



KHOA MỎ
BỘ MÔN KHAI THÁC LỘ THIÊN

BÁO CÁO HỌC THUẬT
TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG NGUYÊN KHAI
NHẦM GIẢM TIÊU HAO XÚT TRONG CHẾ BIẾN QUẶNG
BAUXITE KHU VỰC TÂY NGUYÊN (LÂM ĐỒNG)

Báo cáo: PGS.TS. Nguyễn Anh Tuấn

HÀ NỘI, 7/2025

TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG NGUYÊN KHAI NHẦM
GIẢM TIÊU HAO XÚT TRONG KHAI THÁC, CHẾ BIẾN
QUẶNG BAUXIT KHU VỰC TÂY NGUYÊN (Lâm Đồng)

1. Giới thiệu chung
2. Điều kiện địa chất khoáng sàng bauxit khu vực Tây Nguyên
3. Công nghệ Khai thác - Tiêu hao sút trong công nghệ chế biến quặng bauxit
4. Công nghệ trung hòa chất lượng quặng nguyên khai đảm bảo giảm tiêu hao sút
5. Kết luận



Giới thiệu chung

- Vùng Tây Nguyên Công ty TNHH MTV nhôm Lâm Đồng – TKV và Công ty Nhôm Đắk Nông – TKV, 2 dự án hơn 2298ha tổ hợp khai thác và chế biến quặng bauxit gồm 3 phần chính là khai thác mỏ bauxit, nhà máy tuyển quặng và nhà máy nhôm.
- Khai thác tài nguyên: Quặng nguyên khai bauxit có hàm lượng thành phần hóa học trung bình là Al_2O_3 là 41,01%; SiO_2 là 7,95%; Fe_2O_3 là 22,9% và TiO_2 là 3,7%. Mỏ bauxit Nhôm Lâm Đồng (Tân Rai): tổn 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%. Mỏ bauxit Nhôm Đắk Nông (Nhân Cơ) có tổn thất thực tế là 8,97% và theo thiết kế là 11,91%; hệ số làm nghèo thực tế là 3,36% và theo thiết kế là 4,61%.
- Chế biến quặng bauxit Tây Nguyên cụ thể như sau: Nhà máy tuyển Nhôm Lâm Đồng (Tân Rai), thực thu từ khi nhà máy tuyển vận hành đến nay đều cao hơn so với thiết kế. Thực thu thiết kế 59,01% Al_2O_3 ; thực thu thực hiện các năm đều đạt trên 60% Al_2O_3 (dao động từ 61% đến 66%). Nhà máy tuyển Nhôm Đắk Nông (Nhân Cơ), thực thu thiết kế 59,89% Al_2O_3 ; thực thu thực hiện các năm đều đạt trên 60% Al_2O_3 .
- Luyện của nhà máy sản xuất nhôm, khu vực bauxit Tây Nguyên gồm 2 cụm nhà máy: Nhôm Lâm Đồng (Tân Rai), thực thu Al_2O_3 của công đoạn sản xuất nhôm thực hiện các năm đều đạt trên 86,4% cao hơn so với thiết kế là 85,11%. Nhôm Đắk Nông (Nhân Cơ), thực thu Al_2O_3 của công đoạn sản xuất nhôm thực hiện các năm đều đạt trên 85,4% cao hơn so với thiết kế là 84,59%.

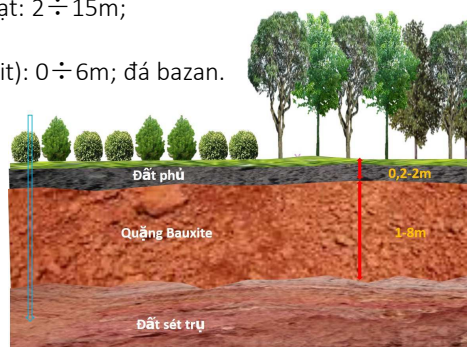
Giới thiệu chung

- Phân bố quặng bauxit trên 2 mỏ trên 2000 ha, trữ lượng và hàm lượng quặng thay đổi không theo quy luật trên từng block (khoảnh, khu vực) thăm dò khai thác, hệ thống mở vỉa đang trực chính về các phía của mỏ sau đó thiết kế mạng tuyển đường xương cá để chia khoảnh khai thác, công tác vận tải chịu tác động trực tiếp bởi điều kiện thời tiết khí hậu mùa mưa và mùa khô, hệ thống bốc phủ lớn, ... dẫn đến chi phí khai thác có xu hướng tăng dần theo thời gian khai thác.
- Các yếu tố chính ảnh hưởng và tác động tới giá thành khai thác là công tác quy hoạch bốc phủ, xây dựng tuyến đường mở vỉa vượt trước để bốc phủ và vận tải đất phủ và quặng trong mùa mưa và công tác giải phóng mặt bằng huy động diện tích vào lập kế hoạch khai thác.
- Hai yếu tố này có xu hướng tăng lên và mở rộng cho thời gian khai thác sau này, mà cụ thể 5-10 năm sắp tới và giá thành khai thác, chế biến bauxit sẽ tăng lên rất nhanh, làm phức tạp kế hoạch và trình tự khai thác và làm giảm hiệu quả tổng thể của dự án.
- Khu vực bauxit Tây Nguyên gồm 2 cụm nhà máy: Nhôm Lâm Đồng (Tân Rai), thực thu Al_2O_3 của công đoạn sản xuất nhôm thực hiện các năm đều đạt trên 86,4% cao hơn so với thiết kế là 85,11%. Nhôm Đắk Nông (Nhân Cơ), thực thu Al_2O_3 của công đoạn sản xuất nhôm thực hiện các năm đều đạt trên 85,4% cao hơn so với thiết kế là 84,59%.

QUẶNG BAUXIT TRÊN MỎ TÂY TÂN RAI (LÂM ĐỒNG):

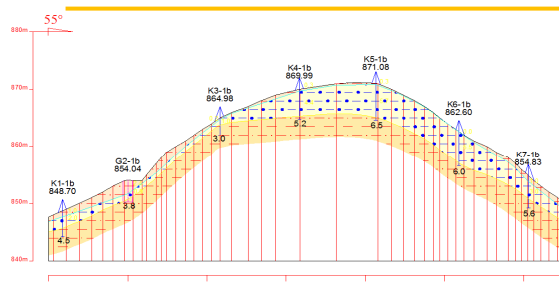
- Thân quặng bauxit thường có tính phân đới từ trên xuống gồm: đới laterit có màu đỏ sẫm, nâu đỏ, thành phần gồm bauxit cứng.
- Chiều dày vỉa quặng trung bình <10m và gần mặt đất và nằm dưới lớp phủ dày hơn 2m:
 - limonoit: $1 \div 2$ m, đôi khi đến 8m;
 - đới chứa bauxit màu nâu đỏ, nâu nhạt: $2 \div 15$ m;
 - đới litoma (sét sặc sỡ): tới 20m;
 - đới bazan bán phong hoá (đới saprolit): $0 \div 6$ m; 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



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

ĐỊA CHẤT MỎ BAUXIT TÂY TÂN RAI



Mặt cắt địa chất Tuyến T1b và các thông số cơ bản của lỗ khoan

Lỗ khoan trên mặt cắt



K23-39a: Tên lỗ khoan
874.59: Độ cao miệng lỗ khoan
1.0: Chiều dày phủ
2.0: Chiều dày quặng bauxit
2.5: Chiều sâu khoan

Bảng thống kê chất lượng các công trình thăm dò trên tuyến 1b							
TT	Tên công trình	Chiều dày (m)		ĐPTH (%)	Al2O3 (%)	MSI	
		sâu	phù				
1	K1-1b	4.5	1.0	2.0	35.07	45.24	23.32
2	G2-1b	3.8	2.4	0.9	52.92	48.84	22.00
3	K3-1b	3.0	0.2	1.0	29.33	41.76	29.41
4	K4-1b	5.2	0.3	4.4	28.37	46.17	36.03
5	K5-1b	6.5	0.3	5.7	28.98	47.70	44.20
6	K6-1b	6.0	0.0	5.5	26.32	48.60	50.13
7	K7-1b	5.6	1.0	3.0	30.65	45.60	21.95

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%.



CÔNG NGHỆ KHAI THÁC - CÔNG NGHỆ KHAI THÁC QUẶNG BAUXIT Ở VIỆT NAM

Vấn đề khai thác và sử dụng tiết kiệm tài nguyên

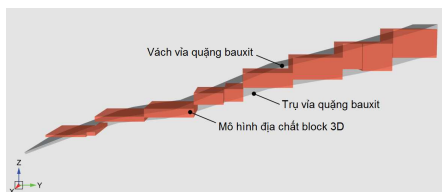
Quặng nguyên khai bauxit có hàm lượng thành phần hóa học trung bình:

Al_2O_3 là 41,01%;

SiO_2 là 7,95%;

Fe_2O_3 là 22,9% và TiO_2 là 3,7%.

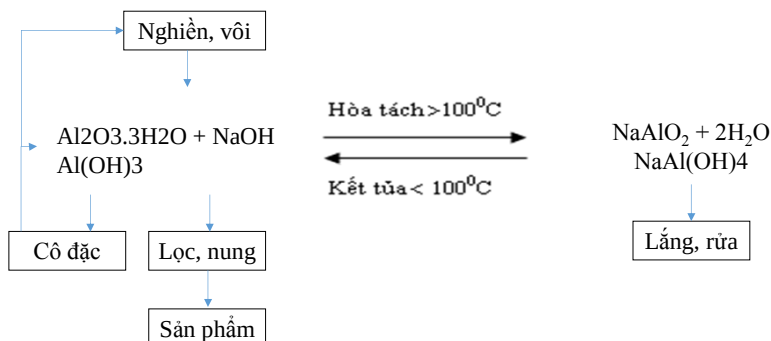
- Mỏ bauxit Nhôm Lâm Đồng (Tân Rai) có tổn thất thực tế là 6,69% và theo thiết kế là 7,08%; hệ số làm nghèo thực tế là 4,23% và theo thiết kế là 4,24%.
- Mỏ bauxit Nhôm Đắk Nông (Nhân Cơ) có tổn thất thực tế là 8,97% và theo thiết kế là 11,91%; hệ số làm nghèo thực tế là 3,36% và theo thiết kế là 4,61%.



Các yếu tố chính ảnh hưởng và tác động tới giá thành khai thác là công tác quy hoạch bóc phủ, xây dựng tuyến đường mở vỉa vượt trước để bóc phủ và vận tải đất phủ và quặng trong mùa mưa và công tác giải phóng mặt bằng huy động diện tích vào lập kế hoạch khai thác.

BAUXIT TẠI MỎ TÂY TÂN RAI (LÂM ĐỒNG):

- Trữ lượng 975 triệu tấn (chiếm 18%) trong tổng trữ lượng dự báo quặng bauxit của cả nước là 5,4 tỷ tấn.
- Công nghệ khai thác lộ thiên, bãi thải trong.
- Quặng bauxit sản xuất Alumin (Al_2O_3): Công nghệ Bayer (Phương pháp thủy luyện)



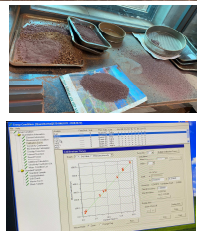
Công nghệ Bayer (phương pháp thủy luyện) trong sản xuất Alumin

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. 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.
- Chất lượng quặng nguyên khai:
 - 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%.
 - Cỡ hạt quặng nguyên khai cấp liệu vào bunke nhà máy tuyển ≤ 300 mm.



CÁC CHỈ SỐ CƠ BẢN



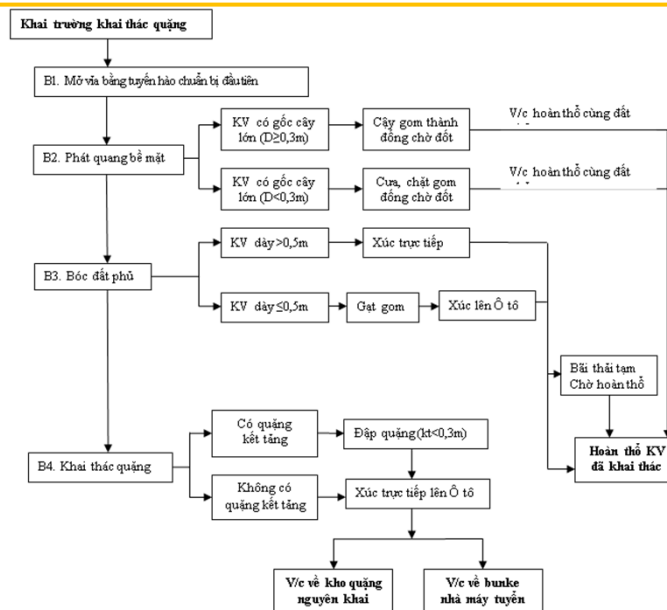
- Thành phần độ hạt theo thiết kế cơ sở: quặng bauxit nguyên khai, độ hạt tập trung chủ yếu kích thước > 1mm.
- Theo kết quả xác định tần suất tích lũy độ hạt cho thấy độ hạt +1mm là 75÷80%. Trong đó độ hạt 4÷5mm là 50%. Độ hạt 7÷10mm là 25%. Độ hạt lớn nhất thuộc đới bauxit laterit và trung bình 4÷6,5mm.
- Tính chất cơ lý của quặng theo thiết kế cơ sở: thể 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 aluminosilicat ngâm nước ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) nhận thấy cứ 1 phân tử SiO_2 sẽ tiêu hao 2 phân tử NaOH và gây mất mát 1 phân tử Al_2O_3 . Tương ứng 1kg SiO_2 trong tinh quặng bauxit sẽ gây tiêu hao ~1,33kg xút NaOH và mất mát ~1,7kg Al_2O_3 .

TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG BAUXIT NGUYÊN KHAI

khai thác, tuyển khoáng và chế biến khác nhau



HIỆN TRẠNG CÁC GIẢI PHÁP TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG BAUXIT TẠI KHU VỰC TÂY NGUYÊN



Nguồn: LDA

KẾ HOẠCH PHỐI TRỘN, TRUNG HÒA QUẶNG Ở CÁC KHU VỰC KHAI THÁC - CÁC BƯỚC ĐƯỢC TIẾN HÀNH NHƯ SAU:

Bước 1: Sau khi có kế hoạch khai thác, phòng kỹ thuật công nghệ sẽ tổ chức đào hố kiểm tra chất lượng vỉa quặng bằng máy đào hoặc thủ công, đào bảo kiểm tra được bề dày vỉa quặng và lấy mẫu phân tích chất lượng quặng.

Bước 2: Các hố đào kiểm tra lấy mẫu phải được đào theo lưới và tuyến đào bảo kiểm tra được toàn bộ diện tích đang và sẽ khai thác trong tháng, quý hoặc năm và không được trùng với vị trí các lỗ khoan hay giếng thăm dò.

Bước 3: Phòng kỹ thuật công nghệ và kiểm tra chất lượng (KCS) tiến hành đo chiều dày vỉa quặng và lấy mẫu tại các hố đào.

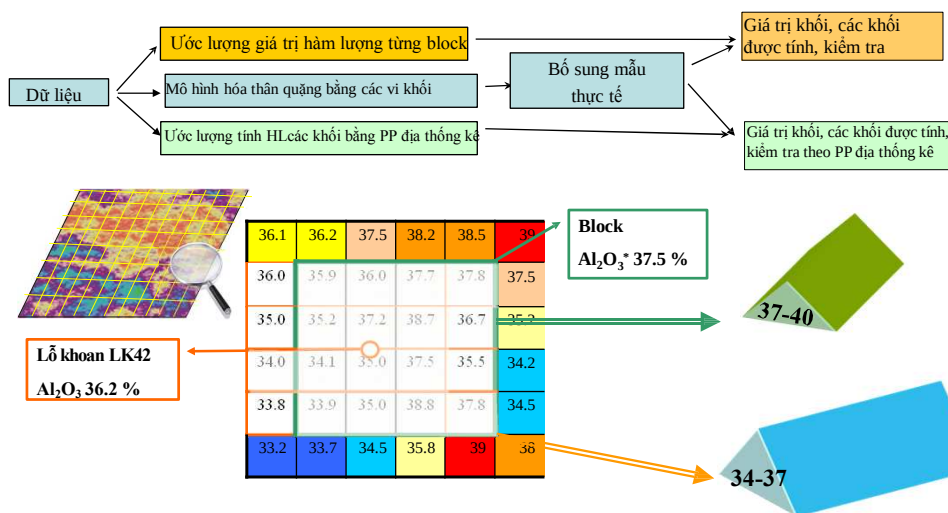
Bước 4: Các mẫu được phòng KCS lấy phân tích các chỉ tiêu: độ thu hồi, hàm lượng Al_2O_3 , SiO_2 , thể trọng, ... và báo cáo số liệu phân tích cho phòng kỹ thuật công nghệ.

Bước 5: Dựa trên kế hoạch khai thác, phòng kỹ thuật công nghệ tiến hành khoanh định ranh giới phần đỉnh và phần sườn. Trong phần ranh giới phần đỉnh và sườn kết hợp với các kết quả giếng đào, lỗ khoan, hố đào, ... để khoanh định ra từng khu vực có chất lượng tốt, xấu trong từng phần đỉnh, sườn cụ thể.

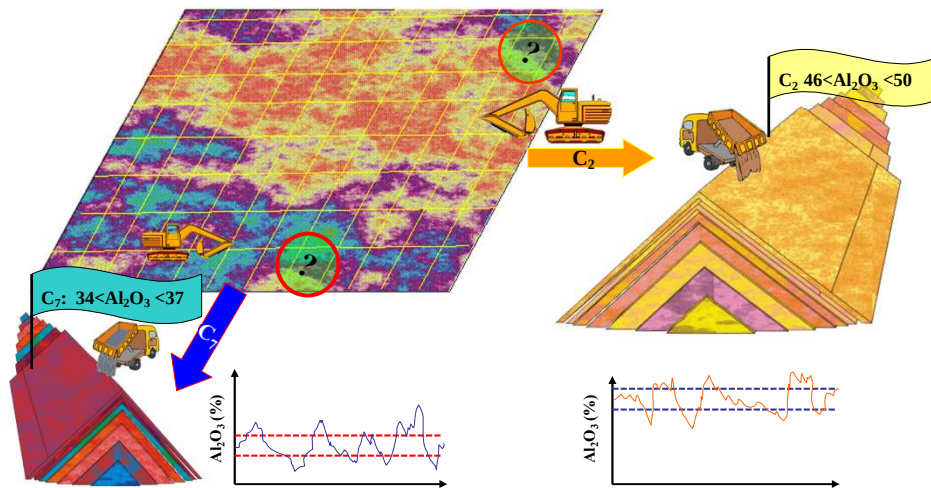
Bước 6: Dựa trên khối lượng khai thác dự kiến của từng tháng của kế hoạch, phòng kỹ thuật công nghệ sẽ tiến hành quy hoạch các gương xúc cụ thể cho từng tháng (ít nhất phải bố trí 2 gương xúc) đảm bảo các yêu cầu: hàm lượng Al_2O_3 quặng nguyên khai > 39,67%, modul silic > 7; hàm lượng Al_2O_3 quặng tinh $\geq 48,5\%$, silic $\leq 1,8\%$;

cung độ vận chuyển ngắn nhất; các diện khai thác đáp ứng được trong mùa khô và mùa mưa (trong mùa khô khai thác phần sườn và 1 phần của phần đỉnh, trong mùa mưa khai thác phần đỉnh và xúc công nghệ); hàm lượng Al_2O_3 và SiO_2 phải tương đối đồng đều giữa các tháng.

TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG BAUXIT NGUYÊN KHAI



TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG BAUXIT NGUYÊN KHAI

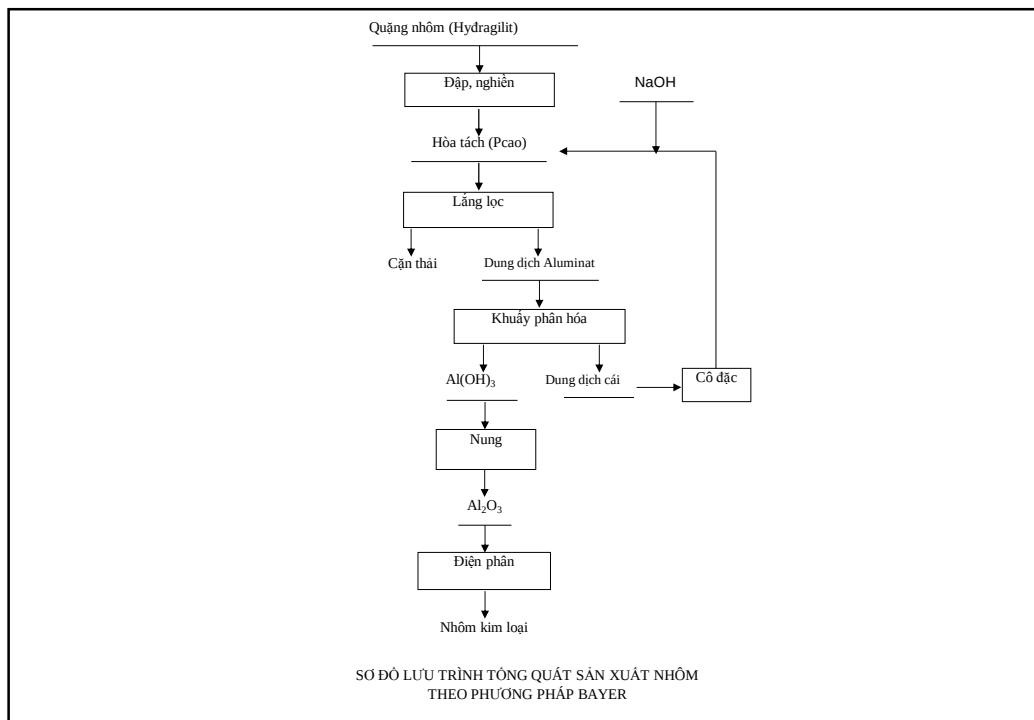


TIÊU HAO SÚT TRONG CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN QUẶNG BAUXIT

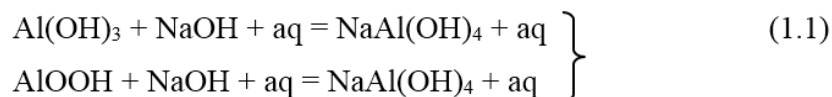
- Bauxit hay được gọi là quặng nhôm. Trong quặng bauxit, nhôm ở dạng hiđrôxit AlOOH (bơmit, diaspo) hoặc $\text{Al}(\text{OH})_3$ (hidragilit).
- Cũng có khi một phần nhôm ở dạng corundum, caolinit và các khoáng khác. Thành phần hoá học của bauxit dao động trong phạm vi khá lớn: Al_2O_3 : 35 - 60 %; SiO_2 : vài phần nghìn đến 25%; Fe_2O_3 : 2 - 40%; TiO_2 : từ vết đến 11%.
- Chỉ tiêu để đánh giá quặng bauxit là môđun silic. Đó là tỉ số hàm lượng Al_2O_3 trên hàm lượng SiO_2 trong quặng. Môđun silic (M_{Si}) càng cao thì quặng nhôm càng tốt.
- $M_{\text{Si}} = \% \text{Al}_2\text{O}_3 / \% \text{SiO}_2$

QUY TRÌNH CHẾ BIẾN QUẶNG NHÔM

- Quy trình chế biến quặng nhôm thông thường qua hai giai đoạn: tạo ra ôxit nhôm (Al_2O_3) và điện phân ôxit để có kim loại nhôm.
- Phương pháp sản xuất oxit nhôm (alumin) phổ biến hiện nay là phương pháp Bayer.
- Phương pháp Bayer về thực chất là phương pháp dùng dung dịch NaOH để hoà tách bauxit ở nhiệt độ và áp suất cao.
- Sơ đồ tóm tắt phương pháp Bayer sản xuất nhôm ôxit như hình 1.
- Các khâu chủ yếu của lưu trình này gồm: hoà tách bauxit; khuấy phân hoá dung dịch natri aluminat; nung nhôm hidrôxit; cô đặc dung dịch cái và costic hoá.



- Quặng bauxit sau khi nghiền nhỏ trộn với kiềm cho vào ô tô cla (thiết bị hoà tách). Trong ô tô cla xảy ra tác dụng của dung môi với các thành phần của bauxit.
- Nhôm ôxit trong bauxit phần lớn ở dạng ngậm nước (hiđrôxit) khi hoà tách sẽ tác dụng với NaOH để tạo thành natri aluminat theo các phản ứng sau:



- Sắt ôxit trong bôxít không tác dụng với NaOH nên nằm lại trong bã. Silic ôxit tác dụng với NaOH tạo thành natri silicat hoà tan vào dung dịch theo phản ứng:



- Natri silicat lại tác dụng với natri aluminat tạo thành natri alumosilicat:



- Hợp chất natri alumosilicat ngậm nước ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) không hoà tan trong dung dịch NaOH, ở dạng rắn, lẫn vào cặn đỏ. Phản ứng (1.3) một mặt có ích là khử SiO_2 trong dung dịch, nhưng mặt khác lại có hại là gây mất mát kiềm và nhôm. Hàm lượng SiO_2 trong bôxít càng lớn thì mất mát kiềm và nhôm càng nhiều. Vì vậy phương pháp Bayer chỉ áp dụng được với các loại quặng có hàm lượng SiO_2 thấp (thông thường áp dụng khi môđun silic > 10).

Căn cứ thành phần hợp chất natri alumosilicat ngậm nước ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) nhận thấy cứ 1 phân tử SiO_2 sẽ tiêu hao 2 phân tử NaOH và gây mất mát 1 phân tử Al_2O_3 . tương ứng 1kg SiO_2 trong tinh quặng bôxít sẽ gây tiêu hao 1,33kg xút và mất mát 1,7kg Al_2O_3 .

- Giả sử tinh quặng đưa luyện nhôm có hàm lượng Al_2O_3 là 50%. Coi sự mất mát do thao tác, thiết bị và rò rỉ không đáng kể, toàn bộ kiềm trong dung dịch được tuần hoàn trở lại. Khi đó để sản xuất ra 1 tấn nhôm, tính toán tiêu hao xút khi hàm lượng SiO_2 trong tinh quặng khác nhau được thành lập trong bảng sau:

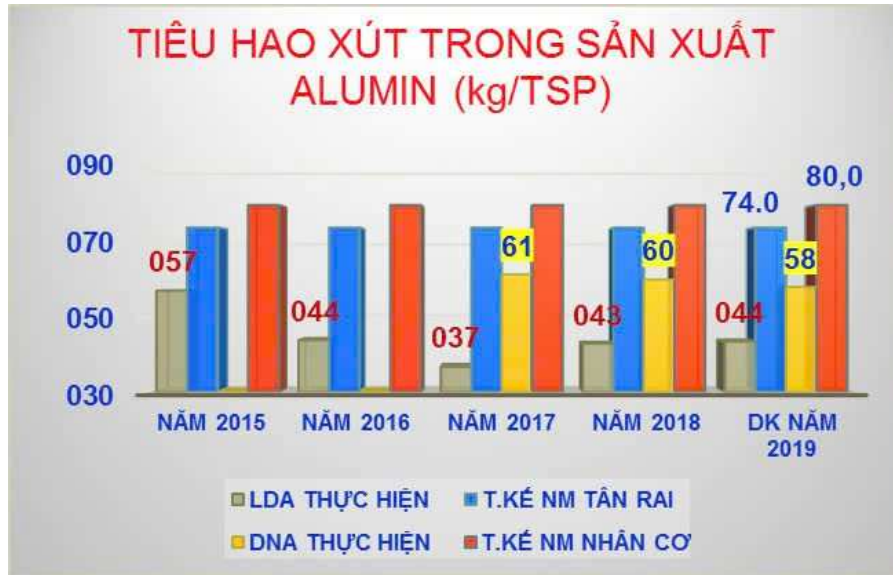
Dự kiến nhu cầu tinh quặng, tiêu hao xút và mất mát nhôm để sản xuất 1 tấn Alumin (coi mất mát cơ học không đáng kể)

STT	% SiO_2	Mức tiêu hao NaOH do SiO_2 (kg/tấn Alumin)	Mất mát Al_2O_3 do SiO_2 (kg/ tấn Alumin)	Khối lượng tinh quặng cần thiết (tấn/tấn Alumin)
1	1,0	27,6	35,2	2,07
2	1,5	42,15	53,74	2,11
3	2,0	57,23	72,96	2,15
4	2,5	72,85	92,9	2,19
5	3,0	89,09	113,59	2,23
6	3,5	105,95	135,07	2,27
7	4,0	123,45	157,41	2,31
8	4,5	141,68	180,64	2,36
9	5,0	160,65	204,82	2,41

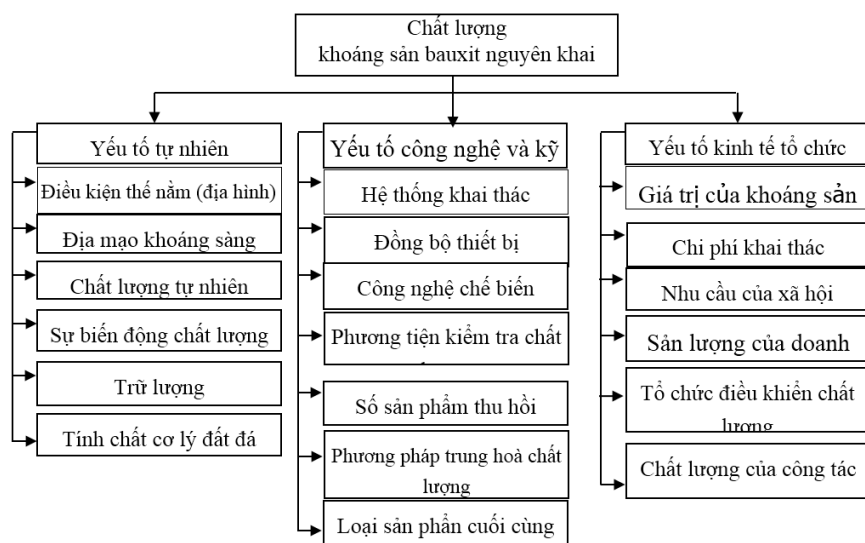
CÔNG NGHỆ TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG NGUYÊN KHAI ĐẢM BẢO GIẢM TIÊU HAO SÚT

Công tác phối trộn, trung hòa chất lượng quặng:

- Mục đích, quặng được khai thác ở nhiều khối trữ lượng, khu vực có chất lượng khác nhau.
- Để chất lượng cung cấp cho nhà máy tuyển được đảm bảo yêu cầu về chất lượng quặng phải đồng đều và ít biến động.
- Vì vậy, phải có kế hoạch phối trộn, trung hòa quặng ở các khu vực khai thác.



**CÔNG NGHỆ TRUNG HÒA CHẤT LƯỢNG QUẶNG
NGUYÊN KHAI ĐẢM BẢO GIẢM TIÊU HAO SẮT**



Lời cảm ơn!

Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Công ty TNHH Nhôm Lâm Đồng (các Kỹ sư Nguyễn Văn Tình, 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 Nghiên cứu này.

Đồng thời có sự đóng góp tích cực và sản phẩm của Dự án gồm: Thạc sĩ Nguyễn Đăng Hòa, Kỹ sư Nguyễn Quý Hùng và Kỹ sư CH Pháp Noelle Escutenaire.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016. Báo cáo đánh giá tác động môi trường tổ hợp bauxit - nhôm Tân Rai, Bảo Lâm, Lâm Đồng.
2. 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 Mở - Địa chất, Hà Nội.
3. 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 Tuneling, Hanoi, Vietnam.
4. 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.
5. 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.