

# XÂY DỰNG CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT PHÁ HỦY ĐẤT ĐÁ ĐỐI VỚI CHOÒNG PDC

*TS. Nguyễn Tiến Hùng, ThS. Trương Văn Từ - Trường Đại học Mở - Địa Chất*

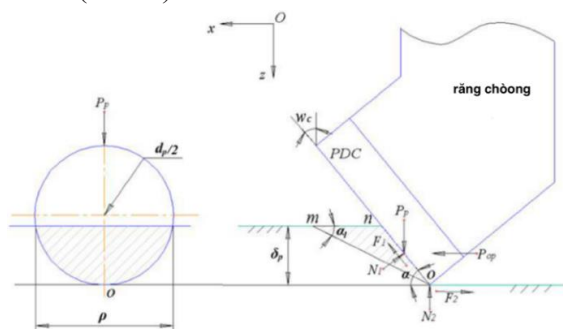
**Tóm tắt:** Hiện nay, choòng PDC được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong ngành công nghiệp khoan dầu khí do những ưu điểm vượt trội mà chúng mang lại. Về bản chất, choòng PDC là loại choòng lưỡi cắt được trang bị các răng PDC có bề mặt được chế tạo từ kim cương đa tinh thể. Choòng được sử dụng khoan trong đất đá mềm và dẻo dựa theo nguyên lý cắt vỡ và cho vận tốc cơ học khoan rất cao (lên đến 60-70 m/h). Hiện nay, chưa có công thức cụ thể để xác định công suất phá hủy đất đá trong quá trình khoan đối với choòng PDC. Nhóm tác giả đã sử dụng các phương pháp phân tích lý thuyết, phân tích các lực tác dụng lên răng choòng trong quá trình chúng phá hủy đất đá để xây dựng công thức xác định công suất phá hủy đất đá cho choòng PDC. Việc xây dựng thành công công thức giúp chúng ta có thể xác định các thông số chế độ khoan hợp lý khi thi công khoan và có thể cải tiến thiết kế choòng PDC nhằm tiến tới hoàn thiện chúng.

**Từ khóa:** Choòng PDC, công suất phá hủy đất đá, góc lắp đặt răng choòng, khoan.

## 1 Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Dựa theo kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả về mức độ ảnh hưởng của góc lắp đặt răng choòng PDC  $\alpha$  tới nguyên lý và hiệu quả phá hủy đất đá [1], trong đó chỉ ra rằng, đối với kiểu góc lắp đặt “âm” thì góc lắp đặt răng choòng tối ưu là  $45-55^\circ$ . Khi đó, choòng phá hủy đất đá theo nguyên lý cắt vỡ, vận tốc cơ học khoan đạt cao trong khi mức độ mòn của răng choòng là thấp nhất. Tuy nhiên, việc đánh giá hiệu quả phá hủy đất đá cần dựa vào chỉ tiêu công suất phá hủy của choòng.

Nhằm xây dựng công thức xác định công suất phá hủy đất đá của choòng PDC, nhóm tác giả đã xây dựng và nghiên cứu hệ lực tác động lên răng choòng trong quá trình chúng phá hủy đất đá (hình 1).



Hình 1: Hệ lực tác động lên răng choòng PDC trong quá trình phá hủy đất đá

Chiếu hệ lực tác động lên răng choòng lên trục Ox, ta có thể xác định lực tác động lên răng choòng theo phương ngang như sau:

$$P_{op} = F_2 - F_1 + N_1 \sin \alpha \quad (1)$$

Trong đó:  $P_{op}$  – lực tác động lên răng choòng theo phương ngang, N;  $F_2$  – lực ma sát tác động lên đầu nhọn răng choòng,  $F_2 = N_2 f$ , N;  $F_1$  – lực ma sát tác động lên mặt phẳng đầu răng choòng,  $F_1 = N_1 f$ , N;  $N_1$  – phản lực tác động lên mặt phẳng đầu răng choòng, N;  $N_2$  – phản lực tác động lên đầu nhọn răng choòng, N;  $f$  – hệ số ma sát giữa răng choòng và đất đá;  $\alpha$  – góc lắp đặt răng choòng, độ. Suy ra:

$$P_{op} = N_2 f - N_1 f + N_1 \sin \alpha \quad (2)$$

Chiếu hệ lực tác động lên răng choòng lên trục Oz, có thể xác định phản lực  $N_2$  dưới dạng:

$$N_2 = P_p - N_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \quad (3)$$

Trong đó:  $P_p$  – lực dọc trục tác động lên răng choòng, N.

Cộng phương trình (2) và (3) ta nhận được kết quả như sau:

$$P_{op} = P_p f + N_1 (\sin \alpha - 2f \cos \alpha - f^2 \sin \alpha) \quad (4)$$

Trong đó: Phản lực  $N_1$  được xem là khả năng chống lại sự phá hủy của đất đá và có thể xác định được theo công thức [2]:

$$N_1 = \sigma_{ck} A_{ck} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \quad (5)$$

Ở đây:  $\sigma_{ck}$  – giới hạn bền cắt của đất đá, MPa;  $A_{ck}$  – diện tích cắt đất đá, m<sup>2</sup>.

Giả sử rằng, răng choòng PDC lắp đặt kiểu “góc âm” sẽ cắt đất đá theo hình khối Omn và theo phương của lực  $P_{op}$  (hình 1). Khối này dịch chuyển theo mặt phẳng Om và hai mặt phẳng còn lại của khối Omn, nơi mà chịu tác động của ứng suất cắt (trượt)  $\sigma_{ck}$ . Vì vậy, diện tích cắt đất đá được xác định là tổng diện tích của mặt cắt trên mặt phẳng Om (một nửa diện tích của hình elip có chiều dài trục là p) và hai mặt phẳng còn lại của khối Omn:

$$A_{ck} = \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} \quad (6)$$

Trong đó:  $\alpha_1$  – góc cắt,  $\alpha_1 = \frac{\pi/4 - (\varphi + \theta_f - w_c)}{2}$ ;

$\varphi$  – góc nội ma sát;  $\theta_f$  – góc ma sát giữa răng choòng và một phần đất đá bị nghiền nát,  $\theta_f = 8-13^\circ$  [3];  $w_c$  – góc trước;  $d_p$  – đường kính của răng choòng, m;  $\delta_p$  – độ ngập răng choòng, m.

Từ phương trình (5) và (6) ta thu được:

$$N_1 = \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} \quad (7)$$

Độ ngập răng choòng  $\delta_p$  được xác định [1]:

$$\delta_p = \left( \frac{P_p}{2J\sigma_n (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \varphi) (1 + \operatorname{tg} \varphi) \sqrt{d_p}} \right)^{2/3} \quad (8)$$

Trong đó:  $J = 1 + f \sin 2\alpha$ ;  $\sigma_n$  – giới hạn bền nén của đất đá, MPa.

Đặt  $K = \sin \alpha - 2f \cos \alpha - f_2 \sin \alpha$ , từ các công thức (4) và (7), ta thu được như sau:

$$P_{op} = P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} K \quad (9)$$

Như vậy, lực để quay choòng khoan sẽ được xác định theo công thức sau:

$$P_o = m P_{op} = m i \left[ P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} K \right] \quad (10)$$

Trong đó: m – số lượng cánh choòng; i – số lượng

răng choòng.

Chia lực này cho bán kính của choòng ta thu được lực quay riêng tác động dọc theo cánh choòng như sau:

$$P_{orc} = \frac{2P_o}{D} \quad (11)$$

Mô men quay  $dM_{kp}$  tác động lên một răng choòng được xác định như sau:

$$dM_{kp} = P_{orc} R_i dR_i \quad (12)$$

Trong đó:  $R_i$  – khoảng cách từ răng choòng đến tâm choòng, m.

Như vậy, tổng mô men quay choòng sẽ là:

$$M_{kp} = m P_{orc} \int_0^{D/2} R_i dR_i = m P_{orc} \frac{D^2}{8} \quad (13)$$

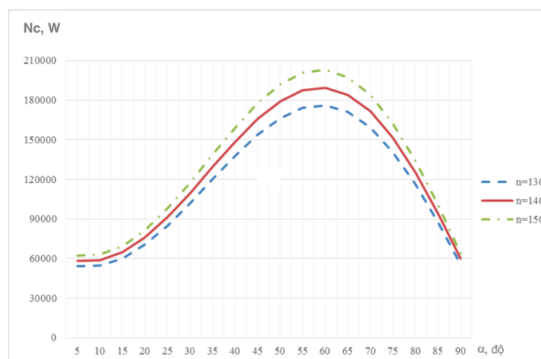
Công suất phá hủy đất đá của choòng sẽ được xác định như sau:

$$N_c = M_{kp} \omega = M_{kp} \frac{\pi n}{30} \quad (14)$$

$$N_c = \frac{\pi n D m^2}{120} \left[ P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg} \varphi) \frac{\pi \sqrt{d_p} \delta_p^{3/2} \sin \alpha + 2 \delta_p^2 \sin(\alpha - \alpha_1)}{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha} K \right] \quad (15)$$

## 2 Kết quả và thảo luận

Dựa vào công thức (15), xây dựng biểu đồ theo dõi sự biến thiên của công suất phá hủy đất đá của choòng  $N_c$  hành thay đổi thông số góc lắp đặt răng choòng  $\alpha$  và tốc độ quay choòng n (hình 2). Trong đó, giá trị các thông số được lựa chọn lần lượt như sau: Tải trọng chiều trục  $P_z = 105\,000$  N;  $D = 0,311$  m;  $d_p = 0,025$  m;  $\sigma_n = 4$  MPa;  $\sigma_{ck} = 1$  MPa;  $m = 5$ ;  $f = 0,1$ .



Hình 2. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi của công suất phá hủy đất đá khi thay đổi góc lắp đặt răng choòng.

Qua biểu đồ biến thiên công suất phá huỷ đất đá khi thay đổi góc lắp đặt răng và tốc độ quay choòng, ta có thể rút ra một vài kết luận như sau:

- Khi  $\alpha = 60^\circ$ , công suất phá huỷ đất đá của choòng đạt giá trị cao nhất;
- Khi  $\alpha = 45-55^\circ$ , công suất phá huỷ đất đá nhỏ hơn 11% so với giá trị cực đại, trong khi đó giá trị vận tốc cơ học khoan đạt cực đại [1];
- Với công thức này, có thể thay đổi các thông số đầu vào như tải trọng lên choòng  $P_z$ , tốc độ quay choòng  $n$ , góc lắp đặt răng choòng  $\alpha$ , đường kính choòng  $D$ , đường kính răng choòng  $d_p$ , độ bền đất đá  $\sigma_n$ ,  $\sigma_{ck}$ , hệ số ma sát  $f$  nhằm tìm ra giá trị các thông số, chế độ hợp lý khi thi công khoan.

### 3 Kết luận và kiến nghị.

Từ những nghiên cứu bên trên, tác giả đưa ra một số những kết luận và kiến nghị như sau:

- 1) Việc xây dựng thành công công thức xác định công suất phá huỷ đất đá của choòng PDC dựa trên cơ sở và mô hình lý thuyết cho phép xác định thông số chế độ khoan tối ưu cho từng điều kiện cụ thể;
- 2) Công thức xác định công suất phá huỷ đất đá của choòng PDC cho phép cải thiện thiết kế choòng thông qua thông số góc lắp đặt răng choòng;
- 3) Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu và kiểm toán lại công thức bằng các số liệu đầu vào và đầu ra thực tế nhằm xác định hệ số thực nghiệm của công thức.

### 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. *Vol. 5, Journal of Mining and Earth Sciences, 2017, PP. 123-127.*
2. **Нескоромных В.В., Борисов К.И.** Аналитическое исследование процесса резания-скалывания горной породы долотом с резцами PDC // *Известия Томского политехнического университета. Томск: Томский политехнический университет, 2013. т. 323, № 1, с. 191-195.*
3. **Мори В., Фурментро Д.** Механика горных пород применительно к проблемам разведки и добычи нефти. *Перевод с французского и английского под ред. чл.-кор. РАН Н.М. Проскуракова. М.: Мир, 1994. 195 с.*