

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THAM SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN NHÁM BỀ MẶT KHI PHAY CAO TỐC BẰNG DAO PHAY NGÓN TRÊN MÁY PHAY CNC

EFFECT OF MACHINING PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS DURING HIGH SPEED MILLING BY THE END MILL ON CNC MACHINE

Hồ Việt Hải, Sy Pa Seuth Xay Pan Ya
 Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu sự ảnh hưởng của tham số công nghệ: Tốc độ trục chính n , tốc độ tiến dao răng S_z , chiều sâu cắt t và đường kính dụng cụ D đến độ nhám bề mặt gia công (R_a) khi phay cao tốc bằng dao phay ngón trên máy phay CNC bằng phương pháp thực nghiệm. Thực nghiệm đã sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần. Trên xác định số liệu thực nghiệm đã tính toán xác định các hệ số của phương trình hồi qui và tìm ra bộ tham số công nghệ tối ưu đảm bảo độ nhám bề mặt tối thiểu. Kết quả cho thấy, tốc độ cắt và lượng tiến dao có ảnh hưởng đáng kể đến độ nhám bề mặt khi phay. Tham số công nghệ tối ưu đạt được với tốc độ trục chính 8000 vòng/phút, tốc độ tiến dao 0,1 mm/răng, chiều sâu cắt 0,1 mm và đường kính dụng cụ 16 mm với độ nhám $R_a=0,33 \mu\text{m}$.

Từ khóa: Gia công cao tốc, tham số công nghệ, độ nhám bề mặt, nhân tố riêng phần.

ABSTRACT

This paper study the effect of machining parameters: Spindle speed n , feed per tooth S_z , depth cut t and diameter D on surface roughness (R_a) during high speed milling with end mill on CNC machine by experimental method. Experimental setup was determined by using experimental planning method partial factor. Own experimental data were calculated and determined the coefficients of the regression and find the optimal technological parameters ensures surface roughness minimum. According to experimental results, cutting speed and feed rate had effect to surface roughness. Optimum machining conditions was obtained at spindle speed of 8000 rev/min, feed rate of 0.1 mm/tooth, depth cut of 0.1 mm and tool diameter of 16 mm with average surface roughness reach 0.33 μm .

Keywords: High speed machining, machining parameters, surface roughness, partial factor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất lượng bề mặt gia công là tập hợp các chỉ tiêu về các yếu tố hình học, tính chất cơ lý, nó là kết quả để lại sau tương tác giữa dụng cụ cắt với bề mặt chi tiết gia công. Chất lượng bề mặt được đặc trưng bởi bốn yếu tố: Độ nhấp nhô tế vi, độ sóng bề mặt, độ cứng lớp bề mặt và ứng suất dư. Trong đó, độ nhám bề mặt được đặc trưng bởi sai lệch trung bình số học Ra (μm) là một chỉ tiêu xác định chất lượng của các sản phẩm gia công và chịu ảnh hưởng của các thông số gia công [1].

Gia công cao tốc (HSM) là một trong những công nghệ hiện đại, cho phép tăng hiệu quả, độ chính xác và chất lượng gia công, giảm chi phí và thời gian gia công so với cắt thông thường. Các định nghĩa đầu tiên về HSM đã được đề xuất bởi Carl Salomon vào năm 1931. Ông đã thừa nhận rằng, ở một tốc độ cắt nào đó cao gấp 5+10 lần tốc độ cắt trong gia công thông thường, nhiệt độ trên lưỡi cắt dụng cụ sẽ giảm [2], [3].

Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu quan trọng về gia công cao tốc, tập trung chủ yếu với vật liệu nhôm để sản xuất linh kiện ô tô, linh kiện máy tính nhỏ hoặc các thiết bị y tế [3]. Ở Việt Nam, khái niệm về HSM còn khá mới, các nghiên cứu về HSM cũng còn tương đối ít. Trong bài báo này, các tác giả đề cập đến vấn đề ảnh hưởng của các thông số gia công khi phay tinh cao tốc bằng dao phay ngón đến độ nhám bề mặt của chi tiết thép 40X. Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần để xác định phương trình hồi qui và giải bài toán tối ưu bằng công cụ MatLab tìm ra bộ tham số công nghệ tối ưu đảm bảo nhám bề mặt tối thiểu.

2. THÍ NGHIỆM

2.1. Thiết bị và vật liệu thí nghiệm

2.1.1. Thiết bị thí nghiệm

❖ Máy gia công: Thí nghiệm được thực hiện trên máy phay CNC Spinner U5-620 tại Phòng Thí nghiệm, Bộ môn Chế tạo Máy, Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Bảng 1. Các thông số cơ bản của máy phay CNC Spinner U5-620

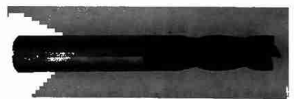
Model	U5-620
Kích thước (L*W*H)	2600 x 2350 x 2750 mm
Trọng lượng	6,500÷8,500 (kg)
Số đầu dao	32
Động cơ trục chính	11/29 kW
Tốc độ trục chính lớn nhất	12000 vòng/phút
Dịch chuyển theo trục X,Y,Z	620/520/460mm

❖ Dụng cụ cắt: Thí nghiệm sử dụng dao phay ngón được chọn theo tiêu chuẩn ISO có số răng là 4 như thể hiện trên hình 1. Tốc độ cắt nằm trong khoảng 60÷750 m/phút và tốc độ tiến dao là 0,03÷0,3 mm/răng.

Phạm vi các tham số công nghệ xác định dựa trên những thí nghiệm cơ sở như thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Bảng tham số công nghệ thí nghiệm

Tham số công nghệ	Giá trị
Tốc độ trục chính n(vòng/phút)	7000 ÷ 8000
Tốc độ tiến dao S_z (mm/răng)	0,1 ÷ 0,2
Chiều sâu cắt t (mm)	0,1 ÷ 0,3
Đường kính dao d(mm)	12 ÷ 16



Hình 1. Dụng cụ cắt

❖ Thiết bị đo: Sử dụng máy đo độ nhám Mitutoyo SJ-301. Đầu dò đặt tại vị trí gia công trên bề mặt mẫu, dịch chuyển theo phương của đường dao gia công. Mỗi vị trí đo 3 lần, lấy giá trị trung bình của ba lần đo.

2.1.2. Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm sử dụng thép hợp kim 40X (hay 40Cr), có thành phần như trong bảng 3 thể hiện.

Bảng 3. Thành phần vật liệu và cơ tính thép 40X (Gost 4543-71)

Thành phần	C	Mn	P	S	Si	Cr
Tỷ trọng(%)	0,36-0,44	0,5-0,8	0,035	0,035	0,17-0,37	0,8-1,1

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần nghiên cứu sự ảnh hưởng của các tham số công nghệ đến độ nhám bề mặt gia công khi phay cao tốc với các giá trị theo bảng 4.

Bảng 4. Các yếu tố và mức độ

TT	Thông số gia công	Mức1	Mức2	Mức3
1	Tốc độ trục chính n, vòng/phút	7000	7500	8000
2	Chiều sâu cắt t, mm	0,1	0,2	0,3
3	Tốc độ tiến dao S _z , mm/tăng	0,1	0,15	0,2
4	Đường kính dao D, mm	12	14	16

Theo thiết kế quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần, tổng số thí nghiệm là n=2⁴+3=11 với 8 thí nghiệm cơ bản và 3 thí nghiệm ở tâm với các giá trị mã hóa [4]:

$$X_1 = \frac{2(\ln(n) - \ln(n_{\min}))}{\ln(n_{\max}) - \ln(n_{\min})} + 1; X_2 = \frac{2(\ln t - \ln t_{\min})}{\ln t_{\max} - \ln t_{\min}} + 1;$$

$$X_3 = \frac{2(\ln S_z - \ln S_{z_{\min}})}{\ln S_{z_{\max}} - \ln S_{z_{\min}}} + 1; X_4 = \frac{2(\ln D - \ln D_{\min})}{\ln D_{\max} - \ln D_{\min}} + 1.$$

Kết quả thí nghiệm và ma trận thực nghiệm trong bảng 5.

Bảng 5. Bảng ma trận thí nghiệm và các kết quả đo

TT	X1	X2	X3	X4	Độ nhám Ra μm	Y Ln(Ra)
1	+	+	+	+	0,46	-0,7765
2	-	-	+	-	0,91	-0,0943
3	+	-	+	-	0,81	-0,2107
4	-	-	+	+	0,44	-0,8209
5	+	+	-	-	0,53	-0,6349
6	-	+	-	+	0,35	-1,0498
7	+	-	-	+	0,33	-1,0886
8	-	-	-	-	0,39	-0,9416
9	0	0	0	0	0,81	-0,2107
10	0	0	0	0	0,77	-0,2614
11	0	0	0	0	0,79	-0,2357

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình toán học

Sau khi tính toán và kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số trong hàm hồi quy ta được phương trình:

$$Y = -0,512 + 0,0658X_2 + 0,229X_3 - 0,234X_4 - 0,089X_1X_2 - 0,043X_1X_3 \quad (1)$$

Chuyển hàm hồi quy về hàm biến số thực với: Y = ln(Ra)

$$X_1 = \frac{2(\ln(n) - \ln(n_{\min}))}{\ln(n_{\max}) - \ln(n_{\min})} + 1; X_2 = \frac{2(\ln t - \ln t_{\min})}{\ln t_{\max} - \ln t_{\min}} + 1;$$

$$X_3 = \frac{2(\ln S_z - \ln S_{z_{\min}})}{\ln S_{z_{\max}} - \ln S_{z_{\min}}} + 1; \quad X_4 = \frac{2(\ln D - \ln D_{\min})}{\ln D_{\max} - \ln D_{\min}} + 1$$

Ta thu được hàm thể hiện mối liên hệ giữa độ nhám bề mặt Ra với các thông số công nghệ như sau:

$$Ra = 7,5944 n^{7,636+2,4627 \ln t + 1,728 \ln S_z} f^{-20,3872} S_z^{-13,947} D^{-1} \Phi^{0,61} \quad (2)$$

3.2. Tối ưu hóa

Sau khi tiến hành giải bài toán tối ưu bằng phần mềm MatLab, ta tìm ra được bộ thông số tối ưu với độ nhám bề mặt thấp nhất được dự đoán là Ra = 0,33 μm tại với tốc độ trục chính

8000 vòng/phút, chiều sâu cắt 0,1 mm, lượng tiến dao 0,1 mm/răng và đường kính dao phay 16 mm được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Giá trị tối ưu của các thông số công nghệ

Tham số	n (vòng/phút)	t (mm)	Sz (mm/răng)	D (mm)
Giá trị	8000	0,1	0,1	16

3.3. So sánh kết quả

Kết quả thực nghiệm độ nhám bề mặt đã được so với giá trị tính toán theo mô hình toán học thông qua trị số phần trăm sai số như trong bảng 7.

Bảng 7. So sánh kết quả độ nhám dự đoán và thí nghiệm

STT	n	t	Sz	D	Ra (μm) thực nghiệm	Ra (μm) dự đoán	% sai số
1	8000	0,3	0,2	Φ 16	0,46	0,48	4,35
2	7000	0,3	0,2	Φ 12	0,91	0,89	2,20
3	8000	0,1	0,2	Φ 12	0,81	0,82	1,23
4	7000	0,1	0,2	Φ 16	0,44	0,42	4,55
5	8000	0,3	0,1	Φ 12	0,53	0,51	3,77
6	7000	0,3	0,1	Φ 16	0,35	0,37	5,71
7	8000	0,1	0,1	Φ 16	0,33	0,31	6,06
8	7000	0,1	0,1	Φ 12	0,39	0,40	2,56
Phần trăm sai số trung bình (%)							3,80

3.4. Bàn luận

Từ kết quả dự đoán cho thấy tốc độ cắt càng cao kết hợp với lượng tiến dao và chiều sâu cắt nhỏ thì độ nhám Ra càng giảm cho thấy sự phù hợp của kết quả thực nghiệm với lý thuyết.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này đã sử dụng quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần để tiến hành thiết lập các thí nghiệm gia công và xác định

phương trình hồi quy. Sau khi giải bài toán tối ưu đã dự đoán giá trị thông số độ nhám bề mặt thấp nhất (Ra = 0,33 μm) tương ứng với giá trị tốc độ trục chính: 8000 vòng/phút; lượng tiến dao: 0,1 mm/răng; chiều sâu cắt: 0,1 mm; đường kính dao: 16 mm với tỷ lệ phần trăm sai số là 3,80%, hay độ chính xác dự đoán đạt được là 96,20%.

Các kết quả thu được từ nghiên cứu này là cơ sở khoa học quan trọng để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo về chế độ công nghệ gia công vật liệu thép 40X, và làm cơ sở cho các

nghiên cứu ứng dụng tối ưu hóa chế độ cắt cho các loại vật liệu khác đảm bảo chất lượng bề mặt tốt nhất. ♦

Ngày nhận bài: 17/01/2017

Ngày phản biện: 15/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Motorcu, A.R. (2010); *The optimization of machining parameters using the taguchi method for surface roughness of AISI 8660 hardened alloy steel*. Journal of Mechanical Engineering, vol. 56, no. 6, p. 391-401.
- [2]. Schulz H., Moriwaki T., *High – speed machining*, Ann. of the CIRP, 1992, 637 – 642.
- [3]. Balkrishna Rao, Yung C. Shin (2001). *Analysis on high speed face-milling of 7075-T6 aluminum*. International Journal of Machine Tools (2001) 1763–1781.
- [4]. Bùi Minh Trí (2005); *Xác suất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.