

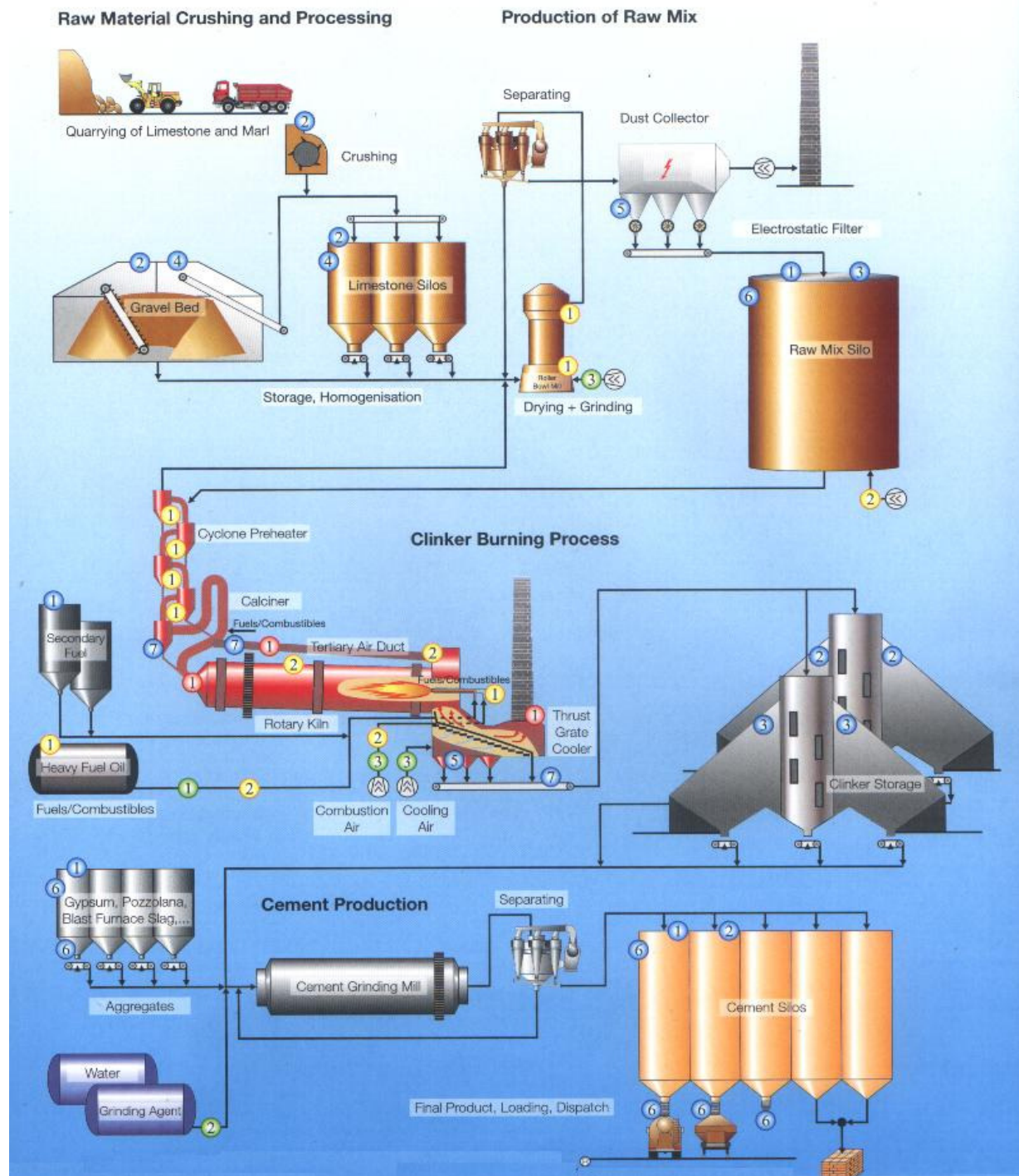
A photograph of a large industrial facility, likely a cement plant, featuring massive concrete structures and large pipes. A blue banner with a grid pattern is overlaid across the center of the image.

CÔNG NGHỆ XI MĂNG

Bách khoa 09.2003

CÔNG NGHỆ XI MĂNG

TS. Tạ Ngọc Dũng



Giới thiệu

- Công nghệ truyền thống. Nguyên lý cơ bản hầu như không thay đổi trong thời gian dài.
- Có những tiến bộ đáng kể về
 - + Giảm năng lượng tiêu tốn.
 - + Giảm về cơ bản sự ô nhiễm môi trường.

Giới thiệu

- Trong khoảng 30 năm trở lại, có sự tiến bộ đặc biệt nhanh về:
 - + Kỹ thuật đốt.
 - + Kỹ thuật nghiền

Giới thiệu

- Trước hết là sự phát minh ra canxino, làm tăng đáng kể năng suất lò.
- Thứ hai là việc phát triển máy đập trục và máy nghiền đứng. Đồng thời là việc sử dụng các thiết bị phân ly động đời mới.
- Tiếp đó là việc ứng dụng điều khiển tự động mọi quá trình sản xuất, bao gồm cả lò, làm giảm nhân công và tăng tính ổn định của hệ thống, đồng thời cũng đem lại những sự tiết kiệm nhất định về năng lượng..

Giới thiệu

- Về ô nhiễm môi trường, đã không chế được:
 - + Lượng bụi giảm còn $0,2 \div 0,3$ g/kg xi măng.
 - + NO_x còn 1200ppm /m³ khí lò.
 - + SO_2 còn 400ppm /m³ khí lò.
 - + CO còn 500ppm /m³ khí lò.
- Trong các canxino đặc biệt, $\text{NO}_x < 400\text{ppm}$.
- Vấn đề còn tồn tại chỉ là lượng CO_2 trong khí thải.
- Hướng phát triển: sử dụng nhiên liệu thay thế, đốt rác thải.

Phối liệu

THÀNH PHẦN HOÁ





- Hàm lượng 62÷69%
- Tham gia tạo tất cả các khoáng chính của clinke XMP
- CaO_{td} ảnh hưởng xấu tới chất lượng CL và XMP
- Nhiều CaO, đông rắn nhanh, mác cao, kém bền trong môi trường xâm thực

Thành phần hoá của clinke xi măng Pooclang



- Hàm lượng 17÷26%
- Tham gia tạo các nhóm khoáng silicat (khoáng khó nóng chảy) của clinke XMP
- Nhiều SiO₂, đóng rắn chậm, mức cao, bền trong môi trường xâm thực

Thành phần hoá của clinke xi măng Pooclang



- Hàm lượng 4÷10%
- Tham gia tạo các khoáng nóng chảy (aluminát canxi và aluminoferrit canxi)
- Nhiều Al_2O_3 , đông rắn nhanh, toả nhiều nhiệt, kém bền trong môi trường xâm thực, tăng độ nhớt pha lỏng clinke

Thành phần hoá của clinke xi măng Pooclang



- Hàm lượng $0.1 \div 5\%$
- Chủ yếu tham gia tạo khoáng nóng chảy aluminoferrit canxi
- Nhiều Fe_2O_3 , giảm mức xỉ măng, tăng bền trong môi trường xâm thực, giảm độ nhớt pha lỏng clinke, giảm nhiệt độ nung clinke

Thành phần hoá của clinke xỉ măng Pooclang



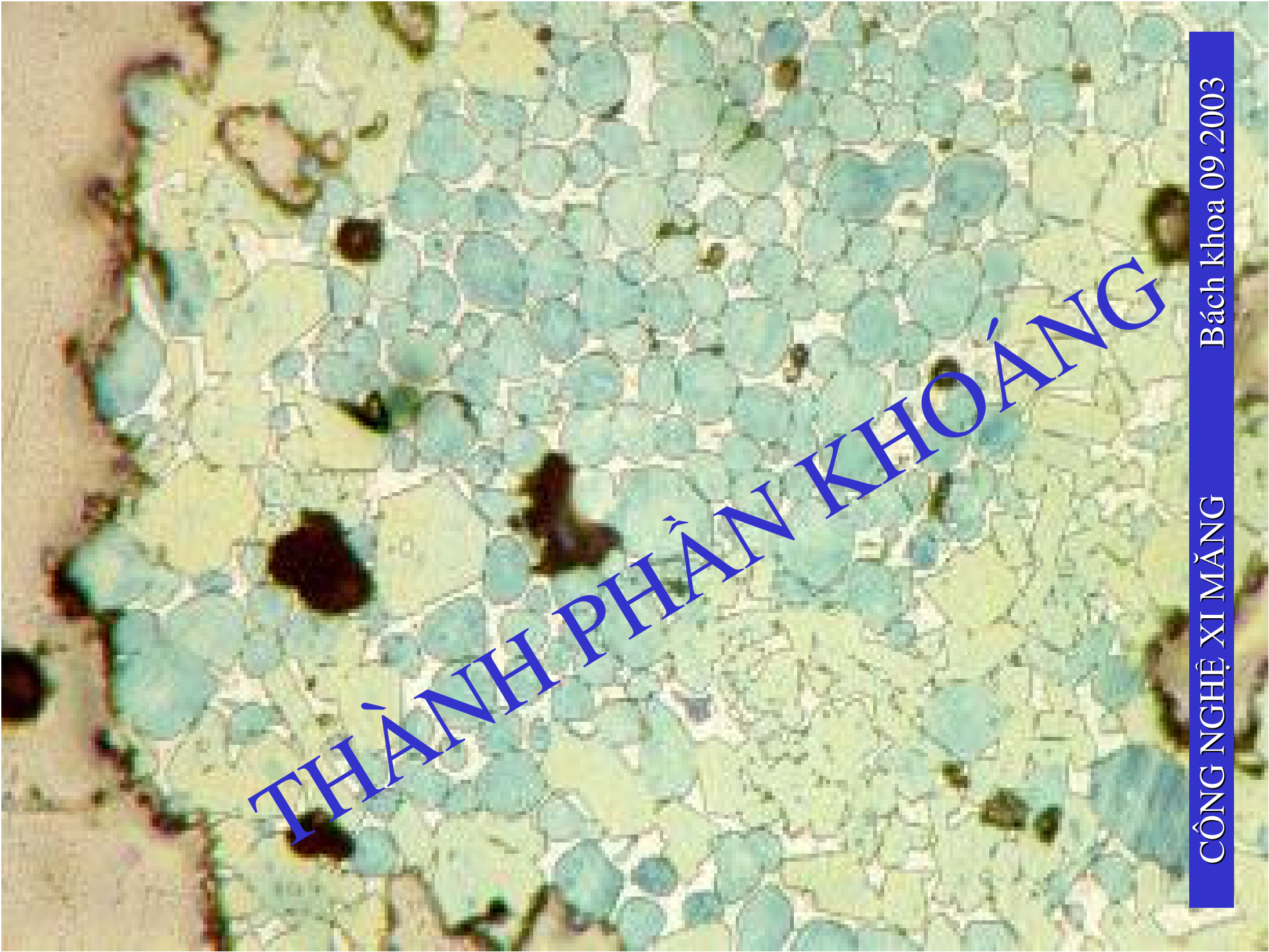
- Gồm Na_2O và K_2O . Tổng hàm lượng 0.1÷5%
- Ở nhiệt độ cao bay hơi một phần, một phần tham gia phản ứng tạo các khoáng chứa kiềm
- Nhiều R_2O , giảm mác xi măng, không ổn định thể tích, gây loang màu (nếu dùng làm vữa trát), ăn mòn cốt thép

Thành phần hoá của clinke xi măng Pooclang



- Hàm lượng 0÷1%
- Ở nhiệt độ cao sinh khí SO_2 bay ra một phần, một phần tham gia phản ứng tạo các khoáng chứa SO_3 , làm giảm hàm lượng một số khoáng chính
- Nhiều SO_3 , giảm mức xi măng, tạo các hợp chất có nhiệt độ nóng chảy thấp gây hại cho hệ thống lò (chủ yếu lò có hệ cyclon trao đổi nhiệt)
- Cùng với R_2O gây ảnh hưởng xấu tới quá trình nung luyện cũng như tính chất khoáng hoá và xây dựng sau này của xi măng

Thành phần hoá của clinke xi măng Pooclang



THÀNH PHẦN KHOÁNG

CÔNG NGHỆ XI MĂNG

Bách khoa 09.2003



- Công thức hoá $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$
- Khối lượng riêng 3.28g/cm^3
- Hàm lượng $40\div 60\%$
- C_3S tinh khiết chỉ tồn tại trong phòng thí nghiệm. Trong clinke công nghiệp C_3S tồn tại dưới dạng dung dịch rắn bền với tên gọi là Alít
- $54\text{CaO}.16\text{SiO}_2.\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$
- $\text{Ca}_{106}\text{Mg}_2\text{Al}(\text{Na}_{0.25}\text{K}_{0.25}\text{Fe}_{0.5})\text{O}_{36}(\text{Al}_2\text{Si}_{34}\text{O}_{104})$
- C_3S tinh khiết bền trong vùng nhiệt độ $1250\div 1900^\circ\text{C}$, dưới 1250°C bị phân huỷ
$$\text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S} + \text{C}_{\text{td}}$$
- C_3S tinh khiết có tinh thể hình lục giác đều
- Khoáng alít đông rắn nhanh, toả nhiều nhiệt, không bền trong môi trường xâm thực (đặc biệt là môi trường sunphát)

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang



- Công thức hoá $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- Có 4 dạng thù hình α , α' , β , γ
- Khối lượng riêng của các dạng lần lượt là 3.04; 3.40; 3.28; 2.97g/cm^3
- Hàm lượng 15÷35%
- C_2S tinh khiết chỉ tồn tại trong phòng thí nghiệm. Trong clinke công nghiệp C_2S tồn tại dưới dạng dung dịch rắn bền với tên gọi là Bêlít
- $\text{Ca}_{87}\text{MgAlFe}(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})(\text{Al}_2\text{Si}_{42}\text{O}_{180})$

Thành phần khoáng của clinke xi măng Poocăng



- Dạng αC_2S tồn tại trong vùng nhiệt độ $1425 \div 2130^{\circ}C$.
- Dạng $\alpha' C_2S$ tồn tại trong vùng nhiệt độ $830 \div 1425^{\circ}C$. Dưới $830^{\circ}C$, chuyển về dạng βC_2S nếu làm lạnh nhanh, về dạng γC_2S nếu làm lạnh chậm (kèm theo tăng 10% thể tích)
- Dạng βC_2S kém bền, tồn tại trong vùng nhiệt độ $675 \div 830^{\circ}C$ Lưu lâu ở $675^{\circ}C$ hoặc hạ nhiệt độ xuống dưới $675^{\circ}C$, chuyển về dạng γC_2S (và tăng thể tích)
- Dạng γC_2S tồn tại trong vùng nhiệt độ dưới $675^{\circ}C$

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang



- Khả năng kết dính (theo quan điểm hoá học tinh thể) giảm dần từ dạng α tới γ
- Chỉ có dạng β và γ có thể tồn tại trong điều kiện thường. Chỉ dạng β là cần.
- Các biện pháp ổn định dạng β :
 - + Làm lạnh nhanh
 - + Tạo dung dịch rắn bền, nền là βC_2S . Đó là Bêlít
- Bêlít ít toả nhiệt, mác cao, bền trong môi trường xâm thực

Thành phần khoáng của clinke xi măng Poocăng



- Gồm một dãy dung dịch rắn (C_3A , C_5A_3 , $C_{12}A_7$, CA , CA_2 , CA_6), trong đó chủ yếu là C_3A
- Công thức hoá $3CaO.Al_2O_3$
- Khối lượng riêng $3.04g/cm^3$
- Hàm lượng $5\div 15\%$
- C_3A tinh khiết chỉ tồn tại trong phòng thí nghiệm. Trong clinke công nghiệp trong mạng lưới C_3A còn hoà tan nhiều ôxít khác
- $Na_6K_2Ca_{78}Mg_4(Al_{44}Fe_8Si_7O_{180})$
- C_3A đông rắn nhanh, toả nhiều nhiệt, không bền trong môi trường xâm thực

Thành phần khoáng của clinke xi măng Poocăng



- Gồm một dãy dung dịch rắn (từ C_6A_2F tới C_6AF_2), trong đó chủ yếu là C_4AF
- Công thức hoá $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$
- Khối lượng riêng $3.77g/cm^3$
- Hàm lượng $10\div 18\%$
- C_4AF đóng rắn chậm, cường độ không cao, bền trong môi trường xâm thực

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang

Khoáng chứa kiềm

- Gồm các khoáng $\text{KC}_{23}\text{S}_{12}$ (gốc C_2S) và NC_8A_3 (gốc C_3A)
- Công thức hoá $\text{K}_2\text{O}.23\text{CaO}.12\text{SiO}_2$ và $\text{Na}_2\text{O}.8\text{CaO}.3\text{Al}_2\text{O}_3$
- Sự hình thành các khoáng chứa kiềm làm giảm hàm lượng các khoáng silicat, tăng vôi tự do
$$12\text{C}_3\text{S} + \text{K} \rightarrow \text{KC}_{23}\text{S}_{12} + 13\text{C}_{\text{td}} \quad (1)$$
$$12\text{C}_2\text{S} + \text{K} \rightarrow \text{KC}_{23}\text{S}_{12} + \text{C}_{\text{td}} \quad (2)$$
$$3\text{C}_3\text{A} + \text{N} \rightarrow \text{NC}_8\text{A}_3 + \text{C}_{\text{td}} \quad (3)$$

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclăng

Khoáng chứa kiềm

- Cứ 1% K_2O tạo ra khoảng 20% $KC_{23}S_{12}$ và làm giảm khoảng 20% ($C_3S + C_2S$)
- Cứ khoảng 1% Na_2O tạo ra khoảng 10% NC_8A_3 và làm giảm khoảng 10% C_3A
- Khi nung có mặt $CaSO_4$ các khoáng chứa kiềm bị phân huỷ
- Khoáng chứa kiềm làm xi măng đóng rắn không ổn định

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang



Khoáng khác

- $C_2S.CaSO_4, 3CA.CaSO_4$
- CS, C_3S_2
- $CAS_2, C_2AS...$
- $MA, M_2S, CMS, C_3MS_2...$
- $C_3T_2, C_3P...$
- Các ôxít tự do $CaO, MgO, Cr_2O_3...$

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang



Pha thủy tinh

- Hàm lượng 5÷10%
- Lượng và thành phần phụ thuộc tốc độ làm lạnh, thành phần hoá phối liệu
- Lượng SiO_2 chỉ chiếm khoảng 7%, còn lại là các ôxít khác: CaO , Al_2O_3 , MgO ... với các liên kết Al-O , Ca-O , Mg-O ..

Thành phần khoáng của clinke xi măng Pooclang

HỆ SỞ & MODUN ĐẶC TRƯNG

CÔNG NGHỆ XI MĂNG

Bách khoa 09.2003

Hệ số bão hoà với KH

- Công thức đầy đủ

$$KH = \frac{(C - C_{td}) - 1.65A - 0.35F - 0.7\bar{S}}{2.8(S - S_{td})}$$

- Công thức rút gọn

$$KH = \frac{C - 1.65A - 0.35F}{2.8S}$$

- Khoảng giá trị thông thường
0.85÷0.95
- Định nghĩa:

Các modun, hệ số đặc trưng

Hệ số bão hoà với LSF

- Công thức đầy đủ

$$LSF = \frac{100(C - C_{td} - 0.7\bar{S})}{2.8S + 1.18A + 0.65F}$$

- Công thức rút gọn

$$LSF = \frac{100C}{2.8S + 1.18A + 0.65F}$$

- Khoảng giá trị thông thường
90÷100
- Định nghĩa:

Các modun, hệ số đặc trưng

Modun Silicat n (MS)

- Công thức

$$n = MS = \frac{S}{A + F}$$

- Khoảng giá trị cho phép 1÷3
- Khoảng giá trị thông thường 2÷2.6
- Ý nghĩa:

$$MS \sim \frac{C_3 S + C_2 S}{C_3 A + C_4 AF}$$

Các modun, hệ số đặc trưng

Modun Alumin p (MA)

- Công thức

$$p = MA = \frac{A}{F}$$

- Khoảng giá trị cho phép 1÷3
- Khoảng giá trị thông thường 1.4÷1.7
- Ý nghĩa:

$$MA \sim \frac{C_3 A}{C_4 AF}$$

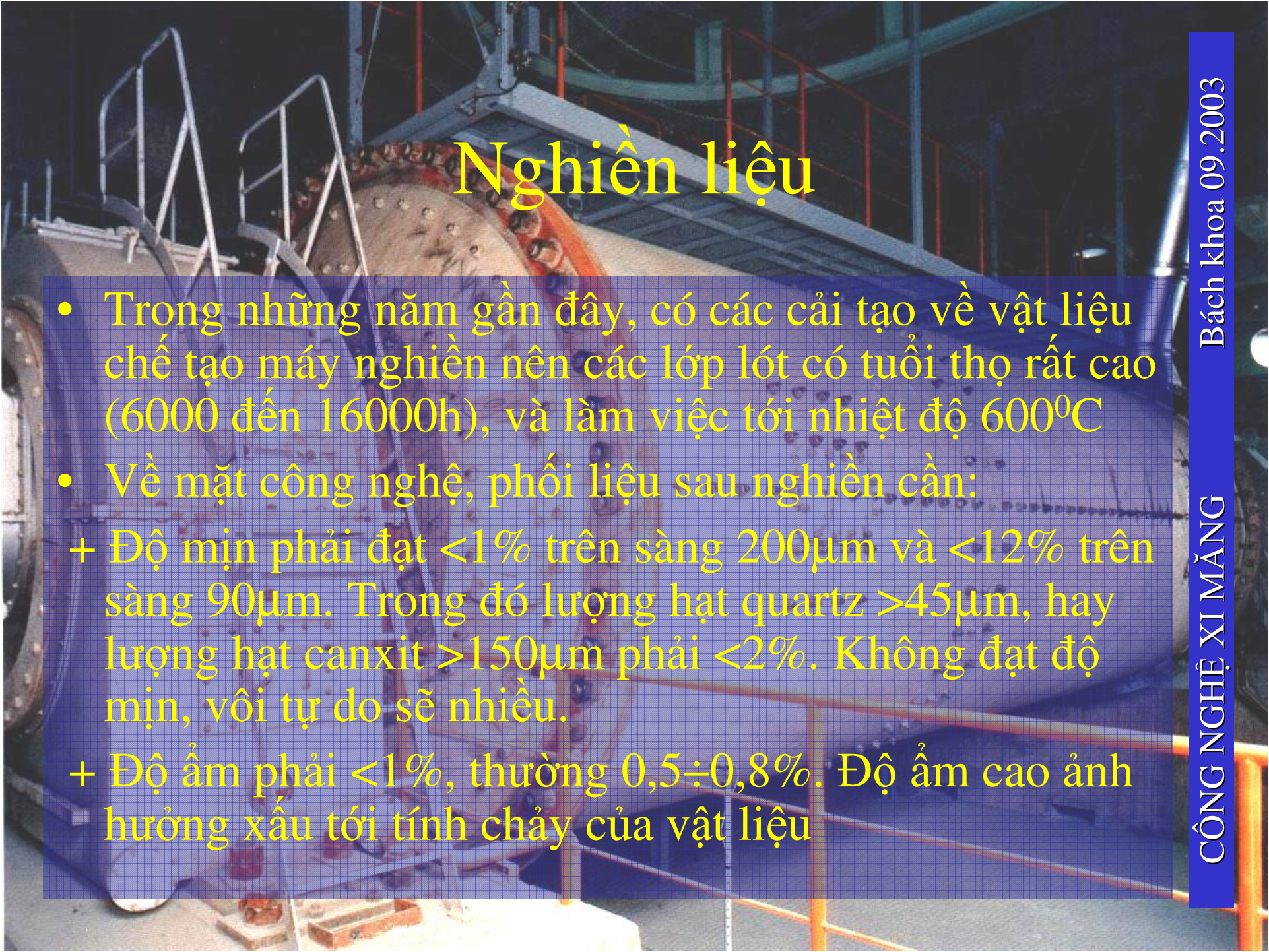
Các modun, hệ số đặc trưng

Đập nguyên liệu

- Trong những năm gần đây không có thay đổi lớn.
- Chủ yếu dùng các máy đập búa 1 hoặc 2 rôto hoặc máy đập xung.
- Khi vật liệu rất cứng thì kết hợp đập hàm với đập trục hoặc đập côn.
- Những cải tiến mới nhất cho phép kích thước và độ ẩm vật liệu vào máy đập búa và đập xung lớn hơn (độ ẩm tăng từ 10% tới 20%, khối lượng cục vật liệu cấp cho máy có thể tới 7 tấn)
- Tại các mỏ đá, giải pháp kinh tế nhất thường dùng là các máy đập di động.

Nghiền liệu

- Có nghiền chu trình kín/chu trình hở.
- Có máy nghiền bi, nghiền đứng, nghiền Horomill...
- Gần đây, hệ thống nghiền thường kèm theo máy nghiền sơ bộ, phổ biến là máy nghiền con lăn.
- Khoảng 10 năm trở lại đây, việc dùng nghiền đứng nghiền liệu trở nên phổ biến hơn do tiêu thụ năng lượng riêng thấp hơn và sấy được vật liệu có độ ẩm cao hơn so máy nghiền bi.

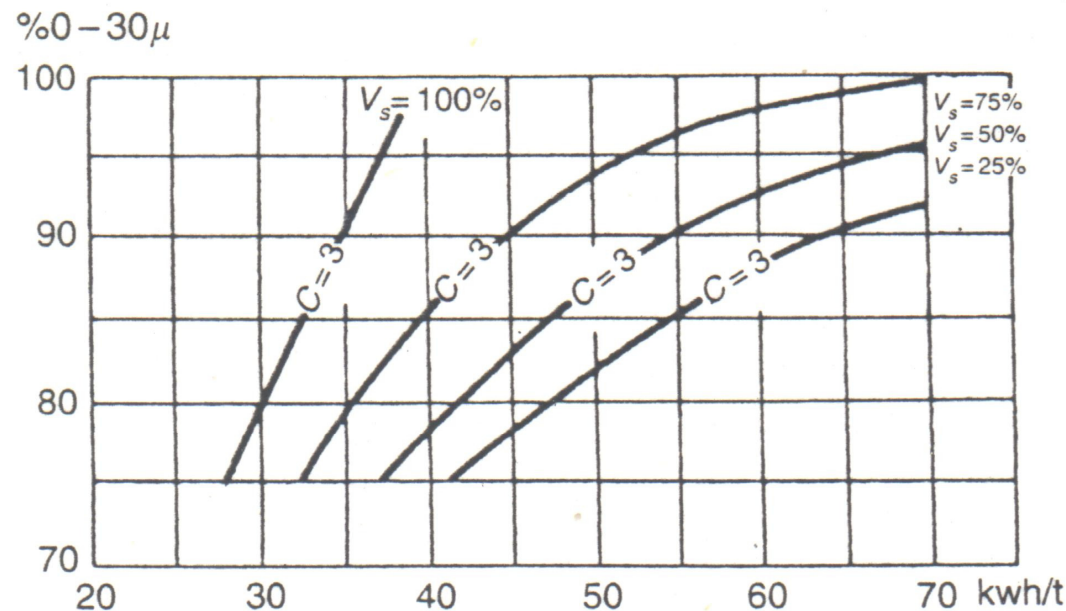


Nghiền liệu

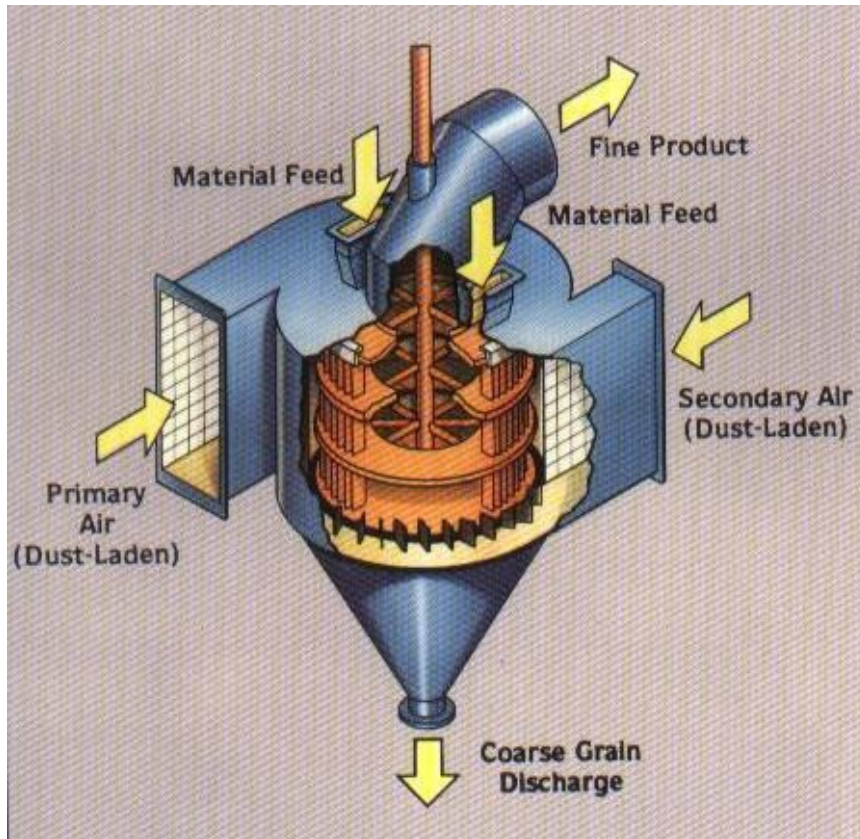
- Trong những năm gần đây, có các cải tạo về vật liệu chế tạo máy nghiền nên các lớp lót có tuổi thọ rất cao (6000 đến 16000h), và làm việc tới nhiệt độ 600°C
- Về mặt công nghệ, phối liệu sau nghiền cần:
 - + Độ mịn phải đạt $<1\%$ trên sàng $200\mu\text{m}$ và $<12\%$ trên sàng $90\mu\text{m}$. Trong đó lượng hạt quartz $>45\mu\text{m}$, hay lượng hạt canxit $>150\mu\text{m}$ phải $<2\%$. Không đạt độ mịn, vôi tự do sẽ nhiều.
 - + Độ ẩm phải $<1\%$, thường $0,5\div 0,8\%$. Độ ẩm cao ảnh hưởng xấu tới tính chảy của vật liệu

Phân ly

- Dùng phân ly ảnh hưởng đến hiệu suất và tiêu tốn năng lượng máy nghiền.
- Hiệu suất phân ly cũng ảnh hưởng tương tự.



Phân ly



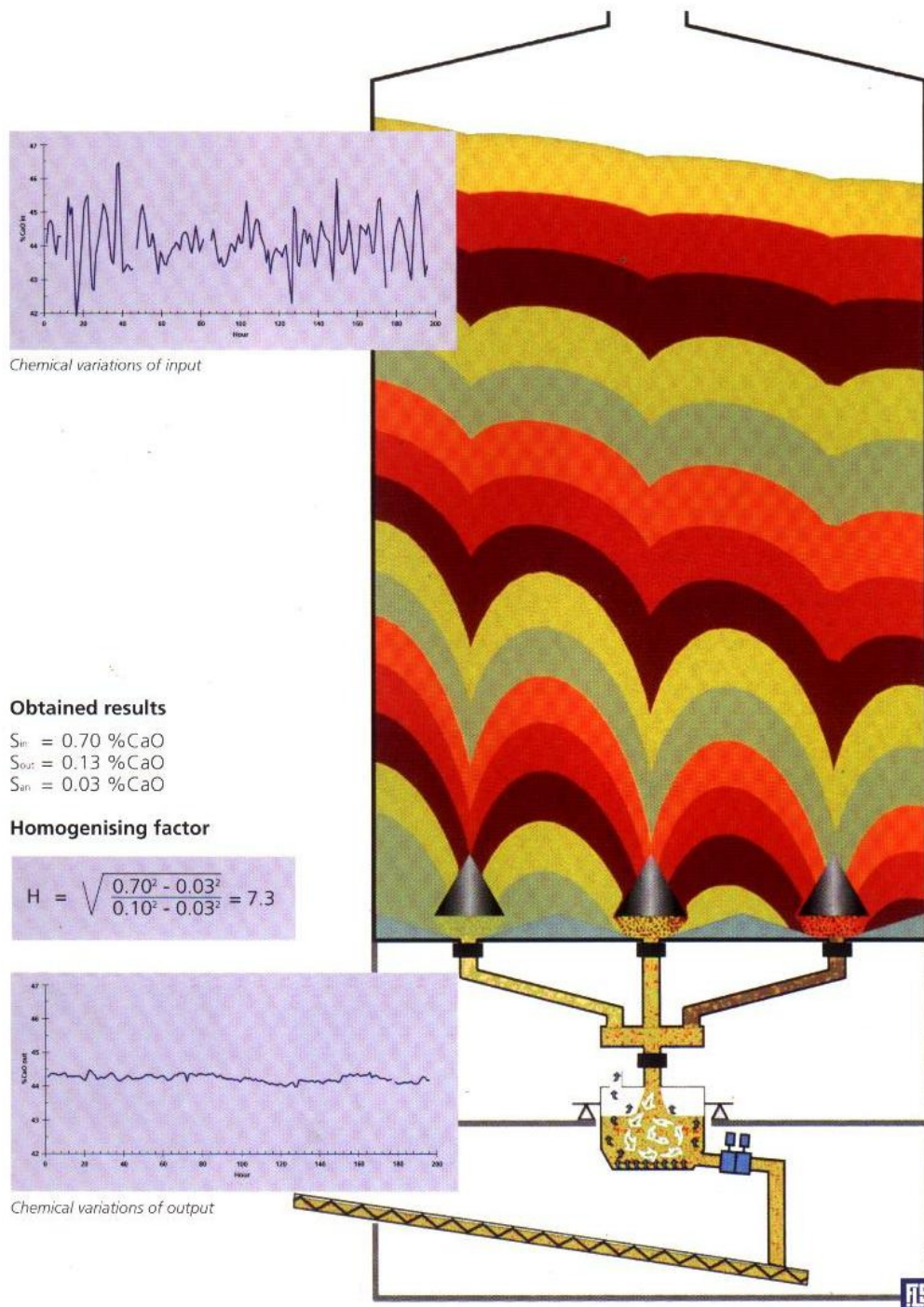
- Khả năng phân ly thể hiện trên đường cong Tromp.
- Các phân ly đời mới cho phép tăng năng suất khoảng 30÷32% và giảm năng lượng tiêu thụ khoảng 20÷30%.

Đồng nhất sơ bộ

- Đồng nhất rất quan trọng vì liệu cấp cho lò phải rất ổn định về thành phần hoá.
- Để vận hành lò ổn định cần dao động của $LSF < 1$.
- Đồng nhất sơ bộ rất hiệu quả khi liệu kém ổn định; tuy nhiên giá đầu tư tăng khoảng 10% tổng giá.
- Có nhiều phương pháp đồng nhất sơ bộ. Nếu đồng nhất tốt hệ số đồng nhất có thể lên tới 10.
- Để tăng hiệu quả đồng nhất sơ bộ hơn, sử dụng thiết bị phân tích liên tục PGNAA (Thiết bị phân tích kích hoạt gamma bằng phóng xạ neutron).

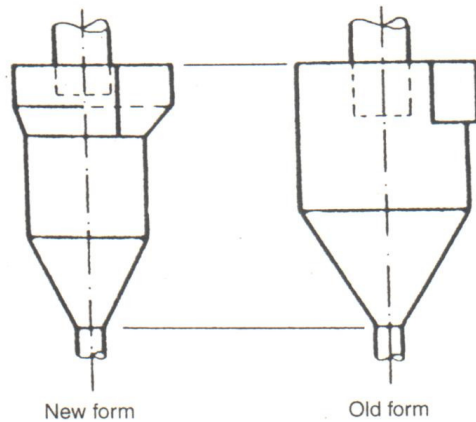
Thiết bị PGNAACB Omni Của Thermo Fisher





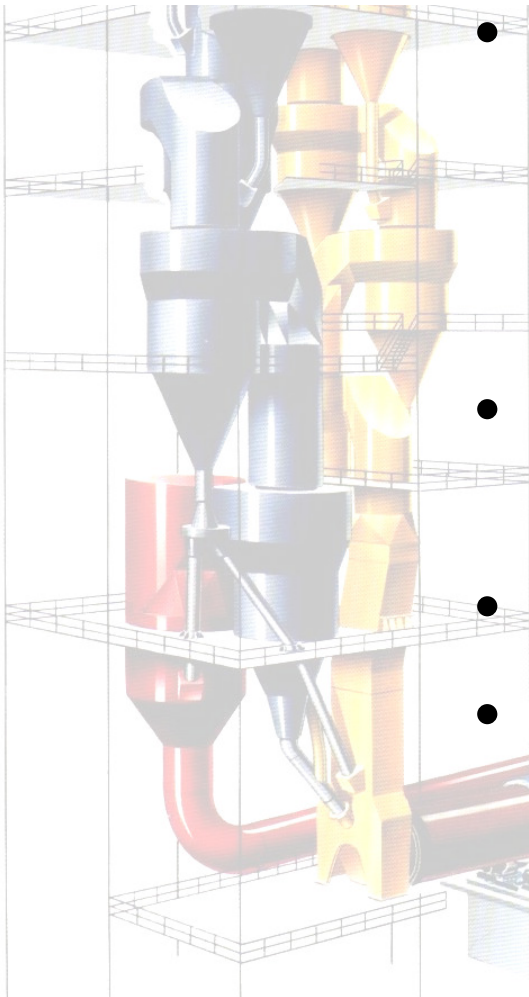
Đồng nhất tinh

- Có nhiều phương pháp.
- Đồng nhất liên tục bằng khí nén, dòng điều khiển được là phương pháp thông dụng nhất hiện nay.
- Hệ số đồng nhất của các silô đồng nhất mới khoảng 7 đến 10.



Nung clinke

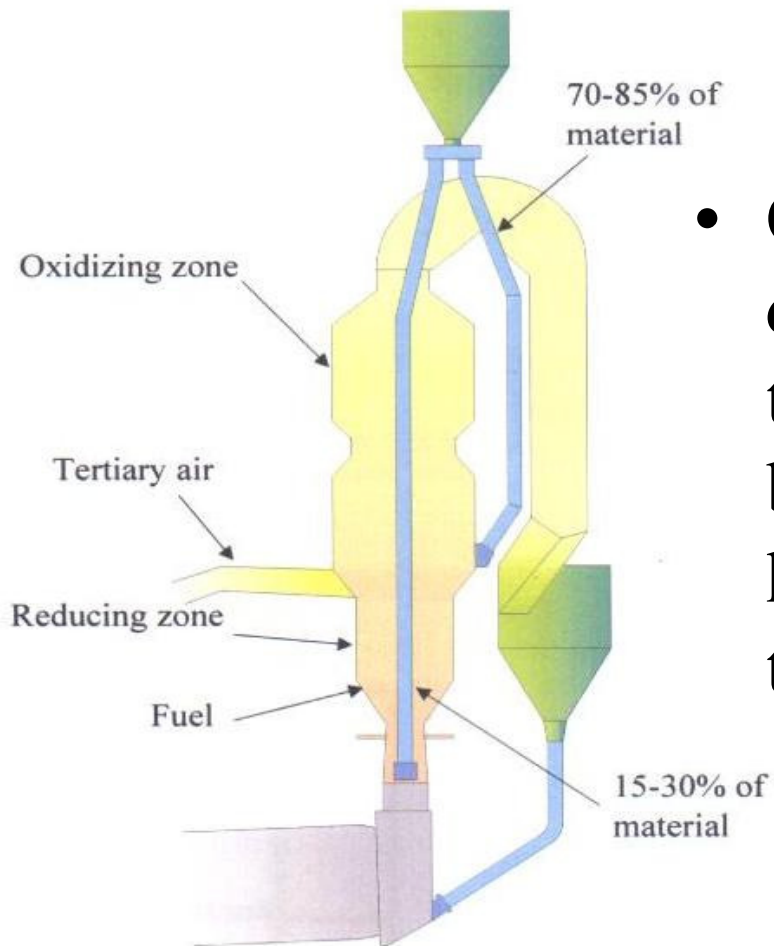
- Phương pháp khô chiếm ưu thế do tiêu tốn nhiệt riêng nhỏ (khoảng 720 kCal/kgCL) so phương pháp ướt (>1350 kCal/kgCL).
- Số tầng trao đổi nhiệt phụ thuộc độ ẩm nguyên liệu.
- Tỷ lệ L/D giảm. Lò mới chỉ còn 2 bộ đỡ
- Đã có cải tiến về cấu trúc các cyclon trao đổi nhiệt, cho phép giảm sụt áp.



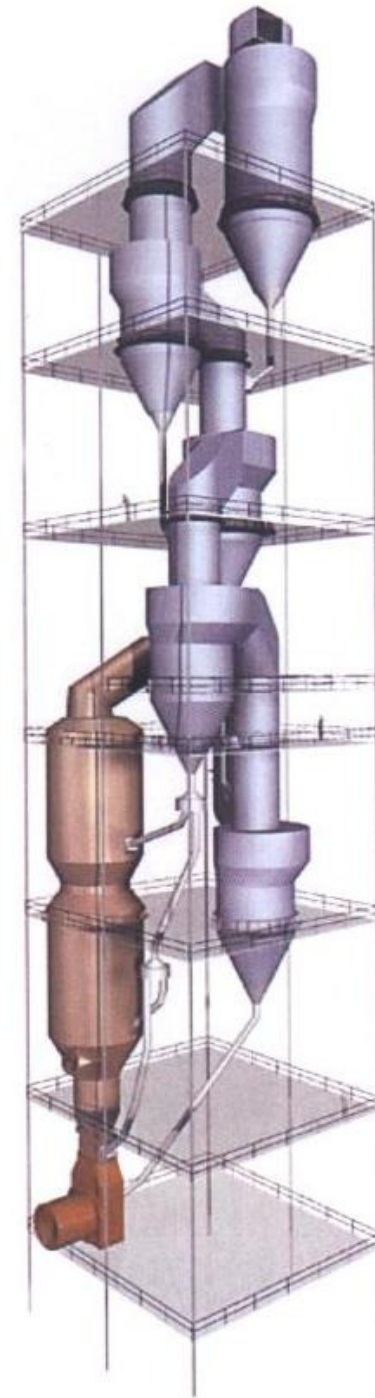
Nung clinke

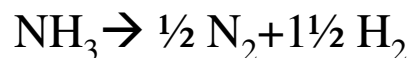
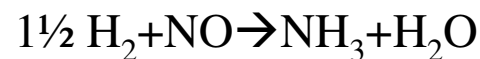
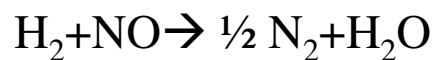
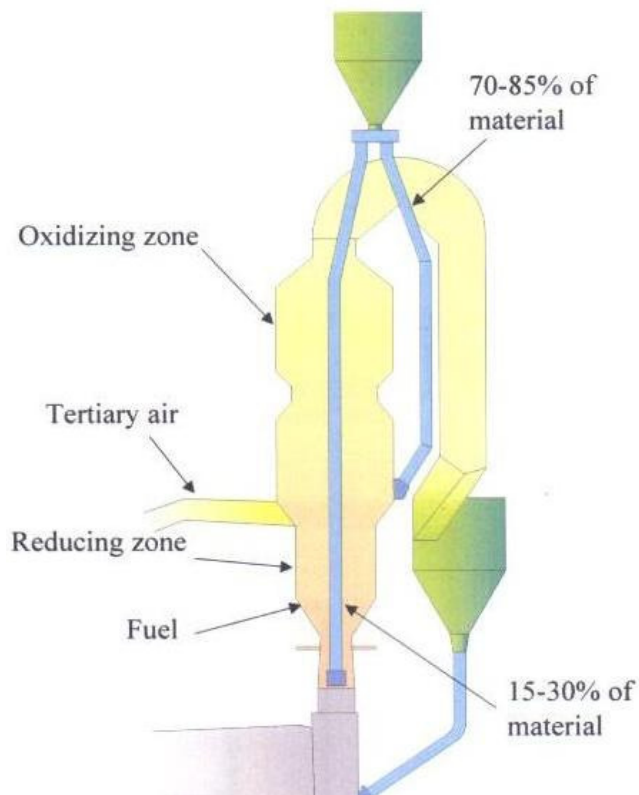
- Sự ra đời của canxino giúp năng suất lò tăng khoảng 2,5 lần.
- Công nghệ canxino có hai dạng, một dạng có dùng gió 3 và một dạng lấy gió qua lò.
- Mức độ canxi hoá trong canxino không lớn hơn 90÷95%, để tránh quá nhiệt và tổn thất nhiệt lớn tại canxino.

Nung clinke

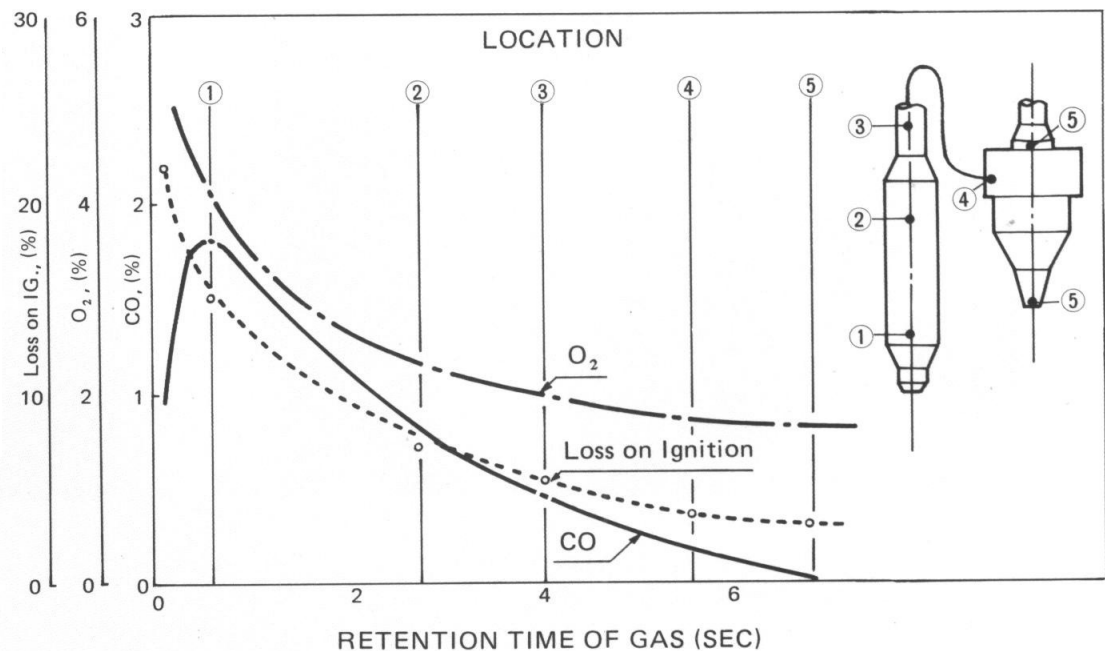


- Cấu trúc canxino đã có những cải tiến đáng kể, đặc biệt về mặt giới hạn ô nhiễm môi trường.





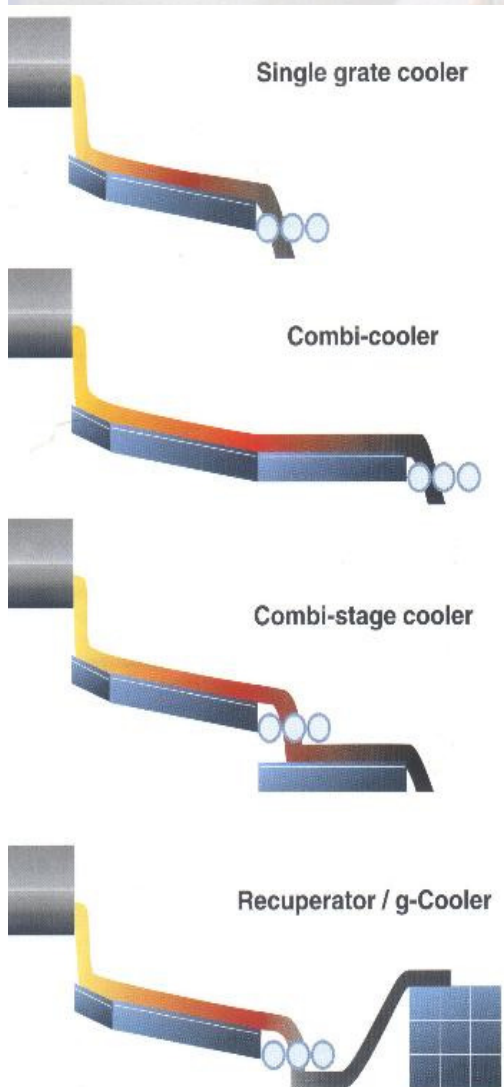
Nung clinke



- Cho phép giảm 70% NO_x từ lò ra.
- Giảm CO sau canxino chỉ còn $100 \div 200 \text{ ppm}$ khi CO ra khỏi khí lò là 3%

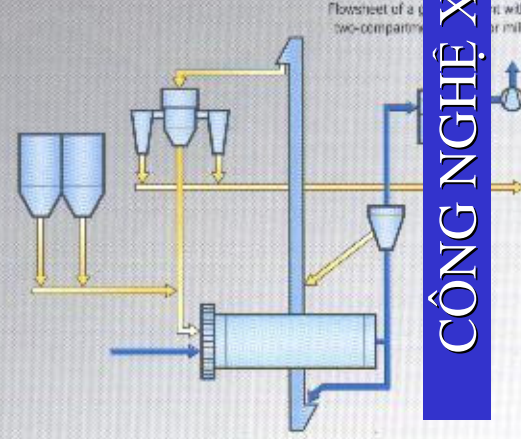
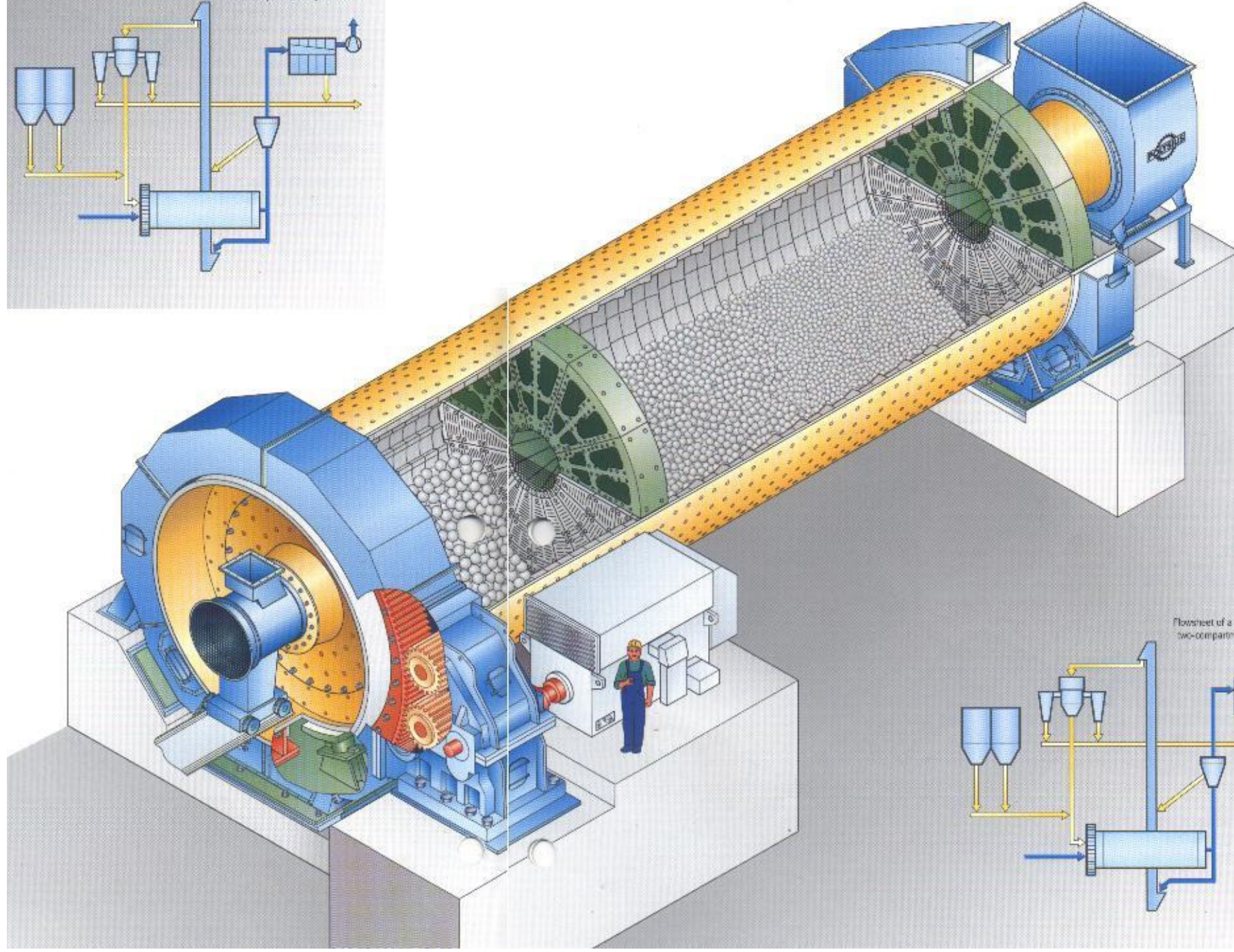
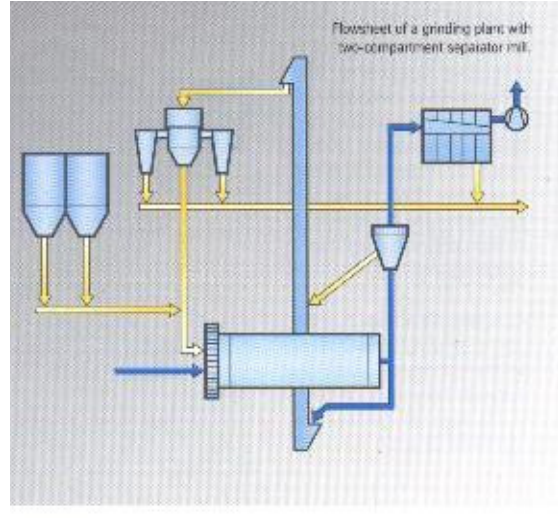
Làm lạnh

- Làm lạnh ảnh hưởng lớn tới tiêu tốn nhiệt của lò và chất lượng xi măng.
- Quá trình làm lạnh diễn ra trong máy làm lạnh.
- Có 3 dạng máy làm lạnh
 - + Kiểu quay
 - + Kiểu hành tinh
 - + Kiểu ghi
- Kiểu quay và hành tinh, lượng gió làm mát clinke chỉ đạt $0,85 \div 0,95 \text{ Nm}^3/\text{kgCL}$ nên nhiệt độ clinke ra cao ($>150^\circ\text{C}$).



Bách khoa 09.2003

CÔNG NGHỆ XI MĂNG

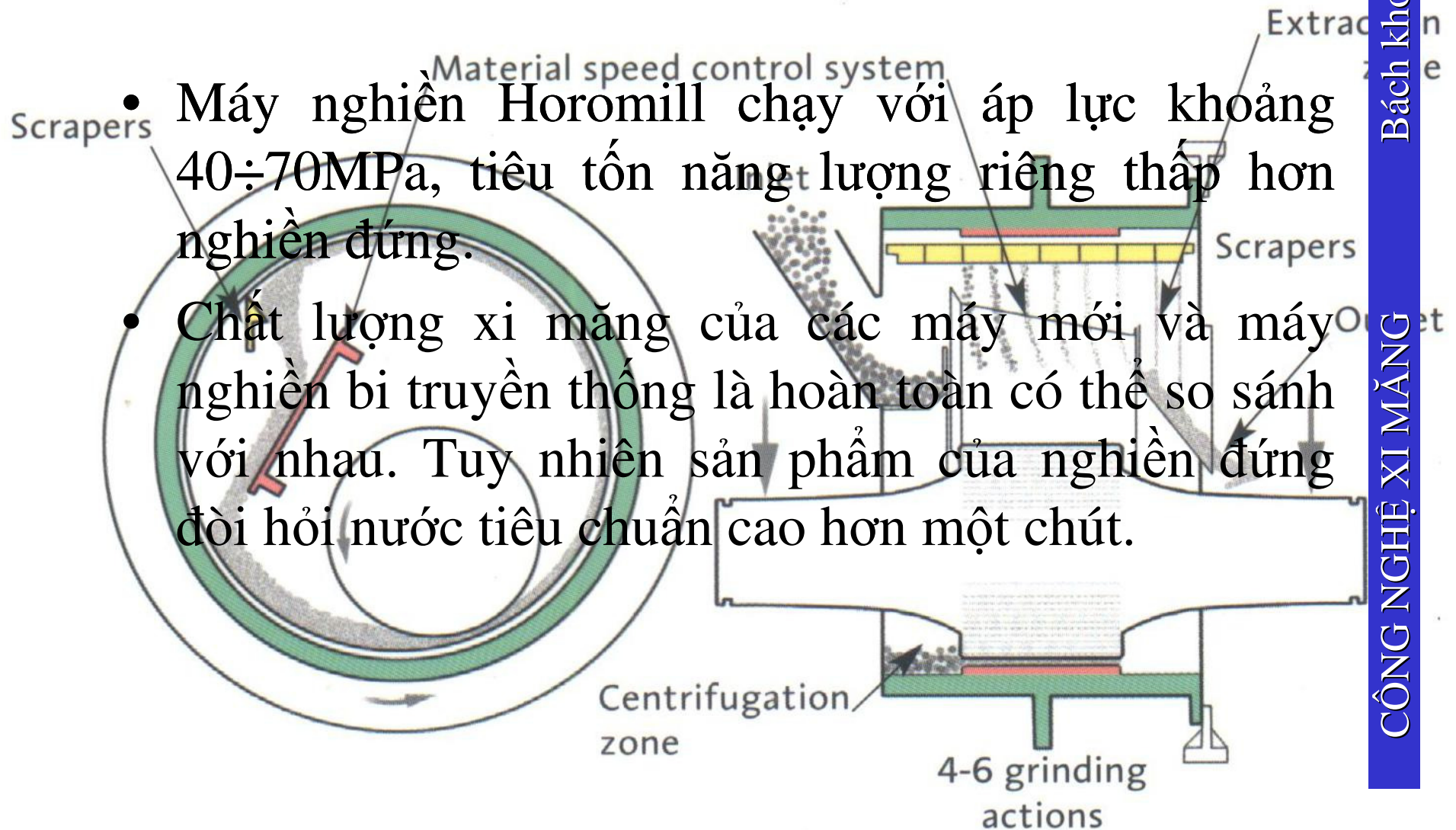


Nghiền xi măng

- Nghiền bi hiệu suất thấp, phần lớn năng lượng chuyển thành nhiệt năng nên gần đây phát triển công nghệ sử dụng nghiền đứng để nghiền xi măng, cả nghiền bán hoàn tất lẫn nghiền hoàn tất.
- Hệ nghiền bán hoàn tất kết hợp nghiền đứng và nghiền bi cho phép tăng năng suất nghiền 30÷60%, tiết kiệm năng lượng 15÷25%.
- Tuy nhiên áp lực nghiền của nghiền đứng còn khá cao (max 350MPa), vật liệu lót đáy tiền nên gần đây bắt đầu phát triển thế hệ máy nghiền mới.

Nghiền xi măng

- Máy nghiền Horomill chạy với áp lực khoảng 40÷70MPa, tiêu tốn năng lượng riêng thấp hơn nghiền đứng.
- Chất lượng xi măng của các máy mới và máy nghiền bi truyền thống là hoàn toàn có thể so sánh với nhau. Tuy nhiên sản phẩm của nghiền đứng đòi hỏi nước tiêu chuẩn cao hơn một chút.



Tự động hoá

- Quá trình công nghệ và các thiết bị cơ khí để sản xuất xi măng đã trở thành một hệ thống đồng bộ.
- Chất lượng, tính đa dạng sản phẩm, bảo vệ môi trường, các nhiên liệu thay thế và quản lý năng lượng là những vấn đề đòi hỏi sự quan tâm hơn nữa của người quản lý nhà máy. Đây là lý do chính để đưa máy tính vào hỗ trợ điều khiển quá trình và quản lý hệ thống thông tin.

Tự động hoá

- Tự động hoá trong nhà máy xi măng đã có bước tiến dài, từ chỗ tự động hoá từng phần tiến đến tự động hoá toàn bộ dây chuyền công nghệ.