

ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC LẮP ĐẶT RĂNG TỚI TUỔI THỌ CỦA LƯỖI KHOAN HỢP KIM CỨNG

*TS. Nguyễn Tiến Hùng, PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh,
ThS. Doãn Thị Trâm, ThS. Nguyễn Văn Thành – Trường Đại học Mở - Địa Chất*

Tóm tắt: Lưỡi khoan hợp kim cứng được sử dụng rộng rãi trong công tác khoan thăm dò trên thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Các lưỡi khoan này thường được dùng để khoan qua các địa tầng chứa đất đá có tính chất mềm, dẻo và phá huỷ theo nguyên lý cắt vỡ. Chính vì vậy, răng của chúng thường bị mòn nhanh làm giảm thời gian phá huỷ hiệu quả cũng như tuổi thọ của chúng và ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu suất và chi phí khoan. Răng của các lưỡi khoan hợp kim cứng được lắp đặt với các góc có độ lớn khác nhau theo các sơ đồ khác nhau tùy thuộc vào tính chất cơ lý của đất đá. Nâng cao tuổi thọ và thời gian phá huỷ hiệu quả của lưỡi khoan hợp kim cứng luôn được các nhà thiết kế và chế tạo quan tâm. Các tác giả đã sử dụng nguyên lý D’Alembert nhằm xây dựng hệ lực tác động lên răng lưỡi khoan hợp kim cứng trong quá trình phá huỷ đất đá, từ đó tiến hành phân tích các thành phần lực tác dụng lên răng choòng, các yếu tố ảnh hưởng đến chúng nhằm xác định quy luật và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này tới độ mòn của răng cũng như độ bền của lưỡi khoan khi các tính chất cơ lý của đất đá thay đổi. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của góc lắp đặt răng tới độ mòn của chúng cho phép đưa ra những giải pháp nâng cao tuổi thọ cũng như thời gian sử dụng hiệu quả của lưỡi khoan hợp kim cứng.

Từ khóa: Độ mòn của răng, lưỡi khoan hợp kim cứng, góc âm, góc dương, góc lắp đặt răng.

1 Mở đầu

Hiện nay, lưỡi khoan hợp kim cứng được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong công tác khoan thăm dò lấy mẫu, đặc biệt trong các địa tầng đất đá có độ cứng từ mềm đến cứng trung bình. Răng của lưỡi khoan loại này thường bị mòn nhanh do chúng phá huỷ đất đá chủ yếu dựa trên cơ chế cắt-vỡ. Để giảm cường độ mòn của các răng lưỡi khoan hợp kim cứng, các nhà thiết kế và chế tạo lưỡi khoan lắp đặt chúng với các giá trị góc tiếp xúc với đất đá (góc lắp đặt răng) khác nhau tùy thuộc vào tính chất cơ lý của đất đá. Thực tế cho thấy, đối với đất đá có tính chất mềm dẻo, giá trị góc lắp đặt răng thường lớn và tiến tới 90° (vuông góc với mặt phẳng đất đá phá huỷ).

Vấn đề nghiên cứu về góc lắp đặt răng lưỡi khoan đã được nhiều tác giả trên thế giới nghiên cứu và đưa ra những kết luận khác nhau dựa trên các tiêu chí khác nhau [1-4]. Trong nội dung bài báo này, các tác giả đưa ra một phương pháp nghiên cứu mới nhằm xác định, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới độ mòn của răng lưỡi khoan

trong quá trình nó phá huỷ đất đá, từ đó lựa chọn góc lắp đặt răng hợp lý nhằm nâng cao tuổi thọ và thời gian phá huỷ hiệu quả đối với lưỡi khoan hợp kim cứng.

2 Phương pháp nghiên cứu

Các tác giả đã tiến hành phân tích sơ đồ lắp đặt răng theo kiểu “góc dương” dựa trên tiêu chí mức độ mòn của răng. Theo nguyên lý D’Alembert, chúng tôi xác định các yếu tố chính ảnh hưởng tới hiệu quả phá huỷ và mức độ mòn của răng trong quá trình khoan.

Các lực tác dụng lên răng hợp kim cứng trong quá trình phá huỷ đất đá được thể hiện trong hình 1. Chiếu toàn bộ các lực này lên trục Oz và Ox ta thu được hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \sum F_{kz} = -P_z + N_2 + F_1 \sin \alpha - N_1 \cos \alpha = 0 & (1) \\ \sum F_{kx} = -P_o + F_2 + F_1 \cos \alpha + N_1 \sin \alpha = 0 & (2) \end{cases}$$

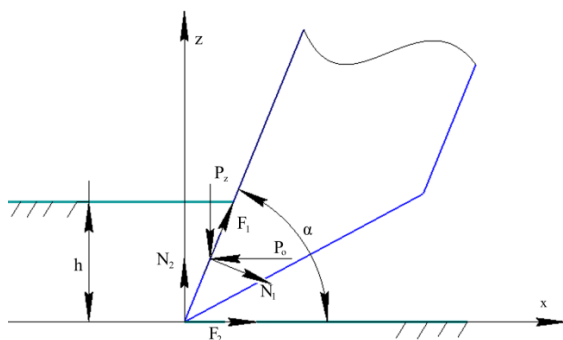
Sau khi biến đổi ta thu được:

$$-P_z + N_2 + N_1 f_p \sin \alpha - N_1 \cos \alpha = 0 \quad (3)$$

$$-P_o + N_2 f_p + N_1 f_p \cos \alpha + N_1 \sin \alpha = 0 \quad (4)$$

Trong đó: P_z – tải trọng chiều trục tác động lên

răng, N ; P_o – lực cắt, N ; F_1 – lực ma sát tại mặt phẳng đầu răng, N ; F_2 – lực ma sát tại mũi răng (điểm O); N_1 và N_2 – phản lực tương ứng với các hướng, N ; f_p – hệ số ma sát giữa răng và đất đá; β – góc nhọn răng, độ; α – góc lắp đặt răng, độ.



Hình 1: Hệ lực tác dụng lên răng hợp kim cứng trong quá trình phá hủy đất đá

Sau khi rút gọn phương trình (3) và (4) ta có:

$$-P_z + N_2 + N_1 (f_p \sin \alpha - \cos \alpha) = 0 \quad (5)$$

$$-P_o + N_2 f_p + N_1 (f_p \cos \alpha + \sin \alpha) = 0 \quad (6)$$

Từ phương trình (5) ta nhận được:

$$P_z = N_2 + N_1 (f_p \sin \alpha - \cos \alpha) \quad (7)$$

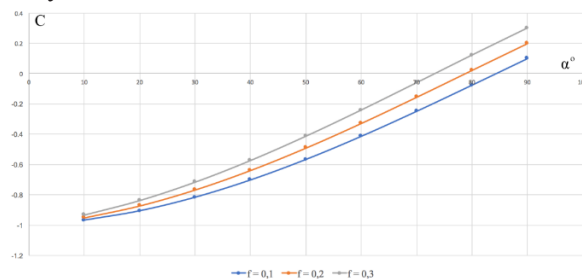
3 Thảo luận

Giả sử rằng giá trị tải trọng chiều trục P_z tác động lên răng ít dao động và được xem là không đổi thì từ phương trình (7) ta có thể rút ra những nhận xét như sau:

- Hai thành phần tại vế phải của phương trình (7) là N_2 và $N_1 (f_p \sin \alpha - \cos \alpha)$ sẽ thay đổi về độ lớn tùy thuộc vào biểu thức $C = (f_p \sin \alpha - \cos \alpha)$: Khi C tăng thì giá trị biểu thức $N_1 (f_p \sin \alpha - \cos \alpha)$ sẽ tăng, đồng thời giá trị N_2 sẽ giảm và ngược lại;

- Phản lực N_2 ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị lực ma sát tại đầu răng (điểm O) do $F_2 = N_2 f_p$: Khi N_2 tăng, độ ngập răng lưỡi khoan trong đất đá sẽ tăng, tuy nhiên nó cũng làm tăng mức độ mài mòn tại đầu của răng và tăng moment quay mũi khoan.

Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của góc lắp đặt răng α đến giá trị của biểu thức C , ta xây dựng biểu đồ thể hiện sự phụ thuộc của biểu thức C vào giá trị góc lắp đặt răng lưỡi khoan α (hình 2), trong đó: α thay đổi từ 0-90 độ; hệ số ma sát f_p thay đổi từ 0,1-0,3.



Hình 2: Biểu đồ sự phụ thuộc của biểu thức C vào giá trị góc lắp đặt răng lưỡi khoan α

Qua biểu đồ thể hiện sự phụ thuộc của biểu thức C vào giá trị góc lắp răng lưỡi khoan α , nhóm tác giả có một số nhận xét như sau:

- Khi biểu thức $C = 0$, toàn bộ công của lực chiều trục P_z sinh ra sẽ tập trung vào việc tạo ra độ ngập răng lưỡi khoan làm tăng khối lượng đất đá phá hủy, nhưng đồng thời làm tăng moment quay mũi khoan và cường độ mòn của nó;

- Nếu C tiến đến giá trị lớn nhất (max), khi đó phản lực N_1 sẽ tăng lên và N_2 sẽ giảm xuống. Phản lực N_1 ảnh hưởng đến lực ma sát tại mặt phẳng đầu răng;

- Lực ma sát tại đầu răng F_2 là thành phần đáng lo ngại hơn rất nhiều so với lực ma sát tại mặt phẳng đầu răng lưỡi khoan F_1 . Nó làm tăng mức độ mòn tại đầu răng, làm giảm độ ngập răng và làm giảm thời gian phá hủy hiệu quả của lưỡi khoan. Vì vậy, để giảm mức độ mòn của lưỡi khoan hợp kim cứng, góc lắp đặt răng lưỡi khoan phải tiến đến giá trị 90°, khi đó giá trị biểu thức C tiến đến max (hình 2);

- Nếu C đạt giá trị âm, lực ma sát F_1 đổi chiều và hình chiếu của nó lên trục Oz làm tăng giá trị của phản lực N_2 , dẫn đến mức độ mòn của răng sẽ tăng lên trong khi độ ngập răng không đổi.

Cộng 2 phương trình (5) và (6) ta thu được:

$$P_o + P_z = N_2(1 + f_p) + N_1[(f_p + 1)\sin\alpha - (1 - f_p)\cos\alpha] \quad (8)$$

$$N_2(1 + f_p) = P_o + P_z - N_1[(f_p + 1)\sin\alpha - (1 - f_p)\cos\alpha] \quad (9)$$

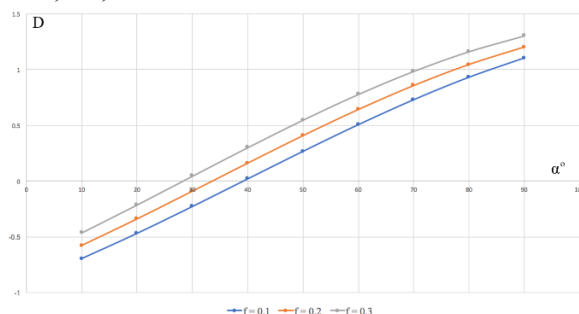
$$\text{Hay } N_2(1 + f_p) = P_o + P_z - N_1 D \quad (10)$$

Trong đó: $D = (f_p + 1)\sin\alpha - (1 - f_p)\cos\alpha$

Từ phương trình (10), nếu biểu thức D tiến đến max thì phản lực N_2 tiến đến min. Để xác định các cực trị của hàm $D(\alpha)$, ta tiến hành đạo hàm cấp một hàm này:

$$\frac{d[C]}{d\alpha} = (f_p + 1)\cos\alpha + (1 - f_p)\sin\alpha = 0$$

Nhận thấy rằng, hàm D không tồn tại cực trị. Ta tiến hành xây dựng đồ thị sự phụ thuộc của giá trị biểu thức D vào góc lắp đặt răng lưỡi khoan (hình 3), trong đó hệ số ma sát f_p thay đổi từ 0,1-0,3.



Hình 3: Biểu đồ sự phụ thuộc của biểu thức D vào giá trị góc lắp đặt răng lưỡi khoan α

Sau khi phân tích đồ thị hình 3, ta nhận thấy giá trị của hàm số D tiến đến max khi $\alpha = 90^\circ$. Điều này một lần nữa khẳng định kết luận bên trên “khi α tiến đến 90° thì lực ma sát tại đầu răng lưỡi khoan F_2 tiến đến min”.

4 Kết luận

Dựa vào các kết quả nghiên cứu bên trên, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận như sau:

- Để giảm mức độ mòn của răng lưỡi khoan hợp kim cứng khi khoan trong đất đá mềm và cứng trung bình, chúng ta cần sử dụng góc lắp đặt răng $\alpha = 90^\circ$. Kết luận này phù hợp với thực tế khi các nhà sản xuất lưỡi khoan hợp kim cứng thường sử dụng góc lắp đặt $\alpha = 90^\circ$ và tương đồng với kết quả nghiên cứu [2] của tác giả Башкатов Д.Н. khi dựa trên tiêu chí “công riêng phá hủy đất đá”;

- Khi $\alpha = 73-85^\circ$ (giá trị biểu thức $C = 0$), toàn bộ công do lực chiều trục P_z sinh ra sẽ tập trung vào việc tạo ra độ ngập răng lưỡi khoan làm tăng hiệu quả phá hủy tức thời, nhưng đồng thời làm tăng moment quay mũi khoan và cường độ mòn của nó;

- Khi $\alpha < 73^\circ$ (giá trị biểu thức $C < 0$), lực ma sát tại đầu của răng F_2 tăng lên và tiến đến giá trị cực đại, trong khi độ ngập răng lưỡi khoan không thay đổi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyen The Vinh, Nguyen Tien Hung.** Determining The Back Rake Angle of PDC Cutters for Drilling Through Heterogeneous Rock at Miocene and Oligocene Formations, Nam Rong - Doi Moi Reservoir. *Hà Nội: Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, 2017, Tr. 123-127.
2. **Башкатов Д.Н.** Обоснование угла установки резцов в долотах лопастного типа. *Инженер-нефтяник*, №3, 2010, С. 9-23.
3. **Нескоромных В.В., Борисов К.И.** Аналитическое исследование процесса резания-скалывания горной породы долотом с резцами PDC. *Известия Томского политехнического университета*, №1, 2013, С. 191-195.
4. **Сулакшин С.С.** Технология бурения геолого-разведочных скважин. *М: Недра*, 1973, 313 с.