

CÔNG NGHỆ KHAI THÁC TITAN SA KHOÁNG VEN BIỂN

PGS.TS. HỒ SĨ GIAO - *Hội KHCN Mỏ Việt Nam*
 TS. NGUYỄN XUÂN QUANG - *Tổng cục ĐCKS*

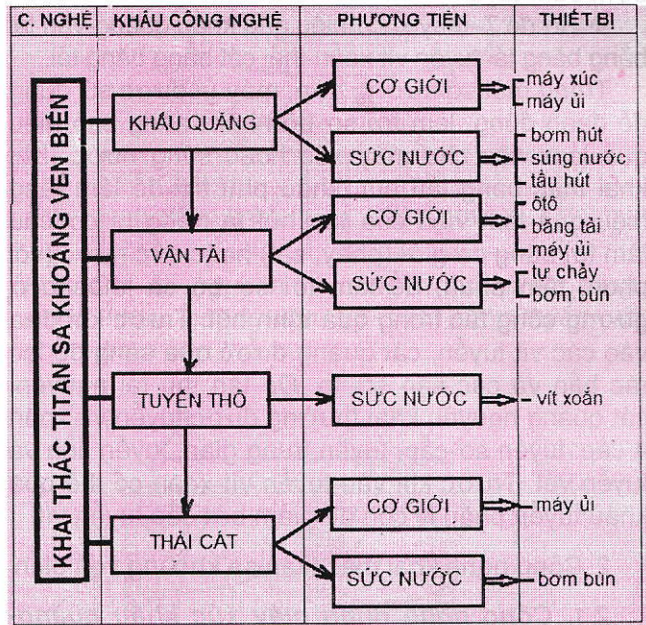
Nước ta là một trong số các nước có nguồn tài nguyên titan phong phú, quặng titan được phân bố rộng rãi trên nhiều vùng lãnh thổ, nhưng tập trung nhiều nhất vẫn là vùng ven biển. Tài nguyên quặng titan-zircon dự tính và dự báo trong tầng cát đỏ đạt khoảng 650 triệu tấn khoáng vật nặng có ích, trong đó tài nguyên cấp 333 đạt khoảng 150 triệu tấn, hàm lượng khoáng vật nặng có ích trung bình trong các lỗ khoan khoảng 0,65 %, trong đó hàm lượng zircon chiếm 15÷20 % tổng số khoáng vật nặng có ích.

Kể từ những năm cuối thập kỷ 80 và đầu thập kỷ 90 của thế kỷ XX, quặng tinh titan của nước ta bắt đầu xuất hiện trên thị trường thế giới, nhưng sản phẩm xuất khẩu cũng chỉ mới là quặng tinh thô. Trong gần 20 năm lại đây, ngành khai thác và chế biến quặng titan ở Việt Nam, đặc biệt là titan sa khoáng đã phát triển khá nhanh và trở thành một ngành sản xuất xuất khẩu có ý nghĩa kinh tế-xã hội với nhiều địa phương suốt dọc ven biển từ Thanh Hóa tới Bà Rịa-Vũng Tàu. Tốc độ khai thác-chế biến-xuất khẩu thời gian qua mỗi năm trung bình đạt khoảng 600 ngàn tấn quặng tinh ilmenit.

Cả nước hiện đang có hơn 70 cơ sở khai thác và chế biến quặng titan với nhiều mô hình, quy mô, công nghệ, thiết bị khai thác-tuyển khác nhau. Trước đây thường khai thác quặng với hàm lượng khoáng vật nặng 3÷4 % trở lên, nay một số nơi đã phải khai thác các vùng quặng nghèo đến ~1 % hoặc khai thác lại các bãi thải. Nhìn chung, công nghệ khai thác còn mang tính chất tự phát, chưa bài bản, hiệu quả khai thác chưa cao, chưa tận thu triệt để tài nguyên.

1. Phân loại công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển

Căn cứ vào đặc điểm cấu trúc thân khoáng, điều kiện địa chất, địa chất công trình,...Việc thu hồi titan sa khoáng ven biển phải gắn liền với khâu tuyển thô và thải cát. Từ đó, dây chuyền công nghệ khai-tuyển titan sa khoáng ven biển bao gồm 4 khâu chính là: (i) - khâu cát quặng; (ii) - vận tải cát quặng; (iii) - tuyển và (iv) - thải cát (H.1).



H.1. Sơ đồ tổng quát công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển.

Khâu cát quặng có thể tiến hành bằng các phương tiện cơ giới (máy xúc, máy ủi,...) hoặc bằng sức nước (bơm hút, súng nước, tàu hút). Vận tải cát quặng từ gương công tác tới nơi tuyển có thể bằng phương tiện cơ giới (ô tô, băng tải, máy ủi) hoặc bằng sức nước (tự chảy, bơm bùn cát).

Khâu tuyển thô (thu hồi KVNCI) được thực hiện bằng vít xoắn (nhiều cấp), đôi khi có kết hợp với phân ly côn. Việc thải cát sau tuyển vào khoáng trống đã khai thác (gọi là thải trong) có thể thực hiện bằng phương tiện cơ giới (máy ủi) hoặc sức nước (bơm bùn). Khối lượng vận tải và chất khoáng quặng sau tuyển có khối lượng là rất nhỏ so với khối lượng mỏ (<1 %) do vậy không đưa vào tiêu chí phân loại.

Trên cơ sở đó, việc phân loại các sơ đồ công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển được dựa trên đồng bộ thiết bị sử dụng trong dây chuyền công nghệ là khâu cát quặng-vận tải cát quặng-tuyển thô-thải:

❖ Sơ đồ 1. Máy xúc cát quặng, vận tải ô tô,

tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn;

❖ Sơ đồ 2. Máy xúc xúc quặng, vận tải ô tô, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi;

❖ Sơ đồ 3. Súng nước khâu quặng, vận tải bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn;

❖ Sơ đồ 4. Súng nước khâu quặng, vận tải bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi;

❖ Sơ đồ 5. Bơm hút quặng trực tiếp, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn;

❖ Sơ đồ 6. Tàu hút khâu quặng, vận tải bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải cát bằng bơm bùn;

❖ Sơ đồ 7. Máy xúc nhiều gàu khâu quặng-vận tải bằng băng tải-tuyển vít xoắn-thải cát bằng băng tải.

Trong một số trường hợp, máy ủi được sử dụng để đánh đồng, làm tơi sơ bộ nhằm nâng cao hiệu quả làm việc cho máy xúc hoặc súng nước. Khi khai thác bằng tàu hút, khâu phụ trợ để làm tăng hiệu quả làm việc của tàu hút là trang bị cơ cấu làm tơi bằng cơ giới (phay, cắt) hoặc sức nước (vòi phun, tấm phun) để làm tơi sơ bộ sa khoáng ở gương công tác trong quá trình hút. Trước khi đưa vào các vít tuyển, cát quặng được qua sàng để lọc rác bẩn và các sạn sỏi to. Để tận thu tài nguyên, cát quặng nguyên khai thường được tuyển vít xoắn 4 cấp: tuyển sơ cấp, tuyển trung gian, tuyển tinh và tuyển vét. Trước khi vào tuyển vít xoắn có thể qua khâu tuyển phân ly côn để giảm bớt cấp tuyển vít.

2. Công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển

2.1. Công nghệ dùng máy xúc khâu quặng-vận tải ô tô-tuyển vít xoắn-bơm bùn thải cát (Sơ đồ 1-H.2)

Công nghệ này được sử dụng cho mỏ có công suất khai thác bất kỳ; khi nguồn nước hạn chế và ở xa khu mỏ; không có điều kiện để thải trong; thuận lợi nhất là khi bố trí được bãi thải ngoài gần trạm tuyển thô. Do hàm lượng KVNCI trong cát quặng nhỏ (thường dưới 3÷6 %) nên tốc độ tăng giá thành sản phẩm sẽ nhanh hơn mức độ tăng quặng đường vận tải; bởi vậy quặng đường vận tải không nên vượt quá 1,5÷2 km.

Thiết bị xúc bóc sử dụng là máy xúc TLGN. Dung tích gàu xúc được chọn tùy theo công suất thiết kế của mỏ. Tải trọng ô tô sử dụng cho mỏ được chọn trên cơ sở dung tích gàu xúc của máy xúc và quặng đường vận tải của ô tô. Mối quan hệ đó được biểu thị qua biểu thức:

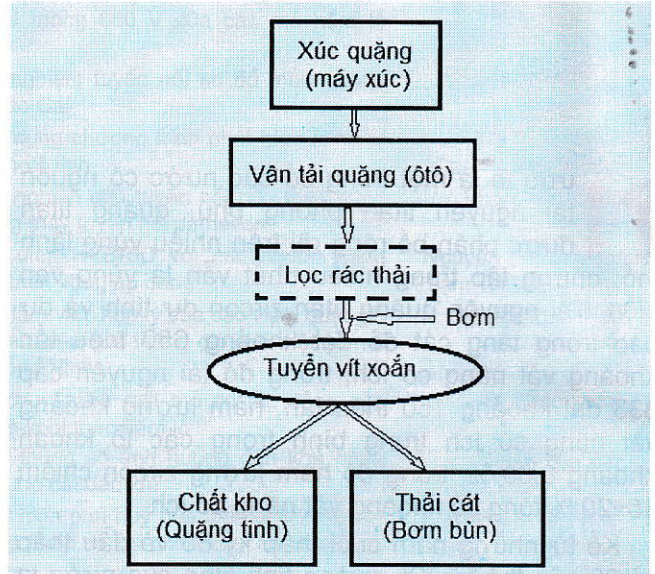
$$q_0 = (4,5.E + a)\sqrt[3]{L}, \text{ tấn} \quad (1)$$

Trong đó: a - Hệ số, a=3 khi E≥4 m³ và a=2 khi E<4 m³.

Số lượng gàu xúc đầy ô tô (n_g) có mối quan hệ với quặng đường vận tải theo số liệu kinh nghiệm như sau Bảng 1.

Bảng 1.

Thông số	Giá trị thông số		
Khoảng cách vận tải L, km	1÷2	5	7÷8
Số gàu xúc đầy ô tô n _g	4÷6	6÷8	8÷12



H.2. Sơ đồ nguyên lý công nghệ dùng máy xúc khâu quặng-vận tải ô tô-tuyển vít xoắn-bơm bùn thải cát.

Tại bunke trạm tuyển thô, cát quặng được xử lý rác thải và sạn sỏi bằng sàng quay hoặc sàng lắc đặt nghiêng, sau đó chảy xuống hố bùn cát. Từ đây, bùn cát được bơm về thùng chứa quặng đầu của trạm tuyển, rồi được máy bơm bùn tiếp tục được đẩy lên các cụm vít xoắn. Tùy theo tính khả tuyển của quặng nguyên khai và hàm lượng KVNCI trong quặng mà bố trí số cấp tuyển vít xoắn. Cũng có thể bố trí thêm một thiết bị tuyển phân ly côn trước khi chuyển sang tuyển vít xoắn; tuy nhiên tuyển phân ly côn đòi hỏi độ ổn định cấp liệu cao nên khó vận hành, hệ số làm giàu thấp, đòi hỏi phải tăng cường khâu tuyển tinh nên ít được áp dụng.

Sản phẩm đầu ra của khâu tuyển là quặng tinh sau tuyển và cát thải. Cát thải được bơm bùn thải vào bãi thải bùn qua hệ thống đường ống dẫn bùn. Tại bunke trạm tuyển thô, cát quặng được xử lý rác thải và sạn sỏi bằng sàng quay hoặc sàng lắc đặt nghiêng, sau đó chảy xuống hố bùn cát. Từ đây, bùn cát được bơm về thùng chứa quặng đầu của trạm tuyển, rồi được máy bơm bùn tiếp tục được đẩy lên các cụm vít xoắn. Tùy theo tính khả tuyển của quặng nguyên khai và hàm lượng KVNCI trong quặng mà bố trí số cấp tuyển vít xoắn. Cũng có thể bố trí thêm một thiết bị phân ly côn để tuyển sơ bộ trước khi chuyển sang tuyển vít xoắn; tuy nhiên tuyển phân ly côn đòi hỏi độ ổn định cấp liệu cao nên khó vận

hành, hệ số làm giàu thấp, đòi hỏi phải tăng cường khâu tuyển tinh nên ít được áp dụng.

Sản phẩm đầu ra của khâu tuyển là quặng tinh sau tuyển và cát thải. Cát thải được bơm bùn thải vào bãi thải bùn qua hệ thống đường ống dẫn bùn.

2.2. Công nghệ dùng máy xúc khâu quặng-vận tải ô-tô-tuyển vít xoắn-thải cát bằng máy ủi (Sơ đồ 2)

Sơ đồ 2 chỉ khác sơ đồ 1 ở chỗ: Khâu thải cát cuối cùng không thực hiện bằng sức nước (bơm bùn), mà bằng cơ giới (máy ủi). Tuy nhiên, thải bằng máy ủi chỉ thực hiện được khi khoảng cách từ trạm tuyển đến bãi thải ngắn (dưới 60÷100 m); do vậy sơ đồ 2 ít phổ biến, thường chỉ áp dụng cho các khai trường nhỏ, sử dụng bãi thải trong, có điều kiện để cụm vít tuyển dễ dàng di chuyển theo các khoảng khai thác.

2.3. Công nghệ dùng súng nước khâu quặng-vận tải sức nước-tuyển vít xoắn-bơm bùn thải cát (Sơ đồ 3-H.3 và H.4)

Sơ đồ 3 khác với sơ đồ 1 ở chỗ: Các khâu khâu và vận tải cát quặng về trạm tuyển vít xoắn đều được thực hiện bằng sức nước (súng nước kết hợp với bơm bùn). Đây là sơ đồ công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển được áp dụng phổ biến, đặc biệt ở những vùng có nguồn nước dồi dào. Các thông số làm việc của súng nước:

❖ Chỉ tiêu tiêu hao nước "q" để phá vỡ và vận chuyển cát quặng từ gương khai thác về trạm tuyển vít xoắn và ra bãi thải bùn.

Từ đó tính được tiêu hao nước cần thiết cho khai trường trong giờ:

$$Q_n = \frac{A \cdot q \cdot K_d}{N_v \cdot n_c \cdot t}, \text{ m}^3/\text{h}. \quad (2)$$

Trong đó: A_d - Sản lượng đất đá của mỏ trong năm, $\text{m}^3/\text{năm}$; q - Tiêu hao nước để phá vỡ 1 m^3 đất đá, m^3/m^3 ; $K_d=1,1$ - Hệ số dự trữ để kể đến tổn thất nước trong khi sử dụng; N_v - Số ngày làm việc trong năm; n_c - Số ca làm việc trong ngày; t - Số giờ làm việc trong ca.

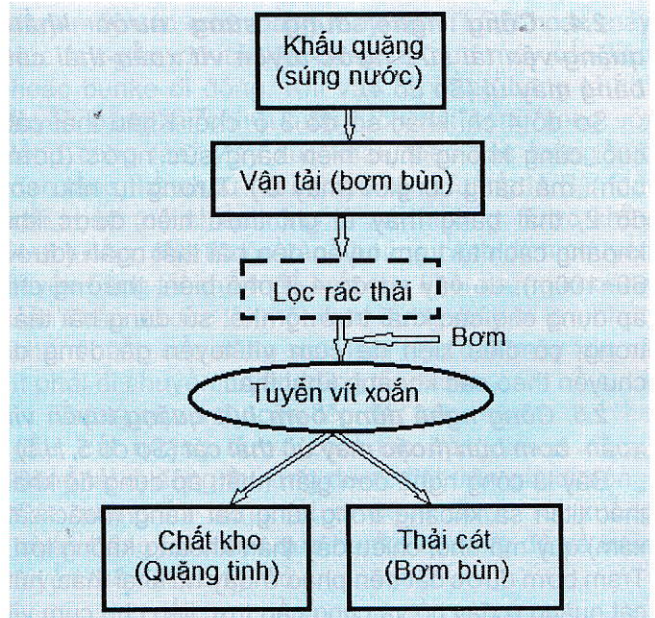
Chỉ tiêu tiêu hao nước có ảnh hưởng tới nồng độ vữa và qua đó tới khối lượng riêng của vữa.

❖ Khối lượng riêng của vữa (γ_v) có thể tham khảo trong các tài liệu chuyên ngành;

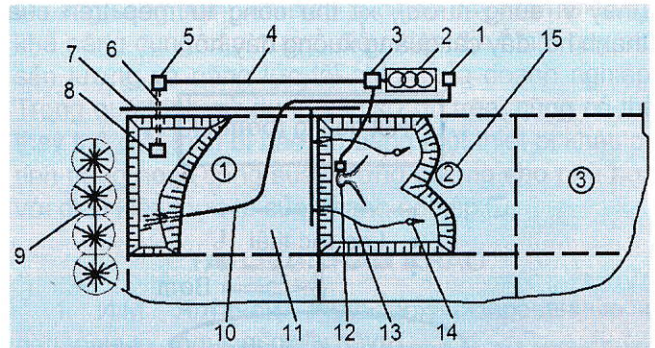
❖ Bước dịch chuyển của súng nước:

$$l_{dch} = \frac{\sqrt{8l_{max}^2 + h^2} - 3h}{4}, \text{ m}. \quad (3)$$

Trong đó: l_{min} và l_{max} - Khoảng cách tối thiểu và tối đa từ miệng súng nước tới gương; $l_{min}=ah$, m; $l_{max}=(0,2\div0,4) \cdot H_s$, m; h - Chiều cao tầng khai thác, m; α - Hệ số gần đúng ($\alpha=0,8\div1,2$ khi súng nước điều khiển bằng tay; $\alpha=0,3\div0,4$ khi súng nước điều khiển từ xa); H_s - Áp suất của dòng cao áp ở đầu miệng súng, mcn.



H.3. Sơ đồ nguyên lý công nghệ dùng súng nước khâu quặng-vận tải sức nước-tuyển vít xoắn- bơm bùn thải cát.



H.4. Sơ đồ công nghệ dùng súng nước khâu quặng-vận tải sức nước-tuyển vít xoắn-bơm bùn thải cát, chia khoảng khai thác: 1 - Hồ bơm bùn thải; 2 - Trạm vít xoắn; 3 - Hồ bơm bùn quặng cấp cho tuyển; 4 - Ống dẫn nước; 5 - Trạm bơm nước tuần hoàn; 6 - Ống dẫn nước từ giếng lọc; 7 - Ống cấp nước cao áp cho súng nước; 8 - Giếng lọc nước bãi thải; 9 - Bãi thải tạm của khoảng khai thác đầu tiên; 10 - Ống dẫn bùn thải; 11 - Bãi thải trong; 12 - Trạm bơm bùn quặng trong khai trường; 13 - Ống mềm dẫn nước cao áp cho súng nước; 14 - Súng nước; 15 - Thủ tự khai thác các khoảng.

❖ Chiều rộng dải khâu của súng nước. Khi sử dụng gương khâu đối diện thì chiều rộng dải khâu tối đa của súng nước có được định theo biểu thức:

$$A_s = 2\sqrt{l_{max}^2 - (h + l_{dch})^2}, \text{ m}. \quad (4)$$

Từ đó tính được khối lượng cát quặng phá được của súng nước trong bước di chuyển:

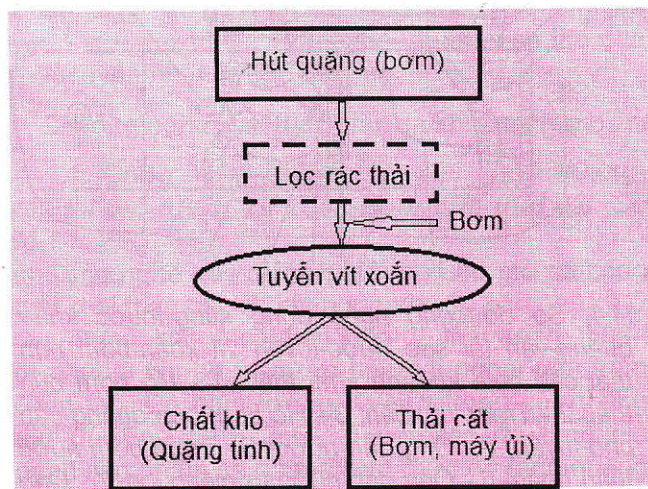
$$Q_{ngk} = l_{dch} \cdot A_s \cdot h, \text{ m}^3. \quad (5)$$

2.4. Công nghệ dùng súng nước khâu quặng-vận tải sức nước-tuyển vít xoắn-thải cát bằng máy ủi (Sơ đồ 4)

Sơ đồ 4 chỉ khác sơ đồ 3 ở chỗ: Khâu thải cát cuối cùng không thực hiện bằng sức nước (bơm bùn), mà bằng cơ giới (máy ủi). Tương tự như sơ đồ 2, thải bằng máy ủi chỉ thực hiện được khi khoảng cách từ trạm tuyển đến bãi thải ngắn (dưới 60÷100m); do vậy sơ đồ 4 ít phổ biến, thường chỉ áp dụng cho các khai trường nhỏ, sử dụng bãi thải trong, có điều kiện để cụm vít tuyển dễ dàng di chuyển theo các khoảnh khai thác.

2.5. Công nghệ dùng bơm hút quặng-tuyển vít xoắn- bơm bùn (hoặc máy ủi) thải cát (Sơ đồ 5, H.5)

Đây là công nghệ đơn giản nhất, áp dụng để khai thác titan sa khoáng trong tầng cát trắng (hoặc cát xám) quy mô nhỏ, chiều dày thân khoáng không lớn. Trạm bơm được đặt trên phao ở đáy hố khai thác, hút cát quặng ở đáy hố và cung cấp trực tiếp cho cụm vít xoắn đặt trên bờ hoặc trên phao nổi dưới đáy hố. Để cung cấp cát quặng cho máy bơm ở đáy hố hoạt động liên tục, người ta dùng vòi nước áp suất lớn (thay vì súng nước), xịt thủ công từ mép trên của thành hố, đẩy cát quặng xuống đáy hố.



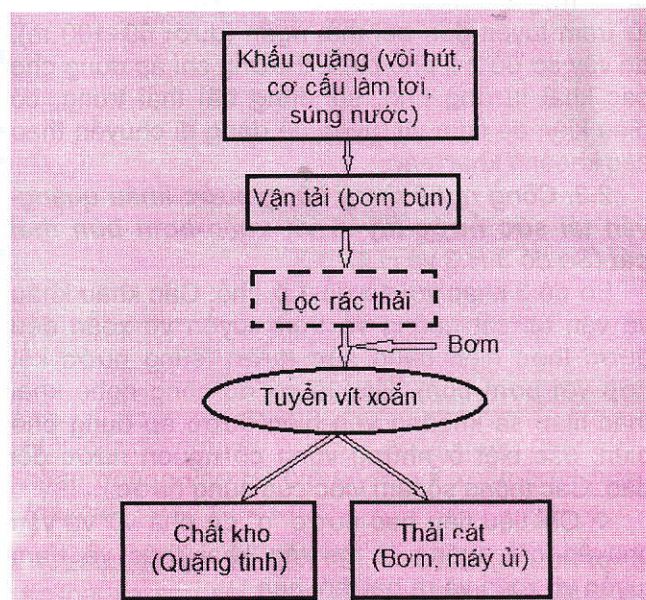
H.5. Sơ đồ nguyên lý công nghệ dùng bơm hút quặng-tuyển vít xoắn-bơm bùn (hoặc máy ủi) thải cát.

Nếu vị trí bãi thải gần hố khai thác thì dùng máy ủi để thải cát nhằm tiết kiệm nước; nếu vị trí bãi ở xa thì phải dùng bơm bùn để thải cát. Trong trường hợp này có thể sử dụng được 50÷70 % nước tuần hoàn.

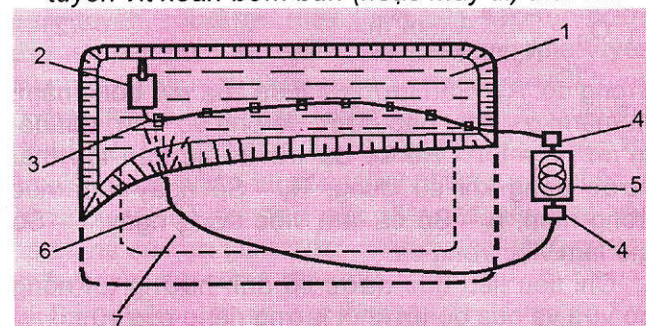
3.6. Công nghệ dùng tàu hút quặng-tuyển vít xoắn- bơm bùn (hoặc máy ủi) thải cát (Sơ đồ 6-H.6 và H.7)

Tàu hút được neo đậu cố định trong hố khai thác theo từng bước dịch chuyển. Trên tàu có trang bị các thiết bị chuyên dụng để hút cát quặng kèm cơ cấu làm tươi sơ bộ (cơ giới hoặc sức nước), súng nước, bơm bùn,... Thiết bị tuyển thường

được bố trí trên mặt bằng cạnh hố mỏ. Cát quặng sau khi hút được bơm bùn vận tải đến trạm tuyển vít xoắn thông qua đường ống dẫn bùn. Đường ống dẫn bùn là ống mềm, bố kim loại, phần chạy trong hố khai thác được đặt trên phao đỡ, nổi trên mặt nước. Cơ cấu làm tươi là rất cần thiết đối với hiệu quả làm việc của tàu hút, nhất là khi hút cát quặng trong tầng cát đỏ có chứa nhiều sét và có độ dính kết lớn. Súng nước để bắn phụ trợ phần gương khai thác nằm phía trên mực nước.



H.6. Sơ đồ nguyên lý công nghệ dùng tàu hút quặng-tuyển vít xoắn-bơm bùn (hoặc máy ủi) thải cát.



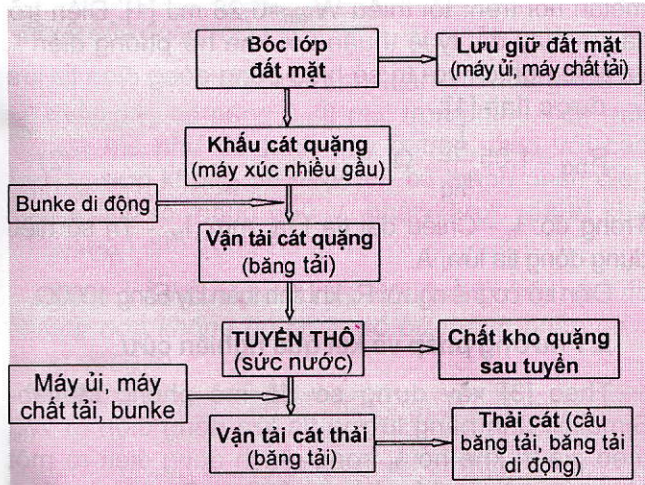
H.7. Sơ đồ khai thác bằng tàu hút: 1 - Khai trường; 2 - Tàu hút; 3 - Ống dẫn bùn đặt trên phao; 4 - Hố bơm; 5 - Trạm vít xoắn; 6 - Ống dẫn bùn thải; 7 - Bãi thải trong.

Khi vị trí bãi thải gần trạm vít tuyển thì dùng máy ủi để thải cát nhằm tiết kiệm nước; khi vị trí bãi ở xa thì phải dùng bơm bùn và hệ thống ống dẫn để thải cát. Khi diện tích hố khai thác phát triển rộng ra thì cần bổ sung thêm lượng nước tương ứng. Có thể tiết kiệm nước bằng cách sử dụng nước tuần hoàn từ trạm tuyển vít xoắn đặt trên miệng hố. Ngoài việc phát triển theo bề mặt, quá trình khai

thác cần phát triển xuống sâu tới đáy thân khoáng nhằm tận dụng khoáng trống đã khai thác làm bãi thải trong. Theo phương án này không chỉ giảm được chi phí đổ thải mà còn giảm được chi phí và thời gian cải tạo phục hồi môi trường

2.7. Công nghệ dùng máy xúc nhiều gầu khâu quặng-vận tải bằng băng tải-tuyển vít xoắn-thải cát bằng băng tải (Sơ đồ 7, H.8)

Công nghệ dùng máy xúc nhiều gầu khâu quặng-vận tải bằng băng tải-tuyển vít xoắn-thải cát bằng băng tải áp dụng để khai thác những khoáng sàng titan sa khoáng có chiều dày lớn, phân bố ở nơi khan hiếm nước như titan trong tầng cát đỏ dọc ven biển Bình Thuận. Không kể khâu tuyển thô (băng vít xoắn) thì công nghệ khai thác này thực chất là công nghệ khai thác bằng cơ giới.



H.8. Sơ đồ công nghệ khai thác titan trong tầng cát đỏ (dùng cho mỏ có quy mô lớn, ở vùng khan hiếm nước).

Do tầng cát đỏ có pha sét nhiều nên lớp đất phủ phía trên thân khoáng thường bị phong hóa, tạo điều kiện cho thực vật phát triển. Lớp thổ nhưỡng này cần được lưu giữ để sau này phục vụ cho mục đích cải tạo phục hồi môi trường. Việc khâu cát quặng được tiến hành bằng máy xúc rôtor (hoặc nhiều gầu kiểu khung xích). Sau đó cát quặng được đưa về trạm tuyển thô bằng băng tải. Cát thải sau tuyển được đưa vào bãi thải trong cũng bằng băng tải hoặc kết hợp cầu (cốngson) băng tải. Trong công nghệ này cần tới một số thiết bị phụ trợ như: máy ủi để bóc lớp đất rế cây và san gạt cát thải, máy cấp liệu hoặc bun ke di động để chất tải cho băng tải, máy bóc để chất tải cho bun ke di động,...

Máy xúc rôtor có thể xúc cát quặng với gương trên mức máy đứng hoặc xúc với gương dưới mức máy đứng tùy theo phương pháp phát triển công trình mỏ, độ ổn định nền tầng và cách bố trí mặt bằng sản xuất. Nếu sản lượng không quá lớn, có thể

thay máy xúc rôtor bằng máy xúc TLGN hoặc máy xúc tay gầu, đỡ tải lên băng tải qua máy cấp liệu hoặc bunke di động. Khi vận tải bằng băng tải thì tuyến băng tải chính luôn luôn đặt song song với tầng công tác. Máy xúc khâu theo các luồng xúc dọc tầng, kề nhau (với chiều rộng luồng là B₁). Mỗi dải khâu (có chiều rộng là A) thường được khâu 4÷6 luồng, phụ thuộc vào khoảng cách dịch chuyển tuyến băng tải chính để sao cho khối lượng khoáng sản khâu được tại một vị trí đứng máy là lớn nhất, nhằm nâng cao năng suất làm việc của máy xúc và ít phải di chuyển tuyến băng tải chính.

Thông qua máy cấp liệu đặt trên máy xúc nhiều gầu, cát quặng được chất lên băng tải di động. Băng tải di động thường được đặt trên giá di động. Cát quặng từ băng tải di động được rót xuống tuyến băng tải chính qua bunke di động để về trạm tuyển thô đặt trong mỏ.

3. Kết luận

Điều kiện để lựa chọn công nghệ và thiết bị cũng như trình tự phát triển công trình mỏ khi khai thác các khoáng sàng titan ven biển là chiều dày thân khoáng, khả năng cung cấp nước, điều kiện địa hình, quy mô sản lượng và năng lực tài chính của doanh nghiệp. Trong quá trình sử dụng các sơ đồ trên, cũng có thể thay thế một thiết bị nào đó bằng một thiết bị khác có tính năng hoặc công suất tương đương cho phù hợp với điều kiện thực tế của doanh nghiệp. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. И.М. Ялтанец. Гидромеханизированные и подводные горные работы. Книга 1 - Разработка пород гидромониторами и землесосными снарядами. Изд. МГГУ. Москва. 2009.
2. Б.Э. Фридман. Разработка россыпных месторождений гидромеханизацией. Изд. Металлургиздат. Москва. 1957.
3. И.М. Ялтанец. Справочник по гидромеханизации. Изд. "Горная книга". Москва. 2011.
4. Г.А. Нурок. Процессы и Технология Гидромеханизаций открытых горных работ. Изд. Недра. Москва. 1979, 1985.

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

The paper introduces the method exploiting the titane ore nearby sea beach. The paper also shows the scheme for exploiting the titane ore in the red sand layer.