



NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA THAN CÓ CƯỜNG ĐỘ THẤP SAU KHI LÀM ẨM VÀ CÁC TÍNH CHẤT CỦA NÓ

TS. Thân Văn Duy, ThS. Phạm Văn Quân

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

TS. Lê Quang Phục

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn

Tóm tắt:

Tính chất cơ lý của than là một trong các yếu tố quan trọng gây ra hiện tượng trượt lở gương than trong quá trình đào lò và khai thác làm ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn sản xuất. Vỉa than số 14-5 mỏ than Khe Chàm là vỉa than có đặc tính cường độ thấp, “than mềm” điển hình. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm độ ổn định của than có cường độ thấp sau khi làm ẩm và các tính chất của nó cho thấy lực dính kết và độ ổn định của khối than tăng dần từ độ ẩm 1,1 % (độ ẩm tự nhiên) đến độ ẩm 15% (độ ẩm tối ưu), sau đó giảm xuống khi độ ẩm 20 ÷ 25% (độ ẩm bão hòa). Khi sử dụng nước có cho phụ gia NaCl, giá trị cường độ dính kết của than tăng 1,3 ÷ 1,9 lần so với kết quả thu được khi sử dụng nước thông thường. Như vậy, có thể tăng độ ổn định của than mềm bằng cách tăng độ ẩm trong nó đến độ ẩm tối ưu. Bằng cách này, có thể giảm chiều rộng của vùng phá hủy dẻo trên mặt gương khai thác, hạn chế sự cố lở gương và tụt nóc lò, tăng tính hiệu quả khai thác và an toàn lao động.

1. Đặt vấn đề

Trượt lở gương than và đá vách (hoặc trần than) vào không gian lò chợ thường không có sự cảnh báo rõ ràng, sập lở trong thời gian ngắn, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hiệu quả khai thác, gây hỏng hóc thiết bị, thiệt hại về kinh tế và đe dọa an toàn lao động của công nhân. Theo thống kê, gần một nửa số vụ tai nạn lao động trong năm 2012 ở các mỏ than hầm lò của Trung Quốc là do sập đổ lò với 459 người thương vong [1]; ở Hoa Kỳ giai đoạn năm 1999 ÷ 2008 có hơn 5.940 người bị thương, 75 người tử vong và 13.774 vụ không gây thương tích [2]; ở Việt Nam giai đoạn 1995 ÷ 2019 sập đổ lò chiếm hơn 35% [3] các vụ tai nạn. Để xử lý hậu quả của sự cố, lò chợ cơ giới hóa ở vỉa số 11 mỏ than Hà Lâm đã ngừng hoạt động lên đến 2 tuần (năm 2019). Ước tính thiệt hại kinh tế khoảng 140.000 USD mỗi ngày ở lò chợ cơ giới hóa [4].

Theo các nghiên cứu [5-6], các yếu tố chính ảnh hưởng đến sập đổ than vào không gian lò chợ là: điều kiện địa chất (cấu tạo vỉa than, tính chất đá bao quanh, độ sâu khai thác v.v.); tính chất cơ lý của than; áp lực mỏ; tốc độ di chuyển của lò chợ; cấu trúc vì chống; chiều cao khẩu và chiều dày thu hồi lớp than nóc. Để kiểm soát sự ổn định của khối than trên gương lò chợ và khu vực khai thác, rất nhiều nghiên cứu về đặc điểm và kỹ thuật

kiểm soát sự mất ổn định của vỉa than đã được thực hiện. Một số tác giả đã nhận thấy rằng vùng phá hủy dẻo ở phía trước của gương than khi tăng chiều cao khẩu gương lò chợ rõ ràng là lớn hơn rất nhiều so với lò chợ có chiều cao gương khẩu nhỏ [7]. Tính chất phân mảnh, giảm dính kết và lở gương than cũng đã được nghiên cứu bởi Wu và cộng sự [8]. Mô hình phân tích lực tác động lên gương than và cơ chế phá hủy nó cũng đã được nghiên cứu [9]. Trên cơ sở đó họ phát hiện: dưới tác dụng của áp lực tựa, gương than bị biến dạng và ép trôi về phía không gian lò chợ. Tại vị trí khối than nằm trong vùng ứng suất cực đại, các vết nứt xảy ra ở phần trên của gương than ở độ cao 0,35 lần chiều cao gương khai thác và sau đó tất cả gương than bị vỡ ra.

Trên cơ sở làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến sự mất ổn định của gương than thông qua các kết quả nghiên cứu, nhiều giải pháp kỹ thuật được đề xuất nhằm tăng cường sự ổn định của gương than trong quá trình khai thác lò chợ đã được thực hiện như: phun ép hóa chất, phun ép nước, xử lý sự cố tụt lở bằng thanh nhồi và xếp củi gỗ. Kỹ thuật hiện trường cho thấy việc phun nước và hóa chất vào vỉa than có thể cải thiện một số tính chất cơ lý của than và ngăn ngừa tai nạn. Điều này đã được áp dụng thành công ở nhiều mỏ than trên thế giới [10]

cũng như ở Việt Nam tại mỏ than Khe Chàm, Hà Lâm, v.v. Như vậy, tính chất cơ lý của than mềm cũng là một trong những yếu tố rất quan trọng gây ra hiện tượng trượt lở gương than trong đào lò và khai thác.

Để nghiên cứu đặc tính cơ học của than có đặc tính cường độ thấp “than mềm”, nhiều tác giả đã thực hiện nghiên cứu thực nghiệm về độ bền và biến dạng của than với các hàm lượng nước khác nhau. Thử nghiệm nén mẫu than của Mỏ than Luling ở Hoài Bắc, Trung Quốc dưới các độ ẩm khác nhau được thực hiện bằng thiết bị ba trục TSZ10. Và người ta nhận thấy rằng độ kết dính và độ bền cắt của than có thể được cải thiện bằng cách bơm nước hợp lý vào than [11]. Các thử nghiệm nén một trục và ba trục của mẫu than tại Mỏ than Tân Trang Tử ở Hoài Nam, Trung Quốc trong các điều kiện hàm lượng nước khác nhau cũng đã được thực hiện. Kết quả cho thấy đặc tính cường độ và biến dạng của than có liên quan đến hàm lượng nước và cường độ của than tăng lên sau khi bơm nước hợp lý [12]. Các nghiên cứu, xác định góc nội ma sát của than và hàm lượng nước khác nhau cũng đã được thực hiện [13]. Mối quan hệ giữa góc nghỉ và tính lưu động của bột than cũng như sự gắn kết giữa các hạt đã được thảo luận. Người ta cũng nhận thấy rằng các tính chất cơ lý của than mềm có thể được cải thiện đáng kể sau khi phun nước, điều này có tác động tích cực đến việc kiểm soát độ ổn định của khối than. Tuy nhiên, cơ chế phun nước để tăng độ ổn định của khối than vẫn chưa rõ ràng. Đặc biệt đối với các vỉa than mềm tại bể than Quảng Ninh - Việt Nam vẫn chưa được nghiên cứu thỏa đáng. Vì vậy, trong nghiên cứu này đã tiến hành thí nghiệm và phân tích ảnh hưởng độ ổn định của khối than sau khi làm ẩm trên mô hình; xác định độ bền nén đơn trục và lực dính kết thông qua cường độ kháng cắt ở các độ ẩm khác nhau của than.

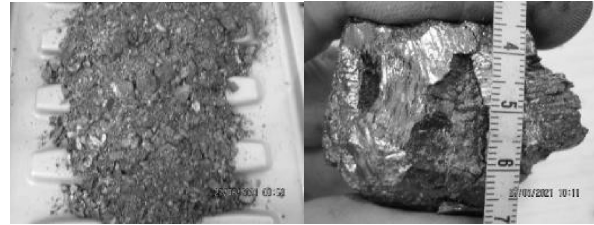
2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Vỉa than số 14-5 ở mỏ than Khe Chàm là vỉa than có đặc tính cường độ thấp “than mềm” điển hình được đánh giá có đặc điểm hình thái - cấu trúc rất phức tạp. Vỉa có nhiều nếp uốn, đứt gãy và biến dạng lớn về chiều dày (từ 0,2 ÷ 38,8 m, trung bình 5,7 m) và góc dốc vỉa (từ 3 ÷ 60°, trung bình 27°). Trong quá trình khai thác và đào lò tại vỉa than số 14-5, thường xuyên xảy ra các sự cố trượt lở gương và nóc lò với quy mô lớn, ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn sản xuất. Vì vậy,

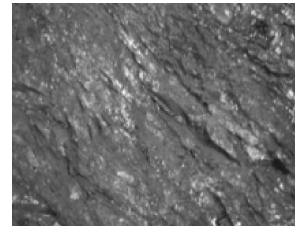
than tại vỉa 14-5 của mỏ than Khe Chàm được chọn để nghiên cứu trong công trình này.

Các mẫu than được lấy ở độ sâu 260 ÷ 300 m. Để duy trì độ ẩm tự nhiên, mẫu than được cho vào túi chống ẩm ngay sau khi lấy ra khỏi vỉa.

Các nghiên cứu được thực hiện trong phòng thí nghiệm về các tính chất cơ lý và sự phá hủy đá tại Đại học Mỏ Sankt-Peterburg, LB Nga và theo các phương pháp của họ.



a) Than sau khi lấy ra khỏi mẫu



b) Gương than

Hình 1. Hình dạng tổng quát của than được lấy ra từ vỉa than số 14-5, mỏ than Khe Chàm

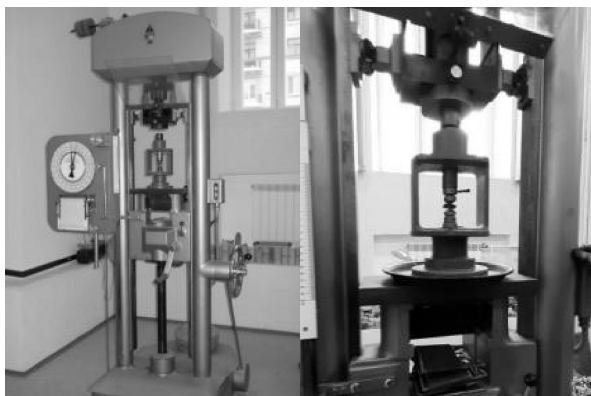
3. Kết quả nghiên cứu một số tính chất cơ lý của than trước và sau khi làm ẩm

3.1. Xác định một số tính chất cơ lý của than

Khi quan sát bằng mắt thường, than có màu xám đen, khối than có số lượng lớn các lớp mỏng, hầu như không có sự kết dính trong than nên nó cực kỳ dễ vỡ. Than có đặc điểm giòn, nhẹ, kích thước trung bình của từng hạt dao động từ 0,2 đến 35 mm. Kích thước tối đa của từng hạt than riêng lẻ không vượt quá 30 ÷ 35 mm, tỷ lệ các hạt như vậy trong tổng khối lượng mẫu không vượt quá 2% (hình 1).

Các tính chất cơ lý phức tạp của than đã được xác định theo tiêu chuẩn của Nga như: độ ẩm của than theo phương pháp sấy khô đến trọng lượng không đổi (GOST 5180–2015); mật độ của than (GOST 5180–2015); các thông số về cường độ bám dính, góc nội ma sát xác định theo bằng sáng chế số 2521116 của Liên bang Nga “Phương pháp xác định tính chất cơ học của đá và vật liệu”.

Các mẫu than được thực hiện thí nghiệm nén, kéo và uốn một trục trên máy thí nghiệm nén và



Hình 2. Máy thí nghiệm nén và kéo một trục SDM2.5 (Đức)

kéo SDM 2.5 (Đức). Lực tối đa là 2,5T (hình 2).

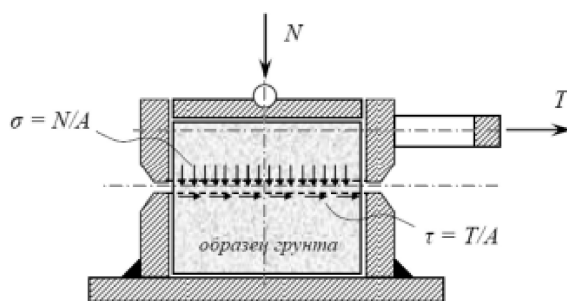
Kết quả thí nghiệm xác định tính chất cơ lý của mẫu than: độ bền nén một trục thay đổi từ $11 \div 48$ kG/cm²; độ bền kéo một trục từ $3,4 \div 18,7$ kG/cm²; lực bám dính $6,8 \div 20$ kG/cm²; tỷ trọng than $1,31 \div 1,38$ g/cm³; góc ma sát trong từ $8,5 \div 16,8^\circ$; độ ẩm tự nhiên của than thay đổi từ $0,8 \div 1,3\%$ và tỷ trọng than $1,31 \div 1,38$ g/cm³ [18,19].

3.2. Xác định lực dính kết của than sau khi làm ẩm

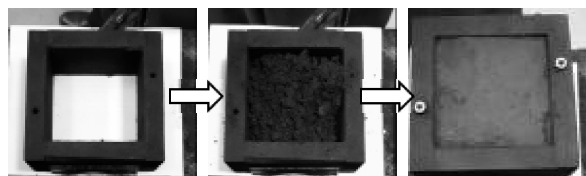
Lực dính kết của than được xác định thông qua giới hạn lực cắt theo định luật Coulomb [15]. Thiết bị cắt gồm hai hộp gỗ hình vuông có cạnh 100 mm, cao 50 mm (hình 3). Hộp phía dưới được cố định trên bàn bằng kẹp vít, hộp phía trên có thể di chuyển theo phương ngang dưới tác dụng của tải trọng cắt ngang. Để loại bỏ ma sát giữa hai hộp, người ta sử dụng miếng đệm nhựa dày 1 mm trong quá trình tạo mẫu và nó được tháo ra trước khi tiến hành thí nghiệm cắt. Than đổ vào thiết bị cắt và được nén chặt thành từng lớp dày 5 mm để đạt mật độ $1,31$ g/cm³ (hình 4).

Để thực hiện nghiên cứu, 09 thử nghiệm cắt được thực hiện cho mỗi mẫu than ở các giá trị khác nhau của tải trọng nén thẳng đứng N . Từ đó, với mỗi cấp tải σ , người ta tìm thấy giá trị cường độ cắt tương ứng τ (hình 5).

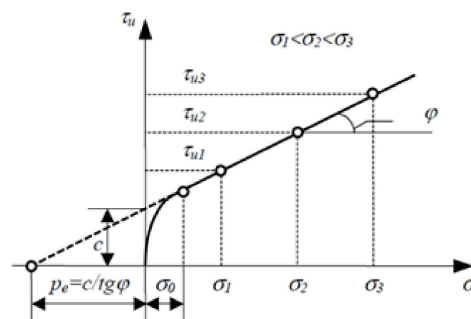
Quá trình nghiên cứu: Ở mỗi giá trị độ ẩm của than (1,1%; 5%; 7%; 10%; 15%; 20% và 25%), 09 lần thử độ bền cắt được thực hiện ở các giá trị tải trọng thẳng đứng là 100 kPa, 200 kPa và 300 kPa. Tại mỗi giá trị của tải trọng thẳng đứng, 03 thử nghiệm đã được thực hiện. Trên cơ sở giá trị trung bình của 03 lần thử nghiệm, xây dựng đồ thị về sự phụ thuộc của khả năng chống dịch chuyển tối đa vào ứng suất nén tiêu chuẩn theo phương thẳng



Hình 3. Thiết bị xác định lực dính kết của than N – lực nén; T – lực cắt; A – Diện tích mặt cắt ngang của mẫu



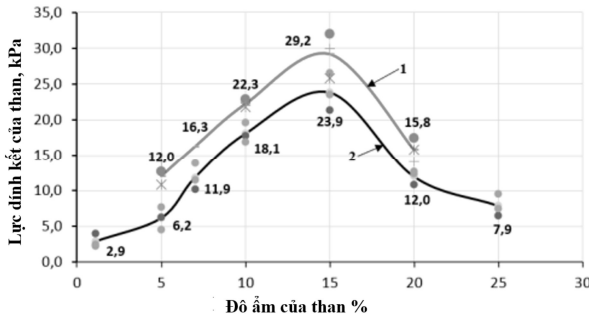
Hình 4. Quá trình thực hiện thí nghiệm xác định độ bền cắt của than



Hình 5. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của sức kháng cắt vào độ lớn ứng suất nén thẳng đứng σ – ứng suất pháp; τ – ứng suất cắt; ϕ – góc ma sát trong; c – lực dính kết

đứng, từ đó xác định lực dính kết C ở các giá trị độ ẩm của than (hình 5).

Trong các thí nghiệm, hai loại nước đã được sử dụng làm ẩm than: làm ẩm than bằng nước thông thường và nước có thêm phụ gia NaCl.



Hình 6. Ảnh hưởng của độ ẩm than đến lực dính kết của “than mềm” [14].

1- đối với nước có phụ gia; 2- đối với nước thông thường

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ bám dính của than thông qua khả năng kháng cắt cho thấy, lực dính kết của than tăng dần từ độ ẩm 1,1% (độ ẩm tự nhiên) lên 15% sau đó giảm xuống khi độ ẩm 20 - 25% (độ ẩm bão hòa).

Từ biểu đồ hình 6, về mặt tuyệt đối lực dính kết của than tăng từ 2,9 kPa ở độ ẩm 1,1% lên 23,9 ÷ 29,2 kPa ở độ ẩm 15% và giảm xuống 7,9 kPa ở độ ẩm 25%. Khi sử dụng nước có cho phụ gia NaCl giá trị cường độ dính kết của than tăng 1,3 ÷ 1,9 lần so với kết quả thu được khi sử dụng nước thông thường [14].

Kết quả thí nghiệm nghiên cứu lực dính kết của than phụ thuộc vào độ ẩm của nó phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết về vấn đề này. Khi bơm nước vào vỉa than, lực dính kết tăng lên do nước bao

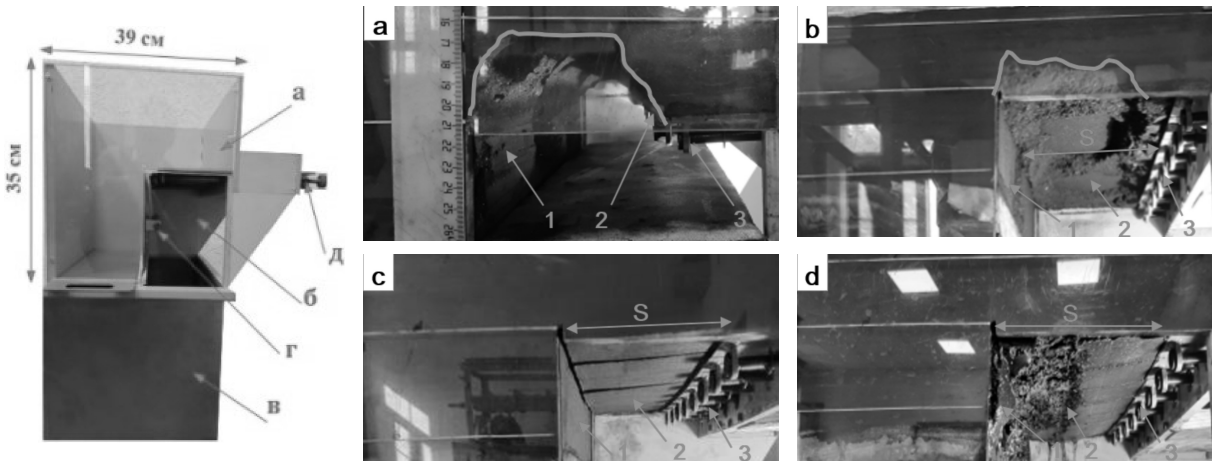
phủ xung quanh các hạt than dưới dạng một màng mỏng tiếp xúc gần, đủ để biểu hiện lực phân tử dẫn đến sự liên kết của từng hạt riêng lẻ thành một khối than ổn định. Khi lớp chất lỏng bao bọc các hạt than càng mỏng thì khoảng cách giữa chúng càng nhỏ và tác dụng của lực bám dính phân tử càng mạnh. Vì vậy, khi độ ẩm của than tăng lên 20 - 25% (độ ẩm bão hòa) dẫn đến độ dày màng nước tăng lên, lực bám dính giảm.

3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng độ ổn định của khối than sau khi làm ẩm trên mô hình

Các nghiên cứu về ảnh hưởng độ ẩm của than đến độ ổn định của nó phía trước lò chợ (gương và trần than) được thực hiện trên mô hình có dạng hộp hình chữ nhật, kích thước 390 x 680 cm (hình 7), cho phép tái tạo các tình huống điển hình phát sinh ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình lò chợ khai thác: khi khấu than; khi lộ trần; khi di chuyển giá chống. Tỷ lệ mô hình 1:40.

Việc thử nghiệm mô hình ở mỗi độ ẩm của than (1,1%; 5%; 7%; 10%; 15%; 20% và 25%) được thực hiện qua 06 giai đoạn. Tại mỗi giai đoạn, bước đi chuyển van điều tiết trần than thu lại 2 cm, tương ứng với điều kiện thực tế 0,8 m bằng với chiều rộng khấu gương (hình 7). Trình tự thực hiện như sau:

(1) Công tác chuẩn bị: Cấp than vào mô hình và nén chặt thành từng lớp dày 5 mm đảm bảo mật độ 1,31 g/cm³ đến hết chiều cao của buồng làm việc. Sau đó chất tải lên bề mặt của than bằng các tấm sắt có tổng trọng lượng 86 kg.



Hình 7. Tổng quan về mô hình và tình trạng của gương và trần than lò chợ khi khai thác than trên mô hình ở các độ ẩm than khác nhau [14]

a, b, c, d tương ứng than có độ ẩm than 1%; 5-7%; 15%; 20-25%; 1 – gương lò chợ; 2 – trần than; 3 – van điều tiết trần than (giá chống); a – trần than; b – không gian lò chợ; c – thùng chứa than; d – van điều tiết gương lò chợ; đ – van điều tiết trần than, kích thước: 28 cm x 5 cm (giá chống)



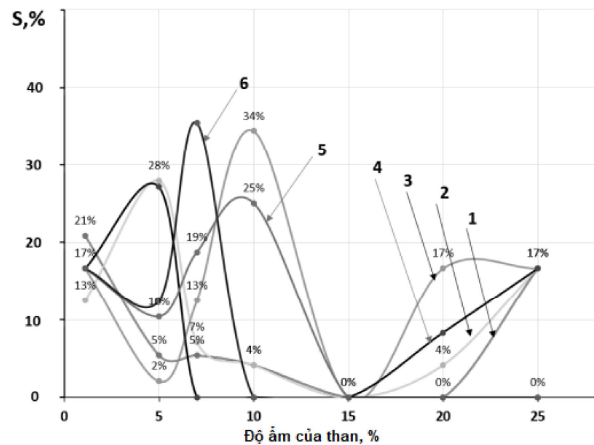
(2) Công tác khai thác: Giai đoạn 1, di chuyển lần lượt van điều tiết gương lò chợ và trần than đến hết chiều dài mô hình (40 cm). Sau đó, thực hiện lần lượt từ giai đoạn 2 đến giai đoạn 6, di chuyển van điều tiết trần than (giá chống), mỗi giai đoạn 2 cm. Tổng diện tích lộ trần của 06 giai đoạn là 12 cm theo chiều rộng (tương ứng với điều kiện thực tế là 4,8 m – chiều dài giá chống) và 40 cm theo chiều dài (tương ứng với chiều dài lò chợ thực tế là 16 m).

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi độ ẩm của than lên tới $7 \div 8\%$, gương lò chợ tự sập đổ ngay sau khi di chuyển van điều tiết gương. Chiều dài lộ gương lò chợ trung bình một lần là $5 \div 10$ m với chiều sâu xấp xỉ bằng chiều cao khẩu ($2,2 \div 2,5$ m). Đối với trần than, khi độ ẩm của than tăng từ $1 \div 2\%$ lên $14 \div 16\%$, tổng diện tích sập đổ S (tính theo phần trăm bề mặt lộ trần) trần than liên tục giảm, đạt mức tối thiểu ở độ ẩm $14 \div 16\%$. Khi độ ẩm của than tăng lên $20 \div 25\%$, than trở nên bão hòa nước, bằng chứng là xuất hiện nước chảy từ gương và nóc lò vào không gian lò chợ. Đồng thời, độ ổn định của trần than giảm đáng kể, tổng diện tích sập của khối than này đạt từ $30 \div 67\%$ trở lên [14]. Trong một số trường hợp, trần than sập đổ hoàn toàn (hình 8).

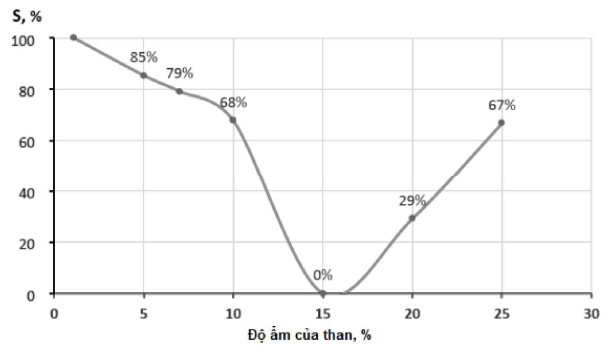
Như vậy, kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng độ ẩm của than đến độ ổn định của khối than phía trước lò chợ trên mô hình phù hợp với kết quả nghiên cứu về lực dính kết của than đạt giá trị cao nhất khu than có độ ẩm 15%. Có thể khẳng định, độ ẩm tối ưu của than vỉa 14-5 mỏ Khe Chàm là 15%. Việc xác định độ ẩm tối ưu của than có ý nghĩa rất quan trọng trong quá trình khai thác vỉa than có đặc điểm cường độ thấp. Khi độ ẩm bước vào giai đoạn bão hòa và hệ tầng bị nén bởi áp lực mỏ, nước chảy ra khỏi bề mặt gương than và có thể dẫn đến các sự cố làm nhào lóp đá nền lò, ảnh hưởng đến công tác di chuyển giá chống và vận tải than trong lò chợ.

3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng độ ẩm của than theo thời gian

Trong quá trình khai thác, công tác làm ẩm khối than phía trước gương lò chợ luôn được thực hiện tiến trước với một tiến độ nhất định. Vì vậy, ảnh hưởng của thời gian đến sự thay đổi lực bám dính, những như độ bền nén của than sau khi được làm ẩm là yếu tố quan trọng phải được tính đến khi sử dụng kết quả nghiên cứu trong điều kiện sản xuất mỏ thực tế. Trong quá trình thực hiện, số liệu với



a) than sập lở các khoảng cách khác nhau từ giá chống đến gương lò chợ



b) tổng diện tích sập lở trần than theo độ ẩm Hình 8. Ảnh hưởng độ ẩm của than đến diện tích sập lở trần than (S) [14]

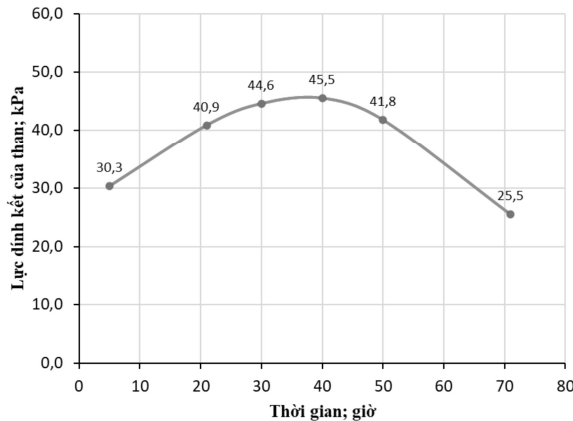
1, 2, 3, 4, 5, 6 – tương ứng với các giai đoạn dịch chuyển giá chống lần lượt bằng 0,8 m, 1,6 m, 2,4 m, 3,2 m, 4,0 m, 4,8 m

thời gian làm ẩm than từ 5 đến 70 giờ đã được sử dụng. Độ ẩm của than trong mọi trường hợp là 15%.

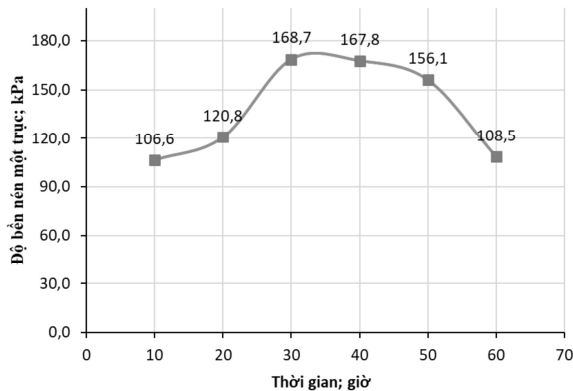
Các thí nghiệm xác định cường độ nén một trục của các mẫu than được thực hiện bằng máy thí nghiệm đa năng MTS Insight tại Đại học Mỏ St. Petersburg. Mẫu than hình trụ dài 100 mm, đường kính 46 mm. Tổng cộng có 12 mẫu được thực hiện nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu giá trị lực dính kết (từ $40 \div 45$ kPa) và độ bền nén đơn trục (từ $156 \div 168,7$ kPa) của than cao nhất được quan sát thấy sau 30 đến 45 giờ làm ẩm, sau đó giảm xuống dần xuống theo thời gian [14]. Điều này được giải thích là do sau 50 giờ, nước bốc hơi đáng kể dẫn đến độ ẩm của than giảm (hình 9 và 10).

Kết quả nghiên cứu cường độ nén đơn trục theo



Hình 9. Ảnh hưởng của thời gian đến lực dính kết của mẫu than có độ ẩm 15% [14]



Hình 10. Ảnh hưởng của thời gian đến độ bền nén đơn trục của mẫu than có độ ẩm 15%

thời gian phù hợp với kết quả nghiên cứu cường độ lực dính kết.

4. Kết luận

Quá trình nghiên cứu thực nghiệm độ ổn định của than có cường độ thấp sau khi làm ẩm và các tính chất của nó có thể rút ra một số kết luận sau:

- Vỉa than số 14-5 ở mỏ than Khe Chàm là vỉa than có đặc tính cường độ thấp “than mềm” điển hình, giá trị cường độ nén một trục (11 ÷ 48 kG/cm²), và lực dính kết (6,8 ÷ 20 kG/cm²) và độ ẩm tự nhiên thấp hơn khoảng 3 ÷ 4 lần so với than bán antraxit thông thường.

- Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng độ ổn định của khối than sau khi làm ẩm trên mô hình ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình lò chợ khai thác phù hợp với các kết quả nghiên cứu thí nghiệm về lực dính kết và cường độ nén một trục. Theo đó, lực dính kết và độ ổn định của khối than tăng dần từ độ ẩm 1,1% (độ ẩm tự nhiên) đến độ ẩm 15% (độ ẩm tối ưu), sau đó giảm xuống khi độ ẩm 20 ÷

25% (độ ẩm bão hòa). Như vậy, có thể tăng độ ổn định của than mềm bằng cách tăng độ ẩm trong nó đến độ ẩm tối ưu.

- Cường độ lực dính kết và cường độ nén của mẫu than có độ ẩm 15% tăng dần theo thời gian và đạt giá trị tốt nhất trong khoảng thời gian 30 ÷ 45 giờ và sau đó giảm dần. Nguyên nhân làm giảm cường độ nén và độ bám dính sau 50 giờ là do nước bay hơi làm thay đổi độ ẩm của than. Tuy nhiên, độ ẩm tương đối trong môi trường mỏ hầm lò thường rất cao, kèm theo đó còn có sự ngưng tụ hơi nước hay còn gọi là điểm sương, nên sự bốc hơi nước trong vỉa than là khó xảy ra. Vì vậy, việc làm ẩm kịp thời khối than phía trước mặt luôn được thực hiện trước khi khấu gương từ 30 ÷ 50 giờ là phù hợp.

- Khi sử dụng nước có cho phụ gia NaCl, giá trị cường độ dính kết của than tăng 1,3 ÷ 1,9 lần so với kết quả thu được khi sử dụng nước thông thường. Đây sẽ là chủ đề nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực này.

Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở để luận giải các thông số bơm ép nước vào vỉa than, nhằm nâng cao độ ổn định của khối than, giúp giảm cường độ sụp đổ tự phát của than vào không gian lò chợ khi khai thác vỉa than có đặc tính cường độ thấp.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bai Q., et al. (2016). *Numerical modeling of coal wall spall in a longwall face*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 88, 242-253.
- [2]. Pappas D., Mark C. (2011). *Roof and rib fall incident trends: a 10-year profile*. In: WORTMAN-WUNDER, E. (ed.) SME Transactions Volume 330. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- [3]. Đinh Văn Cường và nnk (2020). *Đánh giá thực trạng tai nạn lao động tại các mỏ than hầm lò và đề xuất một số giải pháp nhằm hạn chế nguy cơ gây mất an toàn*. Thông tin KHCN mỏ, Viện KHCN Mỏ - Vinacomin, số 3, trang. 10-15.
- [4] Le, T. D. (2020, October). *Analytical Study on the Stability of Longwall Top Coal Caving Face*. In Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining: ISRM 2020-Volume 1 (pp. 308-319). Cham: Springer International Publishing
- [5]. Le Tien, D., & Dao, H. Q. (2021). *Field investigation of face spall in moderate strength coal seam at Vang Danh coal mine, Vietnam*. VNU



Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, 37(2).

[6] Yang, S., Song, G., & Kong, D. (2019). *An evaluation of longwall face stability in thick coal seams through a basic understanding of shield-strata interaction*. Journal of Geophysics and Engineering, 16(1), 125-135.

[7]. Y. Pang, G. Wang, and H. Ren (2019). *Multiple influence factor sensitivity analysis on coal wall spalling of workface with large mining height*. Journal of Mining and Safety Engineering, vol. 36, no. 4, pp. 736–745.

[8]. Y. Wu, D. Lang, and P. Xie (2016). *Mechanism of disaster due to rib spalling at fully-mechanized top coal caving face in soft steeply dipping seam*. Journal of China Coal Society, vol. 41, no. 8, pp. 1878–1884.

[9]. Y. Ning (2009). *Mechanism and control technique of the rib spalling in fully mechanized mining face with great mining height*. Coal Science and Technology, vol. 34, no. 1, pp. 50–52, 2009

[10]. J. Guo, Y., et al. (2018). *Effect and application of water injecting technology in coal seam of Zhenxing No. 2 coal mine*. Coal Mining

Technology, vol. 23, no. 6, pp. 122–124+107, 2018.

[11]. J. Wang (2007). *Mechanism of the rib spalling and the controlling in the very soft coal seam*. Journal of China Coal Society, vol. 32, no. 8, pp. 785–788, 2007.

[12]. L. Wang, et al. (2016). *Research on soft coal mechanics characteristic test for moisture content effect*. Journal of Mining and Safety Engineering, vol. 33, no. 6, pp. 1145–1151, 2016.

[13]. W. Wang, et al. (2010). *Experimental study on the angle of repose of pulverized coal*. Particulate, vol. 8, no. 5, pp. 482–485.

[14]. Зубов, В.П., Тхан Ван Зуи, Федоров А.С (2023). *Технология подземной разработки мощных пластов угля с низкими прочностными характеристиками*. Уголь. – 2023. – № 5. – С. 41–49.

[15]. Бабаскин, Ю.Г., Леоновича И.И (2002). *Укрепление грунтов инъектированием при ремонте автомобильных дорог*. Минск: Технопринт. –2002. – 176 с;

Experimental study on the stability of low-strength coal after humidification and its properties

Dr. Than Van Duy, MSc. Pham Van Quan - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology
Dr. Le Quang Phuc - Hanoi University of Mining and Geology

Abstract:

The physical and mechanical properties of coal are one of the important factors that cause coal landslides during the excavation and mining process, which have a serious impact on the production safety. Coal seam No. 14-5 of Khe Cham coal mine is a coal seam with low intensity characteristics, typically “soft coal”. The results of experimental research on the stability of low-strength coal after moistening and its properties show that the cohesive force and stability of coal mass gradually increase from a moisture content of 1.1% (humidity natural) to 15% humidity (optimal humidity), then reduced to 20 ÷ 25% humidity (saturated humidity). When water used with NaCl additive, the bond strength value of coal increases 1.3 ÷ 1.9 times compared to the results obtained when normal water used. Thus, it is possible to increase the stability of soft coal by increasing the moisture content in it to the optimal moisture content. In this way, it is possible to reduce the width of the plastic failure zone on the surface of the mining face and limit the incident of face erosion and roof collapse, and increase mining efficiency and labor safety.