

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC NGHIÊNG BIÊN DẠNG CÁNH ROTOR LY TÂM TỚI VẬN TỐC VẬT LIỆU VÀ CÔNG SUẤT DẪN ĐỘNG CỦA MÁY NGHIỀN ĐẬP TRỤC ĐỨNG (VSI) DÙNG TRONG SẢN XUẤT CÁT NHÂN TẠO TỪ ĐÁ THẢI MỎ

Nguyễn Đăng Tấn

Trường Đại học Thủy lợi

Tạ Ngọc Hải

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Email: nguyendangtan@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Máy nghiền đập trục đứng (VSI- Vertical shaft impact crusher) là loại máy nghiền được sử dụng phổ biến trong sản xuất vật liệu xây dựng, đặc biệt thích hợp trong nghiền đá để sản xuất cát nhân tạo, trong đó có đá thải mỏ. Vận tốc hạt vật liệu là thông số quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến công suất tiêu thụ điện năng, kích thước hạt sau nghiền và năng suất của VSI. Thông số này có ý nghĩa quan trọng trong thiết kế, chế tạo VSI. Tính toán vận tốc va đập hiện nay chủ yếu sử dụng công thức kinh nghiệm, hoặc sử dụng mô hình hóa phần tử rời rạc dòng chuyển động của hạt vật liệu, hoặc một số công thức toán học mà chưa làm rõ ảnh hưởng của góc nghiêng biên dạng cánh Rotor ly tâm đến vận tốc và công suất động cơ dẫn động Rotor. Trên cơ sở tham khảo các phương trình toán học cho máy ly tâm cánh dẫn, nghiên cứu này tập trung vào ứng dụng các công thức toán học và lập bảng tính vận tốc hạt vật liệu, công suất động cơ dẫn động rotor theo góc nghiêng biên dạng cánh Rotor ly tâm. Ví dụ tính toán sẽ được so sánh với các mẫu VSI có sẵn trên thị trường để làm cơ sở đánh giá. Kết quả nghiên cứu này có thể tham khảo khi thiết kế chế tạo VSI.

Từ khóa: VSI, vận tốc chuyển động tuyệt đối, công suất dẫn động rotor, góc ra vật liệu

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhu cầu về vật liệu xây dựng ở nước ta ngày càng tăng. Trong đó, cát là loại vật liệu được sử dụng nhiều, nhưng cát tự nhiên ngày càng khan hiếm. Một trong những giải pháp để bổ sung cát trong xây dựng là sản xuất cát nhân tạo bằng cách nghiền đá, một loại vật liệu còn trữ lượng lớn, thí dụ như đá thải trong khai thác mỏ. Để nghiền đá trong sản xuất cát nhân tạo cần máy nghiền phù hợp, đảm bảo chất lượng và hiệu quả.

Hàng năm, chỉ riêng ở tỉnh Quảng Ninh, nơi tập trung các mỏ than của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã có trên 200 triệu m³ đá thải, là gánh nặng đối với ngưỡng chịu tải của môi trường, làm gia tăng nguy cơ trôi lấp bồi lắng sông suối, sạt lở bãi thải, ô nhiễm nguồn nước mặt... Sử dụng cát nhân tạo không những

mang lại lợi ích kinh tế cho các doanh nghiệp vì giá thành rẻ, tăng tuổi thọ và độ bền cho công trình, mà còn hạn chế tình trạng khai thác sử dụng cát sông, góp phần quan trọng bảo vệ môi trường, vì vậy rất cần khuyến khích các dự án công trình xây dựng sử dụng. Nhà máy chế biến cát nhân tạo của Công ty CP Thiên Nam tại Quảng Ninh đi vào hoạt động góp phần giảm tải cho bãi thải Đông Cao Sơn, đồng thời bù đắp nguồn cát xây dựng đang thiếu trên địa bàn tỉnh [4]. Thiết bị chính trong dây chuyền sản xuất cát nhân tạo từ đá thải mỏ là máy nghiền đá, trong đó máy nghiền đứng trục đứng (VSI- Vertical shaft impact crusher) là loại máy nghiền sử dụng hiệu quả cao, nghiền được đá có độ kiên cố $f=14$ và thậm chí lớn hơn, là loại máy nghiền được sử dụng hầu như ở tất cả các dây chuyền sản xuất cát nhân tạo. Hiện nay, một

số đơn vị cơ khí trong nước đã bắt đầu nghiên cứu chế tạo VSI. Tuy nhiên, thông số quan trọng của máy là vận tốc hạt vật liệu rời cánh dẫn, quan hệ của nó với góc ra cánh rotor, ảnh hưởng tới hiệu quả nghiền và công suất tiêu hao chưa được nghiên cứu. Vì vậy việc nghiên cứu quan hệ giữa các thông số này cần được nghiên cứu để là cơ sở thiết kế VSI trong nước để phục vụ sản xuất cát nhân tạo từ đá thải mỏ.

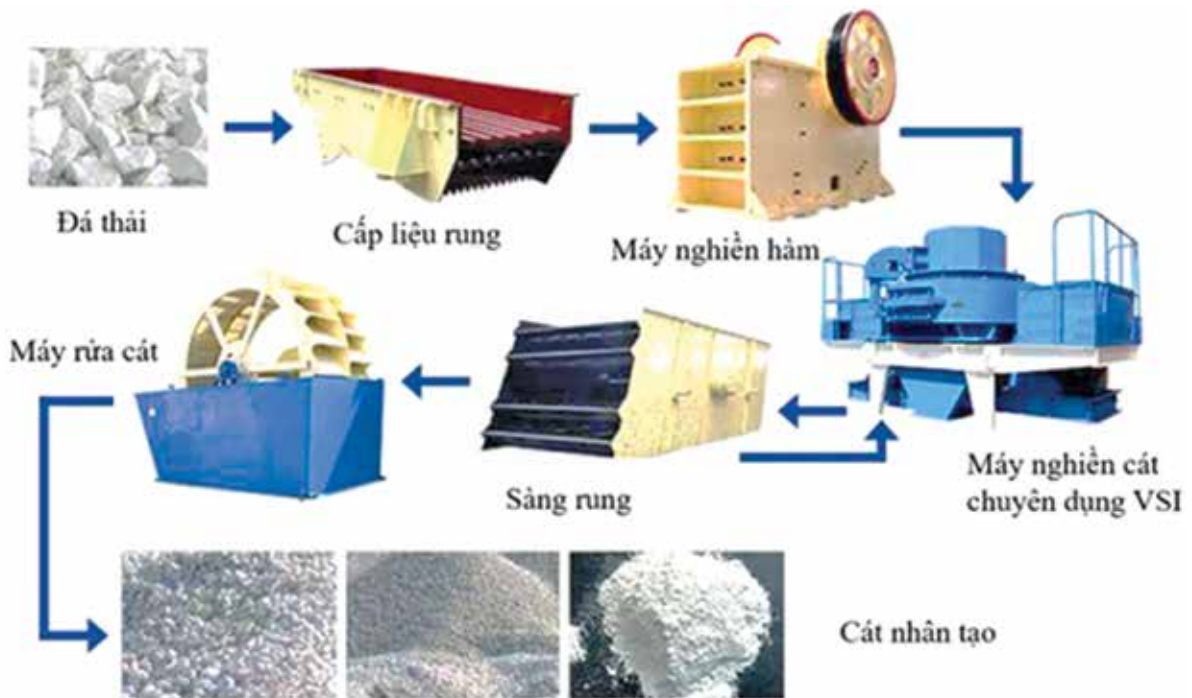
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Dây chuyền sản xuất cát nhân tạo

Cát nhân tạo là loại cát được nghiền từ các loại đá trong tự nhiên như đá vôi, đá thải mỏ, đá ong, đá granit, cuội sỏi có cỡ hạt tương đương với cát tự nhiên. Cát nhân tạo bảo đảm các yêu cầu về cơ lý, hóa nhằm thay thế một phần cát tự nhiên trong sản xuất bê tông và vữa xây dựng. Cát nhân tạo được sản xuất theo công nghệ va đập ở tốc độ cao làm cho đá bị vỡ ở mặt cắt yếu nhất. Đặc tính này giúp sản phẩm luôn có hình dạng tròn và

có độ ma sát thấp, giúp tăng tính linh hoạt cho bê tông, chất lượng bê tông tốt ổn định. Theo TCVN 9205:2012 – Cát nghiền cho bê tông và vữa, cát nhân tạo được chia thành 2 loại chính là cát thô và cát mịn dùng để tạo vữa. Đối với cát thô cần đảm bảo đạt tiêu chuẩn kích thước (2 ÷ 3,3) mm, cát mịn thì có kích thước (0,7 ÷ 2,0) mm.

Dây chuyền sản xuất cát nhân tạo từ đá thải mỏ thể hiện trên Hình 1. Đá thải mỏ với cơ tính phù hợp được đưa về điểm tập kết, đưa vào máy cấp liệu cấp cho VSI. Sau khi qua máy nghiền, các nguyên liệu ban đầu sẽ được nghiền nhỏ thành những hạt có kích thước (0 ÷ 4) mm. Tiếp theo, đá nghiền đi qua sàng rung, tại đây những hạt đạt tiêu chuẩn kích thước sẽ được chuyển tới máy rửa và được làm sạch. Những hạt có kích thước lớn không đạt chuẩn sẽ được đưa vào nghiền lại như ban đầu. Trong dây chuyền sản xuất cát nhân tạo, VSI là thiết bị không thể thiếu, nó đóng vai trò quyết định đến chất lượng cát nghiền.

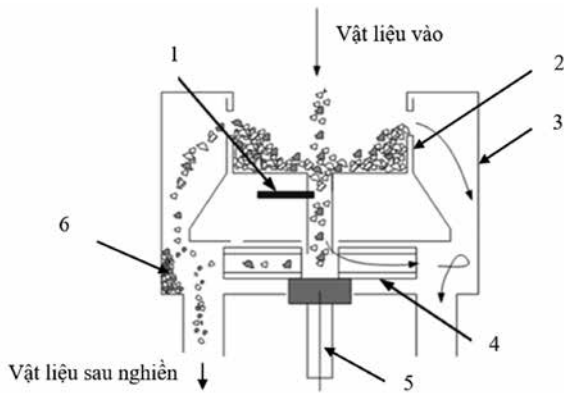


Hình 1. Dây chuyền sản xuất cát nhân tạo [3]

2.2. Đặc điểm của máy nghiền VSI

Sơ đồ kết cấu máy nghiền VSI thể hiện trên Hình 2. Vật liệu nghiền được cấp vào phễu nhận. Tại đây, cửa phân phối 2 chia vật liệu

thành hai phần: một phần đi qua qua họng máy, qua tám điều chỉnh 1 xuống cánh rotor 4; một phần qua khe hở giữa cửa phân phối 2 và vỏ máy 3.



Hình 2. Sơ đồ máy nghiền VSI [6]

- 1. Tấm điều chỉnh; 2. Cửa phân phối; 3. Vỏ máy;
- 4. Rotor; 5. Trục Rotor; 6. Vành đe

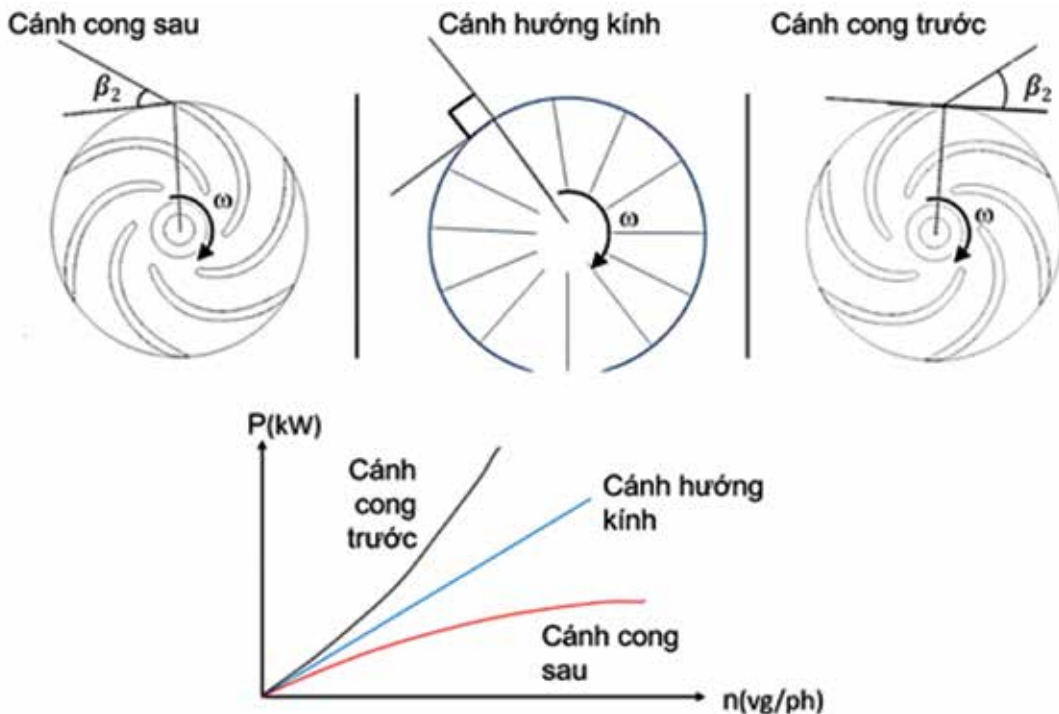
Do rotor quay nên vật liệu trên cánh dưới tác động của lực ly tâm bị văng ra khỏi cánh với vận tốc cao, va đập trực tiếp với vành đe 6. Khi ứng suất va chạm lớn hơn ứng suất bền của vật liệu, hạt vật liệu bị vỡ. Ngoài ra, trong hành trình chuyển động, hạt vật liệu còn có thể va chạm với các hạt vật liệu đang rơi xuống hoặc với các hạt vật liệu nằm trên vành đe gây nên va đập làm vỡ các hạt vật liệu. Kết cấu của vành đe cũng như vị trí tương đối của nó so với cánh Rotor làm cho hạt vật liệu khi va chạm bật khỏi mặt đe, làm tăng khả năng va

chạm với các hạt vật liệu văng khỏi cánh rotor và bị vỡ tiếp. Tùy theo tính chất đá nghiền, có thể điều chỉnh lượng vật liệu qua cánh rotor bằng van điều chỉnh 1, hoặc cửa phân phối 2 để đảm bảo quá trình nghiền vật liệu đạt yêu cầu kỹ thuật.

2.3. Nghiên cứu quan hệ góc ra cánh Rotor và tốc độ hạt vật liệu

2.3.1. Hướng góc ra của cánh rotor và chiều quay của rotor theo lý thuyết máy cánh dẫn

Theo chiều quay của Rotor, cánh dẫn hướng có thể đặt theo ba phương án khác nhau là: cánh cong sau, cánh hướng kính, cánh cong trước (xem Hình 3). Cánh cong sau dẫn hướng dòng chảy tốt hơn so với cánh hướng kính và cánh cong trước. Cánh cong trước gây tích tụ dòng vật liệu mỏng dọc theo cánh, dòng vật liệu tích tụ này đóng vai trò như lớp bảo vệ bề mặt cánh. Trên đồ thị biểu diễn công suất dẫn động và tốc độ vòng quay Rotor (xem Hình 3), cánh cong sau có độ tăng công suất dẫn động tăng chậm hơn nhiều so với cánh cong trước. Hiện nay, các VSI đều sử dụng loại cánh Rotor cong trước, loại cánh này tạo ra lực va đập của hạt vật liệu với đe cũng như với vật liệu bên ngoài Rotor lớn, tuy nhiên công suất động cơ dẫn động lớn.

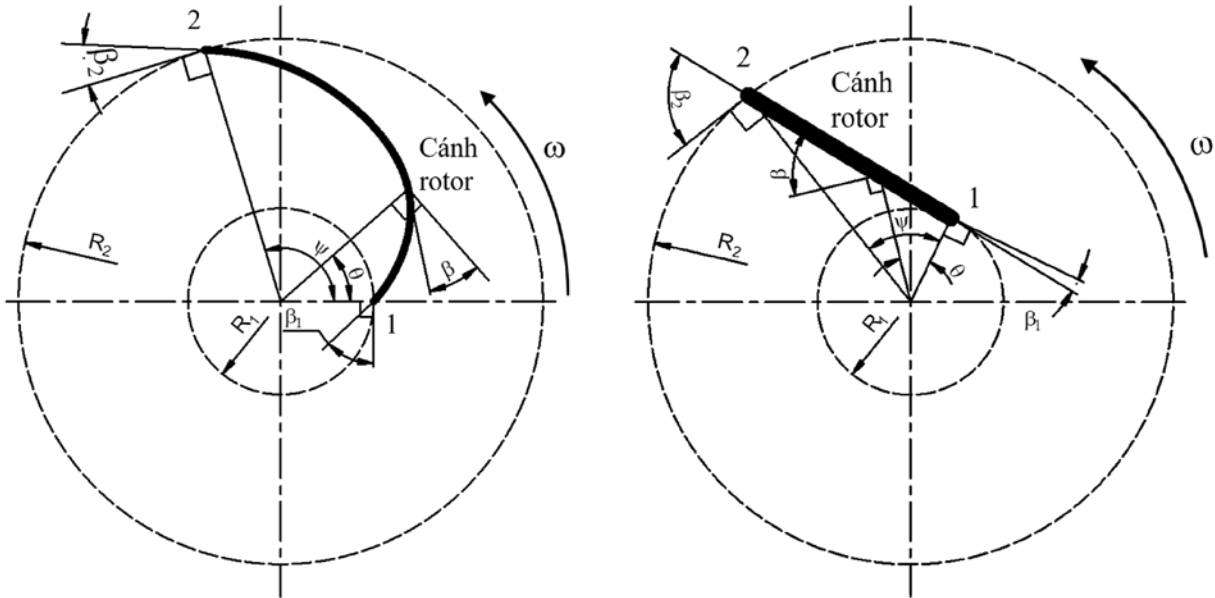


Hình 3. Quan hệ hướng góc ra của cánh dẫn hướng và công suất dẫn động

2.3.2. Vận tốc hạt vật liệu cần thiết được tạo từ Rotor để phá vỡ vật liệu

Rotor là bộ phận quan trọng nhất của máy nghiền VSI, nó quyết định năng suất và hiệu quả của máy nghiền. Rotor có bán kính trong R_1 , bán kính ngoài R_2 , điểm vật liệu đi vào Rotor được đặt là điểm 1, điểm vật liệu ra khỏi cánh Rotor

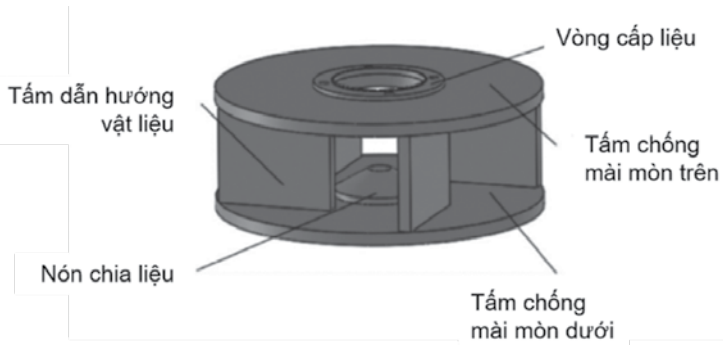
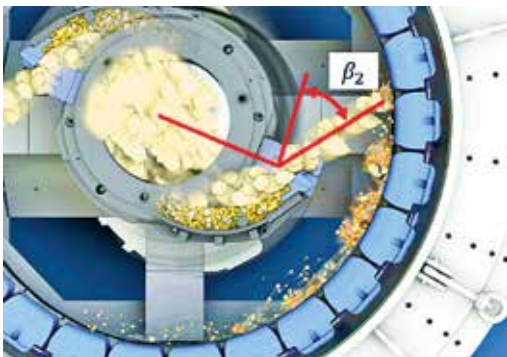
được đặt là điểm 2 tương ứng với đó là các góc vào và góc ra β_1 và β_2 . Tại một vị trí bất kỳ có góc cung cánh trên cánh Rotor thì góc ra được đặt là β . Toàn bộ góc nghiêng của một cánh rotor được xác định bằng góc β , vận tốc góc của Rotor được đặt là ω (xem Hình 4). Các góc ra của cánh Rotor có thể từ 0° đến 90° .



Hình 4. Các thông số hình học cánh Rotor [11]

Cấu tạo của Rotor được chỉ trên Hình H.5. Rotor bao gồm vòng tiếp liệu, nón chia liệu, tấm dẫn hướng và các tấm chống mài mòn trên và dưới. Trong số đó, nón chia liệu nằm ở trung tâm của Rotor và thường được làm bằng vật liệu có độ cứng cao. Trong quá trình hoạt động của máy nghiền, các hạt bên trong Rotor được

phân bố đều sang hai bên của tấm dẫn hướng nhờ nón chia liệu. Để đơn giản cho việc chế tạo, các tấm dẫn hướng thường không được chế tạo theo những biên dạng phức tạp mà được đơn giản hóa. Các tấm này có biên dạng thường là đường thẳng và đặt nghiêng một góc so với trục hệ tọa độ.



Hình 5. Cấu tạo Rotor cánh cong và cánh thẳng [10]

Quá trình nghiền vật liệu là quá trình vật lý phức tạp. VSI tăng tốc hạt vật liệu nghiền để chúng va

đập vào nhau và vào đe. Vận tốc cần thiết khi đập hạt vật liệu máy nghiền VSI là [7]:

$$v = k \cdot \sqrt{\frac{1}{\gamma}} \cdot \frac{\sigma_b^{5/6}}{E^{1/3}} \quad ; \text{ m/s} \tag{1}$$

Trong đó: k - Hệ số đập. Đối với đá $k=2$; γ - Khối lượng riêng đá nghiền, kg/m^3 ; σ_b - Giới hạn bền đá nghiền, Pa; E - Mô đun đàn hồi đá nghiền, Pa.

Mỗi loại đá khác nhau sẽ có giới hạn bền và mô đun đàn hồi khác nhau. Để xác định vận tốc cần thiết của đá khi va đập cần phải xác định được những giá trị này. Bảng 1 giới thiệu giới hạn bền trung bình, mô đun đàn hồi trung bình

và khối lượng riêng trung bình của bốn loại vật liệu cơ bản để nghiền cát nhân tạo, những giá trị này được xác định bằng thực nghiệm. Trên cơ sở đó, giá trị vận tốc trung bình được tính theo công thức (1) và được trình bày trong Bảng 1. Trong đó, đất cát kết là thành phần chính từ đất đá thải của các mỏ khai thác than ở tỉnh Quảng Ninh [4].

Bảng 1. Một số loại đá dùng sản xuất cát nhân tạo [8]

| Loại đá | Giới hạn bền trung bình σ_b (Pa) | Mô đun đàn hồi E trung bình (Pa) | Khối lượng riêng trung bình γ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) | Vận tốc cần thiết để phá vỡ vật liệu trung bình v (m/s) |
|-------------------|---|----------------------------------|---|---|
| Cuội sỏi | 25,510 ⁶ | 13043*10 ⁶ | 2600 | 24,76 |
| Đá cát kết | 80,9*10⁶ | 26364*10⁶ | 2300 | 54,50 |
| Đá vôi | 89,7*10 ⁶ | 71868*10 ⁶ | 2100 | 44,05 |
| Đá granit | 64,8*10 ⁶ | 31874*10 ⁶ | 2650 | 39,61 |

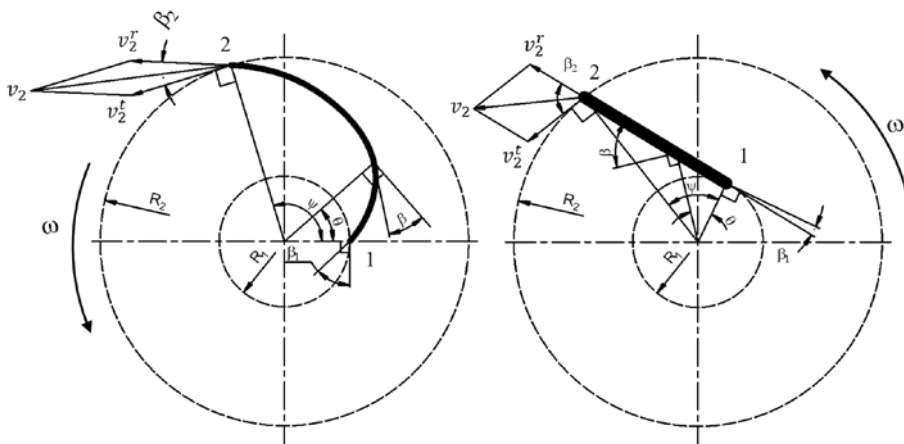
Do thành phần đá thải từ khai thác mỏ gồm nhiều loại khác nhau, vận tốc trung bình để nghiền cần phải từ 54,5 m/s. Hiện nay, các máy nghiền cát VSI có khả năng điều chỉnh tốc độ ra của vật liệu từ 50 đến 85 m/s.

2.3.3. Phân tích các thành phần vận tốc chuyển động của vật liệu tại điểm ra của Rotor

Khi vào Rotor, hạt vật liệu tham gia chuyển động tương đối dọc theo cánh dẫn với vận tốc tương đối, đồng thời cũng chuyển động quay tròn theo Rotor với vận tốc, tổng hợp hai thành phần vận tốc này tạo thành chuyển động tuyệt đối của vật liệu. Tại điểm ra số 2, các thành phần vận tốc được ký hiệu thêm chỉ số 2 (xem Hình 6). Do vậy, vận tốc tuyệt đối tại đầu ra số 2 được xác định [7]:

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_2^r + \vec{v}_2^t \tag{2}$$

Khi hạt rời khỏi Rotor, vận tốc tuyệt đối của nó phải đảm bảo đủ lớn để có thể bị phá vỡ khi va chạm với nhau. Cánh Rotor có thể được lắp đặt theo ba cách: dẫn hướng về phía trước, hướng kính và dẫn về phía sau. Từ quan điểm của vận tốc hạt vật liệu, vận tốc của các hạt rời khỏi Rotor là cao nhất khi dẫn hướng về phía trước, tiếp theo là hướng kính. Về mức độ mòn, độ mòn của dẫn hướng phía trước là nghiêm trọng nhất, trong khi độ mòn của dẫn hướng phía sau giảm hơn [11].



Hình 6. Các thành phần vận tốc tại đầu ra cánh dẫn hướng [2]



Khi Rotor chuyển động quay tròn, hạt vật liệu được tạo ra vận tốc kéo theo \vec{v}_2^t tại điểm 2, cũng là vận tốc tiếp tuyến của Rotor tại điểm 2 và được xác định theo công thức sau:

$$v_2^t = \omega \cdot R_2, \text{ m/s} \quad (3)$$

Vận tốc tương đối (\vec{v}_2^r) là vận tốc của hạt so với tấm dẫn hướng và hướng của nó dọc theo tấm dẫn hướng. Góc giữa hướng vận tốc tương đối và góc hướng kính của hạt vật liệu tại điểm 2 bằng với góc của Rotor. Công thức tính vận tốc tương đối như sau:

$$v_2^r = \left[(1 + f^2)^{\frac{1}{2}} - f \right] \cdot \omega \cdot r_2 \cdot [\cos(90^\circ - \beta_2) + f \cdot \sin(90^\circ - \beta_2)], \text{ m/s} \quad (4)$$

Trong đó f là hệ số ma sát của tấm dẫn hướng. Ký hiệu

$$a = (1 + f^2)^{1/2} - f \quad (5)$$

$$b = \cos(90^\circ - \beta_2) + f \cdot \sin(90^\circ - \beta_2) \quad (6)$$

Khi vật liệu của tấm dẫn hướng được xác định, hệ số ma sát của nó là một hằng số. Có thể biết rằng a là một hằng số và b chỉ liên quan đến góc của tấm dẫn hướng. Theo mối quan hệ hình học giữa vận tốc tuyệt đối, vận tốc tương đối và vận tốc kéo theo của hạt vật liệu thì vận tốc tuyệt đối được xác định:

$$v_2^2 = (v_2^r)^2 + (v_2^t)^2 - 2 \cdot v_2^r \cdot v_2^t \cdot \cos(180^\circ - \beta_2) \quad (7)$$

Thay các ký hiệu trong công thức (5), (6) vào công thức (7) thu được

$$v_2 = \omega \cdot R_2 \cdot \sqrt{1 + a^2 \cdot b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cos(180^\circ - \beta_2)}, \text{ m/s} \quad (8)$$

Sau khi hạt vật liệu được gia tốc bởi Rotor, nó sẽ rời khỏi Rotor ở một góc nhất định. Bằng cách điều chỉnh góc ra β_2 sẽ thu được các giá trị vận tốc khác nhau. Tại thời điểm này, vận tốc của hạt rời khỏi Rotor càng cao thì hiệu quả nghiền càng tốt.

2.3.4. Xác định công suất động cơ dẫn động, năng suất nghiền theo góc ra và số vòng quay của Rotor

Khi thay đổi góc nghiêng ra β_2 thì dòng vật liệu qua Rotor cũng thay đổi, điều đó có nghĩa năng suất và công suất dẫn động máy nghiền VSI cũng thay đổi. Công suất Rotor xác định theo công thức:

$$P = \rho \cdot Q \cdot \omega_r \cdot \cos\beta_2 \cdot (R_2 \cdot v_2 - R_1 \cdot v_1), \text{ W} \quad (9)$$

Trong đó: v_1, v_2 - Vận tốc tuyệt đối của vật liệu ở cửa vào và ra, m/s; R_1 - Đường kính vào cánh Rotor, m; ρ (kg/m^3)- khối lượng riêng của vật liệu, trong tính toán minh họa chọn vật liệu có $\rho = 1700$ (kg/m^3).

Trong đó, Q - Năng suất nghiền được xác định như sau:

$$Q = v_2 \cdot \sin\beta_2 \cdot \pi \cdot R_2^2, \text{ m}^3/\text{s} \quad (10)$$

Do trong quá trình làm việc, số vòng quay của Rotor có thể thay đổi. Bằng việc điều chỉnh số vòng quay của Rotor thì năng suất nghiền và công suất động cơ dẫn động Rotor cũng biến đổi theo. Để xác định sự thay đổi này, người ta có thể sử dụng định luật tỷ lệ. Theo định luật tỷ lệ, khi tốc độ quay của Rotor thay đổi từ số vòng quay n_1 đến số vòng quay n_2 thì vận tốc chuyển động tuyệt đối v_2 cũng biến đổi theo. Năng suất nghiền và công suất dẫn động động cơ tương ứng với số vòng quay n_1 và n_2 được gọi là Q_1, P_1 và Q_2, P_2 .

Theo định luật tỷ lệ của máy tuabin, công suất dẫn động máy thay đổi tỷ lệ bậc ba đối với số vòng quay:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (11)$$

Năng suất nghiền tỷ lệ bậc nhất với số vòng quay và được xác định theo định luật tỷ lệ như sau:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \tag{12}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các thông số hình học của Rotor quyết định đến vận tốc va đập và công suất máy. Để tạo được hiệu quả đập tối ưu, tức sự chuyển động của vật liệu khi vận tốc góc của Rotor không đổi mà vận tốc của vật liệu phải đạt giá trị lớn nhất. Các VSI hiện nay

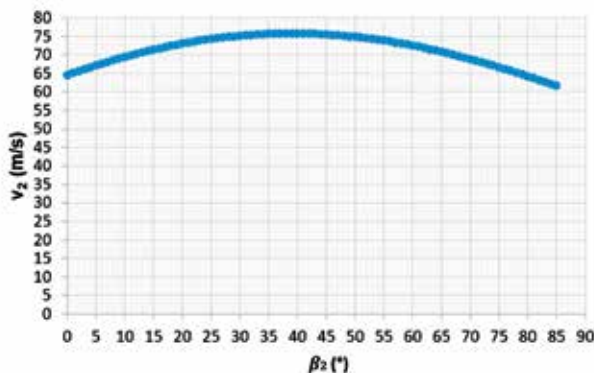
có hai dải tốc độ chính là tốc độ tiêu chuẩn và tốc độ cao. Tốc độ được xác định theo vận tốc chuyển động quay tròn ở điểm ra tương ứng là 52 m/s và 62 m/s [5]. Để đạt được vận tốc này với bán kính Rotor tại điểm ra thì tốc độ Rotor tương ứng được xác định như Bảng 2.

Bảng 2. Tốc độ quay của Rotor

| Vận tốc v_2^t (m/s) | Tốc độ quay Rotor n (vg/ph) | Vận tốc v_2^t (m/s) | Tốc độ quay Rotor n (vg/ph) | Vận tốc v_2^t (m/s) | Tốc độ quay Rotor n (vg/ph) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 52 | 994 | 56 | 1070 | 60 | 1146 |
| 53 | 1013 | 57 | 1089 | 61 | 1166 |
| 54 | 1032 | 58 | 1108 | 62 | 1185 |
| 55 | 1051 | 59 | 1127 | | |

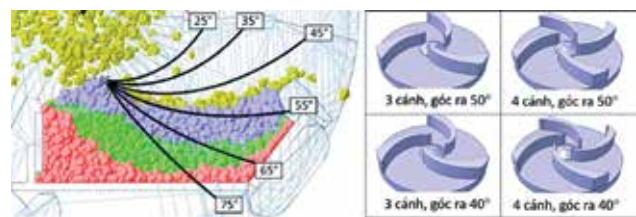
Để xác định góc nghiêng tối ưu của Rotor, các giá trị ban đầu được xác định như sau: hệ số ma sát giữa vật liệu và tấm dẫn hướng của Rotor ; bán kính ngoài của Rotor , bán kính trong của Rotor , tốc độ quay của Rotor . Áp dụng công thức (8), vận tốc tuyệt đối của hạt vật liệu theo góc ra được xác định trên đồ thị Hình 7. Theo kết quả tính toán, vận tốc tuyệt đối của hạt vật liệu tăng dần khi tăng góc nghiêng và đạt giá trị lớn nhất tại góc nghiêng . Khi tiếp tục tăng góc nghiêng thì vận tốc giảm dần.

mềm để mô phỏng chuyển động của hạt vật liệu qua cánh Rotor. Kết quả nghiên cứu của các công trình trước đây, góc ra của Rotor cũng được chọn trong khoảng (xem Hình 8).



Hình 7. Quan hệ giữa vận tốc tuyệt đối của hạt rời khỏi Rotor và góc ra khi n = 994 vg/ph

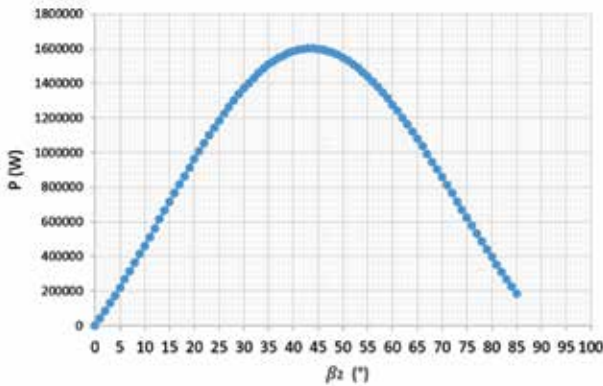
Ngoài việc nghiên cứu lý thuyết để tính toán ảnh hưởng của góc ra đến hiệu suất, năng suất máy nghiền, người thiết kế có thể sử dụng các phần



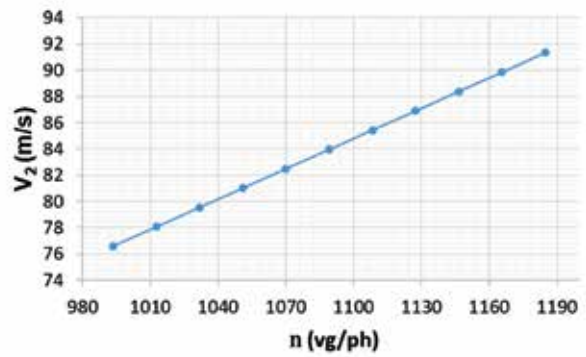
Hình 8. Góc ra theo kết quả mô phỏng [10]

Với các thông số cho trước như trên, mối quan hệ giữa công suất dẫn động và góc ra được xác định và thể hiện trên Hình 9. Theo đó, khi tăng dần góc ra thì công suất dẫn động động cơ tăng dần. Tuy nhiên khi đạt đến giá trị cực đại tại góc ra thì công suất dẫn động giảm dần. Điều này có nghĩa là tăng góc ra làm cho cản trở sự chuyển động của vật liệu qua Rotor. Khi góc nghiêng thì hoàn toàn vật liệu không ra khỏi Rotor được nên năng suất nghiền bằng không hay công suất dẫn động nghiền cũng bằng không.

Khi góc ra không thay đổi, thay đổi tốc độ vòng quay của Rotor sẽ làm thay đổi vận tốc và công suất của máy nghiền VSI. Chọn góc ra cánh dẫn bằng 45 độ, đồ thị thay đổi vận tốc được thể hiện



Hình 9. Quan hệ giữa công suất dẫn động và góc ra khi tần số quay Rotor $n = 994$ vg/ph

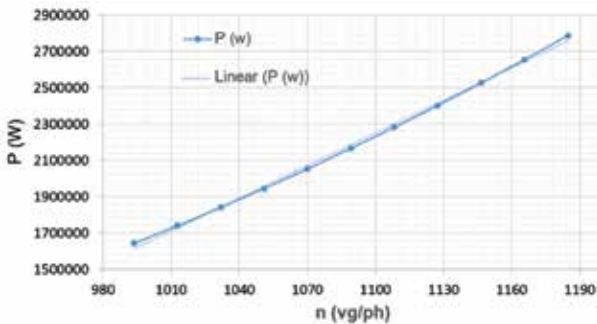


Hình 10. Thay đổi vận tốc tuyệt đối theo tốc độ quay của Rotor

trên Hình H.10. Kết quả cho thấy sự biến đổi vận tốc tuyến tính theo tốc độ quay của Rotor. Khi tốc độ lớn nhất thì vận tốc tuyệt đối của hạt vật liệu lớn nhất.

Kết quả sự thay đổi công suất dẫn động theo số vòng quay Rotor được chỉ trên Hình H.11. Sự thay đổi bậc ba theo tỷ lệ số vòng quay làm cho công suất động cơ dẫn động tăng lên nhanh chóng. Các điểm thay đổi này tạo thành đường cong, tuy nhiên mức độ cong không thể hiện rõ. Khi tốc độ quay lớn nhất $n = 1185$ vg/ph thì công suất dẫn động lớn nhất. Tại tốc độ nhỏ nhất $n = 944$ vg/ph thì công suất dẫn động lớn nhất.

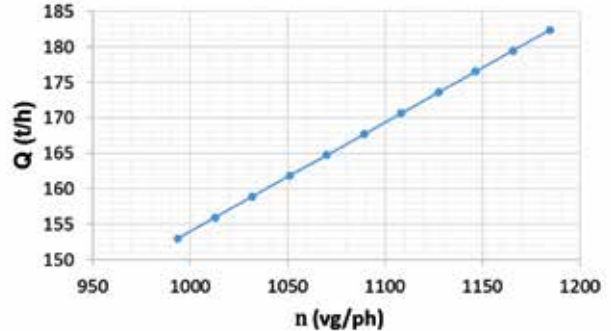
Cùng kích thước Rotor, khi tăng tốc độ vòng



Hình 11. Thay đổi công suất dẫn động theo tốc độ quay của Rotor

quay thì năng suất nghiền cũng tăng. Kết quả tính toán năng suất nghiền phụ thuộc tốc độ vòng quay của Rotor được thể hiện trên Hình 12. Với ví dụ tính cho máy nghiền VSI có kích thước ở trên, năng suất nghiền tăng dần từ 153 tấn/giờ đến 182 tấn/giờ ứng với số vòng quay Rotor từ 994 vòng/phút đến 1185 vòng/phút.

Các máy VSI hiện nay có công suất động cơ từ 75 kW đến 160 kW, tương ứng với đó là năng suất nghiền từ 60 tấn/giờ đến 217 tấn/giờ. Còn công suất động cơ từ 160 kW đến 320 kW, tương ứng với đó là năng suất nghiền từ 125 tấn/giờ đến 545 tấn/giờ. Năng suất tính toán như trên nằm trong phạm vi thực tế, đảm bảo độ tin cậy trong tính toán.



Hình 12. Thay đổi năng suất nghiền theo tốc độ quay của Rotor

4. KẾT LUẬN

➢ Kết quả nghiên cứu về quan hệ giữa góc ra cánh Rotor của máy nghiền đập trực đứng và vận tốc ra hạt vật liệu nghiền cho thấy:

- Khi tăng góc ra Rotor, vận tốc chuyển động tuyệt đối của hạt vật liệu nghiền tăng dần đến giá trị cực đại và sau đó giảm dần. Để đảm bảo vật liệu bị phá vỡ khi va chạm, góc ra hợp lý của Rotor trong khoảng $40^\circ \div 45^\circ$;

- Khi góc ra, công suất động cơ dẫn động đạt giá trị lớn nhất;

- Giá trị góc nghiêng của cánh dẫn Rotor nên chọn trong khoảng từ 40° đến 45° sẽ đáp ứng được về vận tốc chuyển động tuyệt đối của vật liệu lớn nhất cũng như năng suất, công suất của máy nghiền VSI tối đa;

➢ Kết quả nghiên cứu ban đầu này có thể dùng tham khảo khi thiết kế các loại máy nghiền đập trực đứng □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Khắc Lĩnh, Nguyễn Văn Xô, Nguyễn Đăng Tấn, Lê Thị Hồng Thắng (2021). Nghiên cứu xây dựng phương trình xác định đường kính và vận tốc quay của đĩa chia liệu máy nghiền ly tâm va đập trực đứng. Tuyển tập Hội nghị Khoa học toàn quốc về Cơ khí- Điện- Tự động hóa, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, 141-147.
2. Tạ Ngọc Hải, Nguyễn Đăng Tấn (2023). Nghiên cứu xác định quan hệ các thông số hình học cánh rotor dạng cung tròn máy nghiền đập trực đứng. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 4-2023.
3. Cát nhân tạo là gì. Internet <https://www.ximanghuydong.vn/>
4. Sử dụng cát nhân tạo Thiên Nam góp phần bảo vệ môi trường. Internet: <https://thanhtra.com.vn/>
4. Sandvik CV200 Range (2022). Máy nghiền cát trực đứng (VSI). Internet: <https://ghegroup.com.vn/>
6. Bengtsson M., Evertsson C. M. (2018). Modelling of output and power consumption in vertical shaft impact crusher. Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology, Sweden.
7. Feifei F. và nnk (2021). Correlation between the Angle of the Guide Plate and Crushing Performance in Vertical Shaft Crushers. Hindawi, Shock and Vibration, Article ID 9991855
8. Karagianni A. và nnk (2010). Elastic properties of rocks. Proceedings of the 12th International Congress, Patras
9. Salazar J. S. et al (2017). Mathematical modeling of a vertical shaft impact crusher using the Whiten model. Minerals Engineering, DOI: 10.1016/j.mineng.
10. Simon Grunditz (2021). Modeling of Vertical Shaft Impact Crushers. Technical report no IMS-2021-4, Chalmers University of Technology, SE-412 96 Gothenburg, Sweden.
11. Yaqoub Al-Khasawneh (2021). Development and testing of a novel mathematical-physical model for the design of ring armor for the vertical shaft impact crushers. Minerals Engineering 170

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF CENTRIFUGAL ROTOR BLADE PROFILE TILT ANGLE ON MATERIAL VELOCITY AND DRIVING POWER OF VERTICAL SHAFT CRUSHER (VSI) USED IN PRODUCING ARTIFICIAL SAND FROM MINE WASTE ROCK

Nguyen Dang Tan

Thuyloi University

Ta Ngoc Hai

Vietnam Mining Science and Technology Association

ABSTRACT

Vertical shaft impact crusher (VSI) is a type of crusher commonly used in the production of construction materials, especially suitable for crushing rock to produce artificial sand, including mine waste rock. Material particle velocity is an important parameter, directly affecting power consumption, particle size after grinding and productivity of VSI. Calculating impact velocity currently mainly uses empirical formulas, or uses discrete element modeling of the movement of material particles, or some mathematical formulas that do not clarify the influence of tilt angle of the centrifugal rotor blade profile to the speed and power of the rotor driving motor. Based on the reference of mathematical equations for centrifuges with guide vanes, this study focuses on applying mathematical formulas and creating a table to calculate material particle velocity and rotor driving motor power according to tilt angle of centrifugal rotor blade profile. Calculation examples will be compared with VSI models available on the market as a basis for evaluation. The results of this research can be referenced when designing and manufacturing VSI.

Keywords: *VSI, absolute motion speed, rotor driving power, material exit angle*

Ngày nhận bài: 12/8/2023;

Ngày gửi phản biện: 13/8/2023;

Ngày nhận phản biện: 18/9/2023;

Ngày chấp nhận đăng: 23/9/2023.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.