

**ĐIỀU CHỈNH CHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC MÀI NGHIỀN CHI TIẾT QUANG THEO HỆ SỐ TỶ SỐ TRUYỀN TRÊN MÁY ĐIỀU KHIỂN SỐ NC MB-250**  
**KINEMATIC PROGRAMMING CONTROL FOR OPTICAL PARTS BY TRANSMISSION RATIO FACTOR IN GRINDING NUMERICAL CONTROL MACHINE NC MB-250**

*Nguyễn Trọng Hùng, Phạm Quốc Hải, Vũ Quốc Khánh*  
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

**TÓM TẮT**

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về điều chỉnh chương trình động học mài nghiền chi tiết quang theo hệ số tỷ số truyền và hệ thống điều khiển độc lập tốc độ các trục truyền động liên kết với động cơ DC Servo của máy, nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công.

Từ chương trình động học mài nghiền chi tiết quang, dựa vào kết quả mô phỏng, có thể lựa chọn được hệ số tỷ số truyền giữa trục tay quay và trục công tác. Khi đó đường cong chương trình động học, biểu diễn tích số của hệ số phủ và hệ số vận tốc trung bình trong một chu kỳ tay quay, phù hợp với lượng dư gia công đối với từng nguyên công nghiền thô, nghiền bán tinh và nghiền tinh. Khi gia công, với sự điều chỉnh vận tốc trục tay quay và trục công tác của máy điều khiển số NC MB-250, sẽ được chương trình động học hợp lý.

**ABSTRACT**

This article presented results of research on adjustment of kinematic program of optical parts grinding through transmission ratio and individual rotation control system of transmission shafts which connected to machine's DC Servo motor that help to improve accuracy and processing productivity.

From kinematic program of optical grinding, based on simulation results, the transmission ratio between crank and main shafts can be selected. Then, the curve of kinematic program which shows product of coating coefficient and average rotation coefficient in one cranked frequency is in line with depth of cut in every coarse grinding, semi-finished grinding and finished grinding operations. During operation, with this adjustment of rotation crank and main shafts of NC MB-250 machine, rational kinematic program will be achieved.

**I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

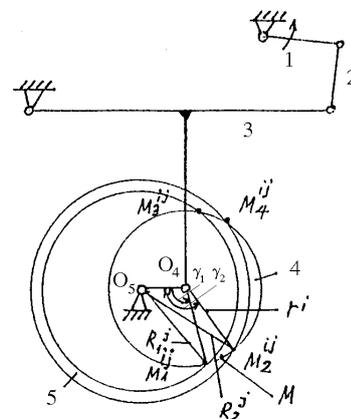
Hệ số tỷ số truyền là một trong những thông số ảnh hưởng tới chương trình động học mài nghiền chi tiết quang, khi điều chỉnh phù hợp sẽ nâng cao độ chính xác và năng suất gia công. Chương trình động học phụ thuộc vào các thông số hình học và động học của máy [1].

Trong các máy mài nghiền truyền thống trước đây, việc điều chỉnh các thông số động học phụ thuộc vào các bộ truyền động cơ khí như truyền động đai, ma sát hoặc truyền động bánh răng. Vì thế, việc điều chỉnh thông số động học trong xích truyền động của máy, chỉ có thể thực hiện theo từng cấp [4].

Việc điều chỉnh chương trình động học mài nghiền chi tiết quang là bài toán đặt ra đối với quá trình công nghệ khi gia công trên máy truyền thống, cũng như các máy điều khiển số. Các máy loại này chỉ phát huy hiệu quả khi có

các chương trình tính và điều chỉnh máy của người thao tác.

Xét cơ cấu khâu trên của máy mài nghiền chi tiết quang điều khiển số NC MB-250, được biểu diễn trên hình 1.



Hình 1. Cơ cấu khâu trên của máy mài nghiền chi tiết quang NC MB-250.

Trong đó đĩa nghiền 5 quay với vận tốc góc  $\omega_5$ , tay quay 1 quay với vận tốc góc  $\omega_1$  tạo ra chuyển động lắc của cần lắc 3 với vận tốc lắc  $\omega_3$ , đĩa gá 4 mang chi tiết gia công lắc theo cần lắc 3. Do ma sát chi tiết còn chuyển động quay tương đối quanh tâm  $O_4$ , với vận tốc  $\omega_4$ .

Hệ số  $k_1 = \omega_1 / \omega_5$ , là một trong các thông số điều chỉnh chương trình động học gia công, trong các máy mài nghiền chi tiết quang truyền thống đã được định trước bởi tỷ số truyền của các cặp bánh đai hoặc cặp bánh răng. Do đó, hạn chế việc xây dựng chương trình động học, sao cho phù hợp với lượng dư mài nghiền. Từ kết quả nghiên cứu về hệ thống điều khiển độc lập tốc độ trục động cơ, đề xuất một nghiên cứu ứng dụng mới - Điều chỉnh chương trình động học theo hệ số tỷ số truyền. Từ kết quả mô phỏng chương trình động học và việc điều chỉnh tốc độ trục tay quay và trục công tác, xây dựng được chương trình động học phù hợp với lượng dư trong từng nguyên công, nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công.

## II. CHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC MÀI NGHIỀN CHI TIẾT QUANG

**Định nghĩa 1:** Hệ số phủ cục bộ  $C_{ij}(t)$  là tỷ số giữa độ dài của cung nằm giữa hai đường tròn bán kính  $R_1^j$  và  $R_2^j$  của đĩa nghiền 5 trên chu vi đường tròn trung bình của miền vành thứ  $i$  của đĩa gá chi tiết gia công 4.

$$C_{ij}(t) = \frac{1}{\pi} (\arccos B_{ij} - \arccos A_{ij})$$

**Nhận xét:**  $C_{ij}(t)$  là đại lượng không thứ nguyên  $0 \leq C_{ij}(t) \leq 1$ . Với  $r^i, R_1^j, R_2^j$  xác định, thì hệ số phủ cục bộ  $C_{ij}(t)$  phụ thuộc vào độ lệch tâm  $e$  giữa tâm  $O_4$  của đĩa gá chi tiết gia công 4 và tâm của đĩa nghiền 5.

**Định nghĩa 2:** Hệ số phủ cục bộ trung bình là hệ số phủ cục bộ tính trong một chu kỳ tay quay và ký hiệu là  $\overline{C_{ij}}$ :

$$\overline{C_{ij}} = \frac{1}{T} \int_0^T C_{ij}(t, r^i, R_1^j, R_2^j) dt$$

Quan hệ giữa hệ số phủ cục bộ và hệ số phủ trung bình như sau:

$$\overline{C_i} = \sum_{j=1}^m \overline{C_{ij}}$$

**Định nghĩa 3:**

$$\chi_{ij}(t) = \frac{v_{ij}^{5-id}(t)}{V_{R \max}} - \text{Hệ số vận tốc}$$

Hệ số vận tốc trung bình trong một chu kỳ tay quay của khâu dẫn.

$$\overline{\chi_{ij}} = \frac{1}{T} \int_0^T \chi_{ij}(t) dt = \frac{1}{T \cdot V_{R \max}} \int_0^T v_{ij}^{5-id}(t) dt$$

Với  $m^*$  là số lượng các miền vành của đĩa nghiền 5, mà tại đó  $\chi_{ij} \neq 0, j = 1, \dots, m$ .

Giá trị trung bình của hệ số vận tốc là đại lượng:

$$\overline{\chi_i} = \frac{1}{m^*} \sum_{j=1}^{m^*} \overline{\chi_{ij}}$$

Hệ số vận tốc  $\overline{\chi_i}$  và hệ số phủ  $\overline{C_i}$  thể hiện ảnh hưởng động học của quá trình gia công của đĩa nghiền 5 đến cường độ mài mòn bề mặt chi tiết trên miền vành bán kính  $r^i$  bất kỳ nào đó của đĩa gá 4, ảnh hưởng của chúng là đồng thời, cộng tác dụng và có thể bù trừ cho nhau.

Khi đó, điều kiện để đĩa nghiền 5 mài mòn đồng đều bề mặt chi tiết trên đĩa gá 4 sẽ là:

$$\overline{C_i} \cdot \overline{\chi_i} = \text{const}; (i = 1, \dots, n).$$

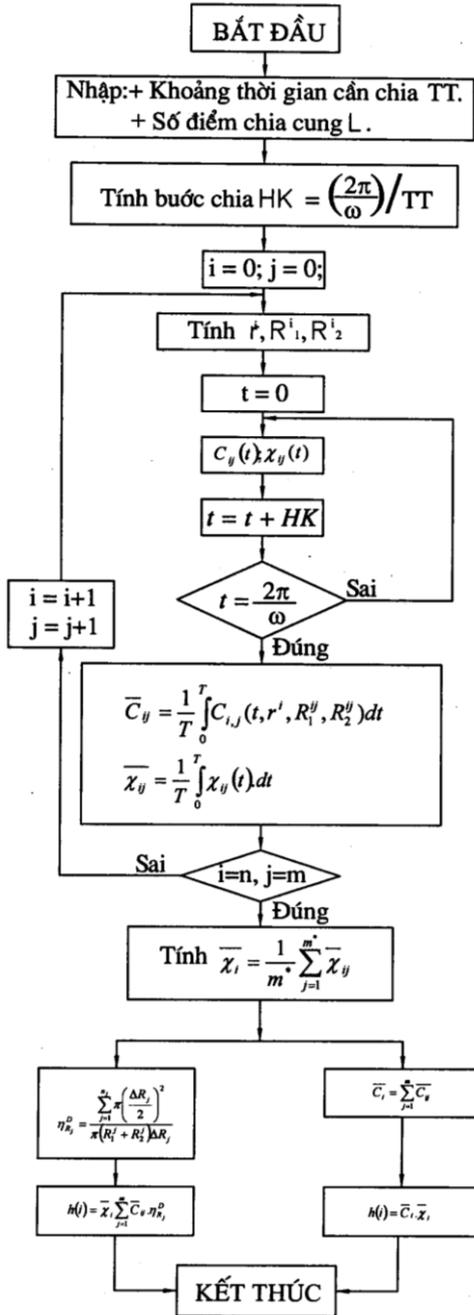
Biểu thức trên chính là chương trình động học mài nghiền chi tiết quang.

## III. ĐIỀU CHỈNH CHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG HỌC MÀI NGHIỀN CHI TIẾT QUANG THEO HỆ SỐ TỶ SỐ TRUYỀN

### 3.1 Xây dựng thuật toán chương trình động học

Hệ số phủ và hệ số vận tốc phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa đĩa gá chi tiết và đĩa nghiền, để xây dựng chương trình tính giá trị của chúng, cần phân tích các trường hợp phân bố giữa chúng. Qua phân tích, thấy rằng vị trí giữa đĩa gá chi tiết và đĩa nghiền có thể xảy ra một trong các trường hợp như tiếp xúc, giao nhau, phân bố đồng tâm trong cả hai trường hợp

ở phía trong và phía ngoài. Sau khi nghiên cứu thuật toán hình động học vị trí tương đối của đĩa gá chi tiết và đĩa nghiền, xây dựng được các thuật giải chương trình chính, chương con tính hệ số vận tốc, chương trình con tính hệ số phù, chương trình tính toán  $\overline{\chi}_i$ ,  $\overline{C}_i$  và  $\overline{C}_i \cdot \overline{\chi}_i$  và phần mềm tính toán chương trình động học mài nghiền chi tiết quang (hình 2).

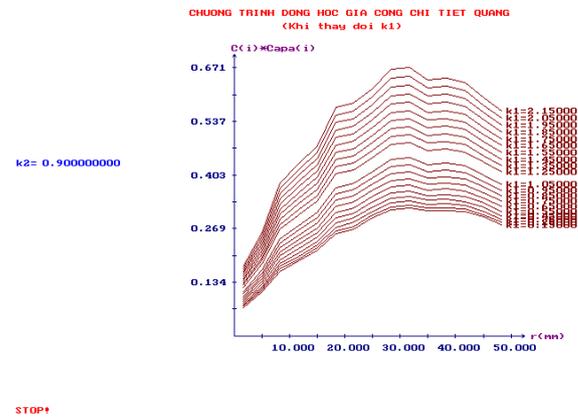


Hình 2. Thuật giải chương trình tính toán  $\overline{\chi}_i$ ,  $\overline{C}_i$  và  $\overline{C}_i \cdot \overline{\chi}_i$ .

### 3.2. Một số kết quả điều chỉnh chương trình động học theo hệ số tỷ số truyền

Trong các kết quả nghiên cứu trước đây [1,2] trình bày phương pháp điều chỉnh chương trình động học theo việc điều chỉnh chiều dài tay quay. Với các kết quả nghiên cứu mới đây về hệ thống điều khiển độc lập các trục quay của nhóm tác giả, ở đây trình bày một số kết quả nghiên cứu về điều chỉnh chương trình động học theo hệ số tỷ số truyền  $k_{12}$ , có thể điều chỉnh độc lập tốc độ trục tay quay và trục công tác để đạt được hệ số tỷ số truyền, sao cho chương trình động học mài nghiền phù hợp với phân bố lượng dư gia công, trong từng nguyên công nghiền thô, nghiền bán tinh hay nghiền tinh.

Theo kết quả mô phỏng trên hình 3, thấy rằng khi nghiền thô chọn  $k_{12}$  có giá trị lớn, khi nghiền bán tinh chọn  $k_{12}$  có giá trị trung bình và khi nghiền tinh chọn  $k_{12}$  có giá trị nhỏ.



Hình 3. Một số kết quả mô phỏng điều chỉnh chương trình động học theo  $k_{12}$ .

## IV. XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ TỐC ĐỘ HAI TRỤC ĐỘC LẬP

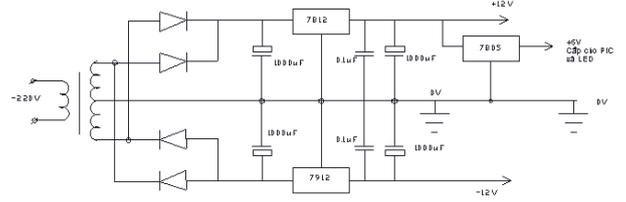
### 4.1 Khối nguồn

Mạch nguồn gồm có ba biến áp dùng để cấp điện áp xoay chiều cho các bộ chỉnh lưu (hình 4).

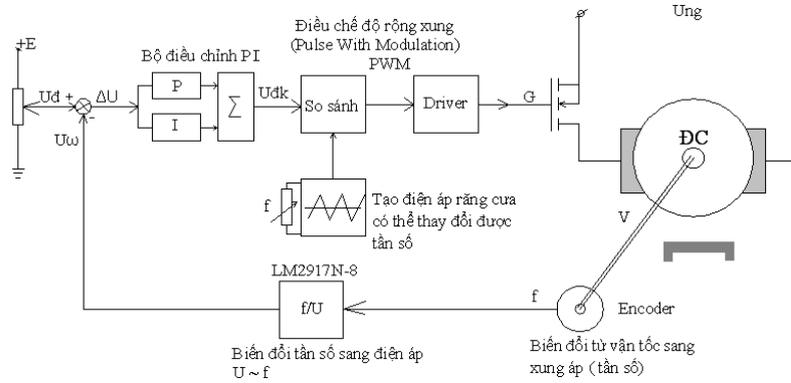
Nhiệm vụ của từng nhóm như sau:

- Hai biến áp cấp nguồn xoay chiều 18V cho hai cầu chỉnh lưu *điốt* và bộ tụ lọc để ra mức điện áp 24V một chiều cấp cho động cơ trục công tác, động cơ trục tay quay.

- Biến áp thứ ba có 3 đầu ra 12V- 0V- 12V, cấp nguồn xoay chiều cho hai bộ cầu chỉnh lưu (điôt) - tụ lọc - IC 7912 (ôn áp) - lọc để tạo ra bộ nguồn một chiều -12V- 0V- +12V cấp cho mạch điều khiển PWM, nhánh điện áp +12V được qua một IC 7805 ổn áp cho ra mức điện áp 5V để cấp cho mạch PIC để hiển thị LED.



Hình 4. Khối nguồn của hệ thống điều khiển.

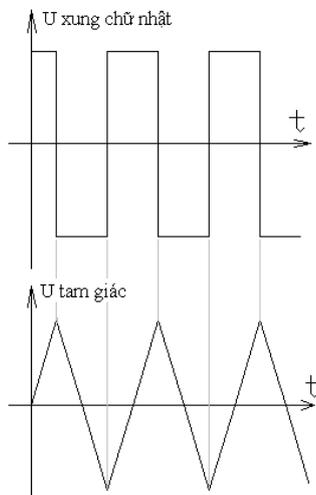


Hình 5. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển động cơ DC Servo trong máy mài nghiên NC MB-250.

#### 4.2 Khối mạch điều khiển tốc độ của động cơ DC Servor

Động cơ ở đây được điều khiển theo phương pháp điều chế độ rộng xung PWM (Pulse Width Modulation) (hình 5):

+ Nguyên tắc tạo điện áp răng cưa là dựa trên hiện tượng phóng nạp của tụ  $C_{\Delta}$  ở bộ tích phân khi đầu vào được cấp từ bộ tạo xung xung điện áp chữ nhật (hình 6).



Hình 6. Tạo điện áp răng cưa.

+ Điện áp  $U_d$  một chiều cấp cho chiết áp  $V_R$ , để điều chỉnh tốc độ động cơ đến giá trị mong muốn.

+ Xung điện áp từ encoder (gắn trên trục động cơ) đưa về vi mạch LM2917 để biến đổi từ tần số sang điện áp. Điện áp này tỷ lệ thuận với tần số xung điện áp mà encoder đưa về, hay nói cách khác nó cũng tỷ lệ với tốc độ quay của động cơ. Đây là điện áp phản hồi tốc độ  $U_{\omega}$ . Điện áp này được so sánh điện áp  $U_d$  ở khâu so sánh, sau khi so sánh cho mức sai lệch  $\Delta U$  giữa lượng đặt (tốc độ) và thực tế (động cơ đang quay).

Mức sai lệch  $\Delta U$  qua bộ điều chỉnh kiểu Tích phân – Tỷ lệ (PI) để tạo ra điện áp điều khiển quyết định độ rộng xung điều khiển, sao cho động cơ quay theo đúng lượng đặt.

+ Bộ điều chỉnh PI là hai khâu làm việc song song.

Khâu P - Khâu tỷ lệ với  $\Delta U$ , giá trị này do ta tính toán để từ đó điều chỉnh được hệ số tỷ lệ  $K_p$  nhờ việc thay đổi giá trị chiết áp  $R_p$ ,

$$K_p = \frac{R_0}{R_p}$$

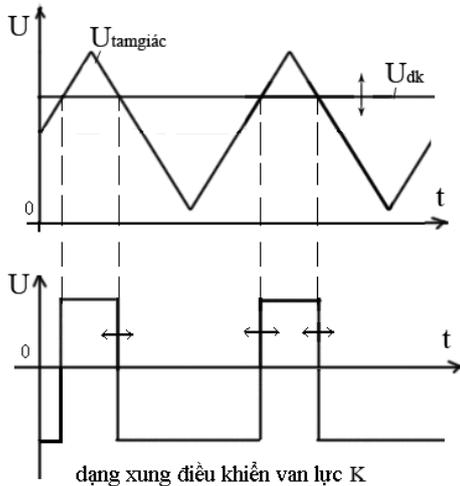
Khâu I - Khâu tích phân sai lệch điện áp  $\Delta U$  theo thời gian. Hằng số tích phân  $K_I$  có thể điều chỉnh được nhờ thay đổi giá trị chiết áp  $R_I$ ,

$$K_I = \frac{1}{R_I \cdot C_i}$$

Tín hiệu từ hai mạch P và I sẽ được tổng hợp ở khâu cộng tín hiệu và như vậy điện áp điều khiển sẽ là :

$$U_{dk} = K_p \cdot (U_d - U_\omega) + K_I \cdot \int (U_d - U_\omega) dt + U(0)$$

+ Khâu so sánh ở đây để so sánh điện áp răng cưa và điện áp điều khiển. Khi điện áp điều khiển biến đổi, sẽ làm thời gian dẫn của van lực thay đổi theo, dẫn đến năng lượng cấp cho động cơ cũng biến đổi, mà cuối cùng chính là làm tốc độ động cơ thay đổi theo giá trị cần thiết. Điều này minh họa ở hình 7 dưới đây.



Hình 7. So sánh điện áp răng cưa và xung điều khiển.

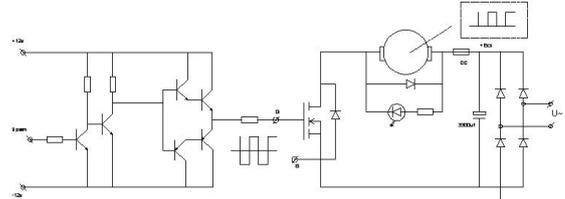
+ Nguyên tắc hoạt động của mạch lực (Driver) (hình 8):

Xung điện áp điều khiển từ mạch điều khiển được đưa tới mạch khuếch đại gồm ba nhóm Transitor mắc Darlington, lúc này điện điều khiển được khuếch đại công suất.

Xung điều khiển có công suất đủ lớn để kích mở khóa bán dẫn K – MOSFET, có tần số đóng cắt lớn. Xung điều khiển là xung chữ nhật dạng xoay chiều, có phần điện áp dương để mở được MOSFET và phần âm để khóa MOSFET.

MOSFET đóng cắt với tần số khoảng 4kHz và cần có tấm làm mát để bảo vệ quá nhiệt cho van. Do mạch lực có tính điện cảm, nên phải có diot nhanh để bảo vệ xung áp cho MOSFET, diot này được mắc song song ngược với van.

Động cơ điện được mắc thêm một diot đệm, có tác dụng tạo đường tiêu tán năng lượng từ trường tích tụ trong các cuộn dây của động cơ, và cũng có chức năng bảo vệ được MOSFET.



Hình 8. Drive Mosfet.

## V. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Từ các kết quả nghiên cứu ở trên, thấy rằng hệ số tỷ số truyền  $k_{12}$  là một số vô tỷ [1] và:

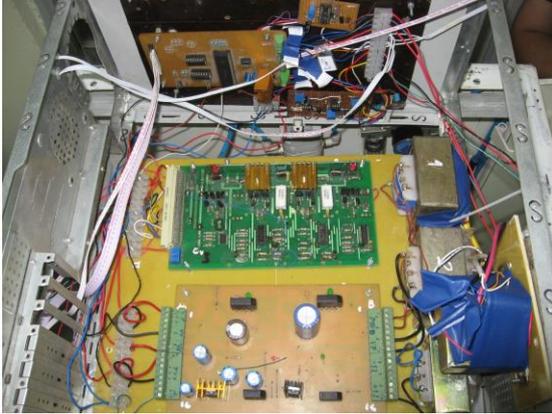
- Khi nghiên thô, mong muốn năng suất là chủ yếu, chọn giá trị hệ số tỷ số truyền  $k_{12} = 1,75 \div 2,05$  ;
- Khi nghiên bán tinh, mong muốn cả năng suất và độ chính xác, chọn giá trị hệ số tỷ số truyền  $k_{12} = 0,85 \div 1,15$  ;
- Khi nghiên tinh, mong muốn độ chính xác là chủ yếu, chọn giá trị hệ số tỷ số truyền  $k_{12} = 0,25 \div 0,55$  .

Trong phần thiết kế và chế tạo, đã xây dựng được hệ thống điều khiển số độc lập tốc độ hai trục công tác và trục tay quay, dẫn động bằng động cơ DC Servo, sử dụng trong mô hình máy mài nghiên chi tiết quang điều khiển số NC MB-250.

Các kết quả nghiên cứu cho khả năng điều chỉnh linh hoạt tốc độ trục tay quay và trục công tác, nhằm đạt được hệ số tỷ số truyền phù hợp với phân bố lượng dư trong từng nguyên công, nhằm nâng cao độ chính xác và năng suất gia công.

Một số thông số của hệ thống điều khiển:

- Giải tốc độ điều khiển: 100-1000 (vòng/phút).
- Sai số tốc độ điều khiển:  $\pm 3$  (vòng/phút).
- Công suất động cơ DC Servo: 80 W.



Hình 9. Hệ thống điều khiển độc lập tốc độ quay hai trục động cơ DC Servo.



Hình 10. Máy NC MB-250, có hệ thống hiển thị và điều khiển độc lập tốc độ trực tay quay và trực công tắc

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 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.
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, Band 28, Heft 2, Page 156-165. Magdeburg, 2008.
3. М.Н. Семибратов; Технология оптических деталей; Машиностроение. Москва, 1978.
4. Р.А. Михнев, С.К. Штандель; Оборудование оптических цехов; Машиностроение. Москва, 1981.

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Trọng Hùng – Tel: 0904.143.738  
Email: nguyentronghung@mail.hut.edu.vn