

## MÔ HÌNH DỰ ĐOÁN NHÁM BỀ MẶT VÀ MÒN DỤNG CỤ TRONG TIỆN CỨNG CHÍNH XÁC BẰNG DỤNG CỤ CẮT PCBN

Nguyễn Thị Quốc Dung\*, Phan Quang Thế

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

### TÓM TẮT

Bài báo này trình bày về mô hình dự đoán nhám bề mặt và mòn dụng cụ trong tiện cứng chính xác bằng dụng cụ cắt PCBN (Nitrit Bo lập phương đa tinh thể). Mô hình được xây dựng bằng phương pháp phân tích hồi qui sử dụng dữ liệu đo đạc từ các thí nghiệm tiện cứng chính xác thép 9XC tôi cứng bằng dụng cụ cắt PCBN. Kết quả cho thấy giảm vận tốc cắt và lượng chạy dao sẽ cho chất lượng bề mặt tốt hơn và làm giảm mòn dụng cụ. Việc tăng chiều sâu cắt sẽ làm tăng mòn dao song hầu như không làm nhám bề mặt thay đổi.

**Từ khóa:** Tiện cứng, mòn dụng cụ, nitrit bo lập phương đa tinh thể, phân tích hồi qui.

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong gia công, chất lượng bề mặt chi tiết là một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất. Thông số đặc trưng của chất lượng bề mặt chi tiết gia công là nhám bề mặt. Tiện cứng chính xác bằng dụng cụ cắt PCBN cho phép nhà sản xuất có thể đơn giản hóa quá trình gia công mà vẫn đạt được yêu cầu về độ nhám. Tuy nhiên, có nhiều thông số của quá trình gia công ảnh hưởng đến nhám bề mặt song vẫn chưa được đánh giá một cách thích đáng. Để giúp các nhà sản xuất có thể thu được lợi ích tối đa trong ứng dụng công nghệ tiện cứng bằng dụng cụ cắt PCBN, cần phải xây dựng các mô hình dự đoán chính xác nhám bề mặt chi tiết và mòn dụng cụ [12]. Các mô hình của quá trình cắt có thể được xây dựng bằng phương pháp phân tích, phương pháp số và phương pháp thực nghiệm. Trong phương pháp phân tích, mô hình được xây dựng dựa trên các định luật vật lý cơ bản như mô hình lực cắt của Merchant, mô hình tính góc mặt phẳng trượt của Oxley... Phương pháp thực nghiệm xây dựng mô hình dựa trên các đo đạc thực nghiệm, điển hình là mô hình xác định tuổi thọ dụng cụ của Taylor. Phương pháp phân tích số xây dựng mô hình dựa trên toán học ứng dụng kết hợp với máy tính thông qua các thuật toán và chương trình như phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp sai phân hữu hạn, các phương pháp mô hình trí tuệ nhân tạo như: mạng nơ ron nhân tạo, lý thuyết

lo gic mờ [14]. Các mô hình thực nghiệm được xây dựng dựa trên các dữ liệu thí nghiệm thu được trong một điều kiện cụ thể. Mặc dù đôi khi không đúng trong các điều kiện tương tự khác nhưng chúng cho phép nghiên cứu một dải rộng các vấn đề phức tạp một cách nhanh chóng và cực kỳ hữu dụng khi cho phép sử dụng kết quả dễ dàng và thuận tiện ở các dạng bảng tra. Có thể coi các kết quả nhận được từ mô hình thực nghiệm là điểm khởi phát của quá trình điều khiển để người sử dụng có thể chắc chắn không có sai hỏng nghiêm trọng nào xảy ra và là cơ sở vững chắc để chứng minh hoặc cải tiến một mô hình phân tích lý thuyết [9]. Mức độ chính xác của mô hình còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khi lựa chọn các thông số đầu vào cho mô hình cũng như cách xử lý các dữ liệu. Ngay cả việc xây dựng một mô hình phân tích có xét đến đầy đủ các nhân tố ảnh hưởng cũng rất phức tạp, tính ứng dụng thấp và thường là điều không thể làm được. Vì vậy, cần phải sàng lọc lựa chọn các nhân tố quyết định để xây dựng một mô hình đủ độ chính xác cần thiết [7]. Mô hình dự đoán nhám bề mặt chi tiết gia công và mòn dụng cụ trong tiện cứng chính xác thép 9XC bằng dụng cụ cắt PCBN được xây dựng bằng phương pháp phân tích hồi qui dựa trên các qui tắc thống kê và tối ưu hóa thống kê.

### CHỌN CÁC THÔNG SỐ NGHIÊN CỨU

Hiệu quả quá trình gia công nói chung và tiện cứng nói riêng được đặc trưng bởi các chỉ tiêu trực tiếp như năng suất cắt, tuổi bền của dụng

\* Tel: 0915308818, Email: quocdung@yahoo.com.vn

cụ, chất lượng bề mặt gia công, chi phí năng lượng... hoặc các chỉ trung gian như lực cắt, nhiệt cắt, mòn dụng cụ, rung động... Các chỉ tiêu này bị chi phối bởi rất nhiều yếu tố độc lập như các thông số chế độ cắt, dụng cụ cắt, vật liệu phôi... Sự phụ thuộc của các chỉ tiêu vào điều kiện cắt có thể biểu diễn khái quát bằng hàm [1]:  $F(a,b,v,g,f,r,M,N,Fd,O)$ .

Trong đó: a,b là bề rộng và bề dày cắt; v- vận tốc cắt; g,f,r - góc trước, góc nghiêng và bán kính mũi dao; M,N-vật liệu của phôi và dao; Fd- diện tích mặt cán dao; O-dung dịch trơn nguội;

Việc nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của tất cả các thông số là điều không thể nên cần phải sàng lọc và tổ hợp các yếu tố nhằm xác định các yếu tố ảnh hưởng chính để nghiên cứu. Nếu số yếu tố ảnh hưởng cần nghiên cứu lớn, cần được tổ hợp thành các nhóm để thực hiện các kế hoạch thực nghiệm song song. Trong nghiên cứu này, các yếu tố đầu vào được xác định dựa trên các thông tin tiên nghiệm, có được nhờ kết quả quan sát trực tiếp từ quá trình tiện cứng và các tài liệu tham khảo của các mô hình nghiên cứu tương tự. Vì tiện cứng là quá trình gia công tinh nên chỉ tiêu quan trọng nhất là chất lượng bề mặt gia công và tuổi thọ dụng cụ. Các nhân tố ảnh hưởng tới chất lượng bề mặt gia công và tuổi thọ của dao tuy rất đa dạng song chỉ tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện cắt vì có thể thay đổi và chọn lựa chúng trong quá trình gia công. Mặc dù tất cả các nhà chế tạo dụng cụ cắt đều có các khuyến cáo về chế độ gia công đối với từng loại vật liệu dụng cụ song thường chỉ là các hướng dẫn chung, nhiều khi không thích hợp với các trường hợp gia công cụ thể. Nghiên cứu cho thấy các yếu tố về điều kiện gia công có ảnh hưởng lớn nhất tới chất lượng bề mặt và tuổi thọ dụng cụ là các thông số chế độ cắt bao gồm vận tốc cắt v, chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s. Quan hệ phụ thuộc của chỉ tiêu chất lượng bề mặt và tuổi thọ dụng cụ vào các thông số này là quan hệ hàm số mũ [3,6,11]:

$F = C v^r t^p s^q$  (1) trong đó C,r,p,q là các giá trị không đổi.

41

Việc xây dựng mô hình dự đoán chất lượng bề mặt gia công và tuổi thọ dụng cụ phụ thuộc vào các yếu tố nêu trên là quá trình xác định giá trị các hệ số không đổi trong công thức (1).

Để tuyến tính hóa, logarit hai vế (1):

$$\ln F = \ln C + r \ln v + p \ln t + q \ln s \quad (2)$$

Dựa theo các thông tin tiên nghiệm, các thí nghiệm sàng lọc và tài liệu liên quan, mô hình dự đoán được xây dựng phụ thuộc vào ba nhân tố chính của chế độ cắt biến đổi trong miền giá trị sau:

- 1) Vận tốc cắt:  $v=100-170$  m/ph
- 2) Chiều sâu cắt:  $t= 0,09-0,15$  mm
- 3) Lượng chạy dao:  $s= 0,07-0,15$  mm/vòng

#### THIẾT BỊ THỰC NGHIỆM

+ Máy: Tiến hành trên máy tiện kỹ thuật số HTC 2050 (TQ) tại xưởng cơ khí thực nghiệm số 2, trường ĐH KTCN Thái Nguyên.

+ Dao: Mảnh dao PCBN hình tam giác của hãng EHWA (Hàn quốc) ký hiệu TPGN 160308 T2001, EB28X, hàm lượng CBN là 50%; chất dính kết TiC; cỡ hạt:  $2\mu\text{m}$  [10].

+ Thân dao: Ký hiệu MTENN 2020K-16W (ISCAR) với kết cấu sẽ tạo thành góc trước âm:  $\gamma=-8^\circ$ ; góc sau:  $\lambda=11^\circ$ .

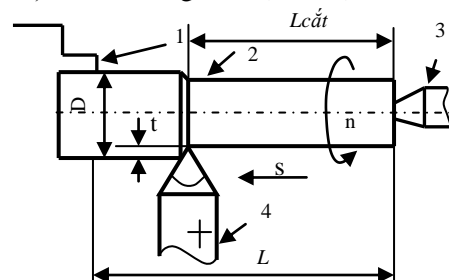
+ Thiết bị đo

- Thiết bị đo độ nhám bề mặt: Máy đo nhám Mitutoyo SJ – 201, Nhật Bản.

- Kính hiển vi ĐT TM-1000 Hitachi, Nhật Bản.

+ Phôi: Nghiên cứu được thực hiện trên phôi thép 9XC là loại thép hợp kim dụng cụ được sử dụng rộng rãi để chế tạo các chi tiết có yêu cầu độ bền cao, khả năng chống mòn tốt. Kích thước phôi: chiều dài  $L=300$  mm, đường kính  $\varnothing 62$ , tôi thể tích đạt độ cứng 56-58 HRC.

+ Sơ đồ thí nghiệm (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm

**QUI HOẠCH THỰC NGHIỆM**

**Xây dựng mô hình hồi qui**

Phương pháp qui hoạch thực nghiệm cho phép tối thiểu hóa số thực nghiệm cần thiết trong khi vẫn đảm bảo được chất lượng của mô hình toán học của hệ theo những chuẩn tối ưu [7]. Theo nguyên tắc phức tạp dần mô hình toán học đồng thời do các thông tin tiên nghiệm chưa đầy đủ để khẳng định hệ đang ở vùng phi tuyến, chọn phương pháp kế hoạch hóa thực nghiệm là phương pháp kế hoạch bậc một hai mức tối ưu toàn phần (2k) với các ưu điểm: kế hoạch trực giao, kế hoạch là tối ưu D và kế hoạch có tính tâm xoay. Ngoài ra, nếu mô hình qui sử dụng kế hoạch bậc một hai mức tối ưu không tương hợp với thực nghiệm thì có thể dùng luôn làm nhân kế hoạch bậc hai [7].

Mô hình hồi qui biểu diễn sự phụ thuộc của độ nhám bề mặt gia công Ra và mòn dụng cụ qua các biến mã hóa với giả thiết có tương tác kép giữa các biến như sau:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Trong đó:  $\hat{y} = \ln \hat{Y}$  với  $\hat{Y}$  là hàm mục tiêu: nhám bề mặt chi tiết gia công hoặc mòn dụng cụ;  $x_1, x_2, x_3$  là các biến mã hóa tương ứng của các thông số  $z_1, z_2, z_3$  lần lượt là giá trị logarit tự nhiên của vận tốc cắt, chiều sâu cắt và lượng chạy dao:  $z_1 = \ln v; z_2 = \ln t; z_3 = \ln s; x_0$  là biến ảo tương ứng với hệ số hồi qui  $b_0; x_0 = +1; b_j$  là các hệ số hồi qui.

**Bảng 1.** Ma trận kế hoạch thực nghiệm

S TT	Biến thực			Biến mã									Hàm mục tiêu	Loga hàm mục tiêu
	Z1	Z2	Z3	x0	x1	x2	x3	x1x2	x1x3	x2x3	x1x2x3	y		
1	100	0,09	0,07	+	-	-	-	+	+	+	-	y1	lny1	
2	170	0,09	0,07	+	+	-	-	-	-	+	+	y2	lny2	
3	100	0,15	0,07	+	-	+	-	-	+	-	+	y3	lny3	
4	170	0,15	0,07	+	+	+	-	+	-	-	-	y4	lny4	
5	100	0,09	0,15	+	-	-	+	+	-	-	+	y5	lny5	
6	170	0,09	0,15	+	+	-	+	-	+	-	-	y6	lny6	
7	100	0,15	0,15	+	-	+	+	-	-	+	-	y7	lny7	
8	170	0,15	0,15	+	+	+	+	+	+	+	+	y8	lny8	
9	135	0,12	0,11	+	0	0	0	0	0	0	0	$y_1^0$	$\ln y_1^0$	
10	135	0,12	0,11	+	0	0	0	0	0	0	0	$y_2^0$	$\ln y_2^0$	
11	135	0,12	0,11	+	0	0	0	0	0	0	0	$y_3^0$	$\ln y_3^0$	

**Xây dựng kế hoạch thực nghiệm và tiến hành thực nghiệm**

Ma trận kế hoạch thực nghiệm dạng 2k được lập như bảng 1, trong đó ngoài 8 thí nghiệm cơ bản còn có 3 thí nghiệm được thực hiện song song tại tâm kế hoạch. Tiến hành các thí nghiệm theo kế hoạch. Tại mỗi điểm thí nghiệm, đo đạc và ghi lại kết quả đầu ra của các hàm mục tiêu là độ nhám Ra ( $\mu m$ ) và tuổi thọ của dao được xác định diện tích gia công Sc ( $cm^2$ ) khi vẫn đạt chỉ tiêu về độ nhám cần thiết.

**Xây dựng mô hình hồi qui mô tả nhám bề mặt**

Kết quả đo nhám bề mặt sau chiều dài cắt xác định Lc=750mm tại các điểm thí nghiệm theo kế hoạch như trong bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả đo nhám bề mặt chi tiết gia công

Số TT	1	2	3	4	5	6
Ra ( $\mu m$ )	0,45	0,39	0,39	0,46	0,51	0,50
lnRa	-	-	-	-	-	-
Số TT	7	8	9	10	11	
Ra ( $\mu m$ )	0,39	0,60	0,38	0,42	0,39	
lnRa	-	-	-	-	-	
	0,941	0,510	0,967	0,867	0,942	

Dựa trên các số liệu đo được từ các thí nghiệm theo kế hoạch, lần lượt tiến hành theo các bước[6,8]:

- Tính các hệ số của mô hình hồi qui  $b_j, b_{ju}$ .
- Tính phương sai lặp  $S_{11}^2$ .
- Tính sai lệch trung bình của phân bố  $S_b$

- Kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số hồi qui.
- Xác định mô hình toán học.
- Tính phương sai dư Sd.
- Kiểm tra sự tương hợp của mô hình với hệ thống.

Phương trình hồi qui có dạng:

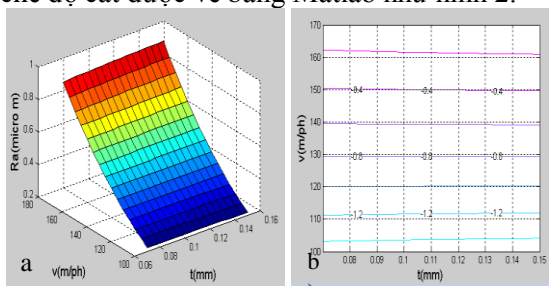
$$\mathcal{Y} = -0,784 + 0,080x_3 + 0,095x_1x_2$$

$$\ln R_a = -2,967 + 3,021 \ln v - 6,837 \ln t + 0,238 \ln s + 1,404 \ln v \ln t$$

Chuyển phương trình hồi qui với các biến mã hóa xj về phương trình với các biến thực lnzj:

$$R_a = \frac{0,0514v^{3,021}s^{0,238}t^{1,404}}{t^{6,837}} \quad (4)$$

Đồ thị quan hệ của độ nhám với các thông số chế độ cắt được vẽ bằng Matlab như hình 2.



**Hình 2** Mặt hồi qui của độ nhám Ra theo vận tốc cắt và chiều sâu cắt (a) và đồ thị đường mức mặt hồi qui (b).

**Xây dựng mô hình hồi qui mô mòn dụng cụ**

Tiêu chuẩn để đánh giá tuổi thọ dụng cụ cắt rất đa dạng. Dụng cụ cần phải mài lại hoặc thay thế khi bị hỏng và không còn khả năng cắt gọt, khi nhiệt cắt tăng cao và tạo thành hoa lửa, khi quá trình cắt gây ồn lớn hoặc rung động mạnh, khi kích thước hay độ hoàn thiện của bề mặt gia công thay đổi hoặc khi hình dạng dụng cụ thay đổi một lượng nhất định[9]. Thông thường, có thể khảo sát tuổi thọ dụng cụ thông qua thời gian gia công ứng với một chế độ cắt xác định. Tuy nhiên, nếu chế độ cắt thay đổi, đánh giá bằng chỉ tiêu thời gian gia công trở nên thiếu chính xác vì không phản ánh đúng thực chất hiệu quả làm việc của dao. Trong trường hợp này, tuổi thọ dụng cụ cần được đánh giá qua các chỉ tiêu khác như khối lượng vật liệu cắt được hoặc độ mòn dụng cụ tương ứng với yêu cầu đảm bảo chất lượng bề mặt gia công. Với quá trình

gia công tinh như tiện cứng chính xác bằng dụng cụ PCBN, thường thực hiện với lượng dư nhỏ nên khối lượng vật liệu cắt đi không ý nghĩa bằng diện tích bề mặt được gia công. Vì vậy tuổi thọ dụng cụ được khảo sát thông qua chỉ tiêu diện tích bề mặt gia công đảm bảo đạt nhám bề mặt theo yêu cầu .

Kết quả đo diện tích bề mặt được gia công Sc (cm2) đến khi nhám bề mặt chi tiết đạt Ra=60μm tương ứng với các chế độ cắt tại các điểm thí nghiệm theo kế hoạch như bảng 3.

**Bảng 3.** Kết quả đo diện tích bề mặt gia công Sc

Số TT	1	2	3	4	5	6
SC (cm2)	8792	6044,5	7143,5	2747,5	13188	2198
lnSc	9,08	8,71	8,87	7,92	9,48	7,69
Số TT	7	8	9	10	11	
SC (cm2)	5495	1648,5	3297	2747,5	3077,2	
lnSc	8,61	7,41	8,10	7,92	8,03	

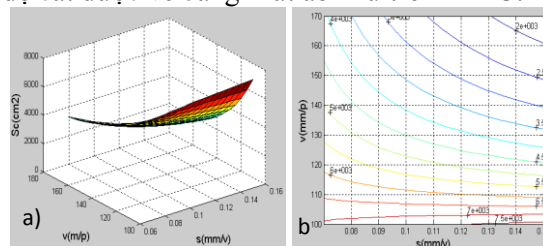
Dựa trên các số liệu đo được từ các thí nghiệm theo kế hoạch, lần lượt thực hiện các bước tương tự như trên, nhận được phương trình hồi qui có dạng:

$$\mathcal{Y} = 8,471 - 0,539x_1 - 0,269x_2 - 0,174x_3 - 0,209x_1x_2$$

Chuyển phương trình hồi qui với các biến mã hóa xj về phương trình với các biến thực lnzj:

$$S_c = \frac{1854720782s^{10,896}}{v^{7,27}t^{1,04}s^{2,344} \ln v} \quad (5)$$

Đồ thị quan hệ giữa mô tả tuổi thọ dụng cụ thông qua diện tích gia công Sc với các thông số của chế độ cắt được vẽ bằng Matlab như trên hình 3.



**Hình 3** Mặt hồi qui mô tả tuổi thọ dụng cụ thông qua diện tích gia công Sc theo vận tốc cắt và lượng chạy dao (a) và đồ thị đường mức (b).

**PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

Từ phương trình hồi qui và đồ thị cho thấy:

- Vận tốc cắt v có ảnh hưởng lớn nhất tới cả độ nhám bề mặt chi tiết và tuổi thọ dụng cụ. Điều này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của một số mô hình dự đoán nghiên cứu

về tiện cứng chính xác thép AISI 52110 [12,13].

- Độ nhám bề mặt tăng khi tăng vận tốc cắt và lượng chạy dao. - Việc tăng chiều sâu cắt t hầu như không có ảnh hưởng tới nhám bề mặt. Do đó trong vùng khảo sát có thể chọn chiều sâu cắt lớn mà vẫn đảm bảo độ nhám cần thiết.

$$\ln S_c = 21,341 - 7,27 \ln v - 1,04 \ln t + 10,896 \ln s - 2,34 \ln v \ln s$$

- Tuổi thọ dụng cụ giảm khi tăng vận tốc cắt v, chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s. Tuy nhiên việc tăng lượng chạy dao ít ảnh hưởng tới tuổi thọ dụng cụ. Thậm chí ứng với chiều sâu cắt t không thay đổi (t=0,12), việc tăng lượng chạy dao làm tăng tuổi thọ dụng cụ. Vì vậy trong phạm vi lượng chạy dao s=0,07-0,15, có thể chọn lượng chạy dao lớn để tăng hiệu quả quá trình gia công.

#### KẾT LUẬN

- Việc xây dựng các mô hình của quá trình tiện cứng giúp dự đoán và đánh giá được sự thay đổi và các quan hệ phụ thuộc của các thông số trong quá trình gia công nhằm nâng cao hiệu quả quá trình.

- Mô hình dự đoán nhám bề mặt và mòn dụng cụ đảm bảo độ tin cậy trong dải số liệu khảo sát, kết quả dự đoán phù hợp với các thông số thực nghiệm.

- Mô hình cho thấy trong phạm vi khảo sát, vận tốc cắt có ảnh hưởng quyết định đến nhám bề mặt chi tiết và mòn dụng cụ. Chiều sâu cắt và lượng chạy dao có ảnh hưởng không đáng kể nên có thể tăng năng suất và hiệu quả quá trình bằng cách chọn chiều sâu cắt và lượng chạy dao lớn. Tuy nhiên để đánh giá hiệu quả quá trình gia công một cách toàn diện cần phải tiếp tục nghiên cứu xem xét đồng thời các nhân tố để vừa đạt được độ nhám cần thiết, vừa đảm bảo tuổi thọ dụng cụ lớn nhất cũng như năng suất gia công cao.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đào Cán (1959), *Nguyên lý cắt kim loại*. Nxb Giáo dục, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Cảnh (2004), *Qui hoạch thực nghiệm*. Nxb Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [3] Nguyễn Duy, Trần Sỹ Túy, Trịnh Văn Tự (1997), *Nguyên lý cắt kim loại*. Nxb Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
- [4] Trần Tuấn Điệp, Lý Hoàng Tú (1999), *Lý thuyết xác suất và thống kê toán học*. Nxb Giáo dục.
- [5] Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy (2001), *Nguyên lý gia công vật liệu*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6] Bùi Minh Trí (2005), *Xác suất thống kê và Qui hoạch thực nghiệm*. Nxb KH&KT, Hà Nội.
- [7] Nguyễn Minh Tuyên (2005). *Qui hoạch thực nghiệm*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [8] Nguyễn Doãn Ý (2006), *Qui hoạch và xử lý số liệu thực nghiệm*. Nxb Xây dựng, Hà Nội.
- [9] E.M Trend, P.K Wright. *Metal cutting*. Published by Elsevier, India Private Limited, New Delhi (2000), India.
- [10] EHWA Diamond industrial Co.,LTD, Korea. *Innovator in technology PCB/PCBN cutting tools*.
- [11] M. V. Kowstubhan and P. K. Philip. *On the tool-life equation tools of TiN-coated high speed steel*. Wear, 143 (1991) 267-275.
- [12] Tugrul Ozel, Yigit Karpat. *Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks*. International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 (2005) 467-479.
- [13] Tugru Ozel, Yigit Karpat, Luis Figueira, J. Paulo Davim. *Modelling of surface finish and tool flank wear in turning*. Journal of Materials Processing Technology, Volume 189, Issues 1-3, 6 July 2007, Pages 192-198.
- [14] Yahya Dogu, Ersan Aslan, Necip Camuscu. *A numerical model to determine temperature distribution in orthogonal metal cutting*. Journal of Materials Processing Technology 171 (2006) 1-9.

## SUMMARY

**PREDICTIVE MODELING OF SURFACE ROUGHNESS AND TOOL WEAR  
IN HARD TURNING USING PCBN CUTTING TOOL****Nguyen Thi Quoc Dung<sup>2</sup>, Phan Quang The***College of Technology - Thai Nguyen University*

This paper presents the models to predict surface roughness and tool wear in finish hard turning with PCBN (Polycrystal Cubic Boron Nitride) using regression analysis. A set of data obtained from performed experiments in finish turning of hardened 9XC steel has been utilized. The models show that decrease cutting speed and feed rate resulted in better surface roughness and lower tool wear. Increase the depth of cut resulted in faster tool wear but unremarkable effect on surface roughness.

**Keyword:** *Hard turning, tool wear, polycrystal cubic boron nitride, regression analysis.*

---

<sup>2</sup> Tel: 0915308818, Email: quocdung@yahoo.com.vn