

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ CẮT ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI GIA CÔNG THÉP SKD61 TRÊN MÁY PHAY CNC

INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS OF WORKPIECE WHEN CUTTING SKD61 STEEL USING CNC MILLING MACHINE

Nguyễn Văn Thiện^{1,*}, Hoàng Tiến Dũng¹,
Đỗ Đức Trung¹, Lại Văn Thuần²

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để khảo sát ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt (R_a) khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC. Hai thông số của chế độ cắt được đề cập đến trong nghiên cứu này là tốc độ quay của dụng cụ cắt (n) và lượng chạy dao (S). Sử dụng qui hoạch thực nghiệm dạng hỗn hợp tâm xoay (CCD - Central Composite Design) để xây dựng ma trận thí nghiệm gồm 13 điểm thí nghiệm cho hai thông số đầu vào là (n) và (S). Tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả bằng phần mềm Minitab 18 cho thấy: Ảnh hưởng của n , S và sự tương tác giữa chúng đến R_a khá phức tạp, khi tăng giá trị của các thông số này thì có khi làm tăng, có khi làm giảm R_a . Trong đó, mức độ ảnh hưởng của n đến R_a lớn hơn so với mức độ ảnh hưởng của S . Sau đó hướng phát triển cho các nghiên cứu tiếp theo cũng được đề cập đến trong bài báo này.

Từ khóa: Chế độ cắt; nhám bề mặt; thép SKD61; máy phay CNC.

ABSTRACT

In this paper, experimental process had done to get influence of cutting parameters on surface roughness of workpiece when cutting SKD61 steel using CNC milling machine. Two parameters of cutting parameters include speed of tool and feed rate. Using Minitab 18 software to analyse results of experiment based on central composite design matrix including 13 runs. The result is the influence of speed of tool, feed rate and interaction between them are more complex. Influence of speed of tool is larger than feed rate. Finally, suggestions for further research are given.

Keywords: Cutting parameters; surface roughness; SKD61 steel; CNC milling machine.

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Học viên lớp cao học khóa 5, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: thiendhc2@gmail.com

Ngày nhận bài: 06/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/03/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
R_a	μm	Độ nhám bề mặt
n	v/ph	Tốc độ quay của dụng cụ cắt
S	mm/p	Lượng chạy dao

1. GIỚI THIỆU

Trong gia công cơ khí, phay là phương pháp được sử dụng phổ biến để gia công nhiều dạng bề mặt khác nhau. Chất lượng bề mặt chi tiết sau khi phay được đánh giá qua nhiều thông số, trong đó nhám bề mặt là một trong những thông số có ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc của chi tiết máy, thông số này thường được sử dụng để đánh giá chất lượng sản phẩm.

Khi gia công bề mặt bằng phương pháp phay, có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến nhám bề mặt (chế độ cắt, vật liệu chi tiết, vật liệu dao, công nghệ tron nguội...), trong đó những thông số về chế độ cắt có ảnh hưởng lớn đến nhám bề mặt.

Để nâng cao năng suất và độ chính xác khi phay, việc ứng dụng công nghệ phay trên máy CNC đang được phổ biến tại các đơn vị sản xuất. Ở Việt Nam, trong những năm gần đây, đã có một số nghiên cứu về khảo sát ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi phay trên máy CNC cho những loại vật liệu gia công khác nhau: gia công thép 45 [1]; gia công hợp kim nhôm 6061 [2, 3]; gia công thép không gỉ SUS201 [4];... Trong bài báo này, tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC. Hai thông số của chế độ cắt được đề cập đến trong nghiên cứu này là n và S . Sử dụng qui hoạch thực nghiệm dạng CCD để xây dựng ma trận thí nghiệm gồm 13 điểm thí nghiệm cho hai thông số đầu vào là n và S . Tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả bằng phần mềm Minitab 18 cho thấy: Ảnh hưởng của n , S và sự tương tác giữa chúng đến R_a khá phức tạp, khi tăng giá trị của các thông số này thì có khi làm tăng, có khi làm giảm R_a . Trong đó, mức độ ảnh hưởng của n đến R_a lớn hơn so với mức độ ảnh hưởng của S . Sau đó hướng phát triển cho các nghiên cứu tiếp theo cũng được đề cập đến trong bài báo này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ thống thí nghiệm

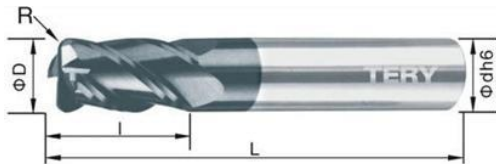
2.1.1. Máy thí nghiệm

Sử dụng máy phay CNC có kí hiệu DMC 835V (hình 1). Máy có một số đặc tính kỹ thuật cơ bản như sau:

- Hệ điều khiển: SIEMENS.
- Tốc độ lớn nhất của máy: 10.000 v/ph.
- Tốc độ nhỏ nhất của máy: 10 v/ph.
- Trục X: 850mm.
- Trục Y: 550mm.
- Trục Z: 550mm.
- Đài dao: 30 dao thay tự động.



Hình 1. Máy phay CNC DMC 835V



Hình 2. Dao phay ngón

2.1.2. Dụng cụ cắt

Dao phay ngón làm từ vật liệu hợp kim cứng (Hãng OKAZAKI - Nhật Bản) được sử dụng trong nghiên cứu này (hình 2). Đây là loại dụng cụ cắt đang được sử dụng phổ biến trong công nghệ phay cứng nói chung và phay vật liệu làm khuôn SKD61 nói riêng. Một số thông số hình học cơ bản của dao phay ngón được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số hình học của dao phay ngón

$\varnothing D$	l	L	$\varnothing d$
15	40	100	16

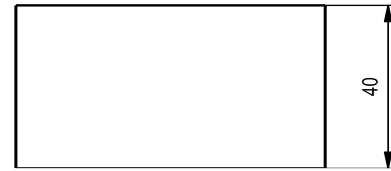
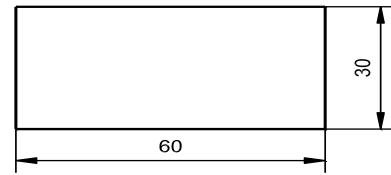
2.1.3. Mẫu thí nghiệm

Để có thể ứng dụng trực tiếp kết quả nghiên cứu vào thực tế sản xuất, nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của quá trình phay trên máy phay CNC, thép SKD61 được chọn để tiến hành thí nghiệm, đây là loại vật liệu đang được sử dụng phổ biến để chế tạo các chi tiết bằng phương pháp phay. Mẫu thí nghiệm được chọn để phay hốc hờ có hình dáng, kích thước như trong hình 3.

2.1.4. Thiết bị đo

Thiết bị đo độ nhám được sử dụng là máy đo độ nhám MITUTOYO Surfes SJ-201 (Nhật Bản) tại Khoa Cơ khí - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (hình 4). Máy có một số đặc tính kỹ thuật cơ bản như sau:

- Hiển thị LCD, tiêu chuẩn DIN, ISO, JIS, ANSI.
- Thông số đo được: R_a , R_z , R_t , R_q , R_y ,...
- Độ phân giải: 0,02/360 μ m; 0,006/100 μ m; 0,002/25 μ m.
- Bộ chuyển đổi A/D: RS - 232 C.
- Phần mềm điều khiển và xử lý số liệu MSTAT w 324.0



Hình 3. Kích thước mẫu thí nghiệm



Hình 4. Thiết bị đo độ nhám SJ-201

2.1.5. Quỹ đạo chạy dao

Khi thực hiện gia công trên máy phay CNC thường sử dụng một trong ba phương pháp chạy dao sau: High Speed, Zigzag và Morph Spiral.

Các kết quả nghiên cứu của Lê Hoài Sơn [5] khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC đã chỉ ra rằng:

- Đường chạy Zigzag cho quỹ đạo dao ít vết nhất nên nhám bề mặt là thấp nhất.
- Đường chạy High speed cho quỹ đạo dao tốt thứ hai.
- Đường chạy đối Morph spiral cho nhám kém nhất vì để lại nhiều vết nhất trên bề mặt sản phẩm.
- Tuy nhiên đường chạy High speed và đường chạy Morph spiral lại cho thời gian chạy ngắn hơn, giảm thiểu được thời gian nhắc dao chạy không so với đường chạy dao kiểu Zigzag. Trong thực tế tùy vào yêu cầu sản phẩm cũng như sản lượng mà chọn lựa quỹ đạo dao tốt nhất. Cần độ nhẵn bóng bề mặt thì lựa chọn đường chạy Zigzag, cần nâng cao năng suất thì lựa chọn đường chạy High speed hoặc dạng Morph spiral.

Với mục đích khảo sát ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhám bề mặt khi gia công tinh loại vật liệu SKD61 trên máy CNC. Vì vậy, trong quá trình thí nghiệm đã lựa chọn kiểu chạy dao Zigzag.

2.2. Thục nghiệm khảo sát ảnh hưởng của n và S đến độ nhám bề thép SKD61 khi gia công trên máy phay CNC

2.2.1. Thí nghiệm bề mặt chỉ tiêu

Chọn kế hoạch thí nghiệm

Để khảo sát ảnh hưởng của n , S đến R_a khi gia công thép SKD61, cần mô tả chính xác quan hệ giữa n , S với R_a thông qua kết quả nghiên cứu thực nghiệm. Trong nghiên cứu

này, kế hoạch thí nghiệm dạng hỗn hợp tâm xoay (CCD) được chọn để thực hiện thí nghiệm. Đây là dạng thiết kế được dùng phổ biến nhất trong chuỗi kế hoạch thí nghiệm tối ưu hóa [6].

Để đạt được tính chất "tâm xoay" cần chọn khoảng cách α^* , là khoảng cách từ điểm trung tâm đến điểm dọc trục theo công thức sau [6]:

$$\alpha^* = \sqrt[n_F]{n_F} \tag{1}$$

Với n_F là số điểm thí nghiệm gốc, $n_F = n^k = 2^2 = 4$. Do đó, $\alpha^* = 1,414$

Mô hình hồi qui thực nghiệm

Mô hình hồi qui mô tả sự phụ thuộc của hàm chỉ tiêu y vào các thông số ảnh hưởng x_i dưới dạng [6, 7, 8]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + \dots + b_{nn}x_n^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{n-1}x_{n-1}x_n \tag{2}$$

Tức là:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j \tag{3}$$

Trong đó:

- b_0 - Hệ số tự do.
- b_i - Các hệ số tuyến tính.
- b_{ii} - Các hệ số bậc 2.
- $b_{ij} (i \neq j)$ - Các hệ số tương tác cặp.
- n - Số thông số đầu vào (thông số ảnh hưởng).
- x_i - Giá trị mã hóa của các thông số vào.

Ma trận thí nghiệm hỗn hợp tâm xoay

Với 2 thông số đầu vào gồm n và S ($k = 2$) kế hoạch CCD sẽ có: số điểm thí nghiệm gốc $n_F = n^k = 2^2 = 4$; số điểm thí nghiệm trung tâm chọn bằng 5 [6, 8]; số điểm thí nghiệm dọc trục $2k=2.2=4$ với khoảng cách $\alpha^* = 1,414$ (ứng với mức -1,414 và +1,414). Như vậy kế hoạch thí nghiệm CCD có số điểm thí nghiệm cho mỗi lần lặp là $N=13$. Ma trận thí nghiệm dạng CCD được thiết lập bằng phần mềm thống kê Minitab 18 thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Ma trận thí nghiệm CCD

TT	n	S
1	+1	-1
2	0	1,414
3	-1	-1
4	0	-1,414
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	1,414	0
9	0	0
10	-1,414	0
11	+1	+1
12	-1	+1
13	0	+1

Giá trị tại các mức của các thông số đầu vào

Giá trị các thông số đầu vào (n và S) được chọn theo lời khuyên khi phay tinh trên máy CNC theo các nghiên cứu [9, 10] và được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Giá trị của các thông số đầu vào tại các mức khi thí nghiệm CCD

Thông số đầu vào	Ký hiệu	Giá trị tại các mức thí nghiệm				
		-1,414	-1	0	1	+1,414
Tốc độ (v/ph)	n	3858	3900	4000	4100	4142
Lượng chạy dao (mm/ph)	S	33	44	70	96	107

2.2.2. Kết quả thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm theo thứ tự các điểm như trong bảng 2 với giá trị các thông số đầu vào tại các mức như trong bảng 3. Tại mỗi điểm thí nghiệm tiến hành với 3 mẫu, tại mỗi mẫu tiến hành đo độ nhám 3 lần liên tiếp. Giá trị độ nhám tại mỗi điểm thí nghiệm là giá trị trung bình của các lần đo liên tiếp, được trình bày trong bảng 4.

Phân tích kết quả của ma trận thí nghiệm ở bảng 4 bằng phần mềm thống kê Minitab 18, kết quả được thể hiện trong bảng 5, 6 và hình 5, 6.

Quan sát bảng 5 cho thấy:

- Các thông số n, S, S^2 đều có ảnh hưởng đáng kể đến R_a (vì đều có giá trị xác suất P nhỏ hơn rất nhiều so với mức ý nghĩa α , thường $\alpha = 0,05$ [6-8]).
- Tốc độ n có ảnh hưởng đến R_a lớn nhất, tiếp theo là đến mức độ ảnh hưởng của S và S^2 . Sự tương tác giữa n và S (đại lượng $n.S$) có ảnh hưởng ít nhất đến R_a (thông qua cột hệ số hồi qui - **Coef**). Vấn đề này càng thấy rõ nét hơn khi quan sát đồ thị Pareto về mức độ ảnh hưởng của n và S đến R_a (hình 5).

- Ảnh hưởng của các thông số n, S và sự tương tác giữa chúng đến R_a khá phức tạp, khi tăng giá trị của các thông số này thì có khi làm tăng, có khi làm giảm R_a . Ví dụ S có ảnh hưởng đến R_a nhỏ hơn so với mức độ ảnh hưởng của n , nhưng S^2 lại ảnh hưởng đến R_a nhiều hơn mức độ ảnh hưởng của n^2 . Vấn đề này cũng sẽ được sáng tỏ hơn khi quan sát hình 6 biểu thị sự ảnh hưởng của n và S đến R_a .

Bảng 4. Kết quả ma trận thí nghiệm CCD

TT	Thông số vào		Thông số ra
	n	S	$R_a (\mu m)$
1	+1	-1	0,13
2	0	1,414	0,21
3	-1	-1	0,19
4	0	-1,414	0,12
5	0	0	0,20
6	0	0	0,21
7	0	0	0,20
8	1,414	0	0,17
9	0	0	0,22
10	-1,414	0	0,27
11	+1	+1	0,18
12	-1	+1	0,26
13	0	1	0,23

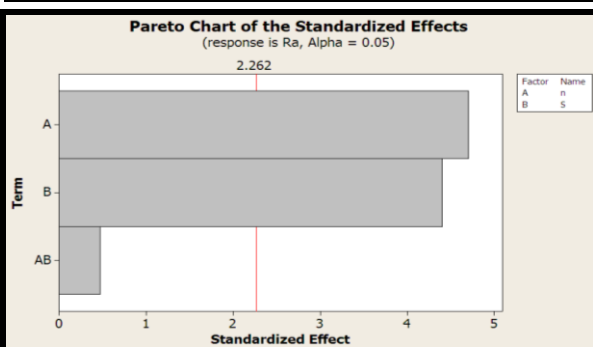
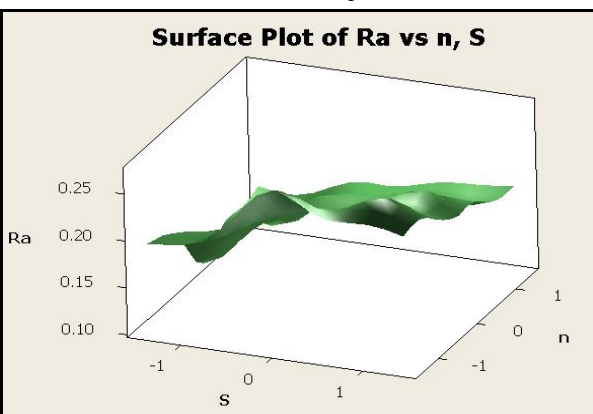
Bảng 5. Thông tin mô hình hồi qui cho hàm mục tiêu R_a

Coded Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.21200	0.00445	47.60	0.000	
n(v/ph)	-0.03592	0.00352	-10.20	0.000	1.00
S(mm/vg)	0.03093	0.00352	8.79	0.000	1.00
n(v/ph)*n(v/ph)	0.00391	0.00378	1.04	0.334	1.02
S(mm/vg)*S(mm/vg)	-0.02569	0.00378	-6.81	0.000	1.02
n(v/ph)*S(mm/vg)	-0.00500	0.00498	-1.00	0.349	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

$$R_a = 0.21200 - 0.03592 n(v/ph) + 0.03093 S(mm/vg) + 0.00391 n(v/ph)^2 - 0.02569 S(mm/vg)^2 - 0.00500 n(v/ph)S(mm/vg)$$
Bảng 6. Kết quả phân tích phương sai hàm mục tiêu R_a khi thí nghiệm CCD

Response Surface Regression: R_a versus n(v/ph), S(mm/vg)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	0.023045	0.004609	46.48	0.000
Linear	2	0.017979	0.008990	90.65	0.000
n(v/ph)	1	0.010324	0.010324	104.11	0.000
S(mm/vg)	1	0.007655	0.007655	77.19	0.000
Square	2	0.004966	0.002483	25.04	0.001
n(v/ph)*n(v/ph)	1	0.000107	0.000107	1.07	0.334
S(mm/vg)*S(mm/vg)	1	0.004593	0.004593	46.31	0.000
2-Way Interaction	1	0.000100	0.000100	1.01	0.349
n(v/ph)*S(mm/vg)	1	0.000100	0.000100	1.01	0.349
Error	7	0.000694	0.000099		
Lack-of-Fit	3	0.000014	0.000005	0.03	0.993
Pure Error	4	0.000680	0.000170		
Total	12	0.023739			

Hình 5. Đồ thị Pareto về mức độ ảnh hưởng của n và S đến R_a Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng của n và S đến R_a

Như đã phân tích ở trên: tất cả các thông số n , S đều có ảnh hưởng đến nhám bề mặt. Mặt khác quan sát bảng 6 cho thấy: giá trị xác suất tại mục **Lack-of-Fit** (dòng thứ 3 từ dưới lên) có giá trị bằng 0,993 lớn hơn nhiều so với mức ý nghĩa α , như vậy mô hình hồi qui có độ tương thích cao.

Bên cạnh đó, mặc dù n^2 và $n*S$ ảnh hưởng không nhiều đến R_a (vì giá trị xác suất P-value lớn hơn mức ý nghĩa α). Tuy nhiên theo Phạm Văn Lang và Bạch Quốc Khang [7] ta không nên loại bỏ hai thành phần này ra khỏi mô hình hồi qui vì làm như vậy sẽ làm yếu đi độ tương thích của mô hình cho dù có tính lại các hệ số hồi qui khác. Từ đó, ta có mô hình thể hiện mối quan hệ giữa R_a với n và S như sau:

$$R_a = 0,212 - 0,03952.n + 0,03093.S + 0,0039.n^2 - 0,02569.S^2 - 0,005.nS \quad (4)$$

Phương trình (4) thể hiện sự ảnh hưởng của n và S đến R_a , là cơ sở cho việc lựa chọn chế độ cắt tối ưu cho hàm mục tiêu R_a khi gia công vật liệu SKD61 trên máy phay CNC.

3. KẾT LUẬN

Từ những kết quả đạt được trong nghiên cứu này, rút ra kết luận như sau:

Các thông số n và S đều có ảnh hưởng đáng kể đến độ nhám của bề mặt chi tiết gia công. Trong đó n có ảnh hưởng đến R_a lớn nhất, tiếp theo là đến mức độ ảnh hưởng của S và S^2 . Sự ảnh hưởng đó được thể hiện theo phương trình (4), phương trình này là cơ sở để điều khiển hay tối ưu quá trình gia công trên máy phay CNC cho vật liệu SKD61 với những yêu cầu cụ thể về độ nhám bề mặt.

Trên cơ sở những kết quả đạt được trong bài báo này, việc xác định giá trị tối ưu của chế độ cắt khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC sẽ được chúng tôi thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Mạnh Cường, 2012. *Ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhám bề mặt khi gia công trên máy phay CNC*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [2]. Trương Thị Ngọc Thu, 2011. *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến nhám bề mặt khi gia công trên máy phay CNC*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [3]. Phùng Văn Cảnh, 2010. *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công vật liệu thép không gỉ SUS201 khi phay bằng dao phay mặt đầu thép gió phủ TiAlN*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.
- [4]. Vũ Đức Trường, 2010. *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt của dao phay thép gió sản xuất tại Việt Nam đến chất lượng bề mặt chi tiết*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [5]. Lê Hoài Sơn, 2016. *Nghiên cứu ảnh hưởng của quỹ đạo chuyển động của dao đến nhám bề mặt chi tiết khi phay CNC bằng dao phay ngón*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Văn Dự, Nguyễn Đăng Bình, 2011. *Qui hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*. NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [7]. Phạm Văn Lang, Bạch Quốc Khang, 1998. *Cơ sở lý thuyết qui hoạch thực nghiệm và Ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- [8]. Jiju Antony, 2003. *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Elsevier Science & Technology Books.
- [9]. Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tồn, Trần Xuân Việt, 2010. *Số tay công nghệ chế tạo máy - Tập 1*. NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [10]. Hoàng Tiến Dũng, 2015. *Nghiên cứu tối ưu hóa một số công nghệ khi phay*. Luận án tiến sĩ - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.