

PHÂN TÍCH CÔNG SUẤT MÁY TRỘN THAN HAI TRỤC NĂM NGANG VỚI MÔ HÌNH TERZAGHI

*Nguyễn Quốc Tính, Lê Thùy Dương – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin
Nguyễn Ngọc Linh, Bùi Đức Tiến, Nguyễn Văn Kỵu – Đại học Thủy Lợi*

Tóm tắt: Máy trộn than loại hai trục nằm ngang được sử dụng rộng rãi trong sản xuất than vì chúng có thể giúp ổn định tỉ lệ của hỗn hợp trong một giới hạn xác định, đồng thời giảm chi phí sản xuất mà không làm giảm hiệu suất của thiết bị. Bài báo này tập trung phân tích mối quan hệ giữa áp lực và công suất của máy trộn than hai trục nằm ngang. Mô hình tính toán áp lực tác dụng lên cánh trộn được xây dựng dựa trên mô hình sức chịu tải của nền, được đề xuất bởi Terzaghi. Lực cản trên mỗi trục trộn được xác định có kể đến sự lệch pha giữa các cánh trộn. Các kết quả cho thấy, công suất của máy trộn than thay đổi lên tới ~30% trong một chu kỳ.

Từ khóa: Máy trộn hai trục nằm ngang, mô hình Terzaghi, pha trộn than.

1 Đặt vấn đề

Máy trộn than loại hai trục nằm ngang được sử dụng rộng rãi trong quá trình sản xuất than để giảm chi phí sản xuất [1], nâng cao năng suất nhờ nguyên lý trộn liên tục. Để mô tả các đặc trưng của quá trình trộn, trong các nghiên cứu gần đây, các tác giả đã sử dụng lý thuyết xác suất thống kê để xây dựng chỉ tiêu chất lượng trộn [3], hay phương trình Fokker-Planck để mô tả chuyển động ngẫu nhiên của các hạt vật liệu trong hỗn hợp [4]. Các nghiên cứu khác tập trung vào mô hình pha trộn để phân tích ảnh hưởng của các thông số thiết kế và sản xuất đến quá trình trộn và tìm ra giải pháp để nâng cao chất lượng trộn, giảm tiêu thụ năng lượng [5-7].

Bài báo này tập trung vào việc phân tích ảnh hưởng của áp lực tác dụng lên cánh trộn đến công suất của máy trộn than hai trục nằm ngang do Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin thiết kế. (Bảng 1)

Bảng 1 – Thông số kỹ thuật của máy trộn than hai trục

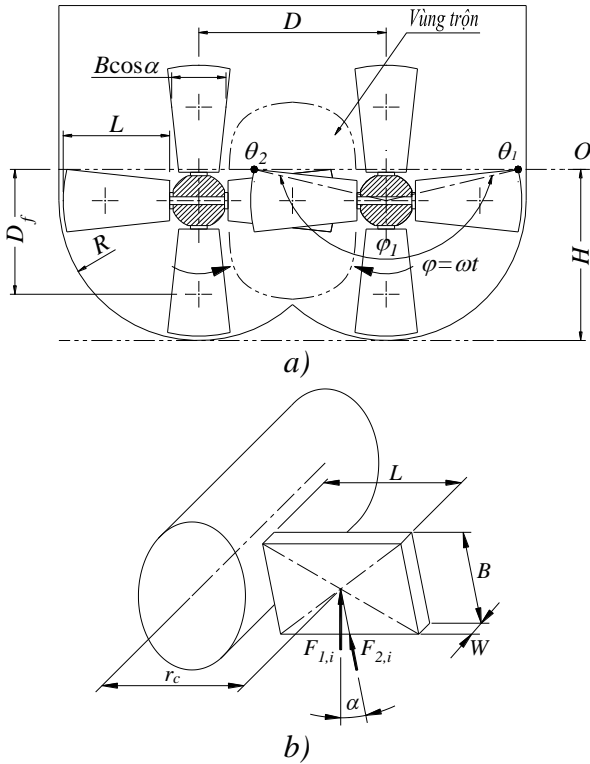
TT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Số vòng quay	n	53	v/ph
2	Góc nghiêng cánh	α	Có thể điều chỉnh	độ

3	Chiều dài cánh trộn	L	0,355	m
4	Bề rộng cánh trộn	B	0,264	m
5	Chiều dày cánh trộn	W	0,0952	m
6	Chiều dài buồng trộn	L_m	3	m
7	Bán kính nửa máng trộn	R	0,5	m
8	Góc nội ma sát của than	ϕ	30	độ
9	Trọng lượng riêng của than	γ	13.46	N/m ³
10	Hệ số dính bám của than	c	2,5	N/m ³
11	Năng suất của máy trộn	Q	300	T/h

2 Tính toán, kết quả và thảo luận

2.1 Xác định lực cản trên cánh trộn bằng mô hình Terzaghi

Máy trộn hai trục nằm ngang gồm hai trục lắp các cánh trộn song song đặt trong buồng trộn có dạng Omega, quay cùng tốc độ nhưng ngược chiều nhau. Vùng nằm giữa hai trục trộn được gọi là vùng trộn (hình 1a). Cánh trộn liên kết với trục trộn bằng tay trộn, được đặt nghiêng một góc α so với mặt phẳng vuông góc với trục trộn để tạo hiệu ứng vừa trộn vừa vận chuyển.



Hình 1 – Hình chiếu (a) và mặt cắt vuông góc (b) với trục của máy trộn than

Đại lượng không thứ nguyên Froude được sử dụng để đánh giá hiệu quả của quá trình trộn [8]. Từ đó, xác định được tốc độ góc tối ưu:

$$\omega = \sqrt{\frac{gF_r}{R}} \quad (1)$$

Trong đó: g – gia tốc trọng trường; F_r – hệ số Froude; R – bán kính nửa máng trộn.

Trong một chu kỳ quay của trục trộn, cánh trộn tiếp xúc với vật liệu trong góc quay $\varphi = [0, \varphi_1]$ (từ θ_1 đến θ_2), không tiếp xúc vật liệu trong góc quay $\varphi = [\varphi_1, 2\pi]$ (từ θ_2 đến θ_1). Chiều sâu phần nhận chìm của cánh trộn trong vật liệu tính từ trọng tâm của cánh đến bề mặt vật liệu tiếp xúc với không khí (mặt thoáng) xác định được là:

$$\varphi = [0, \varphi_1]: \quad D_f(\varphi) = H - R + r_c \cos \varphi \quad (2)$$

$$\varphi = [\varphi_1, 2\pi]: \quad D_f(\varphi) = 0 \quad (3)$$

Trong đó: H – chiều cao vật liệu trong thùng trộn; r_c – nửa chiều dài cánh trộn.

Trong thực tế, tương tác giữa cánh trộn và hỗn hợp trộn là cắt-trượt, lực cản xuất hiện ở cả mặt trước (F_1) và mặt bên (F_2) trên mỗi cánh trộn (hình 1b). Do đó, bài báo này áp dụng mô hình chịu tải của nền, đề xuất bởi Terzaghi [9] để xác định lực cản trên cánh trộn. Tổng áp lực cản trên mỗi cánh trộn được xác định theo công thức:

$$q_{d,i} = \begin{cases} q_{1,i} + q_{2,i} & , \varphi = [0, \varphi_1] \\ 0 & , \varphi = [\varphi_1, 2\pi] \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó

$$q_{1,i} = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B \sin \alpha N_\gamma \quad (5)$$

$$q_{2,i} = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma W N_\gamma$$

Với: $c, \gamma, N_c, N_q, N_\gamma$ được cho trong tài liệu [9].

Trong công thức (5), ba số hạng lần lượt đại diện cho sự dính bám, áp lực gây ra bởi khối lượng vật liệu và do ma sát trong của vật liệu. Vì $D_f = D_f(\varphi)$, $q_{d,i} = q_{d,i}(\varphi)$ nên lực cản của một cánh trộn cũng là một hàm phụ thuộc góc quay:

$$F_i(\varphi) = q_{d,i}(\varphi)[B + W]L \quad (6)$$

Trong đó: L – chiều dài cánh trộn.

Gọi θ là góc lệch pha giữa hai cánh trộn liên tiếp, j là tổng số cánh trộn trên một trục trộn, xác định được tổng lực cản tác dụng lên một trục:

$$\sum_{i=1}^j F_i[\varphi + (i-1)\theta] = \sum_{i=1}^j q_{d,i}[\varphi + (i-1)\theta](B + W)L \quad (7)$$

2.2 Tính toán công suất

Tổng công suất cần thiết của máy trộn than hai trục nằm ngang được tính bằng:

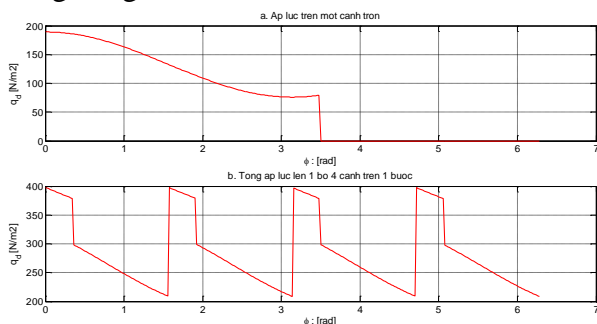
$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 = 2 \sum_{i=1}^j F_i[\varphi + (i-1)\theta] r_c \omega + c_0 Q g L_m \\ &= 2 \sum_{i=1}^j q_{d,i}[\varphi + (i-1)\theta](B + W)L r_c \omega + c_0 Q g L_m \end{aligned} \quad (8)$$

Trong đó: P_1 – công suất để trộn; P_2 – công suất để vận chuyển; c_0 – hệ số cản của vật liệu,

$c_0 = 2,5$ [10]; Q – năng suất của máy trộn; L_m – cự ly vận chuyển.

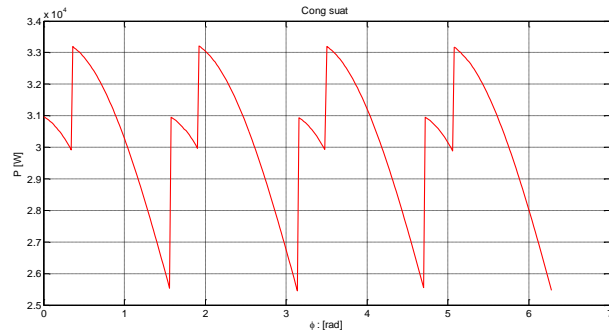
2.3 Khảo sát áp lực và công suất cho một máy trộn than điển hình

Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng mô hình máy trộn than hai trục quay ngược chiều nhau với bốn cánh trộn trong một bước trộn của mỗi trục, hai cánh trộn liên tiếp trong cùng một bước trộn đặt lệch nhau một góc 90° . Các thông số kỹ thuật của máy trộn than dùng để khảo sát áp lực và tính công suất được cho trong bảng 1.



Hình 2 – Áp lực trên một cánh trộn và một bước trộn

Nhóm tác giả đã khảo sát áp lực trên một cánh trộn và một bước trộn ở điều kiện làm việc ổn định trong một chu kỳ làm việc với góc quay $\varphi = 0 \div 2\pi$ [rad] và số vòng quay của trục 53 v/ph. Các kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 2 và 3. Hình 2 thể hiện áp lực trên một cánh trộn và áp lực trên một bước trộn trong một chu kỳ khi góc φ thay đổi trong khoảng $0 \div 2\pi$. Như thể hiện ở hình 2a, áp lực trên một cánh trộn giảm dần từ 189,2 về 0 N/m^2 , tương ứng với góc quay từ vị trí 0 đến θ_1 . Sau đó, áp lực vẫn bằng 0 khi góc quay cánh trộn nằm trong khoảng $\theta_1 \div \theta_2$, kết thúc một chu kỳ. Áp lực trên một bước trộn giảm dần từ 397,3 N/m^2 đến điểm có áp lực nhỏ nhất là 209,2 N/m^2 , được biểu diễn ở hình 2b.



Hình 3 – Công suất của máy trộn than

Công suất của máy trộn than hai trục được thể hiện trên hình 3. Tại vị trí góc $\varphi = 0$, công suất là 30,09 kW. Sau đó, giá trị công suất giảm dần, rồi tăng lên giá trị cực đại 33,19 kW trước khi giảm mạnh đến vị trí thấp nhất 25,54 kW. Như vậy, giá trị công suất của máy trộn than thay đổi $\sim 30\%$ từ thời điểm công suất cực đại tới công suất cực tiểu.

3 Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã phân tích mối quan hệ giữa áp lực của máy trộn than hai trục với công suất tiêu thụ năng lượng ở điều kiện làm việc ổn định trong một chu kỳ làm việc với góc $\varphi = 0 \div 2\pi$ [rad] và số vòng quay của trục là 53 v/ph. Các phương trình được áp dụng cho một máy trộn than hai trục điển hình. Kết quả chỉ ra rằng, giá trị công suất của máy trộn than thay đổi $\sim 30\%$ trong một chu kỳ làm việc.

Nghiên cứu này có thể được áp dụng trong tính toán, thiết kế các chi tiết cho máy trộn than hai trục để tối ưu hóa công suất, đồng thời đảm bảo khả năng trộn đều của máy trộn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Guo Xi-jin, Chen Ming, Wu Jia-wei.** Coal Blending Optimization of Coal Preparation Production Process based on Improved GA. *The 6th International Conference on Mining Science & Technology*. 2009.
2. **Ralf Weinekötter, Hermann Gericke.** Mixing of Solids. *Springer*. 2000.

3. **Minshu Zhan, Shuxian Liu, Yuming Zhang, Guogang Sun, Li Weng.** Markov Chain Modeling the Mixing of Coal and Solid Heat Carriers in a Continuous Colliding Static Mixer. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(16). 2014. PP. 6830-6839.
4. **Kehlenbeck V.** Continuous Dynamic Mixing of Cohesive Powders. *PhD.Thesis*, Technical University of Munich. 2006
5. **Braccesi C., Landi L.** An Analytical Model for Force Estimation on Arms of Concrete Mixers. *In Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference*, San Diego, CA, USA. 30 August - 2 September 2009.
6. **Zechen Yao.** Mechanical Analysis and Optimal Design of Mixing Paddles for sam Mixers. *Academic Journal Of Manufacturing Engineering*, Vol. 17. 2019.
7. **Braccesi C.** An Analytical Model for Force Estimation on Arms of Concrete Mixers. 2009.
8. Equipment Handbook. <https://powderprocess.net/>.
9. **Terzaghi K., Peck R.B.** Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed. John Wiley and Sons Inc., New York, USA. 1996.
10. Conveyor Equipment Manufacturers Association. Screw Conveyors for Bulk Materials. ANSI/CEMA Standard No. 350 Fifth Edition.

