

TẠP CHÍ



ISSN 2615 - 9910

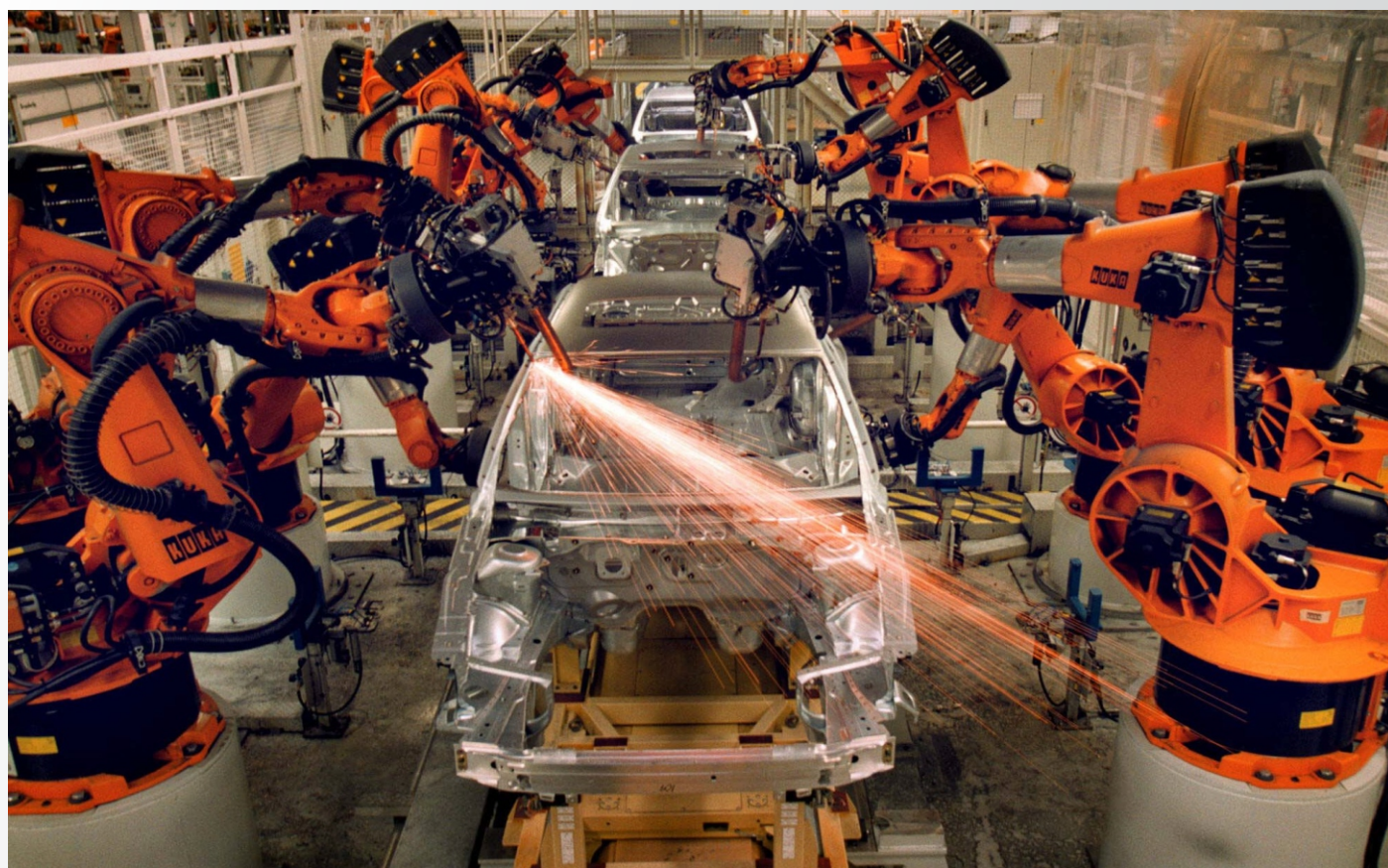
# CƠ KHÍ

## VIỆT NAM

VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

• [cokhivietnam.vn](http://cokhivietnam.vn) / [tapchicokhi.com.vn](http://tapchicokhi.com.vn)



- ❖ Thiết kế rotor dạng cánh thẳng cho tuabin gió trục ngang công suất nhỏ
- ❖ Một số biện pháp công nghệ chế tạo bộ truyền vít me đai ốc bi của máy công cụ CNC
- ❖ Phát triển thuật toán nâng cao điều khiển vị trí trong hệ thống chính xác

SỐ 10

năm 2021



## XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỒI QUY ĐÁNH GIÁ ĐỘ BỀN MÒN RĂNG CẮT MÁY KHẤU THAN DÙNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

BUILDING REGRESSION MODEL TO EVALUATE THE WEARING DURABILITY OF CUTTING TEETH OF THE SHEARER USED IN UNDERGROUND COAL MINING IN QUANG NINH AREA

ThS. **Phạm Văn Tiến**, PGS, TS. **Triệu Hùng Trường**, ThS. **Đoàn Văn Giáp**  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

### TÓM TẮT

*Trong quá trình làm việc, răng cắt của máy khâu than hoạt động dưới lực nén và lực uốn lớn trong điều kiện tải trọng thay đổi liên tục. Vì thế, nó là chi tiết thường xuyên hỏng hóc. Răng cắt chế tạo trong nước có giá thành rẻ hơn, tuy nhiên tuổi thọ rất thấp so với răng cắt nhập ngoại, vì vậy khiến cho giá thành sản xuất than tăng lên. Cũng vì thế, răng cắt trong nước ít được các nhà sử dụng lựa chọn. Điều này là do ở Việt nam còn thiếu nghiên cứu đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến răng cắt trong quá trình làm việc. Việc chế tạo răng cắt ở trong nước còn hạn chế và manh mún, chỉ chế tạo theo mẫu mà không dựa trên các nghiên cứu hay đánh giá đáng tin cậy. Bài báo hướng tới xây dựng mô hình hồi quy đánh giá độ bền mòn răng cắt máy khâu than dùng trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh, bằng cách nghiên cứu ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố tác dụng lên răng cắt, từ đó đưa ra bộ thông số phù hợp trong các điều kiện làm việc cụ thể của răng cắt.*

**Từ khóa:** Răng cắt; Đất đá; Máy khâu than; Taguchi; Độ kiên cố.

### ABSTRACT

*During the working process, the cutting teeth of the coal shearer operate under large compression and bending forces under continuously changing load conditions. Therefore, it is a part that often fails. Domestic-made cutting teeth of coal shearer are cheaper, but the life expectancy is very low compared to imported cutting teeth, so the cost of coal production increases. Therefore, domestic cutting teeth are rarely chosen by users. This is because in Vietnam, there is still a lack of study to evaluate the factors affecting the cutting teeth during the working process. The production of cutting teeth in the country is limited and fragmented, only made according to samples, not based on reliable study or evaluation. The article aims to build a regression model to evaluate the wear resistance of coal cutter teeth used in underground coal mining in Quang Ninh region by studying the combined effects of factors acting on the cutting teeth. From there, a suitable set of parameters is given in the specific working conditions of the cutting teeth.*

**Keywords:** Cutting teeth; Rock; Coal shearer; Taguchi; Solidity.



## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở các nước có ngành công nghiệp khai thác than phát triển như Trung Quốc, Nga, Ba Lan... để khai thác than bằng phương pháp hầm lò, phổ biến hơn cả là sử dụng máy khâu than cùng với hai tang khâu [1, 3, 4, 5]. Trên tang khâu có bố trí răng cắt để bóc tách than khỏi nguyên khối. Trong quá trình làm việc, răng cắt hoạt động dưới lực nén và lực uốn lớn với điều kiện tải trọng thay đổi liên tục. Vì thế, nó là chi tiết thường xuyên hỏng hóc nhất.

Theo một số nghiên cứu ở một số mỏ than của Nga, khi trong vỉa xuất hiện đất đá kẹp thì lượng tiêu thụ răng cắt tăng đột biến [2]. Khi răng cắt làm việc trong vỉa than có độ dày 1,8m, độ kiên cố của than  $f = 1-1,5$  có 21% cát kết có độ cứng  $f = 4-5$  thì lượng tiêu thụ răng cắt riêng đã tăng lên hơn 90 lần so với điều kiện địa chất tương tự không có đất đá kẹp.

Theo ghi chép ở mỏ than Hà Lâm và một số mỏ khác, lượng răng cắt tiêu thụ răng cắt so với các mỏ than của Nga [2] có điều kiện địa chất tương tự thường cao hơn 2,5 lần. Điều này là do ở Việt Nam còn thiếu nghiên cứu đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến răng cắt trong quá trình làm việc. Vì vậy, việc nghiên cứu để đưa ra các thông số hợp lý của răng cắt, tang khâu cũng như chế độ cắt sẽ giúp tăng tuổi thọ làm việc của răng, giảm chi phí trong sản xuất.

Có thể nói rằng, độ bền của răng cắt được xác định thông qua lực cắt trên răng cắt. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, khi lực cắt tăng lên thì tốc độ mài mòn và gãy răng do quá tải cũng tăng. Vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá độ bền mòn của răng cắt khi thay đổi các thông số của răng được xem là đánh giá sự thay đổi của lực cắt. Cũng theo các nghiên cứu này [2,

3, 4, 5, 6] đã chứng minh góc cắt, chiều sâu cắt, khoảng cách của hai đường cắt cạnh nhau và vận tốc cắt của răng cắt có sự ảnh hưởng lớn tới lực tác dụng lên răng cắt. Tuy nhiên, những nghiên cứu này chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của từng yếu tố tới lực cắt mà chưa có nghiên cứu ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố tác dụng lên răng cắt.

Sau một thời gian nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy rằng để tăng tuổi thọ của răng cắt cần phải đánh giá tổng hợp các yếu tố tác dụng lên răng cắt. Để thực hiện được mục tiêu này, nhóm tác giả đã sử dụng phương án nghiên cứu thực nghiệm kết hợp với phương pháp quy hoạch thực nghiệm hợp lý để nghiên cứu.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Lựa chọn hàm mục tiêu

Từ cơ chế phá hủy đất đá bằng răng cắt [2], ta thấy rằng ứng suất tiếp xúc trên răng cắt sẽ giảm dần từ đỉnh của hợp kim cứng đến hết phần tiếp xúc của đất đá đến răng cắt. Cùng sự phân tích cấu tạo và vật liệu làm răng cắt, ta nhận thấy rằng với vật liệu đầu răng thường làm bằng hợp kim cứng có độ cứng cao ( $\geq 70$  HRC), vật liệu làm thân răng thường làm 40X, 30XM, 40XM,... có độ cứng đến 54 HRC, thấp hơn nhiều so với đầu hợp kim cứng, tuy nhiên áp suất tiếp xúc giữa nó với đất đá vẫn rất lớn. Như vậy, dễ dàng nhận thấy vùng dễ tổn thương nhất là vùng kim loại bao xung quanh hợp kim cứng.



Hình 1. Các dạng hỏng của răng cắt



Để đánh giá cường độ mài mòn của răng cắt, ta có thể đánh giá thông qua cường độ mòn đường thẳng, cường độ mòn thể tích:

- Cường độ mòn đường thẳng:

$$I = \frac{h_m}{S_{ms}}, \text{ mm/km} \quad (1)$$

Trong đó:  $S_{ms}$  - Quãng đường ma sát, km;  $h_m$  - Chiều cao mòn, mm.

$$h_m = \frac{V_m}{a_m + b_m}$$

Với:  $V_m$  - Thể tích mài mòn,  $\text{mm}^3$ ;  $a_m$ ,  $b_m$  - Chiều dài và chiều rộng mòn, mm.

- Cường độ mòn thể tích:

$$I_n = \frac{G_0 - G_1}{G_0}, \% \quad (2)$$

Trong đó:  $G_0$  - Khối lượng răng cắt khi chưa sử dụng;  $G_1$  - Khối lượng răng cắt đã sử dụng.

Trong bài báo này, hàm mục tiêu được sử dụng là cường độ mòn thể tích (2).

## 2.2. Lựa chọn thông số đầu vào

Hồng răng cắt là quá trình phức tạp diễn

ra trước đó, nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố và có thể chia làm hai nhóm sau [2, 3, 4]:

- Yếu tố chủ quan bao gồm các thông số kỹ thuật [2, 4]: Chiều sâu cắt, khoảng cách của hai đường cắt cạnh nhau (bước cắt), góc cắt và vận tốc cắt của răng cắt,...

- Yếu tố khách quan bao gồm các thông số và tính chất của via than: Chiều dài, chiều dày, chiều rộng khâu, cường độ kháng cắt trung bình (than và đất đá kẹp), độ ẩm trong via,...

Từ phân tích trên, ta cũng chọn góc cắt, chiều sâu cắt, khoảng cách của hai đường cắt cạnh nhau và vận tốc cắt của răng cắt là những thông số đầu vào cho thực nghiệm để đánh giá độ bền mòn của răng cắt máy khâu than.

Bảng 1. Các thông số và giá trị đầu vào:

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị theo mức độ của các yếu tố				
			1	2	3	4	5
Góc cắt	$\theta$	Độ	45	50	55	60	65
Chiều sâu cắt	h	mm	30	35	40	45	50
Bước cắt	s	mm	28	36	42	48	54
Vận tốc cắt	v	m/s	1	1.5	2	2.5	3

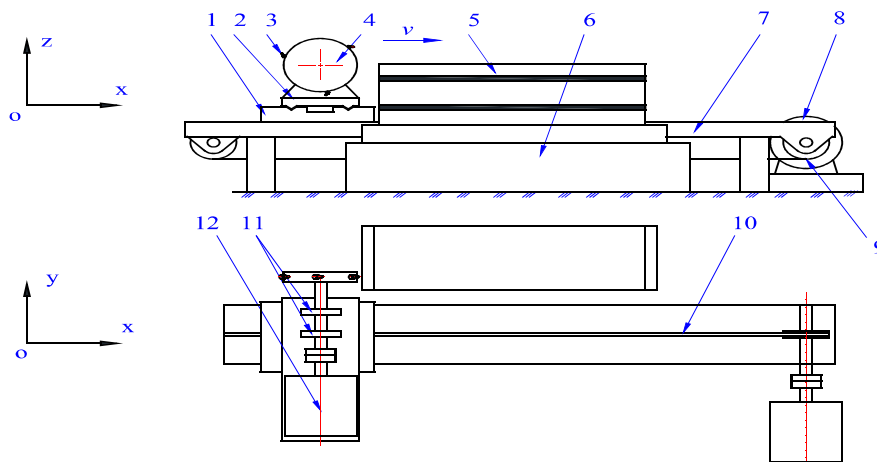
Sau khi lựa chọn đầu vào cho thực nghiệm, ta xây dựng mạng trục giao L25 như trong bảng 2.

Bảng 2. Thiết kế thực nghiệm Taguchi [6] với mảng trực giao L25:

Thí nghiệm	A (θ)	B (h)	C (s)	D (v)	Thí nghiệm	A (θ)	B (h)	C (s)	D (v)
1	45	30	28	1	14	55	45	36	2
2	45	35	36	1.5	15	55	50	36	2.5
3	45	40	42	2	16	60	30	48	1.5
4	45	45	48	2.5	17	60	35	54	2
5	45	50	54	3	18	60	40	28	2.5
6	50	30	36	2	19	60	45	36	3
7	50	35	42	2.5	20	60	50	42	1
8	50	40	48	3	21	65	30	54	2.5
9	50	45	54	1	22	65	35	28	3
10	50	50	28	1.5	23	65	40	36	1
11	55	30	42	3	24	65	45	42	1.5
12	55	35	48	1	25	65	50	48	2
13	55	40	54	1.5					

### 2.3. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm

Sau khi kiểm tra các đồng hồ và dụng cụ đo đảm bảo chúng hoạt động tốt, sau đó đóng điện cho động cơ 12 chạy không tải, tiếp theo dẫn động cho thân máy trên 1 qua xích kéo 10 bản máy trên chuyển động từ trái sang phải cắt khối vật mẫu, sau khi đi hết hành trình, di chuyển máy về vị trí ban đầu, tháo răng cắt khỏi đĩa cắt, cân đo xác định lượng mòn, tiếp theo cài đặt các thông số khác để tiến hành thí nghiệm các mẫu răng tiếp theo.



Hình 2. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm:

- 1 – Thân máy trên; 2 – Thanh dẫn hướng; 3 – Răng cắt; 4 – Đĩa cắt; 5 – Mẫu; 6 – Bàn cắt; 7 – Thân máy dưới; 8 – Động cơ dẫn động di chuyển; 9 – Bộ chuyển xích; 10 – Xích di chuyển; 11 – Gối đỡ; 12 – Động cơ dẫn động đĩa cắt.



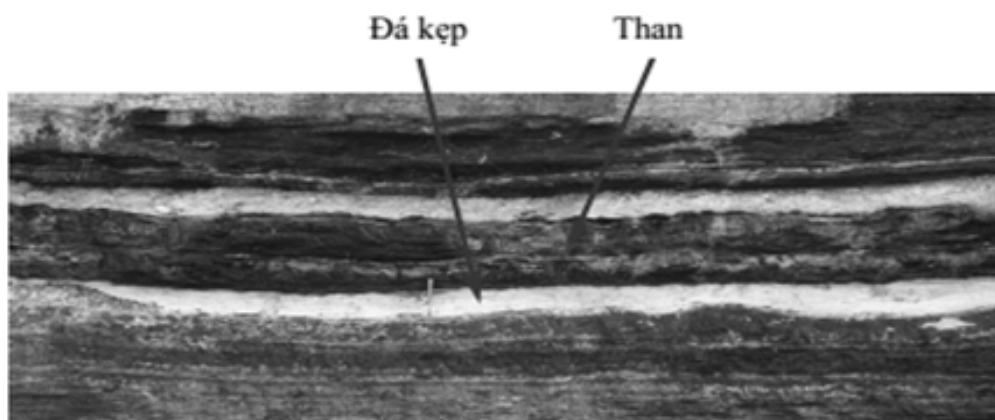
## 2.4. Lựa chọn mẫu thí nghiệm

Như đã đề cập ở trên, lượng tiêu thụ răng cắt tăng nhanh khi trong vỉa có đá kẹp có độ kiên cố cao và để thuận tiện cho nghiên cứu, ta nghiên cứu chế tạo mẫu cắt có tính chất tương đương với đặc tính của vỉa được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Thuộc tính của vỉa than điển hình ở vùng Quảng Ninh:

Khu vực	Vỉa than	Tính chất của vỉa than
Nam Mẫu	V6, V6a, V7	Chiều dày vỉa 4,8 ÷ 7,62m, độ kiên cố than $f = 1,5$ , độ kiên cố của đất đá kẹp $f = 2-6$
Mạo Khê	V9b, V9, V7, V6	Chiều dày vỉa 2,69 ÷ 4,75 m, độ kiên cố than $f = 1,5$ , lớp đá kẹp dày trung bình 0,3 m. Độ kiên cố của đất đá kẹp $f = 2÷7$
Vàng Danh	V4, V5, V6, V7, V8	Chiều dày vỉa 1,67 ÷ 8,35 m, trung bình 3,76 m, có từ 1 ÷ 8 lớp đá. Chiều dày trung bình 0,76m. Độ kiên cố của đất đá kẹp $f = 2÷7$
Yên Tử	V7, V6a, V6, V5, V4	Chiều dày vỉa 2,22 ÷ 9,46m, trung bình 4,46m, có từ 1 ÷ 8 lớp đá. Chiều dày 0,36 ÷ 0,5 m. Độ kiên cố của đất đá kẹp $f = 3÷7$
Hà Lâm	"Giant" № 42	Chiều dày vỉa 0,8 ÷ 6,75m, trung bình 3,76 m, có từ 1 ÷ 8 lớp đá. Chiều dày trung bình 1,21 m. Độ kiên cố của đất đá kẹp $f = 4÷7$

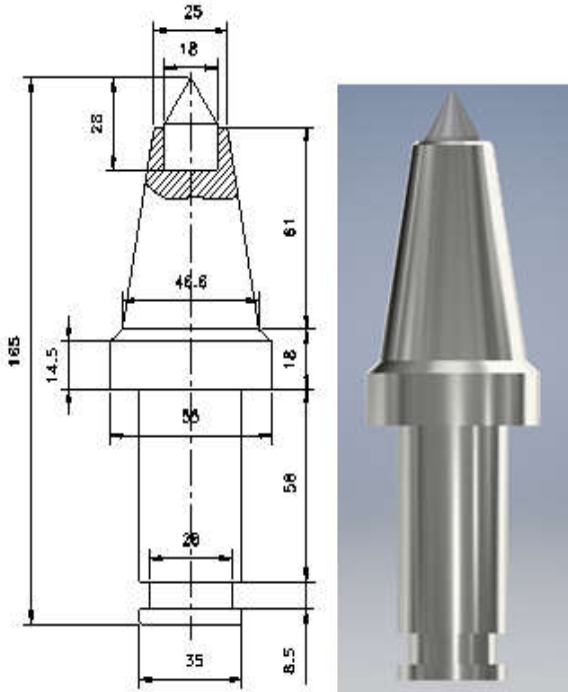
Cấu tạo địa chất của vỉa than các khu vực trên tương đối phức tạp, trong vỉa thường có đá kẹp. Đá kẹp có trong địa tầng chứa than của vỉa chủ yếu gồm: Cát kết, bột kết, sét kết và sét than.



Hình 3. Cấu tạo vỉa than vùng Quảng Ninh

**Răng cắt thí nghiệm:**

- Kiểu răng: răng cắt tiếp tuyến;
- Kết cấu: Như hình vẽ dưới đây.



Hình 4. Răng cắt thí nghiệm

Kết cấu răng cắt gồm hai phần chính:

- Phần thân răng: Vật liệu chế tạo là thép các bon hợp kim 40X, có giới hạn bền  $\delta_b = 980$  MPa; giới hạn chảy  $\delta_{ch} = 785$  MPa; giới hạn bền nén  $\delta_n = 500$  MPa; khối lượng riêng 7,85 g/cm<sup>3</sup>.

- Phần đầu răng cắt: vật liệu chế tạo là hợp kim cứng nhóm WC (WC08, BK8), có giới hạn bền  $\delta_b = 1600$  MPa.

**2.5. Kết quả thí nghiệm**

Từ thực nghiệm và lý thuyết đã chứng minh rằng, độ bền mòn được xem là chỉ tiêu

quan trọng nhất trong đánh giá độ bền của răng cắt. Vì vậy, kết quả thu được sau đây có ý nghĩa rất quan trọng trong việc đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố tới tuổi thọ của răng [6]. Các kết quả thu được từ các thí nghiệm cắt đã được thể hiện trong Bảng 4. Trong phương pháp Taguchi, hàm tổn thất được chuyển đổi thành các tỷ lệ tín hiệu thành nhiễu (S/N) được sử dụng để đo đặc tính chất lượng lệch khỏi các giá trị mong muốn. Vì các giá trị nhỏ nhất của lượng mòn được ưu tiên trong quá trình cắt, do đó đặc tính chất lượng yêu cầu đạt càng nhỏ càng tốt được ưu tiên trong nghiên cứu này. Tỷ lệ S/N được đưa ra như Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm:

Thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm	Thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm	Thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm
	$I_h, \%$		$I_h, \%$		$I_h, \%$
1	0.120	10	0.159	18	0.131
2	0.145	11	0.139	19	0.197
3	0.172	12	0.122	20	0.161
4	0.243	13	0.142	21	0.131
5	0.274	14	0.141	22	0.181
6	0.135	15	0.184	23	0.128
7	0.196	16	0.115	24	0.174
8	0.237	17	0.132	25	0.19
9	0.178				

**2.6. Xây dựng mô hình hồi quy**

Trong nghiên cứu này, hàm toán học thể hiện quan hệ của thông số quá trình cắt đến cường độ mòn, cho phép dự đoán giá trị mong muốn dựa trên thông số cắt nằm trong khoảng cho phép. Trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp tối ưu đa mục tiêu bằng MRWSN, hàm hồi quy dạng đa thức có tính đến tương tác giữa các thông số cắt theo lý thuyết bởi Gauri [52].



Sau quá trình tính toán quy đổi, ta thu được hệ phương trình dạng chính tắc sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n Y_i = a_1 \sum_{i=1}^n 1 + a_2 \sum_{i=1}^n x_{1i} + \dots + a_{15} \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{3i} x_{4i} + a_{16} \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} x_{3i} x_{4i} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} Y_i = a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + \dots + a_{15} \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} x_{3i} x_{4i} + a_{16} \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i} x_{3i} x_{4i} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} x_{3i} x_{4i} Y_i = a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} x_{3i} x_{4i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i} x_{3i} x_{4i} + \dots + a_{15} \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i}^2 x_{3i}^2 x_{4i}^2 + a_{16} \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 x_{2i}^2 x_{3i}^2 x_{4i}^2 \end{array} \right. \quad (3)$$

Trong đó: Y - Hàm số biểu diễn tính chất đầu ra được xem xét (lực cản cắt, cường độ mòn);  $a_1, a_2, \dots, a_{16}$  - Các hệ số của phương trình;

$x_1, x_2, x_3, x_4$  - Các biến thực nghiệm (các yếu tố ảnh hưởng tới độ bền mòn đầu răng cắt).

Giải hệ phương trình (3) với các biến là  $a_1, a_2, \dots, a_{16}$  của phương trình toán học bằng thuật Newton - Raphson trên phần mềm thống kê Minitab. Trên cơ sở đó, xây dựng phương trình toán học biểu diễn mối quan hệ của thông số nghiên cứu (góc cắt, chiều sâu cắt, bước cắt, vận tốc cắt) với tính chất đầu ra được xác định (cường độ mòn thể tích).

Tuy nhiên, theo lý thuyết về hồi quy thực nghiệm, mỗi mô hình thực nghiệm có thể phù hợp nhất với một loại hàm hồi quy xác định tùy theo sự phân bố kết quả thực nghiệm. Vì vậy, lựa chọn được một mô hình toán học phù hợp là rất quan trọng bởi nó cho phép dự đoán và cho kết quả có độ tin cậy cao. Thông thường, để đánh giá sự phù hợp của hàm hồi quy được

xác định thông qua chỉ số  $R^2$  (Hệ số xác định của hàm) và  $R_{adj}^2$  (Hệ số xác định điều chỉnh của hàm). Nếu các giá trị này càng gần với 1 thì độ tin cậy của hàm càng cao và độ lệch của  $R^2$  và  $R_{adj}^2$  không quá 0,2.

Giá trị của  $R^2$  và  $R_{adj}^2$  được xác định để chứng tỏ sự phù hợp của mô hình toán học tìm được.

$$R^2 = 1 - \frac{SSR}{SST} \quad (4)$$

$$R_{adj}^2 = 1 - \left( \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \right) \quad (5)$$

Trong đó:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_{itb})^2 \quad (6)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{itb})^2 \quad (7)$$



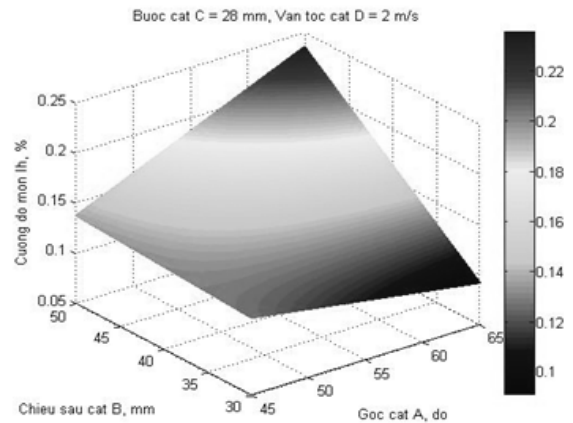
Trong đó:  $y_i$  - Giá trị đo của thí nghiệm thứ  $i$ ;  $\bar{y}_i$  - Giá trị của thí nghiệm thứ  $i$ ;  $y_{ib}$  - Giá trị trung bình của các kết quả đo của thí nghiệm; SSR - Tổng bình phương tất cả các phần dư; SST - Tổng bình phương tất cả các sai lệch;  $n$  - Số lượng các hệ số;  $k$  - Số các quan sát trong tập dữ liệu.

Mô hình hồi quy tuyến tính đã được xây dựng để dự đoán mối quan hệ giữa các biến phụ thuộc của cường độ mòn thể tích từ các biến độc lập như chiều sâu cắt, góc cắt, bước cắt và tốc độ cắt. Phương trình (8) mô hình hóa cường độ mòn thể tích đã thu được bằng sử dụng phần mềm thống kê Minitab. Mô hình hồi quy dạng đa thức của cường độ mòn thể tích:

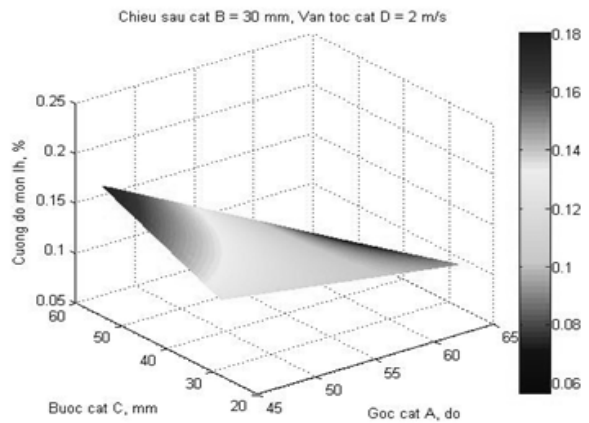
$$I_h = 4.61833 - 0.0853666*A - 0.116005*B - 0.091763*C - 1.87565*D + 0.00229*A*B + 0.00169*A*C + 0.034102*A*D + 0.002526*B*C + 0.042443*B*D + 0.04185*C*D - 0.00005*A*B*C - 0.000809*A*B*D - 0.000967*B*C*D - 0.000749*A*C*D + 0.000018*A*B*C*D$$

Trả lại biến ban đầu cho phương trình trên, ta được (8):  $I_h = 4.61833 - 0.0853666*\theta - 0.116005*h - 0.091763*s - 1.87565*v + 0.00229*\theta*h + 0.00169*\theta*s + 0.034102*\theta*v + 0.002526*h*s + 0.042443*h*v + 0.04185*s*v - 0.00005*\theta*h*s - 0.000809*\theta*h*v - 0.000967*h*s*v - 0.000749*\theta*s*v + 0.000018*\theta*h*s*v$  (8)

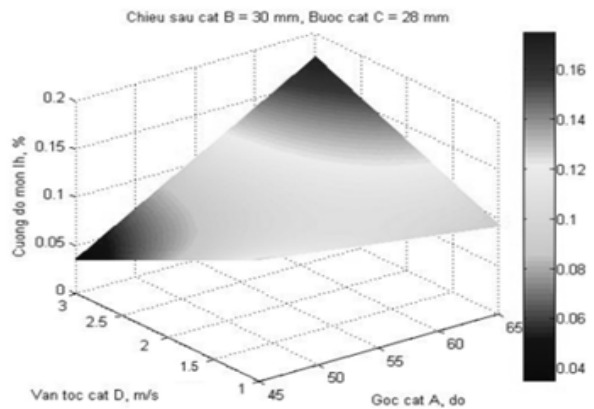
Trong đó:  $I_h$  là cường độ mòn thể tích;  $\theta$ ,  $h$ ,  $s$ ,  $v$  - Góc cắt, chiều sâu cắt, bước cắt, tốc độ cắt. Từ phương trình (8), sử dụng phần mềm Matlab vẽ đồ thị dạng 3D phản ánh ảnh hưởng của các yếu tố đến cường độ mòn thể tích của răng cắt như hình 7 đến hình 11.



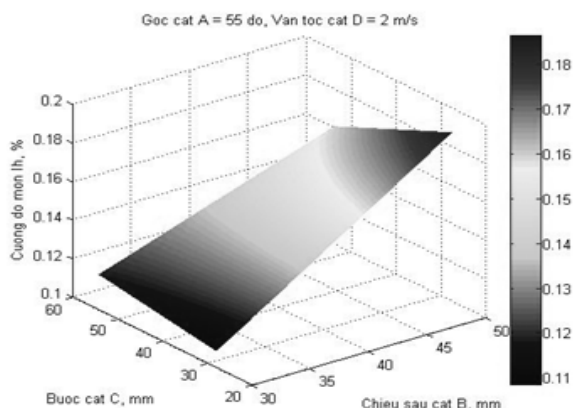
Hình 5. Sự ảnh hưởng của góc cắt, chiều sâu cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt



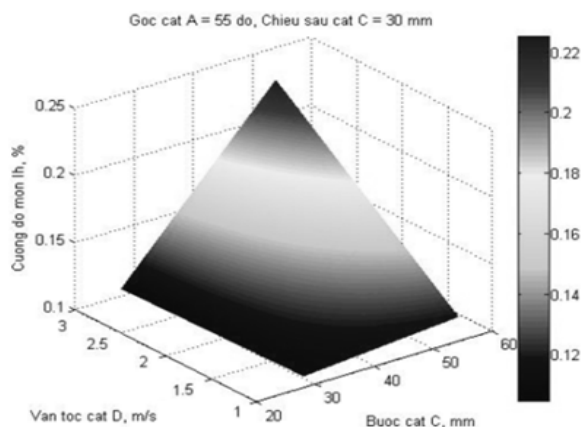
Hình 6. Sự ảnh hưởng của góc cắt, bước cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt



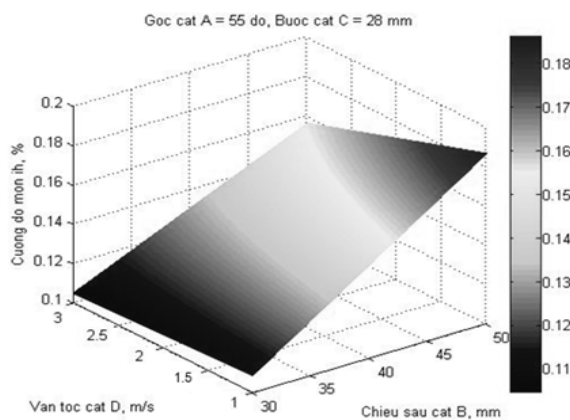
Hình 7. Sự ảnh hưởng của góc cắt, vận tốc cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt



Hình 8. Sự ảnh hưởng của chiều sâu cắt, bước cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt



Hình 9. Sự ảnh hưởng của bước cắt, vận tốc cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt



Hình 10. Sự ảnh hưởng của chiều sâu, vận tốc cắt tới cường độ mòn đầu răng cắt

Từ đồ thị Hình 5 cho thấy, cường độ mài mòn tăng khi chiều sâu cắt tăng và góc cắt giảm. Hiện tượng này có thể được giải thích như sau: khi chiều sâu cắt giảm thì phần thân răng tiếp xúc đất đá giảm xuống, đây là phần có độ cứng nhỏ hơn nhiều so với đầu hợp kim cứng, hơn nữa chiều sâu cắt giảm khiến cho áp lực lên bề mặt răng cắt tiếp xúc với đất đá giảm xuống, do đó cường độ mòn giảm. Khi tăng góc cắt dẫn đến mở rộng phần đất đá phía trước răng cắt bị nén chặt (lõi cứng) khi đó lõi cứng này là thành phần trung gian bao bọc lấy răng cắt truyền lực phá hủy sang đất đá, do đó làm độ mòn giảm xuống.

Từ đồ thị Hình 6 cho thấy, cường độ mài mòn nhỏ nhất khi bước cắt và góc cắt nhỏ nhất.

Từ đồ thị Hình 7 cho thấy, vận tốc cắt tăng làm cho cường độ mòn tăng nhanh, hiện tượng này có thể được giải thích như sau: vận tốc răng cắt tăng làm cho nhiệt độ cục bộ trên bề mặt răng cắt gây ra bởi ma sát giữa đất đá và bề mặt làm việc của răng cắt tăng nhanh nhưng chưa kịp khuếch tán vào thân răng, gây ảnh hưởng trầm trọng đến độ bền của lớp vật liệu bên ngoài này dẫn đến tốc độ mòn tăng nhanh. Từ đồ thị Hình 8 cho thấy, cường độ mài mòn tăng rất nhanh khi giảm bước cắt và tăng chiều sâu cắt, lúc này chế độ cắt chuyển sang cắt bao bọc. Vì vậy, khi thiết kế cần phải tối ưu tỉ lệ giữa chiều sâu cắt và bước cắt.

Từ đồ thị Hình 9 cho thấy, khi răng cắt làm việc với vận tốc 1 m/s thì bước cắt không ảnh hưởng nhiều đến cường độ mòn. Tương tự như vậy, khi bước cắt là 28 mm thì vận tốc cắt cũng cho thấy không có ảnh hưởng đáng kể tới cường độ mòn. Tuy nhiên, khi vận tốc và bước cắt tăng lên thì cường độ mòn tăng đột biến.

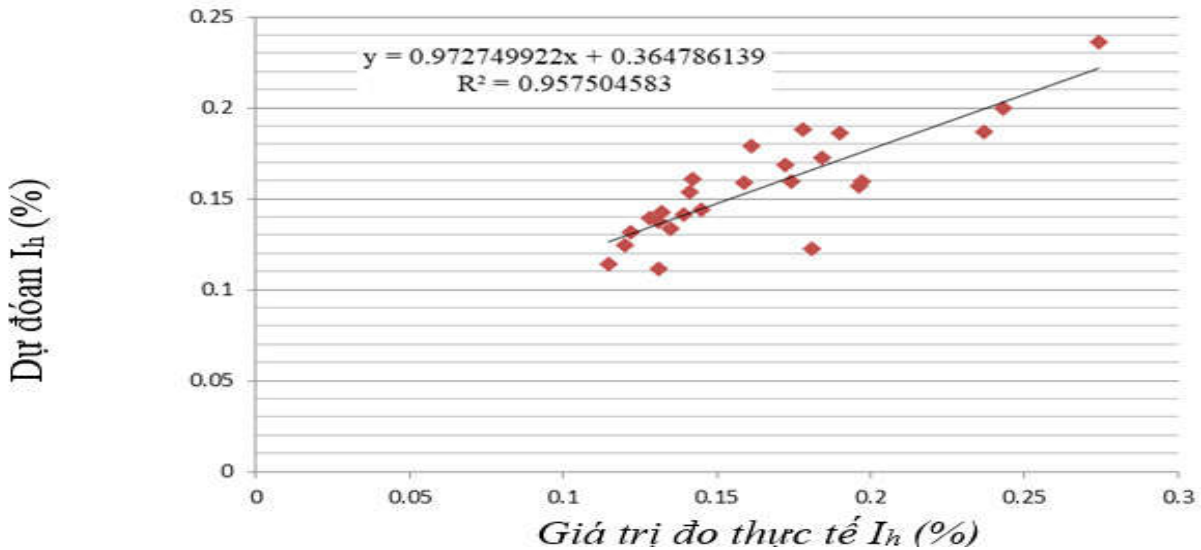
Trên đồ thị Hình 10 cho thấy, khi răng cắt làm việc với chiều sâu cắt 30 mm thì khi vận tốc cắt tăng gần như không ảnh hưởng nhiều đến cường độ mòn. Nhưng khi chiều sâu cắt tăng thì cường độ mòn cũng tăng nhanh đáng kể.

**2.7. Kiểm tra sự tương thích của mô hình hồi quy**

Kết quả kiểm đánh giá độ tin cậy của hàm hồi quy so với kết quả thí nghiệm cho thấy giá trị đo được trong thí nghiệm và dự đoán là khá tương đồng, chứng tỏ độ tin cậy của

phương trình hồi quy.

Các giá trị nhiễu phương sai của các biến độc lập trong hai mô hình này đều bằng 1, có nghĩa là không có vấn đề đa cộng tuyến trong các mô hình. Hệ số xác định ( $R^2$ ) của mô hình lần lượt là 0,958. Điều này cho thấy 95,8 phương sai trong  $I_h$  có thể được giải thích bằng các biến A, B, C và D. Các sai số chuẩn của ước tính là độ lệch chuẩn của sai số dự đoán. Việc phân tích phương sai của các mô hình hồi quy cho  $I_h$  cho giá trị p là 0,0000. Điều này có nghĩa là các mô hình dẫn xuất có ý nghĩa thống kê.



Hình 11. Đồ thị phản ánh mức độ tương thích của mô hình hồi quy (hệ số xác định  $R^2$ )

**3. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN**

Từ những nghiên cứu trên đây, tác giả đưa ra những nhận xét và kết luận sau:

-Khi sử dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi sẽ cho thuận lợi: Với số lượng thí nghiệm ít vẫn có thể đánh giá được ảnh hưởng của các thông số, chế độ làm việc của răng cắt như: góc cắt, độ sâu cắt, khoảng cách và tốc độ đến tuổi bền của răng cắt.

-Các thông số cắt được tối ưu hóa để giảm thiểu lượng mòn nhờ kết quả thu được dựa trên tỷ lệ S/N trung bình.

Sự kết hợp tham số để tối ưu cường độ mòn là: góc cắt  $55^\circ$ , chiều sâu cắt 30 mm, bước cắt 28 mm, và tốc độ cắt là 1 m/s.

- Kết quả thu được từ quy hoạch thực nghiệm Taguchi về cơ bản tương đồng với kết quả bằng các phương pháp của nghiên cứu

khác, cụ thể: Chiều sâu lớp cắt và vận tốc cắt càng tăng thì cường độ mòn càng tăng.

-Từ phân tích ANOVA, cho thấy rằng: đối với cường độ mòn, ba yếu tố đều có ý nghĩa thống kê với thứ tự quan trọng là góc cắt > chiều sâu cắt > tốc độ cắt. Bước cắt có ảnh hưởng ít nhất.

-Đã xây dựng được mô hình hồi quy dạng đa thức cho cường độ mòn thể tích như sau:

$$I_h = 4.61833 - 0.0853666*\theta - 0.116005*h - 0.091763*s - 1.87565*v + 0.00229*\theta*h + 0.00169*\theta*s + 0.034102*\theta*v + 0.002526*h*s + 0.042443*h*v + 0.04185*s*v - 0.00005*\theta*h*s - 0.000809*\theta*h*v - 0.000967*h*s*v - 0.000749*\theta*s*v + 0.000018*\theta*h*s*v$$

Trong đó:  $I_h$  là cường độ mòn thể tích;  $\theta$ ,  $h$ ,  $s$ ,  $v$  - Góc cắt, chiều sâu cắt, bước cắt, tốc độ cắt.

- Kết quả nghiên cứu có thể dùng trong việc tính toán thiết kế, lựa chọn răng cắt của máy khâu làm việc trong điều kiện khắc nghiệt nhưng vẫn thỏa mãn tiêu chí đảm bảo tuổi bền của răng cắt máy khâu dùng trong khai thác hầm lò ở Việt Nam. ❖

Ngày nhận bài: 25/8/2021

Ngày phản biện: 15/9/2021

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Quý Chiến, et al., 2015, “Phương pháp nghiệm bền răng cắt của bộ phận cắt trên máy khâu than dùng trong khai thác hầm lò vùng Quảng Ninh”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 26: Trang 21-25.
- [2]. Талеров М.П., 2012, Повышение эффективности применения поворотных резцов Проходческих комбайнов выбором рациональных геометрических параметров инструментов. дис. ... канд. техн. наук: Талеров Михаил Павлович. – СПб.
- [3]. Phạm Văn Tiến, Đoàn Văn Giáp, Nguyễn Khắc Lĩnh (2018), “Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam”, Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD, Hà nội 7-12-2018).
- [4]. Daolong Yang, et al., 2014, Yanxiang Wang Experimental and theoretical design for decreasing wear in conical picks in rotationdrilling cutting process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology: p 12.
- [5]. Đoàn Văn Giáp, Phạm Văn Tiến, Nguyễn Khắc Lĩnh, Bùi An Cảnh (2018), “Xác định tốc độ di chuyển hợp lý của máy khâu để tăng hiệu quả khai thác than trong điều kiện cường độ kháng cắt của vỉa than thay đổi.”, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất (tập 59, Kỳ 1, 2018), Trang 50-53.
- [6]. Wahyudin, et al., 2017, Application of Taguchi method and ANOVA in the optimization of dyeing process on cotton knit fabric to reduce redyeing process. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 109 (1): 012023.