

TẠP CHÍ

ISSN0868-7052

CÔNG NGHIỆP MỎ

MINING INDUSTRY JOURNAL

CƠ QUAN NGÔN LUẬN CỦA HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM

NĂM THỨ XXXII SỐ 3-2023



- » TOÀN CẢNH CHUỖI CUNG ỨNG NGUYÊN LIỆU CHIẾN LƯỢC VÀ VẤN ĐỀ ĐỊA CHÍNH TRỊ
- » MỘT SỐ VẤN ĐỀ TRAO ĐỔI VỀ QUY HOẠCH KHOÁNG SẢN CỦA VIỆT NAM
- » NGUỒN GỐC MỎ OXIT SẮT- ĐỒNG- VÀNG (IOCG) SƠN QUYỀN, VIỆT NAM

MỤC LỤC**□ TIÊU ĐIỂM**

- ❖ Toàn cảnh chuỗi cung ứng nguyên liệu chiến lược và vấn đề địa chính trị Phùng Quốc Huy
- ❖ Một số vấn đề trao đổi về Quy hoạch Khoáng sản của Việt Nam Nguyễn Thành Sơn

□ KHAI THÁC MỎ

- ❖ Nghiên cứu đánh giá độ nứt nẻ của đá trên các mỏ khai thác đá ốp lát khu vực Nam Trung Bộ, Việt Nam Phạm Văn Việt,
Trương Bá Vinh
- ❖ Đánh giá ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan đến hiệu quả nổ mìn bằng phương pháp mô hình số Đoàn Văn Thanh
và nnk

□ CƠ KHÍ, CƠ ĐIỆN MỎ

- ❖ Nghiên cứu tính toán thiết kế gối đàn hồi của cấp liệu rung Nguyễn Văn Xô
- ❖ Nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng cánh xoắn tang máy khâu than đến hiệu quả chuyển tải than lên máng cào Nguyễn Khắc Lĩnh,
Phạm Văn Tiến
- ❖ Nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển đặc tính cho máy xúc EKG-8I Khổng Cao Phong
- ❖ Phương pháp tính toán kiểm tra điều kiện an toàn điện giật khi thiết kế các mạng điện khu vực mỏ hầm lò Kim Ngọc Linh
và nnk

□ ĐỊA CƠ HỌC, ĐỊA TIN HỌC, ĐỊA CHẤT, TRẮC ĐỊA

- ❖ Nguồn gốc mỏ oxit sắt- đồng- vàng (IOCG) Sin Quyền, Việt Nam Ngô Xuân Đắc
và nnk
- ❖ Nghiên cứu xác lập nhóm mỏ và mạng lưới thăm dò quặng chì- kẽm khu vực Nà Bộp- Pù Sáp, Bắc Kạn Khương Thế Hùng,
Nguyễn Quốc Chiến

□ KINH TẾ, QUẢN LÝ

- ❖ Nghiên cứu đề xuất cơ chế, chính sách về xã hội hóa trong quản trị và phát triển tài nguyên nước ở Việt Nam Nguyễn Chí Nghĩa
và nnk

□ SÁNG KIẾN- CÔNG NGHỆ, THIẾT BỊ MỚI

- ❖ Kinh nghiệm chuyển đổi số trong thiết kế Nhà máy tuyển than Bùi Huyền Trang,
Trần Tiên Tuệ

□ TIN TỨC, SỰ KIỆN

- ❖ Chặng đường 20 năm xây dựng và phát triển của Công ty than Quang Hanh- TKV Trần Ngọc Dũng
- ❖ Thông báo số 1- Hội nghị Khoa học và Kỹ thuật Mỏ toàn quốc năm 2023 CNM
- ❖ Tin ngành mỏ Việt Nam CNM
- ❖ Tin ngành mỏ thế giới CNM

PHỤ TRÁCH TẠP CHÍ
TS. TẠ NGỌC HẢI

ỦY VIÊN PHỤ TRÁCH TRỊ SỰ
KS. TRẦN VĂN TRẠCH

ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP
TS. NGUYỄN BÌNH
PGS.TS. PHÙNG MẠNH ĐẮC
TSKH. ĐINH NGỌC ĐĂNG
PGS.TS. NGUYỄN HỒ SĨ GIAO
GS.TS. NGND. VÕ TRỌNG HÙNG
TS. NGUYỄN HỒNG MINH
GS.TS. NGUYỄN VĂN CHÍ MỸ
PGS.TS. NGUYỄN CẢNH NAM
KS. ĐÀO VĂN NGÂM
TS. ĐÀO ĐẮC TẠO
GS.TS. NGND. TRẦN MẠNH XUÂN

TÒA SOẠN

Số 655 Phạm Văn Đồng
Bắc Từ Liêm - Hà Nội
Điện thoại: 36649158; 36649159
Fax: (844) 36649159
Email: tccongnghiepmo@gmail.com
Website: http://vinamin.vn

Giấy phép xuất bản số:
376/GP-BTTTT
của Bộ Thông tin và Truyền thông
ngày 13/7/2016

Ảnh Bìa 1: Sàng quay đánh toi
SQT 75x22 do Viện KHCN Mỏ thiết kế, Công
ty Chế tạo máy- Vinacomin chế tạo cho Nhà
máy tuyển Boxit Nhân Cơ
(Ảnh Ngọc Kiên)

* In tại Công ty TNHH In và Thương mại Trần Gia

Điện thoại: 02437326436

* Nộp lưu chiếu: Tháng 6 năm 2023



DÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC TRONG LỖ KHOAN ĐẾN HIỆU QUẢ NỔ MÌN BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH SỐ

Đoàn Văn Thanh, Đỗ Văn Triều, Hoàng Mạnh Thắng
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
Trần Đình Bảo, Nguyễn Tuấn Thành
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Nguyễn Văn Đức
Trường Đại học Đông A, Hàn Quốc
Email: doanthanh.vimsat@gmail.com

TÓM TẮT

Trên mỏ lộ thiên sâu, nước trong lỗ khoan là một yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả đập vỡ đất đá và làm tăng chi phí trong khâu nổ mìn. Hiện nay, có nhiều phương pháp đánh giá ảnh hưởng của nước đến hiệu quả nổ mìn. Trong số đó là sử dụng phần mềm mô phỏng chuyên sâu và các mô hình tính toán, phân tích có độ chính xác cao. Với việc ứng dụng phương pháp mô hình hóa lai giữa phần tử hữu hạn động và động lực hạt mịn được thực hiện trên phần mềm LS - Dyna, để mô phỏng 2D quá trình phá vỡ đất đá trong môi trường đất đá khô và ngậm nước. Kết quả mô phỏng là cơ sở đưa ra các đánh giá ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan đến hiệu quả nổ mìn, từ đó đưa ra các giải pháp công nghệ nâng cao hiệu quả nổ mìn trên mỏ lộ thiên sâu.

Từ khóa: mô phỏng nổ mìn, mô hình lai DFEM - SPH, nổ mìn trong đất đá ngậm nước.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khoan nổ mìn là phương pháp được sử dụng rộng rãi để phá vỡ đất đá trên các mỏ lộ thiên, do các ưu điểm vượt trội của nó về mặt kỹ thuật và kinh tế. Về bản chất, khi phá vỡ đất đá với thời gian vi sai giữa các lượng thuốc khác nhau, tạo ra các tác dụng cơ học tích cực như: giao thoa sóng ứng suất; tạo mặt tự do phụ và hiệu ứng va đập giữa các cục đá bay khi nổ [2]. Các tác dụng trên đều hướng đến việc nâng cao hiệu quả đập vỡ đất đá.

Hiện nay, khi các mỏ than khai thác ngày càng xuống sâu, độ nứt nẻ của đất đá càng giảm và khối lượng đất đá cần khoan nổ trong khu vực ngậm nước ngày càng tăng. Dưới ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan, chất lượng đập vỡ đất đá khi nổ mìn bị giảm đi rõ rệt, tỷ lệ đá quá cỡ và chi phí khoan nổ có xu hướng gia tăng. Số liệu thống kê tại các mỏ than lộ thiên trong những năm qua cho thấy: Tỷ lệ thuốc nổ chịu nước sử dụng hiện nay của các mỏ than vùng Quảng Ninh lên tới 40 + 60 % (tăng 8 + 15 % so với trước đây). Đa số các bãi mìn có tỷ lệ thuốc nổ chịu nước trung bình 30 + 50 %. Những khu vực tầng khai thác gần đáy mỏ thường có điều kiện địa chất thủy văn phức tạp, tỷ lệ thuốc nổ chịu nước có thể lên đến 70 + 100 %.

Trên thế giới, phương pháp mô hình số được các nhà khoa học sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của nước đến hiệu quả nổ mìn. Trong số đó có thể kể đến nghiên cứu của Jing Gao và cộng sự [6] với việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn động (Dynamic finite-element methods -DFEM) 2D và phần mềm mô phỏng LS-Dyna để đánh giá thay đổi áp lực nổ của 05 lỗ nổ với thời gian giãn cách 50 ms giữa 02 môi trường đất đá khô và ngậm nước. Jing Gao nhận thấy có sự thay đổi sóng ứng suất và áp lực nổ giữa hai môi trường đất đá khác nhau, điều đó ảnh hưởng đến chất lượng đập vỡ đất đá. Nghiên cứu của Hesam Dehghani [5] tập trung vào việc đánh giá chất lượng đập vỡ đất đá trong lỗ khoan khô và lỗ khoan có nước qua việc mô phỏng DFEM 3D công tác nổ mìn với phần mềm LS-Dyna. Kết quả mô phỏng của Hesam Dehghani cho thấy: Nổ trong lỗ khoan có nước, tỷ lệ đá quá cỡ tăng 15 % so với nổ trong lỗ khoan khô.

Ngoài ra, phần mềm mô phỏng nổ mìn còn được các nhà khoa học sử dụng trong nhiều mục đích khác như: mô hình DFEM 2D [12] mô phỏng nổ mìn với phương pháp nổ mìn tạo biên trong LS Dyna để tính toán an toàn sóng chấn động; mô hình

DFEM kết hợp mô hình động lực học hạt mịn (Smooth Particle Hydrodynamics - SPH) để đánh giá sóng chấn động trong nổ mìn mỏ lộ thiên [11];...

Ngày nay, với sự hoàn thiện của công nghệ số, cũng như các phương pháp phân tích, tính toán, việc mô phỏng đã trở thành giải pháp đáng tin cậy trong việc nghiên cứu, phân tích và đánh giá mô hình tác động cơ học. Trong nghiên cứu này, mô hình lai giữa SPH và DFEM 2D được xây dựng với các tính chất vật liệu mô phỏng theo điều kiện địa chất công trình (ĐCCT), địa chất thủy văn (ĐCTV), thông số khoan nổ mìn (KNM) và loại thuốc nổ sử dụng tại bãi nổ của mỏ Cao Sơn và trong thư viện vật liệu Ansys [4]. Kết quả mô phỏng là cơ sở để đưa ra các đánh giá ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan đến hiệu quả nổ mìn thông qua chỉ tiêu về sự thay đổi sóng ứng suất, áp lực nổ qua 02 trường hợp nổ trong lỗ khoan khô và lỗ khoan có nước.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Mô hình lai SPH và DFEM

Trong DFEM, vật thể liên tục được xấp xỉ bằng tổ hợp của các phần tử hữu hạn. Các phần tử này có kích thước hữu hạn và được liên kết với nhau bằng một số hữu hạn các điểm nút. Sau khi mối quan hệ ứng suất - biến dạng của các phần tử được thiết lập, trạng thái ứng suất - biến dạng của hệ kết cấu có thể được xác định [1].

SPH được phát triển bởi Lucy, Gingold và Monaghan (1977). Phương pháp này được phát triển để tránh những hạn chế gặp phải trong các bài toán biến dạng cực trị bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Sự khác biệt chính của SPH và các phương pháp cổ điển là SPH không chia các điểm nút. Các hạt là phần tử đại diện cho đối tượng và mang tính chất chung và riêng tùy theo thuộc tính hai báo. Phương pháp này yêu cầu một trình tính toán mới, được thể hiện ngắn gọn qua công thức sau [3]:

$$\int \Pi^h f(x) = \int f(y)W(x-y, h)dy \quad (1)$$

với W là hàm hạt nhân i

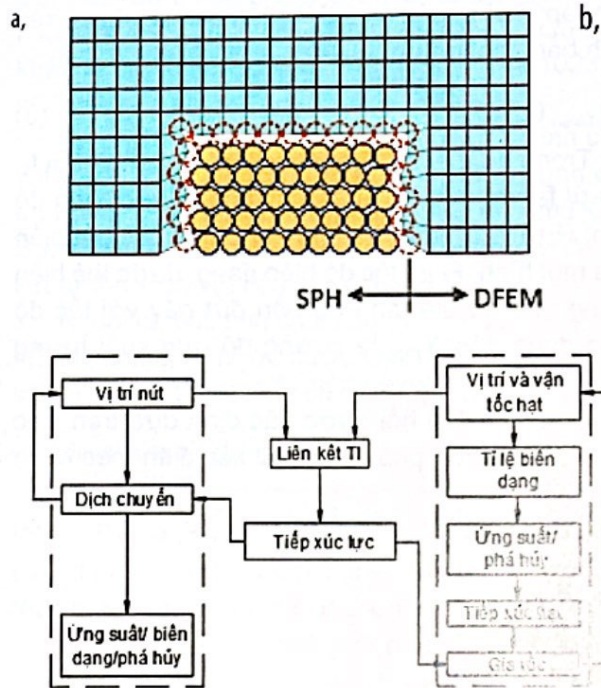
Hàm hạt nhân W được xác định bằng cách sử dụng hàm θ qua mối liên hệ [3]:

$$W(x, h) = \frac{1}{h(x)^d} \theta(x) \quad (2)$$

Với d là số chiều không gian, h là độ dài được làm mịn thay đổi theo thời gian và trong không gian $W(x, h)$ phải là hàm trung tâm.

Đối với bài toán mô phỏng nổ mìn, DFEM truyền thống không dự báo chính xác phát triển hệ khe nứt, mức độ đập vỡ đất đá, biến dạng khu vực nổ và khí nổ. SPH khắc phục được những hạn chế của DFEM nhưng lại gặp khó khăn trong việc tính toán các điều kiện hữu hạn [10]. Do đó, việc kết hợp DFEM và SPH là một giải pháp hiệu quả để mô phỏng chính xác toàn bộ quá trình nổ mìn và đưa ra các dự báo về phát triển của các nứt nẻ thứ phát.

Trong nghiên cứu của bài báo, kỹ thuật ghép nối "ràng buộc bề mặt - tied interface - TI" được sử dụng [13]. Kỹ thuật trên liên kết các hạt của SPH theo từng nút của DFEM (Hình H.1). Trong đó, các hạt SPH được định nghĩa là các nút phụ của DFEM, các phần tử hữu hạn DFEM đóng vai trò bề mặt chính.



H.1. Mô hình lai SPH - DFEM

a - Các hạt SPH liên kết với phần tử hữu hạn DFEM,

b - Quy trình thực hiện kỹ thuật ghép TI

Với mô hình lai SPH - DFEM, các hạt và các nút khi liên kết sẽ có cùng gia tốc được xác định bởi khối lượng và lực của hạt và nút phần tử. Vận tốc và vị trí của các nút phần tử và hạt được thay đổi theo bảo toàn động lượng và vận tốc của hạt trên bề mặt tổng thể tại điểm tiếp xúc.

2.1.2. Đặc tính vật liệu sử dụng trên mô hình mô phỏng

Vật liệu được sử dụng trên mô hình bao gồm: đất đá khu vực nổ; thuốc sử dụng; và nước. Với việc sử dụng phần mềm LS - Dyna là phần mềm chuyên dụng để mô phỏng động lực học tường minh (Explicit dynamics). Các đặc tính của vật liệu trong mô phỏng đã được công thức hóa để tương thích với các bài toán mô phỏng động.

a. Đất đá khu vực nổ

Đặc tính của đá là một loại vật liệu giòn [2]. Do đó, vật liệu phù hợp phỏng trong LS-Dyna là vật liệu Riedel Hiermaier Thoma - RHT, được phát triển bởi Riedel, Hiermaier và Thoma [6]. RHT bao gồm 03 bề mặt phụ thuộc áp suất trong không gian ứng suất, là các trạng thái giới hạn khác nhau, cụ thể là giới hạn phá hủy, giới hạn đàn hồi và phá hủy thứ phát.

Giới hạn phá hủy $Y_{phá hủy}$ được định nghĩa là một hàm áp suất p , góc θ và tỉ lệ biến dạng ϵ , được xác định bằng công thức [9].

$$Y_{phá hủy}(p^*, \theta, \epsilon) = Y_{TXC}^*(p^*) \cdot R_3(\theta) \cdot F_{tỉ lệ}(\epsilon) \quad (3)$$

Trong đó, p^* - áp suất được chuẩn bằng hàm f_c , $p^* = p / f_c$, với p là áp suất thủy tĩnh, f_c là cường độ nén; $R_3(\theta)$ - là hàm xác định sự phụ thuộc bất biến của một hình; $F_{tỉ lệ}$ - tốc độ biến dạng, được thể hiện thông qua sự gia tăng độ bền đứt gãy với tốc độ biến dạng dẻo; Y_{TXC}^* là cường độ ứng suất tương đương trên kinh tuyến nén.

Giới hạn đàn hồi được xác định dựa trên việc chia tỷ lệ bề mặt phá vỡ, được xác định theo công thức [9]:

$$Y_{đàn hồi} = Y_{phá hủy} \cdot F_{đàn hồi} \cdot R_3(\theta) \cdot F_{CAP}(p^*) \quad (4)$$

Trong đó, $F_{đàn hồi}$ - tỉ lệ giữa giới hạn đàn hồi và giới hạn phá hủy; $F_{CAP}(p^*)$ là hàm giới hạn ứng suất lệch đàn hồi khi nén thủy tĩnh, giá trị trong khoảng (0, 1).

Phá hủy thứ phát để mô tả cường độ của đá bị nghiền nát hoàn toàn, được xác định qua biểu thức:

$$Y_{phá hủy thứ phát}^* = B \cdot p^{*M} \quad (5)$$

Trong đó, B - hằng số mật phá hủy thứ phát; M - số mũ mật phá hủy thứ phát.

b. Thuốc nổ sử dụng

Bản chất vật liệu nổ trong LS-Dyna được phân ánh qua phương trình trạng thái JWL, để mô tả

mối quan hệ giữa áp suất - thể tích - năng lượng của các sản phẩm nổ. Các tính chất trên có đặc tính thực nghiệm, được xác định qua thử nghiệm thực tế đối với từng loại chất nổ. Công thức JWL như sau [7]:

$$P = A(1 - \frac{\omega}{R_1 V})e^{-R_1 V} + B(1 - \frac{\omega}{R_2 V})e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V} \quad (6)$$

Trong đó, P - sóng ứng suất, A , B , R_1 , R_2 và ω là các hằng số; V - thể tích riêng; E_0 là nội năng ban đầu sau khi kích nổ lượng thuốc.

c. Nước trong lỗ khoan

Các đặc tính vật lý của nước trong mô phỏng được thể hiện qua đa thức tuyến tính sau [6]:

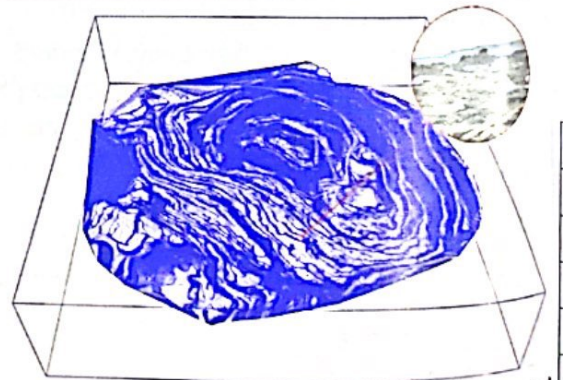
$$p = C_0 + C_1 \mu + C_2 \mu^2 + C_3 \mu^3 + (C_4 + C_5 \mu + C_6 \mu^2) \cdot E \quad (7)$$

Trong đó: C_i - tham số của phương trình được xác định trên thực nghiệm; E - nội năng ban đầu của một đơn vị thể tích tương đối $\mu = (1/V) - 1$, V - thể tích tương đối.

2.2. Xây dựng mô hình đánh giá ảnh hưởng

2.2.1. Đặc điểm khu vực nghiên cứu

Mỏ than Cao Sơn là một mỏ than lộ thiên lớn của Tập đoàn Công nghiệp Than- Khoáng sản Việt Nam (TKV). Tính đến hết quý I năm 2023, sản lượng than nguyên khai sản xuất/ kế hoạch đạt 98 nghìn tấn/4,42 triệu tấn, đất đá bốc xúc đạt 8,9 triệu m³/59,78 triệu m³.



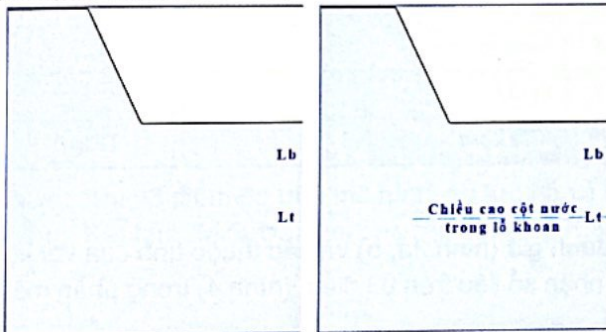
H.2. Mô hình 3D hiện trạng đáy moong mức -145 và vị trí mô phỏng thử nghiệm trên mỏ than Cao Sơn

Hiện nay, mỏ than Cao Sơn đang khai thác các tầng sâu, đáy moong đạt mức - 145 (Hình H.2). Đất đá trong moong có dạng trầm tích, phân lớp, chiều dày biến động mạnh. Các lớp đá xen kẽ nhau có tính chất không đồng nhất, góc cắm của các phân lớp thay đổi gồm các loại: cuội kết; sạn kết; cát kết; bột kết; sét kết, với khối lượng tầng

bình từ $2,67 \pm 2,75 \text{ g/cm}^3$; góc nội ma sát từ $31^{\circ}48' + 34^{\circ}28'$. Đất đá trên mỏ được làm tơi chủ yếu bằng KNM với lỗ khoan đường kính lớn $d = 250 \text{ mm}$, sử dụng phương pháp nổ vi sai toàn phần (phi điện), thuốc nổ được dùng là: (i) Anfo thường (cho lỗ khoan khô) và (ii) Anfo thường kết hợp thuốc nổ nhũ tương (cho lỗ khoan chứa nước).

2.2.2. Mô hình mô phỏng

Để đánh giá ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan đến hiệu quả nổ mìn, bài báo xây dựng mô hình 2D lai SPH - DFEM trong phần mềm LS-Dyna dựa trên đặc điểm bãi nổ thực tế tại mức + 65 trên mỏ than Cao Sơn (Hình H.2). Mô hình xây dựng theo 02 trường hợp: lỗ khoan khô sử dụng thuốc nổ Anfo thường (Hình H.3a); và lỗ khoan có nước sử dụng thuốc nổ nhũ tương kết hợp Anfo thường với chiều cao cột nước trong lỗ là 3 m (Hình H.3b). Thời gian giãn cách giữa 2 đợt nổ: 25 ms.



a, Trường hợp 01

b, Trường hợp 02

1.3. Mô hình 2D mô phỏng nổ mìn trong hai trường hợp lỗ khoan khô và lỗ khoan có nước

Thông số KNM sử dụng trên mô hình, xem Bảng 1.

Bảng 1. Thông số KNM sử dụng trên 02 mô hình mô phỏng

Stt	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều cao tầng công tác	H	m	15
2	Đường kính lỗ khoan	d_k	mm	250
3	Chiều sâu lỗ khoan	L_k	m	17,5
4	Chiều sâu khoan thêm	L_{kt}	m	2,5
5	Đường kính chân tầng	w	m	8,5
6	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	b	m	7
7	Chiều cao cột bua	L_b	m	8,0
8	Chiều cao cột thuốc	L_t	m	9,5

Xét theo ĐCCT tại bãi nổ mức + 65 mỏ Cao Sơn, đất đá thuộc nhóm cát kết, kết cấu rắn chắc khó phá vỡ, $f = 12$, khối lượng riêng $2,72 \text{ g/cm}^3$; lực kháng kéo $103,96 \text{ kG/cm}^2$; lực kháng nén $1023,03 \text{ kG/cm}^2$, góc nội ma sát $34^{\circ}16'$.

Để phù hợp với các thông số khai báo tính chất vật liệu RHT dùng trong mô phỏng. Bên cạnh các tính chất của đá cát kết theo ĐCCT của mỏ Cao Sơn, kết hợp thêm các tính chất khác đối với đá cát kết từ thư viện vật liệu của Ansys [4].

Ngoài ra, các tính chất của thuốc nổ Anfo, thuốc nổ nhũ tương và nước được khai thác tương tự như vật liệu RHT. Các thông số của vật liệu xem bảng 2.

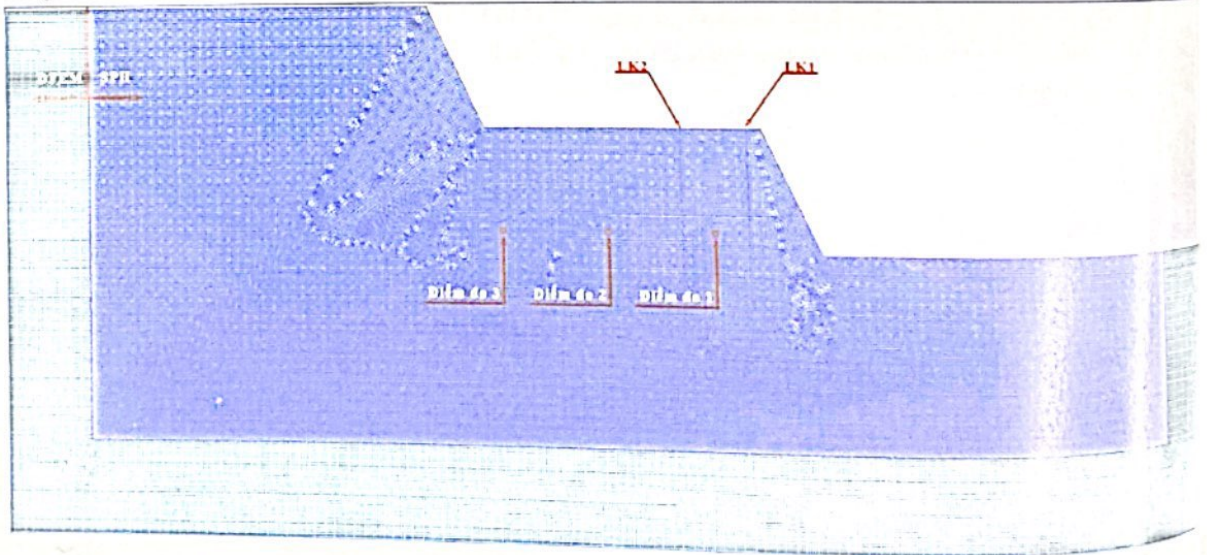
Bảng 2. Thông số vật liệu sử dụng trong mô phỏng

Stt	Thuộc tính	Giá trị	Stt	Thuộc tính	Giá trị
I Vật liệu RHT					
1.1	Khối lượng riêng, g/cm^3	2,73	1.8	Áp lực phá vỡ, Pa	$1,25e^{+8}$
1.2	Lực kháng kéo, kG/cm^2	103,96	1.9	Tốc độ biến dạng kéo	$3e^{+25}$
1.3	Lực kháng nén, kG/cm^2	1023,03	1.10	Tốc độ phá vỡ	$3e^{+25}$
1.4	Góc nội ma sát	$34^{\circ}16'$	1.11	Độ lỗ rỗng ban đầu	1,1
1.5	Biến dạng phá hủy tối thiểu	0,015	1.12	Tốc độ truyền âm, m/s	$2.610 \div 2.800$
1.6	Thông số bé mặt phá hủy (A)	2,44	1.13	Tốc độ biến dạng kéo tham chiếu	$3.0.e^{-5}$
1.7	Tốc độ biến dạng nén tham chiếu	$3.0e^{-5}$	1.14	Thông số bé mặt ứng suất nén	0,53
II Anfo thường					
2.1	Khối lượng riêng, kg/cm^3	931	2.6	Hệ số trạng thái (R_1)	3,907

Stt	Thuộc tính	Giá trị	Stt	Thuộc tính	Giá trị
2.2	Tốc độ nổ, m/s	4.200	2.7	Hệ số trạng thái (R_2)	1,118
2.3	Áp lực nổ, Pa	$5,15 \cdot 10^9$	2.8	Hệ số trạng thái (ω)	0,33
2.4	Hệ số trạng thái (A), Pa	$4,95 \cdot 10^{10}$	2.9	Năng lượng nổ trên 1 đơn vị thể tích, Pa/m ³	$2,48 \cdot 10^9$
2.5	Hệ số trạng thái (B), Pa	$1,89 \cdot 10^9$	2.10	Khối lượng thực, m ³ /m ³	1
III Nhũ tương chịu nước					
3.1	Khối lượng riêng, kg/cm ³	1.180	3.6	Hệ số trạng thái (R_1)	4,933
3.2	Tốc độ nổ, m/s	5.866	3.7	Hệ số trạng thái (R_2)	1,962
3.3	Áp lực nổ, Pa	$1,10 \cdot 10^{10}$	3.8	Hệ số trạng thái (ω)	0,52
3.4	Hệ số trạng thái (A), Pa	$2,86 \cdot 10^{10}$	3.9	Năng lượng nổ trên 1 đơn vị thể tích, Pa/m ³	$3,18 \cdot 10^9$
3.5	Hệ số trạng thái (B), Pa	$6,72 \cdot 10^9$	3.10	Khối lượng thực, m ³ /m ³	1
IV Nước trong lỗ khoan					
4.1	Khối lượng riêng, kg/cm ³	1.025	4.6	Hệ số S_2	1,9859
4.2	Áp lực cắt, Pa	0.01	4.7	Hệ số S_3	0,2286
4.3	Hệ số nhớt	$8,58 \cdot 10^{-10}$	4.8	Gama	0,35
4.4	Hệ số C, m/s	1.480	4.9	Hệ số A	1
4.5	Hệ số S_1	25.599	4.10	Năng lượng ban đầu, J/m ³	$1,98 \cdot 10^6$

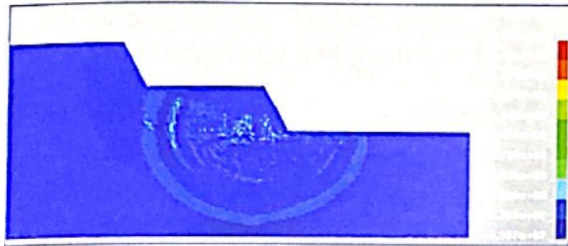
2.2.3. Kết quả mô phỏng

Từ mô hình 2D SPH-DFEM theo 02 trường hợp đánh giá (hình 3a, b) và các thuộc tính của vật liệu mô hình. Thực hiện mô phỏng quá trình nổ mìn và ghi nhận số liệu trên 03 điểm (hình 4) trong phần mềm LS-Dyna với thời gian 0,1 giây.

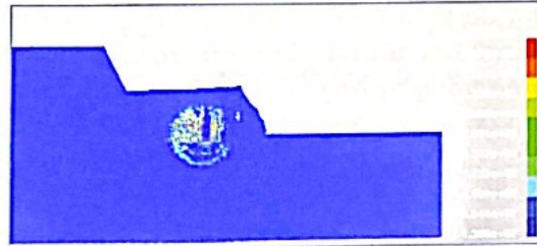


H.4. 03 điểm khảo sát quá trình nổ mìn trên mô hình DFEM-SPH
 Kết quả mô phỏng của 02 trường hợp, xem các Hình H.5 và H.6.

- Trường hợp 01



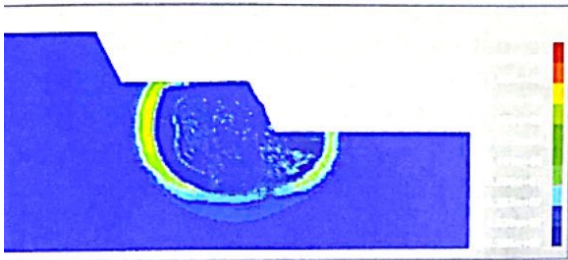
a, Áp lực nổ lan truyền sau khi kích nổ cột thuốc thứ nhất



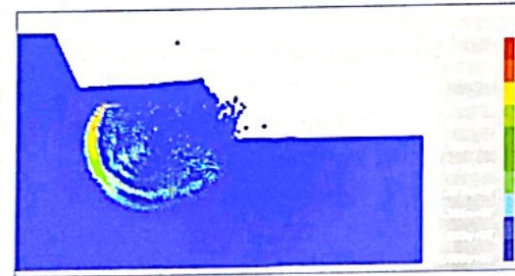
b, Áp lực nổ lan truyền sau khi kích nổ cột thuốc thứ hai

H.5. Mô phỏng nổ mìn trong lỗ khoan khô nạp Anfo thường

- Trường hợp 02



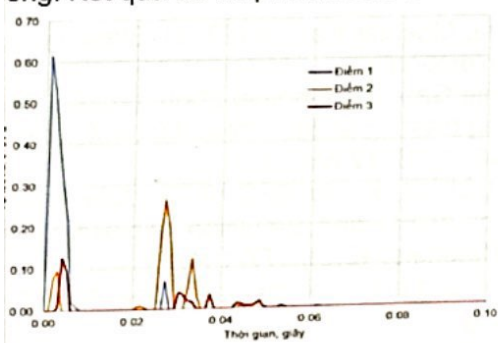
a, Áp lực nổ lan truyền sau khi kích nổ cột thuốc thứ nhất



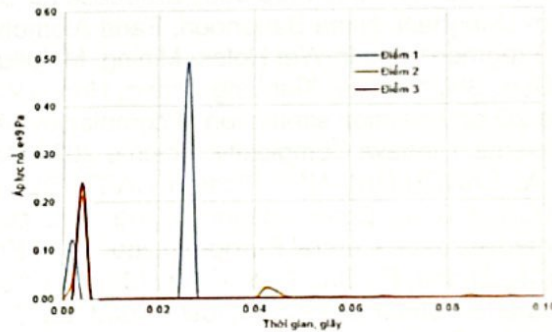
b, Áp lực nổ lan truyền sau khi kích nổ cột thuốc thứ hai

H.6. Mô phỏng nổ mìn trong lỗ khoan có nước nạp thuốc hỗn hợp

Tại 03 điểm đo trên mô hình, áp lực nổ và sóng ứng suất được ghi nhận xuyên suốt thời gian mô phỏng. Kết quả đo được xem các Hình H.7 và H.8.

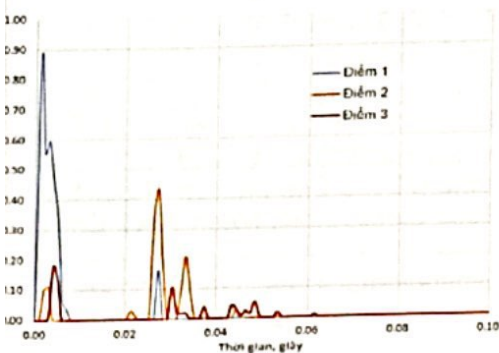


a, Trường hợp 01

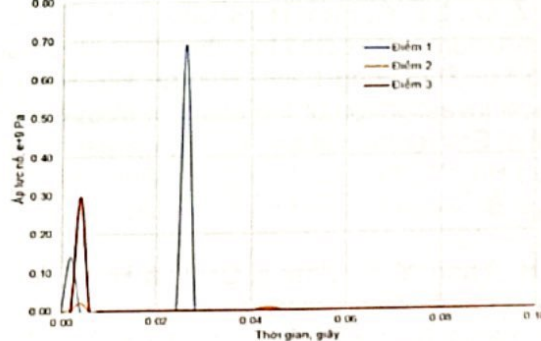


b, Trường hợp 02

H.7. Áp lực nổ tại 03 điểm đo trên mô hình nổ mìn



a, Trường hợp 01



b, Trường hợp 02

H.8. Sóng ứng suất tại 03 điểm đo trên mô hình nổ mìn



Từ kết quả đo áp lực nổ và sóng ứng suất tại 03 điểm đo theo 02 trường hợp mô phỏng cho thấy: Dưới ảnh hưởng của nước trong lỗ khoan, áp lực nổ trong trường hợp 2 sử dụng thuốc nổ hỗn hợp có giá trị lớn nhất đạt $0,49.10^{+9}$ Pa nhỏ hơn trường hợp 1 có giá trị $0,61.10^{+9}$ Pa. Đồng thời sóng ứng suất lớn nhất lan truyền trong đất đá của trường hợp 02 ($0,69.10^{+9}$ Pa) nhỏ hơn trường hợp 01 ($0,88.10^{+9}$ Pa) 0,78 lần. Do đó, sự xuất hiện của nước trong khu vực khoan - nổ sẽ làm giảm năng lượng của sóng ứng suất và áp lực nổ, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả đập vỡ đất đá của phương pháp nổ mìn.

Như vậy, để nâng cao hiệu quả đập vỡ đất đá trong lỗ khoan chứa nước, có thể áp dụng các giải pháp công nghệ: sử dụng nhũ tương có tốc độ nổ lớn trong lỗ khoan có nước; thay đổi thông số mạng nổ, kết cấu lượng thuốc trong lỗ khoan để tăng cường mức độ đập vỡ đất đá. Với mỗi giải pháp

công nghệ cần nghiên cứu, phân tích và thử nghiệm để chứng minh hiệu quả mang lại đối với công tác nổ mìn trong khu vực ngầm nước.

3. KẾT LUẬN

Phương pháp mô phỏng là một phương pháp đáng tin cậy trong việc nghiên cứu, phân tích và đánh giá mô hình tác động cơ học. Kết quả mô phỏng trên mô hình lai giữa SPH - DFEM 2D qua trình nổ mìn cho 02 trường hợp lỗ khoan khô và lỗ khoan có nước cho thấy, ảnh hưởng của nước trong khu vực khoan - nổ đã làm giảm năng lượng của sóng ứng suất và áp lực nổ, giảm hiệu quả đập vỡ đất đá. Do đó, để nâng cao hiệu quả nổ mìn cần thực hiện nghiên cứu, thử nghiệm giải pháp công nghệ sử dụng thuốc nổ có tốc độ nổ lớn và thay đổi thông số mạng nổ, kết cấu lượng thuốc trong lỗ khoan □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tiến Dũng (2009), Phương pháp phần tử hữu hạn, Đại học Xây dựng Hà Nội, Hà Nội.
2. Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu (2015), Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội.
3. Tran Thanh Thung (2017), Study of the SPH method for Simulation in LS-Dyna.
4. Ansys Granta Materials Properties Database for Simulation.
5. Hesam Dehghani, Nima Babanouri, Farid Alomohammadnia, Mokhtar Kalhori (2019), Blast-Induced Rock Fragmentation in Wet Holes. Mining, Metallurgy & Exploration.
6. Jing Gao, Shizhen Xie, Xiantang Zhang, Hongli Wang, Wenle Gao, và Hongmin Zhou. (2020). Study on the 2D optimization simulation of complex five-hole cutting blasting under different lateral pressure coefficients. Hindawi Complexity. Volume 2020, Article ID 4639518, 12 pages.
7. Jose A. SANCHIDRIÁN*, Ricardo CASTEDO, Lina M. LÓPEZ, Pablo SEGARRA, Anastasio SANTOS. (2015). Determination of the JWL constants for ANFO and Emulsion explosives from Cylinder test data. Central European Journal of Energetic Materials. 12(2), 177-194.
8. Peng, J.; Zhang, F.; Du, C.; Yang, X. (2020). Effects of confining pressure on crater blasting in rock-like materials under electric explosion load. Int. J. Impact Eng.
9. Riedel, W., Thoma, K., Hiermaier, S. (1999). Numerical analysis using a new macroscopic concrete model for hydrocodes. In Proceedings of 9th international symposium on interaction of the effects of munitions with structures (pp. 315–322). Strausberg, Germany.
10. Wang, Z. Q., Lu, Y., Hao, H., & Chong, K. R. (2005). A full coupled numerical analysis approach for buried structures subjected to subsurface blast. Computers & Structures, 83, 339–356.
11. Wenbo Lu, Zhendong Leng, Haoran Hu, Ming Chen & Gaohui Wang. (2016). Experimental and numerical investigation of the effect of blast-generated free surfaces on blasting vibration. European Journal of Environmental and Civil Engineering. ISSN: 1964-8189 (Print) 2116-7214.
12. Yingguo Hu, Wenbo Lu, Ming Chen, Peng Yan, Jianhua Yang. (2019). Comparison of Blast-Induced Damage Between Presplit and Smooth Blasting of High Rock Slope. Rock Mech Rock Eng (2019) 47:1307–1320.
13. Zhou, H., Yang, Y. S., Zhang, C. Q., & Hu, D. W. (2015). Experimental investigations on loading-rate dependency of compressive and tensile mechanical behaviour of hard rocks. European Journal of Environmental & Civil Engineering, 19, s70–s82.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF WATER IN BOREHOLES ON BLASTING EFFICIENCY BY NUMERICAL MODELING METHOD

Doan Van Thanh, Do Van Trieu, Hoang Manh Thang, Nguyen Van Duc

ABSTRACT

On the deep open pit coal mines, water inside the borehole is a direct factor affecting the efficiency of rock breaking and increasing the cost in the blasting process. Currently, there are various methods for assessing the impact of water on blasting efficiency. These include the use of specialized simulation software and high-precision computational models for analysis. With the application of the combined finite-difference element method (FDEM) and smoothed particle hydrodynamics (SPH) on LS-DYNA software, numerical simulations of the rock-breaking process in dry and water-saturated environments have been conducted. The simulation results provide a basis for evaluating the impact of water inside the borehole on the blasting efficiency, thereby proposing technological solutions to enhance the blasting efficiency in deep open pit coal mines.

Keywords: *Simulation of blasting, DFEM - SPH hybrid model, blasting in hydrated rock.*

Ngày nhận bài: 23/3/2023;

Ngày gửi phản biện: 25/3/2023;

Ngày nhận phản biện: 20/4/2023;

Ngày chấp nhận bài đăng: 05/5/2023;

Trách nhiệm pháp lý của tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật báo chí.