NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH MÒN DỤNG CỤ TRONG QUÁ TRÌNH GIA CÔNG TIỆN

RESEARCH ON TOOL WEAR MODEL IN TURNING PROCESS

Phạm Vũ Dũng

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

Đến Tòa soạn ngày 23/03/2025, chấp nhận đăng ngày 06/6/2025

Tóm tắt: Bài báo trình bày một phương pháp cách tiếp cận và mô phỏng quá trình tiến triển mòn dao có tính đến động lực học của quá trình cắt. Qua đó xây dựng mô hình toán học quá trình mòn dao trong dạng phương trình tích phân tương ứng với quỹ đạo công (A), công suất (N) của lực cắt, Từ đó xây dựng thuật toán nhận dạng các tham số của mô hình tiến triển mòn dụng cụ khi gia công tiện.

Từ khóa: Mòn dụng cụ, công và công suất của lực cắt, nhận dạng…

Abstract: The paper presents a method of approaching and simulating the tool wear progression process taking into account the dynamics of the cutting process. Thereby building a mathematical model of the tool wear process in the form of an integral equation corresponding to the work trajectory (A), power (N) of the cutting force, From there, building an algorithm to identify the parameters of the tool wear progression model during turning.

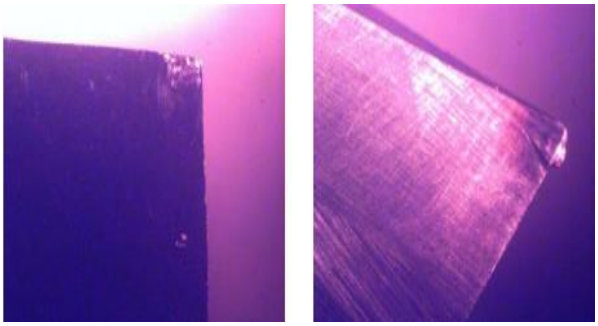
Keywords: Tool wear, cutting force work and power, identification…

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dự báo sự mòn dao là một bài toán quan trọng trong việc giải quyết các vấn đề liên quan đến đảm bảo độ tin cậy, an toàn của máy, dụng cụ cắt và xác định trữ lượng còn lại của dao cắt.

Tự động đánh giá và dự báo trạng thái của dao trong quá trình gia công cho phép chúng ta, nâng cao độ tin cậy trong quá trình gia công, giảm chi phí dao, tăng chất lượng gia công, giảm chi tiết hỏng, cảnh báo các cơ cấu và bộ phận của máy từ sự gãy mẻ, gẫy dao… nâng cao độ chính xác gia công, cần phải có phương pháp tốt đánh giá và dự báo mòn dao, trên cơ sở đó chúng ta xây dựng hệ thống giám sát động trạng thái của dao theo thời gian thực.

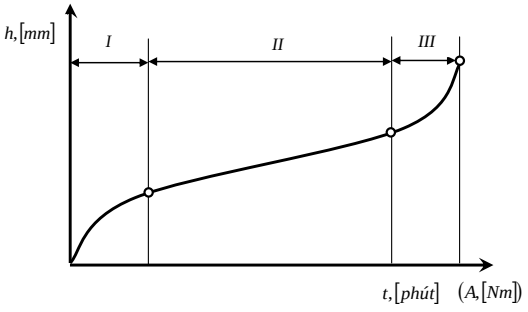
Dự báo mòn dao là một bài toán quan trọng trong việc giải quyết các vấn đề liên quan đến đảm bảo độ tin cậy, an toàn của máy và chính dao cụ, xác định trữ lượng của dao cắt, cũng như các vấn đề về liên quan đến đảm bảo độ chính xác và chất lượng gia công chi tiết trên các dây chuyền sản xuất tự động hóa. Hiện nay phần lớn các mô hình dự báo tiến triển mòn dao đều dựa trên các đặc tính thời gian [8]. Trong những trường hợp tốt hơn, khi giải quyết bài toán chẩn đoán và dự báo mòn dao cần nghiên cứu một số tọa độ trạng thái như: nhiệt độ trong miền cắt, lực cắt… Sự tương quan mòn dao với các yếu tố này cho phép chúng ta đánh giá trạng thái hiện tại của dụng cụ bằng các thiết bị đo. Như vậy ở đây thực chất là giải bài toàn làm gần đúng sự phụ thuộc giá trị hiện tại mòn dao vào các tọa độ trạng thái của hệ cắt điều khiển được mà không phải là quỹ đạo thay đổi của các tọa độ trạng thái của dao [1, 3].



Hình 1. Hình ảnh mòn dao tiện

2. NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH MÒN DAO

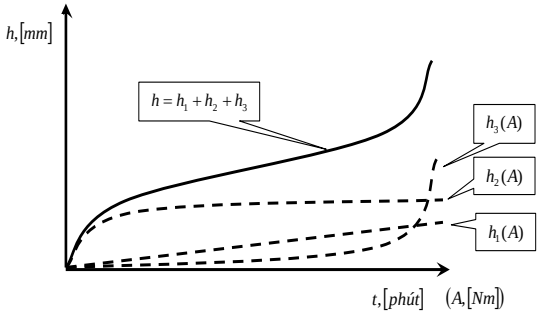
Qua phân tích các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong [8] thấy rằng, quá trình mòn dao được thiết lập bởi hai chiều hướng đối lập. Chiều hướng thứ nhất đặc trưng bởi sự thích nghi của các bề mặt tiếp xúc, được thể hiện trong sự thiết lập trạng thái dừng (khi cắt ổn định). Chiều hướng thứ hai đặc trưng bởi sự phá hủy các tính chất của các bề mặt tiếp xúc, được thể hiện trong sự tích lũy các khuyết tật trên bề mặt tiếp xúc giữa dao và phôi và dẫn đến sự mài mòn khốc liệt. Như vậy, mòn dao có thể chia ra làm ba giai đoạn: giai đoạn 1 bắt đầu mài mòn, giai đoạn 2 mài mòn ổn định và giai đoạn 3 mài mòn khốc liệt (hình 2).



Hình 2. Qui luật mòn dao theo thời gian hoặc theo mức độ thực hiện công của lực cắt: I - Giai đoạn ban đầu mài mòn; II - Giai đoạn mài mòn ổn định; III - Giai đoạn mài mòn khốc liệt.

3. MÔ TẢ QUÁ TRÌNH MÒN DAO

Phân tích các kết quả nghiên cứu thực nghiệm sự tiến triển mài mòn mặt sau của dao trong [6, 7] thấy rằng, quá trình mòn dao được thiết lập bởi hai khuynh hướng đối lập. Khuynh hướng thứ nhất đặc trưng bởi sự thích nghi của các bề mặt tiếp xúc, được thể hiện trong sự thiết lập trạng thái dừng (quá trình cắt ổn định). Khuynh hướng thứ hai đặc trưng bởi sự suy giảm các tính chất của các bề mặt tiếp xúc, được thể hiện trong sự tích lũy các khuyết tật trên bề mặt tiếp xúc và đưa đến sự mài mòn khốc liệt. Như vậy, quá trình tiến triển mòn dao có thể chia ra làm ba giai đoạn: giai đoạn 1 bắt đầu mài mòn, giai đoạn 2 mài mài mòn ổn định và giai đoạn 3 mài mòn khốc liệt (hình 3) [9, 10].



Hình 3. Các đặc tính thành phần của qui luật tiến triển mòn dao theo mức độ thực hiện công của lực cắt

Mặt khác, có thể phân tích qui luật sự mòn dao thu được từ thực nghiệm thành các đường đặc tính thành phần như trên hình 1. Trong đó, thành phần thứ nhất $h_1(A)$ đặc trưng cho sự phụ thuộc đại lượng mòn dao theo mức độ thực hiện công và công suất hiện tại; thành phần thứ hai $h_2(A)$ đặc trưng cho quá trình thiết lập trạng thái mài mòn ổn định; thành phần thứ ba $h_3(A)$ đặc trưng cho quá trình mài mòn khốc liệt. Để mô tả toán học quá trình phát triển mòn dao trước hết cần lưu ý một số luận điểm sau [2, 7].

Mòn dao được thiết lập bởi sự biến đổi không thuận nghịch năng lượng cơ học vào các dạng năng lượng khác, liên quan đến công (A) và công suất của lực cắt (N). Vì vậy khi xây dựng mô hình toán học sự tiến triển mòn dao

sử dụng các tọa độ trạng thái của quá trình cắt là công (A) và công suất (N) của lực cắt trong vai trò thông tin đầu vào;

Giá trị tức thời của đại lượng mòn dao phụ thuộc không chỉ giá trị tức thời của công (A) và công suất (N) của lực cắt, mà tất cả các giá trị trước đó của chúng. Vì vậy có thể xác định việc sử dụng phương trình tích phân để mô tả quá trình tiến triển mòn dao, cũng như xây dựng các phương pháp nhận dạng các tham số của mô hình;

Qua đó thấy rằng không chỉ có các thành phần lực cắt ảnh hưởng đến biến dạng đàn hồi, mà cả các thành phần biến thiên được tạo thành bởi các quá trình khác nhau trong miền cắt, trong đó có các quá trình tự tổ chức. Trong nghiên cứu này công của lực cắt được xác định như là hàm trung bình.

Như vậy, sự phát triển mòn dao có thể được biểu diễn trong dạng tổng ba thành phần phụ thuộc vào công (A) và công suất (N) của lực cắt. Các thành phần này mô tả các giai đoạn khác nhau của quá trình tiến triển mòn dao (hình 3), nghĩa là sự tiến triển mòn dao với các luận điểm trình bày ở trên được mô tả trong dạng phương trình sau:

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \int_0^A w_{h,1}(\xi, A) N(\xi) d\xi + \gamma \cdot \int_0^A w_{h,2}(\xi, A) N(\xi) d\xi \quad (1)$$

trong đó: $w_{h,1}, w_{h,2}$ là các hạt nhân của phương trình vi phân, được nhận bằng phương pháp nhận dạng, nó mô phỏng mức độ ảnh hưởng của các giá trị trước đó và cả giá trị hiện tại của công suất đến đại lượng mòn dao; $\alpha, [\frac{s}{N^2 m}]$, $\beta, [\frac{s}{N^3 m^2}]$, $\gamma, [\frac{s}{N^3 m^2}]$ là các tham số được xác định bằng phương pháp thực nghiệm; $A, [Nm]$ và $N, [\frac{Nm}{c}]$ công cắt và công suất của lực cắt.

3.1. Phân tích phương trình (1)

Trong phương trình (1) quỹ đạo công và công suất được đánh giá trên cơ sở đo lực cắt. Các phương pháp đo lực cắt được trình bày trong [4]. Công và công suất theo thời gian được xác bởi công thức (2):

$$\begin{cases} A(t) = \int_0^l F dl = \int_0^t F(t) \cdot V(t) dt, \\ N(t) = \frac{dA}{dt} = F(t) \cdot V(t) \end{cases} \quad (2)$$

trong đó: $F(t)$ - lực cắt là hàm đo được; V - vận tốc cắt; l - quãng đường cắt.

Các tham số α, β, γ và các hạt nhân $w_{h,1}$, $w_{h,2}$ nhận được bằng phương pháp thực nghiệm. Trong nhiều trường hợp, quá trình mài mòn có dạng hàm phản tuần hoàn đơn điệu tăng, ví dụ, nghiên cứu mài mòn mặt sau của dao tiện, khi đó có thể làm gần đúng các hạt nhân $w_{h,1}$, $w_{h,2}$ bằng các hàm số mũ.

$$\begin{cases} w_{h,1}(\xi - A) = \exp(-\frac{A - \xi}{T_{h,1}}) \\ w_{h,2}(\xi - A) = \exp(\frac{A - \xi}{T_{h,2}}) \end{cases} \quad (3)$$

trong đó, $T_{h,1}$, $T_{h,2}$ là các tham số đặc trưng cho sự ảnh hưởng của các giá trị trước đó của công suất (N) của lực cắt đến đại lượng mòn dao, và có kích thước của công [Nm].

Trong phương trình (1) thành phần thứ nhất $h_1(A) = \alpha \cdot N \cdot A$ đặc trưng cho sự phụ thuộc đại lượng mòn dao theo mức độ thực hiện công và công suất hiện tại, thành phần tích phân thứ nhất $h_2(A) = \beta \cdot \int_0^A w_{h,1}(\xi, A) N(\xi) d\xi$ đặc trưng cho quá trình thiết lập trạng thái mài mòn ổn định, thành phần tích phân thứ hai $h_3(A) = \gamma \cdot \int_0^A w_{h,2}(\xi, A) N(\xi) d\xi$ đặc trưng cho quá trình mài mòn khốc liệt.

Trong nhiều trường hợp các phương trình tích

phân có thể coi là dừng, khi đó:

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \int_0^A w_{h,1}(\xi - A)N(\xi)d\xi + \gamma \cdot \int_0^A w_{h,2}(\xi - A)N(\xi)d\xi \quad (4)$$

Nếu như chỉ nghiên cứu giai đoạn 1 bắt đầu mài mòn, và giai đoạn 2 mài mòn ổn định, khi đó nếu thay thế vào phương trình (3) có thể sử dụng phương trình sau:

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \int_0^A w_{h,1}(\xi - A)N(\xi)d\xi \quad (5)$$

Nếu như tính đến mục 2, thì phương trình tích phân (4) có dạng:

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \int_0^A \exp(-\frac{A-\xi}{T_{h,1}})N(\xi)d\xi + \gamma \cdot \int_0^A \exp(\frac{A-\xi}{T_{h,2}})N(\xi)d\xi \quad (6)$$

Trong một số trường hợp, máy CNC được tích hợp hệ điều khiển thích nghi và nếu đảm bảo lực cắt không đổi, hay thay đổi trong giới hạn cho phép, trên cơ sở hiệu chỉnh vận tốc chạy dao, trong các trường hợp này $N = \overline{N} = const$ khi đó từ phương trình (6) ta có:

$$h(A) = \alpha \cdot \overline{N} \cdot A + \beta \cdot \overline{N} \cdot T_{h,1}(1 - e^{-\frac{A}{T_{h,1}}}) + \gamma \cdot \overline{N} \cdot T_{h,2}(e^{\frac{A}{T_{h,2}}} - 1) \quad (7)$$

3.2. Nhận xét về phương pháp giải phương trình (1)

Trong (1) là dạng phương trình biến thể của phương trình tích phân Voltaire loại 2. Vì đại lượng mòn dao ảnh hưởng đến lực cắt, nghĩa là hàm công suất phụ thuộc vào đại lượng mòn dao. Khi đó, để tìm được nghiệm giải tích của (1) chúng ta cần tìm hiểu rõ được quy luật phụ thuộc của tín hiệu lực cắt vào các đại lượng mòn dao. Đây là một bài toán khó và phức tạp. Ngoài ra, cho đến nay nghiệm giải tích chính xác của phương trình tích phân (1) chỉ có thể tìm được đối với một số trường hợp riêng của hạt nhân $w_{h,1}$, $w_{h,2}$, và hàm công suất N. Để tìm nghiệm giải tích gần đúng của phương trình (1) tuy nhiên có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau, như phương pháp thay thế liên tiếp, phương pháp làm gần đúng liên tiếp, phương pháp Fredholm, lý thuyết Hilbert-Schmidt [4].

Trong bài báo này giới hạn chỉ xét trường hợp đối với các ứng dụng kỹ thuật, khi hàm công suất là hàm thay đổi chậm và được xác định trên cơ sở thông tin đo được của lực cắt, khi đó trong giới hạn bước tích phân công suất có thể được coi là không đổi, hoặc là hàm tuyến tính. Ngoài ra, giới hạn xem xét trường hợp mài mòn kích thước được coi là mài mòn mặt sau của dao cắt. Nó ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác và tới chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Đây cũng là trường hợp được rất nhiều nhà nghiên cứu xem xét. Trong trường hợp này, quá trình tiến triển mòn dao cắt được xác định bởi phương trình (6). Để xác định giá trị mài mòn, chia đoạn [0, A] thành n đoạn nhỏ $[A_{i-1}, A_i]$ với độ dài mỗi đoạn ΔA_i bằng các điểm: $A_i = A_{i-1} + \Delta A_i, i = 1, 2, ..., n$. Khi đó:

Trường hợp 1. Công suất $N_i = \overline{N}_i = const$ trên đoạn $[A_{i-1}, A_i]$ đại lượng mài mòn có dạng sau:

$$h(A_n) = \alpha \overline{N}_n A_n + \beta T_{h,1} \sum_{i=1}^{n} \overline{N}_i e^{\frac{-A_n}{T_{h,1}}} [e^{\frac{A_{i-1}}{T_{h,1}}} - e^{\frac{A_i}{T_{h,1}}}] + \gamma T_{h,2} \sum_{i=1}^{n} \overline{N}_i e^{\frac{A_n}{T_{h,2}}} [e^{\frac{A_i}{T_{h,2}}} - e^{\frac{A_{i-1}}{T_{h,2}}}] \quad (8)$$

Trường hợp 2. Hàm công suất được coi là hàm tuyến tính trong mỗi bước tích phân, khi đó trên mỗi đoạn $[A_{i-1}, A_i]$ hàm công suất có dạng: $N(A) = \lambda_i A + \mu_i$, trong đó:

$$\lambda_i = \frac{N_i - N_{i-1}}{A_i - A_{i-1}} \text{ và } \mu_i = \frac{N_{i-1}A_i - N_i A_{i-1}}{A_i - A_{i-1}}$$

$$h(A_n) = \alpha \overline{N}_n A_n + \beta \sum_{i=1}^{n} \int_{A_{i-1}}^{A_i} e^{-\frac{\xi - A_n}{T_{h,1}}} (\lambda_i \xi + \mu_i) d\xi + \gamma \sum_{i=1}^{n} \int_{A_{i-1}}^{A_i} e^{\frac{\xi - A_n}{T_{h,2}}} (\lambda_i \xi + \mu_i) d\xi \quad (9)$$

Phương trình (7) hoặc (8) cho phép xác định sự tiến triển mòn dao theo mức độ thực hiện

công. Trong các ứng dụng kỹ thuật, thông thường vấn đề giám sát và dự báo quá trình tiến triển mòn dao được thực hiện theo thời gian thực, vì vậy để thuận tiện hơn ta sẽ biểu diễn đại lượng mòn dao theo thời gian. Để xác định h(t) như hàm thời gian, cần xác định quan hệ giữa số gia thời gian Δt_i với số gia công ΔA_i. Từ phương trình (2) có:

$$\Delta t_i = \int_{A_{i-1}}^{A_{i-1}+\Delta A_i} \frac{1}{N(A)} dA \quad (10)$$

$$\Delta t_i = \int_{A_{i-1}}^{A_{i-1}+\Delta A_i} \frac{1}{\overline{N}_i} dA = \frac{\Delta A_i}{\overline{N}_i} \quad (11)$$

Đối với trường hợp 2:

$$\Delta t_i = \int_{A_{i-1}}^{A_{i-1}+\Delta A_i} \frac{1}{\lambda_i A + \mu_i} dA = \frac{\ln(\lambda_i \Delta A_i + \mu_i)}{\lambda_i} \quad (12)$$

4. NHẬN DẠNG CÁC THAM SỐ

Đánh giá và dự báo quá trình tiến triển mòn dao cần phải xác định giá trị các tham số như trên trong phương trình tích phân. Khi xây dựng mô hình để nhận dạng các hạt nhân toán tử tích phân là một vấn đề quan trọng và phức tạp. Để nhận dạng các tham số và hạt nhân phương trình tích phân trong vai trò thông tin ban đầu ta sử dụng dãy rời rạc công A và công suất N(A), nhận được trên cơ sở đánh giá thực nghiệm lực cắt F, và hàm mòn dao h(A), nhận được bằng thực nghiệm. Như vậy trong vai trò các thông tin ban đầu chúng ta sử dụng các thông tin sau:

$$\begin{cases} A = \{A_1, A_2, A_3, ..., A_n\}; \\ N = \{N_1, N_2, N_3, ..., N_n\}; \\ h = \{h_1, h_2, h_3, ..., h_n\}. \end{cases} \quad (13)$$

Bài toán nhận dạng đưa đến sự cần thiết tối thiểu hóa phiếm hàm, cho phép xác định các tham số: α, β, γ và $T_{h,1}$, $T_{h,2}$.

$$I = \sum_{k=1}^{n} \{h_k - [\alpha N_k A_k + \beta \int_0^{A_k} e^{\frac{\xi - A_k}{T_{h,1}}} N(\xi) d\xi + \gamma \int_0^{A_k} e^{\frac{\xi - A_k}{T_{h,2}}} N(\xi) d\xi]\}^2 = \min \quad (14)$$

Cực tiểu hóa phiếm hàm (12) chúng ta thực hiện được trên cơ sở thuật toán Gaus-Zaidel [8]. Quá trình nhận dạng có thể đơn giản hơn nhiều nếu như giả sử rằng: $N = \overline{N} = const$. Trong đó: $\overline{N} = \sum_{k=1}^{n} N_k$ giá trị trung bình của công suất (N) trong khoảng quan sát. Nhận dạng các tham số được thực hiện theo từng bước như sau:

- Xác định kỳ vọng toán (giá trị trung bình) của công suất:

$$\overline{N} = \sum_{k=1}^{n} N_k \quad (15)$$

- Với điều kiện trên ta có:

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \overline{N} T_{h,1} (1 - e^{\frac{-A}{T_{h,1}}}) + \gamma \cdot \overline{N} T_{h,2} (-1 + e^{\frac{A}{T_{h,2}}}) \quad (16)$$

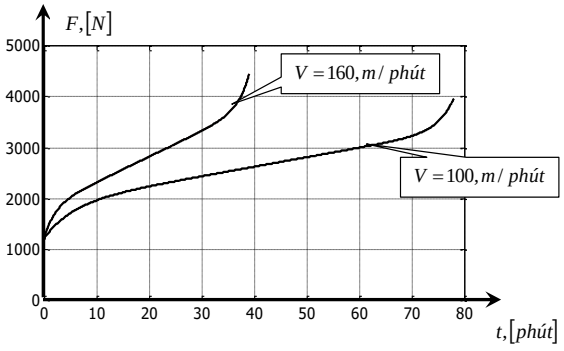
- Các tham số như: α, β, γ và $T_{h,1}, T_{h,2}$ được xác định trên cơ sở cực tiểu hóa phiếm hàm:

$$I = \sum_{k=1}^{n} \{h_k - [\alpha N_k A_k + \beta \cdot \overline{N} T_{h,1} (1 - e^{\frac{-A_k}{T_{h,1}}}) + \gamma \cdot \overline{N} T_{h,2} (-1 + e^{\frac{A_k}{T_{h,2}}})\}^2 = \min \quad (17)$$

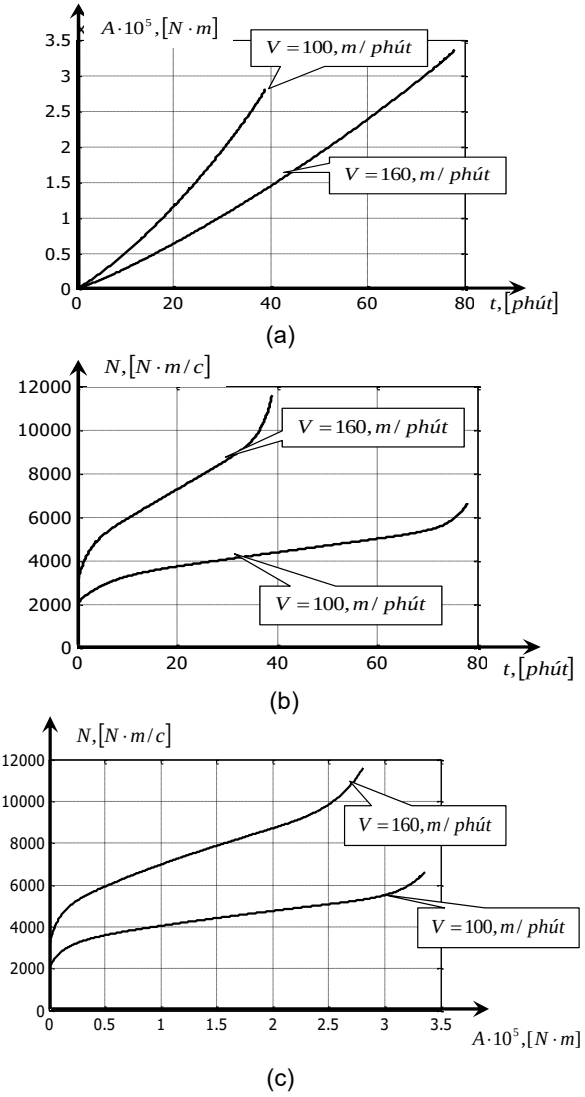
Các hệ số cần xác định trong (17) nhận được bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất [8].

5. THẢO LUẬN KẾT QUẢ

Để đánh giá kết quả mô tả toán học sự tiến triển mòn dao, tiến hành thực nghiệm đối với trường hợp gia công tiện thép 9XC, dao mảnh CNMG được lắp đặt trên thiết bị đo lực cắt với sự trợ giúp của đồ gá, với các thông số hình học: góc nghiêng chính: 95 độ; góc nghiêng phụ: 5 độ; góc trước: -6 độ; góc sau: -6 độ; đường kính mũi dao: 0,4 mm. Chế độ cắt: V_c= (100-160) m/ph; chiều sâu cắt t_c= 2 mm; lượng chạy dao f_c= 0,15 mm/vòng. Đo lực cắt bằng thiết bị đo lực cắt ba thành phần và thực hiện tuyến tính hóa từng đoạn dữ liệu thực nghiệm, nhận được quỹ đạo gần đúng sự thay đổi của lực cắt theo thời gian gia công (hình 4).



Hình 4. Quỹ đạo trung bình sự thay đổi lực cắt theo thời gian



Hình 5. Quỹ đạo trung bình sự thay đổi công và công suất của lực cắt được tính toán theo dữ liệu hình 4: a) quỹ đạo thay đổi công của lực cắt theo thời gian; b) quỹ đạo thay đổi công suất của lực cắt theo thời gian; c) quỹ đạo thay pha thay đổi công suất theo công

Theo quỹ đạo này tính toán quỹ đạo thay đổi công và công suất bằng công thức (2), cũng như xác định quỹ đạo thay đổi công suất của lực cắt theo công. Các quỹ đạo này được đưa ra trên hình 5.

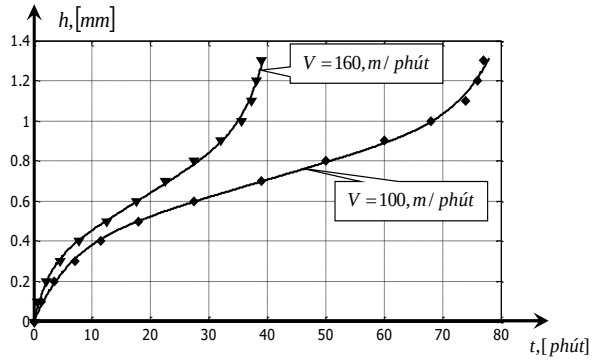
Ngoài ra, nghiên cứu sự mài mòn theo mặt sau của dao tiện, khi đó như đã phân tích ở trên, để mô phỏng sự tiến triển mòn dao sử dụng phương trình (6):

$$h(A) = \alpha \cdot N \cdot A + \beta \cdot \int_0^A \exp(-\frac{A-\xi}{T_{h,1}}) N(\xi) d\xi + \gamma \cdot \int_0^A \exp(\frac{A-\xi}{T_{h,2}}) N(\xi) d\xi \quad (18)$$

Sau khi thực hiện nhận dạng các tham số của mô hình (18) bằng phương pháp nhận dạng trình bày ở trên, nhận được giá trị các tham số ở trong bảng 1.

Bảng 1. Giá trị các tham số của mô hình

Vận tốc cắt	Các hệ số			Hằng số công	
	$\alpha,[\frac{s}{N^2m}]$	$\beta,[\frac{s}{N^3m^2}]$	$\gamma,[\frac{s}{N^3m^2}]$	$T_{h,1},[Nm]$	$T_{h,2},[Nm]$
$V=100,[m/phút]$	$4.025\cdot10^{-13}$	$5.225\cdot10^{-12}$	$2.222\cdot10^{-17}$	$2.002\cdot10^{4}$	$2.855\cdot10^{4}$
$V=160,[m/phút]$	$3.810\cdot10^{-13}$	$5.513\cdot10^{-12}$	$2.318\cdot10^{-17}$	$7.573\cdot10^{3}$	$2.565\cdot10^{4}$



Hình 6. So sánh biểu đồ mòn dao nhận được trên cơ sở tính toán bằng mô hình với các giá trị thực nghiệm (trên đồ thị là các điểm hình tam giác và hình bình hành)

Từ hình 6 thấy rõ ràng rằng, các kết quả tính toán lý thuyết rất gần với kết quả thực nghiệm cho chúng ta thấy, thuật toán có độ tin cậy cao. Như vậy, có thể khẳng định rằng mô hình toán học được đưa ra là đúng, cho kết quả đánh giá chính xác. Ngoài ra thấy rằng các tham số của mô hình tiến triển mòn dao phụ

thuộc vào vận tốc cắt (v_c) theo các mức độ khác nhau, như theo mức độ tiến triển mòn dao đặc biệt trong giai đoạn mài mòn khốc liệt giai đoạn 3, hệ cắt động có thể mất đi tính ổn định, trong trường hợp có thể xảy ra hiện tượng tự dao động. Khi đó trong hệ một thành phần lực cắt bổ sung trong miền tần số cao được tạo thành và ảnh hưởng đến sự tiển triển mòn dao. Thành phần lực cắt này không thể đo được bằng các cảm biến lực tenzo. Một phương pháp đơn giản để đánh giá thành phần lực cắt này là đánh giá nghiệm đa thức đặc trưng của phương trình tự đệ quy của tín hiệu rung động. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo này, các tác giả, giả sử rằng lực này không được tạo thành, có nghĩa là hệ cắt động là hệ ổn định.

6. KẾT LUẬN

Mô hình mòn dao trong quá trình gia công khi tiện đã đưa ra trong bài báo khác về phương pháp so với các mô hình đã có trong các nghiên cứu trước đây. Mô hình xây dựng dựa trên các thông tin khách quan về các yếu tố gây ra mòn dao và chúng cho phép tính đến các đặc điểm mà các đặc điểm này chưa được xét trong các nghiên cứu về hệ cắt.

Mô hình tiến triển mòn dao cắt trong dạng phương trình tích phân trong không gian công (A) - công suất (N) của lực cắt. Trong mô hình tính đến sự ảnh hưởng không chỉ các giá trị hiện tại của công (A) và công suất (N) của lực cắt, mà cả ảnh hưởng các giá trị trước đó của công suất (N) của lực cắt đến đại lượng mòn dao;

Mô hình cũng đưa ra sự phụ thuộc đại lượng mòn dao vào các tọa độ trạng thái của quá trình cắt. Điều này cho phép xây dựng cơ chế điều khiển mòn dao nhằm đảm bảo độ chính xác gia công theo yêu cầu. Mô hình sự tiến triển mòn dao đưa ra trong bài báo cho phép giải bài toán dự báo mòn dao nhằm tiến tới tối ưu hóa quá trình gia công khi tiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] EI-Wardany T.I., Gao D., EI-Bestawi M.A. Vibration monitoring of tool failure in drilling I Proceedings of the 31-th International MATADOR Conference, UMIST, Manchester, UK, 20-21 (1995).

[2] Zakovorotny V.L., Bordachev E.V. New approach for tool wears condition estimation based on information properties of dynamic characteristics in a turning-operation. Zagadnienia eksploatacji maszyn. -Vol.30, z.4-6 (2015).

[3] Zakovorotny V.L., Bordachev E.V. Prediction and diagnostics of work piece machining quality in machine tools, based on dynamic simulation. Proceedings of the Thirty-first International MATADOR Conference, 20th-21st April. -Manchester, Vol 19z.12-13 (1995).

[4] William Wernon Lovitt, Linear integral equations. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, vol 4 z. 26-27 (1994).

[5] Mathews J. H., Fink K. D. Numerical analysis- using matlab, 46-52 Изд: Williams, vol 2z, (2016).

[6] Litao Wang, Mostafa G. Mehrabi, and Elijah Kannatey-Asibu, Jr Tool wear monitoring in reconfigurable machining systems through Wavelet analysis //Engineering Research Center for Reconfigurable Machining Systems University of Michigan, Ann Arbor, vol 4 z -21-25, (2023)

[7] Zakovorotny V.L., Bordachev E.V. New approach for tool wears condition estimation based on information properties of dynamic characteristics in a turning-operation. Zagadnienia eksploatacji maszyn. -Vol.30, z.4-8 (2015).

[8] Заковоротный В.Л., Лукьянов А.Д., Нгуен Донг Ань., Фам Динь Тунг. Синергетический системный синтез управляемой динамики металлорежущих станков с учетом эволюции связей. Издат, 36-44, центр ДГТУ, Ростовна Дону ,Год 2008.

[9] Даниелян А.М. Теплота и износ инструментов в процессе резания материалов.12-24. Машгиз, Год (1984).

[10] Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов.46-52, М. Машиностроение, Год (1996).

Thông tin liên hệ: **Phạm Vũ Dũng**

Điện thoại: 0912703855 - Email: pvdung@uneti.edu.vn

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