

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TAGUCHI ĐỂ LỰA CHỌN CÁC THÔNG SỐ CẮT TỐI ƯU CHO QUÁ TRÌNH GIA CÔNG PHAY KHUÔN LÀM BẰNG THÉP AS 3678-250 TRÊN MÁY PHAY CNC

STUDY THE TAGUCHI METHOD TO SELECT THE OPTIMUM CUT PARAMETERS FOR THE PROCESSING MOLDING PROCESS AS 3678-250 STEEL ON CNC MILLING MACHINE

Chu Việt Cường, Bùi Ánh Hưng

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

Đến Tòa soạn ngày 12/4/2017, chấp nhận đăng ngày 08/5/2017

Tóm tắt: Bài báo trình bày việc nghiên cứu phương pháp Taguchi để lựa chọn các thông số cắt tối ưu (S, V, t) cho quá trình gia công phay khuôn ép nhựa làm bằng thép hợp kim AS 3678-250 trên trung tâm gia công CNC sao cho đạt được độ nhám nhỏ nhất và độ mòn dao nhỏ nhất. Đây là một phương pháp tiếp cận mới, dễ sử dụng và đang được sử dụng rất rộng rãi trong các ngành công nghiệp sản xuất.

Từ khóa: Tối ưu hóa, gia công cắt gọt, phương pháp Taguchi.

Abstract: This paper presents the study of the Taguchi method for the selection of optimum cut parameters (S, V, t) for machining plastic injection molding made by AS 3678-250 alloy steel on the CNC machining centre to achieve the least roughness and smallest knife wear. This is a new approach, easy to use and is being used extensively in the manufacturing industry.

Keywords: Optimization, machining, Taguchi method.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong các phương pháp gia công cơ khí thì phương pháp phay là một trong những phương pháp có ưu thế, chiếm một tỷ trọng tương đối lớn. Sản phẩm của phương pháp gia công phay rất đa dạng từ những chi tiết rất nhỏ đến những chi tiết rất lớn, từ những chi tiết đơn giản đến các chi tiết rất phức tạp, từ những chi tiết có độ chính xác thấp đến các chi tiết có độ chính xác cao, trong đó chất lượng bề mặt là một yêu cầu của chất lượng sản phẩm.

Vấn đề đặt ra là chất lượng bề mặt chi tiết sau khi gia công có ảnh hưởng như thế nào đến chất lượng làm việc của chi tiết, các

thông số công nghệ có ảnh hưởng như thế nào tới chất lượng bề mặt khi gia công phay? Và các phương pháp nào đảm bảo tới chất lượng bề mặt? Mặt khác, với điều kiện thiết bị, dao cụ, chi tiết và công nghệ tron nguội cụ thể và yêu cầu độ nhám cho phép thì chế độ công nghệ hợp lý là gì, thiết bị đó có đáp ứng với yêu cầu độ nhám đó không?

2. ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ TỚI CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT

2.1. Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt tới tính chất sử dụng của chi tiết máy

Nhiều công trình nghiên cứu đã chứng minh rằng ma sát và cường độ mòn của chi tiết

máy phụ thuộc vào chiều cao và hình dáng của độ nhám bề mặt và phương của vết gia công.

- Ảnh hưởng tới độ mòn của chi tiết.
- Ảnh hưởng đến tính ăn mòn hóa học của lớp bề mặt chi tiết.
- Ảnh hưởng đến độ bền mỏi của chi tiết máy.
- Ảnh hưởng của ứng suất dư: ứng suất dư nén trên lớp bề mặt có tác dụng làm tăng độ bền mỏi của chi tiết.
- Ảnh hưởng đến độ chính xác các mối ghép: Đối với mối ghép lỏng, trong giai đoạn mòn ban đầu R_z giảm từ 65 đến 75%, làm khe hở mối ghép tăng lên và độ chính xác của mối ghép giảm đi. Độ bền của mối ghép chặt có quan hệ trực tiếp với độ nhám bề mặt lắp ghép, độ nhám tăng thì độ bền mối ghép chặt giảm.

2.2. Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ tới chất lượng bề mặt chi tiết khi phay khuôn

- Ảnh hưởng của dụng cụ cắt [2].
- Ảnh hưởng của chế độ cắt V, S, t_0 .
- Ảnh hưởng của đường chạy dao, phay thuận hoặc phay nghịch.
- Ảnh hưởng của vật liệu gia công: Vật liệu gia công ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt chủ yếu là do khả năng biến dạng dẻo.
- Ảnh hưởng của rung động hệ thống công nghệ (máy - dao - đồ gá - chi tiết gia công).

2.3. Phương pháp đảm bảo chất lượng bề mặt

Để nâng cao chất lượng bề mặt sau khi gia công, ta cần quan tâm đến các biện pháp sau:

- Phải chuẩn bị hệ thống công nghệ thật tốt để nâng cao độ ổn định của quá trình cắt như: nâng cao độ cứng vững máy, nâng cao giảm chấn của máy, giảm nhỏ trọng lượng phối, sử dụng chế độ cắt tối ưu...

- Mỗi bề mặt cần chọn dao phay hợp lý.
- Nên chọn loại dao phay có đầu cắt bằng hợp kim, hoặc loại dao được phủ các vật liệu có độ cứng cao như TiN, AlTiN, TiCN, TiB₂ [1], [3].
- Sử dụng công nghệ bôi trơn và làm nguội tối thiểu.
- Gia công chi tiết với tốc độ cao.
- Sử dụng các phương pháp gia công khác nhau

3. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TAGUCHI ĐỂ LỰA CHỌN THÔNG SỐ TỐI ƯU

Phương pháp Taguchi

Phương pháp Taguchi là phương pháp để đảm bảo rằng chất lượng dựa trên việc xây dựng sản phẩm thiết thực và cách thức thiết kế. Phương pháp này đã được ứng dụng rất thành công trong công nghiệp, đây là một dạng của thiết kế thử nghiệm DOE (Design Of Experiment) với những nguyên tắc áp dụng đặc biệt [5].

Các bước thực hiện đầy đủ phương pháp Taguchi gồm: xác định nhân tố và sự ảnh hưởng qua lại lẫn nhau; xác định các mức cho các nhân tố; lựa chọn một sự sắp xếp trực giao phù hợp OAs (Orthogonal Arrays); ấn định các nhân tố/ sự ảnh hưởng lẫn nhau tới mỗi cột của OAs; kiểm soát các thí nghiệm; phân tích dữ liệu và xác định các mức tối ưu; xác thực thí nghiệm.

Trong phương pháp Taguchi, thiết kế mong muốn đã được hoàn thành lần cuối bởi việc lựa chọn sự thể hiện tốt nhất các thông số đã cho. Có 2 dạng nhân tố ảnh hưởng tới đặc tính của sản phẩm là “Control” và “Noise” [5]. Nhân tố “Control” là các nhân tố dễ dàng được kiểm soát như việc lựa chọn vật liệu, thời gian của quy trình, nhiệt độ. Nhân tố “Noise” là nhân tố khó hoặc không thể hoặc đắt tiền để được kiểm soát, như yếu tố Noise bên trong, bên ngoài và giữa các sản phẩm. Ví dụ “Noise” bên ngoài là điều kiện sử dụng của khách hàng.

Công cụ được sử dụng trong phương pháp Taguchi là sự sắp xếp trực giao OA (Orthogonal Arrays); và tỷ số S/N (Signal-to-Noise) [4], [5]. Trong đó OA là một ma trận các số được sắp đặt theo cột và

hàng, được sử dụng một cách có hệ thống. Các cột là các yếu tố (nhân tố) hoặc các mức thể hiện, các hàng là số các thí nghiệm (có thể là 4-L4, 8-L8, 9-L9, 18-L18, 27-L27...).

Bảng 1. Ví dụ về sự sắp xếp trực giao OA cho bốn nhân tố A, B, C, D, E, F, G ở ba mức (1- nhỏ nhất, 2- trung bình, 3- lớn nhất) [4]

Run	Factors		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

(a) L₄ (2³) array

Run	Factors						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

(b) L₈ (2⁷) array

Run	Factors			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

(c) L₉ (3⁴) array

Ở đây “Sign” được hiểu là sản phẩm đang cố gắng hướng tới. “Noise” là sự xen vào mà nó làm giảm giá trị của “Sign”, chúng có thể đến từ bên ngoài hoặc từ hệ thống bổ sung trong sản phẩm. Tỷ số S/N được xác định số lượng mức độ biến đổi. Có ba loại tỷ số S/N phụ thuộc vào các tiêu chí của yêu cầu gia công, đó là:

- Tiêu chí “giá trị càng nhỏ càng tốt - smaller, the better” tức là làm cho kết quả thí nghiệm nhỏ nhất có thể:

$$SN_S = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Trong đó: y_i - dữ liệu quan sát được ở thí nghiệm thứ i ; n - số thí nghiệm.

- Tiêu chí “kỹ nhất tốt nhất - nominal the best” tức là làm giảm sự sai lệch quanh một mục tiêu:

$$SN_T = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{S^2} \right)$$

Trong đó, \bar{y} - giá trị trung bình:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

S - phương sai tiêu chuẩn:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

- Tiêu chí “giá trị càng lớn càng tốt - larger the better” tức là làm cho kết quả thí nghiệm lớn nhất có thể:

$$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Trên biểu đồ tỷ số S/N là giá trị trung bình được vẽ cho mỗi nhân tố với mỗi mức giá trị của nó. Từ biểu đồ sau đó lựa chọn tỷ số lớn nhất và đem lại điều kiện trên mục tiêu. Cũng từ tỷ số S/N các thông số có hiệu quả, có ảnh hưởng tới kết quả của quá trình có thể được thấy và thông số tối ưu có thể được lựa chọn. Các nhân tố ảnh hưởng cũng có thể được nhóm theo các nhóm sau [5]:

- Nhóm 1: Các nhân tố ảnh hưởng cả tới sự chênh lệch và hiệu suất trung bình của sản phẩm.
- Nhóm 2: Các nhân tố chỉ ảnh hưởng tới sự chênh lệch.
- Nhóm 3: Các nhân tố chỉ ảnh hưởng tới giá trị trung bình.
- Nhóm 4: Các nhân tố không ảnh hưởng đến sự chênh lệch hoặc hiệu suất trung bình của sản phẩm.

Các nhân tố ở nhóm 1 và 2 được sử dụng để giảm sự chênh lệch trong hệ thống, làm cho nó mạnh hơn. Các nhân tố ở nhóm 3 dùng để

điều chỉnh giá trị trung bình tới mục tiêu. Các nhân tố nhóm 4 dùng để tạo mức kinh tế nhất.

4. THÍ NGHIỆM NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CẮT VÀ HÌNH DẠNG MŨI DAO ĐẾN CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT KHI PHAY KHUÔN

4.1. Mục đích, yêu cầu

Sử dụng phương pháp Taguchi để lựa chọn thông số cắt tối ưu cho quá trình gia công phay khuôn vật liệu AS 3678-250 có độ cứng cao. Trong quá trình phay mong muốn đạt được độ nhám nhỏ nhất và độ mòn dao nhỏ nhất, nên tỷ số S/N có tiêu chí gia công “giá trị càng nhỏ càng tốt” được lựa chọn (tỷ số SN_S).

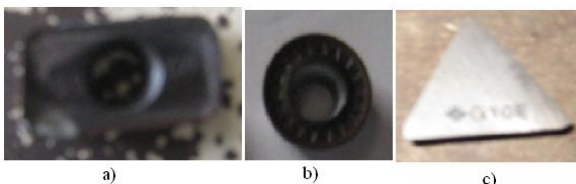
4.2. Trình tự thí nghiệm

- Phôi: AS 3678 grade 250, quy cách PL10×150×500; tổng hàm lượng các nguyên tố là 2,69%; có độ cứng cao tương đương 60 HRC; khối lượng tấm mẫu là 6,2 kg.



Hình 1. Mẫu thử nghiệm

- Máy thực hiện: máy phay giường CNC Miyakawa.
- Dụng cụ cắt:

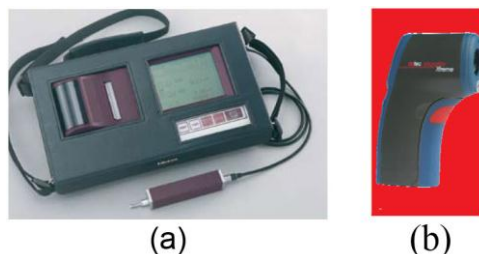


Hình 2. Dao cắt hợp kim

a) Dao hình bình hành T15K6; b) Dao hình tròn CAK74; c) Dao hình tam giác G10E

- Thiết bị kiểm tra: thiết bị đo độ nhám bề mặt SJ301 (Mitutoyo - H8.a), thiết bị đo

hiệt độ IRtec Microray Extreme (TBN - H8.b).



Hình 3. Các thiết bị kiểm tra

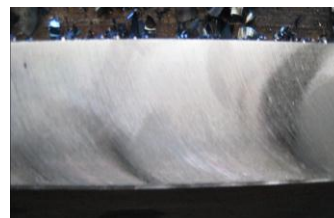
- Chế độ gia công: 3 mức được lựa chọn theo chỉ dẫn về loại mảnh cắt

Bảng 2. Các mức giá trị thông số cắt S , V , t_0

Các thông số gia công	Mức 1	Mức 2	Mức 3
Tốc độ cắt V (m/phút)/(vòng/phút)	110/350	150/475	190/610
Đường kính dao phay $D = 100$ mm			
Lượng chạy dao S (mm/vòng)	0,5	0,3	0,07
Chiều sâu cắt t_0 (mm)	2,0	1,5	0,5

Theo Taguchi, ta có số thí nghiệm: $3 \times 3 \times 3 = 27$ (LOA = 27: sự sắp xếp trực giao tiêu chuẩn được chọn, do đó 27 hàng, 26 bậc tự do).

- Dung dịch trơn nguội: Lactucalt 2.
- Thực hiện gia công: thiết kế chi tiết trên phần mềm MasterCAM X6, xuất chương trình gia công, sau đó tiến hành nạp chương trình và gia công trên máy phay CNC Miyakawa.



Hình 4. Bề mặt mẫu sau khi gia công trên máy phay CNC-Miyakawa

- Kết quả thí nghiệm:

- Kiểm tra thiết bị đo trước khi đo: độ nhám của mẫu chuẩn là $R_a = 2,94 \mu\text{m}$; $R_z = 9,3 \mu\text{m}$ so với kết quả hiển thị trên màn hình thiết bị là $R_a = 2,95 \mu\text{m}$; $R_z = 9,4 \mu\text{m}$. Kết quả nằm trong sai số cho phép 5%. Vậy thiết bị hoạt động bình thường.

- Đo theo chiều vuông góc với vết gia công.

Bảng 3. Sắp xếp trực giao tiêu chuẩn và kết quả thí nghiệm

STT	Chế độ cắt			Thông số độ nhám			η (dB)
	V	S	t_0	$R_a(\mu m)$	$R_z(\mu m)$	$R_q(\mu m)$	
1	1	1	1	5,92	16,08	6,45	-15,446
2	1	1	2	5,68	15,89	6,2	-15,087
3	1	1	3	7,12	17,28	7,64	-16,976
4	1	2	1	5,87	16,03	6,39	-15,373
5	1	2	2	4,79	15,55	5,31	-13,607
6	1	2	3	6,23	16,36	6,75	-15,89
7	1	3	1	4,89	15,05	5,41	-13,786
8	1	3	2	4,58	14,79	5,1	-13,217
9	1	3	3	5,38	15,54	5,9	-14,616
10	2	1	1	4,78	14,94	5,3	-13,589
11	2	1	2	4,56	14,72	5,09	-13,179
12	2	1	3	5,22	15,38	5,74	-14,353
13	2	2	1	2,74	12,92	3,27	-8,755
14	2	2	2	2,62	12,80	3,14	-8,366
15	2	2	3	3,58	13,76	4,1	-11,078
16	2	3	1	2,64	12,86	3,16	-8,4321
17	2	3	2	2,39	12,55	2,92	-7,568
18	2	3	3	3,39	13,57	3,91	-10,604
19	3	1	1	4,20	14,39	4,72	-12,465
20	3	1	2	3,82	13,98	4,34	-11,641
21	3	1	3	4,72	14,88	5,24	-13,479
22	3	2	1	2,54	12,74	3,06	-8,0967
23	3	2	2	2,34	12,52	2,86	-7,3843
24	3	2	3	3,10	13,26	3,62	-9,8272
25	3	3	1	2,37	12,53	2,90	-7,495
26	3	3	2	2,18	12,39	2,92	-6,7691
27	3	3	3	2,46	12,62	2,98	-7,8187

- Kết quả đo độ nhám bề mặt khi phay mẫu với mảnh dao cắt có hình dáng hình học khác nhau, với chế độ cắt $V = 150$ m/phút; $S = 0,3$ mm/vòng; $t = 1,5$ mm.

Bảng 4. Kết quả độ nhám với mỗi loại mảnh dao cắt khác nhau

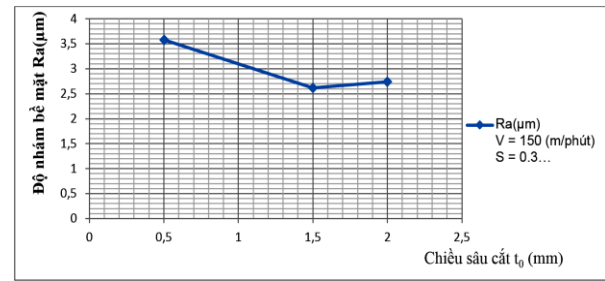
Loại mảnh dao cắt (theo chiều tăng bán kính mũi dao r)	Kết quả đo độ nhám R_a / R_z (μm)		
	Lần đo 1	Lần đo 2	Lần đo 3
Mảnh cắt hình tam giác  - Kích thước 16x16x16 mm, dây 6 mm - Bán kính $r \approx 0,4$ mm	2,62/12,78	2,89/13,05	3,12/13,33
Mảnh cắt hình chữ nhật  - Kích thước 22x14 mm - Dây 8 mm - Bán kính $r \approx 1,2$ mm	2,34/12,5	2,58/12,74	4,56/14,72
Mảnh cắt hình tròn  - Đường kính $D = 12$ mm - Dây 7 mm - Bán kính $r = 6$ mm	2,16/12,32	2,48/12,64	4,32/14,53

4.3. Nhận xét và đánh giá

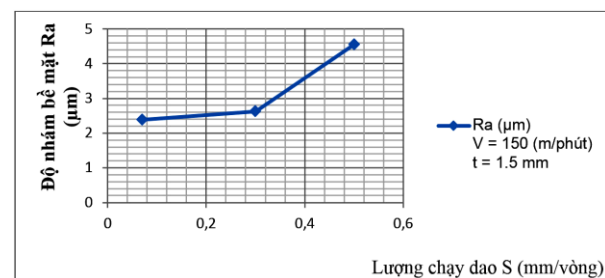
- Biến đổi của độ nhám bề mặt khi thay đổi

các thông số cắt:

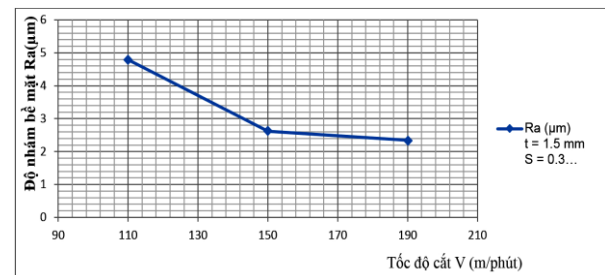
- Mối quan hệ giữa V , S , t_0 và R_a :



Hình 4. Mối quan hệ giữa chiều sâu cắt t_0 và độ nhám bề mặt R_a



Hình 5. Mối quan hệ giữa lượng chạy dao S và độ nhám bề mặt R_a



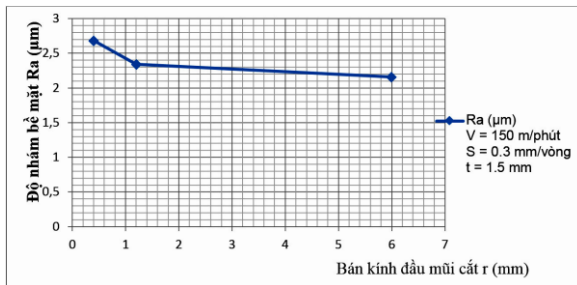
Hình 6. Mối quan hệ giữa tốc độ cắt V và độ nhám bề mặt R_a

- Chọn thông số cắt tối ưu theo Taguchi.

Bảng 5. Tỷ số trung bình S/N ở các mức khác nhau

	Tỷ số trung bình (S/N) cho nhám bề mặt (dB)		
	Tốc độ cắt	Lượng chạy dao	Chiều sâu cắt
Mức 1	-14,889	-14,024	-11,833
Mức 2	-10,658	-10,931	-10,758
Mức 3	-9,7815	-10,374	-12,738
Delta	14,92	7,773	1,965
Cấp độ ảnh hưởng	1	2	3

- Biến đổi của độ nhám bề mặt khi thay đổi hình dạng mảnh dao:



Hình 7. Mối quan hệ giữa bán kính đầu mũi cắt và độ nhám bề mặt R_a

- Ảnh hưởng góc của dao tới việc tạo phoi



Hình 8. Phoi tạo bởi 2 loại mảnh cắt khác nhau:
a) Tròn; b) Tam giác

- Nhiệt độ ở các tốc độ cắt khác nhau với cùng lượng chạy dao: $S = 0,5$ mm/vòng và chiều sâu cắt $t = 1,5$ mm.

Bảng 6. Nhiệt độ với các mức tốc độ cắt

Tốc độ cắt V (m/phút)	Nhiệt độ ($^{\circ}$) tại vùng tiếp xúc lưỡi cắt và chi tiết sau 2 đường chạy dao
110	132
150	169
190	194



5. KẾT LUẬN

Trong quá trình gia công phay khuôn, chế độ cắt S , V , t có ảnh hưởng nhiều nhất tới độ nhám bề mặt, đặc biệt thông số V , S . Ở tốc độ cắt lớn hơn 30 m/phút, khi tăng tốc độ cắt độ nhám giảm. Khi giảm lượng chạy dao, khi tăng chiều sâu cắt, khi tăng bán kính mũi cắt độ nhám đều giảm.

Qua đó ta thấy phương pháp Taguchi là một phương pháp tiếp cận mới, đơn giản, có hệ thống, được sử dụng trong việc tối ưu hóa thông số cắt. Trong phạm vi bài báo này, các thông số cắt tối ưu là vận tốc cắt là 190 m/phút; chiều sâu cắt là 1,5 mm; lượng chạy dao 0,07 mm/vòng; độ nhám đạt được là 2,18 μ m. Đây có thể coi là bước đầu sử dụng phương pháp này cho các công trình nghiên cứu tiếp theo và được áp dụng vào trong sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hùng, *Ma sát học*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [2] Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, *Nguyên lý gia công vật liệu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [3] Nguyễn Trọng Bình, *Tối ưu hóa quá trình gia công cắt gọt*, NXB Giáo dục, 2003
- [4] Sanjiv Sarin, *Teaching Taguchi's approach to parameter design*, ABI/INFORM global, May 1997.
- [5] Simpson, T.W *Manufacturing Process: Integrated product and process design*, McGraw Hill, New York, 2000.

Thông tin liên hệ:

Chu Việt Cường, Bùi Ánh Hưng

Điện thoại: 098.923.8644 - Email: cvcuong@uneti.edu.vn

094.507.6476 - Email: bahung@uneti.edu.vn

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

