NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ KẾT CẤU ĐẾN TUỔI THỌ CỦA MÁY BƠM LY TÂM DÙNG CẤP LIỆU Ở CÁC NHÀ MÁY TUYỂN THAN QUẢNG NINH

VŨ NAM NGẠN, VŨ NGỌC TRÀ
Trường Đại học Mỏ-Địa chất
Email: vunamngan@gmail.com

1. Mở đầu

Ở các nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh, máy bơm ly tâm đóng vai trò chính trong việc cấp liệu của dây chuyền công nghệ tuyển. Máy bơm có chức năng bơm dòng hỗn hợp rắn-lỏng từ bể chứa lên các xilo (thùng chứa hỗn hợp) để tuyển khoáng sản. Dòng hỗn hợp rắn-lỏng gồm các tạp chất rắn (than, đá, cát, sỏi,…) với nước, còn gọi là dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng. Mô hình dòng chảy hai pha rắn-lỏng trong máy bơm ly tâm phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, trong đó có hình dáng, kết cấu các chi tiết chính của máy bơm. Đây là một nguyên nhân quan trọng tác động ảnh hưởng đến sự mòn hỏng nhanh chóng máy bơm và hệ thống thiết bị cấp liệu trong dây chuyền công nghệ ở các nhà máy tuyển than. Điều này cũng cũng đồng nghĩa với việc gây khó khăn cho sản xuất và làm tăng giá thành sản phẩm. Vì vậy cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu máy bơm đến sự mòn hỏng và tuổi thọ của nó dùng trong các nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh, để có những biện pháp khắc phục nhằm nâng cao hiệu quả và thời gian làm việc của chúng.

Các thông số kết cấu chính của bánh công tác (BCT) máy bơm ly tâm (MBLT) bao gồm: đường kính trong, ngoài của BCT D_1, D_2, chiều dày cánh S, số lượng cánh Z, góc cấu tạo cánh dẫn ở của hút, cửa đẩy β_1, β_2, góc bao cánh dẫn φ_c đều có ảnh hưởng không nhỏ đến sự tiếp xúc và va đập của các hạt rắn lên BCT. Vì vậy nó là nguyên nhân cơ bản góp phần tạo ra sự mòn hỏng nhanh, dẫn đến giảm hiệu quả làm việc cũng như tuổi thọ của máy bơm.

Các Nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh (Vàng Danh, Cửa Ông, Hòn Gai, Cọc Sáu,...), hiện nay đang sử dụng nhiều loại máy bơm khác nhau của một số nước: Nga, Australia, Nam Phi,... vào dây chuyền công nghệ bơm tuyển khoáng sản và thải đuôi quặng. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của 03 thông số kết cấu chính MBLT là góc vào β_1, góc ra β_2 và góc bao cánh dẫn φ_c đến hiệu quả làm việc và tuổi thọ của 02 loại máy bơm đang sử dụng ở một số nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh.

2. Quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong máy bơm ly tâm

Quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong MBLT là một nhân tố cơ bản tạo ra sự tiếp xúc, va đập của hạt rắn lên bề mặt cánh dẫn BCT. Quỹ đạo chuyển động của hạt rắn phụ thuộc vào các thông số hạt rắn và hình dáng, kết cấu các chi tiết của BCT. Nếu quĩ đạo hạt phù hợp với độ cong (biên dạng) cánh dẫn thì không có sự va chạm của hạt rắn lên cánh dẫn BCT và ngược lại, nếu không phù hợp thì sẽ có va đập, đồng thời gây mòn hỏng BCT. Quĩ đạo chuyển động của hạt rắn trong BCT MBLT chủ yếu phụ thuộc vào 03 thông số chính của nó, đó là khối lượng riêng ρ_h, đường kính trung bình d_h và nồng độ thể tích C_V của pha rắn.

Từ kết quả nghiên cứu [1], [3], phương trình chuyển động của hạt rắn trong BCT MBLT được viết theo hai phương là:

➢ Hướng kính:

$$w_{r,h}.\frac{dw_{r,h}}{d_r} = (k_2 - k_1.k_4)\left(w^2.r - g.\cos\theta\right) - 2.\omega.\left(k_2.w_{u,h} - k_1.k_4.w_{u,n}\right) - k_4.\frac{w_{r,n}^2}{r} +$$

$$+ \frac{1}{r}\left(k_2 w^2_{u,h} - k_1 k_4 w^2_{u,n}\right) - k_3\sqrt{\left(w_{r,n} - w_{r,h}\right)^2 + \left(w_{u,n} - w_{u,h}\right)^2}\left(w_{r,n} - w_{r,h}\right) \quad (1)$$

➢ Hướng vòng:

$$w_{r,h}.\frac{dw_{r,h}}{d_r} = 2.\omega.(k_2.w_{r,h} - k_1.k_4.w_{r,n}) - g.\sin\theta.(k_2 - k_1.k_4) - k_4.w_{r,n}.\frac{w_{r,n}^2}{r} -$$

$$- \frac{1}{r}(k_2.w_{u,h}.w_{r,h} - k_1.k_4.w_{u,n}.w_{r,n}) - k_3.\sqrt{(w_{r,n} - w_{r,h})^2 + (w_{u,n} - w_{u,h})^2}.(w_{r,n} - w_{r,h}) \quad (2)$$

Trong đó: w_h, w_n, $w_{r,h}$, $w_{r,n}$, $w_{u,h}$, $w_{u,n}$ - Tương ứng là tốc độ tương đối, tốc độ hướng kính, tốc độ hướng vòng của hạt rắn và của nước; r - Bán kính vị trí của hạt rắn đang xét; ω - Tốc độ góc của bánh công tác; g - Gia tốc trọng trường; θ - Góc tạo bởi giữa phương của trọng lực tác dụng lên hạt rắn và bán kính vị trí của hạt rắn trong BCT; $k_1=(\rho_n/\rho)$; $k_2=(1-k_1C_v)/(1-C_v)$; $k_3=4c_\alpha\rho_n/[3(1-C_v)d_h\rho_h]$; $k_4=(\rho_h/\rho_n)$; ρ, ρ_n, ρ_h - Tương ứng là khối lượng riêng của dòng hỗn hợp, của nước và của hạt rắn; C_v - Nồng độ vận tải thể tích của pha rắn; d_h - Đường kính trung bình của hạt rắn; c_α - Hệ số cản động học của hạt rắn.

Để giải hệ phương trình vi phân (1) và (2), ở đây lập chương trình tính toán theo phần mềm Turbo Pascal. Kết quả nhận được từ chương trình tính toán này sẽ xây dựng được quỹ đạo chuyển động của hạt rắn đi qua BCT MBLT từ cửa hút đến cửa đẩy của nó.

Từ chương trình tính toán này có thể thay đổi các thông số kết cấu (số liệu đầu vào) của máy bơm, như: đường kính cửa hút D_1, cửa đẩy D_2; chiều dày cánh dẫn (s); số cánh dẫn (z); chiều rộng cánh dẫn ở cửa hút (b_1), ở cửa đẩy (b_2); góc vào (β_1), góc ra (β_2), góc bao cánh dẫn φ_c,... sẽ có được biên dạng cánh dẫn BCT khác nhau.

Để thấy rõ được ảnh hưởng của các thông số kết cấu của máy bơm đến sự tiếp xúc và va đập của hạt rắn lên bề mặt cánh dẫn BCT MBLT, ta nghiên cứu quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong BCT MBLT đang sử dụng ở một số nhà máy tuyển than vùng Quảng Ninh.

Để xây dựng quỹ đạo chuyển động của hạt rắn, ta áp dụng phương trình (1) và (2) tính toán cho 02 loại máy bơm đang dùng trong dây chuyền công nghệ tuyển ở Công ty tuyển than Hòn Gai, Cửa Ông và Vàng Danh trong trường hợp thay đổi góc vào β_1, góc ra β_2 và góc bao φ_c của cánh dẫn, còn các thông số khác không thay đổi (xem hình từ H.1 đến H.6).

Đặc điểm của các máy bơm này là đều bơm hỗn hợp bùn than có các thành phần hạt rắn rất phức tạp, như Fe_3O_4, than (chủ yếu), đá, cát sỏi, bùn đất,... mà chúng rất khác nhau về kích thước, khối lượng riêng và nồng độ vận tải, như: thành phần Fe_3O_4: d≤0,1 mm, d_h=6÷60 mm, ρ_h=1080÷1550 kg/m^3, C_v=35÷45 %; bùn đất chiếm khoảng 4÷7 %. Khối lượng riêng trung bình của tất cả các thành phần chất rắn này vào khoảng 1200÷1450 kg/m^3.

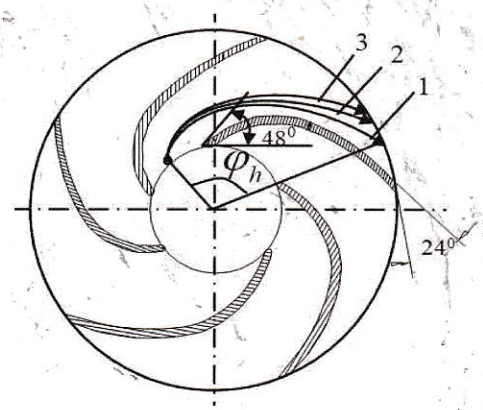
Trên các hình từ H.1 đến H.6 mô tả các quỹ đạo chuyển động tương đối của hạt rắn trong BCT của 02 loại máy bơm ly tâm: METSO-HM250 và DENVER-ORION 200/150F, khi ta thay đổi góc vào β_1, góc ra β_2 và góc bao φ_c của cánh dẫn.

3. Nhận xét ảnh hưởng của các thông số kết cấu chính đến sự mòn hỏng MBLT

Quan sát quỹ đạo chuyển động của 03 loại hạt rắn có đường kính trung bình khác nhau (d_{h1}, d_{h2}, d_{h3}) từ hình H.1 đến H.6, chúng ta đều nhận thấy rằng khi thay đổi góc ra cánh dẫn β_2 (từ hình H.1 đến hình H.3: β_1=48°, β_2=24°, 27° và 30°, φ_c=35^0 và từ hình H.4 đến hình H.6: β_1=45°, β_2=28°, 32° và 35°, φ_c=38^0), ta thấy: sự tiếp xúc và va đập của các hạt rắn với bề mặt cánh dẫn ở lối ra là khác nhau.

Cụ thể là khi góc β_2 tăng dần thì các hạt rắn có xu hướng tiếp xúc, va đập vào bề mặt cánh dẫn ở lối ra của BCT sớm hơn và tăng lên cả về số lượng hạt cũng như cường độ va đập.

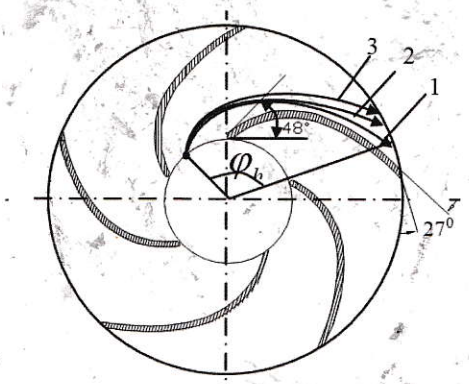
Điều đó sẽ làm cho các cánh dẫn nhanh mòn hỏng hơn và do đó làm giảm hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy bơm. Như vậy, càng ra phía ngoài cánh dẫn thì góc bao quỹ đạo của hạt rắn (φ_h) càng tăng lên và tốc độ của hạt càng lớn.



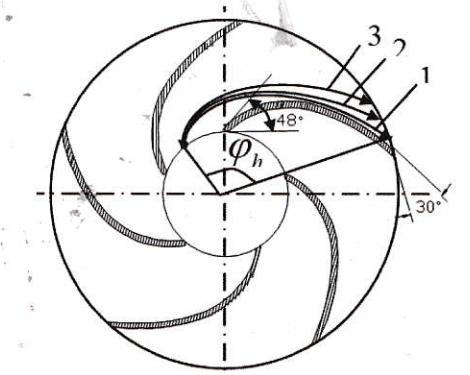
H.1. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250: Q=600 m^3/h; H=25 mH_2O; n=1475 v/ph; N=75 kW; η_{tl}=0,67; Z=5; β_1=48°, β_2=24°; C_v=40 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=35 mm; d_{h3}=15 mm

Góc bao quỹ đạo hạt rắn φ_h có liên quan chặt chẽ với góc bao cánh dẫn φ_c [2], [4], [5], [6], [8]. Nếu góc bao φ_h lớn, còn góc bao φ_c nhỏ thì sẽ tạo điều kiện cho các hạt rắn tiếp xúc, va đập lên bề mặt ngoài cánh dẫn tăng lên. Do đó, khả năng va đập của hạt rắn ở phía ngoài cánh dẫn càng mạnh hơn. Góc vị trí chuyển động của hạt rắn (β_h) sẽ giảm dần khi bán kính BCT (r) tăng, nghĩa là độ cong quỹ đạo của hạt rắn sẽ tăng dần (φ_h tăng). Điều này chứng tỏ xu hướng va đập của hạt rắn vào bề mặt cánh dẫn sẽ tăng theo và phạm vi cánh dẫn bị mòn hỏng sẽ lớn hơn.

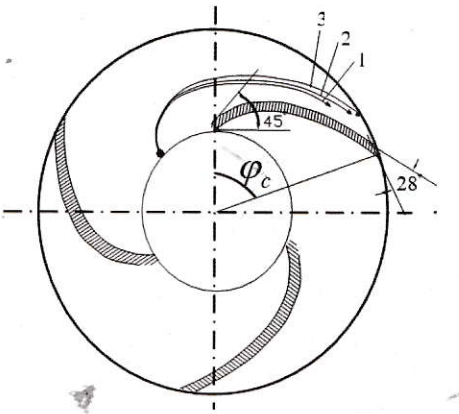
Góc vào của quỹ đạo hạt rắn (β_{1h}) luôn lớn hơn góc ra (β_{2h}) của nó ở phía ngoài BCT, và nó phụ thuộc vào kết cấu cánh dẫn (β_1, β_2 và φ_c) [6], [7], [8], [9] cùng với giá trị của các thông số ρ_h, d_h và C_v. Nếu các thông số này thay đổi thì các góc β_{1h}, β_{2h} cũng thay đổi theo.



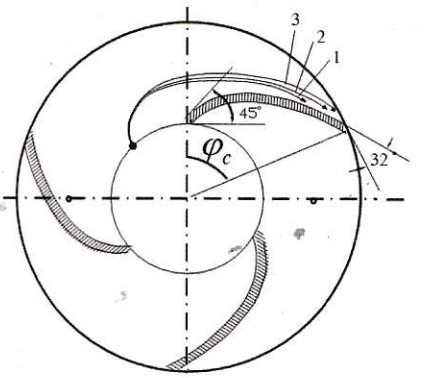
H.2. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250: Q=600 m^3/h; H=25 mH_2O; n=1475 v/ph; N=75 kW; η_{tl}=0,67; Z=5, $\beta_1=48^o$, $\beta_2=27^o$; C_v=40 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=35 mm; d_{h3}=15 mm



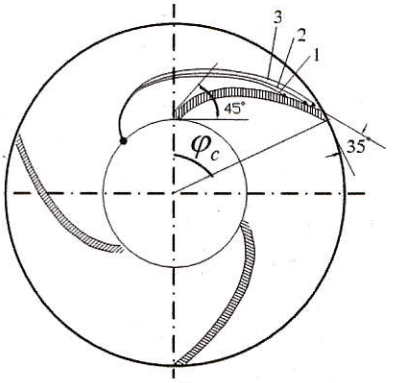
H.3. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250: Q=600 m^3/h; H=25 mH_2O; n=1475 v/ph; N=75 kW; η_{tl}=0,67; Z=5, $\beta_1=48^o$, $\beta_2=30^o$; C_v=40 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=35 mm; d_{h3}=15 mm



H.4. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm METSO-HM250. Q=600 m^3/h; H=25 mH_2O; n=1475 v/ph; N=75 kW; η_{tl}=0,67; Z=5, $\beta_1=48^o$, $\beta_2=24^o$; C_v=40 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=35 mm; d_{h3}=15 mm



H.5. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F. Q=365 m^3/h; H=18 mH_2O; n=1480 v/ph; N=110 kW; η_{tl}=0,85; Z=3, $\beta_1=45^o$, $\beta_2=32^o$; C_v=45 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=45 mm; d_{h3}=30 mm



H.6. Quỹ đạo tương đối của hạt rắn trong BCT máy bơm DENVER-ORION 200/150F. Q=365 m^3/h; H=18 mH_2O; n=1480 v/ph; N=110 kW; η_{tl}=0,85; Z=3, $\beta_1=45^o$, $\beta_2=35^o$; C_v=45 %; ρ_h=1420 kg/m^3; d_{h1}=60 mm; d_{h2}=45 mm; d_{h3}=30 mm

Từ các kết quả trên, ta nhận thấy rằng khi góc cấu tạo cánh dẫn ở lối vào β_1 nhỏ (45^0), các hạt rắn khi bắt đầu vào BCT sẽ dễ dàng va chạm nhanh vào chân cánh dẫn, đồng thời tạo điều kiện cho các hạt khác nhanh chóng chuyển động va đập lên bề măt phía ngoài (đầu) cánh dẫn. Trường hợp này tương ứng với góc bao quĩ đạo hạt (φ_h) nhỏ. Ngược lại, khi góc vào cánh dẫn β_1 lớn hơn (48^0) các hạt rắn khi bắt đầu vào BCT thường ít va chạm vào chân cánh dẫn mà vượt nhanh ra khỏi BCT, nên cũng rất ít va đập vào đầu cánh dẫn. Trường hợp này tương ứng với góc bao quĩ đạo hạt (φ_h) lớn hơn. Còn ở lối ra BCT, góc β_2 mà lớn thì khả năng va đập của các hạt rắn vào bề mặt cánh dẫn sẽ tăng lên. Mặt khác, khi một trong 3, hoặc cả 3 thông số của hạt rắn (ρ_h, d_h và C_v) mà tăng lên thì sự tiếp xúc và va đập của nó vào bề mặt cánh dẫn ở phía ngoài cánh dẫn của BCT cũng sẽ tăng lên. Như vậy, đối với các máy bơm ly tâm khi bơm hỗn hợp rắn-lỏng, góc ra cánh dẫn β_2 càng nhỏ thì càng tránh được sự va đập của pha rắn. Tuy nhiên, khi góc β_2 quá nhỏ thì sự va đập của các hạt rắn lại đến từ phía mặt bụng (mặt dưới) của cánh dẫn. Mặt khác, khi góc β_2 nhỏ thì khả năng tạo áp suất toàn phần bị giảm đi và tổn thất áp suất của dòng chảy qua máy sẽ tăng lên, như vậy sẽ làm giảm hiệu quả làm việc của máy bơm. Một cách hợp lý nhất là ta phải tính toán, lựa chọn góc β_2 sao cho phù hợp với quỹ đạo chuyển động của hạt rắn trong BCT.

4. Kết luận

Hình dáng, kết cấu cánh dẫn BCT của MBLT đươc cấu tạo bởi 03 thông số chính: β_1, β_2 và φ_c có ảnh hưởng lớn đến qũy đạo chuyển động của hạt rắn trong MBLT. Các thông số trên là nguyên nhân chính gây ra sự tiếp xúc, va đập của hạt rắn lên BCT, gây mòn hỏng nhanh chóng các chi tiết của nó, làm giảm hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy bơm trong dây chuyền công nghệ tuyển ở các nhà máy tuyển than, tuyển quặng vùng Quảng Ninh nói riêng và Việt Nam nói chung. Vì vậy cần phải nghiên cứu sự ảnh hưởng này để có những biện pháp hữu hiệu nhằm nâng cao tuổi thọ và hiệu quả làm việc của nó.❐

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Nam Ngạn. Khảo sát sự mòn hỏng bánh công tác của máy bơm ly tâm khi bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng. Hội nghị Khoa học lần thứ 12 Trường Đại học Mỏ-Địa chất, tháng 11-1996.

2. Vũ Nam Ngạn. Ảnh hưởng của góc vào cánh dẫn đến quỹ đạo của hạt rắn trong bánh công tác may bơm ly tâm dùng để bơm dòng hỗn hợp hai pha rắn lỏng. Tạp chí KHKT Mỏ-Địa chất, Số 16, tháng 10-2006. Tr. 66-68.

3. 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, Hà Nội-2008.

4. Vũ Văn Thịnh. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự làm việc của máy bơm ly tâm dùng để bơm cấp liệu tại Công ty tuyển than Cửa Ông và phương pháp nâng cao hiệu quả làm việc của chúng. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội, 2010.

5. Rayan, M.A; Gad El Hak, N. and Said Askr. Effect of impeller design changes on erosion of centrifugal dredge pumps. FED-Vol. 153.

6. Rayan, M.A; Gad El Hak, N. and Said Askr- Effect of impeller design changes on erosion of centrifugal dredge pumps. FED-Vol. 153.

7. Cave, I.1976. Effects of suspended solids on the performance of centrifugal pumps. Fourth international conference on the hydraulic transport of solids in pipes. Hydrotransport 4, Paper H3.

8. Gao Zhi-qing; Xu Hongyuan; Wu Yu-Lin. 1992. Experimental study on motion of solids particle in centrifugal pump impellers. International conference on pumps and systems. K3, p.504-512.

9. Mez, W.1984. The influence of solids concentration, solids density and grain size distribution on the working behaviour of centrifugal pumps. 9th International conference on hydraulic transport of solids in pipes. Rome, Italy.

Ngày nhận bài: *18/09/2017*

Ngày gửi phản biện: *26/10/2017*

Ngày nhận phản biện: *29/02/2018*

Ngày chấp nhận đăng bài: *10/04/2018*

Từ khóa: *cánh dẫn; sự tiếp xúc, va đập; hạt rắn; máy bơm; nhà máy tuyển than, tuyển quặng*

SUMMARY

This paper presents the study results of the effect of three main structural parameters of the centrifugal pump (the input angle β_1, the output angle β_2, and the angle φ_c of conduction) influence onthe efficiency and longevity of the pumps used in some coal mine in Quảng Ninh. From there, the paper give the basic methods to improve the working performance and age of the pumps.