



## Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



# Stress distribution ahead of mechanized longwall top coal caving face with great cutting height



Tung Manh Bui <sup>1,\*</sup>, Hung Phi Nguyen <sup>1</sup>, Tuan Van Nguyen <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup> Vietnam National Coal - Mineral Industries Holding Corporation Limited, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 18<sup>th</sup> Feb. 2021

Revised 09<sup>th</sup> May 2021

Accepted 15<sup>th</sup> June 2021

#### Keywords:

Cutting height,  
Longwall top coal caving,  
Recovery efficiency,  
Top coal,  
Front abutment stress.

### ABSTRACT

*Longwall Top Coal Caving (LTCC) technology with great cutting height is a new development trend in mining thick coal seam. The cutting height of LTCC face typically ranges from 2.8 m to 3.2 m in many coal mining countries, but it recently reaches up to 4.2 m in many coal mines in China. Because the cutting height increases, the caving height accordingly decreases that changes the stress distribution around coal face and law of roof rock caving. Based on the geological condition of Longwall 4108 at Ping Shou coal mine, ShanXi province, China, this paper presents a modelling of LTCC mining process with a cutting height of 4.2 m by using the numerical program FLAC3D. From the modelling, the paper presents an analysis of stress distribution ahead of LTCC face with great cutting height. The results show that as the coal face advances, the stress magnitude ahead of coal face increases. The peak front abutment stress moves further away from coal face. The stress concentration ratio increases, and stress concentration zone expands correspondingly. These changes of stress facilitate the failure of top coal, increasing the efficiency of top coal recovery and improving longwall face stability.*

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

\*Corresponding author

E - mail: [buihanhtung@humg.edu.vn](mailto:buihanhtung@humg.edu.vn)

DOI:10.46326/JMES.2021.62(5a).02



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



# Nghiên cứu quy luật phân bố ứng suất trước gương lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc với chiều cao khẩu lớn

Bùi Mạnh Tùng <sup>1,\*</sup>, Nguyễn Phi Hùng <sup>1</sup>, Nguyễn Văn Tuân <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 18/02/2021

Sửa xong 09/5/2021

Chấp nhận đăng 15/6/2021

#### Từ khóa:

Chiều cao khẩu,  
Công nghệ hạ trần,  
Hiệu quả thu hồi,  
Than nóc,  
Ứng suất phía trước.

*Khai thác với chiều cao khẩu lớn cho vỉa dày là xu hướng phát triển trong công nghệ hạ trần than vách. Đa số chiều cao lớp khẩu của lò chợ cơ giới hóa hạ trần ở các nước khai thác than trên thế giới dao động từ 2,8 m đến 3,2 m, nhưng hiện nay ở Trung Quốc đã xuất hiện nhiều lò chợ có chiều cao lớp khẩu đạt đến 4,2 m. Khi chiều cao lớp khẩu tăng lên, chiều dày lớp than hạ trần giảm xuống, từ đó thay đổi trạng thái phân bố ứng suất xung quanh lò chợ cũng như thay đổi quy luật sập đổ của đá vách. Bài báo dựa trên điều kiện địa chất lò chợ 4108 mỏ Ping Shou, ShanXi (Trung Quốc), sử dụng mô hình số hóa FLAC3D, mô phỏng quá trình khai thác lò chợ khi chiều cao lớp khẩu là 4,2 m, sau đó tiến hành phân tích quy luật phân bố trạng thái ứng suất phía trước gương lò chợ khi chiều cao lớp khẩu lớn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị ứng suất phía trước gương lò chợ tùy theo tốc độ tiến gương tăng lên mà cũng tăng lên; vị trí ứng suất lớn nhất phía gương dịch chuyển ra xa so với gương than; hệ số ứng suất tập trung theo tốc độ tiến gương cũng tăng lên, vùng ảnh hưởng của ứng suất lớn nhất phía trước gương phát triển rộng hơn, điều đó thuận lợi cho quá trình phá hủy than nóc, tăng hiệu quả thu hồi than nóc cũng như nâng cao độ ổn định của gương lò chợ.*

©2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Công nghệ cơ giới hóa hạ trần than nóc là một trong những công nghệ được áp dụng chủ yếu để khai thác than vỉa dày ở các nước tiên tiến trên thế giới. Thực tiễn cho thấy, áp dụng công nghệ này đã

nâng cao được sản lượng và năng suất của lò chợ. Tuy nhiên, nhược điểm của công nghệ này là tổn thất than trong quá trình hạ trần than nóc vẫn còn rất lớn (Bùi Mạnh Tùng và nnk., 2016; Tien Dung Le và Xuan Nam Bui, 2019). Nhất là trong một số trường hợp như: khai thác vỉa dày đến rất dày, vỉa có độ kiên cố từ trung bình trở lên thì cơ chế phá hủy, sập đổ và tỷ lệ thu hồi than nóc sẽ bị ảnh hưởng rất lớn. Một trong các giải pháp nhằm nâng cao khả năng phá hủy, sập đổ và hiệu quả thu hồi của khối than nóc là nâng cao chiều cao khẩu của

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [buimanhtung@humg.edu.vn](mailto:buimanhtung@humg.edu.vn)

DOI:10.46326/JMES.2021.62(5a).02

máy khâu hay còn gọi là chiều cao khâu gương. Thông thường, máy khâu ở lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc của Trung Quốc có chiều cao khâu từ 2,8÷3,2 m, nhưng hiện nay cũng đã có rất nhiều lò chợ hạ trần than nóc có chiều cao khâu là 4,2 m như Xinglong Zhuang, TaShan, Da Tong, Ping Shou (Gong Peilin, 2008). Thực tiễn cho thấy, khi chiều cao khâu gương lớn thì tỷ lệ thu hồi chung của lò chợ tăng lên, vì tỷ lệ thu hồi của phần than khâu máy thường đạt đến 98% (He Fulin và nnk., 2011; Gong và nnk., 2001). Tuy nhiên, tỷ lệ thu hồi phần than lớp vách phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có sự ảnh hưởng của áp lực xung quanh lò chợ. Do đó, cần thiết phải có những nghiên cứu tỉ mỉ về sự phân bố ứng suất xung quanh lò chợ. Trong bài báo này, tác giả sử dụng phần mềm FLAC3D để mô phỏng quá trình khai thác lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc 4108 mỏ Ping Shou, Shanxi (Trung Quốc), từ đó phân tích trạng thái phân bố ứng suất và dịch động của than và đá phía trước gương lò chợ.

**2. Đặc điểm điều kiện địa chất - kỹ thuật lò chợ**

Lò chợ 4108 thuộc vỉa 4, có chiều dài theo đường phương là 2.690 m, chiều dài lò chợ 300 m, diện tích khu vực khai thác là 80.700 m<sup>2</sup>, chiều dày vỉa 6,9 m, chiều cao khâu là 3,5 m, chiều cao lớp hạ trần 3,4 m, tỷ lệ khâu - hạ trần 1:0,97, bước tiến gương là 0,8 m. Chiều dày vách trực tiếp từ 5,51÷50,33 m, trung bình 11,88 m, mức độ nứt nẻ phát triển tương đối mạnh, thành phần chủ yếu là đá thạch anh. Đá trụ trực tiếp dày 0,5÷4,84 m, trung bình 2,88 m. Đá trụ cơ bản là đá cát kết, bột kết và thạch anh, chiều dày 0,74÷9,8 m, đá thuộc

Địa tầng	Chiều dày (m)	Cột địa tầng	TT	Loại đá
Hệ tầng Sơn tây	20336-5,51 11,88		1	K3 Cát kết hạt trung-thô
Hệ tầng Thái Nguyên	8.80E-4,45 6,9		2	Vía #4
	6.80E-1,98 4,50		3	Bột kết
	9.80E-0,74 4,28		4	Cát kết
	1.80E-0 0,90		5	Vía #

Hình 1. Địa tầng khu vực khai thác.

loại kiên cố trung bình. Theo tài liệu báo cáo thăm dò địa chất tại mỏ Ping Shuo, địa tầng và sơ đồ chuẩn bị khu vực khai thác được thể hiện trên các Hình 1 và 2.

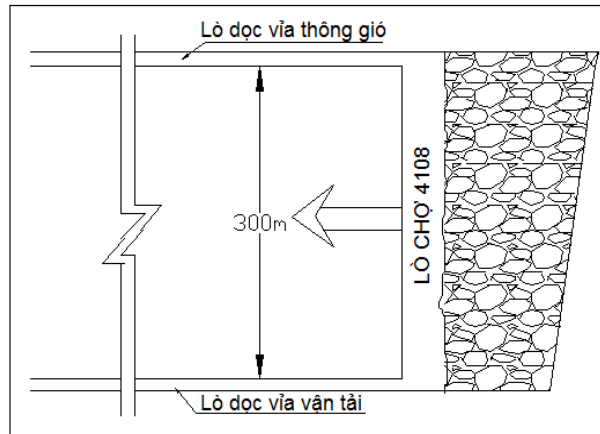
**3. Nghiên cứu quy luật phân bố ứng suất xung quanh lò chợ cơ giới hóa hạ trần than nóc khi chiều cao khâu gương lớn**

**3.1. Xây dựng mô hình**

Căn cứ vào điều kiện địa chất lò chợ 4108 mỏ Ping Shou, sử dụng phương pháp nghiên cứu mô hình mô phỏng số hóa bằng phần mềm FLAC3D, tiến hành phân tích ảnh hưởng khi chiều cao khâu gương lớn đến khả năng phá hủy, sập đổ của than và đá vách trong lò chợ cũng như sự phân bố ứng suất xung quanh lò chợ. Chiều dày của vỉa than và các lớp đá xung quanh mô hình mô phỏng được lấy theo số liệu thực tế của mỏ. Do góc dốc vỉa rất nhỏ và được coi như vỉa nằm ngang, do vậy thiết kế mô hình không xem xét đến yếu tố góc dốc vỉa. Ranh giới 4 mặt xung quanh và mặt đáy áp dụng điều kiện biên dịch vị, tức là dịch vị theo hướng pháp tuyến bằng 0. Mặt phía trên áp dụng điều kiện biên ứng suất. Kích thước mô hình là 250 m x 270 m x 97 m (dài x rộng x cao), tải trọng của các lớp đất đá phía trên được bù bằng tải trọng tương đương và được xác định theo công thức (1):

$$\sigma = \sum H\rho g \tag{1}$$

Trong đó: *H* - chiều dày của các lớp đất đá phía trên, *m*;  $\rho$  - gia tốc trọng trường, lấy  $\rho = 9,81\text{m/s}^2$ .



Hình 2. Sơ đồ chuẩn bị lò chợ 4108.

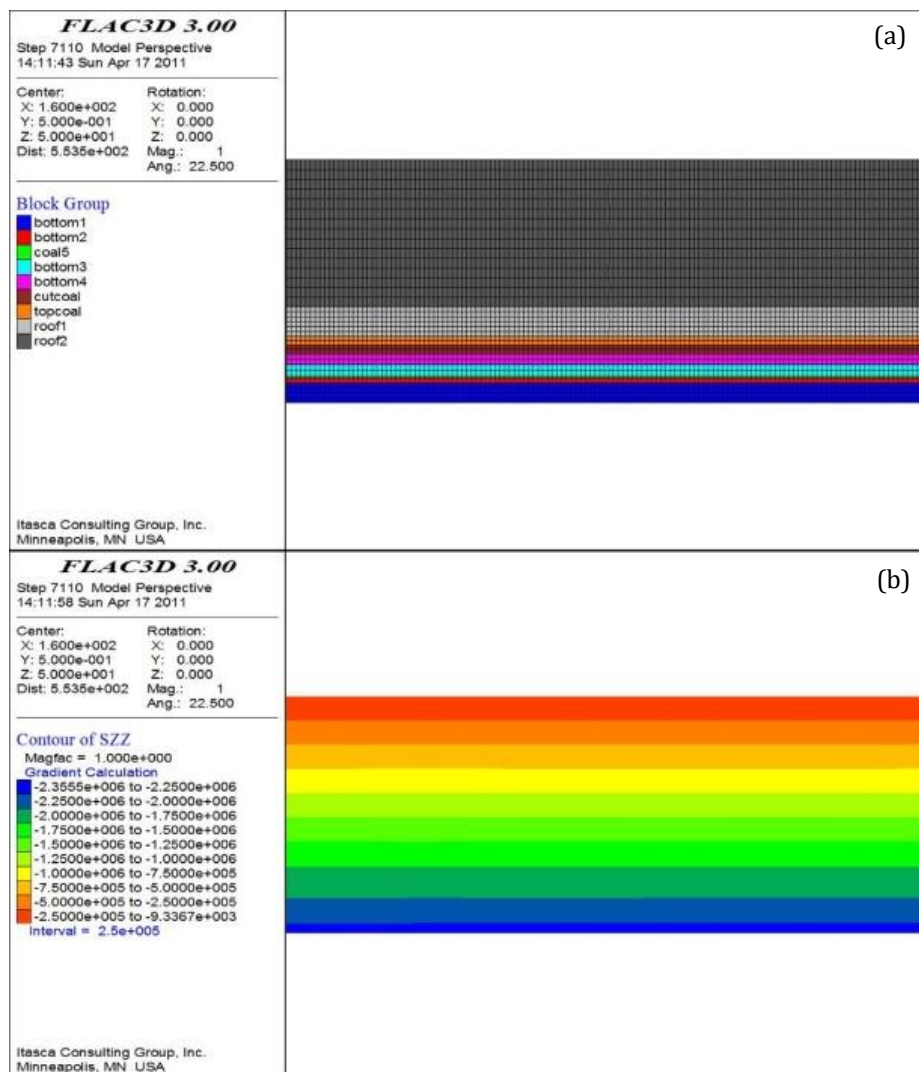
Tham số cơ lý của đá được xác định theo giá trị trung bình phân loại đất đá của mỏ.

Phương án mô phỏng chiều cao khẩu của lò chợ là 3,5 m, chiều cao hạ trần là 3,5 m, chiều dài

khai thác theo đường phương là 200 m. Tính chất cơ lý của than và đá xung quanh được thể hiện ở Bảng 1, mô hình ban đầu được thể hiện ở Hình 3.

Bảng 1. Tham số của đất đá trong mô hình.

Tên lớp	Mật độ d/Nm <sup>3</sup>	Mô đun kháng cắt K/GPa	Trọng lượng thể tích G/GPa	Lực dính kết C/MPa	Góc nội ma sát f/°	Cường độ kháng kéo t/MPa
Vách cơ bản	2500	32,49	9,67	6,37	28	1,31
Vách trực tiếp	2500	25,5	10	6,12	38	1,3
Vía than	1400	6,27	1,2	1	33	0,3
Trụ trực tiếp	67,87	23,6	3	15	23	1,93
Trụ cơ bản	93,85	34,65	2,72	15,91	29	2,05



Hình 3. Mô hình mô phỏng quá trình khai thác lò chợ.

(a) Xây dựng mô hình; (b) Ứng suất ban đầu.

### 3.2. Phân tích ứng suất xung quanh lò chợ

Trên mô hình mô phỏng quá trình tiến gương lò chợ, mỗi lần tiến gương là 20 m, số lần tiến gương được thực hiện là 10 lần, tổng chiều dài tiến gương lò chợ là 200 m. Ứng suất phía trước gương lò chợ theo các bước tiến gương được thể hiện tại Hình 4. Điều này cho thấy, theo mức độ dịch chuyển của gương lò chợ, giá trị ứng suất tập trung phía trước gương lò chợ cũng tăng lên, khi chiều dài tiến gương là 20 m thì giá trị ứng suất lớn nhất là 2,27 MPa, khi chiều dài tiến gương đạt 200 m thì giá trị ứng suất lớn nhất phía trước gương lò chợ là 5,35 MPa tăng 2,35 lần. Từ vị trí bắt đầu khai thác cho đến 140 m thì vị trí ứng suất lớn nhất phía trước gương lò chợ tăng từ 2÷4 m, khi chiều dài tiến gương lò chợ bắt đầu từ 140 m trở lên thì vị trí ứng suất lớn nhất trước gương lò chợ dần ổn định với khoảng cách so với gương than là 6 m. Giá trị và vị trí ứng suất phía trước gương lò chợ thể hiện tại Bảng 2 và các Hình 5 và 6.

Vùng dịch động của đá vách trước gương lò chợ tùy theo tốc độ tiến gương tăng lên mà cũng tăng lên. Khi lò chợ ở bước khâu thứ nhất, vùng dịch động của đá vách trước gương lò chợ là 8 m sau đó tăng dần lên và khi vị trí gương lò chợ 140 m thì vùng dịch động của đá vách phía trước đạt giá trị lớn nhất là 30 m, sau đó giảm dần và ổn định ở khoảng cách 22 m. Hệ số ứng suất tập trung cũng tương ứng tăng lên.

Như vậy có thể thấy, khi chiều cao lớp khâu lớn, giá trị ứng suất phía trước gương, vị trí ứng suất lớn nhất phía gương dịch chuyển ra xa so với gương than, hệ số ứng suất tập trung cũng theo tốc độ tiến gương mà cũng tăng lên, vùng ảnh hưởng của ứng suất lớn nhất phía trước gương phát triển

rộng hơn, điều đó thuận lợi cho quá trình phá hủy than nóc, tăng hiệu quả thu hồi than nóc cũng như nâng cao độ ổn định của gương lò chợ.

### 4. Kết luận

Bài báo sử dụng mô hình số hóa tiến hành mô phỏng quá trình khai thác lò chợ với chiều cao lớp khâu là 4,2 m. Căn cứ vào kết quả mô hình cho thấy, giá trị ứng suất phía trước gương lò chợ tùy theo tốc độ tiến gương tăng mà cũng tăng lên, vị trí ứng suất lớn nhất phía gương dịch chuyển dần xa so với gương than, giá trị lớn nhất đạt 5,53 MPa, trung bình 3,3 Mpa.

Hệ số ứng suất tập trung cũng theo tốc độ tiến gương mà cũng tăng lên, hệ số ứng suất tập trung tăng từ 1,01 đến 2,46 trung bình đạt 1,47. Vùng ảnh hưởng của ứng suất lớn nhất phía trước gương mở rộng hơn, tại vị trí tiến gương 140 m đạt 30 m. Do vậy, tăng chiều cao khâu có thể tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình phá hủy của khối than nóc, từ đó nâng cao được hiệu quả thu hồi trong khai thác lò chợ.

### Lời cảm ơn

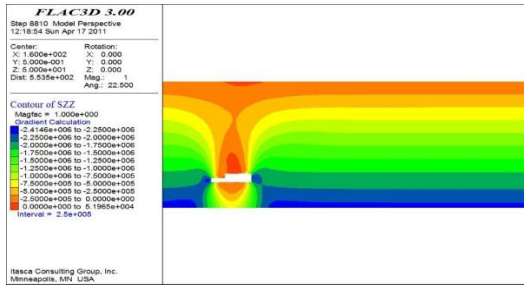
Xin được chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của Trung tâm Khoa học - Kỹ thuật Mỏ, Trường Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc đã cung cấp các tài liệu địa chất và phần mềm ứng dụng để hoàn thành nội dung bài báo này.

### Đóng góp của các tác giả

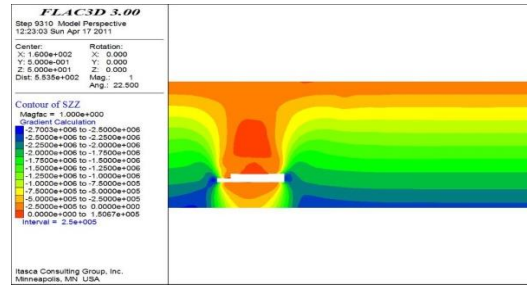
Bùi Mạnh Tùng - hình thành ý tưởng, cấu trúc bài báo, thu thập số liệu; Nguyễn Phi Hùng, Nguyễn Văn Tuấn - mô phỏng phần mềm và hoàn thiện bản thảo bài báo.

Bảng 2. Bảng giá trị và vị trí ứng suất phía trước gương lò chợ.

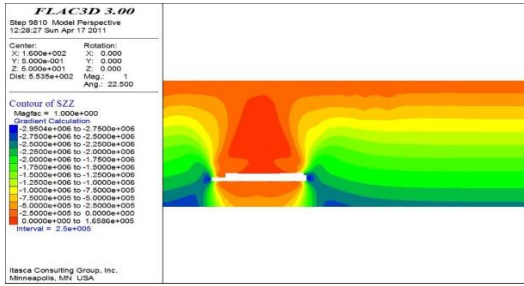
Khoảng cách tiến gương lò chợ (m)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Giá trị ứng suất lớn nhất (MPa)	2,27	2,52	2,81	3,08	3,28	3,33	3,26	3,41	3,5	5,53
Vị trí ứng suất lớn nhất (m)	2	2	2	4	4	4	6	6	6	6
Phạm vi ảnh hưởng (m)	8	14	12	18	26	28	30	22	22	22
Hệ số tập trung ứng suất	1,01	1,12	1,25	1,37	1,46	1,48	1,45	1,52	1,56	2,46



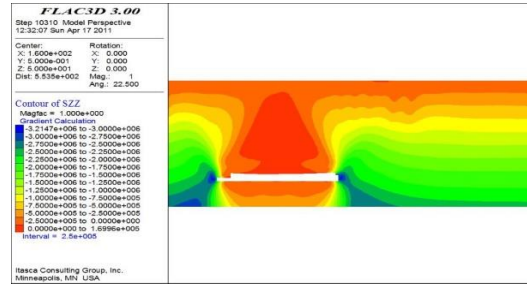
(a) Lò chợ tiến gương 20 m.



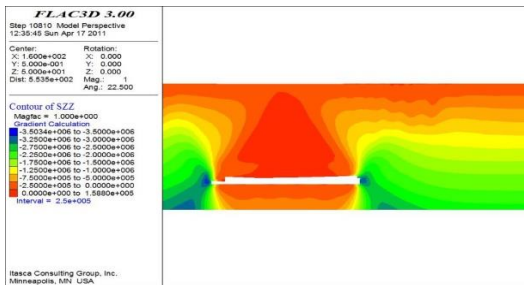
(b) Lò chợ tiến gương 40 m.



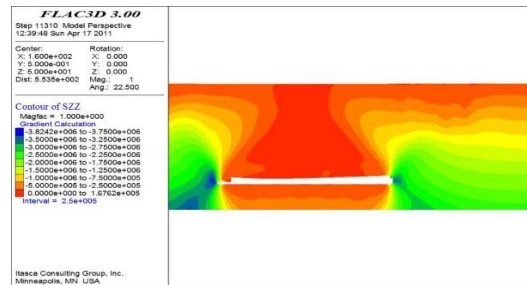
(c) Lò chợ tiến gương 60 m.



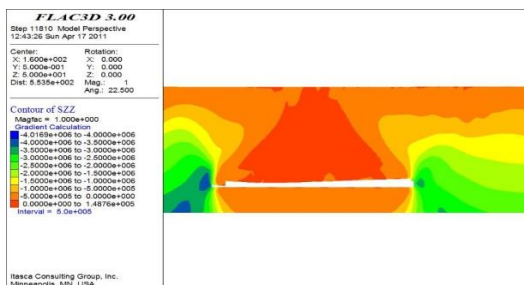
(d) Lò chợ tiến gương 80 m.



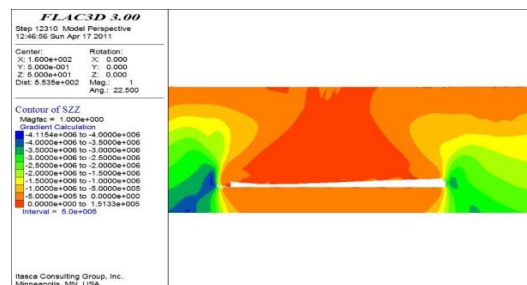
(e) Lò chợ tiến gương 100 m.



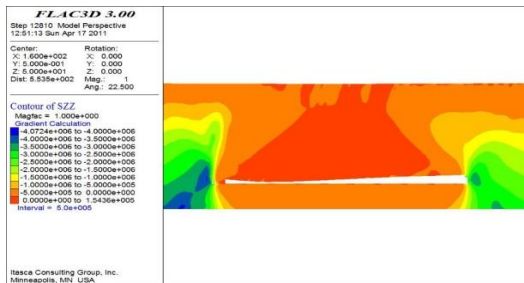
(f) Lò chợ tiến gương 120 m.



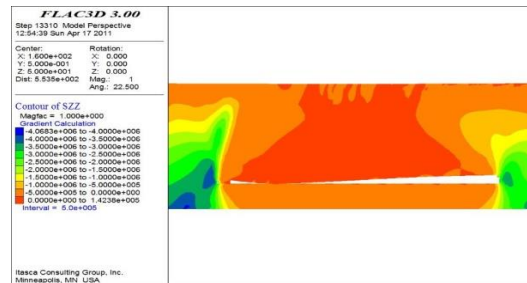
(g) Lò chợ tiến gương 140m.



(h) Lò chợ tiến gương 160 m.

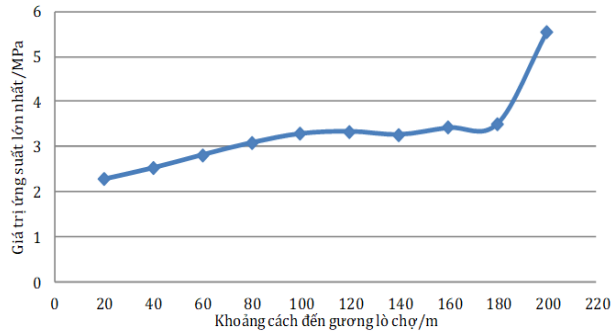


(i) Lò chợ tiến gương 180 m.

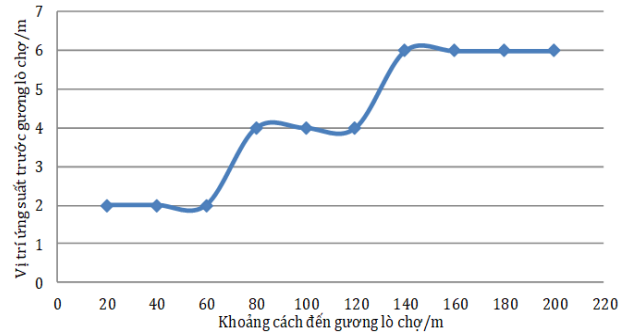


(k) Lò chợ tiến gương 200 m.

Hình 4. Phân bố ứng suất phía trước gương lò chợ khi chiều dài thay đổi.



Hình 5. Sự phân bố ứng suất lớn nhất phía trước gương lò chợ.



Hình 6. Vị trí ứng suất lớn nhất phía trước gương lò chợ.

### Tài liệu tham khảo

Bùi Mạnh Tùng, Nguyễn Phi Hùng, Nguyễn Văn Thịnh, (2016). Nghiên cứu hoàn thiện các thông số công nghệ nhằm nâng cao hiệu quả khai thác than lò chợ dài hạ trần cơ giới hóa vỉa dày dốc thoải vùng Quảng Ninh. *Đề tài cấp cơ sở*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 16.

FLAC3D2.0. (1996). Itasa Consulting Group. Ins. FLAC Version 2.0.

Gong Peilin, Jin Zhongming, Hao, Haijin, (2001). Research on stability test for fully mechanized mining support with large mining height. *Proceeding of Second International Symposium on Mining Technology*. 246-251.

Gong Peilin, (2008). Surrounding rock control theory and application study of the coal face with greater mining height. *China University of Mining and Technology Press*. 1-7.

He Fulian, Qian Minggao, Zhu Deren, (2011). A study of the interaction between supports and Surrounding rocks in longwall mining face with large mining height. *Strata control and Sustainable coal mining*. 380-384.

Jun Wang, Pengqi Qiu, Jianguo Ning, Li Zhuang, Shang Yang. (2019) A numerical study of the mining-induced energy redistribution in a coal seam adjacent to an extracted coal panel during longwall face mining: A case study. *Energy Science & Engineering*. <https://doi.org/10.1002/ese3.553>.

Shanxi China National Coal Pingshuo Antaibao Coal Co Ltd. Analysis on the structural characteristics of the No.3 Jingong Mine in Pingshuo Mining Area, Shuozhou City, Shanxi Province. CNKI: SUN: ZGMT.0.2019-12-006.

Tien Dung Le, Xuan Nam Bui (2019). Status and prospects of underground coal mining technology in Vietnam. *Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 44(2): 104-110.