

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA TANG MÁY ĐÀO LÒ

KS. Nguyễn Minh Thanh – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

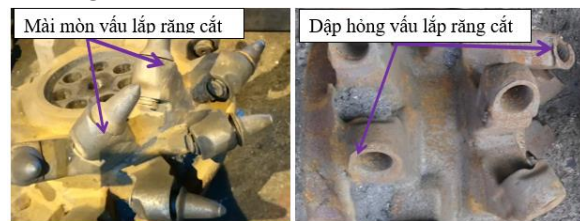
Tóm tắt: Hiện nay, theo chủ trương của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), việc áp dụng máy đào lò đang dần trở thành tất yếu để tiến tới cơ giới hóa trong công tác đào chống lò. Ứng dụng các máy đào lò hạng nhẹ như EBH45 đã mang lại những hiệu quả ban đầu, chứng tỏ có khả năng áp dụng rộng rãi trong ngành Than. Trong quá trình sử dụng, máy thường xuyên xảy ra những hỏng hóc cần phải sửa chữa và thay thế, đặc biệt cụm đầu khâu. Tuy nhiên, các đơn vị trong nước chưa có khả năng chế tạo bộ phận này, do đó phải nhập khẩu với giá thành cao, thời gian kéo dài đã làm ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình sản xuất của các đơn vị. Đồng thời, cũng có rất ít các nghiên cứu chuyên sâu về quá trình cắt đất đá, phương pháp xác định các thông số của đầu khâu, do đó không thể triển khai sửa chữa và chế tạo mới tại các cơ sở chế tạo trong nước. Bài báo này trình bày phương pháp xác định vị trí, góc độ của răng cắt trên tang và thông số của vỏ tang khâu, từ đó làm cơ sở cho sửa chữa cũng như chế tạo mới cụm đầu khâu ở trong nước, đảm bảo độ bền của răng cắt và đầu khâu, tiến gần đến chất lượng của sản phẩm nhập ngoại.

Từ khóa: *Bước cắt, đất đá, đầu khâu, góc nghiêng, góc xiên, máy đào lò, răng cắt.*

1 Mở đầu

Máy đào lò EBH45 đầu tiên trong Tập đoàn TKV được đưa vào phục vụ sản xuất tại công ty Cổ phần Than Vàng Danh - Vinacomin tháng 11/2019. Sau một thời gian sử dụng phục vụ công tác đào lò đã chứng tỏ được sự phù hợp của máy với điều kiện đào lò tại Vàng Danh nói riêng và trong TKV nói chung. Việc sử dụng máy đào lò EBH45 đã đạt được các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật chủ yếu như tốc độ, năng suất lao động, giá thành của công nghệ. Theo đánh giá, các chỉ tiêu này đều đạt tốt hơn so với thiết kế cũng như công nghệ đào lò bằng phương pháp khoan nổ mìn trong cùng điều kiện, đặc biệt là mức độ an toàn, điều kiện làm việc cho người lao động được cải thiện rõ rệt [1]. Do đó, Tập đoàn TKV tiếp tục đầu tư đưa vào sử dụng máy đào lò EBH45 tại các công ty Than Dương Huy, Khe Chàm, Quang Hanh, Hạ Long và Vàng Danh. Quá trình sử dụng máy đào lò EBH45 tại một số mỏ trong TKV đã tiết giảm được nhiều chi phí sản xuất. Tính trên giá thành 1 m lò đào mới, các đơn vị tiết kiệm được khoảng 1,5 triệu đồng. Chi phí này được tái đầu tư sản xuất, tiếp tục cải thiện điều kiện làm việc cho người lao động. Tuy nhiên, trong quá

trình sử dụng máy cũng xảy ra các sự cố như các cơ cấu thủy lực, tay vịn, máng cào, đầu khâu, cụm giảm tốc cần sửa chữa, thay thế, đặc biệt các dạng hỏng tập trung chủ yếu vào cụm đầu khâu. Đây là các chi tiết và cụm chi tiết thuộc dạng vật tư tiêu hao thường xuyên trong quá trình sử dụng, nhưng hiện nay các đơn vị cơ khí trong nước chỉ có thể đáp ứng được nhu cầu thay thế các chi tiết như bạc chốt, xy lanh của cơ cấu tay khâu mà chưa nghiên cứu và sản xuất được cụm đầu khâu.



Hình 1: Những dạng hỏng của đầu khâu EBH45

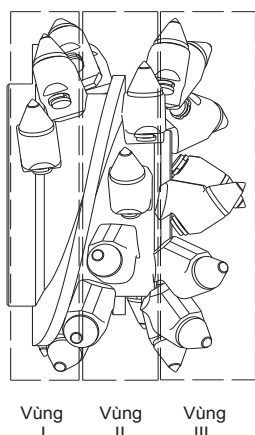
Khảo sát thực tế sử dụng máy đào lò EBH45 tại mỏ Vàng Danh và các đơn vị trong Tập đoàn TKV cho thấy, nguồn cung ứng các chi tiết như răng khâu, đầu khâu và hộp giảm tốc trên thị trường không ổn định, chủng loại răng khâu không đúng và chất lượng không đảm bảo. Các răng khâu khi sử dụng không đúng chủng loại có thể gây quá tải cho máy hoặc làm giảm năng suất

cắt, đầu khâu nhanh bị phá hỏng.

Việc nhập khâu sản phẩm chính hãng Erkat (CHLB Đức) với thời gian kéo dài sẽ không đáp ứng kịp thời nhu cầu sửa chữa, thay thế trong sản xuất. Các chi tiết đầu khâu phải bị loại bỏ nhưng vì không có nguồn vật tư thay thế kịp thời nên vẫn phải tiếp tục sử dụng, dẫn đến giảm hiệu quả sử dụng thiết bị. Mặt khác, không thể triển khai sửa chữa và chế tạo mới tại các cơ sở chế tạo trong nước do thiếu các nghiên cứu chuyên sâu về quá trình cắt đất đá, vật liệu chịu mài mòn, phương pháp xác định vị trí của răng cắt và vấu lắp răng cắt trên tang khâu. Vì vậy, việc “Nghiên cứu xác định các thông số cơ bản của tang máy đào lò” là cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

2 Xác định tọa độ đỉnh răng cắt trên tang khâu máy đào lò

Từ đặc điểm khác nhau của từng khu vực trên tang khâu, có thể bố trí răng cắt trên ba vùng như sau:



Hình 2: Sơ đồ bố trí răng cắt trên tang khâu

- *Vùng I*: Là nơi tiếp giáp với tay khâu, răng cắt ở vùng này thường được thiết kế với góc xiên hướng về phía tay khâu (áp dụng cho cả tang đầu dọc và tang đầu ngang – tang trái và phải);

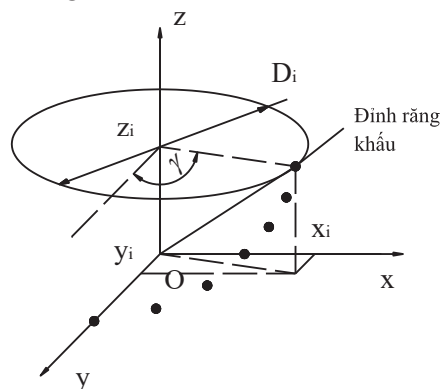
- *Vùng II*: Là vùng nằm giữa vùng I và III, các răng cắt ở vùng này chuyển động trên các đường cắt nằm ở khoảng giữa chiều rộng cắt nên góc xiên có thể lấy bằng 0° để tránh mài mòn vấu lắp răng cắt.

- *Vùng III* (mặt đầu của tang khâu): Các răng

cắt được bố trí ở vùng này với mục đích tăng tính cơ động của đầu khâu khi di chuyển sang ngang với máy khâu đầu ngang, hoặc khoan sâu vào gương đối với máy khâu đầu dọc. Do đó, góc xiên của răng khâu thường được thiết kế hướng ra ngoài.

2.1 Chọn hệ trục tọa độ của tang khâu

Chọn trục Oz trùng với phương của tâm tang khâu, có chiều từ phía hộp giảm tốc ra phía ngoài. Chọn trục Oy vuông góc với trục Oz và đi qua đỉnh của răng cắt đầu tiên của tang khâu (răng cắt số 1), có chiều từ tâm O đến đỉnh răng cắt. Chọn trục Ox đi qua giao điểm của trục Oz, Oy và vuông góc mặt phẳng yOz, cùng chiều với hướng cắt của răng cắt.



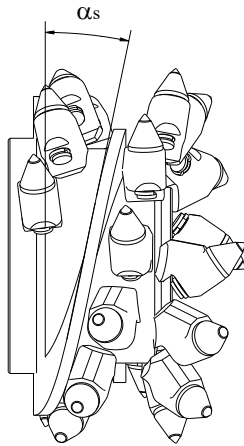
Hình 3: Hệ trục tọa độ Oxyz của tang khâu

Ở đây: x_i, y_i, z_i – tọa độ đỉnh răng theo hệ trục tọa độ $0xyz$; γ_i – góc lắp răng cắt; D_i – đường kính tại đỉnh răng cắt.

2.2 Xác định số đường xoắn và góc nghiêng đường xoắn trên tang khâu

Tùy thuộc vào kích thước của tang khâu mà số đường xoắn trên tang được chọn từ 1 đến 3. Số đường xoắn tỷ lệ thuận với đường kính của tang khâu (với tang khâu càng lớn thì số đường xoắn càng nhiều). Góc xoắn thông thường từ $8-30^\circ$ [2] phụ thuộc vào năng suất cần vận tải. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh góc xoắn càng nhỏ thì càng có lợi về lực, tuy nhiên năng suất vận tải thấp. Ngược lại, góc xoắn càng lớn thì khả năng hất văng vật liệu theo hướng vuông góc với cánh xoắn càng tăng, gây nguy hiểm cho người

và thiết bị xung quanh nơi máy làm việc. Các nghiên cứu đã chỉ ra với máy đào lò góc xoắn phù hợp từ 10-20° (hình 4).



Hình 4: Góc xoắn lắp răng cắt trên tang khâu

Lưu ý: Nếu tang khâu hình trụ thì cánh xoắn có góc không đổi, còn nếu tang khâu hình nón cụt, góc xoắn tăng dần từ răng đầu tiên cho đến hết tang khâu, mức độ tăng tỷ lệ thuận với đường kính đầu nhỏ và đầu lớn của tang khâu.

2.3 Xác định bước cắt trên tang khâu

Bước cắt trên tang khâu là thông số quan trọng, ảnh hưởng đến lực cắt cũng như hiệu quả quá trình cắt. Việc xác định bước cắt sẽ làm căn cứ để thiết lập các thông số khác trên đầu khâu. Bước cắt trên tang khâu được xác định theo công thức sau [3]:

$$\bar{t}_{tt} = \left(\frac{5h_{tb}}{0,5h_{tb} + 4,5} + 0,3h_{tb} \right) \frac{1,47E}{E + 1,2} + b_x, \text{ cm} \quad (1)$$

Trong đó: E – chỉ số đánh giá mức độ giòn của đất đá cắt; b_x – chiều rộng trung bình của răng cắt, mm; h_{tb} – chiều sâu cắt, mm.

Độ giòn của than và đất đá được chia làm ba nhóm như sau: Mềm E < 2,1; giòn 2,1 ≤ E ≤ 3,5; rất giòn E > 3,5. Khi tính toán tang khâu của máy đào lò cho các mỏ than, độ giòn thường được lấy E = 2,8.

Lưu ý: để đảm bảo đất đá được cắt hết giữa hai đường cắt thì bước cắt được chọn phải nhỏ hơn bước cắt tính toán $t \leq \bar{t}_{tt}$.

2.4 Số răng cắt trên tang

Để xác định số răng cắt trên tang, đầu tiên cần tính số đường cắt trên tang. Số đường cắt trên một tang khâu được xác định như sau:

$$m_{dc} = \frac{L_t}{t} + 1 \quad (2)$$

Trong đó: L_t – chiều rộng tang khâu, mm; t – bước cắt trên tang khâu, mm.

Lưu ý: số đường cắt được chọn phải là số nguyên.

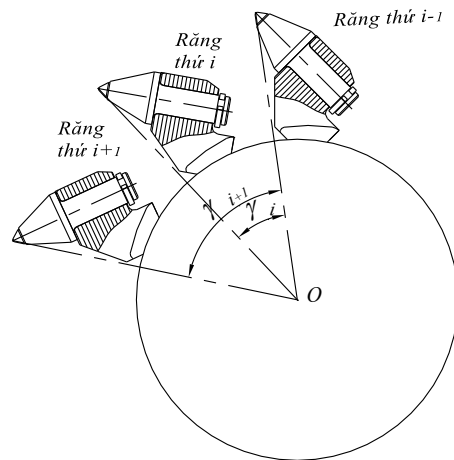
Số răng cắt được tính theo công thức sau:

$$Z = N_3 m_{dc} \quad (3)$$

Trong đó: N₃ – số răng cắt trên một đường cắt.

2.5 Góc lắp răng cắt

Góc lắp răng cắt được quy ước là góc xác định bởi răng đầu tiên và các răng khác trên cùng một đường xoắn (hình 5).



Hình 5: Góc lắp răng cắt trên tang

Theo hình 5, chiều dài dây cung C_i được xác định như sau:

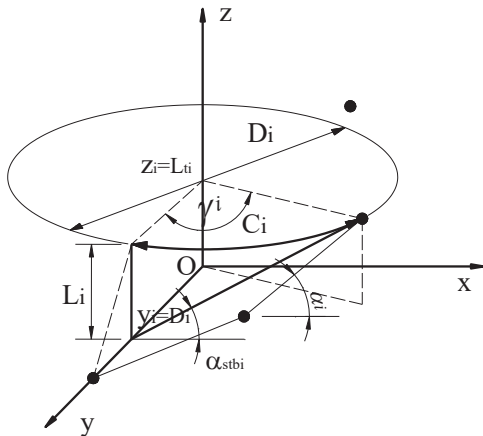
$$C_i = \frac{\pi D_i \gamma_i}{360}, \text{ mm} \quad (4)$$

Mặt khác, chiều dài dây cung cũng được xác định thông qua góc nghiêng của cánh xoắn và vị trí của răng theo chiều rộng của tang:

$$C_i = \frac{\tan \alpha_{stbi}}{L_{ti}}, \text{ mm} \quad (5)$$

Trong đó: L_{ti} – khoảng cách từ đỉnh răng tới góc tọa độ O, mm, $L_{ti} = \sum_{1}^i t_i$; α_{stbi} – góc xoắn trung

bình của răng cắt trên tang khâu, độ, được xác định theo công thức: $\alpha_{stbi} = \frac{1}{i} \cdot \sum_1^i \alpha_i$.



Hình 6: Sơ đồ tính toán góc lắp răng cắt

Kết hợp phương trình (4) với (5) ta có:

$$C_i = \frac{\pi D_i \gamma_i}{360} = \frac{\tan \alpha_{stbi}}{L_{ti}}, \text{ mm}$$

$$\Leftrightarrow \gamma_i = \frac{360 \tan \alpha_{stbi}}{\pi D_i L_{ti}}, \text{ độ} \quad (6)$$

Vậy, tọa độ đỉnh răng cắt thứ i được xác định như sau:

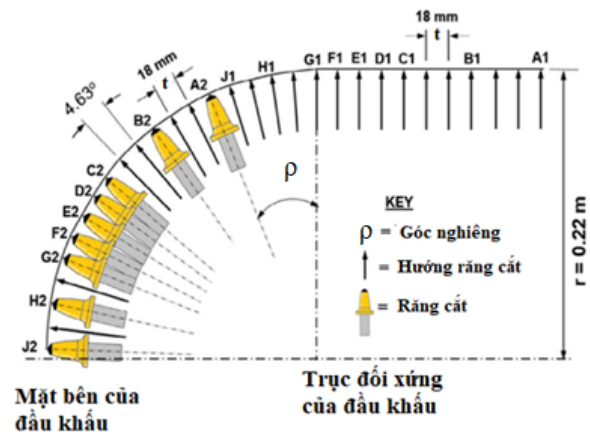
$$\begin{cases} r_i = \frac{D_i}{2} \\ \gamma_i = \frac{360 \tan \alpha_{stbi}}{\pi D_i L_{ti}} \\ z_i = L_{ti} = \sum_1^i t_i \end{cases} \quad (7)$$

3 Các góc của răng cắt và vấu lắp cắt trên tang khâu

3.1 Góc nghiêng của răng cắt ở mặt bên của tang khâu

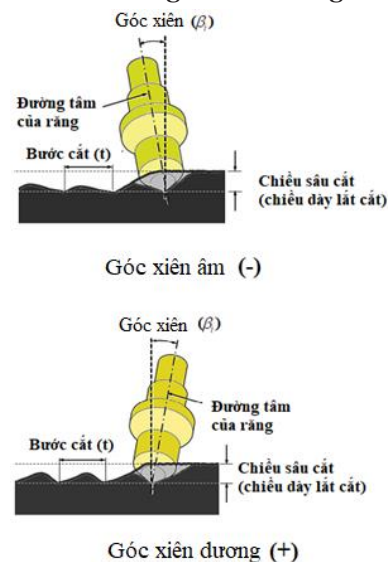
Góc nghiêng của răng cắt ρ là góc tạo bởi đường thẳng đi qua tâm của vấu lắp răng cắt với mặt phẳng nằm ngang. Đối với tang khâu hình trụ, góc nghiêng của răng cắt chủ yếu được sử dụng ở mặt tang với mục đích tăng chiều rộng và tăng khả năng cắt của nó khi muốn di chuyển sang ngang. Nghiên cứu sự thay đổi của lực cắt và năng suất cắt của răng cắt ở mặt bên của tang khâu (hình 7) được tác giả Osman Zeki

Hekimoglu đưa ra. Kết quả cho thấy, góc nghiêng của răng cắt trên mặt đầu của tang khâu tăng lên thì lực cắt và năng suất cắt giảm xuống. Vì vậy, cần phải bố trí răng cắt trên mặt đầu của đầu khâu một cách hợp lý. Theo nghiên cứu của Osman Zeki Hekimoglu, góc nghiêng của răng cắt trên tang khâu có thể được chọn từ 0-85° [4].



Hình 7: Sơ đồ bố trí răng cắt trên đầu khâu

3.2 Góc xiên của răng cắt trên tang khâu



Hình 8: Góc xiên lắp răng cắt

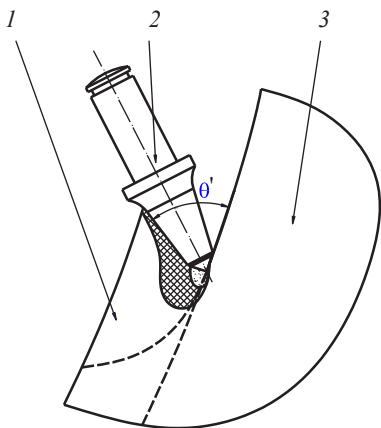
Góc xiên của răng cắt β_i là góc hợp bởi đường trục tang và đường tâm răng cắt (hình 8). Đã có nhiều nghiên cứu thực hiện về ảnh hưởng của góc xiên tới khả năng tự xoay, tốc độ mài mòn của răng cắt và lực cản cắt. Khả năng tự xoay trong nhiều trường hợp giúp răng tự mài sắc và giúp quá trình mài mòn diễn ra đồng đều trên

toàn bộ bề mặt làm việc của răng cắt. Các kết quả nghiên cứu cho thấy: Góc xiên lên đến 13° không ảnh hưởng lớn đến lực cắt; góc xiên âm tạo ra chuyển động quay nhiều hơn góc xiên dương; góc xiên thay đổi theo chiều âm hoặc dương thì nhiệt độ răng cắt và độ mòn của răng cắt tăng; góc xiên dương có lợi hơn cả về hiệu quả cắt và độ ổn định của cấu trúc răng cắt [4].

3.3 Góc cắt của răng khâu trên tang

Góc cắt θ' là góc hợp bởi mặt trước của răng cắt và mặt phẳng cắt. Góc cắt θ' thường dao động từ 55-65° tùy thuộc vào độ kiên cố của đất đá. Khi độ kiên cố của đất đá tăng thì góc cắt được chọn tăng lên để đảm bảo độ bền của răng cắt [5].

Với răng cắt tiếp tuyến, răng cắt được thiết kế đối xứng qua trục của răng. Vì vậy, để thuận tiện cho việc tính toán, thiết kế, người ta thường sử dụng góc vấu lắp răng cắt (hình 9) là góc giữa mặt phẳng cắt và tâm của răng cắt (tâm hóc lắp răng cắt) thay cho góc cắt.



Hình 9: Góc cắt của răng khâu trên đầu khâu

Góc vấu lắp răng và góc cắt có mối quan hệ như sau:

$$\theta' = \theta + \frac{\psi}{2}, \text{ độ} \tag{8}$$

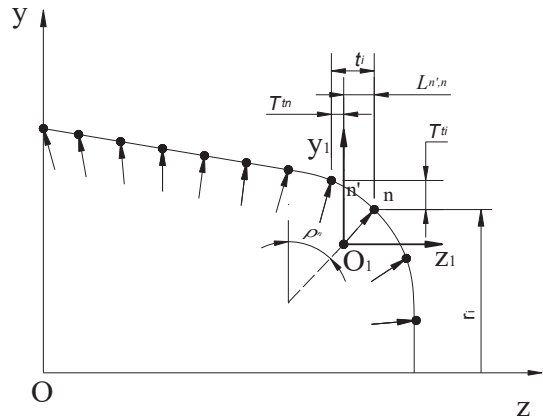
Trong đó: ψ – góc côn thân răng cắt, độ; θ – góc vấu lắp răng, độ.

4 Xác định các thông số cơ bản của vỏ tang

4.1 Xác định chiều rộng của vỏ tang khâu

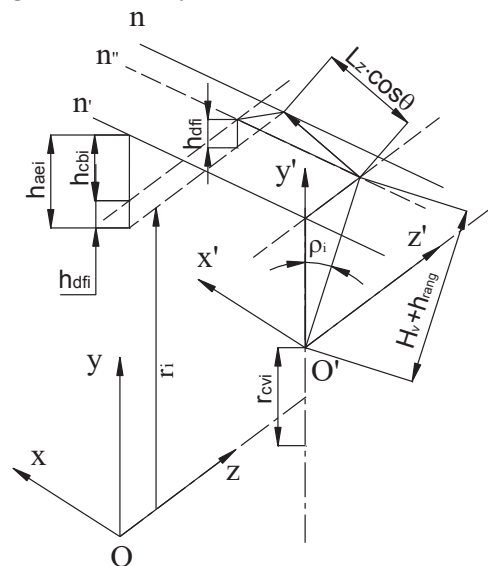
Chiều rộng vỏ tang khâu được xác định bởi khoảng cách của chân hai vấu lắp răng cắt xa

nhau nhất trên trục tọa độ Oz. Việc xác định vị trí của vấu lắp răng cắt trong hệ trục tọa độ Oxyz được căn cứ trên tọa độ đỉnh răng cắt kết hợp với góc nghiêng, góc xiên, v.v...



Hình 10: Góc nghiêng răng cắt trên tang khâu

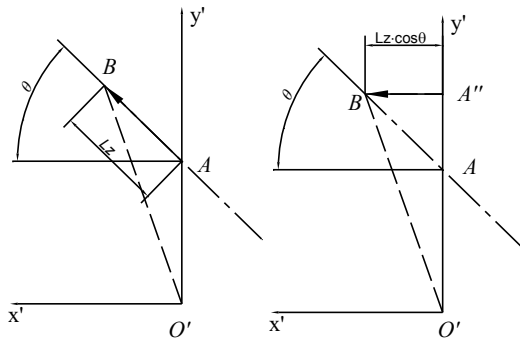
Để tiện cho việc theo dõi, ta xét sự thay đổi vị trí răng cắt ứng với góc nghiêng và góc xiên trong hệ trục $O_1x_1y_1z_1$ của nó.



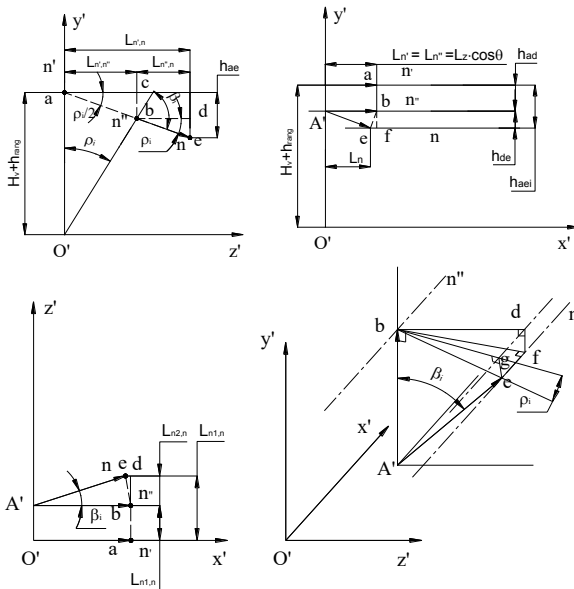
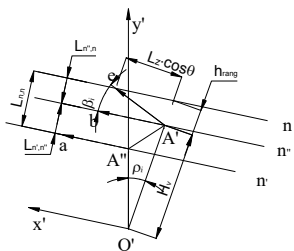
Hình 11: Sơ đồ xác định vị trí răng trên mặt đầu tang khâu

Răng và vấu lắp răng cắt khi lắp ghép với nhau tạo thành một góc θ có thể biến đổi sang mô hình răng cắt tương đương (hình 12) (khi lắp răng cắt với vấu lắp răng cắt, gọi tắt cụm chi tiết này là vấu cắt). Sơ đồ vấu cắt ban đầu là tam giác $AO'B$, sau khi biến đổi vấu cắt là tam giác $A'O'B$. Các số liệu tính toán sau này sẽ được

tính trên tam giác A''O'B với điểm đầu răng cắt và chân vấu lắp răng cắt không đổi.



Hình 12: Mô hình chuyển đổi vấu cắt



Hình 13: Sơ đồ tính toán các thông số của vấu cắt trên tang

Ở đây: n – đường cắt trong vùng III, được xác định từ răng đầu tiên trong vùng III, cạnh răng kết thúc của vùng II; n'' , n' – các đường chuyển tiếp tương ứng của đỉnh răng cắt trong quá trình xoay và nghiêng để chuyển về đường cắt n .

Khoảng cách của các đỉnh răng cắt trên mặt đầu tang được xác định như sau:

$$L_{n',n} = L_{n',n''} + L_{n'',n} = L_{aci} + L_{bdi}, \text{ mm} \quad (9)$$

Trong đó: $L_{n',n''}$ – khoảng cách giữa mặt đầu tang và đỉnh răng cắt ở góc nghiêng ρ_i , mm; $L_{n'',n}$ – khoảng cách tăng thêm khi răng cắt xoay một góc β_i , mm.

Chiều dài đoạn L_{aci} được xác định theo công thức sau:

$$L_{aci} = L_{abi} \cos \frac{\rho_i}{2}, \text{ mm} \quad (10)$$

Theo hình 13, L_{abi} được xác định như sau:

$$L_{abi} = 2(H_v + h_r) \sin \frac{\rho_i}{2}, \text{ mm} \quad (11)$$

Với: H_v – chiều cao vấu lắp răng, mm; h_r – chiều cao răng cắt, mm; ρ – góc nghiêng răng cắt, độ.

Thay (11) vào (10) ta có:

$$L_{aci} = 2(H_v + h_r) \sin \frac{\rho_i}{2} \cos \frac{\rho_i}{2} = (H_v + h_r) \sin \rho_i \quad (12)$$

Chiều dài đoạn L_{bdi} được xác định theo công thức sau:

$$L_{bdi} = \sqrt{L_{bfi}^2 - h_{dfi}^2}, \text{ mm} \quad (13)$$

Theo hình 13, L_{bfi} được xác định như sau:

$$L_{bfi} = \frac{L_{bei}}{\cos \frac{\beta_i}{2}} = \frac{2L_z \cos \theta \sin \frac{\beta_i}{2}}{\cos \frac{\beta_i}{2}} = 2L_z \cos \theta \tan \frac{\beta_i}{2} \quad (14)$$

Chiều cao đoạn h_{dfi} được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} h_{dfi} &= h_{gei} = L_{bei} \sin(\rho_i) = 2L_z \cos \theta \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i) \\ &= 2h_r \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i) \end{aligned} \quad (15)$$

Ở đây: $L_{bei} = 2L_z \cos \theta \sin(\beta_i/2)$.

Thay (14) và (15) vào (13) ta có:

$$L_{bdi} = \sqrt{\left(2L_z \cos \theta \tan \frac{\beta_i}{2}\right)^2 - \left[2h_r \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i)\right]^2} \quad (16)$$

Thay L_{aci} và L_{bdi} vào phương trình (9) được:

$$\begin{aligned} L_{n',n} &= (H_v + h_r) \sin \rho_i \\ &+ \sqrt{\left(2L_z \cos \theta \tan \frac{\beta_i}{2}\right)^2 - \left(2h_r \sin \frac{\beta_i}{2} \sin \rho_i\right)^2} \end{aligned} \quad (17)$$

Khoảng cách từ đỉnh răng cắt phía trước đến chân vấu lắp răng cắt theo hướng trục được xác định như sau:

$$T_{ti} = t_i = Ln', n, \text{ mm} \quad (18)$$

Vậy, chiều rộng vỏ tang được tính theo công thức sau:

$$L_{vt} = \sum_i T_{ti} = \sum_i \left[t_i - \left[\begin{array}{l} (H_v + h_r) \sin \rho_i \\ \sqrt{\left(2L_z \cos \theta \sin \frac{\beta_i}{2} \right)^2} \\ + \sqrt{\left(2h_r \sin \frac{\beta_i}{2} \sin \rho_i \right)^2} \end{array} \right] \right] \quad (19)$$

4.2 Bán kính ngoài của vỏ tang tương ứng với răng cắt thứ i

Từ hình 11, bán kính ngoài của vỏ tang được xác định theo công thức sau:

$$r_{cvi} = r_i + h_{aci} - (H_v + h_r), \text{ mm} \quad (20)$$

Trong đó: r_i – bán kính đỉnh răng, mm.

Theo hình 13, chiều cao h_{aci} được tính như sau:

$$h_{aci} = h_{dfi} + h_{cbi}, \text{ mm} \quad (21)$$

Với:

$$h_{dfi} = h_{gei} = L_{beci} \sin(\rho_i) = 2L_z \cos \theta \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i) = 2h_{răng} \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i)$$

$$h_{cbi} = L_{abci} \sin \frac{\rho_i}{2} = 2(H_v + h_r) \sin \frac{\rho_i}{2} \sin \frac{\rho_i}{2} = (H_v + h_r)(1 - \cos \rho_i)$$

Suy ra, bán kính ngoài của vỏ tang tương ứng với răng cắt thứ i được xác định như sau:

$$r_{cvi} = r_i + 2h_r \sin \frac{\beta_i}{2} \sin(\rho_i) - (H_v + h_r) \cos \rho_i \quad (22)$$

5 Kết luận

Việc xác định các vị trí của răng cắt trên tang khâu là điểm mấu chốt trong quá trình tính toán thiết kế đầu khâu. Với những kết quả nghiên cứu ở trên, kết hợp với đồ gá chuyên dụng có thể tiến hành sửa chữa, thay thế các vấu lắp răng cắt bị hỏng tại đơn vị sản xuất, đồng thời có thể triển khai chế tạo cụm đầu khâu mới tại các đơn vị chế tạo trong nước, giảm phụ thuộc vào nhập khẩu và giúp đơn vị khai thác than hầm lò chủ động hơn trong quá trình sản xuất, từ đó làm tăng triển vọng áp dụng thành công máy đào lò tại các mỏ than hầm lò của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://moit.gov.vn/khoa-hoc-va-cong-nghe/than-vang-danh-hieu-qua-cua-viec-ung-dung-may-dao-lo-combai-2.html>
2. **Nguyen Khac Linh, Gabov V.V., Zadkov. D.A.** Improvement of Drum Shearer Coal Loading Performance. *Eurasian Mining*, No. 2, 2018, PP. 22-25.
3. РД 12.25.137-89. Комбайны проходческие со стреловидным. Методика. М.: Министерство угольной промышленности СССР, 1989, 54 с.
4. **Osman Zeki Hekimoglu.** Investigations into Tilt Angles and Order of Cutting Sequences for Cutting Head Design of Roadheaders. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 76, 2018, PP.160-171
5. **Крапивин М.Г., Раков И.Я., Сысоев Н.И.** Горные инструменты. М.:Недра, 1990, 256 с.