



Báo cáo học thuật Máy nghiền siêu mịn

Báo cáo viên: GVC ThS Nguyễn Ngọc Phú
Hà Nội 5/2020



Nội dung

- Cập nhật thông tin về thế hệ máy nghiền mới;
- Đặc điểm máy nghiền siêu mịn;
- Ứng dụng máy nghiền siêu mịn trong chế biến khoáng sản.



Lịch sử nghiền

- Từ thời Đồ đá:
 - Sức người hoặc súc vật,
 - Độ mịn nghiền 1-3mm (cối xay đá),
- Hiện tại:
 - Nguyên lý nghiền cơ bản vẫn được sử dụng,
 - Công suất N ~ 20-30MW,
 - Độ mịn nghiền 1-10 nm (máy nghiền khuấy).




Lịch sử máy nghiền

Máy nghiền Chilê (chilean) Phoenix and Furniss Mines, Cabarrus County, North Carolina, 1907



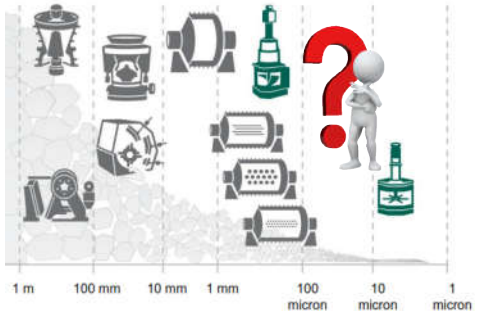


Lịch sử máy nghiền


Máy giã quặng (stamp mill), mỏ vàng El Dorado Canyon, lắp đặt 1864




Cỡ hạt vật liệu và thiết bị đập nghiền



1 m 100 mm 10 mm 1 mm 100 micron 10 micron 1 micron



Khái niệm chung

- Nghiền siêu mịn:**
 - Sản phẩm nghiền có $d < 20 \mu\text{m}$ (thậm chí 1-2nm);
- Mục đích NSM:**
 - Tăng bề mặt riêng,
 - Tăng hoạt tính của bột khoáng (hóa),
 - Tăng độ mịn và độ bóng của sản phẩm (gốm sứ),
 - Tăng độ phân tán của bột màu ($d = 13\text{-}20 \text{ nm}$ trong sơn, mực in),
 - Tăng giá trị thương mại của sản phẩm;
- Ứng dụng:**
 - Chế biến khoáng sản – bột khoáng,
 - Công nghiệp hóa chất,
 - Công nghiệp dược phẩm,
 - Công nghiệp sản xuất VLXD
- Thách thức:**
 - Chi phí năng lượng cao và năng suất nghiền thấp
 - Phân cấp và thu hồi SP siêu mịn (dạng bột/bùn)
 - Nhiệm bản do vật nghiền/lót nghiền bị mài mòn
 - Làm nguội môi trường nghiền.

Cơ sở lý thuyết nghiền siêu mịn

$$BI \propto BI_{MK} = d_{MK}^3 \cdot \rho_{MK} \cdot v_t^2 \quad (1)$$

$$BZ \propto BZ_r = n_r \cdot t \left(\frac{v}{d_{MK}} \right)^2 \quad (2)$$

$$E_{sp} \propto BI \cdot BZ_r \quad (3)$$

- BI – Cường độ va chạm giữa bi/vật nghiền và hạt vật liệu
- BZ – Số lượng các va chạm (tiếp xúc) giữa bi và các hạt vật liệu
- Esp – Năng lượng nghiền (va chạm)
- d_{MK} – kích thước bi nghiền,
- x – kích thước hạt vật liệu,
- n – số lượng bi/vật nghiền,
- t – thời gian nghiền.
- ρ_{MK} – khối lượng riêng bi nghiền và
- v – tốc độ mép cánh khuấy, m/s.

Quan hệ d_{bi} vs n_{bi}/m^3 và S_{bi}/m^3

Đường kính bi nghiền, mm	Số lượng bi / m^3 (thể tích máy nghiền $\phi=40\%$)	Bề mặt riêng của bi m^2 / m^3
20	95.541	120
12	442.321	200
1	1.146.496.825	3.600

Bi nghiền

- Tỉ số đường kính bi nghiền/hạt vật liệu R
 - $R_{\text{lý thuyết}} = 10\text{-}10^4$
 - $R_{\text{thực tế}} = 10^2\text{-}10^3$
- ĐỘ mịn 100 (40) nm yêu cầu bi ϕ 0,1-0,5 mm.
- Vật liệu làm vật nghiền:
 - Yếu tố ảnh hưởng
 - Khối lượng riêng
 - Độ bền và khả năng chịu mòn
 - Mài mòn vật nghiền gây nhiễm bẩn sản phẩm
 - bi thép
 - cát, thủy tinh, gốm, nhựa hoặc
 - chính vật liệu nghiền (tự nghiền)

Máy nghiền siêu mịn

Máy nghiền khô/ướt

Máy nghiền khuấy ướt

Dry agitated media mill

Máy nghiền chấn động

- Vật nghiền:
 - Thanh nghiền,
 - Bi trụ/tròn kích
 - $D_{bi} = 5\text{-}20\text{mm}$.
- Lực chủ đạo:
 - Va đập ở tần số thấp
 - Xiết ở tần số cao
- Mức chất tải tới 80%
- SP nghiền tới 20-40 μm

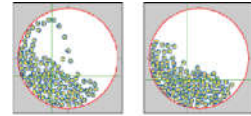
Máy nghiền chấn động

- Đặc tính:**
 - Vòng quay $n = 1000 - 1500$ v/ph,
 - Biên độ 3 – 20 mm
 - Bi/thanh nghiền cỡ 10 – 50 mm
 - Mức chất tải 60 – 70 % thể tích ống
 - Độ mịn nghiền $d_{80} < 0,04$ mm
 - Cấp liệu -30mm
 - Năng suất 5-15 t/giờ
- Ứng dụng:**
 - Nghiền lại quặng tinh thối.



Máy nghiền bi siêu mịn

- Cơ chế nghiền**
 - Chủ yếu nhờ trọng lực. Các viên bi rơi tạo ra các va đập, bi lăn tạo ra xiết và chà xát
 - Hạn chế về độ mịn nghiền ($> 10-20\mu\text{m}$)
- Loại hình: trụ/ống (25m)**
- Vật nghiền:**
 - Đá lửa – nghiền men sứ, bột màu,
 - Bi gốm thường/gốm tỉ trọng cao nghiền bột màu có độ nhớt cao,
 - Bi thép/kim loại
 - Bi Fe-Mn-C
 - Bi Fe-Ni
 - Bi thép không gỉ
 - Cỡ bi 6-15(20)mm.



Máy nghiền bi siêu mịn

- Vật liệu nghiền:**
 - Đá vôi, canxit, tro bay, cácbua canxit, kaolin, carbonat canxi, thạch cao, xỉ dạng hạt, xỉ quặng, bụi than, bentonit, barit, đá hoa, talc, vật liệu chịu lửa;
- Ứng dụng:**
 - Nghiền vật liệu giòn, có độ cứng thấp tới trung bình ≤ 6 (thang Moh), độ ẩm $< 8\%$, không cháy nổ.



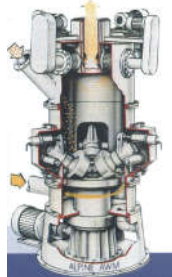
Máy nghiền đứng (thấp)

- Đặc điểm**
 - Bi/cuội nghiền 6 (10) mm
 - Tốc độ dài trên bề mặt vít ~ 3 m/s
 - Nghiền chủ yếu do va đập và chà xát
 - Phần cấp xiclôn ngoài
 - Độ mịn nghiền $d_{80} = 40-100$ μm
 - Năng suất tới 100 t/giờ
 - Công suất riêng $\sim 20-40$ kW/m³ thể tích máy nghiền.
- Ứng dụng**
 - đá vôi, silicat, muối mỏ, than và các tinh quặng kim loại màu.



Máy nghiền bàn trực lăn

- Đặc điểm**
 - Cấp liệu
 - độ ẩm $< 2,5\%$ và
 - cỡ hạt $< 0,1$ mm
 - Độ mịn nghiền $d_{100} < 15-40$ μm
 - Năng suất 2-5 t/giờ
 - Tiêu thụ điện 39 – 90 kWh/t;
- Ứng dụng**
 - đá vôi, silicat, muối mỏ, than và các tinh quặng kim loại màu.



Máy nghiền ly tâm

- MN chuyển động nhờ trục khuỷu lệch tâm trên ổ đỡ cố định.**
- Yêu cầu đối trọng cân bằng để giảm chấn động đối với ổ đỡ và móng.**
 - Tốc độ quay nhỏ nhưng biên độ lớn,
 - Cơ chế nghiền chủ yếu là do xiết khi vật nghiền quay.
 - Gia tốc tới 30G
 - Vật nghiền < 5 mm.
 - SP nghiền $d - 10\mu\text{m}$



Centrifugal mill

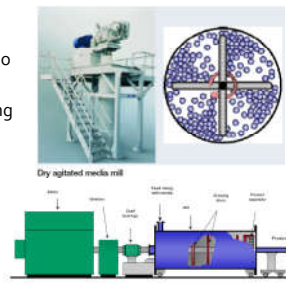
Máy nghiền hành tinh

- Các khoang nghiền lắp trên một vành quay trung tâm nên quay với độ lệch tâm cố định.
- Khoang nghiền tự quay quanh trục của nó tạo lực nghiền,
- Gia tốc lớn nên bi < 5mm
- Có thể đạt chế độ bi cơ bản: rơi bi/trượt lăn bi/ly tâm bi
- Chỉ dùng trong các phòng thí nghiệm mà chưa có thiết bị công nghiệp.



Máy nghiền khuấy

- Đặc điểm:
 - Chủ yếu nghiền ướt
 - Tay/đĩa khuấy tốc độ cao
 - Thân MN cố định.
 - Mật độ năng lượng riêng lớn 20-500 kWh/m³
- Loại MNK cơ bản
 - MN vít/tay khuấy
 - MN đĩa khuấy ngang



Máy nghiền khuấy đứng Sala (SAM)

- Cấp liệu < 0,1mm;
- Độ mịn nghiền 10 - 40 (1) μm;
- Mức công suất cỡ 50 - 100 kW/m³ thể tích máy nghiền.



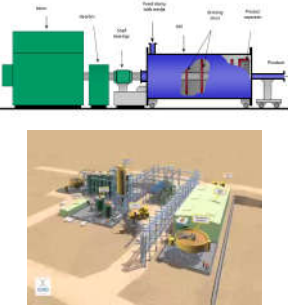
Máy nghiền khuấy trục đứng

- MN đứng trục khuấy đứng:
 - Vít xoắn đưa bi nghiền lên cao và sử dụng trọng lực làm cơ chế lực chủ đạo nên không thể dùng vật nghiền quá nhỏ
 - Tay khuấy sử dụng gia tốc lớn nên có thể sử dụng vật nghiền nhỏ
 - Thay đổi tốc độ và mức chất tải để thay đổi độ mịn nghiền



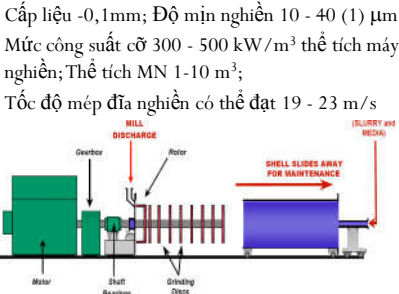
Máy nghiền khuấy trục ngang

- Lực động học cao,
- Sử dụng vật nghiền rất nhỏ
- Khi nghiền ướt thường sử dụng tốc độ cao + mức chất tải thấp làm tăng cơ chế lực va đập
- Khi nghiền khô thường sử dụng tốc độ thấp với cơ chế xiết là chủ yếu



Máy nghiền khuấy ngang IsaMill

- Cấp liệu < 0,1mm; Độ mịn nghiền 10 - 40 (1) μm;
- Mức công suất cỡ 300 - 500 kW/m³ thể tích máy nghiền; Thể tích MN 1-10 m³;
- Tốc độ mép đĩa nghiền có thể đạt 19 - 23 m/s

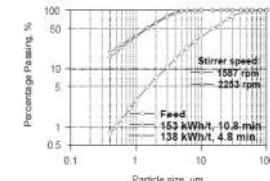


Vật nghiền phổ biến MN khuấy

Vật nghiền	Kích thước	Loại máy nghiền
Bi thép	12 mm	Nghiền thấp
Cát sông	1-3mm, 3-6 mm	IsaMill/Detritor
Đá dăm	3-5 mm	IsaMill
Viên xỉ lò luyện Cu	0.5-2 mm	IsaMill
Viên xỉ lò luyện Pb	0.5-1 mm	IsaMill
Sỏi quặng chì/kẽm	1-3 mm	IsaMill

Thông số công nghệ MN khuấy

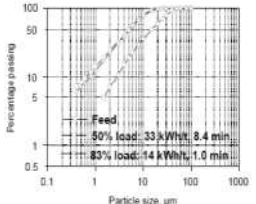
- Môi trường khô/ướt
- Bắt buộc ướt với SP nano
- Tiêu thụ điện 5-100 kWh/t
- Vật nghiền
 - Đá, sỏi, sắt, thép, inox, gốm, cát silic,
 - Hình dạng tròn/thanh/trụ/không chuẩn,
 - Cỡ vật nghiền: 0,5-10mm,
- Tốc độ khuấy cao
 - Giảm thời gian nghiền
 - Giảm điện tiêu thụ
 - Cao 1500-3000vph



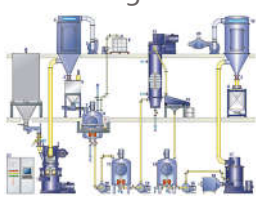
Loại máy nghiền	Máy nghiền thấp	Máy nghiền Detritor	Máy nghiền Isamill
Tốc độ đầu khuấy, m/s	3	11	20

Thông số công nghệ MN khuấy

- Mức chất tải
 - Thường tới 50-85%,
 - Hiệu suất nghiền cao nhờ mức chất tải cao,
 - Tiêu thụ điện năng giảm và
 - Thời gian nghiền cũng giảm theo.
- Mật độ bùn quặng
 - Tối ưu 50-70 pha rắn
 - Giảm hồng học MN
- Cỡ hạt cấp liệu
 - Mức nghiền 5-10 lần



Nghiền siêu mịn bột zircon



- Cấp liệu để nghiền sơ bộ,
- Máy lọc bụi, 5- quạt, 6- bunke đệm để gia công ướt,
- vit xoắn cấp liệu, 8- thùng khuấy,
- bể phụ gia, 10- bơm chuyển,
- thùng cấp liệu máy nghiền ướt,
- máy bơm cấp liệu cho MN khuấy,
- máy nghiền khuấy ANR,
- sàng an toàn, 15- bể thành phẩm,
- bơm cấp liệu để sấy, 17- máy sấy và máy nghiền LGM,
- lò đốt, 19- máy lọc ARJF,
- quạt gió, 21- Tủ điều khiển

Cấp liệu A < 20 mm, cấp liệu B < 45 µm từ silo, C- van tháo, D- nước công nghệ, E- phụ gia, F- chuyển bùn, G- bơm chuyển khô

Kết luận

- Nghiền siêu mịn cho sản phẩm < 0 - 20 µm;
- Máy nghiền (tang quay) dựa trên nguyên lý trọng lực không đủ để nghiền siêu mịn;
- Máy nghiền tốc độ cao phù hợp với nghiền siêu mịn;
- Vật nghiền nhỏ 1-20 mm phù hợp với nghiền siêu mịn;
- Máy nghiền siêu mịn có công suất riêng cao hơn máy nghiền tang quay;
- Các loại máy nghiền siêu mịn công nghiệp chủ đạo là máy nghiền khuấy trục đứng, trục ngang.

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn Ngọc Phú (2015), Công nghệ chế biến tinh nguyên liệu khoáng, ĐH Mỏ - Địa chất.
- Allen J. (2013), Stirred Milling machine development and application extension, Metso Minerals.

