

NGHIÊN CỨU QUAN HỆ GIỮA NĂNG LƯỢNG KÍCH ĐỘNG VỚI QUĨ ĐẠO CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT VẬT LIỆU TRÊN MÁY SÀNG RUNG VÔ HƯỚNG LẮP TRÊN TỔ HỢP NGHIÊN SÀNG DI ĐỘNG

RESEARCH ON RELATIONSHIPS BETWEEN THE VIBRATION ENERGY AND THE MOTION OF PARTICLE MATERIAL ON THE INDURATED VIBRATING SCREENING MACHINE MOUNTED ON MOBILE SCREEN CRUSHER COMPLEX

Nguyễn Mạnh Hùng^{1,*},
Lê Duy Long², Bùi Văn Hải²

TÓM TẮT

Trên cơ sở nguyên lý hoạt động của hộp sàng rung vô hướng trong tổ hợp nghiền sàng di động, bài báo trình bày quan hệ giữa năng lượng kích động (lực kích động) với sự chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng nhằm xác định sự thay đổi qui luật và quỹ đạo chuyển động khi thay đổi lực kích động. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để giải bài toán lựa chọn thông số hình học hợp lý cho lưới sàng trên hộp sàng rung vô hướng trong tổ hợp nghiền sàng di động chế tạo tại Việt Nam.

Từ khóa: Chuyển động của hạt vật liệu, sàng rung vô hướng, tổ hợp nghiền sàng di động.

ABSTRACT

Based on the working principle of scalar vibrating sieve box in mobile crushing and screening complex, this paper presents the correlations between vibrating energy (vibrating force) and the motion of material objects on the screen meshes to define their motion trajectory when variation of the component of vibrating force. The results of this work provide the knowledge to solve the problem of finding geometrical characterizations for the screen meshes on scalar vibrating sieve box in mobile crushing and screening complex manufactured in Vietnam

Keywords: Motion of particle material, the indurated vibrating screening, the mobile screen crusher complex.

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hoangsonhung72@gmail.com

Ngày nhận bài: 03/01/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2020

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tổ hợp nghiền sàng phân loại vật liệu xây dựng hay còn gọi là tổ hợp nghiền sàng được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng, trong đó tổ hợp nghiền sàng di động được sử dụng trong xây dựng các

công trình đặc biệt và ở xa trung tâm, trên tổ hợp này sử dụng hộp sàng rung vô hướng với nhiều ưu việt so với các loại sàng khác. Loại máy này có mặt sàng nằm nghiêng nên đảm bảo năng suất máy tốt. Tổ hợp sử dụng hộp sàng rung vô hướng làm việc theo nguyên lý sử dụng lực kích động của khối lệch tâm rung tần số cao tác động lên hộp sàng, tạo ra năng lượng cung cấp cho các hạt vật liệu nằm trên mặt sàng chuyển động liên tục theo dạng bắn lên - rơi xuống, lăn trên mặt sàng và diễn ra quá trình phân loại vật liệu.

Trên cơ sở nghiên cứu về kỹ thuật rung [2]. Từ lý thuyết và thực tiễn về máy sàng rung vô hướng trong tổ hợp nghiền sàng di động cho thấy lực kích động lên hộp sàng ảnh hưởng trực tiếp tới vận tốc ban đầu và quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu [1], tài liệu [3] trình bày cơ sở khoa học xác định các thông số động học và động lực học của máy phân loại vật liệu sử dụng hiệu ứng rung, tài liệu [4] nghiên cứu để nâng cao hiệu quả làm việc của quá trình sàng vật liệu, tài liệu [5] về thiết kế mặt sàng rung và tài liệu [6] nghiên cứu về tối ưu hóa mặt sàng rung. Điều này liên quan đến xác suất lọt lỗ sàng của hạt vật liệu và số lần tiếp xúc của hạt vật liệu với mặt sàng là ít nhất cho phép. Các yếu tố này quyết định đến hiệu quả của quá trình sàng vật liệu. Năng lượng kích động (lực kích động) phụ thuộc vào một số thông số của cụm gây rung như khối lượng khối lệch tâm, bán kính lệch tâm và số vòng quay của trục lệch tâm. Do đó, nội dung của bài báo trình bày cơ sở khoa học về mối quan hệ giữa lực kích động với quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng thông qua vận tốc ban đầu, nhằm đạt được hiệu quả sàng là cao nhất có thể.

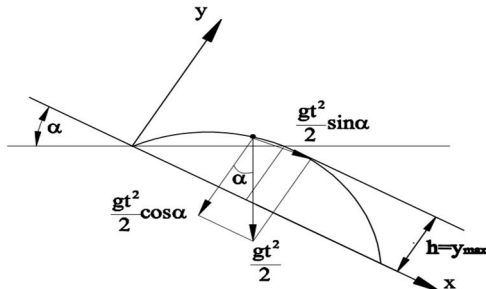
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu trên mặt lưới sàng rung vô hướng

Khi tổ hợp nghiền sàng di động làm việc, hạt vật liệu trên mặt sàng rung vô hướng được bắn lên - rơi xuống và lăn với quỹ đạo chuyển động là một đường pa ra bôn và được mô tả bằng hệ phương trình (1) sau:

$$\begin{cases} y = v_0 t \sin \gamma - \frac{gt^2}{2} \\ x = v_0 t \sin \gamma \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: x, y là tọa độ của hạt vật liệu; v_0 là tốc độ lớn nhất theo hướng dao động (ban đầu) của hạt vật liệu, (m/s); α là góc nghiêng của hộp sàng so với phương ngang, (độ).



Hình 1. Quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng rung vô hướng

Từ hệ phương trình (1) ta có:

$$y = v_0 \sqrt{\frac{2x}{g \sin \alpha}} - \frac{x}{\tan \alpha} \quad (2)$$

Hàm (2) sẽ đạt cực đại khi $x = x_1$ và bằng:

$$x_1 = \frac{v_0^2 \tan^2 \alpha}{2g \sin \alpha} \quad (3)$$

Thay $x = x_1$ và lấy $y = h$ (với h là chiều cao bắn lên của hạt vật liệu) khi đó:

$$v_0 = \sqrt{2gh \cos \alpha} \quad (4)$$

Khi góc nghiêng $\alpha = 20^\circ$, xác định được:

$$v_0 = 4,28 \sqrt{h} \quad (5)$$

Giá trị hợp lý của h là: $h \geq 0,4l$ (với l là kích thước lỗ sàng) đã được các nhà khoa học chứng minh bằng thực nghiệm [1] và giá trị lý thuyết hợp lý của v_0 theo công thức (5) cần phải đạt được trong quá trình làm việc của máy sàng. Mặt khác $v_0 = \dot{x} \cdot \cos \alpha$, trong đó \dot{x} được xác định trong phương trình động lực học máy sàng vô hướng dưới đây:

$$m \ddot{x} + b_x \dot{x} + C_x x_1 = m_0 r_0 \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (6)$$

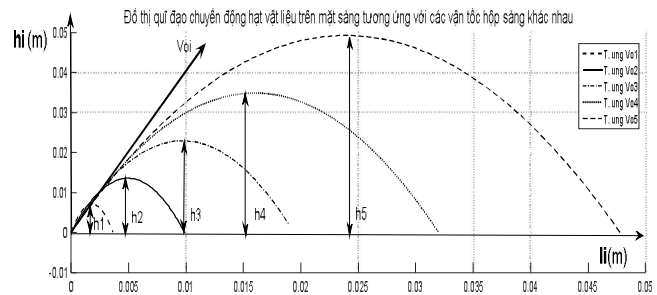
Với: b_x là hệ số dập tắt dao động quy dẫn của các gối lò xo (Ns/m); C_x là độ cứng quy đổi của các gối lò xo (Nm); m là khối lượng của hộp sàng và một phần ba khối lượng vật liệu trên mặt sàng (kg); m_0 là khối lượng khối lệch tâm (kg); r_0 là bán kính khối lệch tâm (m); ω là vận tốc góc của trục lệch tâm (rad/s).

Từ phương trình trên cho thấy nếu giữ nguyên các tham số về độ cứng lò xo (b_x, C_x) và khối lượng dao động của hộp sàng rung (m) thì giá trị \dot{x} và quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu phụ thuộc vào độ lớn của lực kích động hay năng lượng kích động của máy sàng do khối lệch tâm tạo ra ($P_{kd} = m_0 r_0 \omega^2$).

2.2. Xác định quan hệ giữa độ lớn lực kích động và quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng

Với máy sàng rung vô hướng nếu giữ nguyên các tham số như b, C, m ; Khi thay đổi độ lớn lực kích động (P_{kd}) tương ứng xét với 5 trường hợp thay đổi vận tốc hộp sàng (vận

tốc ban đầu của hạt vật liệu) là: 0,35m/s; 0,5m/s; 0,65m/s; 0,8m/s; 0,95m/s (lựa chọn trong vùng tốc độ làm việc của hộp sàng rung vô hướng). Kết quả quỹ đạo chuyển động ứng với các vận tốc này được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu ứng với các vận tốc hộp sàng khác nhau

Giá trị cực đại của các quỹ đạo chuyển động tại các điểm tương ứng theo hình 2 được xác định theo công thức (3), (4) và ghi kết quả trong bảng 1.

Bảng 1. Các giá trị h_i và x_i^{max} tương ứng

STT	Thông số	Giá trị tương ứng				
1	v_0 (m/s)	0,35	0,5	0,65	0,8	0,95
2	h_i (m)	0,0069	0,0136	0,023	0,0349	0,0493
3	x_i^{max} (m)	0,00178	0,00494	0,0097	0,016	0,0239

Để hiệu quả sàng đạt lớn nhất, theo [1] và [4], quỹ đạo chuyển động hợp lý của hạt vật liệu phụ thuộc đồng thời vào hai điều kiện sau: hạt vật liệu lọt qua được lỗ sàng và khi chuyển động không dính vào mặt sàng; xác suất lọt qua lỗ sàng của hạt vật là lớn nhất.

Để thỏa mãn điều kiện thứ nhất, giả sử chọn vật liệu đá sản phẩm là 3x4, tức là đường kính hạt vật liệu lớn nhất lọt sàng $d_{max} = 40mm = 0,04m$; Theo [4] để hạt vật liệu lọt lỗ sàng thì đường kính hạt vật liệu phải nhỏ hơn kích thước lỗ sàng; thực tế để đảm bảo năng suất sàng người với lưới sàng rung vô hướng có lỗ vuông người ta lựa chọn $d \leq 0,75.l$. Do đó kích thước lớn nhất của vật liệu sàng được lấy bằng: $d_{max} = 0,75.l$ (7)

Với l là kích thước của lỗ sàng (lỗ vuông), (m); Với lưới sàng hình chữ nhật có có cạnh là l_1, l_2 thì kích thước lớn nhất sẽ là: $l = \max(l_1, l_2)$;

Theo [2], trong quá trình sàng, hạt vật liệu không kẹt lỗ sàng, hay điều kiện để hạt vật liệu không bị kẹt lỗ sàng là chiều cao h nhỏ nhất của hạt vật liệu bắn lên trong quá trình sàng phải lớn hơn hoặc bằng $0,4l$; tức là $h \geq 0,4l$. Khi thay điều kiện này vào (7), ta có:

$$h \geq \frac{0,4}{0,75} d_{max} = 0,533 d_{max} \quad (8)$$

Thay $d_{max} = 0,04m$ vào (7) ta được: $h \geq 0,021m$;

Để thỏa mãn điều kiện thứ hai, gọi L là chiều dài của hộp sàng, l_1 là khoảng cách một lần chuyển động của hạt vật liệu theo chiều dài hộp sàng (trục x), n_1 là số lần tối đa của hạt vật liệu có thể gặp mặt sàng. Nhận thấy: $l_1 = 2x_i^{max}$

$$\text{Khi đó: } n_i = \frac{L}{l_i} \quad \text{hay} \quad n_i = \frac{L}{2x_i^{\max}} \quad (9)$$

Theo tài liệu [1] xác suất lọt lỗ sàng của hạt vật liệu được tính theo công thức sau:

$$P_n = 1 - (1 - P)^n \quad (10)$$

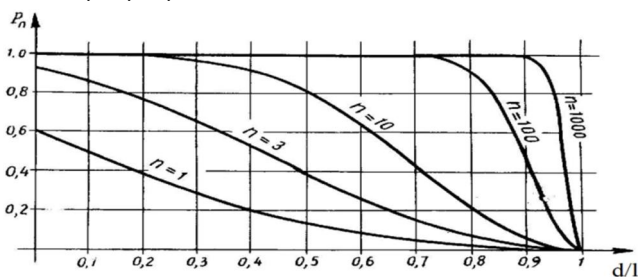
P_n là xác suất lọt lỗ sàng của hạt vật liệu sau n lần “thử lọt qua”.

$$\text{Trong đó, } P = \frac{(l - d)^2}{(l + a)^2} = \frac{l^2}{(l + a)^2} \left(1 - \frac{d}{l}\right)^2; \text{ Với } a \text{ là kích}$$

thước đường kính thanh thép làm lưới sàng, (m).

Với cùng một loại sản phẩm vật liệu sàng và cùng một loại lưới sàng, xác suất lọt qua lỗ sàng P_n phụ thuộc vào số lần gặp mặt sàng n ; (Nhận thấy $1 > P > 0$), theo (10), nếu n càng lớn thì P_n càng lớn.

Hình 3 là biểu đồ về mối quan hệ giữa xác suất lọt qua sàng của hạt vật liệu với số lần gặp mặt sàng n và kích thước hạt vật liệu d .



Hình 3. Mối quan hệ giữa xác suất lọt qua sàng của hạt vật liệu với số lần gặp mặt sàng n và kích thước hạt vật liệu d

Dựa trên biểu đồ quan hệ giữa xác suất lọt lỗ sàng của hạt vật liệu với số lần gặp mặt sàng n và kích thước hạt vật liệu d . Khi lựa chọn $d/l = 0,75$, để đảm bảo xác suất lọt lỗ sàng $\geq 80\%$, tra trên đồ thị hình 3 nhận thấy số lần hạt vật liệu có kích thước d_{\max} gặp mặt sàng trung bình $n_{tb} = 90$ lần.

Áp dụng với máy sàng rung vô hướng ký hiệu mặt sàng NSR-362/3 có kích thước mặt sàng 900x1800, tức là chiều dài hộp sàng $L = 1,8\text{m}$. Kết quả tính toán theo công thức (9) cho kết quả ghi trong bảng 2.

Bảng 2. Các số liệu tính toán v_0, h, l_i, n_i tương ứng

STT	Thông số	Giá trị				
		1	2	3	4	5
1	v_0 (m/s)	0,35	0,5	0,65	0,8	0,95
2	h (m)	0,0069	0,0136	0,023	0,0349	0,0493
3	l_i (m)	0,00356	0,0099	0,0194	0,032	0,0478
4	n_i (lần)	505	182	93	56	37

Nhận xét

Từ các kết quả tính toán trong bảng 2 tương ứng với năm trường hợp vận tốc khác nhau nhận thấy:

Để đáp ứng điều kiện hạt vật liệu không bị lọt sàng trong quá trình sàng thì độ lớn lực kích động lên mặt sàng phải đảm bảo hạt vật liệu nhảy lên độ cao h thỏa mãn điều kiện

(8) ở đây (với đá 3x4 thì $h \geq 0,021\text{m}$); Áp dụng với 5 trường hợp trên nhận thấy trường hợp 1 và 2 không thỏa mãn điều kiện này; Chỉ còn trường hợp 3, 4 và 5 là thỏa mãn.

Từ công thức (10) thấy rằng n càng lớn tức là số lần hạt vật liệu gặp mặt sàng càng nhiều thì xác suất hạt vật liệu lọt qua lỗ sàng càng lớn; Ta thấy $n_3 > n_4 > n_5$. Như vậy trường hợp 3 sẽ cho hiệu suất sàng lớn hơn trường hợp 4 và 5. Đồng thời trường hợp 3 có $n = 93$ lần nên đảm bảo $n > n_{tb}$ (90 lần).

Từ 2 nhận xét trên ta thấy để quá trình sàng vật liệu đạt được hiệu quả lớn nhất đối với hộp sàng rung vô hướng, thì độ lớn lực kích động lên hộp sàng phải đảm bảo sao cho quỹ đạo bắn lên của hạt vật liệu trong quá trình sàng đạt được giá trị tối ưu là $h = 0,533d_{\max}$. Tức là tương ứng với trường hợp 3. Khi đó $v_0 = 4,28\sqrt{0,533d_{\max}}$.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cách xác định mối quan hệ giữa năng lượng kích động và quỹ đạo chuyển động của hạt vật liệu dựa trên hai tiêu chí xác suất lọt lỗ sàng và kháng bị lọt sàng của hạt vật liệu, các chỉ tiêu này ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả và năng suất sàng thông qua việc xác định mối quan hệ giữa chiều cao bắn lên - rơi xuống của hạt vật liệu và đường kính hạt vật liệu thỏa mãn điều kiện $h = 0,533d_{\max}$. Đây là cơ sở khoa học của mối quan hệ giữa độ lớn lực kích động (thông qua vận tốc v_0) với quỹ đạo chuyển động hợp lý (thông qua chiều cao bắn lên h) của hạt vật liệu trên mặt sàng rung vô hướng.

Kết quả nghiên cứu phục vụ cho quá trình lựa chọn thông số hợp lý của hộp sàng rung vô hướng lắp trong tổ hợp nghiền sàng di động theo yêu cầu cho trước về cấp phối hạt vật liệu hoặc nhiệm vụ tính toán thiết kế, chế tạo hộp sàng rung vô hướng nhằm đáp ứng yêu cầu đặt ra trong việc phân loại vật liệu của tổ hợp nghiền sàng di động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Minh Tuấn, Chu Văn Đạt, Bùi Khắc Gậy, 2013. *Máy sản xuất vật liệu xây dựng*. NXB Quân đội nhân dân, Hà Nội.
- [2]. Trần Văn Tuấn, 2005. *Cơ sở kỹ thuật rung trong xây dựng và sản xuất vật liệu xây dựng*. NXB Xây dựng.
- [3]. Sapozhnikov M. Ya, 1970. *Mechanical equipment of enterprises of building materials, products and structures*. Moscow.
- [4]. Tomasz Szymanski, Piotr Wodzinski, 2003. *Screening on a screen with a vibrating sieve*. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 37, 27-36.
- [5]. Zhao, Y., Liu, C., He, X., Zang, C., Wang, Y., Ren, Z, 2009. *Dynamic design theory and application of large vibratingscreen*. Procedia Earth Planet. Sci. 1(1), 776-784.
- [6]. Sergio Baragetti, 2014. *A dynamic optimization theoretical method for heavy loaded vibrating screens*. Springer Science+Business Media Dordrecht.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Manh Hung¹, Le Duy Long², Bui Van Hai²

¹Military Technical Academy

²Hanoi University of Industry