

**PGS,TS NGUYỄN ĐĂNG BÌNH**  
**TS NGUYỄN PHÚ HOA**

**TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ**  
**QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**  
**TẬP I**

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**  
**HÀ NỘI - 2007**

## Lời nói đầu

Trên thế giới cũng như ở nước ta, nền sản xuất cơ khí đang không ngừng phát triển mạnh mẽ với sự ra đời của máy móc thiết bị có mức độ tự động hoá cao, linh hoạt trong sản xuất (CNC, FMC, FMS, trung tâm gia công, .v.v. ), cộng với sự phát triển nhảy vọt về công tác thiết kế, chuẩn bị công nghệ tiến tới tự động hoá, xuất hiện sự tích hợp tự động hoá thiết kế và tự động hoá quá trình sản xuất (CIM ).

Để giúp bạn đọc trong việc ứng dụng tự động hoá quá trình thiết kế và chuẩn bị công nghệ, chúng tôi biên soạn cuốn "**Tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ**".

Trong sách, ngoài việc trình bày ngắn gọn nội dung cơ bản của công tác thiết kế qui trình công nghệ, chúng tôi đi sâu vào giới thiệu những kiến thức mới về tự động hoá quá trình thiết kế qui trình công nghệ.

Cuốn sách được in thành 2 tập, tập 1 gồm có 4 chương tập trung giới thiệu về cơ sở lý thuyết tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ, tập 2 giới thiệu phương pháp và kỹ thuật xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ. Cuốn sách được dùng làm tài liệu giảng dạy, học tập cho sinh viên, học viên cao học cũng như các nghiên cứu sinh thuộc khối cơ khí. Đây cũng là tài liệu tham khảo tốt cho các cán bộ kỹ thuật, cán bộ nghiên cứu thuộc lĩnh vực cơ khí và tự động hoá ở các nhà máy, xí nghiệp.

Sách được xuất bản lần đầu tiên nên không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc và các đồng nghiệp để trong lần xuất bản sau sách được hoàn chỉnh hơn.

Các ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

**Các tác giả**

**Chương 1**  
**NỘI DUNG CƠ BẢN THIẾT KẾ**  
**QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**

**1.1 - VỊ TRÍ, VAI TRÒ VÀ CHỨC NĂNG CỦA THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**

**1.1.1 - Đặc điểm của sự phát triển công nghệ chế tạo máy**

Các đặc điểm phát triển công nghệ trong ngành chế tạo máy công cụ trong giai đoạn hiện nay bao gồm:

1 - Sự phát triển vượt bậc về chủng loại các máy công cụ cả về máy công cụ truyền thống và máy công cụ điều khiển số hiện đại, tiên tiến đồng thời mở rộng vùng kích thước gia công của sản phẩm.

2- Các máy công cụ không ngừng được nâng cao mức độ hiện đại hoá và tiêu chuẩn hoá máy. Đã có sự liên kết, thống nhất trong các ngành sản xuất, trong toàn bộ quốc gia và thế giới.

3- Khối lượng sản phẩm cơ khí tăng nhanh, từ đó cho phép nâng cao khả năng chuyên môn hoá, tiêu chuẩn hoá sản phẩm.

4- Khả năng linh hoạt (tần suất thay đổi sản phẩm) yêu cầu ngày càng lớn đang đặt ra yêu cầu giảm thời gian và vật chất dùng trong chuẩn bị sản xuất.

5- Các sản phẩm cơ khí ngày càng có mức độ phức tạp về kết cấu, chỉ số sử dụng (chỉ tiêu kỹ thuật, độ tin cậy, tính kinh tế và thẩm mỹ) cao hơn, đòi hỏi phải nâng cao được các chỉ số công nghệ sản xuất, các chỉ số kinh tế (có tính chất loạt lớn trong sản xuất và trong sử dụng máy, giá thành sản xuất, đơn giá của sản phẩm tạo thành máy), nâng cao được độ chính xác chế tạo chi tiết máy và chất lượng bề mặt gia công.

6- Sử dụng các loại vật liệu mới (thép hợp kim, hợp kim chuyên dụng, hợp kim chịu nhiệt, hợp kim vật liệu khó gia công, vật liệu composite) hợp kim có những tính chất vật lý đặc biệt.

7- Sử dụng các phương pháp làm bền bề mặt như nhiệt luyện, hoá nhiệt và các công nghệ khác, nhằm nâng cao chu kỳ sửa chữa định kỳ trong quá trình sản xuất và giảm số lượng chi tiết dự trữ.

8- Giảm khối lượng lao động, giá thành sản xuất, năng lượng riêng và khối lượng vật chất chế tạo sản phẩm (với cùng một loại kết cấu).

9- Nâng cao mức tự động hoá trong toàn bộ quá trình công nghệ trong chế tạo máy, bao gồm từ quá trình tạo phôi đến khi lắp ráp; không chỉ trong sản xuất hàng khối, hàng loạt lớn, mà cả trong sản xuất loạt vừa và sản xuất đơn chiếc, nhờ đó mà cơ khí hoà toàn bộ và tự động hoá toàn bộ quá trình sản xuất trên cơ sở áp dụng nguyên

tác sản xuất "không có người".

10- Quá trình sản xuất ngày một "linh hoạt" và "mềm dẻo" hơn nhờ sự phát triển các hệ thống sản xuất linh hoạt, hệ thống sản xuất thông minh .

11- Đẩy mạnh nghiên cứu khoa học để tạo ra những qui trình công nghệ gia công cơ khí đảm bảo năng suất cao .

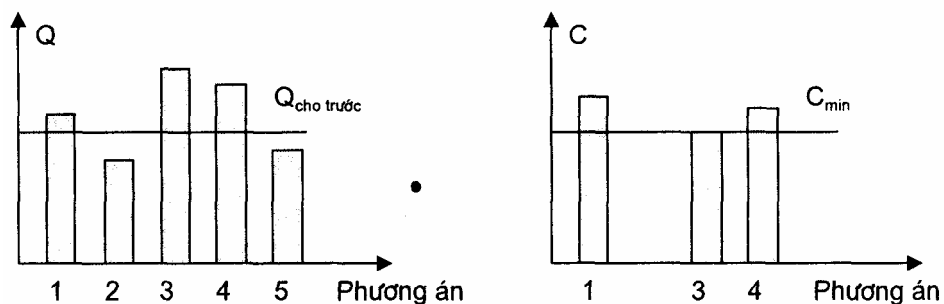
12- Phát triển tự động hoá thiết kế các qui trình công nghệ để giảm khối lượng công việc trong thiết kế, nâng cao chất lượng thiết kế và giải phóng các nhà công nghệ.

### 1.1.2 - Chuyên môn hoá công việc thiết kế các qui trình công nghệ

Trong các nền sản xuất cơ khí nhỏ như nước ta hiện nay, khi mà phần lớn các sản phẩm cơ khí là đơn chiếc hoặc loạt nhỏ, công việc thiết kế qui trình công nghệ thường được kết hợp ngay trong phòng kỹ thuật, thậm chí không có thiết kế qui trình công nghệ.

Trong các nền sản xuất cơ khí lớn, sản xuất trong cơ chế kinh tế thị trường, các sản phẩm cơ khí chỉ có thể cạnh tranh được khi đảm bảo được tính kinh tế kỹ thuật từ đó đòi hỏi phải chuyên môn hoá công tác thiết kế qui trình công nghệ.

Chuyên môn hoá thiết kế qui trình công nghệ mới đảm bảo được yêu cầu sản xuất trong những điều kiện kỹ thuật. Bằng phương án so sánh hiệu quả các phương án mà cuối cùng lựa chọn được phương án tối ưu. Đầu tiên chọn ra các phương án mang lại năng suất  $Q$  mà không thấp hơn năng suất  $Q$  đã cho (hình. 1.1.a). Sau đó từ những phương án này chọn ra phương án mang lại lợi nhuận cao nhất (hình. 1.1.b), đảm bảo giá thành sản xuất sản phẩm là nhỏ nhất  $C_{\min}$



Hình 1.1: Chọn các phương án qui trình công nghệ:

a) theo năng suất cho trước của sản phẩm;

b) theo giá thành thấp nhất của sản phẩm.

Chuyên môn hoá thiết kế qui trình công nghệ cho phép chúng ta sử dụng các phương pháp kỹ thuật tiên tiến, giảm thời gian, chi phí thiết kế và tự động hoá thiết kế để xác định phương án gia công tối ưu

### 1.1.3 - Mục tiêu của thiết kế qui trình công nghệ

Mục tiêu của công tác thiết kế qui trình công nghệ là đảm bảo quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí ổn định và tin cậy theo qui mô và điều kiện sản xuất để đạt hiệu quả

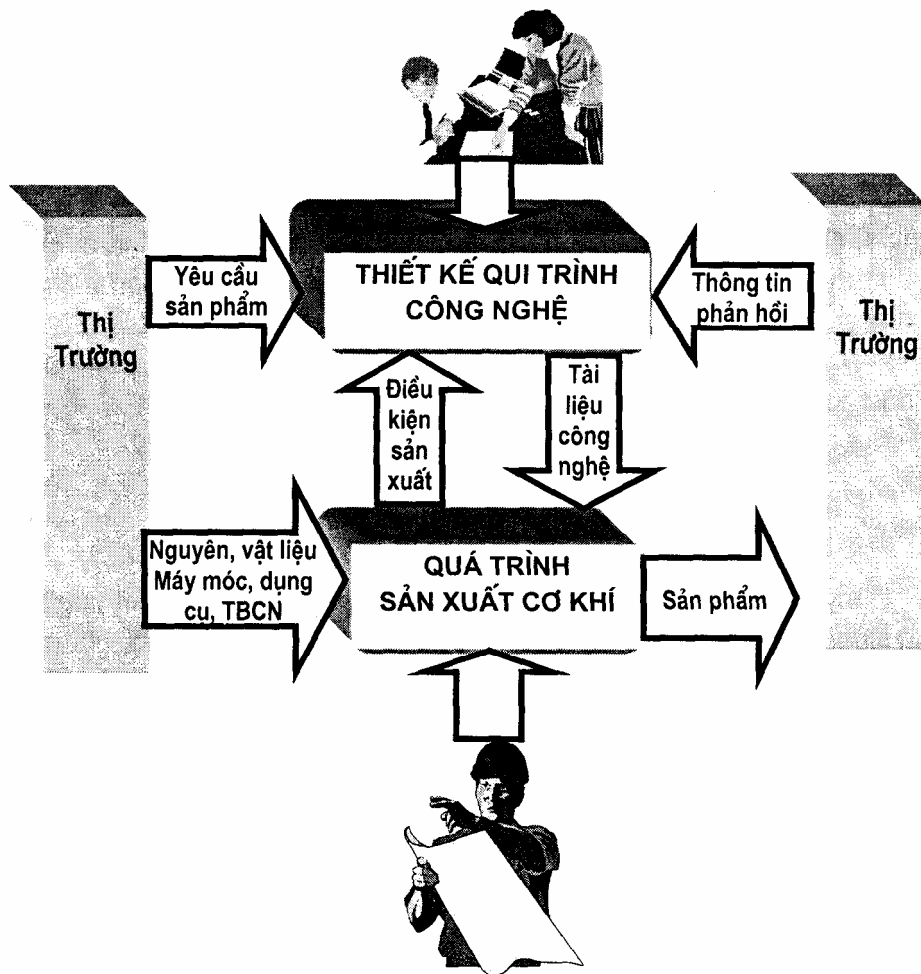
kinh tế cao nhất.

Chức năng của công tác thiết kế qui trình công nghệ là:

- *Thiết kế và thử nghiệm qui trình công nghệ chế tạo sản phẩm.*
- *Giám sát, điều khiển quá trình sản xuất.*

Quan hệ giữa công tác thiết kế qui trình công nghệ và quá trình sản xuất là quan hệ tương hỗ, tác động hoàn thiện lẫn nhau. Đảm bảo chất lượng thiết kế qui trình công nghệ sẽ tạo điều kiện cho quá trình sản xuất đạt hiệu quả cao.

Hình 1.2 mô tả vị trí, chức năng của công tác thiết kế qui trình công nghệ.



Hình 1.2: Vị trí, chức năng của thiết kế qui trình công nghệ gia công cơ khí.

## 1.2 - NỘI DUNG THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

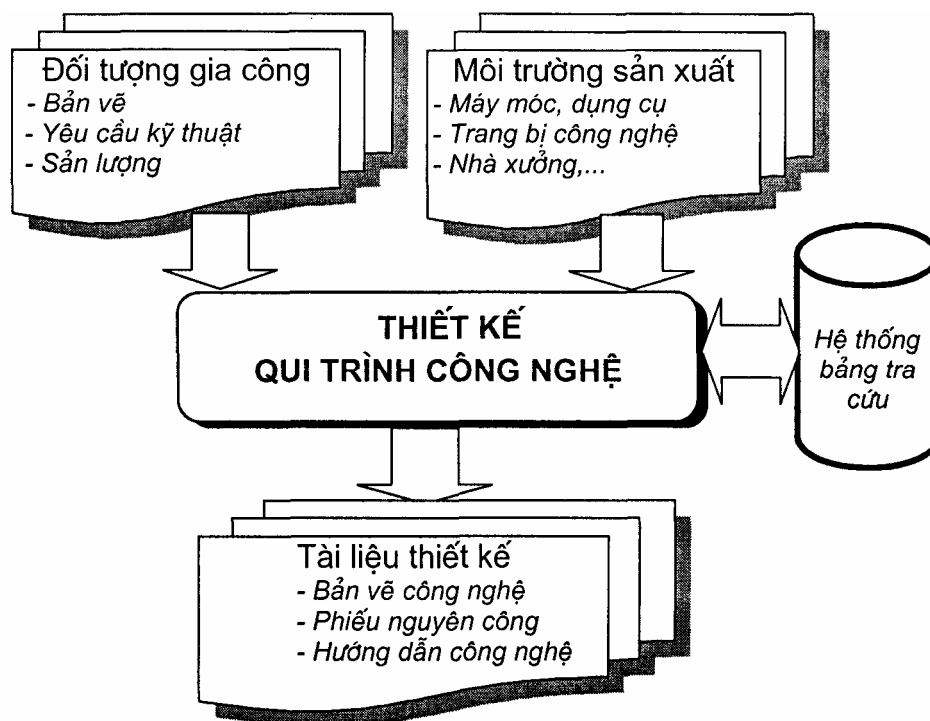
### 1.2.1 - Mô hình tổng quát thiết kế qui trình công nghệ

Khi thiết kế qui trình công nghệ, số liệu đầu vào là bản vẽ kỹ thuật của chi tiết gia công, các điều kiện kỹ thuật cho phép khi chế tạo chi tiết sản lượng sản xuất hàng năm trong đó bao gồm điều kiện sản xuất chi tiết, và kế hoạch sản xuất theo thời gian (thường tính trong năm).

Trong bản vẽ kỹ thuật có chỉ dẫn loại vật liệu, kết cấu hình dáng và kích thước của sản phẩm đó. Những điều kiện kỹ thuật được đặc trưng bằng độ chính xác và chất lượng bề mặt gia công và những yêu cầu đặc biệt ( độ cứng, mức nhiệt luyện, mức cân bằng, phủ bề mặt...)

Khi thiết kế qui trình công nghệ cần xác định các điều kiện sản xuất cụ thể của nhà máy ( thiết bị, diện tích mặt bằng, những điều kiện sản xuất khác). Khi thiết kế sử dụng các tài liệu tra cứu, các tiêu chuẩn, các bảng tra vật liệu, các catalog và thuyết minh máy, các loại atlas đồ gá, các tiêu chuẩn quốc gia, các tiêu chuẩn dụng cụ cắt, dụng cụ đo, các tiêu chuẩn tính toán lượng dư, chế độ cắt và các định mức kỹ thuật, bảng tra tiêu chuẩn bậc thợ và những loại vật liệu khác.

Mô hình thiết kế qui trình công nghệ gia công cắt gọt được trình bày trên hình 1.3.



Hình 1 .3: Mô hình thiết kế qui trình công nghệ.

### 1.2.2 - Phân tích chi tiết gia công

Để tiến hành thiết kế qui trình công nghệ, việc đầu tiên chúng ta phải thực hiện nghiên cứu phân tích đặc điểm của chi tiết cần gia công với hai nội dung chính sau:

#### a. Phân tích chức năng và điều kiện làm việc của chi tiết

Các nhà công nghệ trước khi tiến hành thiết kế qui trình công nghệ đều phải nghiên cứu tỉ mỉ, phân tích chức năng và điều kiện làm việc của chi tiết gia công, cụ thể là phải xác định được chi tiết làm việc ở bộ phận nào của máy, những bề mặt nào là bề mặt làm việc chủ yếu, những kích thước nào là kích thước quan trọng.

Một công việc của việc xác định chức năng, nhiệm vụ chi tiết là xếp loại chi tiết

đó vào các dạng chi tiết cơ bản (chi tiết dạng trục, chi tiết dạng bạc,...) để xác định những điều kiện kỹ thuật cơ bản của chi tiết và từ đó xác định có thể ứng dụng các qui trình công nghệ gia công nhóm, qui trình công nghệ điển hình,... đã được sử dụng hay không?

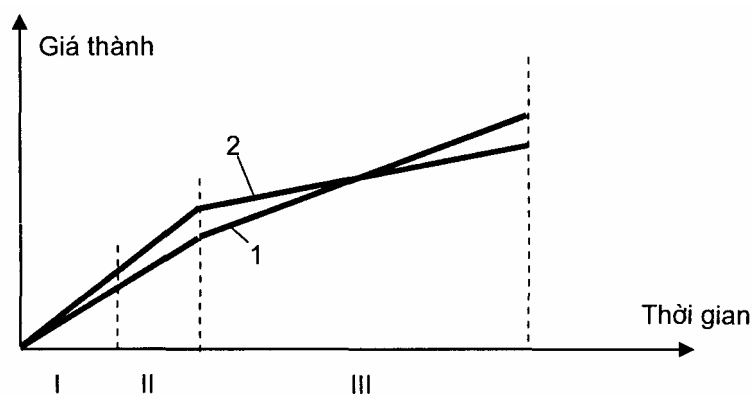
b. Phân tích tính công nghệ trong kết cấu của chi tiết

Tính công nghệ là một khái niệm tương đối. Khi đánh giá chi tiêu này phải tính đến điều kiện sản xuất (dạng sản xuất, mức tự động hoá và dạng thiết bị). Tính công nghệ là một khái niệm tổ hợp, không nên xem xét yếu tố này tách biệt, không ràng buộc với các yếu tố khác và khi tính toán điều kiện thực hiện quá trình chuẩn bị, quá trình gia công, lắp ráp và kiểm tra. Xem xét tính công nghệ nhằm mục đích giảm được khối lượng công việc gia công và giảm được giá thành chế tạo chi tiết. Tính công nghệ tốt có thể giảm được khối lượng công việc chế tạo sản phẩm 15 đến 30% hoặc lớn hơn, còn giảm giá thành 10 đến 20%. Đối với những chi tiết cụ thể, những chỉ tiêu trên có thể đạt được mức cao hơn nữa.

Khái niệm về tính công nghệ rất rộng lớn không chỉ trong lĩnh vực sản xuất mà nó còn có cả trong quá trình chuẩn bị cho sản xuất. Tính công nghệ của sản phẩm cần có sự thuận tiện tối đa để dễ dàng sản xuất đồng thời dễ dàng thuận tiện sử dụng theo người dùng (dễ bảo dưỡng, sửa chữa, sử dụng và kinh tế).

Tính công nghệ của sản phẩm tự nó thể hiện tính gia công trên công nghệ trong qui trình tạo ra chính nó. Trong trường hợp này đạt được sự gắn kết giữa công nhân, nhà thiết kế và nhà công nghệ, giảm được thời gian gia công tiếp theo của qui trình công nghệ.

Trên hình 1.4. là đồ thị biểu thị ảnh hưởng tính công nghệ của sản phẩm đến thời gian gia công khi sản xuất sản phẩm.



**Hình 1.4:** Đánh giá tính công nghệ của sản phẩm:

*I - Giai đoạn chuẩn bị cấu trúc; I - Chuẩn bị công nghệ ;*

*III - chế tạo sản phẩm; 1, 2 - các phương án.*

Trên hình 1.4 cho thấy, ở phương án 2 chi phí cho chuẩn bị công nghệ cao hơn phương án 1 ở giai đoạn II sẽ đảm bảo tính công nghệ của sản phẩm ở giai đoạn III nên giảm được thời gian gia công so với phương án 1.

Phân tích tính công nghệ của kết cấu chi tiết gia công nhằm đạt được các mục đích sau: *có khả năng nâng cao cấu trúc công nghệ của chi tiết gia công hay không; giảm được kích thước trên bề mặt gia công nhằm giảm khối lượng công việc gia công cơ khí hay không? Nâng cao được độ cứng vững của chi tiết gia công để cùng một lúc tăng số lượng dao gia công, và chọn chế độ cắt năng suất hơn? Dễ dàng vào và thoát dao nhằm mục đích giảm thời gian phù hợp lý hoá các kích thước lỗ, rãnh và vành để nhằm mục đích giảm danh mục loại dụng cụ sử dụng; đảm bảo đủ điều kiện phôi gia công có chuẩn định vị rõ ràng và chắc chắn, còn khi phải gá phôi lại khả năng trùng lắp các chuẩn công nghệ và chuẩn đo thuận tiện thực hiện gia công trên nhiều vị trí gá lắp.*

### **1.2.3 - Xác định dạng sản xuất**

Căn cứ vào nhu cầu của xã hội mà mỗi cơ sở sản xuất cơ khí xây dựng cho mình một kế hoạch sản xuất các sản phẩm cơ khí. Trong kế hoạch sản xuất quan trọng nhất là sản lượng hàng năm tính theo đơn vị sản phẩm (chiếc) hoặc trọng lượng (tấn) hoặc giá trị bằng tiền tùy theo điều kiện cụ thể.

Dạng sản xuất là một khái niệm đặc trưng có tính tổng hợp giúp cho việc xác định đường lối công nghệ, biện pháp công nghệ và tổ chức sản xuất để chế tạo ra sản phẩm đạt các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Các yếu tố đặc trưng cho dạng sản xuất là:

- Sản lượng.
- Tính ổn định của sản phẩm.
- Tính lặp lại của quá trình sản xuất.
- Mức độ chuyên môn hoá trong sản xuất.

Tùy theo sản lượng và mức độ ổn định mà dạng sản xuất được phân chia :

- Sản xuất đơn chiếc.
- Sản xuất hàng loạt.
- Sản xuất hàng khối.

Trong sản xuất hàng loạt còn phân chia :

- Loạt nhỏ.
- Loạt vừa.
- Loạt lớn.

Để xác định dạng sản xuất có nhiều phương pháp.



Phương pháp thứ nhất (được phổ biến nhất hiện nay) là xác định dạng sản xuất, ta phải xác định sản lượng hàng năm của chi tiết gia công. Sản lượng hàng năm được xác định theo công thức sau:

$$N = N_1 m \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right) \quad (1.1)$$

Ở đây :  $N$  - số chi tiết được sản xuất trong một năm;

$N_1$  - số sản phẩm được sản xuất trong một năm;

$m$  - số chi tiết trong một sản phẩm;

$\beta$  - số chi tiết được chế tạo thêm để dự trữ (5% đến 7%).

Nếu tính đến số phế phẩm chủ yếu trong các phân xưởng đúc và rèn thì ta có công thức sau:

$$N = N_1 m \left( 1 + \frac{\alpha + \beta}{100} \right) \quad (1.2)$$

trong đó:  $\alpha = 3\% - 6\%$ .

Sau khi xác định được sản lượng hàng năm của chi tiết  $N$  ta phải xác định trọng lượng của chi tiết. trọng lượng của chi tiết được xác định theo công thức sau:

$$Q_1 = V \cdot \gamma \quad (\text{kG})$$

Ở đây :  $Q_1$  - trọng lượng chi tiết (kG);

$V$  - thể tích của chi tiết ( $\text{dm}^3$ );

$\gamma$  - trọng lượng riêng của vật liệu.

Sau khi xác định được  $N$  và  $Q_1$  ta căn cứ bảng 1.1 để xác định dạng sản xuất phù hợp.

**Bảng 1.1** : Xác định dạng sản xuất

Dạng sản xuất	Q <sub>1</sub> - trọng lượng của chi tiết		
	> 200 kG	4 - 200 kG	<4 kG
	sản lượng hàng năm của chi tiết		
Đơn chiếc	< 5	< 10	< 100
Hàng loạt nhỏ	5-100	10-200	100-500
Hàng loạt vừa	100-300	200-500	500-5000
Hàng loạt lớn	100-1000	500-5000	5000-
Hàng khối	>1000	>5000	50000

Phương pháp thứ hai là xác định theo mức độ sản xuất của sản phẩm, theo đó thời gian phải sản xuất ra một đơn vị sản phẩm (tính theo phần sản phẩm):

$$t = 60Fk/N \quad (1.3)$$

Ở đây:  $F$  - quỹ thời gian danh nghĩa làm việc của thiết bị;

$N$  - chương trình sản xuất chi tiết này trong năm;

$k$  - hệ số hao tổn thời gian cho sửa chữa thiết bị.

Nếu nhịp độ xuất xưởng gần đúng giá trị trung bình thời gian cần thiết gia công, thì dạng sản xuất này là sản xuất hàng khối.

Nếu như nhịp độ xuất xưởng nhỏ hơn 75% giá trị trung bình thời gian cần thiết gia công, thì dạng sản xuất này là sản xuất hàng loạt.

Nếu không xác định nhịp độ xuất xưởng thì đó là sản xuất đơn chiếc.

Phương pháp thứ ba là xác định theo hệ số chuyên môn hoá  $K_c$  theo công thức sau:

$$K_c = \frac{n}{m}$$

trong đó:  $n$  - số nguyên công khác nhau được thực hiện;

$m$  - số máy được thực hiện.

Nếu  $K_c = 1 \div 3$  : Sản xuất hàng khối;

$K_c$ :  $5 \div 20$  : Sản xuất hàng loạt;

$K_c > 100$  : sản xuất đơn chiếc.

Ta thấy phương pháp thứ hai và thứ ba là đã có các thông số của qui trình công nghệ nên được sử dụng để kiểm tra, kiểm nghiệm qui trình công nghệ.

#### **1.2.4 Chọn phương pháp chế tạo phôi**

Căn cứ vào kết cấu của chi tiết, vật liệu, điều kiện làm việc và điều kiện sản xuất để xác định phương pháp chế tạo phôi.

Xác định phương pháp chế tạo phôi cần chú ý các vấn đề sau:

1 - Đặc điểm công nghệ của vật liệu (tính đúc, tính gia công áp lực v.v...) khả năng thay đổi cấu trúc của vật liệu phôi trong qui trình tạo phôi (đại lượng hạt trong khối đúc, vị trí của sợi thô trong phôi rèn, v.v.).

2- Kết cấu hình dáng và kích thước phôi.

3- Độ chính xác yêu cầu khi tạo phôi, độ nhấp nhô bề mặt cho phép và chất lượng bề mặt của phôi.

4- Thời gian cấp phôi.

5- Thời hạn thực hiện tiên độ cấp phôi.

Xác định phương pháp chế tạo phôi có ảnh hưởng đến thời gian chuẩn bị các thiết bị công nghệ (khuôn dập, mẫu đúc, khuôn ép) và những thiết bị công nghệ tương

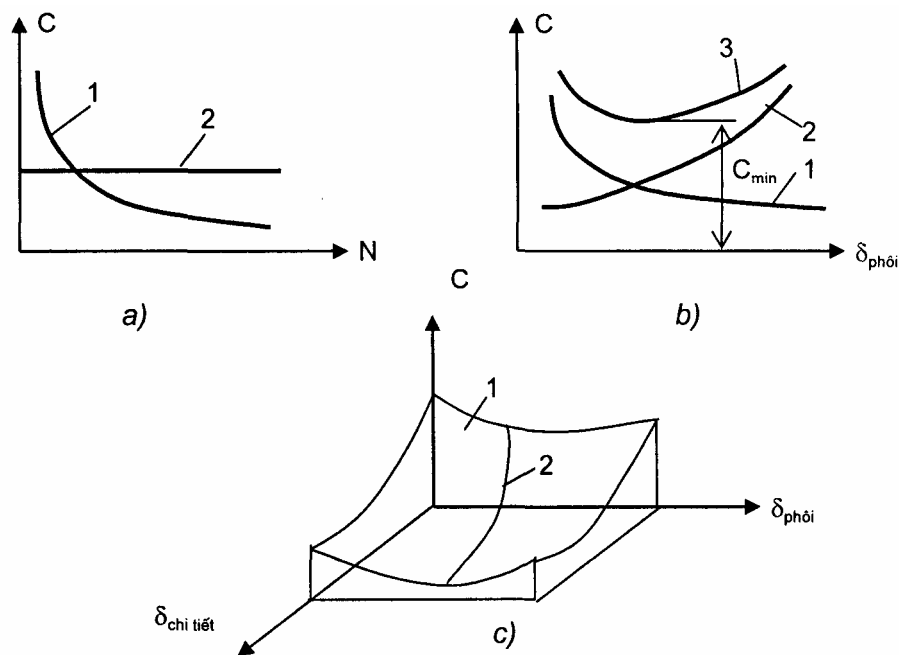
ứng với mức độ tự động hoá mong muốn. Trong thời hạn quá ngắn không đủ điều kiện đáp ứng nhu cầu sản xuất.

Phương pháp được lựa chọn cần phải đảm bảo giá thành tạo phôi là nhỏ nhất tức là chi phí cho vật liệu, chi phí chế tạo phôi và những gia công tiếp theo phải là tối thiểu.

Khi càng nâng cao độ chính xác của phôi gần đúng với hình dáng của sản phẩm hoàn chỉnh thì khối lượng càng giảm xuống nhưng chi phí chế tạo phôi sẽ tăng. Hình 1.4a là quan hệ phụ thuộc giữa giá thành phôi dập (đường cong 1) và phôi cán (đường cong 2) vào số lượng phôi N.

Hình 1.4b là quan hệ giữa giá thành chế tạo phôi và dung sai kích thước của phôi  $\delta_{\text{phôi}}$  (đường cong 1). Đường cong 2 biểu thị giá thành gia công cơ khí tiếp theo (với độ chính xác trung bình). Đường cong 3 là kết quả của tích số giữa đường cong 1 và đường cong 2 biểu thị giá thành toàn bộ của sản phẩm gia công.

Hình 1.4c là quan hệ giữa giá thành chế tạo phôi với dung sai kích thước của phôi  $\delta_{\text{phôi}}$  và dung sai kích thước của chi tiết  $\delta_{\text{chi tiết}}$ . Đường cong 2 biểu thị giá thành chế tạo nhỏ nhất khi đề cập tới dung sai kích thước phôi và dung sai kích thước chi tiết.



**Hình 1.4:** Giá thành chế tạo phôi bằng những phương pháp khác nhau:

- a) phụ thuộc vào số lượng sản xuất,
- b) phụ thuộc vào dung sai kích thước của phôi,
- c) phụ thuộc vào dung sai chi tiết gia công và phôi.

Đầu tiên, ta xác định sơ bộ phương pháp tạo phôi theo đặc điểm công nghệ được hướng dẫn trong tài liệu hoặc trong bảng tra. Sau khi biết được những số liệu ban đầu có thể sử dụng phương pháp loại trừ và lựa chọn một vài phương án, còn các vấn đề khác có thể bỏ qua, do những điều kiện ban đầu là không thích hợp (vật liệu phôi, kích thước phôi, độ phức tạp của hình dáng và các yếu tố khác).

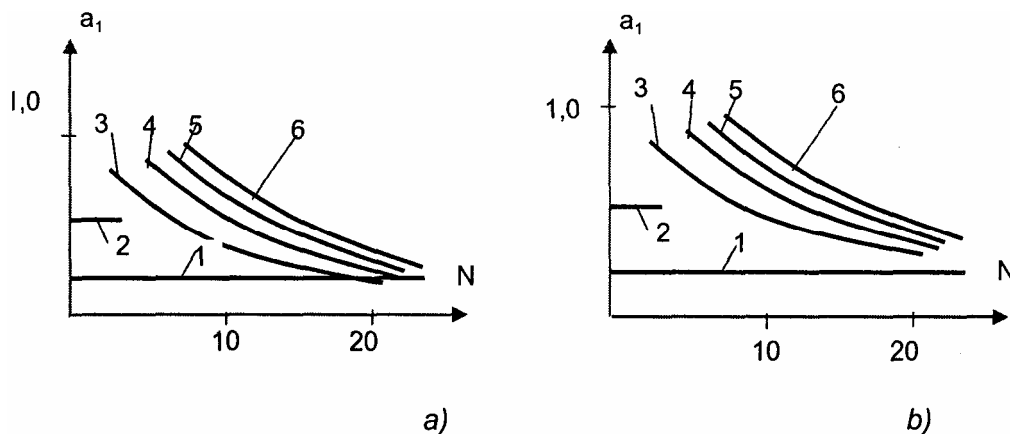
Để xác định phương pháp tạo phôi ta tính giá thành chế tạo chi tiết như sau:

$$C = A + B = a_1 G k_1 k_2 k_3 + a_2 E k_4 k_5 k_6 k_7 k_8 k_9 \quad (1.7)$$

Số liệu A là số liệu giá thành sơ bộ chế tạo phôi. Số liệu B là số liệu giá thành sơ bộ gia công cơ khí.

Các thông số trong công thức được xác định là:

\*)  $a_1$ : giá thành chế tạo phôi có độ phức tạp trung bình (với phôi đúc từ gang xám thì chọn theo đồ thị hình 1.5.a; với loại phôi gia công áp lực thép 45 lấy theo đồ thị trên hình 1.5.b).



**Hình 1.5:** Giá thành sản xuất phôi.

a) Phôi đúc: 1- đúc khuôn cát làm khuôn bằng tay, 2- đúc khuôn cát làm khuôn bằng máy, 3- đúc khuôn kim loại, 4- đúc khuôn mẫu chảy, 5- đúc ly tâm 6- đúc áp lực.

b) Phôi gia công áp lực: 1 phôi cán; 2- rèn tự do; 3- dập trên máy búa; 4- dập trên máy dập; 5- cán chuyên dụng; 6- dập chính xác.

\*)  $G$ : khối lượng của phôi tính bằng kg. Khối lượng của phôi được xác định bằng công thức  $G = G' / \gamma$ ; ở đây  $G'$  - là khối lượng của chi tiết hoàn chỉnh, kg;  $\gamma$  - là hệ số tính cho vật liệu sử dụng. Trong sản xuất hàng khối  $\gamma = 0,85 \div 0,9$ ; trong sản xuất hàng loạt  $\gamma = 0,75 \div 0,85$ ; trong sản xuất đơn chiếc  $\gamma = 0,6 \div 0,75$ . Trị số lớn trong vùng chọn sử dụng các đối tượng phôi đúc, trị số nhỏ sử dụng cho đối tượng phôi gia công áp lực.

\*)  $k_1$ : hệ số đặc trưng cho mức độ phức tạp về hình dáng của phôi (với phôi có hình dáng phức tạp  $k_1 = 1, 2$ ).

**\*)  $k_2$ :** hệ số được tính toán cho vật liệu đúc hoặc rèn (gang xám  $k_2=1$ ; gang rèn 1,3; thép cacbon 1,8; với thép hợp kim thấp 2,5; với hợp kim màu  $3 \div 6$  ; phôi rèn từ thép 45 là 1; phôi rèn từ thép hợp kim thấp  $1.5 \div 2$ ).

**\*)  $k_3$ :** kể hệ số tính toán cho độ chính xác chế tạo phôi (với độ chính xác trung bình  $k_3=1$ , với độ chính xác cao  $k_3 = 1, 2$ ).

**\*)  $a_2$ :** giá thành gia công phôi có độ phức tạp trung bình và độ chính xác trung bình trên đơn vị khối lượng.

**\*)  $E$ :** hệ số tính toán ảnh hưởng của khối lượng phôi tới bề mặt gia công. Với chi tiết kiểu trục bậc  $E = G^{2/3}$ ; với chi tiết dạng đĩa  $E= G$ ; với chi tiết tâm phẳng và hình hộp  $E=G^{2/3}$ .

**\*)  $k_4$ :** là hệ số tính đến ảnh hưởng của vật liệu phôi đến điều kiện gia công. Với gang xám  $k_4=1$ ; với thép cacbon và thép cacbon thấp bằng 1, 2, với hợp kim màu 0,7.

**\*)  $k_5$ :** hệ số tính đến chính xác kích thước của phôi. Với phôi độ chính xác thông thường  $k_5 = 1$  với phôi có độ chính xác cao bằng 0, 8.

**\*)  $k_6$ :** hệ số tính đến ảnh hưởng của độ chính xác của bề mặt gia công ( với cấp độ chính xác trung bình cấp 8  $k_6$  bằng 1 cấp 7 bằng 1,2; cấp 6 bằng 1,5, cấp 11 bằng 0,8; cấp 12 bằng 0 – 6)

**\*)  $k_7$ :** hệ số tính đến hình dáng đường viền của phôi gần đúng với đường viền của chi tiết gia công:

$$k_7 = (v_{\text{chi tiết}} + 0,8v_{\text{phôi cắt}}) / v_{\text{chỉ tiết}}$$

ở đây  $v_{\text{chi tiết}}$  - khối lượng của chi tiết gia công.  $V_{\text{phôi cắt}}$  là khối lượng của toàn bộ lượng dư phải cắt khi  $v_{\text{phôi cắt}} = 0 \Rightarrow k_7 = 1$ . Khi  $v_{\text{phôi cắt}} > 0$  thì  $k_7 > 1$ .

**\*)  $k_8$ :** - hệ số tính toán tới tỉ lệ các bề mặt gia công của chi tiết  $F_{\text{chi tiết}}$  trên toàn bộ bề mặt  $F_{\text{phôi}}$  của phôi.  $k_8 = F_{\text{chi tiết}} / F_{\text{phôi}}$  với các loại trục  $k_8$  gần bằng 1, với các chi tiết bằng vỏ hộp  $k_8$  thường thấp hơn 0,5.

Tính toán để lựa chọn phương pháp chế tạo phôi theo công thức (1.7) sẽ tìm ra được giá trị tối thiểu c là phương pháp thích hợp để chọn phôi. Độ chính xác tính toán có thể được nâng cao hơn bằng cách xác định chính xác các giá trị của hệ số từ  $k_1 \div k_8$ .

### 1.2.5 - Xác định trình tự của các nguyên công

Xác định trình tự các nguyên công và các bước gia công được thực hiện với các nội dung sau:

- 1- Xác định đường lối công nghệ;
- 2- Xác định chuẩn công nghệ;
- 3- Xác định phương pháp gia công,

4- *Xác định tiến trình công nghệ;*

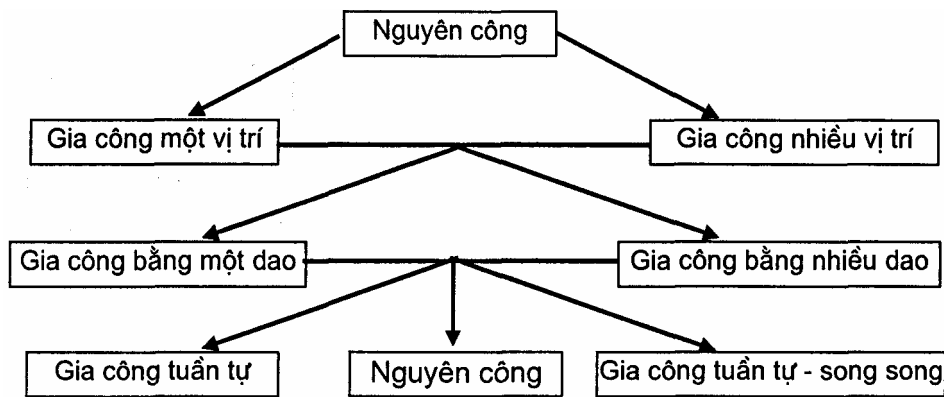
5- *Thiết kế nguyên công.*

a. *Xác định đường lối công nghệ*

Xác định đường lối công nghệ là xác định hướng chủ đạo để thiết kế các nguyên công và các nước gia công. Đường lối công nghệ được xây dựng theo nguyên tắc phân tán hoặc tập trung nguyên công. Theo nguyên tắc phân tán nguyên công thì qui trình công nghệ được chia ra các nguyên công đơn giản có thời gian như nhau (nhịp) hoặc bội số của nhịp.

Theo nguyên tắc tập trung nguyên công thì qui trình được thực hiện tập trung trên một hoặc một số máy.

Dựa vào hai nguyên tắc trên, các nhà công nghệ phân loại phương án gia công theo sơ đồ trên hình 1.6 sau.



**Hình 1.6:** *Sơ đồ phân loại phương án gia công.*

b. *Xác định chuẩn công nghệ*

Chuẩn là tập hợp của những bề mặt, đường hoặc điểm của một chi tiết mà căn cứ vào đó người ta xác định vị trí của các bề mặt, đường hoặc điểm khác của chi tiết đó hoặc chi tiết khác.

Việc xác định chuẩn cho một nguyên công chính là việc xác định vị trí tương quan giữa dụng cụ cắt và bề mặt cần gia công của chi tiết để đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và kinh tế.

Khi xác định chuẩn thô cần chú ý các yêu cầu sau:

1- *Phân phối đủ lượng dư cho các bề mặt gia công.*

2- *Bảo đảm độ chính xác cần thiết về vị trí tương quan giữa các bề mặt không gia công với những bề mặt gia công.*

Căn cứ các yêu cầu trên khi xác định chuẩn thô cần tuân theo 5 nguyên tắc sau:

1- *Nếu chi tiết gia công có một bề mặt không gia công thì nên chọn bề mặt đó làm chuẩn thô, vì như vậy sẽ làm cho sự thay đổi vị trí tương quan giữa bề*

*mặt gia công và bề mặt không gia công là nhỏ nhất.*

*2- Nếu có một số bề mặt không gia công, thì nên chọn bề mặt không gia công nào có yêu cầu độ chính xác vị trí tương quan cao nhất đối với các bề mặt gia công làm chuẩn thô.*

*3- Trong các bề mặt phải gia công, nên chọn mặt nào có lượng dư nhỏ, đều làm chuẩn thô.*

*4- Cố gắng chọn bề mặt làm chuẩn thô tương đối bằng phẳng, không có bavias, đầu ngót hoặc qua gồ ghề.*

*5- Chuẩn thô thì nên dùng một lần trong cả quá trình gia công.*

Khi xác định chuẩn tinh cần tuân theo các nguyên tắc sau:

*1- Cố gắng chọn chuẩn tinh là chuẩn tinh chính, như vậy sẽ làm cho chi tiết gia công có vị trí tương tự lực làm việc.*

*2- Cố gắng chọn chuẩn định vị trùng với góc kích thước để sai số chuẩn bằng không.*

*3- Chọn chuẩn sao cho khi gia công không bị biến dạng do lực cắt lực kẹp. Mặt chuẩn phải đủ diện tích định vị.*

*4- Chọn chuẩn sao cho kết cấu đồ gá đơn giản và thuận tiện khi sử dụng.*

*5- Cố gắng chọn chuẩn tinh thống nhất.*

c. Xác định phương pháp gia công các bề mặt

Xác định phương pháp gia công cho từng bề mặt được xác định xuất phát từ những yêu cầu về độ chính xác và độ nhám của bề mặt gia công có tính toán đến kích thước, khối lượng và hình dáng của chi tiết gia công.

Từ các yêu cầu về độ chính xác và độ nhám bề mặt cần gia công ta có thể xác định được các phương pháp gia công tinh (lần cuối) khả dĩ. Đồng thời căn cứ vào phôi ta cũng có thể xác định được phương pháp gia công thô khả dĩ.

Từ các phương pháp gia công tinh khả dĩ và các phương pháp gia công thô khả dĩ là cơ sở để xác định các phương pháp gia công trung gian. Khi xây dựng các phương pháp gia công trung gian phải xuất phát từ yếu tố là phương pháp gia công trước đó đã đạt về dung sai kích thước và chất lượng của bề mặt để sử dụng hiệu quả cho phương pháp gia công tiếp theo. Đồng thời xác định các phương pháp gia công trung gian có liên quan mật thiết tới lượng dư gia công.

Số lượng các phương án gia công khả dĩ của một bề mặt có thể rất nhiều. Tuy nhiên, tất cả những phương án đó mang lại hiệu quả và lợi nhuận khác nhau. Lựa chọn phương án cuối cùng rất phức tạp và tốn nhiều công sức. Việc là nhận phương án gia công cuối cùng được tiến hành theo nhiều cách nhưng đều tuân theo nguyên lý chung

về kỹ thuật và kinh tế.

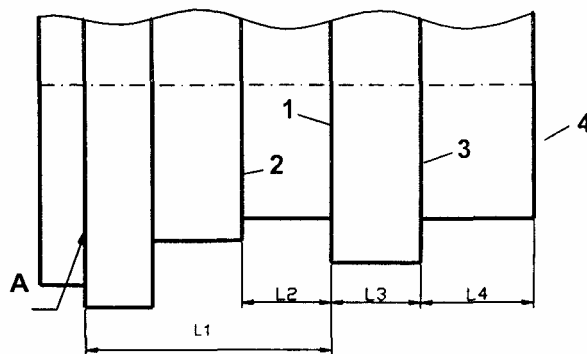
d. Xác định tiến trình công nghệ

Nhiệm vụ chính trong giai đoạn này là xác định trình tự gia công các bề mặt chi tiết gia công (tiến trình công nghệ).

Mục đích xây dựng tiến trình công nghệ là xác định một phương án gia công hợp lý.

Xây dựng tiến trình công nghệ được thực hiện theo nguyên tắc là các bề mặt được gia công theo thứ tự cấp chính xác (bề mặt có độ chính xác cao được gia công sau). Khi chế tạo các chi tiết chính xác, tiến trình công nghệ được chia thành ba giai đoạn kế tiếp nhau, đó là: *gia công thô*, *gia công tinh*, *gia công siêu tinh*. Nếu như chi tiết cần gia công nhiệt luyện thì tiến trình công nghệ được chia làm hai giai đoạn: *giai đoạn trước nhiệt luyện* và *giai đoạn sau nhiệt luyện*.

Tiến trình công nghệ ở một mức độ nào đó phụ thuộc vào chuẩn kích thước. Ví dụ, sơ đồ ghi kích thước được xác định trên hình 1.7.



**Hình 1.7:** Sơ đồ ghi kích thước các bề mặt gia công.

Đầu tiên phải gia công mặt A sau đó gia công mặt 1 và các mặt 2,3,4. Các nguyên công có tính chất phụ hoặc thứ cấp (khoan lỗ nhỏ, vát cạnh, xẻ rãnh, làm sạch bavaria, v.v.) thường thực hiện trên giai đoạn gia công tinh, bởi vì không ảnh hưởng đến các chỉ số chất lượng và kinh tế kỹ thuật.

Kết quả thiết kế tiến trình công nghệ được ghi trên phiếu tiến trình công nghệ.

Khi xác định thứ tự các nguyên công cần chú ý các nguyên tắc sau:

1- Nguyên công sau (bước sau) phải giảm được sai số và giảm độ nhám ( tăng độ nhẵn) của nguyên công trước để lại.

2- Trước hết phải gia công những bề mặt dùng để làm chuẩn cho các nguyên công sau.

3- Tiếp theo đó cần phải gia công những bề mặt có lượng dư lớn nhất để có khả năng phát hiện những biến dạng của chi tiết.

4- Những nguyên công cơ có khả năng gây khuyết tật bên trong, gây biến dạng



thì nên gia công đầu tiên.

5- Các bề mặt còn lại thì nên gia công theo trình tự sau: bề mặt càng chính xác thì càng được gia công sau.

6- Cuối cùng là gia công bề mặt có độ chính xác cao nhất và có ý nghĩa lớn nhất đối với tính chất sử dụng của chi tiết. Nếu bề mặt đã được gia công được thì cuối cùng cũng nên gia công lại.

7- Các lỗ trên chi tiết nên được gia công sau cùng (trừ những lỗ dùng làm chuẩn khi gia công).

8- Không nên gia công thô và tinh bằng những dao định kích thước trên cùng một máy.

9- Nếu chi tiết cần phải nhiệt luyện nên chia qui trình công nghệ ra làm hai giai đoạn: trước nhiệt luyện và sau nhiệt luyện.

10- Các nguyên công kiểm tra phải trước tiến hành sau những nguyên công có khả năng gây nhiều phế phẩm, những nguyên công phức tạp và cuối cùng là tổng kiểm tra.

Tuy nhiên khi thiết kế không nhất thiết phải áp dụng cứng nhắc những nguyên tắc trên đây mà phải vận dụng sáng tạo trong từng trường hợp cụ thể.

### **1.2.6 - Thiết kế nguyên công**

Thiết kế nguyên công được xây dựng trên cơ sở đã xác định được các phương pháp gia công và tiến trình gia công các bề mặt, sơ đồ chuẩn và gá kẹp, những bề mặt nào cần gia công và cần đạt độ chính xác bao nhiêu, những bề mặt nào đã gia công và đạt độ chính xác bao nhiêu trong lần gia công trước đó, lượng dư cho gia công.

Thiết kế nguyên công là xác định thành phần của nó (đã được xác định trước đó trong tiến trình công nghệ), xác định tuần tự và khả năng trùng lặp các chuyển dao theo thời gian, chọn lựa được thiết bị, dụng cụ và đồ gá (hoặc đặt hàng gia công đồ gá trước), xác định các chế độ cắt, xác định được thời gian nguyên công, xác định được kích thước gá đặt và sơ đồ hiệu chỉnh cần thiết.

#### **a. Xác định máy công cụ**

Sau khi đã xác định được phương pháp gia công và tiến trình công nghệ, ta tiến hành xác định máy công cụ cho từng nguyên công. Cơ sở việc xác định máy công cụ là yêu cầu độ chính xác, độ nhám bề mặt và các yêu cầu kỹ thuật kinh tế khi gia công với khả năng công nghệ của từng loại máy. Các yêu cầu này có thể được thoả mãn bằng nhiều loại máy khác nhau thì lúc đó ta chọn một máy cụ thể theo những yêu cầu sau:

- *Kích thước của máy phù hợp với kích thước của chi tiết gia công và phạm vi gá đặt phôi trên máy;*
- *Máy phải đảm bảo được năng suất gia công;*

- Máy phải có khả năng làm việc với chế độ cắt tối ưu;
- Nên chọn những máy vạn năng, máy chuyên dùng phù hợp với điều kiện sản xuất thực tế của Việt Nam.

**b. Xác định cơ đồ gá đặt**

Xác định sơ đồ gá đặt dựa trên cơ sở các mặt làm chuẩn đã xác định từ bước trước.

Trên cơ sở các bề mặt làm chuẩn và các loại đồ gá có thể sử dụng trên máy công cụ ở nguyên công thước gia công) ta xác định sơ bộ về lực kẹp (phương, chiều, điểm đặt).



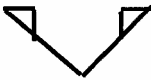
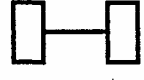


Sơ đồ gá đặt cần thể hiện về bề mặt định vị và lực kẹp được thể hiện bằng các qui ước:

*Bề mặt định vị được vẽ bằng màu xanh với ký hiệu (✓) với số bậc tự do cần khống chế.*

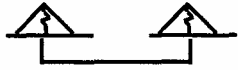
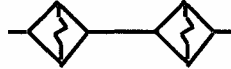










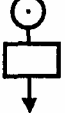

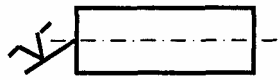

- Lực kẹp chặt được ký hiệu bằng mũi tên (↘), nếu vừa định vị vừa kẹp chặt ta dùng mũi tên (↙)

Các ký hiệu về định vị, kẹp chặt được trình bày trên bảng 1.2.

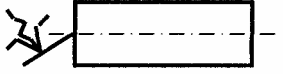
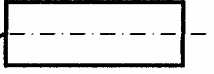
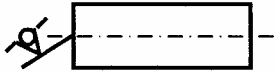
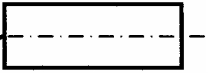
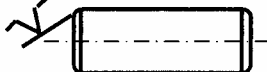
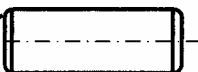
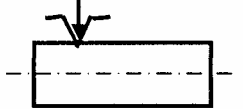
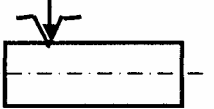
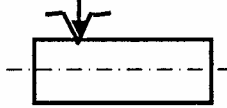
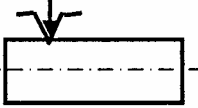
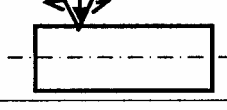
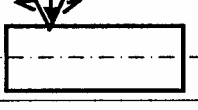
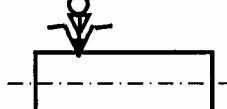
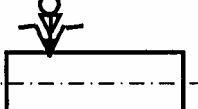
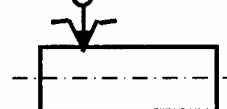
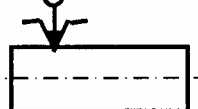
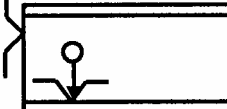
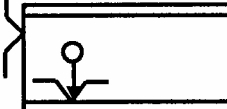
**Bảng 1.2:** Ký hiệu qui ước và một số ví dụ về định vị, kẹp chặt

Tên gọi	Hình chiếu cạnh	Hình chiếu bằng
Các chốt tỳ, phiến tỳ cố định		
Các chốt tỳ, phiến tỳ dạng lăng trụ		
Các loại chốt tỳ lựa điều chỉnh		

Bảng 1 .2 (tiếp theo)

Tên gọi	Hình chiếu cạnh	Hình chiếu bằng
Chốt tỳ liên động		
Chốt tỳ di động		
Kẹp chặt liên động cơ khí		
Kẹp chặt đơn chi tiết		
Kẹp chặt bằng thủy lực		
Kẹp chặt bằng hơi ép		
Kẹp chặt bằng từ, điện tử		
Mũi tâm nhọn		
Mũi tâm khía nhám		

Bảng 1.2 (tiếp theo)

Tên gọi	Hình chiếu cạnh	Hình chiếu bằng
Mũi tâm cố định		
Mũi tâm di động		
Mũi tâm quay		
Mũi tâm ngược		
Luynet động		
Luynet tĩnh		
Mâm cặp hơi ép		
Mâm cặp 2, 3, hoặc 4 chấu		
Trục gá bung với chốt tỳ ở mặt đầu		

### c. Xác định dụng cụ cắt

Dụng cụ cắt được xác định căn cứ vào kết cấu của bề mặt gia công, vật liệu, độ chính xác và năng suất yêu cầu.

Khi xác định dụng cụ cắt, đầu tiên xác định loại dụng cụ cắt phù hợp kết cấu của bề mặt gia công, ví dụ tiện ngoài dùng loại dao tiện ngoài, tiện lỗ dùng dao tiện lỗ,...

Tiếp theo chọn kết cấu của dụng cụ cắt phù hợp khả năng gá đặt dụng cụ cắt trên máy công cụ.

Tiếp tục xác định vật liệu lưỡi cắt phù hợp với vật liệu gia công.

Cuối cùng ta xác định kích thước và các thông số hình học của dụng cụ cắt phù hợp với yêu cầu về độ chính xác, độ nhám và các yêu cầu kỹ thuật kinh tế khi gia công cũng như điều kiện gia công.

### d. Xác định lượng dư gia công hợp lý cho gia công

Lượng dư gia công cơ khí là lớp kim loại được hớt đi trong quá trình gia công cơ khí.

Lượng dư gia công trung gian là lớp kim loại được hớt đi ở mỗi bước công nghệ hoặc mỗi nguyên công ( $Z_b$ ).

Lượng dư gia công tổng cộng là toàn bộ lớp kim loại được hớt đi trong quá trình gia công qua tất cả các bước công nghệ hoặc tất cả các nguyên công ( $Z_o$ ).

Lượng dư đối xứng là lớp kim loại được hớt đi khi gia công các bề mặt tròn xoay hoặc các bề mặt đối xứng.

Lượng dư được xác định hợp lý về trị số và dung sai sẽ góp phần đảm bảo hiệu quả kinh tế của quá trình công nghệ vì:

- *Lượng dư quá lớn sẽ tổn nguyên vật liệu, lao động để gia công, năng lượng, dụng cụ cắt, ... dẫn đến giá thành tăng.*
- *Ngược lại lượng dư quá nhỏ sẽ không đủ để hớt đi các sai lệch của phôi để biến phôi thành chi tiết hoàn thiện. Nếu lượng dư các bước gia công quá nhỏ sẽ xảy ra hiện tượng trượt giữa dao và chi tiết, dao sẽ mòn nhanh, bề mặt không đạt chất lượng.*

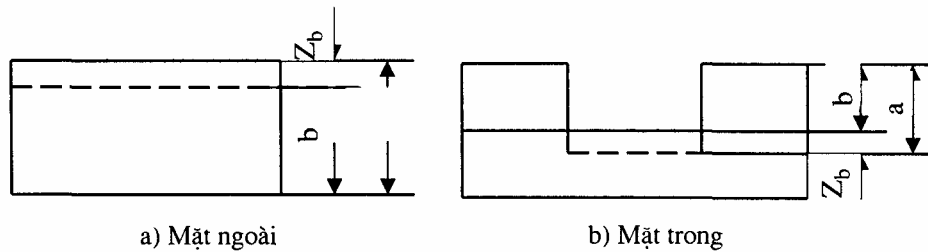
Lượng dư gia công trung gian ( $Z_b$ ) được xác định bằng hiệu số kích thước do bước (hay nguyên công) đang thực hiện tạo nên với kích thước do bước (hay nguyên công) sát trước để lại (hình 1.8) với công thức tính là:

- *Đối với mặt ngoài:  $Z_b = a - b$*

- *Đối với mặt trong:  $Z_b = b - a$*

với:  $a$  - *kích thước do bước công nghệ sát trước để lại;*

$b$  - kích thước do bước công nghệ đang thực hiện để lại.



**Hình 1.8:** Lượng dư gia công trung gian ( $Z_b$ )

Lượng dư gia công tổng cộng  $Z_o$  được xác định bằng hiệu số kích thước của phôi thô và chi tiết hoàn chỉnh.

Lượng dư gia công tổng cộng được xác định như sau:

- Đối với mặt ngoài:  $Z_o = K_{ph} - k_{ct}$

- Đối với mặt trong:  $Z_o = K_{ct} - K_{ph}$

với:  $K_{ph}$  - kích thước của phôi thô;

$K_{ct}$  - kích thước chi tiết hoàn chỉnh.

Lượng dư đối xứng được xác định bằng hiệu số kích thước đường kính bề mặt gia công ở nước công nghệ sát trước và bước công nghệ đang thực hiện (hình 1.9).

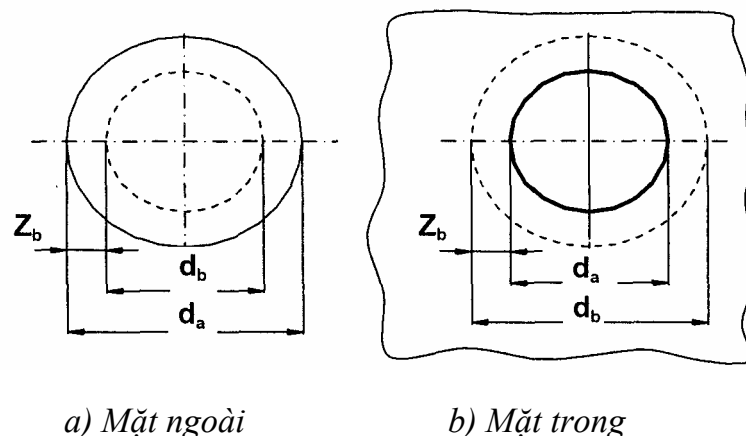
Lượng dư đối xứng được xác định như sau:

- Đối với vật tròn xoay ngoài:  $Z_o = (d_a - d_b)/2$  tức là:  $2Z_b = d_a - d_b$

- Đối với vật tròn xoay trong:  $Z_o = (d_b - d_a)/2$  tức là:  $2Z_b = d_b - d_a$

Với:  $d_a$  - kích thước do bước công nghệ sát trước để lại,

$d_b$  - kích thước do bước công nghệ đang thực hiện để lại.



a) Mặt ngoài

b) Mặt trong

**Hình 1.9:** Lượng dư đối xứng.

Như vậy lượng dư gia công tổng cộng sẽ bằng tổng giá trị của các lượng dư gia công trung gian ở tất cả các nước công nghệ hoặc nguyên công của quá trình công

nghệ nghĩa là:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \bar{Z}_i$$

trong đó:  $n$ - số nước gia công bề mặt.

Lượng dư gia công tổng cộng tính cho các bề mặt đối xứng sẽ là:

- Đốt với mặt ngoài:  $2Z_0 = 2 \sum_{i=0}^n Z_i = d_{ph} - d_{ct}$

- Đối Với mặt trong:  $2Z_0 = 2 \sum_{i=0}^n Z_i = d_{ct} - d_{ph}$

trong đó:  $d_{ph}$  - kích thước của phôi;

$d_{ct}$  - kích thước của chi tiết.

Để xác định lượng dư gia công trong chế tạo máy có nhiều phương pháp, nhưng thường sử dụng hai phương pháp sau:

- Phương pháp thống kê kinh nghiệm.

- Phương pháp tính toán phân tích.

\*) Phương pháp thống kê kinh nghiệm

Phương pháp này được dùng rất phổ biến trong thực tế sản xuất. Ở phương pháp này, lượng dư được xác định theo bảng được xây dựng bằng kinh nghiệm trong các sổ tay thiết kế công nghệ. Nhược điểm của phương pháp này mà xét đến những điều kiện gia công cụ thể nên giá trị lượng dư thường lớn hơn giá trị cần thiết. Sở dĩ lượng dư thống kê - kinh nghiệm lớn hơn giá trị cần thiết vì nó thường chọn là lớn nhất để đề phòng phế phẩm. Sử dụng bảng tra để chọn lượng dư yêu cầu nhà công nghệ phải phân tích điều kiện thực hiện nguyên công và tìm phương hướng giảm thiểu được lượng dư gia công.

\*) Phương pháp tính toán phân tích

Phương pháp này dựa trên cơ sở phân tích các yếu tố tạo ra lớp kim loại cần phải hớt đi do Giáo sư Kôvan đề xuất. Phương pháp này thì lượng dư gia công trung gian cần phải ở mức mà nó khắc phục được sai số gia công và lớp khuyết tật trên bề mặt xuất hiện trong bước chuyển vào công nghệ trước đó, và cả sai số gá đặt của phôi gia công xuất hiện khi thực hiện bước chuyên công nghệ. Phương pháp dựa trên cơ sở tính toán đến những điều kiện trực tiếp khi gia công vì vậy có khả năng tiết kiệm vật liệu và giảm được thời gian gia công.

Lượng dư gia công trung gian tối thiểu xác định theo bảng 1.2.

**Bảng 1.2: Công thức xác định lượng dư gia công**

Phương pháp gia công	Công thức tính $Z_{\min}$
Gia công tuần tự các mặt phẳng đối xứng hoặc các mặt phẳng riêng biệt	$Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$
Gia công song song các bề mặt trụ đối xứng	$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Gia công song song các bề mặt trụ trong	$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
Tiện các mặt trụ chống tâm, mài vô tâm	$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
Doa tủy động, chuốt	$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1})$
Mài siêu tinh, đánh bóng	$2Z_{\min} = 2R_{z_{i-1}}$
Mài sau nhiệt luyện Hoặc theo công thức	$2Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$ $2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$
Nhiệt luyện mà không mài Hoặc theo công thức	$Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1}$ $2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1})$

Ghi chú:

$$\begin{aligned} \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} &= 0,96\rho_{i-1} + 0,4\varepsilon_i && \text{khi } \rho_{i-1} > \varepsilon_i \\ \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} &= \rho_{i-1} && \text{khi } \rho_{i-1} > 4\varepsilon_i \\ \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} &= 0,4\rho_{i-1} + 0,96\varepsilon_i && \text{khi } \rho_{i-1} < \varepsilon_i \\ \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} &= \varepsilon_i && \text{khi } \rho_{i-1} < 4\varepsilon_i \end{aligned}$$

Các yếu tố tính toán lượng dư gia công trung gian tối thiểu như sau:

**\*) $R_{z_{i-1}}$ :** độ cao nhấp nhô bề mặt do bước gia công sát trước để lại.  $R_{z_{i-1}}$  được xác định như sau:

- Ở bước gia công đầu tiên của bề mặt là độ cao nhấp nhô của phôi. Tùy theo loại phôi xác định được  $R_{z_{i-1}}$  như bảng 1.3 và bảng 1.4.

- Các bước gia công tiếp theo tùy theo phương pháp gia công, chế độ cắt, và điều kiện thực hiện gia công sẽ xác định được  $R_{z_{i-1}}$  như bảng 1.5 và bảng 1.6.

**\*) $T_{i-1}$ :** Chiều sâu lớp hư hỏng của bề mặt do bước gia công sát trước để lại.  $T_{i-1}$  được xác định như sau:

- Ở bước gia công đầu tiên của bề mặt là độ cao nhấp nhô của phôi. Tùy theo loại phôi xác định được  $T_{i-1}$  như bảng 1.3 và bảng 1.4.

- Các bước gia công tiếp theo tùy theo phương pháp gia công, chế độ cắt, và điều kiện thực hiện gia công sẽ xác định được  $T_{i-1}$  như bảng 1.5 và bảng 1.6.



**Bảng 1.3: Chất lượng bề mặt của các loại phôi**

Các loại phôi	Cấp chính xác	$R_{z_{i-1}}(\mu m)$	$T_{i-1}(\mu m)$
<b>Phôi đúc</b>			
Đường kính <1250	7-9	250	350
Đường kính 1250 - 3150	8-9	400	400
<b>Phôi dập (kg)</b>			
<0,25		150	150
0,25-2,5		150	200
2,5-25		150	250
25-100		200	300
100-200		300	300
<b>Phôi cán (đường kính )</b>			
5-25		150	150
26-75		150	250
80-150		200	300
160-250		300	300

**Bảng 1.4: Chất lượng mặt đầu khi cắt phôi từ thép cán nóng**

Các loại phôi	$R_{z_{i-1}} + T_{i-1} (mm)$
Trên máy cưa đĩa	0,3
Trên máy ép và máy phay đĩa	0,2
Bằng dao cắt đứt trên máy kiểu máy tiện	0,2

**Bảng 1.5: Các thông số đạt được sau khi gia công bề mặt ngoài**

Các loại phôi	CCX	$R_{z_{i-1}}(\mu m)$	$T_{i-1}(\mu m)$
- Gia công bằng dụng cụ cắt, phôi đúc và phôi cán nóng cấp chính xác trung bình, trục kém cứng vững, phôi có lượng dư lớn.	2-3	100	100
- Gia công thô bằng dụng cụ cắt tất cả dạng phôi (tiện thô)	3-4	50	50
- Gia công bằng dụng cụ cắt với lượng dư nhỏ (tiện tinh)	4-5	20	30
- Phay tinh mặt đầu	5-6	10	15
- Chuốt mặt ngoài	6-7	5	10
- Gia công tinh với lượng dư rất nhỏ	7-9	3	8
- Mài thô	6	10	20
- Mài tinh	7-8	5	15
- Mài vô tâm trước nhiệt luyện	7	6	15
- Mài vô tâm sau nhiệt luyện	8-10	3-0,8	5

**Bảng 1.6:** Các thông số đạt được sau khi gia công lỗ

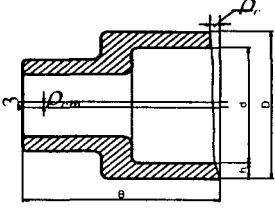
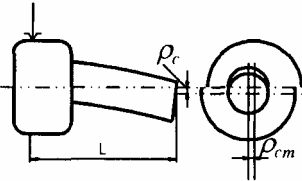
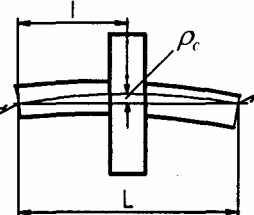
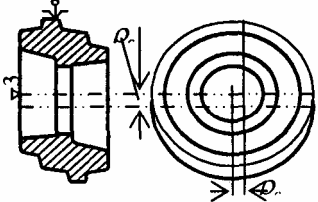
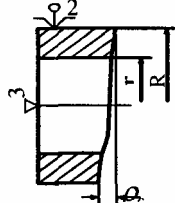
Các loại phôi	Cấp nhám	R <sub>zi-1</sub> (μm)	T <sub>i-1</sub> (μm)
- Khoan bằng mũi khoan ruột gà	3-4	40	60
- Khoan sâu	5	20	30
- Khoét thô	3	50	50
- Khoét tinh	4-5	30	40
- Tiện thô	3	50	50
- Tiện tinh	5	20	25
- Doa thô	6	10	25
- Doa tinh	7	5	10
- Chuốt	7	4	6

\*) **p<sub>i-1</sub>**: Sai lệch về vị trí không gian do bước công nghệ sát trước để lại (độ cong vênh, độ lệch tâm, độ không song song,...) . p<sub>i-1</sub> được xác định tùy theo dạng chi tiết, phương pháp gia công và sơ đồ gá đặt như bảng 1 .6.

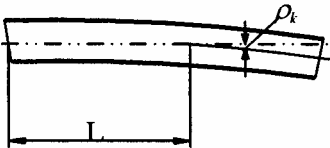
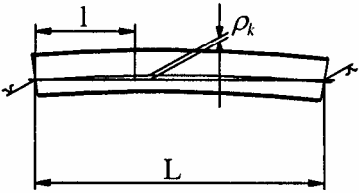
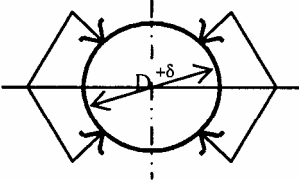
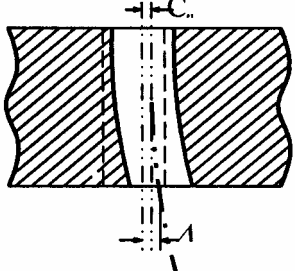
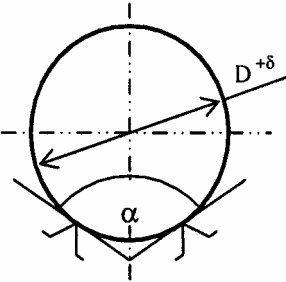
**Bảng 1.7:** Các thông số đạt được sau khi gia công lỗ

Dạng chi tiết và các phương pháp gia công	Sơ đồ gá đặt	Công thức tính
Chi tiết dạng hộp, các lỗ tâm song song và thẳng góc với các mặt phẳng (phôi đúc)		$\rho = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_{cm}^2}$ $\rho = \rho_c + \rho_{cm}$ $\rho_{cm} = \delta$ $\rho_c = \Delta_k L$
Gia công mặt phẳng thứ hai đối xứng		$\rho = \rho_c$

Bảng 1.7 (tiếp theo)

Dạng chi tiết và các phương pháp gia công	Sơ đồ gá đặt	Công thức tính
Chi tiết tròn xoay được kẹp trên mâm cặp tự định tâm và được tỳ ở mặt đầu		$\rho_d = \rho_c = \Delta_k$ $\rho_d = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_{cm}^2}$ $\rho_c = \delta_B$ $\rho_B = \Delta_k B$
Chi tiết dạng trục (phôi rèn)		$\rho = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_{cm}^2}$ $\rho_c = \Delta_k L$
Chi tiết dạng trục khi gia công có chống tâm (phôi rèn)		$\rho = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_{cm}^2}$ $\rho_c = \Delta_k L$ $h = \frac{L}{2}$
Chi tiết dạng đĩa, định vị theo đường kính ngoài và mặt đầu và gia công lỗ		$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_i^2}$
Chi tiết dạng đĩa, định vị theo mặt ngoài và mặt đầu		$\rho = \rho_c$ $\rho_c = \Delta_k D = \Delta_k \cdot 2R$

Bảng 1.7 (tiếp theo)

Dạng chi tiết và các phương pháp gia công	Sơ đồ gá đặt	Công thức tính
Kẹp công xôn bằng mâm cặp ba chấu tự định tâm		$\rho_k = \Delta_k L$
Chống tâm 2 đầu		$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_1^2}$ $\rho_k = \Delta_k L$ $L_1 = \frac{L}{2}$
Cơ cấu kẹp tự định tâm khi khoan lỗ tâm		$\rho_1 = 0,25\text{mm}$
Chi tiết không chuyển động khi gia công		$\rho = \sqrt{C_0^2 + \Delta_y^2 \cdot L^2}$
Chi tiết hình trụ và được gá trên khối V		$\rho = \sqrt{\frac{\rho^2}{2} + 0,25^2}$ $\alpha = 90^0$ $\rho_1 = \sqrt{\frac{\rho^2}{3} + 0,25^2}$ $\alpha = 120^0$

Các thành phần của sai lệch về vị trí không gian được xác định theo bảng 1.8, bảng 1.9, bảng 1.10.

**Bảng 1.8:** Độ cong giới hạn  $\Delta_k$  của phôi trên 1mm chiều dài

Vật liệu và tình trạng phôi	đường kính phôi (mm)					
	5-25	25-50	50-75	75-120	120-150	>150
<b>Phôi cán</b>						
Cấp chính xác 2	0,5	0,5				
Cấp chính xác 3	1	0,75	0,5			
Cấp chính xác 4	2	1	1			
Cấp chính xác 5	3	2	1			
<b>Phôi cán nóng</b>						
Sau khi nắn thẳng	0,15	0,12	0,1	0,03	0,06	0,06
Sau nhiệt luyện	2	1,3	1,3	0,6	0,6	0,3
<b>Phôi dập</b>						
Sau khi nắn thẳng	2	1,5	1	0,8	0,6	0,4
Sau nhiệt luyện	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2
<b>Phôi đúc</b>						
	3	2	1,5	1,2	1	0,7

**Bảng 1.9:** Độ lệch tâm  $p_t$  và độ cong vênh  $p_c$  của phôi dập trên máy búa nằm ngang (mm)

Bề dày, chiều cao, chiều dài hoặc bề rộng của phôi dập, mm	$p_t$ cho cấp chính xác			$p_c$ cho cấp chính xác		
	1	2	3	1	2	3
<50	0,5	0,3	1	0,25	0,5	0,5
50-120	0,63	1,4	1,5	0,25	0,5	0,5
120- 180	0,80	2	2,5	0,32	0,5	0,7
180-260	1	2,8	3,5	0,32	0,6	0,9
260-360	5	3,2	4,5	0,4	0,7	1
30-500	2,5	3,6	4,5	0,5	0,8	1

**Bảng 1.10:** Độ xô dịch của phôi dập trên máy búa nằm ngang  $p_{cm}$  (mm)

Trọng lượng, kG	Cấp chính xác		
	1	2	3
<0,25	0,2	0,3	0,5
0,25-0,63	0,25	0,4	0,6
0,63-1,6	0,3	0,5	0,7
1,6-2,5	0,35	0,6	0,8
2,5-4	0,4	0,7	0,9
4-6,3	0,5	0,8	1
6,3-10	0,6	0,9	1,12
10-16	0,6	1	1,13
16-25	0,7	1,1	1,4
25-40	0,7	1,2	1,6

**Bảng 1.11: Độ sai lệch  $\Delta_k$  và độ xô dịch của tâm lỗ khoan  $C_o$**

Đường kính lỗ	Khoan bằng mũi khoan ruột gà		Khoan bằng mũi khoan sâu	
	$\Delta_k, \mu\text{m/mm}$	$C_o, \mu\text{m/mm}$	$\Delta_k, \mu\text{m/mm}$	$C_o, \mu\text{m/mm}$
3-6	2,1	10	1,6	10
6-10	1,7	15	1,3	15
10-18	1,3	20	1	20
18-30	0,9	25	0,7	25
30-50	0,7	30	0,5	30

**\*)  $\varepsilon_i$ :** Sai số gá đặt chi tiết ở bức công nghệ đang thực hiện.  $\varepsilon_i$  được xác định bằng công thức sau:

$$\bar{\varepsilon}_{gd} = \bar{\varepsilon}_c + \bar{\varepsilon}_{kc} + \bar{\varepsilon}_{dg}$$

trong đó:

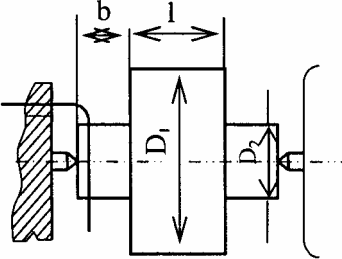
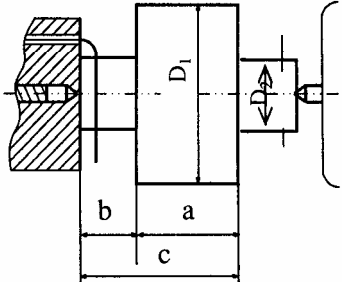
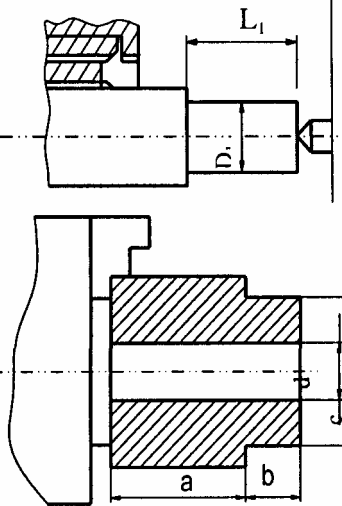
$\bar{\varepsilon}_c$  sai số chuẩn;

$\bar{\varepsilon}_{kc}$  sai số kẹp chặt;

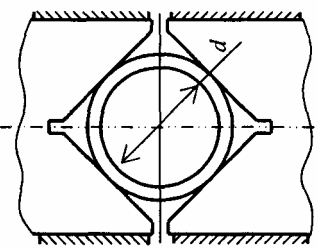
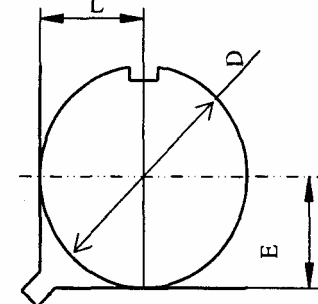
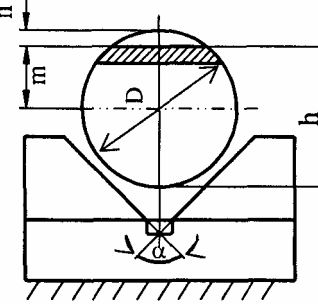
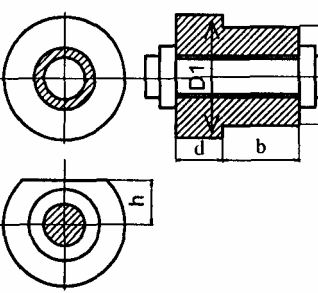
$\bar{\varepsilon}_{dg}$  sai số đồ gá.

Sai số chuẩn là lượng biến động của góc kích thước chiều lên phương kích thước thực hiện. Sai số chuẩn được xác định phụ thuộc vào phương pháp gá đặt, được xác định theo bảng 1.12.

**Bảng 1.12: Sai số chuẩn của chi tiết gá đặt trên các loại đồ gá**

Chuẩn	Phương pháp gá đặt	Sai số chuẩn
<p>Lỗ tâm</p> <p>Mũi tâm trước cố định</p>		$\varepsilon_{D1}=0; \varepsilon_{D2}=0; \varepsilon_a=0;$ $\varepsilon_b=\Delta_v; \varepsilon_c=\Delta_v$
<p>Mũi tâm trước di động</p>		$\varepsilon_{D1}=0; \varepsilon_{D2}=0; \varepsilon_a=0$ $\varepsilon_b=0; \varepsilon_c=0$
<p>Mặt trục ngoài</p> <p>Ống kẹp đàn hồi</p> <p>Mâm cặp ba chấu tự định tâm</p>		$\varepsilon_D=0; \varepsilon_L=0$ $\varepsilon_D=0; \varepsilon_d=0$ $\varepsilon_a=0; \varepsilon_b=0$

Bảng 1.12 (tiếp theo)

Chuẩn	Phương pháp gá đặt	Sai số chuẩn
Hai khối V tự định tâm		$\varepsilon_d=0; \varepsilon_c=0$
Khối V có góc 90°		$\varepsilon_L = \frac{\delta_D}{2} \varepsilon_m = 0$
Khối V		$\varepsilon_n = \frac{\delta_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\varepsilon_h = \frac{\delta_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$ $\varepsilon_m = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$
Mặt trụ trong  Trục gá bung		$\varepsilon_{D1} = \delta_{min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{D2} = \delta_{min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_h = \delta_{min} + \delta_B + \delta_A$



Bảng 1.12 (tiếp theo)

Chuẩn	Phương pháp gá đặt	Sai số chuẩn
Trục gá bung hoặc trục lắp chặt		$\varepsilon_b = 0; \varepsilon_a = \Delta_v;$ $\varepsilon_{D1} = 0; \varepsilon_{D2} = 0;$ $\varepsilon_h = 0; \varepsilon_b = \delta_A$
Định vị theo 2 lỗ và gia công mặt trên		$\varepsilon_{h1} = \delta_{\min} + \delta_B + \delta_A$ $\varepsilon_{h2} = (\delta_{\min} + \delta_B + \delta_A) \cdot (2L + 1) / 2$

Sai số kẹp chặt là lượng biến động của góc kích thước chiếu lên phương kích thước thực hiện. Sai số chuẩn được xác định phụ thuộc vào phương pháp gá đặt, được xác định theo bảng 1.13, bảng 1.14, bảng 1.15.

**Bảng 1.13:** Sai số kẹp chặt gục  $\varepsilon_{kc}$  theo phương đường kính

Vật liệu và gá đặt	Đường kính phôi $\Phi$ (mm)						
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
<i>Ống kẹp đàn hồi</i>							
Bề mặt thô (thép)	50	60	70	80	-	-	-
Bề mặt tinh (thép)	25	30	35	40	-	-	-
<i>Mâm cặp ba chấu</i>							
Bề mặt thô (thép)	60	70	80	100	120	140	160
Bề mặt tinh (thép)	30	35	40	50	60	70	80
Gang đúc	175	200	250	300	350	400	450

**Bảng 1.14:** Sai số kẹp chặt  $\varepsilon_{kc}$  ( $\mu\text{m}$ ) theo phương hướng trục

Vật liệu và gá đặt	Đường kính phôi $\Phi$ (mm)						
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
<i>Ống kẹp đàn hồi</i>							
Bề mặt thô (thép)	50	60	70	-	-	-	-
Bề mặt tinh (thép)	25	30	35	-	-	-	-
<i>Mâm cặp ba chấu</i>							
Bề mặt thô (thép)	60	70	90	95	110	120	130
Bề mặt tinh (thép)	30	50	60	70	90	100	110
Gang đúc	70	80	90	100	120	130	140

**Bảng 1.15 :** Sai số kẹp chặt  $\varepsilon_{kc}$  ( $\mu\text{m}$ ) khi gá trên các chốt tỳ

Vật liệu và gá đặt	Bề rộng chi tiết H (mm)						
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
<i>Gá trên các chốt tỳ và kẹp chặt bằng ren vít</i>							
Bề mặt thô (thép)	80	90	100	110	120	130	140
Bề mặt tinh (thép)	70	80	90	100	110	120	130
Gang	100	110	120	130	140	150	150
<i>Kẹp chặt bằng hơi ép</i>							
Bề mặt thô (thép)	70	75	80	90	100	110	120
Bề mặt tinh (thép)	60	70	80	90	90	100	110
Gang	80	90	100	110	120	130	140

Sai số đồ gá do chế tạo đồ gá không chính xác, do độ mòn của nó và do gá đặt đồ gá trên máy không chính xác. Sai số đồ gá được xác định theo công thức sau:

$$\bar{\varepsilon}_{dg} = \bar{\varepsilon}_{ct} + \bar{\varepsilon}_m + \bar{\varepsilon}_{ld}$$

trong đó:

$\bar{\varepsilon}_{ct}$  - sai số do chế tạo đồ gá;

$\bar{\varepsilon}_m$  - sai số do mòn đồ gá;

$\bar{\varepsilon}_{ld}$  - sai số do lắp đặt đồ gá trên máy.

Sai số do chế tạo đồ gá được xác định khi ta chọn đồ gá cụ thể đã xác định đúng sai số nhờ độ chính xác của đồ gá.

Sai số mòn được xác định phụ thuộc vào vật liệu và trọng lượng của phôi, vào tình trạng của bề mặt tiếp xúc giữa phôi với đồ gá và điều kiện gá đặt phôi trên đồ gá.

Sai số lắp đặt đồ gá trên máy không lớn lắm và rất khó xác định.

Để đơn giản, sai số đồ gá được xác định theo công thức đơn giản sau:

$$\varepsilon_{dg} = k\varepsilon_{gd}$$

trong đó: k - hệ số chính xác hoá.

*e. Xác định các kích thước giới hạn trung gian và kích thước của phôi*

Trên cơ sở tính toán lượng dư gia công trung gian, ta xác định kích thước giới hạn trung gian trong tất cả các bước chuyển công nghệ để gia công bề mặt này cũng như kích thước của phôi.

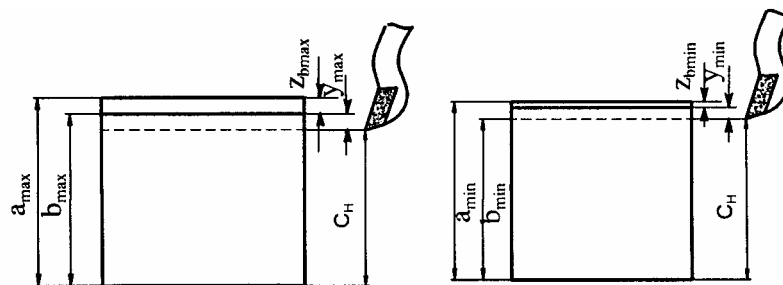
Khi gia công một loạt phôi cùng loại trên máy đã điều chỉnh sẵn, vì kích thước phôi dao động trong giới hạn dung sai nên giá trị của lượng dư gia công cũng sẽ dao động. Những phôi trong loạt có kích thước giới hạn nhỏ nhất  $a_{\min}$  thì sẽ có kích thước  $b_{\min}$  cũng có thể là nhỏ nhất và tương ứng lượng dư gia công là  $Z_{b\min}$ , còn khi gia công phôi có kích thước lớn nhất  $a_{\max}$  thì sẽ có kích thước  $b_{\max}$  là lớn nhất và tương ứng lượng dư gia công là  $Z_{b\max}$ .

Vì vậy lượng dư trung gian tối thiểu được xác định bằng :

$$Z_{b\min} = a_{\min} - b_{\min}$$

Lượng dư gia công lớn nhất :

$$Z_{b\max} = a_{\max} - b_{\max}$$



**Hình 1.10:** Giá trị lượng dư gia công đối với một loạt phôi.

Ở đây dụng cụ cắt được điều chỉnh cố định cho cả loạt phôi, ứng với kích thước  $C_H$ . Nếu một phôi nào đó có kích thước ban đầu là  $a_{\min}$  thì khi gia công nó sẽ cắt với chiều sâu cắt nhỏ nhất; lực cắt sẽ nhỏ nhất nên biến dạng phôi theo kích thước gia công nhỏ nhất ( $y_{\min}$ ).

Như vậy lượng dư gia công sẽ là  $Z_{b\min}$  và kích thước sau khi gia công sẽ là  $C_H + y_{\min}$ . Ngược lại khi gặp một phôi có kích thước ban đầu là  $a_{\max}$  khi gia công sẽ bị cắt với chiều sâu cắt lớn nhất; lực cắt sẽ lớn nhất nên độ biến dạng của phôi theo kích thước gia công cũng lớn nhất ( $y_{\max}$ ). Như vậy lượng dư gia công sẽ là  $Z_{b\max}$  và kích thước sau khi gia công sẽ là  $C_H + y_{\max}$ . Như vậy ta có mối quan hệ sau:

$$\begin{aligned} Z_{b\min} &= a_{\min} - (C_H + y_{\min}) = a_{\min} - b_{\min} \\ Z_{b\max} &= a_{\max} - (C_H + y_{\max}) = a_{\max} - b_{\max} \end{aligned}$$

Thay trị số về dung sai của kích thước a và b là  $\delta_a$  và  $\delta_b$  ta sẽ có:

$$a_{\max} = a_{\min} + \delta_a$$

$$b_{\max} = b_{\min} + \delta_b$$

Từ đó ta có :

$$z_{b\max} = (a_{\min} + \delta_a) - (b_{\min} + \delta_b) = (a_{\min} - b_{\min}) + (\delta_a - \delta_b) = z_{b\min} + \delta_a - \delta_b$$

Sau khi tính toán lượng dư, các kích thước giới hạn trung gian và các kích thước phôi được ghi thành bảng như bảng 1.16.

**Bảng 1.16: Bảng tính lượng dư theo phương pháp Kôvan**

Thứ tự các nguyên công và các bước phải tính lượng dư	Các yếu tố tạo thành lượng dư ( $\mu$ )				Giá trị tính toán		Dung sai ( $\mu\text{m}$ )	Kích thước giới hạn		Trị số giới hạn của lượng dư ( $\mu\text{m}$ )	
	$R_{zi}$	$T_i$	$p_i$	$\varepsilon_i$	$z_{b\min}$ ( $\mu\text{m}$ )	Kích thước (mm)		Max	Min	Max	Min

Từ các trị số giới hạn của kích thước, ta trở về phương pháp chọn phôi và xây dựng được bản vẽ phôi.

Xác định lượng dư theo phương pháp tính toán phân tích rất hiệu quả khi áp dụng cho sản xuất những chi tiết loạt lớn và hàng khối, mang lại hiệu quả tiết kiệm kim loại, giảm được công lao động trong gia công và giảm được giá thành.

#### f. Xác định chế độ cắt

Xác định chế độ cắt là xác định giá trị của các thông số chế độ cắt. Với mỗi phương pháp gia công khác nhau thì có các thông số chế độ cắt khác nhau, ví dụ: tiện ngoài là chiều sâu cắt (t), lượng chạy dao (S) và tốc độ cắt (V); đối với phương pháp khoan là lượng chạy dao (S) và tốc độ cắt (V),

Vì vậy xác định chế độ cắt phải căn cứ vào phương pháp gia công, căn cứ vào yêu cầu độ chính xác chất lượng bề mặt gia công, năng suất và giá thành gia công trên cơ sở các điều kiện về dụng cụ cắt, hệ thống công nghệ,...

Các phương pháp xác định chế độ cắt của từng phương pháp gia công được trình bày cụ thể trong các Sổ tay Công nghệ chế tạo máy và Giáo trình Nguyên lý cắt.

#### g. Xác định thời gian nguyên công

Thời gian nguyên công là tổng thời gian dành cho nguyên công đó từ lúc bắt đầu cho đến khi kết thúc.

Xác định thời gian nguyên công là xác định khối lượng thời gian cần thiết để

hoàn thành nội dung công việc cho từng nguyên công trong điều kiện sản xuất bình thường.

Xác định thời gian gia công phải được xác định trên nguyên tắc tận dụng hiệu quả nhất vốn thời gian làm việc của trang thiết bị, dụng cụ công nghệ và sức lao động.

Thời gian nguyên công được xác định theo công thức sau:

$$T_{tc} = T_0 + T_p + T_{pv} + T_{tn}$$

Ở đây :

$T_{tc}$  - thời gian từng chiếc (thời gian nguyên công);

$T_0$  - thời gian cơ bản (thời gian cần thiết để biến đổi trực tiếp hình dạng, kích thước);

$T_p$  - thời gian phụ: là thời gian cần thiết để người công nhân gá, tháo chi tiết, mở máy, xác định chế độ cắt,... Khi xác định thời gian phụ thông thường ta có thể lấy giá trị gần đúng  $T_p = k_1 \cdot T_0$

$k_1$  là hệ số tỉ lệ thời gian phụ và thời gian cơ bản nó nói lên mức độ thành thạo của người công nhân;

$T_{pv}$  - thời gian phục vụ chỗ làm việc: là thời gian cần thiết để thay đổi dụng cụ, sửa đá, mài dao, điều chỉnh dụng cụ, tra dầu cho máy, .v.v. Khi xác định thời gian phục vụ ta có thể lấy giá trị gần đúng  $T_{pv} = k_2 \cdot T_0$ ,  $k_2$  là hệ số tỉ lệ thời gian phục vụ và thời gian cơ bản nó nói lên mức độ tổ chức sản xuất của nhà máy và sự thành công của người công nhân phục vụ;

$T_{tn}$  - thời gian nghỉ ngơi tự nhiên: là thời gian cần thiết để nghỉ ngơi tự nhiên của công nhân, .v.v. Khi xác định thời gian tự nhiên ta có thể lấy giá trị gần đúng  $T_{tn} = k_3 \cdot T_0$ ,  $k_3$  là hệ số tỉ lệ thời gian nghỉ ngơi tự nhiên và thời gian cơ bản nó nói lên mức độ tính chuyên nghiệp của người công nhân .

Vậy ta có công thức tính thời gian nguyên công như sau:

$$T_{tc} = T_0 + k_1 T_0 + k_2 T_0 + k_3 T_0 = T_0 (k_1 + k_2 + k_3)$$

Từ đó ta xác định được thời gian cơ bản và hệ số  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  là xác định được thời gian nguyên công.

Để xác định thời gian cơ bản có các phương pháp sau:

*\*) Xác định thời gian cơ bản theo công thức*

Khi các bước chuyển công nghệ thực hiện theo kiểu tuần tự,  $T_0$  được cộng trong tổng các bước chuyển gia công. Khi thực hiện theo kiểu song song,  $T_0$  được lấy theo bước chuyển gia công dài nhất.

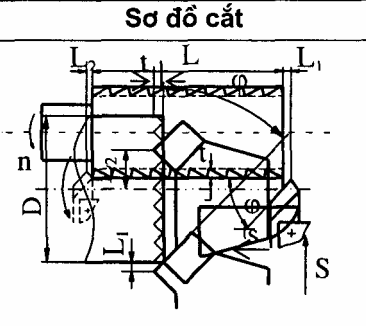
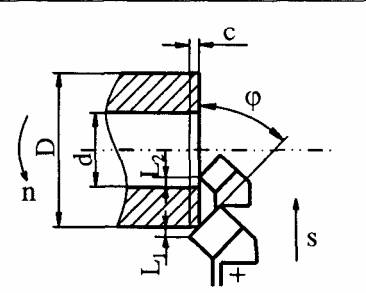
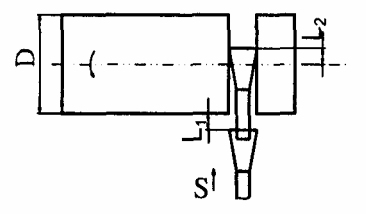
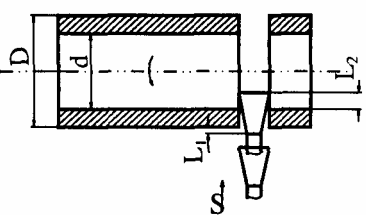
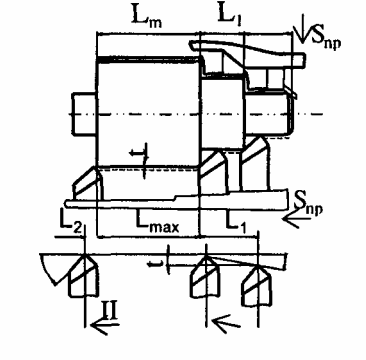
Thời gian cơ bản xác định theo công thức được căn cứ vào phương pháp gia công và tùy từng sơ đồ cắt cụ thể.

Công thức tính thời gian cơ bản của phương pháp tiện theo bảng 1.17.

**Bảng 1.17: Công thức tính thời gian khi tiện**

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Tiện ngoài suốt chiều dài		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$ $L_2 = (1 \div 3) \text{ (mm)}$
Tiện ngoài đến ống kẹp hoặc bậc		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$
Tiện ngoài dùng cữ chặn		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (1 \div 3) \text{ (mm)}$
Tiện trong trên suốt chiều dài		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$ $L_2 = (1 \div 5) \text{ (mm)}$
Tiện trong đến bậc		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$
Tiện trong dùng cữ chặn		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (0,5 \div 5) \text{ (mm)}$

Bảng 1.17 tiếp theo

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Tiện mặt đầu dùng phôi đặc		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2)(\text{mm})$ $L_2 = (0,5 \div 5) \text{ (mm)}$ $L = \frac{D}{2} \text{ (mm)}$
Tiện mặt đầu dùng phôi rỗng		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0,5 \div 2)(\text{mm})$ $L_2 = (0,5 \div 5) \text{ (mm)}$ $L = \frac{D - d}{2} \text{ (mm)}$
Cắt đứt phôi đặc		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L = \frac{D}{2} \text{ (mm)}$ $L_1 = L_2 = (0,5 \div 5)(\text{mm})$
Cắt đứt phôi rỗng		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L = \frac{D - d}{2} \text{ (mm)}$ <p><math>L_1</math> - chiều dài ăn dao</p>
Tiện bằng nhiều dao		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L = \frac{L_{\text{max}}}{m}$ <p>m- số lượng dao</p> $L_1 = \frac{t}{\text{tg}\theta} + \frac{t}{\text{tg}\phi} + (3 \div 5)$ $L_2 = (1 \div 3) \text{ (mm)}$

Công thức tính thời gian cơ bản của phương pháp khoan trình bày trên bảng 1.18.

**Bảng 1.18: Công thức tính thời gian cơ bản khi khoan**

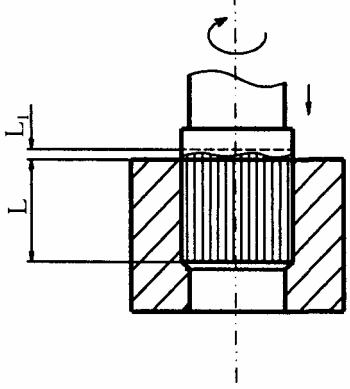
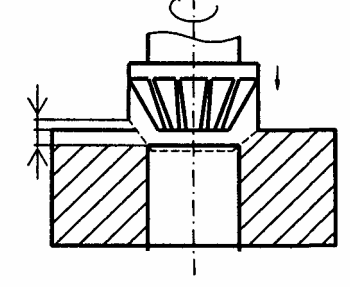
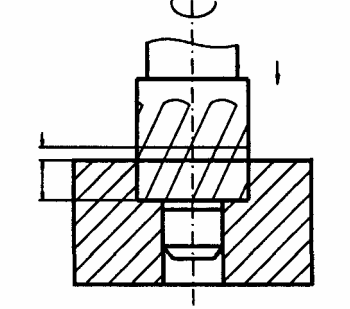
Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Khoan lỗ thông		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (d \cdot \cotg \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$ $L_2 = (1 \div 3) \text{ (mm)}$
Khoan lỗ không thông		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (d \cdot \cotg \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$
Khoan lỗ tâm		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (d \cdot \cotg \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$ $L_1 = ((D - d) \cdot \cotg \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$
Khoan rộng lỗ thông		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ (phút)}$ $L_1 = (d \cdot \cotg \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \text{ (mm)}$ $L_2 = (1 \div 3) \text{ (mm)}$



Bảng 1.18 (tiếp theo)

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Khoan rộng lỗ không thông		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$
Khoét rộng lỗ thông		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = ((D-d) \cdot \cot \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$ $L_2 = (1 \div 3) \quad (\text{mm})$
Doa lỗ thông		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = ((D-d) \cdot \cot \phi) / 2 + (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$ $L_2 = (1 \div 3) \quad (\text{mm})$
Khoét rộng lỗ không thông		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$

Bảng 1.18 (tiếp theo)

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Doa lỗ không thông		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$
Khoét côn mặt đầu		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$
Khoét trụ mặt đầu		$T_0 = \frac{L + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 2) \quad (\text{mm})$

Công thức tính thời gian cơ bản của phương pháp phay trình bày trên bảng 1.19.

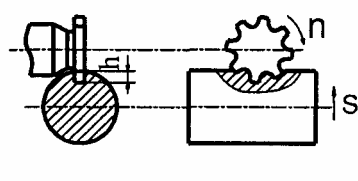
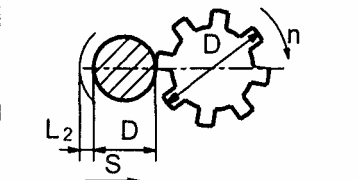
**Bảng 1.19: Công thức tính thời gian cơ bản khi phay**

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Phay mặt phẳng bằng dao phay trụ		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3) \text{mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay mặt phẳng bằng dao phay đĩa		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3) \text{mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay mặt bậc bằng dao mặt đầu		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3) \text{mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay rãnh bằng dao phay đĩa		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3) \text{mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu ( $\varphi = 90^\circ$ )		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i(\text{phút})$ $L_1 = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3) \text{mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$

Bảng 1.19 (tiếp theo)

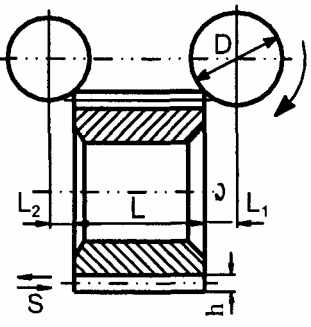
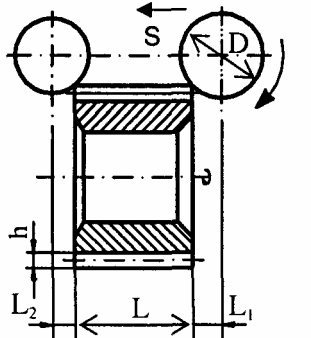
Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Phay mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu ( $\varphi \neq 90^\circ$ )		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S.n} .i(\text{phút})$ $L_1 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - t^2}) \text{ mm}$ $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay rãnh then kín hai đầu		$T_0 = \frac{h + (0,5 \div 1)}{S_{Md}} + \frac{L - D}{S_{Mn}} (\text{phút})$ <p><math>S_{Md}; S_{Mn}</math> - lượng chạy dao/phút theo phương đứng và ngang</p>
Phay rãnh then hở một đầu		$T_0 = \frac{L+L_1}{S_d} .i \text{ (phút)}$ <p><math>S_d</math> - lượng chạy dao/phút dọc trục chi tiết</p> $L_2 = (2 \div 5) \text{ (mm)}$
Phay rãnh then hở hai đầu		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S_d} .i(\text{phút})$ $L_1 = L_2 = (1 \div 2)(\text{mm}) ;$ <p><math>S_d</math> - lượng chạy dao/phút dọc.</p>

Bảng 1.19 (tiếp theo)

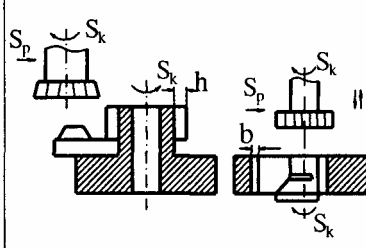
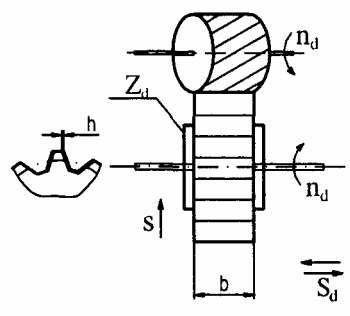
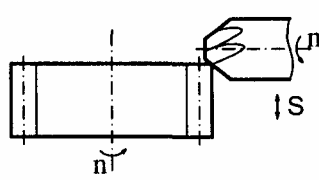
Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Phay rãnh then bán nguyệt		$T_0 = \frac{h + L_1}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (0,5 \div 1) \quad (\text{mm})$ <p><math>L_1</math> - chiều dài ăn dao  <math>h</math> - chiều sâu thoát dao</p>
Cắt đứt bằng dao phay đĩa		$T_0 = \frac{h + L_1 + L_2}{S \cdot n} \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (2 \div 5) \quad (\text{mm})$ $L_2 = (3 \div 10) \quad (\text{mm})$

Công thức tính thời gian cơ bản của phương pháp gia công răng như bảng 1.20.

Bảng 1.20: Công thức tính thời gian cơ bản khi gia công răng

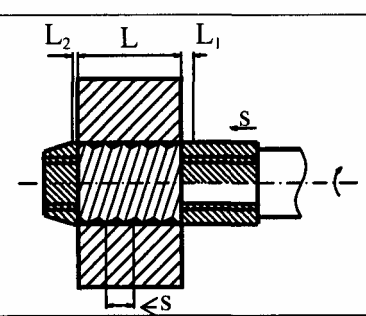
Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Cắt răng trụ bằng dao phay đĩa mô đun		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S_M} \cdot Z \cdot i \quad (\text{phút})$ $L_1 = (1,1 \div 1,2) \sqrt{h(D-d)} \quad (\text{mm})$ $L_2 = (2 \div 4) \quad (\text{mm})$ $S_M = S_z \cdot Z \cdot n$
Cắt răng trụ bằng dao phay trục vít		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S_d \cdot n \cdot q} \cdot Z \quad (\text{phút})$ $L_1 = (1,1 \div 1,2) \sqrt{h(D-d)} \quad (\text{mm})$ $L_2 = (2 \div 4) \quad (\text{mm})$ <p><math>q</math> - số đầu mối của dao</p>

Bảng 1.20 (tiếp theo)

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Xọc răng trụ		$T_0 = \frac{h}{S_p \cdot n} + \frac{\pi \cdot m \cdot Z}{S_{kp} \cdot n} \cdot k_1 (\text{phút})$ <p> <math>k_1</math> - số bước  <math>n</math> - số hành trình kép  <math>h</math> - chiều cao răng  <math>m</math> - môđun của bánh răng  <math>Z</math> - số răng của bánh răng                 </p>
Cà răng trụ		$T_0 = \frac{(L + 10) \cdot Z_{ct}}{S_d \cdot Z_d \cdot n_d} \cdot \frac{h}{S} (\text{phút})$ <p> <math>Z_{ct}</math> - số răng chi tiết  <math>Z_d</math> - số răng dao cà  <math>S_d</math> - chạy dao dọc  <math>S</math> - chạy dao hướng kính  <math>n_d</math> - số vòng quay dao  <math>h</math> - lượng dư cà                 </p>
Vẽ tròn đầu răng bằng dao phay ngón		$T_0 = \frac{a \cdot Z}{60} (\text{phút})$ <p> <math>a</math> - thời gian gia công một răng  <math>Z</math> - số răng của chi tiết                 </p>

Công thức tính thời gian cơ bản của các phương pháp gia công ren như bảng 1.21

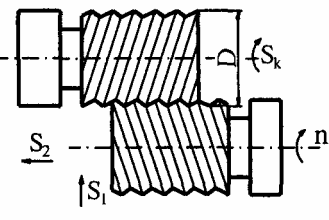
**Bảng 1.21:** Công thức tính thời gian cơ bản khi gia công ren

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Tarô lỗ thông		$T_0 = \frac{L + L_1 + L_2}{S \cdot n} + \frac{L + L_2 + L_2}{S \cdot n_1} \cdot i (\text{phút})$ <p> <math>n_1</math> - số vòng quay của dao hoặc chi tiết khi quay ngược  <math>i</math> - số lượng tarô  <math>L_1 = L_2 = (1 \div 3)</math> bước ren                 </p>

Bảng 1.21 (tiếp theo)

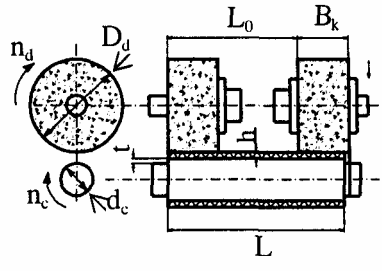
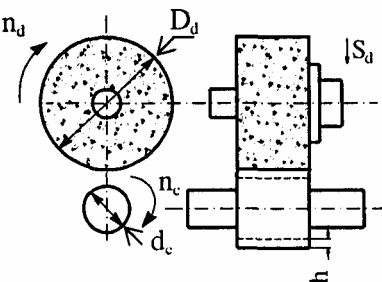
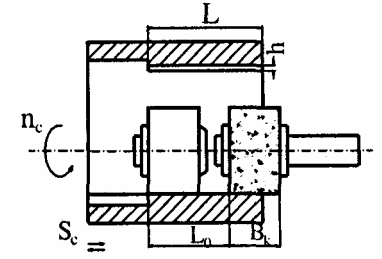
Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Tarô lỗ không thông		$T_0 = \frac{L+L_1}{S.n} + \frac{L+L_1}{S.n_1} \text{ (phút)}$ <p><math>n_1</math> - số vòng quay của dao hoặc chi tiết khi quay ngược <math>i</math> - số lượng tarô <math>L_1 = (1 \div 3)</math> bước ren</p>
Cắt ren bằng dao tiện		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S.n} i \text{ (phút)}$ <p><math>L_1=L_2 = (1 \div 3)</math> bước ren <math>i</math> - số bước gia công <math>n</math> - số vòng quay chi tiết <math>S</math> - lượng chạy dao ( bằng bước ren)</p>
Tiện ren trong		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S.n} i \text{ (phút)}$ <p><math>L_1=L_2 = (1 \div 3)</math> bước ren</p>
Cắt ren ngoài		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S.n} i \text{ (phút)}$ <p><math>L_1=L_2 = (1 \div 3)</math> bước ren</p>
Cắt ren trong		$T_0 = \frac{L+L_1+L_2}{S.n} i \text{ (phút)}$ <p><math>L_1=L_2 = (1 \div 3)</math> bước ren</p>

Bảng 1.21 (tiếp theo)

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Cắt ren bằng dao phay ren		$T_0 = \frac{12 \cdot \pi \cdot D_i}{S_M} i \text{ (phút)}$ $S_M - \text{lượng chạy dao/phút}$ $S_M = S_z \cdot Z \cdot n$

Công thức tính thời gian cơ bản của các phương pháp mài như bảng 1.22

**Bảng 1.22: Công thức tính thời gian cơ bản khi mài**

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Mài tròn ngoài tiến dao dọc		$T_0 = 1,3 \cdot \frac{L_0}{S_c \cdot B_k \cdot n_c} \cdot \frac{h}{t} \text{ (phút)}$ $L_0 = L - (0,4 \div 0,6) B_x$ $S_c, n_c - \text{lượng chạy dao và}$ $\text{số vòng quay của chi tiết}$ $B_k - \text{bề rộng của đá}$ $L - \text{chiều dài chi tiết}$ $h - \text{lượng dư mài}$ $t - \text{chiều sâu mài}$
Mài tròn ngoài tiến dao ngang		$T_0 = 1,25 \cdot \frac{h}{t \cdot n_c} \text{ (phút)}$ $n_c - \text{số vòng quay của chi}$ $\text{tiết}$ $h - \text{lượng dư mài}$ $t - \text{chiều sâu mài}$
Mài tròn trong có tâm		$T_0 = 1,3 \cdot \frac{L_0}{S_c \cdot B_k \cdot n_c} \cdot \frac{h}{t} \text{ (phút)}$ $L_0 = L - (0,4 \div 0,6) B_x$



Bảng 1.22 (tiếp theo)

Tên nguyên công	Sơ đồ cắt	Công thức tính
Mài tròn ngoài vô tâm tiến dao dọc		$T_0 = 1,2 \cdot \frac{L \cdot m + B_k}{S_M \cdot m} \text{ (phút)}$ $S_M = \pi \cdot D_k \cdot n_k \cdot \sin \alpha \text{ (mm/ph)}$ <p>m- số chi tiết được mài liên tục i- số lần chạy dao</p>
Mài tròn ngoài vô tâm tiến dao ngang		$T_0 = 1,25 \cdot \frac{h}{t \cdot n_c} \text{ (phút)}$ $n_c = \frac{n_k \cdot D_k}{d} \text{ (vòng/phút)}$ <p>d- đường kính chi tiết</p>
Mài phẳng bằng đá mài trụ, bàn máy hình chữ nhật		$T_0 = 1,2 \cdot \frac{L + L_1 + L_2}{V_b \cdot 1000} \times \frac{B_c + B_k}{S_c \cdot B_k} \cdot \frac{h}{t \cdot n} \text{ (phút)}$ <p><math>L_1 = 5\text{mm}; L_2 = 5\text{mm}</math> m- số chi tiết được gia công đồng thời trên máy.</p>
Mài phẳng bằng đá mài mặt đầu, bàn máy quay tròn		$T_0 = 1,25 \cdot \frac{h}{t \cdot n_c \cdot m} \text{ (phút)}$ $n_b = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi D_c} \text{ (vòng/phút)}$ <p>m- số chi tiết gia công đồng thời. <math>n_b</math> - số vòng quay bàn máy.</p>

\*) *Xác định thời gian cơ bản theo công thức gần đúng*

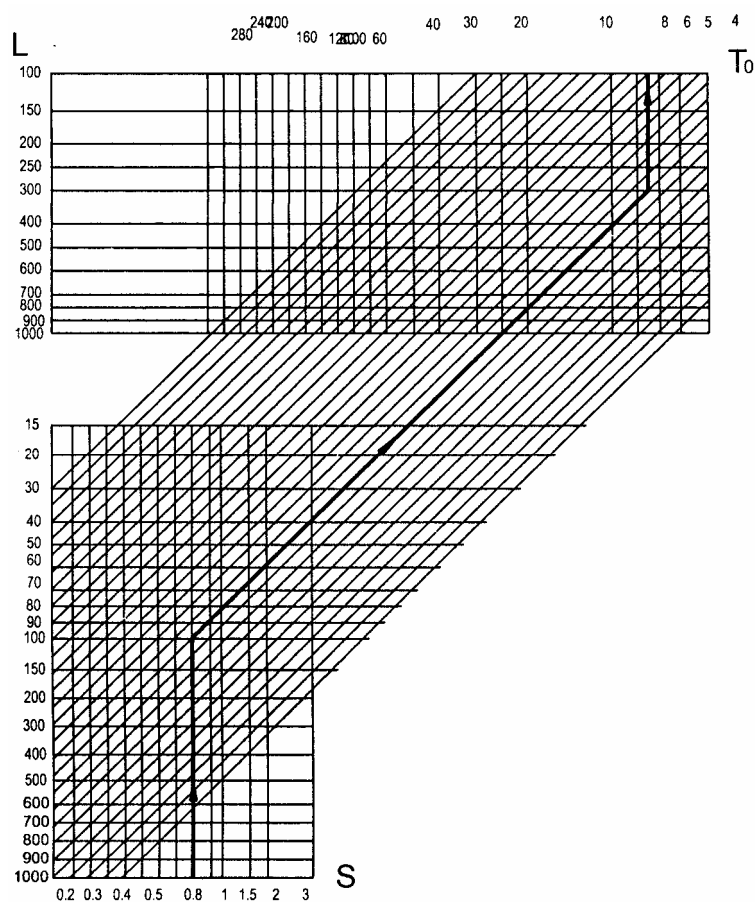
Ngoài việc tính toán thời gian cơ bản chính xác như trên, để có thể tính toán nhanh thời gian cơ bản ta có thể sử dụng các công thức tính gần đúng như bảng 1.23.

**Bảng 1.23: Công thức tính gần đúng thời gian cơ bản**

<b>Phương pháp gia công</b>	<b>Công thức tính</b>
Tiện thô một bước <i>Ghi chú: d- đường kính; L- chiều dài</i>	0,00017dL
Tiện tinh cấp chính xác 4	0,00010dL
Tiện tinh cấp chính xác 3	0,00017dL
Tiện thô mặt đầu <i>Ghi chú: D- đường kính lớn mặt đầu; d- đường kính nhỏ mặt đầu</i>	0,000037(D <sup>2</sup> -d <sup>2</sup> )
Tiện tinh ít ạt đầu	0,000052(D <sup>2</sup> -d <sup>2</sup> )
Cắt đứt	0,00019D <sup>2</sup>
Tiện thô và tinh bằng dao định hình	0,000063(D <sup>2</sup> -d <sup>2</sup> )
Mài thô cấp chính xác 4	0,00007dL
Mài thô cấp chính xác 3	0,00010dL
Mài thô cấp chính xác 2	0,00015dL
Tiện lỗ trên máy tiện	0,00018dL
Khoan lỗ	0,00052dL
Khoan rộng lỗ từ 20...60	0,00031dL
Khoét lỗ	0,00021dL
Doa thô	0,00043dL
Doa tinh	0,00086dL
Mài lỗ cấp chính xác 3	0,0015dL
Mài lỗ cấp chính xác 2	0,0018dL
Chuốt lỗ	0,0004L
Bào thô trên máy bào dọc <i>Ghi chú: B- chiều rộng gia công</i>	0,000065BL
Phay thô bằng dao phay mặt đầu	0,006L
Phay tinh bằng dao phay mặt đầu	0,004l
Phay bằng dao phay trụ	0,007L
Mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu	0,0025L
Gia công bánh răng bằng dao phay lăn	0,0022Db
Giá công bánh vít	0,0603D
Gia công then hoa bằng phương pháp bao hình	0,009LZ
Gia công ren bằng tarô <i>Ghi chú: D- đường kính lớn bánh răng; b- chiều dài răng; L- chiều dài trục then hoa hoặc lỗ ren; Z-số răng then hoá; d- đường kính lỗ ren</i>	0,0004dL

\*) *Xác định thời gian cơ bản bằng đồ thị*

Chúng ta cũng có thể xác định thời gian cơ bản bằng đồ thị khi ta biết chiều dài chạy dao, số vòng quay và lượng chạy dao trình bày trên hình 1.17.



**Hình 1.17: Đồ thị xác định  $T_0$**

*h. Tính toán kinh tế của qui trình công nghệ*

Giá thành của một chi tiết ở một nguyên công nào đó xác định theo công thức sau:

$$C_{ctnc} = C_p + C_L + C_{dn} + C_{dc} + C_{kh} + C_{sc} + C_{sddg}$$

trong đó:

- ❖  $C_{ctnc}$ - giá thành của một chi tiết ở một nguyên công;
- ❖  $C_p$ - giá thành phôi;
- ❖  $C_L$ - Chi phí trả lương công nhân ở nguyên công tính giá thành;
- ❖  $C_{dn}$ - Chi phí điện năng tại nguyên công tính giá thành;
- ❖  $C_{dc}$ - chi phí sử dụng dụng cụ cắt tại nguyên công tính giá thành;
- ❖  $C_{kh}$ - chi phí khấu hao tại nguyên công tính giá thành;
- ❖  $C_{sc}$ - Chi phí sửa chữa máy tại nguyên công tính giá thành;
- ❖  $C_{sddg}$ - Chi phí sử dụng đồ gá tại nguyên công tính giá thành.

Từ công thức tính giá thành của một chi tiết tại một nguyên công, ta tính cho tất cả các nguyên công sau đó lấy tổng của chúng ta tính được giá thành của toàn bộ

qui trình để gia công một chi tiết. Để tính được giá thành của một chi tiết tại một nguyên công ta tính giá thành từng thành phần.

*\*) Giá thành phôi*

Giá thành 1 kG phôi được xác định theo công thức sau:

$$C_p = (C_1 \cdot Q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 - (Q - q) \cdot C_{pp}) / 1000 \text{ (đồng)}$$

trong đó:

- ❖  $C_1$  - giá thành một tấn phôi (đồng);
- ❖  $K_1$  - hệ số phụ thuộc vào cấp chính xác ( $K_1 = 1 \div 1,1$ );
- ❖  $K_2$  - hệ số phụ thuộc vào vật liệu phôi (phôi gang:  $K_2 = 1 \div 1,24$ ; phôi thép cacbon:  $K_2 = 1,21$ ; phôi thép hợp kim:  $K_2 = 2, 2$ );
- ❖  $K_3$  - hệ số phụ thuộc vào độ phức tạp phôi (phôi gang và thép:  $K_3 = 0,7 \div 1,45$  tùy thuộc độ phức tạp của phôi);
- ❖  $K_4$  - hệ số phụ thuộc vào trọng lượng phôi (trọng lượng phôi nhỏ hơn 1kG:  $K_4 = 0,9$ ; trọng lượng phôi từ 1 ÷ 2kG;  $K_4 = 0,6; \dots$ );
- ❖  $K_5$  - hệ số phụ thuộc vào sản lượng phôi (sản lượng phôi nhỏ hơn 100 chiếc:  $K_5 = 1,23$ ; sản lượng phôi từ 100 ÷ 500 chiếc:  $K_5 = 1; \dots$ );
- ❖ Q - trọng lượng của phôi (tấn);
- ❖ q - trọng lượng của chi tiết (tấn);
- ❖  $C_{pp}$  - giá thành 1 tấn phôi phế phẩm (tấn).

*\*) Chi phí lương*

Lương công nhân sản xuất trực tiếp ở một nguyên công nào đó được xác định theo công thức sau:

$$C_L = (C_h \cdot T_{cnc}) / 60 \text{ (đồng)}$$

trong đó:

- $C_L$  - chi phí lương của công nhân tại một nguyên công nào đó (đồng);
- $C_h$  - tiền lương công nhân trong một giờ làm việc (đồng/giờ);
- $T_{cnc}$  - thời gian từng chiếc từng nguyên công (phút).

*\*) Chi phí điện năng*

Chi phí điện năng ở một nguyên công nào đó được xác định theo công thức sau:

$$C_{dn} = (C_d \cdot N \cdot \eta_N \cdot T_0) / (60 \cdot \eta_c \cdot \eta_d) \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$C_d$  - giá thành 1 kW/giờ (đồng);

$N$  - công suất động cơ ( kW/giờ );

$\eta_n$  - hệ số sử dụng máy theo công suất;

$T_0$  - thời gian cơ bản ( phút );

$\eta_c$  - hệ số thất thoát trong mạng điện ( $\eta_c = 0,96$ );

$\eta_{dc}$  - hiệu suất động cơ ( $\eta_{dc} = 0,9 \div 0,95$ ).

\*) *Chi phí sử dụng dụng cụ cắt*

Chi phí sử dụng dụng cụ cắt được xác định theo công thức sau:

$$C_{dc} = (C_{cd}/(n_m + 1) + t_m \cdot C_m) \cdot T_0/T \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$C_{dc}$  - chi phí sử dụng dụng cụ cắt (đồng);

$C_{cd}$  - giá thành ban đầu dụng cụ cắt (đồng);

$n_m$  - Số lần mài lại cho tới bị hỏng hoàn toàn;

$t_m$  - thời gian mài dao ( phút );

$C_m$  - Chi phí mài dụng cụ cắt trong 1 phút (đồng/phút);

$T_0$ - thời gian cơ bản (phút);

$T$  - tuổi bền dụng cụ cắt (phút).

\*) *Chi phí khấu hao máy*

Chi phí khấu hao máy là số tiền để sau một thời gian ta thu được bằng tiền mua máy. Chi phí khấu hao máy được xác định theo công thức sau:

$$C_{kh} = (C_m \cdot K_{kh}) / (100 \cdot N) \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$C_{kh}$  - chi phí khấu hao máy (đồng);

$C_m$  - giá thành máy (đồng);

$K_{kh}$  - phần trăm khấu hao (%) được xác định theo bảng 1.24;

$N$  - số chi tiết được chế tạo trong một năm (chiếc).

**Bảng 1.24: Công thức tính thời gian cơ bản khi mài**

Tên nguyên công	Sản xuất lớn	Sản xuất vừa	Sản xuất nhỏ
Máy gia công bằng hạt mài (10 tấn)	16,2	12	10,7
Máy gia công bằng hạt mài (10 -100 tấn)	12,1	10	8,8
Máy gia công bằng lưỡi cắt (10 tấn)	14,9	12,2	10,9
Máy gia công bằng lưỡi cắt (10- 100 tấn)	14,2	11,9	10,2

*\*) Chi phí sửa chữa máy*

Đây là chi phí thường xuyên để sửa chữa máy bao gồm tiền công và vật tư cần thiết cho sửa chữa. Chi phí sửa chữa máy được xác định theo công thức sau:

+) *Đối với máy vạn năng:*

$$C_{sc} = (R.T_0)/18 \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$C_{sc}$  - chi phí sửa chữa máy (đồng);

$T_0$  - thời gian cơ bản (phút);

$R$  - độ phức tạp khi sửa chữa.

+) *Đối với máy chuyên dùng:*

$$C_{sc} = (14170.R)/N \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$N$  - sản lượng chi tiết hàng năm (chiếc);

$R$  - độ phức tạp khi sửa chữa.

*\*) Chi phí sử dụng đồ gá*

Chi phí sử dụng đồ gá được xác định theo công thức sau:

$$C_{sddg} = C_{dg}(A+B)/N \text{ (đồng)}$$

trong đó:

$C_{sddg}$  - chi phí sử dụng đồ gá (đồng);

$C_{dg}$  - giá thành đồ gá (đồng);

$A$  - hệ số khấu hao (khấu hao 2 năm:  $A = 0,5$ , 3 năm:  $A=0,33$ );

$B$  - hệ số tính đến sửa chữa và bảo quản đồ gá ( $B= 0,1 \div 0,2$ );

$N$  - sản lượng chi tiết hàng năm (chiếc).

## Chương 2

### NGUYÊN LÝ CƠ BẢN XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

#### 2.1 - KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Quá trình tự động hoá thiết kế là một quá trình chuyển tải thông tin phức tạp, những thông tin này trực tiếp liên quan đến hoạt động tư duy của con người. Trước hết thường tìm cách tự động hoá từng phần tử thực hiện tự bởi những nhà thiết kế, sau đó tiến tới các hệ thống người máy tự động .

Tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ được hiểu là do máy tính thực hiện quá trình thiết kế, trong đó phân chia rõ vai trò giữa con người và máy tính trong từng phần tử được thiết kế và lựa chọn các phương pháp đúng đắn để thực hiện các thuật giải của bài toán thiết kế qui trình công nghệ .

Tùy theo mức độ tự động hoá, có thể phân loại:

- *Thiết kế qui trình công nghệ không tự động hoá.*
- *Thiết kế qui trình công nghệ bán tự động hoá.*
- *Tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.*

Thiết kế qui trình công nghệ không tự động hoá thì tất cả các công việc thiết kế đều do con người thực hiện bằng các công cụ, phương tiện phù hợp.

Thiết kế qui trình công nghệ bán tự động hoá thì các công việc thiết kế là sự phối hợp giữa con người và máy tính.

Tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là các công việc thiết kế hoàn toàn thực hiện tự động bằng máy tính không có tác động của con người.

Phương pháp phổ biến và hữu hiệu hơn là *thiết kế qui trình công nghệ bán tự động hoá*, phương pháp này có sự kết hợp giữa người thiết kế công nghệ và máy tính. Phân biệt vai trò giữa con người và máy tính được hiểu theo nghĩa sau: nhà thiết kế phải giải quyết những bài toán có liên quan đến tính chất sáng tạo, còn máy tính giải quyết những bài toán mà phần lớn không cần có tính sáng tạo gì, hoặc thực hiện những công việc thay lao động chân tay hoặc giải các bài toán tính toán bằng trí óc.

Việc ứng dụng máy tính để tự động thiết kế qui trình công nghệ dựa trên cơ sở những nhiệm vụ cụ thể của nội dung thiết kế, các nội dung thiết kế phải có khả năng thuật giải hoá. Sự phát triển lý thuyết thiết kế trong tương lai và sự phát triển của kỹ thuật máy tính cho phép máy tính có thể hiểu và giải được các bài toán trí tuệ.

Trong giai đoạn hiện nay, loại hình tốt nhất đang áp dụng trong tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là sử dụng hệ thống thiết kế bán tự động hoá, về cơ bản bao

gồm các thành phần cơ bản như: các phương tiện kỹ thuật, phương tiện chung, các phương tiện chuyên dùng, các chương trình máy tính và người thiết kế công nghệ.

Để xây dựng được hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ cần tập trung giải quyết ba vấn đề chính sau:

- 1- Hoàn thiện các phương pháp thiết kế qui trình công nghệ.*
- 2- Mô hình hoá toán học và thuật giải hoá các công việc của quá trình thiết kế.*
- 3- Tạo ra những phương pháp để máy tính bắt chước những hoạt động thiết kế của con người, những phương pháp này có khả năng thực hiện được các thuật giải công việc thiết kế của quá trình thiết kế. Vấn đề này trực tiếp liên quan tới vấn đề trí tuệ nhân tạo để mô tả được quá trình sáng tạo trong thiết kế, cho phép xây dựng và phát triển những lý thuyết thiết kế.*

Quá trình thiết kế qui trình công nghệ được bắt đầu bằng việc phân tích các yêu cầu kỹ thuật-kinh tế của sản phẩm cần chế tạo và các điều kiện sản xuất ra sản phẩm đó. Đầu ra của quá trình thiết kế là các tài liệu công nghệ về qui trình công nghệ chế tạo sản phẩm như: phương pháp gia công, tiến trình công nghệ, thiết kế nguyên công... hoặc chương trình điều khiển cho máy công cụ điều khiển số. Quá trình thiết kế qui trình công nghệ được xem là bài toán cấu trúc, bởi vì một qui trình công nghệ gia công một sản phẩm nào đó là một hệ thống bao gồm nhiều phần tử nguyên công, bước gia công... với việc xác định số lượng và bố trí sắp xếp các phần tử theo trình tự nhất định.

Quá trình xây dựng và xác định cấu trúc của bài toán thiết kế qui trình công nghệ được bắt đầu bằng việc phân tích các yêu cầu kỹ thuật-kinh tế của sản phẩm cần chế tạo và các điều kiện sản xuất ra sản phẩm đó để đề xuất một phương án xuất phát (khởi đầu) cho cấu trúc qui trình công nghệ trên cơ sở đảm bảo được các yêu cầu chất lượng cơ bản của sản phẩm.

Tiếp theo là quá trình phân tích, đánh giá và điều chỉnh phương án cấu trúc qui trình công nghệ. Quá trình phân tích, đánh giá và điều chỉnh phương án cấu trúc qui trình công nghệ được thực hiện bằng cách kiểm tra các khả năng thực hiện đạt được các yêu cầu về chất lượng, các yêu cầu về năng suất, các yêu cầu về kinh tế,... liên quan đến cấu trúc qui trình công nghệ. Nếu điều kiện khả thi trong gia công không thực hiện được thì thay đổi các thông số có thể điều khiển được (ví dụ các thông số chế độ cắt), nếu vẫn không khả thi thì phải điều chỉnh cấu trúc qui trình công nghệ, thậm chí xem lại các chỉ tiêu kỹ thuật-kinh tế của sản phẩm.

Quá trình phân tích, đánh giá và điều chỉnh cấu trúc qui trình công nghệ sẽ điều chỉnh cấu trúc qui trình công nghệ tiến tới phương án cấu trúc qui trình công nghệ tối ưu. Nếu chưa đạt đến cấu trúc qui trình công nghệ tối ưu thì được gọi là cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý với các thông số gần đúng có sai số chấp nhận được.



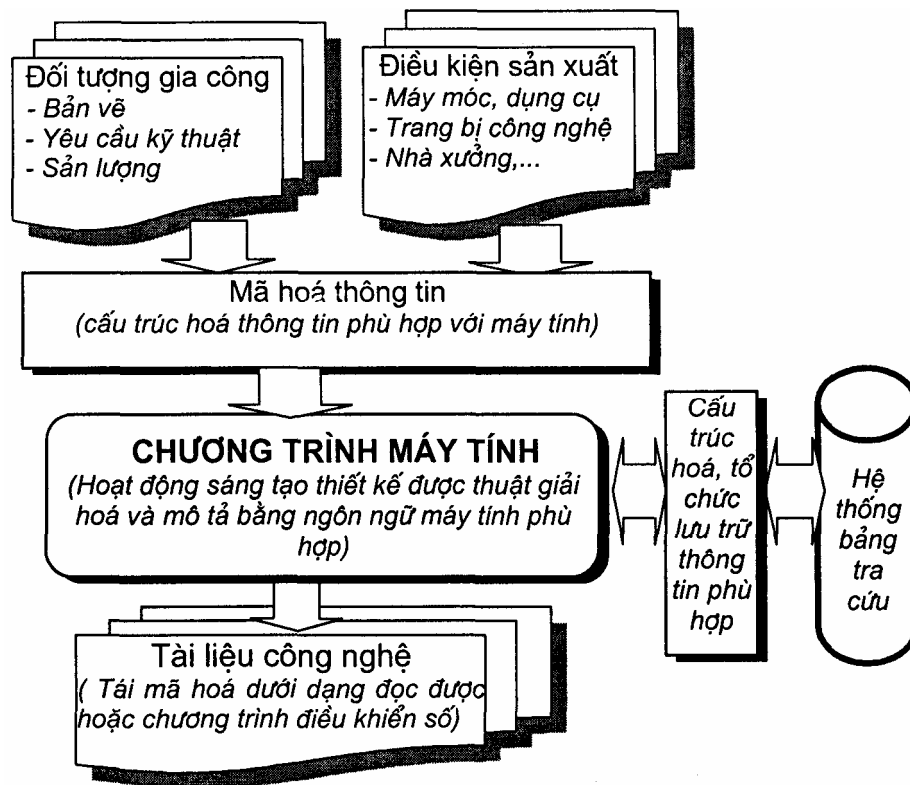
Tuỳ theo yêu cầu của công việc thiết kế và các điều kiện thiết kế mà khi phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý có sai số nhỏ hơn sai số thiết kế cho phép thì quá trình thiết kế coi như hoàn thành, kết quả thiết kế được ghi lại thành các tài liệu công nghệ.

Như vậy, quá trình thiết kế qui trình công nghệ là quá trình xây dựng, phân tích, đánh giá và điều chỉnh phương án cấu trúc qui trình công nghệ nhằm đạt được cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý với các thông số gần đúng có sai số chấp nhận được. Cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý không phải là có một phương án mà là một tập hợp các phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý. Việc xác định một phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý, nếu là phương án cấu trúc qui trình công nghệ tối ưu là tốt nhất, nếu không thì chọn một phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý có sai số nhỏ hơn sai số cho phép của yêu cầu thiết kế mà chi phí thiết kế và đầu tư trang bị công nghệ là nhỏ nhất.

Để thực hiện tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ, chúng ta phải mô hình hoá toán học, thuật giải hoá quá trình thiết kế dưới kiểu dạng cấu trúc thông tin thích hợp. Quá trình xây dựng, phân tích, đánh giá, điều chỉnh và lựa chọn cấu trúc qui trình công nghệ cũng như các yêu cầu kỹ thuật-kinh tế của sản phẩm, các điều kiện sản xuất phải được thông tin hoá, mã hoá với cấu trúc thông tin, ngôn ngữ máy phù hợp để cho máy tính có thể tự động thực hiện được.

Thông tin đầu vào của hệ thống tự động hoá thiết kế quy trình công nghệ là các yêu cầu của sản phẩm cần chế tạo (bản vẽ và các yêu cầu kỹ thuật của chi tiết gia công), các điều kiện sản xuất cho phép khi chế tạo chi tiết, kế hoạch sản xuất sản phẩm và các tài liệu, tiêu chuẩn, định mức kinh tế kỹ thuật phục vụ quá trình thiết kế. Thông tin đầu ra của hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là các tài liệu công nghệ.

Cấu trúc hệ thống tự động hoá thiết kế quy trình công nghệ được trình bày trên hình 2.1 .



**Hình 2.1:** Mô hình hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.

## 2.2 - NGUYÊN LÝ CƠ BẢN XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là một hệ thống phức tạp bao gồm nhiều thành phần và quan hệ tương hỗ đa chiều giữa các thành phần.

Mặt khác hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ phải xử lý một khối lượng thông tin rất lớn và phức tạp do tính đa dạng phức tạp về yêu cầu kỹ thuật, về kết cấu và hình dạng của sản phẩm cần chế tạo; do tính đa dạng và phức tạp về điều kiện sản xuất: máy công cụ, dụng cụ cắt, trang bị công nghệ, v.v.

Trong quá trình sử dụng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ không phải lúc nào cũng sử dụng toàn bộ hệ thống cũng như toàn bộ dữ liệu và ngân hàng dữ liệu của hệ thống.

Hợp lý nhất là hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ phải được xây dựng thành từng nhóm chức năng thiết kế (modul) nhất định nhằm giải quyết những nội dung thiết kế nhỏ hơn. Hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là sự tích hợp và liên kết các modul chức năng.

Quá trình xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế quy trình công nghệ bằng máy tính là quá trình phát triển lâu dài. Giai đoạn đầu của quá trình này là các công việc hoặc nhóm công việc thiết kế đơn lẻ được thực hiện tự động hoá bao gồm những nội dung sau:

- 1- Mô hình hoá toán học các công việc thiết kế đặt ra.
- 2- Xác định phương pháp giải.
- 3- Thuật toán hoá (angorit hoá).
- 4- Viết chương trình theo ngôn ngữ máy tính.
- 5- Xây dựng chương trình nhập những số liệu đầu vào.
- 6- Xây dựng thư viện, ngân hàng dữ liệu.

Phương hướng xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ bằng máy tính được phát triển qua các giai đoạn sau:

- 1- Xây dựng các chương trình máy tính để trợ giúp các công việc tính toán trong quá trình thiết kế qui trình công nghệ, ví dụ tính toán chế độ cắt.
- 2- Xây dựng các chương trình máy tính có khả năng phân tích, điều chỉnh và lựa chọn cấu trúc qui trình công nghệ, song chưa kết nối thành hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ hoàn chỉnh.
- 3- Xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ hoàn chỉnh. Ở mức độ này có các đặc điểm sau:

- Hệ thống tự động hoá thiết kế được tạo ra như một hệ thống tự động mà quá trình thiết kế được thực hiện tự động hoàn toàn nhờ máy tính điện tử.
- Hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là một hệ thống mở. Bản thân hệ thống cần có một thời gian nhất định và luôn phải cập nhật những thành quả mới về tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ, về công nghệ thông tin, . v.v và nhất là phải tích hợp với tự động hoá quá trình sản xuất (CAM) do vậy nhất thiết phải là hệ thống mở.
- Hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ phải được xây dựng với nhiều mức thiết kế để quá trình sử dụng thực tế mang lại hiệu quả cao.
- Hệ thống thiết kế tự động hoá qui trình công nghệ là hệ thống rất lớn nên cần đặc biệt phải được xây dựng cơ có tiêu chuẩn hoá cao.

Hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là hệ thống lớn có nhiều hệ thành phần. Mỗi hệ thành phần đảm nhiệm một số chức năng thiết kế nhất định. Song mỗi hệ thành phần đều có chung các chức năng sau:

- 1- Chức năng cung cấp phương pháp, phương tiện để thực hiện các công việc thiết kế mà hệ đó đảm nhiệm.
- 2- Chức năng cung cấp thông tin cho các công việc thiết kế.
- 3- Chức năng cung cấp các công cụ tính toán cho các công việc thiết kế.
- 4- Chức năng đảm bảo ngôn ngữ là các chuẩn, qui tắc đảm bảo quá trình

*chuyển đổi từ các ngôn ngữ kỹ thuật, ngôn ngữ tự nhiên sang ngôn ngữ máy và ngược lại.*

*5- Chức năng cung cấp các chương trình là tổng các chương trình máy tính cần thiết để thực hiện các công việc thiết kế.*

*6- Chức năng hệ thống cung cấp các khả năng liên kết với các hệ thành phần và với hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.*

Hệ thống thiết kế tự động hoá qui trình công nghệ có thể hoạt động theo theo hai chế độ: *chế độ tự động hoàn toàn và chế độ hội thoại*

*Chế độ làm việc tự động hoàn toàn* là chế độ làm việc tự động hoàn toàn bằng chương trình mà không có sự can thiệp của người thiết kế, người thiết kế chỉ có chức năng khởi động hoặc khởi động lại hệ thống. Chế độ này chỉ có thể thực hiện được khi tất cả các công việc thiết kế đã được thuật giải hoá hoàn toàn, thực tế vấn đề này khó đạt được.

*Chế độ hội thoại* là chế độ linh hoạt có sự tham gia điều khiển, lựa chọn của người thiết kế, được sử dụng trong trường hợp:

*1- Các công việc thiết kế chưa thể mô hình hoá toán học và thật giải hoá.*

*2- Chế độ hội thoại có tính ưu việt là rất linh hoạt do có sự lựa chọn của người thiết kế nên không cần truy cập các dữ liệu thông tin lưu trữ không cần phải sử dụng hết các chức năng của hệ thống nên đạt hiệu quả cao, thời gian xử lý nhanh.*

Trong chế độ hội thoại, nhà thiết kế công nghệ làm việc với máy tính có quyền lựa chọn những tình huống thuật giải trong số các tình huống có thể, thay đổi hoặc bổ sung những dữ liệu ban đầu, đồng thời có thể thay đổi trình tự các mức thiết kế trên máy tính, hoặc loại bỏ một vài mức thiết kế.

Trong chế độ làm việc tự động hoàn toàn được thực hiện theo trình tự không đổi và không có sự can thiệp của nhà thiết kế. Nhà thiết kế chỉ có thể kiểm tra kết quả thiết kế và thực hiện lại công việc thiết kế với việc thay đổi những số liệu đầu vào với qui trình lặp lại từ đầu. Hướng phát triển xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ bằng máy tính là tạo ra hệ thống phức hợp hoàn chỉnh và tự động hoá hoàn toàn bao gồm thiết kế sản phẩm, thiết kế công nghệ, xây dựng các chương trình điều khiển cho thiết bị kể cả chương trình thừa hành, chế tạo sản phẩm, lắp ráp, đóng gói và chuyên chở sản phẩm đã hoàn thiện. Đặc biệt quan trọng là những chương trình này được áp dụng mềm dẻo trong sản xuất tự động trong ngành chế tạo máy.

### 2.3 - NGUYÊN LÝ XÁC ĐỊNH CẤU TRÚC QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ

Bản chất thiết kế qui trình công nghệ là bài toán xác định cấu trúc qui trình công nghệ như đã trình bày ở mục 2.1.

Quá trình xác định cấu trúc qui trình công nghệ cho một loại chi tiết gia công nào đó là xác định một phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng trong các phương án cấu trúc qui trình công nghệ khả dĩ. ra phương án cấu trúc qui trình công nghệ xuất phát, quá trình thiết kế là quá trình phân tích, đánh giá, điều chỉnh và tìm kiếm một phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng. Quá trình phân tích, đánh giá, điều chỉnh và tìm kiếm một phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng là quá trình rất phức tạp được phân chia thành các mức độ khác nhau:

*\*) Mức độ phức tạp loại 1*

Mức độ phức tạp loại 1 là mức độ phức tạp đơn giản nhất. Mức độ này được sử dụng khi thiết kế qui trình công nghệ cho một loại chi tiết gia công mà cấu trúc qui trình công nghệ cũng như thành phần của nó (nguyên công, bước gia công,...) đã có sẵn. Nói một cách khác là thiết kế qui trình công nghệ cho một loại chi tiết gia công mà đã có sẵn chi tiết gia công của một loại chi tiết gia công “*tương tự*” có cùng điều kiện gia công. Loại chi tiết gia công tương tự là loại chi tiết gia công có sự khác nhau rất ít so với loại chi tiết gia công cần thiết kế qui trình công nghệ. Trong trường hợp này sẽ sử dụng cấu trúc qui trình công nghệ của loại chi tiết gia công “*tương tự*” với sự điều chỉnh, thay đổi rất ít.

*\*) Mức độ phức tạp loại 2*

Mức độ phức tạp loại 2 là mức độ thiết kế qui trình công nghệ chi tiết gia công mà đã có sẵn cấu trúc qui trình công nghệ mẫu (điển hình) cho nhóm, họ, loại chi tiết gia công có chứa chi tiết gia công cần thiết kế qui trình công nghệ.

Qui trình công nghệ điển hình là qui trình công nghệ chung cho những đối tượng chi tiết gia công có kết cấu giống nhau.

Phương pháp xây dựng qui trình công nghệ điển hình cho từng nhóm chi tiết gia công là tiến hành lập bảng liệt kê theo một trình tự nhất định các qui trình công nghệ của các chi tiết gia công trong cùng một nhóm (ta gọi là qui trình công nghệ riêng lẻ) với đầy đủ các tính chất tiên tiến và những kinh nghiệm sản xuất của xí nghiệp hay của ngành cơ khí chế tạo máy.

Quá trình tổng hợp thành qui trình công nghệ điển hình được tiến hành từ nguyên tắc các vùng trục giao của các nguyên công.

Vùng trục giao nguyên công từ 2 qui trình công nghệ riêng lẻ  $M_i$  và  $M_j$  là :

$$M_i \cap M_j \neq \Phi$$

Kết quả quá trình tổng hợp là công suất trục giao của tập hợp hữu hạn các nguyên công của các qui trình công nghệ riêng lẻ cho chúng ta số các nguyên công giống nhau tham gia vùng trục giao không tính tới trình tự nguyên công là:

$$|M_{uep}| \prod_{i=1}^n M_i \quad (i=1,2,\dots,n) \rightarrow \max$$

Khi này công suất của qui trình công nghệ điển hình là nhỏ nhất;

$$|M_y^*| = \bigcup_{i=1}^n M_i \quad (i=1,2,\dots,n) \rightarrow \min$$

Ở đây  $\prod$ ,  $\cup$  là kí hiệu trực giao và kết hợp của các tập hợp.

Ứng với một nguyên công của qui trình công nghệ điển hình tồn tại một hàm logic. Hàm logic này phụ thuộc vào điều kiện các đặc điểm hình học của bề mặt, dạng phôi, độ chính xác gia công yêu cầu, chất lượng bề mặt sản phẩm, kích thước loạt, kích thước choán chỗ của chi tiết gia công.

Dạng chung của hàm logic  $f_k$  của nguyên công thứ  $k$  là:

$$f_k = \bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)_j \quad (2.1)$$

Ở đây:  $A_i$  - điều kiện theo bảng tra cho từng nhóm chi tiết.

$i = 1, 2, \dots, n_1$  - số ràng buộc của phép hội;

$j = 1, 2, \dots, n_2$  - số ràng buộc của phép đối hội.

Hàm logic xác định qui trình công nghệ điển hình sẽ có dạng:

$$\Phi = \bigvee_{l=1}^{n_3} \left( \bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)_j \right)_l$$

Các ký hiệu:  $\bigwedge$  - ký hiệu "VÀ" - tích logic;

$\bigvee$  - ký hiệu "HOẶC" - tổng logic.

Việc xác định cấu trúc qui trình công nghệ cho một chi tiết gia công cụ thể nào đó được thực hiện bằng cách "trích ra" từ qui trình công nghệ điển hình với những điều kiện cụ thể  $d_j^C$ , đó là những điều kiện về hình dạng, kích thước, yêu cầu kỹ thuật,... của chi tiết gia công và điều kiện gia công.

Đối với một số nguyên công khi chúng là các nguyên công chung cho tất cả các chi tiết gia công (cả nhóm) thì hàm logic vắng mặt, nghĩa là  $f_k = 0$ . Mỗi một tập hợp điều kiện  $\left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)_j$  sẽ được so sánh với những điều kiện của chi tiết cụ thể.

Đối với mỗi số nguyên công  $C_k$  không phải là nguyên công chung cho cả nhóm thì  $f_k \neq 0$  thoả mãn yêu cầu tồn tại của ít nhất một bộ điều kiện:

$$d_j = \left( \bigwedge_{i=1}^{n_i} A_i \right)$$

là phần nhỏ trong tất cả bộ chọn fkl trong trường hợp này ta có :

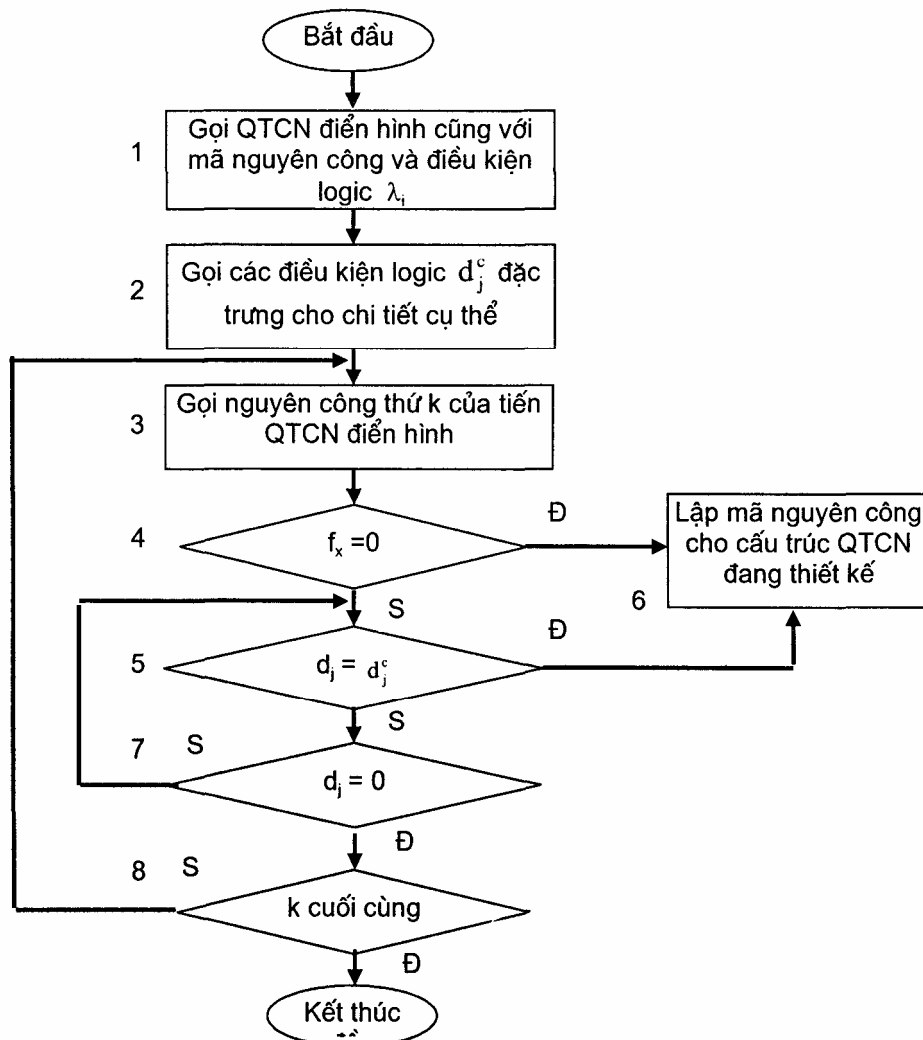
$$\forall C_h \in M_r | \exists A_j (A_j \subseteq f_x)$$

Điều kiện để "trích ra" nguyên công thứ k của qui trình công nghệ điển hình vào cấu trúc qui trình công nghệ chi tiết gia công cần thiết kể là :

$$d_{ik} \equiv d_j^c$$

Ở đây:  $d_j^c$  là bộ điều kiện đặc trưng cho một chi tiết gia công cụ thể.

Sơ đồ khối của thuật toán này đã được trình bày trên hình 2.2.



**Hình 2.2:** Sơ đồ thuật toán thiết kế QTCN mức độ phức tạp 2

\*) Mức độ phức tạp loại 3

Mức độ phức tạp loại 3 là mức độ thiết kế qui trình công nghệ cho chi tiết gia

công mà có thể xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ từ một số hữu hạn cấu trúc qui trình công nghệ đã có.

Mức độ phức tạp của loại này lớn hơn loại 2 là ở mức độ phức tạp loại 2 thì định hướng cấu trúc qui trình công nghệ có sẵn do đã có qui trình công nghệ điển hình, còn ở mức độ phức tạp loại 3 thì định hướng đó chưa rõ ràng.

Bởi vậy mà để xác định cấu trúc qui trình công nghệ của loại này thường sử dụng thuật giải lựa chọn có cấu trúc (ví dụ: cấu trúc tuần tự cấu trúc rẽ nhánh, cấu trúc lặp,...) để thực hiện tìm kiếm cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng trên cơ sở các điều kiện giới hạn tìm kiếm.

Phương pháp tìm kiếm này sử dụng các mục tiêu cần đạt (còn có thể gọi là mục tiêu tối ưu). Quá trình tìm kiếm cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng căn cứ vào các mục tiêu cần đạt, nếu các mục tiêu cần đạt mà đạt giá trị MAX(MIN) là tốt nhất và lúc này bài toán thiết kế qui trình công nghệ đã trở thành bài toán thiết kế tối ưu qui trình công nghệ.

Việc xác định một nguyên công cho cấu trúc qui trình công nghệ là bài toán tối ưu có dạng:

$$f_n(p_i) = \min[C_{p_i} + f_{n-1}(p_i)] \quad (2.2)$$

Ở đây:  $f_n(p_i)$  - giá thành công nghệ toàn bộ;

$f_{n-1}(p_i)$  - giá thành công nghệ trừ nguyên công  $p_i$ .

$C_{p_i}$  - giá thành công nghệ của nguyên công  $p_i$ .

Các phương án thực hiện nguyên công  $p_i$  là một tập hợp hữu hạn, ta có thể dùng đồ thị dạng lưới hoặc GRAPH để biểu thị.

Biểu thức (2.2) cho phép chọn phương án tối ưu hoặc một trong số phương án hợp lý để làm kết quả là phương án cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý cuối cùng.

#### *\*) Mức độ phức tạp loại 4*

Mức độ phức tạp loại 4 là mức độ thiết kế qui trình công nghệ cho chi tiết gia công mà việc xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ không thể căn cứ từ một số hữu hạn cấu trúc qui trình công nghệ đã có hoặc nếu có thì rất ít. Vì vậy bài toán xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ ở mức bốn rất phức tạp.

Bài toán xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ ở mức độ này cần phải có sự tham gia tích cực của các chuyên gia thiết kế công nghệ với máy tính theo chế độ hội thoại với một trình tự nhất định. Bởi vì ở mức độ này rất khó mô hình hoá toán học các công việc thiết kế, các điều kiện không rõ ràng, tường minh để xây dựng thuật giải thiết kế.

Để giải bài toán xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ này cần thiết phải sử dụng



kinh nghiệm và trực giác của các nhà thiết kế công nghệ trong tất cả các giai đoạn tìm kiếm những lời giải hợp lý kết hợp với các thuật giải thiết kế cho tới khi nhận được những lời giải cuối cùng.

Tính đa dạng, mềm dẻo của chế độ hội thoại là quá trình tham gia tích cực, chủ động của nhà thiết kế công nghệ. Chế độ hội thoại được phân ra các mức sau:

- 1- Hội thoại mức 1: người thiết kế công nghệ có thể đưa vào hệ thốt những số liệu có chất lượng tức là chủ động thay thế những lời giải cho phép.*
- 2- Hội thoại mức 2: người thiết kế công nghệ có thể tác động chọn lựa trong các khả năng lựa chọn của thuật giải, tức là tác động trực tiếp vào quá trình thiết kế.*
- 3- Hội thoại mức 3: người thiết kế công nghệ có thể tác động thay đổi điều chỉnh các thuật giải thiết kế, tức có thể thay đổi quá trình thiết kế.*
- 4- Hội thoại mức 4: là mức cao nhất, người thiết kế công nghệ chủ động tác động, thậm chí có thể thay đổi thuật giải thiết kế, nói một cách khác là có quyền thay đổi hệ thống.*

Để thực hiện hiệu quả hoạt động của hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ làm việc trong chế độ hội thoại ở mức độ này đòi hỏi người thiết kế công nghệ có kiến thức, trình độ cao về các vấn đề sau:

- 1- Trình tự các giai đoạn thiết kế;*
- 2- Nội dung các giai đoạn thiết kế;*
- 3- Phương pháp mô hình hoá toán học và thuật giải các giai đoạn thiết kế;*
- 4- Kỹ thuật công nghệ thông tin trong các giai đoạn thiết kế;*
- 5- Ảnh hưởng của các tác động người thiết kế công nghệ đến các giai đoạn thiết kế;*
- 6- Đánh giá chất lượng lời giải cho từng giai đoạn thiết kế,*
- 7- Xác định khối lượng công việc cần tác động.*

Mục đích của việc tác động của nhà thiết kế công nghệ trong chế độ hội thoại là xác lập ra những thuật toán hữu hiệu hơn trong quá trình thiết kế.

Phường hướng phát triển sau này ở mức độ phức tạp loại 4 là cần chuyên sang chế độ tự động hoàn toàn. Thực hiện được công việc này cần nghiên cứu phát triển lý thuyết, phương pháp mô hình hoá và thuật giải hoá quá trình thiết kế qui trình công nghệ bằng việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo, một trong phương pháp đó là sử dụng phương pháp Evrai . Bản chất của phương pháp này được tiến hành như sau:

- 1- Mô hình hoá bài toán ở dạng giải đáp các câu hỏi;*
- 2- Thuật giải hoá quá trình thiết kế bằng các thuật giải suy diễn.*

*\*) Mức độ phức tạp loại 5*

Mức độ phức tạp loại 5 là mức độ thiết kế qui trình công nghệ cho chi tiết gia công mà việc xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ hoàn toàn mới. Đây là mức độ phức tạp nhất, ngay cả các nhà thiết kế công nghệ trong quá trình thiết kế, tìm kiếm, lựa chọn có thể còn không tìm được lời giải. Nên ở mức độ này để tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là vấn đề rất khó khăn.

## 2.4 - MÔ HÌNH TOÁN HỌC TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Các mô hình toán học trong tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là một hệ thống quan hệ toán học có độ chính xác cần thiết phù hợp với thực tế sản xuất sử dụng trong quá trình thiết kế qui trình công nghệ. Để xây dựng các mô hình toán học cần phải sử dụng nhiều phương tiện toán học khác nhau như: lý thuyết tập hợp, lý thuyết đồ hoạ, lý thuyết xác suất, toán logic, lập trình toán học, phương trình vi phân, phương trình tích phân v..v...

Việc mô hình hoá toán học cho từng công việc thiết kế cụ thể dựa trên cơ sở tính chất, bản chất và nội dung công việc thiết kế cụ thể đó Ví dụ: tập hợp các thông số ảnh hưởng đến quá trình xác định vận tốc cắt cho các phương pháp cắt gọt khác nhau có thể biểu diễn như sau:

$$M_v = \{C_v, K_v, T_u, m, t, s, d, B, X_v, y_v, z_v, r_v\} \quad (2.3)$$

Ở đây:

T- tuổi bền của dụng cụ cắt (phút);

m - Hệ số tuổi bền tương đối của dụng cụ (phút); t - chiều sâu cắt (mm);

S - lượng chạy dao (mm/vòng);

d - đường kính bề mặt gia công hoặc đường kính dụng cụ cắt (mm);

B - bề rộng bề mặt gia công (tâm);

$C_v$  - hệ số đặc trưng cho điều kiện gia công;

$k_v$  - hệ số điều chỉnh vận tốc cắt;

$x_v, y_v, z_v, r_v$  - hệ số mũ.

Những quan hệ logic giữa các thông số đã nêu trên với tốc độ v cắt gọt có dạng :

$$v = T_u \Lambda m \Lambda C_v \lambda_{k,v} \Lambda | (t \Lambda X_v) V (S \Lambda Y_v) V (d \Lambda z_v) V (B \Lambda r_v) \quad (2.4)$$

trong đó:  $T_u, m, C_v$ , và  $K_v$  - luôn là các số thực, giá trị các biến số khác phụ thuộc vào phương pháp gia công cắt gọt.

Các công thức của quan hệ về số lượng giữa các thông số có tính đến mức độ tồn

tại thực sự các giá trị logic có dạng:

Khi tiện tron ngoài :

$$V = \frac{C_v K_v}{T_v^m t^{x_v} S^{y_v}} \quad (2.5)$$

Khi khoan:

$$V = \frac{C_v K_v d^{z_v}}{T_v^m S^{y_v}} \quad (2.6)$$

và có nhiều dạng khác nữa.

Các công thức (2.3) - (2.6) chính là những mô hình toán học để tính toán vận tốc cắt gọt ở các dạng khác nhau.

Các mô hình toán học đòi hỏi đạt độ chính xác cao, phải có tính tính kinh tế và tính vận năng khi sử dụng.

Tính kinh tế của các mô hình toán học được đánh giá bằng lượng thời gian làm việc của máy tính, thời gian làm việc máy tính nhanh là yếu tố chính để xác định tính hợp lý của mô hình toán học. Bên cạnh đó là yếu tố chiếm dụng bộ nhớ, chiếm dụng bộ nhớ ít cũng là yếu tố để xác định tính hợp lý của mô hình toán học.

Mức vận năng của các mô hình toán học được xác định bởi khả năng sử dụng để thiết kế được số lượng lớn qui trình công nghệ và những yếu tố thành phần của qui trình công nghệ.

Những yêu cầu về độ chính xác, tính kinh tế và tính vận năng của các mô hình toán học rất mâu thuẫn nhau. Vì vậy nhiều khi không chỉ có một mà có thể có nhiều mô hình toán học và sự kết hợp hài hoà các mô hình toán học này thì mới đạt các yêu cầu trên, ví dụ sau là sự kết hợp để có mô hình toán học logic dạng ma trận.

$$[S_i, F(S)] = \begin{matrix} & F_G & F_n & F_\lambda & F_a & \\ & 1 & 1 & 1 & 1 & S_1 \\ & 1 & 1 & 1 & 0 & S_2 \\ & 1 & 1 & 0 & 1 & S_3 \\ & 1 & 1 & 0 & 0 & S_4 \\ & 1 & 1 & 1 & 0 & S_5 \\ [S_i, F(S)] = & 1 & 0 & 0 & 0 & S_6 \\ & 0 & 1 & 1 & 1 & S_7 \\ & 0 & 1 & 1 & 0 & S_8 \\ & 0 & 1 & 0 & 1 & S_9 \\ & 0 & 1 & 0 & 0 & S_{10} \\ & 0 & 0 & 1 & 0 & S_{11} \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & S_{12} \end{matrix} \quad (2.7)$$

Ở đây:

$S_i$  tính chất của mô hình toán học có ảnh hưởng đến nội dung của quá trình thiết kế ;

$F(s)$ - tập hợp các tính chất;

$F_G$  - tập hợp các tính chất, nếu tất cả các đồ hoạ của đối tượng  $A_k$  theo mô hình toán học đã chọn thì  $FG = 1$ , còn trong trường hợp khác  $FG = 0$ ;

$F_n$  - tập hợp các tính chất có tính đến số phần tử trong tất cả các phương án  $A_k$  ( $F_n = 1$  - Số lượng các thành phần  $a_i$  bằng nhau,  $F_n = 0$  - nếu ngược lại);

$F_\lambda$  - tập hợp các tính chất có tính đến quan hệ giữa các phần tử bất kỳ của các đối tượng  $A_k$  ( $F_\lambda = 1$  - quan hệ không bị thay đổi,  $F_\lambda = 0$  - nếu ngược lại);

$F_a$  - tập hợp các tính chất có tính đến thành phần của phần thay trong  $A_k$  ( $F_a = 1$  - nếu thành phần giống nhau,  $F_a = 0$  - nếu ngược lại).

Trong bảng ma trận (2.7) ở trên, mô hình toán học cấp  $S_i$  gọi là mô hình dạng bảng. Trong mô hình dạng ứng với một tập tính  $F(A_k)$  sẽ có một phương án thiết kế của đối tượng  $A_k$  duy nhất. Do đó các mô hình dạng bảng được sử dụng để tìm kiếm các lời giải tiêu chuẩn điển hình hoặc có sẵn.

Các mô hình dạng  $S_2, S_5, S_7, S_8$  và  $S_{11}$  được gọi là các mô hình dạng dưới được mô tả bằng đồ hoạ định hướng không có các chương trình dự đoán trước. Trong mô hình loại này có thể tồn tại nhiều phương án của đối tượng thiết kế  $A_k$  tuy nhiên trong tất cả các phương án, tỷ lệ tương tác giữa các phần tử cấu thành luôn không đổi.

Các mô hình dạng  $S_3, S_4, S_6, S_9, S_{10}$  và  $S_{12}$  được gọi là các mô hình chuyển đổi. Quan hệ tương tác giữa các phần tử của đối tượng thiết kế  $A_k$  trong các mô hình dạng chuyển đổi có chứa các chu trình định trước. Các phương án khác nhau của đối tượng  $A_k$  thiết lập theo mô hình chuyển đổi đặc trưng bởi mức độ tương tác giữa các phần tử cấu thành chúng. Đối tượng thiết kế  $A_k$  có thể là một qui trình công nghệ, nguyên công hay bước công nghệ.

Nếu qui trình công nghệ là đối tượng thiết kế thì nguyên công sẽ là các phần tử của đối tượng. Còn khi thiết kế các nguyên công thì các bước gia công là phần tử của đối tượng.

Nếu như  $A_k$  Phải chứa một tập phần tử định trước  $a_i \in A$  thì:

$$A_k = a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_i \wedge \dots \wedge a_n = \bigwedge_{i=1}^n a_i ;$$

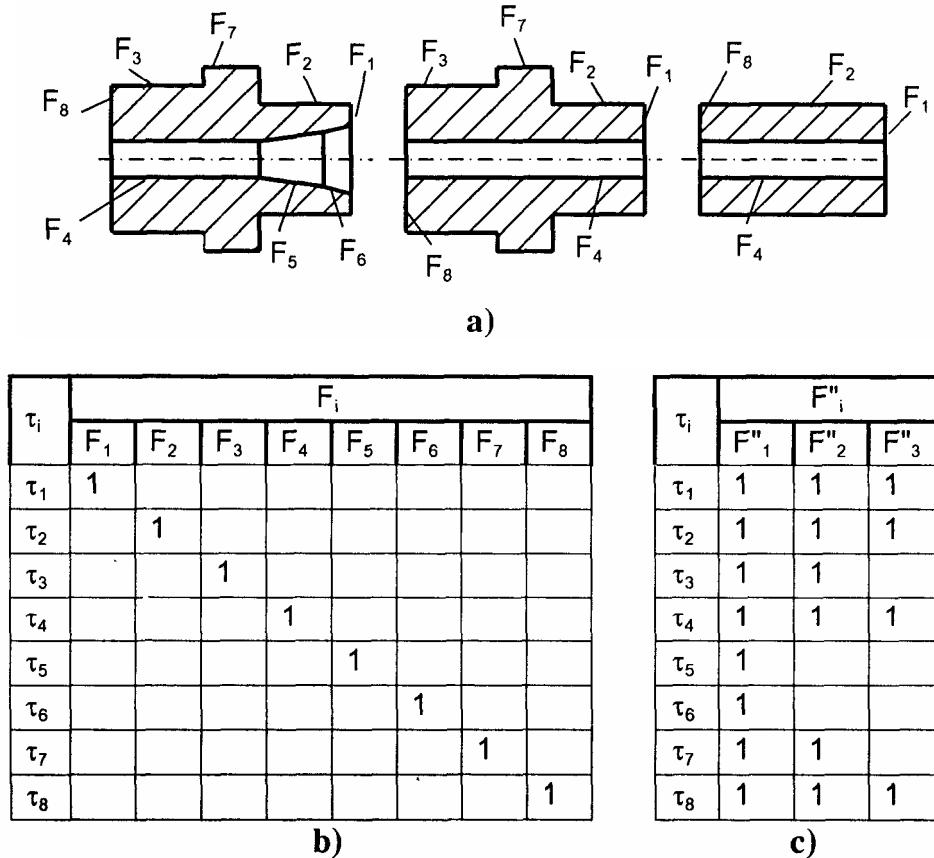
Nếu như  $A_k$  có thể chứa một phần tử bất kỳ  $a_i \in A$  thì :

$$A_k = a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_i \vee \dots \vee a_n = \bigvee_{i=1}^n a_i ;$$

Còn nếu chỉ có duy nhất một phần tử bất kỳ nào đó  $a_i \in A$  thì :

$$A_K = a_1 \nabla a_2 \nabla \dots \nabla a_i \nabla \dots \nabla a_n = \bigvee_{i=1}^n a_i .$$

Hình (2.3) dưới đây là mô tả các mô hình dạng bảng, dạng lưới và dạng chuyển đổi.



Hình 2.3: Các mô hình dạng bảng thiết kế qui trình gia công chi tiết trên máy tự động dùng phôi thanh:

a/ nhóm chi tiết, b/ và c/ các ma trận

$\tau_i$  - toán tử (bước công nghệ);

$\tau_1$  - xén mặt đầu;

$\tau_2, \tau_3, \tau_7$  - bên ngoài;

$\tau_4$  - khoan lỗ;

$\tau_5$  - khoét lỗ;

$\tau_6$  - vát mép;

$\tau_8$  - cắt đứt.

Khi gia công nhóm chi tiết (hình 2.3.a) trên các máy tính tự động phôi dạng thanh nhờ mô hình dạng bảng, người ta xác lập được trình tự gia công các bề mặt. Mỗi chi tiết có các bề mặt  $F_1, F_2, \dots, F_8$  với các tính chất xác định, do vậy tập hợp các tính

chất bề mặt đặc trưng cho một nhóm chi tiết sẽ là:

$$F(A) = (F_1 \wedge F_2 \wedge F_4 \wedge F_8) \vee F_3 \vee F_5 \vee F_6 \vee F_7 \quad (2.13)$$

Nếu như ta đưa thêm tập các tính chất ở mức độ cao hơn:

$$F'_i = \{F_1, F_2, F_4, F_8\}, \text{ thì ta có:}$$

$$F'(A) = F'_i \vee F_3 \vee F_5 \vee F_6 \vee F_7 \quad (2.14)$$

Còn nếu tập hợp các tính chất cho các chi tiết nhóm 1, 2 và 3 (ứng với các phần tử  $a_1, a_2, a_3$  của nhóm A chi tiết tức là  $a_1, a_2, a_3 \in A$ )

$$F''_1 = F(a_1) = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8\};$$

$$F''_2 = F(a_2) = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_7, F_8\};$$

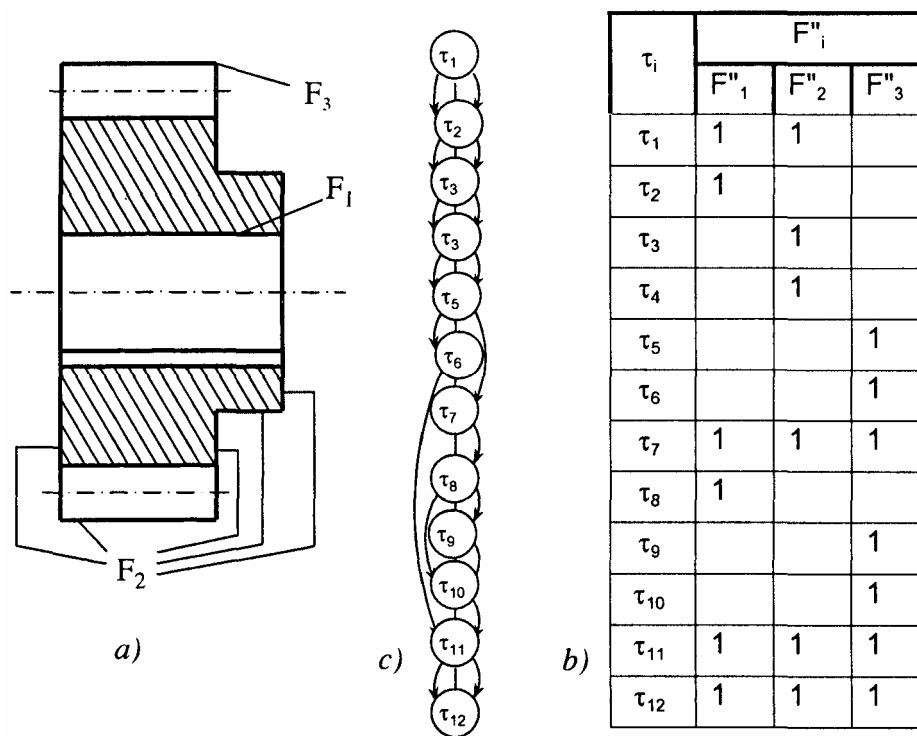
$$F''_3 = F(a_3) = \{F_1, F_2, F_4, F_8\},$$

Ta nhận được:

$$F''(A) = F''_1 \vee F''_2 \vee F''_3 \quad (2.15)$$

Các mô hình bảng chính là các ma trận (hình 2.3.b.c) trong đó  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_8$  - là các toán tử (các bước công nghệ).

Mô hình lưới bao gồm: ma trận các tính chất của chi tiết gia công mô tả quan hệ logic giữa tính chất và đồ hoạ  $G(T,C)$ ; quan hệ của các toán tử  $T = |\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_8|$  và  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_8\}$  (là các cung đồ hoạ) theo trình tự sử dụng có thể của chúng. Ví dụ trong mô hình lưới logic loại  $S_5(T)$  chế tạo bánh răng, quan hệ và trình tự của các toán tử (nguyên công) được mô tả bằng đồ hoạ trên hình 2.4.



**Hình 2.4:** Mô hình dạng lưới các toán tử (nguyên công) của tiến trình công nghệ chế tạo bánh răng:

a/ bánh răng; b/ ma trận toán tử  $\tau_i$ (nguyên công) ;

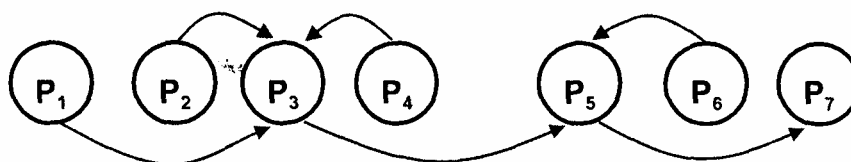
c/ đồ họa quan hệ của các toán tử;

$\tau_1$  - dập nguội;  $\tau_2$  - chuốt lỗ;  $\tau_3$  - tiện thô ngoài;  $\tau_4$  - trên tinh ngoài;  
 $\tau_5$  - cắt răng;  $\tau_6$  - cà răng;  $\tau_7$  - nhiệt luyện;  $\tau_8$ - gia công tinh lỗ chuẩn;  
 $\tau_9$ - mài prôphin răng,  $\tau_{10}$ - nghiền prôphin răng,  $\tau_{11}$  - rửa, làm sạch;  
 $\tau_{12}$  - kiểm tra.

Quá trình thiết kế qui trình công nghệ chế tạo chi tiết được đặc trưng bởi nhiều trình độ khác nhau. Trình độ cao nhất là thiết lập sa đồ nguyên tắc của qui trình công nghệ có chứa các giai đoạn cá biệt có thể chứa một vài hoặc nhiều nguyên công. Trong trường hợp này mỗi giai đoạn chính là một toán tử của qui trình công nghệ gia công.

Việc mô hình hoá toán học các qui trình công nghệ ở các trình độ khác nhau thực hiện nhờ mô hình  $S_i(T)$ . Các giai đoạn của quá trình công nghệ lúc này đóng vai trò các toán tử của mô hình  $S_i(T)$  bậc cao và chính là các nguyên công, hoặc bước công nghệ có mức cao hơn giai đoạn tương ứng với các nguyên công công nghệ và các bước chuyển dao, phù hợp tương ứng với hành trình và bước tiến công nghệ, được thiết kế theo modul  $S_i(T)$  ở mức thấp hơn.

Đồ họa của mô hình dạng  $S_6(T)$  tách xương khi chế tạo sản phẩm mô tả trên hình 2.5.



**Hình 2.5:** Đồ hoạ mô hình chuyển đổi tách xưởng khi chế tạo sản phẩm.

Toán tử là các xưởng khác nhau:

$p_1$  - xưởng đúc;  $p_2$  - xưởng rèn;  $p_3$  - xưởng gia công cơ;  $p_4$  - xưởng nhiệt luyện;  
 $p_5$  - xưởng lắp ráp;  $p_6$  - xưởng sơn phủ;  $p_7$  - xưởng thử nghiệm và đóng gói.

Các mô hình lý thuyết được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu các qui luật khác với các mô hình hình thức, các mô hình lý thuyết có tính vạn năng cao hơn, chúng có thể sử dụng với phạm vi thay đổi rộng của các thông số công nghệ.

Mô hình lý thuyết có hai dạng: mô hình tuyến tính và mô hình phi tuyến. Còn nếu căn cứ vào tập giá trị của của các biến trong mô hình thì mô hình lý thuyết được phân thành mô hình liên tục và mô hình gián đoạn. Khi thiết kế qui trình công nghệ thường gặp các mô hình gián đoạn hơn cả.

Ngoài ra còn phân thành mô hình động và mô hình ảnh, trong hầu hết các trường hợp khi thiết kế các qui trình công nghệ đều sử dụng mô hình tĩnh.

Việc chọn lựa mô hình toán học hoá hiệu quả cao phụ thuộc vào những điều kiện cụ thể khi thiết kế qui trình công nghệ, nó được xác định bởi bản chất công nghệ, hình thức biểu diễn thông tin công nghệ và mục đích nghiên cứu.

Mô hình toán học có dạng tổng quát như sau:

$$F = f(x,y)$$

ở đây:

$x$  - biến điều khiển được;

$y$  - biến không điều khiển được.

Các điều kiện ràng buộc, hạn chế trong mô hình toán học có dạng:

$$\varphi(x, y) = 0$$

Lời giải của mô hình có thể thu được bằng cách xác định trị số  $x$  (như là hàm của  $y$ ) của giá trị  $F$  đạt cực trị (cực đại hoặc cực tiểu). Tùy theo mức độ phức tạp của bài toán mà người ta sử dụng các nguyên tắc xây dựng mô hình khác nhau.

Cũng có vấn đề xảy ra là chỉ cần xây dựng những mô hình có độ chính xác chưa cao nhưng tiện lợi cho quá trình sử dụng và rất hiệu quả trong thực tế. Cho nên xuất hiện ở đây hai vấn đề:

1- Xây dựng mô hình sao cho dễ dàng sử dụng, dễ nhận được lời giải bằng số.

2- Đảm bảo độ chính xác của mô hình là cao nhất.



Để đơn giản hóa các mô hình toán học, các nhà thiết kế công nghệ có thể sử dụng các biện pháp như loại bỏ các biến có giá trị vô cùng nhỏ, thay đổi các đặc tính của biến, thay đổi quan hệ hàm (tuyến tính hóa các hàm). thay đổi các ràng buộc, hạn chế giới hạn (biến đổi hoặc đưa dần vào điều kiện bài toán).

Độ chính xác của mô hình toán học phụ thuộc nhiều yếu tố, chẳng hạn:

- *Chất lượng thông tin ban đầu để xây dựng mô hình toán học, đó là độ tin cậy các quan hệ ràng buộc, các số liệu tiêu chuẩn, các chỉ số kinh tế, ...*
- *Quá trình nghiên cứu, phân tích các điều kiện thực tế sản xuất Thực tế sản xuất có nhiều thông số biến đổi, thậm chí không lường trước được, chính vì vậy mà trong mô hình toán học xuất hiện các đại lượng dưới dạng hệ số thực nghiệm nhằm làm giảm tính phức tạp của mô hình toán học. Việc đưa vào các hệ số thực nghiệm sẽ xuất hiện các sai số, vấn đề là phải phân bố, đưa vào các hệ số thực nghiệm như thế nào cho hợp lý thì mới đáp ứng được độ chính xác cần thiết.*

Để đánh giá độ chính xác của mô hình toán học phải căn cứ vào đại lượng sai lệch như sau:

$$\Delta_f = \left| \hat{f}^* - f^* \right|$$

$$\Delta_x = \left| \hat{x}^* - x^* \right|$$

Ở đây :  $\hat{f}^*$  và  $\hat{x}^*$  - những điểm cực trị lý tưởng hàm và biến;

$f^*$  và  $x^*$  - là những giá trị của hàm và biến thực tế.

Các mô hình toán học là công cụ thực hiện bài toán xây dựng cấu trúc qui trình công nghệ rất hiệu quả.

## 2.5 -TỐI ƯU HOÁ TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Quá trình thiết kế qui trình công nghệ là quá trình xây dựng, phân tích, đánh giá và điều chỉnh phương án cấu trúc qui trình công nghệ nhằm đạt được cấu trúc qui trình công nghệ hợp lý với các thông số gần đúng có sai số chấp nhận được, nếu đạt được cấu trúc qui trình công nghệ với các thông số tối ưu là tốt nhất.

Quá trình tối ưu hóa các thông số qui trình công nghệ là tính toán các thông số tối ưu (chế độ cắt, thông số chất lượng v.v...) của qui trình công nghệ hoặc nguyên công với cấu trúc cho trước nào đó. Tối ưu hóa các thông số của qui trình công nghệ có chức năng xác định các giá trị thông số x sao cho các hàm F(x) được gọi là hàm mục tiêu hoặc hàm hiệu quả (ví dụ: chi phí gia công, thời gian gia công. năng suất, ...) đạt giá trị cực trị.

Để giải các bài toán tối ưu các thông số trong thiết kế qui trình công nghệ, người ta thường sử dụng các mô hình toán học và các phương pháp lập trình khác nhau: qui hoạch tuyến tính, phương pháp đồ họa,...

Trong thiết kế qui trình công nghệ, các mô hình toán học tối ưu các thông số thường được viết dưới dạng :

$$\left. \begin{aligned} F(x_1, X_2, \dots, x_n) &\rightarrow \min(\max) \\ g_j(x_1, X_2, \dots, x_n) &\leq b_j; j = \overline{1, m} \\ a_{1i} &\leq X_i \leq a_{2i}; i = \overline{1, n} \end{aligned} \right\}$$

Ở đây:  $x_i$  - biến điều khiển, có giá trị trong tập giá trị  $[a_{1i}, a_{2i}]$  của dãy số thực;

$F(x)$  và  $g_i(x)$  - hàm vô hướng của các biến;

$b_j$  - những hàm thực cho trước.

Những bài toán dạng này thường hay gặp khi xác định những chế độ cắt tối ưu và sử dụng phương pháp qui hoạch tuyến tính.

Sử dụng phương pháp qui hoạch tuyến tính, tiến hành mô hình hóa toán học căn cứ vào các quan hệ quá trình cắt xác lập quan hệ các thông số chế độ cắt (ít - chiều sâu cắt; S - lượng chạy dao; V- vận tốc cắt) và những đại lượng tương ứng đặc trưng cho điều kiện gia công: công suất máy, lực cắt cho phép tác động lên cơ cấu chạy dao; tuổi bền và độ cứng vững của dụng cụ cắt, .v.v. ta có hệ phương trình ràng buộc được biểu diễn dưới dạng:

$$\left. \begin{aligned} g_1(t, s, v) &\leq b_1 \\ g_2(t, s, v) &\leq b_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ g_n(t, s, v) &\leq b_n \end{aligned} \right\}$$

Hàm mục tiêu chi phí gia công được biểu diễn có dạng:

$$C = \sum_{i=1}^p C_i$$

Ở đây.  $C_i$ - chi phí gia công;

$p$  - số bước gia công.

Logarit hoá hệ phương trình ràng buộc và hàm mục tiêu, ta có bài toán qui hoạch tuyến tính có dạng như sau:

+ Hàm mục tiêu:

$$Z = k_0 + k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 \rightarrow \min$$

+) Hệ phương trình ràng buộc:

$$\sum_{i=1}^3 a_{i,j} x_j \leq b_i; i = \overline{1, n};$$

Phương pháp thứ hai để tối ưu các thông số của qui trình công nghệ là sử dụng phương pháp toán đồ. Phương pháp này được thực hiện biểu diễn dưới dạng đa thức các thông số của qui trình công nghệ được viết dưới dạng :

$$g(x) = \sum C_i | X_i^{\alpha_{i,j}}$$

Ở đây:  $C_i$  và  $a_{ij}$  - những giá trị bất biến,  $C_i \geq 0$ ;  $x_i > 0$  .

Phương pháp toán đồ có khả năng phân tích từ những thay đổi các thông số của qui trình công nghệ tới sự thay đổi của hàm mục tiêu.

Ngoài ra, chúng ta còn sử dụng nhiều phương pháp như. *phương pháp đồ thị, phương pháp GRAPH, phương pháp thực nghiệm, phương pháp đại số, . v. v. .*

Vấn đề tối ưu hóa trong thiết kế qui trình công nghệ sẽ được trình bày tỉ mỉ ở chương 4.

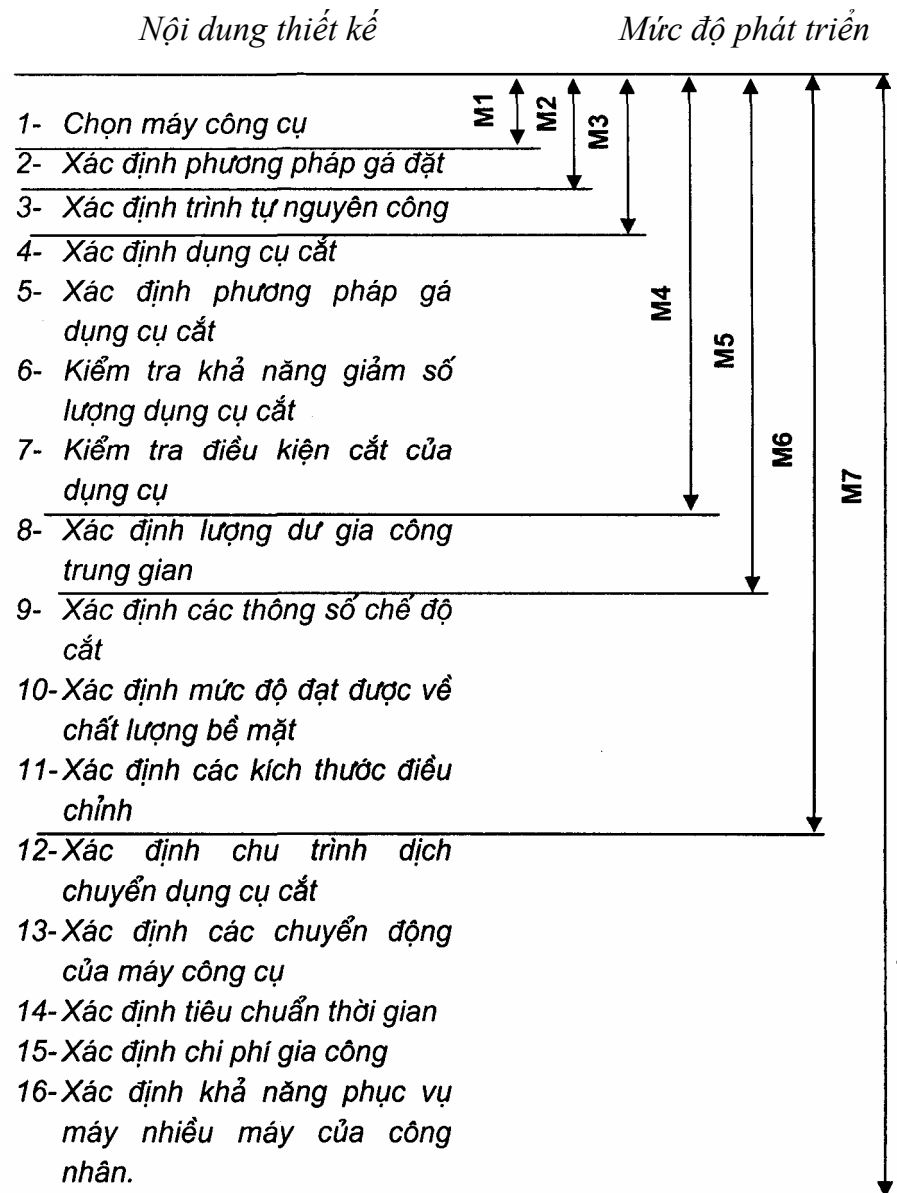
## 2.6 - XÁC ĐỊNH CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Để xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ bằng máy tính, cần phải căn cứ vào điều kiện sau:

- 1- *Trạng thái công tác chuẩn bị sản xuất trước khi chưa tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.*
- 2- *Hiệu quả đạt được khi tự động hóa thiết kế qui trình công nghệ.*
- 3- *Chi phí đầu tư cho tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.*
- 4- *Dự kiến mức độ áp dụng tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.*

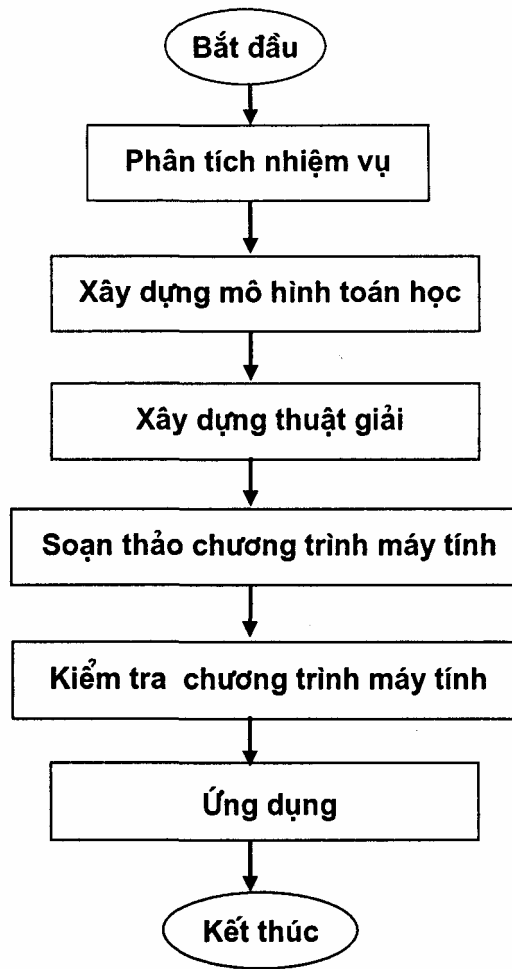
Theo tác giả Graman, việc phân chia quá trình xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ thành các mức độ khác nhau để lựa chọn mức độ phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn, đồng thời phù hợp với khả năng, trình độ cũng như yêu cầu thực tế ở mỗi nơi áp dụng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ.

Mức độ phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ được biểu diễn trên hình 2.6.



**Hình 2.6:** *Mức độ phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ*

Xác định chiến lược phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ là xác định mức độ phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ. Từ mức độ phát triển hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ, xác định các yêu cầu, nội dung của quá trình thiết kế rồi tiến hành các bước xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ được biểu diễn trên hình 2.7.



**Hình 2.7:** Các bước xây dựng hệ thống tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ

**Chương 3**  
**TỰ ĐỘNG HOÁ**  
**THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ TRÊN CƠ SỞ**  
**ỨNG DỤNG TIÊU CHUẨN HOÁ**

**3.1 -TIÊU CHUẨN HOÁ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**

**3.1.1 - Đặt vấn đề**

Trước đây trong các nước công nghiệp trên thế giới, sản phẩm của chế tạo máy được sản xuất chủ yếu theo qui mô sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ và loạt vừa. Phân tích bảng kê chi tiết gia công vào giữa những năm bảy mươi của thế kỷ XX, cho ta kết quả sau đây về sự phân bố khối lượng theo phần trăm các sản phẩm chế tạo máy như bảng 3.1 .

**Bảng 3.1:** Sự phân bố (%) các sản phẩm cơ khí

Số lượng chi tiết trong năm	<50	50 -100	101 -500	>500
Khối lượng tính bằng %	50	16	20	14

Như vậy, hai phần ba những chi tiết sản xuất được chế tạo với qui mô loại vừa, loạt nhỏ và đơn chiếc.

Sản xuất cơ khí ngày càng phát triển thì qui mô sản xuất loạt lớn và hàng khối tăng dần như thống kê bảng sau:

**Bảng 3.2:** Những thống kê về sự phát triển của các dạng sản xuất

Kiểu dạng sản xuất	Phần trăm (%)			
	1970	1977	1985	1990
1- Đơn chiếc	15,1	14,5	13,8	13,0
2 - Hàng loạt	67,2	67,2	67,2	67,0
3 - Hàng khối	17,7	18,2	19,0	20,0

Sản xuất càng phát triển đòi hỏi công việc chuẩn bị công nghệ phải đáp ứng được vấn đề khối lượng tài liệu công nghệ không ngừng tăng, do đó xuất hiện yêu cầu phát triển các kỹ thuật xử lý thông tin để tăng lưu lượng thông tin cần thiết phục vụ công tác thiết kế, giảm công sức và chi phí chuẩn bị công nghệ.

Theo kết quả thống kê của nhiều nước khi thiết kế qui trình công nghệ, các nhà thiết kế mất khoảng 70% thời gian vào công việc vụn vặt và xây dựng những tài liệu

công nghệ trùng lặp nhiều lần ( ví dụ: lập phiếu qui trình công nghệ và phiếu nguyên công). Sản phẩm càng phức tạp và luôn thay đổi thì khối lượng lao động ở khâu chuẩn bị công nghệ càng lớn. Sản phẩm cơ khí trong thực tế thường rất phức tạp và đa dạng nên nếu chế tạo chi tiết theo từng qui trình công nghệ riêng biệt thì số lượng tài liệu công nghệ sẽ rất lớn và phức tạp. Mỗi khi thay đổi đối tượng sản xuất lại phải xây dựng lại toàn bộ tài liệu công nghệ, trong khi có tới hơn 50% số lượng tài liệu công nghệ mới cũng có nội dung trùng lặp với các tài liệu cũ đã lập.

Đó là tình trạng phổ biến hiện nay ở các xí nghiệp cơ khí làm cho quá trình chuẩn bị công nghệ cho sản phẩm mới rất chậm, thiếu khoa học, qui trình công nghệ ít được cải tiến, chu kỳ sản xuất kéo dài ảnh hưởng lớn đến chất lượng, năng suất lao động và giá thành sản phẩm.

Mặt khác cần lưu ý rằng khoa học kỹ thuật ngày càng phát triển nhanh chóng, sản phẩm cơ khí thường xuyên thay đổi. Tuy vậy kết cấu của các sản phẩm cơ khí lại tương đối ổn định, các thông số về kết cấu và công nghệ hầu như không thay đổi. Điều đó cho phép tiến hành chuẩn bị công nghệ hợp lý và chủ động hơn đối với các sản phẩm cơ khí mới.

Biện pháp cơ bản nhằm rút ngắn thời gian chuẩn bị công nghệ, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất trong ngành chế tạo máy là thống nhất hoá, tiến tới tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ.

Vào cuối những năm 50 và đầu những năm 60 của thế kỷ 20 đã xuất hiện phương pháp tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ. Ở Liên Xô cũ đã xây dựng các qui trình công nghệ điển hình và công nghệ nhóm trong ngành chế tạo máy công cụ. Trong thời gian này cũng đã xây dựng sơ đồ phân loại và nhóm chi tiết gia công (song do không tính hết đến đặc điểm của danh mục sản phẩm có trong xí nghiệp, mà nó chỉ có tác dụng trên một hoặc một vài số kiểu sản phẩm được lựa chọn, như vậy việc ứng dụng chúng hầu như chỉ mang tính ví dụ). Bởi vậy cần phải đẩy mạnh việc nghiên cứu tiêu chuẩn hoá công nghệ hoàn chỉnh hơn kể cả công nghệ gia công theo nhóm. Sự hoàn thiện đã phát triển theo hướng sau:

- 1 - Hoàn thiện cấu trúc tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ.
- 2- Giảm chi phí của quá trình xây dựng tiêu chuẩn hoá.
- 3- Xây dựng qui trình ứng dụng tiêu chuẩn hoá công nghệ trong sản xuất thực tế.
- 4- ứng dụng kỹ thuật thông tin mới.

Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ gia công là xây dựng các qui trình công nghệ mẫu đã được kiểm nghiệm tốt, có thể sử dụng thống nhất đối với các sản phẩm cơ khí tương ứng.

Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ mang đến những lợi ích sau :

- 1- *Qui trình công nghệ tiêu chuẩn mang tính khoa học, tiên tiến, phản ánh thực*

*tế của nhà máy, có thể sử dụng thống nhất trong những trường hợp gia công tương tự*

*2- Nâng cao tính loạt trong gia công, tạo điều kiện để ứng dụng những qui trình công nghệ năng suất cao, sử dụng các thiết bị và trang bị tiên tiến.*

*3- Giảm được trang thiết bị công nghệ trùng lặp.*

*4- Giảm ảnh hưởng mang tính chủ quan của người thiết kế đồng thời tạo điều kiện kế hoạch hoá sản xuất.*

*5- Giảm thời gian chuẩn bị công nghệ bằng cách giải phóng cán bộ công nghệ khỏi những công việc vụn vặt và lặp lại nhiều lần, tạo điều kiện phát huy tính sáng tạo của các nhà công nghệ.*

*6- Tạo ra những tiền đề quan trọng để tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ .*

Xu hướng phát triển tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ là đi từ tiêu chuẩn hoá công nghệ đối với các phân xưởng nhỏ lẻ, xưởng, xí nghiệp rồi phát triển tiêu chuẩn hoá cho ngành, cho toàn quốc,..v.v..

### **3.1.2 -Nội dung của tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ**

Tiền đề quan trọng nhất của tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ là thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu của các sản phẩm cơ khí (chi tiết gia công), bởi vì các sản phẩm cơ khí có kết cấu giống nhau sẽ phải có qui trình công nghệ giống nhau. Từ thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu của các sản phẩm cơ khí đi đến thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá công nghệ cần phải khảo sát, phân loại chi tiết gia công theo đặc điểm kết cấu và công nghệ của chúng.

#### *a) Phân loại chi tiết gia công*

Phân loại chi tiết gia công là cơ sở chủ yếu để tiến hành tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ. Phân loại chi tiết gia công cho phép tập hợp một số lượng lớn các chi tiết, bộ phận kết cấu của các sản phẩm cơ khí đa dạng thành một số loại, kiểu, cỡ đồng nhất trong một giới hạn nhất định, tạo ra khả năng gia công và lắp ráp chúng theo một trình tự công nghệ hợp lý, tạo cơ sở cho việc tiêu chuẩn hoá toàn bộ các yếu tố cơ bản của quá trình sản xuất.

Khi nghiên cứu xây dựng hệ thống phân loại các chi tiết gia công trước hết phải xác định các dấu hiệu đặc trưng để phân loại, đảm bảo nhận dạng đối tượng nhanh. Trong thực tế có nhiều hệ thống phân loại khác nhau mang tính chất riêng của từng nơi, từng ngành, nhưng nói chung thường có các quan điểm phân loại như sau:

- *Phân loại theo đặc điểm kết cấu*
- *Phân loại theo đặc điểm công nghệ*
- *Phân loại theo đặc điểm kết cấu và công nghệ*



Về quan điểm công nghệ thì những đặc điểm về kết cấu và những đặc điểm về công nghệ của đối tượng sản xuất có quan hệ thống nhất với nhau. Độ phức tạp về kết cấu gắn liền với độ phức tạp về công nghệ. Vì vậy, ở hệ thống phân loại nào cũng đều đề cập đến đặc điểm kết cấu và đặc điểm công nghệ tuy tỉ lệ có khác nhau, có thể thiên về đặc điểm kết cấu hoặc thiên về đặc điểm công nghệ mà thôi.

Về mặt tổng thể, các chi tiết gia công có thể phân chia theo các đặc điểm sau:

- *Dạng chi tiết: đây là các chi tiết có hình thể đại quan, hình khối tổng thể giống nhau. Ví dụ: dạng hộp, dạng trục, ...*
- *Loại chi tiết: là các chi tiết giống nhau về hình dáng hình học và đặc điểm công nghệ đặc trưng nhất, chủ yếu về mặt chức năng làm việc và điều kiện kỹ thuật.*
- *Kiểu chi tiết: là mức phân cấp trong một loại chi tiết dựa trên các đặc điểm công nghệ tạo khả năng thống nhất các nguyên công về trang bị, dụng cụ, chế độ công nghệ. Kiểu là tập hợp các chi tiết cùng một loại chi tiết gia công có một trình tự và nội dung công nghệ chung, phần lớn các nguyên công ứng với các chi tiết trong cùng một kiểu là giống nhau. Như vậy, trong cùng một kiểu bao gồm các chi tiết có hình dạng giống nhau về cơ bản, cùng điều kiện kỹ thuật và độ chính xác. Chúng có thể gia công với cùng trang bị công nghệ.*
- *Cỡ chi tiết: là các chi tiết trong cùng một kiểu có các kích thước cơ bản giống nhau.*

Ngoài ra căn cứ bề mặt gia công của chi tiết có thể phân chia thành năm lớp bề mặt:

- ❖ *Lớp các bề mặt phẳng.*
- ❖ *Lớp các bề mặt tròn xoay.*
- ❖ *Lớp các bề mặt xoắn vít.*
- ❖ *Lớp các bề mặt răng.*
- ❖ *Lớp các bề mặt định hình (định hình theo đường và định hình không gian).*

Cho đến nay đã có nhiều hệ thống phân loại chi tiết gia công đã được xây dựng và sử dụng, tùy theo đặc điểm sản xuất của từng lĩnh vực chế tạo máy, trên cơ sở các đặc trưng về kết cấu và công nghệ của chi tiết gia công. Ví dụ: Hệ thống phân loại của A.P.XOCOLOPKI, X.DEMJANHUK, V.V.BOIZOP...

Hệ thống phân loại của Viện nghiên cứu Máy công cụ Tiệp Khắc (cũ) đã được khối SEV chấp nhận. Dạng hình học và đặc trưng cơ bản để phân loại hệ thống này các chi tiết cơ khí được phân thành nhiều loại, cỡ và nhóm.

*Loại 1: Loại chi tiết trục đặc.*

Loại 2: Loại chi tiết có lỗ trụ rỗng không thông trên đường trục.

Loại 3: Chi tiết dạng trục có lỗ không thông trên đường trục .

Loại 4: Chi tiết dạng bánh răng đặc hoặc lỗ không thông trên đường trục.

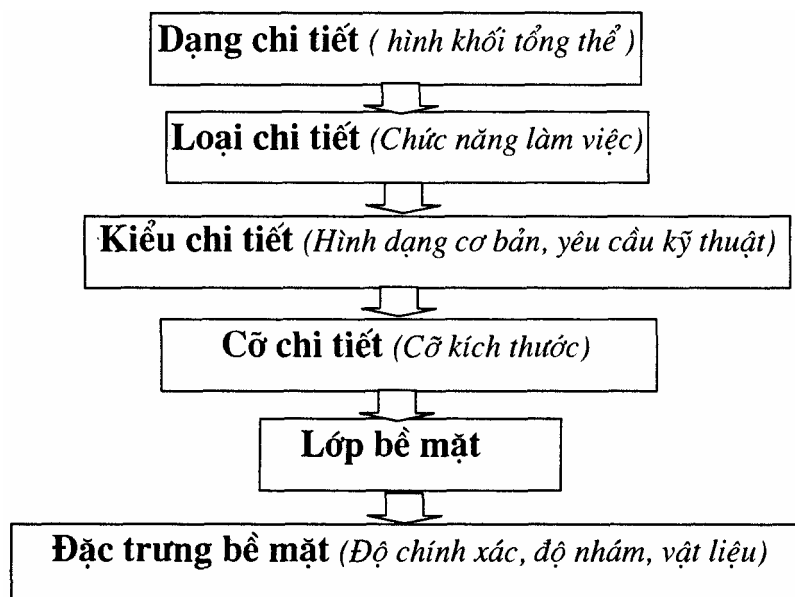
Loại 5: Chi tiết dạng bánh răng có lỗ không thông trên đường trục.

Loại 6: Chi tiết dạng tấm (phẳng).

Loại 7: Chi tiết dạng hộp .

Loại 8: Chi tiết phần lớn không gia công cơ.

Sơ đồ phân loại chi tiết gia công theo đặc điểm kết cấu và đặc điểm công nghệ như hình 3. 1 .



Hình 3.1 : Sơ đồ phân loại chi tiết gia công

Mỗi loại trên chia thành 10 cỡ theo kích thước hay trọng lượng. Mỗi loại được chia thành 10 nhóm kết cấu giống nhau. Hệ thống này cũng đề cập yếu tố vật liệu chế tạo chi tiết và phân thành 10 nhóm:

0 : Thép thường

5 : Kim loại màu

1 : Thép loại tốt

6 : Gang xám

2 : Thép hợp kim kết cấu

7 : Gang dẻo

3 : Thép hợp kim kết cấu

8 : Á kim

4 : Thép quý khác

9 : Phi kim loại

b) Các mức độ tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ

Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ tùy thuộc vào nội dung có thể phân chia thành :

1-Tiêu chuẩn hoá tiến trình công nghệ ;

2-Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ,

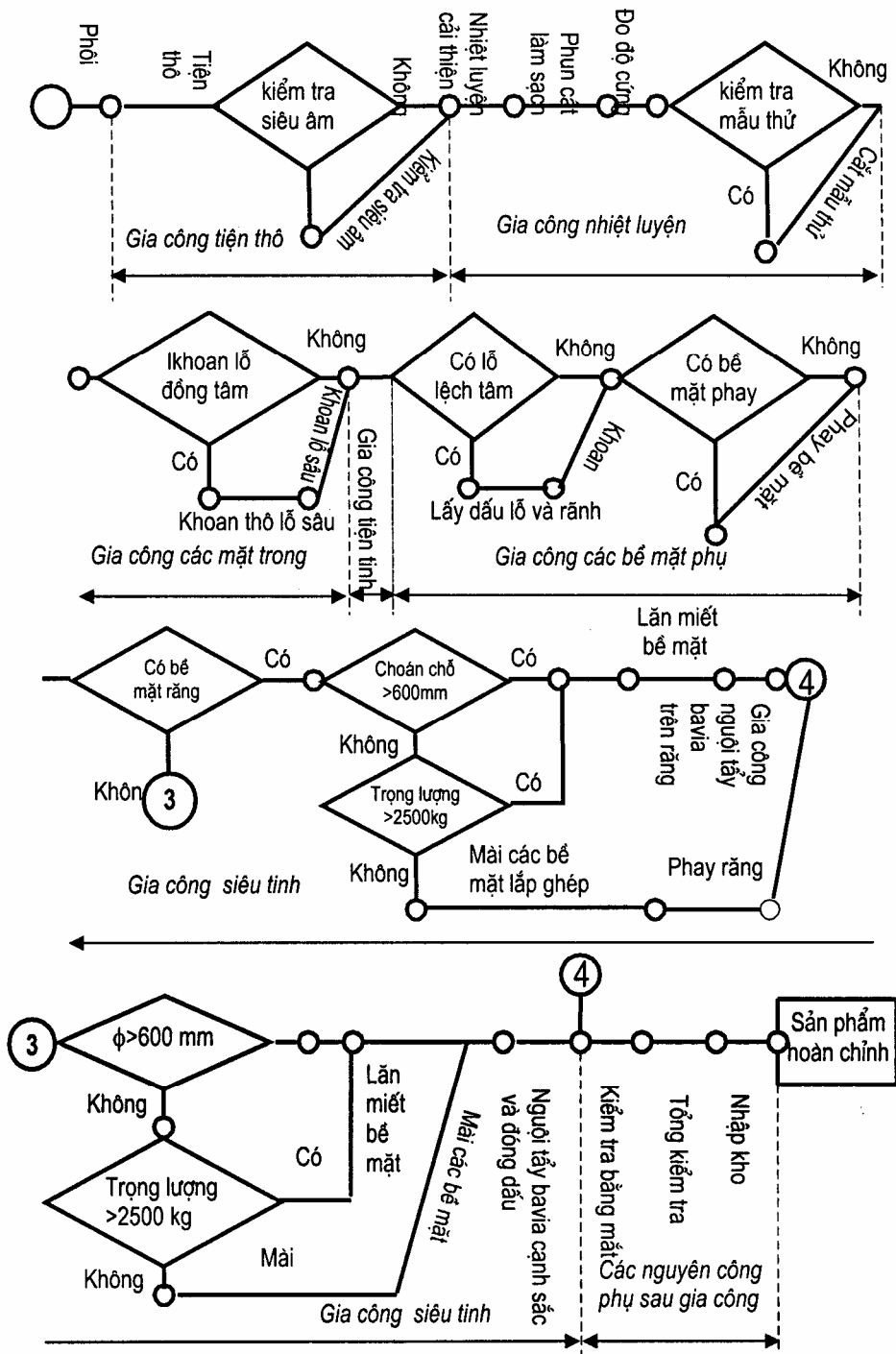
3-Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ chi tiết.

**Mức 1:** Tiêu chuẩn hoá tiến trình công nghệ là xác định toàn bộ trình tự các nguyên công mà chỉ mô tả các nguyên công với những chỉ dẫn tóm tắt đơn giản.

Tiêu chuẩn hoá tiến trình công nghệ có thể được lập ở dạng mô tả (hình 3.2). dạng sơ đồ trình tự các nguyên công (hình 3.3) .

<i>Tiến trình công nghệ chuẩn hoá</i>			
<i>Loại chi tiết bánh răng; vật liệu: thép không tôi, D=400mm; m= 10</i>			
	<i>Nguyên công</i>		<i>Nguyên công</i>
01	Cắt đứt ( máy cưa)	14	Mài tròn ngoài
02	Làm sạch (máy phun cát)	15	Chuốt: chuốt rãnh then hoa hoặc rãnh then
03	Thường hoá	16	Nguội: sửa bavia
04	Tiện: tiện thô	17	Nguội: khoan lỗ ngang
05	Nhiệt luyện : thường hoá	18	Nguội: làm sạch cạnh sắc
06	Tiện: tiện tinh	19	Phay: gia công mặt phẳng then, rãnh...
07	Mài: mài mặt đầu phía phải	20	Nguội: sửa cạnh sắc
08	Mài: mài mặt đầu trái	21	Mài phẳng
09	Phay răng	22	Cà răng
10	Sọc răng	23	Mài răng
11	Vê đỉnh răng	24	Nguội: sửa cạnh sắc
12	Cắt răng nghiêng	25	Tẩy rửa
13	Nguội: cắt cạnh sắc trên răng	26	Đóng gói

**Hình 3.2:** Tiêu chuẩn hoá tiến trình công nghệ dạng mô tả

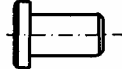












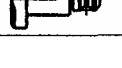

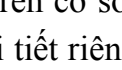



**Hình 3.3: Tiêu chuẩn hoá tiến trình công nghệ dạng sơ đồ trình tự nguyên công**

**Mức 2:** *Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ* là tiêu chuẩn hoá đến mức mô tả các nguyên công dưới dạng phiếu công nghệ, mô tả những số liệu thay đổi cần xác định và bổ sung cho các thông số cố định tương tự như mô tả đặc tính. Ngoài ra, còn mô tả nguyên công kiểm tra hoặc những chỉ dẫn về cách thử nghiệm. Ta thấy rõ mức độ tiêu chuẩn hoá này qua bảng 3.3.

Những số liệu được mô tả trong nguyên công là những số liệu đặc trưng cho từng loại chi tiết, thể hiện các yêu cầu kỹ thuật, ....

**Bảng 3.3:** *Tiêu chuẩn hoá mức qui trình công nghệ*

Nhóm sản phẩm theo dấu hiệu công nghệ trực có vai gờ								Loại 20 + 200 CT	Vật liệu	Qui trình công nghệ
								$L_{max} = 80$	Trạng thái phối thanh	Tờ: 1 Số tờ: 1
Kiểu								Nguyên công	Chi tiết	
1	2	3	4	5	6	7	8			
Số hiệu nguyên công										
10	10	10	10	10	10	10	10	Cắt bằng cửa máy		
20	20	20	20	20	20	20	20	Tiện xén mặt đầu, khoan tâm		
30	30	30	30	30	30	30	30	Tiện hoàn chỉnh		
35	35	35	35	35	35	35	35	Kiểm tra, thử nghiệm		
						40	40	Tiện đầu $\phi 6$		
		10		10	50	50	50	Phay vát đầu		
	10	50	10	50			60	Khoan $\phi 3$ , sửa bavia		
			50	60			70	Khoan $\phi 6$ , rãnh ngang $\phi 4$ , sửa bavia		
			60	70			80	Phay gờ		
	15	55	65	75	55	75	85	Kiểm tra, thử nghiệm		
10	50	60	70	80	60	80	90	Kiểm tra và đóng gói		

**Mức 3:** *Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ chi tiết* là trên cơ sở tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ cung cấp thêm những số liệu cho từng chi tiết riêng biệt, kể cả mô tả nguyên công.

Sử dụng mức tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ, vấn đề quan trọng nhất cần xem xét là chi phí cho việc xây dựng tiêu chuẩn hoá sẽ tăng từ mức 1 đến mức 3. Bởi vậy cần căn cứ vào mức độ phổ biến của loại chi tiết gia công để sử dụng mức tiêu

chuẩn hoá mới mang lại hiệu quả kinh tế khi xây dựng tiêu chuẩn hoá cũng như khi ứng dụng tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ trên thực tế sản xuất.

*c) Các hình thức tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ*

Các hình thức tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ được phân thành:

- Công nghệ điển hình.
- Công nghệ nhóm.
- Công nghệ tổ hợp.

**Công nghệ điển hình** là xây dựng một qui trình công nghệ chung cho những đối tượng sản xuất có kết cấu giống nhau.

Cơ sở của công nghệ điển hình là dựa vào việc phân loại chi tiết về mặt kết cấu và công nghệ, xác định hoặc lập nên chi tiết đại diện (điển hình) có đầy đủ các đặc trưng tiêu biểu của từng kiểu. Nhờ vậy qui trình công nghệ gia công các chi tiết cùng một kiểu được tiến hành theo những qui trình điển hình đã xây dựng từ trước. Qui trình công nghệ điển hình được xây dựng phải đảm bảo các chỉ tiêu về kinh tế kỹ thuật theo những điều kiện và trình độ sản xuất nhất định.

Công nghệ điển hình mang lại những lợi ích sau:

- Thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá các nguyên công thông dụng.
- Hạn chế sự đa dạng của chi tiết gia công về kết cấu và công nghệ trong cùng một kiểu, giảm bớt khối lượng lao động trong việc chuẩn bị công nghệ.
- Thực hiện chuyên môn hoá sản xuất.

Những nội dung cần phải thực hiện khi áp dụng công nghệ điển hình là:

- 1- Phân loại các chi tiết thành các kiểu. Trong cùng một kiểu thì các chi tiết gia công giống nhau gần như hoàn toàn về kết cấu.
- 2- Phân tích, lựa chọn trong từng kiểu một chi tiết đại diện (điển hình).
- 3- Xây dựng qui trình công nghệ điển hình cho từng kiểu tương ứng với chi tiết đại diện đã chọn.
- 4- Xác định trang thiết bị, dụng cụ, chế độ công nghệ cho qui trình công nghệ điển hình.

Nhờ có quá trình phân loại mà các chi tiết gia công được xếp thành kiểu có dạng kết cấu giống nhau trong từng cỡ, kích thước nhất định, cho phép có thể gia công được theo những qui trình công nghệ giống nhau.

Chi tiết gia công điển hình cho từng kiểu thường là chi tiết gia công có số lượng tối đa các đặc trưng cơ bản về kết cấu của mỗi chi tiết gia công cùng kiểu.

Qui trình công nghệ điển hình phải là qui trình công nghệ tiên tiến trong những

điều kiện sản xuất nhất định và phải tạo điều kiện cải tiến sau này. Do đó qui trình công nghệ phải được xây dựng trên cơ sở thống nhất hoá các tiêu chuẩn về trang thiết bị, dụng cụ cắt, chế độ công nghệ, các định mức kinh tế-kỹ thuật nhằm đảm bảo cho quá trình sản xuất đồng bộ và hoàn thiện dần trình độ sản xuất, đạt hiệu quả kinh tế-kỹ thuật ngày một cao hơn.

Công nghệ điển hình có thể áp dụng theo hai mức độ khác nhau:

- *Điển hình hoá toàn bộ qui trình công nghệ cho một kiểu.*
- *Điển hình hoá từng nguyên công riêng biệt, ứng với các chi tiết gia công trong cùng một kiểu.*

Hai mức độ trên có sự liên hệ chặt chẽ với nhau, bổ sung cho nhau nhằm nâng cao tính linh hoạt sản xuất cho nhiều chi tiết gia công cùng kiểu. Ở một vài nguyên công quan trọng lại có thể tập trung giải quyết triệt để về công nghệ (đảm bảo độ chính xác cao, năng suất cao).

Ở mức độ điển hình hoá toàn bộ qui trình công nghệ cho một kiểu, chi tiết gia công được phân loại trên cơ sở giống nhau hầu như hoàn toàn về kết cấu (vật liệu, vị trí và kích thước các bề mặt quan trọng,...) để có thể sử dụng chung một loại thiết bị.

Ở mức độ điển hình hoá từng nguyên công nhằm nâng cao tính linh hoạt sản xuất, tạo điều kiện ứng dụng cho nhiều chi tiết gia công cùng kiểu ở những nguyên công quan trọng.

Công nghệ điển hình tạo điều kiện hợp lý hoá quá trình chuẩn bị công nghệ, tạo điều kiện để tiêu chuẩn hoá nguyên công và qui trình công nghệ.

**Công nghệ nhóm** là xây dựng một qui trình công nghệ chung cho từng phần về kết cấu giống nhau của các chi tiết gia công.

Cơ sở của công nghệ nhóm là sự phân nhóm chi tiết gia công theo sự giống nhau từng phần về kết cấu cho phép gia công các chi tiết này trong cùng một nhóm với cùng một trang thiết bị, dụng cụ nghĩa là với cùng nguyên công. Đối với từng chi tiết gia công cụ thể thì sự khác biệt là rất ít so với các đặc trưng công nghệ chung của nhóm chi tiết. Như vậy qua sự phân nhóm, số lượng chi tiết gia công tính cho một đơn vị trang thiết bị công nghệ cho một nguyên công sẽ tăng lên tương ứng với qui mô sản xuất lớn mặc dù thực tế đối với từng chi tiết gia công cụ thể thì số lượng của nó chỉ tương ứng với qui mô loạt vừa, loạt nhỏ hoặc đơn chiếc. Số lượng chi tiết gia công đủ lớn đối với các nguyên công sẽ cho phép áp dụng các phương pháp gia công tiên tiến có năng suất cao.

Kinh nghiệm cho thấy, công nghệ nhóm chỉ nên áp dụng giới hạn ở một vài nguyên công chính. Nguyên công chính là nguyên công có khối lượng lao động tính theo thời gian gia công là nhiều nhất. Lý do chủ yếu là do quá trình ghép nhóm chi tiết gia công sẽ rất phức tạp nếu từng chi tiết gia công cụ thể trong quá trình gia công phải

ghép nhóm nhiều lần. Công nghệ nhóm thường ứng với một hoặc vài nguyên công chung của các chi tiết gia công có kết cấu khác nhau.

Công nghệ nhóm thường được thực hiện ở từng nguyên công, cụ thể trên từng máy, ví dụ: gia công nhóm trên máy tiện, máy phay,... Việc phân chia chi tiết gia công thành từng nhóm gia công trên từng loại máy như vậy sẽ gọn hơn. Nhóm là đơn vị chính, trong một nhóm các chi tiết có quá trình gia công rất gần đối với các bề mặt cơ bản. Như vậy ở công nghệ nhóm thì các nhóm chi tiết chỉ có chu kỳ gia công trên một hoặc hai máy cùng kiểu.

Phạm vi của công nghệ nhóm tuy hẹp hơn công nghệ điển hình, vì công nghệ nhóm chỉ bao gồm một số nguyên công chung ứng với một số bề mặt giống nhau trên các chi tiết, nhưng công nghệ nhóm lại rất cụ thể, cho phép ứng dụng nhanh và đưa lại hiệu quả kinh tế cao, nhất là ở qui mô sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc. Điều đó là nhờ ở công nghệ nhóm số lượng, chi tiết thuộc một nhóm có nhiều, mặc dù kết cấu chung của các chi tiết có khác nhau.

Muốn đạt được hiệu quả tốt khi áp dụng công nghệ nhóm cần chú ý các vấn đề sau đây:

*1- Trong cùng một nhóm đối tượng sản xuất, cố gắng loại trừ sự đa dạng của qui trình công nghệ, cần hướng tới qui trình công nghệ chung cho các chi tiết gia công trong cùng một nhóm, nghĩa là có thể nghiên cứu sửa đổi lại kết cấu các chi tiết gia công để chúng có thể chung qui trình công nghệ. Tổng quát hơn đối với quá trình này là phải nâng cao tính công nghệ trong kết cấu, thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu của chi tiết gia công.*

*2- Sử dụng đồ gá tiên tiến, có khả năng điều chỉnh nhanh ứng với từng chi tiết gia công trong một nhóm.*

*3- Phải tạo điều kiện để tự động hoá quá trình gia công.*

Để thực hiện công nghệ nhóm, cần tiến hành các nội dung sau:

*1- Phân nhóm chi tiết gia công*

*2- Lập qui trình công nghệ cho từng nhóm*

*3- Thiết kế các trang bị công nghệ nhóm*

Sau đây là nội dung cụ thể các bước là:

*\*) Phân nhóm chi tiết gia công*

Đây là công việc quan trọng đầu tiên. Nếu phân nhóm các chi tiết gia công tốt tức là tập hợp được nhiều đặc trưng công nghệ chung cho mỗi nhóm và về cơ bản đã xác định đúng giải pháp công nghệ, tạo điều kiện thuận lợi cho hai bước sau.

Ở công nghệ nhóm, việc phân nhóm chi tiết gia công không chỉ dựa vào đặc điểm kết cấu và đặc điểm công nghệ của chúng, mà còn phải dựa vào đặc điểm của

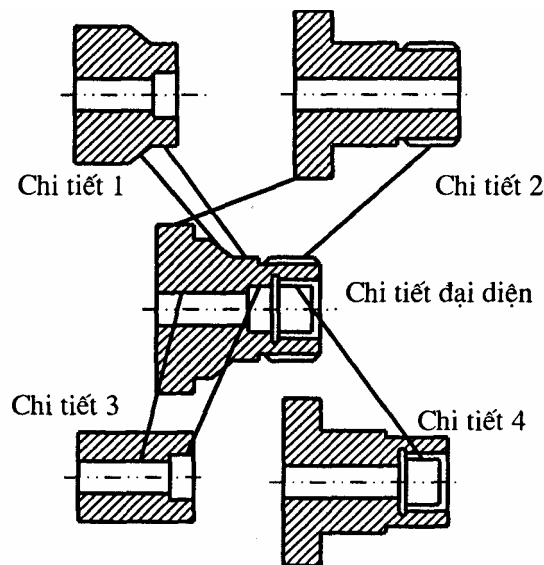


kiểu, loại thiết bị công nghệ nhằm đảm bảo quá trình gia công hợp lý. Tóm lại là phải phân nhóm chi tiết gia công trên các loại thiết bị công nghệ cụ thể. Thí dụ: nhóm chi tiết gia công trên máy tiện, trên máy khoan, trên máy phay, .v.v.

Cho đến nay, việc phân nhóm các chi tiết gia công cũng chưa theo một quan điểm và nguyên tắc hoàn chỉnh, thống nhất nào. Tuy nhiên thực tế có thể phân nhóm chi tiết gia công theo những nguyên tắc sau:

- 1- Ghép nhóm những chi tiết có hình dáng hình học gần như nhau.
- 2- Ghép nhóm những chi tiết có mặt chuẩn định vị giống nhau.
- 3- Ghép nhóm những chi tiết có yêu cầu kỹ thuật gần giống nhau.
- 4- Ghép nhóm những chi tiết có các bề mặt gia công giống nhau.
- 5- Ghép nhóm những chi tiết có phương pháp tạo phôi giống nhau.
- 6- Ghép nhóm những chi tiết có trình tự công nghệ gần giống nhau có thể áp dụng chung các phương pháp gia công, thiết bị công nghệ.
- 7- Ghép nhóm những chi tiết sao cho các việc điều chỉnh thiết bị, đồ gá, dụng cụ là ít nhất khi thay đổi chi tiết trong nhóm.
- 8- Không ghép nhóm những chi tiết có số lượng quá ít hoặc những chi tiết có kết cấu khác nhiều so với các chi tiết khác.

Sau khi phân nhóm, cần xây dựng một chi tiết đại diện cho cả nhóm bằng cách chọn một chi tiết có nhiều bề mặt gia công chung rồi bổ sung thêm những bề mặt khác (những bề mặt mới không trùng với những bề mặt đã có của chi tiết này) mà chi tiết khác có. Cách xây dựng chi tiết đại diện cho cả nhóm được thể hiện như hình 3.7.



**Hình 3.7:** Xây dựng chi tiết đại diện cho nhóm chi tiết 1, 2, 3, 4

\*) Lập qui trình công nghệ cho từng nhóm

Qui trình công nghệ nhóm là qui trình công nghệ thích hợp với bất kỳ chi tiết nào

trong nhóm, nhưng có thể cho phép thay đổi chút ít tùy theo đặc điểm riêng của từng chi tiết trong nhóm. Ví dụ: tăng hay giảm một, hai bước gia công nào đó.

Nhóm là đối tượng của qui trình và được đặc trưng bởi sự thống nhất về thiết bị, dụng cụ, đồ gá và phương pháp điều chỉnh, v.v. trên nguyên công.

Các nguyên tắc cần đảm bảo khi lập qui trình công nghệ nhóm là:

- 1- Thứ tự của mỗi bước (hoặc nguyên công) phải bảo đảm có thể gia công được bất kỳ chi tiết nào trong nhóm, phải đảm bảo đạt yêu cầu kỹ thuật của từng chi tiết trong nhóm.*
- 2- Đồ gá, dụng cụ, v.v.. dùng ở các nguyên công trong nhóm phải đảm bảo gia công được bất kỳ chi tiết nào trong nhóm.*
- 3- Đảm bảo tổn hao điều chỉnh nguyên công là ít nhất khi thay đổi chi tiết gia công trong nhóm.*

Trước hết căn cứ vào chi tiết đại diện hoặc chi tiết tổng hợp của nhóm để lập qui trình công nghệ tổng quát. Qui trình này bao gồm hầu hết các bước cần thiết cho cả nhóm chi tiết. Trên cơ sở qui trình công nghệ tổng quát căn cứ vào đặc điểm cụ thể về kết cấu và công nghệ của từng chi tiết khác trong nhóm tiến hành việc hoàn thiện, bổ sung qui trình công nghệ. Qui trình công nghệ nhóm cần được xây dựng thành sơ đồ theo thứ tự các bước nguyên công.

Trong sơ đồ qui trình công nghệ nhóm cần sắp xếp và bố trí dụng cụ gia công, đảm bảo đạt kích thước nhanh và thay dụng cụ nhanh. Phải thể hiện rõ thứ tự làm việc của các dụng cụ theo thứ tự các nước công nghệ. Ngoài ra còn phải lập phiếu điều chỉnh thiết bị và sơ đồ điều chỉnh dụng cụ công nghệ theo thứ tự gia công từng chi tiết trong nhóm đối với từng bề mặt gia công. Phải tính tổng thời gian cần thiết để gia công một chi tiết và cả loạt chi tiết, để xác định tải trọng của thiết bị công nghệ. Nếu tải trọng của thiết bị quá thấp thì phải nghiên cứu, xem xét cụ thể để bố trí thêm các nhóm chi tiết khác gia công trên thiết bị chưa đủ tải trọng yêu cầu đó.

*\*) Thiết kế các trang bị công nghệ nhóm*

Về căn bản thì các chi tiết trong cùng một nhóm có những đặc trưng công nghệ giống nhau, trong đó quan trọng nhất là đặc trưng về gá đặt khi gia công. Như vậy, các chi tiết trong một nhóm phải có bề mặt dùng làm chuẩn định vị và sơ đồ gá đặt khi gia công gần như nhau, chỉ khác nhau về kích thước hoặc khác nhau chút ít về hình dạng. Ở trên đồ gá công nghệ nhóm, phải có bộ phận điều chỉnh kích thước ứng với từng chi tiết trong nhóm và bộ phận vạn năng dùng chung cho cả nhóm chi tiết. Khi sử dụng đồ gá vạn năng-điều chỉnh trong công nghệ nhóm sẽ giảm bớt được thời gian và phí tổn điều chỉnh.

Về tổng quan, đồ gá công nghệ nhóm có những đặc điểm sau:

- Có thể gá đặt nhanh chóng, chính xác bất kỳ chi tiết nào trong nhóm.*

- Đảm bảo độ chính xác và độ cứng vững cần thiết, không làm biến dạng chi tiết gia công.
- Tháo lắp nhanh chóng trên máy
- Thao tác thuận tiện, nhẹ nhàng

Tuỳ theo kết cấu cụ thể của đồ gá công nghệ nhóm và kết cấu của chi tiết gia công trong nhóm mà khâu điều chỉnh của đồ gá nhóm được thực hiện theo các phương pháp sau:

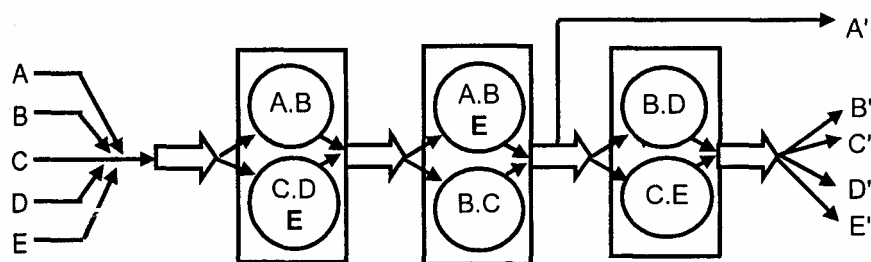
- Dịch chuyển (hiệu chỉnh) các bộ phận gá đặt chi tiết gia công để thay đổi cơ cấu gá đặt của đồ gá cho phù hợp với hình dạng, kích thước của các chi tiết gia công trong nhóm.
- Định vị lại và kẹp chặt lại các bộ phận gá đặt chi tiết gia công đến một vị trí khác trên đồ gá.
- Thay đổi từng phần hoặc toàn phần những bộ phận định vị, kẹp chặt chi tiết gia công.
- Vừa thay thế, vừa dịch chuyển (hiệu chỉnh) các bộ phận gá đặt chi tiết gia công.

Một điều cần chú ý là khi sử dụng đồ gá gia công nhóm là phải xác định thứ tự hợp lý của các chi tiết trong nhóm đưa vào gia công trên đồ gá nhóm, sao cho tổng thời gian điều chỉnh khi kết thúc gia công của các chi tiết giống nhau và bắt đầu gia công các chi tiết tiếp khác nhau trong nhóm là ít nhất.

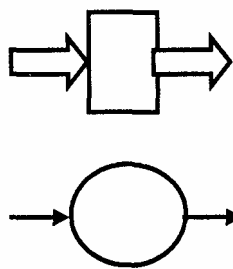
**Công nghệ tổ hợp** là việc kết hợp các phương pháp thống nhất hoá, tiêu chuẩn hoá kết cấu của các chi tiết gia công, công nghệ điển hình và công nghệ nhóm nhằm khai thác tận dụng các ưu điểm, hạn chế các nhược điểm của từng phương pháp riêng biệt.

Ở phương pháp công nghệ tổ hợp, khi xác định đối tượng sản xuất, phải kết hợp công nghệ điển hình và công nghệ nhóm, mà xuất phát có thể là loại hoặc kiểu chi tiết.

Hình 3.8 là sơ đồ tổng quát về tiến trình công nghệ tổ hợp.



**Hình 3.8:** Sơ đồ tổng quát về tiến trình công nghệ tổ hợp



- Nguyên công chung của qui trình công nghệ chung (qui trình công nghệ nhóm, điển hình) ứng nhóm lớn chi tiết gia công
- Nguyên công ứng với nhóm chi tiết gia công A, B, C, D, E
- phôi
- A', B', C', D', E' - chi tiết hoàn chỉnh

Những bước quan trọng cần phải thực hiện để có thể áp dụng công nghệ tổ hợp là:

- 1- Phân loại và ghép nhóm chi tiết gia công (có thể xuất phát từ loại hoặc kiểu) trong chủng loại chi tiết gia công có trong chương trình sản xuất. Từ chương trình sản xuất, trước hết xác định dạng chi tiết phổ biến, rồi loại chi tiết phổ biến trong dạng phổ biến, tiếp theo là xác định các thông số cơ bản phổ biến của chi tiết gia công trong loạt chi tiết phổ biến (loại vật liệu phổ biến, số lượng chi tiết phổ biến, số lượng bề mặt gia công phổ biến,...), các yêu cầu kỹ thuật phổ biến của bề mặt (độ chính xác, độ nhám, độ cứng,...). Sau đó so sánh từng chi tiết gia công trong loạt phổ biến theo các thông số cơ bản phổ biến để xác định số kiểu chi tiết trong loạt chi tiết được gia công theo qui trình công nghệ tổ hợp
- 2- Xác định chi tiết đại diện (điển hình); xác định kiểu chi tiết đại diện trong số kiểu chi tiết được gia công theo công nghệ tổ hợp trên cơ sở độ phức tạp cao nhất về kết cấu và công nghệ.
- 3- Xác định số lượng qui đổi của từng kiểu chi tiết ra kiểu điển hình bằng hệ số qui đổi. Hệ số qui đổi là hệ số xét đến sự khác nhau về kết cấu và công nghệ giữa kiểu đang xét và kiểu điển hình. Sau đó tính tổng số lượng đã qui đổi ra kiểu điển hình của tất cả các kiểu chi tiết được gia công tổ hợp.
- 4- Xác định phương án tổ hợp tối ưu về công nghệ.
- 5- Thiết kế, xây dựng qui trình công nghệ, nguyên công và dây chuyền gia công theo phương án tổ hợp tối ưu về công nghệ, kể cả thiết kế đồ gá điều chỉnh cho từng nguyên công.

### 3.2 - QUÁ TRÌNH XÂY DỰNG TIÊU CHUẨN HOÁ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Quá trình xây dựng tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ tùy thuộc vào yêu cầu về mức độ phức tạp, mức độ tiêu chuẩn hoá và hình thức tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ mà tiến hành theo các bước khác nhau. Sau đây là các bước tiến hành tiêu chuẩn hoá của các phương pháp tiêu chuẩn hoá các qui trình công nghệ gia công.

*Phương pháp thứ nhất: tiêu chuẩn hoá nhờ sử dụng bảng biểu*

Quá trình tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ có thể thực hiện theo các bước sau:

- 1- *Lập thứ tự danh mục chi tiết theo dấu hiệu đặc trưng giống nhau của kết cấu.*
- 2- *Xác định mức tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ.*
- 3- *Xây dựng các phương án tạo phôi và trình tự các nguyên công cho từng loại chi tiết gia công và cho qui trình công nghệ tiêu chuẩn cho chi tiết đại diện.*
- 4- *Thực hiện thống nhất hoá, bổ sung và hiệu chỉnh.*
- 5- *Xây dựng qui trình công nghệ tiêu chuẩn cuối cùng.*

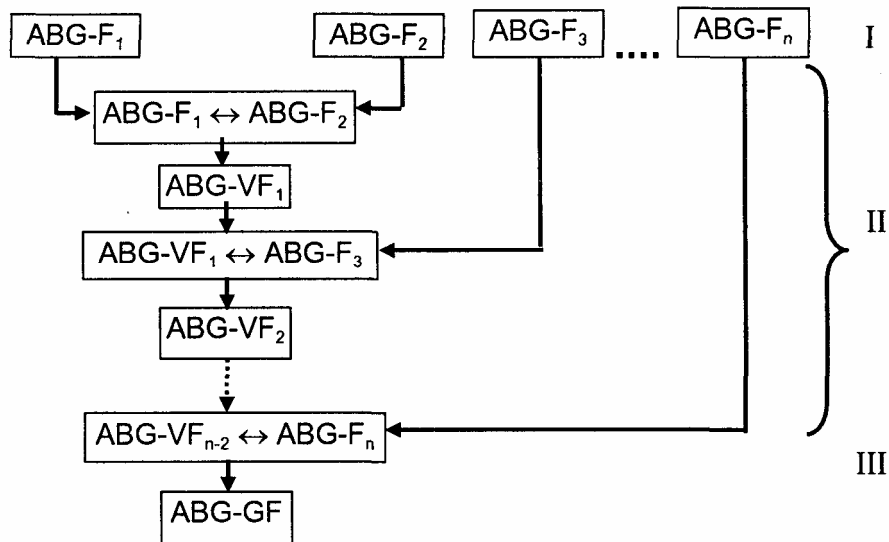
*Phương pháp thứ hai: tiêu chuẩn hóa nhờ sử dụng các sơ đồ thứ tự các nguyên công ( phương pháp lưới).*

Quá trình tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ tiến hành theo những bước sau đây:

- 1- *Xây dựng mục tiêu.*
- 2- *Xác định nhóm chi tiết theo kết cấu và theo các dấu hiệu đặc trưng công nghệ chung nhất.*
- 3- *Xây dựng thứ tự các nguyên công cho nhóm chi tiết theo dạng sơ đồ.*
- 4- *Công thức hoá những thông số tiêu chuẩn sử dụng trong sơ đồ*
- 5- *Chuẩn hoá các sơ đồ của mỗi nhóm chi tiết bao hàm toàn bộ vùng giới hạn các chi tiết lựa chọn.*
- 6- *Xây dựng qui trình công nghệ điển hình bằng đường đi chính của sơ đồ theo thứ tự nguyên công từ trạng thái của phôi đến trạng thái sản phẩm hoàn chỉnh.*

*Phương pháp thứ ba: tiêu chuẩn hoá sử dụng máy tính điện tử (dạy giải thuật)*

Thực hiện tự động hoá quá trình tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ có thể thực hiện theo hai phương pháp: có phân loại chi tiết gia công và không phân loại chi tiết gia công. Phương pháp phân loại các chi tiết gia công cho phép giảm được khối lượng công việc. Do việc phân loại chi tiết gia công đã xác định các dấu hiệu công nghệ đặc trưng của nhóm chi tiết, các dấu hiệu này có thể biến đổi thành thông tin lưu trữ vào máy tính. Chương trình máy tính tiến hành tự động phân loại chi tiết và tạo ra qui trình công nghệ tiêu chuẩn cho nhóm chi tiết. Nguyên tắc xây dựng trình tự nguyên công của qui trình công nghệ tiêu chuẩn được trình bày trong hình 3.9.



**Hình 3.9:** Nguyên tắc xây dựng trình tự nguyên công của qui trình công nghệ tiêu chuẩn bằng máy tính:

I- Các phương án trình tự nguyên công;

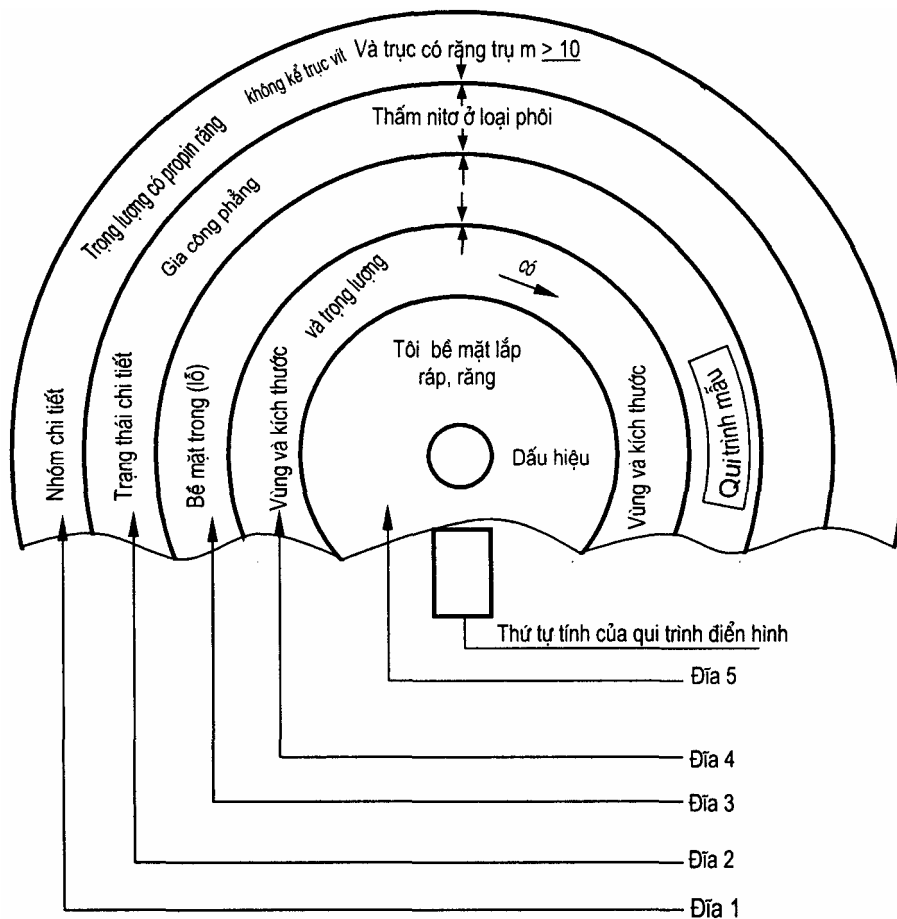
II - Trình tự nguyên công so sánh (VF);

III-Trình tự nguyên công tiêu chuẩn (GF).

### 3.3. PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG TIÊU CHUẨN HÓA QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ ĐỂ TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ

Tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ hoàn toàn có thể sử dụng trong tự động hoá thiết kế qui trình công nghệ bằng máy tính điện tử. Để sử dụng tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ thực hiện tự động hoá thiết kế thì tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ được xây dựng dưới dạng giải thuật.

Quá trình thiết kế qui trình công nghệ trên cơ sở qui trình công nghệ điển hình thường sử dụng công cụ gọi là "đĩa quay". Nguyên lý làm việc của đĩa này giống như thiết bị tính toán có bảng chia kiểu vòng tròn như hình 3.10.



**Hình 3.10:** *Giản đồ với các đĩa quay để xác định của qui trình công nghệ điển hình của chi tiết gia công*

Bản chất của công cụ này là căn cứ vào các yêu cầu về chi tiết gia công để xác định mã số được ghi trên các vành đĩa đồng tâm. Hai mã đầu được xác định nhờ đĩa đồng tâm một và hai, là những số mã số phân loại chi tiết gia công. Mã số thứ ba và thứ tư được dùng để xác định mã số bề mặt gia công. Trên đĩa quay nhờ có lời giải kiểu "có hay không" để xác định được mã số qui trình điển hình qua các khe hiển thị.

Nhờ công cụ này có thể xác định được mã số qui trình công nghệ điển hình dễ dàng. Sau khi xác định được mã số qui trình công nghệ điển hình sẽ dễ dàng xác định tất cả những dữ liệu của qui trình công nghệ điển hình.

Thuật giải hoá công cụ "đĩa quay" xác định mã số qui trình công nghệ điển hình hoàn toàn cho phép sử dụng tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ để tự động hoá quá trình thiết kế. Sử dụng tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ để tự động hoá quá trình thiết kế cần thực hiện các bước sau:

- 1- *Xây dựng, hoàn thiện tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ và các qui trình công nghệ điển hình.*
- 2- *Lưu trữ thông tin các qui trình công nghệ điển hình vào máy tính.*
- 3- *Xây dựng giải thuật, chương trình xác định mã số qui trình công nghệ cho*

### *chi tiết cần gia công.*

Việc tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ điển hình và việc tổ chức lưu trữ tài liệu công nghệ trên máy tính được thấy rõ qua việc chuẩn hoá qui trình công nghệ điển hình và việc tổ chức lưu trữ tài liệu công nghệ cho các loại chi tiết sau :

- 1- Các loại chi tiết kiểu tròn xoay có  $D \leq 300\text{mm}$  ,  $L \leq 1200\text{mm}$
- 2- Các loại chi tiết kiểu tròn xoay có  $D \leq 600\text{mm}$  ,  $L \leq 500\text{mm}$  và tỷ lệ  $L/D \leq 1,3$ ;
- 3- Với các loại chi tiết dạng lục lăng không có lỗ cơ bản có bề rộng  $D \leq L/3$ , chiều dày  $H \leq B$  và chiều dài  $D \leq 1200\text{mm}$ .

Quá trình chuẩn hoá tài liệu qui trình công nghệ điển hình được thực hiện theo các yêu cầu sau:

- Phương pháp sản xuất phôi theo công nghệ không tự động hoá.
- Tạo điều kiện xác định tự động các tài liệu công nghệ
- Chuẩn hoá việc thu thập thông tin.
- Cho phép lựa chọn biện pháp và các phương tiện phụ trong việc thực hiện qui trình công nghệ, biện pháp để cân bằng công suất trong sản xuất, kiểm tra các hoạt động điều chỉnh sản xuất

Chúng ta bắt đầu từ sơ đồ tiến trình công nghệ mô tả các phương án tiến trình công nghệ gia công chi tiết khả thi. Sơ đồ này đảm bảo các vấn đề sau:

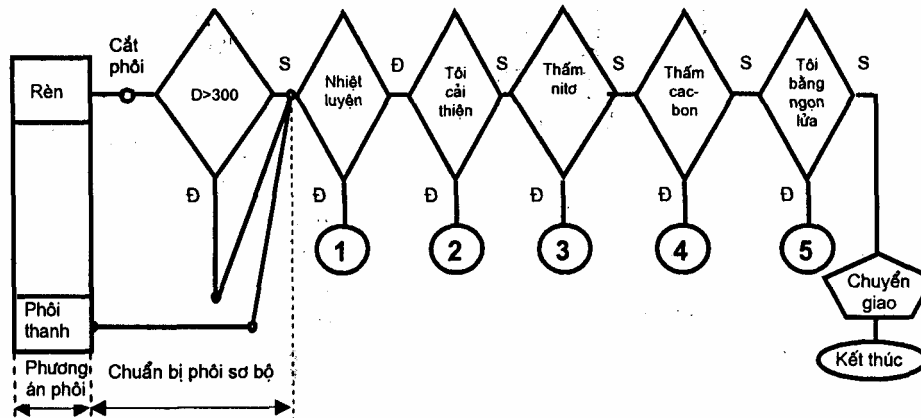
- 1- Bao trùm toàn bộ quá trình và phương pháp gia công liên quan đến nguyên công gia công cắt gọt, vì vậy nó được gọi tên là tiến trình công nghệ;
- 2- Bao trùm toàn bộ các phương án của quá trình chế tạo trong gia công các lớp chi tiết ;
- 3- Mô hình hoá qui trình công nghệ gia công tất cả các loại sản xuất có thể,
- 4- Lĩnh vực sử dụng được mở rộng từ những nhà máy nhỏ đến mức độ hợp tác sản xuất các xí nghiệp trong toàn ngành công nghiệp.

Sự hoàn thiện sơ đồ tiến trình công nghệ phải thể hiện được ở các mức sau:

- 1- Trong biểu đồ bao gồm nhiều nhánh tức là những khả năng công nghệ thực hiện bằng nhiều phương án lựa chọn được trên cơ sở đó có thể lựa chọn được giải pháp có thể, mang lại lời giải công nghệ tốt nhất.
- 2- Những công nghệ có khả năng biến đổi nằm trong sơ đồ.
- 3- Tùy thuộc vào những yêu cầu đề ra ở mức của giai đoạn quá trình công nghệ, hay của nguyên công, hay của bước gia công mà phải chi tiết hoá các lựa chọn lựa tương ứng.

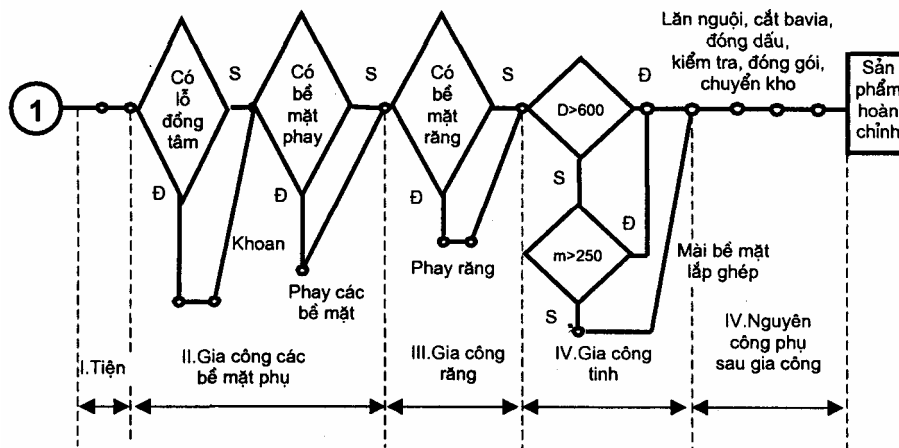


Hình 3.11 là sơ đồ các phương án tạo phôi và các nguyên công chuẩn bị phôi cho các loại trục.



**Hình 3.11:** Sơ đồ các phương án tạo phôi và các nguyên công chuẩn bị phôi để gia công chi tiết trục

Hình 3.12 là sơ đồ tiến trình công nghệ theo các lựa chọn (có thể, không thể) gia công các trục không nhiệt luyện.



**Hình 3.12:** Sơ đồ tiến trình công nghệ để gia công trục không nhiệt luyện

Trên hình 3.11 và 3.12 với ảnh hưởng quan trọng là nguyên công nhiệt luyện và yêu cầu độ chính xác ở cấp IT15 đã cho tới 300 nghìn phương án. Sơ đồ tiến trình công nghệ là cơ sở để tự động hoá xây dựng những tài liệu công nghệ theo các phương án có thể để thực hiện được. ưu điểm của sơ đồ tiến trình công nghệ là ở chỗ nó có thể thực hiện chuẩn hoá tiến trình công nghệ trong từng giai đoạn, như ví dụ trên, đó là:

I- Gia công thô có gia công nhiệt luyện và không gia công nhiệt luyện:

1- cắt phôi,

2- khoan (khoan rộng lỗ), doa lỗ;

- 3- tiện thô;
- 4- tẩy vẩy,
- 5- gia công nhiệt luyện;
- 6- tẩy vẩy.

II- Gia công các bề mặt tròn xoay:

- 1- tiện thô;
- 2- mài tròn trong.

III - Gia công các bề mặt không đồng trục:

- 1- chuốt;
- 2- khoan các lỗ ngang,
- 3- phay các bề mặt không đồng trục,
- 4- tẩy sạch các cạnh sắc.

IV - Gia công răng:

- 1- cắt răng;
- 2- gia công các cạnh mép răng,
- 3- cà răng.

V - Thám cacbon.

VI - Gia công các bề mặt phụ:

- 1- gia công vai,
- 2- khoan lỗ phụ;
- 3- phay các bề mặt phụ;
- 4- Chuốt,
- 5- làm sạch các cạnh sắc - bavia.

VII - Tôi:

- 1 - tôi cứng .

VIII - Gia công tinh:

- 1- mài tròn trong;
- 2- mài phẳng;
- 3- mài tròn ngoài, mài răng.

IX- Những nguyên công phụ:

1- đóng dấu (dán mác);

2- kiểm tra cuối cùng, đóng gói.

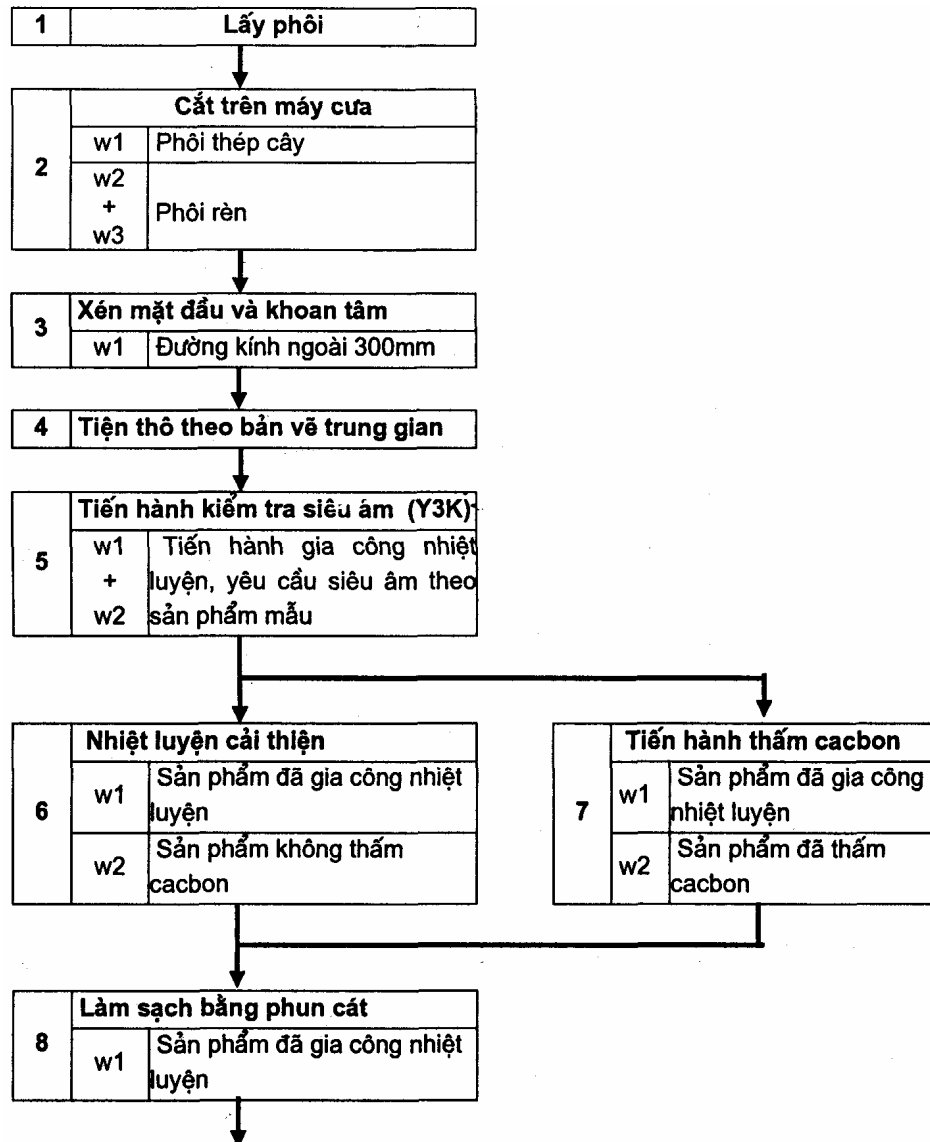
Ngoài hình thức sơ đồ tiến trình công nghệ như trên, ta có thể sử dụng mô hình kiểu lưới nguyên công. Mô hình kiểu lưới với các đặc tính lựa chọn để lựa chọn các phương án theo tầng. Đặc tính lựa chọn gồm có:

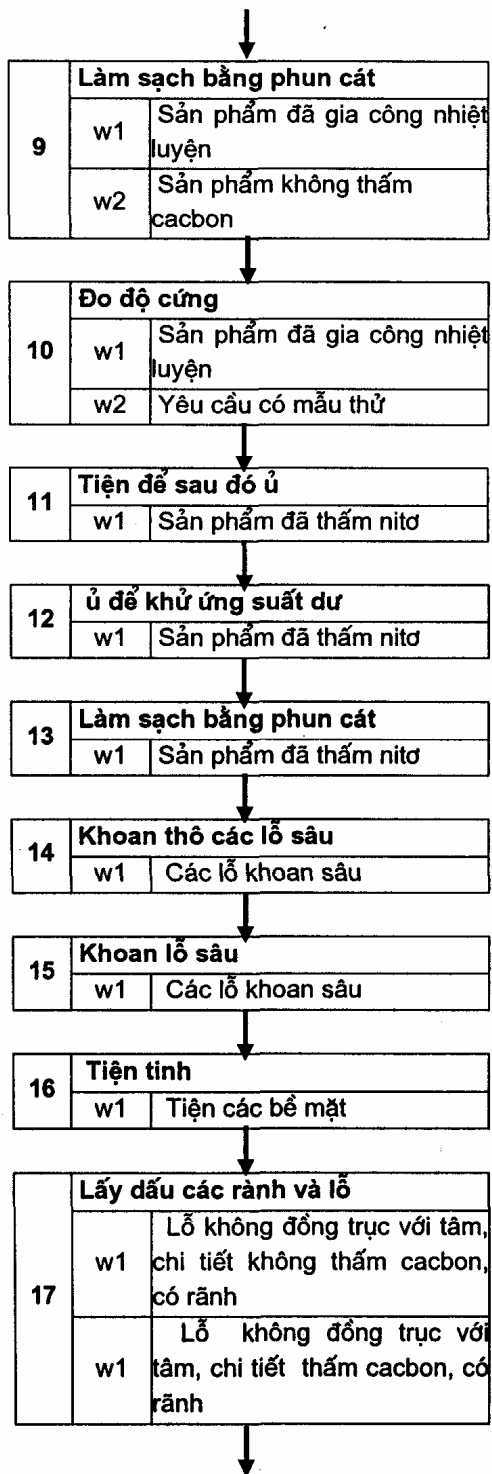
1- Nhất thiết,

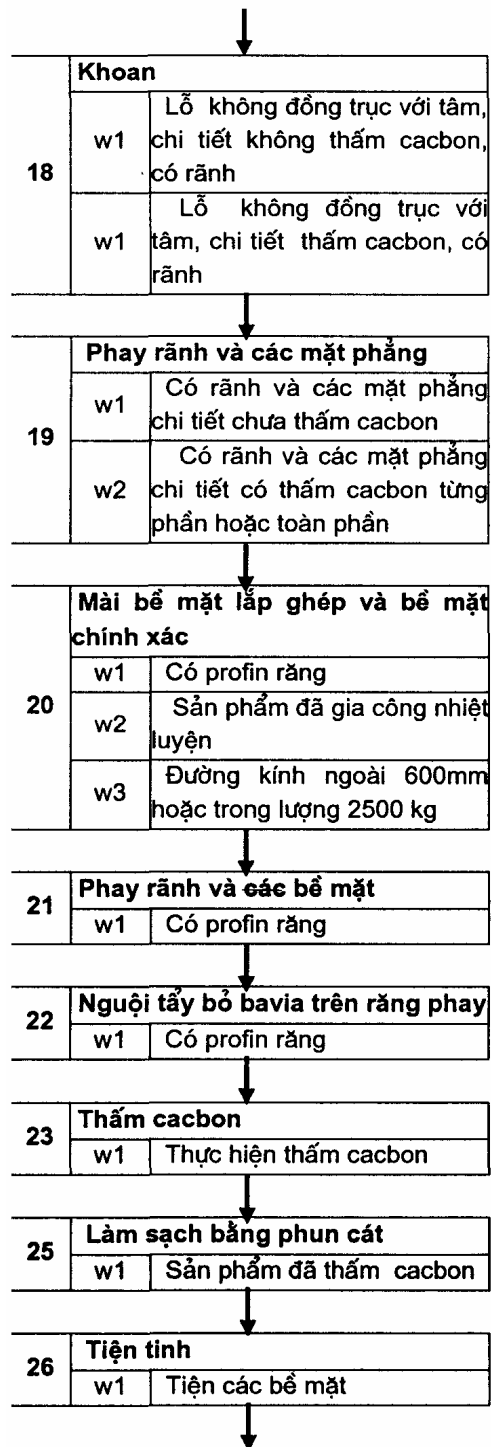
2- Lựa chọn;

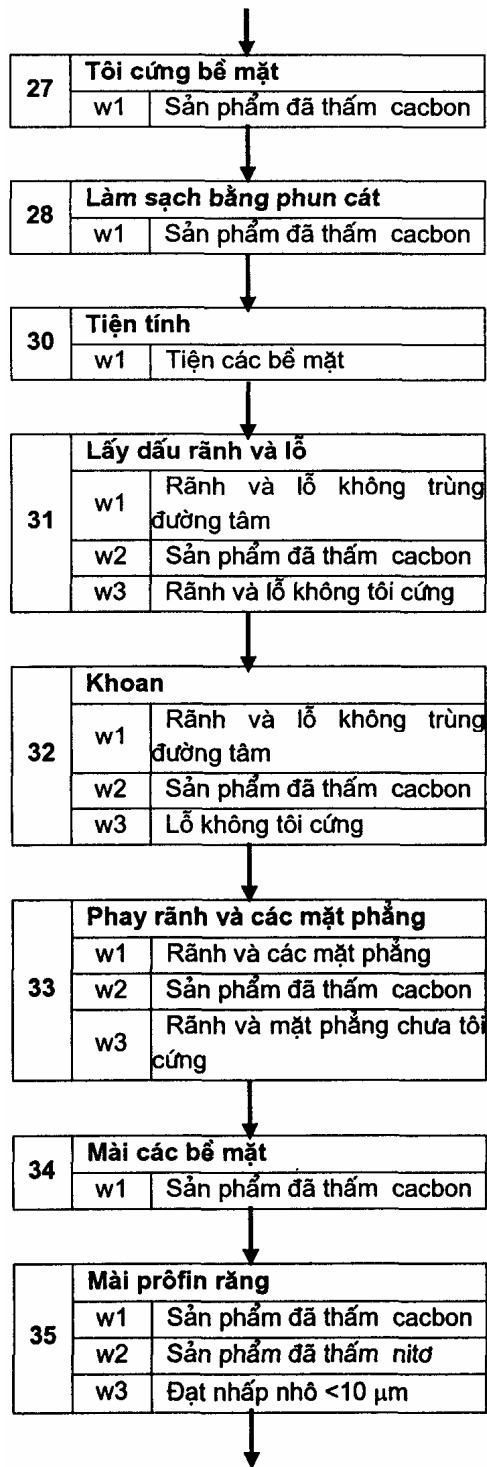
3- Có thể lựa chọn được.

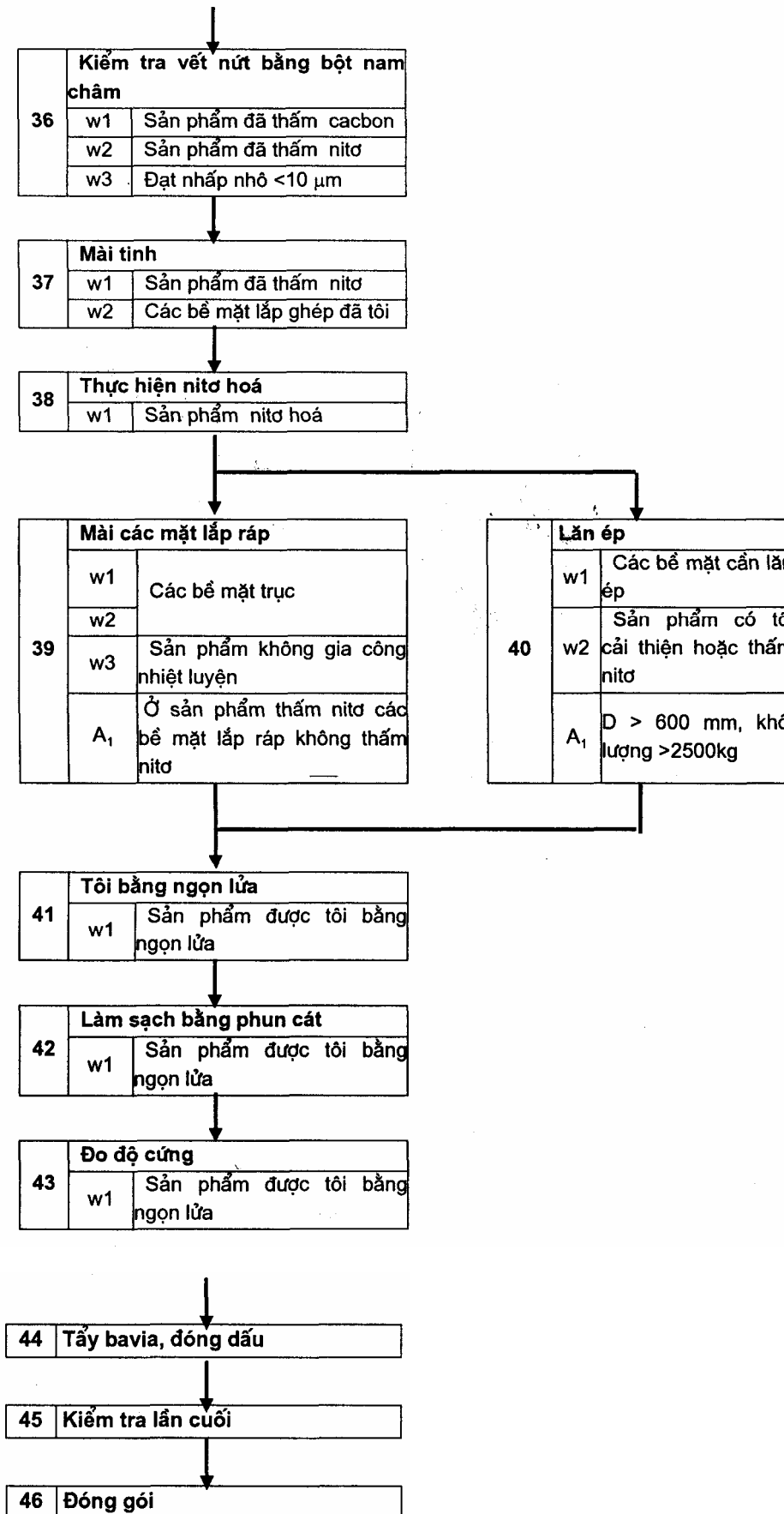
Từ sơ đồ tiến trình công nghệ hoặc mô hình lưới công nghệ ta tiến hành xác định các thông số của chi tiết gia công, máy công cụ, dụng cụ cắt, đồ gá, các phương tiện kiểm tra và thử nghiệm. Tất cả những thông tin trên được chuẩn hoá thành tài liệu công nghệ cho qui trình công nghệ điển hình. Thí dụ chuẩn hoá tài liệu công nghệ chi tiết dạng trục được trình bày trên hình 3.13 sau đây:





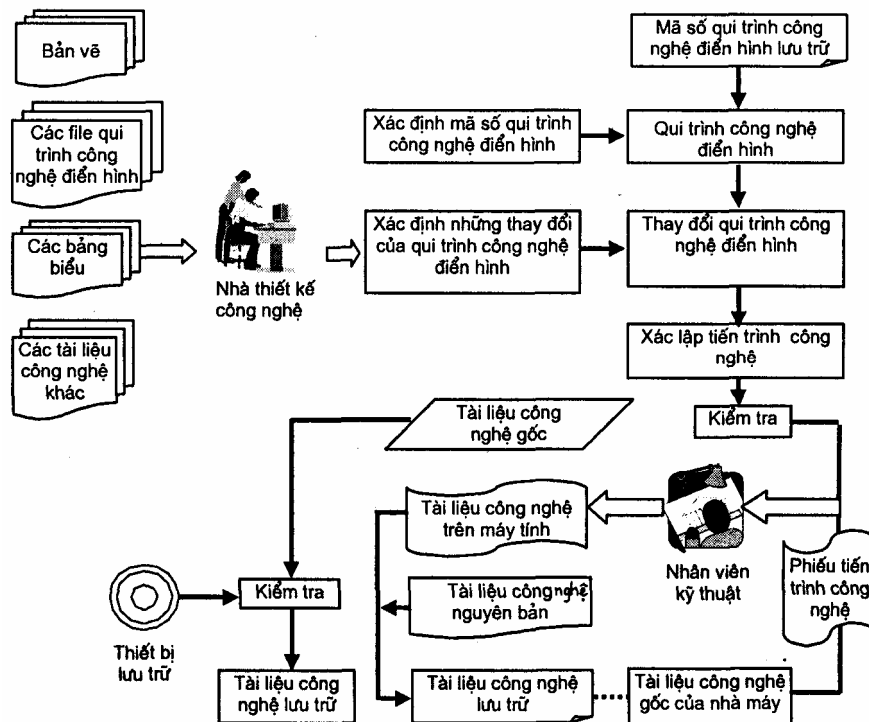






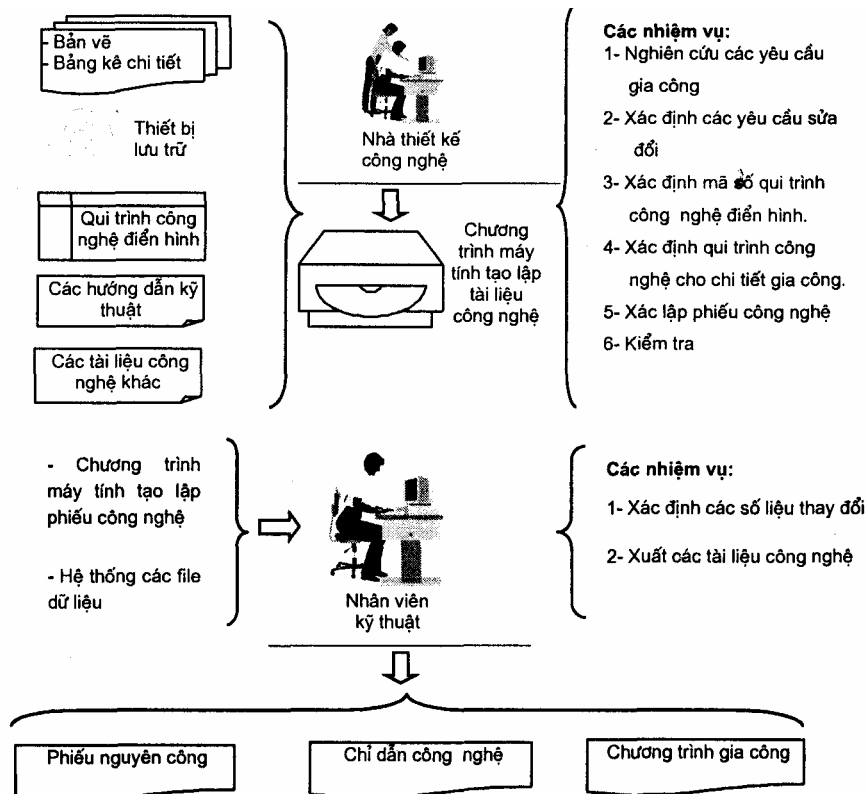
Hình 3.13: Sơ đồ chuẩn hoá các tài liệu công nghệ cao qui trình công nghệ điện hình

Từ kết quả chuẩn hoá tài liệu công nghệ, công việc tiếp theo là tổ chức lưu trữ tài liệu công nghệ trên máy tính. Quá trình tổ chức lưu trữ tài liệu công nghệ trên máy tính được trình bày trên hình 3.14.



**Hình 3.14:** Các giai đoạn tổ chức lưu trữ các tài liệu công nghệ trên cơ sở các qui trình điển hình trên máy tính

Hình 3.15 trình bày sơ đồ tự động hoá tổ chức lưu trữ các tài liệu công nghệ.



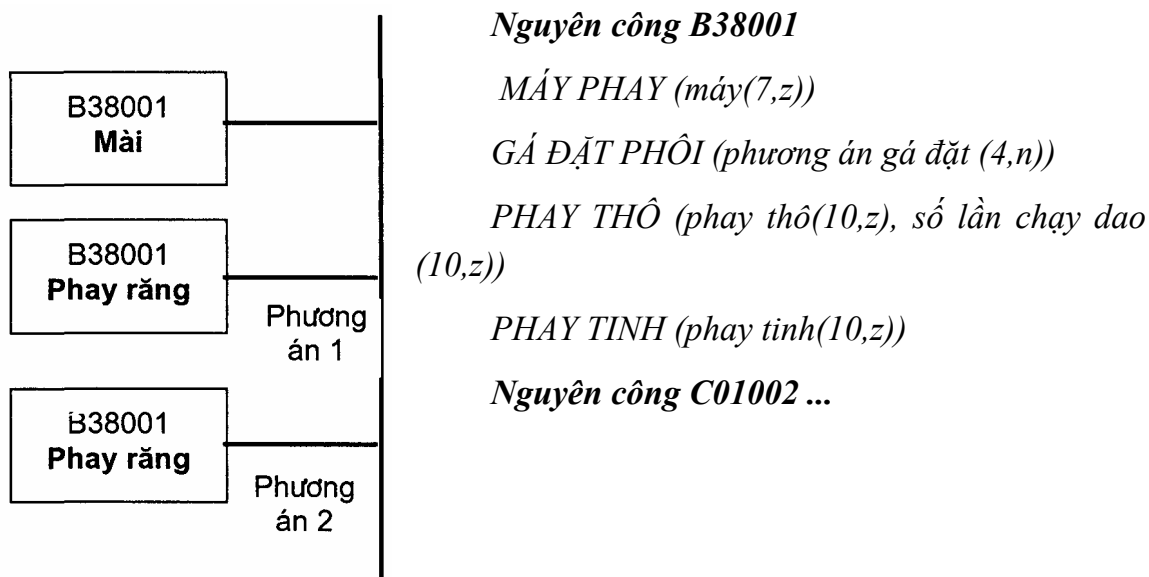
**Hình 3.15:** Sơ đồ tổ chức lưu trữ tài liệu công nghệ qui trình điển hình trên máy tính



Các file chứa tài liệu công nghệ cần phải đảm bảo:

- 1- Những thông tin cần phải được chuyển đổi vào máy tính phù hợp.
- 2- Dữ liệu cho mỗi nguyên công phải được sắp xếp theo một trình tự giống như sắp xếp nguyên công tương ứng.
- 3- Phải cung cấp đầy đủ các chỉ dẫn tỷ mỉ, khoa học.

Hình 3.16 trình bày việc tổ chức lưu trữ nguyên công phay răng theo phương án 1.



**Hình 3.16:** Tổ chức lưu trữ nguyên công

Hình thức lưu trữ nội dung phiếu công nghệ được trình bày trên hình 3.17.

Mã 300	Chương trình máy tính tạo lập phiếu công nghệ	Mã số qui trình công nghệ điển hình
Mã số phiếu Mã số sản phẩm		
Nội dung phiếu nguyên công		
Tờ số N	Số tờ	Tên chi tiết
N <sub>0</sub> sản phẩm 08 0028 52270/2-01		

**Hình 3.17:** Hình thức lưu trữ phiếu công nghệ

**Chương IV**  
**TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU**  
**QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**

**4.1 . NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ THIẾT KẾ TỐI ƯU QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ**

Một trong những vấn đề mấu chốt cần giải quyết để nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của quá trình chế tạo cơ khí là qui trình công nghệ phải tối ưu.

Tối ưu hoá qui trình công nghệ là đòi hỏi tất yếu, khách quan của nền sản xuất cơ khí hiện đại, bởi vì:

- *Các thiết bị, máy móc càng hiện đại thì có khả năng tự động hoá càng cao và đắt tiền. Việc sử dụng máy móc đắt tiền chỉ có thể đạt hiệu quả cao khi qui trình công nghệ phải tối ưu.*
- *Trong cơ chế kinh tế thị trường, sản phẩm cơ khí đòi hỏi giá thành chế tạo phải rẻ nhất trên cơ sở chất lượng sản phẩm đạt yêu cầu đề ra. Giá thành chế tạo sản phẩm chỉ có thể là nhỏ nhất khi được chế tạo bằng qui trình công nghệ tối ưu.*

Một qui trình công nghệ tối ưu là qui trình công nghệ phải đảm bảo:

- *Phương pháp gia công được sử dụng phải tối ưu.*
- *Các bước gia công và thứ tự gia công phải tối ưu.*
- *Máy công cụ được sử dụng phải tối ưu.*
- *Dụng cụ cắt được sử dụng phải tối ưu.*
- *Trang bị công nghệ được sử dụng phải tối ưu.*
- *Các thông số công nghệ (chế độ cắt) phải tối ưu.*
- *Kết hợp các qui trình công nghệ trong xí nghiệp phải tối ưu.*
- .v. v.

Tối ưu hoá qui trình công nghệ thực hiện bằng hai hình thức sau:

- *Tối ưu hoá trước quá trình cắt gọt (tối ưu hoá tĩnh) là phương pháp xác định các thông số cắt gọt tối ưu trước khi quá trình cắt gọt diễn ra, thông qua việc xây dựng mối quan hệ toán học giữa mục tiêu tối ưu với một hệ thống giới hạn và các mặt kỹ thuật, chất lượng, tổ chức nhà máy. Tối ưu hoá trước quá trình cắt gọt dựa trên mô hình tĩnh của quá trình cắt. Nhược điểm cơ bản của phương pháp này là không chú ý tới động lực học của quá trình, nghĩa là không chú ý tới những đặc điểm mang tính ngẫu nhiên và thay đổi theo thời*

*gian. Điều này có thể khắc phục phần nào khi có sự điều chỉnh lại trong thực tế.*

- *Tối ưu hoá trong quá trình cắt gọt (tối ưu hoá động) dựa trên mô hình động của quá trình cắt gọt, do đó có xét tới các đặc điểm mang tính ngẫu nhiên và thay đổi theo thời gian. Tối ưu hoá động thì các thông số công nghệ được điều chỉnh tự động ngay cả trong quá trình cắt. So với tối ưu hoá tĩnh, tối ưu hoá động giải quyết các vấn đề triệt để nhưng cũng phức tạp hơn rất nhiều, bởi lẽ tối ưu hoá động gắn với đo lường tích cực, điều khiển thích nghi và kỹ thuật tự động hoá.*

Hiệu quả của phương pháp tối ưu hoá phụ thuộc vào mức độ chính xác của mô hình thí nghiệm so với quá trình cắt thực và mức độ chính xác của mô hình toán học được xây dựng để khảo sát đối tượng trong quá trình nghiên cứu. Muốn tối ưu hoá quá trình cắt gọt phải xây dựng mô hình nghiên cứu dựa trên các điều kiện gia công cụ thể. Về mặt thực tiễn nếu phân tích được càng nhiều yếu tố ảnh hưởng tới quá trình gia công thì vấn đề được giải quyết càng toàn diện và triệt để. Nhưng về mặt toán học thì quá trình nghiên cứu càng phức tạp thì càng khó áp dụng vào sản xuất. Ngược lại nếu bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng thì kết quả thu được không chính xác. Do đó, cần giới hạn bài toán sao cho thích hợp. Ngoài ra hiệu quả của phương pháp tối ưu hoá cũng còn phụ thuộc mức độ chính xác và ổn định của dụng cụ đo cũng như phụ thuộc vào kỹ thuật xử lý số liệu.

Thực chất phương pháp tối ưu hoá là xây dựng rồi giải bài toán cực trị để xác định được phương án tối ưu hoá cho quá trình nghiên cứu. Nhận xét đó cho thấy:

- *Tối ưu hoá là một phương pháp, một công cụ cho các nhà nghiên cứu kinh tế - kỹ thuật*
- *Tối ưu hoá gắn liền với mô hình hoá. Hay nói một cách khác, mô hình hoá là bước thứ nhất của tối ưu hoá.*

Công việc đầu tiên của bài toán tối ưu hoá là xây dựng hàm mục tiêu. Hàm mục tiêu khi thiết kế tối ưu quá trình cắt gọt mô tả quan hệ giữa chỉ tiêu tối ưu với các thông số cần tối ưu.

Chỉ tiêu tối ưu ( còn gọi là mục tiêu tối ưu ) phải là các chỉ tiêu kinh tế được xây dựng trên cơ sở giá thành và thời gian gia công, thường được chọn với các đại lượng sau:

- *Chi phí gia công tính cho một đơn vị sản phẩm  $\Rightarrow$  thấp nhất.*
- *Thời gian gia công cho một chi tiết  $\Rightarrow$  thấp nhất.*
- *Tỷ lệ giữa chi phí gia công và thời gian gia công  $\Rightarrow$  thấp nhất.*
- *Số lượng sản phẩm trong một đơn vị thời gian  $\Rightarrow$  cao nhất.*

- *Tiền lãi  $\Rightarrow$  cao nhất.*
- *Độ chính xác đạt được  $\Rightarrow$  cao nhất*
- *Độ bóng bề mặt đạt được  $\Rightarrow$  cao nhất*

Trong các chỉ tiêu trên thì chỉ tiêu về chi phí gia công thấp nhất có vai trò quan trọng nhất. Bởi vì xét cho đến cùng giá thành chế tạo thấp nhất trên cơ sở đảm bảo chất lượng, các yêu cầu kỹ thuật của chi tiết gia công sẽ quyết định tính cạnh tranh của sản phẩm trong cơ chế kinh tế thị trường.

Thực hiện thiết kế tối ưu qui trình công nghệ tối ưu cần phải giải quyết hàng loạt vấn đề tối ưu rất đa dạng, phức tạp nên cần phải có xác định những vấn đề tối ưu cơ bản khi thiết kế tối ưu qui trình công nghệ. Các bài toán tối ưu cơ bản khi thiết kế qui trình công nghệ đó

*\*) Bài toán tối ưu bước gia công*

Bài toán tối ưu bước gia công phải giải quyết :

- *Bề mặt gia công tiến hành qua bao nhiêu bước gia công là tối ưu?*
- *Các bước gia công này sử dụng phương pháp gia công nào là tối ưu?*
- *Máy công cụ, dụng cụ cắt, trang bị công nghệ sử dụng trong các bước gia công như thế nào là tối ưu ?*
- *Thứ tự các bước gia công như thế nào là tối ưu ?*
- *Chế độ cắt tối ưu của từng bước gia công như thế nào ?*

*\*) Bài toán tối ưu nguyên công*

Từ các bước gia công tối ưu, tổ hợp một cách tối ưu cho ta cấu trúc và thứ tự các nguyên công tối ưu .

Nguyên công được tạo thành bởi các yếu tố :

- *Các bước gia công được thực hiện trong nguyên công đó.*
- *Máy công cụ .*
- *Các dụng cụ cắt được sử dụng trong nguyên công đó.*
- *Đồ gá và trang bị công nghệ được sử dụng trong nguyên công đó*
- *Hình thức thao tác gá đặt.*
- *Hình thức thao tác điều chỉnh, điều khiển.*
- *Chế độ cắt tối ưu cho từng bước gia công .*
- *Cấu trúc không gian và thời gian.*

Hình thức, số lượng và sự tác động, liên hệ giữa các yếu tố trên tạo nên cấu trúc từng nguyên công.

Bài toán tối ưu cấu trúc nguyên công là xác định loại, hình thức, số lượng sự liên hệ tác động, v.v. của các yếu tố của từng nguyên công đạt tối ưu

\*) *Bài toán tối ưu chế độ cắt*

Cả hai trường hợp tối ưu bước gia công và tối ưu nguyên công đều cần phải tối ưu chế độ cắt.

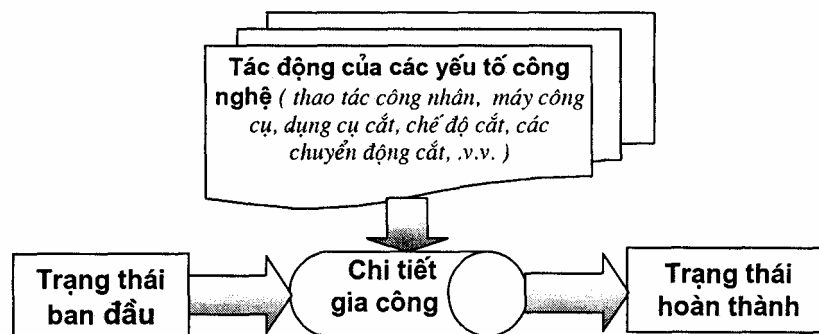
Tối ưu hoá chế độ cắt về thực chất là tìm giá trị các thông số của chế độ cắt (t, S, V) trên cơ sở đạt được mục tiêu tối ưu cực trị thoả mãn các hệ ràng buộc về kinh tế-kỹ thuật khi gia công cắt gọt.

## 4.2 - TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU BƯỚC GIA CÔNG VÀ NGUYÊN CÔNG

### 4.2.1- Nguyên tắc cơ bản để tối ưu bước gia công

Quy trình công nghệ gia công chế tạo các chi tiết là tập hợp các bước gia công của các bề mặt cần gia công. Bước gia công được xây dựng trên cơ sở các bề mặt gia công và yêu cầu kỹ thuật cần đạt của các bề mặt đó.

Sự hình thành các bước gia công được xây dựng từ qui luật logic của quá trình biến đổi trạng thái, tính chất của đối tượng gia công (chi tiết gia công) với cấu trúc bước gia công như hình 4.1.



**Hình 4.1:** Cấu trúc bước gia công

Quy trình công nghệ là một chuỗi liên tục các chuyển biến trạng thái cho đến trạng thái cuối cùng của chi tiết gia công. Như vậy thiết kế bước gia công là ta xác định chuỗi liên tục các chuyển biến trạng thái đó.

Chuỗi chuyển tiếp trạng thái của chi tiết gia công chỉ có thể tối ưu khi:

- Số lần chuyển biến trạng thái là tối ưu.
- Thứ tự chuyển biến trạng thái là tối ưu.
- Tác động các yếu tố công nghệ là tối ưu. Nói cách khác là các thao tác của công nhân phải tối ưu; máy công cụ, dụng cụ cắt, đồ gá và trang bị công nghệ được sử dụng phải tối ưu; chế độ cắt phải tối ưu, v.v.

Như vậy nội dung khi thiết kế tối ưu bước gia công là phải thực hiện tối ưu các

vấn đề chính sau:

1- Để hoàn thành chi tiết gia công thì phải tiến hành qua bao nhiêu bước gia công là tối ưu ? Các bước gia công này sử dụng phương pháp gia công nào là tối ưu ?

2- Thứ tự các bước gia công như thế nào là tối ưu ?

3- Máy công cụ sử dụng trong các bước gia công như thế nào là tối ưu ?

4- Dụng cụ cắt sử dụng trong các bước gia công như thế nào là tối ưu ?

5- Đồ gá, trang bị công nghệ sử dụng trong các bước gia công như thế nào là tối ưu ?

6- Chế độ cắt tối ưu của từng bước gia công như thế nào ?

Để giải quyết được các nội dung này khi tối ưu bước gia công là công việc rất lớn và phải có phương pháp hợp lý.

Trong đó ta thấy:

- Tối ưu số bước gia công thì cơ sở là khả năng của các phương pháp gia công.
- Tối ưu thứ tự bước gia công thì cơ sở là logic chuyển trạng thái của chi tiết gia công.
- Tối ưu các nội dung còn lại thì cơ sở là tác động các yếu tố công nghệ đến kết quả chuyển biến trạng thái của chi tiết gia công.

Về nguyên tắc để xây dựng bài toán tối ưu bước gia công qua hai bước :

Bước 1- mô hình toán học bài toán tối ưu:

*Đó là thiết lập tập các phương án khả dĩ*

Bước 2 - giải và biện luận bài toán tối ưu:

*Đó là căn cứ vào mục tiêu tối ưu, so sánh các phương án khả dĩ để xác định được phương án tối ưu.*

Điều quan trọng là ta phải xác định được phương pháp mô hình toán học và giải bài toán tối ưu bước gia công. Mỗi phương pháp sẽ có các hình thức thiết lập tập các phương án bước gia công khả dĩ khác nhau, cũng như có phương pháp so sánh để xác định phương án tối ưu bước gia công khác nhau.

Tổng quát bài toán tối ưu bước gia công được xây dựng như sau:

- Ta có chi tiết gia công có  $N$  bề mặt cần gia công. Trong cơ sở sản xuất có  $M$  máy công cụ, có  $E$  loại dụng cụ cắt và  $F$  loại đồ gá. Như vậy trong cơ sở sản xuất sẽ có  $P$  phương pháp gia công.
- Mỗi bề mặt thứ  $i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) có thể đạt được bằng tập  $a_{i1}$  phương án phân

chia số bước gia công. Ta có số phương án phân chia số bước gia công (SPACB) là:

$$SPACB = \sum_{i1=1}^N \left( \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} P_{i2} \right)_{i1} \quad (4.1)$$

- Ở mỗi phương án phân chia bước gia công thì có số bước gia công là  $\beta_{i2}$ . Ta có số phương án bước gia công (SPAB) là:

$$SPAB = \sum_{i1=1}^N \left( \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} \left( \sum_{i3=1}^{\beta_{i2}} B_{i3} \right)_{i2} \right)_{i1} \quad (4.2)$$

- Mỗi bước gia công có thể gia công được trên  $\Psi_{i3}$  máy công cụ.

Ta có số phương án sử dụng máy công cụ (SPAM) là:

$$SPAM = \sum_{i1=1}^N \left( \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} \left( \sum_{i3=1}^{\beta_{i2}} \left( \sum_{i4=1}^{\Psi_{i3}} M_{i4} \right)_{i3} \right)_{i2} \right)_{i1} \quad (4.3)$$

- Mỗi bước gia công trên một máy công cụ có thể gia công bằng một phương pháp gia công trong tập  $\varphi_{i4}$  Phương pháp gia công có thể dùng được. Ta có số phương án dùng các phương pháp gia công (SPAG) ứng với số phương án bước gia công là:

$$SPAG = \sum_{i1=1}^N \left( \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} \left( \sum_{i3=1}^{\beta_{i2}} \left( \sum_{i4=1}^{\Psi_{i3}} \left( \sum_{i5=1}^{\varphi_{i4}} G_{i5} \right)_{i4} \right)_{i3} \right)_{i2} \right)_{i1} \quad (4.4)$$

- Mỗi phương pháp gia công có thể sử dụng  $\Omega_{i6}$  loại dụng cụ cắt khác nhau và có thể sử dụng tập  $\theta_{i5}$  Phương án gá đặt. Như vậy các phương án bước gia công khả dĩ (SPAKD) là:

$$SPAKD = \sum_{i1=1}^N \left[ \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} \left[ \sum_{i3=1}^{\beta_{i2}} \left[ \sum_{i4=1}^{\Psi_{i3}} \left[ \sum_{i5=1}^{\varphi_{i4}} \left[ \sum_{i6=1}^{\theta_{i5}} \left[ \sum_{i7=1}^{\Omega_{i6}} KD_{i7} \right]_{i6} \right]_{i5} \right]_{i4} \right]_{i3} \right]_{i2} \right]_{i1} \quad (4.5)$$

- Nếu ta ký hiệu  $C_i$  là chi phí gia công của bước gia công thứ  $i$  ta có được hàm chi phí gia công cắt gọt ( $C$ ) là:

$$C = \sum_{i1=1}^N \left[ \sum_{i2=1}^{\alpha_{i1}} \left[ \sum_{i3=1}^{\beta_{i2}} \left[ \sum_{i4=1}^{\Psi_{i3}} \left[ \sum_{i5=1}^{\varphi_{i4}} \left[ \sum_{i6=1}^{\theta_{i5}} \left[ \sum_{i7=1}^{\Omega_{i6}} C_{i7} \right]_{i6} \right]_{i5} \right]_{i4} \right]_{i3} \right]_{i2} \right]_{i1} \quad (4.6)$$

Từ mô hình hoá toán học các phương án bước gia công khả dĩ này, ta xác định  $i1$

,  $i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$  sao cho chi phí gia công của công thức (4.6) là nhỏ nhất thì ta có:

- Từ các giá trị  $i_1, i_2, i_3$  cho ta số bước gia công tối ưu.
- Từ các giá trị  $i_1, i_2, i_3, i_4$  cho ta xác định được sử dụng máy công cụ tối ưu cho từng bước gia công.
- Từ các giá trị  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5$  cho ta xác định được phương pháp gia công tối ưu cho từng bước gia công.
- Từ các giá trị  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$  cho ta xác định được phương pháp gá đặt tối ưu cho từng bước gia công.
- Từ các giá trị  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$  cho ta xác định được dụng cụ cắt tối ưu cho từng bước gia công.

Song để tìm được các giá trị  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$  tối ưu, ta phải giải bài toán tối ưu của công thức (4.6) trong không gian 7 chiều thì hiện nay không có phương pháp giải. Bởi vậy mà ta phải tìm cách xây dựng mô hình hoá toán học các phương án bước công nghệ sao cho có cách giải. Các tác giả B.C Kopcakob, H.M KanyctNH trong tài liệu [6] đã đề xuất ba phương pháp: mô hình dạng bảng, mô hình dạng lưới (GRAPH), mô hình chuyển đổi. Giữa ba phương pháp đó ta có thể biến đổi từ dạng này sang dạng khác được. Sau đây ta xem xét phương pháp mô hình dạng lưới (GRAPH).

#### 4.2.2 - Phương pháp tối ưu bước gia công dưới dạng GRAPH lưới công nghệ

Nếu chúng ta coi thời điểm hoàn thành bước gia công thứ  $i$  của  $n$  bước gia công cần thiết cho một sản phẩm là đỉnh một đồ thị (GRAPH công nghệ), cung nối giữa hai đỉnh đồ thị là chi phí cho việc hình thành hình dạng sản phẩm từ bước gia công nào đó sang bước gia công  $i$  thì ta có thể mô hình bài toán dưới dạng lưới GRAPH bước công nghệ :

Quá trình công nghệ cắt gọt được biểu thị bằng hàm số :

$$Q = F(p,s) \quad (4.7)$$

trong đó :

- \*)  $Q$  là thứ tự bước công nghệ;
- \*)  $F$  là hàm chuyển;
- \*)  $p$  là tập hữu hạn các bước gia công,  $p$  có thể xác định bằng hàm số :

$$p = \sum_{i=1}^n \phi_i(\alpha_1, \alpha_2, \dots) \quad (4.8)$$

với :

- $\phi_{i\alpha_j}$ - hàm khả chuyển bước gia công nào đó đến bước gia công thứ  $i$ ;
- $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  - các lôgic khả chuyển bước gia công  $n$ ;



$n$  - là số lượng các bước gia công của chi tiết,

$s$  - giá (chi phí) các bước gia công,  $s = \beta_i(\gamma_1, \gamma_2, \dots)$ ;

trong đó:

$\beta_i$  là hàm giá ứng với bước gia công thứ  $i$  và do dịch chuyển từ bước gia công nào đó đến bước gia công thứ  $i$ ,

$\gamma_1, \gamma_2, \dots$ , các điều kiện máy, dao, đồ gá, chế độ cắt, ...

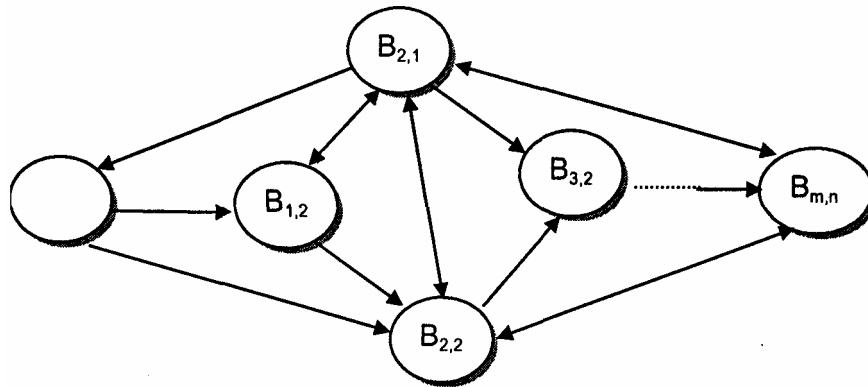
Như vậy: 
$$Q = F\left(\sum_{i=1}^n \phi_i(\alpha_1, \alpha_2, \dots), \beta_i(\gamma_1, \gamma_2, \dots)\right) \quad (4.9)$$

Gia công 1 chi tiết nào đó là chúng ta gia công tập hợp các bề mặt cần gia công, 1 bề mặt ta phải tiến hành qua một số bước gia công. Để dễ nhận biết bước nào đó gia công bề mặt nào ta kí hiệu  $B_{j,i}$  là bước gia công thứ  $j$  của bề mặt thứ  $i$ . Việc đánh số thứ tự không phải có ý nghĩa là bước gia công có số thứ tự nhỏ thì phải gia công trước, mà chỉ có tính chất qui ước.

Kí hiệu :  $B_{j,i}$  là thời điểm gia công bước thứ  $j$ ,

$C_{j,i}$  là chi phí (giá) bước gia công thứ  $j$ .

Biểu diễn GRAPH bước công nghệ của qui trình công nghệ như hình 4.2 .



**Hình 2.2:** GRAPH bước công nghệ

Trong GRAPH bước công nghệ trên, nếu cung là mũi tên 2 chiều thì có nghĩa là có thể bước gia công nào đặt trước cũng được, còn cung là mũi tên 1 chiều thì bắt buộc bước gia công mà mũi tên đi ra phải gia công trước bước gia công mà mũi tên hướng đến.

Tổng các đường đi có thể mà đi qua một lần tất cả các đỉnh là tập các phương án thứ tự gia công khả dĩ.

Giải bài toán tối ưu thứ tự bước gia công là chúng ta giải bài toán đường đi ngắn nhất đi qua tất cả các nút mà có "giá" đường đi là cực tiểu

Dạng mô hình GRAPH bước công nghệ này gặp vấn đề rất khó khăn khi xây dựng hàm chuyển và hàm giá tổng quát.

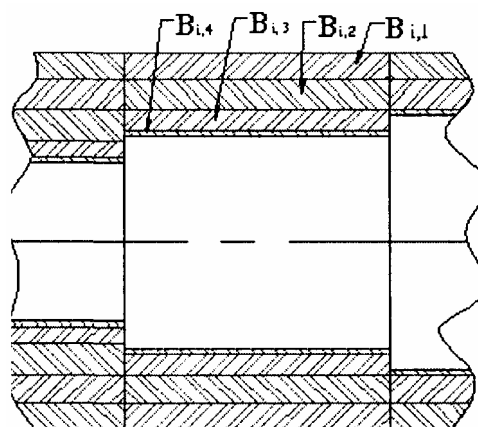
### 4.2.3 - Phương pháp tối ưu bước gia công dưới dạng ma trận chi phí gia công cực trị

Phương pháp này xuất phát từ công thức (4.6) của mô hình hóa toán học bài toán tối ưu bước gia công đã trình bày ở mục 4.2.1 thì để tìm phương án bước tối ưu ta phải giải bài toán tối ưu trong không gian 7 chiều thì hiện nay không có phương pháp giải.

Vấn đề đặt ra là tìm phương pháp chuyển đổi mô hình bài toán đó về không gian 2 hoặc 3 chiều thì dễ dàng tìm ra cách giải bài toán tối ưu bước gia công.

Sau đây là phương pháp chuyển đổi từ không gian 5 chiều, tức là xét đến phương pháp gia công của công thức (4.4) về không gian 2 chiều, hoàn toàn tương tự ta có thể chuyển đổi từ không gian 7 chiều của công thức (4.6) về không gian 2 chiều.

Để xây dựng phương pháp tối ưu bước gia công mới này, ta bắt đầu từ mô hình các bước gia công. Ta xét trường hợp gia công cho một bề mặt với sơ đồ bước gia công như hình 4.3.



Hình 4.3: Chi tiết gia công

Qua sơ đồ các bước gia công ở hình 4.3, ta đánh số bước gia công là  $B_{i,j}$  với  $i$  là bề mặt thứ  $i$ ,  $j$  là bước gia công  $j$  của bề mặt  $i$ .

Giả sử bằng phương pháp nào đó ta xác định các bước gia công tối ưu cho từng bề mặt.

Để hoàn thành bước gia công  $B_{i,j}$  nào đó, ta phải mất chi phí gia công là:

$$C^{i,j} = C^{i,j}_1 + C^{i,j}_2 \quad (4.10)$$

trong đó :

$C^{i,j}_1$  - là chi phí cắt gọt, là thành phần chi phí cho việc cắt gọt ở bước đó, không kể đến chi phí dịch chuyển bước gia công.  $C^{i,j}_1$  bao gồm các thành phần chi phí sau:

- Các chi phí khấu hao ( máy, dụng cụ, . v.v.) trong thời gian để hoàn thành bước gia công;
- Các chi phí về năng lượng, nhiên liệu trong thời gian để hoàn thành bước gia công;
- Chi phí lương công nhân đứng máy trong thời gian để hoàn thành bước gia công;
- Một số chi phí khác.

$C^{i,j}_2$  - là thành phần chi phí dịch chuyển từ bước gia công trước  $B_{i,j}$  sang bước gia

công  $B_{i,j} \cdot C^{i,j}_2$  bao gồm các thành phần chi phí sau:

- Các chi phí vận chuyển;
- Các chi phí thay đổi đồ gá;
- Chi phí thay đổi và điều chỉnh dụng cụ cắt,
- Chi phí khấu hao trong thời gian thay đổi bước gia công;
- Một số chi phí khác.

Nếu như ta xác định được chế độ cắt tối ưu của  $B_{i,j}$  bằng phương pháp gia công  $P_k$  trên máy  $M_q$  thì ta hoàn toàn có thể xác lập được bảng (ma trận) chi phí cắt gọt  $C^{i,j}_1$  như bảng 4.1 .

Bảng 4.1 : Chi phí cắt gọt -  $C^{i,j}_1$

Bề mặt Máy	PP GC	BM <sub>1</sub>				...	BM <sub>i</sub>				...	BM <sub>n</sub>			
		B <sub>1,1</sub>	B <sub>1,2</sub>	...	...		...	...	B <sub>i,j</sub>	...		...	...	B <sub>n,j</sub>	
M <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	∞	#	...	∞	#	#	∞	∞		#	#	#	#	
...	P <sub>k</sub>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
M <sub>q</sub>	...	#	∞	∞	..	∞	#	∞	∞	..	#	#	#	#	
..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
M <sub>m</sub>	...	#	∞	∞	..	∞	#	∞	∞	..	#	#	#	#	

Một số kí hiệu như sau:

- Ký hiệu  $B_{i,j}$  là bước gia công thứ  $j$  của bề mặt thứ  $i$ .
- Ký hiệu  $P_k$  là phương pháp gia công  $k$ .
- $\infty$  có giá trị  $\infty$  thì hoặc bước đó không gia công được bằng phương pháp gia công  $P_k$  trên máy  $M_q$ .
- $\#$  có ký hiệu  $\#$  chứa giá trị chi phí cắt gọt  $C^{i,j}_1$ .

Chú ý : Tính toán thành phần chi phí cắt gọt  $C^{i,j}_1$  phải dựa trên cơ sở tối ưu hoá chế độ cắt, tối ưu hoá sử dụng dụng cụ cắt gọt, v.v..

Để giảm bớt quá trình tính toán tối ưu chế độ cắt và tính chi phí cắt gọt thì ta có thể dựa vào ma trận logic khả năng gia công được trình bày trên bảng 4.2 .

**Bảng 4.2: Logic khả năng gia công**

Máy \ Bề mặt	PP GC	BM <sub>1</sub>			...			BM <sub>i</sub>			...			BM <sub>n</sub>		
		B <sub>1,1</sub>	B <sub>1,2</sub>	...	...	...	...	...	B <sub>i,j</sub>	...	...	...	...	B <sub>n,l</sub>		
M <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	0	1	...	0	1	1	0	0	...	1	1	1	1		
...	P <sub>k</sub>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
M <sub>q</sub>	...	1	0	0	..	0	1	0	0	..	1	1	1	1		
..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
M <sub>m</sub>	...	1	0	0	..	0	1	0	0	..	1	1	1	1		

Tiếp theo, ta xác định chi phí dịch chuyển bước gia công, song vì chưa có phương án trình tự bước gia công vì vậy ta phải xét tổng quát từ một bước gia công bất kỳ dịch chuyển bước gia công B<sub>i,j</sub> sẽ mất chi phí dịch chuyển bước gia công C<sub>i,j2</sub>. Cũng tương tự khi tính chi phí cắt gọt ta nên xây dựng bảng logic khả năng dịch chuyển bước được trình bày trên bảng 4.3.

**Bảng 4.3: Logic khả năng dịch chuyển bước gia công**

			B <sub>1,1</sub>				...	B <sub>i,j</sub>				...
			P <sub>1</sub>	...	P <sub>k</sub>	...	...	P <sub>1</sub>	...	P <sub>k</sub>	...	...
M <sub>1</sub>	B <sub>1,1</sub>	P <sub>1</sub>	1	...	1	...	...	1	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	0	...	...	...	...	1	...	...	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	B <sub>i,j</sub>	P <sub>1</sub>	1	...	...	...	...	0	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	0	...	...	...	...	1	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
M <sub>q</sub>	B <sub>1,1</sub>	P <sub>1</sub>	1	...	1	...	...	1	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	0	...	...	...	...	1	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	B <sub>i,j</sub>	P <sub>1</sub>	1	...	...	...	...	0	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	0	...	...	...	...	1	...	1	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Như vậy ta hoàn toàn xây dựng bảng chi phí tổng  $C^{ij}$  của từng bước gia công với  $C^{ij} = C^{ij}_1 + C^{ij}_2$  được trình bày trên bảng 4.4 .

**Bảng 4.4 : Chi phí gia công -  $C^{ij}$**

			$B_{1,1}$				...	$B_{i,j}$				...	
			$P_1$	...	$P_k$	...	...	$P_1$	...	$P_k$	...	...	
$M_1$	$B_{1,1}$	$P_1$	#	...	#	...	...	#	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		$P_k$	$\infty$	...	...	...	...	#	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	...	...	...	...	...	...	...	#	...	#	...	...	
	$B_{i,j}$	$P_1$	#	...	...	...	...	$\infty$	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		$P_k$	$\infty$	...	...	...	...	#	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	$M_q$	$B_{1,1}$	$P_1$	#	...	#	...	...	#	...	#	...	...
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$P_k$			$\infty$	...	...	...	...	#	...	#	...	...	
...			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
$B_{i,j}$		$P_1$	#	...	...	...	...	$\infty$	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		$P_k$	$\infty$	...	...	...	...	#	...	#	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Các kí hiệu tương tự bảng chi phí cần thiết cho cắt gọt  $C^{i,j}_1$

Giá trị của các ô bảng 4.4 được xác định như sau:

+) Các ô có giá trị  $\infty$  gồm :

- Các ô có giá trị  $\infty$  của bảng 4.1 được chuyển sang bảng 4. 4
- Các ô có logic di chuyển không hợp lý.

+) Các ô có giá trị khác  $\infty$  được tính theo công thức (4.10)

**Chú ý:** Bảng logic khả năng dịch chuyển bước được xây dựng nhờ qui luật logic của quá trình biến đổi trạng thái của chi tiết gia công. Qui luật logic biến đổi trạng thái của chi tiết gia công hoàn toàn phụ thuộc vào kết cấu, hình dạng, kích thước và các yêu cầu kỹ thuật chi tiết gia công. Chúng ta không thể xây dựng một qui luật logic này chung cho tất cả các chi tiết gia công, mà chỉ có thể xây dựng nó cho một loại nhóm chi tiết. Nói cách khác là tùy theo sự phân nhóm của chi tiết gia công sẽ có một qui luật logic biến đổi trạng thái khác nhau. Nên việc thành lập bảng logic khả năng dịch chuyển bước gia công phụ thuộc vào loại, họ, kiểu chi tiết gia công.

Từ việc xây dựng bảng chi phí gia công, ta có một số nhận xét sau:

\*) Đối với thành phần chi phí  $C^{i,j}_1$

Thành phần chi phí  $C^{i,j}_1$  đóng vai trò quan trọng trong việc xác định phương pháp gia công ở các bước gia công thứ i.

Để đạt được thành phần chi phí  $C^{i,j}_1$  là nhỏ nhất, liên quan tới:

- Sử dụng máy công cụ tối ưu.
- Sử dụng dụng cụ cắt tối ưu .
- Sử dụng trang bị công nghệ tối ưu .
- Sử dụng phương pháp gia công tối ưu .
- Chế độ cắt tối ưu.
- v v..

\*) Đối với thành phần chi phí  $C^{i,j}_2$

Thành phần chi phí  $C^{i,j}_2$  đóng vai trò rất quan trọng trong việc hình thành thứ tự gia công tối ưu , vì nó là chí phí liên quan tới việc thay đổi bước gia công .

Thành phần chi phí  $C^{i,j}_2$  là nhỏ nhất liên quan tới:

- Việc thay đổi bước phải tối ưu.
- Cấu trúc nguyên công tối ưu .
- Điều kiện vận chuyển phải tối ưu .

- Tổ chức sản xuất phải tối ưu .

- v v..

\*) Thứ tự bước gia công là tối ưu

- Thứ tự bước gia công tối ưu khi tổng chi phí gia công nhỏ nhất

$$C = \sum C^{i,j} \Rightarrow \text{MIN} \quad (4.11)$$

Từ các nhận xét này ta có thể xây dựng được phương pháp xác định phương án bước gia công tối ưu như sau :

Từ bảng 4.4 ta xác định được ô có giá trị MIN của các cột. Giả sử 1 có như bảng 4.5 .

**Bảng 4.5:** Ví dụ chi phí gia công -  $C^{i,j}$

			B <sub>1,1</sub>				...	B <sub>3,4</sub>				...
			P <sub>1</sub>	...	P <sub>k</sub>	...	...	P <sub>1</sub>	...	P <sub>5</sub>	...	...
M <sub>1</sub>	B <sub>1,1</sub>	P <sub>1</sub>	∞	...	#	...	...	200	...	#	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	∞	...	...	...	...	#	...	#	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	#	...	#	...	...
	B <sub>i,j</sub>	P <sub>1</sub>	#	...	...	...	...	∞	...	#	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	∞	...	...	...	...	#	...	#	...	...
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
M <sub>q</sub>	B <sub>1,1</sub>	P <sub>1</sub>	200	...	#	...	...	#	...	100	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>k</sub>	∞	...	300	...	...	#	...	#	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	B <sub>3,4</sub>	P <sub>1</sub>	#	...	...	...	...	∞	...	#	...	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		P <sub>5</sub>	∞	...	...	...	...	#	...	∞	...	...
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

- Các ô có giá trị MIN sẽ xác định cho ta  $B_{i,j}$  nếu gia công bằng phương pháp gia công  $P_k$  sẽ tối ưu khi gia công trên máy  $M_q$ . ví dụ như bảng 2.5 thì  $B_{3,4}$  nếu gia công bằng phương pháp gia công  $P_1$  thì sẽ tối ưu nếu gia công trên máy  $M_1$ , nếu gia công bằng phương pháp  $P_5$  thì sẽ tối ưu trên máy  $M_6$ .

- Từ tập các ô MIN thuộc nhóm cột  $B_{i,j}$  sẽ xác định cho ta  $B_{i,j}$  sẽ tối ưu khi gia công bằng phương pháp gia công  $P_k$  nếu ô cực trị cột  $P_k$  là MIN tập các ô có giá trị MIN thuộc nhóm cột  $B_{i,j}$ , đồng thời xác định gia công tối ưu khi trên máy  $M_q$ . ví dụ như bảng 4.5 thì  $B_{3,4}$  với ô có giá trị  $C^{3,4} = 100$  là MIN các tập ô MIN thuộc nhóm cột  $B_{3,4}$  sẽ xác định ta thấy rõ ràng bước gia công  $B_{3,4}$  sẽ tối ưu khi gia công bằng phương pháp gia công  $P_5$  thì sẽ tối ưu nếu gia công trên máy  $M_6$ .

- Từ ô có giá trị MIN của thuộc nhóm cột  $B_{i,j}$  sẽ xác định thứ tự bước gia công theo hàng ngang. Ví dụ xét  $B_{3,4}$  với ô có giá trị  $C^{3,4}=100$  là MIN các tập các ô MIN thuộc nhóm cột  $B_{3,4}$  sẽ xác định thứ tự dịch chuyển bước tối ưu là từ  $B_{1,1}$  bằng phương pháp gia công  $P_1$  ở máy  $M_6$  sang bước  $B_{3,4}$  là tối ưu thứ tự bước gia công.

Như vậy phương pháp ma trận chi phí gia công được xét với các ô có giá trị MIN nên được gọi là phương pháp ma trận chi phí gia công cực trị.

Bằng phương pháp ma trận chi phí gia công cực trị này ta đã hoàn toàn tối ưu được bài toán tối ưu bước gia công.

#### **4.2.4 - Phương pháp tối ưu nguyên công dưới dạng ma trận chi phí gia công cực trị**

Để tính toán tối ưu bài toán tối ưu nguyên công với hai nhiệm vụ:

- *Tối ưu cấu trúc từng nguyên công .*
- *Tối ưu trình tự nguyên công .*

Ta phải căn cứ vào nguyên tắc tổ hợp các bước gia công tạo thành một nguyên công là:

- *Các bước gia công phải gia công trên cùng một máy công cụ .*
- *Các bước gia công đó phải đảm bảo tính liên tục theo thời gian.*

Từ nguyên tắc thứ nhất ta dễ dàng nhận thấy các bước gia công tối ưu trên một máy  $M_q$  nào đó thì các bước gia công đó có thể là cùng một nguyên công.

Từ nguyên tắc thứ hai ta thấy đảm bảo các bước gia công tối ưu trên một máy mà có khả năng dịch chuyển bước thì chắc chắn cùng một nguyên công.

Từ đó ta xây dựng được *phương pháp xác định cấu trúc tối ưu các nguyên công đó là xác định tập các ô là các bước gia công tối ưu cùng dòng máy  $M_q$  mà có khả năng dịch chuyển bước gia công .*

Ví dụ với bảng 4.5, xét  $B_{3,4}$  với ô có giá trị  $C^{3,4} = 100$  là MIN các tập các ô MIN



thuộc nhóm cột  $B_{3,4}$  sẽ xác định thứ tự dịch chuyển bước tối ưu là từ  $B_{1,1}$  bằng phương pháp gia công  $P_1$  ở máy  $M_6$  sang bước  $B_{3,4}$  như vậy  $B_{1,1}$  và  $B_{3,4}$  là cùng một nguyên công.

Tiếp theo xác định phương án thứ tự nguyên công tối ưu phải kết hợp với phương án chọn chuẩn :

- Nếu chi tiết có chuẩn gia công thống nhất hoặc chuẩn tinh thì ta lấy nguyên công thứ nhất là gia công bề mặt chuẩn, ta chỉ cần rà soát lại logic di chuyển có liên quan tới nó, sau đó xác định phương án thứ tự gia công.

- Nếu chi tiết không có chuẩn tinh thống nhất hoặc chuẩn tinh phụ thì ta lấy lần lượt các bề mặt trên chi tiết làm nguyên công thứ nhất rồi sau đó chọn phương án có giá thành nhỏ nhất.

Với phương pháp ma trận chi phí gia công cực trị, ta hoàn toàn có thể thiết kế chương trình cho máy tính thực hiện tự động thiết kế qui trình công nghệ chế tạo một chi tiết bất kỳ, ở bất kỳ dạng sản xuất nào, trong điều kiện môi trường sản xuất cụ thể.

Nhưng điều kiện để sử dụng được phương pháp ma trận chi phí gia công cực trị là phải tối ưu hoá số bước gia công (ta chỉ có thể tối ưu hoá được số bước gia công khi mà tối ưu hoá được chiều sâu cắt của mỗi bước gia công) và trên cơ sở chế độ cắt phải tối ưu.

#### 4.3 - TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU CHẾ ĐỘ CẮT

##### 4.3.1 - Lý thuyết chung về bài toán tối ưu chế độ cắt

Muốn tối ưu hoá chế độ cắt gọt cần phải dựa vào các mối quan hệ kinh tế-kỹ thuật được thiết lập dựa trên bản chất vật lý của quá trình cắt và đặc trưng từng bước, từng nguyên công cắt gọt.

Các mô hình toán học mô tả quan hệ giữa lực cắt, tuổi bền dụng cụ với các thông số công nghệ cần tối ưu là cơ sở thực hiện tối ưu hoá quá trình cắt gọt.

Cơ sở kinh tế-kỹ thuật có ý nghĩa quan trọng khi tối ưu hoá quá trình cắt gọt. Bởi vì xét cho đến cùng thì trong sản xuất cơ khí nói chung, quá trình cắt gọt nói riêng đều phải đạt được hiệu quả kinh tế. nhất là trong cơ chế kinh tế thị trường. Cơ sở kinh tế-kỹ thuật quyết định ta tối ưu hoá cái gì, tối ưu hoá như thế nào ?

Tối ưu hoá chế độ cắt về thực chất là tìm giá trị các thông số của chế độ cắt trên cơ sở đạt được mục tiêu tối ưu cực trị thoả mãn các hệ ràng buộc về kinh tế-kỹ thuật khi gia công cắt gọt.

Để xây dựng bài toán tối ưu chế độ cắt, phải giải quyết các vấn đề sau:

- *Xuất phát từ chỉ tiêu tối ưu, ta xây dựng hàm mục tiêu để từ đó xác định được giá trị cực trị của bài toán.*

*Xuất phát từ các điều kiện gia công, ta xây dựng các hàm giới hạn để lập miền*

xác định của hàm mục tiêu tức là miền chứa điểm mà hàm mục tiêu có cực trị, còn gọi là điều kiện biên.

Đối với các phương pháp gia công cắt gọt khác nhau thì các thông số công nghệ cần tối ưu là khác nhau: các phương pháp tiện, phay, bào thì các thông số công nghệ cần tối ưu là tốc độ cắt ( $v$ ), chiều sâu cắt ( $t$ ), bước tiến dao ( $s$ ); với phương pháp mài tiến đá hướng kính thì thông số công nghệ cần tối ưu là lượng tiến đá hướng kính  $S_n$ , v.v..

Cần đặc biệt chú ý khi tối ưu hoá chế độ cắt đối với bước gia công tinh và bước gia công thô, bán tinh. Khi gia công tinh thì yêu cầu rất quan trọng là độ chính xác gia công và độ bóng đạt được vì vậy yêu cầu chiều dày lớp kim loại được cắt bỏ là không quan trọng: Ngược lại khi gia công thô, bán tinh (còn được gọi là các bước gia công trung gian) thì lượng kim loại được cắt bỏ trong một đơn vị thời gian là rất quan trọng, vì vậy chiều dày lớp kim loại được cắt bỏ là cần đạt lớn nhất trong điều kiện gia công có thể chịu đựng được, có như vậy thì mới đảm bảo năng suất gia công là cao nhất, chi phí gia công nhỏ nhất.

Qua sự phân tích này thì đối với bước gia công tinh có thể không cần tối ưu thông số chiều sâu cắt, mà chiều sâu cắt được xác định sao cho phù hợp với phương pháp gia công đã chọn ở bước gia công tinh đảm bảo quá trình cắt xảy ra (không bị trượt). Như vậy chỉ cần tối ưu 2 thông số là lượng chạy dao ( $S$ ) và vận tốc cắt ( $V$ ).

Còn đối với các bước gia công thô, bán tinh thì ta cần tối ưu cả 3 thông số là chiều sâu cắt ( $t$ ), lượng chạy dao ( $S$ ) và vận tốc cắt ( $V$ ).

Đồng thời ở mục 4.2 đã đặt ra tối ưu chế độ cắt có yêu cầu rất quan trọng là tối ưu số bước gia công. Chúng ta chỉ có thể tối ưu được số bước gia công khi ta tối ưu được chiều sâu cắt ( $t$ ). Khi ta tối ưu chiều sâu cắt ( $t_i$ ) cho từng bước thì số bước gia công tối ưu xác định được sao cho :

$$Z - t_{\text{tinh}} = \sum_1^{\text{Số bước}} t_{\text{opt}_i} \quad (4.12)$$

trong đó:

$Z$  - lượng dư gia công của bề mặt,

$t_{\text{tinh}}$  - chiều sâu cắt bước gia công tinh (gia công lần cuối);

$t_{\text{opt}_i}$  - chiều sâu cắt tối ưu cho từng bước gia công trung gian (gia công thô và bán tinh).

Các thông số công nghệ cần tối ưu được xác định trên các điều kiện gia công cụ thể như:

- Phương tiện gia công gồm máy, dao, đồ gá, trang bị công nghệ.

- *Phôi liệu gia công : vật liệu, hình dáng, kích thước .*
- *Sản phẩm cần đạt : độ chính xác kích thước, độ chính xác hình học, độ chính xác vị trí tương quan, độ nhám bề mặt, . v. v.*

Khi xây dựng các hàng mục tiêu và ràng buộc cần lưu ý các điểm sau:

- *Các hàm đó phải phù hợp với phương pháp gia công cắt gọt cụ thể mà ta nghiên cứu.*
- *Các hàm đó phải đơn giản, thuận cho việc giải bài toán tối ưu trên máy tính .*

*\*) Các chỉ tiêu tối ưu và hàm mục tiêu khi tối ưu chế độ cắt*

Hàm mục tiêu như đã trình bày ở mục 4.1 là hàm chi phí gia công. Hàm chi phí gia công được xây dựng trên cơ sở thời gian gia công.

Chỉ tiêu kỹ thuật về thời gian bao gồm :

- *Thời gian cơ bản  $t_m$  là thời gian cần thiết để biến đổi trực tiếp hình dạng, kích thước và chất lượng bề mặt của chi tiết gia công. Thời gian cơ bản  $t_m$  là thời gian do máy thực hiện và được xác định dựa trên sơ đồ cắt và chế độ cắt cụ thể của từng bước) từng nguyên công gia công.*
- *Thời gian phụ  $t_p$  bao gồm thời gian phụ máy  $t_{pm}$  dành cho việc điều chỉnh máy cắt đúng chiều sâu cắt sau một lượt cắt và thời gian phụ dao  $t_{pd}$  dành cho việc thay dao.*

Tổng thời gian phụ dao  $t_{pd}^{\Sigma}$  được tính bằng tổng thời gian của từng lần thay dao:

$$t_{pd}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{pdi} \quad (4.13)$$

trong đó:  $n$ : số lần thay dao;

$t_{pdi}$  : thời gian thay dao lần thứ  $i$ .

Nếu ta tính cho một bước hoặc một nguyên công có thời gian thay dao mỗi lần đều như nhau thì tổng thời gian phụ dao có thể tính như sau:

$$t_{pd}^{\Sigma} = \frac{t_m}{T} \cdot t_{pd} \quad (4.14)$$

trong đó:  $T$  - tuổi bền của dao.

Tổng thời gian cơ bản máy  $t_m$  và thời gian phụ  $t_p$  tạo thành thời gian nguyên công :

$$t_{nc} = t_m + t_p \quad (4.15)$$

Thời gian phục vụ  $t_{pv}$  và thời gian nghỉ tự nhiên  $t_{tn}$  thường lấy theo phần trăm của thời gian nguyên công  $t_{nc}$ . Hai thành phần này ít ảnh hưởng tới kết quả bài toán tối ưu

hoá nên có thể bỏ qua.

Thời gian chuẩn bị và kết thúc nguyên công  $t_{cbkt}$ . Cũng ít ảnh hưởng tới kết quả bài toán tối ưu hoá nên có thể bỏ qua.

Thời gian gá lắp chi tiết, tháo chi tiết ảnh hưởng rất lớn tới tối ưu thứ tự gia công, nhưng cũng ít ảnh hưởng tới chế độ cắt nên có thể bỏ qua.

Vậy chỉ tiêu kỹ thuật thời gian  $\tau$  có dạng:

$$\tau = t_m + t_{pm} + \frac{t_m}{T} t_{pd} \quad (4.16)$$

Chi phí gia công tương ứng với các thành phần thời gian gia công có thể chia thành:

- Chi phí máy trong một giờ máy  $C_M$ .
- Chi phí lương công nhân đứng máy trong 1 giờ  $C_L$
- Chi phí dụng cụ cắt.
- Chi phí phụ,  $C_p$  thường lấy theo phần trăm của  $C_M$  hoặc  $C_L$ .

Thành phần chi phí phụ ít ảnh hưởng tới bài toán tối ưu nên có thể bỏ qua (nó chỉ cần thiết khi ta tính giá thành gia công sau này).

\*) Phần chi phí liên quan đến máy gồm :

- Chi phí khấu hao máy  $C_{kh}$ .
- Chi phí năng lượng  $C_{nl}$

$$\text{Do đó: } C_M = C_{kh} + C_{nl} \quad (4.17)$$

\*) Phần chi phí gia công liên quan đến dụng cụ cắt gồm :

- Chi phí cho thay dao  $C_{thd}$
- Chi phí cho mài dao  $C_{md}$
- Chi phí cho dao bị mòn  $C_{dm}$

$$\text{Do đó: } C_{dao} = C_{thd} + C_{md} + C_{dm} \quad (4.18)$$

Từ các công thức trên ta xây dựng được hàm chi phí gia công  $C$  có dạng sau:

$$C = (C_M + C_L)(t_m + t_{p,m}) + C_{dao} \cdot \frac{t_m}{T} \quad (4.19)$$

trong đó :  $\frac{t_m}{T}$  là số chu kỳ làm việc của dao hay tần số dao.

Triển khai công thức trên một cách tỷ mỉ ta sẽ được một hàm chi phí chứa các thông số công nghệ cần tối ưu :  $C = C(S, v, t)$ .

\*) Các giới hạn và miền xác định của các thông số công nghệ

Điều kiện biên tạo ra quan hệ giữa điều kiện gia công và các thông số công nghệ tối ưu. Các điều kiện biên còn gọi là các giới hạn, từ đó cho ta xác định miền của các thông số công nghệ .

Các điều kiện biên được xây dựng từ các giới hạn kỹ thuật của phương tiện gia công và nhiệm vụ gia công như :

\*) *Giới hạn làm việc của các bộ phận trong hệ thống công nghệ :*

- Công suất cho phép.
- Momen cho phép .
- Số vòng quay lớn nhất , nhỏ nhất của máy .
- Lực kẹp cho phép của cơ cấu kẹp phôi hoặc kẹp dao.
- ...

\*) *Giới hạn về chất lượng chi tiết cần đạt được khi gia công như độ chính xác về hình dạng, kích thước, vị trí tương quan cũng như độ nhám của các bề mặt .*

Đồng thời khi xây dựng hệ thống giới hạn cũng cần quan tâm các đại lượng đặc trưng của quá trình cắt (hình học, động học, động lực học, quá trình mòn các dụng cụ, .v.v.) cũng như các mối quan hệ của các đại lượng khác như lực cắt, công suất cắt, tuổi bền dụng cụ cắt. v..v với các thông số công nghệ tối ưu.

Khi khảo sát hàm chi phí gia công  $C = C_{(s,v,t)}$  chỉ khảo sát những điểm nằm trong miền xác định của các thông số công nghệ mà tại đó đạt  $C = C_{\min}$  mới là lời giải của bài toán tối ưu thông số của chế độ cắt gọt.

Đây là những nguyên tắc cơ bản mang tính chất chung khi nghiên cứu, xây dựng và giải bài toán tối ưu về chế độ cắt về tất cả các phương pháp gia công. Khi xác định chế độ cắt cho một phương pháp gia công nào đó, cần phải phân tích tỉ mỉ và xây dựng mô hình toán học rõ ràng thì mới giải bài toán tối ưu được.

Hiện nay có nhiều phương pháp xác định chế độ cắt tối ưu như : *phương pháp qui hoạch tuyến tính, phương pháp toán đồ, phương pháp đồ thị, phương pháp GRAPH, phương pháp thực nghiệm, phương pháp đại số. v. v. .*

Bản chất các phương pháp khác nhau là ở việc xây dựng hàm mục tiêu chi phí gia công C chứa các thông số cần tối ưu và phương thức khảo sát.

#### **4.3.2. Phương pháp tối ưu chế độ cắt bằng phương pháp qui hoạch tuyến tính**

Xác định chế độ cắt tối ưu bằng phương pháp qui hoạch tuyến tính của các phương pháp gia công có dạng chung là:

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2, \dots, x_n) &\Rightarrow \text{MIN(MAX)} & (4.20) \\ g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_j, j = 1, m \end{aligned}$$

trong đó:

$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  gọi là hàm mục tiêu;

$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$  gọi là hệ phương trình ràng buộc.

Hàm mục tiêu phụ thuộc các phương pháp gia công khác nhau.

Hệ phương trình ràng buộc phụ thuộc vào phương pháp gia công khác nhau và điều kiện gia công ( máy, dụng cụ cắt, ...).

Dùng phương pháp toán qui hoạch tuyến tính để giải bài toán tối ưu trên tìm ra bộ giá trị các thông số tối ưu.

Ta hãy xét trường hợp tối ưu chế độ cắt của phương pháp tiện. Do phương pháp tiện là phương pháp gia công cơ bản, nhiều quá trình nghiên cứu về phương pháp cắt gọt cũng bắt đầu từ việc nghiên cứu đối với phương pháp tiện trên cơ sở đó mà phát triển nghiên cứu các phương pháp cắt gọt khác.

Bởi vậy mà giải bài toán tối ưu các thông số chế độ cắt khi tiện mang tính cơ sở để từ đó phát triển và giải các bài toán tối ưu các thông số chế độ cắt của các phương pháp cắt gọt khác .

*\*) Hàm mục tiêu của bài toán tối ưu các thông số chế độ cắt khi tiện:*

Xây dựng hàm mục tiêu chi phí gia công của phương pháp tiện được căn cứ vào công thức tính chi phí gia công từ công thức 4.19 .

$$C = (C_M + C_L) (t_m + t_{p m}) + C_{dao} \cdot \frac{t_m}{T}$$

Viết tỉ mỉ ra, ta có chi phí gia công của một nguyên công là :

$$C = t_{uc} \left[ \frac{C_o}{60} \left( 1 + \frac{R}{100} \right) + \frac{C_M}{60} \right] + \left\{ \frac{(G_d - G_t)}{(n_{td} + 1)} + t_{md} C_{md} \left( 1 + \frac{R_{md}}{100} \right) + t_{td} \left[ C_{td} \left( 1 + \frac{R_{td}}{100} \right) + \frac{C_{kh}}{60} \right] \right\} \quad (4.21)$$

trong đó :

$C_o$  - lương công nhân đứng máy theo giờ (đồng/giờ);

$R$  - tỉ lệ chi phí phụ trong phân xưởng gia công, tính theo  $C_o$ ;

$C_M$  - chi phí khấu hao máy (đồng/giờ);

$n$  - số lần thay dao;

$G_d$  - giá tiền 1 con dao khi chưa gia công (đồng);

$G_t$  - giá tiền 1 con dao khi đã dùng để gia công rồi (đồng);

$t_{md}$  - thời gian mài dao (đồng/ giờ);

$C_{md}$  - lương công nhân mài dao (đồng/ giờ);

$R_{md}$  - tỉ lệ % chi phí phụ phân xưởng dụng cụ tính theo  $C_{md}$ ;

$t_{td}$  - thời gian thay dao và điều chỉnh máy (phút);

$C_{td}$  - lương công nhân thay dao, điều chỉnh máy (đồng/giờ);

$R_{td}$  - tỉ lệ % chi phí phụ khi thay dao tính theo  $C_{td}$

$P_{kh}$  - khấu hao thiết bị ứng với thời gian thay dao và điều chỉnh máy (đồng/giờ).

Đặt :

$$K_1 = \frac{C_0}{60} \left(1 + \frac{R}{100}\right) + \frac{C_M}{60} \quad (4.22)$$

$$K_2 = \frac{(G_d - G_1)}{(n_{td} + 1)} + t_{md} C_{md} \left(1 + \frac{R_{md}}{100}\right) + t_{td} \left[C_{td} \left(1 + \frac{R_{td}}{100}\right) + \frac{C_{kh}}{60}\right] \quad (4.23)$$

Ta có:

$$C = t_{nc} \cdot K_1 + n \cdot K_2 \quad (4.24)$$

Thay:

$$t = t_m + t_{pm}$$

$$n = t_m / T$$

Ta có hàm chi phí có dạng:

$$C = (t_m + t_{pm}) \cdot K_1 + (t_m / T) K_2 \quad (4.25)$$

Để đơn giản ta coi  $t_{pm}$  tính theo % của  $t_m$  và thay  $t_m = \frac{L}{S \cdot n}$  ta có:

$$C = \frac{L}{S \cdot n} \cdot K'_1 + \frac{L}{S \cdot n} \cdot K_2 \quad (4.26)$$

$$\text{Đặt : } K'_1 = K_1 \cdot t_{pm} / t_m$$

Qua đó ta thấy chi phí gia công nhỏ nhất khi tích  $n \cdot S$  lớn nhất, nên làm mục của toán tối ưu chế độ cắt là:

$$n \cdot S \rightarrow \max \quad (4.27)$$

\*) Xây dựng hệ các phương trình ràng buộc

\*) Ràng buộc về công suất cắt gọt cho phép :

Để đơn giản ta có thể bỏ qua lực dọc trục và lực hướng tâm  $P_x, P_y$  mà chỉ đề cập tới lực  $P_z$  khi tính toán điều kiện về công suất cắt cho phép.

Để đảm bảo công suất cắt gọt thì công suất máy phải lớn hơn công suất cắt ta có :

$$P_z \leq \frac{6120 \cdot N_c \cdot h_s}{V} \quad (4.28)$$

trong đó :

$N_c$  - Công suất động cơ (kW);

$V$  - vận tốc cắt (m/phút);

$h_s$  - hiệu suất của động cơ.

Thay: 
$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \quad (\text{m/phút})$$

trong đó :  $D$  - đường kính của phôi (mm);

$n$  - số vòng quay của phôi trên phút (vòng /phút)

Lực cắt tiếc tuyến  $P_z$  được tính :

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot K_{pz} \quad (\text{kg}) \quad (4.29)$$

Vậy ta có: 
$$C_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot K_{pz} \leq \frac{6120 \cdot 10^3 N_c \cdot h_s}{\pi Dn}$$

$$\Rightarrow n \cdot S^{ypz} \leq \frac{6120 \cdot 10^3 N_c \cdot h_s}{C_{pz} \cdot K_{pz} \cdot \pi \cdot D \cdot t^{xpz}}$$

$$\Rightarrow n \cdot S^{ypz} \leq \frac{1950 \cdot 10^3 \cdot N_c \cdot h_s}{C_{pz} \cdot K_{pz} \cdot D \cdot t^{xpz}} \quad (4.30)$$

\*) Điều kiện cắt gọt kinh tế.

Ta xây dựng mối quan hệ giữa tốc độ cắt kinh tế và tuổi bền của dao.

Từ công thức tính vận tốc cắt:

$$V = \frac{C_v \cdot k_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} \quad (\text{m/ph}) \quad (4.31)$$

trong đó :

$C_v, yv, xv, k_v, m$  - các hệ số xác định từ thực nghiệm;

$V$  - vận tốc cắt kinh tế (m/phút);

$S$  - lượng chạy dao (mm/vòng);

$t$  - chiều sâu cắt (mm);

$T$  - tuổi bền của dao (phút).

Thay: 
$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \quad (\text{m/phút})$$

Ta có: 
$$\frac{\pi Dn}{1000} = \frac{C_v \cdot k_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}}$$

$$n \cdot S^{yv} = \frac{C_v \cdot k_v \cdot 1000}{T^m \cdot \pi \cdot D \cdot t^{xv}} = \frac{318 \cdot C_v \cdot k_v}{T^m \cdot D \cdot t^{xv}} \quad (4.32)$$

Từ công thức (4.32), ta có quan hệ giữa số vòng quay trên phút và tuổi bền của dụng cụ cắt. Trị số tuổi bền dụng cụ cắt ảnh hưởng rất lớn đến giá thành gia công.

Giả sử với điều kiện cắt bất kỳ nào đó có tuổi bền kinh tế là  $T_{kinh\ t\acute{e}}$  thì  $T_{kinh\ t\acute{e}}$  phải thoả mãn điều kiện sau :



$$T_{\min} \leq T_{\text{kinh tế}} \leq T_{\max} \quad (4.33)$$

Từ công thức (4.22) ta có:

$$\Gamma^m \leq \frac{318.C_v k_v}{n.S^{y_v} D.t^{x_v}} \quad (4.34)$$

Từ (4.33) và (4.34) ta có :

$$T_{\min}^m \leq \frac{318.C_v K_v}{n.S^{y_v} D.t^{x_v}} \leq T_{\max}^m$$

$$\text{Tức là : } n.S^{y_v} \leq \frac{318.C_v K_v}{(T_{\min}^m)^m D.t^{x_v}} \quad (4.35)$$

$$n.S^{y_v} \geq \frac{318.C_v K_v}{(T_{\max}^m)^m D.t^{x_v}} \quad (4.36)$$

Đây là hai phương trình ràng buộc điều kiện cắt gọt kinh tế với tuổi bền dụng cụ cắt.

\*) *Xây dựng các điều kiện còn lại*

$$S \geq S_{\min} \text{ (mm/vòng)} \quad (4.37)$$

$$S \leq S_{\max} \text{ (mm/vòng)} \quad (4.38)$$

$$n \geq n_{\min} \text{ (vòng/phút)} \quad (4.39)$$

$$n \leq n_{\max} \text{ (vòng/phút)} \quad (4.40)$$

$$S \leq S_{ra} \text{ (mm/vòng)} \quad (4.41)$$

Trong đó:

$S_{ra}$  - lượng chạy dao để đảm bảo đạt được độ bóng yêu cầu

$S_{\min}, S_{\max}$  - lượng chạy dao nhỏ nhất và lớn nhất của máy.

$n_{\min}, n_{\max}$  - Vận tốc quay nhỏ nhất và lớn nhất của máy.

\*) *Bài toán tối ưu chế độ cắt*

Qua các công thức về hàm mục tiêu và hệ phương trình ràng buộc đã xây dựng ở trên ta lập được bài toán tối ưu chế độ cắt là :

Hàm mục tiêu:

$$n.S \Rightarrow \max \quad (4.42)$$

Hệ phương trình ràng buộc:

$$\left\{ \begin{array}{l} n \cdot S^{ypz} \leq \frac{1950 \cdot 10^3 \cdot N_c \cdot h_s}{C_{pz} \cdot K_{pz} \cdot D \cdot t^{x_{pz}}} \quad (4.43) \\ n \cdot S^{yv} \leq \frac{318 \cdot C_v \cdot K_v}{(T_{\min})^m \cdot D \cdot t^{x_v}} \quad (4.44) \\ n \cdot S^{yv} \geq \frac{318 \cdot C_v \cdot K_v}{(T_{\max})^m \cdot D \cdot t^{x_v}} \quad (4.45) \\ S \geq S_{\min} \quad (4.46) \\ S \leq S_{\max} \quad (4.47) \\ n \geq n_{\min} \quad (4.48) \\ n \leq n_{\max} \quad (4.49) \\ S \leq S_{ra} \quad (4.50) \end{array} \right.$$

Để thiết lập bài toán tối ưu chế độ cắt dưới dạng bài toán qui hoạch tuyến tính, ta nhân 100 với 2 vế của phương trình (4.41), (4.46), (4.47), (4.50), nhân  $100^{ypz}$  với 2 vế của phương trình (4.44), nhân  $100^{yv}$  với 2 vế của phương trình (4.45). (4.46) rồi logarit có cơ số tự nhiên hai vế của các phương trình đó và đặt :

$$X_1 = \ln(n) \quad (4.51)$$

$$X_2 = \ln(100 \cdot S) \quad (4.52)$$

$$b_1 = \ln\left(\frac{1950 \cdot 10^3 \cdot N_c \cdot h_s \cdot 100^{ypz}}{C_{pz} \cdot K_{pz} \cdot D \cdot t^{x_{pz}}}\right) \quad (4.53)$$

$$b_2 = \ln\left(\frac{318 \cdot C_v \cdot K_v \cdot 100^{yv}}{(T_{\min})^m \cdot D \cdot t^{x_v}}\right) \quad (4.54)$$

$$b_3 = \ln\left(\frac{318 \cdot C_v \cdot K_v \cdot 100^{yv}}{(T_{\max})^m \cdot D \cdot t^{x_v}}\right) \quad (4.55)$$

$$b_4 = \ln(100 \cdot S_{\min}) \quad (4.56)$$

$$b_5 = \ln(100 \cdot S_{\max}) \quad (4.57)$$

$$b_6 = \ln(n_{\min}) \quad (4.58)$$

$$b_7 = \ln(n_{\max}) \quad (4.59)$$

$$b_8 = \ln(100 \cdot S_{ra}) \quad (4.60)$$

$$a_{12} = y_{pz} \quad (4.61)$$

$$a_{22} = y_v \quad (4.62)$$

Ta có bài toán tối ưu chế độ cắt là :

Hàm mục tiêu :

$$X_1 + X_2 \Rightarrow \text{MAX} \quad (4.63)$$

Hệ phương trình ràng buộc :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 + a_{12} X_2 \leq b_1 \\ X_1 + a_{22} X_2 \leq b_2 \\ X_1 + a_{22} X_2 \geq b_3 \\ X_2 \geq b_4 \\ X_2 \leq b_5 \\ X_1 \geq b_6 \\ X_1 \leq b_7 \\ X_2 \leq b_8 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (4.64) \\ (4.65) \\ (4.66) \\ (4.67) \\ (4.68) \\ (4.69) \\ (4.70) \\ (4.71) \end{array}$$

Để giải bài toán tối ưu này ta dùng phương pháp đơn hình, ta tìm được  $n_{opt}, S_{opt}$

### 4.3.3 - Phương pháp tối ưu chế độ cắt theo đường biên khả dĩ

Phương pháp tối ưu này được bắt nguồn từ mục tiêu tối ưu cần đạt là chi phí gia công là nhỏ nhất hoặc thời gian gia công là nhanh nhất. Vì vậy mà chiều sâu cắt, lượng chạy dao và vận tốc cắt của mỗi lần chạy dao phải được tối ưu hoá trên cơ sở là tăng chiều sâu cắt, lượng chạy dao trong điều kiện công suất máy, dụng cụ cắt và trình độ công nhân có thể cho phép đảm bảo được.

Ta cũng tiến hành xây dựng tối ưu chế độ cắt cho phương pháp tiện, trên cơ sở đó phát triển xây dựng tối ưu chế độ cắt cho các phương pháp khác.

Chi phí gia công một lần chuyên dao khi tiện được tính như sau:

$$C = x \left\{ t_2 + t_3 \left( \frac{t_2}{T} \right) \right\} + y \left( \frac{t_2}{T} \right) \text{ (đồng)} \quad (4.72)$$

với :

x- chi phí khai thác máy;

y- chi phí dụng cụ cắt;

$t_2$  - thời gian cắt;

$t_3$  - thời gian thay dụng cụ cắt;

T- tuổi bền dụng cụ cắt.

Sử dụng công thức Taylor, tuổi bền dụng cụ được tính :

$$T = \frac{A_t}{V^{bt} t^{ct} S^{dt}} \quad (4.73)$$

với :

$A_t$  - Hằng số tính toán;

$bt, ct, dt$  - các hệ số nói lên ảnh hưởng vận tốc cắt, chiều sâu cắt lượng chạy dao tới tuổi bền dụng cụ cắt ;

$t, S, V$  - chiều sâu cắt lượng chạy dao và vận tốc cắt .

Lượng kim loại cắt bỏ có thể tính như sau:

$$W = t_2 * t * S * V \quad (4.74)$$

Mục tiêu tối ưu chi phí gia công cần xem xét từ công thức này. Từ phương trình (4.72) (4.73) (4.74), chi phí gia công có thể tính được là:

$$\frac{C}{W} = \frac{x}{tSV} + \frac{(xt_3 + y)V^{b_1} t^{c_1} S^{d_1}}{A_t S^{d_1}} \quad (4.75)$$

Đơn giản phương trình (4.75) ta có:

$$\frac{C}{W} = \frac{1}{tSV} \left\{ x + \frac{(xt_3 + y)V^{b_1} t^{c_1} S^{d_1}}{A_t} \right\} \quad (4.76)$$

Bằng việc loại trừ V trong phương trình (4.76) nhờ phương trình (4.73), ta có:

$$\frac{C}{W} = \frac{1}{A_t^{1/b_1} t^{(b_1 c_1)/b_1} S^{(b_1 d_1)/b_1}} \quad (4.77)$$

Căn cứ vào phương trình (4.75), với một giá trị V, S nào đó khi ta tăng chiều sâu cắt thì chi phí gia công sẽ giảm. Như vậy với một lượng kim loại cần cắt bỏ, ta có thể giảm chi phí gia công bằng cách tăng chiều sâu cắt t.

Từ phương trình (4.77), giá trị tối ưu của tuổi bền T để chi phí gia công nhỏ nhất có thể được tính như sau:

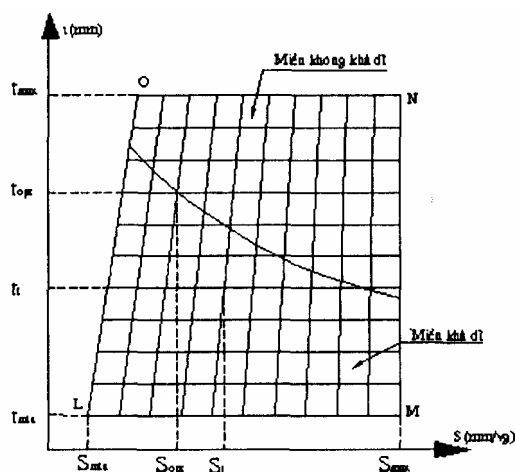
$$T_{opt} = (bt-1)(t_3 + y/x) \quad (4.78)$$

Khi cho giá trị t và S ta nhận được giá trị vận tốc cắt tối ưu là:

$$V_{opt} = \left( \frac{A}{T_{opt} t^{c_1} S^{d_1}} \right) \quad (4.79)$$

Từ các công thức biến đổi này cho phép ta xây dựng phương pháp tính toán tối ưu các thông số chế độ cắt khi tiện thô như sau.

Trên cơ sở điều kiện gia công của một máy công cụ với một dụng cụ cắt nào đó ta xây dựng mặt phẳng một mặt phẳng t-S. Vấn đề ở đây là ta xác định điểm tối ưu trong mặt phẳng t-S cho phép trên. Để thực hiện ta chia mặt phẳng t-S ra thành lưới 20\*20 như hình 4.6. Nó được phân ra hai miền, miền các điểm không khả dĩ do các yếu tố ràng buộc và miền khả dĩ, chúng được ngăn bởi một đường cong như hình 4.6.



Hình 4.6: Miền các giá trị t-S

Những điểm mà chi phí gia công nhỏ nhất luôn nằm trên đường phân giới giữa miền khả dĩ và không khả dĩ. Bởi vậy mà không cần xem xét hết các điểm nằm trong mặt phẳng t-S.

Quá trình xác định  $t_{opt}$ ,  $S_{opt}$  được bắt đầu từ điểm O và các bước sau:

1. Điểm lưới  $(t_i, S_j)$  sẽ được kiểm tra với các ràng buộc về chiều sâu cắt, lượng chạy dao cho phép, nếu nó không khả dĩ như điểm 1 ở hình 4.7 thì chiều sâu cắt sẽ giảm xuống điểm 2 và lại được kiểm tra với các ràng buộc.

2. Nếu nó là điểm khả dĩ thì điểm đó dùng để xác định  $V_{opt}$  ở công thức (4.79) sẽ đảm bảo chi phí gia công nhỏ nhất hoặc năng suất gia công lớn nhất.

3. Giá trị vận tốc cắt tối ưu tính ở nước 2 được kiểm tra với các ràng buộc về vận tốc cắt. Nếu nó thỏa mãn khả dĩ thì đó là vận tốc cắt tối ưu. Nếu không thì điểm lưới đó sẽ trở thành không khả dĩ.

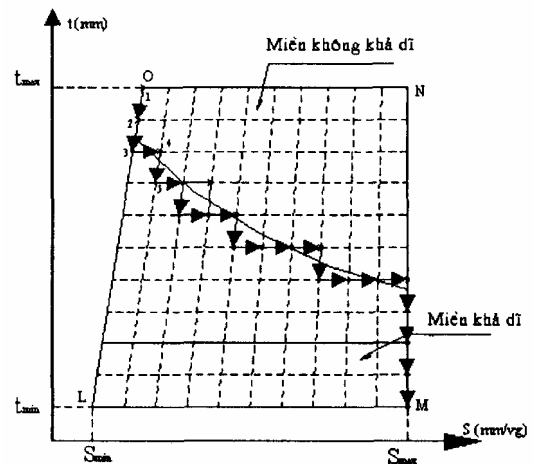
4. Lúc này điểm lưới được lấy tăng theo lượng chạy dao như điểm 4 trong hình 4.7. Và phương pháp này quay về bước 1.

5. Quá trình bước 1 đến bước 4 được lặp đi lặp lại nhiều lần cho đến khi gặp điểm M thỏa mãn các ràng buộc về chiều sâu cắt, lượng chạy dao và vận tốc cắt. Điểm lưới đó sẽ có chiều sâu cắt, lượng chạy dao, vận tốc cắt là tối ưu mà chi phí gia công là nhỏ nhất.

6. Chương trình quay trở về bước 1. Các bước 1 đến 5 tiếp tục được thực hiện đến khi chiều sâu cắt bằng hoặc vượt lượng dư cần cắt bỏ. Ta sẽ xác định được số lần cắt, chiều sâu cắt tối ưu lượng chạy dao tối ưu, vận tốc cắt tối ưu cho từng lần chạy dao.

7. Ở lần chạy dao cuối cùng chiều sâu cắt được tính bằng lượng dư gia công cần cắt bỏ trừ đi tổng chiều sâu cắt các lần chạy dao trước. 8. Lúc này tốc độ cắt, lượng chạy dao được xác định lại đó chính là vận tốc cắt tối ưu, lượng chạy dao tối ưu cần xác định.

Phương pháp tối ưu chế độ cắt theo đường biên khả dĩ có khả năng tối ưu được ba thông số chế độ cắt nên có ý nghĩa quan trọng để sử dụng tối ưu hoá chế độ cắt.



Hình 4.7: Quá trình xác định điểm  $t_{opt}$ ,  $S_{opt}$

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### 1 - Nguyễn Đắc Lộc và các tác giả khác

Công nghệ chế tạo máy - tập 1, 2

*NXB Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội, 1998*

### 2 - Trần Văn Địch

Thiết kế đồ án môn học công nghệ chế tạo máy

*NXB Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội, 1998*

### 3 - Trần Văn Địch và các tác giả khác

Tự động hoá quá trình sản xuất

*NXB Khoa học và Kỹ thuật - 2001*

### 4 - Lê Văn Tiến, Trần Văn Địch, Trần Xuân Việt

Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá

*NXB Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội, 1999*

### 5 - Nguyễn Đắc Lộc

Công nghệ chế tạo máy theo hướng ứng dụng tin học

*NXB Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội, 2000*

### 6 - В.С Корсаков, Н.М Капустин, . . .

Автоматизация Проектирования Пехнологических Процессов В  
Машиностроении

"Машиностроение" - Москва -1985 7-Х Вертишев

Основы Автоматизации Проектирования

"Радио и связь"- Москва -1988

### 8 - Hinduja and Barrow

A technologically oriented system for turned components.

Proceedings of 1st International Conference on Computer- aided production  
engineering , *Edinburgh, April 1986*

### 9 - Hinduja and Barrow

Calculation of optimum cutting conditions for turning operations *Proc, Instn  
Mech. Engrs 1985*

### 10 - Arsecularatne

A process monitoring system to optimize cutting conditions in turnin ,  
*University of Manchester Institute of Science and Technology, 1985*

# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu.....	2
Chương 1: NỘI DUNG CƠ BẢN THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	3
1.1 - VỊ TRÍ, VAI TRÒ VÀ CHỨC NĂNG CỦA THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ 3	
1.1.1 - Đặc điểm của sự phát triển công nghệ chế tạo máy.....	3
1.1.2 - Chuyên môn hoá công việc thiết kế các qui trình công nghệ.....	4
1.1.3 - Mục tiêu của thiết kế qui trình công nghệ.....	4
1.2 -NỘI DUNG THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	5
1.2.1 - Mô hình tổng quát thiết kế qui trình công nghệ.....	5
1.2.2 - Phân tích chi tiết gia công.....	6
1.2.3 - Xác định dạng sản xuất.....	8
1.2.4 Chọn phương pháp chế tạo phôi.....	10
1.2.5 - Xác định trình tự của các nguyên công.....	13
1.2.6 - Thiết kế nguyên công.....	17
Chương 2: NGUYÊN LÝ CƠ BẢN XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	55
2.1 -KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	55
2.2 - NGUYÊN LÝ CƠ BẢN XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	58
2.3 - NGUYÊN LÝ XÁC ĐỊNH CẤU TRÚC QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ.....	60
2.4 - MÔ HÌNH TOÁN HỌC TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	66
2.5 -TỐI ƯU HOÁ TRONG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ ...	73
2.6 - XÁC ĐỊNH CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	75
Chương 3: TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ TRÊN CƠ SỞ ỨNG DỤNG TIÊU CHUẨN HOÁ.....	78
3.1 -TIÊU CHUẨN HOÁ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	78
3.1.1 - Đặt vấn đề.....	78
3.1.2 -Nội dung của tiêu chuẩn hoá qui trình công nghệ.....	80
3.2 - QUÁ TRÌNH XÂY DỰNG TIÊU CHUẨN HOÁ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	92
3.3. PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG TIÊU CHUẨN HÓA QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ ĐỂ TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ.....	94
Chương IV: TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ.....	106
4.1 . NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ THIẾT KẾ TỐI ƯU QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ. 106	
4.2 - TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU BƯỚC GIA CÔNG VÀ NGUYÊN CÔNG. 109	
4.2.1- Nguyên tắc cơ bản để tối ưu bước gia công.....	109
4.2.2 - Phương pháp tối ưu bước gia công dưới dạng GRAPH lưới công nghệ.....	112
4.2.3 - Phương pháp tối ưu bước gia công dưới dạng ma trận chi phí gia công cực trị . 114	
4.2.4 - Phương pháp tối ưu nguyên công dưới dạng ma trận chi phí gia công cực trị ... 120	
4.3 - TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ TỐI ƯU CHẾ ĐỘ CẮT.....	121
4.3.1 - Lý thuyết chung về bài toán tối ưu chế độ cắt.....	121
4.3.2. Phương pháp tối ưu chế độ cắt bằng phương pháp qui hoạch tuyến tính.....	125
4.3.3 - Phương pháp tối ưu chế độ cắt theo đường biên khả dĩ.....	131
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	134

# TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT KẾ QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Tập 1

Tác giả: PGS, TS Nguyễn Đăng Bình

TS Nguyễn Phú Hoa

<i>Chịu trách nhiệm xuất bản:</i>	PGS, TS TÔ ĐĂNG HẢI
<i>Biên tập và sửa bài:</i>	ThS NGUYỄN HUY TIẾN NGOC DIỆP
<i>Trình bày bìa:</i>	HƯƠNG LAN

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**

**70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội**

---

In 300 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc

Quyết định xuất bản số: 75 - 2007/CXB/280 - 02/KHKT - 23/1/2007

In xong và nộp lưu chiểu tháng 7 năm 2007