

## **NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ VÀ THỰC NGHIỆM NÂNG CAO GÓC ĐỐC SƯỜN TẦNG CÁC MỎ QUẶNG LỘ THIÊN THUỘC TKV**

**TS. Bùi Duy Nam, ThS. Đàm Công Khoa**

*Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomín*

**KS. Bùi Văn Tuấn**

*Chi nhánh Mỏ, Tuyển đồng Sin Quyền, Lào Cai - Vimico*

**Biên tập: TS. Lưu Văn Thực**

### **Tóm tắt:**

Các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV đang trong quá trình khai thác xuống sâu, điều kiện khai thác ngày càng khó khăn, hệ số bóc tăng theo chiều sâu khai thác. Cùng với đó nguy cơ mất ổn định bờ mỏ cũng tăng theo chiều sâu khai thác. Để đảm bảo khai thác hiệu quả và an toàn khi khai thác xuống sâu, việc lựa chọn góc dốc sườn tầng và bờ mỏ hợp lý là cần thiết. Bài báo tập trung nghiên cứu tính chất cơ lý đất đá tại các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV, trên cơ sở đó lựa chọn góc dốc sườn tầng và bờ mỏ phù hợp, phân tích các giải pháp công nghệ nhằm đạt được góc dốc sườn tầng và bờ mỏ lựa chọn. Trên cơ sở công nghệ lựa chọn, đề xuất sơ đồ và các thông số công nghệ thử nghiệm tại mỏ đồng Sin Quyền. Kết quả thử nghiệm cho thấy, góc dốc sườn có thể đạt  $67\div 75^\circ$  như đã đề xuất.

### **1. Đặt vấn đề**

Góc dốc sườn tầng, bờ mỏ là một trong các yếu tố kỹ thuật chính tác động đến hệ số bóc đất đá và hiệu quả khai thác của mỏ lộ thiên (LT). Nâng cao góc dốc sườn tầng và bờ mỏ có ý nghĩa lớn trong việc giảm hệ số bóc, phần khai thác tối đa tài nguyên trong biên giới khai trường.

Hiện tại, có rất nhiều các công trình nghiên cứu của các tác giả nước ngoài về nâng cao góc dốc sườn tầng và bờ mỏ. Qua việc mô hình hóa (mô phỏng) cấu trúc địa tầng, đất đá và áp dụng các phần mềm chuyên dụng, nhanh chóng xác định được góc dốc ổn định bờ mỏ tương ứng với các điều kiện khác nhau. Công nghệ khoan nổ mìn (KNM) được tập trung nghiên cứu để nâng cao góc dốc sườn tầng, bờ mỏ bằng các phương pháp như: Nổ mìn (NM) phân đoạn, sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên, bố trí mạng lỗ khoan, mạng nổ, kết cấu lượng thuốc trong lỗ khoan và trình tự nổ phù hợp....

Nổ mìn sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên là công nghệ nổ mìn để kiểm soát năng lượng nổ nhằm đạt được bờ mỏ theo thiết kế bằng cách tạo ra khe nứt kết nối giữa các lỗ khoan tạo biên. Nổ mìn tạo biên giúp giảm sự phá hủy đất đá sườn tầng, giảm chấn động nổ mìn và tăng ổn định sườn tầng, bờ mỏ. Công nghệ nổ mìn tạo biên đã được áp dụng thành công tại nhiều mỏ LT có điều kiện cấu trúc



*Hình 1. Kết quả nâng cao góc dốc sườn tầng theo phương pháp nổ tạo biên tại mỏ quặng Aitik, Thụy Điển [1]*

đất đá khác nhau trên thế giới, những kết quả nghiên cứu, ứng dụng nâng góc dốc sườn tầng, bờ mỏ đã mang lại hiệu quả, khai thác tối đa tài nguyên cho các doanh nghiệp mỏ.

### **2. Hiện trạng góc dốc sườn tầng và bờ mỏ các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV**

#### **2.1. Đặc điểm địa chất thủy văn, địa chất công trình**

**Đặc điểm địa chất thủy văn:** Nhìn chung các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV có điều kiện địa chất thủy văn tương đối phức tạp, các mỏ phân bố nguồn cấp nước mặt (Nà Rựa nằm cạnh sông Hiên, Sin Quyền nằm cạnh suối Ngòi Phát và sông

Hồng, Thạch Khê nằm gần biển), mực nước ngầm có quan hệ thủy lực với nước mặt khu vực gây khó khăn cho quá trình khai thác mỏ cũng như tăng nguy cơ mất an toàn bờ mỏ khi mỏ khai thác xuống sâu.

**Đặc điểm địa chất công trình:** Đất đá tại các mỏ quặng có độ cứng lớn, tương đối rắn chắc, độ khối cao tạo điều kiện thuận lợi để nâng cao góc dốc sườn tầng và bờ mỏ. Mặt cắt nham thạch đặc trưng tại một số mỏ quặng LT xem hình 2. Tổng hợp tính chất cơ lý đá các mỏ quặng LT xem bảng 1.

**2.2. Hiện trạng góc dốc sườn tầng các mỏ quặng LT**

Các mỏ quặng LT thuộc TKV áp dụng công nghệ bóc đất đá khẩu theo lớp đứng, đồng bộ thiết bị chủ yếu: Máy xúc TLGN có E = 2,7÷5,2 m<sup>3</sup> kết hợp với ô tô tải trọng 32÷58 tấn (Hình 3). Các thông số hệ thống khai thác cơ bản của các mỏ quặng LT theo thiết kế và hiện trạng xem bảng 2.

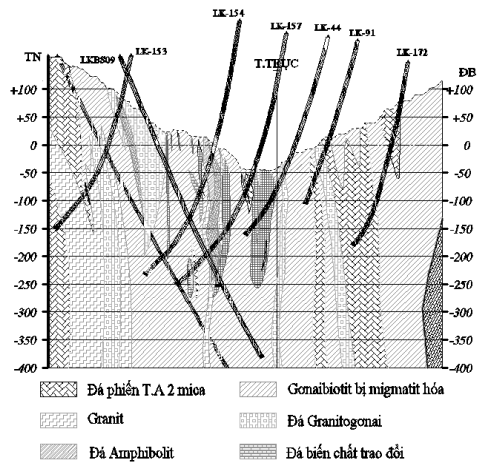
Kết quả khảo sát cho thấy: Góc dốc sườn tầng công tác thay đổi trong phạm vi khá rộng  $\alpha_{ct} = 45\div65^\circ$ , trung bình là  $50^\circ$  và nhỏ hơn giá trị thiết kế ( $60\div65^\circ$ ). Khi  $\alpha_{ct}$  giảm sẽ làm giảm chiều rộng mặt tầng công tác dẫn tới làm giảm năng suất của thiết bị xúc bốc và nhất là năng suất của ô tô vận tải. Góc dốc sườn tầng giảm cũng làm tăng khối lượng đất bóc hàng năm trong khai trường, tăng chi phí, giảm hiệu quả khai thác mỏ.

**3. Nghiên cứu, đề xuất sơ đồ công nghệ khoan nổ mìn nhằm nâng cao góc dốc sườn tầng, bờ mỏ**

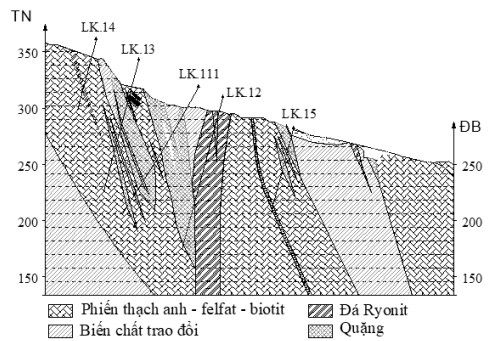
**3.1. Lựa chọn góc dốc sườn tầng và bờ mỏ hợp lý**

**3.1.1. Lựa chọn góc dốc sườn tầng phù hợp**

Góc dốc sườn tầng có mối quan hệ chặt chẽ với với chiều cao tầng, tính chất cơ lý đất đá và công nghệ khai thác. Góc dốc sườn tầng được



a) TXV - Khu Đông mỏ đồng Sin Quyền



b) T11 - Mỏ đồng Tả Phời

Hình 2. Mặt cắt nham thạch đặc trưng một số mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV

xác định trên cơ sở đảm bảo ổn định sườn tầng và bờ mỏ. Trên cơ sở đặc điểm tính chất cơ lý đất đá tại các mỏ quặng LT thuộc TKV, nhóm tác giả sử dụng phần mềm GEOSTUDIO phân tích ổn định sườn tầng, tính toán và lựa chọn góc dốc sườn tầng theo chiều cao tầng khác nhau như trong bảng 3.

Dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết và mô

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá các mỏ quặng đồng, sắt lộ thiên

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Sin Quyền	Tả Phời	Nà Rụ	Thạch Khê
1	Cường độ kháng nén ( $\sigma_n$ )	MPa	97÷131	59÷ 100	90÷108	47,8÷95,2
2	Cường độ kháng kéo ( $\sigma_k$ )	MPa	10,8÷12,9	5÷7,2	9,3÷11,5	4,3÷11,3
3	Góc nội ma sát ( $\varphi$ )	độ	35,9÷37	36÷37	36,8	31,3÷37,6
4	Lực dính kết (C)	MPa	18,5÷23,8	9,8÷19	17,7÷21	13,3÷24,8
5	Khối lượng thể tích ( $\gamma$ )	tấn/m <sup>3</sup>	2,7÷2,77	2,6	2,69÷2,85	2,56÷3,0
6	Hệ số kiên cố Protodiaconov (f)		9,7÷13	7÷10	10÷11	9÷13



a) Khu Đông mỏ đồng Sin Quyền (10/2021)

b) Mỏ đồng Tả Phời (05/2021)

Hình 3. Hình ảnh khai trường một số mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV

Bảng 2. Các thông số cơ bản của hệ thống khai thác

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Sin Quyền		Tả Phời		Nà Rụa	
			Thiết kế	Hiện trạng	Thiết kế	Hiện trạng	Thiết kế	Hiện trạng
1	Chiều cao tầng sản xuất		12	12÷8	12	12÷6	10	10÷8
2	Chiều rộng mặt tầng công tác	m	53÷40	55÷34	50÷48	35÷22	32	37÷25
3	Chiều rộng mặt tầng vận tải	m	20÷15	20÷14	20÷15	16÷12	15÷14	12÷8
4	Góc dốc sườn tầng (a)	độ	70÷65	67÷45	65÷60	60÷45	60	65÷50
5	Góc nghiêng bờ công tác (φ)	độ	34÷22	32÷24	26÷22	25÷22	28÷24	-

Bảng 3. Giá trị góc dốc sườn tầng các mỏ quặng

STT	Loại đất đá	Khối lượng thể tích, (KN/m <sup>3</sup> )	Độ cứng	Lực dính kết, (MPa)	Góc ma sát trong, độ	Góc dốc sườn tầng, độ
<b>I Mỏ đồng Sin Quyền</b>						
1	Đá gốc	27÷27,7	9,7÷13	18,5÷23,8	35,9÷37	70÷75
2	Đá phong hóa	26,9	8÷10	15÷18	34÷36	60÷65
<b>II Mỏ đồng Tả Phời</b>						
1	Đá gốc	26	6÷10	9,8÷19	36÷37	65÷72
2	Đá phong hóa	26	2,8	5,95÷9	27,5	60÷65
<b>III Mỏ sắt Nà Rụa</b>						
1	Đá vách	26,9	8,99	17,7	36,7	67÷73
2	Đá trụ	28,5	10,84	21,1	36,9	70÷75
<b>IV Mỏ sắt Thạch Khê</b>						
		25,6÷30,0	9÷13	13,3÷24,8	31,3÷37,6	70÷75

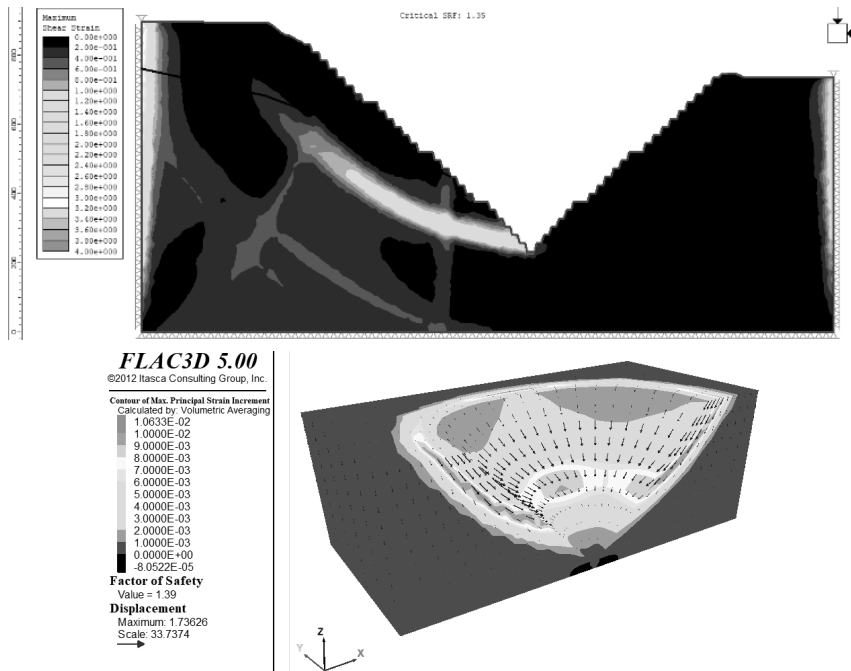
hình cho thấy, với đặc trưng tính chất cơ lý các loại đất đá tại các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV như trên, để đảm bảo ổn định sườn tầng, với chiều cao tầng thay đổi từ 10÷30 m thì góc dốc sườn tầng có thể đạt từ 67÷75°; đối với các khu vực đất đá bị phong hóa thì góc dốc sườn tầng có thể đạt 60÷65°.

**3.1.2. Lựa chọn góc dốc bờ mỏ phù hợp**

Góc dốc bờ mỏ được xác định dựa trên mối quan hệ giữa tính chất cơ lý đất đá, đặc điểm địa

chất thủy văn, địa chất công trình bờ mỏ, chiều cao bờ và yêu cầu mức độ ổn định bờ mỏ (hệ số ổn định).

Trên cơ sở đặc điểm hình học mỏ và đặc điểm địa chất các mỏ quặng LT thuộc TKV, các tác giả sử dụng phần mềm chuyên dùng (GEOSTUDIO, PHASE và FLAC) khảo sát mối quan hệ giữa chiều cao với góc dốc kết thúc của bờ mỏ khi hệ số ổn định thay đổi (hình 4), từ đó đưa ra quy luật xác định sơ bộ góc dốc kết thúc của bờ mỏ như



Hình 4. Ứng dụng phần mềm Phase và Flac kiểm toán ổn định bờ mỏ  
 Bảng 4. Giá trị góc dốc bờ mỏ các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV

STT	Tên mỏ		Dạng bờ	Chiều cao bờ, m	Góc dốc, độ	Hệ số ổn định
1	Sin Quyền	Khu Đông	Bờ lồi	465÷735	41÷43	1,31÷1,42
		Khu Tây	Bờ lồi	130÷332	40÷45	1,29÷1,36
2	Tả Phời		Bờ lồi	390÷510	37÷43	1,33÷1,45
3	Nà Rụ		Bờ lồi	250÷300	40÷45	1,32÷1,41
4	Thạch Khê		Bờ lồi	200÷550	35÷45	1,35÷1,45

trên hình 5÷8. Góc dốc bờ mỏ các mỏ quặng LT thuộc TKV được lựa chọn như bảng 4.

Với kết quả lựa chọn góc dốc bờ mỏ và tính toán hệ số ổn định như bảng 4 đảm bảo bờ mỏ các mỏ quặng LT thuộc TKV ổn định theo tiêu chuẩn khai thác mỏ lộ thiên: TCVN 5326:2008 với thời gian tồn tại của bờ mỏ trên 20 năm.

### 3.2. Lựa chọn công nghệ nâng cao góc dốc sườn tầng

Để đảm bảo góc dốc sườn tầng và bờ mỏ đề xuất, lựa chọn sử dụng các sơ đồ công nghệ KNM sau:

#### 3.2.1. Sơ đồ công nghệ

##### 1. Công nghệ nổ mìn sử dụng cột thuốc phân đoạn (SĐKNM -01):

- Các hàng lỗ khoan ngoài: Các lỗ khoan được bố trí theo mạng tam giác đều, nạp thuốc liên tục.
- Hàng lỗ khoan trong cùng (hàng đệm): Giảm

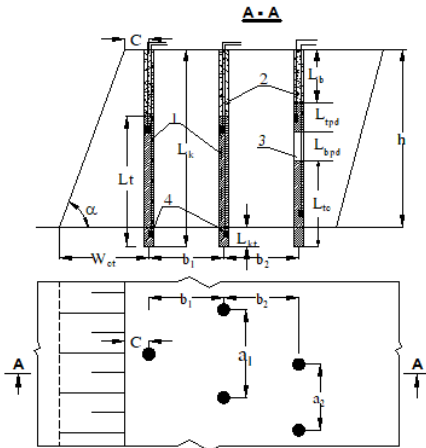
chỉ tiêu, chiều sâu khoan thêm, giảm thông số mạng nổ, nổ mìn phân đoạn, giãn cách thời gian vi sai để nâng cao chất lượng đập vỡ và giảm hậu xung. Chiều cao cột thuốc phía trên mặt tầng có giá trị nhỏ nhất bằng 15-20 lần trị số đường kính lỗ khoan..

Sơ đồ SĐKNM -01 sử dụng với các bãi nổ ở khu vực sản xuất bình thường, chưa đến biên kết thúc để nâng cao góc dốc sườn tầng khai thác. Sơ đồ KNM mạng phân đoạn mẫu xem hình 5.

##### 2. Sơ đồ KNM sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên (SĐKNM -02):

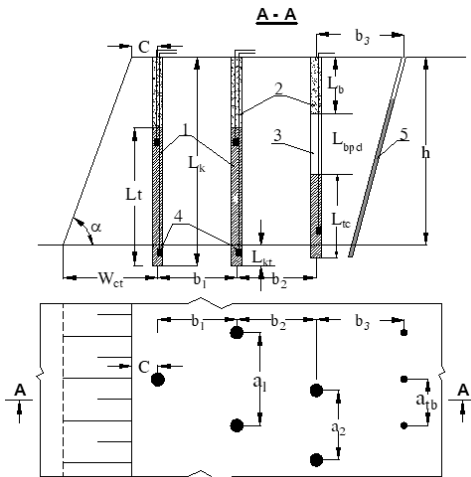
Đối với những khu vực nổ mìn tiếp giáp với bờ kết thúc sẽ áp dụng công nghệ nổ mìn sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên nhằm đạt được góc dốc sườn tầng đề xuất và đảm bảo an toàn cho bờ mỏ.

Hàng tạo biên: Sử dụng lỗ khoan đường kính 90 mm khoan nghiêng bằng góc dốc sườn tầng



Hình 5. Sơ đồ KNM nâng cao góc dốc sườn tầng (SĐKNM -01)

1) thuốc nổ; 2) búa; 3) búa phân đoạn; 4) mỏ nhỏ



Hình 6. Sơ đồ nổ mìn tạo biên (SĐKNM -02)

1) thuốc nổ; 2) búa; 3) phân đoạn kk; 4) mỏ nhỏ; 5) hàng tạo biên

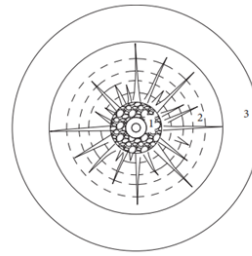
lựa chọn (70-75°). Nạp thuốc bằng thuốc nổ như tương NT13 (đường kính 32mm), các bao thuốc được nạp nối tiếp. Để tăng cường khả năng phá tách tại đáy lỗ khoan sử dụng nối tiếp 4 bao NT13 (đường kính 60mm). Các bao thuốc được nối với nhau và kích nổ bằng dây nổ. Hàng tạo biên được nổ trước bãi nổ sản xuất.

Hàng sản xuất trong cùng khu vực tạo biên sử dụng phân đoạn không khí, tổng lượng thuốc 75-80 kg/lỗ.

Sơ đồ SĐKNM -02 sử dụng với các bãi nổ ở khu vực bờ kết thúc. Chi tiết xem hình 6.

### 3.2.2. Các thông số KNM tạo biên

#### 1. Phân tích cơ chế nứt tách khi nổ các lỗ khoan



1 - Vùng phá hủy  
2 - Vùng nứt nẻ  
3 - Vùng chấn động

Hình 7. Các vùng sinh ra do tác dụng khối thuốc nổ

tạo biên:

Khi nổ mìn trong lỗ khoan, đất đá xung quanh lỗ khoan sẽ phát sinh 3 vùng cơ bản: vùng đập vỡ, vùng nứt nẻ và vùng chấn động (hình 7).

Vùng phá vỡ được hình thành dưới tác dụng nén của sóng nổ, nhiệt độ cao và áp lực khí sinh ra bởi vụ nổ. Bán kính vùng đập vỡ được xác định theo công thức [2]

$$R_c = \left[ \frac{\sqrt{2}\rho_0 D^2 \rho C_p B}{4\sigma_{cd}(\rho C_p + \rho_0 D)} \right]^{1/\alpha} r_b, \text{ m (1)}$$

Trong đó:  $\rho_0, \rho$  – mật độ của thuốc nổ và đất đá ( $t/m^3$ );  $C_p$  – tốc độ truyền âm của đất đá, m/s;  $D$  – tốc độ nổ của thuốc, m/s;  $\sigma_{cd}$  – cường độ kháng nén một trục của đất đá, Pa;  $r_b$  – bán kính lỗ khoan, m;  $\alpha = (2-\mu_d)/(1-\mu_d)$ ;  $b = (\mu_d)/(1-\mu_d)$ ;  $\mu_d$  – hệ số poisson của đất đá.

$$B = \sqrt{2(b^2 + b + 1) - 2\mu_d(1 - \mu_d)(1 - b)^2}$$

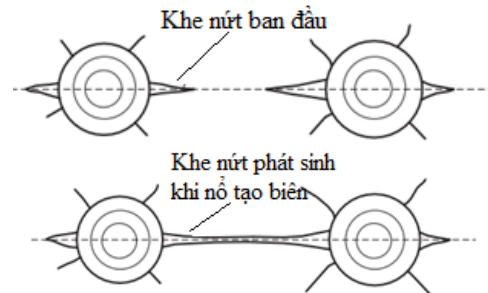
Vùng nứt nẻ được hình thành bởi các ứng suất kéo sinh ra từ vụ nổ (Hình 8), bán kính vùng nứt nẻ được xác định [2]:

$$R_p = \left( \frac{\partial_R B}{\sqrt{2}\partial_{r,d}} \right)^{1/\beta} R_c, \text{ m (2)}$$

Trong đó:  $\sigma_{td}$  - ứng suất kéo của đất đá, Pa;  $\beta = (2-3\mu_d)/(1-\mu_d)$ ;  $\partial_R = \sqrt{2}\partial_{cd}/B$ .

#### 2. Chiều dài nạp thuốc:

Khi sử dụng cột thuốc phân đoạn, ảnh hưởng áp lực nổ lên thành lỗ khoan được xác định theo



Hình 8. Sự hình thành khe nứt khi áp dụng nổ tạo biên



công thức:

$$P_2 = \frac{n l_c \rho_0 D^2}{8 l_b}, \text{Pa} \quad (3)$$

Trong đó: n - hệ số tăng áp lực nổ (n=10); l<sub>c</sub> – chiều dài cột thuốc, m; l<sub>b</sub> – chiều dài lỗ khoan, m.

Điều kiện để tạo ra khe nứt kết nối giữa các lỗ khoan tạo biên là: P<sub>2</sub> ≤ σ<sub>cd</sub>, khi đó công thức (3) có dạng:

$$l_c = \frac{8 l_b \sigma_{cd}}{n \rho_0 D^2}, \text{Pa} \quad (4)$$

**3. Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng tạo biên:**

Khi nổ mìn tạo biên, sự xung đột sóng nổ giữa các lỗ khoan tạo ra ứng suất kéo làm phân tách khối đá giữa các lỗ khoan, do đó khi nổ tạo biên các lỗ khoan sẽ được kích nổ đồng thời hoặc có thời gian vi sai càng ngắn càng tốt. Chính vì vậy, khoảng cách giữa các lỗ khoan tạo biên và mật độ nạp thường được tính toán sao cho ứng suất kéo sinh ra từ vụ nổ lớn hơn hoặc bằng cường độ kháng kéo của đất đá, khi đó khoảng cách các lỗ khoan trong hàng tạo biên được xác định theo công thức [3]:

$$S = 2R_k + \frac{2r_b P_1}{\sigma_{tr,d}}, \text{m} \quad (5)$$

Trong đó: R<sub>k</sub> – Chiều dài của khe nứt được tạo ra bởi các lỗ khoan tạo biên. M; P<sub>1</sub> – áp suất tĩnh sinh ra khi nổ mìn tại các lỗ khoan, Pa.

$$P_1 = \left(\frac{P_c}{P_k}\right)^{\gamma/k} \left(\frac{V_c}{V_k}\right)^{\gamma} P_k, \text{Pa} \quad (6)$$

Trong đó: P<sub>c</sub> – áp suất nổ chính, Pa, P<sub>c</sub> = ρ<sub>0</sub>·D<sup>2</sup>/4; P<sub>k</sub> – hệ số ứng suất trong quá trình nổ của khi nổ, P<sub>k</sub> = 200 Mpa; V<sub>c</sub> – thể tích khối thuốc, m<sup>3</sup>; V<sub>k</sub> – thể tích lỗ khoan, m<sup>3</sup>; γ, k – hệ số giãn nở của không khí và đẳng hướng của thuốc nổ (γ = 1,3 và k = 4).

Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng tạo biên và đường kính thuốc nổ được xác định theo kinh nghiệm như sau [4]:

- Khoảng cách giữa các lỗ khoan tạo biên:

$$a_{tb} = a_{tb} = (8 \div 14) d_{lk}, \text{m} \quad (7)$$

- Đường kính thổi thuốc nổ:

$$d_{tn} = (0,25 \div 0,33) d_{lk}, \text{m} \quad (8)$$

Các thông số cơ bản của hàng tạo biên xem bảng 5.

Dựa trên bảng 5 với đặc điểm cường độ kháng kéo của đất đá tại các mỏ quặng LT thuộc TKV từ 5÷13 MPa, chiều cao tầng khai thác từ 10÷15 m, lựa chọn đường kính lỗ khoan tạo biên tại các mỏ từ 90÷127 mm, với khoảng cách các lỗ khoan tạo biên từ 1,2÷1,8m.

**4. Kết quả thử nghiệm và hoàn thiện các thông số KNM cho mỏ các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV**

Để kiểm chứng các kết quả nghiên cứu làm cơ sở xây dựng các thông số KNM mẫu đảm bảo yêu cầu nâng cao góc dốc sườn tầng và bờ mỏ cho các mỏ quặng LT thuộc TKV, nhóm tác giả kết hợp với Chi nhánh mỏ tuyển đồng Sin Quyền, Lào Cai - Vimico và Công ty Công nghiệp hóa chất mỏ Tây Bắc đã tiến hành khoan nổ thử nghiệm tại khai trường mỏ đồng Sin Quyền.

Một số hình ảnh công tác thử nghiệm xem hình 9:

Kết quả công tác thử nghiệm xem bảng 6.

*Đánh giá kết quả thử nghiệm tại mỏ đồng Sin quyền cho thấy:*

- Góc dốc sườn tầng khi áp dụng SĐKNM-01 đạt 62÷72o; khi áp dụng sơ đồ SĐKNM -02 (sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên đường kính D90) đạt 67÷75o (bằng góc nghiêng lỗ khoan. Góc dốc sườn tầng sau thử nghiệm đạt được như đề tài đã đề xuất; góc dốc sườn tầng khai thác tăng so với hiện trạng từ 5÷10° và tăng so với thiết kế từ 0÷5°.

- Quá trình xúc bốc - vận tải của các tổ hợp ĐBTB diễn ra an toàn; cỡ hạt đất đá trung bình đạt

Bảng 5. Thông số cơ bản hàng lỗ khoan tạo biên

STT	Đường kính LK (mm)	Mật độ nạp thuốc, Kg/m	Khoảng cách giữa các lỗ khoan, m	Đường kính thổi thuốc nạp, mm
1	76	0,5	1,1	22÷25
2	89	0,6	1,2	22÷29
3	102	0,7	1,4	25÷32
4	114	0,8	1,6	32÷38
5	127	0,9	1,8	32÷44
6	153	1,1	2,1	38÷51
7	165	1,2	2,3	44÷51



a)

b)

c)

a) Kết quả thử nghiệm tại bãi nổ số 1 (Hệ chiếu số 300KT/10/2021/HCNM ngày 14/10/2021); b) Kết quả thử nghiệm tại bãi nổ số 2 (Hệ chiếu số 308/10/2021/HCNM ngày 20/10/2021); c) Thử nghiệm tại bãi nổ số 3 (Hệ chiếu số 387KĐ/12/2021/HCNM, ngày 24/12/2021)

Hình 9. Một số hình ảnh công tác thử nghiệm

Bảng 6. Tổng hợp kết quả nổ thử nghiệm đất đá

STT	Chỉ tiêu, thông số	Đơn vị	Giá trị			
			Bãi nổ số 1	Bãi nổ số 2	Bãi nổ số 3	
					Hàng tạo biên	Hàng SX
1	Tên hệ chiếu		300KT/10/2021 /HCNM	308/10/2021 /HCNM		
2	Vị trí nổ		Tầng +136 KT	Tầng +136 KT	Tầng +40 KĐ	
3	Thời gian nổ mìn		14/10/2021	20/10/2020	24/12/2021	
4	Phương pháp nổ		SĐKNM -01	SĐKNM -01	SĐKNM -02	
5	Loại thuốc nổ sử dụng		ANFO rời + NT13 D120	ANFO rời + NTP-1E D120	ANFO rời + NT-13 D32, D60	
6	Chỉ tiêu thuốc nổ	kg/m <sup>3</sup>	0,429	0,493		
7	Đường kính lỗ khoan	mm	165	165	90	165
8	Độ kiên cố đất đá		11÷11	11÷12	12÷14	
9	Suất phá đá bình quân	m <sup>3</sup> /m	19,50	19,71		
10	Thông số khoan nổ mìn					
11	Góc nghiêng lỗ khoan	độ	90	90	72-76	90
-	Chiều cao tầng	m	12	10,5÷12,0	11÷13	
-	Chiều sâu khoan thêm	m	1,0÷2,4	1,2÷1,5	0	1,5
-	Chiều sâu lỗ khoan	m	13÷15	12,2-13,9	12,4	13,5÷14
-	Đường cản chân tầng	m	4,0÷7,9	7,1-9,0	-	4÷7,1
-	Khoảng cách các lỗ	m	4,4÷5,5	3,0-5,7	1,2	4,0÷5,5
-	Khoảng cách các hàng	m	4,0÷5,0	4,1-4,6	3,7	4,0÷5,0
-	Chiều cao cột thuốc	m	7,3÷10,9	5,6-9,0	11,4	
-	Chiều cao cột búa	m	4,1÷4,5	3,5-4,5	0	3,5÷4,5
-	Chiều cao cột búa phân đoạn		1,2÷3	0,7÷3,4	-	3,0÷3,5
12	Kết quả thử nghiệm					



STT	Chỉ tiêu, thông số	Đơn vị	Giá trị		
			Bãi nổ số 1	Bãi nổ số 2	Bãi nổ số 3
-	Góc dốc sườn tầng	độ	62÷68	65÷72	67÷75
-	Kích thước cỡ hạt tb, m	m	0,374	0,372	0,408

0,384÷0,407 m.

- Thời gian chu kỳ xúc của máy xúc tay gàu ЭКГ-5А từ 28,5÷34 giây, trung bình 29 giây, năng suất máy xúc từ 1050÷1150 m<sup>3</sup>/ca, đạt năng suất trung bình của mỏ.

- Thời gian chu kỳ xúc máy xúc TLGN, E = 5,2 m<sup>3</sup> từ 25,3÷30,2 giây, năng suất máy xúc từ 1.350÷1.500 m<sup>3</sup>/ca, đạt năng suất trung bình của mỏ.

### 5. Kết luận

Hiện tại, góc dốc sườn tầng sản xuất tại các mỏ quặng lộ thiên thuộc TKV từ 45÷65°, trung bình 50°. Đất đá tại các mỏ quặng thuộc loại cứng, qua phân tích ổn định cho thấy với chiều cao tầng dao động từ 10÷30 m thì góc dốc sườn tầng có thể đạt từ 67÷75° đối với đất đá gốc và 60÷65° đối với các khu vực đất đá bị phong hóa. Kết quả thực nghiệm cho thấy với các sơ đồ công nghệ khoan nổ mìn áp dụng hoàn toàn có thể đạt được giá trị góc dốc sườn tầng đã lựa chọn. Do đó, bài báo đề xuất áp dụng các sơ đồ công nghệ nổ mìn tại các mỏ quặng LT thuộc TKV như sau: Đối với khu vực sản xuất hàng năm, áp dụng sơ đồ SĐKNM -01 nhằm

đảm bảo góc dốc sườn tầng và bờ mỏ thiết kế, giảm hậu xung nổ mìn tác động lên bờ mỏ. Đối với các khu vực bờ mỏ kết thúc: kiến nghị áp dụng sơ đồ SĐKNM -02 (sử dụng hàng lỗ khoan tạo biên đường kính 90mm) nhằm đạt được góc dốc sườn tầng và ổn định bờ mỏ.

### Tài liệu tham khảo:

[1]. Marklund. *Improve Blasting and Bench Slope Design at the Aitik mine*. Copyright 2021, Australian Centre for Geomechanics (ACG), The University of Western Australia

[2]. J. Dai and Y. Q. Yang, “Calculation of the distance between the adjacent delay-explosion shot holes in smooth blasting”, *Explosion and Shock Waves*, vol. 23, no. 3, pp. 253–258, 2003

[3]. L. Ma, K. M. Li, S. S. Xiao, X. H. Ding, and S. Chinyanta, “Research on effects of blast casting vibration and vibration absorption of presplitting blasting in open cast mine”, *Shock and Vibration*, vol. 2016, Article ID 4091732, 9 pages, 2016.

[4]. C. J. Konya, “Presplitting for wall control”, *Engineering and Mining Journal*, vol. 198, no. 5, pp. 45–48, 1997.

## Research on the technology selection and advanced experiment of the slope angle at the open pit ore mines of Vinacomin

Dr. Bui Duy Nam, MSc. Dam Cong Khoa - *Vinacomin-Institute of Mining Science and Technology*

Eng. Bui Van Tuan - *Branch of Vimico - Sin Quyen copper processing mine, Lao Cai*

### Abstract:

The open pit ore mines of Vinacomin are under the deepening process, mining conditions are increasingly difficult, the extraction coefficient increases with the depth of mining. At the same time, the risk of instability on the mine slope goes along with the mining depth. To ensure efficient and safe extraction under the deep mining, the selection of the reasonable slope angle and berm is necessary. The paper focuses on the nature of soil and rock mechanics at open pit ore mines under Vinacomin, on that basis, the appropriate slope angle and berm are selected, technological solutions are analyzed to achieve the slope angle of the chosen floor slope and the berm. On the basis of selection technology, the technological diagrams and trial technology parameters at Sin Quyen copper mine are prosed. The test results showed that the slope angle could reach 67÷75° as proposed.