

QUAN SÁT, PHÂN TÍCH PHOI ĐỂ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT CHI TIẾT KHI TIỆN CỨNG THÉP 9XC

OBSERVE AND ANALYZE CHIPS TO ASSESS SURFACE QUALITY DETAILS WHEN TURNING 9XC STEEL

Trần Văn Giang

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Received: 28/04/2026; Accepted: 08/05/2026; Published: 18/05/2026

Tóm tắt: Bài báo này trình bày phương pháp xác định độ nhám bề mặt thông qua việc kiểm soát chất lượng phoi. Trong quá trình thí nghiệm tiện cứng thép 9XC, sau mỗi lần cắt khoảng 6 phút tiến hành dừng máy đo độ nhám bề mặt, đồng thời các mẫu phoi được thu thập theo thời gian gia công để tiến hành phân tích. Kết quả cho thấy chất lượng bề mặt phụ thuộc nhiều vào cấu trúc của phoi. Các kết quả này cho phép khẳng định các thông số hình học của phoi phản ánh chính xác chất lượng bề mặt chi tiết. Đây là phương án đánh giá, kiểm soát chất lượng bề mặt có chi phí đầu tư nhỏ hơn, đơn giản hơn với việc phải dừng máy để kiểm tra chất lượng bề mặt như hiện nay.

Từ khóa: Cắt gọt, Mòn, Rung động, Dụng cụ cắt, Nhám bề mặt

Abstract: This paper presents a method for determining surface roughness through chip quality control. During the hard turning experiment on 9XC steel, after each cutting cycle of approximately 6 minutes, the machine was stopped to measure surface roughness, and chip samples were collected over time for analysis. The results showed that surface quality depends heavily on the chip structure. These results confirm that the geometric parameters of the chips accurately reflect the surface quality of the workpiece. This method of evaluating and controlling surface quality is more cost-effective and simpler than the current method of stopping the machine to check surface quality.

Keywords: Cutting, Wear, Vibration, Cutting tools, Surface roughness

1. Giới thiệu

Khi gia công thép 9XC đã qua nhiệt luyện (loại thép có độ cứng và độ bền cao dùng làm khuôn, mẫu), chi tiết thường phải trải qua các quá trình cắt gọt phù hợp. Trong quá trình cắt, phoi trượt trên mặt trước của dao, còn mặt sau tiếp xúc với bề mặt gia công. Dưới tác dụng của áp lực lớn và ma sát mạnh, nhiệt độ vùng cắt tăng cao làm dao bị mài mòn nhanh [1].

Quá trình mài mòn dụng cụ cắt diễn ra theo ba giai đoạn. Giai đoạn đầu, dao mòn nhanh do áp lực tiếp xúc lớn làm các nhấp nhô bề mặt bị san phẳng. Giai đoạn tiếp theo, dao mòn ổn định với tốc độ chậm và tương đối đều, đây là giai đoạn dùng để xác định tuổi bền dụng cụ. Giai đoạn cuối, dao mòn tăng nhanh do điều kiện cắt không hợp lý, mất khả năng làm việc và phải mài lại hoặc thay mới.

2. Nội dung nghiên cứu

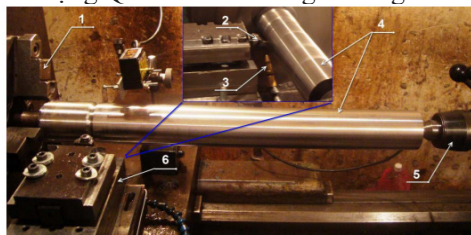
Bóc tách phoi là một quá trình phức tạp, xảy ra các hiện tượng cơ, lý hóa ở các bề mặt tiếp xúc [2]. Khi dao bị mài mòn, hình dạng và thông số hình học phần cắt thay đổi sẽ gây ảnh hưởng xấu đến quá trình cắt như giảm hiệu suất gia công, giảm độ chính xác hình dáng hình học và tăng độ nhám bề mặt chi tiết gia công [5]. 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]. 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 [1]. 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. Chẳng hạn, xác định thông qua việc kiểm soát phoi và lực tác dụng lên dụng cụ [6], sử dụng các phương pháp thống kê toán học xây dựng hàm hồi quy [1], mô phỏng [4]. Gần đây, một số nghiên cứu đã bắt đầu tiến hành kiểm soát trực tiếp quá trình mòn [2]. Các công cụ hiện đại như cảm biến (sensor) được gắn lên hệ thống gia công, dữ liệu được thu thập và kết nối với máy tính, qua phân tích có thể dự đoán chính xác diễn biến mòn, hình dạng phoi và tuổi bền dụng cụ. Đây cũng là xu thế tất yếu của nền công nghiệp 4.0 hiện nay. Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành thực nghiệm kiểm soát quá trình mòn của dụng cụ cắt và chất lượng bề mặt chi tiết thông qua việc kiểm soát trực tiếp phoi gia công. Dữ liệu thực nghiệm sẽ được thu thập, phân tích bằng hệ thống máy tính kết nối trực tiếp với hệ thống công nghệ. Kết quả có thể ứng dụng vào sản xuất nhằm dự đoán chính xác tuổi bền dụng cụ cắt, chất lượng bề mặt chi tiết qua chất lượng phoi, từ đó giúp xác định được thời gian cần thay dao để chủ động giảm thời gian gia công, tăng thời gian sử dụng máy và góp phần giảm giá thành sản phẩm.

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện như trên 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: $V = 180$ m/phút ($D_{ct} = 60$ mm, $n = 970$ vòng/phút); $t = 0,1$ mm, $S = 0,15$ mm/ vòng. Sử dụng gia công khô, bôi trơn – làm nguội (BT-LN) MQL dùng Emulsion pha 10 % trong nước cất (DI Water), Dầu Lạc nguyên chất. Áp lực P được điều cố định 5 at. Lưu lượng Q điều chỉnh trong khoảng 1 ml/phút.



Hình 1: Sơ đồ thí nghiệm

Ghi chú: 1. Mâm cặp; 2. Dao tiện; 3. Vòi phun (MQL); 4. Phôi; 5. Mũi chống tâm; 6. Đầu đo lực cắt (9257B).

Phôi dùng trong thí nghiệm (hình 3) dạng hình trụ đặc có $\varnothing 60\text{mm}$ và chiều dài $L = 550\text{ mm}$, đã được gia công sơ bộ và khoan lỗ chống tâm. Vật liệu mẫu là thép 9XC có thành phần như trong bảng 1. Mẫu thí nghiệm được tôi bề mặt có độ cứng 56-58HRC.

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép 9XC

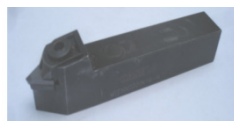
Nguyên tố hóa học	C	Cr	Cu	Mn	Si	P	S
Hàm lượng (%)	0.85 – 0.95	0.95 – 1.25	0.03 – 0.55	0.3 – 0.6	1.20 – 1.60	≤0.03	≤0.03

Thân dao MTENN 2020K16-N (hãng KANELA),
Hàn Quốc sản xuất Hình 2b

Mảnh dao: Mảnh CBN- EB28, Hàn Quốc sản xuất Hình 2a. Mảnh dao có kích thước 120 x 120 x 30 (mm), mũi dao được phủ CBN. Các thông số góc của lưỡi cắt mảnh dao gồm: góc sau $\alpha = 6^\circ$, góc nâng $\lambda = -6^\circ$ và góc trước $\gamma = -6^\circ$.



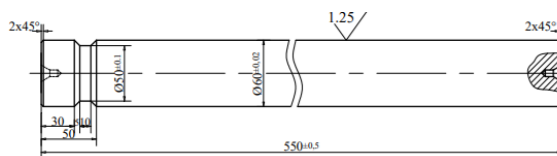
(a) *Mảnh dao khi chưa cắt gọt*



(b) Thân dao có gắn mảnh dao

Hình 2: Mảnh dao (a) và dao tiện (b) dùng thí nghiệm

Kích thước mũi dao được chụp trên máy SEM (JEOL-JSM- 6490), phơi được chụp bằng kính hiển vi quang học (Axiovert 40 MAT), máy do Hoa Kỳ sản xuất.



Hình 3: Phôi làm thí nghiệm

Trong quá trình thực nghiệm khoảng 6 phút mảnh dao được tháo để đo mòn, độ nhám bề mặt được đo bằng máy SJ – 201 của hãng Mitoyo- Nhật Bản. Phoi được thu thập để kiểm tra phân tích.

2.2. Kết quả và bàn luận

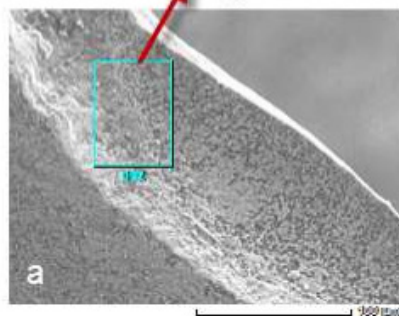
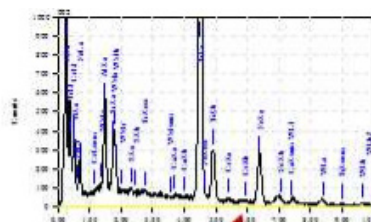
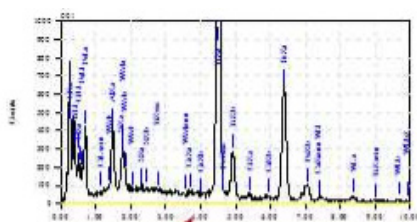
2.2.1. Kết quả

2.2.2.1. *Chất lượng bề mặt gắn với mòn dao khi cắt*

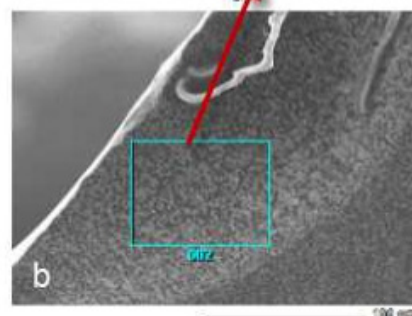
Diễn biến quá trình mòn mặt trước và mặt sau của mảnh hợp kim được thể hiện như hình 4. Bảng 2 là kết quả đo nhám bề mặt (R_z , R_z), đo kích thước vết mòn mặt trước (H_b) và mặt sau (H_s) của dụng cụ cắt theo thời gian.

Bảng 2. Các thông số chất lượng bề mặt gia công qua các chế độ Bôi trơn -Làm nguội

TT	Thời gian	Gia công khô		Emuxi (pha 10% với nước cất)		MQL (Dầu lạc)		Ghi chú
		Ra (μm)	Rz (μm)	Ra (μm)	Rz (μm)	Ra (μm)	Rz (μm)	
01	06	0,98	4,78	0,91	4,45	0,82	3,93	
02	12	1,12	5,02	0,80	4,25	0,76	4,30	
03	18	1,22	4,92	0,77	4,48	0,76	4,22	
04	24	1,24	5,26	1,19	5,12	0,86	4,91	
05	30	1,48	6,42	1,06	5,03	0,91	4,58	
06	36	1,86	8,27	1,13	5,12	0,97	4,56	
07	42	2,13	9,98	1,34	6,30	1,08	4,89	
08	48	2,67	12,17	1,65	6,54	1,26	4,94	
09	54	3,52	13,15	1,71	6,18	1,54	5,86	



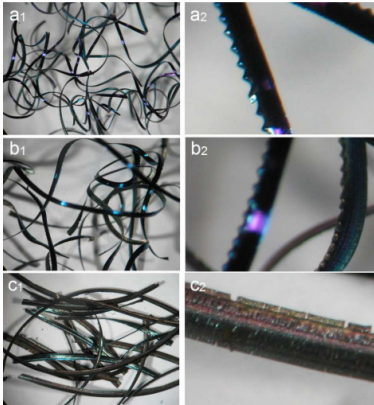
(a) *Mảnh dao gia công khô 30 phút*



(b) *Mảnh dao dùng MQL Dầu Lạc 30 phút*

Hình 4: Mòn mắt trước của dao trong quá trình cắt

2.2.2.2. Sự thay đổi của phoi trong quá trình cắt



a1. Phoi cắt khô sau 30 phút; b1. Phoi MQL dùng emulsion sau 30 phút cắt;
c1. Phoi MQL dùng dầu lạc sau 30 phút cắt; a2, b2, c2 lần lượt là hình phóng to của a1, b1, c1

Hình 5: Ảnh chụp phoi khi cắt khô và thay đổi dung dịch MQL

2.3. Thảo luận

Ở giai đoạn ban đầu, trong khoảng thời gian 6 phút, dụng cụ cắt mòn khá nhanh nên chất lượng bề mặt chưa tốt. 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 [6]. Kết quả đo nhám bề mặt cho thấy khi gia công có BT-LN chất lượng bề mặt tốt hơn và dao mòn chậm hơn so với gia công khô, trong khoảng 6 phút gia công do hiện tượng mòn ban đầu tương đối lớn làm cho chất lượng bề mặt sau khi gia công bị ảnh hưởng lớn, nhám bề mặt lớn.

Chất lượng bề mặt tăng lên khi mòn của dụng cụ cắt 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 48. Giai đoạn này ứng với các điều kiện mòn ổn định. Khi đó, diện tích tiếp xúc giữa dụng cụ và phoi 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 4a và 4b, tuy nhiên gia công khô do áp lực cao nên dao mòn nhiều hơn. 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 [3, 5]. Trong giai đoạn ổn định quan sát phoi ta thấy phoi gia công khô bị xù xì, răng cưa lớn còn phoi gia công MQL dùng Dầu Lạc phoi mịn và các răng cưa của phoi thấp, giúp chất lượng bề mặt nhận được tốt hơn, như được thể hiện trên bảng 2 thông qua các đại lượng nhám bề mặt R_z , R_z nhỏ hơn và ổn định theo thời gian.

Khi cắt qua phút thứ 48 thì chất lượng bề mặt giảm, đặc biệt đối với gia công khô (bảng 2). Lượng mòn được thể hiện qua so sánh ảnh chụp lưỡi cắt, dễ dàng so sánh sự khác biệt lớn giữa lưỡi cắt sau 30 phút gia công (hình 4a) và (hình 4b). 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, dẫn tới lực cắt và lực ma sát tăng, hệ số ma sát tăng. Do vậy phoi sẽ biến dạng nhiều đáng kể theo các chế độ BT-LN (như trên hình 5). Tốc độ mòn của dụng cụ tăng nhanh làm phá hủy dụng cụ nếu tiếp tục cắt, chất lượng bề mặt kém, dụng cụ không còn khả năng làm việc, muốn tiếp tục dụng cụ phải được mài sắc lại.

Kết quả cho thấy chất lượng phoi và chất lượng bề mặt có mối quan hệ chặt chẽ trong quá trình cắt gọt kim loại. Thông qua việc đánh giá chất lượng phoi có thể dự đoán chất lượng bề mặt chi tiết và xác định giai đoạn mòn của dụng cụ cắt, từ đó chủ động mài lại hoặc thay thế dao kịp thời. Phương pháp kiểm soát phoi để đánh giá chất lượng bề mặt có ưu điểm sử dụng cảm biến đơn giản, chi phí thấp hơn nhiều so với các cảm biến đo lực thường dùng để đánh giá mòn và tuổi bền dụng cụ cắt.

3. Kết luận

Chất lượng bề mặt và rung động là hai đại lượng tuyến tính với nhau trong quá trình cắt gọt kim loại, kiểm soát phoi trong quá trình cắt có thể xác định được chất lượng bề mặt chi tiết và ngược lại, có thể xác định được chất lượng bề mặt khi đánh giá được chất lượng của phoi, từ đó chủ động có kế hoạch thay thế hoặc mài lại dụng cụ. Khi răng cưa trên phoi 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 chất lượng bề mặt thông qua đánh giá chất lượng phoi cho phép sử dụng các cảm biến đơn giản, tiết kiệm được thời gian chi phí đầu tư nhỏ hơn nhiều so với việc phải dừng lại để kiểm tra chất lượng bề mặt đặc biệt là đối với các loại thép có độ bền cao.

Tài liệu tham khảo

1. S. K. Choudhury and P. Srinivas, "Tool wear prediction in turning," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 153-154, pp. 276-280, 2004.
2. C. J. Rao, D. Sreemulu, and A. T. Mathew, "Analysis of Tool Life during Turning Operation by Determining Optimal Process Parameters," *Procedia Engineering*, vol. 97, pp. 241-250, 2014.
3. E. Sayit, K. Aslantas, and A. Çiçek, "Tool Wear Mechanism in Interrupted Cutting Conditions,"
4. *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 24, no. 4, pp. 476-483, 2009.
5. A. Davoudinejad et al., "Effect of Tool Wear on Tool Life and Surface Finish when Machining DF-3 Hardened Tool Steel," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 315, pp. 241-245, 2013.
6. S. E. Oraby 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*, vol. 44, no. 12-13, pp. 1261-1269, 2004.