

Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến độ nhám bề mặt khi gia công thép C45 trên máy phay CNC

Studying the influence of technological parameters on surface roughness when machining C45 steel on CNC milling machine

Đỗ Anh Tuấn^{1,*}, Trần Thế Văn¹, Nguyễn Như Tùng², Bùi Gia Thịnh^{1,3}, Nguyễn Quận⁴

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Trường Đại học Hải Phòng

⁴Trường Đại học Phạm Văn Đồng

*Email: airgun631@gmail.com

Tel: +84-221.3.713.519; Mobile: 09.3663.1999

Tóm tắt

Từ khóa:

Nhám bề mặt; Phay CNC; Thép C45; Quy hoạch thực nghiệm; Chế độ cắt (S, V, t).

Bài báo trình bày phương pháp quy hoạch thực nghiệm toàn phần nhằm xác định ảnh hưởng của tốc độ cắt V, lượng chạy dao S, chiều sâu cắt t đến độ nhám bề mặt R_z trong quá trình phay thép C45 bằng dao mặt đầu. Độ nhám bề mặt R_z được đo bởi máy Mitutoyo SurfTest SJ-400 và sau đó phân tích để xác định mức độ ảnh hưởng của các thông số đầu vào lên đáp ứng đầu ra. Từ mối quan hệ giữa chất lượng bề mặt với các thông số công nghệ thì người làm công nghệ có thể chọn chế độ cắt tối đa của máy và dao mà vẫn đảm bảo chất lượng, từ đó có thể tăng năng suất, giảm giá thành sản phẩm.

Abstract

Keywords:

Surface roughness; CNC milling; C45 steel; Experimental planning; Cutting mode (S, V, t).

This paper presents the complete experimental planning in order to determine the impact of cutting speed (V), feed rate (S) and the depth of cut (t) to the surface roughness (R_z) when milling C45 steel with the end mill. Surface roughness (R_z) is measured by the Mitutoyo SurfTest SJ-400 and then analyzed to determine the effect of the input parameters on the output response. From the relationship between surface quality and technological parameters, the technologist can choose the maximum cutting mode of the machine and tools while still ensure the quality, which can increase productivity, and reduce the cost product.

Ngày nhận bài: 14/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 07/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Trong một nền kinh tế phát triển thì gia công cơ khí đóng một vai trò hết sức quan trọng, vì gia công cơ khí sẽ tạo ra máy móc cho các ngành, nghề khác. Chúng ta đang hòa nhập mạnh mẽ với nền kinh tế thế giới, do đó việc gia công đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế và đảm bảo tính

cạnh tranh trên thị trường là một đòi hỏi tất yếu đặt ra cho các nhà công nghệ. Việc chọn máy móc và chế độ gia công hợp lý là một trong những yếu tố quan trọng nhất để đảm bảo chất lượng và giá thành của sản phẩm.

Khả năng làm việc của chi tiết máy chịu ảnh hưởng quyết định bởi các thông số về chất lượng bề mặt làm việc, các công trình nghiên cứu đã chứng tỏ rằng chất lượng bề mặt của chi tiết không những chịu ảnh hưởng của nguyên công cuối cùng mà còn chịu ảnh hưởng suốt quá trình gia công tạo nên chi tiết. Vì vậy, muốn đạt được khả năng làm việc có hiệu quả nhất của chi tiết máy, thì phải đảm bảo được các yêu cầu về chất lượng bề mặt, để giải quyết được vấn đề đó, ta phải tìm được mối quan hệ giữa các thông số của chất lượng bề mặt như Ra, Rz ... với các thông số công nghệ như: chế độ cắt, thông số hình học của dụng cụ cắt... Theo chúng tôi thì đây là vấn đề cơ bản nhất, bởi chất lượng bề mặt là yêu cầu vô cùng qua trọng của chi tiết gia công. Từ mối qua hệ giữa chất lượng bề mặt với các thông số công nghệ thì người làm công nghệ có thể chọn chế độ cắt tối đa của máy và dao mà vẫn đảm bảo chất lượng, từ đó có thể tăng năng suất tối đa của máy, giảm giá thành sản phẩm.

Nghiên cứu về máy CNC là khá lớn trong các đề tài nghiên cứu khoa học và trong các cơ sở sản xuất sử dụng máy CNC bởi mục đích hướng tới việc sử dụng máy có hiệu quả cho từng vật liệu gia công cụ thể. Một số nghiên cứu có thể kể đến như : *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng bề mặt chi tiết máy khi gia công trên máy phay CNC* [1]; *Ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhấp nhô tế vi bề mặt khi phay bằng dao phay mặt đầu trên máy phay CNC* [2]; *Nghiên cứu độ mòn dao tiện khi gia công vật liệu cơ tính dẻo cao* [3]; *Tính toán bù bán kính mũi dao khi lập chương trình NC cho máy tiện CNC* [4]; *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ khi mài phẳng tới độ nhám bề mặt trên một số vật liệu có tính dẻo cao* [5]; *Khảo sát thực nghiệm về ảnh hưởng của các thông số công nghệ V, t, S đến lực cắt trên máy tiện CNC* [6]... Trong đề tài của mình tác giả Nguyễn Ngọc Ánh [1] đã có 20 thực nghiệm để tìm ra quan hệ giữa độ nhám bề mặt với chế độ cắt đối với thép khuôn mẫu JIS S55C. Tuy nhiên quan hệ đó được xác định trên cơ sở thay đổi chế độ cắt ở các mức khác nhau nhưng không thay đổi theo cách hoán vị các thông số của chế độ cắt, điều đó làm cho kết quả thu được chưa thật sự chính xác. Trong bài báo *Ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhấp nhô tế vi bề mặt khi phay bằng dao phay mặt đầu trên máy phay CNC* [2], các tác giả đã tiến hành 20 thí nghiệm và đã đưa ra được công thức quan hệ giữa độ nhám với các thông số của chế độ cắt. Tuy nhiên theo chúng tôi thì các thí nghiệm đó được thực hiện với chế độ cắt thay đổi ít và không mang tính hoán vị nên kết quả nhận được chưa phản ánh hết ảnh hưởng tương quan của các thông số chế độ cắt với nhau.

Trong những năm trở lại đây ở nước ta có xu hướng sử dụng máy gia công CNC để nâng cao chất lượng và giảm giá thành sản phẩm. Thực tế cho thấy là chất lượng đã được nâng cao, áp lực công việc của người thợ giảm, nhưng giá thành chưa giảm, thậm chí chi phí gia công còn cao hơn nhiều so với máy vạn năng. Có rất nhiều nguyên nhân của sự tăng chi phí đó, nhưng nguyên nhân chính là các nhà công nghệ chưa chọn được chế độ cắt tối ưu cho nhóm máy này. Do đó việc nghiên cứu để lựa chọn chế độ cắt tối ưu cho nhóm máy CNC là một yêu cầu cấp thiết đặt ra cho các nhà nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ THỰC NGHIỆM

2.1. Phương pháp bình phương nhỏ nhất

Về mặt lý thuyết càng tiến hành nhiều thực nghiệm thì kết quả nhận được càng gần với kết quả thật nhưng việc xử lý kết quả sẽ phức tạp. Do đó xác định số thực nghiệm cần thiết là một yếu tố rất quan trọng.

Sau khi đo được các kết quả thực nghiệm phải tiến hành khử các sai số thô và kiểm tra tính đồng nhất của các thực nghiệm. Sau đó mới tiến hành xử lý số liệu để tìm ra mối quan hệ toán học giữa các thông số đầu vào và thông số đầu ra. Cuối cùng là kiểm tra sự tồn tại của các thông số trong hàm toán học.

Để tìm ra mối quan hệ toán học giữa các thông số đầu vào và thông số đầu ra, người ta có thể tiến hành theo nhiều phương pháp, trong đó phương pháp BPNN.

Phương pháp bình phương nhỏ nhất (BPNN) [7]; là phương pháp rất cơ bản, có hiệu lực khi xử lý các số liệu thực nghiệm và xây dựng mô hình thống kê cho nhiều đối tượng nghiên cứu thuộc các lĩnh vực khác nhau. Lời giải của phương pháp BPNN là mô hình toán học biểu diễn gần đúng quy luật thực.

Khi khảo sát thực nghiệm sự phụ thuộc của đại lượng y vào đại lượng x nào đó. Sau khi tiến hành khảo sát, thống kê, đo đạc các kết quả có thể viết dưới dạng sau:

x	x ₁	x ₂ ...	x _k ...	x _N
y	y ₁	y ₂ ...	y _k ...	y _N

Hàm số biểu diễn, không thể đi qua tất cả các điểm thực nghiệm, trong điều kiện cho phép phải làm tròn các nhiễu loạn.

Công thức thực nghiệm thường được chọn từ các công thức xác định như :

$$y = ax + b ; y = ae^{bx} ; y = a_0 + \sum_1^m a_j \cos j\omega x + \sum_1^m b_j \sin j\omega x \quad (1)$$

Nói một cách khác, bài toán đưa về việc xác định tham số a, b, c,... của các công thức suy đoán lý thuyết, hoặc từ những kết quả biểu diễn dựa trên các số liệu thực nghiệm. Vì vậy thường giả thiết mối quan hệ y và (x₁... x_k, θ...) có dạng :

$$y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_i, \dots, a_n) \quad (2)$$

Sẽ không có kết quả chính xác cho những giá trị a_i, vì các sai số y_i đều chứa sai số ngẫu nhiên. Phương pháp BPNN cho phép ước lượng không chệch và vững các tham số a_i. Trong trường hợp đơn giản nhất là tuyến tính, phương pháp này thể hiện rất rõ hiệu quả của nó. Trong đó cần giả thiết rằng :

Các số liệu y₁, y₂, ..., y_N được tiến hành độc lập và tuân theo phân phối chuẩn.

Nếu kết quả thực nghiệm y₁, y₂, ..., y_N được tiến hành với cùng độ chính xác như nhau thì việc ước lượng các tham số a₀, a₁, ..., a_n được xác định theo điều kiện là :

Tổng bình phương của các độ lệch đối với các giá trị y_k tương ứng với giá trị tính theo hàm đã xác định được f(x_k; a₀, a₁, ..., a_n) tức là đại lượng :

$$S = \sum_{k=1}^N [y_k - f(x_k; a_0, a_1, \dots, a_n)]^2 \quad (3)$$

nhận giá trị nhỏ nhất.

Nếu kết quả y_k được tiến hành không cùng độ chính xác nhưng biết tỷ số giữa các phương sai thì điều kiện trên thay bằng :

$$S = \sum_{k=1}^N [y_k - f(x_k; a_0, a_1, \dots, a_n)]^2 \omega_k \quad (4)$$

Trong đó ω_k được xác định như sau :

$$\omega_1 : \omega_2 : \dots : \omega_N = \frac{1}{\sigma_1^2} : \frac{1}{\sigma_2^2} : \dots : \frac{1}{\sigma_N^2}$$

Tương ứng với hàm nhiều biến là :

$$S = \sum_{k=1}^N [Z_k - f(x_k, y_k; a_0, a_1, \dots, a_n)]^2 \omega_k \quad (5)$$

Trong đó : Z là hàm số phụ thuộc vào hai biến x, y .

S trở thành hàm số của các tham số a_i , điều kiện BPNN sẽ là :

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0; \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0; \dots; \frac{\partial S}{\partial a_n} = 0 \quad (6)$$

2.2. Tiến hành thực nghiệm

Mục tiêu của thực nghiệm là xác định mối qua hệ toán học giữa độ nhám bề mặt (R_z) với chế độ cắt khi phay trên máy phay CNC. Ở đây chúng tôi xây dựng hàm hồi quy dựa trên số liệu thu được từ thực nghiệm bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

- Nơi thực nghiệm: Trung tâm ứng dụng thực hành - Trường ĐHSPKT Hưng Yên.
- Máy gia công: Deckel Maho MDU50M - Made in Germany.
- Dao cắt: Dao phay mặt đầu $\Phi 100$; $Z = 8$ răng; gắn mảnh hợp kim Widia XPHT160412
- Made in Germany có các thông số chính $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 2^\circ$, $r = 0,8$
- Vật liệu gia công: Thép C45.
- Phạm vi điều chỉnh tốc độ: $V = (34 \div 80)$ m/ph.
- Phạm vi điều chỉnh lượng tiến dao: $S = (0,6 \div 2,0)$ mm/vòng.
- Phạm vi điều chỉnh chiều sâu cắt: $t = (0,5 \div 1,5)$ mm.
- Không sử dụng dung dịch trơn nguội.
- Thiết bị đo : Máy đo độ nhám Mitutoyo SJ400 - Made in Japan.

Với nghiên cứu là tìm ảnh hưởng của các thông số công nghệ (V, S, t) đến chất lượng bề mặt (R_z), mỗi thông số công nghệ chúng tôi chọn 3 mức thay đổi : trên (max), giữa (M), dưới (min). Như vậy để thực nghiệm hết tất cả các giá trị thì số thực nghiệm cần tiến hành là : $3^3 = 27$. Bảng thông số thí nghiệm với các tham số công nghệ (V, S, t) và dữ liệu về độ nhám bề mặt đo tương ứng được thể hiện dưới đây, mỗi mẫu thí nghiệm thực hiện đo độ nhám bề mặt ở 5 vị trí để tránh sai số của phép đo.

Bảng 1. Kết quả thực nghiệm với thép 45

STT	Chế độ cắt			Kết quả đo độ nhám bề mặt (μm)					
	S (mm/vg)	V (m/ph)	t (mm)	R_{z1}	R_{z2}	R_{z3}	R_{z4}	R_{z5}	$R_{z\text{tb}}$
1	2,00	80	1,5	12,5	14,98	13,67	14,28	13,96	13,88
2	2,00	80	1	12,38	14,66	13,09	14,16	12,13	13,28
3	2,00	80	0,5	11,69	13,28	12,43	13,82	11,43	12,53
4	2,00	56	1,5	14,58	16,72	14,81	15,32	15,96	15,48
5	2,00	56	1	14,49	16,09	13,94	14,89	15,52	14,99
6	2,00	56	0,5	12,53	15,54	13,69	14,44	14,4	14,12
7	2,00	34	1,5	21,76	19,82	16,32	17,71	20,66	19,25
8	2,00	34	1	16,52	17,91	16,04	17,31	17,3	17,02

9	2,00	34	0,5	16,3	17,03	14,89	16,46	16,58	16,25
10	1,30	80	1,5	10	9,23	8,95	12,4	9,37	9,99
11	1,30	80	1	9,87	9,19	8,89	12,02	9,19	9,83
12	1,30	80	0,5	9,28	9,08	8,35	11,98	8,83	9,50
13	1,30	56	1,5	11,05	9,86	9,56	10,36	10,02	10,17
14	1,30	56	1	10,5	9,78	9,22	9,09	9,84	9,69
15	1,30	56	0,5	10,45	9,43	8,98	9,04	9,52	9,48
16	1,30	34	1,5	11,67	12,23	12,05	9,02	11,22	11,24
17	1,30	34	1	11,65	11,34	11,21	8,84	10,61	10,73
18	1,30	34	0,5	11,5	10,53	10,77	8,23	10,09	10,22
19	0,60	80	1,5	7,21	6,95	6,63	7,3	6,9	7,00
20	0,60	80	1	6,54	6,71	6,4	6,58	6,82	6,61
21	0,60	80	0,5	6,31	6,71	6,27	6,13	6,03	6,29
22	0,60	56	1,5	7,79	8,03	7,2	7,62	7,82	7,69
23	0,60	56	1	7,71	7,55	7,15	7,59	7,78	7,56
24	0,60	56	0,5	7,58	7,5	6,89	7,33	7,53	7,37
25	0,60	34	1,5	9,24	8,87	8,15	8,11	8,58	8,59
26	0,60	34	1	8,46	8,52	8,09	7,74	8,36	8,23
27	0,60	34	0,5	8,07	8,21	7,75	7,72	8,14	7,98

Nhìn vào bảng kết quả đo độ nhám ta thấy không có giá trị bất thường, điều đó có nghĩa rằng bảng kết quả không có sai số thô.

Kiểm tra tính đồng nhất của các thí nghiệm dựa trên chỉ tiêu Kokrena [7].

$$\text{Với } S_j^2 = \frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^K (Rz_{ji} - \overline{Rz_j})^2 \quad K = 5$$

Ta có chỉ tiêu Kokrena xác định theo như sau:

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{\sum S_j^2} = \frac{3,63}{22,46} = 0,1614$$

Với 27 thí nghiệm, số bậc tự do $m = K - 1 = 5 - 1 = 4$, với mức ý nghĩa $P = 0,99$ ta xác định được $G_T = 0,265$. Vậy, $G_p < G_T \Rightarrow$ các thực nghiệm ổn định. Hay nói cách khác là các thực nghiệm đồng nhất.

3. XỬ LÝ SỐ LIỆU THỰC NGHIỆM VÀ XÁC ĐỊNH HÀM HỒI QUY.

Dựa vào bảng 1, ta thấy các kết quả đầu vào (S, V, t) được cho theo cấp số cộng, các kết quả đầu ra (Rz) nếu xét riêng từng yếu tố ảnh hưởng thì cũng có dấu hiệu của cấp số cộng. Điều đó cho thấy quan hệ giữa độ nhám bề mặt và chế độ cắt có dạng hàm lũy thừa

Do đó quan hệ giữa độ nhám bề mặt và chế độ cắt có dạng:

$$R_z = C.S^{a_1}.V^{a_2}.t^{a_3} \quad (7)$$

Tìm các lấy loga nêpe hai vế của phương trình 7 trên ta có:

$$\ln R_z = \ln C + a_1 \ln S + a_2 \ln V + a_3 \ln t \quad (8)$$

Đặt: $\ln R_z = Y$; $\ln C = a_0$; $\ln S = X_1$; $\ln V = X_2$; $\ln t = X_3$

Như vậy phương trình 8 trở thành:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 \quad (9)$$

Như vậy, Y quan hệ với X_1, X_2, X_3 theo dạng hàm số có nhiều biến số. Để xác định a_0, a_1, a_2, a_3 ta áp dụng phương pháp BPNN

Ma trận chế độ cắt SVT (ma trận thông số vào) và ma trận loga nêpe của chế độ cắt lnSVT:

SVT =	$\begin{bmatrix} 2,00 & 80 & 1,5 \\ 2,00 & 80 & 1 \\ 2,00 & 80 & 0,5 \\ 2,00 & 56 & 1,5 \\ 2,00 & 56 & 1 \\ 2,00 & 56 & 0,5 \\ 2,00 & 34 & 1,5 \\ 2,00 & 34 & 1 \\ 2,00 & 34 & 0,5 \\ 1,30 & 80 & 1,5 \\ 1,30 & 80 & 1 \\ 1,30 & 80 & 0,5 \\ 1,30 & 56 & 1,5 \\ 1,30 & 56 & 1 \\ 1,30 & 56 & 0,5 \\ 1,30 & 34 & 1,5 \\ 1,30 & 34 & 1 \\ 1,30 & 34 & 0,5 \\ 0,60 & 80 & 1,5 \\ 0,60 & 80 & 1 \\ 0,60 & 80 & 0,5 \\ 0,60 & 56 & 1,5 \\ 0,60 & 56 & 1 \\ 0,60 & 56 & 0,5 \\ 0,60 & 34 & 1,5 \\ 0,60 & 34 & 1 \\ 0,60 & 34 & 0,5 \end{bmatrix}$	lnSVT =	$\begin{bmatrix} 0,6931 & 4,3820 & 0,4055 \\ 0,6931 & 4,3820 & 0 \\ 0,6931 & 4,3820 & -0,6931 \\ 0,6931 & 4,0254 & 0,4055 \\ 0,6931 & 4,0254 & 0 \\ 0,6931 & 4,0254 & -0,6931 \\ 0,6931 & 3,5264 & 0,4055 \\ 0,6931 & 3,5264 & 0 \\ 0,6931 & 3,5264 & -0,6931 \\ 0,2624 & 4,3820 & 0,4055 \\ 0,2624 & 4,3820 & 0 \\ 0,2624 & 4,3820 & -0,6931 \\ 0,2624 & 4,0254 & 0,4055 \\ 0,2624 & 4,0254 & 0 \\ 0,2624 & 4,0254 & -0,6931 \\ 0,2624 & 3,5264 & 0,4055 \\ 0,2624 & 3,5264 & 0 \\ 0,2624 & 3,5264 & -0,6931 \\ -0,5108 & 4,3820 & 0,4055 \\ -0,5108 & 4,3820 & 0 \\ -0,5108 & 4,3820 & -0,6931 \\ -0,5108 & 4,0254 & 0,4055 \\ -0,5108 & 4,0254 & 0 \\ -0,5108 & 4,0254 & -0,6931 \\ -0,5108 & 3,5264 & 0,4055 \\ -0,5108 & 3,5264 & 0 \\ -0,5108 & 3,5264 & -0,6931 \end{bmatrix}$
-------	---	---------	---

Từ đó có ma trận tham số X:

$$X = \begin{bmatrix} 1,0000 & 0,6931 & 4,3820 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,6931 & 4,3820 & 0 \\ 1,0000 & 0,6931 & 4,3820 & -0,6931 \\ 1,0000 & 0,6931 & 4,0254 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,6931 & 4,0254 & 0 \\ 1,0000 & 0,6931 & 4,0254 & -0,6931 \\ 1,0000 & 0,6931 & 3,5264 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,6931 & 3,5264 & 0 \\ 1,0000 & 0,6931 & 3,5264 & -0,6931 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,3820 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,3820 & 0 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,3820 & -0,6931 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,0254 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,0254 & 0 \\ 1,0000 & 0,2624 & 4,0254 & -0,6931 \\ 1,0000 & 0,2624 & 3,5264 & 0,4055 \\ 1,0000 & 0,2624 & 3,5264 & 0 \\ 1,0000 & 0,2624 & 3,5264 & -0,6931 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,3820 & 0,4055 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,3820 & 0 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,3820 & -0,6931 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,0254 & 0,4055 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,0254 & 0 \\ 1,0000 & -0,5108 & 4,0254 & -0,6931 \\ 1,0000 & -0,5108 & 3,5264 & 0,4055 \\ 1,0000 & -0,5108 & 3,5264 & 0 \\ 1,0000 & -0,5108 & 3,5264 & -0,6931 \end{bmatrix}$$

Ma trận $M = X^T \cdot X$

$$M = X^T \cdot X = \begin{bmatrix} 27,0000 & 4,0022 & 107,4036 & -2,5891 \\ 4,0022 & 7,2921 & 15,9203 & -0,3838 \\ 107,4036 & 15,9203 & 430,5675 & -10,2994 \\ -2,5891 & -0,3838 & -10,2994 & 5,8037 \end{bmatrix}$$

Ma trận nghịch đảo của ma trận M:

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 4,8008 & -0,0221 & -1,1963 & 0,0173 \\ -0,0221 & 0,1493 & 0,0000 & -0,0000 \\ -1,1963 & -0,0000 & 0,3007 & 0,0000 \\ 0,0173 & -0,0000 & 0,0000 & 0,1800 \end{bmatrix}$$

Ma trận đầu ra (Rz) và ma trận loga nêpe của Rz được xác định như sau:

$$Rz = \begin{bmatrix} 13,88 \\ 13,28 \\ 12,53 \\ 15,48 \\ 14,99 \\ 14,12 \\ 19,25 \\ 17,02 \\ 16,25 \\ 9,99 \\ 9,83 \\ 9,50 \\ 10,17 \\ 9,69 \\ 9,48 \\ 11,24 \\ 10,73 \\ 10,22 \\ 7,00 \\ 6,61 \\ 6,29 \\ 7,69 \\ 7,56 \\ 7,37 \\ 8,59 \\ 8,23 \\ 7,98 \end{bmatrix} \quad Y = \ln Rz = \begin{bmatrix} 2,6304 \\ 2,5863 \\ 2,5281 \\ 2,7395 \\ 2,7074 \\ 2,6476 \\ 2,9575 \\ 2,8344 \\ 2,7881 \\ 2,3016 \\ 2,2854 \\ 2,2513 \\ 2,3194 \\ 2,2711 \\ 2,2492 \\ 2,4195 \\ 2,3730 \\ 2,3243 \\ 1,9459 \\ 1,8886 \\ 1,8390 \\ 2,0399 \\ 2,0229 \\ 1,9974 \\ 2,1506 \\ 2,1078 \\ 2,0769 \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có ma trận hệ số được xác định như sau:

$$\hat{\mathbf{a}} = \begin{bmatrix} \hat{a}_0 \\ \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \end{bmatrix} = \mathbf{M}^{-1} \cdot \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 3,1852 \\ 0,5630 \\ -0,2306 \\ 0,0789 \end{bmatrix}$$

$$\text{Với } a_0 = 3,1852 \Rightarrow C = e^{\hat{a}_0} = 2,7183^{3,1852} = 24,1726$$

Thay các giá trị C, \hat{a}_1 , \hat{a}_2 , \hat{a}_3 vào phương trình 7 ta có quan hệ giữa độ nhám bề mặt với chế độ cắt theo thực nghiệm:

$$R_z = 24,1726 \cdot S^{0,5630} \cdot V^{-0,2306} \cdot t^{0,0789} \quad (10)$$

Phương sai của các hệ số được xác định như sau:

$$S(\hat{\mathbf{a}}) = S(\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_3) = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{a}})^T (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{a}}) \quad (11)$$

Thay các ma trận Y, X, $\hat{\mathbf{a}}$ vào công thức 11 ta có:

$$S(\hat{\mathbf{a}}) = 0,1714$$

Dựa vào kết quả ta thấy $\hat{a}_3 = 0,0789$ là giá trị khá nhỏ, ta có thể nghi ngờ sự tồn tại của nó. Để kiểm tra sự tồn tại của a_3 ta áp dụng công thức sau:

$$\frac{\hat{a}_j}{S_{du} \sqrt{m^{jj}}} \geq t(n - m - 1, 1 - \frac{\alpha}{2}) \quad (12)$$

$$\text{Trong đó : } \hat{a}_j = \hat{a}_3 = 0,0789$$

$$S_{du}^2 = \frac{S(\hat{\mathbf{a}})}{n - m - 1} = \frac{0,1714}{27 - 3 - 1} = 0,007$$

$$\Rightarrow S_{du} = 0,086$$

$$m^{jj} = m^{33} = 0,1800$$

$$\Rightarrow \frac{\hat{a}_j}{S_{du} \sqrt{m^{jj}}} = \frac{0,0789}{0,086 \sqrt{0,1800}} = 2,1854$$

Tra bảng phân phối Student với $(27 - 3 - 1) = 23$ bậc tự do và với mức tin cậy $1 - \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{0,05}{2} = 0,975$ ta có $t(23; 0,975) = 2,069$

Như vậy tức là bất đẳng thức 12 đúng có nghĩa rằng \hat{a}_3 thực sự khác 0.

Khoảng sai lệch của \hat{a}_3 với độ tin cậy $(1 - \alpha) = 0,95$ là:

$$0,0789 - 0,086 \cdot \sqrt{0,18} \cdot 2,069 \leq a_3 \leq 0,0789 + 0,086 \cdot \sqrt{0,18} \cdot 2,069$$

$$\Rightarrow 0,003 \leq a_3 \leq 0,154$$

4. KẾT LUẬN

- Độ nhám bề mặt bị ảnh hưởng lớn nhất bởi chế độ cắt.
- Quan hệ giữa độ nhám bề mặt với chế độ cắt là quan hệ hàm lũy thừa như sau :

$$\text{Với thép 45: } R_z = 24,1726.S^{0,5630} \cdot V^{-0,2306} \cdot t^{0,0789}$$

- Trong các thông số của chế độ cắt thì độ nhám bề mặt bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi bước tiến dao. Độ nhám bề mặt tỷ lệ nghịch với tốc độ cắt, như vậy khi tốc độ cắt càng lớn thì độ nhám bề mặt càng nhỏ. Tuy nhiên tốc độ cắt tối đa phụ thuộc vào vật liệu gia công và vật liệu làm dao cũng như chế độ bôi trơn, làm nguội... Nên không thể tăng tốc độ cắt như mong muốn được. Chiều sâu cắt ảnh hưởng rất nhỏ đến độ nhám bề mặt.
- Từ các kết quả nhận được ta có thể nhận được độ nhám bề mặt như mong muốn, trong khi có thể lựa chọn chế độ cắt tối ưu, tức là có thể tính toán để đưa ra giá trị tiến dao (S) lớn nhất để đạt được năng suất cao nhất.

Với mỗi vật liệu gia công sẽ cho ra một kết quả khác nhau, khi thực hiện thực nghiệm trên càng nhiều vật liệu khác nhau thì càng cho nhiều kết quả. Tuy nhiên thực nghiệm với loại vật liệu nào thì còn tùy thuộc vào việc loại vật liệu đó có thường được gia công trên máy mình thực nghiệm hay không. Nếu vật liệu đó thường được gia công trên máy đó thì kết quả thực nghiệm sẽ mang nhiều ý nghĩa.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu UTEHY.T016 và được tài trợ bởi Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên, đề tài mã số UTEHY.T016.P1718.01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Ánh (2002), *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng bề mặt chi tiết máy khi gia công trên máy phay CNC*, Luận văn thạc sỹ khoa học, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Trọng Bình, Hoàng Việt Hồng (2002), *Ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám nhỏ tế vi bề mặt khi phay bằng dao phay mặt đầu trên máy phay CNC*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam số 60.
- [3]. Nguyễn Đình Thân, *Nghiên cứu độ mòn dao tiện khi gia công vật liệu cơ tính dẻo cao*, Luận văn cao học, ĐHBKHN (2003).
- [4]. Vũ Đình Thơm, *Tính toán bù bán kính mũi dao khi lập chương trình NC cho máy tiện CNC*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số 76 (7/2003).
- [5]. Lê Văn Toàn, *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ khi mài phẳng tới độ nhám bề mặt trên một số vật liệu có tính dẻo cao*, Luận văn cao học, ĐHBKHN (2005).
- [6]. Trần Xuân Việt, Phạm Văn Bông, *Khảo sát thực nghiệm về ảnh hưởng của các thông số công nghệ V, T, S đến lực cắt trên máy tiện CNC*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số 105 (12/2005).
- [7]. Nguyễn Doãn Ý (2003), *Giáo trình quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.