

# MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH MÀI VÔ TÂM CHẠY DAO HƯỚNG KÍNH

Phan Bùi Khôi<sup>1,\*</sup>, Ngô Cường<sup>2</sup>, Đỗ Đức Trung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Kinh tế kỹ thuật, Tổ 15, P. Thịnh Đán, TP. Thái Nguyên

\*Email: [khoi.phanbui@hust.edu.vn](mailto:khoi.phanbui@hust.edu.vn)

Đến Tòa soạn: 13/2/2014; Chấp nhận đăng: 14/4/2014

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ không tròn bề mặt chi tiết khi mài vô tâm chạy dao hướng kính. Hai thông số của chế độ cắt được chọn để khảo sát bao gồm vận tốc cắt và lượng chạy dao hướng kính. Mục tiêu của nghiên cứu là dự đoán độ không tròn bề mặt chi tiết có thể đạt được khi mài vô tâm chạy dao hướng kính ứng với các giá trị khác nhau của vận tốc cắt và lượng chạy dao, góp phần làm giảm thời gian điều chỉnh máy, nâng cao độ chính xác gia công.

*Từ khóa:* mài vô tâm chạy dao hướng kính, độ tròn, vận tốc cắt, lượng chạy dao, mô phỏng.

## 1. CÁC KÍ HIỆU CHÍNH

- $h$  - chiều cao tâm chi tiết (mm);
- $d_s$  - đường kính đá mài (mm);
- $d_w$  - đường kính chi tiết gia công (mm);
- $d_R$  - đường kính đá dẫn (mm);
- $\alpha'$  - góc nghiêng của thanh tỳ ( $^\circ$ );
- $\beta$  - góc tiếp tuyến ( $^\circ$ );
- $K$  - hệ số đàn hồi của máy;
- $K_L$  - chiều sâu cắt lý thuyết (mm).
- $K_T$  - chiều sâu cắt thực tế (mm).
- $v_c$  - vận tốc cắt (m/s);
- $v_w$  - vận tốc chi tiết (m/s)
- $q = v_c / v_w$  - tỉ lệ vận tốc
- $\omega_w$  - vận tốc góc của phôi (rad/s);
- $v_\mu$  - lượng chạy dao hướng kính ( $\mu\text{m/s}$ );

a - lượng dư gia công theo đường kính (mm);

$\delta_1, \delta_2$  - độ lớn của các sai số trên phôi (Hình 2);

$X(\theta)$  - lượng dịch chuyển của đá dẫn theo phương vuông góc với bề mặt đá mài tại thời điểm ứng với góc  $\theta$  (mm);

$X(t)$  - lượng dịch chuyển của đá dẫn theo phương vuông góc với bề mặt đá mài tại thời điểm  $t$  (mm);

$R(\theta)$  - lượng giảm bán kính tại thời điểm ứng với góc  $\theta$  (mm);

$R(t)$  - lượng giảm bán kính tại thời điểm  $t$  (mm).

$\Delta$  - dung sai độ tròn ( $\mu\text{m}$ ).

## 2. GIỚI THIỆU

Mài vô tâm là một phương pháp gia công được sử dụng rộng rãi để chế tạo các chi tiết tròn xoay, đặc biệt là trong ngành công nghiệp ô tô. Độ chính xác của chi tiết gia công có thể đạt được và năng suất gia công của quá trình phụ thuộc nhiều vào thông số của hệ thống công nghệ (thông số hình học, thông số động lực học,...) và các thông số công nghệ (thông số chế độ cắt, thông số sửa đá, thông số về công nghệ tron nguội) [1]. Nghiên cứu độ chính xác gia công khi xét đến ảnh hưởng của tất cả các thông số kể trên sẽ rất phức tạp và thường không thể thực hiện được.

Quá trình hình thành bề mặt dưới những điều kiện mài khác nhau đã được nhiều tác giả nghiên cứu: W.B. Rowe đã nghiên cứu tổng quan về ảnh hưởng của các thông số hình học của hệ thống công nghệ [2]; Yonetsu và Reeka đã nghiên cứu ảnh hưởng của số vòng quay của chi tiết [3, 4]; Friedrich đã nghiên cứu ảnh hưởng của độ đa cạnh của phôi đến độ tròn của chi tiết gia công; ảnh hưởng đo sai số của đá dẫn đến độ tròn của chi tiết cũng đã được nghiên cứu bởi P. R. Nakkceran và V. Radhakrishnan [5]... Bài báo này trình bày nghiên cứu mô phỏng về ảnh hưởng vận tốc cắt và lượng chạy dao hướng kính đến độ không tròn của chi tiết gia công.

## 3. PHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG

Tiến hành xây dựng phương trình mô phỏng dựa trên phương pháp của W. B. Rowe [6].

Sơ đồ mài vô tâm chạy dao hướng kính được trình bày trong Hình 1 thể hiện chi tiết gia công tiếp xúc với đá mài, thanh tỳ và đá dẫn tại các điểm tương ứng A, B và C. Xét một đoạn thẳng OX nằm trên mặt cắt ngang của chi tiết, đoạn thẳng này sẽ quay cùng chi tiết trong quá trình mài.

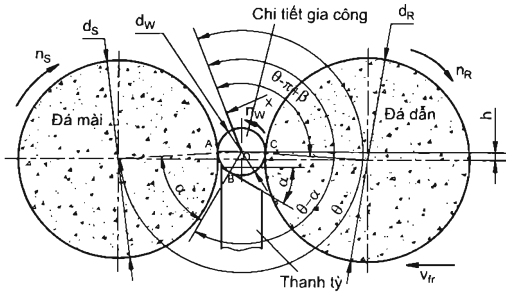
Từ Hình 1 ta có các mối quan hệ hình học sau:

$$\beta = \arctan\left(\frac{2h}{d_s + d_w}\right) + \arctan\left(\frac{2h}{d_r + d_w}\right) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \alpha' - \nu\beta \quad (2)$$

trong đó:  $\frac{1}{\nu} = 1 + \frac{d_s + d_w}{d_r + d_r}$ .

Nếu trên phôi có những sai số với độ lớn  $\delta_i$ . Trong quá trình mài, các sai số  $\delta_i$  sẽ tiếp xúc với bề mặt thanh tỳ và đá dẫn (Hình 2) làm cho tâm chi tiết sẽ dịch chuyển những lượng tương ứng  $+\frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \delta_i$  và  $-\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \delta_i$ , so với tâm đá mài.



Hình 1. Sơ đồ mài vô tâm chạy dao hướng kính.

Như vậy, nếu gọi  $X(\theta)$  lượng dịch chuyển của đá dẫn theo phương vuông góc với bề mặt đá mài tại thời điểm ứng với góc  $\theta$  thì lượng giảm bán kính  $R(\theta)$  tại  $\theta$  xác định theo công thức:

$$R(\theta) = X(\theta) - \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \delta_1 + \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} \delta_2 \quad (3)$$

vi góc  $\theta$  được định nghĩa từ vị trí ban đầu đến thời điểm tức thời trong quá trình mài, do đó  $\delta_1$  và  $\delta_2$  là đại lượng đặc trưng cho  $r(\theta - \alpha)$  và  $r(\theta - \pi + \beta)$ . Như vậy phương trình 3 có thể viết như sau:

$$R(\theta) = X(\theta) - \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} r(\theta - \alpha) + \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} r(\theta - \pi + \beta) \quad (4)$$

Trên thực tế hệ thống công nghệ không tuyệt đối cứng vững làm cho chiều sâu cắt thực tế nhỏ hơn so với chiều sâu cắt lý thuyết. Hệ số đàn hồi  $K$  được xác định:

$$K = \frac{K_L}{K_T} \quad (5)$$

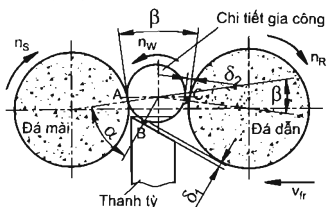
trong đó:

$$K_L = R(\theta) - r(\theta - 2\pi)$$

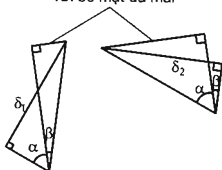
$$K_T = r(\theta) - r(\theta - 2\pi)$$

Từ các phương trình 1 ÷ 5, theo W.B. Rowe [6] ta được phương trình cơ sở cho quá trình mô phỏng.

$$r(\theta) = K \left[ X(\theta) + \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} r(\theta - \alpha) - \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} r(\theta - \pi + \beta) - r(\theta - 2\pi) \right] + r(\theta - 2\pi) \quad (6)$$



Dịch chuyển vuông góc  
với bề mặt đá mài



Hình 2 Sự dịch chuyển tâm chi tiết do phôi không chính xác.

#### 4. THÔNG SỐ MÔ PHỎNG

Thông số hình học của chi tiết - đá mài - đá dẫn - thanh tỳ được chọn theo máy cụ thể và được trình bày ở Bảng 1 [7].

Bảng 1. Thông số hình học của chi tiết - đá mài - đá dẫn và thanh tỳ.

Thông số hình học	Giá Trị
Chiều cao tâm chi tiết h (mm)	15.6
Góc nghiêng thanh tỳ $\alpha'$ (độ)	30
Đường kính chi tiết $d_w$ (mm)	39
Đường kính đá mài $d_s$ (mm)	497
Đường kính đá dẫn $d_R$ (mm)	345

Hệ số đàn hồi K phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu gia công, độ cứng đá mài, chiều rộng cắt, hệ số ma sát của đá mài - chi tiết - đá dẫn - thanh tì, chiều sâu cắt và kết cấu máy [8, 9]. Theo W. B. Rowe [8] thì  $K = 0,1 - 0,4$ . Việc xác định chính xác hệ số K trong từng trường hợp cụ thể thường phức tạp, vì vậy để đơn giản theo [5, 10, 11, 12, 13] chọn  $K = 0,3$ .

Nếu gọi  $t$ ,  $t-T_1$ ,  $t-T_2$ ,  $T$  tương ứng là khoảng thời gian chi tiết gia công quay được những góc  $\theta$ ,  $\theta-\alpha$ ,  $\theta-\pi+\beta$ ,  $\theta-2\pi$ , và gọi vận tốc góc của phôi là  $\omega_w$ . Ta có các mối quan hệ sau:

$$t = \frac{\theta}{\omega_w} \quad (7)$$

$$t - T_1 = \frac{\theta - \alpha}{\omega_w} \quad (8)$$

$$t - T_2 = \frac{\theta - \pi + \beta}{\omega_w} \quad (9)$$

$$t - T = \frac{\theta - 2\pi}{\omega_w} \quad (10)$$

Thay biến góc  $\theta$  bằng biến thời gian  $t$  thì phương trình (6) được viết thành:

$$\begin{aligned} r(t) = & K[X(t) + \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} r(t - T_1) \\ & - \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} r(t - T_2) - r(t - T)] \\ & + r(t - T) \end{aligned} \quad (11)$$

## 5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tiến hành mô phỏng quá trình gia công với các thông số hình học của hệ thống công nghệ trong Bảng 1 trong điều kiện chế độ cắt như sau: lượng chạy dao hướng kính  $v_{fz} = 10/15/20$  ( $\mu\text{m/s}$ ), vận tốc cắt  $v_c = 80 \pm 95$  (m/s), lượng dư gia công  $a = 0,3$  (mm), tỉ lệ vận tốc  $q = 60$  và bỏ qua hiện tượng trượt giữa đá dẫn và chi tiết gia công. Chương trình được viết bằng mã lệnh Visual Basic trong môi trường Microsoft Office Excel, giao diện chương trình được thể hiện trong Hình 3. Quan hệ giữa vận tốc cắt - độ không tròn ứng với các trường hợp khác nhau của lượng chạy dao hướng kính được thể hiện trong Hình 4 đến Hình 6.

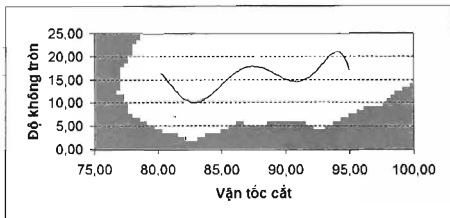
Quan sát hình 4 đến Hình 6 ta thấy:

- Trong khoảng vận tốc cắt  $v_c = 80 \pm 95$  m/s, ứng với các giá trị khác nhau của lượng chạy dao hướng kính  $v_{fz}$ , thì dung sai độ tròn  $\Delta$  có giá trị khác nhau. Cụ thể như sau: khi  $v_{fz} = 10$   $\mu\text{m/s}$  thì  $\Delta \approx 11,75$  ( $\mu\text{m}$ ); khi  $v_{fz} = 15$   $\mu\text{m/s}$  thì  $\Delta \approx 13,5$  ( $\mu\text{m}$ ) và khi  $v_{fz} = 20$   $\mu\text{m/s}$  thì  $\Delta \approx 15,5$  ( $\mu\text{m}$ ).

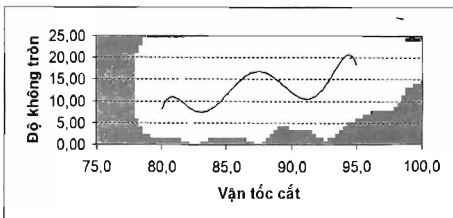
- Với một giá trị nhất định của lượng chạy dao, khi tăng vận tốc cắt  $v_c$  thì có lúc làm tăng, có lúc làm giảm độ không tròn. Tuy nhiên quy luật ảnh hưởng của vận tốc cắt đến độ không tròn là tương đối giống nhau khi thay đổi lượng chạy dao hướng kính.

1	<b>MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH MÀI VÔ TÂM CHẠY ĐAO HƯỚNG KÍNH</b>	
2		
3	<b>Thông số mô phỏng</b>	
4	Chiều cao chi tiết $h$ [mm]	15,6
5	Góc nghiêng thanh tỳ $\alpha$ [°]	30
6	Đường kính chi tiết $d_w$ [mm]	39
7	Đường kính đá mài $d_s$ [mm]	497
8	Đường kính đá dẫn $d_R$ [mm]	345
9	Hệ số K	0,30
10	Tỷ lệ vận tốc q	60,00
11	Lượng dư gia công $a$ (mm)	0,30
12	Lượng chạy dao hướng kính $v_r$ [ $\mu\text{m/s}$ ]	10,00
13	Vận tốc cắt $v_c$ [m/s]	90,00
14	Độ không tròn ( $\mu\text{m}$ )	<b>14,42</b>

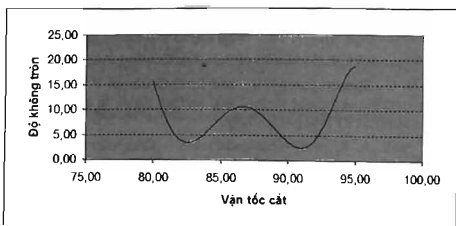
Hình 3 Giao diện chương trình.



Hình 4 Quan hệ vận tốc cắt – độ không tròn khi  $v_{fr} = 10 \mu\text{m/s}$ .



Hình 5. Quan hệ vận tốc cắt – độ không tròn khi  $v_{fr} = 15 \mu\text{m/s}$ .



Hình 6. Quan hệ vận tốc cắt – độ không tròn khi  $v_f = 20 \mu\text{m/s}$ .

- Ứng với các giá trị khác nhau của lượng chạy dao  $v_f$  thì vận tốc cắt  $v_c$  có mức độ ảnh hưởng khác nhau đến độ không tròn của chi tiết.

- Trong khoảng vận tốc cắt từ 80 đến 95m/s ứng với cả ba trường hợp của lượng chạy dao  $v_f$  thì độ không tròn có giá trị tương đối nhỏ khi  $v_c \approx 82,5 \text{ m/s}$ .

## 6. KẾT LUẬN

Khi thay đổi lượng chạy dao  $v_f$  thì vận tốc cắt  $v_c$  ảnh hưởng đến độ không tròn với mức độ khác nhau.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bhatija C. P. - Current State of the Art of Workpiece Roundness Control in Precision Centerless Grinding, Annals of the CIRP 33 (1) (1984) 199-203.
2. Rowe W. B., Miyashita M., and König M. - Centerless grinding research and its application in advanced manufacturing technology, Annals of the CIRP 38 (2) (2004) 617-625.
3. Reeka D. - Zusammenhang zwischen Schleifspaltgeometrie, Bearbeitungsbedingungen und Rundheitsfehlern beim spitzenlosen Schleifen, PhD thesis, 1967.
4. Yonetsu S. - Forming mechanism of cylindrical work in centerless grinding, In: Proceedings of the Fujihara Memorial Faculty of Engineering, Fujihara, 1959.
5. Nakkeeran P. R and Radhakrishnan V. - A Study on the effect of regulating wheel error on the roundness of workpiece in centerless grinding by computer simulation, Int. J. Mach. Tools Manufact 30 (2) (1990) 191-201.
6. Rowe W. B and Barash M. M. - Computer method for investigating the inherent accuracy of centerless grinding, Int. J. Mach. Tool Des. Res. 1964.
7. Friedrich D. - Prozessbegleitende Beeinflussung des geometrischen Rundungseffektes beim spitzenlosen AuXenrundeinstechschleifen, Ph.D. Thesis, RWTH Aachen, 2004.

8. Loan Marinescu D., Mike Hitchiner, Eckart Uhlmann and Brian Rowe W. - Handbook of machining with grinding wheels, CRC Press Taylor & Francis Group, 2006.
9. Rowe W. B. - Research into the Mechanics of Centreless Grinding, Precision engineering, 1979.
10. Subramanya N. G., Shunmugam M. S., and Radhakrishnan V. - Influence of workpiece position on roundness error and surface and surface finish in centerless grinding, Int. J. Mach. Tools Manufact 27 (1) (1987) 77-89.
11. Pande S. S., Naik. A. R., and Somasundaram S. - Computer simulation of the plunge centerless grinding process, Journal of Materials Processing Technology, (1993).
12. Rowe W. B. and Koenigsberger F. - The "Work-Regenerative" effect in centerless grinding, Int. J. Mach. Tools Manufact 4 (1964) 175-187.
13. Yongbo Wu, Katsuo Syoji, Tsunemoto Kuriyagawa, and Toru Tachibana - Studies on Centerless Grinding (2<sup>nd</sup> Report) – Optimum Grinding Condition, 1996.

## ABSTRACT

### SIMULATION OF PLUNGE CENTERLESS GRINDING PROCESS

Phan Bui Khoi<sup>1,\*</sup>, Ngo Cuong<sup>2</sup>, Do Duc Trung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*School of Mechanical Engineering, HUS, No. 1, Dai Co Viet, Hanoi*

<sup>2</sup>*College of Economics and Technology, 15 group, Thinh Dan ward, Thai Nguyen city,*

\*Email: [khoi.phanbui@hust.edu.vn](mailto:khoi.phanbui@hust.edu.vn)

This paper describes the research effect of cutting parameters on error roundness in plunge centerless grinding by simulation. Two of these parameters are grinding wheel speed and plunge feed. This goal approached the workpiece roundness when cutting with variable grinding wheel speed and plunge feed, reducing the set-up time of centerless grinding system, advanced high accuracy of the workpiece.

*Keywords:* plunge centerless grinding, roundness, cutting speed, feed rate, simulation.