

DẦU KHÍ (trang 1-15)

NGHIÊN CỨU HIỆN TƯỢNG MÀI BÓNG HẠT KIM CƯƠNG TRONG KHOAN VÀ GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC

V.G.GORELIKOV, LYKOV IU.V, Trường Đại học Tổng hợp Mỏ Xankt - Peterburg

NGUYỄN XUÂN THẢO, Viện Công nghệ khoan

TRẦN ĐÌNH KIÊN, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

VŨ VĂN ĐÔNG, Công ty Địa chất Mỏ-VINACOMIN, NCS Trường ĐH Tổng hợp Mỏ Xankt- Peterburg

Tóm tắt: Mài bóng hạt kim cương trong mũi khoan là một trong các dạng mòn ảnh hưởng tới khả năng phá huỷ đá và tuổi thọ của mũi khoan. Trong phạm vi bài báo các tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu ban đầu về nguyên nhân và bản chất của hiện tượng mài bóng hạt kim trong mũi khoan. Đồng thời cũng đề xuất một số giải pháp kỹ thuật khắc phục, xử lý hiện tượng mài bóng hạt kim cương trong mũi khoan nhằm nâng cao hiệu quả khoan.

1. Mở đầu

Khi khoan qua các địa tầng đá cứng, mài mòn bằng mũi khoan gắn hạt kim cương thường xảy ra hiện tượng mòn và mài bóng hạt kim cương. Mòn và mài bóng hạt kim cương là một trong các nguyên nhân làm giảm tốc độ cơ học khoan, giảm tuổi thọ mũi khoan và tăng giá thành mét khoan. Nguyên nhân và tính chất mài bóng hạt kim cương liên quan tới nhiều yếu tố trong đó có các yếu tố cơ bản như tính chất cơ lý đá, chế độ công nghệ khoan, loại và chất lượng nước rửa và yếu tố nhiệt sinh ra trong quá trình phá huỷ đá. Trong phạm vi bài báo, các tác giả trình bày một số kết quả về nghiên cứu dấu hiệu và hiện tượng hạt kim cương trong mũi khoan bị mài bóng và tính toán, đề xuất các giải pháp khắc phục nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng mũi khoan kim cương.

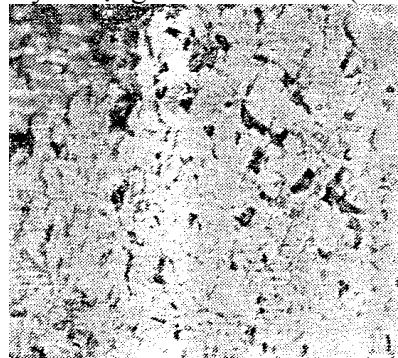
2. Nghiên cứu nguyên nhân và hiện tượng hạt kim cương trong mũi khoan bị mài bóng trong quá trình khoan

Để nghiên cứu hiện tượng mài bóng hạt kim cương gắn trong mũi khoan, các tác giả [3,4,5,6] đã tiến hành thử nghiệm khoan đá granit hạt nhỏ mịn, ít mài mòn cấp IX-XI bằng mũi khoan một lớp và sử dụng nước lã để làm mát mũi khoan. Kết quả thí nghiệm hiện tượng mài bóng hạt kim cương gắn trong mũi khoan thường xảy ra trong hai trường hợp:

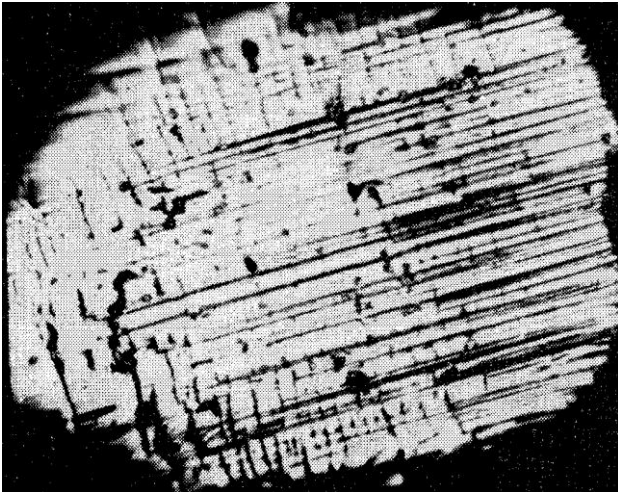
1. Nếu áp lực và tốc độ vòng quay truyền cho hạt kim cương không đủ để phá huỷ thể tích

đất đá thì hạt kim cương làm việc ở chế độ phá huỷ bề mặt và hạt kim cương bị mài bóng. Trong trường hợp này, bề mặt mài bóng của hạt kim cương có màu ánh kim, không có vết xước và vi khe nứt (hình 1). Khi tăng tốc độ vòng quay, giảm áp lực đáy, tốc độ cơ học giảm và cường độ mài bóng hạt kim cương tăng.

2. Khi tăng áp lực và tốc độ vòng quay vượt quá giới hạn cho phép sẽ dẫn tới tăng lực ma sát, tăng nhiệt độ tại các điểm tiếp xúc giữa hạt kim cương và đá làm cho hạt kim cương không chỉ biến dạng do ảnh hưởng của chế độ khoan mà còn biến dạng do yếu tố nhiệt sinh ra trong quá trình cắt đá. Trong trường hợp này, bề mặt hạt kim cương bị mài bóng có màu ánh kim, xám xanh và các vi khe nứt song song với nhau theo hướng chuyển động của mũi khoan (hình 2).



Hình 1. Bề mặt hạt kim cương trong mũi khoan một lớp bị mài bóng khi khoan đá granit không đủ áp lực và tốc độ vòng quay để phá huỷ thể tích đá (Ảnh phóng đại 300 lần)



Hình 2. Bề mặt hạt kim cương trong mũi khoan một lớp bị mài bóng cùng các vi khe nứt do áp lực và tốc độ vòng quay vượt quá giới hạn cho phép (ảnh phóng đại 200 lần)

Kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã khẳng định nếu nhiệt độ tại điểm tiếp xúc giữa hạt kim cương và đá đạt tới 600°C thì độ cứng bề mặt hạt kim cương giảm 10%; tới 1000°C giảm tới 60%, khi đó hạt kim cương không chỉ mòn thuần túy do tác động cơ học mà còn do tác động của yếu tố nhiệt sinh ra trong quá trình phá huỷ đá. Nếu nhiệt độ tại điểm tiếp xúc cao hơn 1000°C thì bề mặt hạt kim cương bị cháy và graphit hoá. Như vậy, khi nhiệt độ ở bề mặt tiếp xúc giữa hạt kim cương với đá tăng sẽ làm giảm độ cứng bề mặt hạt kim cương dẫn tới giảm khả năng cắt đá, tăng độ mòn và độ mài bóng của hạt kim cương.

Ngoài ra, khi nhiệt độ tại các điểm tiếp xúc tăng sẽ xảy ra phản ứng hoá học giữa cacbon (C) thành phần chủ yếu của kim cương với các oxit trong thành phần của đá như: SiO_2 , CaO , MgO , MnO , FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , v.v... . Khi tác dụng với các oxit này, trên bề mặt hạt kim cương sẽ tạo thành lớp cacbua cứng màu xám trắng đến xám đen. Trong thực tế, khi quan sát bề mặt đế các mũi khoan kim cương khoan qua các loại đá có chứa các nguyên tố tạo thành cacbua như thạch anh, sắt (bảng 1) cho thấy trên bề mặt đế mũi khoan xuất hiện các rãnh mòn theo chiều quay của bộ dụng cụ khoan; còn bề mặt hạt kim cương bị mài bóng lộ ra trên mặt đế. Điều này chứng tỏ rằng khi hạt kim cương

bị mài bóng không còn khả năng phá huỷ đá nếu tiếp tục khoan trong các đá có thành phần oxit thì đế mũi khoan bị mòn và dẫn tới các hạt kim cương sẽ nhô ra khỏi đế mũi khoan.

Bảng 1. Thành phần các loại đá chứa các nguyên tố tạo thành cacbua làm mài bóng hạt kim cương trong quá trình khoan

| Loại đá | Cấp độ khoan | Các thành phần cơ bản của đá | % các nguyên tố |
|-------------|--------------|------------------------------|-----------------|
| Granit | IX-XI | Thạch anh, Fenspat | 30;60 |
| Aplit | IX-X | Thạch anh, Fenspat | 30;60 |
| Pegmatit | X-XI | Thạch anh, Fenspat | 30;60 |
| Quaczit | X-XII | Thạch anh | 90 |
| Dzespilit | XI-XII | Thạch anh, sắt | 50;50 |
| Granodiorit | IX-XI | Thạch anh, Plagiocla | 20;70 |
| Anbitopfir | IX-X | Thạch anh, anbit | 40;40 |
| Quăczit sắt | X-XII | Sắt, thạch anh | 40;60 |

3. Biện xử lý hiện tượng hạt kim cương bị mài bóng trong quá trình khoan

Một trong các giải pháp ngăn ngừa hạt kim cương gắn trong mũi khoan bị mòn và mài bóng trong quá trình khoan là áp dụng chế độ công nghệ khoan hợp lý phù hợp với tính chất cơ lý đá và điều kiện khoan.

Trong thực tế, khi khoan cùng loại đá và cùng chế độ khoan, dấu hiệu của hiện tượng hạt kim cương bị mài bóng thường biểu hiện khi tốc độ cơ học khoan giảm. Bằng kinh nghiệm thực tế, người thợ khoan thường tăng áp lực và tốc độ vòng quay với kỳ vọng sẽ tăng tốc độ cơ học khoan. Như phân trên đã phân tích, khi tăng áp lực, tốc độ vòng quay sẽ dẫn tới tăng lực ma sát và nhiệt sinh ra tại các điểm tiếp xúc giữa hạt kim cương và đá làm cho hạt kim cương càng nhanh mòn; đồng thời còn dẫn tới gây cản khoan và vượt quá công suất cho phép của thiết bị. Vì vậy để “mài sắc” tái tạo lại khả năng làm việc của hạt kim cương trong quá trình khoan; các thợ khoan thường áp dụng phương pháp “khoan khô” bằng cách ngừng bơm nước rửa. Song phương pháp “khoan khô” rất dễ làm cháy

mũi khoan do mòn khoan lắng đọng bao quanh mũi khoan làm giảm khả năng thoát nhiệt từ thân mũi khoan. Phương pháp “khoan khô” để “mài sắc” hạt kim cương được các thợ khoan có kinh nghiệm áp dụng tại khoan trường nhằm mục đích phục hồi lại khả năng làm việc của hạt kim cương mà không cần đưa mũi khoan về xưởng cơ khí để gia công lại. Vì vậy, vấn đề đặt ra là xác định thời gian cần thiết và điều kiện “khoan khô” đủ để phục hồi lại khả năng làm việc của hạt kim cương bị mài bóng mà không bị cháy.

Để giải vấn đề này, các tác giả đã xem xét và giải bài toán về nhiệt xuất hiện tại vùng tiếp xúc giữa hạt kim cương và đá với các điều kiện giả thiết như sau:

- Nhiệt độ xuất hiện trong quá trình khoan do nguồn nhiệt từ các điểm tiếp xúc giữa hạt kim cương và đá khi hạt kim cương phá huỷ đá.

- Nhiệt độ trên bề mặt đế mũi khoan và hạt kim cương như nhau.

- Đặc tính vật lý nhiệt của thân mũi khoan như nhau và không phụ thuộc vào chế độ khoan.

Nhiệt độ do các nguồn nhiệt từ các điểm tiếp xúc được xác định theo công thức toán học:

$$T(x, y, z, \tau) = \frac{Q}{\lambda\sqrt{\omega}(4\pi\tau)^{3/2}} e^{-\frac{R^2}{4\omega\tau}}, \quad (1)$$

$T(x, y, z, \tau)$ - nhiệt độ của vật tại điểm tiếp xúc theo các tọa độ x, y, z và thời gian tiếp xúc τ ; Q - khối lượng nhiệt của vật nhận được từ nguồn nhiệt tức thời tại các điểm tiếp xúc, J/m^2 ; R - khoảng cách từ nguồn nhiệt tức thời đến điểm xem xét của vật tiếp xúc, m ; λ - hệ số dẫn nhiệt, $W/m \cdot ^\circ C$; ω - hệ số khuếch tán nhiệt, m^2/s ;

Với điều kiện ban đầu: $T(0, 0, z, 0) = 0$ và điều kiện biên: $q(0, \tau) = 0$; $q(\infty, \tau) = 0$; ta có:

$$T(z, \tau) = \frac{2Q}{\lambda\sqrt{\omega}(4\pi\tau)^{3/2}} \int_{-\infty}^{+\infty} dy_u \int e^{-\frac{(x_u-x)^2+(y_u-y)^2+(z_u-z)^2}{4\omega\tau}} dx_u, \quad (2)$$

q - nhiệt lượng bề mặt, Kw/m^2 ;

τ - thời gian, s ; x_u, y_u, z_u - tọa độ của nguồn nhiệt (điểm tiếp xúc).

Áp dụng biểu thức toán học sau để giải phương trình trên:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a^2} da = \frac{\sqrt{x}}{2} [\Phi(+\infty) - \Phi(-\infty)], \quad (3)$$

trong đó: Φ - hàm tích phân Gauss,

$$\Phi(+\infty) = 1; \Phi(-\infty) = -1$$

khi đó:

$$T(z, \tau) = \frac{Q\sqrt{\omega}}{\lambda\sqrt{\pi\tau}} e^{-\frac{(z_u-z)^2}{4\omega\tau}}. \quad (4)$$

Coi nguồn nhiệt ở bề mặt đế mũi khoan $z_u = 0$ và $z = 0$, ta có:

$$T(0, \tau) = \frac{Q\sqrt{\omega}}{\lambda\sqrt{\pi\tau}} \quad (5)$$

So sánh khối lượng nhiệt với công cơ học thực hiện sau khoảng thời gian t và sau khi biến đổi ta có:

$$T(0, t) = \frac{\mu F \pi r n \sqrt{\omega t}}{15 N S \lambda \sqrt{\pi}}, \quad (6)$$

μ - hệ số ma sát, F - áp lực tác dụng lên mũi khoan, daN ; r - bán kính trung bình của mũi khoan, m ; n - tốc độ vòng quay của mũi khoan, vg/ph .; N - số lượng hạt kim cương trong mũi khoan tiếp xúc với đá; S - tổng diện tích các hạt kim cương tiếp xúc với đá. Từ phương trình (6) xác định được thời gian t cần thiết để “mài sắc” hạt kim cương bằng phương pháp “khoan khô” theo công thức sau:

$$t = \frac{1}{\omega\pi} \left(\frac{15 T N S \lambda}{F n r \mu} \right)^2. \quad (7)$$

Từ biểu thức (7) ta thấy, thời gian cần thiết để “mài sắc” hạt kim cương trong mũi khoan bằng phương pháp “khoan khô” phụ thuộc vào các thông số chế độ khoan. Áp lực và tốc độ vòng quay càng lớn, thời gian cần thiết “mài sắc” hạt kim cương càng nhỏ. Trong bảng 2 và 3 trình bày các số liệu ban đầu và kết quả tính toán thời gian cần thiết để “mài sắc” hạt kim cương trong mũi khoan kim cương một lớp bằng phương pháp “khoan khô” theo công thức (7). Điều kiện tính toán như sau: Hệ số ma sát tiếp xúc giữa đá và hạt kim cương đã bị mài bóng là 0,02-0,06 và không phụ thuộc vào chế độ khoan; số lượng hạt kim cương trong mũi khoan một lớp tiếp xúc với đá bằng 70% tổng số hạt kim cương gắn trong mũi khoan.

Bảng 2. Số liệu ban đầu để tính toán thời gian mài sắc mũi khoan kim cương một lớp

| Đường kính mũi khoan, mm | Mật độ hạt kim cương trong đế mũi khoan, hạt/cm ² | Diện tích tiết diện đế mũi khoan, cm ² | Số lượng hạt kim cương trong mũi khoan, hạt/cara | Tổng số hạt kim cương tiếp xúc với đá, hạt | Tổng diện tích tiếp xúc của hạt kim cương với đá, m ² |
|--------------------------|--|---|--|--|--|
| 59 | 14 | 12,0 | 30-20 40-30 | 101 | 317.10 ⁻⁶ |
| 76 | 114 | 16,32 | 30-20 40-30 | 136 | 429.10 ⁻⁶ |

Bảng 4. Kết quả tính toán thời gian “mài sắc” hạt kim cương trong mũi khoan, s

| Đường kính mũi khoan, mm | Tốc độ vòng quay, vg/ph, | Áp lực lên mũi khoan, DaN | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
| 59 | 400 | 124 | 85 | 63 | 48 | 38 | 30 |
| | 600 | 54 | 38 | 28 | 21 | 17 | 13 |
| | 800 | 30 | 21 | 15 | 12 | 10 | 8 |
| | 1000 | 20 | 16 | 12 | 9 | 7 | 6 |
| 76 | 400 | 208 | 144 | 105 | 81 | 64 | 52 |
| | 600 | 91 | 63 | 46 | 35 | 28 | 23 |
| | 800 | 51 | 35 | 26 | 20 | 16 | 13 |
| | 1000 | 33 | 23 | 17 | 13 | 10 | 8 |

Để kiểm tra mức độ chính xác của công thức (7), các tác giả đã khoan thử nghiệm tại phòng thí nghiệm ở Trường Đại học Tổng hợp Mỏ Xankt – Peterburg. Điều kiện thử nghiệm như sau: Mũi khoan kim cương một lớp A4ДП, đường kính 59 mm, có đặc tính kỹ thuật như điều kiện ban đầu để tính toán thời gian cần thiết “mài sắc” hạt kim theo công thức (7); khoan trong đá granit cấp IX-XI theo độ khoan. Khoan với nước lỗ, chế độ khoan thử nghiệm xem bảng 3. Trong quá trình khoan đã tiến hành đo tốc độ

cơ học khoan; khi tốc độ cơ học khoan giảm đến 1,5-2 lần so với tốc độ cơ học khoan ban đầu thì ngừng bơm nước rửa và khoan “khoan khô” với chế độ khoan đã áp dụng để xác định thời gian cần thiết, đủ để “mài sắc” hạt kim cương, tức thời gian phục hồi lại bề mặt hạt kim cương đã bị mài bóng. Nhiệt độ ở đế mũi khoan được xác định bằng dụng cụ Oát kế tự ghi. Sau khi xử lý bằng phương pháp “khoan khô” lại tiếp tục khoan với điều kiện ban đầu. Kết quả thử nghiệm được mô tả ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả khoan thử nghiệm bằng mũi khoan A4ДП để xác định thời gian “mài sắc” hạt kim cương trong mũi khoan

| Chế độ khoan | | | Tốc độ cơ học khoan ban đầu, m/h; | Tốc độ cơ học khoan khi hạt kim cương bị mài bóng, m/h. | Thời gian “khoan khô” (thời gian “mài sắc” hạt kim cương), s | Tốc độ cơ học sau khi “khoan khô” (“mài sắc” hạt kim cương) |
|--------------|--------------------------|--|-----------------------------------|---|--|---|
| Áp lực, daN | Tốc độ vòng quay, vg/ph. | Lưu lượng nước rửa, Dm ³ /ph. | | | | |
| 1000 | 600 | 20 | 2,0 | 1,0 | 60 | 2,0 |
| 1000 | 600 | 20 | 3,6 | 1,8 | 50 | 3,6 |
| 1500 | 600 | 20 | 3,6 | 2,4 | 25 | 3,6 |
| 1000 | 400 | 20 | 2,9 | 1,8 | 100 | 2,9 |
| 1500 | 600 | 20 | 4,0 | 2,2 | 20 | 4,0 |
| 1000 | 400 | 20 | 1,8 | 1,2 | 120 | 1,8 |

Từ kết quả khoan thử nghiệm (bảng 4) ta thấy mặc dù chế độ khoan không thay đổi, nhưng tốc độ cơ học khoan sau khi sử lý bề mặt hạt kim cương bằng phương pháp “khoan khô” đã tăng trở lại đến giá trị ban đầu khi hạt kim cương chưa bị mài bóng.

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy hiện tượng hạt kim cương gắn trong mũi khoan bị mài bóng trong quá trình khoan phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có yếu tố công nghệ khoan và tính chất cơ lý đá. Trong thực tế, để xử lý và phục hồi lại khả năng phá hủy đá của bề mặt hạt kim cương sau khi bị mài bóng, có thể áp dụng phương pháp “khoan khô”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Thảo, Trần Đình Kiên, 1997. Quy luật mòn lưỡi khoan kim cương trong quá trình phá hủy đá. Tuyển tập công trình khoa học hội nghị cơ học toàn quốc lần thứ 6, Hà Nội .

[2]. Nguyễn Xuân Thảo, Vũ Văn Đông, 2010. Một số vấn đề phá hủy đá bằng mũi khoan kim cương. Một số vấn đề cơ học đá Việt Nam đương đại, quyển 1. Nhà xuất bản Xây dựng.

[3]. Гореликов В. Г.; Казика В.Ф.; 1987г. Исследование механизма и заполирования алмазной коронки. В сборнике научных работ: Совершенствование технических средств СКК и повышение эффективности их внедрения, Ленинград

[4]. Гореликов В. Г.; Бетанов Д.Ю.; 1986г. Исследование механизма и информативных признаков заполирования алмазных коронок. В книге: Пути повышения эффективности алмазного бурения, Ленинград.

[5]. Горшков Л.К., Гореликов В. Г.; 1993г. Температурные режимы алмазного бурения. М.: Недра.

[6]. Кудряшов Б .Б.; Яковлев А. А.; 1985г. Анализ и расчет температурного оля в теле алмазной коронки. В сб. Записи ЛГИ.

SUMMARY

Studies of diamond rubbing issues in drilling process and its solutions

V.G.Gorlikov , Iu.V. Lykov, Saint-peterburg Mining University

Tran Dinh Kien , University of Mining and Geology

Nguyen Xuan Thao, Institute of Drilling Technology

Vu Van Dong, Vinacommin Mining Geology Company Limited , is studing the Saint-peterburg Mining University

Diamond rubbing in a drilling bit is one of wear types which affect rock destruction and working life of the drilling bit. In this paper, the author presents some initial research results on its reasons and essences of diamond rubbing issues in the drilling bit. At the same time, the author proposes some technical solutions to overcome the diamond rubbing issues in the drilling bit to improve its drilling efficiency.