

# Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm trên máy CNC

■ TS. NGUYỄN THỊ THU LÊ

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: lentt.vck@vamaru.edu.vn

**TÓM TẮT:** Trong gia công cơ khí chất lượng bề mặt gia công quyết định lớn đến chất lượng sản phẩm, giúp cho sản phẩm không chỉ đạt về độ chính xác gia công mà còn tăng cao tính thẩm mỹ, nâng cao giá thành sản phẩm. Chất lượng bề mặt gia công được đánh giá bằng hai yếu tố đặc trưng: Tính chất cơ lý của lớp kim loại bề mặt và độ nhám bề mặt. Một trong những yếu tố ảnh hưởng lớn đến độ nhám bề mặt gia công đó là tốc độ cắt. Nội dung bài báo trình bày thực nghiệm và phân tích để xác định sự ảnh hưởng của tốc độ cắt đến độ nhám khi gia công được áp dụng gia công hợp kim nhôm trên máy phay CNC, từ đó rút ra sự cần thiết của việc điều chỉnh độ nhám và thông số tốc độ cắt để đạt được độ nhám theo yêu cầu.

**TỪ KHÓA:** Quá trình phay, độ nhám bề mặt, chế độ cắt gọt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, tốc độ cắt.

**ABSTRACT:** In mechanical processing, the quality of the surface greatly determines the quality of the product, helping the product not only achieve machining accuracy but also increase the aesthetics of the product and increase the product price. The quality of the surface is evaluated by two characteristic factors: Physical and mechanical properties of the surface metal layer and surface roughness. One of the factors that greatly affects machined surface roughness is cutting speed. The content of the article presents experiments and analysis to determine the influence of cutting speed on roughness when machining aluminum alloys on CNC milling machines. From there, it is necessary to adjust the roughness and cutting speed parameters to achieve the required roughness.

**KEYWORDS:** Milling processing, surface roughness, cutting parameters, feed rate, cutting depth, cutting speed.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, gia công hợp kim nhôm rất được ưa chuộng, nhất là trong lĩnh vực sản xuất công nghiệp, đặc biệt là cơ khí, điện và hàng không. Đây là một loại vật liệu công nghiệp thiết yếu và thường được gia công CNC, vì nó thể hiện khả năng dễ gia công, bền, chống ăn mòn, có khả năng tái chế tốt. Mặt khác, các sản phẩm hợp kim nhôm trong các lĩnh vực trên thường là những chi tiết quan trọng cần độ chính xác và tính thẩm mỹ cao, vì vậy chất lượng bề mặt sản phẩm là chỉ tiêu cần được quan tâm. Việc nghiên cứu những yếu tố ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt sản phẩm hợp kim nhôm có ý nghĩa thực tế cao.

## 2. GIA CÔNG CẮT HỢP KIM NHÔM

### 2.1. Đặc điểm khi gia công cắt hợp kim nhôm

Khi gia công trên máy CNC hợp kim nhôm thể hiện nhiều ưu điểm như:

- Khả năng bóc vật liệu của các máy cắt gọt được khai thác tối đa nên thời gian gia công ngắn;
- Độ chính xác của Gia công CNC có thể được kiểm soát;
- Vật liệu hợp kim nhôm có độ cứng trong giới hạn cắt;
- Mức độ phức tạp các chi tiết nhôm thường không quá phức tạp.

Với những lý do trên, các chi tiết nhôm CNC có thể được ứng dụng trong các ngành sản xuất ô tô, xe máy, điện - điện tử, quân sự, y tế, máy bay, máy phát điện, hàng không vũ trụ và kỹ thuật công nghiệp.

### 2.2. Phương pháp gia công hợp kim nhôm

Phay là phương pháp gia công cắt gọt bằng dụng cụ cắt có lưỡi được dùng phổ biến trong gia công cắt gọt kim loại. Quá trình cắt do phay là không liên tục do dao phay thông thường có nhiều lưỡi nên quá trình cắt được tiến hành lần lượt theo từng lưỡi gây nên các va đập trong quá trình gia công.

Độ chính xác đạt được bằng các phương pháp phay không cao hơn cấp 4 - 3 và chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt  $Ra = 3,2 - 0,2 (\mu m)$ . Khi gia công mặt phẳng, phay là phương pháp gia công có năng suất cao nhất. Phay có khả năng thay thế hoàn toàn phương pháp bào trong sản xuất hàng loạt.

Phương pháp phay hợp kim nhôm có các đặc điểm:

Do có một số lưỡi cắt cùng tham gia cắt nên năng suất cao hơn phương pháp tiện. Lưỡi cắt của dao phay làm việc không liên tục, cùng khối lượng thân dao lớn nên điều kiện truyền nhiệt tốt. Do vậy, dao lâu mòn hơn và có thể gia công trong điều kiện cắt gọt khó khăn.

Diện tích cắt khi phay thay đổi, do vậy lực cắt thay đổi gây ra rung động trong quá trình cắt.

Do lưỡi cắt làm việc gián đoạn gây ra va đập và rung động, nên khả năng tồn tại lẹo dao ít. Tuy nhiên, hiện tượng va đập trong quá trình cắt cũng là nhân tố làm giảm độ chính xác và chất lượng bề mặt chi tiết gia công.

**2.3. Các yếu tố ảnh hưởng độ nhám bề mặt chi tiết gia công**

Chất lượng bề mặt là tập hợp nhiều tính chất quan trọng của lớp bề mặt như: Hình dáng hình học lớp bề mặt (độ sóng, độ nhám...), trạng thái và tính chất cơ lý lớp bề mặt (độ cứng, chiều sâu biến cứng, ứng suất dư...) và phản ánh của lớp bề mặt với môi trường làm việc (tính chống mòn, khả năng chống xâm thực hóa học, độ bền mỏi...).

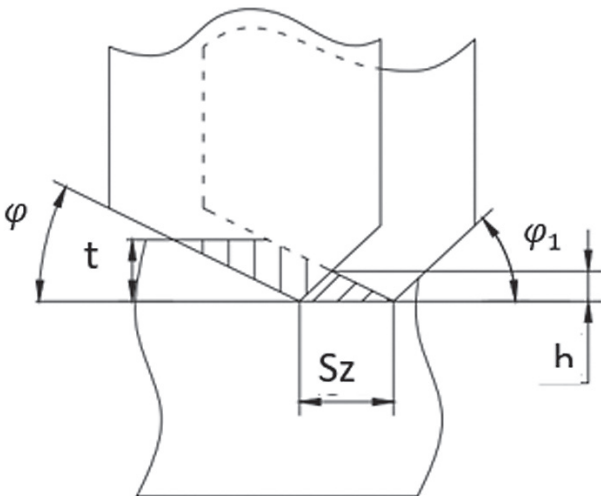
Chất lượng bề mặt chi tiết máy phụ thuộc vào phương pháp và điều kiện gia công cụ thể. Chất lượng bề mặt là chỉ tiêu chủ yếu cần đạt ở bước gia công tinh các bề mặt chi tiết máy.

Khi phay, đặc biệt là phay tinh, chỉ tiêu đánh giá chất lượng bề mặt cũng như chất lượng nguyên công thông dụng nhất là chiều cao nhấp nhô tế vi của bề mặt gia công. Để đánh giá chất lượng bề mặt gia công thông qua tập hợp những lỗi lõm xét trên một diện tích hẹp của bề mặt gọi là độ nhám bề mặt. Độ nhám bề mặt được đánh giá bằng các đại lượng như: Chiều cao nhấp nhô trung bình Rz, sai lệch profin trung bình cộng Ra, độ nhám tối đa Rt...

Các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhấp nhô tế vi bề mặt bao gồm:

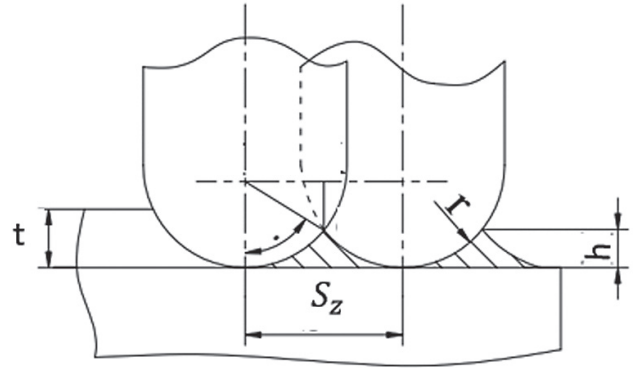
*a) Ảnh hưởng của hình dáng hình học của dao*

Chiều cao nhấp nhô tế vi lớp bề mặt gia công khi gia công bằng dao phay ngón phụ thuộc chủ yếu vào bán kính mũi dao r, góc nghiêng của lưỡi cắt chính  $\varphi$  và góc nghiêng của lưỡi cắt phụ  $\varphi_1$ . Nếu dao có bán kính mũi dao  $r \approx 0$  thì chiều cao nhấp nhô tế vi h có thể được thể hiện như sau (Hình 2.1).



Hình 2.1: Diện tích cắt thực của kim loại bị cắt khi  $r \approx 0$

Trường hợp  $r \neq 0$  thì chiều cao nhấp nhô tế vi h có thể được xác định như sau:



Hình 2.2: Diện tích cắt thực của kim loại bị cắt khi  $r \neq 0$

Công thức xác định chiều cao nhấp nhô tế vi:

$$h = r - \sqrt{r^2 - \frac{S_z^2}{4}} \tag{1}$$

Diện tích cắt dư:

$$f_a = S_z \cdot r - \left( \frac{S_z}{2} \cdot \sqrt{r^2 - \frac{S_z^2}{4}} + r^2 \cdot \arcsin \frac{S_z}{2r} \right) \tag{2}$$

Từ các công thức và sơ đồ hình vẽ trên, ta nhận thấy:

- Nếu thay đổi bán kính r, góc mũi dao thì không những làm thay đổi chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt mà còn làm thay đổi hình dạng nhấp nhô tế vi.

- Nếu tăng bán kính đỉnh mũi dao và giảm góc thì chiều cao nhấp nhô tế vi giảm đi.

*b) Ảnh hưởng của chế độ cắt*

Chế độ cắt khi phay bao gồm:

- Tốc độ vòng quay n (vòng/phút): Số vòng quay của trục chính trong một phút. Có thể sử dụng vận tốc cắt V(m/ph): Là đoạn đường dịch chuyển của lưỡi cắt đối với mặt đang gia công trong một đơn vị thời gian.

- Chiều sâu cắt (t): Là khoảng cách giữa các bề mặt đang và đã gia công, đo theo chiều vuông góc với bề mặt đã gia công.

- Lượng chạy dao (s): Là khoảng cách dịch chuyển của phôi sau một vòng của dao. Khi phay có lượng chạy dao phút Sph, lượng chạy dao vòng Sv, lượng chạy dao răng Sz. Các thông số này có mối liên hệ: Sph = Sv.n = Sz.n.Z.

- Ngoài ra còn có các thông số chiều rộng của phôi b(mm), chiều dày phôi a (mm), diện tích phôi f (mm<sup>2</sup>...).

*c) Ảnh hưởng của vật liệu gia công*

Vật liệu gia công có ảnh hưởng lớn đến chiều cao nhấp nhô tế vi chủ yếu là do khả năng biến dạng dẻo. Vật liệu dẻo và dai dễ bị biến dạng dẻo hơn so với các vật liệu cứng và giòn nên chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt khi gia công các vật liệu dẻo thường cao hơn các vật liệu giòn. Khi gia công thép carbon nhằm giảm chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt, thông thường ta phải tiến hành thường hóa thép ở nhiệt độ khoảng 850 - 870. Độ cứng vật liệu gia công tăng thì chiều cao nhấp nhô tế vi giảm và hạn chế được ảnh hưởng của vận tốc cắt đối với chiều cao nhấp nhô tế vi.

d) Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội

Trong điều kiện gia công cụ thể, nếu tính toán được thành phần và phương pháp bôi trơn tưới nguội thích hợp chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt có thể giảm đi một cấp, khi đó độ bóng bề mặt tăng lên một cấp.

### 3. THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ CẮT ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT GIA CÔNG HỢP KIM NHÔM

#### 3.1. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu được đặt ra là nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ công nghệ khi phay CNC chi tiết làm bằng hợp kim nhôm. Thông số công nghệ được khảo sát bao gồm vận tốc cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt với chiều rộng cắt không đổi. Đánh giá kết quả nghiên cứu thông qua chỉ tiêu là nhám bề mặt Ra.

Đối tượng nghiên cứu là mối quan hệ của các đại lượng đặc trưng cho độ nhám bề mặt chi tiết gia công với các thông số của chế độ cắt khi phay trên máy phay CNC trong điều kiện gia công:

- Máy phay CNC vạn năng CN-VMC50, giới hạn gia công 500x500x400;
- Dao phay ngón 3SA korea, số me cắt 3;
- Vật liệu gia công: Hợp kim nhôm A6061, kích thước 9 phôi tiến hành thực nghiệm gia công 100x50x20.

Bảng 3.1. Thành phần hóa học của A6061

Vật liệu	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Khác
A6061	0,4-0,8	<0,7	0,15-0,4	0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	0,25	0,15	<0,15

Căn cứ vào khả năng công nghệ của hệ thống thí nghiệm và khuyến cáo từ nhà sản xuất, tác giả lựa chọn bộ thông số công nghệ cho quá trình gia công chi tiết gia công nhôm A6061 trong phạm vi giới hạn là:

- Tốc độ vòng quay n: 8.000 (vòng/phút) - 11.000 (vòng/phút);
- Lượng chạy dao F (địa chỉ trong chương trình NC): 800 - 1.100;
- Lượng chạy dao vòng  $S_z$ : 0,8 - 1,1 mm/vòng;
- Lượng chạy dao răng:  $S_z = \frac{S_v}{z}$ ; z - Số me cắt;
- Chiều sâu cắt t: 0,2 - 1,0 mm.

Dung dịch trơn nguội Emunxy 4% lưu lượng 20 lít/phút được phun trực tiếp vào vùng đang gia công.

Xác định độ nhám bề mặt chi tiết sau khi gia công thông qua chỉ tiêu sai lệch trung bình số học của lớp bề mặt: Ra.

Chế độ cắt và kết quả thực nghiệm cụ thể được thể hiện ở Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Các chế độ cắt thích hợp được lập trình trên máy CNC

n(v/ph)	V(m/ph)	F	Sv(mm/v)	Sz(mm/răng)	t(mm)
8.000	251,328	800	0,8	0,266667	0,2
9.500	298,452	900	0,9	0,316667	0,6
11.000	345,576	110	1,1	0,366667	1,0

Tiến hành lập trình gia công bề mặt ở 9 chế độ cắt, xác định giá trị độ nhám bằng máy đo độ nhám bề mặt Vogel 657113 của Đức với giới hạn thang đo Ra từ 0,05 - 16 cho kết quả tại Bảng 3.3.

Bảng 3.3. Kết quả giá trị độ nhám trung bình ở 9 chế độ cắt

TT	n	Sz	t	Ra
1	8.000	0,266667	0,2	0,954
2	8.000	0,316667	0,6	0,934
3	8.000	0,366667	1,0	0,482
4	9.500	0,266667	0,2	0,867
5	9.500	0,316667	0,6	0,834
6	9.500	0,366667	1,0	0,512
7	11.000	0,266667	0,2	0,967
8	11.000	0,316667	0,6	0,894
9	11.000	0,366667	1,0	0,682

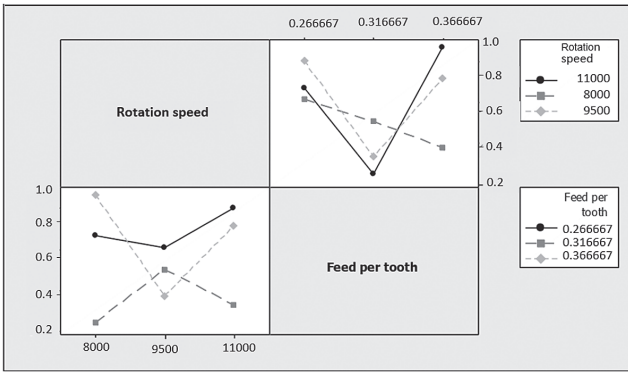
Xử lý kết quả: Khi phay rãnh bằng dao phay ngón trên máy phay CNC thì độ nhám bề mặt phụ thuộc chủ yếu vào các thông số chế độ cắt như: Tốc độ quay n hoặc vận tốc cắt V, lượng chạy dao S, chiều sâu cắt t đo theo phương dọc trục của dao.

Xây dựng mối liên hệ tổng quát:

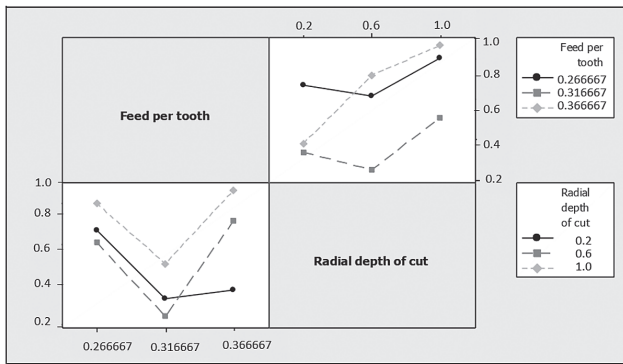
$$Y = f(x_i) \quad (3)$$

Trong đó: Y - Thông số đặc trưng cho độ nhám bề mặt (Ra); xi - Lần lượt là các thông số chế độ cắt như: Vận tốc cắt V, lượng chạy dao S, chiều sâu cắt t đo theo phương dọc trục của dao.

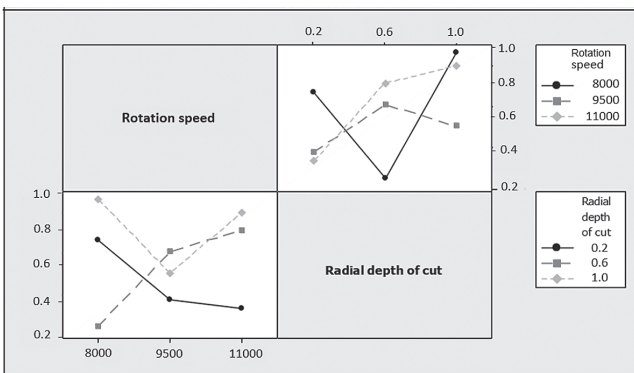
Ảnh hưởng của các thông số khảo sát và tương tác của chúng tới giá trị độ nhám trung bình của bề mặt gia công được thể hiện trên các Hình 3.1 đến Hình 3.3.



**Hình 3.1: Ảnh hưởng của tốc độ vòng quay và lượng chạy dao S đến độ nhám Ra**



**Hình 3.2: Ảnh hưởng của lượng chạy dao và chiều sâu cắt tới giá trị độ nhám Ra**



**Hình 3.3: Ảnh hưởng của tốc độ cắt và chiều sâu cắt tới giá trị độ nhám trung bình Ra**

**Nhận xét:**

Kết quả cho thấy, khi chạy chi tiết làm bằng hợp kim nhôm trên máy CNC, nhám bề mặt gia công bị ảnh hưởng bởi nhiều thông số công nghệ như vận tốc cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt.

Cụ thể: Trong thí nghiệm trên, giá trị tốc độ cắt trong giới hạn lớn, khi tăng tốc độ cắt từ 8.000 vg/phút lên đến 11.000 vg/phút thì giá trị độ nhám trung bình giảm. Trong giới hạn thực nghiệm ở trên, khi tăng tốc độ cắt thì độ nhám bề mặt nhỏ đi. Trong khoảng khảo sát, độ nhám đạt giá trị nhỏ nhất khi tốc độ cắt đạt 11.000 vg/ph. Nguyên nhân được giải thích là tốc độ cắt tăng thì biến dạng dẻo lớp bề mặt giảm đi, do đó chiều cao nhấp nhô tế vi giảm, ngoài ra khi tốc độ cắt cao lẹo dao bị nung nóng nhanh

hơn, vùng kim loại biến dạng bị phá hủy, lực dính của lẹo dao không thắng nổi lực ma sát của dòng phoi và lẹo dao bị cuốn đi. Lẹo dao biến mất khi cắt với tốc độ cắt cao cũng là một lý do giúp giảm độ nhám bề mặt. Như vậy, phải nói tốc độ cắt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt chi tiết.

Ngoài tốc độ cắt, lượng chạy dao cũng ảnh hưởng tới độ nhám bề mặt. Trong giới hạn thí nghiệm trên độ nhám đạt giá trị nhỏ khi lượng chạy dao răng là 0,366667 mm. Điều này có thể giải thích là nếu Sz quá nhỏ thì chiều cao nhấp nhô tế vi bề mặt tăng lên do xuất hiện hiện tượng trượt trong quá trình gia công. Hiện tượng này là do ảnh hưởng của các yếu tố hình học đến độ nhám bề mặt. Tuy nhiên, đây chỉ là trong giới hạn thí nghiệm của bài báo, khi giá trị lượng chạy dao lớn hơn có thể gây ra tăng độ nhám bề mặt do biến dạng đàn hồi sẽ ảnh hưởng đến sự hình thành các nhấp nhô tế vi, kết hợp các yếu tố hình học làm độ nhám tăng lên, nhìn chung ảnh hưởng của lượng chạy dao khá phức tạp.

Đối với chiều sâu cắt, ta nhận thấy ảnh hưởng của chiều sâu cắt đến độ nhám bề mặt không rõ ràng. Vấn đề này có thể được giải thích như sau: Nếu chiều sâu cắt quá lớn thì rung động trong quá trình cắt tăng, do đó độ nhám có thể tăng. Ngược lại, chiều sâu cắt quá nhỏ sẽ làm cho dao bị trượt trên bề mặt gia công và xảy ra hiện tượng cắt không liên tục, do đó độ nhám bề mặt tăng. Vì vậy, trong giới hạn cho phép của chiều sâu cắt thì ảnh hưởng đến độ nhám là không đáng kể.

**4. KẾT LUẬN**

Dựa vào kết quả của việc xây dựng mô hình thực nghiệm nghiên cứu độ nhám bề mặt Ra khi chạy hợp kim nhôm trên máy CNC, hướng tới bài toán xác định chế độ cắt tối ưu khi chạy trên máy phay CNC trong từng điều kiện gia công cụ thể, góp phần sử dụng máy phay CNC một cách hiệu quả và cũng góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của nguyên công phay các sản phẩm hợp kim nhôm.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.34.

**Tài liệu tham khảo**

[1]. Trần Thế San, Hoàng Trí, Nguyễn Thế Hùng (2007), *Thực hành Cơ khí tiện phay bào mài*, NXB. Đà Nẵng.  
 [2]. Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tốn, Trần Xuân Việt (2005), *Sổ tay công nghệ chế tạo máy*, tập 2, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.  
 [3]. J. Paulo Davim (2016), *Machining of Aluminium Alloys*, Springer.  
 [4]. G.E. Dieter (1988), *Machining of Aluminum and its Alloys*, ASM International.

**Ngày nhận bài: 20/3/2024**  
**Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024**  
**Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2024**