

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN NHIỆT CẮT VÀ LỰC CẮT KHI TIỆN ĐỊNH HÌNH

STUDYING THE EFFECT OF CUTTING REGIME ON CUTTING TEMPERATURE AND CUTTING FORCE WHEN FORM TURNING

Bùi Ngọc Tuyên^{1*}, Nguyễn Văn Hiếu^{1,2}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.111>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của chế độ cắt (tốc độ cắt, lượng chạy dao) đến nhiệt cắt và lực cắt khi tiện định hình. Thiết kế thực nghiệm toàn phần 2 yếu tố, 2 mức được sử dụng nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt đến nhiệt cắt và lực cắt. Dao tiện định hình sử dụng được thiết kế chế tạo trên cơ sở chi tiết gia công là một mẫu vỏ động cơ đạn chữa cháy. Các kết quả thí nghiệm cho thấy khi tiện định hình, nếu tăng tốc độ cắt và lượng chạy dao thì nhiệt cắt và lực cắt đều tăng. Tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của 2 yếu tố này là khác nhau. Tốc độ cắt là yếu tố ảnh hưởng chính đến nhiệt cắt, trong khi tốc độ chạy dao là yếu tố chính ảnh hưởng đến lực cắt. Bài toán tối ưu hóa quá trình tiện định hình nhằm đạt được năng suất gia công lớn nhất trong các điều kiện gia công cụ thể trình bày trong nghiên cứu này cũng được đề cập ở đây.

Từ khóa: Tiện định hình, tốc độ cắt, lượng chạy dao, nhiệt cắt, lực cắt, thực nghiệm toàn phần 2 yếu tố, 2 mức.

ABSTRACT

The paper presents an experimental study about the influence of cutting regime parameters (cutting speed, feed rate) on two form turning characteristics as cutting temperature and cutting force. 2-level, two factors factorial design has been selected to define the contribution of the cutting regime parameters on the characteristics. The used form turning tool is designed and manufactured according to the profile of the work piece, which is a model of a fire engine shell. Experimental results show that when form turning, if the cutting speed and feed rate are increased, the cutting temperature and cutting force both increase. However, the degree of influence of these two factors is different. The cutting speed is the main factor affecting the cutting heat, while the feed rate is the main factor affecting the cutting force. The problem of optimizing the form turning process to achieve the maximum machining capacity under specific machining conditions presented in this study is also mentioned here.

Keywords: Form turning, cutting speed, feed rate, cutting temperature, cutting force, 2-level, two factors factorial design

¹Đại học Bách khoa Hà Nội

²Nhà máy Z113, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, Bộ Quốc phòng

*Email: tuyen.buingoc@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/4/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/6/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2023

1. GIỚI THIỆU

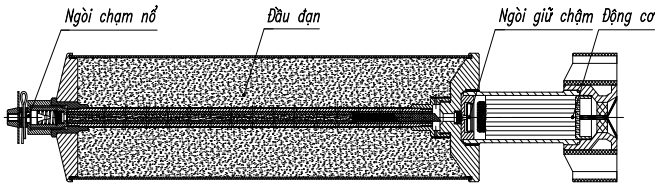
Tiện định hình là một phương pháp gia công cắt gọt truyền thống, thường được sử dụng trong gia công các chi tiết tròn xoay định hình có biên dạng phức tạp trong điều kiện sản xuất lớn. Dao tiện định hình được thiết kế chế tạo trên cơ sở profin chi tiết gia công và thường được sử dụng trên máy tiện vạn năng nhằm hạ giá thành sản phẩm. Do chiều rộng cắt lớn nên lực cắt và nhiệt cắt trong quá trình tiện định hình lớn hơn nhiều so với các quá trình tiện thông thường, ảnh hưởng đến khả năng cắt của dao cũng như năng suất, chất lượng sản phẩm. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến lực cắt và nhiệt cắt khi tiện định hình thực sự cần thiết. Tuy nhiên hiện nay gần như không có công bố nào đề cập đến vấn đề này. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào nghiên cứu cơ sở vật lý, động lực học của các quá trình tiện thông thường bằng dao đơn. Sau đây là một số các nghiên cứu đã công bố có liên quan. Bài báo [1] trình bày tổng quan về các phương pháp phân tích và thực nghiệm được sử dụng để đo nhiệt độ cắt. Các tác giả cũng giới thiệu một số mô hình phân tích đơn giản có thể được sử dụng để mô tả ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt như tốc độ cắt, lượng chạy dao đến nhiệt cắt.

Trong nghiên cứu [2], các tác giả đã sử dụng phương pháp đo nhiệt bằng cặp ngẫu nhiệt tự nhiên để xác định nhiệt độ trong vùng cắt. Mô hình quan hệ thực nghiệm giữa các thông số chế độ cắt (tốc độ cắt, bước tiến dao, chiều sâu cắt), độ bền và độ dẫn nhiệt của một số loại thép không gỉ như AISI 304, AISI 316L AISI 420 đến nhiệt độ cắt trong quá trình tiện mặt trụ bằng dao đơn được thiết lập.

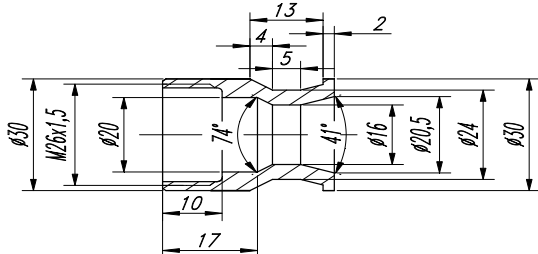
Trong bài báo [3] chủ yếu đề cập đến vấn đề xác định lực cắt khi tiện thép đã nhiệt luyện bằng dao tiện với mảnh cắt CBN, xây dựng mô hình ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt đến lực cắt và khảo sát chất lượng bề mặt gia công.

Các tác giả trong nghiên cứu [4] đã sử dụng phương pháp Taguchi và phân tích phương sai để nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt đến lực cắt khi tiện thép cacbon trung bình bằng dao hợp kim cứng có phủ TiCN.

Trong nghiên cứu này các tác giả trình bày một nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ cắt và tốc độ chạy dao đến lực cắt và nhiệt cắt sinh ra trong quá trình tiện định hình chi tiết vỏ động cơ đạn chứa cháy. Trên cơ sở đó mô hình bài toán tối ưu hai thông số tốc độ cắt và tốc độ chạy dao nhằm đạt được năng suất gia công lớn nhất cũng được đề cập ở đây. Chi tiết gia công là vỏ động cơ đạn chứa cháy. Động cơ có tác dụng làm bùng đốt khi động cơ hoạt động, dòng khí qua tiết diện tới hạn tạo lực đẩy đưa đầu đạn bay tới mục tiêu. Vỏ động cơ làm từ thép 45 ГОСТ 1050-88, xử lý nhiệt đảm bảo cơ tính vật liệu (hình 1, 2).



Hình 1. Cấu tạo đạn chứa cháy 60mm ĐCC-60



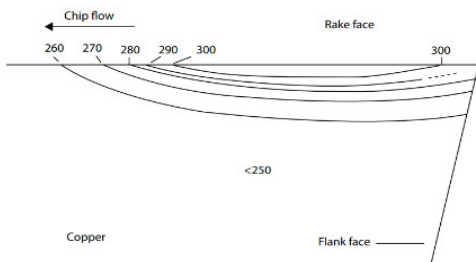
Hình 2. Vỏ động cơ đạn chứa cháy 60mm ĐCC-60

Trong quy trình sản xuất hiện tại tại nhà máy, chi tiết này do có biên dạng tương đối phức tạp nên được tiện trên máy tiện CNC, do vậy năng suất thấp, giá thành khá cao. Để tăng năng suất, giảm giá thành trong điều kiện sản xuất lớn, giải pháp sử dụng dao tiện định hình gia công biên dạng ngoài của chi tiết là phù hợp được.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Nhiệt cắt

Nhiệt cắt sinh ra chủ yếu do biến dạng kim loại dẫn đến phá hủy hình thành phoi và do ma sát giữa các bề mặt làm việc của dao với phoi và bề mặt gia công. Nhiệt cắt sinh ra sẽ được truyền vào phoi, dao, chi tiết gia công,... Nhiệt cắt cao sẽ ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt, độ chính xác chi tiết gia công, khả năng cắt của dao,... Tại điểm giữa vùng tiếp xúc giữa phoi và mặt trước dao thường có nhiệt độ cao nhất. Khi gia công vật liệu dẻo, tại đây dần dần sẽ hình thành vết mòn dạng lưỡi liềm.



Hình 3. Phân bố nhiệt độ trên dao tiện thép gió khi gia công đồng, được đo bằng phương pháp luyện kim [6]

Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy trong gia công cắt gọt kim loại, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt cắt như thông số chế độ cắt, kết cấu thông số hình học của dao, vật liệu gia công, vật liệu dụng cụ cắt,... Khi tăng các thông số chế độ cắt tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt thì nhiệt cắt đều tăng theo quan hệ hàm mũ. Trong đó, yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới nhiệt cắt là tốc độ cắt. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng quan hệ phụ thuộc của nhiệt cắt vào các thông số này tuân theo quy luật hàm mũ:

$$\theta = C_{\theta} \cdot v^m \cdot s^n \cdot t^q \tag{1}$$

Hằng số C_{θ} và các số mũ m, n, q phụ thuộc vào các điều kiện gia công cụ thể và được xác định từ thực nghiệm

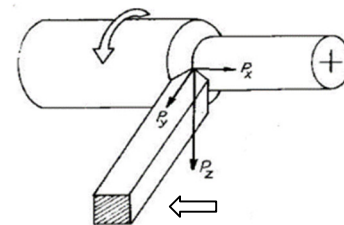
Nhiệt cắt là một trường vô hướng có giá trị tại các điểm khác nhau và thường khó đo chính xác. Có thể đo nhiệt cắt bằng nhiều phương pháp: Phương pháp cặp ngẫu nhiệt tự nhiên, phương pháp cặp ngẫu nhiệt nhân tạo, phương pháp hồng ngoại,...

2.2. Lực cắt

Trong quá trình cắt kim loại, để tách được phoi và thăng được ma sát cần phải có lực. Lực sinh ra trong quá trình cắt là động lực cần thiết nhằm thực hiện quá trình biến dạng và ma sát.

Việc nghiên cứu lực cắt trong quá trình cắt kim loại có ý nghĩa cả lý thuyết lẫn thực tiễn.

Lực cắt khi tiện có thể phân ra thành các thành phần lực: Lực tiếp tuyến P_z là thành phần lực cắt chính hướng theo phương vecto tốc độ cắt, lực chạy dao P_x hướng theo phương vecto tốc độ chạy dao và lực hướng kính P_y hướng theo phương vuông góc với trục phôi.



Hình 4. Các thành phần lực cắt khi tiện

Tương tự như nhiệt cắt có nhiều nhóm yếu tố ảnh hưởng đến lực cắt như nhóm yếu tố về vật liệu, kết cấu và thông số hình học dụng cụ cắt, về chế độ cắt,... Trong các thông số chế độ cắt thì ảnh hưởng của lượng chạy dao và chiều sâu cắt là rõ rệt nhất. Khi tăng lượng chạy dao và chiều sâu cắt thì lực cắt tăng theo quan hệ hàm mũ. Ảnh hưởng của vận tốc cắt đến lực cắt rất phức tạp và qui luật ảnh hưởng tùy thuộc vào các trường hợp cụ thể. Các nhà nghiên cứu đã đề xuất công thức tính toán lực cắt dưới dạng hàm mũ đối với các yếu tố cắt gọt chính:

$$P_z = C_{pz} \cdot v^{n_p} \cdot s^{y_p} \cdot t^{x_p} \cdot K_{pz} \tag{2}$$

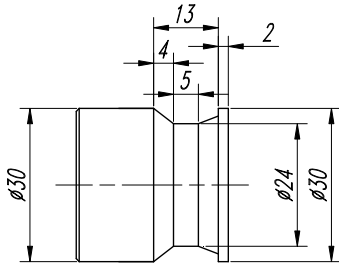
C_{pz} là hằng số lực cắt phụ thuộc vào phương pháp tiện; x_p, y_p, n_p là các số mũ; K_{pz} là hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào vật liệu gia công, các thông số hình học của dao,... Các thông số này được xác định từ thực nghiệm.

Có rất nhiều phương pháp đo xác định lực cắt như phương pháp đo trực tiếp lực cắt bằng các dụng cụ đo lực, phương pháp đo gián tiếp lực cắt thông qua dụng cụ đo công suất. Các dụng cụ đo lực cắt cũng có rất nhiều loại dựa trên các nguyên lý cơ học, nguyên lý thủy khí, nguyên lý hiệu ứng về điện, nguyên lý biến dạng dẻo,....

3. THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

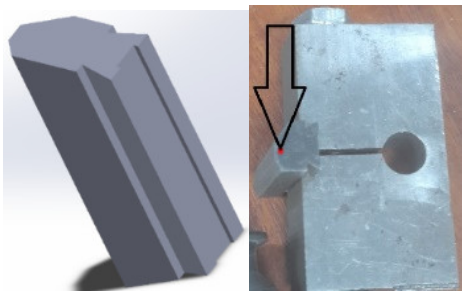
3.1. Các điều kiện thực nghiệm

Chi tiết gia công được tiện định hình từ phôi thép 45 dạng thanh để đạt được kích thước chi tiết như hình 5. Quá trình thực nghiệm tiến hành trong điều kiện gia công khô.



Hình 5. Biên dạng chi tiết tiện định hình

Dao tiện định hình lăng trụ được thiết kế trên cơ sở chi tiết gia công và được chế tạo bằng thép gió P18 (hình 6).



Hình 6. Dao tiện định hình và vị trí đo nhiệt độ trên mặt trước của dao



Hình 7. Đồng hồ đo lực và dao tiện định hình gá đặt cùng bộ gá và loadcell

Máy tiện vạn năng ZMM CU500MT với một số tính năng cơ bản như sau. Số tốc độ trục chính là 15, với các tốc độ từ 11,5 đến 1400 vòng/phút; số tốc độ chạy dao là 120 với các tốc độ chạy dao dọc từ 0,04 đến 12mm/vòng, các tốc độ chạy dao ngang từ 0,02 đến 6mm/vòng; Công suất động cơ chính 7,5kW.

Thiết bị đo lực: Thiết bị đo lực KELI là thiết bị đo lực theo nguyên lý áp lực - trở kháng. Một số đặc tính cơ bản của thiết bị đo lực được trình bày trong bảng 1. Thiết bị này được sử dụng để đo lực tiếp tuyến F_z khi tiện định hình. Trên hình 7 là hình ảnh dao tiện định hình được gá trên đồ gá cùng với loadcell PST keli

Bảng 1. Thiết bị đo lực PST Keli

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị
1	Tải trọng	1000kg
2	Độ phân giải	$2,0 \pm 0,002mV/V$
3	Nhiệt độ hoạt động	$-30^{\circ}C$ đến $70^{\circ}C$
4	Điện áp biến đổi	$2 \pm 0,002mV/V$
5	Sai số lặp lại	$\leq \pm 0,01\%R.0$
6	Sai số tuyến tính	$\leq \pm 0,02\%R.0$

Thiết bị đo nhiệt sử dụng ở đây là thiết bị đo nhiệt bằng hồng ngoại FLUKE 568-2 IR với các đặc tính cơ bản trình bày trong bảng 2. Thiết bị được gá cố định và điều chỉnh đảm bảo định vị chính xác điểm đo nhiệt là điểm đánh dấu trên mặt trước dao cách lưỡi cắt 1mm và có đường kính 1mm. Nhiệt cắt (ΔT) được xác định trong mỗi thí nghiệm là độ chênh lệch nhiệt độ điểm đo tại các thời điểm vừa gia công xong biên dạng chi tiết và thời điểm trước khi gia công.

Do $D:S = 50:1$ và vùng đo nhiệt độ là hình tròn có bán kính là 1mm \Rightarrow Khoảng cách từ thiết bị đo nhiệt FLUKE 568-2 IR đến điểm đo trên mặt trước dao tiện định hình là:

$$L = 50.3,14.1^2 = 157mm.$$

Gá cố định thiết bị đo nhiệt FLUKE 568-2 IR trên gá kẹp điều chỉnh khoảng cách từ thiết bị đo nhiệt FLUKE 568-2 IR đến điểm đo trên dao tiện định hình là 157mm. Trên hình 8 là hình ảnh gá đặt dụng cụ đo lực và đo nhiệt khi tiện định hình chi tiết vỏ động cơ đạn chứa cháy 60mm ĐCC-60.

Bảng 2. Thiết bị đo nhiệt FLUKE 568-2 IR

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị
1	Dải đo hồng ngoại	$-40^{\circ}C$ to $800^{\circ}C$ ($-40^{\circ}F$ to $1472^{\circ}F$)
2	Cấp chính xác	$\pm 1\%$ hoặc $\pm 1,0^{\circ}C$ ($\pm 2,0^{\circ}F$)
3	Độ phân dải	$0,1^{\circ}C / 0,1^{\circ}F$
4	Dải phổ	$8\mu m$ đến $14\mu m$
5	Thời gian hồi đáp	$< 500ms$



Hình 8. Sơ đồ gá đặt dụng cụ đo lực và đo nhiệt khi thực nghiệm tiện định hình

3.2. Thực nghiệm khảo sát

▪ Ảnh hưởng của lượng chạy dao đến nhiệt cắt và lực cắt

Tiến hành thực nghiệm giữ tốc độ cắt không đổi ở $v = 16,014m/phút$ tương ứng với số vòng quay trục chính

$n = 170$ vòng/phút, thay đổi các giá trị lượng chạy dao, đo được nhiệt độ trên mặt trước dao và lực tiếp tuyến P_z tương ứng như trình bày trong bảng 3.

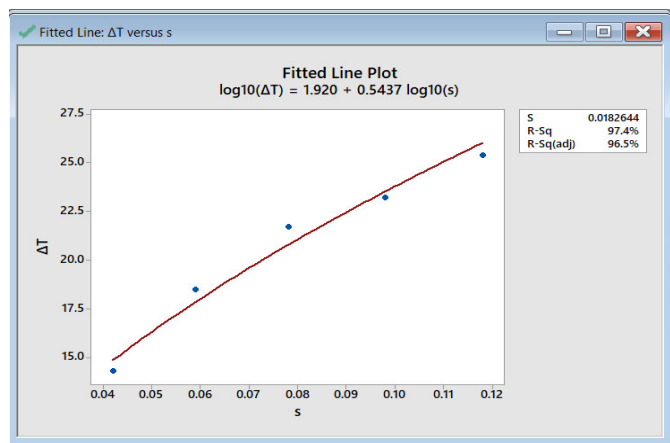
Bảng 3. Khảo sát ảnh hưởng của lượng chạy dao

N ^o	V(m/phút)	s(mm/vòng)	$\Delta T(^{\circ}C)$	$P_z(N)$
1	16,014	0,042	14,3	3356
2	16,014	0,059	18,5	4591
3	16,014	0,078	21,7	5203
4	16,014	0,098	23,2	6536
5	16,014	0,118	25,4	7235

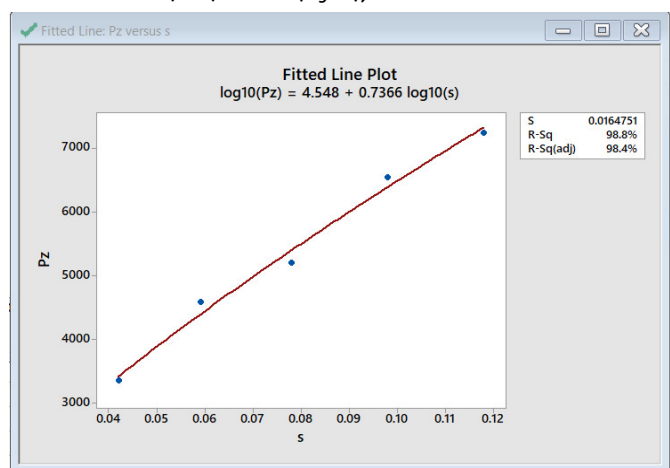
Kết quả xử lý hồi quy bằng Minitab cho thấy khi tăng lượng chạy dao thì nhiệt cắt và lực cắt đều tăng theo hàm mũ (hình 9, 10). Lượng chạy dao có ảnh hưởng khá lớn đến cả lực cắt và nhiệt cắt khi tiện định hình:

$$\Delta T = 83. s^{0,5437} (^{\circ}C) \tag{3}$$

$$= 35. s^{0,7366} (N) \tag{4}$$



Hình 9. Quan hệ nhiệt cắt và lượng chạy dao



Hình 10. Quan hệ lực cắt và lượng chạy dao

▪ Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến nhiệt cắt và lực cắt

Tiến hành thực nghiệm giữ lượng chạy dao không đổi ở $s = 0,078$ mm/vòng, thay đổi các giá trị của tốc độ cắt, đo

được nhiệt độ trên mặt trước dao và lực tiếp tuyến P_z tương ứng như trình bày trong bảng 4.

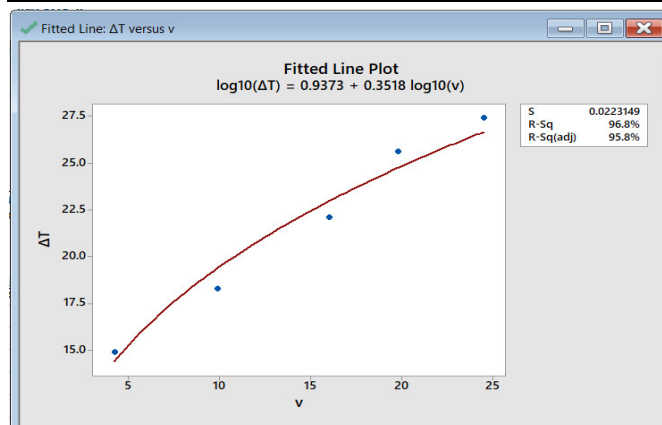
Kết quả xử lý hồi quy cũng cho thấy khi tăng tốc độ cắt thì nhiệt cắt và lực cắt đều tăng theo hàm mũ (hình 11, 12). Tốc độ cắt có ảnh hưởng khá lớn đến nhiệt cắt nhưng có ảnh hưởng không đáng kể đến lực cắt.

$$\Delta T = 8,7. v^{0,3518} (^{\circ}C) \tag{5}$$

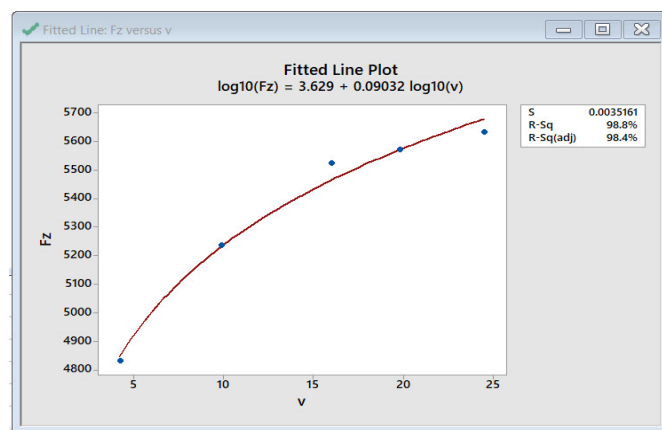
$$P_z = 4,3. v^{0,009032} (N) \tag{6}$$

Bảng 4. Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ cắt

N ^o	V(m/phút)	s(mm/vòng)	$\Delta T(^{\circ}C)$	$P_z(N)$
1	4,239	0,078	14,9	4832
2	9,891	0,078	18,3	5236
3	16,014	0,078	22,1	5524
4	19,782	0,078	25,6	5569
5	24,492	0,078	27,4	5631



Hình 11. Quan hệ nhiệt cắt và tốc độ cắt



Hình 12. Quan hệ lực cắt và tốc độ cắt

3.3. Thực nghiệm toàn phần nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của tốc độ cắt và lượng chạy dao

Bảng 5. Bảng quy hoạch thực nghiệm toàn phần

N ^o	V(m/phút)	s(mm/vòng)	$\Delta T(^{\circ}C)$	$P_z(N)$
1	4,239	0,042	9,6	2302
2	24,492	0,042	23,2	3585

3	4,239	0,078	15,1	4936
4	24,492	0,078	27,4	5631
5	16,485	0,059	18,8	4236

Thực nghiệm được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm toàn phần 2 yếu tố, 2 mức [7]. Các biến đầu vào là tốc độ cắt và lượng chạy dao với các mức được lựa chọn dựa theo sổ tay chế độ cắt khi gia công cơ [8] và đặc tính kỹ thuật của máy tiện ZMM CU500MT. Các kết quả thực nghiệm đo nhiệt cắt và lực cắt tương ứng với các thực nghiệm theo quy hoạch được trình bày trong bảng 5.

▪ **Mô hình hồi quy ảnh hưởng của v và s đến lực cắt**

Mô hình hồi quy (7) và kết quả phân tích phương sai (bảng 6) và đồ thị Pareto (hình 13) cho thấy ảnh hưởng của lượng chạy dao s đến lực cắt P_z là đáng kể (P-Value = 0,037), trong khi ảnh hưởng của tốc độ cắt đến lực cắt là rất nhỏ (P-Value = 0,091). Ảnh hưởng tương tác cặp của 2 yếu tố này đến lực cắt là không đáng kể. Kết quả phân tích cũng cho thấy mô hình là phù hợp với dữ liệu và đảm bảo độ tin cậy (các hệ số quyết định R-Sq và R-Sq(adj) đều lớn $\approx 99\%$).

$$P_z = -797 + 105,1v + 70212s - 926vs \quad (N) \quad (7)$$

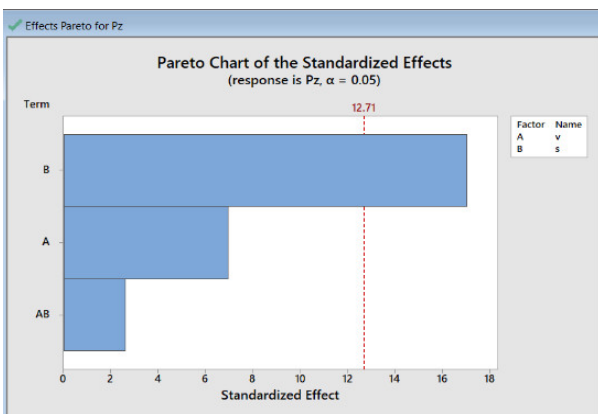
Bảng 6. Phân tích phương sai mô hình lực cắt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	6215382	2071794	115.10	0.068
Linear	2	6093581	3046791	169.27	0.054
v	1	872356	872356	48.46	0.091
s	1	5221225	5221225	290.07	0.037
2-Way Interactions	1	121801	121801	6.77	0.234
v*s	1	121801	121801	6.77	0.234
Error	1	18000	18000		
Total	4	6233382			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
134.164	99.71%	98.84%	76.54%



Hình 13. Đồ thị Pareto mô hình hồi quy lực cắt

▪ **Mô hình hồi quy ảnh hưởng của v và s đến nhiệt cắt**

Mô hình hồi quy (8) và kết quả phân tích phương sai (bảng 7) và đồ thị Pareto (hình 14) cho thấy ảnh hưởng của tốc độ cắt đến nhiệt cắt là đáng kể (P-Value = 0,031), trong khi ảnh hưởng của lượng chạy dao đến nhiệt cắt là nhỏ (P-Value = 0,071). Ảnh hưởng tương tác cặp của hai yếu tố này đến nhiệt cắt là không đáng kể. Kết quả phân tích cũng

cho thấy mô hình là phù hợp với dữ liệu và đảm bảo độ tin cậy.

$$\Delta T = 0,99 + 0,626v + 126,2s + 2,39vs \quad (^\circ C) \quad (8)$$

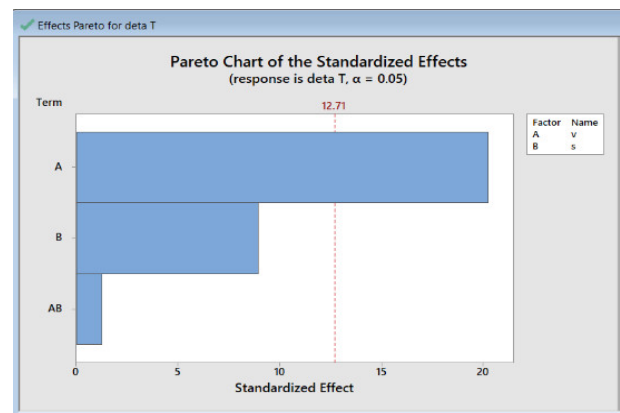
Bảng 7. Phân tích phương sai mô hình nhiệt cắt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	252.020	84.007	164.08	0.057
Linear	2	251.210	125.605	245.32	0.045
v	1	210.250	210.250	410.64	0.031
s	1	40.960	40.960	80.00	0.071
2-Way Interactions	1	0.810	0.810	1.58	0.428
v*s	1	0.810	0.810	1.58	0.428
Error	1	0.512	0.512		
Total	4	252.532			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.715542	99.80%	99.19%	83.53%



Hình 14. Đồ thị Pareto mô hình hồi quy nhiệt cắt

3.4. Tối ưu hóa theo hàm mục tiêu năng suất gia công

Năng suất gia công tiện định hình lớn nhất khi tốc độ cắt và lượng chạy dao lớn nhất. Như vậy hàm mục tiêu trong trường hợp này là:

$$v.s \rightarrow \text{Max} \quad (9)$$

Các hàm ràng buộc với sự phụ thuộc của các biến đầu vào v, s vào các đặc tính kỹ thuật của máy, dao, điều kiện gia công:

Tốc độ vòng quay trục chính:

$$n_{\min} \leq n = \frac{1000v}{\pi d} \leq n_{\max} \quad (10)$$

Lượng chạy dao ngang:

$$s_{\min} \leq s \leq s_{\max} \quad (11)$$

Nhiệt sinh ra trên mặt trước dao:

$$\Delta T < 500^\circ C \quad (12)$$

Tốc độ cắt cho phép khi gia công thép với dao bằng thép gió: $v < 40$ (m/phút) (13)

Công suất cắt phải nhỏ hơn phải nhỏ hơn công suất hữu ích của máy:

$$N_c = \frac{P_z v}{61200} \leq N_{dc} \eta \quad (14)$$

với $n_{\min} = 12$ vòng/phút, $n_{\max} = 1400$ vòng/phút, $s_{\min} = 0,02$ mm/vòng, $s_{\max} = 6$ mm/vòng, $N_{dc} = 7,5$ kW, $\eta = 0,85$.

Sử dụng công cụ Solve trong Excel để giải bài toán tối ưu trên với hàm mục tiêu (9) và các điều kiện ràng buộc (10-14), có được kết quả các thông số chế độ cắt tối ưu để được năng suất gia công lớn nhất là:

Tốc độ cắt $v = 37,58747\text{m/phút}$ tương ứng với tốc độ trục chính 399 vòng/phút và lượng chạy dao $s = 0,204099\text{mm/vòng}$. Lựa chọn trên máy tiện ZMM CU500MT ta có các thông số tối ưu là: $n = 400$ vòng/phút, $s = 0,196$ mm/vòng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của chế độ cắt (tốc độ cắt, lượng chạy dao) đến lực cắt chính và nhiệt cắt đo trên mặt trước của dao khi tiện biên dạng vỏ động cơ đạn chữa cháy 60mm ĐCC-60 bằng dao tiện định hình chế tạo tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng chế độ cắt (tốc độ cắt hay tăng lượng chạy dao) thì nhiệt cắt và lực cắt đều tăng theo quy luật hàm mũ. Tuy nhiên mức độ ảnh hưởng của các thông số này đến lực cắt và nhiệt cắt là khác nhau. Lượng chạy dao có ảnh hưởng lớn đến lực cắt chính trong khi ảnh hưởng của tốc độ cắt đến lực cắt là rất nhỏ. Tốc độ cắt có ảnh hưởng lớn và lượng chạy dao có ảnh hưởng nhỏ đến nhiệt cắt. Ảnh hưởng tương tác của hai thông số này đến lực cắt và nhiệt cắt là không đáng kể.

Trên cơ sở các mô hình hồi quy và các điều kiện gia công cụ thể một mô hình bài toán tối ưu khi tiện định hình vỏ động cơ đạn chữa cháy 60mm ĐCC-60 với hàm mục tiêu là năng suất gia công lớn nhất được đề xuất. Kết quả giải bài toán tối ưu này cho phép lựa chọn chế độ cắt tối ưu đảm bảo năng suất gia công lớn nhất trong điều kiện công nghệ thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Marcio Bacci da Silva, James Wallbank, 1999. *Cutting temperature: prediction and measurement methods - A review*. Journal of Materials Processing Technology, Volume 88, Issues 1–3, Pages 195–202.
- [2]. Jesús Rodríguez, Patricia Muñoz-Escalona, Zulay Cassier, 2011. *Influence of cutting parameters and material properties on cutting temperature when turning stainless steel*. Rev. Fac. Ing. UCV vol. 26, no.1.
- [3]. Karel Osička, Jan Zouhar, Petra Sliwková, Josef Chladil, 2022. *Cutting Force When Machining Hardened Steel and the Surface Roughness Achieved*. Appl. Sci., 12, 11526. <https://doi.org/10.3390/app122211526>
- [4]. S K Thangarasu, S Shankar, A Tony Thomas, G Sridhar, 2018. *Prediction of Cutting Force in Turning Process-an Experimental Approach*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 310.
- [5]. Banh Tien Long, Tran The Luc, Tran Sy Tuy, 2005. *Nguyen ly gia cong vat lieu*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[6]. David A. Stephenson, John S. Agapiou, 2016. *Metal cutting Theory and Practice*. CRC Taylor and Francis Group.

[7]. Nguyen Van Du, Nguyen Dang Binh, 2011. *Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

[8]. Hanoi University of Science and Technology, 1967. *So tay che do cat khi gia cong co*. Vietnam.

AUTHORS INFORMATION

Bui Ngoc Tuyen¹, Nguyen Van Hieu^{1,2}

¹Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

²Factory Z113, General Department of Defense Industry, Ministry of National Defense, Vietnam