



NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI TIỆN VẬT LIỆU SUS 304

Phạm Thị Minh Huệ^{1*}, Phạm Minh Thế²

Tóm tắt: Thép không gỉ hay còn gọi là inox là một loại thép hợp kim chứa Cr (với hàm lượng Cr tối thiểu 10,5% khối lượng). Khi hàm lượng Cr đủ cao, trên bề mặt nó sẽ hình thành một lớp màng thụ động oxit crom có tác dụng ngăn cản quá trình tạo gỉ và ăn mòn vào lớp vật liệu. Chính nhờ đặc điểm đó mà thép không gỉ được dùng nhiều trong chế tạo đồ gia dụng, chế tạo thiết bị dùng trong lĩnh vực y tế. Loại vật liệu này có độ dẻo cao, nhiệt phát sinh lớn nên quá trình cắt có những hiện tượng xảy ra với mức độ và tần suất khác nhiều so với khi gia công kim loại khác. Điều đó đã ảnh hưởng lớn đến chất lượng bề mặt sau khi gia công, độ bền dụng cụ... Các kết quả nghiên cứu được trình bày trong bài báo này đã chỉ rõ mối quan hệ giữa chế độ cắt (V , S , t) với độ nhám bề mặt chi tiết sau khi tiện là cơ sở cho việc lựa chọn chế độ cắt khi gia công cắt gọt chi tiết chế tạo bằng SUS 304.

Từ khóa: Thép không gỉ; SUS 304; chế độ cắt; mối quan hệ; độ nhám bề mặt.

Research on the affection of the cutting mode on the surface harsh of sus 304 suspension materials

Abstract: Stainless steel is a Cr alloy steel (with a Cr content of at least 10,5% by weight). When the Cr content is high enough, on the surface it forms a passive membrane of chromium oxide to prevent both rusting and erosion process of the material. Thanks to that feature, stainless steel is used widely in the manufacture of home appliances and equipment used in the medical field. This type of material has high plasticity and heat generation, so the process of cutting occurs with different levels and frequency from other metals. This has a great influence on surface quality after machining and tool durability, etc. The results of the study presented in this paper show the relationship between cutting mode (V , S , t) and the surface roughness after turning which is the basis for the cutting mode selection during machining of parts made with SUS 304.

Keywords: Stainless steel; SUS 304; cutting mode; relationship; surface roughness.

Nhận ngày 29/3/2017; sửa xong 26/4/2017; chấp nhận đăng 30/5/2017

Received: March 29, 2017; revised: April 26, 2017; accepted: May 30, 2017



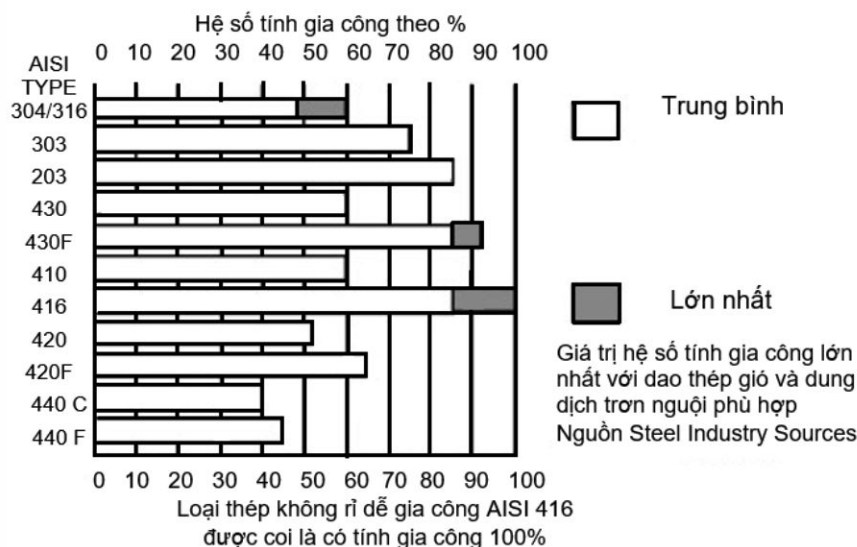
1. Giới thiệu

Tính công nghệ là một trong những tính chất công nghệ quan trọng của vật liệu bởi nó ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất, chất lượng khi gia công, độ bền và tuổi thọ của dụng cụ cắt. Tính công nghệ của vật liệu liên quan trực tiếp với thành phần hóa học và cấu trúc của vật liệu, nó còn chịu ảnh hưởng rất lớn của tính chất cơ học, vật lý... Tính công nghệ của vật liệu phụ thuộc vào cấu trúc mạng tinh thể của vật liệu gia công, vật liệu dụng cụ cắt, kết cấu dụng cụ cắt và điều kiện bôi trơn làm nguội [1]. Một trong những khái niệm về tính công nghệ thường hay được sử dụng là tính công nghệ động học và động lực học. Tính công nghệ động học là tính công nghệ được xác định theo quan điểm về vận tốc tách bóc vật liệu. Tính công nghệ động lực học là tính công nghệ được xét theo quan điểm lực cắt [2]. Nếu coi tính công nghệ của mác thép không gỉ để gia công nhất AISI 416 là 100% thì tính công nghệ tốt nhất của thép SUS 304 chỉ đạt từ 50% đến 60% [2]. Các loại thép không gỉ được mô tả có tính dính khi cắt, cho thấy xu thế tạo ra phoi dây, tạo ra lẹo dao. Điều này dẫn đến giảm tuổi bền dao và giảm chất lượng bề mặt. Các đặc tính chung này là do các thuộc tính: độ bền cao, độ bền uốn lớn, độ dai lớn và rất mềm, độ dẫn nhiệt thấp. Nói chung, vật liệu không gỉ thông dụng và các mác để gia công tương đương càng cứng càng khó gia công. Vì vậy khi gia công cắt gọt nói chung và khi tiện nói riêng loại vật liệu này cần phải lựa chọn được chế độ gia công hợp lý. Tính công nghệ tương đối của các loại thép không gỉ thông dụng và một số vật liệu tương đương được mô tả trên Hình 1.

¹ TS, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

² ThS, Công ty cổ phần Thiết bị Nam Sao Việt.

*Tác giả chính. E-mail: huespkt@gmail.com.



Hình 1. Tính công nghệ tương đối của các loại thép [3]



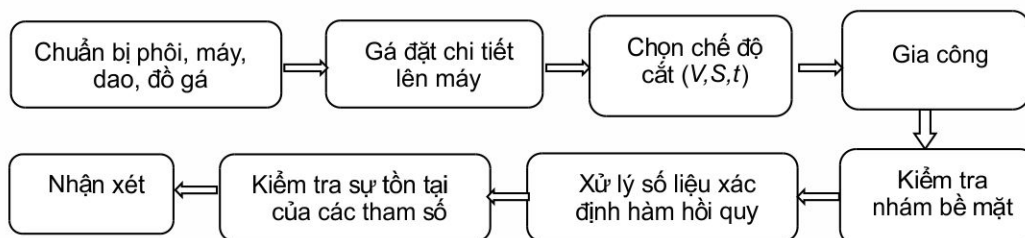
2. Vật liệu, thiết bị, dụng cụ thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

2.1 Nghiên cứu sự ảnh hưởng của chế độ cắt đến chất lượng bề mặt khi tiện vật liệu SUS 304

Thép SUS 304 là loại vật liệu có tính bền cao, khi gia công nhiệt phát sinh rất lớn và dễ hình thành phoi bám (lẹo dao) ảnh hưởng đến năng suất gia công, chất lượng bề mặt và tuổi bền dao. Vận tốc cắt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến nhấp nhô tế vi lớp bề mặt gia công. Các nghiên cứu [3, 4] đã chỉ ra rằng khi cắt thép cacbon và hợp kim ở vận tốc thấp, nhiệt cắt không cao, biến dạng không nhiều, chất lượng bề mặt gia công thấp, khi tăng vận tốc cắt thì lực cắt, nhiệt cắt tăng, gây biến dạng dẻo mạnh nên chất lượng bề mặt cao hơn (chiều cao nhấp nhô tế vi lớp bề mặt thấp). Tiện là phương pháp tạo hình theo vết, bề mặt gia công được tạo thành do vết của dao để lại nên lượng chạy dao có ảnh hưởng tương đối lớn đến độ nhám bề mặt. Theo tài liệu Công nghệ chế tạo máy [5] thì chiều cao nhấp nhô tế vi Ra tỷ lệ thuận với lượng chạy dao. Chiều sâu cắt là yếu tố có ảnh hưởng nhỏ nhất đến chất lượng bề mặt. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rằng khi thay đổi chiều sâu cắt thì lực cắt đơn vị thay đổi, sự thay đổi đó ảnh hưởng đến độ cứng vững của hệ thống công nghệ, do đó có ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công. Như vậy sự ảnh hưởng của chế độ cắt đến chất lượng bề mặt khi gia công thép Cacbon và hợp kim của nó đã được làm rõ. Khi phay thép không gỉ SUS 304 trên trung tâm gia công, các tác giả [6] đã làm rõ mối quan hệ giữa nhám bề mặt với chế độ cắt khi tiện trong đó ảnh hưởng của lượng chạy dao là lớn nhất. Vậy khi tiện thép không gỉ thì sự ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhấp nhô tế vi lớp bề mặt cần được làm rõ thông qua nghiên cứu thực nghiệm.

2.2 Hệ thống, thiết bị dùng thực nghiệm

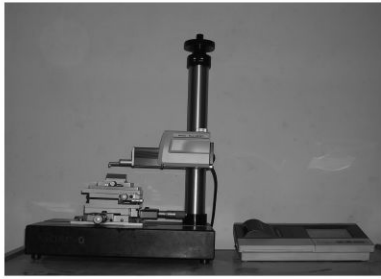
Để xác định ảnh hưởng của ba thông số chế độ cắt như: vận tốc cắt (V), lượng chạy dao (S) và chiều sâu cắt (t) đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công SUS 304 với sơ đồ thực nghiệm được thể hiện trên Hình 2:



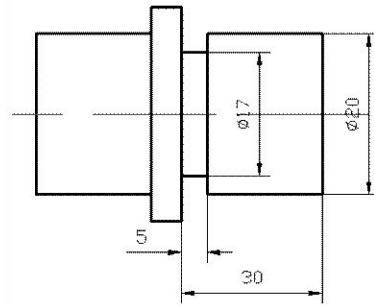
Hình 2. Sơ đồ thực nghiệm

Máy gia công khi thực nghiệm: Máy tiện CNC MORISEIKI-SL253 của Nhật Bản, sử dụng hệ điều khiển FANUC, công suất động cơ 15KW, tốc độ trục chính lớn nhất 4500 vòng/phút.

Thiết bị đo độ nhám bề mặt: Đo chiều cao nhấp nhô tế vi lớp bề mặt bằng thiết bị chuyên dùng là máy đo SJ-201-Mitutoyo có các thông số kỹ thuật: Hiển thị LCD tiêu chuẩn DIN, ISO, JIS, ANSI; độ phân giải 0,32/300 μ m, 0,08/75 μ m, 0,04/9,4 μ m; bộ chuyển đổi A/D: RS-232; phần mềm điều khiển và xử lý số liệu MSTAT W 32 4.0 như trên Hình 3:



Hình 3. Thiết bị đo dùng trong thực nghiệm



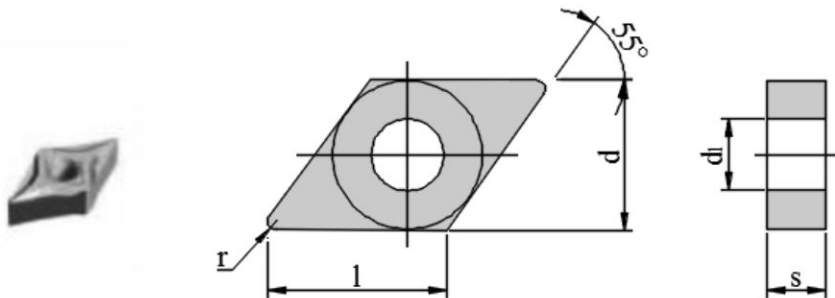
Hình 4. Phôi mẫu SUS 304 dùng trong thực nghiệm

Vật liệu và phôi thực nghiệm: Vật liệu sử dụng trong thí nghiệm là SUS 304 có khả năng chống ăn mòn hóa học cao, ít bị nhiễm từ, dễ gia công uốn, cắt gọt, hàn,... với thành phần chính chứa 7.0% Niken, 16.0% Crom, Carbon 0.08%. Tất cả các phôi gia công đều có cùng kích thước như trên Hình 4:

Chế độ cắt dùng trong thực nghiệm: Căn cứ vào phương pháp gia công và vật liệu gia công, căn cứ vào chế độ cắt khi gia công [3,5,6,7] ta lựa chọn chế độ cắt khi thực nghiệm vận tốc cắt V , lượng chạy dao S và chiều sâu cắt t như sau:

$V_{max} = 100\text{m/phút}$; $V_{min} = 50\text{m/phút}$; $V_b = 75\text{m/phút}$; $S_{max} = 0,2\text{mm/vòng}$; $S_{min} = 0,05\text{mm/vòng}$; $S_b = 0,125\text{mm/vòng}$; $t_{max} = 1\text{mm}$; $t_{min} = 0,1\text{mm}$; $t_b = 0,5\text{mm}$.

Dụng cụ cắt dùng trong thực nghiệm: Sử dụng dao gấn mảnh hợp kim cứng có các kích thước như Hình 5 và Bảng 1:



Hình 5. Mảnh hợp kim cắt dùng trong thực nghiệm

Bảng 1. Các kích thước của mảnh hợp kim cứng

Kích thước của mảnh hợp kim cứng	l (mm)	d (mm)	s	d_1	r
DNGP110402 FN - EX	11,60	9,525	4,76	3,81	0,2
DNGP110404 FN - EX	11,60	9,525	4,76	3,81	0,4
DNGP150602 FN - EX	15,50	12,700	6,35	5,2	0,2
DNGP150604 FN - EX	15,50	12,700	6,35	5,2	0,4
DNGP150608 FN - EX	15,50	12,700	6,35	5,2	0,8

trong đó: r là bán kính mũi dao, mm; l, d, s là kích thước mảnh hợp kim, mm; d_1 là đường kính của lỗ gá mảnh hợp kim, mm



3. Thực nghiệm và phân tích ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi tiện SUS 304

3.1 Kết quả ảnh hưởng của đến chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi tiện SUS 304

Sau khi tiến hành cắt 11 mẫu thí nghiệm thép SUS 304, chuyển các biến từ tự nhiên sang mã hóa không thứ nguyên, thay đổi lần lượt các yếu tố vận tốc cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt đến chế độ cắt. Quá trình cắt được thực hiện theo bảng ma trận thí nghiệm, sau khi gia công tiến hành đo kiểm độ nhám bề mặt chi tiết của từng mẫu. Kết quả thực nghiệm được ghi trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng quy hoạch thực nghiệm ảnh hưởng chế độ cắt đến độ nhám bề mặt

TT	Biến mã hóa			Biến thực nghiệm			Độ nhám Ra y (μm)
	x_1	x_2	x_3	V (m/ph)	S (mm/vòng)	t (mm)	
1	-1	-1	-1	50	0,05	0,1	0,26
2	+1	-1	-1	100	0,05	0,1	0,37
3	-1	+1	-1	50	0,2	0,1	3,0
4	+1	+1	-1	100	0,2	0,1	3,1
5	-1	-1	+1	50	0,05	1	0,39
6	+1	-1	+1	100	0,05	1	0,32
7	-1	+1	+1	50	0,2	1	3,6
8	+1	+1	+1	100	0,2	1	3,34
9	0	0	0	75	0,125	0,5	1,47
10	0	0	0	75	0,125	0,5	1,46
11	0	0	0	75	0,125	0,5	1,43

3.2 Xử lý kết quả ảnh hưởng đồng thời của V, S, t đến độ nhám bề mặt thép SUS 304

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm trực giao để xác định ảnh hưởng đồng thời vận tốc cắt (V), lượng chạy dao (S) và chiều sâu cắt (t) đến độ nhám bề mặt thép SUS 304. Giả thiết mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt với các yếu tố chế độ cắt là hàm phi tuyến có dạng:

$$R_a = f(V, S, t) \approx K V^a S^b t^c \quad (1)$$

trong đó: a, b, c là hệ số mũ cần xác định.

Tuyến tính hóa phương trình phi tuyến bằng cách logarit cơ số e hai vế của phương trình ta được:

$$\ln(R_a) = \ln(K) + a \cdot \ln(V) + b \cdot \ln(S) + c \cdot \ln(t) \quad (2)$$

$$\text{Đặt: } y = \ln(R_a), a_0 = \ln(K), a_1 = a, a_2 = b, a_3 = c, x_1 = \ln(V); x_2 = \ln(S), x_3 = \ln(t)$$

$$\text{Khi đó phương trình (1) có dạng: } y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 \quad (3)$$

Với: a_0, a_1, a_2, a_3 là các hệ số của phương trình hồi quy thực nghiệm

$$\text{Ma trận thực nghiệm trực giao: } [X] \cdot [A] = [Y] \quad (4)$$

Ma trận thông số đầu vào [X] là logarit cơ số e các giá trị V, S, t dùng trong thí nghiệm.

Ma trận thông số đầu ra [Y] có các hệ số là logarit cơ số e các giá trị độ nhám đo được trên mẫu thí nghiệm.

Nhân cả hai vế của (4) với ma trận chuyển vị của ma trận [X].

$$\Rightarrow [X]^T \cdot [X] \cdot [A] = [X]^T \cdot [Y] \quad (5)$$

$$\text{Đặt } [M] = [X]^T \cdot [X], \text{ ta có: } [M][A] = [X]^T \cdot [Y]$$

Giả sử $\det(M) \neq 0$ thì [M] là ma trận khả nghịch khi đó nghiệm của hệ là:

$$[A] = [M]^{-1} [X]^T \cdot [Y] \quad (6)$$

Từ kết quả trên Bảng 2 các thông số thí nghiệm được logarit hóa với số liệu như Bảng 3:

Bảng 3. Kết quả logarit hóa ảnh hưởng chế độ cắt đến độ nhám bề mặt R_a

TT	Biến thực nghiệm			Độ nhám $R_a(\mu\text{m})$	$\ln(v)$	$\ln(s)$	$\ln(t)$	$\ln(R_a)$
	V (m/p)	S (mm/ph)	t (mm)					
1	50	0,05	0,1	0,26	3,91202	-2,95573	-2,30258	-1,34707
2	100	0,05	0,1	0,37	4,60517	-2,95573	-2,30258	-0,99425
3	50	0,2	0,1	3,0	3,91202	-1,60943	-2,30258	1,1314
4	100	0,2	0,1	3,1	4,60517	-1,60943	-2,30258	1,16315
5	50	0,05	1	0,39	3,91202	-2,95573	0	-0,9416
6	100	0,05	1	0,32	4,60517	-2,95573	0	-1,13943
7	50	0,2	1	3,6	3,91202	-1,60943	0	1,28093
8	100	0,2	1	3,34	4,60517	-1,60943	0	1,20597
9	75	0,125	0,5	1,47	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,38526
10	75	0,125	0,5	1,46	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,37844
11	75	0,125	0,5	1,43	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,38526

Sử dụng phần mềm MATLAB R2008b [8] giải hệ ta có nghiệm:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,75365 \\ 0,10147 \\ 1,65308 \\ 0,04415 \end{bmatrix} \text{ với } K = e^{a_0} = 42,3553; a_1 = 0,10147; a_2 = 1,65308; a_3 = 0,04415$$

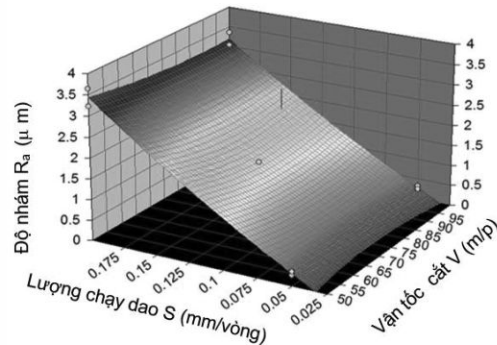
Ta có phương trình hồi quy thực nghiệm chuyển về biến mã hóa x_1, x_2, x_3 như sau:

$$y = 3,75365 + 0,10147x_1 + 1,65308x_2 + 0,04415x_3$$

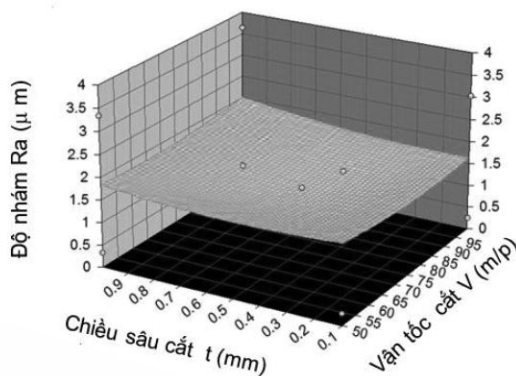
Vậy phương trình hồi quy dạng thực mô tả sự phụ thuộc độ nhám bề mặt với các thông số chế độ cắt là:

$$R_a = 42,3553 \cdot V^{0,10147} \cdot S^{1,65308} \cdot t^{0,04415}$$

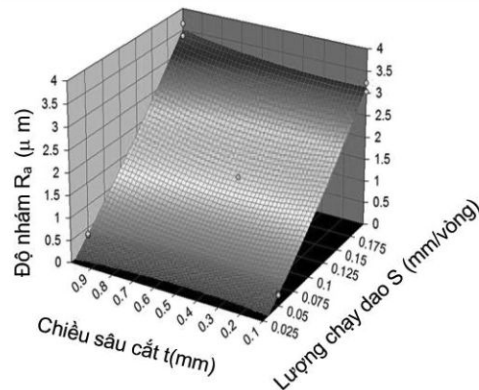
Dùng phần mềm Table Curve 3D các tác giả đã biểu diễn phương trình quan hệ giữa độ nhám R_a với thông số chế độ cắt như vận tốc cắt V , lượng chạy dao S và chiều sâu cắt t như trên đồ thị Hình 6, 7, 8:



Hình 6. Sự ảnh hưởng của S và V đến hàm mục tiêu R_a .



Hình 7. Sự ảnh hưởng của t và V đến hàm mục tiêu R_a .



Hình 8. Sự ảnh hưởng của t và S đến hàm mục tiêu R_a .

Trên đồ thị trong các Hình 6 ÷ 8 cho thấy quy luật ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến hàm mục tiêu: Khi vận tốc cắt V dao động từ $50 \div 100$ (m/p); lượng chạy dao S thay đổi từ $0,05 \div 0,2$ (mm/vòng); chiều sâu cắt t dao động từ $0,1 \div 1$ (mm) thì hàm độ nhám bề mặt R_a của thép SUS 304 dao động từ $0,26 \div 3,6 \mu\text{m}$. Trong ba yếu tố của chế độ cắt thì lượng chạy dao là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám bề mặt cũng tương tự kết quả nghiên cứu trước đây của Nguyễn Thanh Bình và các đồng nghiệp [6] khi nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến quá trình gia công thép SUS 304 trên máy phay và trung tâm với điều kiện gia công bằng dụng cụ nhiều lưỡi cắt và quá trình gia công gián đoạn, có va đập nên ít hình thành phoi bám. Trong nghiên cứu này các tác giả sử dụng phương pháp gia công tiện nên khác với các nghiên cứu [6] là cắt liên tục, không có va đập. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc lựa chọn chế độ cắt khi tiện, khoan thép SUS 304

3.3 Kiểm nghiệm sự phù hợp của các hệ số của phương trình hồi quy ai

Độ tin cậy được đánh giá theo công thức [3]:

$$r = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_y'^2}{\sigma_y^2} \quad (7)$$

$$\text{Với: } \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - y_{itb})^2 \text{ và } \sigma_y'^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - y_i')^2 \quad (8)$$

trong đó: y_i là $\ln(R_a)$ thực nghiệm đo được; $y_i = \ln(R_{ai})$; y_{itb} là giá trị trung bình $\ln(R_a)$ theo thực nghiệm đo được; y_i' là $\ln(R_a)$ theo hàm hồi quy thực nghiệm; N là số thí nghiệm.

Sau khi tính toán kết quả độ tin cậy của các thông số thực nghiệm theo các biến mã hóa được ghi trong Bảng 4:

Bảng 4. Kết quả tính toán độ tin cậy của giá trị thực nghiệm

STT	X_1	X_2	X_3	y_i	y_i'	$y_i - y_i'$	$(y_i - y_{itb})^2$	$(y_i - y_i')^2$
1	3,91202	-2,95573	-2,30258	-1,34707	-0,91079	-0,43628	2,20276	0,19034
2	4,60517	-2,95573	-2,30258	-0,99425	-0,84046	-0,15379	1,27995	0,02365
3	3,91202	-1,60943	-2,30258	1,1314	1,38087	-0,24947	0,98863	0,06224
4	4,60517	-1,60943	-2,30258	1,16315	1,4512	-0,28805	1,05278	0,08297
5	3,91202	-2,95573		-0,94161	-0,80913	-0,13248	1,16362	0,01755
6	4,60517	-2,95573	0	-1,13943	-0,73879	-0,40064	1,62953	0,16051
7	3,91202	-1,60943	0	1,28093	1,48253	-0,2016	1,30835	0,04064
8	4,60517	-1,60943	0	1,20597	1,55287	-0,3469	1,14248	0,12034
9	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,38526	0,71611	-0,33085	0,06158	0,10946
10	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,37844	0,71611	-0,33767	0,05824	0,11402
11	4,31748	-2,07944	-0,69314	0,38526	0,71611	-0,33085	0,06158	0,10946
Tổng				1,50805			10,9495	1,03118
Trung bình				$y_{itb} = 0,1371$				

Thay vào công thức (6) ta có:

$$\sigma_y^2 = 1,09495; \sigma_{y'}^2 = 0,103118 \Rightarrow \text{độ tin cậy } r = 90,6\%$$

*Xác định phương sai dư (S_{du}) theo công thức:

$$S_{du}^2 = \frac{S^2(A)}{N-k-1} \quad (9)$$

trong đó: N là số thí nghiệm ($N = 11$); k là số thông số cần xác định trừ a_0

$$S^2(A) = ([Y] - [X] \cdot [A])^T \cdot ([Y] - [X] \cdot [A]) \quad (10)$$

Dùng Excell giải bài toán về ma trận, ta tính được:

$$S^2(A) = 0,10312 \text{ Thay vào (9) ta có } S_{du}^2 = 0,01473 \Rightarrow S_{du} = 0,12136$$

Sự tồn tại của hệ số ai được xác định bởi công thức:

$$|t_{tinh}^i| = \frac{a_i}{S_{du}\sqrt{m_{ii}}} \geq t_{bang}(N-k-1, 1-\alpha/2) \quad (11)$$

trong đó: m^{ii} là số hạng thứ ii (đường chéo chính) của ma trận M^{-1} với: $[M] = [X]^T \cdot [X]$;

$$[M]^{-1} = \begin{bmatrix} 20,49818 & -4,43769 & 0,59351 & 0,10443 \\ -4,43769 & 1,03308 & -0,00719 & -0,10443 \\ 0,59351 & -0,00719 & 0,25336 & -0,00507 \\ 0,10443 & -0,00535 & -0,00507 & 0,09053 \end{bmatrix}$$

Thay vào công thức (11) ta có:

$$|t_{tinh}^0| = 2,156; |t_{tinh}^1| = 1,56; |t_{tinh}^2| = 8,557; |t_{tinh}^3| = 1,82$$

Tra bảng phân bố Student với $(N-k-1, 1-\alpha/2)$. Với độ tin cậy $r = 90,6\%$; $N-k-1 = 7$
 $\Rightarrow t_{bang} = 1,415$

Như vậy ta nhận thấy: $|t_{tinh}^i| \geq t_{bang}(N-k-1, 1-\alpha/2)$ Với $i = 0-3$

Kiểm tra độ tin cậy theo chuẩn Student cho kết quả độ tin cậy là 90,6% do đó các hệ số ai thực sự tồn tại. Kết quả này là cơ sở cho việc xác định chế độ cắt hợp lý khi tiện thép SUS 304 trên máy tiện và tiến tới việc tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt vật liệu thép không gỉ.



4. Kết luận

Bằng nghiên cứu thực nghiệm tiện thép SUS 304 trên máy tiện CNC với chế độ cắt $V = 50 \div 100$ m/phút, $S = 0,05 \div 0,2$ mm/vòng, $t = 0,1 \div 1$ mm. Kết quả thực nghiệm cho thấy mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt R_a với chế độ cắt là một hàm số mũ:

$$R_a = 42,3553 \cdot V^{0,10147} \cdot S^{1,65308} \cdot t^{0,04415}$$

Kết quả trên cho thấy khi tăng chế độ cắt thì độ nhám nhỏ dần vì lớp bề mặt tăng lên. Tuy nhiên, trong ba yếu tố lựa chọn của chế độ cắt thì lượng chạy dao là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám bề mặt. Chiều sâu cắt có ảnh hưởng không đáng kể đến độ nhám bề mặt. Kết quả này là cơ sở cho việc xác định chế độ cắt hợp lý khi tiện thép SUS 304 trên máy tiện và tiến tới tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt vật liệu thép không gỉ.

Tài liệu tham khảo

1. Nghiêm Hùng (2002), *Giáo trình vật liệu học cơ sở*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội
2. Hà Đức Thuận (2013), *Nghiên cứu sự ảnh hưởng của chế độ công nghệ đến quá trình tạo phoi và chất lượng bề mặt khi phay thép SUS 304*, Luận văn cao học, Đại học kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.
3. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy (2001), *Nguyên lý gia công vật liệu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. E. Paul Decarmo, J.I. Black, Ronal A. Koser (1997), *Materials and processes in manufacturing*, Pretice - Hall Internatinal.
5. Trần Văn Địch và các cộng sự (2008), *Công nghệ chế tạo máy*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
6. Nguyễn Thanh Bình, Phạm Văn Bổng, 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 TC.500", *Tạp chí KHCN Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 31:28-33.
7. Nguyễn Doãn Ý (2003), *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
8. Phạm Thị Ngọc Yến, Ngô Hữu Tình, Lê Tấn Hùng, Nguyễn Thị Lan Hương (2005), *Cơ sở matlab và ứng dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.