

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN MÒN DAO KHI GIA CÔNG HỢP KIM NHÔM A2024 TRÊN MÁY PHAY CNC

EFFECT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON TOOL WEAR IN MACHINING A2024 ALUMINUM ALLOY ON CNC MILLING MACHINE

ThS. Nguyễn Văn Trúc

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến mòn dao khi gia công hợp kim nhôm A2024 trên máy phay X.mill M640. Thí nghiệm sử dụng dao phay ngón thép gió, tập trung vào hai thông số chính là vận tốc cắt và lượng chạy dao. Dữ liệu thực nghiệm được dùng để xây dựng mô hình toán học mô tả mối quan hệ giữa độ mòn dao và các tham số cắt. Kết quả cho thấy cả V và s đều ảnh hưởng đáng kể đến mòn dao; trong đó, lượng chạy dao tăng làm độ mòn tăng nhanh, còn tác động của vận tốc cắt phụ thuộc vào điều kiện cắt và cơ chế mòn trội.

Từ khóa: Thông số cắt; Mòn dao; Hợp kim nhôm A2024.

ABSTRACT

This study analyzes the influence of technological parameters on tool wear during the machining of A2024 aluminum alloy on an X.mill M640 milling machine. The experiments were conducted using a high-speed steel end mill, focusing on two main parameters: cutting speed V and feed rate s . Experimental data were used to develop a mathematical model describing the relationship between tool wear and cutting parameters. The results show that both V and s significantly affect tool wear; in particular, an increase in feed rate leads to a rapid rise in wear, while the effect of cutting speed depends on the cutting conditions and the dominant wear mechanisms.

Keywords: Cutting parameters; Tool wear; A2024 aluminum alloy.

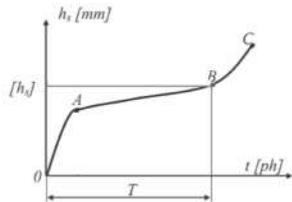
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mài mòn dao là một quá trình phức tạp kèm theo nhiều hiện tượng lý hóa ở nơi tiếp xúc của dụng cụ cắt, phoi và vật liệu gia công. Khi bị mài mòn, hình dáng của dao biến đổi do trị số của biến dạng nhiệt, lực cắt... đều thay đổi.

Sự mài mòn của dao xảy ra khốc liệt hơn nhiều so với các chi tiết máy khác. Thật vậy, khi cắt áp lực lớn hơn từ (300 ÷ 400) lần, nhiệt độ làm việc cao hơn từ (15 ÷ 20) lần. Mặt khác, mòn theo mặt sau xảy ra ở một diện tích rất bé khiến cho áp lực và nhiệt độ còn cao hơn, sự mòn còn mạnh mẽ hơn [1].

NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI

Trong nghiên cứu này làm rõ ảnh hưởng của hai thông số công nghệ cơ bản là vận tốc cắt v và lượng chạy dao s đến độ mòn mặt sau h_s khi gia công hợp kim nhôm A2024 trên máy phay X.mill M640.



Hình 1. Đường cong mòn

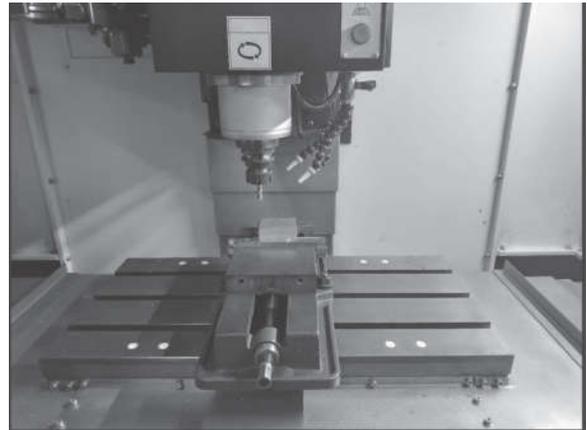
2. TRANG THIẾT BỊ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

2.1. Máy và dao

Các thí nghiệm được tiến hành trên máy phay X.mill M640.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy

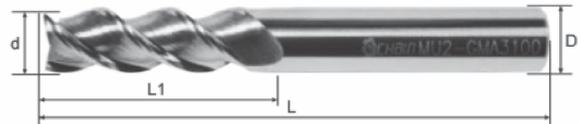
Hành trình trục (X)	640	mm
Hành trình trục (Y)	400	mm
Hành trình (Z)	500	mm
Tốc độ trục chính	60 ÷ 8000	v/ph
Bước tiến nhanh	36000	mm/ph
Tốc độ cắt	10 ÷ 5000	mm/ph
Công suất động cơ	7.5	kW
Trọng lượng máy	4200kg	kg
Kích thước máy (DxRxZ)	2300x1800x2300	mm



Hình 2. Máy phay X.mill M640

Bảng 2. Thông số dao phay ngón MU2-GMA3100

Thông số	Kích thước (mm)
D	10
L ₁	30
L	75
d	10



Hình 3. Dao phay ngón MU2-GMA3100

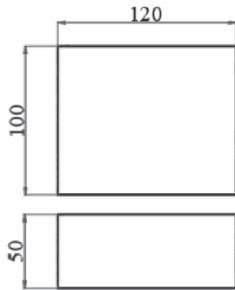
2.2. Mẫu thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là hợp kim nhôm A2024 có độ bền rất cao, gia công tốt nhưng chống ăn mòn và khả năng hàn kém, thường dùng cho kết cấu chịu lực lớn và yêu cầu trọng lượng nhẹ. Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu hợp kim nhôm A2024 như bảng 3.

Bảng 3. 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

Nhôm A2024 sử dụng trong: Kết cấu máy bay; chi tiết cơ khí chịu lực cao; bu lông và đỉnh tán hàng không; chi tiết xe đua; khuôn mẫu nhẹ. Mẫu thực nghiệm đáp ứng điều kiện thí nghiệm.



Hình 4. Mẫu thí nghiệm

2.3. Thiết bị đo

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của máy kính hiển vi quét laser 3D Keyence VK-X1000

Thông số	Giá trị
Tổng phóng đại	Lên đến 28.800
Tầm nhìn	Từ 11 μm đến 7.398 μm
Loại laser đo	Laser bán dẫn violet 404 nm
Công suất laser	1 mW
Độ phân giải hiển thị	0.5 nm (VK-X1100) / 5 nm (VK-X1050)
Độ chính xác	Khoảng 0.2 + L/100 μm



Hình 5. Máy kính hiển vi quét laser 3D Keyence VK-X1000

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thí nghiệm

Các giá trị của vận tốc cắt V , lượng chạy dao s và chiều sâu cắt không đổi $t = 0,3 \text{ mm}$ trong quá trình thí nghiệm được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm thực tế sản xuất và phù hợp với khả năng của máy sử dụng trong nghiên cứu.

Bảng 5. Các mức thông số

Các mức	Giá trị mã hóa	Các thông số ảnh hưởng	
		$V \text{ (m/ph)}$	$s \text{ (mm/v)}$
Mức trên	+1	78.50	0.25
Mức cơ sở	0	70.65	0.2
Mức dưới	-1	62.80	0.15
Khoảng thay đổi Δ	1	7.85	0.05

Với hai thông số đầu vào biến thiên trong thí nghiệm (v và s), số điểm thí nghiệm theo thiết kế sẽ là $2^k = 2^2 = 4$ điểm (tương ứng với mức mã hóa -1 và $+1$). Đồng thời, cần bố trí tối thiểu 3 điểm tại mức trung tâm (mã hóa 0) [2]. Do đó, kế hoạch thí nghiệm gồm tổng cộng 7 điểm và được trình bày trong bảng 6. 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].

Bảng 6. Số liệu thực nghiệm

TT TN	Biến mã hóa		Biến thực nghiệm		Lượng mòn $h_s \text{ (mm)}$
	x_1	x_2	$v \text{ (m/p)}$	$s \text{ (mm/v)}$	
1	-1	-1	62.80	0.15	0.1611
2	0	0	70.65	0.2	0.1760
3	0	0	70.65	0.2	0.1762

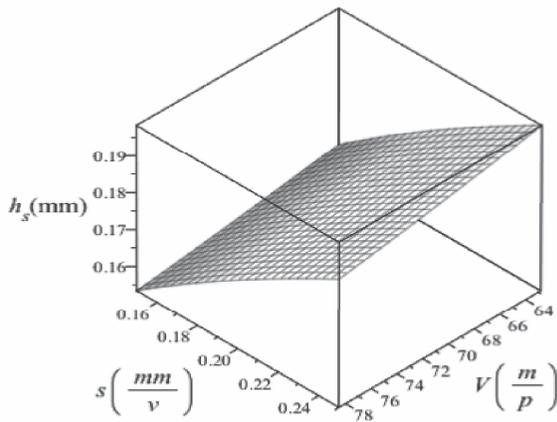
4	-1	+1	62.80	0.25	0.1978
5	+1	-1	78.50	0.15	0.1530
6	0	0	70.65	0.2	0.1761
7	+1	+1	78.50	0.25	0.1879

3.2. Kết quả

Sau khi xử lý số liệu, kiểm tra khả năng làm việc của mô hình, ta thu được mô hình mòn dao như sau:

$$h_s = 0,897 \cdot V^{-0,230} \cdot s^{0,402}$$

Mối quan hệ giữa mòn dao và các thông số chế độ cắt được mô tả bởi hàm mũ; trong đó, lượng chạy dao có mức độ ảnh hưởng đến mòn dao lớn hơn so với các thông số khác, phù hợp với các kết quả nghiên cứu lý thuyết đã được công bố trước đây [4].



Hình 6. Ảnh hưởng của chế độ gia công đến lực cắt

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công mô hình mòn dao khi gia công hợp kim nhôm A2024 trên máy phay X.mill M640 bằng dao phay ngón thép gió, trong đó mòn dao phụ thuộc theo hàm mũ của vận tốc cắt và lượng chạy dao. Kết quả cho thấy lượng chạy dao có mức độ ảnh hưởng đến mòn dao lớn hơn so với vận tốc cắt. Mô hình đề xuất có thể dùng để dự đoán mòn dao và lựa chọn chế độ cắt hợp lý nhằm nâng cao tuổi bền dao và chất lượng gia công. ❖

Ngày nhận bài: **26/11/2025**

Ngày phản biện: **15/12/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy, “Nguyên lý gia công vật liệu”. NXB. Khoa học Kỹ thuật (2013).
- [2]. Trần Văn Địch, “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]. O. S. Joshua, M. O. David, and I. O. Sikiru (2015), “Experimental Investigation of Cutting Parameters on Surface Roughness Prediction during End Milling of Aluminium 6061 under MQL (Minimum Quantity Lubrication)”. J. Mech.Eng. Autom., vol. 5, no. 1, pp. 1-13, 2015.