

VẤN ĐỀ GÂY MÒN HỎNG BÁNH CÔNG TÁC BƠM LY TÂM VẬN TẢI DÒNG CHẤT LỎNG CÓ HẠT RẮN

SOME CAUSES OF CORROSION THE IMPELLER OF CENTRIFUGAL PUMPS USED TRANSPORTING FLUID WITH SOLID

ThS. **Bùi Minh Hoàng**
Trường Đại học Mở – Địa chất

TÓM TẮT

Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về máy bơm ly tâm vận tải dòng hỗn hợp rắn lỏng cho thấy quỹ đạo chuyển động của hạt rắn và của chất lỏng mang hạt là không trùng nhau. Trong đó, quỹ đạo của các phần tử chất lỏng ở chế độ làm việc ổn định của bơm thường phù hợp với biên dạng cánh dẫn được thiết kế, còn quỹ đạo chuyển động của các hạt rắn thì lệch khỏi quỹ đạo của dòng chất lỏng. Độ lệch này của quỹ đạo phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau.

Thông thường, các chi tiết của máy bơm ly tâm vận tải dòng hỗn hợp rắn lỏng bị mòn hỏng nhanh chóng do tác động va đập và cọ xát của các hạt rắn vào thành bánh công tác, vỏ xoắn và các chi tiết của bơm.

Từ khóa: Bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn – lỏng; Bơm thải xỉ; Bơm hai pha.

ABSTRACT

Theoretical and experimental studies on centrifugal pumps for transporting solid-liquid mixtures showed that the motion trajectories of solid particles and the liquid do not coincide. In which, the trajectory of the liquid in the stable working mode of the pump is usually consistent with the designed impeller profile, while the motion trajectory of the solid particles is deviated from the trajectory of the liquid flow. This deviation depends on many different factors.

Normally, the components of mixed solid – liquid pump are been corrosive rapidly due to the impact and rubbing of solid particles against the impeller walls, helical casing and pump components.

Keywords: Two-phase flow pump; Mixed solid – liquid pump.



1. GIỚI THIỆU

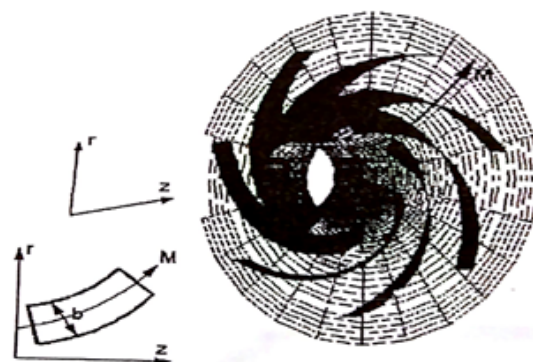
Thực tế sử dụng máy bơm để bơm thoát nước mỏ, bơm cấp liệu trong xưởng tuyển khoáng, bơm thải xỉ trong nhà máy nhiệt điện, khai thác khoáng sản bằng sức nước hoặc khai thác và vận tải vật liệu xây dựng... cho thấy, dưới tác động va đập và cọ xát của các hạt rắn vào thành bánh công tác, vỏ xoắn và các chi tiết của bơm làm cho các chi tiết của máy bơm bị mòn hỏng một cách rất nhanh chóng. Một số nghiên cứu chỉ ra nguyên nhân mòn hỏng chính là do sự va đập và bào mòn của các hạt rắn vào bánh công tác, vỏ xoắn và các chi tiết khác của bơm.

2. VẤN ĐỀ MÒN HỎNG BÁNH CÔNG TÁC CỦA BƠM LY TÂM KHI BƠM DÒNG CHẤT LỎNG CÓ HẠT RẮN

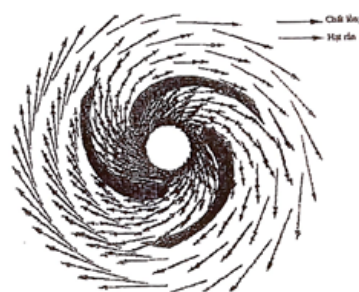
Khi dòng chảy qua máy bơm có chứa hạt rắn với thành phần, nồng độ và kích thước khác nhau, dưới tác động va đập và cọ xát của các hạt rắn vào thành bánh công tác, vỏ xoắn và các chi tiết của bơm làm cho các chi tiết của máy bơm bị mòn hỏng một cách rất nhanh chóng. Các công trình nghiên cứu [1], [3] đã tổng hợp và phân tích tình trạng mòn hỏng của các máy bơm đang sử dụng ở các mỏ Việt Nam, trong đó có chỉ ra nguyên nhân mòn hỏng chính là do sự va đập và bào mòn của các hạt rắn vào bánh công tác, vỏ xoắn và các chi tiết khác của bơm. Những kết quả nghiên cứu trên cho thấy vị trí bị bào mòn nghiêm trọng trên mép vào cánh, trên thân cánh và lòng máng cánh dẫn, trên vỏ xoắn ốc là rất khác nhau, tùy thuộc vào ba yếu tố chính của thành phần hạt rắn trong dòng hỗn hợp được bơm, đó là nồng độ hạt rắn C_v , đường kính hạt rắn D_s và khối lượng riêng của hạt rắn ρ_s .

3. QUỹ ĐẠO CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT RẮN TRONG MÁY BƠM LY TÂM VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA NÓ ĐẾN SỰ MÒN HỎNG CÁC CHI TIẾT MÁY BƠM

Những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm [3], [4], [5] về dòng hai pha trong máy bơm ly tâm đã cho thấy quỹ đạo chuyển động của hạt rắn và của chất lỏng mang hạt là không trùng nhau. Quỹ đạo của các phần tử chất lỏng ở chế độ làm việc ổn định của bơm thường phù hợp với biên dạng cánh dẫn được thiết kế, còn quỹ đạo chuyển động của các hạt rắn thì lệch khỏi quỹ đạo của dòng chất lỏng. Độ lệch này của quỹ đạo phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như nồng độ hạt, đường kính hạt, khối lượng riêng của hạt, vị trí của hạt khi bắt đầu vào cánh dẫn và sẽ thay đổi ở từng vị trí dọc theo máng cánh dẫn bánh công tác và máng xoắn ốc.



Hình 1. Mô hình tính toán bánh công tác [4]



Hình 2. Phân bố véc tơ vận tốc của chất lỏng và của hạt trong bánh công tác [4]

Trên các Hình 1 và Hình 2 chỉ rõ hình ảnh chuyển động tương đối và tuyệt đối của hạt rắn trong bánh công tác và sự phân bố các véc tơ vận tốc của hạt rắn sai khác với vận tốc phần tử chất lỏng. Chính sự sai khác giữa tốc độ của hạt rắn và của phần tử chất lỏng mà sinh ra sự trượt giữa hai pha rắn – lỏng, đồng thời gây tổn thất năng lượng và giảm hiệu suất của máy. Điều quan trọng ở đây chính là do sự sai lệch giữa quỹ đạo chuyển động của hạt rắn so với biên dạng cánh dẫn và thành máng cánh dẫn mà gây nên sự va đập của hạt vào bánh công tác gây vỡ, vỡ và bào mòn bề mặt bánh công tác [4]. Vì vậy, nhiệm vụ thiết kế là phải lựa chọn các thông số cấu tạo của bánh công tác và xây dựng biên dạng cánh và máng cánh dẫn bánh công tác cho phù hợp, hạn chế mức độ mòn hỏng các chi tiết máy bơm. Để thực hiện được

điều đó, ta phải tính toán và xây dựng được quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong bánh công tác và trong vỏ xoắn của máy bơm. Các công trình nghiên cứu về máy bơm ly tâm khi bơm dòng mang hạt rắn [1], [5], đã khảo sát chuyển động của hạt rắn trong máng dẫn bánh công tác và trong vỏ xoắn ốc của một máy bơm ly tâm. Khi đó, các hạt rắn chịu tác động của các lực như: trọng lực, các lực ly tâm do chuyển động quay tròn của bánh công tác và chuyển động vòng của hạt trên quỹ đạo, lực quán tính, áp lực và lực đẩy Acsimet. Trên cơ sở một số giả thiết về dòng chảy Newton và ổn định, bỏ qua một số lực khác, các kết quả nghiên cứu trên đã đưa ra các phương trình vi phân chuyển động của hạt rắn trong bánh công tác và trong máng xoắn ốc như sau [2]:

a. Trong bánh công tác:

- Theo phương hướng kính:

$$\begin{aligned} w_{r,s} \frac{dw_{r,s}}{dr} + \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{r,F} \frac{dw_{r,F}}{dr} = \\ = \left(K - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} \right) r \cdot \omega^2 - 2\omega \left(K w_{u,s} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{u,F} \right) + \frac{1}{\rho_S} \left(K w_{u,s} \sqrt{w_{r,s}^2 + w_{u,s}^2} - \right. \\ \left. - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{u,F} \sqrt{w_{r,F}^2 + w_{u,F}^2} \right) + B \sqrt{(w_{r,F} - w_{r,s})^2 + (w_{u,F} - w_{u,s})^2} (w_{r,F} - w_{r,s}) \end{aligned} \quad (1)$$

- Theo hướng tốc độ vòng:

$$\begin{aligned} w_{r,s} \frac{dw_{u,s}}{dr} + \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{r,F} \frac{dw_{u,F}}{dr} = \\ = 2\omega \left(K w_{r,s} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{r,F} \right) - \frac{1}{\rho_S} \left(K w_{r,s} \sqrt{w_{r,s}^2 + w_{u,s}^2} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} w_{u,F} \sqrt{w_{r,F}^2 + w_{u,F}^2} \right) + \\ + B \sqrt{(w_{r,F} - w_{r,s})^2 + (w_{u,F} - w_{u,s})^2} (w_{u,F} - w_{u,s}) \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó, hệ số K , K_p và đại lượng B được tính theo các công thức sau:

$$K = 1 + \frac{c_v(1-K_p)}{1-c_v} \quad (3)$$

$$K_p = \frac{\rho_F}{\rho_M} \quad (4)$$

$$B = \frac{3}{4} \frac{C_w}{d_s(1-c_v)} \frac{\rho_F}{\rho_S} \quad (5)$$

Trong đó:

w_r, w_u : là các thành phần vận tốc tương đối của hạt rắn chiếu trên phương hướng kính và phương hướng vòng;

C_w : hệ số sức cản;

Chỉ số F cho chất lỏng (Fluid), chỉ số S cho hạt rắn (Solid), chỉ số M cho hỗn hợp chứa hạt rắn (Mixture).

b. Trong buồng xoắn ốc dẫn hướng ra:

- Theo phương hướng kính:

$$\begin{aligned} c_{r,s} \frac{dc_{r,s}}{dr_{vx}} - \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{r,F} \frac{dc_{r,F}}{dr_{vx}} = \\ = \\ \left(K - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} \right) \frac{c_{u,F}^2}{r_{vx}} - 2 \frac{c_{u,F}}{r_{vx}} \left(K c_{u,s} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{u,F} \right) + \\ \frac{1}{r_{vx}} \left(K c_{u,s} \sqrt{c_{r,s}^2 + c_{u,s}^2} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{u,F} \sqrt{c_{r,F}^2 + c_{u,F}^2} \right) + \\ B \sqrt{(c_{r,F} - c_{r,s})^2 + (c_{u,F} - c_{u,s})^2} (c_{r,F} - c_{r,s}) \end{aligned} \quad (6)$$

- Theo hướng tốc độ vòng:

$$\begin{aligned} c_{r,s} \frac{dc_{u,s}}{dr_{vx}} - \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{r,F} \frac{dc_{u,F}}{dr_{vx}} = \\ = 2 \frac{c_{u,F}}{r_{vx}} \left(K c_{r,s} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{r,F} \right) - \frac{1}{r_{vx}} \left(K c_{r,s} \sqrt{c_{r,s}^2 + c_{u,s}^2} - K_p \frac{\rho_F}{\rho_S} c_{r,F} \sqrt{c_{r,F}^2 + c_{u,F}^2} \right) + \\ + B \sqrt{(c_{r,F} - c_{r,s})^2 + (c_{u,F} - c_{u,s})^2} (c_{u,F} - c_{u,s}) \end{aligned} \quad (7)$$

với r_{vx} là bán kính tính đến các điểm trên biên dạng vỏ xoắn ốc dẫn hướng ra của máy bơm.

Các hệ phương trình vi phân nói trên là các phương trình không tuyến tính. Có thể dùng phương pháp giải gần đúng các hệ phương trình vi phân này để tìm được các thành phần tốc độ của hạt rắn trong máng dẫn cánh bánh công tác và trong vỏ xoắn ốc dẫn hướng ra của bơm, cũng có nghĩa là tìm được quỹ đạo chuyển động của hạt nhờ việc xác định góc độ giữa các véc tơ vận tốc theo phương hướng kính và hướng vòng ứng với từng giá trị bán kính trên đường đi của hạt.

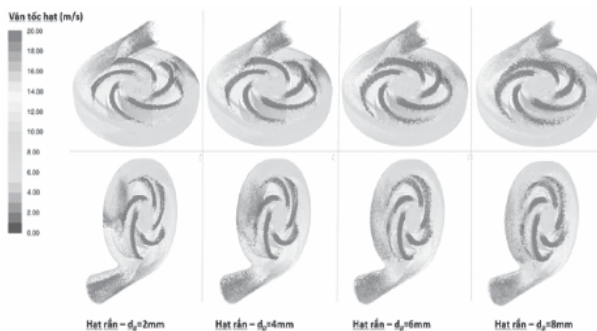
3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

a. Mô hình tính toán là bơm ly tâm một cấp, cánh trụ với các thông số thiết kế như sau: lưu lượng $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, cột áp $H = 54 \text{ mH}_2\text{O}$, và tốc độ quay $n = 1450 \text{ v/phút}$.

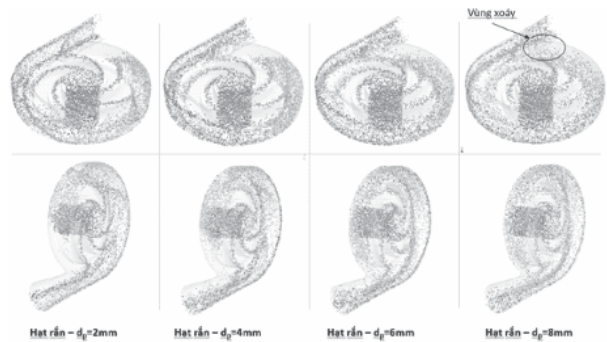
b. Kết quả mô phỏng quỹ đạo và vận tốc chuyển động của hạt rắn (có đường kính thay đổi từ 2÷8mm) trong buồng xoắn bơm như hình 3, 4. Từ đó, cho thấy:

+ Khi đường kính hạt càng lớn thì góc ôm quỹ đạo chuyển động tương đối của hạt càng lớn, do đó hạt càng sớm va đập vào bề mặt cánh dẫn và bào mòn cánh dẫn trên suốt chiều dài từ vị trí va đập đến mép ra của cánh.

+ Vị trí của hạt ở điểm bắt đầu vào cánh bánh công tác cũng sẽ ảnh hưởng đến vị trí bắt đầu va đập của hạt vào bề mặt cánh bánh công tác, cũng có nghĩa là ảnh hưởng đến diện tích bị bào mòn trên cánh dẫn.



Hình 3. Phân bố vận tốc hạt rắn trong buồng xoắn bơm khi thay đổi đường kính hạt rắn



Hình 4. Quỹ đạo chuyển động hạt rắn trong buồng xoắn bơm

Ngày nhận bài: **06/6/2023**

Ngày phản biện: **26/6/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Danh Liên, Nguyễn Văn Bày, Đỗ Huy Cương; Một số đặc điểm tính toán thiết kế bánh công tác và buồng xoắn bơm ly tâm vận chuyển hỗn hợp nước với hạt rắn kích thước lớn, Hội nghị Khoa học “Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2003”.
- [2]. Vũ Nam Ngạn; Máy và thiết bị thủy khí vận chuyển dòng hỗn hợp rắn – lỏng, Trường Đại học Mỏ – Địa chất, 2012.
- [3]. Gaozhigang, Xuhongyan, WuYulin; *Experimental study on motion of solid particle in centrifugal pump impeller*, International Conference on Pumps and Systems, 1978.
- [4]. Li, W.G.; *Numerical calculations of theoretical head of centrifugal pump*, International Conference on Pumps and Systems, 1992.
- [5]. MeiZuYan; *A survey for research and development of slurry pumps in China*, International Conference on Pumps and Systems, 1992.