

Ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt (F và V) tới độ nhám bề mặt của chi tiết gia công trên máy Phay CNC EMCO MILL 755 với vật liệu thép C45

Nguyễn Chương Đạo*, Nguyễn Chung**, Trần Văn Giang*, Đậu Tấn Cường*

*ThS, **TS. Khoa Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Received: 3/10/2024; Accepted: 9/10/2024; Published: 16/10/2024

Abstract: The article presents the influence of cutting parameters (F, V) on machined surface roughness (Ra) determined when milling C45 steel with a face milling cutter mounted on a piece of hard alloy. By experimental research, a regression model of roughness was built as an exponential function of the cutting parameters (cutting speed, feed amount). This regression model has been tested using mathematical statistical tools with a reliability greater than 94.9%. In addition, the influence of cutting parameters on surface roughness during machining has also been determined. In particular, when increasing the feed rate (F) and cutting depth (t), the roughness (Ra) increases, and when increasing the cutting speed

Keywords: Affect, Cutting mode, Surface quality, Emco Mill 750 milling machine

1. Đặt vấn đề

Trong gia công phay CNC, năng suất và chất lượng gia công phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, ảnh hưởng của các yếu tố vật liệu dụng cụ cắt và thông số hình học của dụng cụ đã được hãng chế tạo dụng cụ cắt nghiên cứu và chứng minh [1]. Đối với một hệ thống công nghệ nhất định thì năng suất hay chất lượng bề mặt phụ thuộc chủ yếu vào thông số chế độ cắt được cài đặt. Vì vậy, điều khiển thông số chế độ cắt là phương pháp cơ bản và hiệu quả để kiểm soát chất lượng gia công và nâng cao hiệu quả sử dụng thiết bị. Thực tế cho thấy chất lượng của bề mặt gia công của chi tiết không những phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu, mà còn phụ thuộc vào trạng thái của lớp bề mặt, các chi tiết được chế tạo từ một loại vật liệu như nhau nhưng theo các phương pháp công nghệ và chế độ cắt khác nhau sẽ có tính chất của lớp bề mặt khác nhau, và độ nhám bề mặt là một trong các chỉ tiêu đánh giá chất lượng bề mặt đặc trưng cho tính chất hình học của bề mặt gia công [2]. Trong công nghệ chế tạo máy, việc nghiên cứu về độ nhám bề mặt luôn là một vấn đề cấp thiết mà rất nhiều các nhà khoa học quan tâm vì mỗi điều kiện gia công và vật liệu gia công khác nhau thì độ nhám bề mặt lại có các kết quả không giống nhau. Các nghiên cứu của các tác giả Nguyễn Thanh Bình (và cộng sự) [3], Phạm Minh Huệ (và cộng sự) [6] đã tìm ra được mô hình hồi quy của độ nhám và đánh giá được ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi phay và tiện thép không gỉ SUS 304.

2. Nội dung nghiên cứu

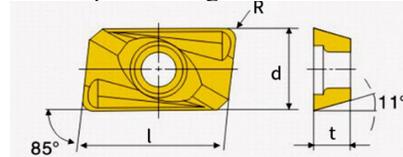
2.1. Thiết bị, dụng cụ và phối thực nghiệm

Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt là vận tốc cắt (V) và lượng chạy dao (F) đến độ nhám bề mặt khi phay CNC, nghiên cứu đã được tiến hành trên mẫu thép C45, máy phay CNC Emcomill 750 và sử dụng dụng cụ đo độ nhám chuyên dùng TR200 của hãng Time Group Inc, xuất xứ Trung Quốc, sử dụng đầu dò cơ học, chọn khoảng dò chuẩn L=3mm, đường kính đầu dò 1 μ m, kết quả đo lấy theo tiêu chuẩn ISO. Hình ảnh máy và hình ảnh quá trình đo được mô phỏng trên hình 2.1 và hình 2.2 của phòng thí nghiệm đo lường Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh.



Hình 2.1. Máy đo độ nhám TR200

Dụng cụ cắt được sử dụng là dao phay mặt đầu có gắn mảnh hợp kim cứng APMT 1604 PDER LH102



l	d	t	R
16.5	9.525	4.76	0.8

Hình 2.2. Thông số kỹ thuật chip APMT 1604 PDER LH102

Trong quá trình phay cao tốc, dụng cụ cắt được bôi trơn làm mát bằng cách dùng dung dịch tưới nguội Emunxi 4%, lưu lượng 20 lít/ phút phun trực tiếp vào vùng đang gia công.

Vật liệu và phối thực nghiệm: Vật liệu được sử dụng trong thí nghiệm là thép C45 tiêu chuẩn, có thành phần hóa học của thép khi ra lò phù hợp với các chỉ tiêu ghi trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của thép 45 [4]

Mác thép	Hàm lượng của các nguyên tố(%)						
	Carbon	Silic	Mangan	Phốt pho	Lưu huỳnh	Crom	Niken
C45	0.42-0.50	0.17-0.37	0.50-0.80	≤ 0.40	≤ 0.40	≤ 0.25	≤ 0.25

Phôi thí nghiệm có kích thước dài × rộng × cao là: 50 × 50 × 30 (mm) như trên hình 2.3.



Hình 2.3. Hình ảnh phôi thực nghiệm

2.2. Thiết kế ma trận thực nghiệm

- Sử dụng phương pháp phay mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu để làm thực nghiệm, căn cứ vào chế độ cắt khi gia công [2, 5] ta lựa chọn chế độ cắt thực nghiệm như sau:

+ Vận tốc cắt khi gia công trên máy phay CNC ứng với vật liệu làm dao và vật liệu gia công là: $V = 200 - 300$ (m/phút).

+ Chiều sâu cắt tinh: 0,2 (mm).

+ Bước tiến dao: 0,05 - 0,1 (mm/răng). Theo qui hoạch thực nghiệm [6] ta chọn miền nghiên cứu thực nghiệm là: $V_{max} = 300$ (m/phút); $F_{max} = 0,1$ (mm/răng); $V_{min} = 200$ (m/phút); $F_{min} = 0,05$ (mm/răng). Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm để nghiên cứu và xử lý số liệu thực nghiệm.

Xây dựng ma trận quy hoạch thực nghiệm

+ Các thông số đầu vào được mã hóa là: $X_1 = S$, $X_2 = V$. Khi đó số điểm thí nghiệm cần thiết N là: $N = 2^n$.

+ Trong đó n là thông số đầu vào, $n=2$, do đó $N = 2^2 = 4$ (điểm). Từ đó ta tiến hành thí nghiệm với kết quả sau.

Bảng 2.2. Kết quả đo 4 mẫu thí nghiệm.

Mẫu	Thông số đầu vào		Kết quả đầu ra
	S(mm/r)	V(m/p)	Ra(μm)
1	0,05	200	0,19

2	0,1	200	0,2
3	0,05	300	0,16
4	0,1	300	0,3

Bảng 2.3. Ma trận thực nghiệm.

Số TN	Thông số đầu vào (đang mã hóa)		Thông số đầu vào (Giá trị thực)		Thông số đầu ra
	X_1	X_2	S(mm/r)	V(mm/P)	Ra(μm)
1	-1	-1	0,05	200	0,19
2	1	-1	0,1	200	0,2
3	-1	1	0,05	300	0,16
4	1	1	0,1	300	0,3

Xử lý số liệu bằng phần mềm Matlab

+ Phương trình biểu hiện mối quan hệ kết hợp giữa các thông số đầu vào và thông số đầu ra có dạng phương trình: $R_a = C.S^x.V^y$. (2.1)

+ Ta lấy ln cả 2 vế của phương trình (3.1) ta có: $\ln R_a = \ln C + x \cdot \ln S + y \cdot \ln V$ (2.2)

Đặt: $\ln R_a = Y$; $\ln C = a_0$; $\ln S = X_1$; $\ln V = X_2$

+ Phương trình (3.2) trở thành: $Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2$ (3.3)

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

Ma trận chế độ cắt S, V (ma trận thông số đầu vào) và ma trận ln của chế độ cắt $\ln S, V$.

$$S, V = \begin{bmatrix} 0,05 & 200 \\ 0,05 & 300 \\ 0,1 & 200 \\ 0,1 & 300 \end{bmatrix} \quad \ln S, V = \begin{bmatrix} 5,2983 & -2,9957 \\ 5,7038 & -2,2036 \\ 5,2983 & -2,9957 \\ 5,7038 & -2,2036 \end{bmatrix}$$

Từ đó có ma trận tham số X

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 5,2983 & -2,9957 \\ 1 & 5,7038 & -2,2036 \\ 1 & 5,2983 & -2,9957 \\ 1 & 5,7038 & -2,2036 \end{bmatrix};$$

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5,2983 & 5,7038 & 5,2983 & 5,7038 \\ -2,9957 & -2,2036 & -2,9957 & -2,2036 \end{bmatrix}$$

Ma trận $M = X^T \cdot X$

$$M = \begin{bmatrix} 4,0000 & 22,0042 & -10,4022 \\ 22,0042 & 121,2105 & -56,8819 \\ -10,4022 & -56,8819 & 27,6601 \end{bmatrix};$$

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 0,7581 & -137,4196 & 0,8816 \\ -164,7846 & 2,5137 & 0,1602 \\ -82,5129 & 14,9640 & -0,0776 \end{bmatrix}$$

Ma trận đầu ra (R_a) và ma trận $\ln R_a$ được xác định như sau:

$$R_a = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,2 \\ 0,16 \\ 0,30 \end{bmatrix} \quad Y = \ln R_a = \begin{bmatrix} -1.6607 \\ -1.6094 \\ -1.8326 \\ -1.2040 \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có ma trận hệ số được xác định như sau:
 $a = M^{-1} \cdot M^T \cdot Y$

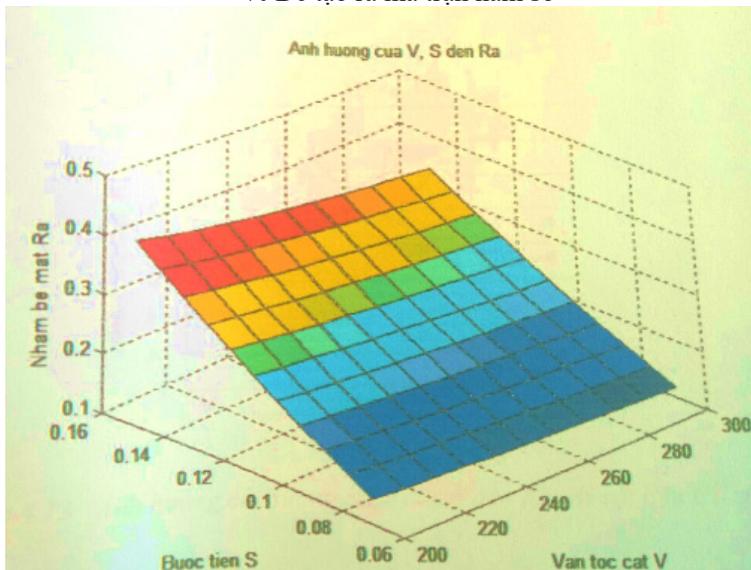
$$a = \begin{bmatrix} 4,5596 \\ -0,5764 \\ 1,4652 \end{bmatrix}$$

Với $a_0 = 4,559 \Rightarrow C = e^{a_0} = 2,7183^{4,55} = 86,2914$

Thay các giá trị C, a_1, a_2 vào biểu thức (3.1) ta có quan hệ giữa độ nhám bề mặt và chế độ cắt thực nghiệm là: $R_a = 94,6352 \cdot V^{-0,5764} \cdot S^{1,4652}$

Các kết quả trên được tính toán bằng phần mềm matlab 7.9.0 với chương trình sau:

```
>> % chương trình hệ số quan hệ
>> SV = [ ]; % Nhập ma trận chế độ cắt
>> lnSV = log ( SV); % Lấy ln ma trận chế độ cắt
>> Mos = ones (4,1); % Tạo ma trận đơn vị 1 cột
4 hàng
>> X = [ Mot ln SV]; % Gộp ma trận đơn vị
và ma trận lnSV
% Để tạo ra ma trận tham số
>> XT = X-1; % Chuyển vị ma trận tham số
>> M = XT* X; % Tạo ma trận M
>> M1 = M-1; % Ma trận nghịch đảo ma trận M
>> Ra = [ ]; % Nhập ma trận độ nhám
>> Y = log(Ra); % Lấy ln của ma trận độ nhám
% Để tạo ra ma trận hàm số
```



Hình 2.4. Ảnh hưởng của S, V đến nhám bề mặt Ra

3. Kết luận

Bằng thực nghiệm, nghiên cứu đã xây dựng thành

công mô hình hồi quy của độ nhám bề mặt gia công (Ra) phụ thuộc vào 2 thông số chế độ cắt (V, S) khi phay cao tốc thép C45 trên máy phay CNC Emcomill 750. Mô hình hồi quy của độ nhám đã được xây dựng thành công là một hàm mũ của các thông số chế độ cắt (vận tốc cắt, lượng tiến dao). Mô hình hồi quy này đã được kiểm tra thành công bằng công cụ thống kê toán học với độ tin cậy lớn hơn 94,9%. Ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt gia công đã được xác định. Trong đó, khi tăng lượng chạy dao thì độ nhám bề mặt gia công (Ra) tăng. Ngược lại, cùng với một lượng chạy dao và chiều sâu cắt (t) không đổi thì khi tăng vận tốc cắt (V) độ nhám bề mặt (Ra) lại giảm. Đây chính là ưu điểm của gia công cao tốc, khi tăng vận tốc cắt vừa tăng được năng suất cắt và lại tăng được độ bóng bề mặt. Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở cho việc lựa chọn chế độ cắt hợp lý, tận dụng được khả năng và công suất hữu ích của máy khi gia công cao tốc trên máy phay CNC và tiến tới tối ưu hóa quá trình phay.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Technical Guide of Sandvik (2014). *Metal cutting technology*. Truy cập từ <<https://www.sandvik.coromant.com/in/pages/metal-cuttingtechnology-at-pune0530-2145.aspx>>.
- [2]. Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Việt Tiếp, Trần Xuân Việt (2006). *Công nghệ chế tạo máy 1*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Thanh Bình, Phạm Văn Bồng, Phạm Văn Đông & Nguyễn Chí Bảo (2015). *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhám bề mặt khi gia công SUS 304 trên trung tâm gia công CNC TC500*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Công nghiệp Hà Nội, 31, 28-33.
- [4]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 1766: 1975 (2008). *Thép carbon kết cấu chất lượng tốt - Mác thép và yêu cầu kỹ thuật*.
- [5]. Trần Văn Địch (2003). *Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6]. Phạm Thị Minh Huệ & Phạm Minh Thế (2017). *Nghiên cứu sự ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi tiện vật liệu SUS 304*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng, 11(3), 83-89.