

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG HỢP KIM NHÔM A2024 TRÊN MÁY PHAY CNC

EFFECT OF TECHNOLOGY PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS DURING CNC MILLING OF A2024 ALUMINUM ALLOY

ThS. Nguyễn Văn Trúc

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

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm A2024 trên máy CNC, sử dụng dao phay ngón thép gió. Các thông số khảo sát gồm vận tốc cắt và lượng chạy dao. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm được áp dụng để xây dựng mô hình toán học mô tả mối quan hệ giữa thông số công nghệ và độ nhám bề mặt. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để lựa chọn chế độ cắt tối ưu, nâng cao chất lượng bề mặt và hiệu quả gia công trong sản xuất.

Từ khóa: Nhôm A2024; Độ nhám bề mặt; Quy hoạch thực nghiệm.

ABSTRACT

This paper presents experimental results on the effect of technological parameters on surface roughness in CNC milling of A2024 aluminum alloy using a high-speed steel end mill. The investigated parameters include cutting speed and feed rate. The experimental design method was applied to develop a mathematical model describing the relationship between the technological parameters and surface roughness. The results provide a basis for selecting optimal cutting conditions to improve surface quality and machining efficiency in production.

Keywords: A2024 aluminum; Surface roughness; Experimental design.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong gia công cơ khí chính xác, chất lượng bề mặt đóng vai trò quyết định đối với khả năng làm việc của chi tiết, đặc biệt trong các ngành yêu cầu độ tin cậy cao như hàng không, cơ khí chính xác và chế tạo khuôn. Độ nhám bề mặt không chỉ ảnh hưởng đến độ bền mỏi, ma sát, khả năng lắp ghép mà còn tác động

trực tiếp đến tuổi thọ làm việc của sản phẩm [1].

Hợp kim nhôm A2024 là vật liệu được sử dụng rộng rãi trong các kết cấu chịu tải nhờ tỷ lệ bền-khối lượng cao, tính gia công tốt và khả năng chống môi tốt. Tuy nhiên, trong quá trình phay, vật liệu này dễ hình thành bavaria, dính mép dao và biến dạng cục bộ, từ đó ảnh hưởng

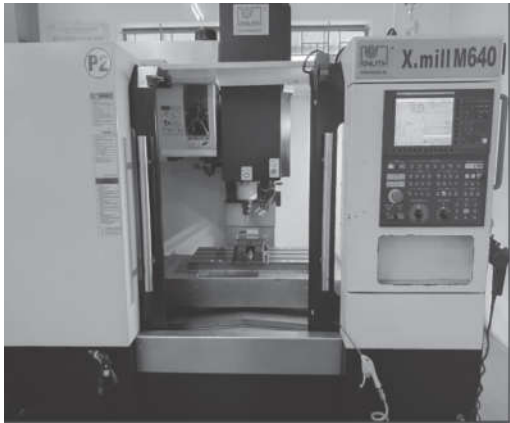
hưởng trực tiếp đến chất lượng bề mặt sau gia công.

Công nghệ phay CNC mang lại độ chính xác cao và khả năng điều khiển linh hoạt, tạo điều kiện thuận lợi cho việc đánh giá và tối ưu hóa ảnh hưởng của các thông số công nghệ. Trong đó, tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt là những yếu tố có tác động mạnh nhất đến hình thái bề mặt và cơ chế tạo phoi. Việc nghiên cứu định lượng mức độ ảnh hưởng của từng thông số là cần thiết để xây dựng mô hình dự đoán và lựa chọn chế độ cắt tối ưu.

Nghiên cứu này tập trung phân tích và làm rõ ảnh hưởng của hai thông số công nghệ cơ bản, gồm vận tốc cắt (V) và lượng chạy dao dọc (s), đến độ nhám bề mặt khi gia công hợp kim nhôm A2024 trên máy phay CNC.

2. TRANG THIẾT BỊ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

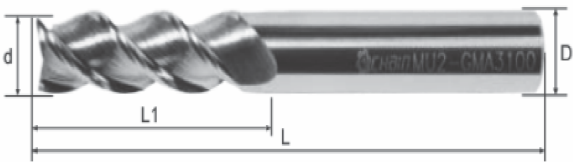
Máy được sử dụng trong nghiên cứu này là máy phay X.mill M640 có: Kiểu hệ thống thay dao cụ MT4 12AD; kiểu bầu cặp BT40; số lượng dụng cụ: 12; trọng lượng lớn nhất của dụng cụ: 5kg; chiều dài lớn nhất của dụng cụ: 200mm; đường kính ngoài lớn nhất của dụng cụ: 100mm; công suất động cơ 7,5 kW. Dụng cụ cắt là dao phay ngón thép gió của hãng Chain.



Hình 1. Máy phay X.mill M640

Bảng 1. Dao phay ngón MU2-GMA3120

Thông số	Kích thước (mm)
D	12
L ₁	36
L	75
d	12



Hình 2. Dao phay ngón MU2-GMA3120

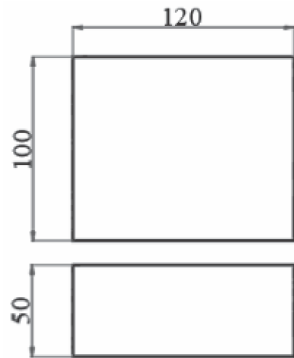
2.1. Mẫu thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là hợp kim nhôm A2024, được dùng chủ yếu trong: Công nghiệp hàng không (khung, sườn cánh, tấm chịu lực) và Kết cấu chịu tải trọng cao. Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu thép SKD11 như bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học hợp kim nhôm A2024

Mác vật liệu	Thành phần hóa học trung bình các nguyên tố (%)							
	Al	Mn	Cu	Mg	Si	Fe	Zn	Ti
Nhôm A2024	91 ÷ 93,4	0.3 ÷ 0.9	3.8 ÷ 4.9	1.2 ÷ 1.8	≤ 0.50	≤ 0.50	≤ 0.25	≤ 0.15

Hợp kim nhôm A2024 sau khi nhiệt luyện cho cơ tính tốt: Độ bền cao, độ bền mỏi tốt, tỷ trọng thấp ($\sim 2.78 \text{ g/cm}^3$), nhẹ hơn thép rất nhiều, độ dẻo và khả năng biến dạng nguội tốt, dễ cán, kéo, dập. Mẫu thực nghiệm đáp ứng điều kiện thí nghiệm.



Hình 3. Mẫu thí nghiệm

2.2. Thiết bị đo

Độ nhám của bề mặt chi tiết sau khi gia công được khảo sát bằng máy đo nhám Mitutoyo SJ-210 (hình 4).

Chiều dài đo tiêu chuẩn được lựa chọn là 4 mm, và phép đo độ nhám được thực hiện theo phương song song với bề mặt gia công. Mỗi thí nghiệm được tiến hành đo ba lần, sau đó giá trị trung bình của ba phép đo được sử

dụng cho quá trình phân tích và đánh giá kết quả thực nghiệm [3].



Hình 4. Máy đo nhám SJ-210

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thí nghiệm

Với hai thông số đầu vào sẽ thay đổi của quá trình thí nghiệm (V và s) sẽ có $2^k = 2^2 = 4$ điểm thí nghiệm gốc (ở mức mã hóa -1 và +1); và nên lựa chọn ít nhất 3 điểm trung tâm (ở mức mã hóa 0) [2]. Như vậy, kế hoạch thí nghiệm sẽ bao gồm 7 điểm và được sắp xếp như trong bảng 3.

Các giá trị của vận tốc cắt V và lượng chạy dao s trong quá trình thí nghiệm được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm thực tế sản xuất và phù hợp với khả năng của máy phay sử dụng trong nghiên cứu. Thí nghiệm được tiến hành theo đúng trình tự đã thiết kế, với các mức giá trị của các biến được trình bày trong bảng 3; chiều sâu cắt được giữ cố định ở $t = 0,3 \text{ mm}$ [3].

Bảng 3. Số liệu thực nghiệm

TT TN	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm		Nhám bề mặt
	x_1	x_2	$V \text{ (m/p)}$	$s \text{ (mm/v)}$	$R_a \text{ (}\mu\text{m)}$
1	-1	-1	75.36	0.15	0.2614
2	0	0	84.78	0.2	0.2867
3	0	0	84.78	0.2	0.2869
4	-1	+1	75.36	0.25	0.3153
5	1	-1	94.2	0.15	0.2554
6	0	0	84.78	0.2	0.2868
7	+1	+1	94.2	0.25	0.3081

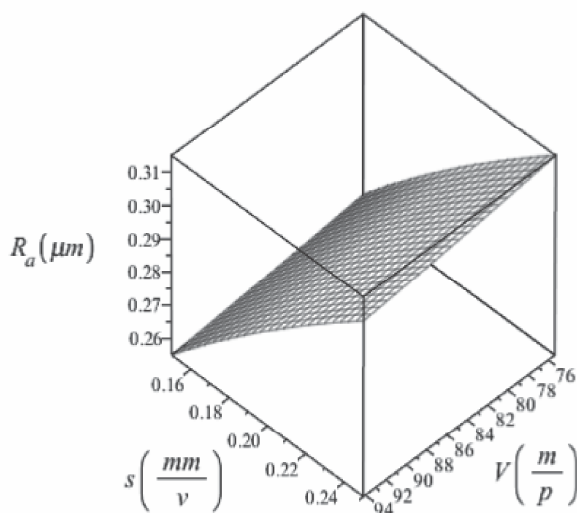


3.2. Kết quả

Sau khi xử lý dữ liệu thí nghiệm, đánh giá mức độ phù hợp của mô hình, mô hình dự đoán độ nhám bề mặt gia công thu được như sau:

$$R_a = 0,821 \cdot V^{-0,104} \cdot S^{0,367}$$

Quan hệ giữa nhám bề mặt và chế độ cắt là hàm mũ, lượng chạy dao ảnh hưởng đến độ nhám nhiều hơn phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết trước đó [4].



Hình 5. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhám bề mặt

4. KẾT LUẬN

Từ một số kết quả đã thực hiện trong nghiên cứu này, tác giả bài báo rút ra một số kết luận khi gia công hợp kim nhôm A2024 trên máy phay X.mill M640 bằng dao phay ngón thép gió như sau:

Kết quả phân tích cho thấy cả vận tốc cắt V và lượng chạy dao S đều có ảnh hưởng đáng kể đến giá trị độ nhám bề mặt R_a . Trong đó, lượng chạy dao S là yếu tố tác động mạnh hơn; S tăng làm độ nhám bề mặt tăng tương ứng. Ngược lại, vận tốc cắt V có xu hướng cải thiện chất lượng bề mặt, khi V tăng thì giá trị R_a giảm và chiều hướng này thể hiện rõ rệt trong phạm vi khảo sát. ❖

Ngày nhận bài: **24/11/2025**

Ngày phản biện: **10/12/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy, “Nguyên lý gia công vật liệu”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2001).
- [2]. Trần Văn Định, “Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2003).
- [3]. Nguyễn Tiến Thọ, “Kỹ thuật đo lường và kiểm tra trong chế tạo máy”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật (2001).
- [4]. M. Kuttolamadom, S. Hamzehlouia, and L. Mears (2010), “Effect of Machining Feed on Surface Roughness in Cutting 6061 Aluminum”. SAE Int.