

CHƯƠNG 7

THIẾT KẾ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ GIA CÔNG CHI TIẾT MÁY

7.1- Ý NGHĨA CỦA CÔNG VIỆC CHUẨN BỊ SẢN XUẤT

Bất cứ một sản phẩm nào trước khi đưa vào sản xuất đều phải qua giai đoạn chuẩn bị sản xuất. Một trong những công việc chính của công tác chuẩn bị sản xuất là thiết lập quy trình công nghệ gia công cơ.

Thiết kế quy trình công nghệ gia công cơ là lập nên những văn kiện, tài liệu để phục vụ và hướng dẫn cho việc gia công các chi tiết trên máy, bao gồm cả việc thiết kế những trang bị cần thiết. Mục đích là nhằm hướng dẫn công nghệ, lập các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, kế hoạch sản xuất và điều hành sản xuất.

Mức độ phức tạp của QTCN phụ thuộc vào dạng sản xuất. Trong sản xuất loạt nhỏ, đơn chiếc quy trình công nghệ chỉ bao gồm trình tự các nguyên công với một số thông số cần thiết như chỉ rõ máy, dao, thời gian gia công, bậc thợ... Còn sản xuất loạt lớn, hàng khối thì quy trình rất quy mô, tỷ mỉ, bao gồm nhiều tài liệu khác nhau.

Để một quy trình công nghệ thiết kế ra được tốt thì phải có các điều kiện sau:

- Phải đảm bảo chất lượng sản phẩm.
- Phương pháp gia công phải kinh tế nhất.
- Áp dụng được những thành tựu mới nhất trong khoa học kỹ thuật.
- Phải thích hợp với điều kiện cụ thể của nhà máy, khả năng và lực lượng cán bộ, công nhân, thiết bị...
- Phải tranh thủ sử dụng các sáng kiến kinh nghiệm hợp lý hóa sản xuất.
- Ứng dụng những hình thức tổ chức sản xuất tiên tiến.

Có hai trường hợp lập quy trình công nghệ, một là khi thiết kế một nhà máy mới, hai là trong những điều kiện của một nhà máy đang hoạt động.

① Lập quy trình công nghệ theo đồ án được dùng khi thiết kế những nhà máy mới, phân xưởng mới.

Lúc đầu ta thiết kế một quy trình công nghệ theo các tài liệu ban đầu của vật phẩm chế tạo trong nhà máy đã cho. Sau đó tính phụ tải của máy, đồng thời trên cơ sở quy trình đã thiết kế ta phải định trước việc phân nhóm loạt thiết bị này theo từng phân xưởng riêng và bố trí chúng. Trường hợp này, điều kiện để lựa chọn trang thiết bị rộng rãi hơn, quy trình công nghệ phải linh hoạt để có thể sửa đổi theo yêu cầu.

② Lập quy trình công nghệ theo điều kiện sản xuất đang tồn tại được dùng khi phân xưởng, nhà máy đã có phải chế tạo những sản phẩm mới.

Khi lập quy trình công nghệ theo cách này thì quy trình công nghệ chịu những hạn chế chặt chẽ hơn về thiết bị, diện tích, tải trọng máy, kế hoạch sản xuất... nhưng lại được thừa kế những kinh nghiệm sản xuất.

7.2- PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ QTCN GIA CÔNG CHI TIẾT MÁY

7.2.1- NHỮNG TÀI LIỆU BAN ĐẦU ĐỂ THIẾT KẾ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ

Muốn thiết kế một quy trình công nghệ tốt, trước hết chúng ta phải có các tài liệu ban đầu sau:

- Bản vẽ chế tạo của chi tiết với đầy đủ:
 - + Mặt cắt, hình chiếu diễn tả rõ ràng.
 - + Ghi đầy đủ kích thước, dung sai và các điều kiện kỹ thuật khác.
 - + Ghi rõ những chỗ cần gia công đặc biệt (ví dụ: gia công khi lắp).
 - + Ghi rõ vật liệu, phương pháp nhiệt luyện, độ cứng yêu cầu.
- Sản lượng chi tiết kể cả thành phần dự trữ.
- Hình vẽ bộ phận của sản phẩm trong đó có chi tiết gia công.
- Những tài liệu về thiết bị: thuyết minh máy, các tiêu chuẩn dao, đồ gá...

Ngoài ra, còn cần có các tài liệu, sổ tay khác như: tiêu chuẩn xác định lượng dư, dung sai, vật liệu, sổ tay về đồ gá, tiêu chuẩn về chế độ cắt, định mức kinh tế - kỹ thuật...

7.2.2- TRÌNH TỰ THIẾT KẾ MỘT QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ

Thiết kế quy trình công nghệ nên theo trình tự như sau:

- Nghiên cứu bản vẽ chi tiết, kiểm tra lại tính công nghệ của nó.
- Phân loại chi tiết, sắp đặt vào các nhóm.
- Xác định dạng sản xuất.
- Chọn phôi và phương pháp chế tạo phôi.
- Xác định chuẩn và chọn cách định vị, kẹp chặt cho mỗi nguyên công.
- Lập thứ tự các nguyên công.
- Chọn máy cho mỗi nguyên công.
- Tính lượng dư giữa các nguyên công và dung sai nguyên công.
- Chọn dụng cụ cắt và dụng cụ đo lường.
- Chọn đồ gá, nếu cần thì thiết kế đồ gá.
- Xác định chế độ cắt.
- Định bậc thợ.
- Định mức thời gian và năng suất, tính toán kinh tế, so sánh phương án.
- Ghi vào phiếu công nghệ, vẽ các sơ đồ nguyên công.

7.3- MỘT SỐ BƯỚC CƠ BẢN KHI THIẾT KẾ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ

7.3.1- TÍNH CÔNG NGHỆ TRONG KẾT CẤU

Tính công nghệ trong kết cấu là một tính chất quan trọng của sản phẩm hoặc chi tiết cơ khí nhằm đảm bảo lượng tiêu hao kim loại ít nhất, khối lượng gia công và lắp ráp ít nhất, giá thành chế tạo thấp nhất trong điều kiện và quy mô sản xuất nhất định.

Khi nghiên cứu nâng cao tính công nghệ của kết cấu cơ khí, ta phải dựa vào một số cơ sở sau đây:

① Tính công nghệ của kết cấu phụ thuộc rất nhiều vào quy mô sản xuất, tính chất hàng loạt của sản phẩm. Vì quy mô sản xuất và tính hàng loạt quyết định rất nhiều mức độ hợp lý của việc sử dụng phương pháp công nghệ này hay phương pháp công nghệ khác trong việc chế tạo sản phẩm. Việc ứng dụng vào thực tế một phương hướng công nghệ nào đó đòi hỏi phải tiến hành hàng loạt công việc và chi phí để trang bị máy móc, đồ gá, dụng cụ... Do đó, khi thiết kế phải lưu ý đến tính công nghệ của kết cấu.

② Tính công nghệ của kết cấu cần phải được nghiên cứu đối với toàn bộ sản phẩm. Nếu chỉ tách riêng từng chi tiết riêng lẻ ra để nghiên cứu tính công nghệ thì có thể dẫn đến sự thay đổi rất nhiều, có khi xét toàn bộ sản phẩm thì tính công nghệ trong kết cấu lại kém đi.

③ Nghiên cứu tính công nghệ của kết cấu phải được đặt ra và giải quyết triệt để trong từng giai đoạn của quá trình sản xuất. Vì quá trình sản xuất một mặt hàng rất phức tạp nên phải được xem xét từng bước về kết cấu để tìm cách giải quyết hợp lý các vấn đề nhằm đưa lại hiệu quả kinh tế lớn nhất.

④ Nghiên cứu tính công nghệ của kết cấu phải tính đến đặc điểm của nơi sẽ sản xuất ra sản phẩm ấy.

Những điểm trên nói lên tính tương đối về tính công nghệ của kết cấu trong gia công và lắp ráp. Một kết cấu có tính công nghệ cao ở xí nghiệp này nhưng chưa hẳn là cao ở xí nghiệp khác.

Để đánh giá được tính công nghệ cao hay thấp thì chỉ tiêu bao trùm nhất và có thể dùng trong mọi trường hợp là giá thành chế tạo sản phẩm.

Trong thực tế, thường dùng hai chỉ tiêu chính là khối lượng lao động và khối lượng vật liệu tiêu tốn để chế tạo ra sản phẩm.

**** Đối với quá trình gia công cắt gọt, tính công nghệ của kết cấu chi tiết máy được xét trên cơ sở các yêu cầu cụ thể như sau:***

- Giảm lượng vật liệu cắt gọt bằng cách thiết kế phôi và các bề mặt gia công hợp lý, xác định chính xác lượng dư gia công, giới hạn khối lượng cắt gọt chỉ ở những bề mặt quan trọng.

- Giảm quãng đường chạy dao khi cắt.

- Đơn giản hóa kết cấu, đảm bảo gia công kinh tế (tách chi tiết phức tạp thành các chi tiết đơn giản, dễ gia công, gá được nhiều chi tiết khi gia công).

- Tạo điều kiện sử dụng dụng cụ tiêu chuẩn, thống nhất.

- Đảm bảo dụng cụ cắt làm việc thuận tiện, không bị va đập khi cắt.

- Đảm bảo chi tiết đủ cứng vững, tạo điều kiện cắt gọt với chế độ cắt lớn.

- Góp phần giảm phí tổn điều chỉnh thiết bị, trang bị công nghệ, giảm số lần gá đặt chi tiết khi gia công.

- Phân biệt rõ ràng giữa bề mặt gia công và bề mặt không gia công.

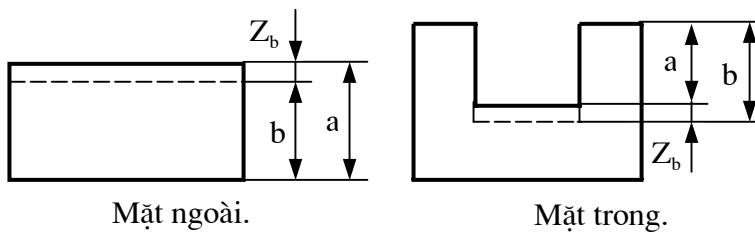
7.3.2- XÁC ĐỊNH LƯỢNG DƯ GIA CÔNG

a) Khái niệm về lượng dư gia công

Lượng dư gia công cơ là lớp kim loại được lấy đi trong quá trình gia công cơ khí. Ta phải xác định lượng dư gia công hợp lý là vì:

- Lượng dư quá lớn sẽ tốn nguyên vật liệu, tiêu hao lao động để gia công nhiều, tốn năng lượng, dụng cụ cắt, vận chuyển nặng... dẫn đến giá thành tăng.
- Nếu lượng dư quá nhỏ sẽ không đủ để hớt đi các sai lệch của phôi do sai số in dập của phôi để lại, có thể xảy ra hiện tượng trượt giữa dao và chi tiết.

① *Lượng dư trung gian* được xác định bằng hiệu số kích thước do bước hay nguyên công sát trước (a) để lại và kích thước do bước hay nguyên công đang thực hiện (b) tạo nên, ký hiệu là Z_b .



- Đối với *mặt ngoài*:

$$Z_b = a - b$$

- Đối với *mặt trong*:

$$Z_b = b - a$$

② *Lượng dư tổng cộng* là lớp kim loại cần phải hớt đi trong tất cả các bước hoặc nguyên công tức là trong suốt cả quá trình gia công trên bề mặt đó để biến từ phôi thô thành chi tiết hoàn thiện, ký hiệu Z_0 .

Lượng dư tổng cộng được xác định bằng hiệu số kích thước phôi thô và kích thước chi tiết đã chế tạo xong.

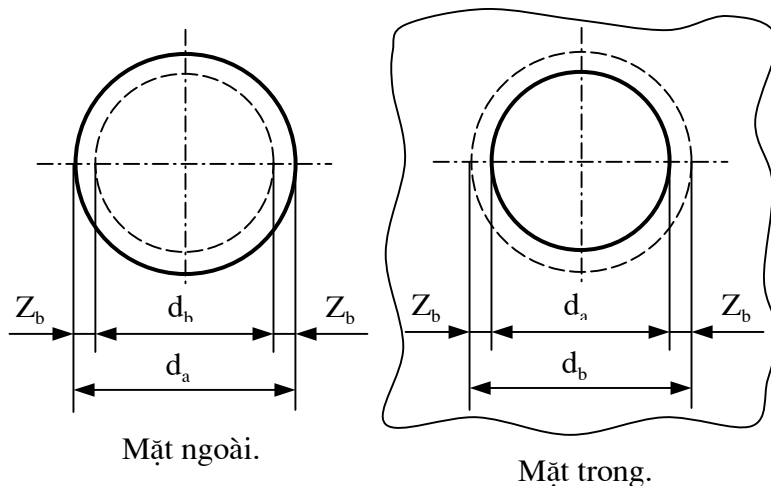
- Đối với *mặt ngoài*: $Z_0 = a_{ph} - a_{ct}$

- Đối với *mặt trong*: $Z_0 = a_{ct} - a_{ph}$

Như vậy, rõ ràng là lượng dư tổng cộng sẽ bằng tổng các lượng dư trung gian

trong tất cả các bước của quá trình công nghệ: $Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i$, n là số bước công nghệ.

③ *Lượng dư đối xứng*, nó tồn tại khi gia công các bề mặt tròn xoay ngoài hoặc tròn xoay trong, hoặc khi gia công song song các bề mặt phẳng đối diện nhau.



- Đối với *mặt ngoài*:

$$2 Z_b = d_a - d_b$$

- Đối với *mặt trong*:

$$2 Z_b = d_b - d_a$$

b) Phương pháp xác định lượng dư gia công hợp lý

Trong Chế tạo máy có hai phương pháp xác định lượng dư:

* Phương pháp thống kê kinh nghiệm

Với phương pháp này lượng dư được xác định dựa trên tổng số lượng dư các bước gia công theo kinh nghiệm.

Lượng dư phôi đúc thường lấy theo kinh nghiệm mà không tính tới các bước gia công. Trong các sổ tay thường cho loại lượng dư này.

Song theo phương pháp này thì ta xác định lượng dư gia công một cách máy móc, không dựa trên các bước gia công, không tính tới sơ đồ định vị, kẹp chặt, các điều kiện khác khi cắt... nên lượng dư thường lớn hơn yêu cầu, dẫn đến không kinh tế.

* Phương pháp tính toán phân tích

Phương pháp này do GS. Kôvan đề xuất, dựa trên việc phân tích và tổng hợp các yếu tố tạo nên lớp kim loại cần phải hớt đi để có một chi tiết hoàn thiện.

Phương pháp này tính lượng dư cho hai trường hợp:

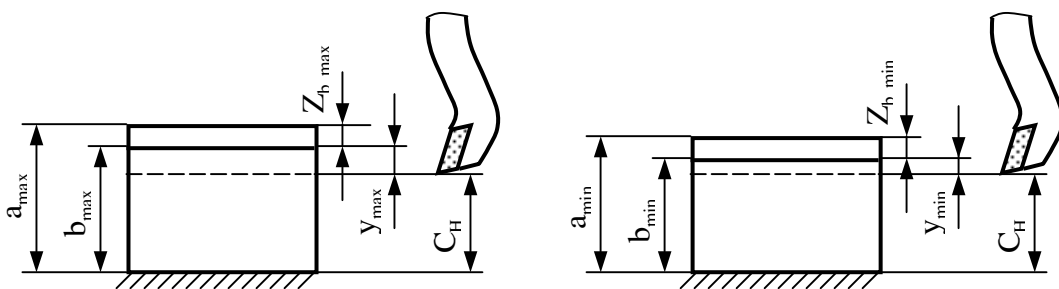
- Trường hợp dao được điều chỉnh sẵn trên máy.
- Trường hợp gá đặt chi tiết theo kiểu rà gá.

Các vấn đề trình bày sau đây chủ yếu thuộc trường hợp dao được điều chỉnh sẵn trên máy, nếu áp dụng vào trường hợp rà gá thì chỉ cần bổ sung một ít mà thôi.

① Đối với mặt ngoài

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 lượng dư gia công cũng sẽ dao động.

Ở những phôi có kích thước nhỏ nhất a_{\min} khi gia công xong sẽ có kích thước b_{\min} , lượng dư gia công sẽ là $Z_{b \min}$; còn những phôi có kích thước lớn nhất a_{\max} khi gia công xong sẽ có kích thước b_{\max} , lượng dư gia công sẽ là $Z_{b \max}$. Lượng dư thực khi gia công sẽ nằm trong khoảng $Z_{b \min} \div Z_{b \max}$.



Hình 7.1- Giá trị lượng dư gia công đối với một loạt phôi trên máy điều chỉnh sẵn.

Ta thấy rằng, nếu điều chỉnh dao theo kích thước C_H để cắt loạt phôi đó thì khi gặp phôi có kích thước a_{\min} nó sẽ cắt lớp chiều sâu cắt nhỏ nhất, lực cắt sẽ nhỏ nhất và biến dạng sẽ nhỏ nhất y_{\min} , ta sẽ có lượng dư nhỏ nhất $Z_{b \min}$. Kích thước hình thành sau khi cắt là $C_H + y_{\min}$. Ngược lại, khi gặp phôi có kích thước a_{\max} thì sẽ cắt lớp chiều sâu cắt lớn nhất, lực cắt lớn nhất, biến dạng sẽ lớn nhất y_{\max} , ta có lượng dư lớn nhất $Z_{b \max}$. Kích thước hình thành sau khi cắt là $C_H + y_{\max}$.

Vậy ta có:

$$Z_{b \min} = a_{\min} - (C_H + y_{\min}) = a_{\min} - b_{\min}$$

$$Z_{b \max} = a_{\max} - (C_H + y_{\max}) = a_{\max} - b_{\max}$$

Nếu thay trị số về dung sai của các kích thước a, b là δ_a, δ_b :

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

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

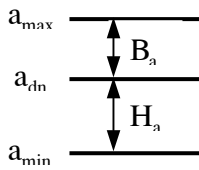
ta sẽ có:

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

$$= a_{\min} - b_{\min} + \delta_a - \delta_b$$

$$Z_{b \max} = Z_{b \min} + \delta_a - \delta_b$$

Lượng dư danh nghĩa (lượng chênh lệch giữa hai kích thước danh nghĩa a_{dn} ,



$$Z_{b \text{ dn}} = a_{\text{nd}} - b_{\text{dn}}$$

$$= (a_{\min} + H_a) - (b_{\min} + H_b)$$

$$= a_{\min} - b_{\min} + H_a - H_b$$

$$Z_{b \text{ dn}} = Z_{b \min} + H_a - H_b$$

② Đối với mặt trong

Làm tương tự như với mặt ngoài, ta có được:

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

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

Thay: $a_{\min} = a_{\max} - \delta_a$; $b_{\min} = b_{\max} - \delta_b$ vào $Z_{b \max}$ ta có:

$$Z_{b \max} = Z_{b \min} + \delta_a - \delta_b$$

$$Z_{b \text{ dn}} = b_{\text{nd}} - a_{\text{dn}}$$

$$= (b_{\max} - B_b) - (a_{\max} - B_a)$$

$$= b_{\max} - a_{\max} + B_a - B_b$$

$$Z_{b \text{ dn}} = Z_{b \min} + B_a - B_b$$

③ Đối với bề mặt đối xứng

Lượng dư của bề mặt đối xứng được xác định tương tự như trên, ta có:

- **Mặt ngoài đối xứng:**

$$2Z_{b \min} = D_{a \min} - D_{b \min}$$

$$2Z_{b \max} = D_{a \max} - D_{b \max} = 2Z_{b \min} + \delta_{D_a} - \delta_{D_b}$$

$$2Z_{b \text{ dn}} = 2Z_{b \min} + H_{D_a} - H_{D_b}$$

- **Mặt trong đối xứng:**

$$2Z_{b \min} = D_{b \max} - D_{a \max}$$

$$2Z_{b \max} = D_{b \min} - D_{a \min} = 2Z_{b \min} + \delta_{D_a} - \delta_{D_b}$$

$$2Z_{b \text{ dn}} = 2Z_{b \min} + B_{D_a} - B_{D_b}$$

Dung sai của lượng dư là hiệu số giữa lượng dư lớn nhất và nhỏ nhất:

- Bề mặt không đối xứng: $\delta_z = Z_{b \max} - Z_{b \min} = \delta_a - \delta_b$

- Bề mặt đối xứng: $\delta_z = 2Z_{b \max} - 2Z_{b \min} = \delta_{D_a} - \delta_{D_b}$

Lấy tổng các lượng dư trung gian ta sẽ được lượng dư tổng cộng Z_0 .

c) Các yếu tố tạo thành lượng dư trung gian

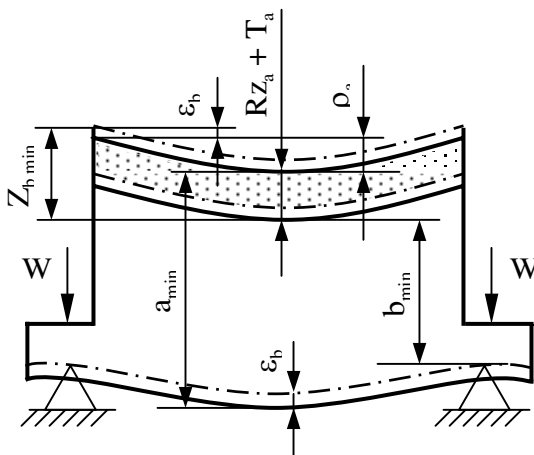
Phần kim loại cần phải hớt đi qua một bước hay một nguyên công tức là lượng dư trung gian, bao gồm các yếu tố sau đây:

Rz_a - Chiều cao trung bình của lớp nhấp nhô bề mặt do bước công nghệ sát trước để lại.

T_a - Chiều sâu lớp hư hỏng bề mặt do bước công nghệ sát trước để lại.

ρ_a - Sai lệch về vị trí không gian của chi tiết do bước công nghệ sát trước để lại (độ không song song, độ cong vênh, độ lệch tâm...).

ε_a - Sai số gá đặt do nguyên công đang thực hiện gây ra.



Hình 7.2- Các yếu tố tạo thành lượng dư gia công.

Như vậy, **giá trị nhỏ nhất của lượng dư gia công bề mặt không đối xứng** tính cho bước công nghệ đang thực hiện được xác định như sau:

$$Z_{b \min} = Rz_a + T_a + \rho_a + \varepsilon_b$$

Đối với **bề mặt đối xứng**, thì phương của ρ_a và ε_b có thể khác nhau nên ta phải tính theo phép cộng vector:

$$2Z_{b \min} = 2 \left(Rz_a + T_a + \left| \vec{\rho}_a + \vec{\varepsilon}_b \right| \right)$$

Khi biết rõ phương của ρ_a và ε_b thì ta cộng hai vectơ đó theo công thức:

$$\left| \vec{\rho}_a + \vec{\varepsilon}_b \right| = \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2 + 2\rho_a \cdot \varepsilon_b \cdot \cos(\rho_a, \varepsilon_b)}$$

tuy nhiên, trong thực tế thì phương của hai vectơ đó rất khó xác định. Vì vậy, ta lấy trị số trung bình theo xác suất:

$$\left| \vec{\rho}_a + \vec{\varepsilon}_b \right| = \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2}$$

Như vậy, công thức tính lượng dư cho bề mặt đối xứng là:

$$2Z_{b \min} = 2 \left(Rz_a + T_a + \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2} \right)$$

Các công thức trên cho ta cách tính lượng dư từ các yếu tố hợp thành với trường hợp tổng quát. Còn trong một số trường hợp cụ thể, biểu thức tính lượng dư không cần đầy đủ các yếu tố đó. Ví dụ:

- Sau nguyên công thứ nhất, đối với **các chi tiết làm bằng gang hoặc kim loại màu thì không còn T_a ở trong biểu thức tính lượng dư nữa**. Sở dĩ như vậy, vì lớp kim loại hỏng tạo nên là do biến dạng dẻo, mà đối với kim loại có độ hạt to như gang hay kim loại màu thì hiện tượng đó không đáng kể.

- **Khi chuẩn định vị trùng với mặt gia công** (như mài không tâm, doa tùy động, chấu lỗ, mài nghiền) thì sai số chuẩn của kích thước thực hiện bằng 0, và nếu bỏ qua sai số do kẹp chặt và sai số đồ gá, lúc đó trong biểu thức tính không có ε_b .

- Đối với *những nguyên công cuối nhằm nâng cao độ bóng bề mặt* (như nghiền, mài siêu tinh) thì $T_a, \rho_a, \varepsilon_b = 0$, lúc đó trong biểu thức chỉ còn Rz_a .

- Các *bề mặt qua nhiệt luyện, sau đó qua mài thì trong biểu thức tính lượng dư sẽ không có T_a* bởi vì khi mài phải giữ lại lớp bề mặt đã xử lý nhiệt.

TRÌNH TỰ TÍNH LƯỢNG DƯ TRUNG GIAN VÀ KÍCH THƯỚC GIỚI HẠN CHO TỪNG BƯỚC CÔNG NGHỆ

1. Lập quy trình công nghệ và phương án gá đặt phôi cho các nguyên công.
2. Xác định các bề mặt gia công và thứ tự các bước công nghệ cho từng bề mặt.
3. Xác định giá trị các đại lượng $Rz_a, T_a, \rho_a, \varepsilon_b$.
4. Xác định trị số tính toán $Z_{b \min}$ cho tất cả các bước công nghệ.

MẶT NGOÀI	MẶT TRONG
5. Ghi kích thước tính toán của bước công nghệ cuối cùng theo bản vẽ (kích thước giới hạn nhỏ nhất).	5. Ghi kích thước tính toán của bước công nghệ cuối cùng theo bản vẽ (kích thước giới hạn lớn nhất).
6. Xác định kích thước cho bước sát trước bằng cách cộng $Z_{b \min}$ với kích thước giới hạn nhỏ nhất theo bản vẽ.	6. Xác định kích thước cho bước sát trước bằng cách lấy kích thước giới hạn lớn nhất theo bản vẽ trừ đi $Z_{b \min}$.
7. Xác định kích thước cho từng bước công nghệ còn lại bằng cách cộng giá trị $Z_{b \min}$ tương ứng với kích thước tính toán của bước công nghệ tiếp theo.	7. Xác định kích thước cho từng bước công nghệ còn lại bằng cách lấy kích thước tính toán của bước công nghệ tiếp theo trừ đi giá trị $Z_{b \min}$ tương ứng.
8. Ghi kích thước giới hạn nhỏ nhất ứng với từng bước công nghệ trên cơ sở quy tròn giá trị kích thước tính toán theo hàng số có nghĩa của dung sai ở từng bước công nghệ.	8. Ghi kích thước giới hạn nhỏ nhất ứng với từng bước công nghệ trên cơ sở quy tròn giá trị kích thước tính toán theo hàng số có nghĩa của dung sai ở từng bước công nghệ.
9. Xác định kích thước giới hạn lớn nhất cho từng bước công nghệ bằng cách cộng thêm dung sai ở từng bước công nghệ với kích thước giới hạn nhỏ nhất đã quy tròn theo dung sai.	9. Xác định kích thước giới hạn nhỏ nhất cho từng bước công nghệ bằng cách trừ từng kích thước giới hạn lớn nhất đã quy tròn theo dung sai, một lượng bằng dung sai của mỗi bước.
10. Xác định giá trị của lượng dư theo từng cặp bước công nghệ nối tiếp nhau: $Z_{b \max}$ = hiệu hai kích thước lớn nhất. $Z_{b \min}$ = hiệu hai kích thước nhỏ nhất.	10. Xác định giá trị của lượng dư theo từng cặp bước công nghệ nối tiếp nhau: $Z_{b \max}$ = hiệu hai kích thước nhỏ nhất. $Z_{b \min}$ = hiệu hai kích thước lớn nhất.

11. Xác định lượng dư tổng cộng cho từng bề mặt gia công $Z_{0 \max}$ và $Z_{0 \min}$ bằng cách cộng tất cả các giá trị lượng dư trung gian tương ứng.

12. Kiểm tra các kết quả tính toán bằng cách tìm hiệu số lượng dư và hiệu số dung sai, rồi đem so sánh kết quả đó với nhau:

$$\delta_z = Z_{b \max} - Z_{b \min} = \delta_a - \delta_b ; \text{ hoặc } \delta_{z0} = Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{ph} - \delta_{ct}$$

Kết quả tính toán sẽ được ghi vào bảng sau đây:

Thứ tự các bước hoặc nguyên công gia công bề mặt.	Các yếu tố tạo thành lượng dư (μm).				Giá trị tính toán		Dung sai T (μm)	Kích thước giới hạn (mm)		Lượng dư giới hạn (μm)	
	Rz_a	T_a	ρ_a	ε_b	$Z_{b \min}$ (μm)	K.thước (mm)		Max	Min	Max	Min
								(9)	(10)	(11)	(12)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
I (phôi)	x	X	x			x	X				
II	x	X	x	x	x	x	X				
III	x	X	x	x	x	x	X				
...
IX	x	X	x	x	x	x	X				
X	x	X	x	x	x	x	B/vẽ	B/vẽ	B/vẽ		

Cột 1: Ghi trình tự các bước công nghệ hoặc nguyên công gia công bề mặt. Ở hàng đầu tiên là phôi, hàng cuối là nguyên công phải đạt độ chính xác, R_z yêu cầu.

Cột 2, 3, 4, 5: Tra và tính toán theo các sổ tay, tài liệu. Riêng ô I(5) thì để trống vì bản thân phôi thì làm sao có gá đặt.

Cột 6: Ô I(6) để trống, các ô khác của cột 6 được tính theo công thức tính lượng dư trung gian (tùy theo bề mặt mà dùng công thức cho hợp lý).

Cột 7: Ghi các kích thước tính toán vào cột 7 theo cách sau:

- **Đối với mặt ngoài:** Ở nguyên công cuối cùng [tức ô X(7)] ghi kích thước nhỏ nhất theo bản vẽ [tức ô X(10)]. Cộng kích thước này với lượng dư tính toán ở cột 6 sẽ được kích thước tính toán của nguyên công sát trước. Tiếp tục cho đến hết.

- **Đối với mặt trong:** Ở nguyên công cuối cùng [tức ô X(7)] ghi kích thước lớn nhất theo bản vẽ [tức ô IX(10)]. Lấy kích thước này trừ đi lượng dư tính toán ở cột 6 sẽ được kích thước tính toán của nguyên công sát trước. Tiếp tục cho đến hết.

Cột 8: Hàng cuối cùng [tức ô X(8)] ghi theo dung sai của bản vẽ, tất cả các ô còn lại của cột được tra theo sổ tay.

Cột 9, 10: Hàng cuối cùng [tức ô X(9), X(10)] ghi theo các kích thước giới hạn của bản vẽ. Còn các ô còn lại thì được ghi theo cách sau:

- **Đối với mặt ngoài:** Lấy kích thước tính toán ở cột 7 đem quy tròn (tùy theo hàng số có nghĩa của dung sai) rồi ghi vào cột 10. Sau đó, lấy kích thước giới hạn ở cột 10 cộng với dung sai sẽ được kích thước ở cột 9.

- **Đối với mặt ngoài:** Lấy kích thước tính toán ở cột 7 đem quy tròn (lấy giảm đi một đơn vị) rồi ghi vào cột 9. Sau đó, lấy kích thước giới hạn ở cột 9 trừ đi dung sai sẽ được kích thước ở cột 10.

Cột 11, 12: Ghi kết quả vào các ô theo công thức:

$$\text{- Đối với mặt ngoài: } Z_{b \min} = a_{\min} - b_{\min}; Z_{b \max} = a_{\max} - b_{\max}$$

$$\text{- Đối với mặt trong: } Z_{b \min} = b_{\max} - a_{\max}; Z_{b \max} = b_{\min} - b_{\min}$$

Cộng tất cả lượng dư ở cột 11 ta có được lượng dư tổng cộng lớn nhất $Z_{0\max}$ [tức ô I(11)], cộng tất cả lượng dư ở cột 12 ta có được lượng dư tổng cộng lớn nhất $Z_{0\min}$ [tức ô I(12)].

Kiểm tra lại kết quả tính bằng công thức: $\delta_z = Z_{b\max} - Z_{b\min} = \delta_a - \delta_b$

Ví dụ: Cần gia công trục từ phôi liệu ban đầu là phôi cán, kích thước đạt được sau khi gia công sẽ là $D = 350_{-0,215}$. Các bước gia công, giá trị để tính toán lượng dư gia công được cho ở bảng sau. Hãy bổ sung những số liệu còn thiếu (in đậm).

Thứ tự gia công	Các yếu tố tạo thành lượng dư (μm).				Giá trị tính toán		Dung sai T (μm)	Kích thước giới hạn (mm)		Lượng dư giới hạn (μm)	
	Rz	T	ρ	ε	$Z_{b\min}$ (μm)	K.thước (mm)		Max	Min	Max	Min
Phôi	3000	5500	-	-	-	367,495	20000	388	368	-	-
Tiện thô	50	50	105	1000	17300	350,195	1350	351,55	350,2	36450	17800
Tiện tinh	-	-	-	-	410	349,785	215	350	349,785	1550	415

Chú ý: - Vì là mặt đối xứng nên lượng dư tính toán sẽ là $2Z_{b\min}$ chứ không còn là $Z_{b\min}$, không được chia 2.

- Việc quy tròn giá trị lượng dư tính toán là theo hàng số có nghĩa của dung sai. Nếu là mặt ngoài thì lấy lên một đơn vị; nếu là mặt trong thì lấy giảm đi một đơn vị.

7.3.3- CHỌN PHÔI VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO PHÔI

Trong thực tế sản xuất, phôi thường được chọn theo hai hướng sau:

- Theo hình dạng chi tiết gia công, với cách này phôi có hình dạng và kích thước gần như chi tiết hoàn chỉnh. Lúc đó, chi phí gia công sẽ được giảm xuống nhưng có thể chi phí sản xuất phôi sẽ lớn, đặc biệt là với sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ (ví dụ như phôi của trục khuỷu).

- Theo các phôi liệu được sản xuất sẵn, sử dụng rộng rãi (phôi cán). Trường hợp này thì có thể lượng dư gia công sẽ khá lớn, dẫn đến chi phí gia công cao nhưng có ưu điểm là chi phí cho việc chế tạo phôi thấp.

Việc chọn loại và phương pháp chế tạo phôi là một vấn đề tổng hợp nhằm mục đích đảm bảo hiệu quả kinh tế - kỹ thuật. Phương án phôi hợp lý nhất là phương án có tổng phí tổn ít nhất.

Lựa chọn phương pháp chế tạo phôi có thể căn cứ vào các yếu tố sau:

- *Căn cứ vào vật liệu chế tạo chi tiết.* Ví dụ như chi tiết bằng gang thì dùng phương pháp đúc; bằng thép thì dùng phương pháp cán, rèn, dập, đúc...

- *Căn cứ vào hình dạng chi tiết và yêu cầu kỹ thuật.* Chi tiết có hình dạng phức tạp thì dùng phương pháp đúc; chi tiết đơn giản, kích thước lớn thì dùng cán...

- *Căn cứ vào dạng sản xuất.* Nếu sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ thì dùng đúc trong khuôn cát, đúc thủ công, hàn, rèn; sản xuất loạt lớn, hàng khối thì dùng đúc áp lực, đúc trong khuôn kim loại...

- *Căn cứ vào điều kiện cụ thể.* Xem xét điều kiện kỹ thuật nhà máy sản xuất có cho phép gia công được các loại phôi nào, từ đó tìm hướng lựa chọn phương pháp chế tạo phôi.

7.4- XÁC ĐỊNH TRÌNH TỰ GIA CÔNG HỢP LÝ

Khi thiết kế QTCN gia công chi tiết máy phải chú ý xác định hợp lý tiến trình công nghệ ứng với các bề mặt của chi tiết, sao cho chu kỳ gia công hoàn chỉnh một chi tiết là ngắn nhất, góp phần hạn chế chi phí gia công, đảm bảo hiệu quả sản xuất.

Cơ sở của việc xác định trình tự gia công hợp lý là tiến trình công nghệ gia công các chi tiết điển hình: càng, hộp, trục, bạc, bánh răng và điều kiện cụ thể.

* Các nguyên tắc khi xác định trình tự gia công hợp lý:

- Chọn chuẩn thô và cách thực hiện nguyên công thứ nhất thật cẩn thận.
- Tiếp đó xác định trình tự các nguyên công sau và chọn chuẩn tinh.
- Căn cứ vào yêu cầu độ chính xác và độ nhám bề mặt mà chọn phương pháp gia công lần cuối của các bề mặt quan trọng.

Ví dụ: Ta cần gia công một lỗ có yêu cầu đạt cấp chính xác 7, Ra = 1,25. Khi đó, với sản xuất loạt nhỏ ta có thể dùng trình tự: Khoan - Khoét - Doa; hay Khoan - Tiện - Mài. Nếu sản xuất loạt lớn thì có thể dùng: Khoan - Chuốt.

- Cố gắng bảo đảm tính thống nhất về chuẩn tinh.
- Chú ý tới các nguyên công có thể sinh ra phế phẩm. Những nguyên công này nên đặt trước để tránh lãng phí hoặc bố trí thêm việc kiểm tra trung gian.
- Chú ý tới những nguyên công dễ sinh ra biến dạng (như gia công thô, nhiệt luyện). Tách những nguyên công này khỏi nguyên công gia công tinh hoặc thêm vào quy trình những nguyên công chỉnh sửa như nắn thẳng...
- Cố gắng giảm số lần gá, tăng số vị trí trong mỗi lần gá.

7.5- THIẾT KẾ NGUYÊN CÔNG

7.5.1- CHỌN MÁY

Khi gia công cắt gọt, máy cắt được xác định theo các nguyên tắc sau:

- Máy được chọn phải đảm bảo thực hiện được phương pháp gia công đã xác định, ứng với chi tiết gia công.
- Máy được chọn phải đảm bảo đạt yêu cầu chất lượng gia công. Thông thường **chọn máy có cấp chính xác lớn hơn cấp chính xác cần thực hiện từ 1 ÷ 2 cấp.**
- Công suất và phạm vi điều chỉnh thông số công nghệ của máy phải tạo điều kiện gia công tốt, nghĩa là đạt chất lượng và năng suất gia công tốt.
- Tùy thuộc vào dạng sản xuất mà chọn máy cho hợp lý. Với sản xuất loạt nhỏ, ta sử dụng máy vạn năng; với sản xuất lớn ta dùng các máy chuyên dùng.

7.5.2- CHỌN CHUẨN, PHƯƠNG ÁN GÁ ĐẶT PHÔI VÀ TRANG BỊ CÔNG NGHỆ

Chọn chuẩn công nghệ nhằm đảm bảo gá đặt phôi đạt hiệu quả kỹ thuật và kinh tế cao. Phôi được gá đặt với trang bị công nghệ tiêu chuẩn, trang bị công nghệ tổ hợp từ các bộ phận tiêu chuẩn hay trang bị công nghệ chuyên dùng.

7.5.3- XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ

Thông số công nghệ cơ bản của quá trình cắt gọt đối với chi tiết máy là: vận tốc cắt, số vòng quay, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, số lần cắt.

Giá trị của các thông số công nghệ phụ thuộc từng phương pháp gia công, từng loại máy, từng kiểu trang bị công nghệ và tính chất của vật liệu gia công.

Việc xác định thông số công nghệ trong thực tế chủ yếu bằng đồ thị hoặc tra trong sổ tay, rồi đối chiếu với phạm vi giá trị thực trên máy, kết hợp với việc kiểm tra lại công suất và năng suất gia công.

Để đảm bảo chất lượng gia công và hiệu quả kinh tế, cần xác định giá trị tối ưu của thông số công nghệ. Nói chung, khi gia công thô thì mục tiêu chủ yếu là đạt năng suất gia công cao; ngược lại khi gia công tinh thì mục tiêu lại là chất lượng gia công.

7.5.4- XÁC ĐỊNH THỜI GIAN GIA CÔNG

Thời gian gia công được xác định đảm bảo nguyên tắc tận dụng với hiệu quả cao nhất vốn thời gian làm việc của trang thiết bị, dụng cụ công nghệ và sức lao động.

Trong thực tế, thường xác định thời gian gia công theo hai phương pháp là bấm giờ và dựa vào định mức tiêu chuẩn. Nói chung, phương pháp bấm giờ sát thực tế hơn nên đạt hiệu quả tốt hơn vì thời gian cần thiết để thực hiện các công việc trong quá trình gia công được xác định trên cơ sở quan sát, phân tích từng động tác.

7.5.5- XÁC ĐỊNH SỐ LƯỢNG MÁY VÀ CÔNG NHÂN

Số lượng máy cần thiết cho một nguyên công được xác định theo tổng khối lượng của nguyên công, tính ra tổng giờ máy cần thiết, đối với sản lượng quy định và vốn thời gian làm việc thực tế hàng năm của một máy tùy theo chế độ làm việc hàng ngày (máy ca/ngày).

$$M = \frac{T_m \cdot k}{T_M \cdot m}$$

với, + T_m là tổng giờ máy cần thiết để gia công sản lượng chi tiết (giờ/năm).

+ k là hệ số xét đến khả năng vượt định mức, tăng năng suất ($k = 0,9 \div 0,95$).

+ T_M là vốn thời gian làm việc thực tế của một máy theo chế độ một ca sản xuất hàng ngày ($T_M = 2200$ giờ/năm).

+ m là số ca sản xuất hàng ngày ($m = 1 \div 3$).

+ M là số máy tính toán cần thiết cho nguyên công.

Số lượng công nhân cần thiết cho nguyên công cũng được xác định trên cơ sở tổng khối lượng lao động của nguyên công hàng năm và vốn thời gian làm việc thực

tế của một công nhân hàng năm theo chế độ một ca sản xuất hàng ngày.

$$R = \frac{T_n \cdot k}{T_C}$$

với, + T_n là tổng giờ người cần thiết cho cả sản lượng (giờ/năm).

+ T_C là vốn thời gian làm việc thực tế của một công nhân theo chế độ một ca sản xuất hàng ngày ($T_C = 2000$ giờ/năm).

7.6- ĐỊNH MỨC TÍNH CHẤT KINH TẾ - KỸ THUẬT

Một phương án công nghệ bao giờ cũng được so sánh, phân tích về mặt kinh tế. Muốn chọn đúng phương hướng, biện pháp để tăng năng suất và hạ giá thành trong phải có những chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật để đánh giá.

7.6.1- CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT

Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật bao gồm:

① Chỉ tiêu về thời gian T

Chỉ tiêu kỹ thuật về thời gian là thời gian cần đủ để hoàn thành một công việc nhất định trong điều kiện sản xuất bình thường của nhà máy (phân xưởng) có tính đến kinh nghiệm và những thành tựu mới về kỹ thuật cũng như về tổ chức sản xuất.

* Thời gian gia công từng chiếc: $T_{tc} = T_0 + T_{ph} + T_{pv} + T_{tn}$
trong đó, + T_0 : thời gian cơ bản. Thời gian này cần thiết để biến đổi trực tiếp hình dạng, kích thước và tính chất cơ lý của chi tiết gia công và có thể thực hiện bằng tay hay máy, có công thức tính cho từng nguyên công.

+ T_{ph} : thời gian phụ, là thời gian công nhân thao tác để có thể hoàn thành công việc cơ bản và được lặp lại sau một chi tiết hay một nhóm chi tiết mà khi đó không tác động đến hình dạng, kích thước và tính chất của chi tiết như: thời gian gá, tháo chi tiết, đo lường...

$T_{nc} = T_0 + T_{ph}$, là thời gian nguyên công.

+ T_{pv} : thời gian phục vụ trông nom cho máy làm việc, có thể phục vụ về kỹ thuật như: đổi dụng cụ, sửa đá, mài dao... hay phục vụ về tổ chức như: tra dầu, bàn giao ca, quét dọn... $T_{pv} = \frac{a+b}{100} \cdot T_{nc}$, với a, b là các hệ số tỷ lệ thời gian (tra sổ tay).

+ T_{tn} : là thời gian nghỉ ngơi tự nhiên theo nhu cầu cần thiết của con người.

$$T_{pv} = \frac{c}{100} \cdot T_{nc}$$

Vậy, thời gian gia công từng chiếc là: $T_{tc} = \left(1 + \frac{a+b+c}{100}\right) T_{nc}$

* Nếu gia công hàng loạt chi tiết, cần có thợ điều chỉnh thì ta có thêm thời gian chuẩn bị kết thúc, bao gồm những việc có liên quan đến việc chuẩn bị để gia công một loạt chi tiết và thu dọn khi kết thúc như: điều chỉnh máy, dụng cụ cắt, đồ gá lắp...

$$T_{tc\ loạ\ t} = T_{tc} + \frac{T_{cbkt}}{n}, \text{ với } n \text{ là số chi tiết trong loạ\ t.}$$

② Chỉ tiêu về năng suất Q đối với một nguyên công hoặc cả sản phẩm.

Chỉ tiêu kỹ thuật về năng suất Q là năng suất lao động xác định bằng số lượng sản phẩm được chế tạo ra trong một đơn vị thời gian.

$$Q = \frac{m}{T_{tc}} \cdot k \text{ (từng chiếc), hoặc } Q = \frac{m}{T_{tc\ loạ\ t}} \cdot k \text{ (hàng loạ\ t)}$$

với, m là thời gian (một ca, giờ hay phút).

7.6.2- GIÁ THÀNH SẢN PHẨM

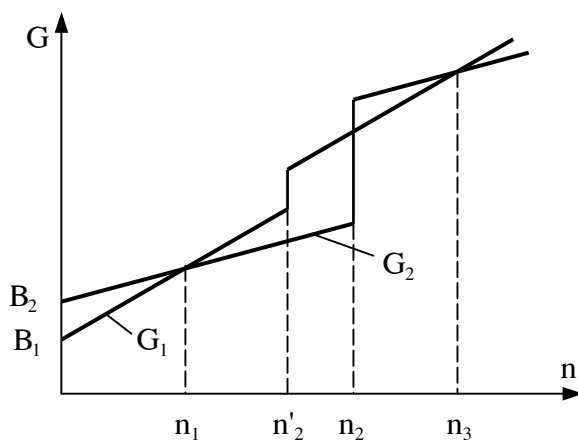
Một phương án công nghệ phải được đánh giá về mặt kinh tế, nghĩa là chọn phương án công nghệ kinh tế nhất sẽ dẫn đến giá thành hạ. Để đánh giá ta phải tính giá thành sản phẩm chi tiết:

$$G = A \cdot n + B = f(\text{nhiều yếu tố}).$$

với, + A: là phí tổn thường xuyên cho mỗi chi tiết như vật liệu, khấu hao, lương công nhân..., dù sản lượng nhiều hay ít thì phí tổn này vẫn không đổi.

+ B: là phí tổn cố định như lương công nhân điều chỉnh máy, đồ gá, thiết bị chuyên dùng... tính cho từng chi tiết, phí tổn này càng nhỏ khi x càng lớn.

Từ đó, ta có giá thành một sản phẩm: $g = G/n$, dựa vào đây mà ta đánh giá và chọn phương án công nghệ có giá thành thấp nhất.



Hình 7.3- Giá thành sản phẩm.

Giả sử, ta có hai phương án công nghệ với giá thành sản phẩm được biểu diễn bởi các đường G_1 và G_2 .

Rõ ràng, nếu số lượng chi tiết cần gia công $n < n_1$, ta chọn phương án G_1 . Còn nếu $n > n_1$ thì chọn phương án G_2 .

Tuy nhiên, do chi phí cố định B phụ thuộc vào n nên đến một giá trị nào đó thì các đường G_1 và G_2 phải tăng lên một lượng

nào đó (lượng tăng này bằng với chi phí cố định tăng thêm). Đến lúc đó, ta lại phải xét tiếp phương án nào có giá thành thấp hơn thì chọn.

7.6.3- BIỆN PHÁP TĂNG NĂNG SUẤT, HẠ GIÁ THÀNH SẢN PHẨM

Nói đến năng suất và hạ giá thành là một phạm trù rất rộng, có thể phạm vi kỹ thuật, phạm vi tổ chức hoặc kết hợp cả hai mặt đó lại.

Trong thực tế có thể áp dụng nhiều phương pháp tăng năng suất và hạ giá thành

gia công qua cách giảm đại lượng thời gian cơ bản T_0 và thời gian phụ T_{ph} .

$$\text{Ta có: } T_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot i}{1000 \cdot v \cdot S} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{L \cdot z}{n \cdot S \cdot t}$$

trong đó, L: chiều dài cắt (mm).
 v: tốc độ cắt (m/ph).
 S: lượng chạy dao (mm/v).
 n: số vòng quay của trục chính (v/ph).
 i: số lần chạy dao.
 t: chiều sâu cắt (mm).
 z: lượng dư gia công cơ (mm).

① Biện pháp giảm thời gian cơ bản T_0

- Nâng cao độ chính xác của phôi vì phôi chế tạo có lượng dư đều, chính xác thì i giảm. Phôi được xử lý nhiệt (ram, ủ, thường hóa) để tạo điều kiện cắt gọt dễ dàng.
- Rút ngắn chiều dài chạy dao bằng cách: dùng nhiều dao, chọn lượng ăn tối và thoát ra của dao một cách hợp lý.
- Tăng chế độ cắt (chọn t_{max} , S_{max} đảm bảo độ bóng bề mặt, tăng vận tốc cắt nhưng vẫn đảm bảo tuổi bền kinh tế của dụng cụ cắt, đảm bảo chất lượng gia công).
- Gia công nhiều bề mặt cùng một lúc bằng dao định hình hoặc bằng nhiều dao thực hiện trên các máy tự động và bán tự động nhiều trục.

② Biện pháp giảm thời gian phụ T_{ph}

- Giảm thời gian gá đặt chi tiết gia công bằng cách dùng các cơ cấu kẹp nhanh (khí nén, dầu ép), gá đặt tự động đạt kích thước, dùng đồ gá vạn năng điều chỉnh.
- Làm cho thời gian phụ trùng với thời gian máy như dùng đồ gá bàn quay, gá phay kiểu đi về cùng cắt, phay liên tục, kiểm tra tự động, cấp phôi tự động.
- Cơ khí hóa, tự động hóa quá trình công nghệ, giảm thời gian vận chuyển chi tiết, giảm thời gian dừng máy để đo, dùng máy điều khiển theo chương trình...
- Dùng dao chuyên dùng để gia công được nhiều bề mặt, giảm thời gian thay dao, điều chỉnh dao...
- Tổ chức làm việc hợp lý.