

NGHIÊN CỨU VIỆC MÀI MÒN DỤNG CỤ CẮT TRONG QUÁ TRÌNH TIỀN THÔNG QUA VIỆC ĐÁNH GIÁ RUNG ĐỘNG

EVALUATING THE WEAR OF CUTTING TOOLS IN TURNING OPERATIONS USING VIBRATION MEASUREMENT

Nguyễn Hữu Ngoạn, Ngô Văn Giang
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Mòn dụng cụ cắt trong gia công cắt gọt ảnh hưởng lớn đến chất lượng sản phẩm cũng như năng suất quá trình gia công. Bài báo này trình bày phương pháp xác định lượng mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt thông qua việc kiểm soát các thông số rung động của dụng cụ. Trong quá trình thí nghiệm, sau mỗi khoảng 6 phút tiến hành dừng máy và xác định lượng mòn của dụng cụ, đồng thời rung động của dao được thu thập về máy tính theo thời gian gia công để tiến hành phân tích. Kết quả cho thấy, ở giai đoạn ban đầu, dụng cụ bị mòn nhanh, các thông số rung không ổn định. Sau một khoảng thời gian gia công, lượng mòn dụng cụ ổn định và các thông số rung cũng ổn định. Sau đó, lượng mòn tăng nhanh, đồng thời các thông số rung tăng nhanh. Các kết quả này cho phép khẳng định các thông số rung của dụng cụ cắt (vận tốc, gia tốc và biên độ rung) phản ánh chính xác ba giai đoạn mòn điển hình của dụng cụ. Đây là phương án đánh giá, kiểm soát tuổi bền dụng cụ cắt có chi phí đầu tư nhỏ nhưng vẫn đảm bảo chính xác, so với việc sử dụng cảm biến đo lực xác định tuổi bền của dụng cụ.

Từ khóa: Mòn dụng cụ cắt; Lượng mòn; Tuổi bền; Rung động; Năng suất.

ABSTRACT

Cutting tool wear in machining greatly affects product quality as well as the productivity of the machining process. This article presents a method to determine the amount of wear and durability of cutting tools by controlling the tool's vibration parameters. During the experiment, after every 6 minutes, the machine was stopped and the amount of tool wear was determined. At the same time, the vibrations of the tool were collected to the computer according to the machining time for analysis. The results show that, in the initial stage, the tool wears out quickly and the vibration parameters are unstable. After a period of machining, tool wear stabilizes and vibration parameters are also stable. After that, the amount of wear increases rapidly, and the vibration parameters increase rapidly. These results allow us to confirm that the vibration parameters of the cutting tool (velocity, acceleration, and vibration amplitude) accurately reflect the three typical wear stages of the tool. This is a method for evaluating and controlling the durability of cutting tools with a small investment cost but still ensuring accuracy, compared to using a force measuring sensor to determine the durability of the tool.

Keywords: Cutting tool wear; Wear amount; Durability; Vibration; Productivity.



1. GIỚI THIỆU

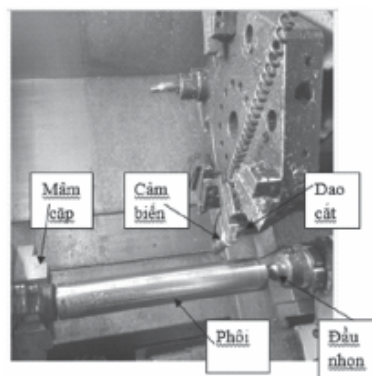
Các chi tiết máy khi gia công cần có độ chính xác cao và độ nhám bề mặt thấp để đáp ứng yêu cầu làm việc. Trong quá trình cắt, phôi tạo ra sẽ chuyển động trượt trên mặt trước của dao, còn mặt sau của dao sẽ tiếp xúc với bề mặt đang gia công của chi tiết. Trong điều kiện áp lực lớn, ma sát khô liệt làm cho nhiệt độ của cả bề mặt phôi và dụng cụ cắt tăng lên rất cao, đồng thời làm cho dao bị mài mòn nhanh chóng [1]. Quá trình mài mòn dụng cụ cắt theo thời gian cắt cũng giống như quá trình mài mòn các chi tiết máy khi làm việc. Mài mòn dao là một quá trình phức tạp, xảy ra các hiện tượng cơ, lý hóa ở các bề mặt tiếp xúc [2, 3]. Khi dao bị mài mòn, hình dạng và thông số hình học phần cắt thay đổi sẽ gây nên các hiện tượng rung động, ảnh hưởng xấu đến quá trình cắt như giảm hiệu suất gia công, giảm độ chính xác hình dáng hình học và tăng độ nhám bề mặt chi tiết. Mòn dụng cụ cắt cũng làm giảm tuổi bền làm tăng thời gian gia công do phải thay thế dụng cụ nên làm tăng chi phí sản xuất [4, 6]. Ngoài ra, mòn dụng cụ làm gia tăng lực cắt, gây rung động cho hệ thống công nghệ, không chỉ ảnh hưởng đến độ chính xác của sản phẩm mà còn làm giảm tuổi thọ của máy [5, 7]. Do những ảnh hưởng này, đã có nhiều nghiên cứu xác định, dự đoán và điều khiển tuổi bền của dụng cụ để từ đó cải thiện điều kiện làm việc nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm cũng như hiệu quả gia công.

Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành thực nghiệm đánh giá quá trình mòn của dụng cụ cắt thông qua việc đo rung động của hệ thống gia công. Dữ liệu thực nghiệm sẽ được thu thập, phân tích bằng việc máy tính được kết nối trực tiếp với hệ thống thí nghiệm. Kết quả có thể ứng dụng vào sản xuất nhằm dự đoán chính xác tuổi bền dụng cụ cắt qua rung động, từ đó giúp xác định được thời gian cần thay

dao để chủ động giảm thời gia công, tăng thời gian sử dụng máy để góp phần hạ giá thành sản phẩm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện như (hình 1), phôi gia công được kẹp chặt một đầu trên mâm cặp của máy tiện, đầu còn lại được gá lên mũi chống tâm. Chế độ cắt được sử dụng trong quá trình gia công thử nghiệm, gồm: Vận tốc cắt $v = 70$ m/phút; chiều sâu cắt $t = 0,1$ mm; lượng chạy dao dọc $S = 0,15$ mm/ vòng. Mẫu phôi dùng trong thí nghiệm dạng hình trụ đặc có đường kính $\phi 55$ mm và chiều dài $L = 350$ mm, đã được gia công rãnh thoát dao và khoan lỗ chống tâm. Vật liệu mẫu là thép 9XC có thành phần như trong bảng 1. Các mẫu thí nghiệm được thường hóa có độ cứng khoảng 310HV (33HRC).



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm

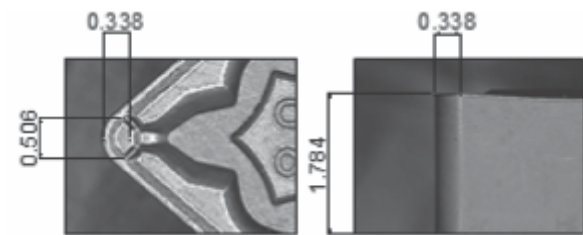


Hình 2. Máy phân tích rung động Adash A4900 – Vibrio của Cộng hòa Séc

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép 9XC

Nguyên tố hóa học	C	Si	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	W	Ti	Fe
Hàm lượng (%)	0,8	1,1	0,2	0,5	0,03	1,1	0,02	0,14	0,28	0,17	0,02	95,4

Lưỡi cắt được sử dụng là mảnh dao hợp kim TUNGSTEN CARBIDE, ký hiệu CNMG 120408 PQ 432 của Hãng KYOCERA, Đài Loan. Mảnh dao có kích thước 120 x 120 x 30 (mm), bề mặt được phủ Nitride titanium (TiN). Các thông số góc của lưỡi cắt mảnh dao gồm: Góc sau $\alpha = 6^\circ$, góc nâng $\lambda = -6^\circ$ và góc trước $\gamma = -6^\circ$.



(a) Mảnh dao khi chưa cắt gọt



(b) Thân dao có gắn mảnh dao

Hình 3. Mảnh dao (a) và dao tiện (b) dùng thí nghiệm

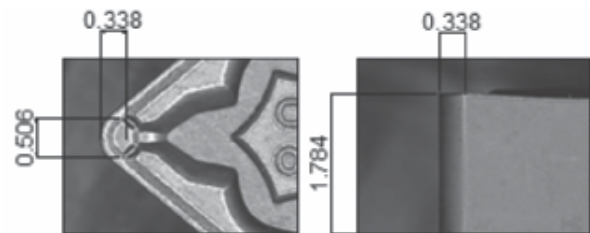
Kích thước dụng cụ cắt được kiểm tra định kỳ bằng kính hiển vi đo lường KIM450 của Hãng ARCS, Nhật Bản. Kính hiển vi KIM450 có thang đo tuyến tính $0,5\mu\text{m}$ trên trục XYZ, có độ phóng đại quang học của vật kính từ 0,7 đến 4,5. Kính hiển vi gồm hai chế độ chiếu sáng: Chiếu xuyên và chiếu bề mặt. Rung động của hệ thống công nghệ được đo bằng máy phân tích rung Adash A4900 – Vibrio, Cộng hòa Séc (hình 2). Các thông số đo gồm gia tốc rung a_r

(m/s^2), vận tốc rung v_r (m/s), biên độ rung S_r (μm) biến đổi theo thời gian; băng tần và phân tích phổ được đo theo lộ trình. Chức năng thu thập và xử lý dữ liệu Data Collector cho phép quan sát, lưu trữ và phân tích dữ liệu trên máy tính thông qua phần mềm DDS 2018.

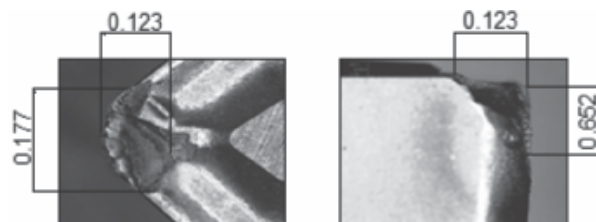
3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả

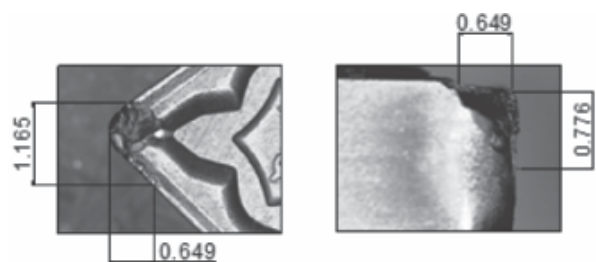
3.1.1. Quá trình mòn của dụng cụ cắt



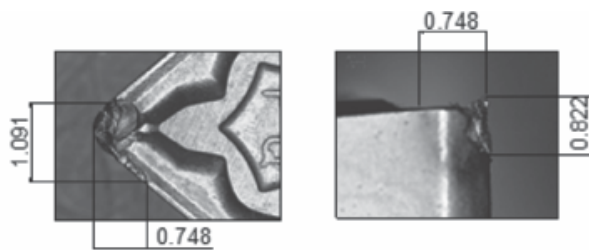
(a). Mảnh dao chưa tham gia cắt



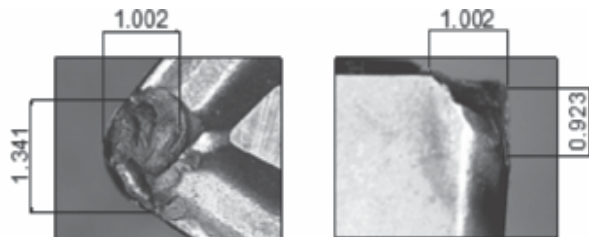
(b). Mảnh dao đã tham gia cắt được 6 phút



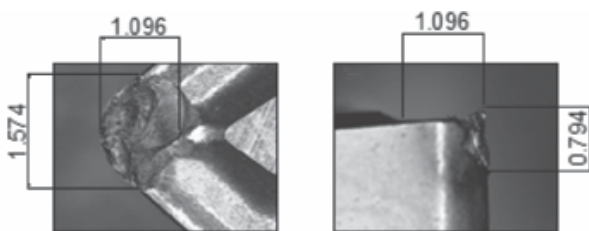
(c). Mảnh dao đã tham gia cắt được 12 phút



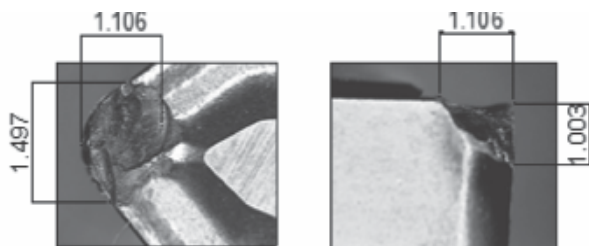
(d). Mảnh dao đã tham gia cắt được 18 phút



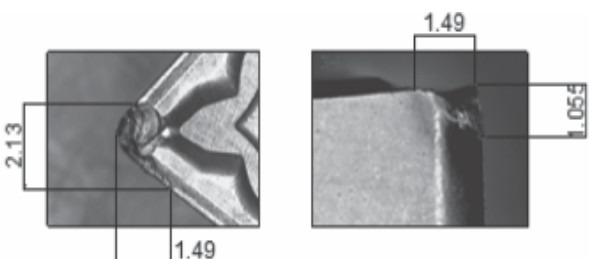
(e). Mảnh dao đã tham gia cắt được 36 phút



(f). Mảnh dao đã tham gia cắt được 42 phút



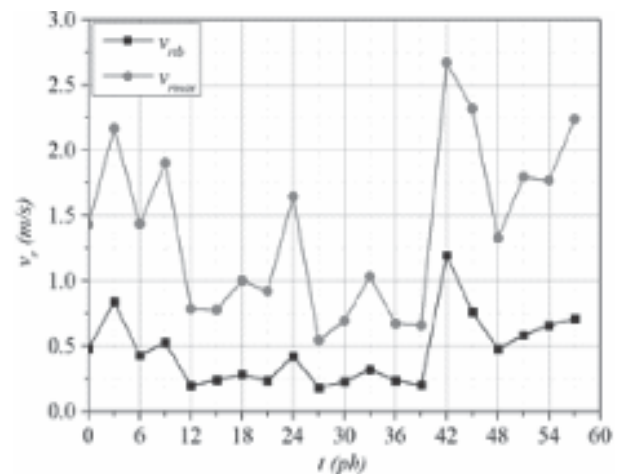
(h). Mảnh dao đã tham gia cắt được 48 phút



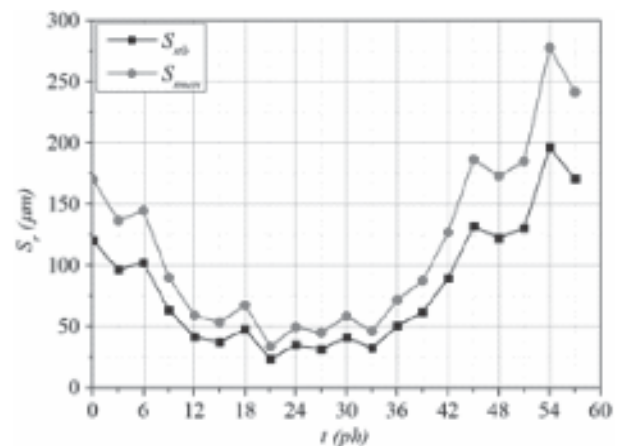
(l). Mảnh dao đã tham gia cắt được 54 phút

Hình 4. Mòn dụng cụ cắt trong quá trình gia công

3.1.2. Sự thay đổi rung động trong quá trình cắt



Hình 5. Diễn biến vận tốc rung động v_r (m/s) của dụng cụ cắt theo thời gian



Hình 6. Diễn biến gia tốc rung động a_r (m/s²) của dụng cụ cắt theo thời gian

3.2. Thảo luận

Ta thấy ở giai đoạn mòn ban đầu, trong khoảng thời gian khoảng 6 phút, dụng cụ cắt mòn khá nhanh (hình 4b so với hình 4a). Điều này có thể được giải thích do áp lực đơn vị trong vùng cắt tiếp xúc trên mặt trước và mặt sau dụng cụ rất lớn, các nhấp nhô tiếp xúc ban đầu trên bề mặt dụng cụ nhanh chóng bị san phẳng

[7]. Kết quả đo rung cho thấy, trong khoảng 6 phút gia công, cả vận tốc rung trung bình v_{rtb} (hình 5) gia tốc rung trung bình a_{rtb} (hình 6) đều tương đối lớn. Rung động làm cho lượng mòn tăng lên.

Rung động của hệ thống đạt giá trị ổn định sau khoảng 6 phút cắt. Độ ổn định của quá trình cắt được kéo dài khoảng từ phút thứ 6 tới phút 42. Giai đoạn này ứng với các điều kiện mòn ổn định. Khi đó, diện tích tiếp xúc giữa dụng cụ và phôi lớn hơn, áp lực đơn vị nhỏ hơn giai đoạn mòn ban đầu, hệ số ma sát tiếp xúc cũng ổn định hơn. Do vậy, tốc độ mòn của dụng cụ tương đối đều và chậm, như được thể hiện từ hình 4b (sau 6 phút gia công) đến hình 4f (sau 42 phút gia công). Giai đoạn này thường ứng với lượng mòn hợp lý H_s của dụng cụ và thời gian ứng với nó được chọn để xác định tuổi bền dụng cụ [6]. Trong giai đoạn ổn định, vận tốc rung động trung bình của dụng cụ cắt khoảng 0,3m/s (hình 5), gia tốc rung động trung bình của dụng cụ cắt khoảng 3m/s² (hình 6). Các thông số rung ổn định cũng là điều kiện giúp chất lượng bề mặt nhận được chắc chắn tốt hơn.

Khi cắt qua phút thứ 42 thì tốc độ mòn tăng nhanh chóng (hình 4h). Lượng mòn được thể hiện qua so sánh ảnh chụp lưỡi cắt, dễ dàng so sánh sự khác biệt lớn giữa lưỡi cắt sau 42 phút gia công (hình 4f) và sau 54 phút gia công (hình 4l). Kết quả này có thể giải thích do giai đoạn này ứng với các điều kiện cắt bất hợp lý, cụ thể là các thông số hình học dụng cụ cắt thay đổi lớn và không hợp lý - góc sau α âm, dẫn tới lực cắt và lực ma sát tăng, hệ số ma sát tăng. Do vậy, các thông số rung động trung bình đều tăng đáng kể (như trên các hình 5, 6). Tốc độ mòn của dụng cụ tăng nhanh làm phá hủy dụng cụ nếu tiếp tục cắt, dụng cụ không còn khả năng làm việc, muốn tiếp tục dụng cụ phải được mài sắc lại.

Từ các kết quả này có thể dễ dàng nhận thấy, mòn dụng cụ cắt và rung động là hai đại lượng tuyến tính với nhau trong quá trình cắt gọt kim loại. Biết được giá trị của rung động có thể xác định được lượng mòn và nhận định được chính xác giai đoạn mòn dụng cụ cắt đang trải qua. Từ đó có kế hoạch thay thế hoặc mài lại dụng cụ kịp thời. Việc xác định mòn dụng cụ bằng cách kiểm soát rung động của dụng cụ cắt cho phép sử dụng các cảm biến đơn giản, chi phí đầu tư nhỏ hơn rất nhiều lần so với các loại cảm biến đo lực (thường là các cảm biến độ lực động) vẫn thường được sử dụng để đánh giá mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt.

4. KẾT LUẬN

Mòn dụng cụ cắt và rung động là hai đại lượng tuyến tính với nhau trong quá trình cắt gọt kim loại, đo mòn dụng cụ cắt có thể xác định được rung động trong quá trình cắt. Ngược lại, biết được giá trị của rung động có thể xác định được mòn dụng cụ cắt, từ đó chủ động có kế hoạch thay thế hoặc mài lại dụng cụ. Khi rung động tăng nhanh chứng tỏ dụng cụ cắt đã bị mòn cần phải được thay thế hoặc mài lại cho quá trình cắt tiếp theo. Xác định mòn dụng cụ thông qua đánh giá rung động của dụng cụ cắt cho phép sử dụng các cảm biến đơn giản, chi phí đầu tư nhỏ hơn nhiều so với các loại cảm biến đo lực vẫn thường được sử dụng trong thực tế mà vẫn đảm bảo độ chính xác yêu cầu.

Lời cảm ơn:

Tác giả xin cảm ơn Ban Giám hiệu và các đơn vị Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖



Ngày nhận bài: **03/02/2024**

Ngày phản biện: **03/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Rao, C.J., D. Sreeramulu, and A.T. Mathew, *Analysis of Tool Life during Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters*. Procedia Engineering, 2014. 97: p. 241-250.
- [2]. Sayit, E., K. Aslantas, and A. Çiçek, *Tool Wear Mechanism in Interrupted Cutting Conditions*. Materials and Manufacturing Processes, 2009. 24(4): p. 476-483.
- [3]. Li, B., *A review of tool wear estimation using theoretical analysis and numerical simulation technologies*. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2012. 35: p. 143-151.
- [4]. Davoudinejad, A., et al., *Effect of Tool Wear on Tool Life and Surface Finish when Machining DF-3 Hardened Tool Steel*. Applied Mechanics and Materials, 2013. 315: p. 241-245.
- [5]. Oraby, S.E. and D.R. Hayhurst, *Tool life determination based on the measurement of wear and tool force ratio variation*. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2004. 44(12-13): p. 1261-1269.
- [6]. Ji, W, et al., *A Novel Approach of Tool Wear Evaluation*. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2017. 139(9).
- [7]. Lapshin, V.P. and V.V. Khristoforova, *The relationship between the vibration energy of cutting and the wear resistance of the cutting wedge*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. 900: p. 012003.