

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH QUAN HỆ CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CÁNH ROTOR DẠNG CUNG TRÒN MÁY NGHIÊN ĐẬP TRỤC ĐỨNG

Tạ Ngọc Hải
 Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ
 Nguyễn Đăng Tấn
 Trường Đại học Thủy lợi
 Email: djemore20@gmail.com

TÓM TẮT

Hiện nay, máy nghiền va đập trục đứng (Vertical shaft impact crusher- VSI) được sử dụng nhiều trong các ngành như xây dựng, khai thác mỏ. Nó sử dụng để nghiền thô và mịn các vật liệu cứng, giòn nhằm cải thiện chất lượng hình dạng hạt của vật liệu nghiền trong sản xuất cốt liệu định hình cao cấp, cát nhân tạo. Thiết kế các bộ phận VSI có ảnh hưởng lớn đến chất lượng của nó. Đặc biệt, biên dạng cánh của rotor có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả nghiền. Hiện nay, thông tin về biên dạng cánh có không nhiều và đầy đủ. Trong nước, một số doanh nghiệp đã chế tạo VSI, biên dạng cánh của các máy này tham khảo mẫu các máy nước ngoài. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xác định quan hệ các thông số hình học cánh rotor dạng cung tròn. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng trong nghiên cứu, thiết kế, chế tạo rotor của VSI.

Từ khóa: máy nghiền, VSI, biên dạng cánh rotor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, máy nghiền chủ yếu được sử dụng trong sản xuất cát là máy nghiền nghiền côn và nghiền va đập trục đứng (VSI). Máy nghiền côn khác biệt bởi khả năng làm giảm kích thước hạt của quặng và đá có độ cứng trung bình trở lên [2]. Tuy nhiên, sản phẩm đầu ra có đặc điểm là chất lượng kém về hình dạng hạt [4]. Trong khi đó, máy nghiền VSI có thể cải thiện hình dạng hạt và tạo ra các hạt hình khối ở tất cả các kích cỡ lớp và khả năng tạo ra các hạt cứng hơn, điều rất được mong đợi trong các ứng dụng vữa xi măng và bê tông [7].

Trong VSI, vật liệu sẽ bị nghiền bởi lực tác động tạo ra động năng cao khiến hạt vật liệu va vào nhau hoặc vào bộ phận cứng hơn. Một số nhà nghiên cứu đã chứng minh rằng, VSI phù hợp để sản xuất cát chất lượng cao [9]. Ngoài ra, máy nghiền VSI có thể giảm tiêu thụ năng lượng trong quá trình nghiền so với các máy nghiền khác [6].

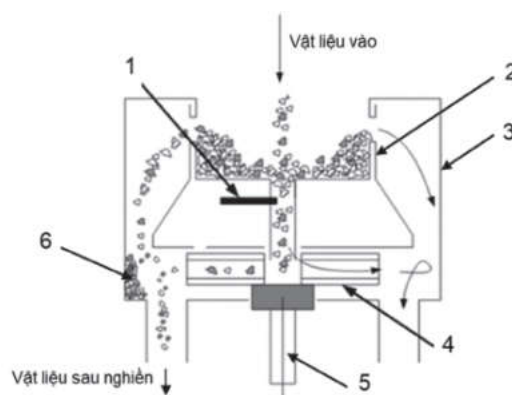
Trong VSI, rotor là bộ phận quan trọng, cánh của rotor là chi tiết tạo ra vận tốc cho các hạt vật liệu khi ra khỏi cánh, va đập với nhau và với vành đe, vỡ thành các hạt có kích thước nhỏ hơn. Chính vì vậy, biên dạng rất quan trọng trong nâng cao hiệu suất nghiền máy. Các VSI hiện nay có nhiều nhiều dạng biên dạng cánh: thẳng, các đường cong, ...

Thông tin về biên dạng cánh rotor VSI không có nhiều. Biên dạng cánh dạng cung tròn là một dạng biên dạng cánh cần quan tâm. Vì vậy, nghiên cứu xác định quan hệ các thông số hình học cánh rotor dạng cung tròn có thể phục vụ áp dụng trong nghiên cứu, thiết kế, chế tạo rotor của VSI.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Biên dạng cánh rotor máy nghiền trục đứng

Sơ đồ kết cấu VSI thể hiện trên Hình H.1.



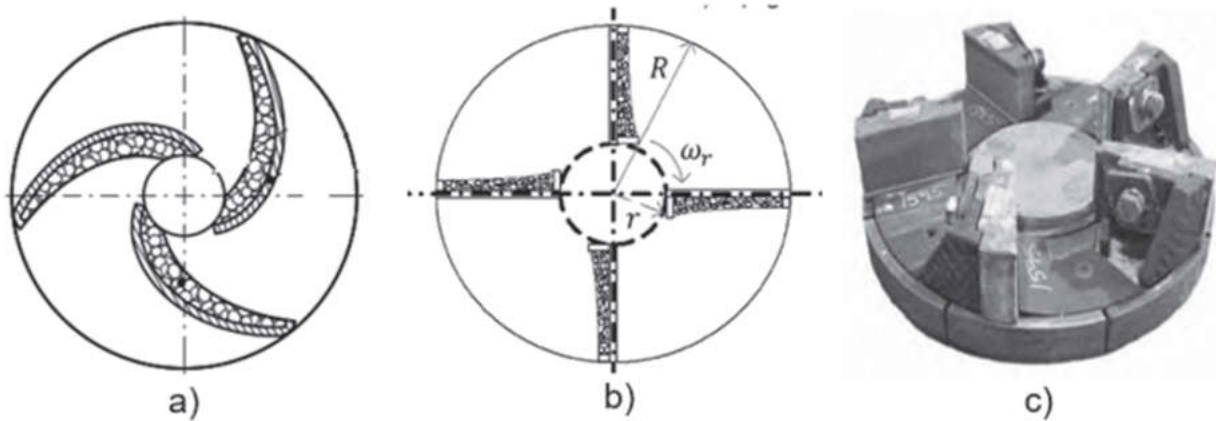
H.1. Sơ đồ kết cấu máy nghiền đập trục đứng [10]

1. Van điều chỉnh; 2. Cửa phân phối; 3. Vỏ máy;
 4. Cánh rotor; 5. Rotor; 6. Vành đe

Vật liệu nghiền qua cửa phân phối 2 được chia thành hai phần: một phần đi qua van điều chỉnh 1 xuống cánh rotor 4; một phần qua khe hở giữa cửa phân phối 2 và vỏ máy 3 rơi xuống. Do rotor quay cho 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 đe và có thể bị bật lại và va đập với đầu búa trên cánh rotor. Quá trình này có thể lặp đi, lặp lại. 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, cũng 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 bật khỏi mặt đe chuyển động lên trên trước khi rơi xuống, làm tăng khả năng va chạm với các hạt vật liệu văng khỏi cánh rotor và bị vỡ tiếp. Tùy theo tính chất vật liệu 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. Khi vật liệu bị vỡ đến kích thước đạt yêu cầu thì chảy ra theo máng tháo.

Trong một số công trình nghiên cứu, cánh rotor có biên dạng hình cong [1, 2, 5, 8]. Như R. Rychel (2001), đã đưa ra biên dạng cánh rotor có dạng hình

cong trong công trình nghiên cứu [8] (Hình H.2a). Trên cơ sở biên dạng này đã khảo sát động học chuyển động hạt vật liệu trên cánh, động lực học va đập của hạt vật liệu. Cũng trong công trình này có đề cập đến cánh rotor của VSI dạng thẳng. Thực tế, hiện nay, nhiều VSI trên thị trường cũng có kết cấu cánh rotor dạng thẳng (Hình H.2b; H.2c). Bengtsson M. et al (2009) [2], Grunditz S. (2021) [5] cũng trên cơ sở các nghiên cứu của R. Rychel với cánh rotor có biên dạng cong, mô tả chuyển động của hạt vật liệu trên cánh, động lực học va đập vật liệu. Grunditz S. tiến hành mô phỏng chuyển động dòng vật liệu bằng phần mềm. Nhiều công trình nghiên cứu tiếp theo đi sâu vào nghiên cứu ảnh hưởng các thông số chi tiết máy VSI tới các thông số làm việc, chủ yếu dùng các phần mềm mô phỏng vật liệu rời. Nói chung, các công trình đều đã nêu đưa ra các kết quả nghiên cứu đã đạt được. Tuy nhiên, một thông số rất quan trọng là biên dạng của cánh, xuất phát của các nghiên cứu động học chuyển động hạt vật liệu, cụ thể là phương trình biên dạng cánh chưa có đủ thông tin. Trong [1], các tác giả đã trích dẫn kết quả nghiên cứu của nước ngoài, nêu đường cong cánh rotor là đường logarit, mô tả bởi phương trình trong hệ tọa độ cực là $r=a\varphi$, từ đó đưa ra một số phương trình động lực học của hạt vật liệu chuyển động trên cánh.

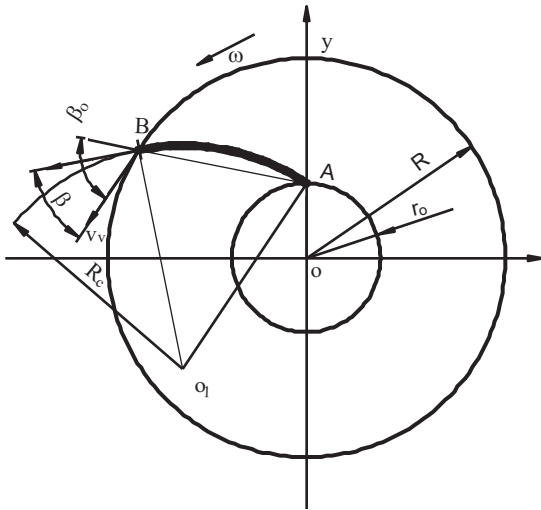


H.2. Các dạng biên dạng cánh rotor máy nghiền trục đứng

a) Dạng cong; b, c) Dạng thẳng

Để thuận lợi trong chế tạo, có thể áp dụng biên dạng cánh rotor VSI là dạng cánh cung tròn (Hình H.3). Đối với biên dạng cánh dạng này, trên đây

cung AB, với góc đặt β_0 , nối A với B bằng cung tròn với bán kính cánh R_c . Biên dạng cánh rotor khi này là cung và với góc ra là β .

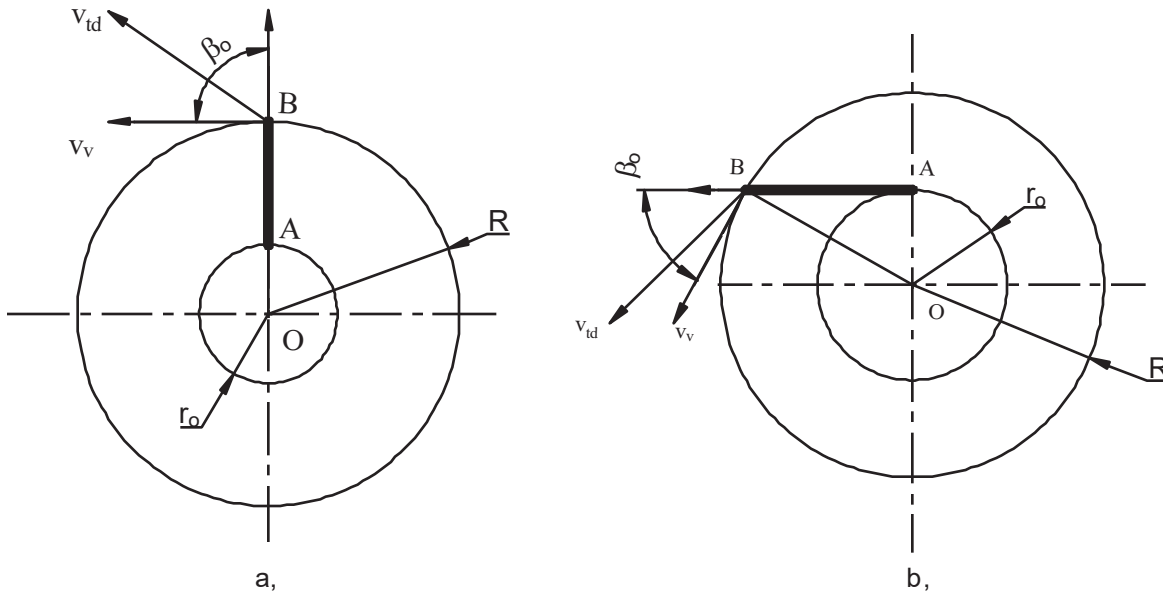


H.3. Cánh rotor dạng cung tròn

2.2. Xác định quan hệ các thông số hình học cánh rotor dạng cung tròn

Đối với cánh rotor VSI, một số thông số sau thông thường là những thông số ban đầu khi thiết kế rotor cũng như cánh của nó, đó là: 1) Đường kính trong r_o và đường kính ngoài R ; 2) Góc ra β . Từ Hình H.3 có thể thấy: $\beta < \beta_o$ (góc ra cánh cung tròn nhỏ hơn góc ra cánh thẳng là dây cung AB).

Xem xét các trường hợp đặc biệt của cánh rotor dạng thẳng: cánh thẳng hướng tâm (Hình H.4a); cánh thẳng tiếp tuyến (Hình H.4b).



H.4. Các trường hợp đặc biệt của cánh rotor dạng thẳng

a) Hướng tâm; b) Tiếp tuyến

Quan hệ giữa β_o , R , r_o thể hiện bằng biểu thức:

- Cánh thẳng hướng tâm: $\beta_o = 90^\circ$

- Cánh thẳng tiếp tuyến: $\beta_o = 90^\circ - \arcsin \frac{r_o}{R}$

Giới hạn biến đổi của β_o

$$90^\circ - \arcsin \frac{r_o}{R} \leq \beta_o \leq 90^\circ \quad (1)$$

Trong đó: r_o - Đường kính trong cánh rotor, m;
 R - Đường kính ngoài cánh rotor, m.

Để xác định các thông số hình học cánh rotor dạng cong với các thông số ch trước R , r_o , β xem

xét các thông số hình học của cánh thể hiện trên Hình H.5.

Góc $\varphi_r = \widehat{AOB}$ xác định theo công thức

$$\varphi_{abo} = \varphi_{ba} + \beta_o - 90^\circ \quad (2)$$

Trong đó: φ_{ba} - Góc giữa dây cung AB và trục oy , độ

$$\varphi_{ba} = \arcsin \left(\frac{R}{r_o} \cos \beta_o \right) \quad (3)$$

$$\varphi_{abo} = \beta_o - 90^\circ + \arcsin \left(\frac{R}{r_o} \cos \beta_o \right) \quad (4)$$



Bán kính quay r_δ của hạt vật liệu xác định theo công thức

$$r_\delta = l_o \cos \left[180^\circ - (\delta_{\varphi A} + \arctg \frac{x_{01}}{y_{01}}) \right] + \left\{ l_o^2 \cos^2 \left[180^\circ - (\delta_{\varphi A} + \arctg \frac{x_{01}}{y_{01}}) \right] - (l_o^2 - R_c^2) \right\}^{1/2} \quad (11)$$

Tương ứng với góc quay $\delta_{\varphi A}$ của hạt vật liệu trong hệ tọa độ xOy , trong hệ tọa độ $x_1O_1y_1$, hạt vật liệu cũng quy một góc $\delta_{\varphi A1}$. Quan hệ giữa $\delta_{\varphi A1}$ với $\delta_{\varphi A}$ xác định theo công thức

$$\delta_{\varphi A1} = \arccos \left(1 - \frac{r_\delta^2 + r_o^2 - 2r_\delta r_o \cos \delta_{\varphi A}}{2R_c^2} \right) \quad (12)$$

Khi đó góc ra hạt vật liệu $\beta_{A'}$ xác định theo công thức

$$\beta_{A'} = \arccos \frac{R_c^2 + r_\delta^2 - l_o^2}{2R_c r_\delta} \quad (13)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

➤ Từ phân tích hình học có thể thấy, cánh rotor dạng cung tròn của VSI có những đặc điểm sau:

- Khi bán kính cánh, cánh rotor trở thành cánh thẳng, là chính dây cung AB, góc ra khi này là ;

- Khi đã xác định được quan hệ các thông số hình học của cánh rotor dạng cung tròn, có thể dùng các kết quả này tính toán, mô phỏng chuyển động hạt vật liệu trên cánh, xác định các thông số kết cấu, động học hợp lý của cánh rotor và bản thân rotor bằng tính toán hoặc áp dụng các phần mềm;

- Kết quả nghiên cứu quan hệ các thông số hình học của cánh rotor dạng cung tròn cũng có thể áp dụng cho các cánh rotor có biên dạng đường cong khác, bằng cách xấp xỉ các đoạn biên dạng cánh này thành từng đoạn cực nhỏ với bán kính cung tròn tương đương, được xác định bằng tính toán;

- Công nghệ chế tạo cánh rotor dạng cung tròn đơn giản hơn, dễ kiểm tra.

➤ Với các công thức đã thiết lập có thể áp dụng trong tính toán thiết kế chọn các kích thước hình học cánh rotor VSI, trong khảo sát động học hạt vật liệu trên cánh dạng cung tròn cũng như các dạng cánh cong khác.

4. KẾT LUẬN

➤ Máy nghiền va đập trực đứng (VSI) có các rotor với cánh dạng thẳng, dạng cong. Có thể áp dụng cánh dạng cung tròn cho VSI;

➤ Để tính toán, thiết kế rotor VSI với cánh dạng cung tròn cần xác định quan hệ các thông số hình học của nó. Các công thức đã thiết lập có thể áp dụng trong tính toán thiết kế chọn các kích thước hình học cánh rotor VSI, trong khảo sát động học hạt vật liệu trên cánh dạng cung tròn cũng như các dạng cánh cong khác □

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 đĩa 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 Mở- Địa chất, 141-147.

2. Bengtsson M., Svedensten, P., Evertsson, C.M.J.M.E. (2009), Improving yield and shape in a crushing plant. Miner. Eng. 22 (7-8), 618-624.

3. Cepuritis, R., Jacobsen, S., Onnela, T.J.M.E. (2015), Sand production with VSI crushing and air classification: Optimising fines grading for concrete production with microproportioning. Miner. Eng. 78, 1-14

4. Cunha, E.R., de Carvalho, R.M., Tavares, L.M.J.M.E. (2013), Simulation of solids flow and energy transfer in a vertical shaft impact crusher using DEM. Miner. Eng. 43, 85-90.

5. Grunditz S. (2021), Modeling of Vertical Shaft Impact Crushers, Gothenburg, Sweden.

6. Lindqvist, M. (2008), Energy considerations in compressive and impact crushing of rock Miner. Eng. 21 (9), 631-641.

7. Ramos, M., Smith, M., Kojovic T.(1994), Aggregate shape-prediction and control during crushing. Quarry Manage. Mag. 21 (11).
- 8- R. Rychel (2001), Modellierung des Betriebsverhaltens von Rotorschleuderbrechern
9. Segura-Salazar, J., Barrios, G.P., Rodriguez, V., Tavares, L.M. (2017) Mathematical modeling of a vertical shaft impact crusher using the Whiten model. Miner. Eng. 111, 222–228.
10. Unland, G., Al-Khasawneh, Y. (2009) The influence of particle shape on parameters of impact crushing. Miner. Eng. 22 (3), 220–228.
11. 银金光,李硕,银恺 (2009), 立式冲击破碎机结构参数的研究, 机械设计与制造, 154-160

RESEARCH AND ESTABLISH THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF CENTRIFUGAL ROTOR BLADES OF VERTICAL SHAFT IMPACT CRUSHERS

Ta Ngoc Hai, Nguyen Dang Tan

ABSTRACT

Currently, artificial sand is very popular used to replace natural sand, the use of vertical shaft impact crushers will create a new solution in construction and bring much more benefits than using natural sand. Vertical shaft impact crushers (VSI crushers) are mainly used in the construction and mining industries to produce high-grade profiled aggregates, artificial sand. The VSI is a crusher for coarse and fine crushing of hard, brittle materials and is used to improve the grain shape quality of the crushed materials. The design of VSI crusher components has a significant effect on equipment productivity. In particular, the proper profile of the centrifugal rotor has a significant influence on the crushing efficiency. Normally, the profile of the centrifugal rotor is determined empirically. Therefore, the collision angle between the incoming material particles and the impact plate is virtually unknown. On empirical design, the angle of impact may be outside the optimal angle. Centrifugal rotor profiles have many different profiles. However, the construction of these profiles for VSI crusher design has not been fully covered in recent studies. Therefore, this study focuses on establishing the VSI blade profile as a basis for determining the motion trajectory of the material particles in the centrifugal rotor as well as the velocity vector of the material particles at the outlet of the centrifugal rotor.

Keywords: VSI crusher, centrifugal rotor, profile, velocity, impact

Ngày nhận bài: 9/6/2023;

Ngày gửi phản biện: 12/6/2023;

Ngày nhận phản biện: 10/7/2023;

Ngày quyết định đăng: 20/7/2023.

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.