

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ VẬN TẢI HỖN HỢP BÙN THAN TẠI NHÀ MÁY TUYỂN THAN VÀNG DANH 2

NGUYỄN DUY CHỈNH

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: nguyenduychinh@humg.edu.vn

1. Đặc tính hỗn hợp bùn than sau cô đặc

Trong công nghệ vận tải dòng hai pha bằng đường ống, các đặc tính về nồng độ, khối lượng riêng, độ nhớt, ứng suất trượt của hỗn hợp có ảnh hưởng lớn đến quá trình tính toán các thông số vận tải. Do đó, công việc đầu tiên trong quá trình tính toán vận tải bằng đường ống là xác định các đặc tính nêu trên. Đối với hỗn hợp bùn than sau khi được cô đặc tại Nhà máy Tuyển than Vàng Danh 2, đặc tính của nó chủ yếu phụ thuộc vào thành phần hạt than bùn và nồng độ thể tích.

1.1. Thành phần hạt bùn than

Bằng phương pháp phân tích thành phần cỡ hạt của bùn than cho thấy, cỡ hạt nhỏ ($\pm 0,045$ mm) chiếm tỷ phần khá lớn, trên 50 %, trong đó các hạt

Bảng 1. Thành phần cỡ hạt bùn than

Cỡ hạt (mm)	0,045	0,045±0,063	0,063±0,074	0,074±0,1	0,1±0,5
Tỷ lệ (%)	56,15	0,87	2,70	13,97	26,31

1.2. Tính lưu biến của hỗn hợp bùn than

Tính lưu biến là sự mô tả quan hệ giữa ứng suất trượt (lực tác dụng trên một đơn vị bề mặt tiếp xúc giữa hai lớp chất lỏng) và tỷ suất trượt (tỷ số giữa độ chênh lệch vận tốc của hai lớp chất lỏng và khoảng cách giữa chúng, còn gọi là gradient vận tốc) của hỗn hợp thủy lực bùn than. Theo thành phần cỡ hạt được xác định, hỗn hợp thủy lực bùn than tại nhà máy tuyển than Vàng Danh 2 có đặc tính của chất lỏng phi Newton. Đối với chất lỏng Newton, tỷ số giữa ứng suất trượt và tỷ suất trượt là một hằng số nhưng với chất lỏng phi Newton thì mối quan hệ giữa hai đại lượng này là phức tạp hơn.

Độ nhớt là một đại lượng vật lý đặc trưng cho trở lực do ma sát nội tại sinh ra giữa các phân tử khi chúng có sự chuyển động trượt lên nhau. Nó là nguyên nhân sinh ra sự tổn thất năng lượng trong dòng chảy, vì vậy, tính nhớt của hỗn hợp chất lỏng

có kích thước từ $0,045 \pm 0,1$ mm chiếm tỷ phần nhỏ, khoảng 17 %, còn lại là các hạt có cấp độ lớn hơn đến 0,5 mm [1]. Nồng độ thể tích bùn than tại đáy bể cô đặc được xác định khoảng 50 %. Dựa trên thành phần cỡ hạt, nồng độ đã được xác định và cách phân loại cấp độ thủy lực [2], hỗn hợp bùn than sau cô đặc là hỗn hợp thủy lực dạng cấu trúc (hay huyền phù).

Hỗn hợp dạng cấu trúc chứa phần lớn các hạt chất rắn có kích thước bé từ 1 ± 50 μ m. Nhờ lực hút phân tử, chúng liên kết với nhau và được giữ trong lòng chất lỏng bằng các lực liên kết bề mặt giữa hai pha rắn-lỏng tạo nên một màng lưới cấu trúc. Độ bền của lưới cấu trúc này phụ thuộc vào nồng độ pha rắn, mức độ phân tán của các hạt.

là yếu tố rất quan trọng. Với thành phần bùn than có chứa lượng lớn cỡ hạt mịn (0,045 mm), có thể xác định độ nhớt theo Guth and Simha [4]:

$$\mu_h = \mu_n (1 + 2,5 \alpha_v + 14,1 \alpha_v^2). \quad (1)$$

Trong đó: μ_h - Độ nhớt hỗn hợp bùn than; μ_n - Độ nhớt của nước; α_v - Tỷ phần thể tích hạt trong hỗn hợp.

Ứng suất trượt của các chất lỏng phi Newton thông thường được xác định thông qua ứng suất trượt ban đầu, hệ số đậm đặc và chỉ số đặc tính chảy của nó. Trong kỹ thuật cơ học chất lỏng, có một số mô hình chất lỏng phi Newton như: chất lỏng Bingham, chất lỏng Power Law và chất lỏng Herschel Bulkley (H.1). Mỗi loại chất lỏng này có ứng suất trượt được xác định theo các quan hệ khác nhau. Chẳng hạn, với chất lỏng Bingham, ứng suất trượt được xác định theo mối quan hệ:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \frac{dv}{dy}. \quad (2)$$

Trong đó: τ - Ứng suất trượt; τ_0 - Ứng suất ban đầu, ứng suất cần thiết để có sự dịch chuyển; μ_p - Độ nhớt dẻo Bingham; dv/dy - Tỷ suất trượt hay gradien vận tốc, đặc trưng cho sự thay đổi vận tốc dọc của các lớp chất lỏng.

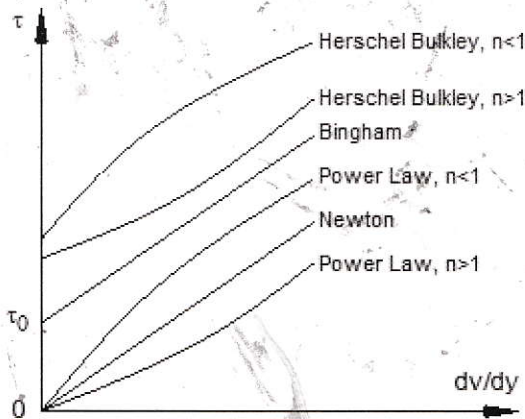
Với chất lỏng Power Law, quan hệ là:

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad (3)$$

Ở đây: k - Hệ số đậm đặc; n - Chỉ số đặc tính chảy. Hệ số đậm đặc k biểu thị độ đậm đặc của chất lỏng và là đại lượng tương tự độ nhớt biểu kiến, khi k tăng thì độ đậm đặc của chất lỏng tăng. Chỉ số n cho biết đặc tính phi Newton của chất lỏng. Khi $n=1$ công thức ứng suất trượt của chất lỏng Power Law có dạng tuyến tính như chất lỏng Newton. Khi $n>1$, chất lỏng là chất lỏng trương nở, độ nhớt biểu kiến tăng khi tỷ suất trượt tăng. Khi $0<n<1$, chất lỏng ở dạng cấu trúc giả dẻo, độ nhớt biểu kiến giảm khi tỷ suất trượt tăng.

Trong khi đó, quan hệ giữa ứng suất trượt và tỷ suất trượt của chất lỏng Herschel Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad (4)$$



H.1. Tính lưu biến của một số chất lỏng

Theo một số tài liệu [5], [6], [7], trong số những mô hình chất lỏng phi Newton, có thể chọn mô hình chất lỏng Bingham hoặc mô hình chất lỏng Herschel Bulkley áp dụng cho hỗn hợp bùn than với cỡ hạt mịn và nồng độ cao. Vì vậy, với hỗn hợp bùn than sau cô đặc của Nhà máy tuyển than Vàng Danh 2, tác giả đề xuất lựa chọn mô hình chất lỏng Bingham là mô hình tính toán, khi đó tính lưu biến của hỗn hợp được xác định thông qua quan hệ (2).

2. Các thông số vận tải dòng hỗn hợp bùn than sau cô đặc

Trong phương pháp vận tải bằng thủy lực, thông số có ảnh hưởng nhiều nhất đến hiệu quả

vận tải là vận tốc tới hạn và sức cản chuyển động. Trong đó, vận tốc tới hạn của dòng hỗn hợp là vận tốc trung bình của nó mà ứng với vận tốc đó, các hạt chất rắn có kích thước và mật độ xác định bắt đầu rời khỏi đáy ống và dịch chuyển trong trạng thái lơ lửng, không lắng đọng trở lại; sức cản chuyển động là thông số đại diện cho sự tổn hao áp suất dòng chảy theo chiều dài ống dẫn.

Về mặt lý thuyết, có thể xác định vận tốc tới hạn thông qua phương trình cân bằng lực tác dụng trên hạt rắn kết hợp với phương trình mô tả sự phân bố hạt rắn trong dòng chảy và một số thông số khác. Đối với sức cản chuyển động, thường được tính theo sức cản chuyển động của dòng nước sạch kết hợp với sức cản phụ do các yếu tố khác gây ra.

2.1. Vận tốc tới hạn

Trên thế giới, đến nay đã có rất nhiều nhà khoa học tiến hành nghiên cứu, xác định vận tốc tới hạn theo các cách tiếp cận khác nhau. Chẳng hạn, sau khi tiến hành một loạt các nghiên cứu thực nghiệm với cát và than, Durand [8] đã đưa ra công thức xác định vận tốc tới hạn theo đường kính ống và tỷ trọng giữa pha rắn và pha lỏng:

$$V_{th} = F_{durand} [2gD(S-1)]^{1/2} \quad (5)$$

Trong đó: V_{th} - Vận tốc tới hạn, m/s; F_{durand} - Hệ số vận tốc, phụ thuộc vào cỡ hạt và nồng độ, theo [11], $F_{durand}=1,15$; g - Gia tốc trọng trường, m/s^2 ; S - Tỷ trọng giữa chất rắn và chất lỏng; D - Đường kính ống, m.

Wani [9] lại cho rằng vận tốc tới hạn là vận tốc trung bình của dòng cần thiết để ngăn chặn sự lắng đọng của hạt dưới đáy ống, nó phụ thuộc vào cỡ hạt trung bình của pha rắn và tỷ trọng của nó trong hỗn hợp. Trong khi Davies [10] dựa trên việc tính toán các lực tác dụng lên hạt rắn trong dòng chất lỏng ở trạng thái lơ lửng đã xây dựng công thức xác định vận tốc tới hạn phụ thuộc vào nồng độ, khối lượng riêng và đường kính ống,...

Ở nước ta, tính toán các thông số vận tải dòng hỗn hợp hai pha rắn-lỏng cũng đã được một số nhà nghiên cứu phát triển và ứng dụng vào thực tiễn. Sau khi tiến hành thực nghiệm trên hỗn hợp bùn than tại mỏ lộ thiên, một nhóm nghiên cứu đã đề xuất công thức xác định vận tốc tới hạn [3]:

$$V_{th} = \sqrt{gD} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_s - \rho_n}{k \cdot \psi \cdot \lambda_0 \cdot \rho_s}} \quad (6)$$

Với: ρ_s, ρ_n - Khối lượng riêng của than và của nước, kg/m^3 ; k, ψ - Các hệ số thực nghiệm; λ_0 - Hệ số sức cản chuyển động đối với dòng nước sạch; D - Đường kính ống dẫn, m.

Tuy nhiên, tốc độ chuyển động của hỗn hợp bùn than đồng nhất phân tán được xác định có tính

đến các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật, xuất phát từ chế độ chảy của nó [14]. Hỗn hợp loại này có độ nhớt động học cao hơn đáng kể so với nước. Tốc độ nhỏ nhất khi vận tải ở chế độ chảy rối được xác định qua công thức:

$$v_{\min} = \frac{Re^* \cdot v_h}{D} \quad (7)$$

Trong đó, Re^* - Số Reynold của hỗn hợp tương ứng với chế độ chảy rối; v_h - Độ nhớt động học của hỗn hợp, m^2/s , phụ thuộc vào khối lượng riêng ρ_h của hỗn hợp (B.2); D - Đường kính ống dẫn, m.

Bảng 2. Mối quan hệ giữa độ nhớt động học và khối lượng riêng của hỗn hợp bùn than

$\rho_h, kg/m^3$	1320	1270	1200	1150
$v_h, m^2/s$	$0,39 \cdot 10^{-4}$	$0,11 \cdot 10^{-4}$	$0,08 \cdot 10^{-4}$	$0,06 \cdot 10^{-4}$

Ghi chú: ρ_h - Khối lượng riêng ρ_h ; v_h - Độ nhớt động học.

2.2. Sức cản chuyển động

Việc xác định sức cản chuyển động của dòng hỗn hợp bùn than trong đường ống có ý nghĩa trong công tác lựa chọn chế độ chảy của nó. Thông thường, sức cản chuyển động hay độ dốc thủy lực của dòng hỗn hợp được xác định thông qua sức cản chuyển động đối với dòng nước sạch:

$$i_h = i_0 \cdot \frac{\rho_h}{\rho_n} + \Delta i \quad (8)$$

Tại đây: i_0 - Sức cản chuyển động của nước sạch; Δi - Tổn thất phụ do kích thước hạt, nồng độ pha rắn, kích thước đường ống.

Tuy nhiên, khi hỗn hợp bùn than phân tán mịn có nồng độ cao bao gồm các hạt nhỏ mịn, không tuân theo quy luật ma sát cổ điển, bởi vì độ nhớt của nó không chỉ phụ thuộc vào gradien vận tốc, mà còn phụ thuộc vào cấu trúc của hỗn hợp. Thông thường, đối với loại hỗn hợp như thế người ta tính toán ứng suất trượt theo mô hình Bingham và có thể tính toán sức cản chuyển động theo công thức:

$$i_h = \lambda_h \cdot \frac{v^2}{2gD} \quad (9)$$

Trong đó: λ_h - Hệ số sức cản thủy lực được xác định theo biểu thức:

$$\lambda_h = [64 / (Re_{ct})] \quad (10)$$

Ở đây: Re_{ct} - Số Reynold đối với chế độ chảy cấu trúc:

$$Re_{ct} = \frac{v \cdot D \cdot \rho_h}{\mu_{ct} \left(1 + \frac{D \cdot \tau_d}{8 \cdot v \cdot \mu_{ct}} \right)} \quad (11)$$

Với: μ_{ct} - Độ nhớt động lực của hỗn hợp cấu trúc ($0,02 \div 0,05 Pa \cdot s$); τ_d - Ứng suất trượt động.

3. Kết luận và kiến nghị

Vận tốc tới hạn và sức cản chuyển động của dòng hỗn hợp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau (đặc tính vật liệu, tính chất hỗn hợp, đường ống, chế độ chảy,...). Do đó, nghiên cứu lý thuyết không thể đánh giá hết các hiện tượng vật lý trong dòng chảy của hỗn hợp mà chỉ có tính định hướng. Để xác định được vận tốc tới hạn và sức cản chuyển động khi vận tải hỗn hợp bùn than, cần phải nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm.

Đối với công tác vận tải bùn than tại Nhà máy tuyển than Vàng Danh 2, dựa trên đặc tính hỗn hợp bùn than sau cô đặc kết hợp với những phân tích về tính lưu biến, vận tốc tới hạn và sức cản chuyển động của dòng hỗn hợp, có thể kết luận và đề xuất:

> Mô hình chất lỏng hỗn hợp bùn than sau cô đặc là mô hình chất lỏng phi Newton, cụ thể là tương đương với mô hình Bingham. Các đặc tính của hỗn hợp có thể được xác định theo các biểu thức (1) và (2).

> Dựa trên đặc tính cỡ hạt, nồng độ và tỷ trọng pha trong hỗn hợp bùn than, có thể xác định hỗn hợp bùn than là chất lỏng cấu trúc, vận tốc tới hạn của dòng hỗn hợp bằng công thức (7). Sức cản chuyển động được tính toán thông qua biểu thức (9) trong đó hệ số sức cản thủy lực được tính toán bằng công thức (10). □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Công ty Cổ phần Chế tạo máy-Vinaacomin, 2017. Nghiên cứu đặc điểm tính chất bùn nước của Nhà máy tuyển than Vàng Danh 2. Báo cáo chuyên đề, đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Công Thương.
2. Nguyễn Văn Kháng, 2011. Vận tải bằng đường ống. Giáo trình giảng dạy sau đại học, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.
3. Hồ Sỹ Giao, Nguyễn Văn Kháng, Nguyễn Sỹ Hội, 1988. Khai thác than bùn ở Quảng Nam-Đà Nẵng. Thông báo Khoa học của các trường Đại học, chuyên đề Công nghiệp.
4. Guth, E.; Simha, R., 1936. Untersuchungen über die Viskosität von Suspensionen und Lösungen. 3. Über die Viskosität von Kugelsuspensionen. Kolloid Z. 74 (3).
5. E. Harmadi, Suwarmin, S. Machmudah and S. Winardi, 2002. Effect Of Particle Size Distribution On Rheology And Stability Of High Concentration Coal-Water Mixture With Indonesian Low Rank Coal. Jurnal Teknik Mesin, Volume 2, Nomor 3.
6. Wei He, Chan S. Park and Joseph M. Norbeck, 2009. Rheological Study of Comingled Biomass and Coal Slurries with Hydrothermal Pretreatment. Energy fluid, 23, 4763-4767.

(Xem tiếp trang 56)

3. Nguyễn Quang Thắng, Diêm Công Huy, 2017. Một số giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ GPS trong xây dựng nhà cao tầng và công trình công nghiệp. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 176 - 01/2017.

Ngày nhận bài: 16/08/2017

Ngày gửi phản biện: 24/10/2017

Ngày nhận phản biện: 25/01/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2018

Từ khóa: xây dựng công trình cầu; chuyển độ cao qua sông; giải pháp nội suy dị thường độ cao; đo thủy chuẩn hình học; định vị vệ tinh; nội suy độ cao

SUMMARY

In the bridge construction, height transformation across river is an important work in the surveying. In the studied paper, it has been proposed that there be an interpolation method for the height anomalies of points in the axis from the results of the geometric leveling in points from the other bank of the river, located in the axial direction, and from satellite positioning results (GNSS technology) in these points and points to be interpolated.

The number of points used to be interpolated may be two or three. In case of three points, the additional result of the interpolation over the triangle made by these points is obtained, allowing checking the results of the interpolation in the anomaly height of the given points.

To ensure accuracy in determining the difference in two points' height in the axis at ± 10 mm far from the banks, with the river width of about 1 km, the geometric leveling should be done at the accuracy level III and GNSS should be measured by the static measurement with the mean square error of $\pm(5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm})$ for the difference in height.

The paper also determines the way to select the appropriate ratio in distance between the interpolated point and the point in the other bank of the river, and in distance between two interpolated points.

MỘT SỐ VẤN ĐỀ...

(Tiếp theo trang 28)

7. Ayush Kumar Singh, 2012. Rheological Investigation Of Coal Water Slurries With And Without Additive. Thapar Univesity, Patiala.

8. Durand, R., 1953. Basic Relationships of the Transportation of Solids in Pipes Experimental Research. Proceedings Minnesota International Hydraulics Convention, pp. 89-103.

9. Wani, G.A., Sarkar, M.K. and Mani, B.P., 1982. Critical Velocity in Multisize Particle Transportation through Horizontal Pipes. Journal of Pipelines, Vol. 2, 1, pp. 57-62.

10. Davies, J.T., 1987. Calculation of Critical Velocities to Maintain Solids in Suspension in Horizontal Pipes. Chem. Engg. Sci, Vol. 42, 7, pp. 1667-1670.

11. Jesse Capecelatro, Olivier Desjardins, 2013: Eulerian-Lagrangian modeling of turbulent liquid-solid slurries in horizontal pipes. International Journal of Multiphase Flow 55 (2013) 64-79.

12. Pavel Vlasak, Zdenek Chara, Jiri Konfrst, Jan Krupika, 2015. Experimental investigation of coarse particle conveying in pipes. EDP Sciences.

Ngày nhận bài: 12/09/2017

Ngày gửi phản biện: 19/10/2017

Ngày nhận phản biện: 22/03/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2018

Từ khóa: bể cô đặc; hỗn hợp bùn than; vận tốc tới hạn; sức cản thủy lực

SUMMARY

The calculation of transport parameters (critical velocity, pressure drop, etc.) for coal-water slurry is very important. These parameters depend on the characteristics of the mixture, transport diagram, pipe size and some other technical factors.

Based on the characteristics of coal-water slurry, the paper presents methods of calculation and determination of transport parameters for the design transportation system.