

## TỐI ƯU CHẾ ĐỘ CẮT CỦA PHƯƠNG PHÁP KHOAN TRÊN MÁY ĐIỀU KHIỂN SỐ (NC VÀ CNC)

Nguyễn Phú Hoa (Trường ĐH Kỹ thuật Công Nghiệp – ĐH Thái Nguyên)

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công việc khoan là công việc thường gặp khi gia công cắt gọt, đồng thời cũng là công việc chiếm khá nhiều thời gian gia công. Tối ưu hoá chế độ cắt khi khoan cũng không phải là vấn đề mới, cũng đã có nhiều tác giả đã đề cập và nghiên cứu vấn đề này với các phương pháp khác nhau. Trong bài báo khác chúng tôi đã đề cập phương pháp và giải thuật tối ưu các thông số chế độ cắt bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính [5]. ở đây chúng tôi tiếp tục trình bày tối ưu các thông số chế độ cắt của phương pháp khoan bằng một phương pháp khác đơn giản và dễ lập trình máy tính hơn phương pháp quy hoạch tuyến tính.

Để có thể xác định được chế độ cắt tối ưu của phương pháp khoan, trong đề tài nghiên cứu "xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế QTCN gia công cắt gọt", chúng tôi đã kết hợp phương pháp của các tác giả **J A Arsecularatne**, **Hinduija**, **G Barrow** của *Depart of Mechanical Engineering, Univesity of Manchester Institute of Science and technology* cùng với thuật giải máy tính do chúng tôi xây dựng đã giúp chúng ta nhanh chóng, tự động xác định chế độ cắt tối ưu của phương pháp khoan. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa rất lớn cho việc xây dựng phần mềm máy tính tự động hoá thiết kế tối ưu QTCN gia công cắt gọt nói chung và đặc biệt ứng dụng nó để tự động xác định chế độ cắt tối ưu đối với các máy công cụ điều khiển số (NC và CNC), thực tế là hiện nay phương pháp này đang được sử dụng trong các phần mềm điều khiển máy CNC.

### II. PHƯƠNG PHÁP, THUẬT GIẢI TỐI ƯU CHẾ ĐỘ CẮT KHI KHOAN

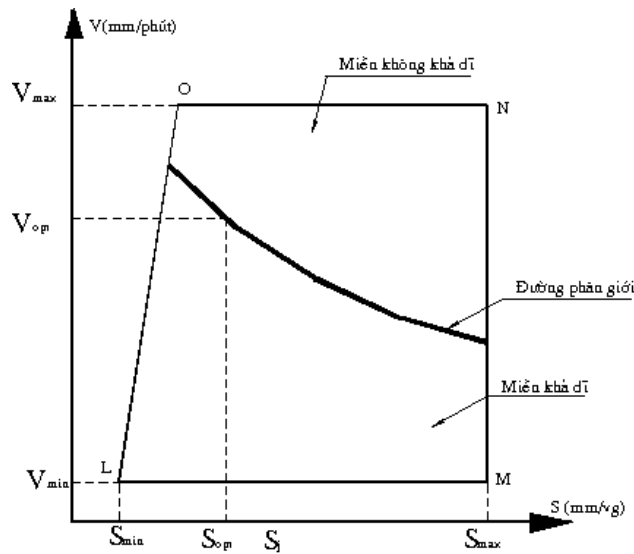
Trong nội dung bài viết này chúng tôi giới hạn xem xét trường hợp khoan lỗ mà chỉ một lần khoan, trong các điều kiện khác sẽ được trình bày ở bài viết khác. Vì vậy mà thông số chế độ cắt chỉ cần xác định tối ưu 2 thông số là lượng chạy dao và vận tốc cắt.

Về bản chất phương pháp này cũng xuất phát từ các điều kiện ràng buộc khi gia công và mục tiêu tối ưu là chi phí gia công là nhỏ nhất như phương pháp quy hoạch tuyến tính. Nhưng vấn đề khác ở chỗ, phương pháp quy hoạch tuyến tính là duyệt tìm giá trị tối ưu trên toàn bộ miền các giá trị khả dĩ, còn phương pháp này căn cứ vào nhận xét những điểm mà chi phí gia công nhỏ nhất luôn nằm trên đường phân giới giữa miền khả dĩ và không khả dĩ.

Cụ thể đó là: trên cơ sở điều kiện gia công của một máy cụ thể với một dụng cụ cắt nào đó ta xây dựng mặt phẳng S-V. Trên mặt phẳng S-V được phân ra làm 2 miền: Miền các giá trị của cặp giá trị S-V có thể dùng được (miền khả dĩ) và miền không thể dùng được (miền không khả dĩ) chúng được ngăn bởi đường cong (Hình 1).

Theo các tác giả **J A Arsecularatne**, **Hinduija**, **G Barrow** thì điểm mà chi phí gia công nhỏ nhất luôn nằm trên đường phân giới giữa miền khả dĩ và miền không khả dĩ. Chính vì vậy mà ta chỉ cần xét các điểm có các cặp giá trị S-V nằm trên đường phân giới này, do đó quá trình tính toán nhanh hơn, đơn giản hơn rất nhiều.

Quá trình tính toán chế độ cắt tối ưu của phương pháp khoan với các bước như sau:



Hình 1- Mặt phẳng giới hạn các miền S-V

1. Tính lượng chạy dao cực đại theo chiều dày lớp cắt cho phép của mũi khoan được tính toán bằng công thức sau:

$$S_1 = c_1 D^{e_1} \quad \text{nếu : } L/D \leq 3 \quad (1)$$

$$S_1 = f c_1 D^{e_1} \quad \text{nếu : } L/D > 3$$

Với:

$$f = 1 - 0,05(L/D - 3)$$

$c_1, e_1$  là các hằng số phụ thuộc cặp vật liệu gia công - vật liệu dụng cụ cắt.

2. Tính lượng chạy dao  $S_2$  phụ thuộc các mô men của máy, mô men cắt giới hạn của dụng cụ và mô men xoắn tránh khả năng trượt của mũi khoan được tính bằng công thức sau:

$$S_2 = \left( \frac{M}{c_2 (D^{e_3} - D_p^{e_3})} \right)^{1/e_2} \quad \text{đối với mũi khoan thép gió} \quad (2)$$

$$S_2 = \left( \frac{M}{k_s c_2 (D^{e_3} - D_p^{e_3})} \right)^{1/e_2} \quad \text{đối với mũi khoan hợp kim cứng}$$

Với:  $k_s = c_5 s^{c_{10}}$ ;  $M = \min ( M_1, M_2, M_3 )$  (3)

Trong đó:

\*)  $M_1$  là mô men xoắn lớn nhất mà máy có thể cho phép và được tính như sau:

$$M_1 = \frac{60 P_{\max}}{\pi \cdot n} \quad (4)$$

\*)  $M_2$  là mô men xoắn lớn nhất mà mũi khoan cho phép và được tính như sau:

$$M_2 = \frac{\pi \cdot D_{av}^3 \cdot \tau}{16000 \cdot f \cdot s_1} \quad \text{với } D_{av} = 0,7 D \quad (5)$$

\*)  $M_3$  là mô men xoắn giới hạn để không xảy ra sự trượt mũi khoan, tính như sau:

$$M_3 = \mu_c \cdot r_g (F_{c0} \pm I_c \cdot m_j \cdot \omega^2 \cdot r_j) \quad (6)$$

3. Tính lượng chạy dao  $S_3$  phụ thuộc lực cắt cực đại và lực chạy dao cực đại, được tính bằng công thức sau:

$$S_3 = \left( \frac{F_a}{c_3 (D^{e5} - D_p^{e5})} \right)^{1/e4} \quad \text{đối với mũi khoan thép gió} \quad (7)$$

$$S_3 = \left( \frac{F_a}{k_s \cdot c_3 (D^{e5} - D_p^{e5})} \right)^{1/e4} \quad \text{đối với mũi khoan hợp kim cứng}$$

Với:  $F_a = \min (F_{a1}, F_{a2})$

Trong đó:

\*)  $F_{a1}$  là lực dọc trục lớn nhất mà dụng cụ có thể cho phép và được tính như sau:

$$F_{a1} = \frac{\pi^3 E D^4}{64 L^2 f_{s1}} \quad (8)$$

\*)  $F_{a2}$  là lực dọc trục lớn nhất tránh trượt dụng cụ cắt theo chiều trục, tính như sau:

$$F_{a2} = \mu_a (F_{c0} \pm I_c \cdot m_j \cdot \omega^2 \cdot r_j) \quad (9)$$

4. Lượng chạy dao  $S_{opt}$  tối ưu được tính toán là:

$$S_{opt} = \min (S_1, S_2, S_3) \quad (10)$$

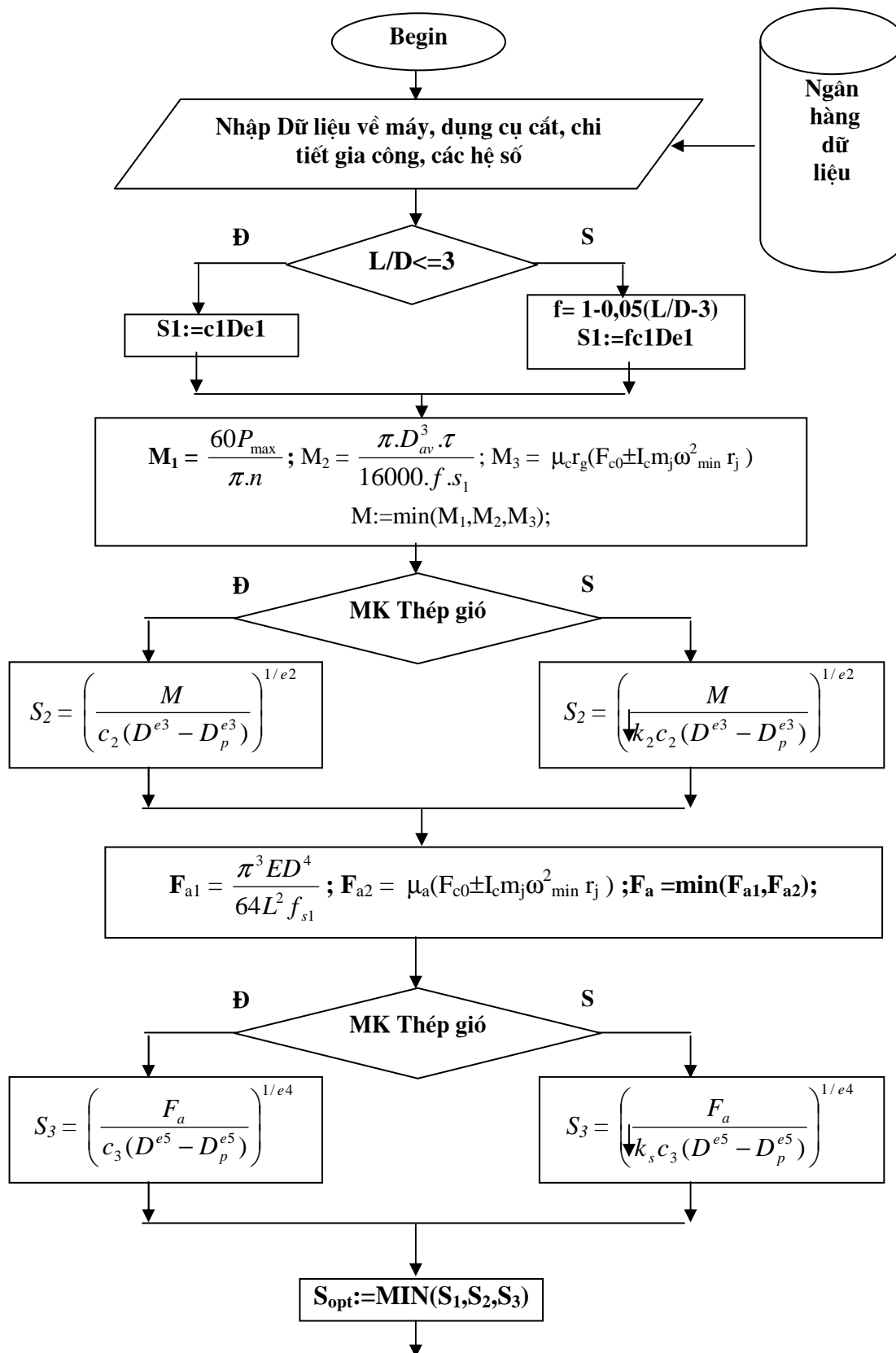
5. Vận tốc cắt tối ưu không kể đến các ràng buộc được tính toán bằng công thức sau:

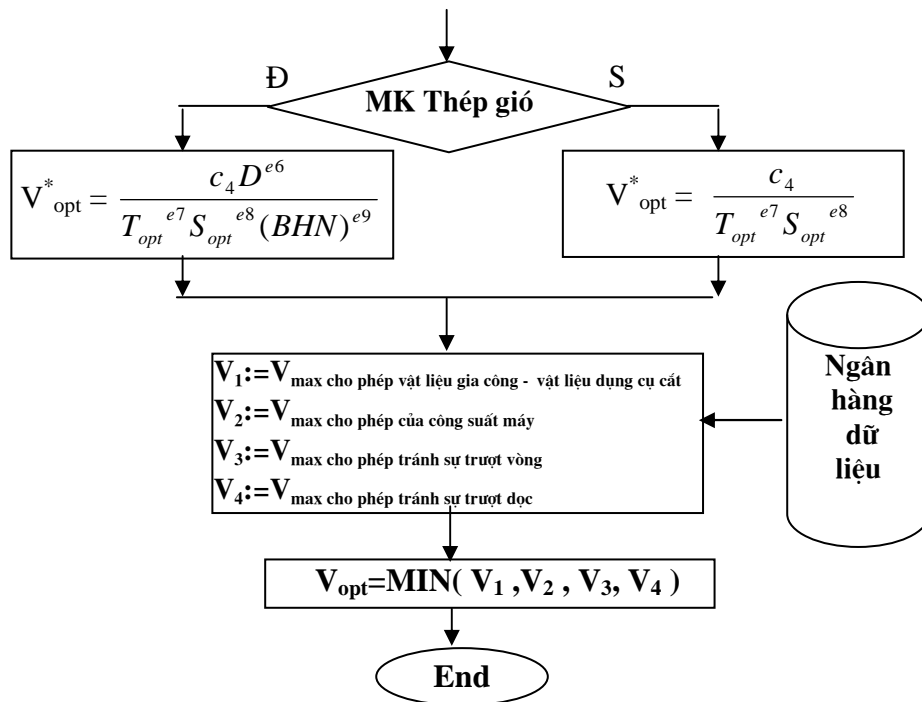
$$V_{opt}^* = \frac{c_4 D^{e6}}{T_{opt}^{e7} S_{opt}^{e8} (BHN)^{e9}} \quad \text{đối với mũi khoan thép gió} \quad (11)$$

$$V_{opt}^* = \frac{c_4}{T_{opt}^{e7} S_{opt}^{e8}} \quad \text{đối với mũi khoan hợp kim cứng}$$

6. Vận tốc cắt tối ưu được tính như trên sẽ được kiểm tra với các ràng buộc như công suất cắt lớn nhất, tránh trượt dụng cụ cắt theo dọc trục và tiếp tuyến. Nó được kiểm tra lần nữa với phạm vi tốc độ cắt ứng dụng vật liệu gia công - vật liệu dụng cụ cắt. Vận tốc cắt tối ưu nhỏ hơn sẽ được chọn khi thỏa mãn tất cả các ràng buộc này.

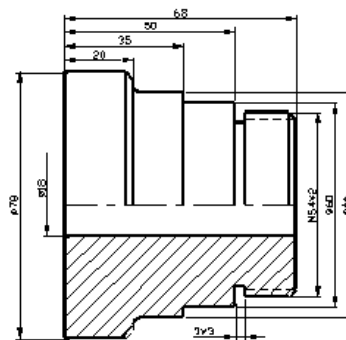
Thuật giải tối ưu chế độ cắt của phương pháp khoan





### III. Kết quả nghiên cứu

Kết quả của phương pháp và giải thuật tối ưu chế độ cắt của phương pháp khoan trên được thử nghiệm xác định tối ưu chế độ cắt của phương pháp khoan trên máy CNC là trung tâm gia công MHP với chi tiết gia công như hình vẽ 2, vật liệu chi tiết gia công là thép 45:



Hình 2: Chi tiết gia công

Với chi tiết gia công thì bề mặt cần khoan là bề lỗ  $\Phi 18$ . Dụng cụ cắt là mũi khoan thép gió  $\Phi 18$ , khoan 1 lần là đạt kích thước nên chiều sâu cắt là 9 mm, tuổi bền mũi khoan để chi phí dụng cụ thấp nhất là 24,75 phút. Quá trình tối ưu lượng chạy dao qua các bước như sau:

1. Lượng chạy dao cực đại tính theo tiết diện phoi cắt lớn nhất cho phép là:  
 $S_1 = 0,102 \text{ mm/vòng}$ .
2. Lượng chạy dao  $S_2$  phụ thuộc ràng buộc mô men tính theo công thức (2) là:  
 $S_2 = 2,341 \text{ mm/vòng}$ .
3. Lượng chạy dao  $S_3$  phụ thuộc ràng buộc lực theo công thức (2) là:

$$S_3 = 2,098 \text{ mm/vòng.}$$

4. Lượng chạy dao tối ưu theo công thức (2) là:

$$S = \min(S_1, S_2, S_3) = \min(0,102; 2,341; 2,098) = 0,102 \text{ mm/vòng.}$$

5. Vận tốc cắt tối ưu ứng với lượng chạy dao tối ưu và tuổi bền dụng cụ tối ưu là:

$$V_{opt}^* = 62,7 \text{ m/phút.}$$

6. Kiểm tra các điều kiện:

\*) Vận tốc cắt cho phép lớn nhất của cặp vật liệu chi tiết gia công và vật liệu dụng cụ cắt là : 30,0 m/phút.

\*) Vận tốc cắt cho phép lớn nhất của công suất máy là : 25,45 m/phút.


\*) Vận tốc cắt cho phép lớn nhất tránh trượt vòng là : 219,8 m/phút.

\*) Vận tốc cắt cho phép lớn nhất tránh trượt dọc trục là : 230,1 m/phút.

$$\text{Vậy: } V_{opt} = \min(62,7; 30,0; 25,45; 219,8; 230,1) = 25,45 \text{ m/phút}$$

Sau đây là so sánh kết quả tính toán tối ưu và tính toán bằng phương pháp tra bảng, trong đó chi phí khấu hao máy là 4.800,0 đồng/phút, chi phí dụng cụ cắt ứng với tuổi bền tối ưu là 150,0 đồng/phút.

Thời gian gia công ( phút )			Chi phí gia công ( đồng )		
Phương pháp dùng bảng tra	Phương pháp tính toán tối ưu	Sai lệch (%)	Phương pháp dùng bảng tra	Phương pháp tính toán tối ưu	Sai lệch (%)
0,607	0,496	18,3	3.442,0	2.910,0	15,5

Trên đây là những kết quả nghiên cứu này, phương pháp và giải thuật tính toán chế độ cắt tối ưu đã trình bày ở trên vừa cho phép hoàn toàn tự động xác định các thông số chế độ cắt của phương pháp khoan một cách nhanh chóng và có hiệu quả. Đặc biệt kết quả nghiên cứu này rất có ý nghĩa khi ứng dụng xác định chế độ cắt tối ưu đối với các máy điều khiển số (NC và CNC) 

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp và thuật giải để tối ưu hoá các thông số chế độ cắt của phương pháp khoan. Phương pháp này có ý nghĩa quan trọng để tự động xác định tối ưu các thông số chế độ cắt trong quá trình tự động hoá thiết kế tối ưu quy trình công nghệ gia công cắt gọt, đặc biệt là với các hệ thống máy điều khiển số (NC và CNC). Kết quả được thực nghiệm trên trung tâm gia công MHP.

### Summary

#### Optimum cutting conditions for drilling components on the numerically controlled system ( NC & CNC)

This paper describes method and algorithm of synchronizes optimum to determine the optimum cutting conditions automatically for drilling. This is very important for determine the optimum cutting conditions automatically in the automatic design of optimum cutting process, specially for technologically orientated numerically controlled system (NC and CNC). Disquisitional results rendered in here are given determine the optimum cutting conditions automatic for drilling on the MHP turning centre.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Shaw, M.C: On the drilling of metals 2-the torque and thrust in drilling - Trans, ASME, 1957
- [2]. SANDVIK Coromant: Short hole drilling S-81181, Sweden 1981
- [3]. Nguyễn Đăng Bình, Lê Văn Vĩnh, Nguyễn Phú Hoa: “Thiết kế quy trình công nghệ tối ưu theo chuẩn thứ tự nguyên công có giá thành MIN với sự trợ giúp máy tính”, *Thông báo Khoa học của các trường đại học năm 1997*, Vụ Khoa học - Công nghệ - Bộ Giáo dục và Đào tạo