

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THAM SỐ TRONG DÒNG CHẢY HAI PHA RẮN-LỎNG ĐẾN QUỹ ĐẠO HẠT RẮN TRONG VỎ XOẮN ỐC MÁY BƠM LY TÂM

TS. VŨ NAM NGÂN

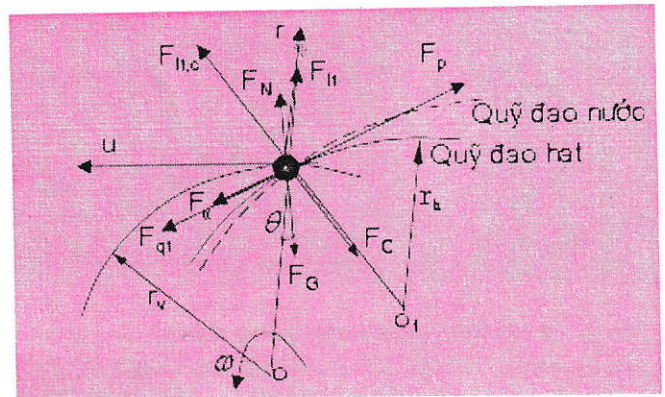
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Máy bơm ly tâm được sử dụng rất rộng rãi để khai thác, vận chuyển và chế biến khoáng sản ở các mỏ và các nhà máy tuyển than, tuyển quặng Việt Nam. Nó còn được sử dụng để nạo vét hồ ao, lòng sông và bến cảng; khai thác cát trong xây dựng; thoát nước và nạo vét lòng moong ở các mỏ. Do phải làm việc với môi trường nước bẩn có chứa tạp chất rắn nên các máy bơm này (còn gọi là máy bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng) bị mòn hỏng rất nhanh chóng. Tình trạng này đã gây nhiều khó khăn cho sản xuất và làm tăng giá thành sản phẩm. Vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số trong dòng chảy hai pha rắn-lỏng đến quỹ đạo hạt rắn là nguyên nhân chính gây ra sự mòn hỏng các máy bơm ly tâm, nhằm nâng cao tuổi thọ của chúng có ý nghĩa khoa học, kinh tế và thực tế hiện nay cho các mỏ và các nhà máy tuyển than, tuyển quặng Việt Nam.

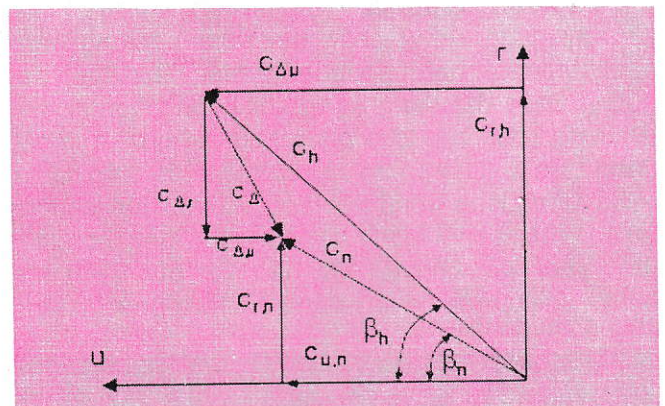
1. Phương trình chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm ly tâm

Mô hình dòng chảy hai pha chất rắn-lỏng trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm là rất phức tạp và khó có thể khảo sát chính xác được. Để có cơ sở phân tích các lực tác dụng lên một phần tử hạt rắn chuyển động, ta sẽ xây dựng mô hình dòng chảy hai pha rắn-lỏng trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm. Các lực tác dụng lên hạt rắn chuyển động trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm phụ thuộc vào hướng và tốc độ chuyển động của hai pha rắn-lỏng. Độ nghiêng quỹ đạo tuyệt đối của hạt rắn trong máng xoắn ốc thay đổi theo từng vị trí của vỏ xoắn. Theo nguyên lý thiết kế máng xoắn ốc của vỏ máy bơm ly tâm thì sự phân chia tốc độ của dòng chảy từ lõi ra của bánh công tác đến sát thành vỏ xoắn tuân theo điều kiện: $(c_{u,n}r_v) = \text{const}$ là phù hợp với quy luật dòng chảy trong đó.

Khi vào vỏ xoắn, chuyển động tuyệt đối của các hạt rắn sẽ được xác định theo hai phương - hướng kính, hướng vòng của bánh công tác, và được xác định như H.1 [1, 2, 7, 8].



H.1. Sự phân bố các lực tác dụng lên hạt rắn chuyển động trong vỏ xoắn ốc



H.2. Các véc tơ tốc độ của pha rắn và pha lỏng trong vỏ xoắn ốc

Do hai pha rắn và lỏng (hay là nước) chuyển động trong máng xoắn ốc với tốc độ tuyệt đối khác nhau (H.2), nên có sự chênh lệch về tốc độ và sự chênh lệch này bằng:

$$\vec{c}_\Delta = \vec{c}_n - \vec{c}_h \quad (1)$$

Từ H.1, các lực tác dụng lên hạt rắn chuyển động là:

❖ Lực ly tâm do bánh công tác quay:

$$\vec{F}_{H,c} = m_h \left(\frac{c_{u,n}}{r_v} \right)^2 \cdot \vec{r}_v \quad (2)$$

❖ Lực Côriôlít:

$$F_c = 2m_h \cdot \frac{c_{u,n}}{r_v} c_h; \quad (3)$$

❖ Lực ly tâm do quỹ đạo cong:

$$F_{lt,c} = m_h \cdot \frac{d^2 c_h}{dt^2}; \quad (4)$$

❖ Lực quán tính:

$$F_{qt} = m_h \cdot \frac{dc_h}{dt}; \quad (5)$$

❖ Lực áp suất:

$$F_p = C_v \cdot m_h \cdot \frac{dc_h}{dt} + (1 - c_v) \cdot m_n \cdot \frac{dc_n}{dt}; \quad (6)$$

❖ Lực cản động học:

$$F_a = A_h \cdot C_a \cdot \rho_n \cdot |c_h| \cdot c_h / 2; \quad (7)$$

❖ Trọng lực:

$$F_G = m_h \cdot g; \quad (8)$$

❖ Lực nâng:

$$F_N = V_h \cdot \rho_n \cdot a_t. \quad (9)$$

Tại H.1 và các công thức trên: m_h, m_n - Khối lượng pha rắn và khối lượng pha nước; c_h, c_n - Tốc độ tuyệt

đối của hạt rắn; $c_{r,h}, c_{r,n}, c_{u,h}, c_{u,n}$ - Tương ứng là tốc độ tuyệt đối hướng kính, tốc độ tuyệt đối hướng vòng của hạt rắn và của nước; $r_{c,v}, r_h$ - Bán kính quỹ đạo cong và bán kính vị trí của hạt rắn đang xét trong vỏ xoắn ốc; c_v - Nồng độ thể tích của pha rắn; c_a - Hệ số cản động học của hạt rắn; g - Gia tốc trọng trường; ρ_n - Khối lượng riêng của nước; V_h, A_h - Thể tích và diện tích cản chuyển động của hạt rắn.

Để thành lập được phương trình chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm ly tâm, áp dụng nguyên lý cân bằng các lực tác dụng lên một phần tử hạt rắn của Dalambé [3]:

$$\sum F_i + F_{qt} = 0. \quad (10)$$

Trong đó: $\sum F_i$ - Tổng các ngoại lực tác dụng lên hạt rắn; F_{qt} - Lực quán tính của hạt.

Từ H.1 và thế các công thức từ (2) đến (9) vào công thức (10), đồng thời chiếu lên hai phương hướng kính và hướng vòng của bánh công tác, biến đổi và rút gọn, ta sẽ nhận được hệ phương trình vi phân chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm ly tâm như sau:

❖ Theo hướng kính:

$$c_{r,h} \frac{dc_{r,h}}{dr_v} = (k_2 - k_1 k_4) \left(\frac{c_{u,n}^2}{r_v} - g \cos \theta \right) + 2 \frac{c_{u,n}}{r_v} (k_1 k_4 c_{u,n} - k_2 c_{u,h}) - k_4 \frac{c_{r,n}^2}{r_v} + \frac{1}{r_v} (k_2 c_{u,h}^2 - k_1 k_4 c_{u,n}^2) - k_3 \sqrt{(c_{r,n} - c_{r,h})^2 + (c_{u,n} - c_{u,h})^2} (c_{r,n} - c_{r,h}); \quad (11)$$

❖ Theo hướng vòng:

$$c_{r,h} \frac{dc_{u,h}}{dr_v} = 2 \frac{c_{u,n}}{r_v} (k_2 c_{r,h} - k_1 k_4 c_{r,n}) + g \sin \theta (k_2 - k_1 k_4) - k_4 c_{r,n} \frac{c_{r,n}^2}{r} - \frac{1}{r_v} (k_2 c_{u,h} c_{r,h} - k_1 k_4 c_{u,n} c_{r,n}) - k_3 \sqrt{(c_{r,n} - c_{r,h})^2 + (c_{u,n} - c_{u,h})^2} (c_{u,n} - c_{u,h}); \quad (12)$$

Trong đó: θ - Góc tạo bởi giữa phương của trọng lực tác dụng lên hạt rắn và bán kính vị trí của hạt rắn trong bánh công tác (H.1);

$$k_1 = \rho_n / \rho; k_2 = (1 - k_1 c_v) / (1 - c_v); \quad (13)$$

$$k_3 = 4 \rho_a \rho_n / [(1 - c_v) d_h \cdot \rho_h]; k_4 = \rho \cdot \rho_a / \rho_n. \quad (14)$$

Tại đây: ρ, ρ_n, ρ_h - Tương ứng là khối lượng riêng của dòng hỗn hợp, của nước và của hạt rắn; d_h - đường kính trung bình của hạt rắn.

3. Ứng dụng phần mềm để tính toán và xây dựng quỹ đạo hạt rắn trong máy bơm ly tâm

Từ chương trình tính toán của phần mềm [2], ta có thể áp dụng tính toán cho bất cứ loại máy bơm ly tâm nào làm việc với dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng. Trong dòng chảy hai pha rắn-lỏng, có nhiều thông số ảnh hưởng đến quỹ đạo chuyển động của hạt rắn, nhưng ở đây chỉ xét đến ảnh hưởng của 3 thông số cơ bản có ảnh hưởng lớn nhất, đó là: nồng

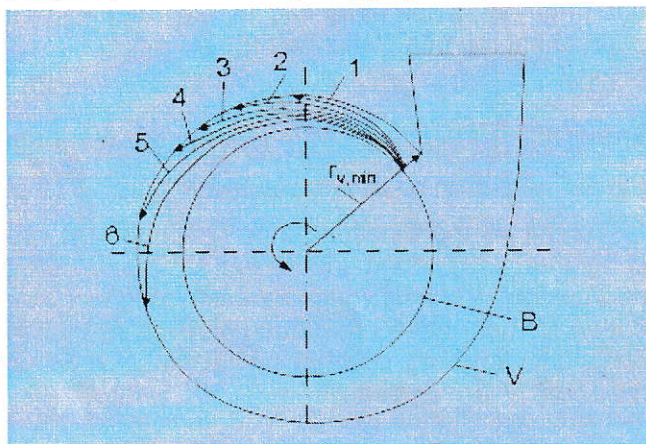
độ thể tích (c_v), đường kính hạt rắn (d_h) và khối lượng riêng của nó (ρ_n). Để xây dựng được quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm ly tâm theo 3 thông số nói trên và đồng thời thấy được ảnh hưởng của các yếu tố này đến quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong máy bơm ly tâm, ta lần lượt thay đổi một trong 3 thông số đó và giữ nguyên 2 thông số còn lại, đó là:

- ❖ Giữ nguyên ρ_n và d_h , thay đổi c_v (đường 1 và 2);
- ❖ Giữ nguyên ρ_n và c_v , thay đổi d_h (đường 3 và 4);
- ❖ Giữ nguyên c_v và d_h , thay đổi ρ_n (đường 5 và 6).

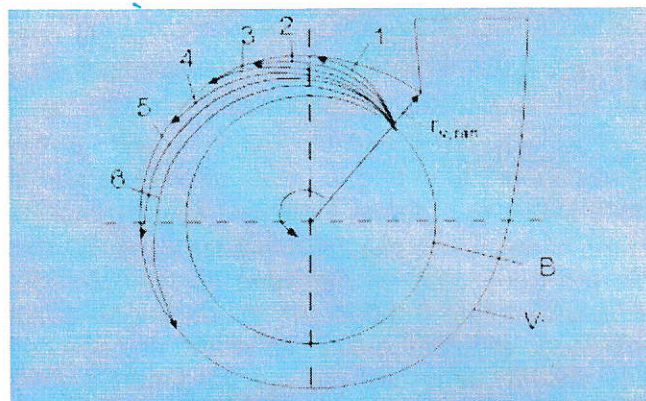
Trên H.3 và H.4 là áp dụng tính toán cho các máy bơm đang được sử dụng ở Công ty sắt Trại Cau Thái Nguyên (máy bơm 8"0100) và Công ty Crômít Cổ Định, Thanh Hóa (máy bơm 6PH03). Kết quả tính toán này sẽ nhận được các thành phần tốc độ tuyệt đối của pha rắn và pha nước theo hai phương của bánh công tác, góc vị trí và góc bao

quỹ đạo của hạt rắn theo vị trí chuyển động của nó trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm, đó là các thành phần: $C_{r,n}$, $C_{u,n}$, $C_{r,h}$, $C_{u,h}$, C_h , $\beta_{h,v}$, $\varphi_{h,v}$.

Những thành phần này được xác định ở nhiều vị trí khác nhau. Từ đây, ta sẽ xây dựng được quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm. Tại các hình H.3 và H.4 là quỹ đạo tuyệt đối của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc của máy bơm ly tâm 8"0100 và máy bơm 6PH03 khi ta thay đổi giá trị của các thông số ρ_h , d_h và C_v .



H.4. Quỹ đạo tuyệt đối của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm 6PH03: B - Bánh công tác; V - Vỏ xoắn ốc; 1 - $C_v=20\%$; 2 - $C_v=10\%$; 3 - $d_h=5\text{ mm}$; 4 - $d=3\text{ mm}$; 5 - $\rho_h=3600\text{ kg/m}^3$; 6 - $\rho_n=3200\text{ kg/m}^3$.



H.3. Quỹ đạo tuyệt đối của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc máy bơm 8"0100: B - Bánh công tác; V - Vỏ xoắn ốc; 1 - $C_v=25\%$; 2 - $C_v=15\%$; 3 - $d_h=3,5\text{ mm}$; 4 - $d=2\text{ mm}$; 5 - $\rho_h=3260\text{ kg/m}^3$; 6 - $\rho_n=2850\text{ kg/m}^3$.

4. Kết luận

Từ các quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong vỏ xoắn ốc ở cả hai máy bơm trên hai hình H.3 và H.4, ta nhận thấy rằng: khi nồng độ, đường kính và khối lượng riêng của hạt rắn tăng lên thì quỹ đạo chuyển động của chúng đều ngắn lại và sẽ va đập

sớm hơn vào thành vỏ xoắn ốc của máy bơm. Điều này cũng đồng nghĩa với việc tập trung nhiều hơn lượng hạt rắn va đập vào thành vỏ máy bơm. Mặt khác, nó cũng làm tăng tốc độ và lực va đập vào thành vỏ xoắn ốc. Kết quả là sẽ làm tăng nhanh sự mòn hỏng vỏ xoắn của máy bơm.

Từ kết quả nghiên cứu trên, ta có thể tính toán và xây dựng được quỹ đạo chuyển động của bất cứ dòng chảy hai pha rắn-lỏng ở trong máy bơm nào, nhằm mục đích tính toán thiết kế, chế tạo hoặc lựa chọn máy bơm sao cho phù hợp với môi trường làm việc của chúng. Từ đó nâng cao được hiệu quả làm việc và tuổi thọ của các máy bơm dùng để bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Nam Ngạn. Luận án Tiến sĩ KHKT. Hà Nội. 1996.
2. Vũ Nam Ngạn. Nghiên cứu nâng cao tuổi thọ của máy bơm ly tâm bơm dòng hỗn hợp rắn-lỏng sử dụng ở các mỏ và các nhà máy tuyển Việt Nam. Đề tài cấp Bộ, mã số B2006-02-12. 9/2008.
3. Đỗ Sanh. Cơ học T2. Nxb ĐHTHCTN, 1990
4. GaoZhi-quang. Experiment study on motion of solid particles. K3, International conference on pumps and systems, May 1992, China, p 504 - 512.
5. Wiedenroth, W. Wear in centrifugal pumps conveying solid-fluid mixtures. Aufbereitungstechnik, Nr 9/1989, p 459-500.
6. Mez, W. The influence of solids concentration, solids density and grain size distribution on the working behaviour of centrifugal pumps. 9 th International Conference on hydraulic transport of solids in pipes. Rome, Italy, 17-19, October 1994, Paper H1. BHRA, The Fluid Engineering Centre, England, p 345-358.
7. Gneipel G. Die partiklbewegung im Radial-Feststoff-Kreiselpumpen. Forschung im Ingenieurwesen-Engineering Research. 58 (1992) Nr, s 6-12.
8. Grabow, G. Partiklbewegung im Laufradkanal und Spiralgehäuseraum beim hydraulischen Feststofftransport mit Kreiselpumpen. Information Pumpen und Verdichter, 2/1987, s 10-16.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The paper introduces some study results of influence of the two-phase fluid-solid stream parameters on the solid grains in the centrifugal pumps machine.