

# ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC CẮT (V) VÀ CHIỀU SÂU CẮT (t) ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT (R<sub>a</sub>) KHI PHAY MẶT ARCHIMEDES TRÊN TRUNG TÂM CNC SUPER MC

THE EFFECT OF CUTTING VELOCITY (V) AND CUTTING DEPTH (t) ON SURFACE ROUGHNESS (R<sub>a</sub>) WHEN MILLING ARCHIMEDES SURFACE ON THE CNC SUPER MC CENTER

Nguyễn Huy Kiên<sup>1\*</sup>, Phạm Văn Đông<sup>1</sup>, Hoàng Xuân Thịnh<sup>1</sup>, Nguyễn Trường Giang<sup>1</sup>, Trần Trung Hiếu<sup>1</sup>, Nguyễn Quốc Dũng<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Mặt cong Archimedes có vai trò quan trọng trong chế tạo dụng cụ cắt, đặc biệt là dụng cụ gia công bánh răng. Ngày nay, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, việc gia công bề mặt Archimedes không chỉ sử dụng phương pháp gia công hớt lưng trên máy truyền thống mà còn sử dụng các phương pháp gia công hiện đại, điều khiển bằng kỹ thuật số như: cắt dây tia lửa điện, trung tâm gia công CNC... Bằng nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của vận tốc cắt (V) và chiều sâu cắt (t) đến độ nhám bề mặt (R<sub>a</sub>) khi phay mặt Archimedes răng dao phay bánh răng côn cong trên trung tâm CNC Super MC đã xây dựng được mối quan hệ toán học giữa các thông số, giúp các nhà công nghệ lựa chọn bộ thông số hợp lý, góp phần nâng cao chất lượng, năng suất, độ chính xác và giảm chi phí khi gia công bề mặt Archimedes.

**Từ khóa:** Chế độ cắt, độ nhám, Archimedes, trung tâm CNC Super MC, hớt lưng.

## ABSTRACT

Archimedes arches play an important role in the manufacture of cutting tools, especially cutting tools for machining gears. Today, along with the development of science and technology, machining of Archimedes surface not only using backed machining method on traditional machine but also uses modern, digital-controlled methods by a wire cutter or CNC Machining Center... By empirical research the effects of cutting velocity (V) and cutting depth (t) to surface roughness (R<sub>a</sub>) when milling the Archimedes' surface with curved knife cutters on the CNC Super MC Center, the results of the research have found the relationship between the parameters, enabling the technologists to select the appropriate set of parameters, contributing to the improvement of quality, productivity, accuracy and cost reduction when machining Archimedes' face.

**Keywords:** Cutting parameters, roughness, Archimedes, CNC Super MC milling machine, Reliving.

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Cao Đẳng Công nghiệp Thái Nguyên

\*Email: nguyenhuykien1981@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/8/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/10/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong chế tạo dụng cụ cắt bánh răng, đặc biệt là dụng cụ gia công bánh răng côn xoắn, bề mặt hớt lưng cần gia công là mặt Logarit, Archimedes,... Bề mặt hớt lưng của dụng cụ cắt tạo điều kiện thuận lợi cho việc gia công bánh răng, đồng thời còn nâng cao chất lượng bề mặt sườn răng của bánh răng gia công [1].

Bánh răng côn xoắn có nhiều loại [2] như: Klingelnberg, Oerlicon, Craven Brother, Gleason... Để gia công được các loại bánh răng trên phải có máy, thiết bị và dụng cụ cắt bánh răng phù hợp. Ở Việt Nam hiện nay, máy, thiết bị và các điều kiện khác chủ yếu chỉ đáp ứng được để gia công loại bánh răng côn cong hệ Gleason. Khi đó cần sử dụng dụng cụ gia công bánh răng có bề mặt hớt lưng Archimedes.

Bề mặt hớt lưng Archimedes có vai trò quan trọng đối với dụng cụ cắt bánh răng hệ Gleason. Mặt sau của răng dao (hình 1) là dạng mặt cong Archimedes. Độ nhám mặt sau của răng dao có ảnh hưởng lớn đến độ nhám sườn răng của bánh răng sau khi gia công, do đó việc giảm giá trị độ nhám mặt sau của răng dao là rất quan trọng, góp phần đảm bảo chất lượng bề mặt sườn răng của bánh răng.



Hình 1. Răng dao cắt bánh răng côn cong hệ Gleason

Theo kết quả đã công bố, các tác giả đã đánh giá được ảnh hưởng của thông số vận tốc cắt (V), bước tiến (S) và thông số bước tiến (S), chiều sâu cắt (t) đến độ nhám bề

mặt khi phay mặt cong Archimedes trên trung tâm CNC Super MC [3, 4]. Việc đánh giá được mức độ ảnh hưởng của thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi phay mặt cong Archimedes trên trung tâm CNC Super MC có ý nghĩa thực tiễn cao, giúp lựa chọn thông số chế độ cắt hợp lý để nâng cao chất lượng bề mặt sản phẩm. Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của vận tốc cắt ( $V$ ), chiều sâu cắt ( $t$ ) đến độ nhám bề mặt khi phay mặt cong Archimedes trên trung tâm CNC Super MC.

Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) với chế độ cắt ( $V, S, t$ ) thể hiện [5, 6] bởi công thức:  $R_a = C_p \cdot V^a \cdot S^b \cdot t^c$  (1)

Trong đó: +  $C_p$  là hằng số;

+  $a, b, c$  là các số mũ.

Để xác định hằng số  $C_p$  và các số mũ  $a, b, c$  nhóm tác giả sử dụng phương pháp thực nghiệm. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc ( $V$ ) và chiều sâu cắt ( $t$ ) đến độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) với bước tiến không đổi  $S = 250$  mm/phút.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Thiết bị thực nghiệm và vật liệu gia công

#### 2.1.1. Máy gia công và dụng cụ cắt

- Máy gia công: Sử dụng trung tâm CNC Super MC do Đài Loan sản xuất (hình 2).

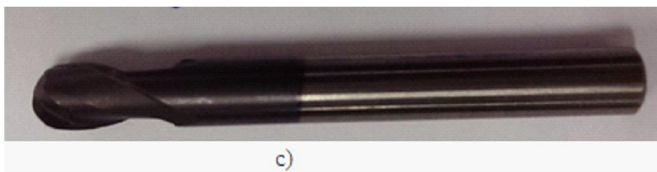


Hình 2. Trung tâm CNC Super MC



a)

b)



c)

Hình 3. Dụng cụ cắt dùng trong thực nghiệm

a) Dao phay thô, b) Mảnh chip dao cắt thô,  
c) Dao phay cầu dùng để cắt tinh

- Dụng cụ cắt (hình 3):

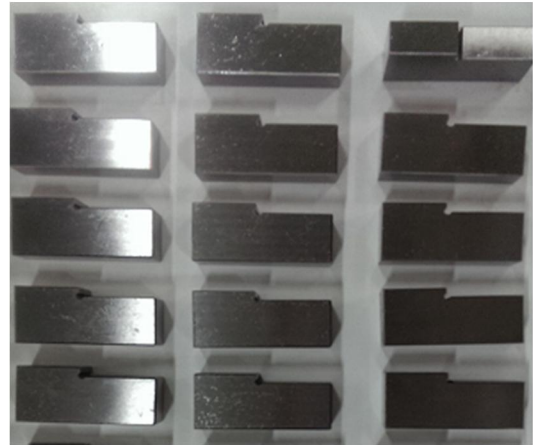
+ Phay thô bằng dao phay ngón  $D = 17$ mm, gắn 02 mảnh hợp kim cứng nhóm 3 các bit, phủ bề mặt; ký hiệu: APMT 1135 PDER M2, hãng Mitsubishi - Japan.

+ Phay tinh bằng dao phay cầu, bán kính  $r = 4$ mm, 2 lưỡi cắt liền, ký hiệu: J01055318, hãng NACHI - Japan.

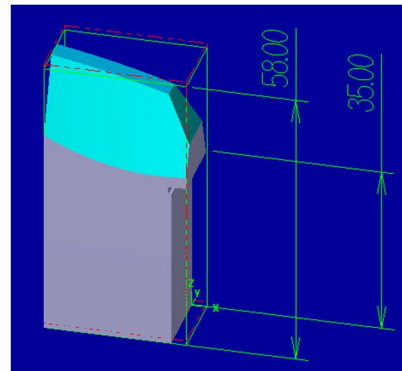
#### 2.1.2. Mẫu thí nghiệm và dung dịch trơn nguội

- Hình ảnh mẫu dùng để thực nghiệm thể hiện trên hình 4 và 5.

- Vật liệu gia công là thép gió P18, thành phần hóa học, tính chất cơ lý và độ cứng theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất.



Hình 4. Hình ảnh mẫu dùng trong thực nghiệm



Hình 5. Kích thước mẫu dùng trong thực nghiệm

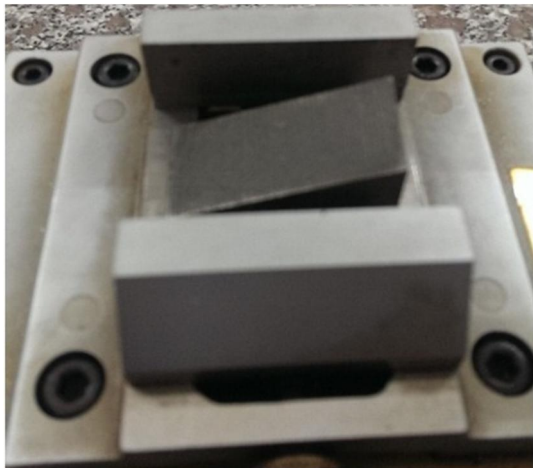


Hình 6. Máy độ nhám SJ-400

- Dung dịch tưới nguội: Emunxy 4%, tưới trực tiếp, lưu lượng 20 lít/phút.

**2.1.3. Thiết bị đo độ nhám**

- Máy đo độ nhám Mitutoyo SJ - 400 (hình 6). Hình ảnh gá mẫu trên máy đo độ nhám thể hiện trên hình 7.
- Đánh giá độ nhám theo chỉ tiêu  $R_a$ , tiêu chuẩn ISO; chiều dài đo: 4 mm, chia làm 5 khoảng; đầu đo kim cương, đo tiếp xúc; áp lực đo 0,75N; tốc độ 0,05mm/s.



a)



b)

Hình 7. Hình ảnh gá mẫu trên máy đo độ nhám  
a) Vị trí căn đệm trên bàn máy b) Hình ảnh đo độ nhám

**2.2. Phương pháp thực nghiệm**

Nghiên cứu được thực hiện bởi 05 thí nghiệm, với 15 mẫu thực nghiệm. Mỗi thí nghiệm thực hiện trên 03 mẫu.

Sử dụng phần mềm Solidworks để thiết kế chi tiết gia công, phần mềm MasterCAM Mill X5 để lập trình gia công phay thô, phay bán tinh và phay tinh, chế độ cắt khi phay tinh:  $50 \text{ (m/ph)} \leq V \leq 63 \text{ (m/ph)}$ ;  $0,2 \text{ mm} \leq t \leq 0,5 \text{ mm}$ ;  $S = 250 \text{ mm/ph}$ . Sau khi phay, chi tiết được đo, kiểm tra, đánh giá độ nhám, mỗi mẫu được đo ở 3 vị trí, mỗi thực nghiệm được đo trên 03 mẫu và lấy giá trị trung bình.

Ứng dụng quy hoạch thực nghiệm trực giao, phương pháp bình phương nhỏ nhất và phần mềm Matlab để xây dựng công thức toán học biểu thị mối quan hệ giữa vận tốc (V) và chiều sâu cắt (t) với độ nhám ( $R_a$ ).

**2.3. Số liệu thực nghiệm**

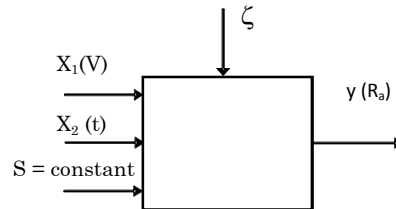
**2.3.1. Xác định dạng phương trình hồi quy và số lượng thí nghiệm**

Khi nghiên cứu mối quan hệ giữa chế độ cắt và độ nhám bề mặt chi tiết gia công với sử dụng quy hoạch thực nghiệm trực giao ta có phương trình hồi quy như sau [7, 8]:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_k X_k \tag{2}$$

**\* Số lượng thí nghiệm**

- Mối quan hệ giữa các thông số được mô tả theo sơ đồ hình 8.



Hình 8. Sơ đồ thể hiện mối quan hệ giữa thông số đầu vào và đầu ra + Thông số đầu vào  $X_i$ :

$X_1$ : Vận tốc cắt (m/ph)

$X_2$ : Chiều sâu cắt t (mm)

+ Thông số đầu ra bị điều khiển:

y: Độ nhám bề mặt  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ )

+ Thông số không điều khiển được:  $\zeta$  là biến ngẫu nhiên

- Số thí nghiệm được xác định [8] theo công thức:  $N = 2^k$

Với biến đầu vào  $k = 2$  có số thí nghiệm chính  $N = 2^2 = 4$ . Để nâng cao độ chính xác thực hiện cần có thêm 1 thí nghiệm ở tâm. Tổng số thí nghiệm  $N = 4 + 1 = 5$ .

**2.3.2. Chuẩn bị thực nghiệm**

**\* Thông số thực nghiệm**

Căn cứ vào thông số kỹ thuật của máy, phạm vi cho phép sử dụng chế độ cắt của dụng cụ cắt, vật liệu gia công... thông số chế độ cắt được chọn như sau:

+ Vận tốc cắt (V):  $50 \div 63 \text{ m/ph}$ .

+ Chiều sâu cắt (t):  $0,2 \div 0,5 \text{ mm}$ .

+ Bước tiến (S):  $250 \text{ mm/ph}$

Thông số chế độ cắt dùng cho thực nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số chế độ cắt dùng cho thực nghiệm

Thông số	Vận tốc cắt V (m/ph)	Chiều sâu cắt t (mm)	Bước tiến dao S (mm/ph)
Giá trị min	50	0,2	250
Giá trị max	63	0,5	

Mối quan hệ giữa độ nhám và chế độ cắt thể hiện qua công thức:  $R_a = C_p \cdot V^a \cdot S^b \cdot t^c$

Với giá trị  $S = \text{constant}$  mối quan hệ đó được biểu thị bằng công thức:

$$R_a = C_p \cdot V^a \cdot t^c \tag{3}$$



Logarit cơ số e phương trình (3) ta được:

$$\ln(R_a) = \ln(C_p) + a_1 \ln(V) + a_2 \ln(t) \quad (4)$$

Đặt  $y = \ln(R_a)$ ;  $a_0 = \ln(C_p)$ ;  $a_1 = a$ ;  $a_2 = c$ ;  $x_1 = \ln(V)$ ;  $x_2 = \ln(t)$ ;

Ta được:  $y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$

Mức trên là  $x_i^{(t)}$  ta có:  $x_i^{(t)} = \ln x_{i \max}$ ;

Mức dưới là  $x_i^{(d)}$ :  $x_i^{(d)} = \ln x_{i \min}$ ;

Mức cơ sở là  $x_i^{(0)}$ :  $x_i^{(0)} = \frac{1}{2}(\ln x_{i \max} + \ln x_{i \min})$ ;

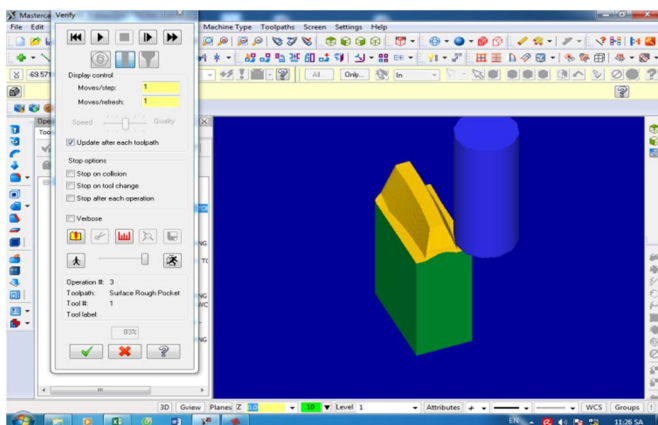
Giá trị logarit các thông số đầu vào dùng để thực nghiệm được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Giá trị logarit các thông số đầu vào

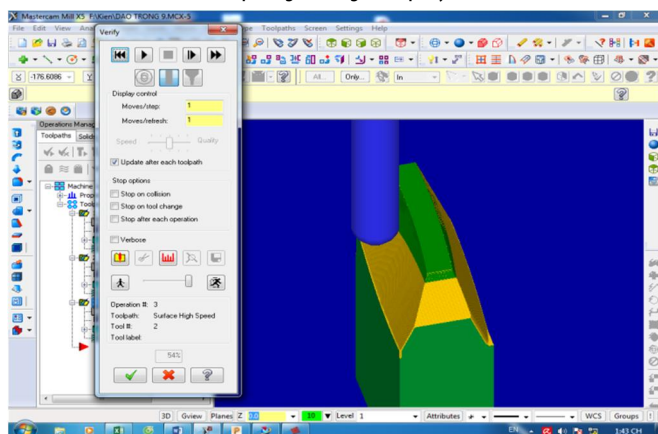
Các yếu tố	$x_1$	$x_2$
Mức trên	3,91202	-1,60943
Mức dưới	4,14313	-0,69314
Mức cơ sở	4,02535	-1,13943

**\* Chạy mô phỏng**

Sau khi thiết kế răng dao phay bánh răng côn cong loại 9" hệ Gleason, sử dụng phần mềm MasterCAM Mill X5 để lập trình và chạy mô phỏng. Hình ảnh mô phỏng quá trình phay được thể hiện trên hình 9, chi tiết sau khi gia công thể hiện trên hình 10.



a) Mô phỏng chương trình phay thô



b) Mô phỏng chương trình phay tinh

Hình 9. Hình ảnh mô phỏng chương trình phay mặt Archimedes



Hình 10. Răng dao phay bánh răng côn cong sau khi gia công

**2.4. Kết quả thực nghiệm**

Chuyển các biến từ tự nhiên sang các biến mã hóa không thứ nguyên. Với thực nghiệm 2 biến đầu vào thay đổi (V, t) tiến hành làm 4 thí nghiệm tại các đỉnh đơn hình đều và 1 thí nghiệm ở tâm; sau khi gia công, tiến hành đo độ nhám trên máy Mitutoyo SJ - 400. Kết quả đo độ nhám được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo độ nhám

TN	Biến mã hóa		Biến thực		Mẫu số	$R_a$ ( $\mu m$ )	Giá trị trung bình $R_{att}$ ( $\mu m$ )
	$x_1$	$x_2$	V (m/ph)	t (mm)			
1	-1	-1	50	0,2	1	1,90	1,58
					2	1,44	
					3	1,39	
2	+1	-1	63	0,2	4	0,85	0,98
					5	1,05	
					6	1,04	
3	-1	+1	50	0,5	7	2,98	2,82
					8	2,74	
					9	2,74	
4	+1	+1	63	0,5	10	1,55	1,67
					11	1,63	
					12	1,82	
5	0	0	56	0,32	13	1,82	1,76
					14	1,84	
					15	1,63	

**2.4.1. Quy hoạch thực nghiệm**

Theo phương pháp bình phương nhỏ nhất ta có hàm hồi quy thực nghiệm tổng quát:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_k x_k$$

Xác định  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$  sao cho S đạt giá trị nhỏ nhất:

$$S^2 = \sum_{i=1}^{i=k} [y_i - y_i']^2 \quad (5)$$

Các giá trị  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$  là các hệ số tương ứng của ma trận [A]:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \text{ với } [X] \cdot [A] = [Y] \quad (6)$$

- Ma trận thông số đầu vào [X] là logarit cơ số e các giá trị V, t sử dụng trong thí nghiệm.

- Ma trận thông số đầu ra [Y] có các hệ số là logarit cơ số e các giá trị độ nhám đo được trên các mẫu thí nghiệm.

Nhân hai vế của (6) với ma trận chuyển vị  $X^T$  của ma trận X:  $[X]^T \cdot [X] \cdot [A] = [X]^T \cdot [Y]$

Đặt  $[M] = [X]^T \cdot [X]$  ta có:  $[M] \cdot [A] = [X]^T \cdot [Y]$

Giả sử  $\det(M) \neq 0$  thì [M] là ma trận khả nghịch, ta có:

$$[A] = [M]^{-1} \cdot [X]^T \cdot [Y] \quad (7)$$

Logarit cơ số e các giá trị V, t và  $R_a$  ta được kết quả thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính logarit các thông số thí nghiệm

TN	Biến mã hóa		Biến thực		$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	ln(V)		ln(t)		ln( $R_a$ )
	$x_1$	$x_2$	V (m/ph)	t (mm)		$x_1$	$x_2$	$y$		
1	-1	-1	50	0,2	1,58	3,91202	-1,60943	0,45531		
2	+1	-1	63	0,2	0,98	4,14313	-1,60943	-0,02020		
3	-1	+1	50	0,5	2,82	3,91202	-0,69314	1,03674		
4	+1	+1	63	0,5	1,67	4,14313	-0,69314	0,51083		
5	0	0	56	0,32	1,76	4,02535	-1,13943	0,56531		

Từ bảng 4 và phương trình hồi quy thực nghiệm (2) ta có:

$$[X] = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow X = \begin{bmatrix} 1 & 3,91202 & -1,60943 \\ 1 & 4,14313 & -1,60943 \\ 1 & 3,91202 & -0,69314 \\ 1 & 4,14313 & -0,69314 \\ 1 & 4,02535 & -1,13943 \end{bmatrix}; \quad Y = \begin{bmatrix} 0,45531 \\ -0,02020 \\ 1,03674 \\ 0,51083 \\ 0,56531 \end{bmatrix}$$

Sử dụng phần mềm Excel để tính toán ta được ma trận [A]:

$$A = \begin{bmatrix} 9,94053 \\ -2,16848 \\ 0,60769 \end{bmatrix}$$

Ta có các hệ số của phương trình hồi quy thực nghiệm:

$$a_0 = 9,94053 \rightarrow C_p = e^{9,94053} = 20754,8331; a_1 = -2,16848; a_2 = 0,60769;$$

Phương trình hồi quy thực nghiệm là:

$$y = 9,94053 - 2,16848 \cdot x_1 + 0,60769 \cdot x_2 \quad (8)$$

Phương trình quan hệ giữa độ nhám ( $R_a$ ) với vận tốc (V) và chiều sâu cắt (t) như sau:

$$R_a = 20754,8331 \cdot V^{-2,16848} \cdot t^{0,60769} \quad (9)$$

**2.4.2. Đánh giá độ tin cậy của hàm hồi quy thực nghiệm**

\* Đánh giá độ tin cậy

Độ tin cậy được đánh giá [7] theo công thức:

$$r = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_y'^2}{\sigma_y^2} \quad (10)$$

Trong đó:  $\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{itb})^2$

$$\sigma_y'^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2$$

Với:  $y_i$  - logarit cơ số e giá trị độ nhám  $R_a$  đo được của thực nghiệm thứ i;

$y_{itb}$  - giá trị trung bình của các  $y_i$ ;

$y_i'$  - logarit độ nhám  $R_a$  theo hàm hồi quy thực nghiệm;

N - số lượng thí nghiệm.

Sử dụng phần mềm Excel tính được độ tin cậy r:

$$r = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_y'^2}{\sigma_y^2} = \frac{0,14110 - 0,00078}{0,14110} = 0,995 = 99,5\%$$

\* Kiểm định các hệ số  $a_i$

- Xác định phương sai dư  $S_{du}$ :  $S_{du}^2 = \frac{S^2(A)}{N-k-1} \quad (11)$

Trong đó: N - số lượng thí nghiệm;

k - số lượng thông số cần xác định trừ  $a_0$ ;

$$S^2(A) = ([Y]-[X] \cdot [A])^T \cdot ([Y]-[X] \cdot [A])$$

- Xác định sự tồn tại của các hệ số  $a_i$ ;

Các hệ số  $a_i$  tồn tại [7] xác định theo công thức:

$$|t_{tinh}^i| = \left| \frac{a_i}{S_{du} \sqrt{m_{ii}}} \right| \geq t_{bang}(N-k-1, r) \quad (12)$$

Trong đó:  $m_{ii}$  là số hạng thứ ii của ma trận  $M^{-1}$  với:  $[M] = [X]^T \cdot [X]$ ;

Từ đó ta tính được các giá trị:  $|t_{tinh}^0| = 14,0227$ ;

$$|t_{tinh}^1| = 12,3547; |t_{tinh}^2| = 13,7274$$

- Tra bảng phân bố Student [7] với  $t_{bang}(N - k - 1; r)$ ;  $N-k-1 = 5 - 2 - 1 = 2$ , độ tin cậy  $r = 99,5\%$

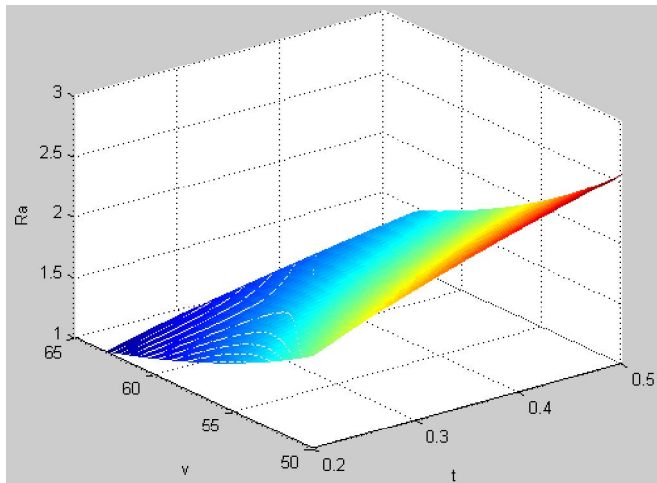
Nhận thấy:  $|t_{tinh}^i| = \left| \frac{a_i}{S_{du} \sqrt{m_{ii}}} \right| \geq t_{bang}(N-k-1, r)$  với  $i = 0 \div 2$

Do đó các hệ số  $a_i$  thực sự tồn tại, phương trình hồi quy thực nghiệm (8) tồn tại, nên tồn tại mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt  $R_a$  với vận tốc cắt (V) và chiều sâu cắt (t):

$$R_a = 20754,8331 \cdot V^{-2,16848} \cdot t^{0,60769}$$

## 2.5. Đồ thị quan hệ giữa độ nhám và chế độ cắt

Sử dụng phần mềm Matlab vẽ đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa độ nhám  $R_a$  với vận tốc ( $V$ ) và chiều sâu cắt ( $t$ ) (hình 11).



Hình 11. Đồ thị quan hệ giữa  $R_a$  với vận tốc cắt ( $V$ ) và chiều sâu cắt ( $t$ ) khi  $S=250$  mm/ph

**Nhận xét:** Từ đồ thị hình 11 và công thức (9) cho thấy vận tốc cắt  $V$  tỉ lệ nghịch với giá trị độ nhám, chiều sâu cắt ( $t$ ) tỉ lệ thuận với giá trị độ nhám; vận tốc cắt ảnh hưởng nhiều hơn đến độ nhám bề mặt  $R_a$  so với chiều sâu cắt ( $t$ ). Kết quả nghiên cứu phù hợp với kết quả nghiên cứu của các công trình khoa học đã công bố.

## 3. KẾT LUẬN

- Bằng thực nghiệm đã xác định được mối quan hệ toán học giữa các thông số chế độ cắt ( $V$ ,  $t$ ) và độ nhám bề mặt Archimedes sau khi phay :

$$R_a = 20754,8331 \cdot V^{-2,16848} \cdot t^{0,60769}$$

Đánh giá được sự tồn tại của các hệ số của phương trình hồi quy thực nghiệm với độ tin cậy  $r = 99,5\%$ .

- Khi phay bề mặt Archimedes trên trung tâm gia công CNC Super MC thì Vận tốc cắt ( $V$ ) tỉ lệ nghịch và Chiều sâu cắt ( $t$ ) tỉ lệ thuận với giá trị độ nhám, trong đó Vận tốc cắt ( $V$ ) ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) chi tiết sau khi gia công nhiều hơn Chiều sâu cắt ( $t$ ).

- Kết quả nghiên cứu giúp cho người cán bộ kỹ thuật tính toán, lựa chọn Vận tốc cắt và Chiều sâu cắt hợp lý nhằm nâng cao năng suất, chất lượng bề mặt và độ chính xác gia công khi phay bề mặt Archimedes trên trung tâm gia công CNC Super MC.

- Kết quả nghiên cứu là cơ sở để tiến hành xác định ảnh hưởng đồng thời của 3 thông số chế độ cắt ( $V$ ,  $S$ ,  $t$ ) đến độ nhám bề mặt khi phay mặt Archimedes trên trung tâm gia công CNC.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Văn Điện, Nguyễn Xuân Chung, Phùng Xuân Sơn, *Nguyên lý cắt*, NXB Giáo dục Việt Nam 2009.
- [2]. Trần Thế Lục, Trịnh Minh Tứ, Bành Tiến Long, *Thiết kế dụng cụ gia công bánh răng*, NXB Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội 1987.
- [3]. Hoàng Xuân Thịnh, Phạm Văn Đông, Phạm Văn Bồng, Nguyễn Huy Kiên, Dương Đình Nông, *Ảnh hưởng của chế độ ( $V$ ,  $S$ ) cắt đến độ nhám bề mặt khi phay hớt lửng trên trung tâm CNC Super MC*, Tạp chí Khoa học Công nghệ trường ĐHCNHN, Số 40, tháng 6/2017.
- [4]. Nguyễn Huy Kiên, Hoàng Xuân Thịnh, Phạm Văn Đông, Cao Thế Anh, *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt ( $S$ ,  $t$ ) đến độ nhám bề mặt khi phay mặt Archimedes trên trung tâm CNC Super MC*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V năm 2018, trang 253-262.
- [5]. Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Trần Văn Địch, *Công nghệ chế tạo máy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
- [6]. Nguyễn Huy Kiên, Phạm Văn Đông, Phạm Văn Bồng, Trần Văn Địch, *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công trên máy phay CNC*, Tạp chí Khoa học Công nghệ trường ĐHCNHN, Số 22/2014.
- [7]. Nguyễn Doãn Ý, *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
- [8]. Trần Văn Địch, *Các phương pháp xác định độ chính xác gia công*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2010.
- [9]. Mike S. Lou, Joseph C. Chen, Caleb M. Li, *Surface Roughness prediction technique for CNC End Milling*, Journal of industrial technology, 1999.
- [10]. S.-H. Suh, D.-H. Jung, E.-S. Lee, S.-W. Lee, *Modelling, Implementation, and Manufacturing of Spiral Bevel Gears with Crown*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer - Verlag London Limited, 2003.
- [11]. M. Alauddin, M. A. El Baradie v M. S. J. Hashmi, *Optimization of surface finish in end milling Inconel*, Journal of Materials Processing Technology, 2005.
- [12]. Faydor L. Litvin and Alfonso Fuentes, *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, 2004.
- [13]. J. P. Holman, *Experimental Methods for Engineers*. Mc Graw-Hill, 2001.