



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

TIỂU BAN
PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG CÔNG NGHIỆP
KHAI THÁC VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN

MỤC LỤC

Một số giải pháp nâng cao công tác quản lý an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động sử dụng vật liệu nổ công nghiệp cho các mỏ đá tại Ninh Bình <i>Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bảo, Nguyễn Tuấn Thành...</i>	901
Application of chatGPT-Matlab framework to the control of consumption of blasting explosives <i>Hui Chen, Fei Gao, Vu Trung Tien, Do Anh Son.....</i>	908
Ứng dụng công nghệ UAV trong đánh giá chỉ tiêu thuốc nổ thực tế và hệ số nổ rời của đồng đá nổ mìn <i>Phạm Văn Hòa, Dương Thành Trung, Phạm Văn Việt, Trần Quang Hiếu.....</i>	914
Tổng quan về các kỹ thuật đánh giá mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn <i>Phạm Văn Hòa, Nguyễn Đình An, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bảo.....</i>	919
Tình hình thực hiện chính sách, pháp luật về an toàn vệ sinh lao động trong hoạt động khai thác than ở Việt Nam <i>Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Nguyễn Tuấn Thành.....</i>	925
Nghiên cứu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn <i>Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Quý Thảo.....</i>	931
Nghiên cứu ứng dụng phần mềm mô phỏng điều kiện vi khí hậu và thông gió cho mỏ than Cọc Sáu <i>Đoàn Văn Thanh, Đỗ Văn Triều, Trần Đình Bảo, Hoàng Mạnh Thắng, Hoàng Đình Nam..</i>	937
Nghiên cứu sự lan truyền của sóng nổ từ môi trường đất đá sang môi trường nước <i>Đàm Trọng Thắng, Ngô Thế Đức.....</i>	944
Một số giải pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các khu vực đất đá ngầm nước cho mỏ than Đèo Nai – TKV <i>Hoàng Mạnh Thắng, Trần Quang Hiếu.....</i>	950
Công nghệ khai thác chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxite mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng <i>Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Trung Anh, Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú, Noëlie Escutenaire.....</i>	957
Giải pháp số trong đánh giá, gia cố bờ mỏ tăng ổn định tại bờ trụ khu IV mỏ than Nam Trảng Bách <i>Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Bùi Huy Bách, Lê Thị Thu Hoa, Trần Đình Bảo, Phạm Văn Hòa, Nguyễn Tuấn Thành.....</i>	965

Công nghệ khai thác chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxite mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng

Nguyễn Anh Tuấn^{1,2 *}, Phạm Văn Việt^{1,2}, Trần Trung Anh^{1,2}, Nguyễn Văn Tịnh³,
Nguyễn Đăng Hòa³, Phạm Minh Tú³, Noëlie Escutenaire⁴

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Trung tâm Nghiên cứu Cơ Điện Mở

³Công ty TNHH MTV Nhóm Lâm Đồng - TKV

⁴L'Ecole Nationale Supérieure de Mines d'Alès (IMT Mines Alès), CH Pháp

TÓM TẮT

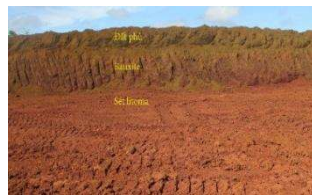
Công nghệ khai thác (CNKT) bauxit tại mỏ Tây Tân Rai (tỉnh Lâm Đồng) trên dạng địa hình đồi thấp đất đỏ bazan, khó khăn khi khai thác vào mùa mưa, thuận lợi khi bóc đất đá phủ và khai thác quặng bauxit trực tiếp mà không cần làm toi sơ bộ. Phân bố quặng bauxit trên diện tích rộng lớn hàng ngàn ha, chất lượng quặng bauxit biến động lớn về hàm lượng nhôm, silic, sắt và đồng thời chiều dày, thể nằm của thân quặng, thành phần cỡ hạt quặng trên từng khu vực phân bố rất khác nhau theo địa hình chân, sườn và đỉnh đồi. Do đó, nghiên cứu áp dụng các sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp với điều kiện phân bố quặng bauxit mỏ Tây Tân Rai nhằm đảm bảo chất lượng quặng nguyên khai trước khi đưa vào nhà máy tuyển đóng vai trò quan trọng. Các sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp cho phép xác định khối lượng tồn thất và làm nghèo chính xác, ổn định chất lượng và đảm bảo sản lượng quặng nguyên khai quanh năm đặc biệt bảo ổn định sản lượng, chất lượng quặng khai thác trong mùa mưa. Chất lượng quặng nguyên khai ổn định sẽ đảm bảo chế chế độ làm việc hiệu quả của khâu rửa tuyển, tích kiệm và giảm chi phí chi tiêu tiêu hao nước, sút.

Từ khóa: Bauxit; Tây Nguyên; Khai thác chọn lọc; Tồn thất; Làm nghèo.

1. Đặt vấn đề

Bauxit tại mỏ Tây Tân Rai (Lâm Đồng) có trữ lượng 975 triệu tấn (chiếm 18%) trong tổng trữ lượng dự báo quặng bauxit của cả nước là 5,4 tỷ tấn. Từ quặng bauxit có thể tách nhôm (Al_2O_3), nguyên liệu chính để luyện nhôm trong các lò điện phân. Sự phân bố của quặng bauxit qua công tác khoan thăm dò cho thấy, chiều dày vỉa quặng trung bình <10m và gần mặt đất và nằm dưới lớp phủ dày hơn 2m. Thân quặng bauxit thường có tính phân đới từ trên xuống gồm: đới laterit có màu đỏ sẫm, nâu đỏ, thành phần gồm bauxit cứng, limonit: 1÷2m, đôi khi đến 8m; đới chứa bauxit màu nâu đỏ, nâu nhạt: 2÷15m; đới litoma (sét sặc sỡ): tới 20m; đới bazan bán phong hoá (đới saprolit): 0÷6m; đá bazan.

Địa tầng	Đặc điểm
Lớp đất phủ lẫn quặng Bauxit	
Lớp laterit - Bauxit	
Lớp Bauxit - laterit	
Lớp litoma	
Lớp bazan phong hoá	
Lớp bazan tươi	



Hình 1. Cấu trúc địa tầng đặc trưng quặng bauxit tại mỏ Tây Tân Rai, Lâm Đồng.

Trong một số khu vực đới chứa bauxit và litoma khó phân chia nên thường được gộp chung và gọi là đới bauxit. Thành phần khoáng vật quặng, khác với bauxit trầm tích, chủ yếu gồm gibsit, ít boemit và kaolinit: Al_2O_3 : 35÷40%; SiO_2 : 10÷15%; Fe_2O_3 : 20÷25%; TiO_2 : 2÷3%. Do đó yêu cầu chất lượng của quặng nguyên khai cấp liệu vào bun ke nhà máy tuyển: cỡ hạt ≤ 300 mm; chất lượng quặng nguyên khai của mỏ Tây Tân Rai: Al_2O_3 39,674÷1,01%; SiO_2 6,73÷7,95%; Fe_2O_3 22,9÷26,70%; TiO_2 3,7÷3,77%; MKN 21,69%. Tồn thất thực tế là 6,69% và theo thiết kế là 7,08%; hệ số làm nghèo thực tế là 4,23% và theo thiết kế là 4,24% (Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016). Thành phần độ hạt theo thiết kế cơ sở: quặng bauxit nguyên khai, độ hạt tập trung chủ yếu kích thước > 1mm. Theo kết quả xác định tần suất tích lũy độ hạt cho thấy độ hạt +1mm là 75÷80%. Trong đó độ hạt 4÷5mm là 50%. Độ hạt 7÷10mm là 25%. Độ hạt lớn nhất thuộc đới bauxit laterit và trung bình 4÷6,5 mm. Tính chất cơ lý của quặng theo thiết kế cơ sở: thể

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenanhtuan@humg.edu.vn

trọng trung bình quặng bauxit nguyên khai khai thác là 1,71 t/m³; độ ẩm tự nhiên của quặng nguyên khai dao động từ 13,09 đến 35,07%, trung bình là 21,14%. Chỉ tiêu tiêu hao nước cho 1 tấn quặng nguyên khai (độ ẩm 0%) là từ 7-7,8 m³/tấn; đối với quặng tinh (độ ẩm 10%) là 12-13m³/tấn. Công nghệ khai thác chế biến Alumina (Công nghệ Bayer) cho thấy rõ mức độ tiêu hao sút. Căn cứ thành phần hợp chất natri alumosilicat ngậm nước (Na₂O.Al₂O₃.mSiO₂.nH₂O) nhận thấy cứ 1 phân tử SiO₂ sẽ tiêu hao 2 phân tử NaOH và gây mất mát 1 phân tử Al₂O₃. Tương ứng 1kg SiO₂ trong tinh quặng bauxit sẽ gây tiêu hao ~1,33kg xút NaOH và mất mát ~1,7kg Al₂O₃.

Trên thực tế chất lượng quặng nguyên khai tại mỏ bauxit mỏ Tây Tân Rai có biến động nên trong quá trình khai thác, nhà máy tuyển sẽ điều chỉnh công nghệ vận hành nhà máy cho hợp lý đảm bảo quặng nguyên khai khai thác đầu vào đáp ứng với chất lượng quặng nguyên khai. Do đó, công nghệ khai thác trung hòa chất lượng quặng nguyên khai đóng vai trò quan trọng sẽ quyết định tới chất lượng quặng tinh sau tuyển cũng như giá thành cấp nước, hóa chất khi tuyển và chế biến quặng bauxit.

2. Hiện trạng CNKT trung hòa chất lượng quặng bauxit nguyên khai mỏ Tây Tân Rai

Trung hòa quặng là công tác phối trộn quặng từ những khu vực, gương tầng có chất lượng xấu tới tốt để đảm bảo chất lượng quặng nguyên khai đạt yêu cầu của nhà máy. Trong quá trình khai thác, vĩa quặng thay đổi hoặc chất lượng quặng biến động lớn gây ảnh hưởng tới quá trình trung hòa quặng cần phải tiến hành đào hồ lấy mẫu, kiểm tra phân tích để có định hướng cho việc khai thác và trung hòa quặng. Chất lượng quặng bauxit nguyên khai tại mỏ được trung hòa bằng các phương pháp: trung hòa chất lượng quặng nguyên khai tại gương khai thác và trung hòa tại kho, đồng lưu trữ (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009; Nguyễn Đăng Hòa, 2023).

2.1. Trung hòa tại gương khai thác

Chất lượng quặng nguyên khai đạt yêu cầu chất lượng cần phải trung hòa ngay tại gương khai thác trước khi đưa trực tiếp vào nhà máy tuyển. Để làm được điều này, phải duy trì tối thiểu 02 gương xúc hoạt động đồng thời; số lượng gương khai thác phụ thuộc vào công suất khai thác từng thời điểm và chất lượng quặng của từng gương. Các gương này thường có chất lượng quặng chênh lệch nhau khá lớn, có chất lượng được tính toán tỷ lệ phối trộn dựa vào yêu cầu đầu vào của nhà máy tuyển.

2.2. Trung hòa tại kho và đồng lưu trữ

Trường hợp chủ đích đổ kho lưu trữ nguồn nguyên liệu cho những tháng mùa mưa không thể cấp quặng trực tiếp từ khai trường, hoặc trường hợp quặng nguyên khai tại gương khai thác không đảm bảo yêu cầu về chất lượng cấp cho nhà máy tuyển thì được xúc lên ô tô chở về kho quặng nguyên khai (cạnh nhà máy tuyển) và đổ thành các đồng riêng biệt (2-3 đồng) theo chất lượng tương ứng của các gương khai thác, sau đó tiến hành pha trộn (bằng máy xúc lật bánh lốp hoặc thiết bị khác) đảm bảo chất lượng theo yêu cầu của nhà máy tuyển rồi mới cấp liệu vào bunke của nhà máy tuyển.

2.3. Tổn thất và làm nghèo hiện nay của mỏ

Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc hiện nay mỏ đang áp dụng và tính toán chung cho toàn mỏ với hệ số trung bình như sau: Tỷ lệ tổn thất khi thác (K_m) là 7,08% bao gồm tỷ lệ tổn thất khi dọn mặt tầng khai thác (K_{m1}) là 2,5%, tỷ lệ tổn thất vương vãi khi vận tải (K_{m2}) là 1,25% và tỷ lệ tổn thất khi xúc chọn lọc ở vách và trụ vĩa (K_{m3}) là 3,33% cụ thể với chiều dày lớp tổn thất tương đương là 0,2m và chiều dày xúc chọn lọc là 0,1m; tỷ lệ làm nghèo khoáng sản trung bình là 4,24% với chiều dày làm bản tương đương là 0,15m. CNKT chọn lọc đảm bảo chất lượng quặng của mỏ cho block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122, bảng 1.

Bảng 1. Khối lượng tổn thất và làm nghèo theo thiết kế cho Block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122

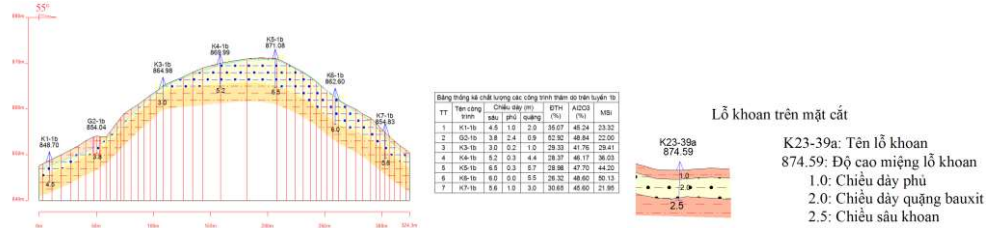
Khối trữ lượng	Diện tích	Bề dày (m)		Thể tích (m ³)		Tổn thất (m ³)	Làm nghèo (m ³)	KL quặng khai thác
		Phủ	Bauxit	Phủ	Bauxit			(m ³)
24-122	367,176	0,80	4,20	293,741	1.542.138	109,235	65,311	1.498.215

3. Nghiên cứu sơ đồ CNKT phù hợp trung hòa chất lượng quặng nguyên khai mỏ Tây Tân Rai

3.1. Đặc điểm phân bố và điều kiện khai thác

Phân bố quặng bauxit mỏ Tây Tân Rai trên một diện tích rất lớn lên tới hàng ngàn ha. Biên giới trên mặt của thân quặng I (khối cấp trữ lượng 122, 464,85 ha), thân quặng II (khối cấp trữ lượng 121; 122, 1.154,65 ha) với tổng diện tích trên mặt: 1.619,5 ha. Trữ lượng địa chất trong khai trường khai thác gồm: thân quặng I là 24.365.258m³ ≈ 41.664.592tấn, thân quặng II là 46.989.344m³ ≈ 80.351.779tấn, tổng trữ lượng địa chất là 122.016.371tấn. Theo chỉ tiêu khoanh nổi thân quặng đối với quặng nguyên khai có hàm lượng Al₂O₃ ~

30% , Msi ~ 2, chiều dày thân quặng m ~ 1m và chỉ tiêu tính trữ lượng cho quặng tinh có độ thu hồi ~ 20%, Al₂O₃ ~ 40%, Msi ~ 7, đất đá không đạt chỉ tiêu trên nằm ngoài thân quặng và khi khai thác lẫn một phần vào quặng nguyên khai làm nghèo hoá quặng (Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016).



Hình 2. Mặt cắt địa chất Tuyến T1b và các thông số cơ bản của lỗ khoan, mỏ bauxit Tây Tân Rai

Các thông số của vỉa ảnh hưởng tới sơ đồ, thông số công nghệ xúc bốc và xúc bốc chọn lọc gồm chiều dày, góc dốc. Trong các yếu tố trên, chiều dày thân quặng là yếu tố quyết định đến việc lựa chọn sơ đồ CNKT. Với điều kiện như trên có thể xây dựng sơ đồ khai thác thải đất đá trực tiếp vào bãi thải trong, gần liền khai thác với hoàn thổ môi trường.

3.2. Xác định tổn thất làm nghèo cho block khu vực khai thác

Tổn thất khoáng sản là phần trữ lượng khoáng sản trong cân đối bị mất đi trong quá trình khai thác. Còn làm nghèo khoáng sản là hiện tượng làm giảm chất lượng của nó trong quá trình khai thác do các nguyên nhân như xúc lẫn đất đá vào khoáng sản, hoặc xúc lẫn khoáng sản nghèo không đủ tiêu chuẩn công nghiệp. Khối lượng tổn thất và làm nghèo thay đổi tùy theo phương án khai thác chọn lọc chịu tổn thất và làm nghèo khác nhau. Nếu chịu tổn thất hoàn toàn thì trữ lượng sẽ suy giảm, chi phí tuyển sẽ giảm, tổng doanh thu sẽ giảm. Ngược lại, nếu chịu làm nghèo hoàn toàn, chi phí khai thác sẽ giảm, chi phí tuyển sẽ có xu thế tăng, tổng trữ lượng quặng nguyên khai có xu thế tăng dẫn đến tổng doanh thu có xu thế tăng (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

Hệ số tổn thất (K_m) và làm nghèo (r) khoáng sản được xác định như sau (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$K_m = \frac{Q_m}{Q_c} \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$r = \frac{Q_d}{Q_c - Q_m + Q_d} \cdot 100, \% \quad \text{hay} \quad r = \frac{\alpha - \alpha'}{\alpha - \alpha''} \quad (2)$$

trong đó:

Q_m - khối lượng khoáng sản trong cân đối bị mất trong quá trình khai thác, tấn;

Q_c - trữ lượng quặng trong cân đối, tấn;

Q_d - khối lượng đất đá bị lẫn vào khoáng sản khai thác, tấn;

Q_k - khối lượng khoáng sản nguyên khai, tấn: $Q_k = Q_c - Q_m + Q_d$, tấn;

$\alpha, \alpha', \alpha''$ - hàm lượng TPCI trong khoáng sản nguyên khối, trong khoáng sản nguyên khai và trong đất đá lẫn quặng khi khai thác, %;

$$\alpha' = \frac{\alpha(1 - K_m) + \alpha''K_d}{K_{th}} \quad (3)$$

Hệ số pha tạp được tính $K_d = Q_d/Q_c$.

Hệ số thu hồi khoáng sản nguyên khai là tỷ số giữa khối lượng khoáng sản khai thác được và khối lượng khoáng sản gốc tương ứng trong cân đối.

$$K_{th} = \frac{Q_k}{Q_c} \quad (4)$$

Chiều dày nhỏ nhất của vỉa quặng bauxit có thể khai thác tận thu là chiều dày tối thiểu của vỉa quặng có thể khai thác được đảm bảo điều kiện kinh tế kỹ thuật của mỏ. Về mặt kỹ thuật, chiều dày của lớp khoáng sản phải đủ lớn để thiết bị xúc bốc có thể thu hồi, chất lượng quặng nguyên khai đảm bảo yêu cầu của khâu tuyển khoáng. Từ tỷ lệ làm nghèo khoáng sản có thể xác định giá trị chiều dày nhỏ nhất của vỉa khoáng sản theo điều kiện chất lượng khoáng sản tinh và công nghệ gia công chế biến khoáng sản khi chiều cao tầng khai thác nhỏ hơn hay chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$M_{min} = t \left[1 + \frac{\gamma_d}{\gamma_q} r_0 \right], m \quad \text{hay} \quad M_{min} = \frac{Q}{h} \left[1 + \frac{\gamma_d}{\gamma_q} r_0 \right], m \quad (5)$$

trong đó:

t - chiều dày lớp tổn thất, m;

Q - khối lượng khoáng sản cân đối ở tầng tính toán, tấn;

h - chiều cao tầng khai thác nhỏ hơn chiều cao xúc chọn lọc, m;

r_0 - tỉ lệ khoáng sản làm nghèo cho phép;

$$r_o = \frac{\varepsilon_t \alpha - \gamma_t \beta}{\varepsilon_t (\alpha - \alpha'')} \quad \text{khi } \alpha'' \neq 0 \quad (6)$$

Về mặt chất lượng, điều kiện để khai thác chọn lọc các vỉa khoáng sản là chiều dày nhỏ nhất của nó phải đảm bảo sao cho khoáng sản khai thác ra có đủ hàm lượng yêu cầu là α' , để sau khi sàng tuyển, khoáng sản tinh đạt được hàm lượng β yêu cầu. Với γ_t là hệ số thu hồi khoáng sản tính từ khoáng sản nguyên khai thì mức thực thu kim loại từ khoáng sản nguyên khai vào khoáng sản tinh là (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009):

$$\varepsilon_t = \frac{\gamma_t \beta}{(1-r_o)\alpha + r \alpha''} \quad (7)$$

3.3. Sơ đồ CNKT chọn lọc phù hợp với điều kiện sàng block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122

Block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122, thân quặng bauxit nằm dưới lớp đất phủ từ 0,5÷2 m, chiều dày thân quặng bauxit từ 2÷8 m và trung bình 4,0 m, bên dưới là lớp sét trụ litoma. Theo phân loại độ dốc của phân bố địa hình, lớp đồng đẳng vách và trụ vỉa quặng bauxit, nhóm nghiên cứu phân loại từng vùng diện tích có điều kiện phân bố thân quặng phù hợp với CNKT chọn lọc hiệu quả nhất như vị trí chân đồi, sườn đồi và đỉnh đồi đảm bảo trung hòa chất lượng quặng, sản lượng trong một khu vực block khai thác:

- Công nghệ khai thác nhóm 1 (CNKT 1): Vĩa cấm nghiêng $0 \div 10^0$ dạng nằm ngang và dốc thoải, chiều dày vĩa $\geq 0,5$ m, công nghệ khai thác chọn lọc bằng máy ủi kết hợp với máy xúc: hiện tượng tồn thất và làm bắn quặng xảy ra chủ yếu do khâu dọn vách vĩa khi bóc tách lớp đất phủ ở vách của vĩa quặng.

- Công nghệ khai thác nhóm 2 (CNKT 2): Vĩa cấm nghiêng $10 \div 18^0$ và $18 \div 25^0$ dạng vĩa dốc thoải và cấm xiên, chiều dày vĩa $\geq 0,5$ m, CNKT chọn lọc áp dụng cho cả 2 nhóm góc này bằng máy ủi kết hợp với máy xúc: hiện tượng tồn thất và làm bắn quặng xảy ra chủ yếu do khâu dọn vách vĩa khi bóc tách lớp đất phủ ở vách của vĩa quặng. Với vĩa dốc xiên ($18 \div 25^0$) máy xúc sẽ phải xúc thêm 1 phần đất trụ để đảm bảo chiều rộng mặt tầng xúc đủ để ô tô quay đảo chiều nhận tải từ máy xúc. Tồn thất làm nghèo khoáng sản khi khai thác vĩa dốc xiên xảy ra do tạo các mặt bằng nằm ngang cho các thiết bị xúc bóc và vận tải làm việc. Mặt bằng làm việc này có thể bố trí trong thân khoáng sản hoặc trên vách vĩa có các kích thước khác nhau. Các tam giác tồn thất và làm nghèo khoáng sản phụ thuộc độ dốc vĩa và chiều rộng khoáng xúc.

- Công nghệ khai thác nhóm 3 (CNKT 3): Vĩa có góc cấm $25 \div 45^0$ và trên 45^0 dạng vĩa cấm nghiêng và cấm đứng, chiều dày trung bình và lớn, công nghệ khai thác chọn lọc bằng MXTLGN. Khi góc nghiêng của vĩa nghiêng $25 \div 35^0$ cần tiến hành đào hào vượt trước sát vách vĩa, nhằm giảm bớt khối lượng đá treo trên vách vĩa. Đất đá của hào vượt trước được đổ sang bên cạnh (trên nóc hào chuẩn bị) để cùng chất vào phương tiện vận tải khi tiến hành đào hào chuẩn bị.

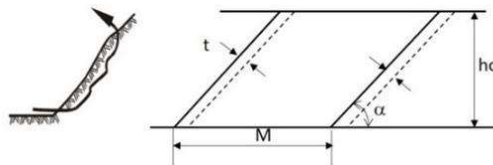
Đồng bộ thiết bị sử dụng trong các sơ đồ CNKT như sau: MXTLGN xúc đất phủ và quặng với dung tích gầu $E=1,4 \div 3,3$ m³. Ô tô vận tải đất đá thải và quặng nguyên khai có tải trọng $q_0=13 \div 36$ tấn. Máy gạt gom quặng và gạt đất phủ, phục vụ công tác hoàn thổ và gạt bãi thải đất đá có công suất 180÷240HP. Máy xúc lật bánh lốp dung tích gầu $E=4,5$ m³. Theo thực tế MXTLGN PC 50-6 sử dụng trên mỏ Tây Tân Rai thì chiều cao xúc chọn lọc xác định như sau (bán kính xúc lớn nhất tại mức máy đứng $R_{xt}=14,5$ m; $E=3,1$ m³; trọng lượng làm việc $G=71570$ kg; chiều rộng băng di chuyển của máy xúc $D=4,11$ m. Khoảng cách C tính theo công thức kinh nghiệm $C=0,125^3 \sqrt{G}=0,125^3 \sqrt{71,57}=0,5$, chiều cao $h_1=0,68^3 \sqrt{G}=0,68^3 \sqrt{71,67}=2,8$ m, giá trị $b=Z+0,5.D-C=2,5+2,05-0,5=4$ m. Thay các giá trị trên đây vào công thức tính chiều cao xúc chọn lọc h_c như sau:

$$h_c = \frac{-(h_1 + b \cdot \text{ctg} \gamma) + \sqrt{(h_1 + b \cdot \text{ctg} \gamma)^2 - (1 + \text{ctg}^2 \gamma)(h_1^2 + b^2 - R^2)}}{1 + \text{ctg}^2 \gamma} \cdot m \quad (8)$$

Chiều cao xúc chọn lọc được xác định cho MXTLGN PC 750-6 phụ thuộc vào độ dốc của vĩa, bảng 2:

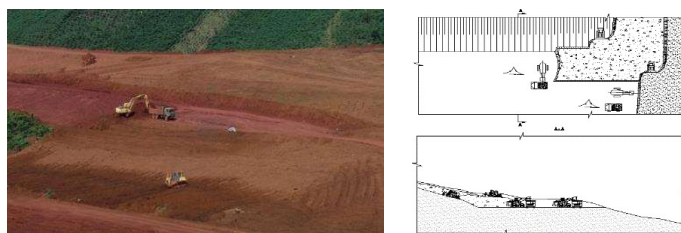
Bảng 2. Chiều cao xúc chọn lọc MXTLGN PC 750-6 tính theo góc cấm của vĩa

Góc cấm của vĩa (α , độ)	15	20	25	30	35	40	45
Chiều cao xúc chọn lọc (h_c , m)	3	3,55	4,0	4,7	5,4	6,0	6,7



Hình 3. Chiều cao xúc chọn lọc của MXTLGN (h_c) tương ứng với chiều dày lớp tồn thất (t) và chiều dày lớp làm nghèo (b) của vỉa quặng bauxit (α góc cấm của vỉa, độ; M chiều dày của vỉa, m).

Sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc theo điều kiện phân bố khoáng sàng bauxit trên địa hình đồi thấp và có sự phân bố khác nhau về góc cấm thân quặng, chiều dày thân quặng và hàm lượng các thành phần ở đỉnh đồi, sườn đồi và chân đồi.



Hình 4. Khai trường đang khai thác bauxit tại chân đồi theo sơ đồ CNKT1.

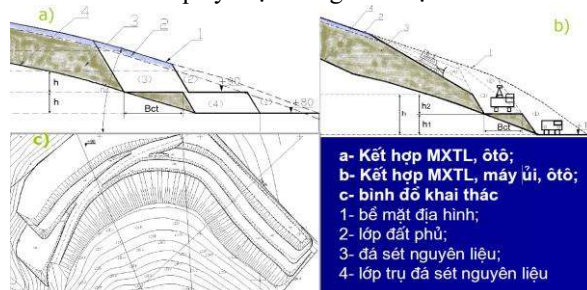


Hình 5. Sơ đồ CNKT bóc phủ và khai thác quặng bauxit trong điều kiện mùa khô và mùa mưa tương ứng với chiều dày lớp đất phủ bóc tách riêng và lớp quặng tồn thất trên lớp sét trụ.

Bên cạnh đó cần tiến hành phân nhóm công nghệ, sơ đồ CNKT chọn lọc theo khu vực góc cấm, chiều dày và chất lượng quặng phù hợp (Filip Orzechowski, 2015). Công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện mùa mưa và mùa khô tương ứng với điều kiện phân bố khoáng sản bauxit vùng Tây Nguyên.

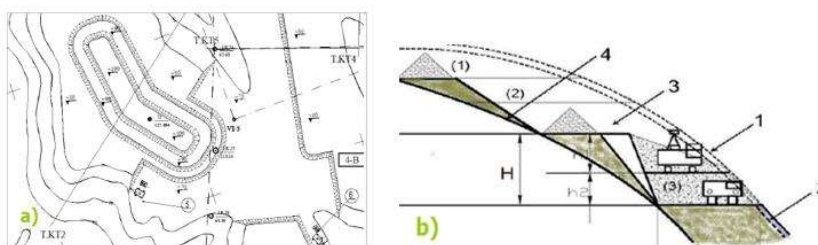
a. Sơ đồ CNKT khẩu theo lớp xiên trình tự khai thác từ dưới lên (áp dụng cho mùa khô):

Hào mở vỉa là hào trong, được đào trên nền đá gốc và chỉ xây dựng đến vị trí tầng khai thác thấp nhất. Diện chuẩn bị ban đầu chỉ cần đủ để ô tô quay lượn vòng khi nhận tải.



Hình 6. Sơ đồ CNKT từ dưới lên

a) Kết hợp MXTLGN với ô tô; b) Kết hợp MXTLN, máy ủi, ô tô; c) Bình đồ khai thác. 1- Lớp mặt địa hình; 2- Lớp phủ; 3- Lớp quặng bauxit; 4- Lớp sét trụ.



Hình 7. Sơ đồ CNKT khẩu theo lớp xiên, trật tự từ trên xuống dưới: a) Mặt cắt trình tự khai thác; b) Bình đồ khai thác; 1- bề mặt địa hình; 2- lớp đất phủ; 3- lớp quặng bauxit; 4- lớp sét trụ.

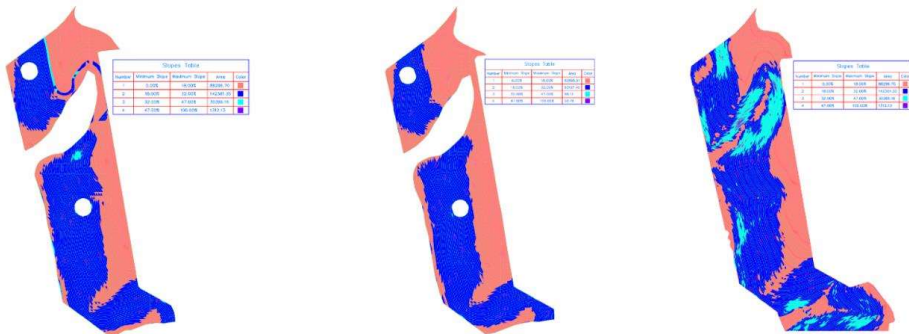
Tuyến hào mở vỉa chính là các hào sẽ được đào để chuẩn bị cho tầng trên khi sắp kết thúc tầng dưới. Từ tuyến hào chính sẽ mở các hào bằng vào các mặt tầng khai thác của từng tầng. Với sơ đồ công nghệ này thì đối công tác bao trùm tất cả các bờ mở theo chu vi của mỏ và việc khai thác được tiến hành bằng những dải

vành khuyên từ biên giới khai trường vào trung khu vực đồi khai thác (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

b. Sơ đồ CNKT theo lớp xiên trình tự khai thác từ trên xuống dưới (áp dụng cho mùa mưa):

Hào mở vỉa là hào trong hoặc hào ngoài, bán hoàn chỉnh, được xây dựng từ mặt bằng tiếp nhận đến tầng khai thác đầu tiên. Tầng khai thác đầu tiên được xây dựng sau khi xây dựng tuyến đường phù hợp với điều kiện thiết bị xúc bốc, vận tải và đảm bảo công suất mỏ. Từ hào cơ bản đào các hào nối vào tầng khai thác. Tùy theo yêu cầu sản lượng để xác định số tầng làm việc đồng thời. Đối công tác bao trùm tất cả các bờ mỏ theo chu vi của mỏ và việc khai thác được tiến hành theo từng lớp xiên từ tầng trên xuống tầng dưới, hết lớp ngoài đến lớp trong bằng giải vành khuyên từ biên giới vào trung tâm mỏ (Nguyễn Anh Tuấn, 2008; Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009).

Sơ đồ CNKT hợp lý trong điều kiện là xúc chuyển, gạt chuyển. Sơ đồ khẩu theo lớp xiên, trật tự khai thác từ trên xuống dưới, sử dụng bãi thải trong và bãi thải tạm nhằm đáp ứng điều kiện an toàn và hoàn thổ môi trường trong quá trình khai thác (Filip Orzechowski, 2015). Trật tự khai thác: khoáng sàng bauxit được khấu lần lượt theo từng lớp, hết lớp ngoài vào trong từ cao xuống thấp.



Hình 8. Bình đồ đồng đẳng vách (a), trụ (b) và địa hình khu vực khai thác (c) của block khu vực 1 thuộc khối trữ lượng 24-122 tương ứng với các khu vực có góc dốc khác nhau.

Bảng 3. Áp dụng CNKT và xác định khối lượng tổn thất và làm nghèo quặng vách và block 24-122

TT	Góc cắm của vỉa		Diện tích (m ²)	Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dày lớp		Khối lượng PA khai thác chọn lọc	
	Góc dốc min (gmin)	Góc dốc max (gmax)			Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất	Làm nghèo
1	0	10	77048,99	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	7704,90	11557,35
2	10	18	99752,85	Gạt - Xúc	0,1	0,15	9975,29	14962,93
3	18	25	1749,25	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	174,93	262,39
4	25	45	56,67	Xúc chọn lọc bằng MXTLGN	0,1	0,15	5,67	8,50
Tổng			178.607,76				17.860,8	26.791,2

Bảng 4. Áp dụng CNKT và xác định khối lượng tổn thất và làm nghèo quặng tại trụ vỉa block 24-122

TT	Góc cắm của vỉa		Diện tích (m ²)	Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dày lớp		Khối lượng PA khai thác chọn lọc	
	Góc dốc min (gmin)	Góc dốc max (gmax)			Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất	Làm nghèo
1	0	10	82896,91	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	8289,69	12434,54
2	10	18	93197,4	Gạt - Xúc	0,1	0,15	9319,74	13979,61
3	18	25	88,12	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	8,81	13,22
4	25	45	50,78	Bảng MXTLGN	0,1	0,15	5,08	7,62
Tổng			176233,21				17623,3	26435,0

Phương án khai thác chọn lọc với các phương án: chịu tổn thất hoàn toàn; làm nghèo hoàn toàn; vừa tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ; làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ.

Bảng 5. Tổng hợp khối lượng tổn thất và làm nghèo theo các phương án khai thác chọn lọc

TT	Góc cắm của vỉa		Công nghệ khai thác chọn lọc	Chiều dày lớp		Khối lượng Phương án khai thác chọn lọc					
	Góc cắm min (γmin)	Góc cắm max (γmax)		Tổn thất, m	Làm nghèo, m	Tổn thất hoàn toàn	Làm nghèo hoàn toàn	Tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ	Làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ		
1	0	10	Gạt - Gom - Xúc	0,1	0,15	15994,59	23991,89	7704,90	12434,54	11557,35	8289,69
2	10	18	Gạt - Xúc	0,1	0,15	19295,03	28942,54	9975,29	13979,61	14962,93	9319,74
3	18	25	Gạt - Xúc/Xúc chọn lọc	0,1	0,15	183,74	275,61	174,93	13,22	262,39	8,81
4	25	45	Bảng MXTLGN	0,1	0,15	10,75	16,12	5,67	7,62	8,50	5,08
Tổng						35484,1	53226,1	17860,8	26435,0	26791,2	17623,3

Trong quá trình khai thác chọn lọc ở các tuyến công tác khác nhau (chân đồi, sườn đồi và đỉnh đồi) tương ứng các sơ đồ CNKT khác nhau cho phép tính chính xác khối lượng tổn thất và làm nghèo khi bóc lớp đất phủ ở vách và khai thác lớp quặng bauxit tiếp xúc với lớp sét trụ. Các kết quả tính toán được trình bày trên

các bảng 3, 4 và 5. Kết quả tính toán tổn thất và làm nghèo khi khai thác khi khai thác từ vách vĩa (tiếp xúc giữa lớp phủ và vĩa quặng) được tính và thể hiện trên bảng 3. Kết quả tính toán tổn thất và làm nghèo khi khai thác khi khai thác ở trụ vĩa (tiếp xúc giữa trụ vĩa quặng với lớp sét trụ) được tính được thể hiện trên bảng 4. Kết quả tính toán tổn thất và làm nghèo theo phương án khai thác chọn lọc với các phương án: chịu tổn thất hoàn toàn; làm nghèo hoàn toàn; vừa tổn thất ở vách, làm nghèo ở trụ; làm nghèo ở vách, tổn thất ở trụ được tính và thể hiện trên bảng 5.

4. Kết luận

Trong phạm vi tính toán thử nghiệm cho Block khu vực 1 thuộc Khối trữ lượng 24-122, khối lượng tổn thất và làm nghèo trong khai thác chọn lọc tương ứng được xác định với các điều kiện góc cắm và chiều dày của quặng bauxit khác nhau. Các sơ đồ CNKT 1, 2 và 3 chọn lọc đề xuất tương ứng với các điều kiện thể nằm, chất lượng quặng đáp ứng được yêu cầu chất lượng quặng nguyên khai đáp ứng mục tiêu hoàn thiện quy trình công nghệ xác định tổn thất và làm nghèo trong quá trình khai thác nhằm góp phần định hướng trung hòa đảm bảo chất lượng quặng bauxit, đặt biệt khi khai thác có những block chất lượng quặng kém, nhiều biến động cần tiến hành nhiều biện pháp kỹ thuật và quản lý khai thác phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng khu vực mỏ bauxit Tây Tân Rai, Lâm Đồng và các điều kiện phân bố khoáng sàng tương tự. Trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ tiếp tục xem xét chất lượng quặng nguyên khai được khai thác và trung hòa ở các khu vực được đánh giá theo hàm lượng và thành phần cỡ hạt trên 1mm để đảm bảo chế độ làm việc của nhà máy tuyển được hiệu quả. Từ cơ sở đó đề xuất được phương án trung hòa chất lượng quặng trên cơ sở các điều kiện tổng thể như địa hình, góc cắm, chiều dày và thành phần cỡ hạt bauxit ở các khu vực block khai thác khác nhau.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Công ty TNHH Nhôm Lâm Đồng (các Kỹ sư Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú và nnk) và Hợp đồng 150/HĐ-KHCN với mã số: KC.01. Đ05-22/21-25 “Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ trung hoà quặng bauxit phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng và tổ chức khai thác khu vực Tây Nguyên” (Nguyễn Anh Tuấn và nnk) đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và kinh phí để thu thập dữ liệu, xử lý, và kết quả của bài báo này. Đồng thời có sự đóng góp tích cực của học viên cao học Nguyễn Đăng Hòa và sinh viên thực tập của CH Pháp Noëlie Escutenaire.

Tài liệu tham khảo

Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016. *Báo cáo đánh giá tác động môi trường tổ hợp bauxit - nhôm Tân Rai, Bào Lâm, Lâm Đồng*.

Nguyễn Đăng Hòa, 2023. *Nghiên cứu, đề xuất quy trình công nghệ khai thác hợp lý nhằm tận thu tối đa tài nguyên và bảo vệ môi trường trong khai thác khoáng sàng Bauxit tại mỏ Tây Tân Rai - Lâm Đồng*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Anh Tuấn, 2008. Nghiên cứu công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ sét Việt Nam đảm bảo an toàn và bảo vệ môi trường, *Mining advance and Tunneling*, Hanoi, Vietnam.

Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, 2009. *Khai thác khoáng sản rắn bằng phương pháp lộ thiên*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

Filip Orzechowski, 2015. Developing bauxite projects - balancing technical and logistical considerations, *33rd ICSOBA Conference and Exhibition, Dubai, United Arab Emirates*, November 2015, Travaux, No. 44, 2015, Paper BX 06, 113-120.

ABSTRACT

Research on suitable mining technology for selecting the quality of raw bauxite ore for the Tay Tan Rai bauxite mine in Lam Dong

Nguyễn Anh Tuấn^{1,2*}, Phạm Văn Việt^{1,2}, Trần Trung Anh^{1,2}, Nguyễn Văn Tịnh³, Nguyễn Đăng Hòa³,
Phạm Minh Tú³, Noëlie Escutenaire⁴

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering

³ Lam Dong Aluminium Co., LTD - Vinacomin

⁴ L'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès (IMT Mines Alès), France

The Bauxite mines in Lam Dong province are situated in low-hill regions. Variable thicknesses of topsoil cover the surface of these mines, including thin layers. Surface mining techniques can be used to select the quality of raw bauxite in bauxite mines, which can then be excavated directly using mining technology. The quality of bauxite ore in each block area depends on its aluminum and silicon content, thickness, grain size composition, and distribution position. Therefore, suitable mining technology for the terrain of the foothills, hillsides, and hilltops is important to ensure the stabilization of the quality of the raw ore before bringing it to the processing plant. The use of mining technology enables the accurate determination of loss volume and impoverishment. The distribution conditions of Tay Tan Rai bauxite ore are appropriate, ensuring a stable mining output during the rainy season. These modifying factors include mining dilution and recovery, processing recovery, cash costs and their effect on the economic values of mining block. The quality of the raw ore with stable quality will provide a stable washing regime, saving and reducing costs of water consumption and discharge.

Keywords: Bauxite quality; Bauxite mining; Dilution and losses; Tay Nguyen