từ xi măng trắng với cốt liệu mịn và cốt liệu thô được đập nhỏ từ đá vôi màu trắng. (Đá vôi màu trắng có nhiều ở Yên Bái và một số nơi ở Hòa Bình, Hà Nam). Cốt liệu mịn có thể là xi măng thép.

Bê tông trang trí có thể có màu hoặc không màu có nhiều hình dạng khác nhau theo yêu cầu thiết kế của kiến trúc sư (đóng, lèn chặt vữa bê tông theo khuôn tạo hình).

Trường hợp cần màu thì màu bền nhất là màu của các ôxit và muối kim loại, ví dụ:

Ôxit crôm hoá trị 3 (Cr_2O_3) có màu xanh lá cây.

Ôxit crôm hoá trị 6 (Cr_2O_6) có màu đỏ mận.

Ôxit mangan hoá trị 2 (MnO) – màu da trời.

Ôxit sắt hoá trị 3 (Fe_2O_3) – màu đỏ.

Muối đồng clorua (CuCl_2) – màu vàng.

Titan clorua (TiCl_4) – màu tím.

Titan bromua (TiBr_4) – vàng da cam.

v.v...

Mác của bê tông trang trí thấp: 50, 70, 100 kg/cm^2 .

Hoà các ôxit hoặc muối trên trong dung dịch loãng thủy tinh lỏng rồi phun vào cấu kiện bê tông trắng sẽ được bê tông màu.

Bê tông trắng và bê tông màu ghép thành tranh trên tường trong nhà, trước nhà, các ô thoáng, trang trí nhà văn hoá, rạp xiếc, cổng vào các công viên, v.v...

9.9. Bê tông nhẹ, bê tông xốp, bê tông bọt

9.9.1. Bê tông nhẹ và bê tông xốp

Khối lượng riêng của 2 loại bê tông này có thể dao động từ 500 đến 1600 kg/m^3 tùy theo mục đích và vị trí sử dụng. Bê tông có khối lượng thể tích $\leq 800 \text{ kg/m}^3$ còn được gọi là bê tông siêu nhẹ.

Bê tông siêu nhẹ được chế tạo từ xi măng mác thấp (xi măng Sorel, xi măng Roman, xi măng dolomin hoặc xi măng PCB – 30,...) với hỗn hợp các loại cốt liệu vô cơ – hữu cơ như tro xỉ nhiệt điện và xỉ lò cao phối hợp với mùn cưa, vỏ bào từ công nghiệp chế biến gỗ hoặc xơ dừa, bã mía,...

Những loại hỗn hợp cốt liệu này được nhào trộn trước với dung dịch thủy tinh lỏng rồi cho xi măng mác thấp vào trộn tiếp và lèn chặt vào khuôn “cốp – pha” để tạo hình.

Mác bê tông siêu nhẹ có mác M.35, M.50, M.75 kG/cm^2 .

Bê tông siêu nhẹ được sử dụng trong xây dựng cách âm, cách nhiệt, làm tường ngăn mỏng ở bên trong nhà...

9.9.2. Bê tông nhẹ vừa

Khối lượng thể tích của loại bê tông này dao động từ 0,9 đến 1,6 T/m^3 .

Cấp phối cho bê tông nhẹ vừa gồm có xi măng Portland hỗn hợp loại PCB – 30 hoặc PCB – 40 với cốt liệu mịn là tro xỉ nhiệt điện hoặc xỉ lò cao gang thép với cốt liệu thô là đá bazan loại bột xốp hoặc đất sét dẻo trộn với xỉ than rồi vẩy viên đường kính 10 – 30 mm và nung trong lò đứng ở nhiệt độ 950 – 1000°C thành viên cứng và xốp gọi là Keramzit.

Trường hợp muốn điều chỉnh để khối lượng riêng của bê tông nhẹ đạt 0,9; 1,0 hoặc 1,2 T/m^3 thì có thể tính như sau:

- Độ sụt của bê tông nhẹ thường bằng 0 (để có độ xốp lớn).
- Kích thước lớn nhất của viên keramzit là 20 mm.
- Tra bảng 30 nhu cầu lượng nước của vữa bê tông dao động từ 130 đến 160 l/m^3 , lấy giá trị trung bình là 145 l/m^3 bê tông.
- Đạt cường độ của bê tông nhẹ 28 ngày, tức mác 150 kG/cm^2 chẳng hạn ($R_b = 150 \text{ kG/cm}^2$)
- Sử dụng xi măng PCB – 30 để chế tạo bê tông và $R_{28} = R_{xi} = 300 \text{ kG/cm}^2$.

• Tính lượng xi măng PCB – 30 theo công thức (36), ta có:

$$X_i \text{ (kg)} = N \left(\frac{2R_b + 0,6R_{X_i}}{1,2R_{X_i}} \right) = 145 \cdot \left(\frac{2.150 + 0,6.300}{1,2.300} \right) = 193,3 \text{ kg/m}^3$$

Chúng ta lại có công thức (34):

$$\left(\frac{X_i}{\gamma_{X_i}} + \frac{C_i}{\gamma_C} + \frac{Đ}{\gamma_d} + N \right) = 1000$$

$$\text{Nhu vậy } \frac{C_i}{\gamma_C} + \frac{Đ}{\gamma_d} = 1000 - \left(\frac{X_i}{\gamma_{X_i}} + N \right) = 1000 - \left(\frac{193,3}{1,25} + 145 \right) = 700,36 \text{ lít.}$$

Ở đây C_i là xỉ nhiệt điện thay cát và $Đ$ là viên Keramzit. Vậy muốn bê tông đạt mác $M.150 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ thì phải điều chỉnh tỷ lệ tro xỉ/Keramzit để có tổng thể tích của 2 cốt liệu $\frac{X_i}{\gamma_{X_i}} + \frac{K_e}{\gamma_{K_e}} = 700,36 \text{ lít}$ hay $900 \text{ kg} - (193,3 + 145) = 561,7 \text{ kg}$ nếu chúng ta muốn khối lượng thể tích của bê tông nhẹ đạt 900 kg/m^3 hay $0,9 \text{ kg/l}$.

Nhu vậy 2 thành phần cấp phối của bê tông nhẹ 900 kg/m^3 là xỉ và keramzit có thể tích $700,36 \text{ lít}$, khối lượng tương ứng là $561,7 \text{ kg}$. Vì cốt liệu mịn bao giờ cũng ít hơn cốt liệu thô nên chúng ta có thể lấy 150 kg xỉ và $411,7 \text{ kg}$ Keramzit.

Khối lượng thể tích của xỉ than khoảng $0,7 \text{ kg/l}$ nên 150 kg xỉ chiếm thể tích là: $150 \text{ kg}/0,7 = 214,3 \text{ lít}$. Phần thể tích lại là của Keramzit:

$$V_{kl} = 700,3 - 214,3 = 486 \text{ lít}$$

Vậy khối lượng thể tích của Keramzit là: $411,7 \text{ kg}/486 \text{ l} = 0,847 \approx 0,85 \text{ kg/l}$. Với khối lượng thể tích Keramzit $\gamma_{K_e} = 0,85 \text{ kg/l}$ hoàn toàn có thể sản xuất vì đất sét dẻo trộn với xỉ than (25% xỉ + 75% sét) rồi vè viên $10 - 30 \text{ mm}$ và nung lên 1000°C thì được những viên nung với độ xốp $\geq 25\%$ chắc chắn sẽ nhẹ hơn hoặc $0,9 \pm 0,05 \text{ kg/l}$.

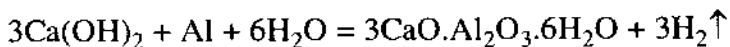
Trường hợp cần thiết kể bê tông nhẹ có khối lượng thể tích $\geq 1 \text{ T/m}^3$ thì phải sử dụng gạch vồ (gạch xây) hoặc đá bazan xốp để làm cốt liệu thô và chọn xỉ lò cao làm cốt liệu mịn.

9.9.2. Bê tông bọt khí

Bê tông bọt khí cũng là một loại của bê tông nhẹ nhưng cấp phối của nó chỉ có xi măng Portland, cát hoặc đá quarkzit nghiền mịn đến $0 - 5 \text{ mm}$

và bột nhôm kim loại. Trong quá trình thủy hoá các khoáng alít (C_3S) và belit (C_2S) cho các hợp chất hydrosilicat canxi và hydroxitcanxi – $Ca(OH)_2$.

Hydrôxit canxi phản ứng với bột nhôm và nước tạo ra hydro aluminat canxi và giải phóng khí Hydro H_2 theo phản ứng sau:



Nhưng khí hydro không thoát do độ dẻo vữa xi măng giữ lại tạo thành bọt khí. Lúc vữa xi măng – cát đông rắn, bọt khí vẫn còn để lại nguyên dạng nên gọi là bê tông bọt.

Bê tông bọt được sử dụng để cách âm cho tường các nhà hội trường, nơi hội họp, nhà phát thanh, v.v...

10. THÉP TRONG BÊ TÔNG CỐT THÉP

10.1. Tại sao phải đưa thép vào làm cốt cho bê tông?

Như chúng ta đã biết, cường độ chịu uốn của bản thân đá xi măng và bê tông không có cốt thép chỉ bằng 8 – 15% cường độ chịu nén của chúng. Cường độ chịu kéo của đá xi măng và bê tông còn thấp hơn cường độ chịu uốn của bản thân. Trong khi đó sự làm việc của các dầm, xà của cầu đường, nhà ở và bất cứ của công trình nào cũng dựa trên khả năng chịu uốn và chịu kéo. Ngoài ra khả năng chịu xoắn và đàn hồi của bê tông không cốt thép cũng rất bé.

Thép thanh với các hình dạng khác nhau (tròn, dẹt, hình I, L, V, U,...) đều có khả năng chịu uốn và chịu kéo rất lớn, khả năng chịu đàn hồi và chịu xoắn của thép cũng rất cao, độ nở dài của thép xấp xỉ bằng bê tông. Vì vậy người ta đưa thép thanh vào làm cốt cho bê tông để có được cường độ chịu uốn, chịu kéo, modun đàn hồi và modun xoắn của bê tông cốt thép tăng lên nhiều lần so với bê tông không có cốt thép.

10.2. Phân loại thép làm cốt cho bê tông

10.2.1. Phân loại theo thành phần hoá học

Theo thành phần hoá học, thép được chia làm 2 loại như sau:

– *Thép cacbon*: Thành phần hoá học của thép cacbon chủ yếu là sắt (Fe) và cacbon (C). Ngoài ra thép cacbon còn có một số nguyên tố khác mà hàm lượng rất ít như mangan – $Mn \leq 0,8\%$, silic – $Si \leq 0,5\%$, photpho – P và lưu huỳnh – $S \leq 0,05\%$. Mangan và cacbon giúp tăng cường độ (độ cứng) của thép, Silic làm tăng độ dẻo của thép. Photpho và lưu huỳnh làm tăng độ giòn của thép nên phải hạn chế chúng không quá 0,05%.

Tùy thuộc vào điều kiện luyện thép mà trong thép cacbon còn có một số nguyên tố khác như Crôm – Cr, Niken – Ni, đồng – Cu, Titan – Ti và molybden – Mo. Tổng hàm lượng các nguyên tố này chỉ $\leq 0,2\%$.

Người ta lại phân thép cacbon thành 3 loại A, B, C. Loại A quy định về cơ – lý tính là chủ yếu, loại B quy định về thành phần hoá học là chủ yếu, còn loại C thì quy định cả 2 tính chất trên.

Ở Việt Nam thép loại C được ký hiệu là BCT, còn các loại thép ở Nga thì chỉ ký hiệu bằng 2 chữ CT nhưng thêm các chữ số 5, 10... ở phía sau như thép CT – 5, CT – 10, v.v...

Thành phần hoá học và các ký hiệu của thép cacbon loại C được quy định trong bảng 34 dưới đây.

BẢNG 34. THÀNH PHẦN HOÁ HỌC CỦA THÉP CACBON LOẠI C

Ký hiệu thép		Cacbon (C), %	Mangan (Mn), %	S, %	P, %	Silic (Si) trong thép		
Nga	VN			Không lớn hơn		Sôi	Lặng	Nửa lặng
CT-10	BCT.31	0,23	–	0,06	0,07	–	–	–
CT-1	BCT.33	0,06–0,12	0,25–0,50	0,05	0,04	0,05	0,12–0,30	0,05–0,17
CT-2	BCT.34	0,01–0,15	0,25–0,50	0,05	0,04	0,05	0,12–0,30	0,05–0,17
CT-3	BCT.38	0,14–0,22	0,30–0,65	0,06	0,04	0,05	0,12–0,30	0,05–0,17
CT-4	BCT.42	0,18–0,27	0,40–0,70	0,05	0,04	0,05	0,12–0,30	0,05–0,17
CT-5	BCT.51	0,28–0,37	0,50–0,80	0,05	0,04	–	0,12–0,35	0,05–0,17
CT-6	BCT.61	0,38–0,49	0,50–0,80	0,05	0,04	–	0,12–0,35	0,05–0,17

Thép cacbon loại C thường được sử dụng để làm cốt cho bê tông cốt thép.

– *Thép hợp kim:*

Thép hợp kim ngoài sắt (Fe) và cacbon (C) còn có các nguyên tố làm hợp kim như sau:

- Mangan – Mn: 0,8 – 1%
- Đồng – Cu $\geq 0,1\%$
- Niken – Ni: 0,2 – 0,6%
- Crôm – Cr: 0,2 – 0,8%
- Titan – Ti: $\geq 0,1\%$
- Molipden – Mo: 0,05 – 0,2%
- Silic – Si: 0,5 – 0,8%
- Bor – B: $\geq 0,02\%$
- Wolfram – V: 0,1 – 0,5%

Thép hợp kim cứng hơn thép cacbon, độ chịu nhiệt cao hơn và khả năng chống ăn mòn hoá học cũng cao hơn thép cacbon.

Thép hợp kim thường dùng cho cốt của bê tông dự ứng lực trước. Theo TCVN 6285 – 97 và tiêu chuẩn của Nga, thép làm cốt cho bê tông cốt thép và bê tông dự ứng lực trước là các loại thép được ghi ở bảng 35 dưới đây.

BẢNG 35

Loại cốt thép	d, mm	Mác thép	Loại thép
AI	6 ÷ 40	CT.3	Thép cacbon nhóm A, B
AII	10 ÷ 40	BMCT.5PC	Thép cacbon nhóm B
AII	10 ÷ 40	BKCT.5PC	Thép cacbon nhóm B
AII	40 ÷ 90	18G 2C	Thép cacbon thấp
AII	6 ÷ 40	20G 2C, 35GC	Thép hợp kim (C, Si, Mn)
AIV	10 ÷ 32	20XG 2C (U)	Thép hợp kim (C, Mn, Sn)
AIV	10 ÷ 18	20XG CT	Thép hợp kim (C, Cr, Mn, Ti)
AV	10 ÷ 18	23 × 2G2	Thép hợp kim (Cr, Mn, Sn)
ATK	6 ÷ 9	65G 60C2	Thép hợp kim thấp (Si, Mn)

TCVN 6285 – 1997 còn phân định cốt thép (thép gờ) thành 5 loại là:

RB 300, RB 400, RB 500, RB 400W và RB 500W, trong đó 3 loại RB 300, RB 400, RB 500 là thép khó hàn, còn 2 loại RB 400W và RB 500W là thép dễ hàn.

10.2.2. Một số cách phân loại khác

Mỗi nước sản xuất thép làm cốt cho bê tông lại có một cách phân loại riêng. Ở Trung Quốc, cốt thép được chia làm 4 cấp: I, II, III, IV và các thép sợi kéo nguội. Ở Pháp cốt thép được phân loại giới hạn chảy như Fe E230, Fe E400, Fe E500.

Ở Nga, thép xây dựng được chia thành 6 nhóm như sau:

- Cốt thép cán nóng, tròn trơn thuộc nhóm A – I.
- Cốt thép cán nóng có gờ thuộc nhóm A – II, A – III, A – IV, A – V, A – VI.
- Cốt thép gia công nhiệt thuộc nhóm A_T – IIIC, A_T – IV, A_T – V, A_T – VI, A_T – VII.
- Thép sợi kéo nguội loại thường – B_pI.
- Thép sợi kéo nguội cường độ cao BII (tròn trơn), B_pII (có gờ).
- Thép cáp loại 7 sợi – K7, loại 19 sợi – K19.

10.3. Mối tương quan giữa đường kính, tiết diện và khối lượng của 1 m dài các loại thép

Thép tròn có $\phi < 10\text{mm}$ thường ở dạng thép cuộn, loại thép đường kính $\phi \geq 10\text{mm}$ có dạng thép cây (thanh), độ dài mỗi cây là 11,7 m. Nếu có thoả thuận bằng hợp đồng trước thì bên sản xuất có thể cung cấp độ dài mỗi cây đến 26 m.

Thép tròn đường kính $\phi \geq 10$ có 2 loại: loại tròn trơn và loại có gờ để tăng độ bám dính của vữa bê tông (xem hình 24).

BẢNG 36

Đường kính danh nghĩa (ϕ) của thép tròn, mm	Tiết diện ngang của thanh thép, mm ²	Khối lượng của 1 m dài kg/m
$\phi 6$	28,3	0,222
8	50,3	0,395
10	76,5	0,617
12	113	0,888
Đường kính danh nghĩa (ϕ) của thép tròn, mm	Tiết diện ngang của thanh thép, mm ²	Khối lượng của 1 m dài kg/m
14	154	1,21
16	254	1,58
18	291	2,0
20	314	2,47
22	380	2,98
25	491	3,85
28	516	4,83
32	805	6,31
36	1018	7,99
40	1257	9,87
45	1590	12,48
50	1903	15,41

10.4. Các tính chất cơ bản của thép làm cốt cho bê tông

10.4.1. Tính cứng nguội của thép

Đây là hiện tượng tăng cường độ giới hạn chảy σ_y khi gia công nguội thép. Lấy cốt thép dẻo đem kéo nguội cho quá giới hạn chảy^(*) rồi giảm lực sẽ được cốt thép kéo nguội. Cốt thép kéo nguội này có giới hạn

(*) Giới hạn chảy σ_y là ứng suất gây ra một lượng biến dạng dư là 0,2% so với kích thước mẫu ban đầu.

chảy cao hơn cốt thép ban đầu. Sau một vài lần kéo hoặc chuốt, cốt thép trở thành rắn với cường độ được tăng cao và biến dạng cực hạn giảm.

10.4.2. Cường độ tiêu chuẩn của thép – R_{Sn}

Giá trị tiêu chuẩn về cường độ của thép được gọi là cường độ tiêu chuẩn và được ký hiệu là R_{Sn} . Trị số của R_{Sn} được lấy bằng giới hạn chảy σ_y .

Đặt σ_y^m là giá trị trung bình của giới hạn chảy khi thí nghiệm một số mẫu thép, ta có:

$$R_{Sn} = \sigma_y^m (1 - SV) \quad (43)$$

Ở đây V là hệ số biến động. Với cốt thép được sản xuất bằng các phôi đạt tiêu chuẩn thì hệ số $V = 0,05 \div 0,08$.

$S = 1,64$ ứng với xác suất bảo đảm 95%.

10.4.3. Độ dẻo của thép

Độ dẻo của cốt thép được đánh giá bằng biến dạng dẻo toàn phần của mẫu thí nghiệm hoặc được đánh giá bằng cách uốn nguội cốt thép quanh một trục có đường kính bằng $3 \div 5$ lần đường kính của nó. Đối với dây thép dùng cách bẻ gấp nhiều lần.

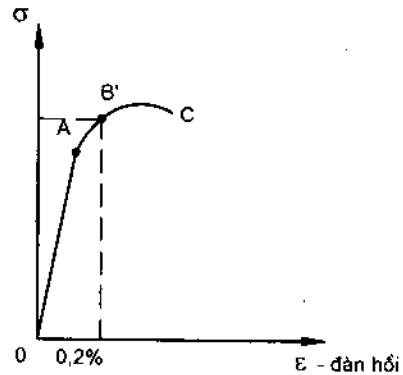
Độ dẻo của cốt thép ảnh hưởng đến việc gia công (uốn gấp, uốn móc,...) và có ý nghĩa đối với sự làm việc của bê tông cốt thép. Cốt thép có độ dẻo thấp thì có thể bị đứt hoặc bị gãy một cách đột ngột.

10.4.4. Tính hàn được của cốt thép

Tính hàn được của cốt thép biểu thị sự đảm bảo liên kết chắc chắn khi hàn nối, không có vết nứt, không có khuyết tật của kim loại ở mối hàn và xung quanh. Tính hàn được phụ thuộc vào thành phần của thép và cách chế tạo. Các thép cán nóng từ thép chứa ít cacbon hoặc thép hợp kim thấp có tính hàn tốt. Không được phép hàn các cốt thép đã qua gia công nguội hoặc gia công nhiệt, vì nhiệt độ cao ở mối hàn làm giảm cường độ của thép.

10.4.5. Modun đàn hồi của thép – E_s

Modun đàn hồi của thép ký hiệu là E_s được lấy bằng độ dốc của đoạn OA trên đồ thị $\sigma - \epsilon$ (hình 27). Giá trị của E_s trong khoảng 180.000 – 210.000 MPa tùy phụ thuộc vào loại thép.



Hình 27. Sự biến dạng dẻo của cốt thép

10.4.6. Sự ảnh hưởng nhiệt độ tới cốt thép

Cốt thép bị nung nóng ở nhiệt độ cao sẽ bị thay đổi về cấu trúc kim loại, cường độ và modun đàn hồi giảm xuống, sau khi để nguội trở lại thì cường độ phục hồi không được hoàn toàn.

Khi chịu lạnh quá mức (dưới -30°C) một số loại thép cán nóng trở nên giòn, đó là hiện tượng giòn nguội. Thép kéo nguội và gia công nhiệt cũng bị giòn nguội nhưng ở nhiệt độ thấp hơn so với thép cán nóng.

Hệ số giãn nở nhiệt của thép vào khoảng 1×10^{-5} . Ví dụ một thanh thép có chiều dài 100m thì hệ số giãn nở nhiệt của nó chỉ bằng 1mm.

11. BÊTÔNG CỐT THÉP

11.1. Khái niệm về bê tông cốt thép

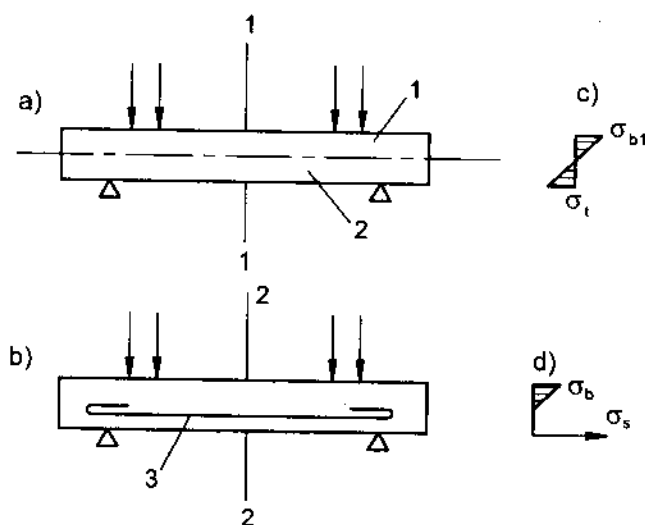
Bê tông cốt thép là loại vật liệu xây dựng phức hợp do bê tông và cốt thép cùng chịu lực với nhau trong quá trình làm việc. Trên hình 28 là sơ đồ ứng suất chịu lực của bê tông không có cốt thép và bê tông cốt thép của kết cấu dầm.

Làm thí nghiệm 1 dầm bê tông như trên hình 28a, chúng ta thấy khi ứng suất σ_1 vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông thì vết nứt sẽ xuất hiện. Vết nứt phát triển dần về phía trên, kết quả dầm bị gãy khi ứng suất σ_b còn khá nhỏ so với cường độ chịu kéo của bê tông. Như vậy là lãng phí cường độ chịu nén của bê tông. Nếu đặt cốt thép vào vùng bê tông chịu kéo thì lực kéo sẽ do cốt thép chịu. Nhờ vậy có thể tăng tải trọng đến khi ứng

suất σ_b đạt tới cường độ chịu nén của bê tông và ứng suất σ_s đạt tới cường độ chịu kéo của cốt thép.

Trong dầm chịu uốn còn xuất hiện cả ứng suất tiếp tuyến và ứng suất chính. Khi ứng suất kéo chính lớn hơn cường độ chịu kéo của bê tông thì sẽ gây ra các vết nứt nghiêng nên cũng cần bố trí cốt thép để chịu ứng suất kéo này. Vì vậy dầm bê tông cốt thép có khả năng chịu lực gấp nhiều lần dầm bê tông không có cốt thép có cùng kích thước.

Vì cốt thép chịu nén cũng tốt nên cốt thép cũng được đặt trong các cấu kiện chịu nén như cột, thanh nén của dầm để tăng khả năng chịu lực, giảm kích thước tiết diện và chịu được các lực kéo xuất hiện do ngẫu nhiên.



Hình 28. Dầm bê tông (a) và dầm bê tông cốt thép (b)

c) Sơ đồ ứng suất lực trên tiết diện 1 - 1

d) Sơ đồ ứng suất lực trên tiết diện 2 - 2.

1. Vùng bê tông chịu nén, 2. Vùng bê tông chịu kéo, 3 - cốt thép.

Bê tông và cốt thép cùng hợp tác chịu lực là do những nguyên nhân sau:

a) Bê tông và cốt thép dính chặt với nhau nên chúng truyền lực cho nhau. Vì vậy mà lực bám dính của bê tông vào cốt thép có tầm quan trọng hàng đầu đối với bê tông cốt thép. Người ta tạo nhiều gờ cho thép làm cốt

cho bê tông nhằm làm tăng độ bám dính của bê tông vào cốt thép. Nhờ lực bám dính mà khả năng chịu lực của cốt thép được khai thác và bề rộng của vết nứt bê tông được hạn chế...

b) Giữa bê tông và cốt thép không xảy ra phản ứng hoá học nào có hại cho cả bê tông và cốt thép do chúng đều có tính kiềm. Bê tông bao bọc cốt thép, bảo vệ cốt thép khỏi bị ăn mòn của môi trường, nhất là oxy của không khí. Bởi vậy trong thi công kết cấu bê tông cốt thép phải rất thận trọng khi dùng phụ gia dẻo hoá, phụ gia tăng cường độ của bê tông và phải lèn chặt bê tông vào khuôn cốt thép.

c) Cốt thép và bê tông đều có hệ số giãn nở nhiệt α xấp xỉ nhau (bê tông có hệ số nở $\alpha = (10 - 15) \cdot 10^{-6}$, còn cốt thép có $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$). Do đó khi có sự thay đổi về nhiệt độ trong phạm vi $\leq 100^\circ\text{C}$, trong cấu kiện bê tông cốt thép không xuất hiện ứng suất đáng kể, không làm giảm lực bám dính giữa bê tông và cốt thép.

d) Bê tông giữ cho cốt thép khỏi bị ăn mòn. Do vậy, lượng xi măng cho bê tông cốt thép ít nhất phải đạt 250 kg/m^3 bê tông bất cứ mác nào. Chiều dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép phải được chọn tùy theo cấu kiện và môi trường làm việc của bê tông.

11.2. Phân loại bê tông cốt thép

11.2.1. Phân loại theo phương pháp thi công

Theo phương pháp thi công, có 3 loại bê tông cốt thép sau:

a) *Bê tông cốt thép toàn khối* (hay còn gọi là bê tông cốt thép đổ tại chỗ). Để thi công bê tông cốt thép toàn khối, sau khi ghép cốp pha xong, người ta đặt cốt thép đã làm thành khung hộp sẵn rồi đổ bê tông ngay tại vị trí thiết kế của kết cấu. Do các cấu kiện (cột, xà, dầm, sàn, móng, ...) liên kết với nhau một cách toàn khối nên kết cấu có độ cứng lớn, vững chắc, chịu được lực động tốt. Nhược điểm của phương pháp này là tốn vật liệu làm khuôn cốp – pha và cột chống, thi công bị ảnh hưởng của điều kiện thời tiết (trời mưa to phải dừng thi công và bộ phận vừa thi công phải được che đậy bằng bạt kín).

b) *Bê tông cốt thép lắp ghép*: Người ta phân chia kết cấu công trình thành những nhóm cấu kiện riêng biệt để chế tạo tại nhà máy bê tông hoặc

tại một sân bãi rồi vận chuyển chúng đến công trường xây dựng, sau đó dùng cần cẩu để bốc dỡ và lắp ghép chúng lại theo thiết kế và hàn nối thép lại bằng máy hàn điện và que hàn thép. Sau đó dùng bê tông mác tương tự hoặc mác cao hơn để hàn nối những mối nối cốt thép. Các cấu kiện bê tông cốt thép được thực hiện như vậy gọi là bê tông cốt thép lắp ghép.

Ưu điểm của việc sử dụng bê tông cốt thép lắp ghép là đỡ tốn khuôn ván làm cốt – pha và thi công được nhanh chóng hơn, không bị ảnh hưởng nhiều do điều kiện thời tiết.

Nhược điểm của phương pháp này là tốn kém que hàn và điện thi công, phải sử dụng nhiều loại cầu trục, cần trục trên công trường nên bê tông cốt thép lắp ghép chỉ phù hợp với những công trường xây dựng lớn và có nhiều hạng mục của công trình thiết kế giống nhau. Bê tông cốt thép lắp ghép vì vậy ít được sử dụng cho xây dựng những công trình nhỏ.

c) Bê tông cốt thép nửa lắp ghép:

Người ta lắp ghép các cấu kiện chưa được hoàn chỉnh, sau đó đặt thêm cốt – thép và lắp ghép thêm khuôn cốt – pha để đổ tại chỗ phần bê tông còn lại, kể cả mối nối gọi là bê tông cốt thép nửa lắp ghép.

Ưu điểm của loại bê tông cốt thép này là độ cứng cao, bớt được một phần ván làm khuôn cốt – pha và cột chống. Tuy nhiên việc tổ chức sản xuất có phần phức tạp và phải chú ý xử lý tốt các mối nối giữa phần bê tông đã đúc trước và phần bê tông đúc sau nhằm đảm bảo sự đồng nhất về chất lượng.

11.2.2. Phân loại bê tông cốt thép theo trạng thái ứng suất khi chế tạo và sử dụng

Theo cách phân loại này, bê tông cốt thép chia ra làm 2 loại là:

– *Bê tông cốt thép thường*: khi chế tạo, cốt thép ở trạng thái không có ứng suất trước. Ngoài nội ứng suất do co ngót và giãn nở nhiệt, trong cốt thép và bê tông chỉ xuất hiện ứng suất khi có tải trọng tác dụng, kể cả tải trọng của bản thân.

– *Bê tông cốt thép ứng lực trước*: trước khi chế tạo người ta căng cốt thép để nén vùng chịu kéo (do tải trọng gây ra) của cấu kiện nhằm triệt

tiêu ứng suất kéo do tải trọng gây ra. Nhờ có ứng lực nén trước, sẽ hạn chế, thậm chí tránh được việc xuất hiện khe nứt trong cấu kiện. Khi cốt thép co lại làm cho khe nứt không xuất hiện và nén chặt bê tông lại chặt hơn nên cường độ chịu nén và chịu kéo được tăng lên.

11.3. Ưu nhược điểm của bê tông cốt thép so với gỗ và gạch đá

Bê tông cốt thép đã và đang được sử dụng rộng rãi trong xây dựng công trình vì những ưu điểm sau đây:

- Có khả năng sử dụng vật liệu ở địa phương như xi măng, cát, đá, sỏi, tiết kiệm được thép so với kết cấu thép của nhà khung thép;
- Bê tông cốt thép có khả năng chịu lực lớn hơn và gọn nhỏ hơn so với kết cấu gạch, đá, gỗ. Bê tông cốt thép cũng có khả năng chịu tải rung động lớn hơn so với kết cấu gạch, đá, gỗ, kể cả tải trọng động đất;
- Bê tông cốt thép bền vững lâu dài và ít tốn kém chi phí bảo dưỡng so với kết cấu thép;
- Bê tông cốt thép chịu lửa tốt hơn so với gỗ, nhựa và những vật liệu hoá hữu cơ; Bê tông bảo vệ cốt thép không bị nung nóng đến nhiệt độ nguy hiểm. Một lớp bê tông bảo vệ cốt thép dày 2,5 cm có thể ngăn cách nhiệt độ bên ngoài tới 500°C và sau vài giờ, cốt thép mới nóng tới 50°C. Tuy nhiên nếu quá vài giờ khi nhiệt độ > 300°C thì lớp bê tông bảo vệ sẽ bị nứt vỡ do quá trình mất nước và phân hủy của đá xi măng – bê tông làm cho cường độ của nó bị giảm sút đáng kể. Vì vậy nếu bê tông cốt thép làm việc trong môi trường nhiệt độ > 120°C thì phải sử dụng bê tông chịu nhiệt (xem mục 9 – các chủng loại bê tông đặc biệt);

– Bê tông cốt thép nhờ khuôn cốp – pha mà có thể tạo hình được dễ dàng, đáp ứng được yêu cầu thiết kế của kiến trúc sư.

Nhược điểm của bê tông cốt thép: Bê tông cốt thép cũng có một số nhược điểm:

- So với các vật liệu từ gỗ và nhựa plastic thì bê tông cốt thép có trọng lượng lớn hơn nhiều.

– So với thép thì cường độ chịu nén chỉ bằng 5 – 10%, dù khối lượng riêng của bê tông nhẹ hơn khối lượng riêng của thép;

Để khắc phục nhược điểm nói trên, người ta sử dụng bê tông cốt thép ứng lực trước và sử dụng các kết cấu vòm, vỏ mỏng,...

– Bê tông cốt thép có hệ số cách âm và cách nhiệt kém. Để khắc phục nhược điểm này người ta sử dụng các loại bê tông nhẹ, xếp ở những vị trí và kết cấu cần thiết;

– Công việc thi công tại chỗ bị ảnh hưởng nhiều bởi điều kiện thời tiết và do đó tiến độ hoàn thành, điều kiện kiểm tra chất lượng bị hạn chế. Để khắc phục nhược điểm này, người ta sử dụng bê tông lắp ghép đối với những hạng mục công trình cho phép để quy chuẩn hoá các loại khuôn cốp – pha của các cấu kiện xây dựng, đồng thời sử dụng các thiết bị rung, đầm để lèn chặt bê tông nhằm đảm bảo chất lượng công trình.

11.4. Sự bám dính của bê tông vào cốt thép

Tại mục 8.3 đã trình bày về sự bám dính của các sản phẩm đóng rắn xi măng vào bề mặt của cốt thép. Ở đây chỉ bổ sung một số giải pháp làm tăng độ bám dính của vữa bê tông. Bản thân các loại cốt liệu đá, cát không có khả năng bám dính. Khả năng bám dính của bê tông vào cốt thép là do tính chất của xi măng. Vì vậy trong cấp phối bê tông phải tính đúng, tính đủ khối lượng xi măng, ngoài ra phải có thêm hệ số an toàn của xi măng cho mác bê tông. Đối với cốt thép thì nên sử dụng thép có gờ để tăng bề mặt bám dính và có “khe hở” để vữa bê tông cài chặt cốt thép vào bê tông. Đồng thời các thanh thép cần được xử lý bề mặt bằng dung dịch axit photphoric (H_3PO_4). Ngoài ra, để tăng độ bám dính của bê tông vào cốt thép, còn có một số giải pháp khác như:

– Rửa sạch bụi bẩn cho đá dăm hoặc sỏi cuội làm cốt liệu thô.

– Hạn chế những tạp chất sét, bùn, lá cây khô, mica và các tạp chất hữu cơ của cát làm cốt liệu mịn.

– Tăng mác bê tông và lựa chọn độ sụt hợp lý để đảm bảo độ dẻo của bê tông, không sử dụng xi măng đã quá hạn sử dụng.

– Tránh hiện tượng phân lớp của bê tông và đảm bảo sự đồng nhất của vữa bê tông về mọi thành phần, kể cả lượng nước và thiết bị trộn, đầm, rung lên chặt bê tông vào khuôn cốp – pha tạo hình cấu kiện.

– Đảm bảo công nghệ bảo dưỡng bê tông cốt thép, tránh hoặc loại trừ mọi sự rung động bê tông sau khi đã kết thúc đúc rót, đặc biệt trong tuần đầu tiên sau khi chế tạo, v.v...

11.5. Quá trình đóng rắn của bê tông cốt thép trong những điều kiện khác nhau

Quá trình đóng rắn của bê tông trong các cấu kiện bê tông cốt thép là bước kết thúc của công nghệ sản xuất bê tông cốt thép, khi đó bê tông sẽ đạt đến mác thiết kế. Cường độ của những cấu kiện bê tông cốt thép lúc xuất xưởng hoặc lúc tháo cốp – pha trần, sàn nhà, phải đạt ít nhất 70% mác thiết kế, đối với các loại bê tông nhẹ, bê tông silicat phải đạt 100% mác. Vì vậy, quy trình bảo dưỡng để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình đóng rắn của bê tông cốt thép cũng là việc làm cuối cùng của những nhà sản xuất bê tông đúc sẵn (xà, dầm, tấm panel, ống dẫn nước, cột điện, tà vẹt đường sắt, v.v...) và những người phụ trách hoặc trực tiếp thi công bê tông đúc rót và chế tạo tại chỗ.

Việc cho phép xuất xưởng những cấu kiện bê tông đúc sẵn sau khi đã đạt 70% mác là một quyết định thận trọng và kinh tế của nhà sản xuất, bởi vì nếu một số cấu kiện bị nứt, gãy, sứt vỡ thì cho kết quả kinh tế âm.

Thực chất cơ chế đóng rắn bê tông là cơ chế của quá trình đóng rắn của xi măng PC và sự bám dính của các sản phẩm đóng rắn xi măng lên bề mặt các loại cốt liệu thô, cốt liệu mịn và sự bám dính lên bề mặt cốt thép như đã trình bày ở các nội dung trước. Quá trình bám dính đó có thể chia làm 3 giai đoạn sau:

– Giai đoạn 1 là giai đoạn phản ứng hydrat của các khoáng xi măng để tạo ra các sản phẩm kết dính hay còn gọi là các sản phẩm đóng rắn của xi măng; giai đoạn này xảy ra ở trạng thái lỏng.

– Giai đoạn 2 là giai đoạn bám dính của các sản phẩm kết dính – keo gel lên bề mặt của các cốt liệu và cốt thép. Giai đoạn này xảy ra trong trạng thái nhớt keo sền sệt cho đến khi kết thúc đông kết của xi măng và vữa bê tông.

– Giai đoạn 3 là giai đoạn hoá cứng của các mối liên kết bám dính tạo ra bởi 2 giai đoạn trên. Đây là giai đoạn lâu nhất trong quá trình đóng rắn bê tông và bê tông cốt thép. Cần lưu ý rằng đây là 3 giai đoạn của cơ chế đóng rắn bê tông và bê tông cốt thép nhưng ranh giới thời gian của mỗi giai đoạn không được rõ ràng dù thứ tự của chúng vẫn cố. Rất có khả năng giai đoạn 1 chưa kết thúc thì giai đoạn 2 đã xảy ra.

Sự liên kết của các keo – gel xi măng không phải chỉ có giữa các sản phẩm đóng rắn xi măng với bề mặt của các cốt liệu và cốt thép mà còn xảy ra sự liên kết của chúng với nhau để tạo ra nhiều loại “mối nối” khác nhau trong khối bê tông và bê tông cốt thép. 3 giai đoạn của quá trình bám dính xi măng và bê tông trên đây là khái niệm về cơ chế của quá trình đóng rắn bê tông cốt thép.

Để thúc đẩy quá trình đó người ta sử dụng 3 phương án khống chế môi trường giữ nhiệt ẩm như sau:

– Phương án cho bê tông cốt thép đóng rắn ở điều kiện thường: tưới nước chu kỳ 4 – 6 giờ một lần đối với khí hậu nắng, hanh và 8 – 12 giờ một lần đối khí hậu ẩm hoặc có mưa phùn nhẹ, ở nhiệt độ và áp suất khí quyển; Thời gian dưỡng ẩm tùy theo chủng loại bê tông, nhưng ngắn nhất là 7 ngày.

– Phương án cho bê tông cốt thép ngâm trong nước nóng $60 - 70^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 12 – 24 giờ, áp suất khí quyển; sau đó ở điều kiện thường ($25 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 1 at) từ 5 – 7 ngày;

– Phương án cho bê tông cốt thép đóng rắn trong điều kiện nhiệt ẩm bằng hơi nước nhiệt độ $95 - 98^{\circ}\text{C}$ ở áp suất thường trong thời gian 8 – 12 giờ (tùy loại bê tông), sau đó ở điều kiện thường 3 ÷ 5 ngày trước lúc xuất xưởng.

Phương án 1 dùng cho bê tông cốt thép đổ tại chỗ. Hai phương án dành cho bê tông cốt thép đúc sẵn. Bê tông cốt thép không cho đóng rắn trong môi trường hơi nước có áp suất cao vì môi trường này có hại đến cốt thép (gây rỉ thép). Môi trường này chỉ dành cho loại bê tông silicat như gạch vôi – cát, gạch block xỉ – cát, v.v... và một số loại bê tông trang trí có kích thước nhỏ và không có cốt thép.

Cần lưu ý đến ưu và nhược điểm của quá trình xúc tiến đóng rắn bê tông và bê tông cốt thép. Ưu điểm là ở môi trường nhiệt ẩm có tác dụng đẩy nhanh quá trình đóng rắn của xi măng và bê tông vì vậy mà rút ngắn

thời gian đạt mác để xuất xưởng hoặc sử dụng cho lắp ghép công trình. Nhưng nhược điểm đi kèm theo nó là do quá trình tạo ra các sản phẩm đóng rắn quá nhanh nên sự sắp xếp về cấu trúc bê tông không được hoàn chỉnh, để lại nhiều khuyết tật mà trong quá trình làm việc, khi cấu trúc trở về trạng thái cân bằng nội năng sẽ kéo theo sự giảm sút cường độ của bê tông. Cho nên cần để cho bê tông và bê tông cốt thép đóng rắn ở điều kiện thường có bảo dưỡng nước là phương án vừa tốt và vừa đơn giản nhất. Nhưng phương án này đòi hỏi có kho, bãi lớn, nhất là đối với các nhà máy sản xuất bê tông đúc sẵn.

Phương án ép nóng sản phẩm bê tông kích thước nhỏ rồi cho đóng rắn ở điều kiện thường cũng là một trong những phương án gia nhiệt để thúc đẩy quá trình đóng rắn bê tông.

11.6. Các tính chất của bê tông và bê tông cốt thép

Có thể phân chia các tính chất của bê tông thành 2 nhóm: nhóm các tính chất của vữa bê tông (còn gọi là bê tông tươi) và nhóm các tính chất của đá bê tông, tức vữa bê tông đã đóng rắn.

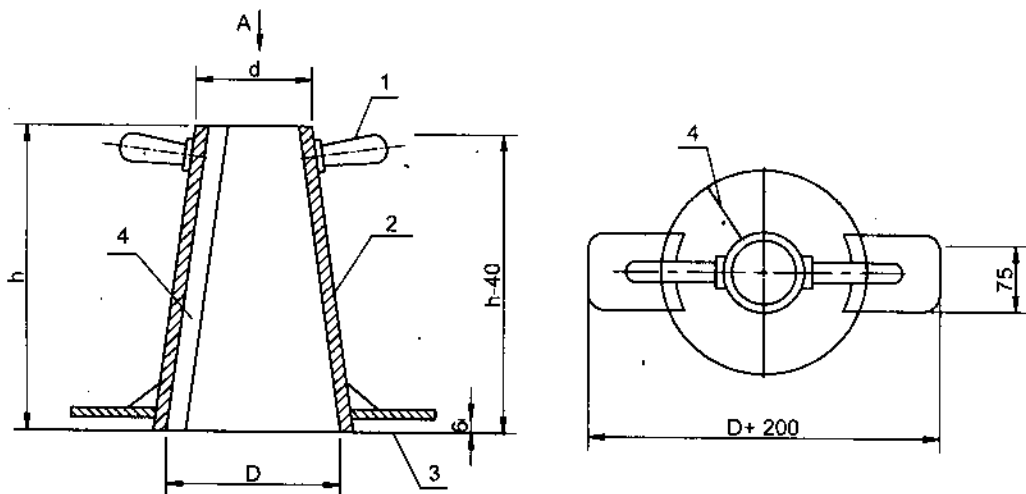
11.6.1. Các tính chất của vữa bê tông

Các tính chất của vữa bê tông liên quan đến việc đúc rót, tạo hình các cấu kiện xây dựng nhờ những khuôn ván hoặc khuôn thép đã được lắp ghép trước theo khuôn mẫu thiết kế: cột, dầm, xà, móng, trụ cầu, ống nước, cột điện, v.v... Các tính chất của vữa bê tông là:

– Độ sụt hay còn gọi là độ linh động của vữa bê tông. Độ sụt được đánh giá bằng khả năng chảy, dễ rót của vữa bê tông dưới tác dụng trọng lượng của bản thân và độ rung động bên ngoài. Độ sụt được ký hiệu là SN và đơn vị đo độ sụt là mm theo TCVN 3/05 – 93 hoặc ASTM C143 – 90A. Dụng cụ để đo độ sụt là 1 hình côn cụt có kích thước bên trong được ghi trong bảng 37 dưới đây và trên hình 29.

BẢNG 37

Kích thước dụng cụ đo độ sụt, mm	Hình mẫu 1	Hình mẫu 2
Đường kính đáy miệng trên	100	150
Đường kính đáy dưới	200	300
Chiều cao hình côn	300	450



Hình 29. Dụng cụ xác định độ sụt của vữa bê tông

Phương pháp xác định độ sụt của vữa bê tông được tiến hành như sau:

– Tính cấp phối bê tông đủ 4 thành phần: xi măng, cát, đá, nước nếu không sử dụng phụ gia tăng độ dẻo. Trường hợp có sử dụng phụ gia dạng nước thì lượng nước phải trừ đi lượng phụ gia. Đầu tiên tính cấp phối cho 1 m³ hay 1000 lít bê tông, sau đó tính chuyển về số lít bê tông đủ để xác định độ sụt và đúc 9 mẫu lập phương tiêu chuẩn để xác định mác.

– Cân đủ lượng xi măng, cát, sỏi hoặc đá dăm đổ và thùng trộn hoặc máy trộn bê tông để trộn khô trước sao cho xi măng, cát và đá được phân bố đều. Sau đó dùng ống đong thủy tinh loại 1000 ml, loại 500 ml và loại 100 ml (phải dùng cả 3 loại ống đong mới đo chính xác lượng nước để trộn vữa bê tông). Đầu tiên đong bằng ống đong 1000 ml đổ vào máy hoặc thùng trộn, tiếp theo đổ tiếp lượng nước bằng ống đong 500 ml, tiếp tục trộn và cuối cùng dùng ống đong 100 ml để bổ sung lượng nước còn lại. Trong khi trộn, cần xem độ dẻo của vữa bê tông nếu đoán biết đã đạt tiêu chuẩn thì không cần đổ hết lượng nước còn lại trong ống đong 100 ml.

Trường hợp đã đổ đủ lượng nước tính toán mà vữa bê tông vẫn khô thì phải dùng ống đong 50 ml để bổ sung nước, mỗi lần cho khoảng 15 – 20 ml cho đến khi phán đoán được độ dẻo (độ sụt) của vữa bê tông đã đạt.

Nếu trộn bằng máy trộn thì thời gian trộn khô là 2 phút, thời gian trộn ướt là 2 – 3 phút. Nếu trộn tay bằng xẻng nhỏ trong xô hoặc chảo,

thùng thì thời gian trộn khô và trộn ướt đều phải tăng lên 1 – 1,5 phút. Người trực tiếp trộn phải trộn nhanh và đều mới đáp ứng được độ đồng nhất của vữa bê tông trong thời gian quy định. (Làm thí nghiệm đo độ sụt và đúc mẫu bê tông thử mác phải bố trí đủ nhân lực: 2 – 3 người có kinh nghiệm và tính cẩn thận, cẩn mẫn). Vữa bê tông ngay sau khi đạt độ dẻo và độ đồng nhất thì phải nhanh tay dùng xẻng con xúc đổ vào dụng cụ thử độ sụt đã được lau sạch bụi bẩn bên trong bằng khăn ẩm có dầu và đặt sẵn trên miếng tôn hoặc tấm gạch gốm 50×50 cm (gạch ceramic trắng) cũng được lau sạch bằng khăn ẩm. Dùng chày thép giã đều 2 bên quanh dụng cụ hình côn để lên chặt vữa bê tông. Sau cùng dùng dũa thép hoặc dao gạt bằng mặt đáy trên, và nhanh tay (nhưng cẩn thận) nhắc thẳng đứng hình côn lên phía trên, để dụng cụ sang phía sát gần cột vữa bê tông, lấy dũa thẳng đặt ngang mặt trên hình côn đo khoảng cách từ mặt trên cột vữa bê tông cho đến mặt dưới của dũa bằng số đo mm. Khoảng cách đó chính là độ sụt của vữa bê tông.

Việc nhắc dụng cụ đo lên phía trên theo chiều thẳng đứng cần cẩn thận để đáy dưới của hình côn không chạm vào cột vữa tránh để cột vữa bị xiên vẹo dẫn đến sai số khi đo khoảng cách từ mặt cột vữa đến dũa gác ngang. Trường hợp có va chạm làm cột vữa xiên vẹo hoặc cột vữa chảy loang thì vữa quá dẻo tức lượng nước quá nhiều thì cần phải làm lại thí nghiệm.

Để tiết kiệm nguyên liệu, nhất là xi măng, có thể thí nghiệm đầu tiên chỉ đo độ sụt. Sau khi chọn được lượng nước (và lượng phụ gia dẻo hoá, nếu cần) thích hợp thì mới làm lại thí nghiệm đo độ sụt kết hợp với đúc mẫu thử cường độ. Lượng bê tông sau khi xác định độ sụt xong có thể tận dụng để đổ vào thùng trộn nhào trộn lại vài phút, lấy ra đúc mẫu thử cường độ.

Người ta chia độ linh động của vữa bê tông ra 3 cấp theo độ sụt như trong bảng 38.

– *Độ cứng của vữa bê tông:*

Độ cứng của vữa bê tông là vữa bê tông có độ sụt bằng không, tức vữa không chảy mà chỉ có độ nhót của nó. Theo TCVN 3107 – 93 độ cứng của vữa bê tông được ký hiệu là C và được đo bằng giây – thời gian rung động cần thiết để san bằng và lên chặt vữa bê tông trong nhót kế kỹ thuật (có tên là côn Abram). Vữa bê tông được lên chặt trong côn này, sau đó

cho rung chấn động với tần số 3000 ± 200 lần/phút. Theo thời gian đo được (bằng giây) người ta chia độ cứng của vữa bê tông ra 4 cấp được ghi trên bảng 38.

BẢNG 38

T/T	Loại vữa B.tông theo độ cứng	SN cm	Độ cứng B.tông C, giây	T/T	Loại vữa B.tông theo độ dẻo	SN cm	Độ cứng của vữa, giây
1	Đặc biệt cứng	0	> 300	1	Kém dẻo	1-4	15 – 20
2	Cứng cao	0	150 – 200	2	Dẻo	5-8	0 – 10
3	Cứng vừa	0	60 – 100	3	Siêu dẻo	10-20	0
4	Cứng ít	0	30 – 45	4	-		

Như vậy độ cứng của vữa bê tông là thời gian (tính bằng giây) mà vữa bê tông được san bằng mặt phẳng trên miệng khuôn hình côn Abram dưới tác dụng rung của khuôn chứa vữa bê tông đặt trên bàn rung với tần số 3000 ± 200 lần/phút.

Căn cứ vào yêu cầu đúc rót, chế tạo các loại cấu kiện bê tông, người ta chọn độ cứng và độ sụt cho phù hợp và được ghi tại bảng 39.

BẢNG 39

T/T	Loại sản phẩm cấu kiện bê tông	C (giây)	SN (cm)
1	Cấu kiện bê tông cốt thép cần tháo cốp – pha sớm	20 – 10	0
2	Tấm phủ cầu, đường ô tô	10 – 6	1 – 2
3	Bê tông toàn khối ít cốt thép	6 – 4	2 – 4
4	Cột, dầm, xà, tấm panel bê tông cốt thép	< 4	4 – 8
5	Sản phẩm kết cấu có nhiều cốt thép	< 2	8 – 10
6	Các cấu kiện nhà lắp ghép bê tông	0	12 – 18
7	Các sản phẩm khác có nhiều cốt thép	0	18 – 24

Hai loại sản phẩm cuối cùng trong bảng 39 cần độ sụt cao để đảm bảo lèn chặt vữa bê tông vào các khuôn cốp – pha có nhiều cốt thép và có hình dáng phức tạp. Để giảm lượng nước mà vẫn đảm bảo độ sụt lớn cho vữa bê tông cần phải chọn lựa loại và tỷ lệ phụ gia siêu dẻo phù hợp.

11.6.2. Các tính chất của đá bê tông cốt thép

Đá bê tông cốt thép có những tính chất cơ – lý – hoá sau đây:

– *Cường độ chịu nén của bê tông*: Cường độ chịu nén là tính chất cơ lý quan trọng nhất của bê tông trong quá trình làm việc của nó. Đây cũng là chỉ tiêu quan trọng nhất của mọi công trình xây dựng. Vì vậy cường độ nén của bê tông là chỉ tiêu kiểm tra, thanh tra chất lượng công trình.

Để xác định cường độ nén, người ta lấy mẫu đại diện cho từng loại bê tông đang thi công đúc rót các cấu kiện xây dựng trên công trường hoặc lấy đơn cấp phối bê tông đã và đang sử dụng để phối trộn bê tông tại chỗ kèm theo các nguyên liệu (ximăng, cát, đá/sỏi, nước) đem về phòng thí nghiệm để làm mẫu thử cường độ nén.

Để xác định cường độ chịu nén người ta đúc các mẫu thử hình khối lập phương kích thước $10 \times 10 \times 10$ cm, hoặc $15 \times 15 \times 15$ cm, $20 \times 20 \times 20$ cm hoặc hình trụ tròn kích thước ϕ (d) = 15 cm, h = 30 cm, bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn: nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$, độ ẩm môi trường 90 – 100% trong thời gian 28 ngày sau đó lấy ra lau bằng khăn ẩm và đưa vào máy ép để thử cường độ nén. Nếu cần thử cường độ mẫu bảo dưỡng sau 3 ngày, 7 ngày thì phải đúc 9 mẫu để có giá trị trung bình cộng của 3 mẫu của mỗi lần thử.

Máy nén ép thử cường độ nén phải được kiểm định tốc độ tăng lực nén và độ chính xác của lực nén. Cơ quan kiểm định phải là các trung tâm đo lường, chất lượng được cấp giấy phép của Bộ khoa học công nghệ quốc gia.

Cường độ chịu nén của bê tông được tính theo các công thức sau:

$$R_b = \frac{P}{S} \cdot K_1 \text{ đối với mẫu lập phương, } \text{kg/cm}^2 \text{ hoặc daN/mm}^2$$

$$R_b = \frac{P}{S} \cdot K_2 \text{ đối với mẫu hình trụ, } \text{kg/cm}^2 \text{ hoặc daN/mm}^2 \quad (44)$$

Ở đây P là lực nén, S là tiết diện của mẫu, K_1 và K_2 là hệ số của khuôn mẫu. Trị số của K_1 và K_2 lấy theo bảng 40 sau đây [8].

BẢNG 40

Kích thước mẫu thử, cm	Hệ số K	Cường độ chịu nén của bê tông, kg/cm^2			
		150	200	300	400
Mẫu lập phương: $10 \times 10 \times 10$	K ₁	0,87	0,85	0,83	0,81
Mẫu lập phương: $15 \times 15 \times 15$		0,96	0,94	0,92	0,90
Mẫu lập phương: $20 \times 20 \times 20$		1,00	1,00	1,00	1,00
Mẫu hình trụ $d15 \times h30$	K ₂	1,19	1,20	1,24	1,25
Mẫu hình trụ $d20 \times h40$		1,24	1,24	1,26	1,28

Nếu các lần thí nghiệm đã cho kết quả cường độ chịu nén là R_{28} của các mẫu bảo dưỡng 28 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn thì cường độ nén của các mẫu với cùng loại nguyên liệu chất lượng như nhau, điều kiện thao tác tay nghề đúc mẫu như nhau và kích thước mẫu như nhau thì cường độ chịu nén n ngày có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$R_n = \frac{\lg n}{\lg 28} \cdot R_{28} \quad (45)$$

Theo Volcov A.I. [7] thì cường độ nén của bê tông có thể dự tính từ cường độ của xi măng và tỷ lệ xi măng/ nước (X_i/N) theo các công thức của Scramtaev như sau:

$$R_b = A \cdot R_{X_i} \cdot (X_i/N - 0,5) \text{ nếu tỷ lệ } X_i/N \leq 2,5, \text{ tức } N/X_i \geq 0,40$$

$$\text{và } R_b = A_1 \cdot R_{X_i} \cdot (X_i/N + 0,5) \text{ nếu tỷ lệ } X_i/N \geq 2,5, \text{ tức } N/X_i \leq 0,40 \quad (46)$$

Ở đây R_b và R_{X_i} là cường độ nén 28 ngày của bê tông và xi măng,

X_i/N là tỷ lệ xi măng/nước và N/X_i là tỷ lệ nước/xi măng,

A và A_1 là hệ số chất lượng của cốt liệu.

Trị số A_1 và A lấy theo bảng 29.

– *Cường độ chịu kéo của bê tông:*

Cường độ chịu kéo của bê tông rất thấp so với cường độ chịu nén (chỉ bằng $1/10 \div 1/8$ cường độ nén). Ở Pháp người ta lập quan hệ của cường độ chịu kéo với cường độ chịu nén bằng công thức sau [2]:

$$R_K = 0,6 + 0,06 R_n \quad (47)$$

Còn theo ASTM C496 – 90, thì cường độ chịu kéo có thể tính theo công thức sau [2]:

$$R_K = \frac{2P}{\pi.L.D} \quad (48)$$

P là lực kéo (daN), L là chiều dài của mẫu, D là đường kính của mẫu thử.

– *Cường độ kéo khi uốn:* trong thực tế, kết cấu các công trình nhà ở, nhà văn hoá, cầu đường bộ, đường sắt, v.v... có một số dầm, xà, băng phải chịu tải của lực kéo song song cùng với chịu tải của lực uốn, nhất là lúc có tải trọng động. Vì vậy trong kết cấu các loại băng, dầm, xà phải tính toán một cách cẩn thận cường độ chịu kéo khi uốn.

Các mẫu thử cường độ kéo khi uốn phải được thực hiện đúng theo quy định của TCVN 3105 – 1993 về kích thước mẫu, điểm đặt lực uốn và tốc độ tăng lực, v.v...

Cường độ kéo khi uốn của từng mẫu dầm bê tông được tính bằng daN/cm² theo công thức sau [2]:

$$R_{KU} = \frac{P.L}{ab^2}.K \quad (49)$$

Ở đây P là lực do tải trọng uốn gây mẫu.

L là khoảng cách giữa 2 đầu gối tựa.

a là chiều rộng của tiết diện ngang của mẫu (cm).

b là chiều cao của tiết diện ngang của mẫu (cm).

K là hệ số tính chuyển đổi từ kích thước mẫu thử khác với mẫu chuẩn có kích thước $150 \times 150 \times 600$ mm. Hệ số K lấy ở bảng 41 dưới đây:

BẢNG 41

Kích thước của mẫu dầm, mm	Hệ số K
$100 \times 100 \times 400$	1,05
$150 \times 150 \times 600$	1,00
$200 \times 200 \times 800$	0,95

Cường độ kéo khi uốn của bê tông được xác định bằng giá trị trung bình cộng cường độ kéo khi uốn của 3 mẫu trong nhóm mẫu có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất không lệch quá 15% so với giá trị trung bình.

Cường độ kéo dọc trục của bê tông (R_K) được tính theo cường độ kéo khi uốn theo công thức sau:

$$R_K = 0,58 R_{KU} \quad (50)$$

– *Phân mức của bê tông theo cường độ nén:*

Sự phân mức của bê tông theo cường độ chịu nén được căn cứ vào cường độ nén trung bình của 3 mẫu thử. Khi cường độ nén trung bình cao hơn mức thiết kế không quá 50% của 1 mức (10 N/mm^2 hay 100 kg/cm^2) thì trong sử dụng có thể xem như bê tông đã đạt được mức thiết kế. Nhưng cường độ trung bình của 3 mẫu bê tông lấy từ công trường thi công xây dựng hoặc các mẫu được đúc theo đơn cấp phối ở công trường mà chỉ bằng hoặc chỉ vượt 5% mức thiết kế thì bê tông đó xem như không đủ mức. Vậy trong tính cấp phối mức bê tông cần phải nhân với hệ số 15% (tức $K_a = 1,15$) đối với xi măng và cốt thép.

– *Tính biến dạng của bê tông:*

Bê tông là vật liệu đàn hồi dẻo. Sự biến dạng của nó gồm 2 phần là biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo.

Biến dạng đàn hồi của bê tông xảy ra khi có tải trọng tác dụng rất nhanh và tạo ra ứng suất không lớn, thường nhỏ hơn 0,2 cường độ giới hạn [2]. Tính đàn hồi của bê tông ở giai đoạn này (ϵ_{dh}) được đặc trưng

bằng modun đàn hồi và được tính theo công thức kinh nghiệm theo cường độ nén 28 ngày:

$$E_{dh} = \frac{10^6}{1,7 + 360/R_b} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (51)$$

Ở đây E_{dh} là modun đàn hồi, R_b là cường độ chịu nén của bê tông 28 ngày.

Modun đàn hồi còn có quan hệ với cường độ chịu nén của bê tông bằng công thức sau:

$$E_b = 57000 \sqrt{R_b} \quad (52)$$

Trị số của E_b biến đổi từ 28000 đến 45000 MPa khi R_b dao động trong phạm vi 30 ÷ 80 MPa.

– *Tính co nở của bê tông*: Trong quá trình đóng rắn của bê tông thường phát sinh biến dạng thể tích. Đó là hiện tượng nở thể tích khi ngậm nước và co lại khi nắng hanh. Khảo sát thực tế và làm thí nghiệm cho thấy rằng giá trị co lớn hơn nở 10 lần. Theo quan điểm về độ xốp của bê tông thì độ nở với giới hạn nhất định không những không có hại mà còn có lợi do nó làm tăng cường độ của bê tông. Nhưng vượt quá giới hạn nhất định thì độ nở lại có hại do xuất hiện ứng suất nội bên trong bê tông. Thực ra giá trị độ xốp của bê tông lớn hơn nhiều so với giá trị của độ nở. Tuy nhiên độ xốp thường không được phân bố đều đặn trong thể tích toàn khối bê tông vì vậy không thể nghiên cứu để đưa ra được giá trị số độ xốp chính xác là bao nhiêu thì độ nở tương ứng không ảnh hưởng xấu đến chất lượng bê tông.

Hiện tượng co ngót thể tích thường có hại do nó là nguyên nhân gây ra những vết nứt bê tông và có những vết nứt nguy hiểm ảnh hưởng đến tuổi thọ làm việc của bê tông.

Hiện tượng co và nở thể tích của bê tông có nhiều nguyên nhân. Nhưng nguyên nhân chủ yếu là do sự bốc hơi nước dư thừa khi thời tiết nắng hanh. Bản thân các loại cốt liệu và cốt thép không cần đến nước. Nước chỉ ảnh hưởng tới thành phần xi măng. Khối lượng lớn nhất của xi măng trong 1m^3 bê tông chỉ đến 500 kg và nhu cầu nước để hydrat hoá

hoàn toàn lượng xi măng chiếm khoảng 25%. Nếu lượng xi măng đủ 500 kg thì lượng nước cần thiết là 125 lít. Nhưng chúng ta phải cấp phối đến $160 \div 210$ lít nước cho 1 m^3 bê tông vì nước cần phải có để bôi trơn bề mặt các loại cốt liệu mịn và cốt liệu thô, để chứa trong các dạng lỗ xốp hở và đường nứt vi mao của chúng và còn phải để đảm bảo độ linh động của vữa bê tông nhằm đổ rót, tạo hình các cấu kiện bê tông được thuận lợi. Trong quá trình đóng rắn, bản thân các cốt liệu không cần lượng nước đó nữa nên nó thoát ra bên ngoài dưới dạng bốc hơi, đặc biệt đối với những cấu kiện làm việc trong môi trường không khí. Sự thoát nước thường kèm theo hiện tượng xích lại gần nhau của các phần tử trong cấu trúc bê tông làm cho bê tông bị co ngót thể tích.

Ngoài ra, nguyên nhân gây ra hiện tượng nở thể tích còn do sự toả nhiệt của các phản ứng hydrat của các khoáng xi măng, nhiệt lượng toả ra từ quá trình phản ứng đối với từng loại khoáng được ghi trong bảng 42 dưới đây [12]. Với lượng nhiệt toả ra của các khoáng xi măng PC ghi trong bảng 42, nếu lấy thành phần khoáng trung bình của xi măng PC sản xuất ở Việt Nam hiện nay (đối với xi măng PC – 40 của các nhà máy lò quay khô) là $C_3S = 55\%$, $C_2S = 20\%$, $C_3A = 8\%$ và $C_4AF = 14\%$, tổng = 97% thì nhiệt lượng hydrat toả ra 3 ngày là 307 kcal/kg, 7 ngày là 363 kcal/kg, 28 ngày là 424 kcal/kg và 90 ngày là 458 kcal/kg xi măng. Lượng nhiệt toả ra là khá lớn, trong 28 ngày mỗi kg xi măng như trên toả ra 424 kcal như vậy trung bình mỗi ngày 1 kg xi măng toả ra 15,1428 kcal. Trong 1 m^3 bê tông mác 300 thường có đến 400 kg xi măng, vậy mỗi ngày lượng nhiệt toả ra sẽ là:

$$400 \text{ kg} \times 15,1428 \text{ kcal} = 6057,12 \text{ kcal/1 m}^3$$

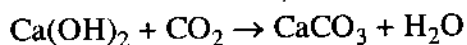
Lượng nhiệt tương đương với nhiệt lượng đốt cháy hoàn toàn 1 kg than 4a Quảng Ninh trong 1 m^3 bê tông. Vì vậy bê tông có hiện tượng nở nhiệt là không tránh khỏi. Cũng vì vậy trong thi công bê tông khối lớn cho các công trình thủy điện, thủy lợi, v.v... người ta phải sử dụng loại xi măng Portland ít toả nhiệt (xem mục xi măng ít toả nhiệt cho bê tông khối lớn). Sau đây là nhiệt lượng toả ra của 1 kg từng loại khoáng riêng biệt của xi măng portland [12].

BẢNG 42

Tên khoáng	Nhiệt toả ra do phản ứng hydrat, kcal/kg					
	3 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	180 ngày	Toàn phần
Alit C_3S	405	461	486	520	566	670
Belit C_2S	62,3	105	167	198	231	353
Aluminat canxi C_3A	591	668	880	930	1070	1070
Alumoferit canxi C_4AF	178	252	378	415	457	570

– Tính chất cacbonat hoá bề mặt bê tông:

Quá trình cacbonat bề mặt của bê tông là quá trình hấp thụ khí CO_2 từ không khí của hydrôxit canxi – $Ca(OH)_2$ để tạo ra cacbonat canxi và thải nước ra ngoài theo phản ứng sau:



Đây là phản ứng có lợi cho bê tông do phân tử lượng của $CaCO_3$ là 104 g, lớn hơn phân tử lượng của $Ca(OH)_2$ chỉ có 74 g nên nó bịt kín các lỗ xốp hờ và các khe nứt vi mao làm chắc đặc bề mặt bê tông, bảo vệ cho cốt thép không bị oxy của môi trường thẩm thấu vào làm han rỉ.

– Tính thấm nước của bê tông:

Quá trình thoát nước dư thừa trong thời gian đông rắn của bê tông để lại những lỗ xốp thông ra ngoài môi trường. Đó là những túi chứa nước khi không khí có mưa ẩm. Vì vậy khả năng thấm nước của bê tông là một tính chất hiển nhiên. Để hạn chế sự thấm nước và hấp thụ từ môi trường những tác nhân ăn mòn bê tông như khí SO_2 , SO_3 của không khí, HNO_3 (axit nitric) có trong mưa và những ion sunphat – SO_4^{2-} , Mg^{2+} của môi trường nước, người ta sử dụng các loại phụ gia chống thấm hoặc sơn bảo vệ bề mặt bê tông bằng sơn epoxi hoặc các loại sơn, keo ít tan trong nước và không chứa tác nhân ăn mòn bê tông.

12. GIA CÔNG CỐT THÉP VÀ KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP

12.1. Kỹ thuật gia công cốt thép

Kỹ thuật gia công cốt thép gồm các công việc sau:

- Uốn thẳng thanh thép.
- Đo và cắt các thanh thép.
- Uốn móc 2 đầu các thanh thép.
- Hàn nối cốt thép.

• *Uốn thẳng thép:* Đối với các công trình xây dựng nhỏ, việc uốn thẳng các thanh thép và uốn móc 2 đầu các thanh cốt thép được thực hiện bằng phương pháp thủ công hoặc bán thủ công. Trường hợp uốn thép bằng tay, người ta làm các điểm kẹp và tỳ thép trên một tấm gỗ chắc, sau đó cho thanh thép kẹp vào điểm tỳ và dùng ống nước bằng thép lồng vào 1 đầu thanh thép để uốn móc 2 đầu. Phương pháp thủ công này chỉ có thể thực hiện được với những thanh thép có đường kính từ 10 đến 20 mm.

Đối với những công trình lớn phải sử dụng nhiều loại cốt thép có $\phi > 20$ mm người ta phải dùng máy uốn thép. Trong bảng 43 giới thiệu 2 loại máy uốn thép có đường kính lớn.

BẢNG 43

Đặc tính kỹ thuật của máy uốn thép tròn	Kiểu máy	
	CUA – 40B	MUT – 90
Đường kính tối đa của thép thanh máy uốn tốt		
– Đối với loại thép A – I có đường kính, mm	≤ 40	≤ 90
– Đối với loại thép A – II có đường kính, mm	≤ 32	≤ 70
– Tần số quay của đĩa uốn, vòng/phút	3, 4, 14	0,7
– Công suất động cơ điện, KW	3	7,5
– Kích thước máy (dài $\times$ rộng $\times$ cao), mm	760 $\times$ 790 $\times$ 790	2015 $\times$ 1530 $\times$ 860
– Khối lượng máy, kg	380	2250

Hai kiểu máy uốn thép trên là các máy uốn thép đa năng. Người ta điều chỉnh góc uốn theo yêu cầu của thiết kế bằng cách quay các tay quay đặt các kim trên các độ chia tương ứng của 2 bảng chia độ và chuyển dịch tương ứng với các trục vít của các quả dầm. Các quả dầm này tác động lên các con ngắt cuối.

- **Cắt cốt thép:** Đối với các công trình nhỏ người ta dùng máy cắt cầm tay. Các máy cắt cầm tay có khả năng cắt thép đến đường kính ≤ 30 mm. Cũng có thể dùng máy hàn xì bằng khí axetylen để cắt thép xây dựng.

Đối với các công trình xây dựng lớn người ta dùng các máy cắt thép ghi trong bảng 44 dưới đây.

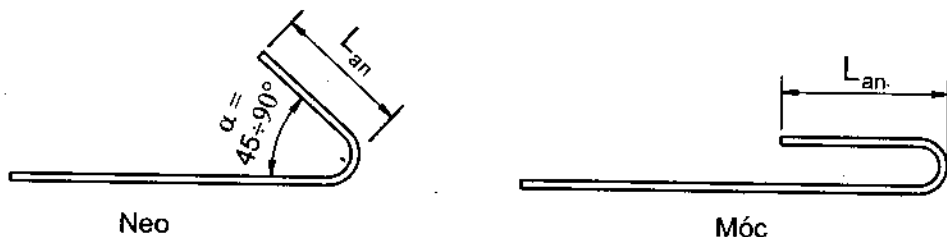
- **Uốn móc ở 2 đầu thanh cốt thép:** Có 2 loại là uốn neo và uốn móc.

Uốn neo có góc uốn $\alpha = 45^\circ$ đến 90° , còn uốn móc có góc uốn 180° , tức uốn thành chữ U để có một đoạn thép song song với cốt thép. Chiều dài của đoạn thép uốn neo hay uốn móc phải là 250 mm. Hình 30 chỉ ra các góc và chiều dài của đoạn uốn neo và uốn móc nói trên.

Trên thực tế chiều dài uốn neo trong nhiều trường hợp lớn hơn nhiều so với chiều dài uốn móc, nhất là đầu dưới của cốt thép của các cột nhà,...

BẢNG 44

Đặc tính kỹ thuật của máy cắt thép tròn	Kiểu máy	
	CMG – 172A	CMG – 322
Đường kính lớn nhất của thép đưa vào máy cắt		
• Loại thép A – I mm	–	40
• Loại thép A – II –	28	40
• Loại thép A – III –	28	40
• Loại thép A – IV –	–	32
• Loại thép A – V –	–	28
Số thanh thép cắt trong 1 phút	33	39
Công suất động cơ của máy, kW	3	3,5
Kích thước của máy (dài × rộng × cao) mm	1100×420×790	1540×590×1030
Khối lượng của máy, kg	445	1300



Hình 30. Móc và neo cốt thép

12.2. Kỹ thuật nối cốt thép

• *Hàn nối và nối buộc cốt thép*: Việc thực hiện hàn nối 2 thanh thép phải theo đúng các quy định sau [5]:

Chiều dài của đoạn thép hàn nối chồng lên nhau phải gấp 6 – 8 lần đường kính của thanh thép, chiều rộng của mối hàn không được bé hơn 0,6 đường kính của thanh thép và phải lớn hơn 8 mm. Chiều cao của mối hàn không nhỏ hơn 0,25 đường kính của thanh thép và phải lớn hơn 4 mm.

• *Nối chồng 2 thanh thép với nhau bằng thép buộc*: chỉ được phép nối buộc 2 thanh thép với nhau khi đường kính của các thanh thép < 30 mm. Đối với thép thanh có đường kính lớn hơn hoặc bằng 30 mm phải được hàn nối [5]. Không được nối chồng bằng thép buộc 2 thanh thép ở trong vùng chịu kéo của các cấu kiện chịu uốn và chịu nén, tức cốt thép của các xà, dầm, băng không được nối chồng bằng thép buộc. Các cấu kiện khác như cột nhà thì được phép nối buộc nhưng chiều dài của đoạn nối chồng L_n phải được tính theo công thức sau:

$$L_n = \left[w_n \cdot \frac{R_s}{R_b} + \Delta n \right] \cdot \phi \quad [10] \quad (53)$$

Ở đây w_n và Δn là các hệ số lấy từ bảng 45, ϕ là đường kính của thép thanh, R_s và R_b là cường độ chịu kéo của thép và cường độ chịu nén (mác) của bê tông.

BẢNG 45

Điều kiện làm việc của cốt thép	Hệ số w_n		Hệ số Δn
	Thép có gờ	Thép tròn trơn	
– Trong bê tông chịu kéo	0,90	1,55	11
– Trong bê tông chịu nén	0,65	1,0	8

13. TÌM HIỂU SƠ BỘ CÁC BƯỚC THIẾT KẾ BÊ TÔNG CỐT THÉP

Thiết kế bê tông cốt thép gồm 2 công việc chính là tính toán và cấu tạo [10] và được tiến hành theo tuần tự 7 bước như sau:

– *Bước 1:* Mô tả và giới thiệu về kết cấu. Nội dung của bước này là trình bày về vị trí, nhiệm vụ và đặc điểm (nếu có) của kết cấu, trong đó cần giải trình rõ việc lựa chọn phương án kết cấu, thể hiện mặt bằng của kết cấu, hình dạng và các kích thước cơ bản của kết cấu. Nên đưa ra 2 phương án kết cấu sau đó phân tích ưu nhược điểm của từng phương án từ đó quyết định chọn lựa phương án xử lý. Cần phải khảo sát kỹ nền móng và chọn lựa phương án xử lý nền móng, chiều gió chính và sức gió bão của địa điểm xây dựng công trình, v.v...

– *Bước 2:* Chọn kích thước sơ bộ cho các bộ phận như: chiều dày cơ bản của tường, kích thước tiết diện ngang của dầm, xà, cột và chọn các loại vật liệu cho cấp phối bê tông, bao gồm loại và mác xi măng, xi măng của nhà máy nào, cát vàng loại cỡ hạt thô hay trung bình, loại cốt liệu thô là đá dăm hay sỏi cuội, các loại thép, nhà cung cấp thép, mác thép, chọn phương pháp trộn bê tông (trộn thủ công hay trộn máy và loại máy trộn gì), mô tả điều kiện thi công của hiện trường như sân, bãi, nước, vị trí tập kết nguyên vật liệu, phương tiện uốn thép, cắt thép, điều kiện đúc rót bê tông, phương tiện cân đong các vật liệu cấp phối bê tông, giải pháp che dầy khi trời mưa, phương tiện bảo dưỡng bê tông, v.v...

– *Bước 3:* Lập sơ đồ tính toán: xác định các gối tựa, các liên kết, nhịp tính toán của bản và của dầm, chiều cao tính toán của cột, liên kết lý thuyết sử dụng trong tính toán bao gồm các loại như gối đỡ tự do, gối khớp, liên kết cứng, liên kết ngàm, v.v... việc chuyển từ liên kết thực tế

thành liên kết tính toán đòi hỏi có sự phân tích về khả năng ngăn cản chuyển vị thẳng và chuyển vị xoay của các liên kết không dựa vào hình thức bên ngoài của chúng.

– *Bước 4:* Xác định các loại tải trọng tác dụng lên kết cấu. Với mỗi loại tải trọng cần xác định giá trị, phương và chiều tác dụng, các trường hợp bất lợi có thể xảy ra, có tính đến cả các nội lực phát sinh và ngoại lực như gió, bão, mưa đá,...

– *Bước 5:* Tính toán và vẽ biểu đồ nội lực, tổ hợp các nội lực. Cần tính toán và vẽ biểu đồ nội lực cho từng loại tải trọng. Sau đó chọn lựa các giá trị từ các biểu đồ, tổ hợp lại để chọn ra những giá trị bất lợi để tính toán tiếp.

– *Bước 6:* Tính toán bê tông cốt thép

Với nội lực đã có cần tiến hành tính toán về bê tông cốt thép nhằm xác định hoặc kiểm tra kích thước tiết diện và các loại cốt thép, bảo đảm cho kết cấu cốt thép được an toàn. Tính toán về bê tông cốt thép là nội dung cơ bản phục vụ cho việc thiết kế.

– *Bước 7:* Thiết kế chi tiết và thể hiện.

Tiến hành chọn lựa và bố trí cốt thép theo các yêu cầu về chịu lực, về cấu tạo, thiết kế chi tiết các bộ phận, các thanh cốt thép, thể hiện trên bản vẽ các kết quả các thiết kế để dùng cho việc nhận biết chính xác các kết cấu và để thực hiện trong quá trình thi công xây dựng.

14. CÁC LỰC TÁC DỤNG CẦN TÍNH TOÁN

14.1. Tải trọng

Tải trọng là các lực tác dụng lên kết cấu. Khi thiết kế kết cấu, xác định các loại tải trọng theo tiêu chuẩn tương ứng. Với các kết cấu nhà ở và các công trình dân dụng, công nghiệp, cần sử dụng tiêu chuẩn tải trọng và tác động theo TCVN 2737 – 1995.

14.2. Phân loại tải trọng

Dựa vào các tính chất tác dụng, người ta phân ra 3 loại tải trọng là:

– Tải trọng thường xuyên.

– Tải trọng tạm thời

– Tải trọng đặc biệt

• Tải trọng thường xuyên gọi là tĩnh tải, tức là tải trọng không thay đổi trong suốt quá trình làm việc của kết cấu như: trọng lượng bản thân của kết cấu, các vách ngăn cố định, v.v... Để xây dựng tải trọng thường xuyên cần dựa vào cấu tạo cụ thể của các bộ phận.

• Tải trọng tạm thời còn gọi là hoạt tải là tải trọng có thể thay đổi điểm đặt, giá trị và phương chiều. Đó là tải trọng do người và các đồ vật trên sàn nhà gây ra như bàn ghế, giường tủ, người đi lại,... ô tô, tàu hoả đi qua cầu, đường, tải trọng gió, v.v...

Để xác định tải trọng tạm thời cần dựa vào các tiêu chuẩn về tải trọng theo số liệu thống kê.

• *Tải trọng đặc biệt*: Loại tải trọng này ít xảy ra như bão tố, lốc xoáy, động đất, cháy nổ, v.v..

Theo thời hạn tác dụng của loại tải trọng, người ta chia làm 3 loại là:

– Tải trọng dài hạn.

– Tải trọng ngắn hạn.

– Tải trọng trùng lặp.

Tải trọng dài hạn gồm tải trọng thường xuyên và một phần tải trọng tạm thời.

Tải trọng ngắn hạn gồm phần còn lại của tải trọng tạm thời.

Tải trọng trùng lặp là tải trọng có trị số thay đổi nhanh, thường theo chu kỳ. Ví dụ tải trọng rung động, tải trọng dạt của cơn bão.

14.3. Trị số tiêu chuẩn và trị số tính toán của tải trọng

Trong tính toán kết cấu cần phân biệt 2 trị số của tải trọng là: trị số tiêu chuẩn và trị số tính toán của tải trọng.

– *Trị số tiêu chuẩn của tải trọng* được ký hiệu là $q_{T.C}$ – gọi là tải trọng chuẩn lấy bằng giá trị thường gặp trong quá trình sử dụng công trình. Trị số này được xác định theo các số liệu thực tế thống kê nhiều năm.

– Trị số tải trọng tính toán được ký hiệu là q – gọi là tải trọng tính toán và được lấy bằng trị số tải trọng tiêu chuẩn nhân với hệ số tin cậy (hay là hệ số vượt tải) n :

$$q = n \cdot q_{T.C} \quad (54)$$

Sử dụng hệ số vượt tải để tính đến các trường hợp đột xuất, tải trọng vượt quá trị số tiêu chuẩn gây nguy hiểm cho kết cấu. Theo TCVN 2737 – 1995 người ta lấy $n = 1,1 \div 1,3$ với tải trọng thường xuyên và $n = 1,2 \div 1,4$ với tải trọng tạm thời.

Với tải trọng thường xuyên, khi tải trọng giảm mà làm cho kết cấu bị bất lợi hơn (nguy hiểm) thì phải lấy $n > 1$.

15. NỘI LỰC CỦA BÊTÔNG CỐT THÉP

15.1. Xác định nội lực

Nội lực trong kết cấu bao gồm:

- Mômen uốn M .
- Lực cắt Q .
- Lực dọc mômen xoắn M_t .

Nội lực trong kết cấu do tải trọng gây ra. Khi xác định nội lực cần quan niệm vật liệu đang làm việc trong trạng thái đàn hồi hoặc đã có biến dạng dẻo để sử dụng sơ đồ tính toán cho phù hợp. Muốn vậy trước hết cần phân biệt kết cấu là tĩnh định hay siêu tĩnh.

Với kết cấu tĩnh định chỉ dùng 1 sơ đồ duy nhất để xác định nội lực – đó là sơ đồ đã được học trong môn học Sức bền vật liệu hoặc Cơ học kết cấu. Thông thường dùng trực tiếp các công thức, các biểu đồ lập sẵn cho các trường hợp tải trọng. Với kết cấu siêu tĩnh hiện tồn tại 2 sơ đồ tính toán là sơ đồ đàn hồi và sơ đồ dẻo. Trong sơ đồ đàn hồi, bê tông cốt thép được xem là vật liệu đàn hồi, đồng nhất nên sử dụng được các phương pháp của cơ học kết cấu của lý thuyết đàn hồi để xác định nội lực. Tính toán theo phương pháp này mặc dù dựa trên những chứng minh chặt chẽ về toán học nhưng kết quả cũng chỉ gần đúng, vì vật liệu bê tông cốt thép không hoàn toàn là vật liệu đàn hồi mà còn có tính biến dạng dẻo và bê tông là vật liệu đồng nhất.

Trong sơ đồ dèo, người ta xét đến biến dạng dèo của cốt thép và của cả bê tông để xét đến sự hình thành khớp dèo và sự phân bố lại nội lực.

Tính theo sơ đồ dèo tuy có xét đến sự làm việc thực tế của vật liệu và kết cấu nhưng cũng cho kết quả gần đúng, vì rất khó đánh giá chính xác mức độ dèo của bê tông cốt thép.

Cho đến nay việc tính theo sơ đồ dèo cũng chỉ mới dùng được cho một số kết cấu dầm, xà và bản thông thường.

15.2. Tổ hợp nội lực và hình bao nội lực

Cần tính toán và vẽ biểu đồ nội lực cho trường hợp tĩnh tải và các trường hợp có thể xảy ra của các hoạt tải. Tổ hợp các nội lực để tìm ra giá trị bất lợi – S của nó:

$$S = S_g + \gamma \sum S_{ij} \quad (55)$$

trong đó S_g là nội lực do tĩnh tải gây ra

S_{ij} là nội lực do trường hợp thứ i ($i = 1, 2, 3, \dots$) của hoạt tải j khi có 1 số hoạt tải tác dụng đồng thời, do đó $j = 1, 2, 3, \dots$

Tại mỗi tiết diện của dầm,... thì S_g là hằng số, còn S_{ij} thì thay đổi cả về trị số và dấu. Để xác định được giá trị bất lợi của S người ta phải chọn S_{ij} để đưa vào tính toán. Như vậy tổ hợp nội lực là một phép cộng có lựa chọn các giá trị hợp lý của S_{ij} nhằm tìm ra giá trị bất lợi của nội lực.

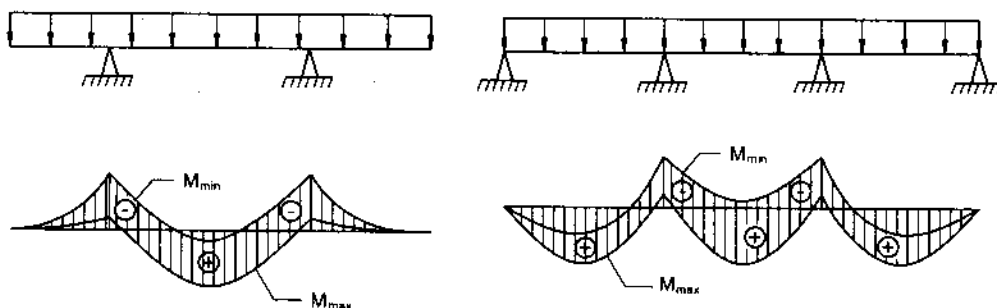
γ là hệ số tổ hợp. Theo TCVN 2737 – 95 thì $\gamma = 1$ khi chỉ xét 1 hoạt tải, còn xét từ 2 hoạt tải trở lên thì $\gamma = 0,9$.

– Xét mômen uốn trong dầm: tại mỗi tiết diện của dầm có 2 giá trị bất lợi của mômen M là $M_{\max}$ và $M_{\min}$. Ứng với giá trị $M_{\max}$ thì có $\sum M_{ij}$ của nó; ứng với giá trị của $M_{\min}$ thì có $\sum M_{ij}$ của $M_{\min}$. Như vậy ta có sơ đồ sau:

$$M \text{ gồm } \begin{cases} M_{\max} = M_g + \max \gamma \sum M_{ij} \\ M_{\min} = M_g + \min \gamma \sum M_{ij} \end{cases} \quad (56)$$

Tại mỗi tiết diện $M_{\max}$ và $M_{\min}$ có thể khác dấu hay cùng dấu tùy theo phương chiều tác dụng của các hoạt tải j .

Tập hợp tất cả các giá trị $M_{\max}$ và $M_{\min}$ theo mọi tiết diện dọc theo dầm sẽ được 2 nhánh của hình bao mômen như trên hình 31.



Hình 31. Hình bao mômen của dầm

16. ĐẠI CƯƠNG VỀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN BÊTÔNG CỐT THÉP

Sau khi tính toán được các nội lực, ta tiến hành tính bê tông cốt thép theo dạng bài toán sau:

16.1. Bài toán kiểm tra hoặc tính cốt thép

Trong bài toán kiểm tra, đã biết kích thước tiết diện và bố trí cốt thép, cần kiểm tra xem kết cấu có đủ độ an toàn hay không. Trong bài toán tính cốt thép, xuất phát từ yêu cầu độ an toàn của kết cấu để xác định lượng cốt thép cần thiết.

Phương pháp tính toán bê tông cốt thép đã trải qua nhiều giai đoạn. Khoảng đầu thế kỷ thứ 20 người ta sử dụng *phương pháp ứng suất cho phép* với điều kiện an toàn là:

$$\sigma = \sigma_{cp} \quad (57)$$

Ở đây σ là ứng suất nội lực gây ra, σ_{cp} là ứng suất cho phép của vật liệu.

Để xác định được ứng suất σ người ta giả thiết rằng, vật liệu bê tông cốt thép là vật liệu có tính đàn hồi hoàn toàn trong quá trình làm việc. Với giả thuyết như vậy, khi tính toán, ta có thể sử dụng một số công thức trong môn sức bền vật liệu. Tuy vậy, xem bê tông là vật liệu hoàn toàn đàn hồi thì chưa phản ánh đúng sự làm việc thực tế của nó.

Đến giữa thế kỷ thứ 20 một số nước đã chuyển sang dùng *phương pháp nội lực phá hoại* với điều kiện an toàn là:

$$k.S_C \leq S_{ph} \quad (58)$$

Ở đây S_C là nội lực do tải trọng gây ra.

S_{ph} là nội lực phá hoại của kết cấu.

k là hệ số an toàn. Thường lấy $k = 1,5 \div 2,5$.

Để xác định được S_{ph} người ta đã dựa vào nhiều kết quả thí nghiệm xét đến sự làm việc thực tế có tính biến dạng dẻo của bê tông và của cốt thép, từ đó lập ra công thức tính toán các trường hợp chịu lực khác nhau.

Phương pháp nội lực phá hoại có tiến bộ hơn phương pháp ứng suất cho phép, nhưng việc dùng một hệ số an toàn chung là k cũng chưa phản ánh đúng và đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến độ tin cậy, tức độ an toàn của kết cấu.

Hiện nay trên toàn thế giới đã dùng một phương pháp phổ biến là *phương pháp trạng thái giới hạn* (TTGH) – là trạng thái mà từ đó trở đi kết cấu không thể thoả mãn yêu cầu đề ra cho nó.

Kết cấu của bê tông cốt thép được tính toán theo 2 nhóm là *trạng thái giới hạn thứ nhất* và *trạng thái giới hạn thứ 2*.

16.2. Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn thứ nhất (TTGH – 1)

Đây là trạng thái về độ an toàn. Tính toán kết cấu theo TTGH– 1 nhằm đảm bảo cho kết cấu không bị phá hoại, không bị mất ổn định, không bị hư hỏng vì mỏi (với kết cấu chịu tải trọng trùng lặp, rung động) hoặc chịu tác động đồng thời các yếu tố về lực và sự ảnh hưởng bất lợi của môi trường.

Tính toán về khả năng chịu lực theo điều kiện:

$$S \leq S_{gh} \quad (59)$$

Ở đây S là nội lực bất lợi do tải trọng tính toán gây ra.

S_{gh} là khả năng chịu lực của kết cấu khi làm việc ở trạng thái giới hạn 1.

Khả năng này phụ thuộc vào kích thước của tiết diện, số lượng cốt thép, cường độ của bê tông và của cốt thép. Biểu thức cụ thể của S_{gh} ứng với các trường hợp chịu lực khác nhau như uốn, cắt, nén, kéo, xoắn...).

16.3. Tính kết cấu bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH – 2)

Đây là trạng thái về điều kiện làm việc bình thường của kết cấu bê tông cốt thép. Tính theo giới hạn này nhằm đảm bảo cho kết cấu của bê tông không có khe nứt hoặc những biến dạng quá mức cho phép theo các điều kiện sau:

$$\begin{aligned} a_{cnc} &\leq a_{gh} \\ \text{và} \quad f &\leq f_{gh} \end{aligned} \quad (60)$$

Ở đây a_{cnc} và f là bề rộng của khe nứt và biến dạng của kết cấu do tải trọng tiêu chuẩn gây ra. Còn a_{gh} và f_{gh} là giới hạn cho phép của bề rộng khe nứt và của biến dạng để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của kết cấu. Lấy trị số của a_{gh} và f_{gh} theo quy định của tiêu chuẩn thiết kế. Thông thường $a_{gh} = 0,05 \div 0,4$ mm, còn độ võng giới hạn của dầm bằng $1/600 \div 1/200$ của nhịp dầm.

16.4. Cường độ tính toán của vật liệu (bê tông)

Cường độ tính toán của bê tông về khả năng chịu nén được ký hiệu là R_b và cường độ chịu kéo của bê tông là R_{bt} được xác định bằng các công thức sau:

$$R_b = \frac{\gamma_{bi} \cdot R_{bin}}{\gamma_{bc}} \quad \text{và} \quad R_{bt} = \frac{\gamma_{bi} \cdot R_{bin}}{\gamma_{bt}} \quad (61)$$

Ở đây γ_{bc} và γ_{bt} là hệ số độ tin cậy (an toàn) của bê tông chịu nén và chịu kéo. Khi tính toán kết cấu theo TTGH – 1, $\gamma_{bc} = 1,3 \div 1,5$ và $\gamma_{bt} = 1,3 \div 2,3$ tùy loại bê tông cốt thép.

γ_{bi} là hệ số điều kiện làm việc của bê tông ($i = 1, 2, 3, \dots, 10$) tính đến các tính chất của tải trọng, giai đoạn làm việc của kết cấu, kích thước của tiết diện, v.v... giá trị của R_b và R_{bt} chưa kể đến hệ số γ_{bi} gọi là cường độ tính toán gốc và được lấy theo bảng 46 sau đây.

Cường độ tính toán của bê tông nặng R_b và R_{bt} tính theo TTGH - 1 (MP_a) [10]

BẢNG 46

Trạng thái	Giá trị của cấp độ bền (cường độ) của bê tông (mác), MP_a							
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Nén dọc trục, R_b	8,5	11,5	14,5	17	19,5	22	25	27,5
Kéo dọc trục, R_{bt}	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55

Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán của bê tông nặng tính theo TTGH – 2 R_{bn} và R_{btn} có thể lấy theo bảng 47 sau [10]:

BẢNG 47

Trạng thái	Giá trị của cấp độ bền (cường độ) của bê tông (mác), MP_a							
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Nén dọc trục, R_{bn}	11,0	15	18,5	22	25,5	29	32	36
Kéo dọc trục, R_{btn}	1,15	1,4	1,6	1,8	1,95	2,10	2,2	2,3

16.5. Cường độ tính toán của cốt thép về chịu kéo

Cường độ chịu kéo của cốt thép được xác định theo công thức sau:

$$R_S = \frac{\gamma_{si} \cdot R_{sn}}{\gamma_s} \quad (62)$$

Trong đó γ_s là hệ số tin cậy của thép. Khi tính bê tông cốt thép theo THGH – 1 thì lấy $\gamma_s = 1,05 - 1,20$ tùy theo loại thép, còn γ_{si} là hệ số điều kiện làm việc của cốt thép ($i = 1, 2, 3, \dots, 9$) kể đến sự mỏi do tải trọng trùng lặp, sự phân bố ứng suất không đều, cường độ của bê tông bao quanh cốt thép, v.v... R_{sn} là cường độ tiêu chuẩn của cốt thép và giá trị của nó được xác định theo công thức (43) (xem mục 10.4.2 trang 167).

Giá trị R_s khi chưa nhân với hệ số γ_{si} gọi là cường độ tính toán gốc (R_{sc}) và giá trị của nó được lấy theo bảng 48 sau.

BẢNG 48

CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA CỐT THÉP THANH (TRÒN GỖ) KHI TÍNH THEO TTGH – 1 (MPa)

Các nhóm thép thanh tròn gờ		Cường độ chịu kéo, MPa		Cường độ chịu nén, R_{sc}
		Cốt thép dọc, R	Cốt thép ngang, đai, xiên, R_{sw}	
CI, AI		225	175	225
CII, AII		280	225	280
AIII có đường kính	6 – 8 mm	355	285	355
CIII, AIII đường kính	10 ÷ 40 mm	365	290	365
CIV, AIV	–	510	405	450
AV	–	680	545	500
AVI	–	815	650	500
A _T VII	–	980	785	500
AIII _B	Có kiểm soát độ dài và ứng suất	490	390	200
AIII _B	Chỉ kiểm soát độ dẫn dài	450	360	200

Khi tính theo trạng thái giới hạn thứ 2, các cường độ tính toán được ký hiệu là R_{bser} và $R_{s,ser}$ và được xác định với hệ số $\gamma_{si} = 1$, trừ trường hợp đặc biệt khi tính kết cấu chịu tải trọng trùng lặp.

17. NGUYÊN LÝ CẤU TẠO BÊTÔNG CỐT THÉP

17.1. Chọn kích thước của tiết diện (dầm, xà, cột, băng...)

Kích thước tiết diện của cấu kiện bê tông cốt thép thường được chọn sơ bộ để xác định tải trọng, nội lực và cốt thép. Sau khi tính được cốt thép, cần tính toán tỷ lệ cốt thép $\mu = A_s/A$ để đánh giá sự hợp lý của kích thước tiết diện của cốt thép A_s và kích thước của bê tông A đã chọn của cấu kiện. Với mỗi loại cấu kiện có một khoảng hợp lý của tỷ lệ μ . Kích thước của tiết diện cấu kiện được xem là hợp lý khi giá trị của μ nằm trong khoảng đó. Nếu giá trị của μ quá bé chứng tỏ kích thước tiết diện của cấu kiện là quá lớn so với yêu cầu về khả năng chịu lực và ngược lại. Khi kết quả tính toán cho thấy kích thước tiết diện của cấu kiện đã chọn là bất hợp lý thì nên chọn lại và tính lại μ . Việc chọn kích thước tiết diện của cấu kiện ngoài yêu cầu về khả năng chịu lực còn quan tâm đến vấn đề thẩm mỹ và điều kiện thi công. Về thẩm mỹ cần kết hợp thiết kế kết cấu với thiết kế kiến trúc. Về thi công cần chọn kích thước tiết diện cấu kiện để có thể thống nhất hoá khuôn ván cốt – pha, thuận tiện cho đặt cốt thép và đổ bê tông. Thông thường chọn chiều dày của bản theo bội số của 1 hoặc 2cm, kích thước tiết diện của dầm và cột thường theo bội số của 2, 5 và 10cm.

17.2. Khung và lưới cốt thép

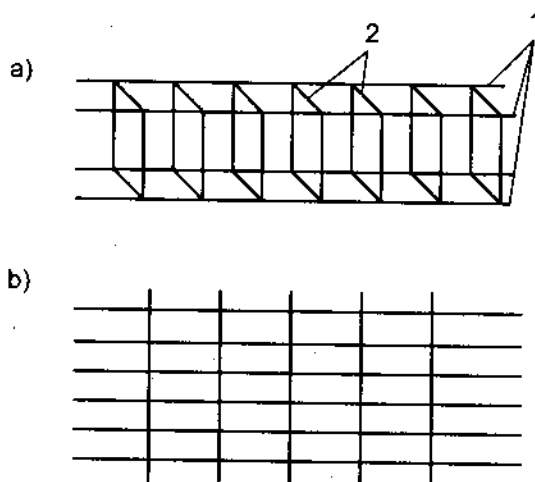
Cốt thép đặt vào trong kết cấu không tách rời từng thanh mà phải liên kết chúng lại thành khung hoặc lưới (hình 32).

Khung cốt thép gồm các thanh cốt thép dọc được buộc với các vòng thép đai dùng cho cốt thép của cột, dầm, xà, băng,... các vòng thép đai có đường kính 5, 6, 8 hoặc 10 mm tùy thuộc vào đường kính của thép thanh và tiết diện chịu lực của cấu kiện. Khoảng cách giữa các vòng cốt đai cũng phụ thuộc cường độ chịu lực của cấu kiện, bình thường khoảng cách

đó từ 20 ± 25 cm. Đối với dầm, xà vừa chịu lực nén, kéo, xoắn thì khoảng cách này ngắn hơn.

Lưới cốt thép thường dùng trong sàn nhà, mái nhà, tấm panel,... các thanh thép tạo thành lưới cốt thép thường được đặt vuông góc với nhau.

Tại các vị trí giao nhau giữa các thanh thép dọc và đai thép ngang của khung và của lưới có thể buộc bằng dây thép buộc hoặc hàn dính. Dây thép buộc thường có đường kính $\phi 0,8 - 1$ mm. Dùng khung, lưới bằng thép buộc tiết kiệm được chi phí nhưng thi công chậm hơn hàn dính.



Hình 32. Khung và lưới cốt thép

a) Khung ; b) Lưới

17.3. Cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo.

Các thanh thép trong khung và lưới có vai trò và nhiệm vụ khác nhau. Tùy theo vai trò và nhiệm vụ của cốt thép người ta chia ra cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo. Cốt thép chịu lực dùng để chịu các ứng lực phát sinh do tác dụng của tải trọng. Chúng được xác định hoặc được kiểm tra bằng tính toán (còn gọi là cốt thép tính toán).

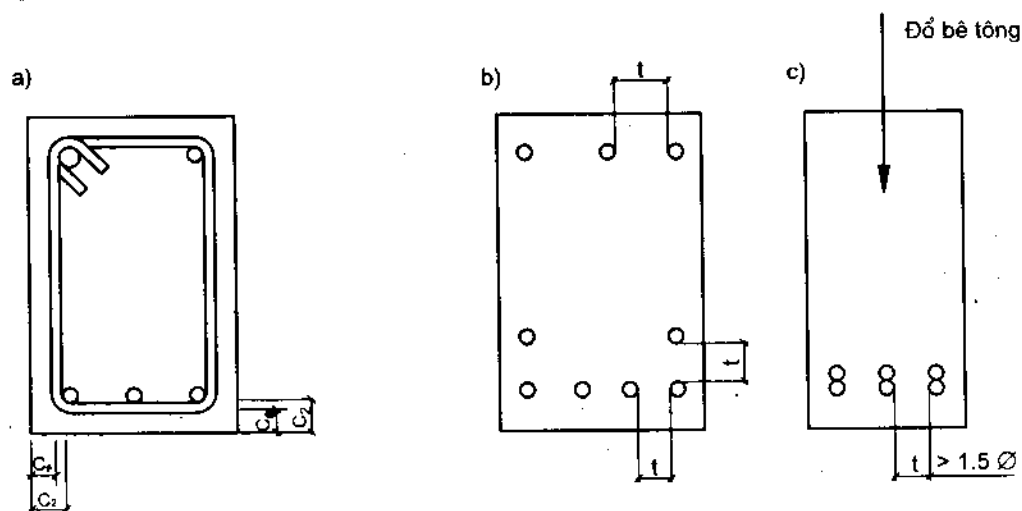
Cốt thép cấu tạo được đặt vào kết cấu có nhiều tác dụng khác nhau, nhưng chủ yếu là để liên kết cùng với các cốt thép chịu lực tạo thành khung hoặc lưới giữ vị trí cốt thép chịu lực khi thi công, giảm co ngót không đều của bê tông, để chịu ứng suất do nhiệt độ thay đổi, ngăn cản sự mở rộng của các vết nứt, phân bố tác dụng của tải trọng tập trung, v.v...

Trong thực tế, cốt thép cấu tạo cũng tham gia chịu lực cùng các cốt thép chịu lực vì vậy khi thiết kế có thể tăng độ dày và rút ngắn khoảng cách giữa các vòng thép đai. Tuy vậy cốt thép cấu tạo không được đưa vào tính toán mà được đặt theo kinh nghiệm thi công hoặc các quy định, nhưng thiếu nó thì sức chịu lực của cốt thép chịu lực bị giảm sút và các hiện tượng trên sẽ xảy ra.

17.4. Độ dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép

Độ dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép được tính từ biên mép ngoài của cấu kiện đến mép ngoài của các vòng cốt thép đai. Lớp bê tông bảo vệ đảm bảo cho sự làm việc đồng thời của cốt thép và của bê tông trong mọi giai đoạn và bảo vệ, ngăn cản sự thấm thấu của các tác nhân ăn mòn bê tông và cốt thép từ môi trường không khí và nước.

Cần phân biệt độ dày của lớp bê tông bảo vệ thép chịu lực (C_2) và độ dày của lớp bê tông bảo vệ các vòng thép đai (C_1) (thép cấu tạo) được chỉ rõ trên hình 33.



Hình 33. Lớp bảo vệ và khoảng hở của cốt thép

Trong mọi trường hợp, chiều dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép không được bé hơn đường kính của cốt thép tương ứng và trị số của C_2 và C_1 không được bé hơn trị số C_0 theo các quy định sau:

a) Đối với cốt thép chịu lực ($C_2 \geq C_0$):

– Trong bản và tường có chiều dày:

- Từ 100mm trở xuống: Trị số $C_o = 10 - 15 \text{ mm}$
- Trên 100 mm : $C_o = 15 - 20 \text{ mm}$
- Trong dầm, xà, sườn có chiều cao:
 - Nhỏ hơn 250 mm: $C_o = 15 - 20 \text{ mm}$
 - Trên 250 mm: $C_o = 20 - 25 \text{ mm}$
- Trong cột: $C_o = 20 - 25 \text{ mm}$
- Trong dầm móng: $C_o = 30 \text{ mm}$
- Trong bê tông móng loại lắp ghép: $C_o = 30 \text{ mm}$
- Trong bê tông toàn khối có bê tông lót: $C_o = 35 \text{ mm}$
- Trong bê tông toàn khối không có bê tông lót: $C_o = 70 \text{ mm}$

b) Đối với cốt thép cấu tạo, thép đai ($C_t \geq C_o$):

- Khi chiều cao của tiết diện cấu kiện $< 250 \text{ mm}$: $C_o = 10 - 15 \text{ mm}$
- Khi chiều cao của tiết diện cấu kiện $\geq 250 \text{ mm}$: $C_o = 15 - 20 \text{ mm}$

Đối với bê tông tiếp xúc nước biển và môi trường nước có hàm lượng các ion sunphat lớn hơn 500 mg/lít thì chiều dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép phải tuân theo quy định của tiêu chuẩn TCXD VN 327 – 2004 và cụ thể như sau [17]:

- Đối với bê tông cốt thép làm việc trong vùng ngập hoặc tiếp xúc với nước biển thì chiều dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép $C_o = 40 - 50 \text{ mm}$.
- Đối với bê tông làm việc trong vùng nước biển lên xuống thất thường thì chiều dày $C_o = 60 - 70 \text{ mm}$.
- Đối với bê tông làm việc có hơi sương mù nước biển: $C_o = 40 - 60 \text{ mm}$.
- Đối với bê tông làm việc trên bờ cách bờ biển từ 0 – 1 km thì $C_o = 30 - 50 \text{ mm}$.

– Đối với bê tông làm việc cách bờ biển từ 1 – 30 km thì $C_o = 25 - 40$ mm. Tất cả các cấu kiện bê tông nói trên đều phải đáp ứng cấp chống thấm từ 8 đến 12.

Tiêu chuẩn TCXD VN 327 – 2004 còn quy định yêu cầu chất lượng các nguyên vật liệu (cát, đá, xi măng, cốt thép, nước, phụ gia chống thấm) để chế tạo các kết cấu bê tông nói trên.

Đối với những bê tông làm việc trong các môi trường xâm thực mạnh, ngoài lớp xi măng bảo vệ cần có thêm sơn epoxy hoặc có ốp thêm gạch men bảo vệ.

17.5. Khoảng hở giữa các cốt thép

Các thanh cốt thép chịu lực phải được đặt cách nhau một khoảng cách t đủ rộng để vữa bê tông có thể dễ dàng lọt qua đảm bảo xung quanh mỗi thanh cốt thép có được một lớp bê tông đủ điều kiện bám dính tốt và bảo vệ cốt thép. Tiêu chuẩn TCXD VN 356 – 2005 quy định khoảng hở t cần lớn hơn hoặc bằng đường kính cốt thép lớn nhất ($\phi_{\max}$) và trị số của khoảng cách t phải lớn hơn hoặc bằng giá trị của t_o được quy định như sau:

$$t_o \geq \phi_{\max}$$

a) Với cốt thép đặt dưới: $t_o = 25$ mm

Với cốt thép đặt trên: $t_o = 30$ mm (hình 33)

– Khi cốt thép được đặt nhiều hơn 2 lớp thì các lớp phía trên phải có khoảng cách $t_o = 50$ mm, trừ 2 lớp dưới cùng.

– Trường hợp có dùng đầm dùi để lèn chặt bê tông thì khoảng cách t giữa các thanh cốt thép phía trên phải đủ rộng để chày của đầm dùi chui qua được.

b) Khi cốt thép đặt thẳng đứng lúc đổ bê tông thì $t_o = 50$ mm hay không được nhỏ hơn 1,5 lần kích thước của viên cốt liệu thô lớn nhất.

c) Trường hợp đặc biệt: trong điều kiện quá chật hẹp, cho phép bố trí các thanh cốt thép chịu lực theo từng cặp (2 thanh cặp sát nhau) mà không có khoảng hở giữa chúng, được thực hiện khi phương chuyển động

của vữa bê tông cùng phương với phương của các thanh thép chịu lực (cột) và khoảng hở t giữa các cặp 2 thanh thép phải lớn hơn $1,5 \phi_{\max}$.

17.6. Kỹ thuật đúc rót và lèn chặt vữa bê tông

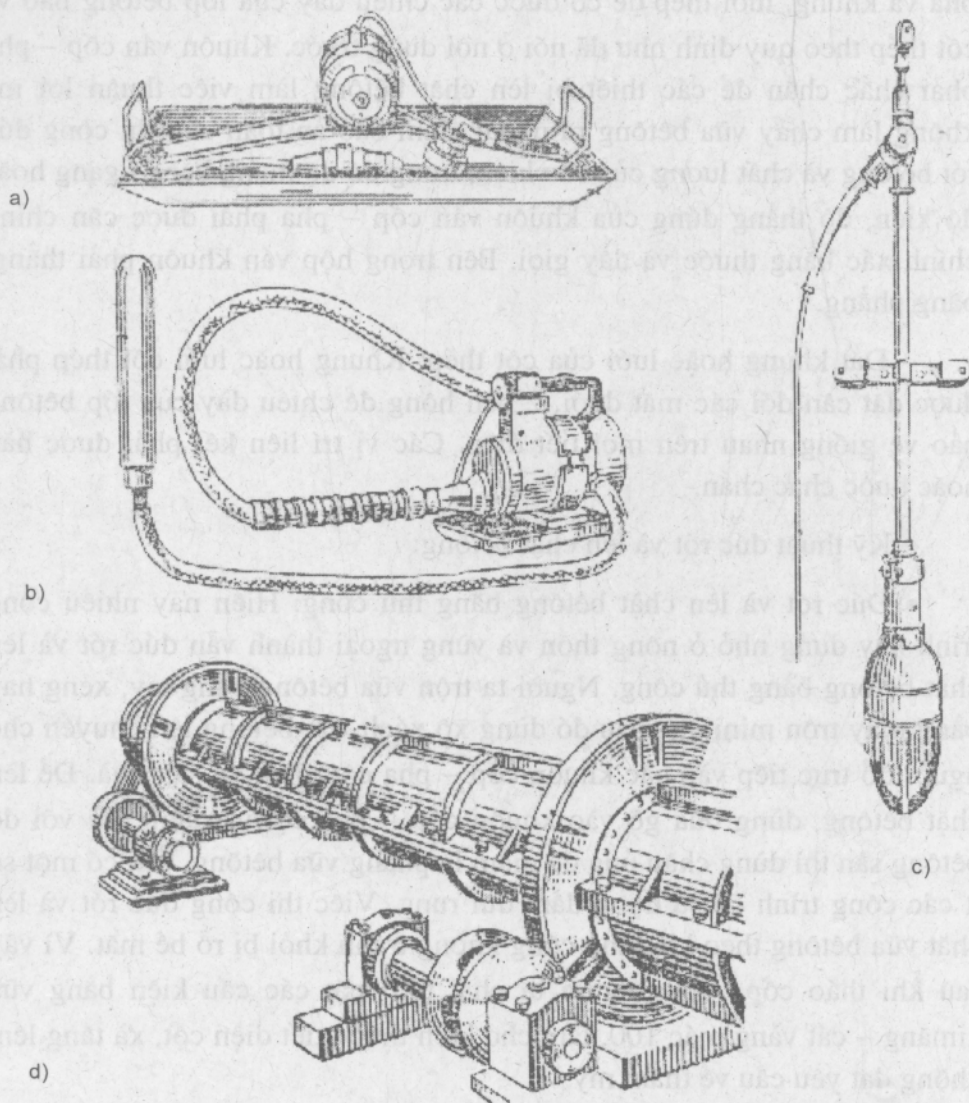
– Lắp ghép ván khuôn cốp – pha: việc lắp ghép ván cốp – pha phải căn cứ vào kích thước tiết diện ngang của dầm, xà, cột,... và chiều dài nhịp của chúng đồng thời phải đảm bảo các khe hở giữa ván khuôn cốp – pha và khung, lưới thép để có được các chiều dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép theo quy định như đã nói ở nội dung trước. Khuôn ván cốp – pha phải chắc chắn để các thiết bị lèn chặt bê tông làm việc thuận lợi mà không làm chảy vữa bê tông ra ngoài, đảm bảo an toàn cho thi công đúc rót bê tông và chất lượng của cấu kiện, trong đó độ thẳng bằng ngang hoặc độ xiên, độ thẳng đứng của khuôn ván cốp – pha phải được căn chỉnh chính xác bằng thước và dây gọi. Bên trong hộp ván khuôn phải thẳng, bằng phẳng.

– Đặt khung hoặc lưới của cốt thép: Khung hoặc lưới cốt thép phải được đặt cân đối các mặt dưới, 2 bên hông để chiều dày của lớp bê tông bảo vệ giống nhau trên mọi tiết diện. Các vị trí liên kết phải được hàn hoặc buộc chắc chắn.

– Kỹ thuật đúc rót và lèn chặt bê tông:

• Đúc rót và lèn chặt bê tông bằng thủ công: Hiện nay nhiều công trình xây dựng nhỏ ở nông thôn và vùng ngoại thành vẫn đúc rót và lèn chặt bê tông bằng thủ công. Người ta trộn vữa bê tông bằng tay, xẻng hay bằng máy trộn mini nhỏ sau đó dùng xô xách vữa bê tông lên chuyển cho người đổ trực tiếp vào các khuôn cốp – pha cột, dầm và sàn nhà. Để lèn chặt bê tông, dùng búa gõ vào khuôn cốp – pha cột và dầm, đối với đổ bê tông sàn thì dùng chân ủng để giẫm là phẳng vữa bê tông. Chỉ có một số ít các công trình có sử dụng đầm dùi rung. Việc thi công đúc rót và lèn chặt vữa bê tông theo kiểu thủ công không tránh khỏi bị rỗ bề mặt. Vì vậy sau khi tháo cốp – pha người ta phải trát mặt các cấu kiện bằng vữa xi măng – cát vàng mác 100, làm cho kích thước tiết diện cột, xà tăng lên, không đạt yêu cầu về thẩm mỹ.

• Đúc rót và lèn chặt vữa bê tông bằng máy: ở các công trình xây dựng lớn người ta dùng xe chở bê tông tươi đến bơm rót vào các khuôn cốp – pha bằng thép hoặc ván được ghép chắc chắn và dùng đầm dùi và đầm là để lèn chặt vữa bê tông. Trên hình 34 là các loại máy đầm phẳng bề mặt bê tông (có động cơ rung lèn chặt vữa) – 34a, và đầm điện để lèn chặt bê tông và cốp – pha đúc cột, đầm – 34b, 34c. Hình 34d là khuôn đúc cột điện, ống nước với sự lèn chặt vữa bê tông bằng lực ly tâm.



Hình 34. Các thiết bị lèn chặt vữa bê tông

Để đảm bảo độ linh động của vữa bê tông khi bơm và rót vào khuôn cốp – pha hay sàn nhà ở độ cao người ta phải dùng thêm phụ gia dẻo hoá với tỷ lệ phù hợp đã được làm thí nghiệm trước. Phụ gia dẻo hoá cho phép giảm lượng nước trộn vữa bê tông, cường độ của bê tông được tăng lên có khi tới 15 – 20% so với vữa bê tông không có phụ gia cùng thể loại cấp phối và mác thiết kế.

17.7. Tháo khuôn cốp – pha và bảo dưỡng bê tông

– Xác định thời gian tháo cốp – pha: Thời gian tháo cốp – pha phụ thuộc vào loại cấu kiện, mác bê tông và độ cứng hay độ sụt của vữa bê tông cũng như tốc độ đông rắn của xi măng đưa vào trộn cấp phối bê tông.

Thời gian đông cứng của bê tông càng ngắn, độ sụt của vữa bê tông (được xác định thông qua khuôn hình côn) càng nhỏ thì thời gian tháo cốp – pha càng ngắn. Xét về loại cấu kiện thì bê tông đổ cột cho phép tháo cốp – pha sớm hơn bê tông đổ dầm, xà. Bê tông đổ sàn, mái có thời gian tháo cốp – pha dài nhất. Bê tông bằng xi măng Portland đông rắn nhanh và bê tông mác cao (bằng xi măng mác cao) cũng cho phép thời gian tháo cốp – pha sớm hơn.

Bê tông đổ cột và tường đứng có thể tháo cốp – pha sau 48 giờ sau khi đúc rót. Bê tông đúc rót tạo hình dầm, xà và sàn nhà có thời gian tháo cốp – pha lâu nhất và không sớm hơn 2 tuần (có thể tháo sau 10 ngày nếu bê tông mác 350 trở lên).

Sau khi tháo cốp – pha phải kiểm tra cẩn thận bề mặt của các cấu kiện. Nếu phát hiện có chỗ rỗ bề mặt phải dùng vữa xi măng – cát vàng mác ≥ 100 để xử lý ngay.

– Công việc bảo dưỡng bê tông sau khi tháo cốp – pha: Bảo dưỡng bê tông bằng việc phun nước đều (mỗi ngày 3 – 4 lần nếu trời hanh, nắng và 2 – 3 lần/ngày nếu trời ẩm, mưa phùn nhẹ) là việc làm không thể thiếu được đối với việc thi công bê tông xi măng. Do trời hanh, nắng, nước trên bề mặt bê tông bị bốc hơi nhanh trong khi đó xi măng vẫn cần nước để tiếp tục thực hiện quá trình hydrat. Riêng sàn bê tông có thể bơm nước lên sàn ngập bàn chân (6 – 10 cm) sau 48 giờ kể từ khi đầm xong bề mặt, có thể

hòa thêm vào khoảng 500 g xi măng Portland cho mỗi mét vuông sàn để chống thấm, đặc biệt là sàn các khu phụ và sàn tầng trên cùng nếu không có mái xiên chống mưa nắng.

Đối với bê tông đúc sẵn (xà, dầm, băng, tấm panel...), sau khi tháo cốp – pha cần cho ngâm nước ngay nếu không cần xử lý nhiệt – ẩm hoặc hơi nước bão hòa.

Đối với các kết cấu nhà, công việc bảo dưỡng các cấu kiện nên được tiến hành từ sau 48 giờ đúc xong cho đến 28 ngày là lúc bê tông đạt mác thiết kế.

18. KHÁI NIỆM VỀ BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC

Trong cấu kiện bê tông ứng lực trước (ULT) người ta đặt vào một lực nén trước để kéo các thanh cốt thép rồi gắn chặt chúng vào bê tông nhờ lực dính và neo. Do tính đàn hồi, cốt thép có xu hướng co lại, tạo nên lực nén trước và gây ra ứng suất nén trước trong bê tông. Ứng suất nén này sẽ triệt tiêu hay làm giảm ứng suất kéo do tải trọng sử dụng gây ra. Nhờ vậy khả năng chịu kéo của bê tông được tăng lên và hạn chế sự phát triển của vết nứt bê tông cấu kiện. Vậy ULT chính là tạo ra cho kết cấu bê tông các ứng suất tạm thời nhằm tăng cường khả năng chịu lực của bê tông trong các điều kiện sử dụng khác nhau, tức là trước khi chịu tải làm việc của bê tông thì cốt thép đã bị kéo trước và bê tông đã được nén trước để tạo ra một khả năng chịu kéo và chịu nén trước cho bê tông cốt thép. Bê tông này gọi là bê tông ứng lực trước.

Do bê tông ULT có khả năng chịu kéo và chịu nén tốt hơn bê tông cốt thép thường nên có thể giảm kích thước tiết diện của bê tông, làm nhỏ gọn các kết cấu và tăng tính thẩm mỹ của công trình.

– Ưu nhược điểm của bê tông ULT so với bê tông cốt thép thường:

So với bê tông cốt thép thường, bê tông ULT có những ưu điểm sau đây:

- Khả năng chịu tải trọng lớn hơn bê tông cốt thép thường nên cho phép kéo dài được nhịp dầm, xà, băng, tạo cơ sở cho thiết kế các phòng ở, phòng họp, phòng khách,... được rộng rãi hơn;

- Kích thước gọn nhẹ hơn kích thước của bê tông cốt thép thường nên cho phép sử dụng thép thanh mảnh hơn. Vì vậy mà tiết kiệm được thép và tất cả các vật liệu cấp phối bê tông.

- Sử dụng thép có đường kính nhỏ hơn thì tăng độ dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép nên tuổi thọ của bê tông ULT lâu dài hơn bê tông cốt thép thường.

Tuy vậy việc thi công và thiết bị sản xuất cốt thép ULT phức tạp hơn do:

- Sử dụng thép chất lượng cao hơn thép cho bê tông cốt thép thường;
- Phải trang bị thêm thiết bị kéo căng thép;
- Quá trình sản xuất bê tông ULT đòi hỏi công việc kiểm tra sản xuất nghiêm ngặt hơn quá trình sản xuất bê tông thường;

Nhìn chung, tính kinh tế, độ bền và tính thẩm mỹ của bê tông ULT cao hơn bê tông cốt thép thường, vì vậy bê tông ULT được sử dụng rộng rãi ở Châu Âu và nhiều nước khác trên thế giới. Bỉ là quốc gia có sự phát triển kỹ thuật sản xuất bê tông ULT tiên tiến nhất. Hiện nay nước ta đã mời một số chuyên gia Bỉ sang phổ biến và chuyển giao công nghệ sản xuất bê tông ULT tại các nhà máy bê tông Xuân Mai, Hà Nội, nhà máy bê tông Đồng Tháp, v.v...

19. QUÁ TRÌNH ĂN MÒN BÊ TÔNG DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA MÔI TRƯỜNG

Sự ăn mòn không phải là tính chất của bê tông mà do tác động và tiếp xúc với môi trường trong quá trình làm việc của nó. Sự ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép có hai quá trình là: ăn mòn xi măng và ăn mòn cốt thép. Xi măng bám dính vào cốt thép, bảo vệ cho cốt thép khỏi tiếp xúc với môi trường, khi xi măng bị ăn mòn thì cốt thép cũng sẽ bị ăn mòn theo.

Ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép là một quá trình hoá lý và cơ lý xảy ra trước hết trên bề mặt của bê tông sau đó dần dần ăn sâu vào tới cốt thép theo nhiều hình thái và hiện tượng khác nhau.

Quá trình ăn mòn bê tông xảy ra chậm ở giai đoạn đầu và nhanh dần về sau. Tùy thuộc vào môi trường làm việc của bê tông mà thời gian ăn mòn và mức độ nguy hiểm xảy ra khác nhau. Những cấu kiện bê tông làm

việc trên mặt đất thì quá trình ăn mòn xảy ra lâu dài và ít nguy hiểm hơn những cấu kiện bê tông làm việc ở môi trường ngầm dưới đất và nhất là môi trường nước chảy của sông, biển như bê tông trụ cầu, bê tông cầu cảng, đê đập các nhà máy thủy điện, đê đập các hồ chứa nước, đê chắn sóng, ngăn mặn, bê tông làm các mốc giới ngoài biển v.v...

Có thể chia quá trình ăn mòn bê tông thành 2 loại chính – đó là ăn mòn cơ học và thể ăn mòn hoá lý. Ăn mòn cơ học có 3 hình thái và ăn mòn hoá lý có 5 hình thái.

19.1. Quá trình ăn mòn cơ học bê tông

Ăn mòn cơ học có 3 hình thái sau đây:

– Sự chà xát của lốp ô tô, máy bay và các phương tiện giao thông vận tải bộ. Sự ăn mòn của hình thái này khá lớn, nhất là các loại ô tô nặng chạy trên các đoạn đường bê tông xi măng và bê tông asphan có ngập nước, đặc biệt là nước lũ. Theo dõi thực tế sau mỗi mùa mưa lũ, sự ăn mòn cơ học đã làm hư hại khá nặng các đoạn đường bộ lớn nhỏ được làm từ bê tông xi măng cũng như bê tông nhựa asphan, phải tốn khá nhiều kinh phí để bảo dưỡng và tu sửa.

– Hình thái ăn mòn cơ học thứ 2 là sự va đập của sóng biển lên các đê chắn sóng, đê ngăn mặn và các mốc giới bê tông ở ngoài biển. Kết hợp với hình thái ăn mòn bê tông của các muối khoáng có trong nước biển, hình thái ăn mòn cơ học này đã và đang gây ra những hư hại đáng kể làm tốn kém nhiều kinh phí để tu sửa.

– Hình thái ăn mòn cơ học thứ 3 cũng cần đề cập tới là sự chà xát giày dép của người bộ hành trên bề mặt của bê tông vỉa hè cũng gây tốn kém kinh phí để tu sửa hoặc phải lát, đổ lại bê tông xi măng – cát.

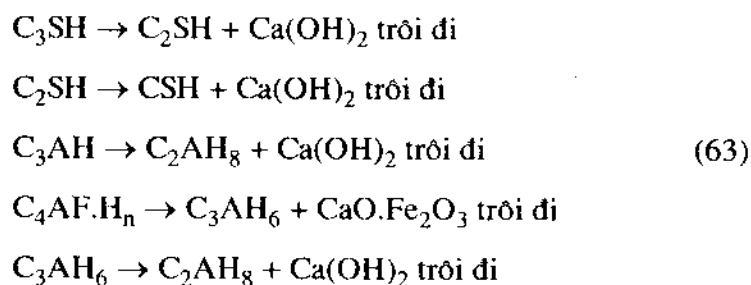
Để bảo vệ hoặc hạn chế ăn mòn cơ học, người ta sử dụng chủng loại bê tông mác cao với xi măng giàu sắt, tức tăng hàm lượng khoáng aluminoferrit canxi (C_4AF) trên 15% và dùng xỉ gang thép làm phụ gia cho xi măng này.

19.2. Ăn mòn hoá lý bê tông

Ăn mòn hoá lý bê tông có 5 hình thái sau đây [13 – 16]:

– *Hình thái hoá kiềm* của các hợp chất hydro silicat canxi trong bê tông – xi măng. Hình thái này xảy ra trong bê tông làm việc dưới tác dụng của áp lực nước và nước có dòng chảy liên tục. Chúng ta đã biết [12] nồng độ hoà tan của Ca(OH)_2 trong nước là 1,3 g/lít. Trong bê tông đóng rắn từ 28 ngày trở đi, tỷ lệ Ca(OH)_2 trong các sản phẩm đóng rắn xi măng chiếm trung bình khoảng 14 – 15%. Tỷ lệ này là cần thiết để đảm bảo sự cân bằng cho các loại hợp chất hydrosilicat, hydroaluminat và hydro alumoferit canxi được ổn định về cấu trúc phân tử. Khi có sự hoà tan của Ca(OH)_2 trong nước thì nồng độ pH của bê tông bị giảm sút, tức sự cân bằng “pha” của các hợp chất đóng rắn xi măng trong bê tông bị phá vỡ. Để lập lại một trạng thái cân bằng pH thì các hợp chất đóng rắn có hệ số C/S và C/A cao như C_2SH , C_3AH_6 , v.v., phải chịu tách kiềm (CaO) ra môi trường để cân bằng pH hay nhằm đảm bảo tỷ lệ 14 – 15% của Ca(OH)_2 trong bê tông. Nếu bê tông làm việc trong môi nước đọng (không chảy liên tục) hay không chịu áp lực nước thì quá trình kiềm hoá đó sẽ xảy ra ở chừng mực nhất định rồi sẽ dừng lại. Nhưng nếu bê tông làm việc dưới áp lực nước hoặc tiếp xúc với nước chảy thì quá trình kiềm hoá sẽ xảy ra liên tục, vì nồng độ hoà tan trong nước lại hạ thấp xuống dưới mức 1,3 g Ca(OH)_2 / lít nước.

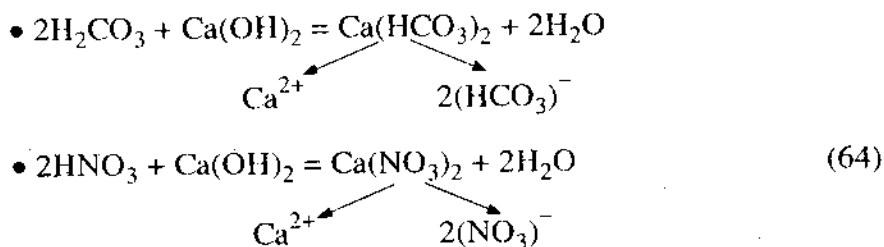
Quá trình hoá kiềm đó có thể mô tả bằng các phản ứng tự nhiên sau:



Các hợp chất kiềm CaO (tỷ lệ C/S và C/A > 1) vừa được hoá kiềm để bù cho nồng độ Ca(OH)_2 trong khối bê tông thì lại bị nước đẩy trôi đi (do hoà tan 1,3 g/l), quá trình kiềm hoá xảy ra liên tục nhưng rất chậm. Đến một thời gian nào đó thì cấu trúc bê tông bị phá vỡ do có nhiều lỗ hổng, cường độ của bê tông bị giảm sút dần dần cho đến khi bị sụp đổ.

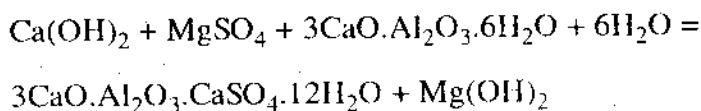
– Hình thái bị ăn mòn bởi các axit có trong nước tự nhiên:

Do mưa rào nên trong nước tự nhiên có 2 loại axit là axit cacbonic – H_2CO_3 và axit nitric – HNO_3 . Hai loại axit này ăn mòn bê tông theo quá trình phản ứng sau:



– Sự ăn mòn bê tông của nước biển:

Trong nước biển, ngoài muối NaCl còn chứa nhiều loại muối gây ăn mòn bê tông như MgSO_4 , MgCl_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, trong đó nguy hiểm nhất là muối MgSO_4 vì nó bao gồm cả loại ăn mòn sunphat và ăn mòn của ion magiê:



Hợp chất mono sunphua aluminat canxi cũng gây nở thể tích bê tông.

Sự gây nứt vỡ bê tông bởi hợp chất trên kết hợp với sự va đập cơ học của sóng biển nên các cột mốc bê tông biên giới ngoài biển bị ăn mòn rất nhanh, dù đã sử dụng loại xi măng bền sunphat cao để đúc các cột bê tông. Vì vậy hầu như cứ 3 năm đã phải thay cột mốc 1 lần.

Để hạn chế 5 loại ăn mòn bê tông bởi các quá trình hoá lý nêu trên, phải sử dụng chủng loại xi măng bền sunphat và dùng thêm phụ gia chống thấm như keo kali silicat, sơn epoxy, v.v... và đúc rít lên chặt bê tông cho tốt để hạn chế độ xốp.

Các phản ứng (64) tạo ra các ion Ca^{2+} và các anion gốc axit dễ tan trong nước và trôi đi theo dòng nước chảy làm mất cân bằng nồng độ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ trong khối bê tông và vì vậy mà quá trình hoá kiềm lại tiếp diễn cho đến khi hết các loại axit trong nước.

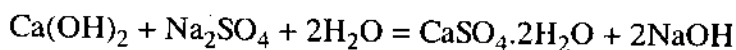
Bê tông làm việc tiếp xúc với môi trường nước thải công nghiệp có nồng độ pH < 7 cũng bị ăn mòn theo hình thái nói trên.

– Sự ăn mòn bê tông của ion sunphat trong môi trường:

Trong không khí có chứa một hàm lượng các khí SO₂, SO₃ thải ra khi đốt than đá và dầu nặng chứa lưu huỳnh. Đó là khí thải của các nhà máy xi măng, gạch ngói, luyện gang thép, các nhà máy nhiệt điện, v.v... khi gặp mưa ẩm các khí đó biến thành dung dịch axit sunphuric – H₂SO₄.

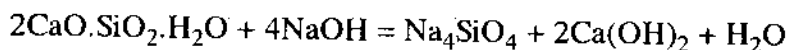
Trong nước sông, biển, nước ngầm cũng thường chứa một hàm lượng các muối sunphat như Na₂SO₄, K₂SO₄, MgSO₄, CaSO₄, 2H₂O, v.v...

Các ion muối sunphat trên thẩm thấu vào bê tông và phản ứng với Ca(OH)₂ có trong bê tông để thành thạch cao tinh khiết và NaOH:

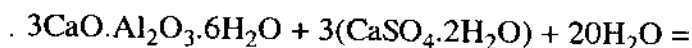


Thể tích của phân tử thạch cao lớn gấp 3 lần thể tích của Ca(OH)₂ nên sẽ ra gây ứng suất nội và gây nứt nẻ bê tông.

NaOH thì phá vỡ hợp chất kết dính hydro silicat canxi dạng C₂SH do kết hợp với nó theo phản ứng sau để thành natri silicat tan trong nước.



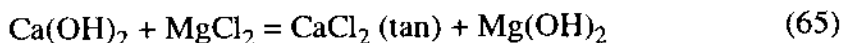
Nguy hiểm hơn, sau khi tạo thành thạch cao thì nó lại kết hợp với hydro – aluminat canxi và nước để tạo thành hợp chất Etringhit (E.) có thể tích gấp 4,76 lần [13] so với Ca(OH)₂ gây ra ứng suất lớn trong khối bê tông làm nó bị nứt rạn lớn:



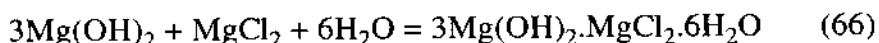
Hợp chất E. gây nứt rạn bê tông gọi là sự ăn mòn bê tông của sunphat.

Ăn mòn bê tông của các muối magiê:

Ngoài muối sunphat, trong nước cũng chứa một hàm lượng khá lớn muối MgCl₂ (≈ 3,8 g/l). Muối này cũng phản ứng với Ca(OH)₂ của bê tông để tạo thành muối CaCl₂ dễ tan trong nước và trôi đi:



Muối CaCl_2 tan tốt trong nước làm mất cân bằng hàm lượng Ca(OH)_2 trong bê tông. Tuy nhiên loại ăn mòn này ít nguy hiểm do Mg(OH)_2 ít tan trong nước và đọng lại trong thể khối bê tông làm bít các lỗ xốp để ngăn cản sự thâm nhập tiếp tục của MgCl_2 và nếu có thâm nhập tiếp tục thì MgCl_2 sẽ tạo với Mg(OH)_2 thành hợp chất có tính kết dính gọi là okxycorit magiê:



20. VỮA XÂY DỰNG

20.1. Khái niệm về vữa xây dựng

Vữa xây dựng là một loại vật liệu kết dính hỗn hợp mác thấp (M3 ÷ M10) gồm có xi măng Portland, cát mịn có hàm lượng ôxit – silic ($\text{SiO}_2 = 90 - 95\%$) và vôi tôi – Ca(OH)_2 . Tùy theo yêu cầu sử dụng và khả năng đáp ứng của xi măng Portland mà thành phần của vữa xây dựng có thể như sau:

- Xi măng Portland: 0 – 20%
- Vôi tôi – Ca(OH)_2 : 0 – 20%
- Cát đen hoặc cát vàng loại mịn: 60 – 80%

Trường hợp tỷ lệ vôi tôi = 0% gọi là vữa xi măng – cát. Trường hợp xi măng = 0% thì gọi là vữa vôi – cát. Để tăng khả năng kết dính và độ dẻo của vữa vôi – cát người ta có pha thêm cận mặt mía hoặc cận đường với tỷ lệ 1 – 3%.

Từ xưa, khi chưa có xi măng, ông cha ta đã dùng vữa vôi – cát – mặt mía để xây nhà ở, đền chùa, miếu mạo... Người ta đào hầm để tôi vôi thật kỹ, thời gian tôi vôi có khi tới vài ba tháng. Sau đó đào đất làm cối giã trộn vôi – cát – mặt cho dẻo để tăng khả năng bám dính và vữa được đồng nhất. Ngày nay ở những nơi gần núi đá vôi, tuy đã có nhiều xi măng người ta vẫn ưa dùng vữa xi măng – vôi – cát để tăng độ dẻo khi xây, trát. Tuy nhiên vữa 3 thành phần cũng có nhược điểm là các mạch xây trát có

xuất hiện một số vết nứt rạn do vữa trộn không được đều và có vôi tập trung cục bộ, do vôi còn sống hoặc vôi quá lửa nên xảy ra các quá trình sau:

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ tăng thể tích
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{nhiệt mặt trời} \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ co thể tích (67)
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2$ của không khí $\rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ tăng thể tích

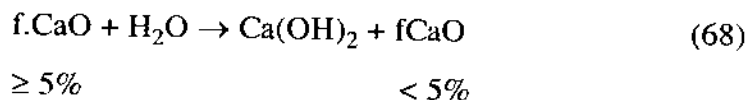
Vì vậy hiện nay vữa 3 thành phần và vữa vôi – cát – mật mía hầu như không còn sử dụng.

Người dân ở những địa phương gần các mỏ puzolan như Bà Rịa, Trảng kên Hải Phòng, Thái Nguyên,... đôi khi còn sử dụng vữa xây dựng bằng hỗn hợp vôi – puzolan, vôi – xỉ để xây nhà ở.

Có thể thay thế xi măng Portland trong vữa xi măng – cát bằng xi măng Dolomi hoặc xi măng Romans. Nhưng cả 2 loại xi măng này tuy rẻ tiền nhưng ít được đầu tư sản xuất, mặt khác cũng do sự dồi dào của xi măng Portland nên cũng ít sử dụng.

20.2. Nguyên liệu để chế tạo vữa xây dựng

– Xi măng là nguyên liệu chủ yếu trong thành phần vữa xây dựng xi măng – cát. Các chủng loại xi măng thông dụng như xi măng PC, xi măng PCB và tất cả các chủng loại xi măng đặc biệt (trừ xi măng chịu axit) đều có thể dùng trong việc chế tạo vữa xây dựng. Không phụ thuộc vào mác và công nghệ sản xuất, tất cả các loại xi măng Portland đều sử dụng được trong chế tạo vữa xây dựng. Xi măng mác cao thì tỷ lệ pha trộn ít hơn, xi măng mác thấp thì tỷ lệ xi măng nhiều hơn. Tuy nhiên khi sử dụng xi măng lò đứng cần phải kiểm tra tỷ lệ (%) ôxit canxi tự do – f.CaO. Trường hợp lò xi măng lò đứng nếu kiểm tra hàm lượng f.CaO $\geq 5\%$ thì cần phải để lò xi măng lưu lại trong kho thêm 2 tuần nữa sau đó mới đưa ra pha chế vữa xây dựng. Mục đích để giảm bớt hàm lượng f.CaO xuống $< 5\%$ vì khi đó f.CaO sẽ hút ẩm của môi trường để thành một phần vôi tôi:



Tuy nhiên lưu kho quá 2 tuần thì chất lượng (cường độ nén) của xi măng bị sụt giảm do xi măng hút ẩm để vón cục.

– *Cát đen hoặc cát vàng loại mịn*: yêu cầu chất lượng của 2 loại cát này là không lẫn sét và các tạp chất mùn hữu cơ từ lá, rễ cây tạo thành. Tổng hàm lượng khoáng sét, mica và tạp chất hữu cơ không vượt quá 8%.

Vữa xây nên sử dụng cát vàng loại mịn vì cát vàng sạch tạp chất hơn cát đen nên cùng một tỷ lệ xi măng như nhau, vữa xây với cát vàng có mác cao hơn mác vữa xây với cát đen. Nhưng vữa trát thì phải dùng cát đen vì cát đen mịn hơn cát vàng.

Chất lượng cát đen cho chế tạo vữa xây dựng được quy định theo tiêu chuẩn xây dựng TCXD127 – 85 như sau:

+ Modul cơ hạt $\geq 0,7 - 1,5$

+ Hàm lượng cơ hạt lọt sàng 0,15 mm không vượt quá 20 – 35% khối lượng

+ Tạp chất (bùn, sét, mica) không vượt quá 3 – 10% khối lượng

+ Hàm lượng các muối khoáng chứa sunphat (Na_2SO_4 , v.v...) không quá 1 – 2%.

– *Vôi tôi – $\text{Ca}(\text{OH})_2$* : Như đã nói ở trên, vôi phải được tôi kỹ (không ít hơn 1 tháng với điều kiện đủ và thừa nước, loại bỏ vôi sống (CaCO_3) và vôi quá nung (lõi của CaO tro không phản ứng với nước). Sau đó cho vôi tôi vào thùng 200 lít hoặc bể xây gạch, cho nước vào để khuấy lên nhằm lấy được sữa vôi – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và nước, loại trừ vôi sống và vôi quá lửa gọi là chạt vôi.

– *Nước để trộn vữa xây dựng*: Nước để trộn vữa xây dựng phải là nước sạch. Tỷ lệ nước cho trộn vữa phụ thuộc vào tỷ lệ xi măng trong vữa, độ ẩm của cát và tỷ lệ sữa vôi. Xi măng càng nhiều thì tỷ lệ nước càng lớn. Ngược lại độ ẩm của cát và tỷ lệ sữa vôi càng lớn thì nước càng ít.

+ Đối với vữa xi măng – cát thì tỷ lệ nước (lít) cần để trộn 100 kg vữa có thể tính gần đúng như sau:

$$N_{v,2} = 0,5X_1 + (20 - w_c) C_1 / 100 \quad (69)$$

Ở đây $N_{v,2}$ là lượng nước (lít) cần để trộn 100 kg vữa 2 thành phần xi măng – cát.

X_i là lượng xi măng (kg), w_c là độ ẩm của cát (%), C_t – là lượng cát của vữa (kg). ($X_i + C_t = 100$ kg).

Ví dụ lượng nước để trộn 100 kg vữa xi măng – cát gồm 20 kg X_i và 80 kg C_t có độ ẩm 10% là:

$$N_{v,2} = 0,5.20 + \frac{(20 - 10).80}{100} = 10 + 8 = 18 \text{ lít}$$

+ Đối với vữa 3 thành phần (xi măng – cát – vôi) thì lượng nước (lít) cần để trộn 100 kg vữa có thể tính gần đúng như sau:

$$N_{v,3} \approx 0,5X_i + \left(\frac{20 - w_c}{100} \right) \cdot C_t - \left(\frac{n_v - 24,32}{100} \right) \cdot \gamma_v \cdot m_v \quad (70)$$

Ở đây $N_{v,3}$ là lượng nước (lít) để trộn 100 kg vữa 3 thành phần;

w_c là độ ẩm của cát (%), C_t là lượng cát (kg);

n_v là lượng nước tự do trong 1 lít vôi sữa (%);

γ_v là tỷ trọng của sữa vôi (kg/l);

m_v là số lít sữa vôi pha vào trộn 100 kg vữa 3 thành phần;

20 là % nước cần cho ngậm của 100 kg cát của vữa;

24,32 là % nước trong phân tử hydroxit canxi – Ca(OH)_2 .

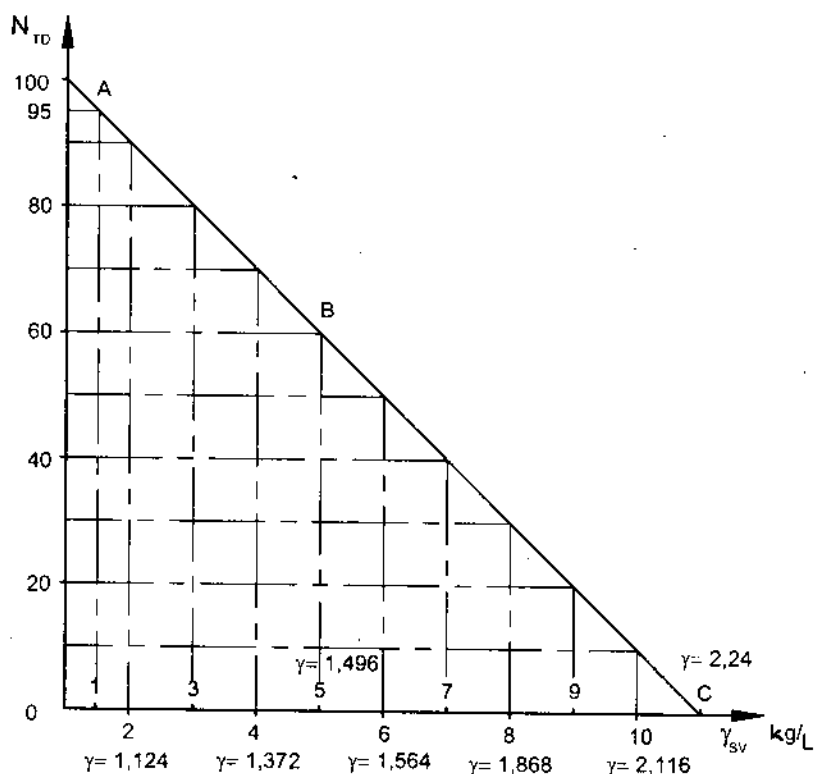
Ví dụ tính lượng nước cần để trộn 100 kg vữa 3 thành phần gồm 15 kg xi măng, 80 kg cát có độ ẩm 10% và 5 lít vôi sữa có tỷ trọng là $\gamma_v = 1,372$ kg/l, biết lượng nước tự do trong 1 lít sữa vôi là 70%.

Áp dụng công thức (70) ta có:

$$N_{v,3} = 0,5.15 + \left(\frac{20 - 10}{100} \right) \cdot 80 - \left(\frac{70 - 24,32}{100} \right) \cdot 1,372.5 = 12,37 \approx$$

12,4 lít

Lượng nước tự do trong 1 lít sữa vôi lấy theo biểu đồ hình 35.



Hình 35

Biểu đồ quan hệ của nước tự do (N_{TD}) với tỷ trọng của sữa vôi (γ_{sv})

Đồ thị của tỷ lệ nước tự do trong 1 lít sữa vôi (trục tung) và tỷ trọng của sữa vôi (γ_{sv}): $N_v = f(a - \gamma_v)$

Chúng ta thấy trên biểu đồ $N_v = f(\gamma_v)$: khi $\gamma = 1 \text{ kg/l}$ thì lượng vôi là 0%, chỉ có 100% nước. Khi tỷ trọng của Ca(OH)_2 $\gamma_{sv} = 2,24 \text{ kg/l}$ lượng nước tự do là 0%, chỉ có 24,32% nước liên kết, 75,68% CaO để tạo thành 100% Ca(OH)_2 . Điểm 0 là điểm không có sữa vôi, nhưng không phải không có hoàn toàn vì độ hoà tan của CaO trong nước ở 15°C là 1,25 g/l, ở nhiệt độ 20°C là 1,18 g/l, ở 25°C là 1,13 g/l tương ứng với 1,65%, 1,56% và 1,49% Ca(OH)_2 trong 1 lít nước [3]. Điểm 1 là điểm tương ứng với nước vôi trong có nồng độ là 5% CaO/l, tương ứng với 6,6% Ca(OH)_2 . Điểm 5 là điểm tương ứng với sữa vôi có tỷ trọng lớn nhất là $\gamma_{sv} = 1,496 \text{ g/l} = 1,5 \text{ g/l}$. Điểm C là điểm của Ca(OH)_2 - vôi khô.

20.3. Cường độ nén của vữa xây dựng

Cường độ nén của vữa xây dựng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó chủ yếu là cường độ của xi măng và tỷ lệ khối lượng của xi măng trong vữa, tỷ lệ nước để trộn vữa, độ lớn modul cỡ hạt của cát và hàm lượng các tạp chất có hại của nó.

Cường độ chịu nén của vữa 2 thành phần là xi măng–cát có thể tính gần đúng bằng công thức (71) sau đây:

$$R_{v,2} = (K \cdot R_{28X_i} \cdot X_i) / 1000 + 4 \quad (71)$$

ở đây $R_{v,2}$ là cường độ chịu nén 28 ngày đóng rắn của vữa xi măng–cát.

K là hệ số cỡ hạt của cát. Đối với cát mịn $K = 0,8$, cát cỡ hạt trung bình $K = 1$ và với cát vàng hạt mịn $K = 1,05$. Như vậy cường độ 28 ngày của vữa xây dựng tỷ lệ thuận với độ lớn cỡ hạt của cát. Cát cỡ hạt càng lớn thì tỷ diện càng bé, khi tỷ diện càng bé thì lượng xi măng để dính kết giảm đi. Khi ta giữ nguyên tỷ lệ xi măng, thay cát hạt mịn trong vữa bằng cát hạt thô, khi đó lượng xi măng sẽ thừa nên cường độ 28 ngày đóng rắn cao hơn vữa với cát hạt mịn. Vì vậy, người ta thường dùng vữa cát vàng cỡ hạt trung bình để xây tường gạch, sẽ có mức cao hơn vữa cát đen (có cỡ hạt nhỏ hơn, tạp chất nhiều hơn). Đối với vữa trát thì phải dùng vữa cát đen để tường được mịn hơn.

20.4. Tính cấp phối vữa xi măng – cát

– *Tính lượng xi măng:* Từ công thức (71) ta rút ra công thức tính khối lượng xi măng cho 1000 lít (1 m^3) vữa xây dựng xi măng – cát như sau:

$$X_i = \frac{1000(R_{v,2} - 4)}{K \cdot R_{28X_i}} \quad (\text{kg}) \quad (72)$$

Ví dụ: Tính lượng xi măng cho vữa xi măng – cát (vữa cát cỡ hạt trung bình $K = 1$) và cường độ 28 ngày (R_{28X_i}) là 350 kg/cm^2 để vữa có mức $R_{v,2} = 50 \text{ kg/cm}^2$. Áp dụng công thức (72) ở trên, ta có:

$$X_i = \frac{1000(50 - 4)}{1 \cdot 350} = 131 \text{ kg}$$

– *Tính lượng cát:* $C_1 = 1000 - X_1 = 869 \text{ kg}$

– *Tính lượng nước:* Nước để trộn vữa xi măng – cát tính theo công thức 69 ở trên.

Số liệu cấp phối vữa xi măng – cát được tính sẵn cho 1000l vữa được thể hiện trên bảng 49.

Nếu cần tăng độ dẻo của vữa thì có thể pha vào vữa 2 ÷ 3 lít vôi sữa có tỷ trọng $\gamma_v \approx 1,37 \text{ kg/l}$ cho 100 lít vữa nhưng phải bớt nước và giữ nguyên lượng xi măng đã tính.

BẢNG 49

Cường độ 28 ngày ($R_{Xi,28}$) của xi măng kg/cm^2	Thành phần của vữa xi – cát với cát cỡ hạt trung bình theo mác vữa thiết kế (kg Xi/cát)			
	M.35	M.50	M.75	M.100
300	103/897	153/847	236/764	320/680
350	89/911	131/869	203/797	274/726
400	77/923	115/885	177/823	240/760
450	69/931	102/898	158/842	213/787

20.5. Phân loại vữa xây dựng

Vữa xây dựng có thể phân ra thành 4 loại chính là: vữa xây, vữa trát, vữa chống thấm và vữa trang trí.

– *Vữa xây* là loại vữa được sử dụng nhiều nhất. Trong vữa xây có thể chia làm 2 loại là vữa xây gạch và vữa xây đá bao gồm cả vữa xây đá học và gạch block không nung từ xi măng – cát vàng – sỏi cuội loại nhỏ hoặc gạch block từ tro xỉ nhiệt điện và vôi tôi.

+ Vữa xây gạch nung từ đất sét thông thường được chế tạo từ vữa 2 thành phần là xi măng – cát đen hoặc xi măng – cát vàng loại cỡ hạt mịn và cỡ hạt trung bình.

+ Vữa xây đá học và các loại gạch block không nung được chế tạo từ xi măng – cát vàng hoặc xi măng – cát vàng loại cỡ hạt thô. Vữa xây thường có 2 mác là M.35 và M.50.

– *Vữa trát* là loại vữa được sử dụng khá nhiều dùng để trát các mặt ngoài của tường và trần nhà, trát bảo vệ bê tông. Vì vậy mà vữa trát thường có mác cao hơn vữa xây, thường có 2 mác là M.70 hoặc M.75 và M.100. Vữa trát thường được chế tạo từ xi măng – cát đen loại cỡ hạt mịn và cỡ hạt trung bình.

– *Vữa chống thấm* được sử dụng để trát mặt ngoài của tường, trát bảo vệ bê tông, trát mặt trên của sàn nhà và các khu phụ. Vì vậy vữa chống thấm thường có mác M.75, M.100 và thường sử dụng cát vàng cỡ hạt mịn và cỡ hạt trung bình.

Để tăng độ chống thấm của vữa người ta có thể chọn lựa loại phụ gia chống thấm tốt như Sika, cặn mật mía, cặn đường, dung dịch Kali – Silicat ($K_2O.nSiO_2$ với $n \geq 3$), v.v.. Tỷ lệ pha vào vữa thường chiếm 0,5 – 1,5% khối lượng vữa khô tùy loại. Cách pha phụ gia chống thấm như sau : đo lượng nước trộn vữa sau đó hoà tan phụ gia chống thấm vào nước và dùng nước này để trộn vữa. Trước khi trát vữa chống thấm người ta thường quét 1 lớp hồ xi măng mỏng 1 – 2 mm để tăng độ dính của vữa chống thấm. Trường hợp tường đã khô thì phải tưới ẩm nước trước và mài phẳng mặt tường, sàn,... sau đó mới quét hồ xi măng.

– *Vữa trang trí*: vữa trang trí thường được dùng để trát phẳng mặt trong của tường và trần nhà. Vữa bả matit cũng là loại vữa trang trí.

Vữa trang trí thường chế tạo từ xi măng trắng với cát trắng hoặc bột đá vôi màu trắng. Mác của các loại vữa trang trí thường có 2 mác là M.75 và M.100.

Để tạo ra các loại màu khác nhau cho vữa trang trí có thể sử dụng các ôxit hoặc muối của các kim loại màu sau đây.

1. Ôxit crôm – Cr_2O_3 màu xanh lá cây (crôm hoá trị 3^+).
2. Ôxit crôm – CrO_3 màu đỏ mận (crôm hoá trị 6^+).
3. Ôxit mangan gan MnO : màu xanh da trời.

4. Đồng clorua ngậm 2 phân tử nước – $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: màu xanh da trời.
5. Đồng hydroxit – $\text{Cu}(\text{OH})_2$: màu xanh da trời nhạt.
6. Đồng nitrat ngậm 3 phân tử nước – $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: màu da trời đậm.
7. Sắt bromua ngậm 6 phân tử nước – $\text{FeBr}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: màu da trời đậm.
8. Đồng clorua khan – CuCl_2 : màu vàng.
9. Titan bromua – TiBr_4 : màu vàng da cam.
10. Bi Kali cromat – K_2CrO_4 : màu vàng chanh.
11. Ôxit sắt 3 – Fe_2O_3 : màu đỏ.
12. Sắt clorua ngậm 6 phân tử nước – $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: màu đỏ đậm.
13. Titan clorua – TiCl_4 : màu tím.
14. Ôxit sắt Fe_3O_4 : màu đen.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS. TS. Hoàng Văn Phong, *20 chủng loại xi măng và công nghệ sản xuất*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
2. PGS. TS. Phạm Duy Hữu, TS. Ngô Xuân Quảng, *Vật liệu xây dựng*. NXB Giao thông – vận tải, Hà Nội, 2006.
3. KOMAR A.G, *Vật liệu xây dựng và sản phẩm của chúng*. Tiếng Nga, NXB Cao học Liên Xô cũ, 1976.
4. Pashenco A.A. và cộng sự, *Vật liệu kết dính*. Tiếng Nga, NXB Cao học Liên Xô cũ, 1985.
5. Nguyễn Văn Phiêu, PGS. TS. Nguyễn Văn Chánh, *Tổ chức thi công các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2007.
6. Taylor H.F.W, *The Chemistry of cement*. Bản dịch tiếng Nga. NXB Xây dựng Liên Xô cũ, 1976.
7. Volcov M. I, *Phương pháp thử nghiệm vật liệu xây dựng*. Tiếng Nga. NXB Xây dựng Liên Xô cũ, 1974.
8. Manuilov và cộng sự, *Phương pháp thử nghiệm vật liệu xây dựng và các chi tiết xây dựng*. Tiếng Nga. NXB Cao học Liên Xô cũ, 1973.
9. Sulimenco L. M, *Công nghệ sản xuất vật liệu kết dính và sản phẩm của chúng*. Tiếng Nga. NXB Cao học Liên Xô cũ, 1976.
10. PGS. TS. Phạm Quang Minh, GS. TS. Ngô Thế Phong, GS. TS. Nguyễn Đình Cống, *Kết cấu bê tông cốt thép – Phần cấu kiện cơ bản*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
11. Rviac SM., Roiac G.S., *Các chủng loại xi măng đặc biệt*. Tiếng Nga, NXB Liên Xô cũ, 1969.
12. Stefanov B.V., *Công nghệ sản xuất bê tông và bê tông cốt thép*. Tiếng Nga. NXB Cao học Liên Xô cũ, 1972.
13. Kind V.V., *Quá trình ăn mòn xi măng và bê tông trong các công trình đập Thủy điện và áp lực kỹ thuật*. Tiếng Nga. NXB Xây dựng Liên Xô cũ, 1973.
14. Moskvín V. M. và cộng sự, *Sự ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép. Phương pháp bảo vệ*. Tiếng Nga. NXB Xây dựng Liên Xô cũ, 1980.
15. Babuskin V.I, *Quá trình hoá lý ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép*. Tiếng Nga. NXB Xây dựng Liên Xô cũ, 1968.

16. Condo P., *Độ bền của các chủng loại xi măng khác nhau trong môi trường ăn mòn hoá chất*. Tiếng Nga. Tuyển tập báo cáo tại hội nghị xi măng thế giới lần thứ VI. NXB Liên Xô cũ, 1964.
17. *Tiêu chuẩn vật liệu xây dựng, ban hành năm 2004*: TCXD VN, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2005.
18. *Kỷ yếu Hội thảo quốc tế về "Công nghệ sản xuất xi măng tiên tiến trên thế giới"*. Tạp chí của Hội Vật liệu xây dựng Việt Nam, Hà Nội, 11.2002.
19. Timashev V.V. *Tuyển tập các công trình nghiên cứu về chế tạo và hydrat các chất kết dính*. Tiếng Nga, NXB "Khoa học" Liên Xô cũ, 1986.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
PHẦN THỨ NHẤT : KHÁI NIỆM VỀ BÊ TÔNG VÀ CÁC CHỦNG LOẠI XIMĂNG ĐỂ SẢN XUẤT BÊ TÔNG	5
1. Khái niệm về bê tông và bê tông cốt thép	5
2. Phân loại bê tông	5
2.1. Phân loại bê tông theo khối lượng thể tích.....	6
2.2. Phân loại bê tông theo kích thước cốt liệu	7
2.3. Phân loại bê tông theo mục đích sử dụng	7
2.4. Phân loại bê tông theo công nghệ sản xuất.....	7
3. Các chủng loại xi măng để chế tạo bê tông nặng	10
3.1. Xi măng Portland – PC	10
3.2. Xi măng Portland hỗn hợp (PCB).....	62
4. Các chủng loại xi măng đặc biệt để chế tạo các loại bê tông đặc biệt	73
4.1. Xi măng Portland – puzolan (PC_{PU}).....	73
4.2. Xi măng Portland – xỉ lò cao	80
4.3. Xi măng Portland bền sunphat.....	87
4.4. Xi măng Portland toả nhiệt ít (PC_{LH})	92
4.5. Xi măng Portland mác cao.....	97
4.6. Xi măng Portland đông rắn nhanh	103
4.7. Xi măng Portland giãn nở	105
4.8. Xi măng trắng và xi măng màu	107
4.9. Xi măng Portland cho bê tông mặt đường bộ và sân bay	110
4.10. Xi măng alumin (C_A).....	111
4.11. Xi măng chống phóng xạ	115
4.12. Xi măng Romans	116
PHẦN THỨ HAI : CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÊ TÔNG, BÊ TÔNG CỐT THÉP VÀ VỮA XÂY DỰNG	120
5. Cốt liệu cho bê tông nặng.....	120
5.1. Cốt liệu mịn.....	120
5.2. Cốt liệu thô	122
5.3. Nước trộn vữa bê tông	124
5.4. Các loại phụ gia cho bê tông	124
6. Tính cấp phối của bê tông nặng theo mác thiết kế định trước	125
6.1. Nội dung của việc tính toán cấp phối thành phần bê tông nặng.....	125

6.2. Các công thức tính cấp phối bê tông nặng	126
6.3. Thứ tự tính cấp phối thành phần bê tông nặng	130
7. Kỹ thuật chế tạo bê tông nặng	139
7.1. Kiểm tra chất lượng của các nguyên liệu đầu vào và xác định các thông số kỹ thuật của chúng	139
7.2. Tính chuyển cấp phối thành phần liệu khô sang liệu ẩm tự nhiên	142
7.3. Kỹ thuật trộn vữa bê tông nặng	143
8. Quá trình đóng rắn của bê tông và công nghệ xử lý nhiệt	148
8.1. Quá trình đóng rắn của bê tông nặng	148
8.2. Sự bám dính của hồ xi măng lên các loại cốt liệu	151
8.3. Sự bám dính hồ xi măng lên cốt thép	151
8.4. Công nghệ xử lý nhiệt để thúc đẩy quá trình đóng rắn bê tông	153
8.5. Các phương pháp xử lý nhiệt cho bê tông	154
9. Các chủng loại bê tông đặc biệt	155
9.1. Bê tông thủy công	155
9.2. Bê tông đóng rắn nhanh	155
9.3. Bê tông mác cao	155
9.4. Bê tông chống phóng xạ	156
9.5. Bê tông chịu nhiệt	156
9.6. Bê tông chịu lửa thường	157
9.7. Bê tông chịu lửa siêu cao	158
9.8. Bê tông màu hay còn gọi là bê tông trang trí	159
9.9. Bê tông nhẹ, bê tông xốp, bê tông bọt	159
10. Thép trong bê tông cốt thép	162
10.1. Tại sao phải đưa thép vào làm cốt cho bê tông?	162
10.2. Phân loại thép làm cốt cho bê tông	162
10.3. Mối tương quan giữa đường kính, tiết diện và khối lượng của 1 m dài các loại thép	165
10.4. Các tính chất cơ bản của thép làm cốt cho bê tông	166
11. Bê tông cốt thép	168
11.1. Khái niệm về bê tông cốt thép	168
11.2. Phân loại bê tông cốt thép	170
11.3. Ưu nhược điểm của bê tông cốt thép so với gỗ và gạch đá	172
11.4. Sự bám dính của bê tông vào cốt thép	173
11.5. Quá trình đóng rắn của bê tông cốt thép trong những điều kiện khác nhau	174
11.6. Các tính chất của bê tông và bê tông cốt thép	176
12. Gia công cốt thép và kết cấu bê tông cốt thép	187
12.1. Kỹ thuật gia công cốt thép	187

12.2. Kỹ thuật nối cốt thép.....	189
13. Tìm hiểu sơ bộ các bước thiết kế bê tông cốt thép.....	190
14. Các lực tác dụng cần tính toán.....	191
14.1. Tải trọng.....	191
14.2. Phân loại tải trọng.....	191
14.3. Trị số tiêu chuẩn và trị số tính toán của tải trọng.....	192
15. Nội lực của bê tông cốt thép.....	193
15.1. Xác định nội lực.....	193
15.2. Tổ hợp nội lực và hình bao nội lực.....	194
16. Đại cương về phương pháp tính toán bê tông cốt thép.....	195
16.1. Bài toán kiểm tra hoặc tính cốt thép.....	195
16.2. Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn thứ nhất (TTGH – 1).....	196
16.3. Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH – 2).....	197
16.4. Cường độ tính toán của vật liệu (bê tông).....	197
16.5. Cường độ tính toán của cốt thép về chịu kéo.....	198
17. Nguyên lý cấu tạo bê tông cốt thép.....	200
17.1. Chọn kích thước của tiết diện (dầm, xà, cột, băng...).....	200
17.2. Khung và lưới cốt thép.....	200
17.3. Cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo.....	201
17.4. Độ dày của lớp bê tông bảo vệ cốt thép.....	202
17.5. Khoảng hở giữa các cốt thép.....	204
17.6. Kỹ thuật đúc rót và lèn chặt vữa bê tông.....	205
17.7. Tháo khuôn cốp – pha và bảo dưỡng bê tông.....	207
18. Khái niệm về bê tông ứng lực trước.....	208
19. Quá trình ăn mòn bê tông dưới tác động của môi trường.....	209
19.1. Quá trình ăn mòn cơ học bê tông.....	210
19.2. Ăn mòn hoá lý bê tông.....	210
20. Vữa xây dựng.....	214
20.1. Khái niệm về vữa xây dựng.....	214
20.2. Nguyên liệu để chế tạo vữa xây dựng.....	215
20.3. Cường độ nén của vữa xây dựng.....	219
20.4. Tính cấp phối vữa xi măng – cát.....	219
20.5. Phân loại vữa xây dựng.....	220
Tài liệu tham khảo.....	223
Mục lục.....	225

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung :

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc Công ty CP Sách ĐH – DN
TRẦN NHẬT TÂN

Biên tập nội dung và sửa bản in:

BÙI MINH HIỂN

Trình bày bìa :

BÙI QUANG TUẤN

Chế bản :

ĐAN NGỌC

**CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO XI MĂNG, BÊ TÔNG, BÊ TÔNG CỐT THÉP
VÀ VỮA XÂY DỰNG**

Mã số : 7B695Y8 – DAI

In 1.000 cuốn (QĐ55), khổ 16 x 24cm. Tại Nhà in Hà Nam.

Số 29 - Đường Lê Hoàn - TP. Phủ Lý - Hà Nam.

Số in: 347. Số ĐKKH xuất bản: 113-2008/CXB/49-175/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2008.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
25 HÀN THUYỀN – HÀ NỘI
Website : www.hevobco.com.vn

TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO KỸ THUẬT CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

- | | |
|--|---|
| 1. Giáo trình nhiệt động kỹ thuật | TS. Lê Nguyên Minh |
| 2. Giáo trình cấp thoát nước công trình | Nguyễn Duy Anh - Nguyễn Đình Hải
Phạm Văn Lương - Trần Thị Sen |
| 3. Giáo trình cơ sở kỹ thuật môi trường | Tăng Văn Đoàn - Trần Đức Hạ |
| 4. Công nghệ chế tạo xi măng, bê tông,
bê tông cốt thép và vữa xây dựng | Hoàng Văn Phong |
| 5. Cơ học kỹ thuật – Tập 1
Tĩnh học và Động học | Đỗ Sanh |
| 6. Bài tập cơ học kỹ thuật – Tập 1
Tĩnh học và Động học | Đỗ Sanh - Nguyễn Nhật Lệ |
| 7. Cơ học kỹ thuật – Tập 2
Động lực học | Đỗ Sanh |
| 8. Bài tập cơ học kỹ thuật – Tập 2
Động lực học | Đỗ Sanh - Nguyễn Nhật Lệ |

Bạn đọc có thể mua tại các Công ti Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục :

Tại Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;

Tại Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh ;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng, Quận 3 ;
240 Trần Bình Trọng – Quận 5.

Tại Thành phố Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4 ;

Website : www.nxbgd.com.vn



Giá: 28.500 đ