ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC ĐÁ MÀI VÀ BƯỚC TIẾN ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI MÀI HỚT LƯNG MẶT CONG CÓ ĐƯỜNG CHUẨN ÁC SI MÉT

INFLUENCE OF GRINDING WHEEL VELOCITY AND FEED RATE ON THE CURVED SURFACE ROUGHNESS WITH ARCHIMEDES REFERENCE LINE IN RELIEVING GRINDING PROCESS

Nguyễn Huy Kiên[1,*],
Phạm Văn Đông[1], Trần Vệ Quốc[1]

TÓM TẮT

Bề mặt Ác si mét có vai trò quan trọng trong chế tạo dụng cụ cắt, đặc biệt là dụng cụ gia công bánh răng. Gia công bề mặt Ác si mét có thể sử dụng máy tiện hớt lưng, các máy điều khiển kỹ thuật số như: Cắt dây tia lửa điện, trung tâm gia công CNC,... Tuy nhiên, để đảm bảo chất lượng bề mặt chi tiết sau khi gia công, thường nguyên công cuối được lựa chọn là nguyên công mài. Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc cắt của đá mài và bước tiến đến độ nhám bề mặt khi mài mặt sau của răng dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason có đường chuẩn Ác si mét trên máy chuyên dụng 1Б811. Kết quả nghiên cứu giúp các nhà công nghệ lựa chọn chế độ cắt hợp lý để nâng cao chất lượng bề mặt, đồng thời góp phần hoàn thiện công nghệ mài mặt sau dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason trên máy 1Б811.

Từ khóa: *Vận tốc cắt, tốc độ quay chi tiết, độ nhám, Ác si mét, máy 1Б811.*

ABSTRACT

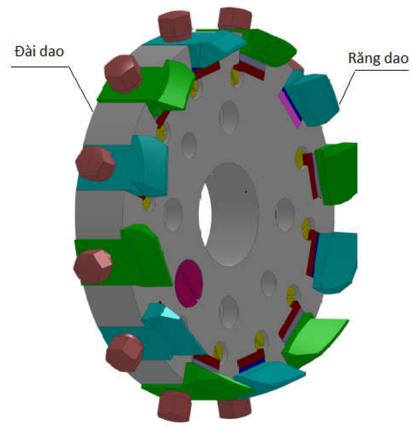
Archimedes surface plays an important role in manufacturing the cutting tool, special for the tool in the gear machining. The Archimedes surface can be machined by relieving lathe and the CNC machine such as CNC Wire Cut EDM, CNC machine center, etc. However, to ensure the surface quality of the parts after machining, the final machining process is slected as the grinding processes. This study presents a study on the investigation of the influence of grinding wheel velocity and workpiece rotation speed on the Archimedes surface roughness in relieving grinding process of Gleason geal cutters in the specialized machine 1Б811. The investigated results were the important basis for choosing the suitable cutting parameters to improve the machined surface quality and to contribute completing the Archimedes surface grinding technology of the Gleason geal milling cutters in the specialized machine 1Б811.

Keywords: *Cutting velocity, workpiece rotation speed, surface roughness, Archimedes, machine 1Б811.*

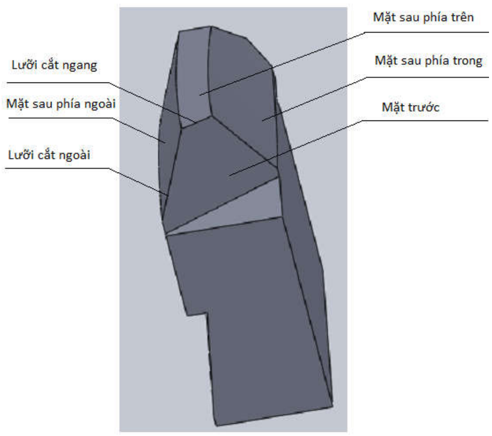
[1]Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[*]Email: kiennh@haui.edu.vn
Ngày nhận bài: 05/3/2022
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/4/2022
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2022

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason cấu thành bởi nhiều loại chi tiết, trong đó gồm 2 phần chính là đài dao và răng dao (hình 1). Đầu dao thường dùng 02 loại răng dao là răng cắt trong và răng cắt ngoài (hình 2) có nhiệm vụ bóc tách lớp vật liệu trên phôi để tạo hình profil răng của bánh răng côn cong.

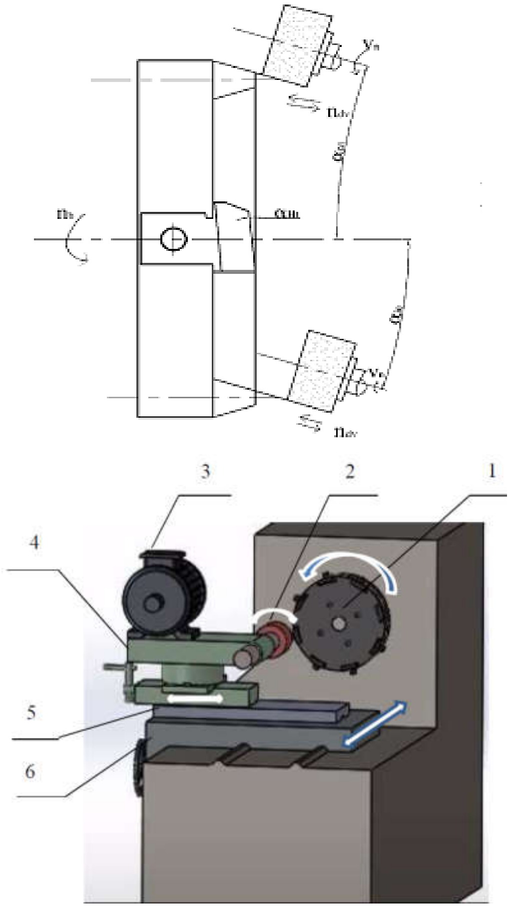


Hình 1. Đầu dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason



Hình 2. Răng dao cắt ngoài của dao gia công bánh răng côn cong hệ Gleason

Mặt sau của răng dao cắt bánh răng côn cong (hình 2) thường là dạng mặt cong Ác si mét, được gia công tạo hình trên các máy chuyên dụng hoặc trên trung tâm gia công CNC [2, 5, 6, 8] và được gia công tinh bằng phương pháp mài hớt lưng (hình 3) [9]. Mài hớt lưng được thực hiện trên máy tiện hớt lưng bằng cách thay bàn dao tiện bằng đầu mài lắp đá mài hớt lưng [1]. Độ nhám mặt sau của răng dao ảnh hưởng lớn đến chất lượng lưỡi cắt của dao từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhám sườn răng của bánh răng sau khi gia công. Do đó, việc nghiên cứu lựa chọn thông số công nghệ hợp lý để giảm giá trị độ nhám, nâng cao chất lượng mặt sau của răng dao là yếu tố quan trọng góp phần đảm bảo chất lượng bề mặt sườn răng của bánh răng.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý mài mặt sau dao gia công bánh răng côn cong Gleason

Chất lượng bề mặt chi tiết sau khi mài phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như: vật liệu, phương pháp mài, đặc tính đá mài, lực cắt, nhiệt cắt, hệ thống công nghệ và chế độ cắt [1, 7, 15],... Khi điều kiện và thiết bị gia công không đổi, muốn nâng cao năng suất, chất lượng bề mặt và độ chính xác của chi tiết gia công thì việc lựa chọn chế độ cắt hợp lý là giải pháp hữu hiệu [2, 5, 6, 8].

Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt (R_a) với chế độ cắt (V, S, t) thể hiện bởi công thức [2, 5, 6, 7, 8]:

$$R_a = C_p . V^a . S^b . t^c \ (\mu m) \quad (1)$$

Trong đó: + C_p là hằng số;

+ a, b, c là các số mũ.

Sử dụng phương pháp thực nghiệm để xác định hằng số C_p và các số mũ a, b, c. Đối với mài hớt lưng các nhà khoa học khuyến cáo chọn chiều sâu cắt nhỏ và ổn định trong suốt quá trình mài [11], trong nghiên cứu này nhóm tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc cắt V của đá mài và bước tiến S (xác định thông qua tốc độ quay của chi tiết gia công) đến độ nhám bề mặt (R_a) với chiều sâu cắt không đổi t = 0,002mm.

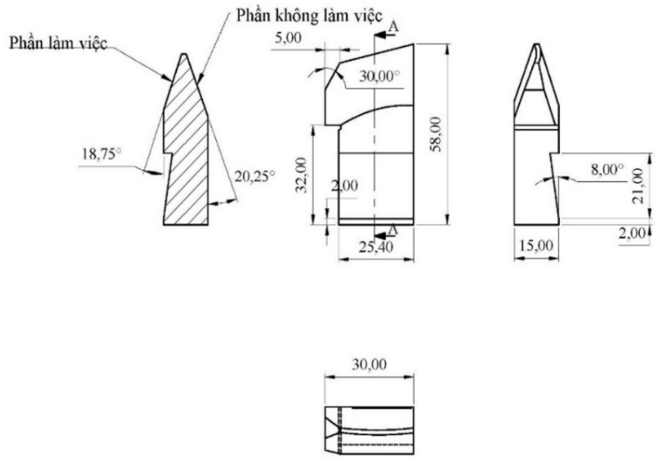
Xây dựng được mối quan hệ giữa thông số chế độ công nghệ và độ nhám bề mặt sẽ giúp nhà công nghệ tính toán, lựa chọn chế độ cắt hợp lý theo yêu cầu.

2. THỰC NGHIỆM

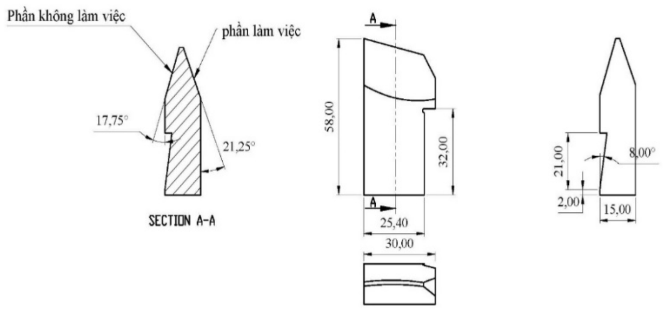
2.1. Thiết bị thực nghiệm, chi tiết và vật liệu gia công

2.1.1. Chi tiết và vật liệu gia công

- Chi tiết gia công là răng dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason như hình 4, chi tiết được chế tạo bằng vật liệu là thép gió P18 do Nga sản xuất, thành phần hóa học thể hiện trong bảng 1, tính chất cơ lý theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất. Mẫu được tôi đảm bảo độ cứng từ 61 - 63HRC trước khi tiến hành mài thô và mài tinh.



a) Răng dao cắt ngoài



b) Răng dao cắt trong

Hình 4. Kích thước răng dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason loại 9 inch

Bảng 1. Thành phần hóa học các nguyên tố chính (%)

Nguyên tố	C	W	Mo	Cr	V	Co
Tỷ lệ %	0,76	17,8	1,00	4,16	3,2	0,50

Hình ảnh phôi dùng để thực nghiệm thể hiện trên hình 5.

Hình 5. Chi tiết gia công dùng trong thực nghiệm

2.1.2. Máy gia công và dụng cụ cắt

* Máy gia công: Sử dụng máy hớt lưng chuyên dụng 1Б811 do Nga sản xuất (hình 6).

Hình 6. Hình ảnh máy gia công hớt lưng 1Б811

* Các thông số của đá mài:

- Kích thước của đá:

+ Đường kính đá mài khi mài hớt lưng: Đường kính lớn nhất của đá mài khi hớt lưng được chọn theo chiều dài phần răng được mài với điều kiện là đá mài không được cắt lẹm răng lân cận [1, 15], công thức tính đường kính đá lớn nhất khi mài hớt lưng [1] đối với dao phay (hình 7):

$$R_d \le \frac{\overline{BA_1}}{2\cdot\sin\varepsilon} \qquad (2)$$

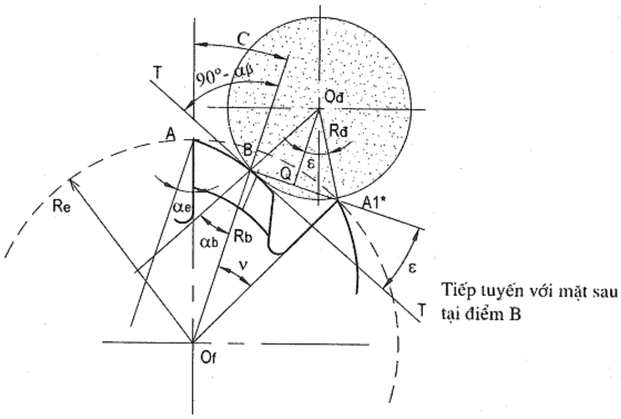
Trong đó[1]:

$$\overline{BA_1} = \sqrt{R_e^2 + R_B^2 - 2.R_e.R_B.\cos v}$$

$$\hat{v} = \left(\frac{2}{3} \div \frac{1}{2}\right).\frac{2\pi}{z} \text{ lấy } \hat{v} = \frac{2}{3}.\frac{2\pi}{z} = 15^0$$

$$\varepsilon = \arcsin\left(\frac{R_e}{\overline{BA_1}}\right) - 90^0 + \alpha_B$$

$$tg\alpha_B = \frac{R_e}{R_B}.tg\alpha_e$$



Hình 7. Xác định đường kính lớn nhất của đá mài khi mài hớt lưng

Đối với dao phay bánh răng côn cong loại 9 inch ta có thể tính tương tự, với các thông số: D_e = 236,6 (mm), Z = 16 răng, K = 1,2mm ta tính được: $R_{đ\ tính} \le 20$ (mm) → $D_{đ\ tính} \le 40$mm. Tuy nhiên khi mài hớt lưng dao phay bánh răng côn cong cắt tinh trong nghiên cứu này có đặc điểm khác với dao phay lăn răng, dao phay đĩa mô đun đó là trên dao có lắp 16 răng nhưng chia làm hai loại là dao cắt ngoài và dao cắt trong được lắp xen kẽ nhau, hai loại dao này khi có góc độ khác nhau do đó không thể gá cả 16 con trên đầu dao để thực hiện mài cùng một lượt mà chỉ mài một loại dao gồm 8 răng, do đó $R_đ \le 2.\ R_{đ\ tính}$, tức là $D_đ \le 2.\ D_{đ\ tính}$ → $D_đ \le 80$mm. Để đảm bảo an toàn thường lấy $D_đ$ giảm đi một lượng 1,5 ÷ 2mm[1], đồng thời để đảm bảo độ cứng vững của hệ thống công nghệ mà vẫn đảm bảo vận tốc cắt chọn $D_đ$ = 70mm.

+ Bề rộng đá H: Theo kích thước của chi tiết tại hình 4 và kết cấu của đầu dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason loại 9 inch, để đảm bảo mài hết bề rộng chi tiết chọn đá có bề rộng H = 50mm.

+ Đường kính lỗ: d = 32mm (theo trục đá của máy 1Б811).

- Các thông số đặng trưng cơ bản của đá mài: Căn cứ đặc điểm của chi tiết và vật liệu gia công là thép gió P18, qua tôi độ cứng đạt 61 - 63HRC lựa chọn các thông số đá để mài tinh như sau:

+ Vật liệu hạt mài [1, 15]: mài thép P18 đã qua tôi chọn vật liệu hạt là Corindon trắng, ký hiệu theo TCVN: Ct (theo tiêu chuẩn ISO là WA).

+ Độ hạt khi mài tinh [1, 15]: 100 (tương đương kích thước hạt từ 125 ÷ 150μm).

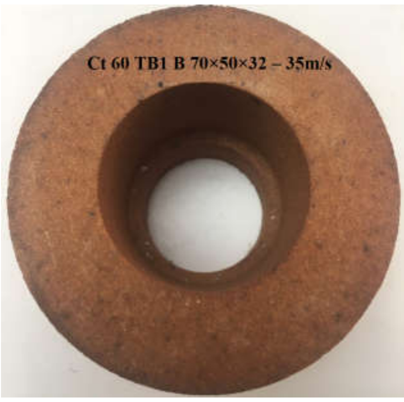
+ Độ cứng đá [1, 15]: chi tiết mài có độ cứng cao do vậy chọn độ cứng đá thấp để đảm bảo tính cắt gọt, chọn độ cứng đá: MV2 (tương đương độ cứng K theo tiêu chuẩn ISO).

+ Chất kết dính Bakelit.

+ Vận tốc cắt cho phép 35m/s.

- Mài thô bằng đá mài do Công ty cổ phần đá mài Hải Dương sản xuất, ký hiệu: Ct 60 TB1 B 70×50×32 - 35m/s (hình 8a).

- Mài tinh bằng đá mài dụng cụ cắt do Công ty cổ phần đá mài Hải Dương sản xuất (hình 8b), ký hiệu đá: Ct 100 MV2 B 70×50×32 - 35m/s. Các thông số chính gồm: Loại hạt mài là Corindon trắng, độ hạt 100, độ cứng của đá loại Mềm vừa 2 ký hiệu MV2 (tương đương độ cứng mức K theo tiêu chuẩn ISO), chất kết dính Bakelit, đường kính đá $D_{đá}$= 70mm, bề rộng đá H = 50mm, đường kính lỗ lắp trục: d = 32mm.



a) Đá mài thô

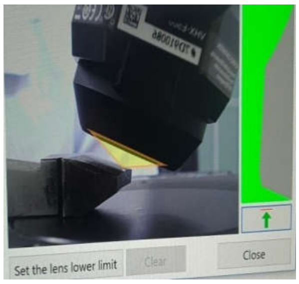
b) Đá mài tinh

Hình 8. Hình ảnh đá mài dùng trong thực nghiệm

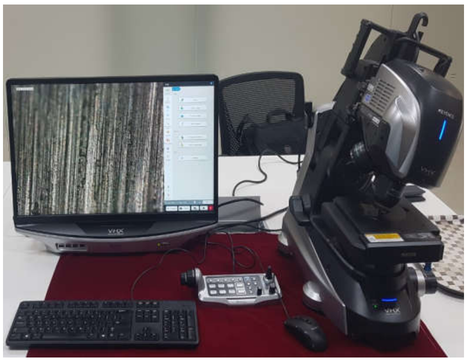
2.1.3. Thiết bị đo độ nhám

Sử dụng kính hiển vi kỹ thuật số độ chính xác cao 4K, ký hiệu VHX-7000 của hãng Keyence (hình 9a)[16]; sơ đồ gá mẫu đo như hình 9b; hiển thị kết quả đo như hình 9c.

Đánh giá độ nhám theo chỉ tiêu R_a, tiêu chuẩn ISO; sử dụng đầu đo quang học.



a) b)



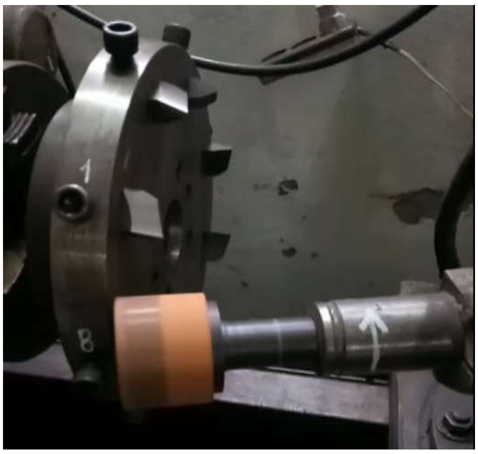
c)

Hình 9. Hình ảnh thiết bị đo độ nhám VHX-7000

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện bởi 5 thí nghiệm, với 15 mẫu thực nghiệm, vật liệu gia công là thép gió P18. Sau khi phân tích thành phần hóa học bằng phương pháp quang phổ, phôi được gia công đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và tôi thể tích đạt độ cứng 61 ÷ 63HRC trước khi mài hớt lưng.

Sử dụng máy gia công hớt lưng 1Б811 tiến hành mài thô, rồi mài tinh (hình 10). Sau khi mài tinh, chi tiết được đo, kiểm tra, đánh giá độ nhám trên kính hiển vi kỹ thuật số VHX-7000.



Hình 10. Hình ảnh mài hớt lưng trên máy 1Б811

Ứng dụng quy hoạch thực nghiệm trực giao, phương pháp bình phương nhỏ nhất và phần mềm Matlap để xây dựng công thức toán học biểu thị mối quan hệ giữa độ nhám (R_a) với vận tốc cắt của đá mài và bước tiến.

2.3. Thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của V và S đến R_a

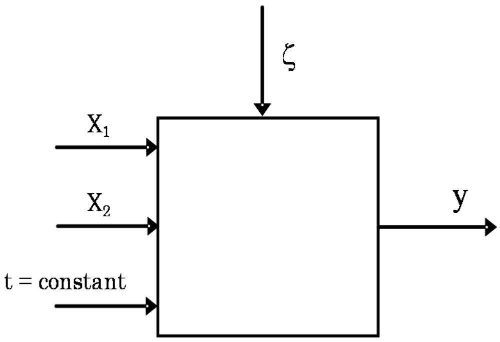
2.3.1. Xác định dạng phương trình hồi quy và số lượng thí nghiệm

Nghiên cứu mối quan hệ giữa chế độ công nghệ và độ nhám bề mặt chi tiết gia công, sử dụng quy hoạch thực nghiệm trực giao ta có phương trình hồi quy như sau [4]:

$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_k x_k$

**** Số lượng thí nghiệm***

- Mối quan hệ giữa các thông số được mô tả theo sơ đồ hình 11 [2, 5, 6, 8].



Hình 11. Sơ đồ mối quan hệ giữa thông số đầu vào và đầu ra

+ Thông số đầu vào x_i:

X_1: Vận tốc cắt đá mài V (m/s)

X_2: Bước tiến S (m/ph)

+ Thông số đầu ra bị điều khiển:

y: Độ nhám bề mặt R_a (µm)

+ Thông số không điều khiển được:

ζ: Biến ngẫu nhiên

- Số thí nghiệm được xác định [2, 4, 5, 7, 8] theo công thức: $N = 2^k$

Với biến đầu vào k = 2 ta có số thí nghiệm chính $N = 2^2 = 4$. Để nâng cao độ chính xác thực hiện thêm 1 thí nghiệm ở tâm. Tổng số thí nghiệm N = 4 + 1 = 5 [2, 4, 5, 7, 8].

2.3.2. Chuẩn bị thực nghiệm

**** Thông số thực nghiệm***

Căn cứ vào điều kiện gia công, thông số kỹ thuật của máy, phạm vi làm việc cho phép của đá mài, vật liệu gia công,... thông số công nghệ được chọn như sau:

+ Vận tốc cắt V [1, 15]: 16m/s - 24m/s.

+ Tốc độ quay chi tiết [1,[15]: 2,8 - 5,6v/ph, tương đương với S = 2,08 ÷ 4,16 (m/ph) các giá trị theo bảng 2.

+ Chiều sâu cắt: Quá trình mài hớt lưng là quá trình mài gián đoạn, đá mài chuyển động ra vào liên tục, chiều sâu cắt rất nhỏ, ổn định, thực hiện mài nhiều lần [11]. Bằng thí nghiệm thăm dò, nhóm tác giả lựa chọn chiều sâu cắt dùng trong quá trình thực nghiệm t = 0,002mm và không thay đổi trong quá trình gia công.

Thông số công nghệ dùng cho thực nghiệm được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Thông số công nghệ dùng cho thực nghiệm

Thông số	Vận tốc cắt cắt đá mài V (m/s)	S (m/ph)	Chiều sâu cắt t (mm)
Giá trị min	16	2,08	0,002
Giá trị TB	20	3,12	
Giá trị max	24	4,16	

Mối quan hệ giữa độ nhám và chế độ cắt thể hiện qua công thức [2, 4, 5, 6, 7, 8]:

$R_a = C_p.V^a.S^b.t^c$ (µm)

Với giá trị t = constant mối quan hệ đó được biểu thị bằng công thức:

$$R_a = C_p.V^a.S^b \text{ (µm)} \quad (3)$$

Logarit cơ số e phương trình (3) ta được:

$$\ln(R_a) = \ln(C_p) + a.\ln(V) + b.\ln(S) \quad (4)$$

Đặt $y = \ln(R_a)$; $a_0 = \ln(C_p)$; $a_1 = a$; $a_2 = b$; $x_1 = \ln(V)$; $x_2 = \ln(S)$;

Ta được: $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$

Mức trên là $x_i^{(t)}$ ta có: $x_i^{(t)} = \ln x_{i\,max}$;

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

Mức cơ sở là $x_i^{(0)}$: $x_i^{(0)} = \ln x_{i\,tb}$;

Giá trị các thông số thực nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Giá trị các thông số thí nghiệm

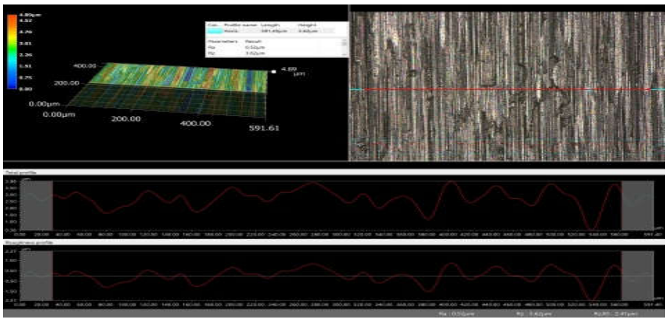
Các yếu tố	X_1	X_2
Mức dưới	2,77259	0,73237
Mức cơ sở	2,99573	1,42552
Mức trên	3,17805	1,72277

2.4. Kết quả thực nghiệm

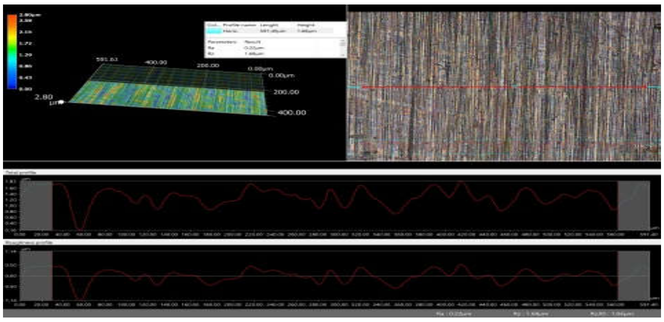
Chuyển các biến từ tự nhiên sang các biến mã hóa không thứ nguyên. Với thực nghiệm 2 biến đầu vào thay đổi ($V_{đá}$, S), tiến hành làm 4 thí nghiệm tại các đỉnh đơn hình đều và 1 thí nghiệm ở tâm; sau khi gia công theo các thông số đã lựa chọn, tiến hành đo độ nhám trên kính hiển vi VHX-7000. Kết quả đo độ nhám được thể hiện trong bảng 4 và hình 12.

Bảng 4. Kết quả đo độ nhám

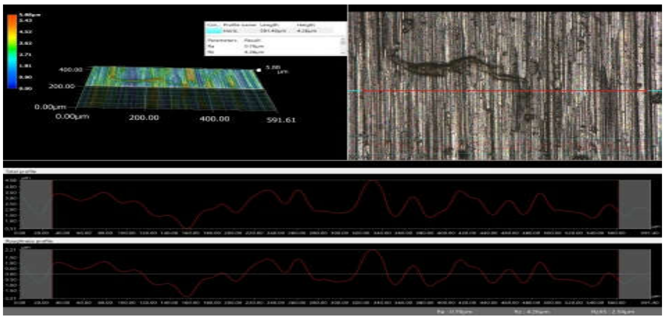
TN	Biến mã hóa		Biến thực		t (mm)	R_a (µm)
	X_1	X_2	$V_{đá}$ (m/s)	(S) (m/ph)		
1	-1	-1	16	2,08	0,002	0,52
2	+1	-1	24	2,08		0,22
3	-1	+1	16	4,16		0,70
4	+1	+1	24	4,16		0,30
5	0	0	20	3,12		0,29



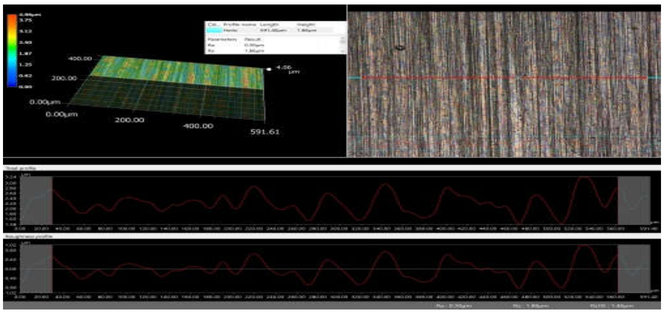
Mẫu 1



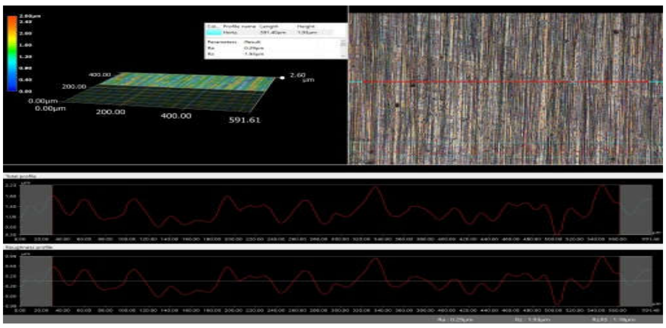
Mẫu 2



Mẫu 3



Mẫu 4



Mẫu 5

Hình 12. Kết quả đo độ nhám các mẫu

2.4.1. Quy hoạch thực nghiệm

Theo phương pháp bình phương nhỏ nhất ta có hàm hồi quy thực nghiệm tổng quát [4]:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_k x_k \qquad (5)$$

Xác định $a_0, a_1, a_2 \ldots a_k$ sao cho S đạt giá trị nhỏ nhất:

$$S^2 = \sum_{i=1}^{i=k} [y_i - y_i']^2 \qquad (6)$$

Các giá trị $a_0, a_1, a_2, \ldots a_k$ là các hệ số tương ứng của ma trận [A]:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \qquad \sum_{i=1}^{k} [y_i - y'_i]^2$$

Với: [X] . [A] = [Y] (7)

- Ma trận thông số đầu vào [X] là logarit cơ số e các giá trị **V**$_{đá}$**, S** sử dụng 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 các mẫu thí nghiệm.

Nhân hai vế của (7) với ma trận chuyển vị X^T của ma trận X [2, 4, 5, 7, 3]:

$[X]^T.[X].[A] = [X]^T . [Y]$

Đặt $[M] = [X]^T . [X]$ ta có:

$[M] . [A] = [X]^T.[Y]$

Giả sử det(M) ≠ 0 thì [M] là ma trận khả nghịch, Ta có:

$$[A] = [M]^{-1}.[X]^T.[Y] \qquad (8)$$

Logarit cơ số e các giá trị V, S và R_a ta được kết quả thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính logarit các thông số thí nghiệm

TN	Biến mã hóa		Biến thực		R_a (µm)	$Ln(V_{đá})$	Ln(S)	$Ln(R_a)$
	X_1	X_2	$V_{đá}$ (m/s)	(S) (m/ph)		X_1	X_2	y
1	-1	-1	16	2,08	0,52	2,77259	0,73237	-0,65393
2	+1	-1	24	2,08	0,22	3,17805	0,73237	-1,51413
3	-1	+1	16	4,16	0,70	2,77259	1,42552	-0,35667
4	+1	+1	24	4,16	0,30	3,17805	1,42552	-1,20397
5	0	0	20	3,12	0,29	2,99573	1,13783	-1,23787

Từ bảng 5 và phương trình hồi quy thực nghiệm (3) ta có:

$$[X] = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & .. & . & x_{1k} \\ . & . & . & .. & . & . \\ . & . & . & .. & . & . \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & .. & . & x_{nk} \end{bmatrix} \rightarrow X = \begin{bmatrix} 1 & 2,77259 & 0,73237 \\ 1 & 3,17805 & 0,73237 \\ 1 & 2,77259 & 1,42552 \\ 1 & 3,17805 & 1,42552 \\ 1 & 2,99573 & 1,13783 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} -0,65393 \\ -1,51413 \\ -0,35667 \\ -1,20397 \\ -1,23787 \end{bmatrix}$$

Sử dụng phần mềm Excel để tính toán ta được ma trận [A]:

$$A = \begin{bmatrix} 4,91757 \\ -2,13404 \\ 0,41008 \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có các hệ số của phương trình hồi quy thực nghiệm:

$a_0 = 4,91757$ $\rightarrow C_p = e^{3,12394} = 136,670538$

$a_1 = -2,13404$;

$a_2 = 0,41008$;

Phương trình hồi quy thực nghiệm là:

$$y = 4,91757 - 2,13404.X_1 + 0,41008.X_2 \quad (9)$$

Phương trình quan hệ giữa độ nhám (R_a) với vận tốc cắt đá mài (V) và bước tiến (S) như sau:

$$\mathbf{R_a} = 136,670538.\ \mathbf{V}^{-2,13404}.\ \mathbf{S}^{0,41008}\ (\mu m) \quad (10)$$

2.4.2. Đánh giá độ tin cậy của hàm hồi quy thực nghiệm

* Đánh giá độ tin cậy [2, 5, 6, 8] :

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

$$R = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_y'^2}{\sigma_y^2} \quad (11)$$

Trong đó :

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1}\sum_1^n [y_i - y_{itb}]^2$$

$$\sigma_y'^2 = \frac{1}{N-1}\sum_1^n [y_i - y_i']^2$$

Với: y_i - logarit cơ số e giá trị độ nhám R_a đo được của thực nghiệm thứ i;

y_{itb} - giá trị trung bình của các y_i;

y_i' - logarit độ nhám R_a theo hàm hồi quy thực nghiệm;

N - số lượng thí nghiệm,

Sử dụng phần mềm Excel tính được độ tin cậy:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1}.\sum_1^n (y_i - y_{i_{tb}})^2 = \frac{1}{5-1}.0,93670 = 0,23417$$

$$\sigma_y'^2 = \frac{1}{N-1}.\sum_1^n (y_i - y')^2 = \frac{1}{5-1}.0,06612 = 0,02253$$

Ta có độ tin cậy R là:

$$R = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_y'^2}{\sigma_y^2} = \frac{0,23417 - 0,02253}{0,23417} = 0,904 = 90,4\%$$

** Kiểm định các hệ số a_i [2, 5, 6, 8]*

- Xác định phương sai dư ($S_{dư}$):

$$S_{du}^2 = \frac{S^2(A)}{N-k-1} \quad (12)$$

Trong đó:

N - số lượng thí nghiệm;

k - số lượng thông số cần xác định trừ a_0;

$S^2(A) = ([Y]-[X].[A])^T.([Y]-[X].[A])$

Dùng phần mềm Excel giải các bài toán ma trận, tính được:

$S^2(A) = 0,06612$

Do đó: $S_{du}^2 = \frac{S^2(A)}{N-k-1} = \frac{0,06612}{5-2-1} = 0,033061634$

$\Rightarrow S_{dư} = 0,181828584$

- Xác định sự tồn tại của các hệ số a_i: Các hệ số a_i tồn tại [4] xác định theo công thức:

$$\left|t_{tính}^i\right| = \left|\frac{a_i}{s_{du}\sqrt{m_{ii}}}\right| \geq t_{bang}(N-k-1,r) \quad (13)$$

Trong đó: m_{ii} là số hạng thứ ii của ma trận M^{-1} với: $[M] = [X]^T.[X]$;

$$[M]^{-1} = \begin{bmatrix} 56,4696 & -18,07305 & -2,22119 \\ -18,07305 & 6,07042 & -0,01208 \\ -2,22119 & -0,01208 & 2,06944 \end{bmatrix}$$

Ta có:

$$\left|t_{tính}^0\right| = \left|\frac{a_0}{s_{du}\sqrt{m_{11}}}\right| = \left|\frac{4,91757}{0,181828584\cdot\sqrt{56,4696}}\right| = |3,5990| = 3,5990$$

$$\left|t_{tính}^1\right| = \left|\frac{a_1}{s_{du}\sqrt{m_{22}}}\right| = \left|\frac{-2,13404}{0,181828584\cdot\sqrt{6,07042}}\right| = |-4,7636| = 4,7636$$

$$\left|t_{tính}^2\right| = \left|\frac{a_2}{s_{du}\sqrt{m_{33}}}\right| = \left|\frac{0,41008}{0,181828584\cdot\sqrt{2,06944}}\right| = |1,5678| = 1,5678$$

- Tra bảng phân bố Student [4] với t_{bang} (N-k-1; r); N-k-1 = 5-2-1 = 2, độ tin cậy R = 90,4%

Dùng phương pháp nội suy ta tính được:

$t_{bang}(2 ; 0,904) = 1,519028$

Nhận thấy:

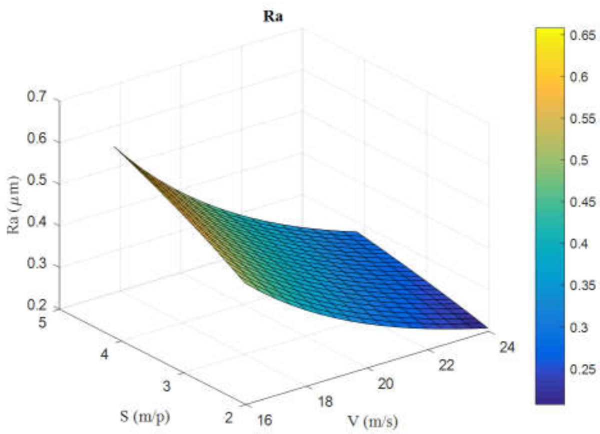
$$\left|t_{tính}^i\right| = \left|\frac{a_i}{s_{du}\sqrt{m_{ii}}}\right| \geq t_{bang}(N-k-1,R) \text{ với } i = 0 \div 2$$

Do đó các hệ số a_i thực sự tồn tại, phương trình hồi quy thực nghiệm (9) tồn tại, nên tồn tại mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt R_a với vận tốc cắt đá mài (V) và bước tiến (S):

$$\mathbf{R_a} = 136,670538.\ \mathbf{V}^{-2,13404}.\ \mathbf{S}^{0,41008}\ (\mu m)$$

2.4.3. Đồ thị quan hệ giữa độ nhám với vận tốc cắt đá mài (V) và bước tiến (S)

* Sử dụng phần mềm Matlab vẽ đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa độ nhám R_a với vận tốc cắt đá mài (V) và bước tiến (S) (hình 13).



Hình 13. Đồ thị quan hệ giữa R_a với V và S

Nhận xét: Quan sát đồ thị hình 13 và công thức (10) cho thấy: trong vùng khảo sát khi tăng giá trị vận tốc cắt đá mài (V) thì giá trị độ nhám bề mặt R_a giảm, khi tăng bước tiến (S) thì giá trị độ nhám bề mặt R_a tăng. Trong đó bước tiến S có mức độ ảnh hưởng đến độ nhám ít hơn so với vận tốc cắt đá mài (V). Kết quả nghiên cứu phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết và các công trình khoa học đã công bố.

3. KẾT LUẬN

- Xây dựng được mô hình nghiên cứu mài hớt lưng mặt Ác si mét (cụ thể là mặt sau răng dao phay bánh răng côn cong hệ Gleason, loại 9 inch) trên máy 1Б811, xác định vùng gia công với vận tốc cắt đá mài: 24 (m/s) ≥ V ≥ 16 (m/s); bước tiến: 4,16 (m/ph) ≥ S ≥ 2,08 (m/ph) và chiều sâu cắt không đổi t = 0,002 mm; sử dụng đá mài Ct 100 MV2 B 70×50×32 - 35m/s do Công ty CP Đá mài Hải Dương sản xuất.

- Bằng thực nghiệm đã xác định được mối quan hệ toán học giữa vận tốc cắt đá mài (V) và bước tiến (S) với độ nhám (R_a) của bề mặt Ác si mét sau khi mài hớt lưng qua phương trình: $\mathbf{R_a} = 136,670538 . \mathbf{V}^{-2,13404} . \mathbf{S}^{0,41008}$ (μm) với độ tin cậy R = 90,4%. Kết quả thực nghiệm cho thấy: Trong vùng chế độ cắt như lựa chọn trên thì bước tiến (S) tỷ lệ thuận và vận tốc cắt đá mài (V) tỷ lệ nghịch với giá trị độ nhám, trong đó bước tiến S ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt R_a ít hơn so với vận tốc cắt đá mài. Vậy, muốn nâng cao chất lượng bề mặt chi tiết khi mài hớt lưng thì cần tăng vận tốc cắt của đá mài và giảm bước tiến (vận tốc quay của chi tiết).

- Kết quả nghiên cứu cho phép các nhà công nghệ thực hiện công nghệ mài hớt lưng mặt sau răng dao phay bánh răng côn cong trên máy 1Б811, đồng thời giúp lựa chọn chế độ cắt hợp lý để nâng cao năng suất, chất lượng bề mặt Ác si mét theo yêu cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Banh Tien Long, Tran The Luc, Nguyen Chi Quang, 2004. *Cong nghe tao hinh cac be mat dung cu cong nghiep*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[2]. Hoang Xuan Thinh, Nguyen Huy Kien, Pham Van Dong, Pham Van Bong, Duong Dinh Nong, 2017. *Influences of cutting parameters (V, S) on surface roughness when milling relieved by super MC CNC center*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, Vol. 40, pp. 41-46.

[3]. Nguyen Huy Kien, Pham Van Dong, Pham Van Bong, Tran Van Dich, 2014. *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công trên máy phay CNC*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, Vol. 22.

[4]. Nguyen Doan Y, 2003. *Quy hoach thuc nghiem*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[5]. Nguyen Huy Kien, Pham Van Dong, Hoang Xuan Thinh, Nguyen Truong Giang, Tran Trung Hieu, Nguyen Quoc Dung, 2017. *The effect of cutting velocity (v) and cutting depth (t) on surface roughness (Ra) when milling archimedes surface on the CNC super MC center*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, Vol. Special, ISSN 1859-3585.

[6]. Nguyen Huy Kien, Hoang Xuan Thinh, Pham Van Dong, Cao The Anh, 2018. *Studying the effects of cutting mode (S, t) on surface roughness (Ra) when milling Archimedes on CNC Center Super MC*. Proceeding of the 5th National Conference on Mechanical Science & Technology, Vietnam, pp. 253-262.

[7]. Nguyen Trong Binh, Nguyen The Dat, Tran Van Dich, 2002. *Cong nghe che tao may*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[8]. Nguyen Huy Kien, Pham Van Dong, Tran Ve Quoc, Nguyen Hong Son, Nguyen Huu Phan, 2019. *Effect of process parameters (V, S, t) on surface roughness (Ra) in archimedes surface machining by ball nose end mill on Super MC CNC machine*. international Journal of Current Engineering and Technology, Vol. 9, No. 2.

[9]. Tran The Luc, Trinh Minh Tu, Banh Tien Long, 1987. *Thiet ke dung cu gia cong banh rang*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[10]. M. Alauddin, M. A. El Baradie, M. S. J. Hashmi, 2005. *Optimization of surface finish in end milling Inconel*. Journal of Materials Processing Technology.

[11]. I.I. Xemenstenko, V. M. Matyusin, G.N. Xakharov. *Thiet ke dung cu cat kim loai, Tap 2*. Science and Technics Publishing House.

[12]. J. P. Holman, 2001. *Experimental Methods for Engineers*. Mc Graw-Hill.

[13]. S.H. Suh, D.H. Jung, E.S. Lee, S.W. Lee, 2003. *Modelling, Implementation, and Manufacturing of Spiral Bevel Gears with Crown*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Spinger - Verlag London Limited.

[14]. Faydor L. Litvin, Alfonso Fuentes, 2004. *Gear Geometry and Applied Theory*. Cambridge University Press.

[15]. M.M. Palei, 1981. *Cong nghe che tao dung cu cat*. Science and Technics Publishing House, Hanoi *(Dich: Bui Song Cau, Tran The Luc, Tran Si Tuy)*.

[16]. https://www.keyence.com.vn/products/microscope/digital-microscope/vhx-7000/index_pr.jsp

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Huy Kien, Pham Van Dong, Tran Ve Quoc

Hanoi University of Industry