

# NGHIÊN CỨU ĐỘ NHÁM BỀ MẶT CHI TIẾT GIA CÔNG TRÊN MÁY TIỆN KHI TRỤC CHÍNH TRUYỀN ĐỘNG BẰNG ĐỘNG CƠ THỦY LỰC

## RESEARCH ON SAMPLES' SURFACE ROUGHNESS OF TURNING LATHES WHEN SPINDLE DRIVEN BY A HYDRAULIC MOTOR

Trần Ngọc Hải<sup>1</sup>, Trần Xuân Tuy<sup>1</sup>, Nguyễn Thượng Lý<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; *thai@dut.udn.vn, tranxuantuy@yahoo.fr*

<sup>2</sup>Công ty TNHH Nhân Hưng; *thuongly1178@gmail.com*

**Tóm tắt** - Truyền động và điều khiển tự động hệ thống thủy lực trong các máy gia công cắt gọt kim loại hiện nay đang được ứng dụng mạnh ở các nước công nghiệp. Đặc biệt, trong cuộc "Cách mạng công nghiệp 4.0" đã và đang xâm nhập vào thị trường Việt Nam, tạo ra những thách thức không nhỏ với các nhà sản xuất và các nhà khoa học ở trong nước. Hiện nay, truyền động cho trục chính máy công cụ chủ yếu là hệ truyền động điện mà chưa quan tâm ứng dụng hệ truyền động bằng thủy lực. Bài cáo này trình bày kết quả ứng dụng hệ truyền động trục chính cho máy tiện bằng động cơ thủy lực, điều khiển tốc độ trục chính bằng van tỷ lệ. Đánh giá chất lượng của hệ truyền động trục chính thông qua chỉ tiêu đánh giá độ nhám bề mặt của chi tiết công, trong đó hệ truyền động trục chính tham chiếu được sử dụng là động cơ điện ba pha, điều khiển tốc độ trục chính bằng bộ biến tần. Từ đó, đề xuất khả năng ứng dụng hệ truyền động thủy lực trên trục chính các máy công cụ truyền thống và các máy công cụ CNC.

**Từ khóa** - truyền động thủy lực; trục chính máy tiện; máy tiện thủy lực; tiêu chuẩn độ nhám bề mặt; Mitutoyo Surftest SJ-301.

### 1. Đặt vấn đề

Truyền động và điều khiển tự động hệ thủy lực trong các trang thiết bị công nghiệp là một trong những hướng phát triển công nghệ cao và là xu thế ứng dụng ở trong nước. Trong đó, nghiên cứu quá trình động lực học hệ thống (độ ổn định, độ chính xác và thời gian đáp ứng,...) của hệ điều khiển là vấn đề cần quan tâm.

Trục chính là một trong những cụm chi tiết quan trọng trong máy công cụ nói chung. Độ chính xác, độ cứng vững của trục chính sẽ ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm gia công, trong đó độ ổn định tốc độ trục chính sẽ ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công. Hiện nay, đã có một số nghiên cứu được công bố về ổn định tốc độ của trục chính máy tiện.

T.N. Hải [1] công bố nghiên cứu độ ổn định tốc độ của trục chính máy tiện khi truyền động bằng động cơ thủy lực. Trong đó, nghiên cứu đã xây dựng mô hình động lực học của cụm trục chính, thiết lập các phương trình mô tả toán học của hệ thống; chọn bộ điều khiển theo P, theo PD và PID. Ứng dụng phần mềm Matlab khảo sát mô phỏng đáp ứng quá độ với 3 bộ điều khiển khác nhau và so sánh kết quả đã chỉ ra rằng, khi điều khiển bằng bộ điều khiển PID thì đáp ứng tốc độ của trục chính là tốt nhất.

T.N. Hải và V.N. Thành [2] đã công bố nghiên cứu độ ổn định tốc độ của trục chính máy tiện CNC. Trong đó, hệ truyền động trục chính là động cơ điện một chiều, ứng dụng bộ điều khiển PID và mô phỏng đáp ứng quá độ bằng phần mềm Matlab. Nghiên cứu đã tiến hành so sánh kết quả điều khiển tương đương với hệ truyền động bằng động cơ thủy lực [1].

L. Cung, N.A. Dũng và T.N. Hải [3] đã công bố nghiên cứu thực nghiệm về ổn định tốc độ của trục chính máy tiện

**Abstract** - Drive and control of hydraulic systems in metal cutting machines are now being widely used in industrial countries. Furthermore, the "Industrial Revolution 4.0" has been entering into Vietnamese market, posing a huge challenge for manufacturers and scientists. Nowadays, drive systems on universal machines' spindles are mainly electric drives, not hydraulic ones. This paper presents the results of the application of spindle speed for turning lathes by a hydraulic motor that is controlled by proportional valves. Also, for evaluation of the quality of the spindle drive system through the sample's surface roughness, for reference, a three-phase electric motor is used to control spindle whose speed is controlled by inverters. From the results, the authors propose the possibility of applying hydraulic drives on conventional machines' and CNC's spindles.

**Key words** - hydraulic drive; lathe spindle; hydraulic lathe; surface roughness; Mitutoyo Surftest SJ-301.

khi truyền động bằng động cơ thủy lực. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết được công bố [1], nhóm tác giả đã tiến hành lắp ráp máy thực nghiệm, chọn bo mạch điều khiển Arduino, viết chương trình điều khiển. Kết quả cho thấy, đáp ứng tốc độ của trục chính hoàn toàn phù hợp với kết quả lý thuyết.

Ali Abdul Mohsin Hassan AL-Assady và cộng sự [6] đã thiết kế và phân tích điều khiển tốc độ của động cơ thủy lực bằng van tỷ lệ và bộ điều khiển PID với nhiều bộ tham số  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$ , được tìm bằng các phương pháp Trial và error method; Ziegler và Nichols method; Trial và error method; Self-turn parameters bởi Matlab package V7.1. Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi sử dụng bộ điều khiển PID cổ điển thì chất lượng động lực học tốt nằm trong phạm vi nhiệt độ từ 60 đến 70°C, ở tốc độ của động cơ thủy lực là 700 (rpm) với quá trình thay đổi tải trên trục ra của động cơ thủy lực.

Qua các báo cáo khoa học đã được công bố, có thể thấy rằng, độ chính xác về tốc độ của động cơ thủy lực được các nhà khoa học hết sức quan tâm. Tuy nhiên, ứng dụng truyền động trục chính máy tiện bằng động cơ thủy lực đến hiện nay vẫn là một hướng nghiên cứu mới tại Việt Nam.

### 2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

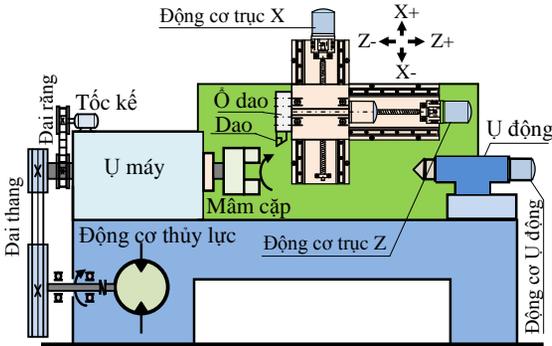
Trong bài báo này, nhóm tác giả chỉ đo thông số nhám  $R_z$ ,  $R_z$  là khoảng cách giữa đỉnh nhám cao nhất và rãnh nhám thấp nhất trên profin trong phạm vi một chiều dài chuẩn [4 - 7]. Thiết bị đo sử dụng là máy đo độ nhám bề mặt Mitutoyo Surftest SJ-301, thể hiện trên ảnh chụp (Hình 1). Kết quả đo nhám  $R_z$  là cơ sở để so sánh, đánh giá nhằm ứng dụng hệ truyền động trục chính máy tiện bằng động cơ thủy lực.



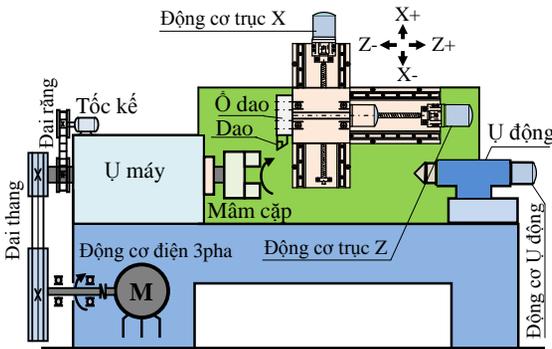
Hình 1. Ảnh chụp máy đo độ nhám bề mặt

2.1. Hệ thống truyền động và điều khiển

Máy tiện được thể hiện trên sơ đồ nguyên lý như Hình 2 và Hình 3.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của máy tiện có trục chính truyền động bằng động cơ thủy lực



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của máy tiện có trục chính truyền động bằng động cơ điện 3 pha

Trong đó, cụm trục chính máy tiện được truyền động với hai hệ truyền động. Thứ nhất, từ động cơ thủy lực qua bộ truyền đai thang, điều khiển tốc độ của động cơ thủy lực truyền động trục chính bằng van tỷ lệ (Hình 2).

Thứ hai, từ động cơ điện 3 pha qua bộ truyền đai thang, điều khiển tốc độ của động cơ điện 3 pha truyền động trục chính bằng bộ biến tần (Hình 3).

Hệ thống chạy dao hai trục X, Z và U động được truyền động từ động cơ bước qua bộ truyền vít me - đai ốc bi. Thiết bị đo tốc độ của trục chính được sử dụng là tốc kế, tốc kế nhận tín hiệu tốc độ của trục chính qua bộ truyền đai răng.

Board mạch điều khiển nhóm tác giả sử dụng là board Mach 3 VM4 [8], thiết lập chương trình gia công trên phần mềm Mach 3 [9].

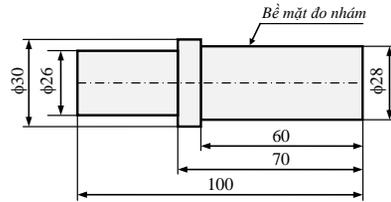
2.2. Chọn phôi, chi tiết gia công, chọn dao và các thông số công nghệ

Kích thước phôi gia công được thể hiện trên Hình 4 với

vật liệu là thép CT38, chi tiết gia công thể hiện trên Hình 5.



Hình 4. Phôi gia công (thép CT38)



Hình 5. Chi tiết gia công

Chọn dao và thông số gia công theo tiêu chuẩn của hãng Mitsubishi, thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Số hiệu dao, các thông số của dao và thông số cắt

Shape	Order Number	Coated			Dimensions (mm)				Geometry
		UEE110	UEE620	UCS115	D1	S1	Re	D2	
MP Breaker	DNMG150404-MP	●	●	●	12.7	4.76	0.4	5.16	
	150408-MP	●	●	●	12.7	4.76	0.8	5.16	
	150412-MP	●	●	●	12.7	4.76	1.2	5.16	
	150416-MP	●	●	●	12.7	4.76	1.6	5.16	
	150604-MP	●	●	●	12.7	6.35	0.4	5.16	
	150608-MP	●	●	●	12.7	6.35	0.8	5.16	
Medium Cutting	150612-MP	●	●	●	12.7	6.35	1.2	5.16	
	150616-MP	●	●	●	12.7	6.35	1.6	5.16	
MP Breaker	VNMG160404-MP	●	●	●	9.525	4.76	0.4	3.81	
	160408-MP	●	●	●	9.525	4.76	0.8	3.81	
	160412-MP	●	●	●	9.525	4.76	1.2	3.81	
Medium Cutting									
Insert	DNMG150612-00								
Workpiece	Carbon steel (JIS S45C)								
Component	Automotive part								
Cutting Conditions	Cutting speed (m/min)	280							
	Feed (mm/rev)	0.2-0.4							
	Depth of cut (mm)	0.4-1.0							
Coolant	Wet cutting								
Results	 Breaker remains		 Breaker is worn away		With conventional inserts, tool life was limited by rapidly deteriorating chip disposal conditions as the chip breaker eroded. The MP Breaker prevented chip disposal problems extending tool life from 300 to 400 parts.				

Bảng 2. Các thông số gia công

Hệ truyền động	Thông số gia công	Thông số gia công
Trục chính truyền động bằng động cơ điện 3 pha	$n_{tc} = 1.400$ vòng/ph $S = 25$ mm/ph	$n_{tc} = 1.400$ vòng/ph $S = 35$ mm/ph
Trục chính truyền động bằng động cơ thủy lực	$t = 0,2$ mm	$t = 0,2$ mm

Trên cơ sở phân tích từ nhà sản xuất dao (Bảng 1), nhóm tác giả thiết lập các thông số gia công khi thay đổi lượng chạy dao S (mm/ph) được thể hiện trên Bảng 2 tương ứng với 2 hệ truyền động cho trục chính, đó là trục chính truyền động bằng động cơ điện 3 pha và trục chính truyền động bằng động cơ thủy lực. Gia công 3 mẫu ứng với một hệ truyền động cùng với 1 chế độ gia công, tức là tổng số 12 mẫu được lấy.

2.3. Đo nhám bề mặt

Đo 12 mẫu chi tiết gia công trên máy đo Mitutoyo Surftest SJ-301, quá trình đo được thể hiện trên ảnh chụp (Hình 6).



Hình 6. Ảnh chụp quá trình đo

Kết quả đo mà nhóm tác giả thể hiện (Bảng 3 đến Bảng 6) và (Hình 7 đến Hình 10) tương ứng với 2 hệ truyền động trực chính.

2.3.1. Trục chính truyền động bằng động cơ điện 3 pha

Bảng 3. Kết quả đo Rz với 3 mẫu 1, 2 và 3

Thông số gia công	Mẫu	Độ nhám bề mặt theo Rz (μm)	Giá trị trung bình Rz (μm)	Cấp độ nhám
n <sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph S = 25 mm/ph T = 0,2 mm	1	27,105	26,5353	~ 5
	2	27,568		
	3	24,933		



Hình 7. Ảnh chụp giá trị Rz và biểu đồ profin

Bảng 4. Kết quả đo Rz với 3 mẫu 4, 5 và 6

Thông số gia công	Mẫu	Độ nhám bề mặt theo Rz (μm)	Giá trị trung bình Rz (μm)	Cấp độ nhám
n <sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph S = 35 mm/ph T = 0,2 mm	4	21,385	21,8706	~ 5
	5	21,427		
	6	22,8		



Hình 8. Ảnh chụp giá trị Rz và biểu đồ profin

2.3.2. Trục chính truyền động bằng động cơ thủy lực

Bảng 5. Kết quả đo Rz với 3 mẫu 7, 8 và 9

Thông số gia công	Mẫu	Độ nhám bề mặt theo Rz (μm)	Giá trị trung bình Rz (μm)	Cấp độ nhám
n <sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph S = 25 mm/ph T = 0,2 mm	7	15,056	17,65967	~ 5
	8	17,229		
	9	20,694		



Hình 9. Ảnh chụp giá trị Rz và biểu đồ profin

Bảng 6. Kết quả đo Rz với 3 mẫu 10, 11 và 12

Thông số gia công	Mẫu	Độ nhám bề mặt theo Rz (μm)	Giá trị trung bình Rz (μm)	Cấp độ nhám
n <sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph S = 35 mm/ph T = 0,2 mm	10	23,572	16,6723	~ 5
	11	13,045		
	12	13,4		



Hình 10. Ảnh chụp giá trị Rz và biểu đồ profin

Kết quả tổng hợp và so sánh giá trị trung bình Rz với 2 phương án truyền động trực chính được thể hiện trên Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả tổng hợp đo độ nhám bề mặt Rz

ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA		ĐỘNG CƠ THỦY LỰC		Giá trị sai lệch với 2 phương án truyền động (%)
Mẫu	Giá trị Rz trung bình (μm)	Mẫu	Giá trị Rz trung bình (μm)	
1	26,5353	7	17,6597	0,088
2		8		
3		9		
4	21,8706	10	16,6723	0,0519
5		11		
6		12		

3. Bàn luận

3.1. Hệ truyền động trực chính bằng động cơ điện 3 pha

Trên Bảng 3, với thông số gia công n<sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph, S = 25 mm/ph và t = 0,2 mm, ta thấy rằng 3 mẫu gia công có độ nhám tương đối giống nhau và trị số trung bình là 26,5353 μm. Mặt khác, trị số profin trên ảnh chụp (Hình 7) từng mẫu đo tương đối đồng đều. Từ cơ sở đó, tra bảng tiêu chuẩn tương ứng cấp độ nhám là 5.

Trên Bảng 4 cùng với thông số gia công n<sub>tc</sub> = 1.400 vòng/ph, S = 35 mm/ph và t = 0,2 mm, ta thấy rằng 3 mẫu gia công có độ nhám cũng tương đối giống nhau và trị số trung bình là 25,8706 μm. Mặt khác, trị số profin trên ảnh chụp (Hình 8) từng mẫu đo cũng tương đối đồng đều. Tra bảng tiêu chuẩn tương ứng cấp độ nhám là 5.

3.2. Hệ truyền động trực chính bằng động cơ thủy lực

Tương tự, trên Bảng 5 cùng với thông số gia công (Bảng 3), ta thấy rằng 3 mẫu gia công có trị số nhám trung bình là 17,65967 μm. Trị số profin trên ảnh chụp (Hình 9) từng mẫu đo tương đối giống (Hình 7) và tương ứng cấp độ nhám là 5.

Trên Bảng 6 cùng với thông số gia công (Bảng 4), 2 mẫu gia công 7, 8 có độ nhám tương đối giống nhau, còn mẫu 9 giá trị độ nhám cao hơn 0,1 % (sai lệch này vẫn nằm trong phạm vi cho phép, sai lệch này có thể do mòn dao hoặc sai số đo gây ra) và trị số trung bình là 16,6723 μm. Trị số profin trên ảnh chụp (Hình 10) từng mẫu đo có khác

nhau về biên độ nhưng không đáng kể. Tra bảng tiêu chuẩn tương ứng cấp độ nhám là 5.

Từ các kết quả trên, nhóm tác giả thấy rằng, với phạm vi thay đổi lượng chạy dao  $S = 25 - 35$  mm/ph cùng một vận tốc trục chính là 1.400 vòng/ph truyền động từ động cơ thủy lực thì độ nhám bề mặt thay đổi không đáng kể và vẫn nằm trong một cấp độ nhám (cấp 5).

### 3.3. So sánh độ nhám với 2 hệ truyền động trục chính

Trên Bảng 7 là kết quả tổng hợp các giá trị độ nhám Rz trung bình tương ứng với cùng chế độ gia công trên 2 hệ truyền động trục chính, đó là hệ truyền động bằng động cơ điện 3 pha và hệ truyền động bằng động cơ thủy lực.

Với thông số gia công  $n_{tc} = 1.400$  vòng/ph,  $S = 25$  mm/ph và  $t = 0,2$  mm, ta thấy rằng giá trị trung bình khi truyền động bằng động cơ thủy lực là 17,6597  $\mu\text{m}$ , thấp hơn giá trị trung bình khi truyền động bằng động cơ điện 3 pha là 26,5353  $\mu\text{m}$ . Giá trị sai lệch giữa 2 hệ truyền động là 0,088 %.

Với thông số gia công  $n_{tc} = 1.400$  vòng/ph,  $S = 35$  mm/ph và  $t = 0,2$  mm, ta thấy rằng giá trị trung bình khi truyền động bằng động cơ thủy lực là 16,6723  $\mu\text{m}$  cũng thấp hơn giá trị trung bình khi truyền động bằng động cơ điện 3 pha là 21,8706  $\mu\text{m}$ . Giá trị sai lệch giữa 2 hệ truyền động là 0,0519 %.

Qua so sánh trên (Bảng 7), sai lệch độ nhám giữa 2 hệ truyền động rất nhỏ, kết quả đo độ nhám hoàn toàn phù hợp với cơ sở lý thuyết. Với kết quả này, có thể ứng dụng hệ truyền động bằng động cơ thủy lực cho trục chính máy tiện công cụ có công suất lớn hoặc trong các máy tiện CNC chuyên dụng.

## 4. Kết luận

Bài báo đã:

Phân tích một số công trình khoa học đã được công bố trên các tạp chí, hội nghị trong và ngoài nước. Đó là cơ sở để nghiên cứu ứng dụng hệ truyền động thủy lực trên trục chính máy tiện.

Giới thiệu nguyên lý với hai truyền động trục chính máy tiện, chọn phôi gia công, vật liệu gia công là thép CT38 (là vật liệu khó đạt độ nhám bề mặt), chi tiết gia công, chọn dao và các thông số gia công trên máy. Gia công chi tiết trên hai hệ truyền động trục chính và đo độ nhám bề mặt (Rz) trên máy đo Mitutoyo SurfTest SJ-301.

Qua các kết quả và nhận xét trên ta thấy rằng, với cùng

vận tốc trục chính, chiều sâu cắt ở 2 hệ truyền động trục chính khi thay đổi lượng chạy dao S thì độ nhám bề mặt cùng nằm trong một cấp nhám (cấp 5). Với các bề mặt gia công có cùng profin sóng sin, biên độ nhấp nhô trong một chế độ cắt với 2 phương án truyền động trục chính tương đối giống nhau và giá trị biên độ nhỏ. Tuy nhiên, lượng chạy dao càng nhỏ thì độ nhám Rz ở 2 phương án truyền động trục chính tăng, điều này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu lý thuyết (vì xảy hiện tượng trượt của mũi dao trên bề mặt gia công).

Qua kết quả thực nghiệm, nhóm tác giả thấy rằng có thể ứng dụng hệ truyền động và điều khiển động cơ thủy lực cho trục chính máy tiện vạn năng, vì có một số ưu điểm nổi bật là kết cấu nhỏ gọn, điều khiển tốc độ trục chính vô cấp với thao tác đơn giản mà không cần phải có hộp tốc độ [3].

Có thể phát triển kết quả nghiên cứu để ứng dụng hệ truyền động và điều khiển thủy lực cho trục chính các máy công cụ vạn năng cũng như các máy CNC chuyên dụng có công suất lớn. Đây là hướng nghiên cứu ứng dụng mới và cần thiết để phát triển lĩnh vực thiết kế, chế tạo máy công cụ trong nước.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Ngọc Hải, *Nghiên cứu độ ổn định tốc độ của trục chính máy tiện khi truyền động bằng động cơ thủy lực*, Hội nghị toàn quốc lần thứ 7 về Cơ điện Điện tử, 2014, ISBN: 978-604-913-306-0, trang 180-185.
- [2] Trần Ngọc Hải, Võ Như Thành, *Nghiên cứu độ ổn định tốc độ của trục chính máy tiện CNC*, Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ 4, 2015, ISBN: 978-604-73-3691-3, trang 180-187.
- [3] Trần Ngọc Hải, Lê Cung, Ngô Anh Dũng, *Nghiên cứu thực nghiệm về ổn định tốc độ của trục chính máy tiện khi truyền động bằng động cơ thủy lực*, Hội nghị toàn quốc lần thứ 8 về Cơ điện Điện tử, 2016, ISBN: 978-604-913-503-3, trang 494-499.
- [4] Nguyễn Tiến Thọ, Nguyễn Thị Xuân Bày, *Kỹ thuật đo lường và kiểm tra trong chế tạo cơ khí*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [5] Kambiz Haji Hajikolaei, Hamed Moradi, Gholamreza Vossoughi, Mohammad R. Movahhedy, "Spindle speed variation and adaptive force regulation to suppress regenerative chatter in the turning process", *Journal of Manufacturing Processes*, 12, 2010, pp. 106-115.
- [6] Richard L., *Fundamental Principles of Engineering Nanometrology*, 1<sup>st</sup> edition, ISBN-13: 978-0-08-096454-6, Published by Elsevier Inc, 2010.
- [7] ISO/FDIS 25178-6, *Geometrical product specification (GPS) - Surface texture: Areal - Part 6: Classification of methods for measuring surface texture*, International Organization of Standardization, 2009.
- [8] <http://www.codientviet.com>
- [9] <http://www.machsupport.com/software/mach3/>

(BBT nhận bài: 21/09/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 12/10/2017)