

MÔ PHỎNG MÀI MÒN ĐOẠN ỐNG CONG KHI VẬN CHUYỂN BẰNG ĐƯỜNG ỐNG THỦY LỰC VẬT LIỆU CHÈN LÒ TỪ TRO XỈ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN ĐÔNG TRIỀU

NGUYỄN DUY CHỈNH, BÙI MINH HOÀNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: nguyenduychinh@humg.org.vn



Mòn ống là hiện tượng phổ biến trong công tác vận tải thủy lực dòng hai pha rắn-lỏng. Điều này làm giảm tuổi thọ, tăng chi phí bảo dưỡng và sửa chữa đường ống. Có hai dạng mòn chủ yếu được các nhà khoa học đề cập gồm mòn điện hóa do môi trường chất lỏng và mòn cơ học do tác động giữa chất lỏng và các hạt rắn với thành ống. Trong đó, hiện tượng mòn cơ học thường được thấy ở những đoạn ống cong, nơi hướng dòng chảy thay đổi đột ngột. Hiện nay, tại Quảng Ninh có nhiều nhà máy nhiệt điện than hoạt động. Lượng tro xỉ thải ra từ các nhà máy này rất lớn, cần xử lý. Một trong các hướng xử lý là sử dụng tro xỉ này làm vật liệu chèn lò, vận chuyển đến nơi sử dụng bằng vận tải đường ống thủy lực. Tro xỉ của Nhà máy nhiệt điện Đông Triều đang được nghiên cứu sử dụng để chèn lò cho Công ty than Mạo Khê. Để có các

giải pháp kết cấu, công nghệ có cơ sở khoa học khi thiết kế, chế tạo, lắp đặt đường ống vận chuyển thủy lực tro xỉ này ngay trong giai đoạn thiết kế, cần nghiên cứu mòn đoạn ống cong.

1. Nội dung nghiên cứu

1.1. Đặc tính tro xỉ Nhà máy nhiệt điện Đông Triều

Những năm gần đây, công nghệ khai thác có chèn lò đã được nghiên cứu để áp dụng ở các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh. Trong đó, khai thác kết hợp chèn lò bằng thủy lực là phương pháp đang được đề xuất áp dụng với mục đích tận dụng tài nguyên, bảo vệ các công trình bề mặt. Trong đó, vật liệu chèn được chuyển xuống lấp đầy khoảng trống đã khai thác nhờ năng lượng dòng chất lỏng trong đường ống.

Bảng 1. Thành phần cỡ hạt và khối lượng riêng của tro xỉ Nhà máy nhiệt điện Đông Triều

Tro	Giá trị % thành phần cỡ hạt (mm)												Khối lượng riêng (g/cm ³)	Khối lượng thể tích (g/cm ³)
	0,000	0,005	0,01	0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	≥ 20,0		
	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷				
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0			
Đáy mịn 1	10,09	0,00	2,35	7,71	38,23	23,85	17,35	0,25	0,16	0,00	0,00	0,00	2,431	1,133
Đáy mịn 2	10,16	0,00	4,94	4,01	37,56	25,28	17,82	0,18	0,06	0,00	0,00	0,00	2,454	1,150
Bay 1	11,38	0,01	66,84	21,36	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,253	0,527
Bay 2	11,51	0,17	66,25	21,84	0,13	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,279	0,517
Đáy thô 1	7,87	0,00	0,95	0,47	26,37	35,28	16,81	4,16	6,2	1,78	0,19	0,00	2,408	1,335
Đáy thô 2	7,66	0,00	0,93	4,53	25,43	40,63	17,59	4,48	6,48	1,28	0,14	0,00	2,404	1,327

Theo kết quả thí nghiệm đánh giá tính chất của tro xỉ Nhà máy nhiệt điện Đông Triều và nghiên cứu khả năng sử dụng nó làm vật liệu chèn lò bằng phương pháp thủy lực cho thấy, tro xỉ của Nhà máy có hệ số đồng đều lớn, cỡ hạt nhỏ, không chứa các thành phần sét và chất cháy, độ thấm thấu tốt, thoát nước nhanh và có hệ số lèn chặt lớn, rất phù hợp với phương pháp

thi công khối chèn bằng thủy lực [2]. Nghiên cứu tiếp theo [3], cũng khẳng định, tro xỉ Nhà máy, bao gồm tro đáy và tro bay đáp ứng được các yêu cầu đối với vật liệu chèn lò. Với tro đáy, cỡ hạt nằm trong khoảng 0,1÷1,0 mm chiếm khoảng 78 %, tro bay cỡ hạt phân bố trong dải 0,01÷0,1 mm là chủ yếu (khoảng 89 %).

2.2. Hỗn hợp vật liệu chèn lò

Hỗn hợp vật liệu chèn lò được hình thành bằng cách pha trộn giữa vật liệu chèn (tro xỉ) với nước theo tỷ lệ nhất định. Dựa trên tỷ lệ pha trộn giữa các thành phần tro bay-tro đáy, nước và nồng độ thể tích sẽ xác định được khối lượng riêng của hỗn

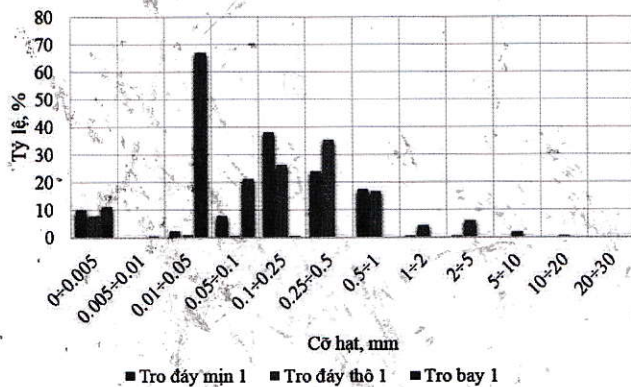
hợp thủy lực:

$$\rho_h = \rho_n (1 - C_v) + \rho_s \cdot C_v \quad (1)$$

Tại đây: ρ_n , ρ_h , ρ_s - Khối lượng riêng của nước, hỗn hợp và hạt vận tải, kg/m^3 ; C_v - Nồng độ thể tích, %.

Bảng 2. Khối lượng riêng của hỗn hợp chèn lò theo nồng độ thể tích

Nhiệt độ (°C)	Nồng độ thể tích (%)					
	10	15	20	25	30	35
	Khối lượng riêng của hỗn hợp vật liệu chèn lò (kg/m^3)					
25	1123,30	1186,45	1249,60	1312,75	1375,90	1439,05
						1502,20



H.1. Thành phần cỡ hạt tro xỉ của Nhà máy nhiệt điện Đông Triều

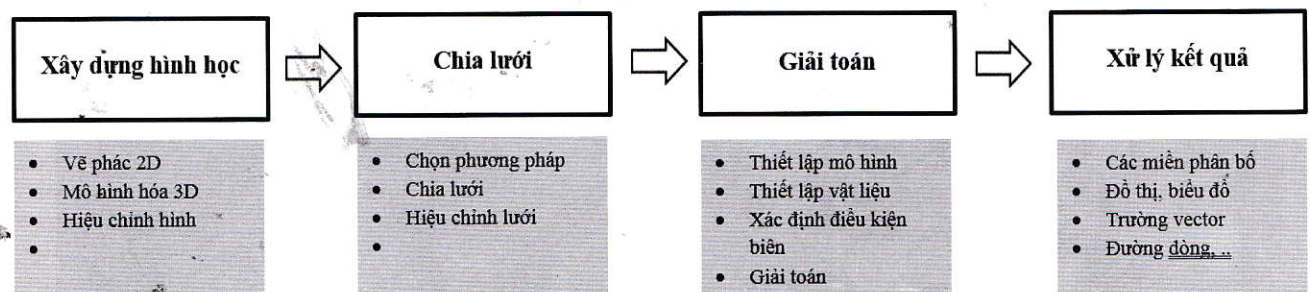
1.3. Nghiên cứu mòn đoạn ống cong

1.3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng chuyển động hỗn hợp chèn lò trong đoạn ống cong bằng công cụ CFD

Để giảm bớt chi phí thực nghiệm, các mô hình

mô phỏng đã được các nhà nghiên cứu sử dụng phổ biến nhờ khả năng cung cấp những dự đoán tốt nhất về dòng chảy hai pha. Chẳng hạn, khi sử dụng công cụ CFD để phân tích dòng chảy hai pha nước-cát, M.G Droubi [5] đã chỉ ra ảnh hưởng của cỡ hạt, đường ống đến miền phân bố mòn, cường độ mòn trên đoạn ống cong trong quá trình vận tải. Edwards J [6] cũng dựa trên mô hình này để khảo sát dòng chảy tại đầu nối chữ T qua đó tìm ra các quy luật phân bố hiện tượng mòn trên đường ống. Ảnh hưởng của cỡ hạt, độ nhớt đến hiện tượng mòn cũng đã được Mansouri A [7] đề cập.

Trên cơ sở các thông số về vật liệu chèn lò đã chọn, kết hợp với công cụ CFD trong phần mềm Ansys, xem xét ảnh hưởng của các thông số hình học tới mòn đoạn đường ống cong 90° khi vận chuyển tro xỉ Nhà máy nhiệt điện Đông Triều để chèn lò. Các bước phân tích trên mô hình CFD gồm: xây dựng hình học; chia lưới; giải toán và xử lý kết quả.



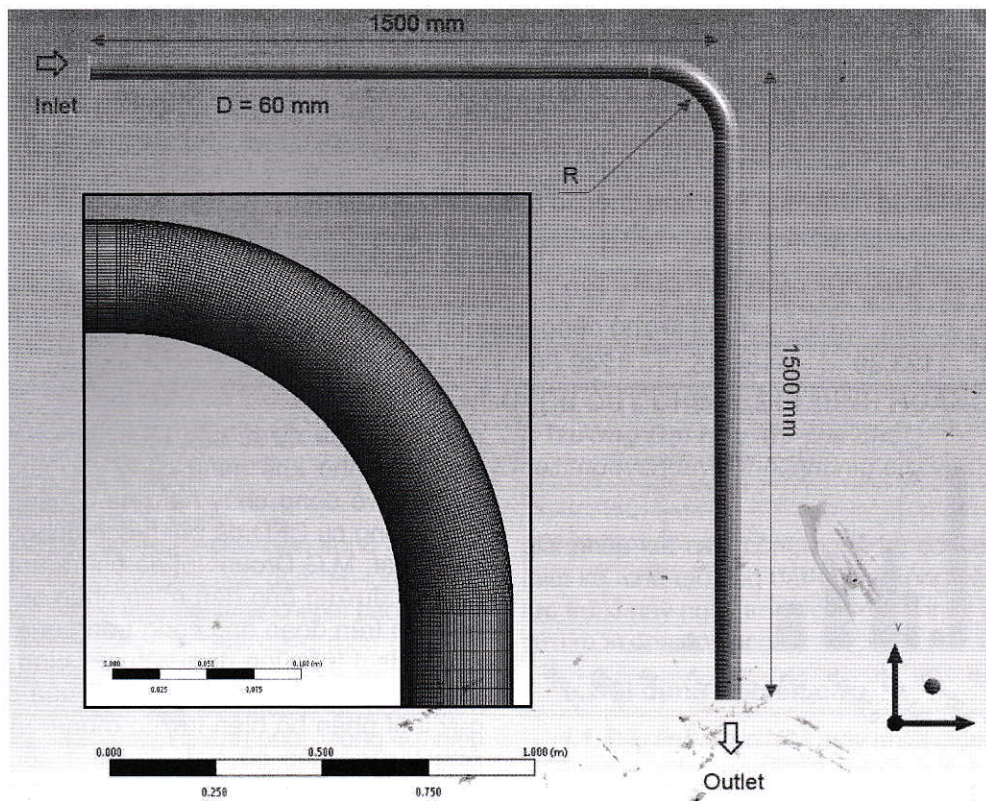
H.2. Các bước phân tích trên mô hình CFD

Quá trình mô phỏng dựa trên mô hình Lagrange cho dòng nhiều pha được xây dựng với giả thiết tỷ phần thể tích của pha phân tán (pha rắn) là đủ thấp để bỏ qua khi tổ hợp với các phương trình của pha liên tục (pha lỏng). Dạng tổng quát của các phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng được cho bởi các phương trình dưới đây [4]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \cdot \vec{v}) = S_{DPM} + S_{other} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau + \rho \vec{g} + \vec{F}_{DPM} + \vec{F}_{other} \quad (3)$$

Miền tính toán là khối chất lỏng trên các đoạn đường ống đường kính 60 mm, cong 90° với các tỷ số bán kính cong/đường kính ống (R/D khác nhau), có đầu vào và đầu ra được thể hiện trên hình H.3. Ứng với các trường hợp R/D=1,5; R/D=3 và R/D=5, miền tính toán được chia lưới với các thông số như trên hình H.4.



H.3. Miền mô phỏng

Các thông số mô phỏng:

- Đường kính ống: $D=60$ mm;
- Chiều dài ống: $L=3000$ mm;
- Bán kính cong: $R=1,5D$; $3D$ và $5D$;
- Môi trường: hỗn hợp nước và tro xỉ Nhà máy

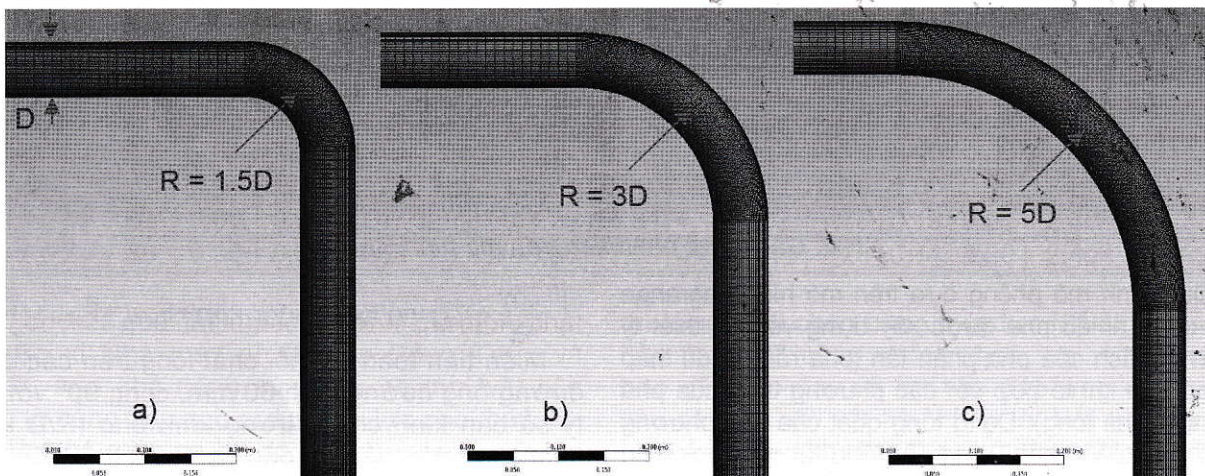
Nhiệt điện Đồng Triều;

- Vận tốc dòng: $v=3$ m/s;
- Đường kính hạt: $d_s=500$ μm ;
- Mật độ hạt: $\rho_s=2260$ kg/m³;

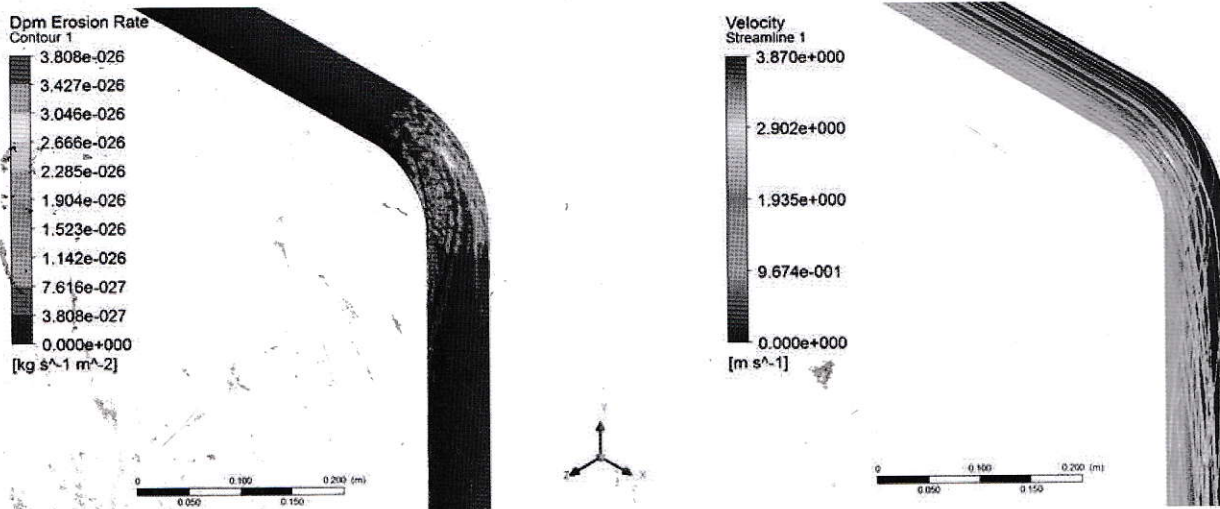
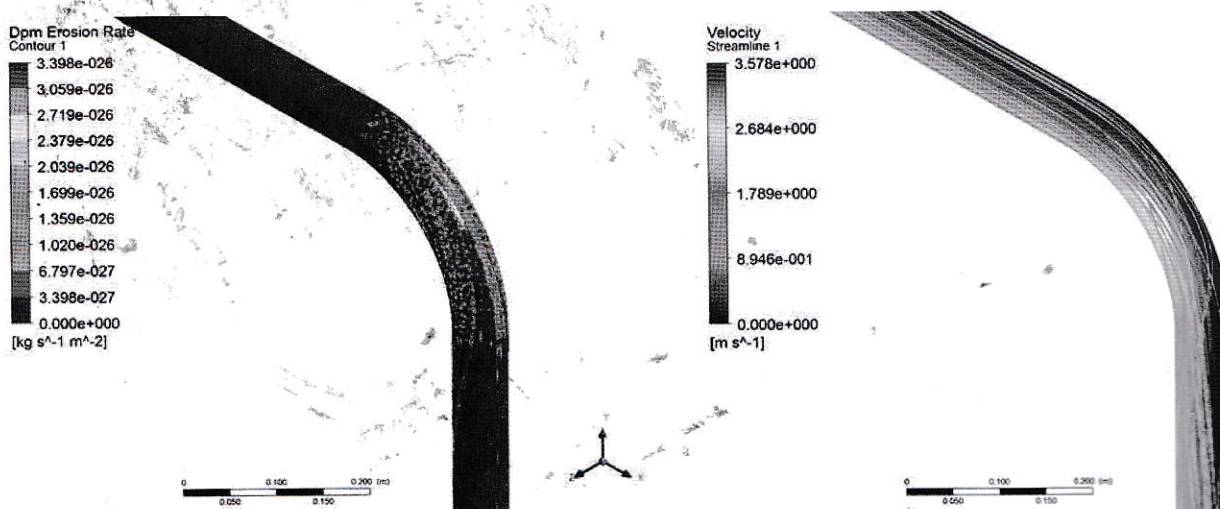
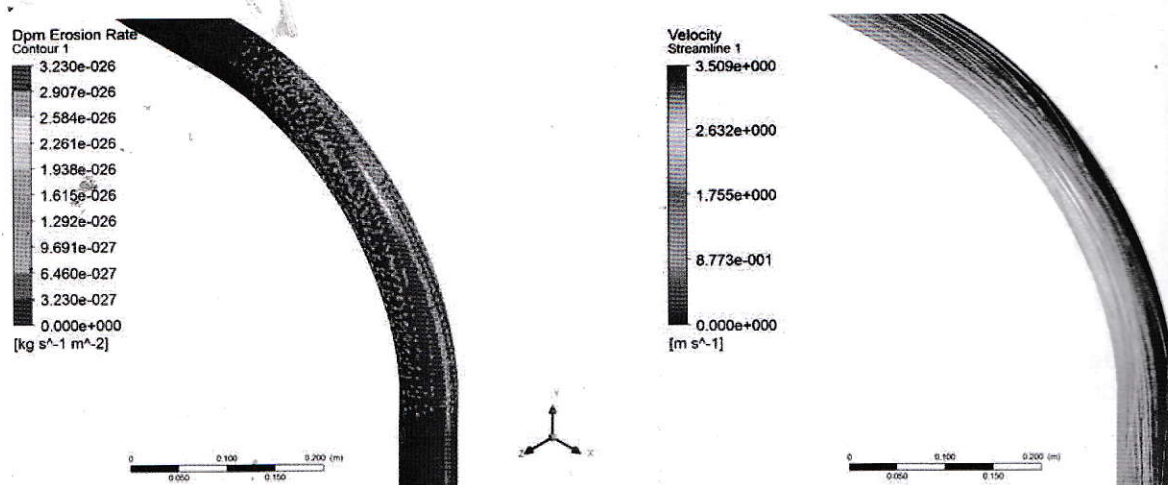
➢ Nồng độ thể tích: $C_V=10$ %.

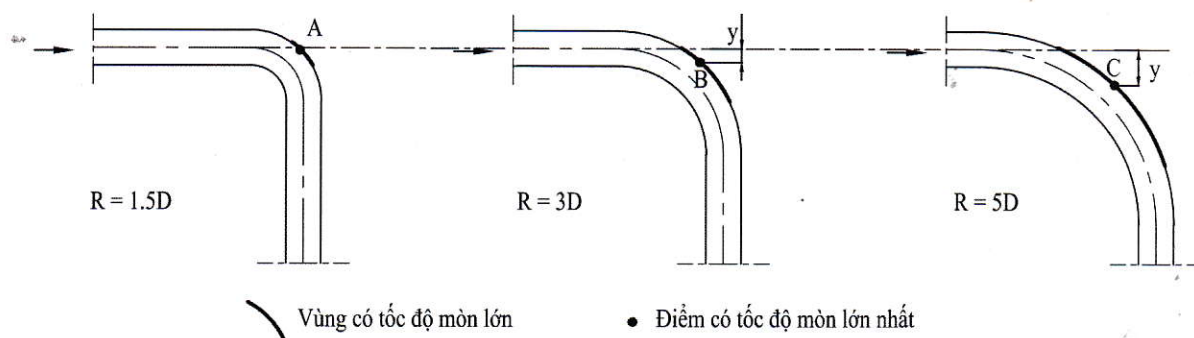
1.3.2. Kết quả mô phỏng

Sau khi thực hiện mô phỏng với các thông số đầu vào như đã nêu, các hình ảnh về phân bố vùng mòn và đường dòng tại khu vực ống cong được thể hiện trên các hình H.5; H.6 và H.7. Xử lý hình ảnh mô phỏng nhận được, xác định được điểm và chiều dài cung có tốc độ mòn khối lượng lớn nhất.



H.4 - Mô hình lưới: a - $R=1,5D$ với 68600 phần tử, 58824 nút;
b - $R=3D$ với 83000 phần tử, 71028 nút; c - $R=5D$ với 102000 phần tử, 87548 nút

H.5. Hiện tượng mòn và đường dòng với $R/D=1.5$ H.6. Hiện tượng mòn và đường dòng với $R/D=3$ H.7. Hiện tượng mòn và đường dòng với $R/D=5$



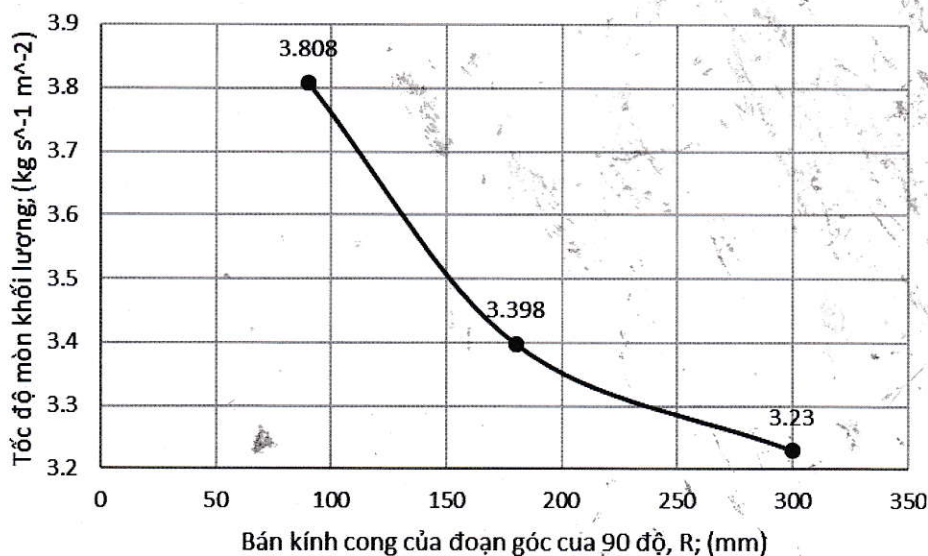
H.8. Khu vực (cung) có tốc độ mòn lớn theo các trường hợp

Dựa trên kết quả mô phỏng đối với dòng hỗn hợp vật liệu chén lò đã chọn, có thể nhận thấy: Tốc độ mòn khối lượng giảm dần khi bán kính cong của đường ống tăng lên, các giá trị tốc độ mòn khối lượng lớn nhất ứng với các trường hợp được thể hiện trong Bảng 3 và hình H.9. Điều này có thể giải thích thông qua sự phân bố đường dòng trong các trường hợp tương ứng. Ở đoạn ống có bán kính

cong nhỏ ($R/D=1,5$), hướng dòng thay đổi đột ngột, va chạm giữa dòng chảy, hạt rắn với thành ống mạnh hơn, dòng chảy có xu hướng rời ở phía sau. Hiện tượng này giảm dần ở các bán kính cong lớn hơn ($R/D=3$ và $R/D=5$), đường dòng chuyển hướng mượt hơn, va chạm của các hạt rắn với thành ống giảm xuống nhưng vùng ảnh hưởng mòn có xu hướng tăng lên.

Bảng 3. Giá trị và vị trí có tốc độ mòn lớn nhất ứng với các trường hợp

Nº	Tỷ lệ R/D	Điểm tốc độ mòn lớn nhất	Tốc độ mòn khối lượng lớn nhất ($\times 10^{-26}$ kg/s.m ²)	Y, mm	Chiều dài cung có tốc độ mòn lớn nhất (mm)
1	1,5	A	3,808	3	42÷47
2	3	B	3,398	26	85÷91
3	5	C	3,23	54	206÷245



H.9. Mối quan hệ giữa tốc độ mòn khối lượng theo bán kính cong

3. Kết luận

➤ Tốc độ mòn khối lượng đoạn ống cong khi vận chuyển đường ống thủy lực tro xỉ nhà máy nhiệt điện giảm khi tăng bán kính cong của đường ống. Đối với tro xỉ Nhà máy nhiệt điện Đông Triều, đường kính ống $D=60$ mm, vận tốc dòng hỗn hợp

3 m/s^2 , nồng độ thể tích 10 %, khi bán kính cong tăng từ $R=1,5D$ đến $R=5D$, góc cong 90° thì: tốc độ mòn khối lượng giảm từ $3,808 \cdot 10^6 \text{ kg/s.m}^2$ xuống $3,23 \cdot 10^6 \text{ kg/s.m}^2$ (giảm 15 %); khoảng cách đến vị trí mòn lớn nhất tăng từ 3 mm lên 54 mm (tăng ~18 lần), chiều dài cung tròn đoạn ống mòn lớn nhất tăng

từ 42÷47 mm lên 206÷245 mm (tăng ~5 lần);

➤ Để có đầy đủ số liệu về ảnh hưởng của các thông số hình học ống, vận tốc hỗn hợp, nồng độ thể tích tro xỉ đến tốc độ mòn đoạn ống cong, cần thực hiện mô phỏng như trên với các thông số hình học ống, vận tốc hỗn hợp, nồng độ thể tích tro xỉ khác nhau;

➤ Kết quả nghiên cứu có thể dùng trong quá trình thiết kế đường ống vận chuyển tro xỉ để có các giải pháp thiết kế, công nghệ nâng cao độ bền đoạn ống cong. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dũng Châu, 2015. Cần cơ chế ưu đãi xử lý tro xỉ nhiệt điện than. Báo Công Thương, số ra ngày 27/7/2015.

2. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin, 2012. Nghiên cứu giải pháp công nghệ khai thác hợp lý các vỉa dày, dốc cánh Nam Công ty than Mạo Khê. Báo cáo tổng kết đề tài. Hà Nội.

3. Vũ Thành Lâm, Lê Đức Nguyên, Phạm Trung Nguyên, Dương Đức Hải, 2016. Nghiên cứu lựa chọn vật liệu, chèn lò tro, xỉ nhà máy nhiệt điện, đá thải và bã sàng làm vật liệu chèn lò trong các mỏ than hầm lò thuộc TKV. Tuyển tập báo cáo Hội nghị KHKT Mỏ toàn quốc lần thứ XXV.

4. ANSYS, Inc. 2009. Ansys Fluent 12.9 - Theorie Guide.

5. M.G Droubi et al, 2016. Computational Fluid Dynamic Analysis of Sand Erosion in 90° Sharp Bend Geometry. inth International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD9), Istanbul, Turkey.

6. Edwards J, McLaury B, Shirazi S, 2001. Modeling Solid Particle Erosion in Elbows and Plugged Tees. Journal of Energy Resources Technology.

7. Mansouri A, Shirazi S, McLaury B, 2014. Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Viscosity and Particle Size on the Erosion Damage Caused by Solid Particles. ASME 2014 4th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting.

8. L.J.W. Grahama, D.R. Lesterb, J. Wua, 2010. Quantification of erosion distributions in complex geometries. Wear 268, 2010, pp. 1066-1071.

Ngày nhận bài: 12/05/2018

Ngày gửi phản biện: 25/07/2018

Ngày nhận phản biện: 18/10/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/01/2019

Từ khóa: mô phỏng, mòn đường ống, tro xỉ, vật liệu chèn lò, vận chuyển đường ống thủy lực

SUMMARY

The paper presents the first research results of modeling erosion of bending tube when transport backfill mine material, using thermal power plant's ash by hydraulic tube transport. Based on that, make recommendations in designing, selecting parameters when designing tube line.

NGHIÊN CỨU CÁC ...

(Tiếp theo trang 68)

5. Hà Chí. Nghiên áp dụng kỹ thuật khống chế đất đá mềm yếu xung quanh đường lò, thuộc tập san: Đổi mới và phát triển kỹ thuật khai thác than. 2017. Trung Quốc.

6. Bộ Công Thương. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn khai thác than hầm lò (QCVN01:2011/BCT). Nhà xuất bản Lao động, Hà Nội. 2011.

7. Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư mỏ và Công nghiệp-Vinacomin. Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020 có xét triển vọng đến năm 2030. Tập I thuyết minh. Hà Nội. 2012.

Ngày nhận bài: 15/03/2018

Ngày gửi phản biện: 14/07/2018

Ngày nhận phản biện: 26/11/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/01/2019

Từ khóa: kỹ thuật khống chế áp lực đất đá; phá hủy đất đá; biến dạng; áp lực động của các gương lò chợ đang khai thác ở khu vực lân cận; giá trị ứng lực tập trung; kỹ thuật gia cố bơm dung dịch vữa; neo cáp

SUMMARY

This article introduces some study results of reinforcing technology for underground constructions by method using reinforcing pumping technology and the reinforcement cable anchors which are studying and applying in China mines.