

TỐI ƯU CHẾ ĐỘ CẮT KHI GIA CÔNG THÉP C40 TRÊN MÁY TIỆN CNC

OPTIMIZING CUTTING MODE DURING PROCESSING C40 STEEL ON CNC LATHE

Nguyễn Văn Trúc, Bùi Ánh Hưng, Trần Trọng Thể

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 02/04/2021, chấp nhận đăng ngày 17/05/2021

Tóm tắt: Thép C40 là vật liệu khó gia công nhưng được ứng dụng nhiều trong thực tiễn. Trong bài báo, tác giả đã trình bày mô hình thực nghiệm gia công thép C40 trên máy tiện CNC, với sự hỗ trợ của phần mềm toán học Maple đã tìm ra mối quan hệ giữa thông số chế độ cắt với độ nhám bề mặt của chi tiết gia công. Từ đó, xác định được chế độ cắt theo tiêu chí tối ưu độ nhám bề mặt khi gia công thép C40 trên máy tiện ROTURN 400 C.

Từ khóa: Tiện, thép C40, chế độ cắt tối ưu.

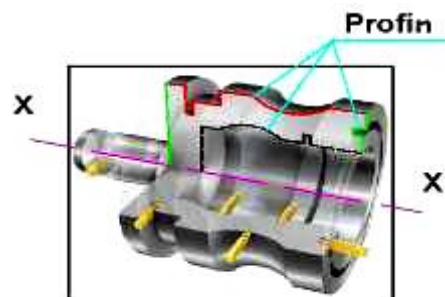
Abstract: Though C40 steel is a difficult material to work widely applied in real manufacturing. In the article, the author presents the experimental model to process C40 steel on CNC lathe. A relation between the cutting mode parameters and the roughness of the workpiece has been found with the help of the Maple mathematical software. Consequently, the cutting mode is optimized based on the criteria of surface roughness when processing C40 steel on the lathe ROTURN 400 C.

Keywords: Lathe, C40 steel, optimum cutting mode.

1. ĐẶC ĐIỂM TIỆN CNC

1.1. Profile chi tiết trong gia công tiện

Gia công profile là một trong những đặc trưng quan trọng để phân biệt tiện CNC và tiện vạn năng thông thường. Các đường profile của chi tiết trong gia công tiện được hiểu là biên dạng chi tiết trên mặt cắt đi qua đường tâm trục chi tiết, gồm tập hợp của rất nhiều các đoạn cong, đoạn thẳng nối tiếp, trường hợp đặc biệt thì profile có thể là đường thẳng, cung tròn. Trên mỗi mặt phẳng cắt đi qua tâm chi tiết có 2 đường profile chi tiết nằm ở hai bên đường tâm trục. Trường hợp lý tưởng hai đường profile này hoàn toàn đối xứng tương ứng với phương pháp gia công bằng dụng cụ định hình. Một số dạng đường profile trình bày trong hình 1.



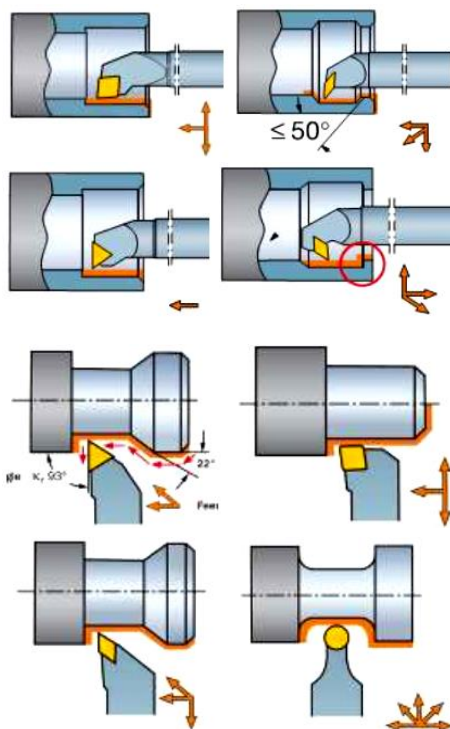
Hình 1. Một số dạng đường profile chi tiết

Theo [1], trong thực tế đối với các dao cắt thông thường khi gia công luôn tồn tại lượng chạy dao ngang, dao dọc, hợp của hai chuyển động này là đường cong bất kỳ, khi phôi quay một vòng tương ứng dao dịch chuyển một đoạn nghiêng nhất định, so le với vị trí ban đầu một đoạn đúng bằng chiều dài bước tiến dao ngang, do đó profile chi tiết ở hai phía

tâm trục so le một đoạn bằng bước tiến dao. Đối với trường hợp dao cắt định hình không có dịch chuyển ngang, nhưng do ảnh hưởng của vật liệu gia công, mòn dụng cụ, độ không chính xác của máy... nên các profile trong mặt cắt qua tâm trục chi tiết cũng không hoàn toàn đối xứng.

1.2. Đường dụng cụ trong tiện profile

Theo [2], đường dụng cụ (đường chạy dao) là quỹ đạo mà một điểm trên dụng cụ được dẫn theo nó trong quá trình gia công. Nếu nguyên công đang thực hiện là gia công thô thì đường chạy dao sẽ dẫn dụng cụ lấy đi lượng dư gia công. Còn nếu là nguyên công gia công tinh thì đường chạy dao sẽ dẫn dụng cụ thực hiện quá trình bao hình tạo thành bề mặt chi tiết. Đường dụng cụ trong gia công tinh profile chi tiết có được bằng cách dịch chuyển (offset) đường cần gia công một lượng nhỏ xấp xỉ bán kính mũi cắt dụng cụ. Một số dạng đường dụng cụ khi tiện được trình bày trong hình 2.



Hình 2. Các đường dụng cụ và dụng cụ cắt tương ứng khi tiện

Trên hình 2 cho thấy đối với các đường profile khác nhau để dụng cụ gia công được theo profile và không xảy ra hiện tượng cắt lẹm thì dụng cụ đó phải có hình dạng và các thông số hình học thỏa mãn các thông số động học khi gia công. Thông thường để nâng cao tính linh hoạt cho dụng cụ cắt người ta ít khi dùng dụng cụ định hình, mà chế tạo các dụng cụ khác nhau, kết hợp với phương pháp lập trình trên máy CNC, mỗi dụng cụ sẽ đảm nhiệm gia công một hoặc nhiều profile khác nhau.

2. VẬT LIỆU THÉP C40

2.1. Thành phần hóa học

Thép C40 có hàm lượng C nằm trong khoảng $0,3 \div 0,5$ % để thép có sự kết hợp hài hòa giữa độ bền và độ dẻo dai [4].

Bảng 1. Thành phần hóa học thép C40

Mác thép	Thành phần hóa học, %				
	C	Cr	Mn	Si	Ni
C40	$0,37 \div 0,44$	$<0,25$	$<0,8$	$<0,37$	$<0,25$

2.2. Ứng dụng thép C40

Mác thép này dùng phổ biến chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh và va đập cao, yêu cầu độ bền và độ dai va đập cao (cơ tính tổng hợp cao) [4].

3. ĐIỀU KIỆN THÍ NGHIỆM

3.1. Máy gia công



Hình 3. Máy tiện ROTURN 400 C

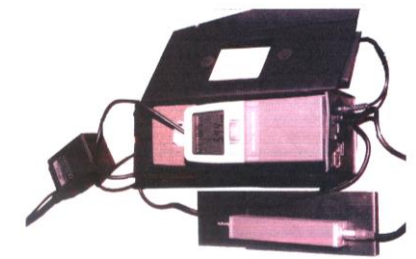
Các thí nghiệm được tiến hành trên máy tiện ROTURN 400 C. Máy có các đặc tính kỹ thuật chủ yếu sau [5]:

Đường kính tiện vượt bàn	400 mm
Tốc độ trục chính	50÷3000 v/p
Công suất động cơ trục chính	7,5 kW
Kích thước mâm cặp	200 mm
Kích thước máy	3800×1870×1910 mm
Khối lượng	3340 kg

3.2. Dụng cụ cắt

- Thân dao: Sử dụng thân dao tiện CNC do hãng Sandvik sản xuất;
- Mảnh dao: Dùng mảnh dao hợp kim cứng mác TT10K8 (theo tiêu chuẩn ISO 513-2012).

3.3. Thiết bị đo nhám bề mặt



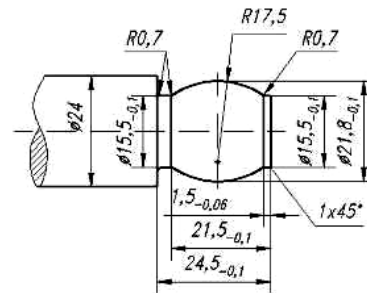
Hình 4. Máy đo độ nhám bề mặt SJ-201

Tính năng kỹ thuật của máy đo độ nhám bề mặt SJ-201:

- Model: SJ-201. Hãng Mitutoyo (Nhật Bản);
- Kiểu đo trực tiếp bằng đầu dò các thông số R_a , R_z , R_t , ...;
- Tiêu chuẩn: ISO, DIN, JIS, ANSI;
- Hiển thị: LCD;
- Bộ chuyển đổi A/D: RS-232;
- Độ phân giải: 0,32 μm /300 μm ; 0,08 μm /75 μm ; 0,04 μm /9,4 μm ;
- Phần mềm điều khiển và xử lý số liệu MSTATw32 4.0.

3.4. Mẫu thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm là chi tiết có prôphin cong lồi bằng vật liệu thép C40. Yêu cầu: Chi tiết sau gia công không bị cong, vênh, bẹp méo, bề mặt bóng đều, độ nhám bề mặt cong lồi $R_{17,5}$ là R_a 1,25 μm , các phần trụ còn lại độ nhám R_a 2,5 μm .



Hình 5. Chi tiết gia công

4. QUY HOẠCH THỰC NGHIỆM

4.1. Thông số đầu vào và đầu ra

Qua nghiên cứu các thông số ảnh hưởng đến chỉ tiêu đánh giá quá trình cắt khi tiện bao gồm nhiều yếu tố nhưng trong giới hạn của bài báo, tác giả chọn 3 thông số đầu vào sau:

v : vận tốc chi tiết gia công (m/ph);

s : lượng chạy dao (mm/v);

t : chiều sâu cắt (mm).

Các thông số này đều có đặc tính là có khả năng điều chỉnh liên tục và sự điều chỉnh mỗi thông số không kéo theo sự thay đổi các thông số khác [1]. Sự thay đổi của các thông số này cũng ảnh hưởng tới thông số đầu ra là độ nhám bề mặt $R_a(\mu\text{m})$. Như vậy việc nhóm các thông số: v , s , t vào một kế hoạch thực nghiệm đã đáp ứng được các yêu cầu cơ bản của lý thuyết quy hoạch thực nghiệm.

4.2. Xây dựng quy hoạch thực nghiệm

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng quan hệ phụ thuộc của hàm mục tiêu R_a vào các thông số v , s , t tuân theo quy luật hàm mũ [2].

$$R_a = C.V^{b_1}.s^{b_2}.t^{b_3} \quad (1)$$

Để giải bài toán tìm các hệ số C, b_1, b_2, b_3 ta chuyển phương trình dạng hàm mũ thành phương trình dạng tuyến tính bằng cách logarit cả 2 vế, phương trình có dạng:

$$\ln(R_a) = \ln(C) + b_1 \ln(v) + b_2 \ln(s) + b_3 \ln(t) \quad (2)$$

Đặt $y = \ln(R_a)$; $b_0 = \ln(C)$; $x_1 = \ln(v)$; $x_2 = \ln(s)$; $x_3 = \ln(t)$

Phương trình mới có dạng:

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

Phương trình (3) là phương trình tuyến tính 3 yếu tố, mỗi yếu tố thay đổi theo 2 mức, ta có số thí nghiệm cần thực hiện tại các nút là $N = 2^3 = 8$ thí nghiệm. Ngoài ra, ta thực hiện 01 thí nghiệm ở trung tâm, như vậy số thí nghiệm cần thực hiện là 9 thí nghiệm [3].

Bảng 2. Ma trận quy hoạch thực nghiệm

TTTN	Biến đầu vào mã hóa			Hàm đầu ra
	x_1	x_2	x_3	y
1	-1	-1	-1	y_1
2	+1	-1	-1	y_2
3	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	-1	y_4
5	-1	-1	1	y_5
6	+1	-1	1	y_6
7	-1	+1	1	y_7
8	+1	+1	1	y_8
9	0	0	0	y_9

Theo ý kiến của chuyên gia và nhà sản xuất khi thực nghiệm tiện thép C40 trong các điều kiện khác nhau. Ta lựa chọn khoảng khảo sát của các thông số chế độ cắt như sau:

▪ Vận tốc cắt v : Thông thường vận tốc cắt tăng thì độ nhấp nhô bề vi giảm và năng suất tăng nhưng sẽ làm tăng mòn dao và gây rung động, do đó tạo độ sóng bề mặt, giảm độ chính xác kích thước. Lựa chọn tốc độ cắt

nằm trong khoảng $145 \text{ (m/phút)} \leq v \leq 195 \text{ (m/phút)}$. Nếu chọn $v < 145 \text{ (m/phút)}$ sẽ xuất hiện lẹo dao, do đó làm tăng độ nhấp nhô bề mặt và độ sai lệch kích thước gia công. Nếu chọn $v > 195 \text{ (m/phút)}$ nhấp nhô bề mặt giảm, tuy nhiên xảy ra hiện tượng nứt, vỡ mảnh dao TT10K8 [6].

▪ Bước tiến dao s : Lựa chọn nằm trong khoảng $0,1 \text{ (mm/vòng)} \leq s \leq 0,3 \text{ (mm/vòng)}$. Khi tăng lượng chạy dao sẽ làm tăng độ nhám bề mặt nhưng năng suất cắt sẽ được tăng lên. [6].

▪ Chiều sâu cắt t : Lựa chọn nằm trong khoảng $0,25 \text{ mm} \leq t \leq 0,65 \text{ mm}$. Khi chiều sâu cắt tăng sẽ làm tăng lực cắt, rung động, điều này là không phù hợp với gia công tinh profile chi tiết. Do yêu cầu hệ thống công nghệ (máy - dao - đồ gá) phải tăng công suất, độ cứng vững, trong khi các dụng cụ gia công tinh profile chi tiết thường có kết cấu hình học tinh, gọn, linh hoạt, sắc, nhọn kém bền hơn so với dụng cụ gia công thô, bán tinh.

Bảng 3. Các mức thông số

Các mức	Giá trị mã hoá	Các thông số ảnh hưởng	Các thông số ảnh hưởng	Các thông số ảnh hưởng
		v (m/ph)	v (m/ph)	v (m/ph)
Mức trên	+1	195	0,3	0,65
Mức cơ sở	0	170	0,2	0,45
Mức dưới	-1	145	0,1	0,25
Khoảng thay đổi Δ	1	25	0,1	0,2

Bảng 4. Số liệu thực nghiệm

TT TN	v (m/ph)	s (mm/v)	t (mm)	R_a (μm)
1	145	0,1	0,25	0,97
2	195	0,1	0,25	0,91
3	145	0,3	0,25	1,64
4	195	0,3	0,25	1,44
5	145	0,1	0,65	1,19

TT TN	v (m/ph)	s (mm/v)	t (mm)	Ra (μm)
6	195	0,1	0,65	0,95
7	145	0,3	0,65	1,98
8	195	0,3	0,65	1,75
9	170	0,2	0,45	1,23

Bảng 5. Giá trị Logari của các thông số

TT TN	$x_1=\ln(v)$	$x_2=\ln(s)$	$x_3=\ln(t)$	$y=\ln(R_a)$
1	4,976734	-2,30259	-1,38629	-0,03046
2	5,273000	-2,30259	-1,38629	-0,09431
3	4,976734	-1,20397	-1,38629	0,494696
4	5,273000	-1,20397	-1,38629	0,364643
5	4,976734	-2,30259	-0,43078	0,173953
6	5,273000	-2,30259	-0,43078	-0,05129
7	4,976734	-1,20397	-0,43078	0,683097
8	5,273000	-1,20397	-0,43078	0,559616
9	5,135798	-1,60944	-0,79851	0,207014

5. XỬ LÝ SỐ LIỆU

▪ Điều kiện thí nghiệm là tương đối ổn định chỉ có các yếu tố ảnh hưởng cần nghiên cứu là thay đổi theo các điểm trong kế hoạch thực nghiệm. Chính vì vậy nghiên cứu đã đáp ứng được các yêu cầu của phân tích hồi quy đặt ra cho thực nghiệm.

▪ Xử lý số liệu bằng phần mềm Maple. Sau khi kiểm tra khả năng làm việc của mô hình và loại bỏ các hệ số không đủ mức ý nghĩa ta thu được mô hình độ nhám bề mặt gia công như sau:

$$R_a = 36,7 \cdot v^{-0,4654} \cdot s^{0,4716} \cdot t^{0,1578} \quad (4)$$

5.1. Tìm cực trị của phương trình hồi quy

Tìm giá trị của v, s, t để R_a nhỏ nhất với điều kiện:

$$145 \leq v \leq 195; 0,1 \leq s \leq 0,3; 0,25 \leq t \leq 0,65.$$

Chương trình Maple

with(Optimization) [2];

[ImportMPS, Interactive, LPSolve, LSSolve, Maximize, Minimize, NLPSolve, QPSolve];

dieukien := [4.976734 <= x[1], x[1] <= 5.273000, -2.30259 <= x[2], x[2] <= -1.20397, -1.38629 <= x[3], x[3] <= -0.43078];

NLPSolve(R[a], dieukien);

Kết quả:

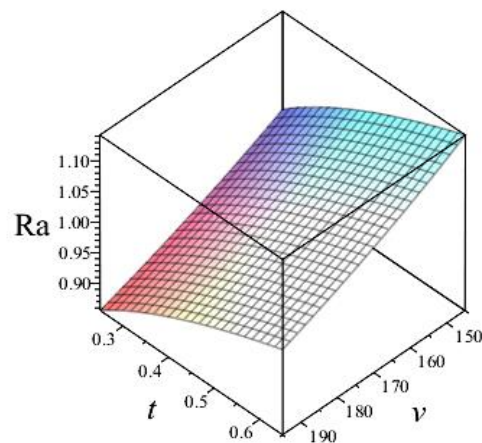
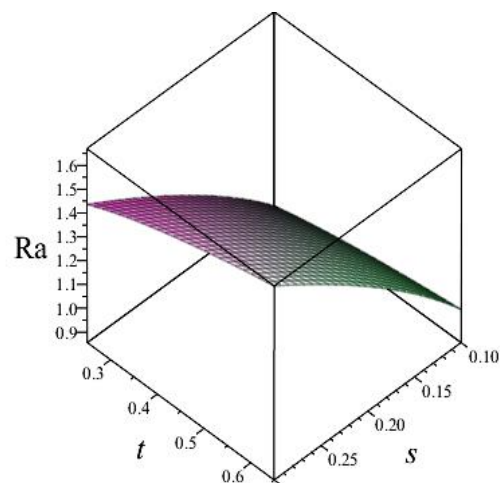
$R_a = 0,855585144517135077$ (μm) khi:

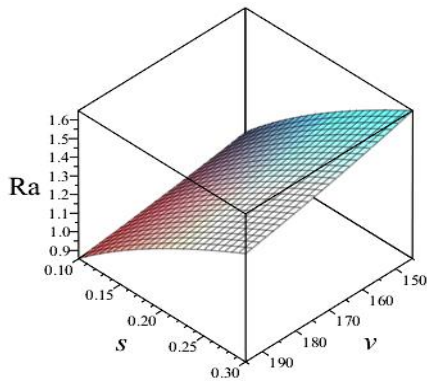
$v = 195,000000000000$ (m/ph) ;

$s = 0,100000000000$ (mm/vòng);

$t = 0,250000000000$ (mm).

Vậy $R_a = 0,8556 \mu\text{m}$ tại $v = 195$ (m/ph); $s = 0,1$ (mm/v); $t = 0,25$ (mm).

Hình 6. Quan hệ độ nhám R_a với t, v (s tối ưu)Hình 7. Quan hệ độ nhám R_a với s, t (v tối ưu)



Hình 8. Quan hệ độ nhám R_a với v , s (t tối ưu)

5.2. Nhận xét

Bằng các phép kiểm tra có thể khẳng định mô hình (4) là tương thích, phù hợp với các số liệu thực nghiệm. Các đồ thị phản ánh mối quan hệ của các thông số công nghệ (v, s, t) với độ nhám bề mặt khi tiện.

Trong phạm vi nghiên cứu, bước tiến dao s có số mũ dương và lớn hơn số mũ dương của chiều sâu cắt t có nghĩa là mức độ ảnh hưởng

của bước tiến dao đến độ nhám là lớn hơn so với chiều sâu cắt, tức là khi bước tiến dao tăng thì độ nhám tăng và ngược lại. Chiều sâu cắt t có số mũ dương và nhỏ nên mức độ ảnh hưởng đến độ nhám là nhỏ và theo chiều thuận. Vận tốc cắt có số mũ âm và trị tuyệt đối lớn nhất nên ảnh hưởng đến độ nhám là lớn nhất và theo tỷ lệ nghịch, tức là khi vận tốc cắt tăng thì độ nhám giảm và ngược lại

6. KẾT LUẬN

Như vậy, kết hợp giữa lý thuyết thực nghiệm và phần mềm toán học Maple bài báo đã chỉ ra ảnh hưởng bởi các thông số công nghệ (v, s, t) đến độ nhám bề mặt khi tiện và là cơ sở xác định bộ thông số tối ưu $v=195$ m/ph, $s=0,1$ mm/v, $t=0,25$ mm để độ nhám bề mặt $R_a=0,8556$ μm nhỏ nhất.

Kết quả này có thể áp dụng trong sản xuất thực tế khi tiện thép C40 trên máy tiện ROTURN 400 C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy (2013), *Nguyên lý gia công vật liệu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Văn Cường (2014), *Nâng cao hiệu quả trong tiện các chi tiết định hình*, Luận án tiến sĩ, Trường Đại học tổng hợp Tula, Cộng hòa liên bang Nga.
- [3] Nguyễn Văn Dữ, Nguyễn Đăng Bình (2011), *Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] Nghiêm Hùng (2002), *Vật liệu học cơ sở*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5] Công ty TNHH Công nghệ CAD/CAM Việt Nam, *Hướng dẫn vận hành máy tiện ROTURN 400 C*.
- [6] David A. Stephenson, John S. Agapiou, *Metal Cutting Theory and Practice*, Taylor & Francis Group, 2016.

Thông tin liên hệ:

Nguyễn Văn Trúc

Điện thoại: 0988353261 - Email: nvtruc@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

Bùi Ánh Hưng

Điện thoại: 0585833166 - Email: bahung@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

Trần Trọng Thế

Điện thoại: 0915799281 - Email: tnthe@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

