



## ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG THÉP C45

Phan Ngọc Tuấn, Đỗ Xuân Hưng, Phạm Thị Hoa\*

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

\* Tác giả liên hệ: hoapt2108@gmail.com

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 16/11/2020

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 10/01/2021

Ngày bài báo được duyệt đăng: 25/02/2021

### Tóm tắt:

Độ nhám bề mặt là một thông số phản ánh các hiện tượng xảy ra trong quá trình gia công vật liệu. Vật liệu phôi và chế độ cắt là một trong những nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bề mặt và năng suất gia công. Trong bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt khi gia công vật liệu thép C45 trên máy tiện CNC MAXXTURN 45. Các kết quả thực nghiệm được đã ra quan hệ toán học giữa độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) và các thông số công nghệ: vận tốc cắt ( $V$ ), chiều sâu cắt ( $t$ ), bước tiến dao ( $S$ ). Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số ( $S, V, t$ ) đến độ nhám bề mặt chi tiết sau gia công. Từ kết quả của nghiên cứu có thể khuyến cáo các nhà công nghệ lựa chọn vùng chế độ cắt để đảm bảo  $R_a$  nhỏ nhất khi gia công thép C45.

**Từ khóa:** nhám bề mặt, thép C45, tham số công nghệ.

### 1. Đặt vấn đề

Độ nhám bề mặt sau gia công là thông số thể hiện đầy đủ các hiện tượng xảy ra trong quá trình cắt như: nhiệt cắt, mài mòn, rung động [1][2]... Mỗi vật liệu và chế độ gia công khác nhau độ nhám bề mặt sau gia công khác nhau. Rất nhiều các nghiên cứu thông qua độ nhám bề mặt đánh giá các ảnh hưởng của điều kiện cắt và lựa chọn được các thông số hợp lý cho quá trình gia công. Nghiên cứu của tác giả Cai [3] đã đưa ra mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt và biến dạng ứng suất dư khi gia công tinh hợp kim nhôm 7075 ở vùng tốc độ cao. Nghiên cứu cho thấy rằng lớp bề mặt sau gia công ứng suất dư chuyển từ dạng kéo sang dạng nén. Nghiên cứu của João Ribeiro [4] tối ưu hóa các tham số đến độ nhám bề mặt khi gia công thép. Tác giả sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm để xác định bộ thông số cắt sao cho độ nhám bề mặt là nhỏ nhất. Xiaobin Cui [5] nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ cắt đến chất lượng bề mặt gia công, vùng tốc độ cắt thay đổi độ nhám cũng tăng và giảm khác nhau. Tongchao Ding [6] đã xây dựng các mô hình thực nghiệm và thông số cắt tối ưu cho lực và độ nhám bề mặt khi gia công thép AISI13. Nihat Tosun [7] nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp MQL đến độ

nhám bề mặt khi phay AA7075-T6. Nghiên cứu sử dụng việc bôi trơn thông thường sẽ cho chất lượng bề mặt kém hơn khi sử dụng phương pháp MQL. Min Wang [8] thực nghiệm độ nhám bề mặt và hình thái hình học của phôi khi gia công vật liệu phủ Fe. Nghiên cứu cho thấy góc cắt làm cho độ nhám bề mặt gia tăng khi bán kính mũi dao nhỏ. Tugrul Ozel [9] đưa ra mô hình dự đoán độ nhám bề mặt và độ mòn dụng cụ cắt bằng cách sử dụng phương pháp hồi quy và mạng Nowrron. Nghiên cứu của tác giả Đỗ Anh Tuấn [10] về ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến độ nhám bề mặt khi gia công thép C45 trên máy phay CNC. Nghiên cứu cũng đưa ra mối quan hệ giữa các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt thông qua mối quan hệ hàm lũy thừa. Nghiên cứu của tác giả Nguyễn Văn Thiện [11] về ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC. Nghiên cứu cho thấy rằng ảnh hưởng của tốc độ quay dụng cụ cắt ( $n$ ) và lượng chạy dao ( $S$ ) và sự tương tác giữa chúng đến độ nhám bề mặt khá phức tạp. Trong đó, mức độ ảnh hưởng của  $n$  đến  $R_a$  là lớn hơn.

Như vậy có rất nhiều các nghiên cứu xoay quanh các ảnh hưởng của các yếu tố đến độ nhám

bề mặt sau gia công điều đó chứng tỏ độ nhám đã phản ánh quá trình gia công với các vật liệu và điều kiện cắt khác nhau.

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt khi tiện thép C45. Đưa ra được phương trình và mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt thông qua các biểu đồ.

## 2. Thiết bị thí nghiệm

### 2.1. Máy tiện CNC

Nghiên cứu thực nghiệm trên máy CNC MAXXTURN 45 với các thông số kỹ thuật sau: Máy tiện có các thông số sau: Chiều dài lớn nhất của chi tiết 480mm, đường kính làm việc lớn nhất của máy 48mm, khoảng cách giữa các tâm (mũi trục chính – mũi tâm quay) là 670 mm, khoảng cách trục chính – chống tâm (cạnh cố định) là 720mm, hành trình theo X là 160 mm, chiều Y là 10 mm.



Hình 1. Máy tiện CNC MAXXTURN 45

### 2.2. Mẫu thí nghiệm

Nghiên cứu sử dụng thép C45 với hàm lượng Cacbon lên đến 0,45%. Thép được sử dụng rất nhiều trong gia công cơ khí. Ở nhiệt độ thường, độ cứng của thép là 23HRC. Thép có độ cứng tương đối cao, muốn gia tăng độ cứng người ta sử dụng thêm phương pháp tôi hoặc ram. Phôi thí nghiệm có đường kính 29mm, dài 80mm. (Hình 2).

### 2.3. Dụng cụ cắt

Nghiên cứu sử dụng dao tiện trụ ngoài gắn mảnh hợp kim TN 150 của WIDIA của Đức, với các thông số hình học cơ bản sau: góc nghiêng chính  $90^\circ$ , góc nghiêng phụ  $20^\circ$ , góc sau  $12^\circ$ ; điều kiện gia công có sử dụng dung dịch trơn nguội.

### 2.4. Thiết bị đo

Thiết bị đo độ nhám SJ410 phòng thí nghiệm

đo lường – Khoa cơ khí – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên (Hình 3). Thông số độ nhám phù hợp với các tiêu chuẩn ISO, DIN, ANSI và JIS mới nhất. Phạm vi đo:  $800\mu\text{m}$ , độ phân giải  $0,000125\mu\text{m}$ . Có thể đo các bước siêu nhỏ và độ mạnh bằng cách sử dụng chức năng đo không trượt.



Hình 2. Mẫu thực nghiệm thép C45

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1 Xác định phương trình toán học ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt

Phương trình tổng quát xác định mối quan hệ  $R_a$  với các thông số công nghệ ( $V, S, t$ ) như sau:

$$R_a = K_{Ra} \cdot t^\alpha \cdot S^\beta \cdot V^\gamma \quad (1)$$

Trong đó:  $K_{Ra}$  là hằng số;  $\alpha, \beta, \gamma$ , là số mũ tính đến sự ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt - được xác định bằng thực nghiệm



Hình 3. Thiết bị đo độ nhám

Đây là một hàm phi tuyến, sử dụng phương pháp tuyến tính hóa hàm phi tuyến bằng cách lấy logarit 2 vế ta sẽ thu được phương trình mới [12].

$$\ln(R_a) = \ln(K_{Ra}) + \alpha \cdot \ln(t) + \beta \cdot \ln(S) + \gamma \cdot \ln(V) \quad (2)$$

Đặt  $Y = \ln(R_a)$ ;  $b_0 = \ln(K_{Ra})$ ;  $b_1 = \alpha$ ;  $b_2 = \beta$ ;  $b_3 = \gamma$ ;  $x_1 = \ln(t)$ ;  $x_2 = \ln(S)$ ;  $x_3 = \ln(V)$ .

Ta sẽ được phương trình mới:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (3)$$

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n \quad (4)$$

Bài toán trở thành xác định hàm hồi qui thực nghiệm  $n$  biến số. Áp dụng phương pháp bình phương cực tiểu.

Bảng 1. Bảng tính toán các thông số công nghệ

Các yếu tố	$X_1(t)$	$X_2(S)$	$X_3(V)$
Mức trên +1	1,5	0,12	150
Mức dưới -1	0,5	0,06	100
Mức cơ sở 0	1,0	0,09	125
Khoảng biến thiên	0,5	0,03	25

Bố trí thí nghiệm sao cho có tính chất ma trận trực giao cấp 1 chuyển các biến từ tự nhiên sang các biến mã hóa không thứ nguyên bằng cách gọi các biến thực tế. Để xác định các tham số phương trình (1) nghiên cứu thực nghiệm 3 yếu tố chế độ cắt là  $V, S, t$  tương ứng với 8 thí nghiệm và được thiết kế theo 2 mức trên và dưới cho trên Bảng 1. Độ nhám được đo trên phôi sau gia công ở 3 vị trí khác nhau và lấy giá trị trung bình tương ứng với các thí nghiệm cho trên Bảng 2.

**3.2. Kiểm tra tính đồng nhất của thực nghiệm.**

Để kiểm tra tính đồng nhất của thí nghiệm cần xác định tỷ số giữa phương sai lớn nhất và tổng phương sai. Dựa vào Bảng 2 kết quả đo độ nhám, phương sai được tính theo công thức (5):

Trong đó:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (R_{auk} - R_a tb)^2 \quad (5)$$

với  $m = 3$

Giá trị phương sai lớn nhất:

$$S_{u\max}^2 = 0,009799$$

Bảng 2. Kết quả đo độ nhám và phương sai tương ứng với các thí nghiệm

STT	Chế độ cắt			$R_{a1}$ ( $\mu m$ )	$R_{a2}$ ( $\mu m$ )	$R_{a3}$ ( $\mu m$ )	$R_{atb}$ ( $\mu m$ )	Phương sai $S_u^2$
	V (m/ph)	S (mm/vg)	t (mm)					
1	100	0,06	0,5	0,96	0,8	0,82	0,8600	0,009799
2	100	0,06	1,5	1,72	1,66	1,78	1,7200	0,001218
3	100	0,12	0,5	2,12	2,16	2,01	2,0967	0,001395
4	100	0,12	1,5	3,26	3,22	3,28	3,2533	0,000088
5	150	0,06	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7667	0,005949
6	150	0,06	1,5	1,04	0,9	0,95	0,9633	0,005341
7	150	0,12	0,5	1,96	2,1	2,0	2,0200	0,001258
8	150	0,12	1,5	2,98	2,86	2,91	2,9167	0,000426
Giá trị phương sai lớn nhất								0,009799
Tổng giá trị phương sai								0,025476

Tổng các giá trị phương sai:

$$\sum_{u=1}^8 S_u^2 = 0,025476$$

Theo công thức tính chỉ tiêu Kokrena:

$$G_p = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^8 S_u^2} = \frac{0,009799}{0,025476} = 0,384653115 \quad (6)$$

$G_p$  được gọi là chỉ tiêu Kokren để các mẫu thí nghiệm đồng nhất thì  $G_p \leq G_T$

Ta chọn mức độ có nghĩa là  $\alpha = 0,05$  thì xác suất tin cậy  $P = 0,95$  cho các bảng thống kê.

Với  $\alpha = 0,05$  bậc tự do  $n = 3$  từ [8] ta có:

$$G_T = 0,438 \text{ ta thấy } G_p = 0,3846 \leq G_T = 0,438$$

Vậy thí nghiệm đồng nhất và ổn định

Để các tham số  $b_j$  có nghĩa thì:  $t_{1p}, t_{2p}, t_{3p} > t_T$  với xác suất tin cậy là  $P$  là 0,95 thì  $t_T = 2,365$ ;

$$t_{1p} = 18,7534; t_{2p} = 39,12143; t_{3p} = 9,12675$$

Ta thấy các giá trị  $t_{1p}, t_{2p}, t_{3p} > t_T \Rightarrow$  các hệ số  $b_1, b_2, b_3$  có nghĩa.

Vì vậy phương trình hồi quy có dạng

$$Y = b_0 + b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_3 \quad (7)$$

Thay vào ta được:

$$Y = \frac{b_1}{\Delta x_1} x_1 + \frac{b_2}{\Delta x_2} x_2 + \frac{b_3}{\Delta x_3} x_3 + b_0 - \frac{b_1}{\Delta x_1} x_{10} - \frac{b_2}{\Delta x_2} x_{20} - \frac{b_3}{\Delta x_3} x_{30}$$

$$\Delta x_1 = \frac{x_{1\max} - x_{1\min}}{2} = \frac{\ln t_{\max} - \ln t_{\min}}{2} = 0,5493$$

$$\Rightarrow \frac{b_1}{\Delta x_1} = \frac{0,21602}{0,5493} = 0,3933$$

$$\Delta x_2 = \frac{x_{2\max} - x_{2\min}}{2} = \frac{\ln S_{\max} - \ln S_{\min}}{2} = 0,3466$$

$$\frac{b_2}{\Delta x_2} = \frac{0,45064}{0,3466} = 1,30027$$

$$\Delta x_3 = \frac{x_{3\max} - x_{3\min}}{2} = \frac{\ln V_{\max} - \ln V_{\min}}{2} = 0,2027$$

$$\Rightarrow \frac{b_3}{\Delta x_3} = \frac{-0,10513}{0,2027} = -0,5186$$

Hay

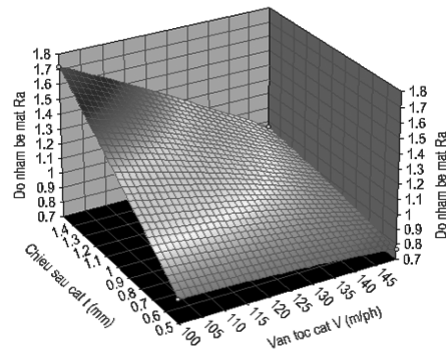
$$Y = 0,3933X_1 + 1,30027X_2 - 0,5186X_3 + 6,1076 \quad (8)$$

$$\ln R_a = 6,1076 + 0,3933 \cdot \ln t + 1,30027 \cdot \ln S - 0,5186 \cdot \ln V \quad (9)$$

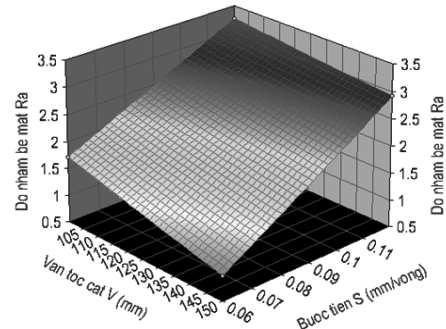
Phương trình toán học mối quan hệ của  $R_a$  với các thông số  $t, S, V$  tìm được như sau:

$$R_a = 129,65 \cdot t^{0,3933} \cdot S^{1,30027} \cdot V^{-0,5186} \quad (10)$$

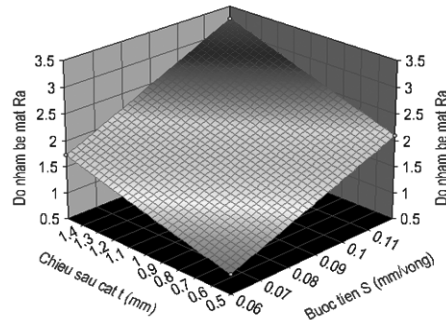
Từ phương trình hồi quy thực nghiệm (2) ta thấy: Như vậy lượng chạy dao có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt,  $S$  có mũ dương có như vậy lượng chạy dao tăng thì  $R_a$  tăng. Vận tốc  $V$  ảnh hưởng tới  $R_a$  ít hơn theo chiều nghịch nghĩa là tăng  $V$  thì  $R_a$  giảm, còn  $t$  có số mũ dương nhưng rất nhỏ nên có thể nói  $t$  ảnh hưởng đến  $R_a$  là rất ít. Vì vậy muốn đạt được chất lượng bề mặt theo mong muốn thì nhà công nghệ quan tâm đến bước tiến dao  $S$  là chủ yếu. Từ phương trình (2) nghiên cứu sử dụng phần mềm Tablecurve 3D V4.0 để vẽ biểu đồ quan hệ của  $S, V, t$  đến  $R_a$  khi tiện thép C45. Biểu đồ cho thấy quy luật ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt chi tiết sau gia công. Cụ thể, khi vận tốc cắt tăng độ nhám  $R_a$  giảm (Hình 4a và b) điều này được giải thích do khi tăng vận tốc cắt, hiện tượng leo dao sinh ra trong quá trình cắt cũng mất đi làm cho độ nhám bề mặt giảm. Ngược lại đối với quá trình tiện, lượng chạy dao tăng, tức là lượng dịch chuyển của dao sau một vòng quay của chi tiết tăng làm cho các nhấp nhô để lại sau khi gia công tăng lên, độ nhám bề mặt tăng lên. Chiều sâu cắt tăng thì độ nhám bề mặt cũng tăng nhưng mức độ tăng không nhiều như khi tăng lượng chạy dao (Hình 4c). Như vậy khi vận tốc cao, bước tiến nhỏ, chiều sâu cắt nhỏ sẽ cho giá trị độ nhám bề mặt nhỏ nhất, tương ứng  $V, S, t$  lần lượt là 150 (m/phút), 0,06 (mm/vg), 0,5(mm).



a)



b)



c)

Hình 4. Mối quan hệ giữa các thông số ( $S, V, t$ ) đến độ nhám  $R_a$  khi gia công thép C45

a) Quan hệ giữa  $V-t$  với  $R_a$ ; b) Quan hệ giữa  $V-S$  với  $R_a$ ; c) Quan hệ giữa  $t-S$  với  $R_a$

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được mô hình toán học của độ nhám bề mặt và các thông số công nghệ ( $S, V, t$ ) khi tiện thép C45. Từ phương trình hồi quy thực nghiệm ta có thể điều chỉnh các thông số công nghệ khi gia công thép C45 để nhận được độ nhám bề mặt như mong muốn. Bộ thông số công nghệ cho độ nhám bề mặt nhỏ nhất là:  $V = 150$  (m/phút),  $S = 0,06$  (mm/vg),  $t = 0,5$  (mm). Kết quả này cũng làm tiền đề để đi đến việc tự động chọn chế độ cắt theo yêu cầu của độ nhám bề mặt.

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Trần Văn Địch, *Công nghệ chế tạo máy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
- [2]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy, *Nguyên lý gia công vật liệu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2013.
- [3]. X. J. Cai, W. W. Ming, and M. Chen, “Surface integrity analysis on high speed end milling of 7075 aluminum alloy,” *Advanced Materials and Manufacturing Technology I*, vol. 426, pp. 321–324, 2012.
- [4]. J. Ribeiro, H. Lopes, L. Queijo, and D. Figueiredo, “Optimization of cutting parameters to minimize the surface roughness in the end milling process using the Taguchi method,” *Period. Polytech. Mech. Eng.*, vol. 61, no. 1, pp. 30–35, 2017.
- [5]. X. Cui, J. Zhao, C. Jia, and Y. Zhou, “Surface roughness and chip formation in high-speed face milling AISI H13 steel,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 61, no. 1–4, pp. 1–13, 2012.
- [6]. T. Ding, S. Zhang, Y. Wang, and X. Zhu, “Empirical models and optimal cutting parameters for cutting forces and surface roughness in hard milling of AISI H13 steel,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 51, no. 1–4, pp. 45–55, 2010.
- [7]. N. Tosun and M. Huseyinoglu, “Effect of MQL on Surface Roughness in Milling of Effect of MQL on Surface Roughness in Milling of AA7075-T6,” *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 6914, 2010.
- [8]. M. Wang, B. Xu, J. Zhang, S. Dong, and S. Wei, “Experimental observations on surface roughness, chip morphology, and tool wear behavior in machining Fe-based amorphous alloy overlay for remanufacture,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 67, no. 5–8, pp. 1537–1548, 2013.
- [9]. K. Tug, “Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 45, pp. 467–479, 2005.
- [10]. Đ. A. Tuấn, T. T. Văn, N. N. Tùng, B. G. Thịnh, and N. Quận, “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,” *Hội nghị tạp chí và khoa học công nghệ về cơ khí lần thứ V-VCME*, 2018.
- [11]. “Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 47, tr. 48-51, 2018.
- [12]. Trần Văn Địch, *Các phương pháp xác định độ chính xác gia công*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2010.

## EFFECTS OF CUTTING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS OF C45 STEEL IN MACHINING PROCESS

**Abstract:**

*Surface roughness is one of the most typical factors that reflect the phenomena that occur with materials during machining. The choice of workpiece material and cutting parameters directly influence the surface quality of the part and the machining productivity. In this paper, the effects of cutting speed ( $V$ ), cutting depth ( $t$ ) and infeed ( $S$ ) on the surface quality of the C45 steel during machining process on the CNC-CTX 200E turning machine are studied. The mathematical relations between the surface roughness ( $R_a$ ) and the cutting parameters are given. Based on experimental data, the regression equation is established to evaluate the influences of the machining parameters on the  $R_a$  after machining. The results provide technologists the choice of useful cutting parameters to ensure the minimum  $R_a$  of the C45 steel in the machining process.*

**Keywords:** *surface roughness, C45 steel, cutting parameters.*