

NGHIÊN CỨU MÀI MÒN VÀ TUỔI BỀN DAO KHI GIA CÔNG CHI TIẾT TÔI BẰNG DAO HỢP KIM CỨNG TRÊN MÁY TIỆN CNC

RESEARCH OF WEAR AND TOOL LIFE WHEN MACHINING HARDENED PARTS WITH HARD ALLOY KNIVES ON CNC LATHES

PGS, TS. **Phan Văn Hiếu**
Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về mài mòn và tuổi bền của dao hợp kim TNMG160404MAVP15TF khi tiện thép C45 qua tôi trên máy tiện CNC MORISEIKI – SL253. Từ kết quả nghiên cứu xây dựng phương trình thể hiện mối quan hệ giữa chế độ cắt và độ mòn của dao hợp kim TNMG160404MAVP15TF khi tiện thép C45 qua tôi trên máy tiện CNC MORISEIKI – SL253. Bằng thực nghiệm với thép tôi bằng dao có gắn mảnh hợp kim cứng, đưa ra được hàm số phụ thuộc vào các thông số chế độ cắt làm tài liệu tham khảo cho sinh viên, vận dụng làm bài tập thực hành tại xưởng gia công cơ khí và đã đưa ra được quan điểm đánh giá tính gia công của vật liệu để từ đó tìm ra được tính gia công và phương pháp gia công thép tôi phù hợp nhất nhằm giảm độ mòn của dao, nâng cao tuổi bền cho dao.

Bài báo xây dựng được hàm số phụ thuộc vào các thông số chế độ cắt với độ chính xác cao từ việc lựa chọn các thông số đầu vào cùng với việc sử dụng phương pháp hồi quy thực nghiệm, phương pháp bình phương nhỏ nhất và sử dụng phần mềm Microsoft Excell, MATHLAB R6.5 để tính toán.

Từ khóa: Mài mòn; Tuổi bền dao hợp kim; Tính gia công của vật liệu; Thông số công nghệ.

ABSTRACT

The paper presents the wear and durability of TNMG160404MAVP15TF alloy tool when turning C45 steel through quenching on MORISEIKI – SL253 CNC lathe. From the research results, building an equation showing the relationship between cutting mode and wear of alloy tools TNMG160404MAVP15TF when turning C45 steel through quenching on MORISEIKI – SL253 CNC lathe. Experimentally with hardened steel with a knife fitted with a hard alloy piece. Provide a function that depends on the parameters of the cutting mode as a reference for students, apply it as a practical exercise at a mechanical processing workshop, and give a perspective to evaluate the machinability of materials, from which to find out the machinability and the most suitable quenching steel processing method to reduce tool wear and improve tool life.

The paper builds a function that depends on the cutting mode parameters with high accuracy from the selection of input parameters along with the use of experimental regression, least squares method and using the method of least squares. Use software Microsoft Excell, MATHLAB R6.5 to calculate.

Keywords: Abrasion; Alloy tool life; Machinability of materials; Technological parameters. 

1. GIỚI THIỆU

Tiện trên máy CNC là một phương pháp gia công đạt năng suất và độ chính xác cao, vì vậy nó được ứng dụng nhiều để gia công hầu hết các loại chi tiết trụ tròn xoay, là một trong các phương pháp gia công tiên tiến được sử dụng khá rộng rãi. Để nâng cao giá trị của từng loại dao, tận dụng tối đa khả năng của dao và có kế hoạch sử dụng hiệu quả. Xây dựng và giải được bài toán độ mòn của dao phụ thuộc vào chế độ cắt sẽ giải quyết được tất cả các vấn đề nêu trên. Vì vậy, việc nghiên cứu về mài mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt, góp phần nâng cao chất lượng chi tiết, có kế hoạch sử dụng dụng cụ cắt hợp lý trở thành vấn đề cấp thiết.

Cấu tạo của máy tiện CNC



Hình 1. Máy tiện CNC MORISEIKI – SL253

Thông số kỹ thuật cơ bản của máy:

Đường kính vật gia công lớn nhất: 320mm; Chiều dài vật gia công lớn nhất: 525mm; Hành trình dịch chuyển theo phương X: 175mm; Hành trình dịch chuyển theo phương Z: 550mm; Động cơ trục chính: 11KW; Động cơ bàn máy theo phương X: 1,8KW; Động cơ bàn máy theo phương Z: 1,8KW; Độ chính xác dịch chuyển theo phương X,Z: 0,001mm;

Ổ chứa dao: 12 con thay dao tự động; Tốc độ trục chính lớn nhất: 6000 vòng/phút; Số dao cụ: 12; Kích thước cán dao: 25×25mm; Hệ điều khiển: Fanuc, SIEMEN.

Các phương pháp kế hoạch hóa thực nghiệm cực trị chủ yếu

Mỗi phương pháp quy hoạch thực nghiệm như: quy hoạch trục giao cấp 1, trục giao cấp 2, quy hoạch toàn phần, riêng phần, quy hoạch quay v.v... đều có ưu và nhược điểm riêng. Quy hoạch trục giao cấp 1 có số thí nghiệm không quá lớn, tính toán không quá phức tạp, hàm lượng thông tin nhiều, nhờ đánh giá được vai trò qua lại giữa các yếu tố và ảnh hưởng của chúng đến hàm mục tiêu. Nhận được mô hình toán học thống kê thực nghiệm theo các tiêu chuẩn thống kê, đánh giá được sai số của quá trình thực nghiệm theo các tiêu chuẩn thống kê cho phép xét ảnh hưởng của các yếu tố với mức độ tin cậy cần thiết. Cho phép xác định được điều kiện tối ưu đa yếu tố của đối tượng nghiên cứu một cách khá chính xác bằng các công cụ toán học. Đây là lý do quy hoạch thí nghiệm trục giao bậc 2 (quy hoạch Box-Wilson) được lựa chọn trong bài báo.

2. XÁC ĐỊNH MỐI QUAN HỆ GIỮA CHẾ ĐỘ CẮT VỚI ĐỘ MÒN MẶT SAU DAO TIỆN H_s KHI TIỆN THÉP TÔI C45 TRÊN MÁY TIỆN CNC

2.1. Điều kiện thực nghiệm

Phôi thực nghiệm

Trong nghiên cứu này, phôi thép C45 tôi, có kích thước đường kính Ø40mm, kích thước chiều dài L = 160mm, tôi đạt độ cứng 45HRC. Thành phần hóa học của chúng bao gồm: (0,36÷0,46) %C, (<0,4) %Si, (<0,65)

%Mn, (<0,4) %Cr, (<0,4) %Ni, (<=0,35) %P, (<=0,35) %S [4].

Dụng cụ, máy và thiết bị đo

Dụng cụ cắt:

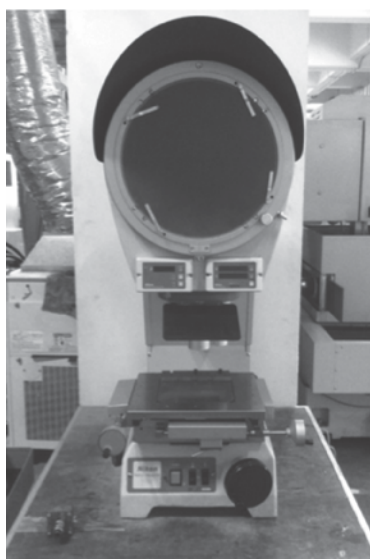
Dao tiện vai có gắn mảnh hợp kim: TNMG160404 MAVP15TF do hãng Mitsubishi chế tạo. Dao có kích thước cán 25x25. Góc trước của dao 15° góc sau 0°, bán kính mũi dao $R_d = 0,4\text{mm}$. Chế độ cắt chỉ dẫn: $V_c = 50 \div 500$ (m/phút), tốc độ chạy dao: $f_n = 0,05 \div 0,5$ (mm/vòng), chiều sâu cắt $t = 0,3 \div 5$ (mm).

Máy tiện CNC MORISEIKI – SL253 (Hình 1)

Máy đo mòn mặt sau của dao:

Kích thước máy: chiều cao 107cm; Chiều rộng 70mm; Chiều dài 41cm; Trọng lượng 80kg.

Điều kiện làm việc: Nhiệt độ: 0-40°C; Độ ẩm: 70%; Khả năng phóng to thu nhỏ: 5×, 10×, 20×, 25×, 50×, 100×, 200×, 500×.



Hình 2. Máy NIKON PROFILE ROJECTOR

2.2. Xác định chế độ cắt cho thực nghiệm

Thực nghiệm về ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến độ mòn dao mặt sau h_s khi gia công trên máy tiện CNC. Trong bài báo này, tác giả lựa chọn thông số công nghệ để nghiên cứu ảnh hưởng của chúng đến độ mòn dao mặt sau h_s đó là:

Vận tốc cắt V trên máy CNC nằm trong khoảng 120÷160 mm/phút;

Chiều sâu cắt t trong khoảng 0,5÷1,5mm; Bước tiến s nằm trong khoảng: 0,1÷0,3 mm/vòng.

Theo quy hoạch thực nghiệm, ta chọn miền nghiên cứu thực nghiệm là:

$$V_{\max} = 160 \text{ m/phút}; S_{\max} = 0,3 \text{ mm/vòng}; t_{\max} = 1,5\text{mm};$$

$$V_{\min} = 120 \text{ m/phút}; S_{\min} = 0,1 \text{ mm/vòng}; t_{\min} = 0,5\text{mm};$$

Theo lý thuyết quy hoạch thực nghiệm, vì hàm toán học biểu diễn mối quan hệ là một hàm phi tuyến, khi tính toán và xác định, ta phải chuyển sang hàm lô-ga-rít nên các thông số thực nghiệm được xác định như sau:

$$\text{Mức trên: } x_i^{(t)} = \ln x_{i \max};$$

$$\text{Mức dưới: } x_i^{(d)} = \ln x_{i \min};$$

$$\text{Mức cơ sở: } x_i^{(0)} = 1/2 (\ln x_{i \max} + \ln x_{i \min});$$

$$X_1^{(0)} = 1/2 (\ln x_{1 \max} + \ln x_{1 \min}) = 1/2 (\ln 160 + \ln 120) = 4,931;$$

$$X_2^{(0)} = 1/2 (\ln x_{2 \max} + \ln x_{2 \min}) = 1/2 (\ln 0,1 + \ln 0,3) = -1,753;$$

$$X_3^{(0)} = 1/2 (\ln x_{3 \max} + \ln x_{3 \min}) = 1/2 (\ln 1,5 + \ln 0,5) = -0,287;$$



Khoảng biến thiên:

$$\rho_i = 1/2(\ln x_{i \max} - \ln x_{i \min});$$

$$\rho_1 = 1/2(\ln x_{1 \max} - \ln x_{1 \min}) = 1/2(\ln 160 - \ln 120) = 0,144;$$

$$\rho_2 = 1/2(\ln x_{2 \max} - \ln x_{2 \min}) = 1/2(\ln 0.3 - \ln 0.1) = 0,549;$$

$$\rho_3 = 1/2(\ln x_{3 \max} - \ln x_{3 \min}) = 1/2(\ln 1.5 - \ln 0.5) = 0.505 [6], [7], [9].$$

Kết quả tính toán các giá trị trong bảng

2.1.

Bảng 2.1. Giá trị các yếu tố trong thực nghiệm

Yếu tố	x_1	x_2	x_3
Mức trên	5,075	-1,204	0,405
Mức dưới	4,787	-2,302	-0,693
Mức cơ sở	4,931	-0,287	-0,346
Khoảng biến thiên	0,144	0,549	0,505

Chuyển các biến từ biến tự nhiên sang biến mã hóa không thứ nguyên. Với thí nghiệm đầu vào là ba yếu tố gồm: tốc độ cắt V, lượng chạy dao S, chiều sâu cắt t, theo quy hoạch thực nghiệm với ba biến đầu vào ta sẽ thực nghiệm với 08 thí nghiệm, trong đó có 08 thí nghiệm ở 08 đỉnh đơn hình và ba thí nghiệm ở trung tâm (cơ sở), ta có bảng thực nghiệm sau:

Bảng 2.2. Quy hoạch thực nghiệm khi đo độ cứng

STT	Biến mã hóa			Biến thực nghiệm			Chiều cao mòn h_s
	X_1	X_2	X_3	V (m/phút)	S (mm/vòng)	t (mm)	
1	-1	-1	-1	120	0.1	0.5	
2	+1	-1	-1	160	0.1	0.5	
3	-1	+1	-1	120	0.3	0.5	
4	+1	+1	-1	160	0.3	0.5	
5	-1	-1	+1	120	0.1	1.5	
6	+1	-1	+1	160	0.1	1.5	
7	-1	+1	+1	120	0.3	1.5	
8	+1	+1	+1	160	0.3	1.5	
9	0	0	0	138	0.17	0.75	
10	0	0	0	138	0.17	0.75	
11	0	0	0	138	0.17	0.75	

2.3. Tiến hành thực nghiệm

Kiểm tra tình trạng máy, dao, phôi các đồ dùng liên quan... cho chạy rà 05 phút (cho hệ thống công nghệ định) trước khi tiến hành thí nghiệm.

Gá đặt phôi lên máy: Gá đặt phôi trên mâm cặp 03 chấu; Gá đặt dao tiện trên bàn dao máy tiện: Gá ngang tâm của phôi; Đưa dao tiện gần mảnh hợp kim TNMG160404 MAVP15TF vào tiến hành thực nghiệm.

Cứ sau thời gian gia công là $t = 20$ phút lại dừng máy để đo độ mòn mặt sau một lần và thay đổi các giá trị chế độ cắt đã định trước. Mỗi thí nghiệm sử dụng một lưỡi dao (dùng 04 mảnh hợp kim); Viết chương trình để tiến hành gia công thực nghiệm; Cho chạy chương trình thực nghiệm để gia công. Chọn thông số chế độ cắt cho từng lưỡi như trong bảng 2.2. Kết thúc thí nghiệm.

Thực nghiệm đo độ mòn dao h_s và kết quả

Chuẩn bị lưỡi cắt; Chuẩn bị máy đo; Gá dao để đo mòn.

Tiến hành đo chiều cao vết mòn:



Hình 3. Hiển thị kết quả đo

Kết thúc quá trình đo, ghi số liệu vào trong bảng 2.3.

Bảng 2.3. Kết quả đo độ mòn

STT	Biến mã hóa			Biến thực nghiệm			Chiều cao mòn h_s
	X_1	X_2	X_3	V (m/phút)	S (mm/vòng)	t (mm)	
1	-1	-1	-1	120	0.1	0.5	0.325
2	+1	-1	-1	160	0.1	0.5	0.643
3	-1	+1	-1	120	0.3	0.5	0.285
4	+1	+1	-1	160	0.3	0.5	0.532
5	-1	-1	+1	120	0.1	1.5	0.414
6	+1	-1	+1	160	0.1	1.5	0.613
7	-1	+1	+1	120	0.3	1.5	0.361
8	+1	+1	+1	160	0.3	1.5	0.632
9	0	0	0	138	0.17	0.75	0.424
10	0	0	0	138	0.17	0.75	0.421
11	0	0	0	138	0.17	0.75	0.434

2.4. Xử lý kết quả thực nghiệm

Trong nghiên cứu, ta đã giả thiết mối quan hệ giữa chế độ cắt và chiều cao mòn dao có tuân theo quy luật hàm số mũ, thì có nghĩa:

$$h_s = A.V^a.S^b.t^c$$

Trong đó: h_s là độ mòn mặt sau; A là hằng số; a, b, c là số mũ kể đến ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ biến cứng bề mặt, được xác định bằng thực nghiệm.

Logarit hóa hai vế, ta sẽ thu được phương trình mới:

$$\ln(h_s) = \ln(A) + a \ln(V) + b \ln(S) + c \ln(t)$$

Đặt $y = \ln(h_s)$; $a_0 = \ln(A)$; $a_1 = a$; $a_2 = b$; $a_3 = c$; $x_1 = \ln(V)$; $x_2 = \ln(S)$; $x_3 = \ln(t)$.

Ta được phương trình mới:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$$

Xác định hàm hồi quy thực nghiệm bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất, trên cơ sở hỗ trợ của phần mềm Microsoft Excell, Mathlab R6.5, ta thu được kết quả như sau:

Ta có: $[X].[Y] = [A]$

Ma trận [X] là ma trận biến số đầu vào;
Ma trận [Y] là ma trận cột độ biến cứng;
Ma trận [A] là ma trận hệ số tương ứng.

$$\text{Kết quả tính toán, ta được: } [A] = \begin{bmatrix} -10.638 \\ 1.965 \\ -0.096 \\ 0.142 \end{bmatrix}$$



Nên mô hình toán học cho hàm độ mòn:

$$h_s = e^{-10.638} \times V^{1.965} \times S^{-0.096} \times t^{0.142}$$

$$= 0.000024 \times V^{1.965} \times S^{-0.096} \times t^{0.142}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Từ kết quả thí nghiệm và công thức biểu diễn mối quan hệ giữa chế độ cắt và chiều cao mòn h_s , ta có nhận xét sau:

Chế độ cắt ảnh hưởng đến chiều cao mòn h_s và mối quan hệ giữa chúng là một hàm mũ.

Trong ba yếu tố S, V, t thì vận tốc cắt V ảnh hưởng lớn nhất đến chiều cao mòn h_s . Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết.

Nghiên cứu thực nghiệm trong điều kiện nhất định để xác định hệ số trong công thức của hàm độ mòn mặt sau phụ thuộc vào chế độ cắt. Bằng 11 thực nghiệm theo quy hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu với sự hỗ trợ của phần mềm tính toán đã đưa, ta công thức thực nghiệm với độ tin cậy 94%.

Xác định được chế độ cắt hợp lý nâng cao tuổi bền của dụng cụ và chất lượng của sản phẩm với độ tin cậy 95%.

So sánh kết quả thực nghiệm của thép C45 thường và thép C45 qua tôi:

Kiểm tra độ cứng tế vi lớp bề mặt gia công cho thấy, lớp bề mặt nhận được sau gia công có độ cứng cao hơn độ cứng lớp vật liệu nguyên thủy: tăng 7÷20% đối với thép C45 và tăng 0,6÷15% đối với thép C45 tôi. Có sự tăng độ cứng ở lớp bề mặt và giảm nhẹ độ cứng ở lớp sâu hơn, sát lớp bề mặt so với độ cứng của kim loại nguyên thủy. Kiểm tra cấu trúc tế vi

lớp bề mặt gia công của thép C45 và C45 tôi, độ cứng > 45HRC ứng với chiều dài cắt khác nhau cho thấy, cấu trúc tế vi bề mặt gia công hầu như không thay đổi so với cấu trúc kim loại nguyên thủy. Riêng bề mặt thép C45 ở chiều dài cắt L = 2800m, bề mặt xuất hiện lớp trắng nhẹ.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mối quan hệ giữa độ mòn mặt sau với các yếu tố công nghệ:

$$h_s = e^{-10.638} \times V^{1.965} \times S^{-0.096} \times t^{0.142}$$

$$= 0.000024 \times V^{1.965} \times S^{-0.096} \times t^{0.142}$$

Từ nghiên cứu trên, một số kết luận được chỉ ra như sau:

Với 11 mẫu thử, mỗi mẫu thực hiện 03 lần trên máy tiện CNC MORISEIKI – SL253, dùng máy đo NIKON PROFILE PROJECTOR khuếch đại 100 lần. Từ thí nghiệm, sử dụng phần mềm Matlab, ta xác định được hàm hồi quy phù hợp thể hiện mối quan hệ giữa bộ thông số chế độ cắt (t, V, S) với độ mòn h_s (mm); Khảo sát các mối quan hệ này với h_s , ta xác định được bộ thông số (t, S, V) với thép C45 qua tôi. Đặc biệt làm cơ sở nghiên cứu để tìm ra bộ thông số chế độ cắt tối ưu cho các vật liệu khác.

Chế độ cắt ảnh hưởng đến chiều cao mòn h_s và mối quan hệ giữa chúng là một hàm mũ.

Trong ba yếu tố S, V, t thì vận tốc cắt V ảnh hưởng lớn nhất đến chiều cao mòn h_s . Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết.

Nghiên cứu thực nghiệm trong điều kiện nhất định để xác định hệ số trong công thức của hàm độ mòn mặt sau phụ thuộc vào chế độ cắt. Bằng 11 thực nghiệm theo quy hoạch

thực nghiệm và xử lý số liệu với sự hỗ trợ của phần mềm tính toán đã đưa, ta công thức thực nghiệm với độ tin cậy 94%.

Xác định được chế độ cắt hợp lý nâng cao tuổi bền của dụng cụ và chất lượng của sản phẩm với độ tin cậy 95%.

Đề xuất thời gian tới khi có điều kiện, tác giả sẽ mở rộng chuyên đề hướng nghiên cứu khác như: Nghiên cứu mối quan hệ giữa độ cứng của vật liệu gia công đến mòn và tuổi bền của dao PCBN.

Tuy vậy, đây chỉ là những kết quả bước đầu trong nghiên cứu về mối quan hệ giữa độ mòn mặt sau với các yếu tố công nghệ, tạo tiền đề, cơ sở cho những nghiên cứu tiếp theo. ❖

Ngày nhận bài: **21/5/2023**

Ngày phản biện: **01/6/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Địch (2016); *Hướng dẫn phân loại và tra cứu thông số cắt của dụng cụ cắt kết hợp*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Nguyễn Ngọc Đào (2001); *Chế độ cắt gia công cơ khí*. NXB. Đà Nẵng.
- [3]. Trần Văn Địch (2000); *Công nghệ chế tạo máy CNC*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [4]. Trần Văn Địch, Ngô Trí Phúc; *Sổ tay thép thế giới*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [5]. Lưu Quang Huy (2014); *Nghiên cứu đặc trưng của quá trình cắt gọt khi tiện năng suất cao dùng lượng chạy dao lớn*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Trọng Hùng, Phùng Xuân Sơn; *Giáo trình thiết kế thực nghiệm trong chế tạo máy*. NXB. Xây dựng.
- [7]. Giang Thị Kim Liên (2009); *Bài giảng môn quy hoạch thực nghiệm*. Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng.
- [8]. Phạm Ngọc Tuấn, Nguyễn Văn Tường (2007); *Các phương pháp gia công đặc biệt*. NXB. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [9]. Nguyễn Minh Tuyên (2005); *Quy hoạch thực nghiệm*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.