LỰA CHỌN VẬT LIỆU CHẾ TẠO RĂNG CẮT PHÁ HỦY ĐẤT ĐÁ SỬ DỤNG TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

SELECTION THE APPROPRIATE MATERIALS OF CONICAL PICKS USED IN UNDERGROUND COAL MINE (QUANG NINH, VIETNAM)

TS. **Phạm Thị Thủy***, ThS. **Nguyễn Sơn Tùng**
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
**Email: phamthithuy@humg.edu.vn*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày đã phân tích điều kiện làm việc, nguyên nhân các dạng hỏng hóc phổ biến và cơ chế mòn răng cắt phá hủy đất đá trong khai thác mỏ sử dụng trên các máy đào lò liên hợp, máy khấu than sử dụng trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh. Từ đó, nhóm tác giả đã đề xuất ra loại vật liệu phù hợp với điều kiện làm việc thực tế để chế tạo phần thân và mũi răng cắt tương ứng là 30CrMnSiNi2A và BK20.

Từ khóa: *Răng cắt phá hủy đất đá; Máy đào lò; Máy khấu than; Chống mài mòn; Thép hợp kim kết cấu; Thép hợp kim hóa tốt.*

ABSTRACT

Combination digging machines and long-wall coal shearers are heavy and robust mining machinery. It seems to be the present picks are not durable enough when carried out in cutting the non-hemogeneous rock in the Quang Ninh underground coal mine, Vietnam. This paper briefly presents theoretical analysis to define the cause of pick's damages, and then proposes the appropriate materials of pick's body and pick's tip. Based on the related papers and researching, the authors selected 30CrMnSiNi2A for the body and carbide BK20 for the tip of conical picks.

Keywords: *Conical pick; Rock cutting; Abrasion resistance; Long-wall coal shearer; Underground combination machinery.*

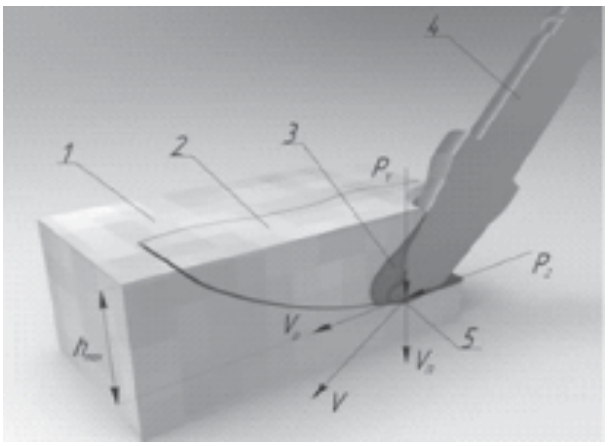
1. MỞ ĐẦU

Thực hiện cơ giới hóa khai thác than hầm lò, máy đào lò liên hợp, máy khấu than liên hợp đã được các đơn vị thuộc TKV nghiên cứu đưa vào sử dụng [8]. Quá trình sử dụng cho thấy, mức tiêu hao răng cắt khá lớn, đặc biệt là các máy khấu có xuất xứ từ Trung Quốc. Trong quá trình làm việc với cường độ lớn, địa chất đất đá phức tạp, không đồng nhất, phần lớn các vỉa than có đất đá xen kẹp nên các răng cắt thường xuyên bị hỏng với các dạng hỏng như mòn, sứt mẻ, vỡ hoặc tụt mảnh hợp kim cứng. Lượng tiêu hao răng cắt với máy khấu than trong điều kiện vỉa than có đá đá kẹp, địa chất phức tạp lên tới (12 ÷ 50) răng/1000 tấn than [7]. Khi cắt trong đất đá cứng và địa chất phức tạp tuổi thọ của răng cắt đôi khi chỉ vài giờ làm việc [4]. Để nâng cao tính tự chủ trong sửa chữa, thay thế răng cắt phá hủy đất đá đáp ☞

ứng nhu cầu sửa chữa rất lớn hiện nay cần có những nghiên cứu lựa chọn vật liệu, phương pháp gia công để tự chủ trong việc chế tạo răng cắt thay thế là vấn đề rất cấp thiết.

2. ĐIỀU KIỆN LÀM VIỆC CỦA RĂNG CẮT PHÁ HỦY ĐẤT ĐÁ

Răng cắt đất đá trên tang khấu của thiết bị đào lò hoặc máy khấu than là một chi tiết dạng hình trụ, phần đầu thuôn nhọn giống hình đầu đạn, phần chuôi được hạ bậc, đuôi có xẻ rãnh vòng hãm. Răng được lắp lên đài đỡ răng gắn trên tang khấu [7]. Trong quá trình cắt đất đá hoặc cắt khấu than, tang khấu quay tròn quanh trục và trục tang khấu chuyển động tịnh tiến theo phương vuông góc với gương lò hoặc gương than. Các răng cắt va đập với khối đất đá hoặc than, nén ép lên khối đất đá gây ra phá hủy thể tích kết hợp với chuyển động của răng cắt thể tích đất đá bị dập nát được tách ra khỏi nguyên khối ban đầu.



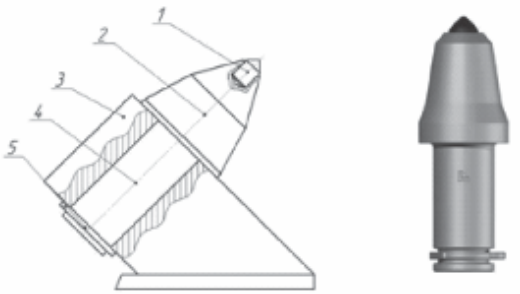
Hình 1. Sơ đồ phá hủy đất đá bằng răng cắt [7]: 1 – Khối đất đá; 2 – Vùng biến dạng đàn hồi; 3 – Vùng vỡ vụn; 4 – Răng cắt; 5 – Vùng nén ép (tâm áp lực)

Hình 1 mô tả quá trình phá hủy đất đá bằng răng cắt. Răng cắt nén lên khối đất đá một lực P có phương dọc theo trục răng cắt. Dưới tác dụng của lực nén P gây ra ứng suất nén trong thể tích đất đá. Ứng suất nén lan toả trong thể tích khối đất đá. Trong trường hợp lý tưởng, đất đá nguyên khối và đồng nhất thì ứng suất phân bố trong không gian bán cầu với tâm bán cầu tại vị trí tiếp xúc giữa mũi răng cắt và đất đá. Tại vùng thể tích có ứng suất nén vượt qua giới hạn bền của đất đá thì đất đá bị vỡ vụn, dập nát và ở những vị trí có ứng suất nhỏ đất đá bị biến dạng đàn hồi. Tại tâm áp lực (vùng màu đỏ), đất đá bị nghiền nát thành dạng bột. Xung quanh vùng thể tích nghiền nát, đất đá bị vỡ vụn gọi là vùng ép vỡ đàn hồi (vùng màu xanh). Ngoài cùng là một vùng biến dạng đàn hồi và xuất hiện các vết nứt do mỏi. Do các răng cắt lần lượt va đập, cắt đất đá nên ứng suất và biến dạng đàn hồi trong khối đất đá có dạng xung mạch đập. Biến dạng đàn hồi dạng mạch đập góp phần phá vỡ đất đá theo cơ chế phá hủy mỏi. Thể tích của vùng nứt vỡ phụ thuộc vào lực nén ép và độ kiên cố, tính giòn của đất đá và khoảng cách từ tâm áp lực tới mặt thoáng gương lò [5] và [7].

Mặt trước của răng cắt tiếp xúc với đất đá vỡ vụn, phần này chịu ma sát nhỏ nhưng chịu nén lớn. Mặt sau của răng cắt tiếp xúc với đất đá nguyên khối chưa bị phá hủy, phần này chịu lực ma sát lớn và bị mài mòn. Xét trong một phạm vi góc quay nhỏ xung quanh tâm quay của răng cắt thì coi như răng cắt có chuyển động tịnh tiến. Lực cắt P được chia làm hai thành phần: P_y và P_z. Lực P_z có phương tiếp tuyến với quỹ đạo chuyển động của mũi răng cắt, có vai trò bóc tách khối đất đá trong vùng phá hủy và vùng dập nát ra khỏi nguyên khối ban đầu. Lực P_y có phương pháp tuyến, có giá trị phụ thuộc vào tính chất đàn hồi của đất đá, nếu đất đá có độ đàn hồi cao và độ kiên cố lớn thì lực P_y lớn, [1] và [7]. Dưới tác dụng của phản lực pháp tuyến của khối đất đá và chuyển động trượt của mặt sau răng cắt sẽ xuất hiện lực

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 329, tháng 6 năm 2025
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

ma sát gây nên mài mòn răng cắt, khi răng cắt bị mòn thì góc sắc của răng giảm dẫn tới lực nén cần thiết P tăng lên. Khi đó, thể tích đất đá bị nghiền vụn tăng lên, vùng thể tích dập nát thu hẹp lại, hiệu quả phá hủy đất đá giảm, mức độ mài mòn răng tăng lên, [5] và [7]. Để khắc phục hiện tượng này, mối ghép giữa chuôi răng cắt và lỗ đài đỡ răng cắt là mối ghép lỏng, cho phép răng cắt xoay được quanh trục răng cắt, từ đó răng mòn đều và tự được mài sắc, [4] và [7]. Tại vùng mỏ Quảng Ninh, các vỉa than thường nằm xen kẹp giữa các tầng đất đá cát kết, bội kết, sét kết và sét than, độ kiên cố lên tới f = 8 ÷ 10 theo thang chia độ bền kháng nén một trục của Giáo sư M. M. Protodiaconov [7].



Hình 2. Cấu tạo răng cắt phá hủy đất đá:
1 – Mũi răng cắt; 2 – Đầu răng cắt;
3 – Đài đỡ răng cắt; 4 – Chuôi răng cắt;
5 – Vòng hãm

Như phân tích trên, khi răng cắt nén lên khối đất đá với áp lực P thì khối đất đá biến dạng, dập nát, nứt vỡ và răng cắt sẽ tiến sâu vào đất đá một chiều sâu h. Lực nén dọc trục cần thiết P trên răng cắt phá hủy đất đá phụ thuộc vào độ kiên cố của đất đá, tính đàn hồi của đất đá, góc sắc nhọn của đỉnh răng cắt và chiều sâu cắt mong muốn. Lực nén cần thiết P đối với răng cắt phá hủy đất đá mũi cắt dạng côn được xác định như sau [2]:

$$P = \frac{2 \cdot E \cdot h^2 \cdot tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)} \qquad (2\text{-}1)$$

Trong đó: P – Lực nén dọc trục trên răng cắt, N; E – Mô-đun đàn hồi của đất đá, N/m^2; h – Độ ngập sâu của răng cắt vào khối đất đá, m^2; α – Góc côn của đỉnh răng; υ – Hệ số pission của đất đá.

Thành phần lực pháp tuyến P_y:

$$P_y = P \cdot sin\varphi \qquad (2\text{-}2)$$

Trong đó: P – Lực nén dọc trục trên răng cắt, N; φ – Góc nghiêng trục răng cắt (góc cắt); P_y – Thành phần lực theo phương pháp tuyến, N.

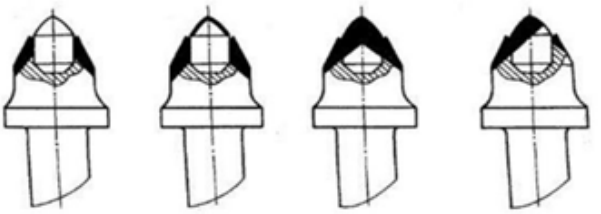
Lực ma sát theo phương tiếp tuyến tại mặt sau của răng cắt:

$$F_f = f \cdot P_y \qquad (2\text{-}3)$$

Trong đó: F_f – Lực ma sát theo phương tiếp tuyến, N; f – Hệ số ma sát của đất đá; P_y – Thành phần lực theo phương tiếp tuyến, N.

Về cơ bản răng cắt chỉ chịu nén và chịu mài mòn trên bề mặt. Các răng lần lượt vào cắt phá hủy đất đá rồi thoát ra ngoài nên tải trọng nén tác dụng lên răng cắt có dạng chu kỳ, mạch đập. Phần mũi răng cắt và đầu thân răng có ứng suất lớn. Trong quá trình cắt, nhiệt độ phát sinh tại mũi răng cắt có thể lên tới 1100°C. Do đó, răng cắt phá hủy đất đá thường có các dạng hỏng như sau [7]: Mòn do ma sát; Bong tróc bề mặt mũi răng cắt và vùng kim loại của thân răng cắt bao quanh mũi hợp kim do hiện tượng ô-xy hóa hình thành các vảy ô-xít, hiện tượng tôi cục bộ hoặc hiện tượng kết tinh lại do nhiệt phát sinh lớn khi cắt; Nứt vỡ, sứt mẻ răng cắt do mỏi; Tụt đầu hợp kim do dão, do biến dạng dẻo cùng với do mòn giảm kích thước phần chóp côn của thân răng cắt dẫn tới giảm khả năng đàn hồi, giảm ma sát tại mối ghép giữa thân răng cắt và mũi hợp kim cứng; Tụt đầu ☞

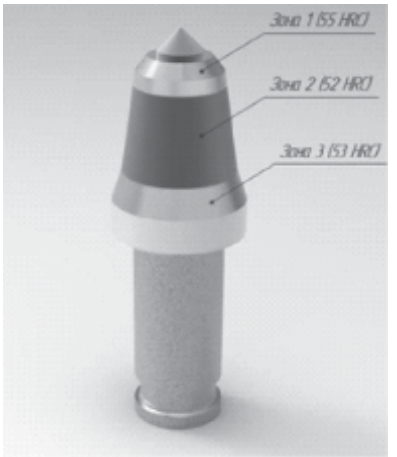
hợp kim cứng do mòn, gãy mối hàn; Gãy chuôi răng do quá tải, do mỏi.



Hình 3. Một vài dạng hỏng răng cắt phá hủy đất đá do mòn

3. VẬT LIỆU CHẾ TẠO RĂNG CẮT PHÁ HỦY ĐẤT ĐÁ

Phần mũi răng cắt chịu ứng suất lớn và mài mòn mãnh liệt, đặc biệt khi cắt phá hủy đất đá có độ kiên cố lên tới f = 10, có tính mài mòn cao, nhiệt độ phát sinh khi cắt lên tới trên 1000°C. Đầu mũi răng thường được chế tạo từ các vật liệu: BK8, BK5B, BK10KC, BK12KC. Gần đây, một số nghiên cứu thử nghiệm sử dụng vật liệu gốm thay thế vật liệu hợp kim cứng nhằm mục đích bền mòn trong điều kiện phát sinh nhiệt độ lớn [7].



Hình 4. Yêu cầu độ cứng bề mặt thân răng cắt phá hủy đất đá

Cũng theo tài liệu này, phần thân răng cắt được chế tạo từ thép hợp kim hóa tốt hoặc thép hợp kim kết cấu như 40X, 40XM, 30XГCA [7]. Thép hợp kim kết cấu làm tăng cơ tính tổng hợp của thép như tăng độ bền, độ dai va đập, giới hạn bền mỏi lớn. Ngoài ra, các thành phần nguyên tố hợp kim như Si giúp tăng độ đàn hồi, chống dão, sự có mặt của Cr, Ni, Al giúp tăng khả năng bền nhiệt [3]. Nhóm thép này đạt được độ cứng bề mặt sau khi nhiệt luyện lên tới 60 HRC mà vẫn giữ được độ dẻo dai bên trong, đảm bảo khả năng chịu tải trọng lớn, tải trọng va đập và có giới hạn mỏi cao. Phần thân răng cắt cần độ cứng bề mặt yêu cầu lên tới (50 ÷ 55) HRC [7]. Phần mũi răng cắt, hợp kim cứng được hàn hoặc ép vào lỗ trên thân răng cắt (mối ghép có độ dôi). Do vậy, vật liệu chế tạo thân răng cắt phải có độ dẻo dai, giới hạn bền lớn nhưng tỷ lệ biến dạng dẻo (hay còn gọi là dão) thấp. Độ dai va đập cần đạt tới 25 J/cm^2, độ bền kéo không nhỏ hơn 1000 MPa, phần đầu thân răng cắt tiếp xúc với đất đá cần đạt độ cứng bề mặt tối thiểu 50 HRC, phần chuôi răng cắt có độ cứng khoảng (35 ÷ 40) HRC [4].

4. LỰA CHỌN VẬT LIỆU CHẾ TẠO RĂNG CẮT

Thứ nhất, dựa trên cơ sở phân tích điều kiện làm việc của răng cắt phá hủy đất đá, nguyên nhân dẫn tới mòn hỏng răng cắt và một số thông tin vật liệu chế tạo răng cắt đã được công bố trong một số tài liệu tính toán thiết kế liên quan.

Thứ hai, trên cơ sở phân tích đặc điểm vật liệu kim loại, các nhãn hiệu thép hợp kim chất lượng cao dành cho chế tạo chi tiết máy làm việc trong điều kiện tải trọng lớn, tải trọng động, tải trọng va đập và nhiệt độ lớn [3].

Lựa chọn vật liệu chế tạo thân răng cắt phá hủy đất đá là thép hợp kim có độ bền, độ dai và có khả năng chịu nhiệt độ tốt: 30CrMnSiNi2A.

Ngoài ra, thép 30CrMnSiNi2A còn chứa các nguyên tố Al, Cu, Ni. Trong quá trình nung nóng chậm (nhiệt luyện sau gia công) sẽ hình thành các hợp chất Al_2O_3, Các-bít khó tan hạt mịn được hình thành ở biên các hạt Austenit. Do đó, thu được tổ chức Austenit hạt nhỏ khi nung tới nhiệt độ tôi. Sau khi áp dụng quy trình nhiệt luyện hợp lý sẽ thu được cơ tính mong muốn [6]. Lựa chọn vật liệu chế tạo mũi cắt là vật liệu hợp kim cứng độ bền cao, chịu mài mòn và bền nhiệt: BK20.

5. KẾT LUẬN

Cơ giới hóa khai thác than, sử dụng các máy đào lò liên hợp, máy khấu than liên hợp là một xu thế tất yếu hiện nay ở nước ta. Do địa chất vỉa than ở vùng Quảng Ninh có tính chất phức tạp, đất đá có độ kiên cố lớn dẫn tới mức tiêu hao răng cắt phá hủy đất đá lớn. Qua phân tích điều kiện làm việc của răng cắt cho thấy dạng hỏng mòn thân răng, bong tróc bề mặt mũi hợp kim là hai dạng hỏng chủ yếu cần phải khắc phục.

Căn cứ theo tài liệu vật liệu kỹ thuật, tính toán thiết kế máy nhóm nghiên cứu đã đề xuất lựa chọn vật liệu chế tạo mũi răng cắt và phần thân răng cắt tương ứng là hợp kim BK20 hoặc tương đương và thép hợp kim 30CrMnSiNi2A hoặc tương đương.❖

Ngày nhận bài: **09/4/2025**
Ngày phản biện: **28/4/2025**

Tài liệu tham khảo:

[1]. A Prakash, V. M. S. R. Murthy, K. B. Singh, C. Kumar and L. A. Kumaraswamidhas (2016), "*A methodology for designing cutting drum of surface miner to achieve production of desired chip size*". Indian Academic of Sciences.

[2]. Gao Kuidong, Du Changlong, Jiang Hongxiang, Liu Songyong (2014), "*A theoretical model for predicting the Peak cutting force of conical pick*". Journal of Mining Engineering, China.

[3]. Hà Văn Vui, Nguyễn Chỉ Sáng, Phan Đăng Phong (2006), "*Sổ tay Thiết kế cơ khí - Tập 1*". NXB. Khoa học Kỹ thuật.

[4]. Lukasz Boloz (2019), "*Direction for increasing conical picks' durability*". AGH University of Science and Technology, Poland.

[5]. Nguyễn Hoàng, Bùi Xuân Nam (2015), "*Ứng dụng bài toán Bousinessq để xác định các thông số của đầu đập thuỷ lực khi phá vỡ đất đá trên mỏ lộ thiên*". Tạp chí Khoa học Công nghệ Mỏ, số 4, năm 2015.

[6]. Nguyễn Thị Yên (2005), "*Giáo trình Vật liệu cơ khí*". NXB. Hà Nội.

[7]. Phạm Văn Tiến (2021), "*Luận án tiến sỹ kỹ thuật – Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến tuổi thọ của răng cắt trên tang máy khấu dùng trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh*". Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

[8]. https://moit.gov.vn/khoa-hoc-va-cong-nghe/than-vang-danh-hieu-qua-cua-viec-ung-dung-may-dao-lo-combai-2.html