

TỐI ƯU HÓA THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ KHİ PHAY TINH THÉP 40X BẰNG DAO PHAY CẦU ĐẢM BẢO ĐỘ NHẴM BỀ MẶT TỐI THIỂU SỬ DỤNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS MILLING OF SUFACE FINISH OF 40X STEEL USE BALL NOSE END MILL ENSURES THE MINIMUM VALUE OF SURFACE ROUGHNESS USING GENETIC ALGORITHM

Nguyễn Tuấn Hiếu¹, Nguyễn Xuân Chúc²

¹Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

²Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài viết này trình bày về tối ưu hóa các thông số công nghệ khi phay tinh thép 40X bằng dao phay cầu, ứng dụng quy hoạch thực nghiệm và giải thuật toán di truyền (GA). Các tác giả đưa ra mô hình xác định các thông số công nghệ tối ưu (tốc độ quay trục chính n ; chiều sâu cắt t ; bước tiến dao S_z ; góc nghiêng trục dao α và đường kính dao phay cầu D) đảm bảo độ nhám bề mặt gia công tối thiểu. Giá trị tối ưu của độ nhám bề mặt được dự đoán bởi GA là $0,481 \mu\text{m}$ (R_a). Các thí nghiệm được tiến hành với các thông số tối ưu cho thấy sự phù hợp của mô hình. Vì vậy, mô hình này sẽ giúp các nhà sản xuất lựa chọn các thiết lập tối ưu để đạt được chất lượng bề mặt mong muốn của sản phẩm hoàn chỉnh.

Từ khóa: Nhám bề mặt, dao phay tinh đầu cầu, thép 40X, thuật toán di truyền.

ABSTRACT

This paper presents optimization of the parameters milling of surface finish of 40X steel use ball nose end mill, application experimental planning and solutions genetic algorithm. The authors offer a model determined the optimal technological parameters (spindle rotation speed n ; depth of cut t ; feed rate S_z ; angle tool axis α and ball nose end mill diameter D) ensures the minimum value of surface roughness. The minimum optimized value of surface roughness predicted by GA was $0.481 \mu\text{m}$ (R_a). Validation experiments at optimal parametric settings showed the appropriateness of the model. Thus, this model helps manufacturers to select optimum settings for achieving desired surface quality of finished products.

Keywords: Surface Roughness, Ball Nose End Mill, 40X steel, Genetic Algorithm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhám bề mặt là một chỉ số được sử dụng rộng rãi để đánh giá chất lượng sản phẩm và trong hầu hết các trường hợp yêu cầu kỹ thuật cho các sản phẩm cơ khí. Đảm bảo được chất lượng bề mặt mong muốn có tầm quan trọng rất lớn cho chất lượng chế tạo của một chi tiết [1]. Làm giảm độ nhám bề mặt là một việc tốn kém, nhưng đó là vấn đề sống còn trong thị trường ngày nay.

Nhám bề mặt được tạo ra trong hoạt động gia công bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như thông số cắt, đặc điểm dụng cụ cắt, đặc tính phối và các hiện tượng cắt... Có rất nhiều yếu tố làm cho nó gần như không thể đạt được một giải pháp toàn diện để giảm độ nhám bề mặt gia công để đảm bảo đạt được các bề mặt mong muốn [1], [2].

Trong nghiên cứu này, thiết kế thực nghiệm sử dụng quy hoạch thực nghiệm nhân tố riêng phần [3] với các thông số gia công: Tốc độ quay trục chính n ; chiều sâu cắt t ; bước tiến dao răng S ; góc nghiêng trục dao α ; đường kính dao phay cầu Φ , để thu được giá trị độ nhám bề mặt theo thông số (Ra). Từ các kết quả thu được từ các thí nghiệm sẽ đưa ra một mô hình toán học. Tiếp theo, ta sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa mô hình toán tìm được để tìm ra giá trị của các thông số gia công mà độ nhám bề mặt được tối ưu.

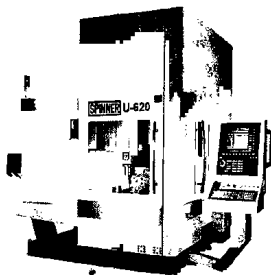
2. THÍ NGHIỆM

2.1. Thiết bị thực nghiệm

2.1.1. Máy: Thí nghiệm được tiến hành trên máy phay CNC năm trục SPINNER U-620 của hãng SIEMENS - Đức, tại Phòng Thí nghiệm Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Bảng 2.1. Thông số công nghệ máy

Model	U-620
Kích thước (L*W*H)	2.600 x 2.350 x 2.750 mm
Trọng lượng	6.500 – 8.500 (kg)
Số đầu dao	32
Côn trục chính	SK40 (HSK63 - 20.000)
Động cơ trục chính	11/29 kW
Tốc độ trục chính lớn nhất	12.000 (vòng/phút)
Bàn máy	720 x 520 mm
Tốc độ quay bàn máy	15/25/50/250 (vòng/phút)
Dịch chuyển theo trục X	620 (mm)
Dịch chuyển theo trục Y	520 (mm)

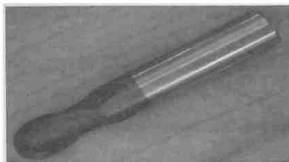


Hình 2.1. Máy phay CNC năm trục SPINNER U-620

2.1.2. Dụng cụ cắt: Dao phay hợp kim đầu cầu.

Bảng 2.2. Thông số hình học của dao:

Thân dao	Lc (mm)	20
	Lt (mm)	50 – 100
	D (mm)	8; 12; 16
Lưỡi dao (2 lưỡi)	Góc trước	5°
	Góc sau	7°
	Bán kính mũi dao	4; 6; 8 (mm)



Hình 2.2. Dao phay cầu

2.1.3. Phôi: Vật liệu thí nghiệm là thép 40X sau khi tôi và ram có độ bền cao, được sử dụng rộng rãi trong gia công và chế tạo các chi tiết, sản phẩm trong cơ khí.

Bảng 2.3. Thành phần vật liệu thép 40X:

Thành phần	C	Cr	Mn	Si	Ni	P	S
Tỷ trọng (%)	0,36±0,44	0,8÷1,1	<0,8	<0,4	<0,3	<0,035	<0,035

- Kích thước phôi: 30x50x1 cm.
- Số lượng: 11 cái.



Hình 2.3. Phôi thí nghiệm

2.1.4. Thiết bị đo độ nhám: Máy đo nhám Mitutoyo SJ-301.

- Dải hiển thị của Ra: 0,01÷100µm.
- Hệ đơn vị: Metric, inch.
- Nhiệt độ làm việc: 0÷40°.
- Khối lượng: 1,2kg.



Hình 2.4. Máy đo độ nhám Mitutoyo SJ-301

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm nhân tử riêng phần kết hợp với sử dụng thuật toán di truyền để tìm ra bộ thông số tối ưu. Các thông số đưa vào thí nghiệm được tham khảo giá trị của các nghiên cứu trước [4], [5] và khuyến cáo của các nhà sản xuất dụng cụ cho gia công tinh bằng dao phay cầu, ta chọn các thông số công nghệ để tiến hành thực nghiệm theo bảng 2.4.

Theo thiết kế này tổng số thí nghiệm là: $N = 2^{2+3} = 11$ (8 thí nghiệm cơ bản và 3 thí nghiệm ở tâm) [3].

Bảng 2.4. Các thông số thí nghiệm:

Các yếu tố	Mức trên	Mức cơ sở	Mức dưới
Tốc độ trục chính N (Vg/phút)	5000	4000	3000
Chiều sâu cắt t (mm)	0,3	0,2	0,1
Lượng tiến dao Sz (mm/răng)	0,2	0,15	0,1
Góc nghiêng dao α (độ)	35	25	15
Đường kính dao D (mm)	16	12	8

Với các biến được mã hóa như sau:

$$X_1 = \frac{2(\ln(n) - \ln(n_{\max}))}{\ln(n_{\max}) - \ln(n_{\min})} + 1; X_2 = \frac{2(\ln t - \ln t_{\max})}{\ln t_{\max} - \ln t_{\min}} + 1; X_3 = \frac{2(\ln Sz - \ln Sz_{\max})}{\ln Sz_{\max} - \ln Sz_{\min}} + 1; X_4 = \frac{2(\ln \alpha - \ln \alpha_{\max})}{\ln \alpha_{\max} - \ln \alpha_{\min}} + 1; X_5 = \frac{2(\ln D - \ln D_{\max})}{\ln D_{\max} - \ln D_{\min}} + 1$$

Kết quả thí nghiệm và ma trận thực nghiệm trong bảng 2.5.

Bảng 2.5. Bảng ma trận thực nghiệm và kết quả thí nghiệm:

STT	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Độ nhám Ra (μm)	Y Ln(Ra)
1	+	+	+	+	+	1,08	0,076961
2	-	+	+	-	+	0,64	-0,44628
3	+	-	+	-	-	0,87	-0,13926
4	-	-	+	+	-	0,73	-0,31471
5	+	+	-	-	-	0,58	-0,54472
6	-	+	-	+	-	0,65	-0,43078
7	+	-	-	+	+	1,25	0,22314
8	-	-	-	-	+	0,65	-0,43078
9	0	0	0	0	0	0,53	-0,63487
10	0	0	0	0	0	0,55	-0,59783
11	0	0	0	0	0	0,54	-0,61618

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình toán học

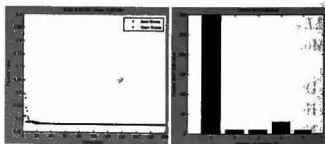
Sau khi tính toán và kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số ta được phương trình hồi quy:

$$Y = -0,251 + 0,155X_1 - 0,085X_2 + 0,045X_3 - 0,139X_4 + 0,107X_5 - 0,053X_1X_2$$

Chuyển hàm hồi quy về hàm biến số thực với: $Y = \text{Ln}(\text{Ra})$ và chuyển đổi các biến X được mã hóa về biến số thực. Ta tìm được mối liên hệ giữa độ nhám bề mặt (Ra) với các thông số công nghệ gia công (tốc độ trục chính n, chiều sâu cắt t, lượng tiến dao răng Sz, góc nghiêng gia công α , đường kính dao D) như sau:

$$Ra = 0,0781 * n^{-0,055} * t^{2,966 - 0,0377 * \ln(n)} * S_z^{0,129} * \alpha^{0,544} * D^{0,3087}$$

3.2. Tối ưu hóa



Hình 3.1. Kết quả GA (đáp ứng tốt nhất)
(Cột 1: n/10; cột 2: t*10; cột 3: Sz*10; cột 4: 2* α ;
cột 5: D)

Để tối thiểu hóa các kết quả về nhám bề mặt (Ra), các tác giả sử dụng chương trình Matlab (R20012b) sau đó nhập mô hình toán vào hộp công cụ GA của Matlab. Giới hạn trên, dưới và số lượng các biến được đặt theo bảng 2.4. Sau nhiều lần chạy các giá trị đáp ứng tốt nhất theo hình 3.1 và bảng 3.1.

Bảng 3.1. Giá trị các thông số công nghệ tối ưu

Tham số	n (Vòng/phút)	t (mm)	Sz (mm/răng)	α (độ)	D (mm)
Giá trị	3000	0,3	0,1	15	8

3.3. So sánh kết quả

Sau khi tối ưu hóa, kết quả về độ nhám bề mặt (thử nghiệm) được so với dự đoán của GA và lỗi tỷ lệ đã được tính toán trong bảng 3.2.

Bảng 3.2. So sánh kết quả độ nhám dự đoán và thí nghiệm

STT	n	t	Sz	α	D	Độ nhám thực nghiệm Ra (μm)	Độ nhám dự đoán Ra (μm)	% lỗi
1	5000	0,3	0,2	35	$\Phi 16$	1,08	1,06	0,93
2	3000	0,3	0,2	15	$\Phi 16$	0,64	0,63	1,56
3	5000	0,1	0,2	15	$\Phi 8$	0,87	0,85	2,3
4	3000	0,1	0,2	35	$\Phi 8$	0,73	0,75	2,74
5	5000	0,3	0,1	15	$\Phi 8$	0,58	0,59	1,72
6	3000	0,3	0,1	35	$\Phi 8$	0,65	0,64	1,54
7	5000	0,1	0,1	35	$\Phi 16$	1,25	1,27	1,6
8	3000	0,1	0,1	15	$\Phi 16$	0,65	0,64	1,54
Lỗi trung bình								1,86

3.4. Bàn luận

Với chiều sâu cắt 0,3 mm, lượng tiến dao 0,1 mm/răng và góc nghiêng dao 15 độ cho thấy lượng vật liệu phải cắt là ít hơn so với các góc nghiêng khác cho thấy sự phù hợp của kết quả thực nghiệm với lý thuyết. Từ bảng 3.2 cho thấy tỷ lệ phần trăm lỗi là 1,86%, hay độ chính xác dự đoán đạt được của mô hình toán là 98,14%.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa các thông số công nghệ nhằm dự đoán giá trị độ nhám bề mặt thấp nhất ($R_a = 0,48$ micron), với các giá trị tối ưu trong bảng 3.1. Các kết quả thu được từ nghiên cứu này là cơ sở để nghiên cứu ứng dụng thuật toán di truyền vào tối ưu hóa chế độ gia công cắt gọt các loại vật liệu khác nhằm tối thiểu hóa độ nhám bề mặt bảo

chất lượng chế tạo của sản phẩm gia công. ♦

Ngày nhận bài: 18/01/2017

Ngày phản biện: 05/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Việt Tiếp, Trần Xuân Việt (2009); *Công nghệ chế tạo máy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Ngọc Đào, Hồ Việt Bình, Trần Thế San; *Chế độ cắt gia công cơ khí*, NXB. Đà Nẵng.
- Bùi Minh Trí (2005); *Xác suất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Ahmad Shahril Jamaludin, Abdullah Yassin and Mohd. Shahril Osman "study on ball end milling process using two dimensional finite element method". *Jurnal Mekanikal* June 2012, No. 34, 1-15.
- Tehnomus; "New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies", "surface roughness variation in ball end milling of c45 material. part I: inclination of tool axis in feed positive direction" pașca ioan1, lobonțiu mircea.