

# PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ ĐỘNG HỌC CƠ CẤU TRONG GIA CÔNG CHÍNH XÁC BỀ MẶT CHI TIẾT QUANG

Nguyễn Trọng Hùng<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Văn Khang<sup>2</sup>, Nguyễn Minh Phương<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên, Dân Tiến, Khoái Châu, Hưng Yên

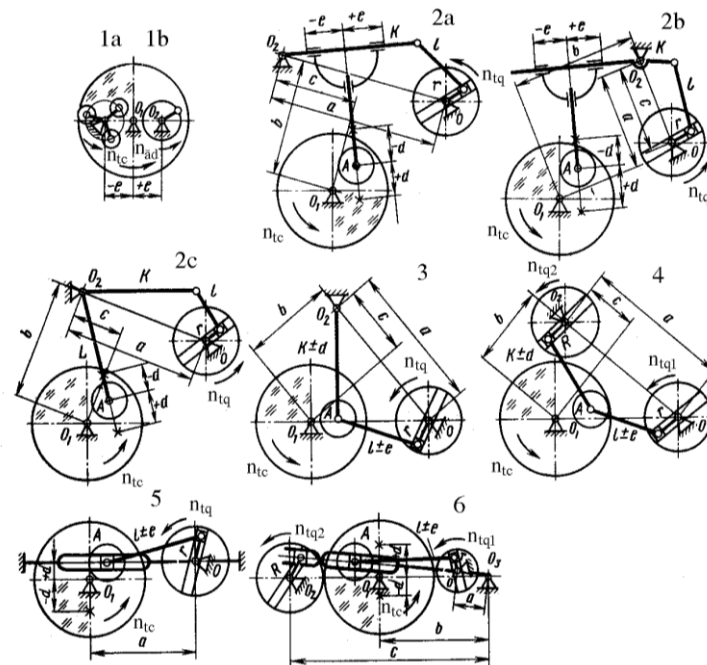
<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội

\*Email: [nhung.utehy@gmail.com](mailto:nhung.utehy@gmail.com)

Đến Tòa soạn: 17/9/2011; Chấp nhận đăng: 24/6/2012

## 1. MỞ ĐẦU

Hơn 90% khối lượng gia công chính xác bề mặt chi tiết quang được thực hiện bằng phương pháp mài nghiền [1]. Máy mài nghiền có nhiều loại, chúng chỉ khác nhau ở phương thức tạo ra chuyển động tương đối giữa khâu mang phôi gia công và khâu mang dụng cụ nghiền.



Hình 1. Các dạng cơ cấu khâu trên của máy mài nghiền chi tiết quang

Nguyên lí làm việc của cơ cấu khâu trên trong máy mài nghiền chi tiết quang như sau:

- Cơ cấu khâu trên dùng để tạo thành chuyển động lắc, hoặc tịnh tiến qua lại của khâu trên và tạo thành ứng lực gia công.

- Các cơ cấu đòn bản lề được sử dụng trong cơ cấu cụm trên của máy mài nghiền chi tiết quang có nhiều dạng như cơ cấu hành tinh, cơ cấu đòn bản lề bốn khâu và cơ cấu đòn bản lề năm khâu (hình 1).

- Qua nghiên cứu thấy rằng, lớp cơ cấu cụm trên dùng trong máy mài nghiền chi tiết quang gồm cơ cấu bốn khâu đòn bản lề, cơ cấu tay quay con trượt và cơ cấu năm khâu [4].

Việc xác định quỹ đạo, vận tốc, gia tốc tương đối của một điểm bất kỳ thuộc đĩa gá chi tiết so với đĩa mài và mô phỏng quá trình gia công chi tiết quang của lớp cơ cấu đòn bản lề trong cụm trên của máy mài nghiền chi tiết quang, dùng để điều chỉnh chương trình động học nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công, là bài toán còn chưa được nghiên cứu.

Trong công trình này, sử dụng các kết quả nghiên cứu gần đây của động học hệ nhiều vật thiết lập các công thức tính toán và mô phỏng số quá trình chuyển động tương đối của các điểm thuộc đĩa gá chi tiết so với đĩa mài trên máy mài nghiền chi tiết quang của lớp cơ cấu đòn bản lề trong máy mài nghiền chi tiết quang.

## **2. NGHIÊN CỨU ĐỘNG HỌC CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIỀN CHI TIẾT QUANG**

### **2.1. Xây dựng các hệ tọa độ, khâu và khớp trong vật rắn phẳng**

#### *2.1.1. Hệ tọa độ*

Khi nghiên cứu động học vật rắn phẳng, ta cần xây dựng ba hệ tọa độ:

- Hệ tọa độ cơ sở Oxy: có gốc tọa độ O thông thường được chọn ở điểm cố định trên vật rắn.
- Hệ tọa độ tương đối  $O_i x_i y_i$ : có các trục tọa độ  $O_i x_i // O_x$ ,  $O_i y_i // O_y$ . Gốc tọa độ được gắn ở trên vật khảo sát.
- Hệ tọa độ vật  $O_i \xi_i \eta_i$ : được gắn chặt vào vật.

#### *2.1.2. Khâu*

Việc kí hiệu khâu trên vật, được bắt đầu từ khâu cố định (khâu 0). Sau đó tuần tự kí hiệu các khâu khác theo các số nguyên dương (1, 2, 3,...).

#### *2.1.3. Khớp*

Việc kí hiệu các khớp động học, được bắt đầu từ khớp nối với khâu cố định (khâu 0). Sau đó tuần tự kí hiệu các khớp khác theo các số nguyên dương (1, 2, 3,...).

### **2.2. Nghiên cứu động học cơ cấu mài nghiền chi tiết quang**

#### *2.2.1. Các dạng cơ cấu đòn bản lề được dùng trong cụm trên của máy mài nghiền chi tiết quang*

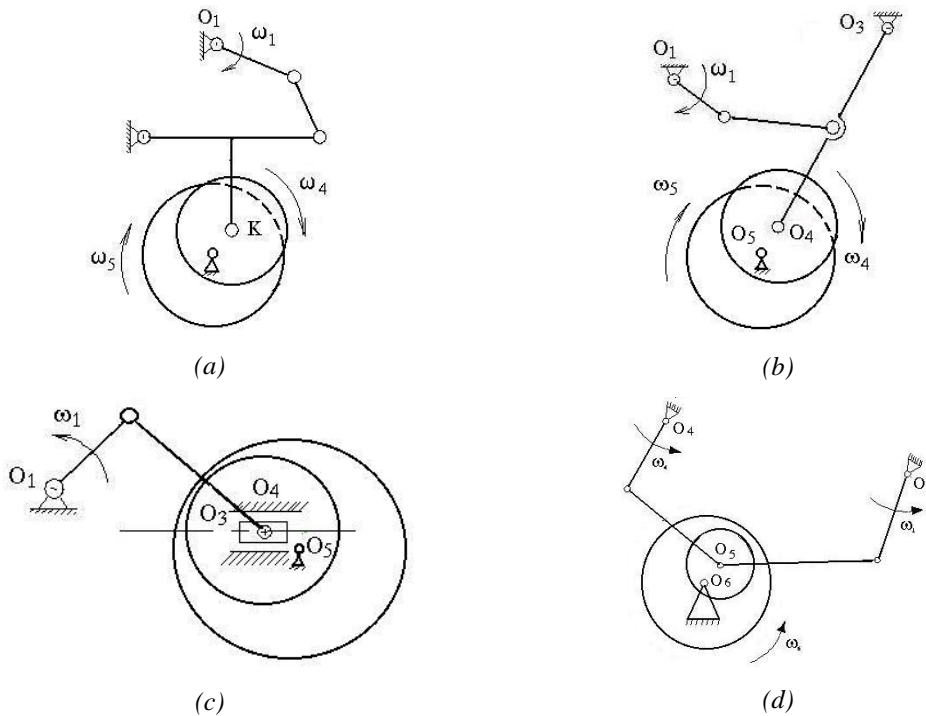
Như đã giới thiệu ở mục 1, các cơ cấu đòn bẩy là điển hình được sử dụng trong cụm trên của máy mài nghiền gia công chính xác bề mặt chi tiết quang có dạng như sau:

- *Dạng thứ nhất:* Cụm trên sử dụng cơ cấu bốn khâu đòn bẩy có điểm đầu tốc được gắn trên cần nối từ điểm giữa của cần lắc, được sử dụng trong máy mài nghiền chi tiết quang có kích thước trung bình 4MB-250 (CHLB Đức) (hình 2, a).

- *Dạng thứ hai:* Cụm trên sử dụng cơ cấu bốn khâu đòn bẩy có điểm đầu tốc được gắn trên cần nối kéo dài của cần lắc, được sử dụng trong máy mài nghiền chuyên dùng 4E-ĐB-91 (Liên xô cũ) (hình 2, b).

- *Dạng thứ ba:* Cụm trên sử dụng cơ cấu tay quay con trượt, được sử dụng trong máy mài nghiền kính mắt LOH Spherospeed LPS (CHLB Đức) (hình 2, c).

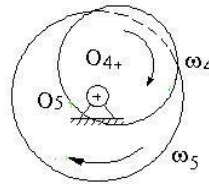
- *Dạng thứ tư:* Cụm trên sử dụng cơ cấu năm khâu đòn bẩy, được sử dụng trong máy mài nghiền chi tiết quang có kích thước lớn CĀA-1500 (Liên Xô cũ) (hình 2, d).



Hình 2. Các dạng cơ cấu đòn bẩy được dùng trong cụm trên của máy mài nghiền chi tiết quang

### 2.2.2. Bài toán động học cơ cấu máy mài nghiền chi tiết quang

Bài toán động học ở đây là tìm phương trình chuyển động, vận tốc, gia tốc của điểm đầu tốc. Điểm đầu tốc, được nối bằng khớp cầu với đĩa gá chi tiết gia công quay với vận tốc  $\omega_4$ . Đĩa nghiền quay với vận tốc góc  $\omega_5$ . Đĩa gá 4 (hình 2a, 2b và 2c) hoặc 5 (hình 2d) và đĩa nghiền 5 (hình 2a, 2b và 2c) hoặc 6 (hình 2d) được liên kết ma sát, giữa chúng có một lớp huyền phù mài.



Hình 3. Liên kết giữa đĩa gá chi tiết và đĩa nghiên

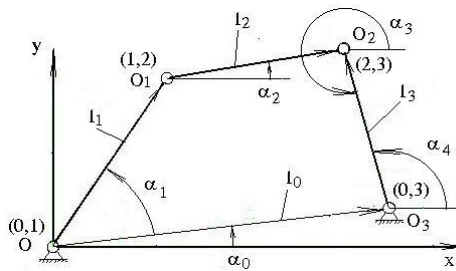
### Các bài toán động học cơ cấu

*Bài toán 1:* Xác định quy luật chuyển động, vận tốc, gia tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc (thuộc khâu bị dẫn của các cơ cấu đòn bẩy trong cụm trên của máy mài nghiên).

*Bài toán 2:* Xác định quỹ đạo chuyển động, vận tốc, gia tốc tương đối của điểm  $P$  bất kì thuộc đĩa gá chi tiết đối với đĩa nghiên.

#### 2.2.3. Phương pháp xác định quỹ đạo, vận tốc, gia tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc

##### a) Cơ cấu bốn khâu đòn bẩy



Hình 4. Mô hình cơ cấu bốn khâu đòn bẩy

- *Khâu bị dẫn*

Phương trình vec tơ:

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 - \vec{l}_3 - \vec{l}_0 = 0 \quad (1)$$

Chiếu xuống hai trục tọa độ, ta có phương trình chuyển động cơ cấu bốn khâu đòn bẩy:

$$\left. \begin{aligned} l_2 \cos \varphi_2 - l_3 \cos \varphi_3 &= x_{O_3} - l_1 \cos \varphi_1 \\ l_2 \sin \varphi_2 - l_3 \sin \varphi_3 &= y_{O_3} - l_1 \sin \varphi_1 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

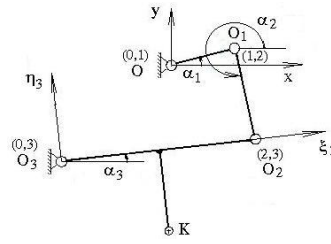
Đạo hàm biểu thức (2) và viết dưới dạng ma trận, ta có biểu thức vận tốc:

$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & l_3 \sin \varphi_3 \\ l_2 \cos \varphi_2 & -l_3 \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 \\ -l_1 \dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Đạo hàm biểu thức (3), ta có biểu thức gia tốc:

$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & l_3 \sin \varphi_3 \\ l_2 \cos \varphi_2 & -l_3 \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{\varphi}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \dot{\varphi}_1^2 \cos \varphi_1 + l_2 \dot{\varphi}_2^2 \cos \varphi_2 - l_3 \dot{\varphi}_3^2 \cos \varphi_3 \\ l_1 \dot{\varphi}_1^2 \sin \varphi_1 + l_2 \dot{\varphi}_2^2 \sin \varphi_2 - l_3 \dot{\varphi}_3^2 \sin \varphi_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

- *Điểm đầu tốc*



Hình 5. Mô hình cơ cấu bốn khâu bản lề có giá tốc

Quỹ đạo tuyệt đối của điểm đầu tốc:

$$\begin{bmatrix} x_K \\ y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{O3} \\ y_{O3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 & \cos \varphi_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_K^{(3)} \\ \eta_K^{(3)} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$\underline{A}_3 = \begin{bmatrix} \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 & \cos \varphi_3 \end{bmatrix}$  - Ma trận cosin chỉ phương trong hệ tọa độ  $O_3 \xi_3 \eta_3$ :

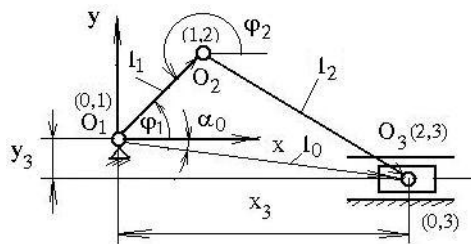
Đạo hàm biểu thức (5), ta có biểu thức vận tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_K \\ \dot{y}_K \end{bmatrix} = \dot{\varphi}_3 \underline{I}^* \underline{A}_3 \begin{bmatrix} \xi_K^{(3)} \\ \eta_K^{(3)} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Đạo hàm biểu thức (6), ta có biểu thức gia tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_K \\ \ddot{y}_K \end{bmatrix} = (\ddot{\varphi}_3 \underline{I}^* - \dot{\varphi}_3^2 \underline{E} \underline{A}_3) \begin{bmatrix} \xi_K^{(3)} \\ \eta_K^{(3)} \end{bmatrix} \quad (7)$$

b) Cơ cấu tay quay con trượt



Hình 6. Mô hình cơ cấu tay quay con trượt

- Điểm đầu tốc

Phương trình vec tơ:

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 - \vec{l}_0 = 0. \quad (8)$$

Chiếu xuống hai trục tọa độ, ta có phương trình chuyển động của điểm đầu tốc  $O_4$ :

$$\begin{aligned} l_2 \cos \varphi_2 - x_{O_3} &= -l_1 \cos \varphi_1 \\ l_2 \sin \varphi_2 - y_{O_3} &= -l_1 \sin \varphi_1 \end{aligned} \quad (9)$$

Đạo hàm biểu thức (9) và viết dưới dạng ma trận, ta có biểu thức vận tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc:

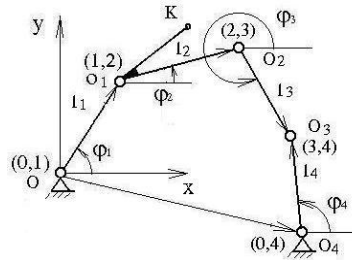
$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & -1 \\ l_2 \cos \varphi_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_2 \\ \dot{x}_{O_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 \\ -l_1 \dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Đạo hàm biểu thức (10), ta có biểu thức gia tốc tuyệt đối của điểm đầu tốc:

$$\begin{bmatrix} -l_2 \sin \varphi_2 & -1 \\ l_2 \cos \varphi_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{x}_{O_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \ddot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 + l_1 \dot{\varphi}_1^2 \cos \varphi_1 + l_2 \dot{\varphi}_2^2 \cos \varphi_2 \\ -l_1 \ddot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 + l_1 \dot{\varphi}_1^2 \sin \varphi_1 + l_2 \dot{\varphi}_2^2 \sin \varphi_2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

c) Cơ cấu năm khâu đòn bản lề

- Điểm đầu tốc



Hình 7. Mô hình cơ cấu năm khâu đòn bản lề

Phương trình véc tơ:

$$\overrightarrow{OO_3} = \overrightarrow{OO_4} + \overrightarrow{O_4O_3}$$

Chiếu xuống hai trục tọa độ, rồi viết ở dạng ma trận ta có phương trình điểm đầu tốc K:

$$\begin{bmatrix} x_K \\ y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \cos \varphi_1 \\ l_1 \sin \varphi_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_K^{(2)} \\ \eta_K^{(2)} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Đạo hàm biểu thức (12), ta có biểu thức vận tốc của điểm đầu tốc K:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_K \\ \dot{y}_K \end{bmatrix} = \dot{\varphi}_1 \begin{bmatrix} -l_1 \sin \varphi_1 \\ l_1 \cos \varphi_1 \end{bmatrix} + \dot{\varphi}_2 \underline{I}^* \underline{A}_2 \begin{bmatrix} \xi_K^{(2)} \\ \eta_K^{(2)} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

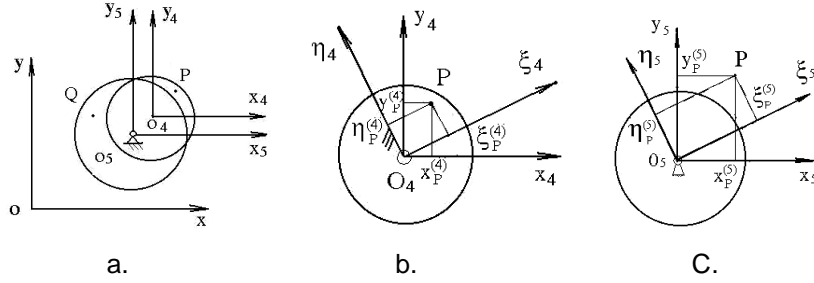
Đạo hàm biểu thức (13), ta có biểu thức gia tốc của điểm đầu tốc K:

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_K \\ \ddot{y}_K \end{bmatrix} = \ddot{\varphi}_1 \begin{bmatrix} -l_1 \sin \varphi_1 \\ l_1 \cos \varphi_1 \end{bmatrix} - \dot{\varphi}_1^2 \begin{bmatrix} l_1 \cos \varphi_1 \\ l_1 \sin \varphi_1 \end{bmatrix} + \left( \ddot{\varphi}_2 \underline{I}^* \underline{A}_2 - \dot{\varphi}_2^2 \underline{A}_2 \right) \begin{bmatrix} \xi_K^{(2)} \\ \eta_K^{(2)} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\underline{I}^* = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

2.2.4. Phương pháp xác định quỹ đạo, vận tốc, gia tốc tương đối của điểm P bất kì thuộc đĩa gá chi tiết đối với đĩa nghiền

a) Cơ cấu bốn khâu đòn bản lề và cơ cấu tay quay con trượt



Hình 8. a. Cách chọn hệ tọa độ đĩa 4 và đĩa 5;

b. Các hệ tọa độ của đĩa 4; c. Các hệ tọa độ của đĩa 5

Phương trình xác định quỹ đạo tương đối của điểm P bất kì thuộc đĩa gá 4 đối với hệ tọa độ động gắn chặt vào đĩa mài 5:

$$\begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} = \underline{A}_5^T \begin{bmatrix} x_P^{(5)} \\ y_P^{(5)} \end{bmatrix} = \underline{A}_5^T \left\{ \begin{bmatrix} x_{O4} \\ y_{O4} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} + \underline{A}_4 \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (15)$$

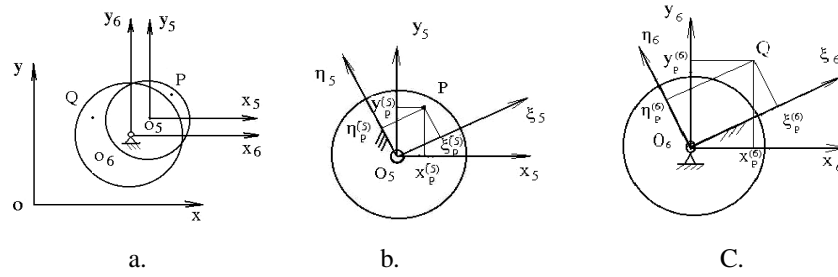
Đạo hàm biểu thức (15), ta có biểu thức vận tốc tương đối của điểm P bất kì trên đĩa gá đối với đĩa mài:

$$\begin{bmatrix} \dot{\xi}_P^{(5)} \\ \dot{\eta}_P^{(5)} \end{bmatrix} = \underline{A}_5^T \left\{ \begin{bmatrix} \dot{x}_{O4} \\ \dot{y}_{O4} \end{bmatrix} + \dot{\phi}_4 \underline{I}^* \underline{A}_4 \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\} + \dot{\phi}_5 \underline{I}^{*T} \underline{A}_5^T \left\{ \begin{bmatrix} x_{O4} \\ y_{O4} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} + \underline{A}_4 \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (16)$$

Đạo hàm biểu thức (16), ta có biểu thức gia tốc tương đối của điểm M bất kì trên đĩa gá đối với đĩa mài:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \ddot{\xi}_P^{(5)} \\ \ddot{\eta}_P^{(5)} \end{bmatrix} &= \underline{A}_5^T \left\{ \begin{bmatrix} \ddot{x}_{O4} \\ \ddot{y}_{O4} \end{bmatrix} + (\ddot{\phi}_4 \underline{I}^* \underline{A}_4 - \dot{\phi}_4^2 \underline{A}_4) \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\} + \\ &+ (\ddot{\phi}_5 \underline{I}^{*T} \underline{A}_5^T - \dot{\phi}_5^2 \underline{A}_5^T) \left\{ \begin{bmatrix} x_{O4} \\ y_{O4} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} + \underline{A}_4 \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\} \\ &+ 2\dot{\phi}_5 \underline{I}^{*T} \underline{A}_5^T \left\{ \begin{bmatrix} \dot{x}_{O4} \\ \dot{y}_{O4} \end{bmatrix} + \dot{\phi}_4 \underline{I}^* \underline{A}_4 \begin{bmatrix} \xi_P^{(4)} \\ \eta_P^{(4)} \end{bmatrix} \right\} \end{aligned} \quad (17)$$

b) Cơ cấu năm khâu đòn bản lề



Hình 9. a. Cách chọn hệ tọa độ đĩa 5 và đĩa 6;  
b. Các hệ tọa độ của đĩa 5; c. Các hệ tọa độ của đĩa 6

Phương trình quỹ đạo tương đối của một điểm P tùy ý thuộc đĩa gá 5 đối với hệ tọa độ  $O_6\xi_6\eta_6$  gắn chặt vào đĩa mài 6:

$$\begin{bmatrix} \xi_P^{(6)} \\ \eta_P^{(6)} \end{bmatrix} = \underline{A}_6^T \left\{ \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O6} \\ y_{O6} \end{bmatrix} + \underline{A}_5 \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (18)$$

Đạo hàm biểu thức (18), ta có biểu thức vận tốc tương đối của điểm P bất kì thuộc đĩa gá 5 đối với đĩa mài 6:

$$\begin{bmatrix} \dot{\xi}_P^{(6)} \\ \dot{\eta}_P^{(6)} \end{bmatrix} = \underline{A}_6^T \left\{ \begin{bmatrix} \dot{x}_{O5} \\ \dot{y}_{O5} \end{bmatrix} + \dot{\phi}_5 \underline{I}^* \underline{A}_5 \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\} + \dot{\phi}_6 \underline{A}_6^T \underline{I}^{*T} \left\{ \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O6} \\ y_{O6} \end{bmatrix} + \underline{A}_5 \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (19)$$

Đạo hàm biểu thức (19), ta có biểu thức Gia tốc tương đối của điểm P tùy ý thuộc đĩa gá 5 đối với đĩa mài 6:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \ddot{\xi}_P^{(6)} \\ \ddot{\eta}_P^{(6)} \end{bmatrix} &= \underline{A}_6^T \left\{ \begin{bmatrix} \ddot{x}_{O5} \\ \ddot{y}_{O5} \end{bmatrix} + \left( \ddot{\phi}_5 \underline{I}^* \underline{A}_5 - \dot{\phi}_5^2 \underline{A}_5 \right) \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\} \\ &+ \left( \ddot{\phi}_6 \underline{I}^{*T} \underline{A}_6^T - \dot{\phi}_6^2 \underline{A}_6^T \right) \left\{ \begin{bmatrix} x_{O5} \\ y_{O5} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{O6} \\ y_{O6} \end{bmatrix} + \underline{A}_5 \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\} \\ &+ 2\dot{\phi}_6 \underline{I}^{*T} \underline{A}_6^T \left\{ \begin{bmatrix} \dot{x}_{O5} \\ \dot{y}_{O5} \end{bmatrix} + \dot{\phi}_5 \underline{I}^* \underline{A}_5 \begin{bmatrix} \xi_P^{(5)} \\ \eta_P^{(5)} \end{bmatrix} \right\} \end{aligned} \quad (20)$$

### 3. MÔ PHÒNG SỐ QUỸ ĐẠO CHUYỂN ĐỘNG TƯƠNG ĐỐI CỦA CÁC ĐIỂM TRÊN ĐĨA GÁ ĐỐI VỚI ĐĨA MÀI

#### 3.1. Phương pháp tiến hành nghiên cứu

- Tiến hành thực nghiệm quỹ đạo điểm đầu tốc trên máy mài nghiền 4MB-250 để kiểm chứng quỹ đạo mô phỏng với quỹ đạo thực nghiệm.



- Hiệu chỉnh chương trình mô phỏng.
- Tiến hành nghiên cứu mô phỏng số động học đối với lớp cơ cấu đòn bản lẻ điển hình được sử dụng trong các máy mài nghiên và đánh bóng chi tiết quang.

### 3.2. Xây dựng hệ chương trình mô phỏng

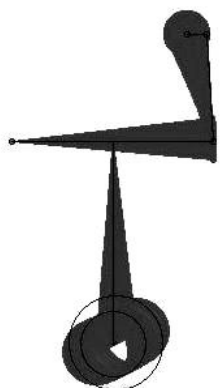
Dựa theo phương pháp này xây dựng được công thức quỹ đạo, vận tốc và gia tốc tương đối của các cơ cấu đòn bản lẻ sử dụng trong các máy mài nghiên chi tiết quang, chúng tôi đã tiến hành xây dựng một hệ chương trình tính toán bằng số mô phỏng chuyển động tương đối các điểm của đĩa gá đối với đĩa mài trong quá trình gia công chính xác bề mặt chi tiết quang trên máy mài nghiên đánh bóng chi tiết quang kiểu 4MB-250, DB-1-91, LOH và CEA-1500.

Để sử dụng hệ chương trình này, cần phải lựa chọn các thông số hình học và động học máy theo yêu cầu chế độ công nghệ đối với các nguyên công gia công thô, bán tinh và nghiên tinh, nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công.

### 3.3. Một số kết quả mô phỏng số động học cơ cấu

#### 3.3.1. Máy mài nghiên 4MB-250

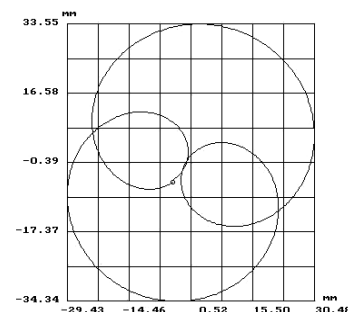
MÔ PHỎNG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG



Hình 10a. Mô phỏng cơ cấu cụm trên của máy mài nghiên chi tiết quang 4MB - 250

MÔ PHỎNG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>51</sub>=2.009940361  
k<sub>41</sub>=1.607952288  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 6.2713 s  
nT= 0.9981

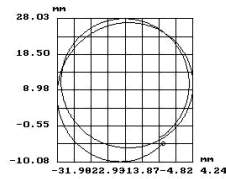


Hình 10b. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc  $O_4 \left( \xi_{04}^{(4)} = 0; \eta_{04}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy

4MB - 250;  $k_{51} = 2,009$ ;  $k_{41} = 1,607$ ;  $t = 6,28s$

HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>S1</sub>=1.045662108  
k<sub>41</sub>=0.836529687  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 6.2713 s  
nT= 0.9981

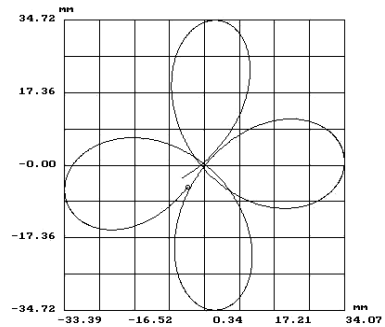


Hình 10c. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$O_4 \left( \xi_{O_4}^{(4)} = 0; \eta_{O_4}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy 4MB - 250;  $k_{S1} = 1,045$ ;  $k_{41} = 0,836$ ;  $t = 6,28s$

HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>S1</sub>=0.532467532  
k<sub>41</sub>=0.425974026  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 12.5600 s  
nT= 1.9990

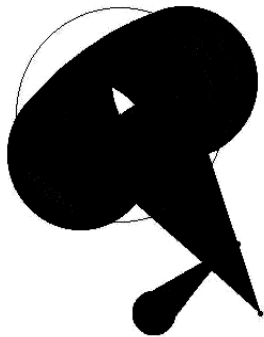


Hình 10d. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$O_4 \left( \xi_{O_4}^{(4)} = 0; \eta_{O_4}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy 4MB - 250;  $k_{S1} = 0,532$ ;  $k_{41} = 0,425$ ;  $t = 12,56s$

### 3.3.2. Máy mài nghiên 4E-ĐB-91

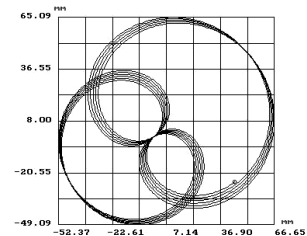
HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG



Hình 11a. Mô phỏng cơ cấu cụm trên máy mài nghiên chi tiết quang 4E - ĐB - 91

HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>S1</sub>=2.009940361  
k<sub>41</sub>=1.607952288  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 6.3454 s  
nT= 5.6019

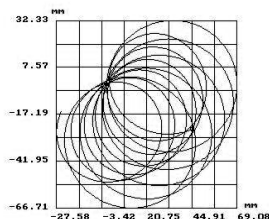


Hình 11b. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$O_4 \left( \xi_{O_4}^{(4)} = 0; \eta_{O_4}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy 4E - ĐB - 91;  $k_{S1} = 2,009$ ;  $k_{41} = 1,607$ ;  $t = 6,3s$

HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>S1</sub>=1.045662108  
k<sub>41</sub>=0.836529687  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 6.2794 s  
nT= 5.5437

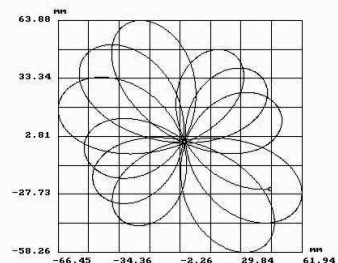


Hình 11c. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$O_4 \left( \xi_{O_4}^{(4)} = 0; \eta_{O_4}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy 4E - ĐB - 91;  $k_{S1} = 1,045$ ;  $k_{41} = 0,836$ ;  $t = 6,3s$

HỒ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG  
QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
k<sub>S1</sub>=0.532467532  
k<sub>41</sub>=0.425974026  
GS1= 0.0000 mm  
ETA= 0.0000 mm  
t = 6.3784 s  
nT= 5.6311



Hình 11d. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$O_4 \left( \xi_{O_4}^{(4)} = 0; \eta_{O_4}^{(4)} = 0 \right)$  đối với đĩa mài 5 của máy 4E - ĐB - 91;  $k_{S1} = 0,532$ ;  $k_{41} = 0,425$ ;  $t = 6,3s$

3.3.3. Máy mài nghiền LOH

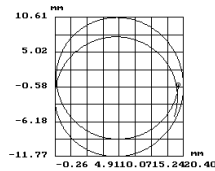
MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG



Hình 12a. Mô phỏng cơ cấu cụm trên của máy mài nghiền và đánh bóng kính mắt LOH Spherspeed LPS

MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

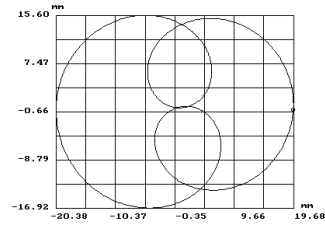
DU LIEU:  
 k<sub>S1</sub>=1.045662108  
 k<sub>K1</sub>=0.836529687  
 GS1= 0.0000 mm  
 ETA= 0.0000 mm  
 t = 6.2713 s  
 nT= 0.9981



Hình 12c. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc  $K(\xi_K^{(3)} = 0; \eta_K^{(3)} = 0)$  đối với đĩa mài 5 của máy LOH; k<sub>S1</sub> = 1,045; k<sub>K1</sub> = 0,836; t = 6,28s

MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

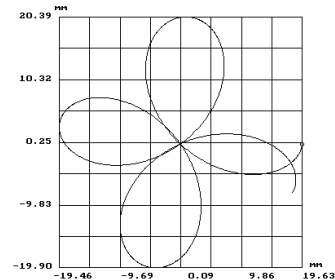
DU LIEU:  
 k<sub>S1</sub>=2.009940361  
 k<sub>K1</sub>=1.607952288  
 GS1= 0.0000 mm  
 ETA= 0.0000 mm  
 t = 6.2713 s  
 nT= 0.9981



Hình 12b. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc  $K(\xi_K^{(3)} = 0; \eta_K^{(3)} = 0)$  đối với đĩa mài 5 của máy LOH; k<sub>S1</sub> = 2,009; k<sub>K1</sub> = 1,607; t = 6,28s

MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

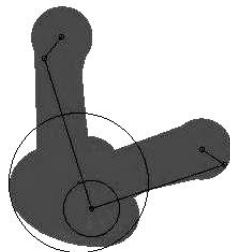
DU LIEU:  
 k<sub>S1</sub>=0.532467532  
 k<sub>K1</sub>=0.425974026  
 GS1= 0.0000 mm  
 ETA= 0.0000 mm  
 t = 12.5600 s  
 nT= 1.9990



Hình 12d. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc  $K(\xi_K^{(3)} = 0; \eta_K^{(3)} = 0)$  đối với đĩa mài 5 của máy LOH; k<sub>S1</sub> = 0,532; k<sub>K1</sub> = 0,425; t = 12,56s

3.3.4. Máy mài nghiền CPA-1500

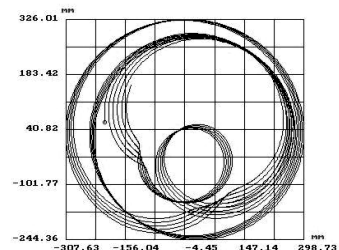
MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG



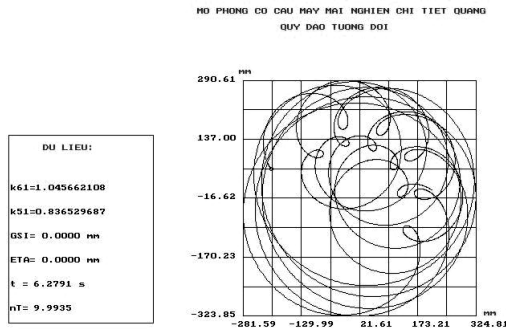
Hình 13a. Mô phỏng cơ cấu cụm trên của máy mài nghiền chi tiết quang kích thước lớn CPA □ 1500

MÔ PHONG CƠ CẤU MÁY MÀI NGHIÊN CHI TIẾT QUANG QUY ĐẠO TƯƠNG ĐỐI

DU LIEU:  
 k<sub>G1</sub>=2.009940361  
 k<sub>S1</sub>=1.607952288  
 GS1= 0.0000 mm  
 ETA= 0.0000 mm  
 t = 6.2791 s  
 nT= 9.9935



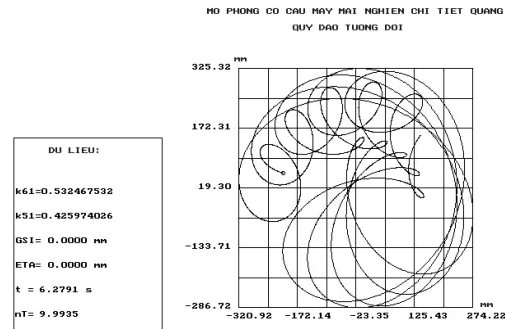
Hình 13b. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc  $K(\xi_K^{(2)} = l_2; \eta_K^{(2)} = 0)$  đối với đĩa mài 6; k<sub>G1</sub> = 2,009; k<sub>S1</sub> = 1,607; t = 6,28s



Hình 13c. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$$K(\xi_K^{(2)} = l_2; \eta_K^{(2)} = 0) \text{ đối với đĩa mài 6;}$$

$$k_{61} = 1,045; k_{51} = 0,836; t = 6,28s$$



Hình 13d. Quỹ đạo tương đối của điểm đầu tốc

$$K(\xi_K^{(2)} = l_2; \eta_K^{(2)} = 0) \text{ đối với đĩa mài 6;}$$

$$k_{61} = 0,532; k_{51} = 0,425; t = 6,28s$$

#### 4. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Từ kết quả mô phỏng số động học cơ cấu trong công nghệ gia công chính xác bề mặt chi tiết quang rút ra một số kết luận như sau:

- Chương trình tính cho phép mô tả hình ảnh hoạt động (*Computer Animation*) của cơ cấu cụm trên của máy mài nghiền đánh bóng chi tiết quang, vị trí tương đối của đĩa gá so với đĩa mài. Do đó, giúp cho cán bộ công nghệ có thể lựa chọn ban đầu các thông số hình học và động học của máy, thiết kế quy trình công nghệ mài nghiền chi tiết quang.

- Chương trình tính cho phép xác định quỹ đạo, vận tốc, gia tốc tương đối của tất cả các điểm khác của đĩa gá so với đĩa mài. Làm cơ sở thực hiện điều chỉnh chương trình động học gia công chi tiết quang khi mài nghiền nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công.

- Khi lựa chọn các hệ số tỉ số truyền cần chú ý rằng, nếu hệ số tỉ số truyền là các số vô tỉ, quỹ đạo tương đối của các điểm thuộc đĩa gá so với đĩa mài sẽ rối hơn, không bị trùng lặp so với khi chọn chúng là các số hữu tỉ.

- Khi chi tiết gia công được gá ở vị trí dưới hoặc trên, hình dạng quỹ đạo chuyển động tương đối của một điểm bất kỳ thuộc đĩa gá so với đĩa mài sau thời gian nguyên công gần giống nhau. Do đó có độ chính xác và năng suất gia công tương đương nhau.

- Theo phương pháp này, có thể xây dựng được thuật toán và chương trình mô phỏng số động học của các cơ cấu đòn bẩy được sử dụng trong các máy gia công cơ khí khác.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. М. Н. Семибратова - *Технология оптических деталей*, Машиностроение, Москва, 1978.
2. Nguyen Van Khang, Nguyen Trong Hung, Ninh Duc Ton - Improve Processed Surface's Precision of Optical Elements by Grinding under Kinematic Program Control, *Technische Mechanik, Magdeburg*, **28** (2) (2008) 156-165.

3. Nguyen Van Khang, Nguyen Trong Hung - A new algorithm for kinematic program control of optical parts by grinding, Vietnam Journal of Mechanics **32** (3) (2010) 135-144.
4. Nguyễn Trọng Hùng - Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến độ chính xác tạo hình bề mặt phẳng chi tiết quang khi mài nghiền, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2003.
5. Nguyễn Văn Khang, Ninh Đức Tốn, Nguyễn Trọng Hùng, Nguyễn Phong Điền - Mô phỏng số chuyển động tương đối các điểm của đĩa gá trong quá trình mài nghiền chi tiết quang trên máy 4MB – 250, Tuyển tập các Công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VI, Quyển 2, 1997, tr. 79-85.
6. Nguyễn Trọng Hùng, Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Minh Phương - Mô phỏng số động học cơ cấu máy mài nghiền đánh bóng chi tiết quang CPA - 1500. Tuyển tập các Công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ VII, Tập I: Động lực học và Điều khiển, Hà Nội, 2002, tr. 204-212.
7. Nguyễn Trọng Hùng, Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Minh Phương - Mô phỏng số động học cơ cấu máy mài nghiền đánh bóng kính mắt LOH Spherospeed LPS, Tạp chí Khoa học và Công nghệ **42** (1) (2004) 91-99.
8. Nguyễn Trọng Hùng - Lí thuyết tạo hình bề mặt chi tiết quang, Nhà xuất bản Bách khoa - Hà Nội, 2009.

#### SUMMARY

#### NUMERICAL SIMULATION METHOD OF KINEMATICS OF MECHANISM IN THE PRECISE PROCESSING SURFACE OF OPTICAL PARTS

Nguyễn Trọng Hùng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Văn Khang<sup>2</sup>, Nguyễn Minh Phương<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Hung Yen University of Technology and Education, Dan Tien, Khoai Chau, Hung Yen, Vietnam*

<sup>2</sup>*Hanoi University of Technology, No. 1, Dai Co Viet, Hanoi, Vietnam*

\*Email: *nthung.utehy@gmail.com*

This paper presents numerical simulation method of the kinetics structure used in optical surface parts precision grinding machine. From the research, a numerical simulation program system of relative position, velocity and acceleration of the contrivance disk and grinding disc has been set up, as well as the animation of these mechanisms in the optical parts surface precise knuckle-lever grinding machines has been created. This program system is used to study the kinematic adjustment programs in processing precise optical surface parts with knuckle-lever grinding machines and also can be valuable for the study of the kinematic knuckle-lever mechanism used in the other mechanical processing machines. The research covers problems that have not been adequately studied in published documents.

*Keywords:* Kinetics, optical surface parts, knuckle-lever