

QUÁ TRÌNH & THIẾT BỊ SILICAT 1

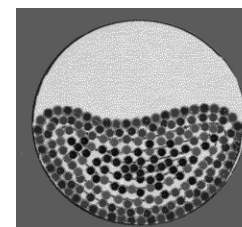
Bộ môn Vật liệu Silicat
Khoa Công Nghệ Vật Liệu
Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-1

CHƯƠNG 7

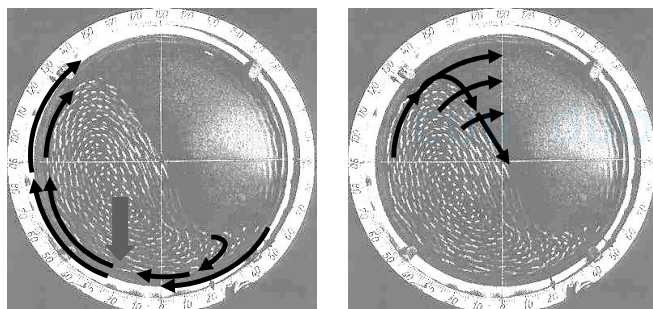
THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ



THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-2

ĐẠI CƯƠNG VÀ PHÂN LOẠI



THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-3

ĐẠI CƯƠNG VÀ PHÂN LOẠI

- ❖ Trong công nghiệp silicate, máy nghiền bi có vai trò rất quan trọng được dùng để nghiền mịn hoặc rất mịn nguyên liệu.
- ❖ Máy có thùng quay hình trụ hoặc hình nón bằng thép.
- ❖ Bề mặt trong của thùng có các tấm lót bằng vật liệu cứng có độ chịu mài mòn cao.
- ❖ Trong thùng, chứa vật liệu nghiền và bi đạn.
- ❖ Khi thùng quay tròn, bi đạn chịu lực ly tâm nên được nâng lên đến một độ cao nào đó rồi rơi xuống.
- ❖ Khi bi đạn rơi, nhờ động năng của bi đạn nên vật liệu được đập nhỏ.
- ❖ Ngoài ra, vật liệu còn bị chà xát giữa bi đạn và tấm lót ở bề mặt trong thùng quay nên vật liệu được mài nhỏ.
- ❖ Như vậy, nguyên tắc tác dụng lực của máy nghiền bi là vật liệu bị đập và mài.

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-4

ĐẠI CƯƠNG VÀ PHÂN LOẠI

❖ Ưu điểm

- Cấu tạo đơn giản, sử dụng dễ dàng.
- Có thể nghiền khô hoặc nghiền ướt
- Có thể sấy được vật liệu
- Sản phẩm nghiền có độ mịn cao

❖ Khuyết điểm

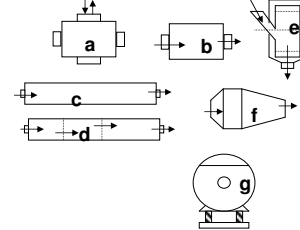
- Tiêu tốn năng lượng lớn và momen mở máy lớn.
- Không làm việc với vật liệu ẩm, dẻo.
- Khi làm việc thường rất ồn.
- Tốc độ chuyển động của bi đạn nhỏ, làm giới hạn số vòng quay của thùng.
- Thể tích sử dụng thùng nghiền nhỏ, khoảng từ 30-50%.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-5

ĐẠI CƯƠNG VÀ PHÂN LOẠI

❖ Phân loại theo:



- ❖ Nguyên tắc làm việc: máy nghiền bi gián đoạn (a), máy nghiền bi liên tục (b,c,d, e, f).

- ❖ Đặc tính làm việc: chu trình kín, hở.
- ❖ Phương pháp nghiền: khô, ướt
- ❖ Hình dạng thùng quay : hình trụ (a, b), hình ống (c, d), hình nón(f).
- ❖ Hình dạng bi : bi cầu, bi trụ, bi thanh
- ❖ Cách tháo sản phẩm : bằng cơ học, bằng khí nén.
- ❖ Cơ cấu nạp liệu: qua trục rỗng (b, c, d, e, f), qua thành (a, g)

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-6

ĐẠI CƯƠNG VÀ PHÂN LOẠI

❖ Chuyển động của bi:

- ❖ bi quay (a, b, c, d, e, f),
- ❖ bi rung (g)

❖ Cơ cấu truyền động:

- ❖ bên cạnh
- ❖ chính tâm.

❖ Chuyển động hình trụ thân máy:

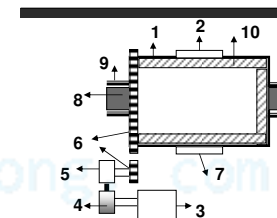
- ❖ trụ quay,
- ❖ trụ chấn động,
- ❖ trụ ly tâm.

- ❖ Cách tháo liệu: qua cổ trục (b, c, d, f), qua lưới ghi (e), qua thân máy (a).

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-7

CẤU TẠO (Máy nghiền bi gián đoạn)



- | | |
|----------------|-------------|
| 1-Vỏ máy | 6-Bánh răng |
| 2-Nắp máy | 7-Đối trọng |
| 3-Động cơ | 8-Trục |
| 4-Hộp giảm tốc | 9-Ổ trục |
| 5-Khớp ma sát | 10-Tấm lót |



THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-8

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi gián đoạn)

- ❖ Có cấu tạo đơn giản: gồm một vỏ thùng quay hình trụ bằng thép, dày 12–15mm, các chỗ nối có thể hàn hoặc tán rivê.
- ❖ Tỷ lệ chiều dài thùng L với đường kính D thường nhỏ hơn 2.
- ❖ Thùng quay tròn nhờ trục 8 gối vào hai ổ đỡ 9.
- ❖ Sự chuyển động của máy do động cơ 3 truyền chuyển động qua hộp giảm tốc 4, khớp ma sát 5 và cặp bánh răng 6 đảm bảo cho máy chạy êm và động cơ không bị quá tải trong thời gian nghiền.
- ❖ Vật liệu được nạp vào và tháo ra qua cửa 2.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-9

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi gián đoạn)

- ❖ Đối trọng 7 giữ cân bằng quán tính khi máy làm việc.
- ❖ Bên trong thùng có các tấm lót 10 chống mài mòn.
- ❖ Máy nghiền bi gián đoạn làm việc theo phương pháp nghiền ướt với lượng nước cho vào sao cho vừa đủ để tháo sản phẩm ra nhanh.
- ❖ Không dùng loại này nghiền khô vì tháo liệu khó khăn và bụi.
- ❖ Lượng nguyên liệu nạp vào máy giao động từ 0,4 – 0,5 tấn/m³ dung tích máy, khối lượng bi sứ thường bằng khối lượng nguyên liệu.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-10

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi gián đoạn)

- ❖ Khi dùng trong công nghiệp gốm sứ, thì bi đạn và tấm lót phải bằng sứ, gốm hoặc vật liệu phi kim loại.
- ❖ Để nghiền gốm sứ đặc biệt thì bi đạn và tấm lót phải có thành phần gần giống với nguyên liệu nạp máy.
- ❖ Tấm lót, bi đạn bằng gốm đặc biệt có độ mài mòn nhỏ (2 kg /tấn sản phẩm nghiền), nếu bằng sứ, đá cuội sẽ có độ mài mòn cao (12 kg/tấn sản phẩm nghiền).
- ❖ Năng suất máy nghiền bi gián đoạn phụ thuộc vào chu kỳ làm việc gồm: *thời gian nạp liệu, nghiền và tháo liệu.*

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-11

CẤU TẠO

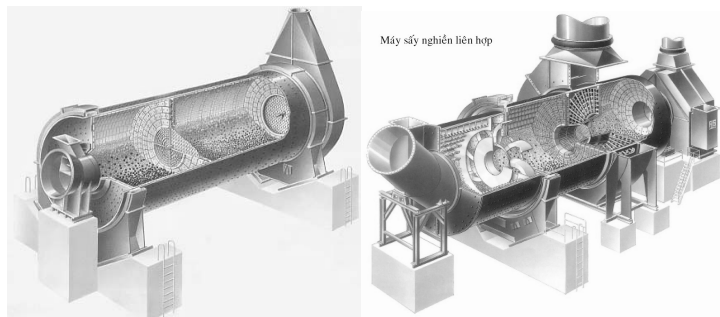
(Máy nghiền bi gián đoạn)

- ❖ Thời gian nghiền phụ thuộc vào: kích thước vật liệu nạp, độ mịn sản phẩm, khả năng đập nghiền, phương pháp nghiền.
- ❖ Máy có ưu điểm cấu tạo đơn giản, nhưng có khuyết điểm: Tiêu tốn năng lượng lớn vì ở cuối giai đoạn nghiền mặc dù còn rất ít hạt chưa đạt yêu cầu nhưng vẫn phải tiếp tục nghiền tất cả nguyên liệu trong máy.
- ❖ Để tăng năng suất đập nghiền, tăng độ mịn có thể sử dụng máy nghiền bi liên tục hình ống nhiều ngăn.
- ❖ Máy có kích thước lớn, đường kính D=2,5m, chiều dài L=9–18m.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-12

CẤU TẠO (Máy nghiền bi liên tục)



THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-13

CẤU TẠO (Máy nghiền bi liên tục)

- ❖ Nhờ việc phân chia máy nghiền thành nhiều ngăn, nên đã phân chia quá trình quá trình nghiền ra nhiều giai đoạn bằng các ngăn, kích thước và hình dạng bi đạn trong các ngăn cũng khác nhau.
- ❖ Tiêu hao năng lượng nghiền sẽ giảm, cỡ hạt sản phẩm đồng nhất, năng suất cao.
- ❖ Máy có thể làm việc bằng phương pháp ướt hoặc khô, chu trình kín hoặc hở.
- ❖ So với máy nghiền bi một ngăn, máy nghiền bi nhiều ngăn có cùng kích thước sẽ cho năng suất cao, sản phẩm đồng nhất. Đặc biệt với máy nhiều ngăn làm việc theo chu trình kín có kèm theo thiết bị phân loại kích thước sản phẩm.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-14

CẤU TẠO (Máy nghiền bi liên tục)

- ❖ Máy có tỉ lệ chiều dài với đường kính $L/D = 2-5$. Thân thùng hình trụ được chia thành từng ngăn.



Máy nghiền bi nghiền ướt



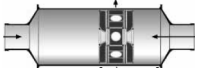
Máy nghiền bi nghiền ướt



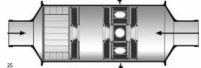
Máy nghiền bi nghiền khô 2 ngăn



Máy nghiền bi nghiền khô 3 ngăn



Máy nghiền bi sấy nghiền 2 ngăn



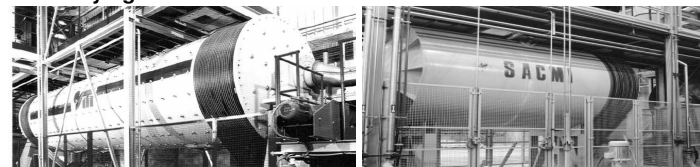
Máy nghiền bi sấy nghiền 3 ngăn

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-15

PHÂN LOẠI MÁY NGHIỀN BI LIÊN TỤC

- ❖ Theo phương pháp nghiền: nghiền khô, nghiền ướt.
- ❖ Theo số lượng ngăn: 1, 2, 3 ngăn
- ❖ Theo cách nạp và tháo liệu: qua thân, qua cổ trực.
- ❖ Theo chu trình làm việc: kín hay hở.
- ❖ Theo chế độ làm việc: nghiền, hoặc sấy nghiền liên hợp.
- ❖ Máy nghiền ướt
- ❖ Máy nghiền khô



THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-16

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi liên tục)

- ❖ Trong máy nghiền bi liên tục nhiều ngăn, được ngăn cách nhau bằng các tấm ngăn.
- ❖ Mỗi ngăn chứa vật liệu nghiền có kích thước khác nhau. Ngăn đầu kích thước vật liệu nạp lớn, càng về cuối máy kích thước vật liệu càng nhỏ.
- ❖ Chiều dài các ngăn cũng khác nhau: ngăn đầu cần lực đập: chiều dài ngắn nhỏ, dùng bi cầu.
- ❖ Các ngăn cuối chiều dài tăng dần, cần lực mài nên dùng bi trụ.
- ❖ Mỗi ngăn có bố trí cửa để bổ sung bi hoặc tiện sửa chữa.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-17

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi liên tục)

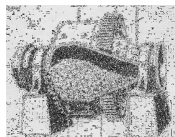
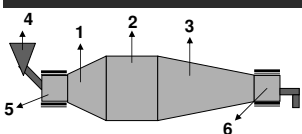
- ❖ Hệ số đổ đầy với mỗi ngăn cũng khác nhau, ngăn đầu không quá 0,3. Các ngăn sau không quá 0,35. Theo kinh nghiệm hệ số này từ 0,23–0,28.
- ❖ Trong quá trình nghiền, nhiệt tỏa ra rất lớn, làm bốc hơi nước của vật liệu, giảm năng suất.
- ❖ Máy nghiền bi hình ống nhiều ngăn có ưu điểm:
 - Vật liệu đến ngăn cuối cùng đã nhỏ nên lực đập không còn ý nghĩa, mà cần ma sát mài mòn, việc chia nhỏ như thế đã tăng bề mặt ma sát, mài mòn vật liệu.
 - Vật liệu đến ngăn cuối cùng có nhiệt độ cao nhất, việc phân chia ngăn làm giảm nhiệt độ máy nghiền.
 - Giảm momen cản khi máy làm việc.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-18

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi hình nón)



- | | |
|------------|---------------------|
| 1-Đầu máy | 4-Nạp liệu |
| 2-Thân máy | 5-Cổ trục nạp liệu |
| 3-Cuối máy | 6-Cổ trục tháo liệu |

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-19

- ❖ Khi máy làm việc, bi đạn lớn được phân bố tự nhiên ở đầu máy.
- ❖ Bi đạn nhỏ tự động dồn về phần hình nón cuối máy.

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi hình nón)

- ❖ Được dùng nghiền khô hay ướt các vật liệu gãy trong công nghiệp silicat, có cấu tạo như sau:
- ❖ Đầu máy 1 có dạng hình nón, góc đỉnh 120° , thân máy hình trụ 2 ở giữa có chiều dài $L=(0,25-0,8)D$. Phần hình nón cuối máy 3 có góc đỉnh 60° .
- ❖ Vật liệu được nạp từ phễu 4 vào cổ trục 5 ở đầu máy.
- ❖ Sản phẩm nghiền mịn được tháo ra ở cổ trục tháo liệu 6 cuối máy.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-20

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi hình nón)

- ❖ Sự phân bố bi đạn này là do sự phân bố lực ly tâm quán tính theo chiều dài máy.
- ❖ Ta có:
$$P_{lt} = \frac{mv^2}{R} = \frac{G\pi^2 R^2 n^2}{900 \text{ gR}} = \frac{GRn^2}{900}$$
- ❖ Trọng lượng bi đạn G và bán kính trong máy R càng lớn thì lực ly tâm càng lớn.
- ❖ Sự phân loại tự nhiên bi đạn lại tương ứng với sự phân loại kích thước bi đạn và chiều cao nâng bi đạn để đập nghiền.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-21

CẤU TẠO

(Máy nghiền bi hình nón)

- ❖ Năng lượng đập ở đầu máy lớn hơn ở cuối máy khoảng 20 lần.
- ❖ Ở cuối máy vật liệu có kích thước nhỏ không cần chiều cao nâng bi đạn lớn mà cần bề mặt làm việc bi đạn lớn để mài xiết vật liệu. Vì vậy ở cuối máy, bề mặt làm việc của bi đạn tăng gấp 4 lần so ở đầu máy.
- ❖ Do cấu tạo của máy, nên theo chiều dài máy:
 - Vận tốc dài bi đạn theo chiều dài máy giảm dần.
 - Động năng giảm dần
 - Lực đập giảm
 - Năng lượng nghiền tiêu tốn giảm
 - Cỡ hạt sản phẩm giảm.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-22

CẤU TẠO

(Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Vỏ máy: chế tạo bằng thép tấm có chiều dày $a = (0,01 - 0,015)D$.
- ❖ Vỏ máy có thể hàn hoặc tán đinh ri-vê.
- ❖ Nếu hàn sẽ giảm được trọng lượng vỏ máy, dễ bắt các tấm lót, nhưng dễ xuất hiện ứng suất tại các vết nứt, mối hàn.

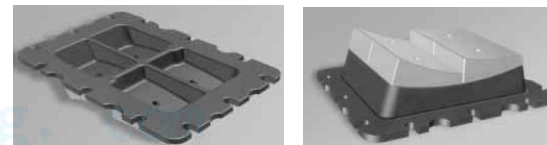
THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-23

CẤU TẠO

(Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Cửa bên vỏ máy (nắp máy):



- Dùng để nạp và tháo liệu, bi đạn, tấm lót và để ra vào sửa chữa. Theo chiều dài máy mỗi ngăn cần bố trí một cửa.
- Để đảm bảo an toàn khi máy làm việc, trên vỏ máy, phía đối xứng với cửa cần có lắp đối trọng.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-24

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

❖ Tấm lót:

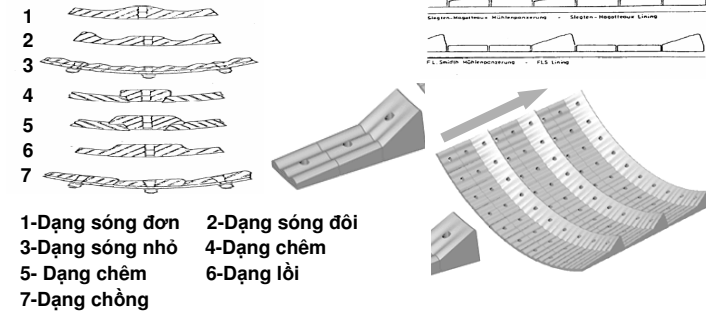
- Để tăng khả năng đập nghiền và bảo vệ bề mặt trong vỏ máy. Bên trong vỏ máy có các tấm lót bằng đá, hay kim loại.
- Với tấm lót bằng đá, gồm được gắn vào máy bằng vữa xi măng có cường độ cao, đóng rắn nhanh, mạch vữa nhỏ.
- Với tấm lót kim loại được chế tạo bằng thép hay gang có độ chịu mài mòn cao.
- Với máy nghiền gián đoạn bề mặt tấm lót chỉ có cấu tạo một dạng.

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-25

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

❖ Các dạng tấm lót :



THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-26

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Ngăn đầu tiên: cần lực đập, có thể bố trí dạng bậc thang, hoặc dạng có gờ lớn để nâng cao bi đạn, tăng lực đập và năng suất máy.



- ❖ Các ngăn cuối: dùng tấm lót phẳng hay có gờ nhỏ, sóng nhỏ tạo điều kiện cho quá trình mài xiết.

Dạng gờ nhỏ

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-27

❖ Bi đạn:



CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Có thể bằng thép, bằng vật liệu gốm có khối lượng riêng lớn, độ chịu mài mòn cao.
- ❖ Bi đạn có thể hình cầu, trụ, ellip, lập phương...
- ❖ Sự đa dạng về hình dạng, khối lượng riêng bi nghiền nhằm mục đích đạt hiệu quả nghiền cao nhất, tiêu hao năng lượng ít nhất.
- ❖ Bi nghiền cần có kích thước, trọng lượng không lớn quá mức cần thiết, để khi rơi tự do có thể đập vật liệu nghiền mà không hư hại tấm lót.

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-28

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Khi nạp bi vào máy, thường dùng 3 cỡ bi:
 - 45 – 50% bi có đường kính nhỏ: 20 – 30 mm
 - 25 – 30% bi có đường kính trung bình: 40 – 50 mm
 - 20 – 25% bi có đường kính lớn: 50 – 60 mm
- ❖ Sau một thời gian làm việc, năng suất sẽ giảm, độ mịn sản phẩm giảm do bi đạn bị mòn.
- ❖ Vì thế, sau một thời gian nhất định phải bổ sung thêm bi đạn hoặc thay thế hoàn toàn bi đạn mới.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-29

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Khối lượng riêng bi đạn là một thông số quan trọng, có thể phân thành các nhóm:
 - Bi đạn có khối lượng riêng thấp $\rho = 2,4 - 2,6 \text{ g/cm}^3$.
 - Bi đạn có khối lượng riêng tb $\rho = 2,6 - 2,8 \text{ g/cm}^3$.
 - Bi đạn có khối lượng riêng cao $\rho = 3,4 - 3,6 \text{ g/cm}^3$.
 - Bi thép có khối lượng riêng $\rho = 7,5 \text{ g/cm}^3$.
- ❖ Khi nghiền ướt, hiệu số $\rho_{bi} - \rho_{VL}$ càng lớn thì vật liệu nghiền càng tốt và thời gian nghiền giảm.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-30

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

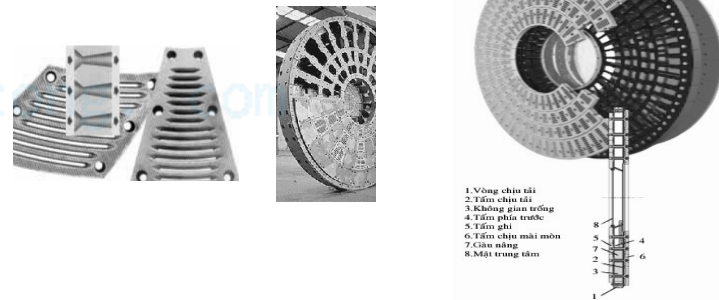
| Đường kính bi (mm) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|---|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Diện tích bề mặt (cm ² /viên) | 12,56 | 28,27 | 50,26 | 78,54 | 113,1 | 154 |
| Thể tích (cm ³) | 4,19 | 14,1 | 33,5 | 65,25 | 113 | 180 |
| Số lượng (viên/m ³) | 143.100 | 42.570 | 17.910 | 9.193 | 5.130 | 3.330 |
| Diện tích bề mặt m ² /m ³ | 179,73 | 120,34 | 90,01 | 72,2 | 60,5 | 51,33 |

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-31

CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Tấm ngăn:



THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-32

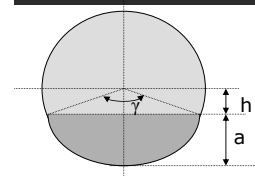
CẤU TẠO (Một số chi tiết cơ bản)

- ❖ Tấm ngăn (ghi): chia chiều dài thùng nghiền thành nhiều ngăn, nhằm mục đích ngăn cản sự chuyển động của bi đạn, chỉ cho vật liệu nghiền đi qua.
- ❖ Tấm ngăn được chế tạo làm nhiều khe, răng có dạng hình nan quạt hoặc cung đồng tâm ghép lại.
- ❖ Diện tích tối đa các khe chiếm 10 – 15% diện tích tấm ngăn
- ❖ Theo chiều dài máy, từ đầu nạp liệu đến đầu tháo liệu có diện tích tự do của khe giảm, kích thước khe giảm
- ❖ Để tránh vật liệu bị kẹt khi qua khe: kích thước lỗ vào nhỏ hơn kích thước lỗ ra.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-33

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Hệ số đổ đầy)



$$\varepsilon = \frac{F}{\pi R^2} \quad \varepsilon = \frac{G_{bi}}{\pi R^2 L \mu \rho}$$

L: chiều dài máy
ρ: khối lượng riêng bi đạn
μ: hệ số rỗng bi đạn
R: bán kính trong máy.
a = kD

- ❖ Hệ số đổ đầy bi đạn ε có thể biểu diễn bằng 2 cách:
 - Là tỉ số giữa tiết diện bi đạn chiếm chỗ F trong máy với tiết diện của máy.
 - Là tỉ số giữa khối lượng bi đạn G_{bi} làm việc trong máy với khối lượng bi chiếm đầy máy.
- ✓ Bi thép: $\mu=0,55$ và $\rho=7,85 \text{ t/m}^3$.
- ✓ Bi sứ: $\mu=0,575$ và $\rho=2,6 \text{ t/m}^3$.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-34

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Hệ số đổ đầy)

- ❖ Trong thực tế thường dùng hệ số đổ đầy như sau:
 - Bi cầu thép : $\varepsilon = 0,25 - 0,33$
 - Bi trụ thép : $\varepsilon = 0,25 - 0,30$
 - Bi sứ : $\varepsilon = 0,30 - 0,40$
- ❖ Thông thường $h=0,16 R$
- ❖ Quan hệ giữa ε với đường kính trong D của máy như sau:

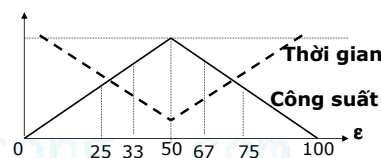
| ε | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| k | 10 | 15 | 21 | 26 | 30 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 70 | 75 | 79 | 84 | 90 |

- ❖ Khối lượng bi nạp vào máy có ảnh hưởng rất lớn đến thời gian nghiền và công suất máy.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-35

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Hệ số đổ đầy)



- ❖ Nếu tăng khối lượng bi đạn, thời gian nghiền lúc đầu giảm, khi $\varepsilon=0,5$ thời gian nghiền nhỏ nhất.

- ❖ Tiếp tục thêm bi vào, thời gian nghiền sẽ tăng.
- ❖ Khi nghiền ướt phối liệu sứ trong máy nghiền bi gián đoạn, tập đoàn Sacmi đề nghị $\varepsilon=50-55\%$.
- ❖ Bề mặt của lớp bi sau khi nạp chiếm khoảng 50 – 54% đường kính máy.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

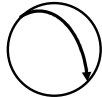
7-36

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Chế độ làm việc của bi đạn)

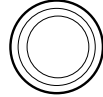
- Máy làm việc chủ yếu dùng động năng của bi đạn để đập vật liệu. Vì vậy cần khảo sát chuyển động của bi đạn để đạt năng suất cao nhất, độ mịn tốt nhất và năng lượng tiêu hao ít nhất.



Hình a



Hình b



Hình c

- Nếu máy quay chậm, bi đạn trong máy được nâng lên theo thành máy, đến một góc nào đó sẽ trượt xuống. Lúc này có hiện tượng mài xiết giữa bi đạn với tấm lót và giữa bi đạn với bi đạn. Phương pháp tác dụng lực là mài xiết vật liệu (hình a).

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-37

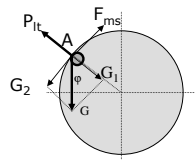
TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Chế độ làm việc của bi đạn)

- Nếu máy quay nhanh hơn, lực ly tâm nâng bi đạn lên cao hơn. Đến một độ cao nào đó, dưới tác dụng của trọng lượng, bi đạn rơi xuống (hình b). Phương pháp tác dụng lực lúc này là va đập và mài xiết. Tốc độ bi càng cao, động năng sẽ lớn, lực đập lớn và năng suất tăng.
- Nếu máy quay rất nhanh, lực ly tâm lớn hơn trọng lượng bi đạn, bi đạn dính vào vào thành máy và cùng quay với thành máy mà không rơi (hình c), như vậy không có đập nghiền.
- Cần phải tính số vòng quay của máy sao cho bi đạn có động năng lớn nhất khi rơi.

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-38

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay thùng nghiền)



- Để đơn giản cho quá trình tính toán, qui ước:
- Tính cho 1 viên bi và suy ra cho tập hợp bi.
- Viên bi có kích thước không đáng kể so với kích thước máy.

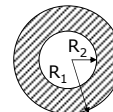
- Thành máy bên trong là nhẵn trơn.
- Lực ly tâm P tại điểm rơi A:
$$P = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR}$$
- Trọng lượng G bị phân thành 2 phân lực:
$$G_1 = G \cos \varphi$$

$$G_2 = G \sin \varphi$$
- Bi đạn dính vào thành máy khi: $P = G_1$.
$$\frac{Gv^2}{gR} = G \cos \varphi$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-39

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay thùng nghiền)



- Hay $v^2 = gR \cos \varphi$
- Mặt khác $v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{\pi R n}{30}$
- Vậy: $\left(\frac{\pi R n}{30}\right)^2 = gR \cos \varphi$
- Ta có: $n = 30 \sqrt{\frac{\cos \varphi}{R}} = 42,4 \sqrt{\frac{\cos \varphi}{D}}$

- Số vòng quay tới hạn n_{th} là số vòng quay ứng với $G_1 = G$ hay góc rơi $\varphi = 0^\circ$

$$n_{th} = \frac{30}{\sqrt{R}} = \frac{42,4}{\sqrt{D}}$$

- Ứng với n_{th} chỉ có lớp bi sát thành máy quay theo máy, còn bi lớp trong vẫn rơi và quá trình nghiền vẫn xảy ra.

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-40

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay thùng nghiêng)

- ❖ Khi toàn bộ bi đều quay theo máy, tạo nên khối bi hình vành khăn.
- ❖ Thể tích lớp bi khi ly tâm hoàn toàn:

$$V_{bi} = \pi L(R_1^2 - R_2^2)$$

Với hệ số đổ đầy ε : $V_{bi} = \varepsilon \pi L R_1^2$

- ❖ Vậy:

- ❖ Đặt: $R_2 = kR_1$, ta có: $R_1^2 - R_2^2 = \varepsilon R_1^2$ $k = \sqrt{1-\varepsilon}$

- ❖ Tốc độ quay tới hạn ứng với bán kính R_2 :

$$n_{th} = \frac{30}{\sqrt{R_2}} = \frac{30}{\sqrt{kR_1}} = \frac{n_0}{\sqrt{1-\varepsilon}}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-41

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay hợp lý)

Sơ đồ chuyển động của bi đạn gồm 2 quỹ đạo:

- ❖ Cung tròn BA

- ❖ Parabol ACB.

- ❖ Trong đó:

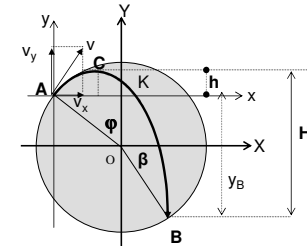
A : điểm rơi của bi đạn.

B : điểm chạm của bi đạn.

h : chiều cao văng của bi đạn.

H : chiều cao rơi của bi đạn

(H lớn \leftrightarrow lực đập lớn).



THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-42

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay hợp lý)

- ❖ Tính được góc rơi $\varphi = 54^{\circ}40'$

- ❖ Số vòng quay hợp lý:

$$n = 30 \sqrt{\frac{\cos 54^{\circ}40'}{R}} = 42,4 \sqrt{\frac{\cos 54^{\circ}40'}{D}} \quad n = \frac{28,8}{\sqrt{R}} = \frac{32}{\sqrt{D}}$$

- ❖ Với máy ngiên bi có tấm lót, bi đạn sủ số vòng quay n tính theo công thức kinh nghiệm:

> Nếu $D \geq 1,25m$ $n = \frac{35}{\sqrt{D}}$

> Nếu $D < 1,25m$ $n = \frac{40}{\sqrt{D}}$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-43

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Số vòng quay hợp lý)

- ❖ Trong thực tế, khi nghiêng ướt do ảnh hưởng của độ nhớt, khối lượng riêng của bi nên số vòng quay thực tế tính như sau:

- ❖ Khi $\rho_{bi} = 2,4 \div 2,7 \text{ g/cm}^3$:

$$n_{tt} = \frac{30}{\sqrt{D}} \div \frac{40}{\sqrt{D}}$$

- ❖ Khi $\rho_{bi} = 2,4 \div 2,7 \text{ g/cm}^3$: $n_{tt} = \frac{27}{\sqrt{D}} \div \frac{30}{\sqrt{D}}$

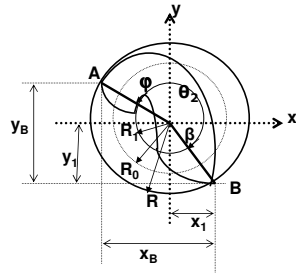
- ❖ Hoặc: $n = \frac{8}{\sqrt{D}} (5\varepsilon + 2)$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-44

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN

(Quan hệ giữa các góc β , θ với φ)



β : góc chạm

θ_1 : góc ứng quỹ đạo tròn BA

θ_2 : góc ứng quỹ đạo parabol AB

❖ Ta có:

$$\beta = 3\varphi - 90^\circ.$$

$$\theta_1 = 360 - 4\varphi$$

$$\theta_2 = 4\varphi$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-45

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN

(Thời gian cho 1 chu kỳ nghiêng)

❖ Thời gian t_1 để bi đạn có chuyển động tròn (góc θ_1)

❖ Thời gian t_2 để bi đạn có chuyển động quỹ đạo parabol (góc θ_2)

❖ Ta có: $t_1 = \frac{90^\circ - \varphi}{90n}$ phút

và $t_2 = \frac{0,318 \sin 2\varphi}{n}$

❖ Thời gian cho 1 chu kỳ:

$$T = t_1 + t_2 \quad T = \frac{90 - \varphi + 286 \sin 2\varphi}{90n}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-46

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN

(Thời gian cho 1 chu kỳ nghiêng)

❖ Số chu kỳ Z ứng với 1 vòng quay của thùng:

$$Z = \frac{90}{90 - \varphi + 286 \sin 2\varphi}$$

❖ Tỷ lệ bi có cùng kích thước chuyển động trên quỹ đạo tròn AB:

$$N_1 = \frac{t_1}{T} 100$$

❖ Tỷ lệ bi có cùng kích thước chuyển động trên quỹ đạo parabol AB:

$$N_2 = \frac{t_2}{T} 100$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-47

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN

(Gia tốc và vận tốc dài của bi đạn)

❖ Vận tốc góc của bi đạn: $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

❖ Gia tốc góc $a = \omega^2 R$

❖ Giữa vận tốc dài V và gia tốc góc a có quan hệ:

$$v^2 = aR$$

❖ Mặt khác $v^2 = gR \cos \varphi$

$$\text{Vậy } a = g \cos \varphi$$

$$\varphi = 0, a = 9,81 \text{ m/s}^2, \quad V = 3,13 \sqrt{R}$$

$$\varphi = 54^\circ 40', a = 5,71 \text{ m/s}^2, \text{ và } V = 2,39 \sqrt{R}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-48

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Khối lượng bi đạn)

- ❖ Với bi đạn thép: $G_{bi} = \pi R^2 L \rho_{bi}$ tấn
- ❖ Với bi đạn sứ, nghiền ướt: $G_{bi} = K R^2 L$ kg
 - $K=1500-1800$: hệ số phụ thuộc hình dạng, khối lượng riêng của bi.
 - R, L : bán kính trong, chiều dài thùng (m)
- ❖ Khi dùng nửa bi trụ thép, với bi cầu thép có $\varepsilon = 0,3$ thì: $G_{bi} = 4,14 R^2 L$

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-49

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Khối lượng vật liệu nạp)

- ❖ Lượng vật liệu nạp máy phải đảm bảo lấp kín các khe hở giữa các viên bi, đồng thời phủ lên bề mặt bi một lớp mỏng.
- ❖ Với bi thép, nghiền khô:

$$G_{vl} = (0,1 - 0,2) G_{bi}$$
- ❖ Với bi sứ, nghiền ướt:

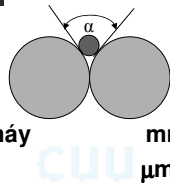
$$G_{vl} = (0,9 - 1,0) G_{bi}$$
- ❖ Với bi thép, khi nghiền xi măng: $G_{vl} = 0,14 G_{bi}$

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-50

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Kích thước bi đạn)

$$D_{bi} = 28\sqrt[3]{d} \quad D_{bi} = 6 \log d_k \sqrt{d}$$



- d : kích thước vật liệu nạp máy mm
- d_k : kích thước sản phẩm μm
- ❖ Góc α tạo bởi hai tiếp tuyến tại hai tiếp điểm của bi và vật liệu gọi là góc kẹp.
- ❖ Với $\alpha = 17^\circ$ có hiệu quả nghiền tốt, và suy được: $D_{bi} = 90d$.
- ❖ Sau một thời gian nghiền, bi đạn bị mòn cần bổ sung để đảm bảo G_{bi} .

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-51

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất máy)

- ❖ Công suất máy nghiền bi phụ thuộc:
 - Kích thước máy,
 - Cấu tạo máy, sơ đồ nghiền,
 - Lượng bi đạn,
 - Kích thước vật liệu nạp,
 - Độ ẩm,
 - Độ mịn,
 - Độ dòn, cứng vật liệu.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-52

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất máy)

- ❖ Công thức 1 của Sacmi: dùng cho nghiền bi gián đoạn, nghiền ướt.

$$Q = K.V.d.y \quad \text{kg/h}$$

- Q: Năng suất phối liệu khô kg/h
- V : thể tích hữu ích máy nghiền (sau lót) lít
- d: khối lượng riêng của hồ kg/lít
- y: % vật liệu khô trong hồ
- K : hệ số Sacmi (tra bảng)
- K = 0,55 khi dùng bi sứ có d = 2,6 tấn/m³.
- K = 0,67 khi dùng bi sứ có d = 3,55 tấn/m³.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-53

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất máy)

- ❖ Công thức 2 của Sacmi: dùng cho nghiền bi liên tục, nghiền ướt.

$$Q = \frac{Vdy\varepsilon}{\tau}$$

- Q: năng suất (kg/h)
- d: khối lượng riêng hồ (kg/l)
- ε: hệ số đổ đầy
- y: % vật liệu khô trong hồ
- τ: thời gian lưu hồ: (h)
- V: thể tích hữu ích (sau lót) (lít)

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-54

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất máy)

- ❖ Công thức 3: dùng cho máy nghiền bi hình ống, nghiền khô, liên tục trong công nghiệp xi măng:

$$Q = 6,45q_k \sqrt{D} \left(\frac{G_{bi}}{V} \right)^{0,8} \quad \text{Tấn/giờ}$$

- ❖ D: đường kính trong máy nghiền m
- ❖ G_{bi}: lượng bi nạp máy tấn
- ❖ V: thể tích hữu ích máy nghiền sau lót m³.

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-55

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất máy)

- ❖ q: năng suất riêng tấn/kWh, tra bảng sau theo VL:

| Vật liệu | Nghiền ướt | Nghiền khô |
|-----------------------------|------------|-------------|
| Đá vôi có độ bền cao | 0,04-0,06 | 0,04-0,06 |
| Đá vôi có độ bền trung bình | 0,07-0,09 | 0,06-0,07 |
| Đá vôi có độ bền thấp | 0,10-0,12 | 0,08-0,10 |
| Clinker lò quay | | 0,036-0,040 |
| Xi lò cao | | 0,035-0,040 |
| Cát thạch anh | | 0,03 |
| Hỗn hợp vôi-đất sét | 0,07-0,10 | 0,06-0,08 |

THIẾT BỊ NGHIỀN BI

7-56

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Năng suất máy)

k: hệ số hiệu chỉnh độ mịn, tra bảng sau

| % còn lại trên sàng N°0085 | k | % còn lại trên sàng N°0085 | k |
|-------------------------------|------|-------------------------------|------|
| 2 | 0,59 | 11 | 1,04 |
| 3 | 0,65 | 12 | 1,09 |
| 4 | 0,71 | 13 | 1,13 |
| 5 | 0,77 | 14 | 1,17 |
| 6 | 0,82 | 15 | 1,21 |
| 7 | 0,86 | 16 | 1,25 |
| 8 | 0,91 | 18 | 1,34 |
| 9 | 0,95 | 20 | 1,42 |
| 10 | 1,00 | | |

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-57

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất)

❖ Năng lượng tiêu hao dùng để:

- Nâng bi đạn lên một độ cao nào đó.
- Tạo cho bi đạn có một động năng.
- Nghiền và khắc phục các ma sát ở gối.

❖ Các công thức sau dùng khi:

$$\varepsilon = 0,3 \text{ và } G_{vl} = 0,14 G_{bi}$$

$$\text{Góc rơi: } \varphi = 60^\circ \text{ và } R_{tb} = 0,866R$$

$$R_{tb} = \text{bán kính trung bình khối bi quay theo máy.}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-58

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất)

❖ Lượng chung nạp máy: $G = G_{bi} + G_{vl} = 1,14 G_{bi}$.

❖ Lượng vật liệu và bi quay theo máy:

$$G_1 = 0,55 G = 0,627 G_{bi}$$

❖ Lượng vật liệu và bi rơi theo máy:

$$G_2 = 0,45 G = 0,513 G_{bi}$$

❖ Để nâng bi đạn lên một độ cao nào đó.

❖ Sau một chu kỳ, khối bi đạn được nâng lên một độ cao $y_B = 4R_{tb}\sin 2\varphi \cdot \cos \varphi$, công bi đạn là:

$$A_1 = G_1 y_B \quad \text{kGm}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-59

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất)

❖ Với: $\varphi = 60^\circ$, $y_B = 1,3R$

❖ Vậy công để nâng bi đạn và vật liệu là:

$$A_1 = 0,809 R G_{bi} \quad \text{kG-m}$$

❖ Để tạo cho bi đạn có một động năng.

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{mgR_{tb} \cos \varphi}{2} = \frac{G_2 R_{tb} \cos \varphi}{2} = 0,110 R G_{bi} \quad \text{kG-m}$$

❖ Tổng năng lượng cần cho 1 chu kỳ:

$$A = A_1 + A_2 = 0,919 R G_{bi}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-60

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ BẢN (Công suất)

- ❖ Sau n vòng/phút, công suất để nâng và tạo cho bi đạn một động năng là:

$$N_n = Z n A$$

$$N_n = \frac{Z n A}{60 \cdot 1000} = 0,056 G_{bi} \sqrt{R} \quad \text{kW}$$

- ❖ Để thắng lực ma sát ở gối :

$$N_{ms} = \frac{f \cdot P \cdot v_c}{1000} \quad \text{kW}$$

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-61

BÀI TẬP NHÓM

THIẾT BỊ NGHIÊN BỊ

7-62