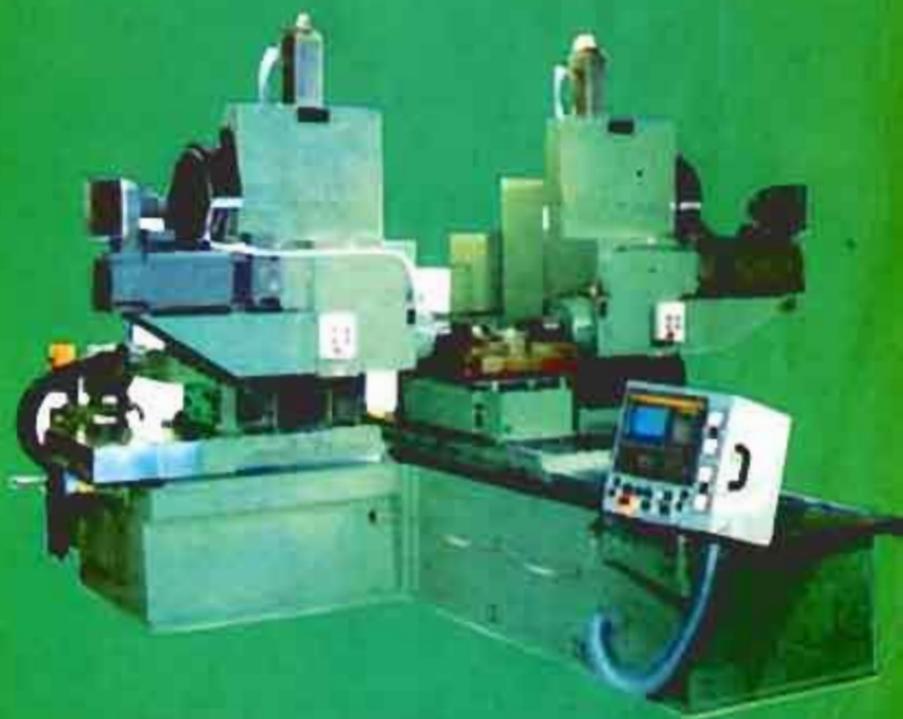


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY VÀ MÁY CHÍNH XÁC

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
Khoa công nghệ chế tạo máy
và máy chính xác

**CÔNG NGHỆ
CHẾ TẠO MÁY**

Tập I



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Hà Nội 1998

TÁC GIẢ.

PTS Nguyễn Trọng Bình; PGS, PTS Nguyễn Thế Đạt;
PGS, PTS Trần Văn Địch; PTS Nguyễn Văn Huyền;
PGS, PTS Nguyễn Đắc Lộc, PGS, PTS Lê Văn Tiến;
PGS, PTS Nguyễn Việt Tiệp; PTS Đỗ Đức Túy;
PTS Trần Xuân Việt; PTS Lê Văn Vĩnh.

CHỦ BIÊN VÀ HIỆU ĐÍNH:

PGS, PTS Nguyễn Đắc Lộc; PGS, PTS Lê Văn Tiến.

<i>Chịu trách nhiệm xuất bản:</i>	PTs, PGs TÔ ĐĂNG HẢI
<i>Biên tập:</i>	NGUYỄN DIỆU THÚY
<i>Sửa chế bản:</i>	NGUYỄN DIỆU THÚY
<i>Vẽ bìa:</i>	THÀNH ĐÀM
<i>Trình bày:</i>	MINH TÙNG

In 1000 cuốn khổ 14,5 x20,5 cm tại Xí nghiệp in Bưu Điện.

Giấy phép xuất bản số: 290 - 75 - 1.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 7 năm 1998.

LỜI NÓI ĐẦU

Hiện nay, các ngành kinh tế nói chung và ngành cơ khí nói riêng đòi hỏi kỹ sư cơ khí và cán bộ kỹ thuật cơ khí được đào tạo ra phải có kiến thức cơ bản tương đối rộng, đồng thời phải biết vận dụng những kiến thức đó để giải quyết những vấn đề cụ thể thường gặp trong sản xuất, sửa chữa và sử dụng.

Môn học công nghệ chế tạo máy có vị trí quan trọng trong chương trình đào tạo kỹ sư và cán bộ kỹ thuật về thiết kế, chế tạo các loại máy và các trang bị cơ khí phục vụ các ngành kinh tế như công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải, điện lực v.v.

Mục tiêu của môn học là tạo điều kiện cho người học nắm vững và vận dụng có hiệu quả các phương pháp thiết kế, xây dựng và quản lý các quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí về kỹ thuật sản xuất và tổ chức sản xuất nhằm đạt được các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật theo yêu cầu trong điều kiện và qui mô sản xuất cụ thể. Môn học còn truyền đạt những yêu cầu về chỉ tiêu công nghệ cần thiết nhằm nâng cao tính công nghệ trong quá trình thiết kế các kết cấu cơ khí để góp phần nâng cao hiệu quả chế tạo chúng.

Trong giáo trình này chúng tôi mạnh dạn đưa vào một số nội dung mới, đồng thời thay đổi về phương pháp trình bày một số vấn đề theo tinh thần cải cách giáo dục của Bộ giáo dục và đào tạo, nhằm nâng cao tính cơ bản, tính hệ thống và tính thực tiễn của môn học.

Giáo trình này gồm hai phần chính.

Phần I trình bày các vấn đề cơ bản của việc đảm bảo chất lượng chế tạo các máy móc và thiết bị; các phương pháp chuẩn bị sản xuất, các phương pháp gia công v.v. nhằm đạt được hiệu quả kinh tế kỹ thuật (chất lượng, năng suất, giá thành).

Phần II trình bày một số vấn đề cụ thể có tính chất điển hình thường gặp trong sản xuất và sửa chữa cơ khí.

Giáo trình này là tài liệu chính dùng cho sinh viên ngành công nghệ chế tạo máy. Ngoài ra nó còn dùng cho sinh viên của các ngành cơ khí khác và làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật cơ khí, các nghiên cứu sinh, các học viên cao học thuộc chuyên ngành chế tạo máy.

Chúng tôi chân thành cảm ơn PGS Đặng Vũ Giao và các cán bộ giảng dạy khoa Công nghệ chế tạo máy và máy chính xác, đã có nhiều ý kiến đóng góp trong quá trình biên soạn giáo trình này.

Chúng tôi rất mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc và các bạn đồng nghiệp để giáo trình trong lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Các ý kiến xin gửi về Khoa Công nghệ chế tạo máy và máy chính xác, trường Đại học bách khoa Hà Nội hoặc Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Ngành chế tạo máy đóng vai trò quan trọng trong việc sản xuất ra các thiết bị, công cụ cho mọi ngành trong nền kinh tế quốc dân, tạo tiền đề cần thiết để các ngành này phát triển mạnh hơn. Vì vậy việc phát triển khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực công nghệ chế tạo máy có ý nghĩa hàng đầu nhằm thiết kế, hoàn thiện và vận dụng các phương pháp chế tạo, tổ chức và điều khiển quá trình sản xuất đạt hiệu quả kinh tế cao nhất.

Quá trình hình thành một sản phẩm cơ khí có thể hình dung như sau:

Căn cứ vào yêu cầu sử dụng, thiết kế ra nguyên lý của thiết bị; từ nguyên lý thiết kế ra kết cấu thực, sau đó là chế thử để kiểm nghiệm kết cấu và sửa đổi hoàn thiện rồi mới đưa vào sản xuất hàng loạt. Nhiệm vụ của nhà thiết kế là thiết kế ra những thiết bị đảm bảo phù hợp với yêu cầu sử dụng, còn nhà công nghệ thì căn cứ vào kết cấu đã thiết kế để chuẩn bị quá trình sản xuất và tổ chức sản xuất. Nhưng giữa thiết kế và chế tạo có mối quan hệ rất chặt chẽ. Nhà thiết kế khi nghĩ tới những yêu cầu sử dụng của thiết bị đồng thời cũng phải nghĩ đến những vấn đề về công nghệ để sản xuất ra chúng. Vì thế nhà thiết kế cũng cần phải nắm vững kiến thức về công nghệ chế tạo.

Từ bản thiết kế kết cấu đến lúc ra sản phẩm cụ thể là một quá trình phức tạp, chịu tác động của nhiều yếu tố khách quan và chủ quan làm cho sản phẩm cơ khí sau khi chế tạo có sai lệch so với bản thiết kế kết cấu.

Như vậy khi chuẩn bị công nghệ chế tạo cần chú ý không chế sai lệch đó trong phạm vi cho phép.

Công nghệ chế tạo máy là một lĩnh vực khoa học kỹ thuật có nhiệm vụ nghiên cứu, thiết kế và tổ chức thực hiện quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí đạt các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật nhất định trong điều kiện quy mô sản xuất cụ thể.

Một mặt công nghệ chế tạo máy là lý thuyết phục vụ cho công việc chuẩn bị sản xuất và tổ chức sản xuất có hiệu quả nhất. Mặt khác nó là môn học nghiên cứu các quá trình hình thành các bề mặt chi tiết và lắp ráp chúng thành sản phẩm.

Công nghệ chế tạo máy là một môn học liên hệ chặt chẽ giữa lý thuyết và thực tiễn sản xuất. Nó được tổng kết từ thực tế sản xuất trải qua nhiều lần kiểm nghiệm của sản xuất để không ngừng nâng cao trình độ kỹ thuật, rồi được đem ứng dụng vào sản xuất để giải quyết những vấn đề thực tế phức tạp hơn, khó khăn hơn. Vì thế phương pháp nghiên cứu công nghệ chế tạo máy phải luôn luôn liên hệ chặt chẽ với điều kiện sản xuất thực tế.

Lịch sử ngành chế tạo máy không phải là mới, nhưng đưa công nghệ chế tạo máy trở thành một môn học thì lại là việc làm chưa lâu. Cho đến nay môn học này đã có một cơ sở lý thuyết có hệ thống và tương đối hoàn chỉnh, thêm nữa nhờ sự phát triển của kỹ thuật vật liệu, kỹ thuật điện tử mà kỹ thuật chế tạo máy càng được nâng cao.

Ngày nay, khuynh hướng tất yếu của chế tạo máy là tự động hóa và điều khiển quá trình thông qua việc điện tử hóa và sử dụng máy tính từ khâu chuẩn bị sản xuất tới khi sản phẩm ra xưởng.

Đối tượng nghiên cứu của công nghệ chế tạo máy là

chi tiết gia công khi nhìn theo khía cạnh hình thành các bề mặt của chúng và quan hệ lắp ghép chúng lại thành sản phẩm hoàn chỉnh.

Để làm công nghệ được tốt cần có sự hiểu biết sâu rộng về các môn khoa học cơ sở như: sức bền vật liệu, nguyên lý máy, chi tiết máy, máy công cụ, nguyên lý cắt, dụng cụ cắt v.v.. Các môn học tính toán và thiết kế đồ gá, thiết kế nhà máy cơ khí, tự động hóa quá trình công nghệ sẽ hỗ trợ tốt cho môn học công nghệ chế tạo máy và là những vấn đề có quan hệ khắng khít với môn học này.

Môn học công nghệ chế tạo máy không những giúp cho người học nắm vững các phương pháp gia công các chi tiết có hình dáng, độ chính xác, vật liệu khác nhau và công nghệ lắp ráp chúng thành sản phẩm mà còn giúp cho người học khả năng phân tích so sánh ưu khuyết điểm của từng phương pháp để chọn ra phương pháp gia công thích hợp nhất, biết chọn quá trình công nghệ hoàn thiện nhất, vận dụng được kỹ thuật mới và những biện pháp tổ chức sản xuất tối ưu để nâng cao năng suất lao động. Mục đích cuối cùng của công nghệ chế tạo máy là nhằm đạt được: chất lượng sản phẩm, năng suất lao động và hiệu quả kinh tế cao.

Để đi sâu nghiên cứu từng phần của môn học chúng ta cần làm quen với một số khái niệm và định nghĩa cơ bản sau đây:

1. Quá trình sản xuất và quá trình công nghệ

Nói một cách tổng quát thì quá trình sản xuất là quá trình con người tác động vào tài nguyên thiên nhiên để biến nó thành sản phẩm phục vụ cho lợi ích của con người.

Định nghĩa đó rất rộng, có thể bao gồm nhiều giai

đoạn. Ví dụ, để có một sản phẩm cơ khí thì phải qua khai thác quặng, luyện kim, gia công cơ khí; gia công nhiệt, hóa; lắp ráp v.v.

Nói hẹp hơn trong một nhà máy cơ khí thì quá trình sản xuất là quá trình tổng hợp các hoạt động có ích để biến nguyên liệu và bán thành phẩm thành sản phẩm của nhà máy. Trong đó có thể kể đến các quá trình chính như: chế tạo phôi; gia công cắt gọt; gia công nhiệt, hóa; kiểm tra; lắp ráp và hàng loạt các quá trình phụ như: vận chuyển, chế tạo dụng cụ, sửa chữa máy, bảo quản trong kho, chạy thử, điều chỉnh, sơn lót, bao bì đóng gói v.v.

Từ quan điểm công nghệ chúng ta cần nghiên cứu từng phần của quá trình sản xuất đó, một trong các phần đó là quá trình công nghệ.

Quá trình công nghệ là một phần của quá trình sản xuất trực tiếp làm thay đổi trạng thái và tính chất của đối tượng sản xuất. Thay đổi trạng thái và tính chất bao hàm: thay đổi hình dáng kích thước, tính chất lý hóa của vật liệu, vị trí tương quan giữa các bộ phận của chi tiết.

Quá trình công nghệ gia công cơ là quá trình cắt gọt phôi để làm thay đổi kích thước, hình dáng của nó.

Quá trình công nghệ nhiệt luyện là quá trình làm thay đổi tính chất vật lý và hóa học của vật liệu chi tiết.

Quá trình công nghệ lắp ráp là quá trình tạo thành những quan hệ tương quan giữa các chi tiết thông qua các loại liên kết mối lắp ghép.

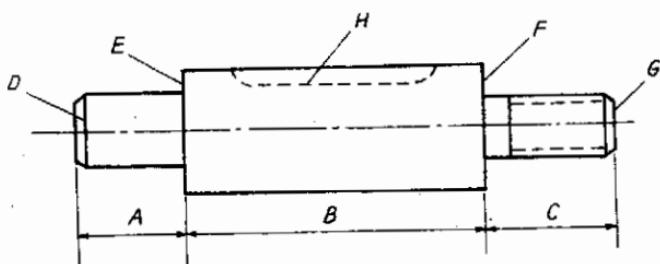
Ngoài ra còn có các quá trình công nghệ chế tạo phôi (đúc, gia công áp lực v.v.).

Xác định quá trình công nghệ hợp lý rồi ghi thành văn kiện công nghệ thì các văn kiện công nghệ đó gọi là quy trình công nghệ.

2. Các thành phần của quy trình công nghệ

a) *Nguyên công* là một phần của quá trình công nghệ được hoàn thành liên tục tại một chỗ làm việc do một hay một nhóm công nhân thực hiện.

Nếu thay đổi một trong các điều kiện: tính làm việc liên tục, hoặc chỗ làm việc thì ta đã chuyển sang một nguyên công khác.



Hình 1-1. Tiện trục bậc.

Ví dụ: tiện trục bậc (hình 1-1). Nếu ta tiện một đầu rồi trở đầu ngay để tiện đầu kia thì vẫn thuộc một nguyên công.

Nhưng nếu tiện một đầu cho cả loạt xong rồi mới tiện đầu còn lại cũng cho cả loạt đó thì thành hai nguyên công. Hoặc là trên một máy chỉ tiện một đầu, còn đầu kia lại tiện trên một máy khác thì cũng là hai nguyên công.

Sau khi tiện mặt trụ ở một máy, phay rãnh then ở trên máy khác thì rõ ràng là hai nguyên công.

Nguyên công là đơn vị cơ bản của quá trình công nghệ để hạch toán và tổ chức sản xuất. Phân chia quá trình công nghệ ra thành các nguyên công có ý nghĩa kỹ thuật và kinh tế.

Ý nghĩa kỹ thuật là ở chỗ tùy theo yêu cầu kỹ thuật của chi tiết mà phải gia công mặt phẳng đó bằng phương pháp mài hay phay.

Ý nghĩa kinh tế (ví dụ công việc tiện trực kế trên) phải tùy theo sản lượng và điều kiện sản xuất cụ thể mà chia nhỏ ra làm nhiều nguyên công (phân tán nguyên công) hoặc là tập trung ở một vài nguyên công (tập trung nguyên công) nhằm mục đích đảm bảo sự cân bằng cho nhịp sản xuất. Hoặc trên một máy chính xác không nên làm cả việc thô và việc tinh mà phải chia thành hai nguyên công thô và tinh cho hai máy, máy chính xác và máy thô (vì máy chính xác đắt hơn máy thô).

b) *Gá* là một phần của nguyên công, được hoàn thành trong một lần gá đặt chi tiết. Ví dụ: gá tiện một đầu rồi đổi gá đầu kia là hai lần *gá*.

Một nguyên công có thể có một hoặc nhiều lần *gá*.

c) *Vị trí* cũng là một phần của nguyên công, được xác định bởi một vị trí tương quan giữa chi tiết với máy hoặc giữa chi tiết với dao cắt. Ví dụ, mỗi lần phay một cạnh hoặc khoan một lỗ trên chi tiết có nhiều lỗ được gọi là một *vị trí*.

Như vậy một lần *gá* có thể có một hoặc nhiều *vị trí*.

d) *Bước* cũng là một phần của nguyên công tiến hành gia công một bề mặt (hoặc một tập hợp bề mặt) sử dụng dao phay (hoặc một bộ dao) đồng thời chế độ làm việc của máy duy trì không đổi (chế độ cắt không đổi).

Nếu thay đổi một trong các điều kiện: bề mặt gia công hoặc chế độ làm việc của máy (như đổi tốc độ cắt, hoặc bước tiến hoặc chiều sâu cắt v.v.) thì ta đã chuyển sang một bước khác.

Ví dụ: trong hình 1-1 ta tiến hành tiện ba đoạn A, B, C là ba bước khác nhau; tiện bốn mặt đầu D, E, F, G là

bốn bước độc lập với nhau.

Tiện ngoài rồi đổi tốc độ, bước tiến và thay dao để tiện ren là hai bước khác nhau.

Như vậy một nguyên công có thể có một hoặc nhiều bước.

e) *Đường chuyển dao* là một phần của bước để hớt đi một lớp vật liệu có cùng chế độ cắt và bằng cùng một dao.

Ví dụ, để tiện ngoài một mặt trụ có thể dùng cùng một chế độ cắt, cùng một dao để hớt làm nhiều lần; mỗi lần là một đường chuyển dao. Như vậy mỗi bước có thể có một hoặc nhiều đường chuyển dao.

f) *Động tác* là một hành động của công nhân để điều khiển máy thực hiện việc gia công hoặc lắp ráp. Ví dụ: bấm nút, quay ụ dao, đẩy ụ động v.v.

Động tác là đơn vị nhỏ nhất của quá trình công nghệ.

Việc phân chia thành động tác rất cần thiết để định mức thời gian, nghiên cứu năng suất lao động và tự động hóa nguyên công.

3. Các dạng sản xuất và các hình thức tổ chức sản xuất

Dựa vào nhu cầu của xã hội, nhà máy cần phải sản xuất một số lượng sản phẩm trong một khoảng thời gian nhất định. Đó là kế hoạch sản xuất của nhà máy, kế hoạch sản xuất này có thể do cấp trên giao cho, cũng có thể do bản thân nhà máy tự lập ra theo nhu cầu của thị trường.

Khi đã có kế hoạch nhà máy phải động viên toàn bộ lực lượng để thực hiện kế hoạch đó. Trong kế hoạch sản xuất chỉ tiêu quan trọng nhất là sản lượng hàng năm tính theo đơn vị sản phẩm (chiếc) hoặc trọng lượng (tấn)

hoặc bằng giá trị tiền (đồng) tùy theo ngành sản xuất.

Dạng sản xuất là một khái niệm đặc trưng có tính chất tổng hợp giúp cho việc xác định hợp lý đường lối, 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 của dạng sản xuất là:

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

Tùy theo sản lượng hàng năm và mức độ ổn định của sản phẩm mà người ta chia ra ba dạng sản xuất sau đây:

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

• *Dạng sản xuất đơn chiếc* có đặc điểm là sản lượng hàng năm ít, thường từ một đến vài chục chiếc, sản phẩm không ổn định do chủng loại nhiều, chu kỳ chế tạo lại không được xác định. Do vậy trong dạng sản xuất này thường chỉ sử dụng các trang thiết bị, dụng cụ công nghệ vạn năng. Máy móc được bố trí theo loại máy, thành từng bộ phận sản xuất khác nhau. Tài liệu công nghệ có nội dung sơ lược, thường là dưới dạng phiếu tiến trình công nghệ. Yêu cầu trình độ thợ phải cao.

• *Dạng sản xuất hàng loạt* có sản lượng hàng năm không quá ít, sản phẩm được chế tạo thành từng loạt theo chu kỳ xác định. Sản phẩm tương đối ổn định.

Tùy theo sản lượng và mức độ ổn định của sản phẩm mà người ta còn chia ra dạng sản xuất loạt nhỏ, loạt vừa, loạt lớn. Sản xuất loạt nhỏ rất gần và giống với sản xuất đơn chiếc, còn sản xuất loạt lớn rất gần và giống sản xuất hàng khối.

- Dạng sản xuất hàng khối có sản lượng rất lớn; sản phẩm ổn định; trình độ chuyên môn hóa sản xuất cao; trang thiết bị, dụng cụ công nghệ thường là chuyên dùng; quá trình công nghệ được thiết kế và tính toán chính xác và được ghi thành các tài liệu công nghệ có nội dung cụ thể và tỷ mỉ. Trình độ thợ đứng máy không cần cao, nhưng phải có thợ điều chỉnh máy giỏi.

Dạng sản xuất hàng khối cho phép áp dụng các phương pháp công nghệ tiên tiến, có điều kiện cơ khí hóa và tự động hóa sản xuất, tạo điều kiện tổ chức các đường dây gia công chuyên môn hóa. Các máy ở dạng sản xuất này thường được bố trí theo thứ tự nguyên công của quá trình công nghệ.

Cần chú ý là việc phân chia thành ba dạng sản xuất như trên chỉ có tính chất tương đối.

Trong thực tế người ta còn chia các dạng sản xuất như sau:

- Sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.
- Sản xuất hàng loạt.
- Sản xuất loạt lớn và hàng khối.

Üng với từng dạng sản xuất là trình độ chuyên môn hóa sản xuất nhất định. Trình độ chuyên môn hóa sản xuất được xác định tổng quát bằng hệ số chuyên môn hóa K_c :

$$K_c = \frac{n}{m} ; \quad (1.1)$$

n - số nguyên công khác nhau được thực hiện.

m - số máy được sử dụng.

Trong bảng 1-1 cho các giá trị tham khảo của hệ số K_c ứng với các dạng sản xuất.

Bảng 1-1

**Hệ số chuyên môn hóa K_c theo quy mô sản xuất cho quá trình
gia công chi tiết máy**

Dạng sản xuất	Hệ số chuyên môn hóa K_c theo tài liệu các nước	
	CHDC Đức	Liên Xô
Hàng khối	13	1.....3
Loạt lớn	3.....10	3.....5
Loạt vừa	10100	5.....20
Loạt nhỏ	100.....200	20....40
Đơn chiếc	Lớn hơn 200	Lớn hơn 40

Muốn tăng năng suất trong quá trình sản xuất ở ngành chế tạo máy bằng cách áp dụng các biện pháp kỹ thuật sản xuất và tổ chức sản xuất tiền tiến, trước hết phải đảm bảo số lượng sản phẩm đủ nhiều tính cho một dây chuyền sản xuất, nói một cách khác là phải tìm biện pháp để nâng cao tính chất hàng loạt của sản phẩm.

Dạng sản xuất của nhà máy hoặc từng phân xưởng được xác định tổng quát nhất là theo hệ số chuyên môn hóa (K_c) khi đã có giải trình thiết kế kỹ thuật tương đối chính xác. Trong thực tế còn có thể xác định dạng sản xuất theo hai yếu tố của đối tượng sản xuất là số lượng và trọng lượng của đối tượng (chi tiết, sản phẩm). Dạng sản xuất còn được xác định bằng các bảng thích hợp cho trong các tài liệu hướng dẫn thiết kế hoặc các sổ tay thiết kế công nghệ chế tạo máy.

Ngoài ra chúng ta còn phải nắm vững các hình thức tổ chức sản xuất để sử dụng thích hợp cho các dạng sản xuất khác nhau.

Trong quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí thường

được thực hiện theo hai hình thức tổ chức sản xuất, là sản xuất theo dây chuyền và sản xuất không theo dây chuyền.

Hình thức sản xuất theo dây chuyền thường được áp dụng ở quy mô sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối. Đặc điểm của hình thức này là:

- Máy được bố trí theo thứ tự các nguyên công của quá trình công nghệ, nghĩa là mỗi nguyên công được hoàn thành tại một vị trí nhất định. Sau khi thực hiện nguyên công, đối tượng sản xuất được chuyển sang máy tiếp theo.

- Số lượng chỗ làm việc (máy) và năng suất lao động tại một chỗ làm việc (máy) phải được xác định hợp lý để đảm bảo tính đồng bộ về thời gian giữa các nguyên công trên cơ sở nhịp sản xuất của dây chuyền.

Nhip sản xuất là khoảng thời gian lặp lại chu kỳ gia công hoặc lắp ráp, nghĩa là trong khoảng thời gian này từng nguyên công của quá trình công nghệ được thực hiện đồng bộ và sau khoảng thời gian ấy một đối tượng sản xuất được hoàn thiện và được chuyển ra khỏi dây chuyền sản xuất:

$$t_n = \frac{T}{N} ; \text{ (phút/chiếc)}; \quad (1.2)$$

Trong đó:

t_n - nhịp sản xuất của dây chuyền.

T - khoảng thời gian làm việc (phút)

N - số đối tượng sản xuất ra trong khoảng thời gian T .

- Để đảm bảo tính đồng bộ của dây chuyền sản xuất và đảm bảo số lượng sản phẩm theo kế hoạch cần phải chú ý thỏa mãn điều kiện:

$$t_{nc_i} = kt_n. \quad (1.3)$$

Trong đó:

t_{nc_i} - thời gian nguyên công thứ i của quá trình công nghệ.

k - số nguyên dương.

- Sản xuất theo dây chuyền cho năng suất và hiệu quả kinh tế cao. Trong trường hợp này năng suất được xác định theo công thức:

$$Q = \frac{1}{t_n} \text{ (chiếc/phút)} \quad (1.4)$$

Đặc điểm của hình thức sản xuất không theo dây chuyền là các nguyên công của quá trình công nghệ được thực hiện không có sự ràng buộc lẫn nhau về thời gian và địa điểm, máy được bố trí theo kiểu, loại và không phụ thuộc vào thứ tự các nguyên công. Sản xuất không theo dây chuyền cho năng suất và hiệu quả kinh tế thấp hơn hình thức sản xuất theo dây chuyền.

4. Quan hệ giữa đường lối, biện pháp công nghệ và quy mô sản xuất trong việc chuẩn bị sản xuất

Số lượng các nguyên công của một quá trình công nghệ phụ thuộc vào phương pháp thiết kế các nguyên công. Trong thực tế người ta thường áp dụng hai phương pháp thiết kế các nguyên công tùy theo trình độ phát triển sản xuất của ngành chế tạo máy, đó là phương pháp tập trung nguyên công và phân tán nguyên công.

Tập trung nguyên công có nghĩa là *bố trí nhiều bước công nghệ trong phạm vi một nguyên công*, như vậy số lượng nguyên công của quá trình công nghệ sẽ ít đi.

Phân tán nguyên công có nghĩa là *bố trí ít bước công nghệ trong phạm vi một nguyên công*, như vậy số nguyên công của quá trình công nghệ sẽ nhiều lên.

Hiện nay trong lĩnh vực chế tạo máy, nhìn chung

người ta có xu hướng vận dụng phương pháp tập trung nguyên công trên cơ sở tự động hóa sản xuất nhằm tăng năng suất lao động, rút ngắn chu kỳ sản xuất, giảm chi phí điều hành và lập kế hoạch sản xuất. Còn phương pháp phân tán nguyên công chỉ áp dụng ở quy mô sản xuất lớn nếu trình độ sản xuất kém (xét về mặt kỹ thuật sản xuất).

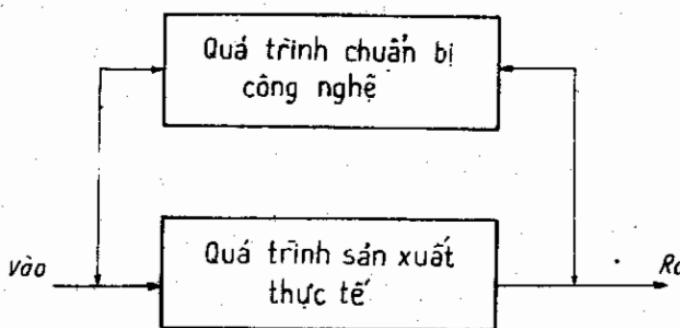
Ở các nước công nghiệp phát triển, người ta áp dụng phương pháp tập trung nguyên công ở cả quy mô sản xuất hàng loạt vừa và hàng loạt nhỏ theo hướng công nghệ linh hoạt và tự động hóa trên cơ sở ghép nhóm đối tượng sản xuất theo mức độ giống nhau về kết cấu và công nghệ.

Việc chuẩn bị công nghệ có vai trò quan trọng trong quá trình chuẩn bị kỹ thuật cho sản xuất.

Mục đích của chuẩn bị công nghệ chế tạo máy là đảm bảo quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí ổn định, đều đặn ứng với từng quy mô và điều kiện sản xuất nhất định; đảm bảo được các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật đã được xác định và đảm bảo kế hoạch sản xuất. Nhiệm vụ của giai đoạn chuẩn bị công nghệ là thiết kế, thử nghiệm quá trình công nghệ chế tạo sản phẩm, đồng thời giám sát và điều hành quá trình ấy trong thực tế sản xuất đạt hiệu quả tốt. Như vậy quan hệ giữa chuẩn bị công nghệ và quá trình công nghệ trong thực tế sản xuất có tính chất tương hỗ, hoàn thiện lẫn nhau. Giai đoạn chuẩn bị công nghệ nhằm thiết kế, thử nghiệm quá trình công nghệ để áp dụng vào sản xuất; quá trình công nghệ trong thực tế khi triển khai sẽ thể hiện rõ những sai sót mà trong giai đoạn thiết kế, thử nghiệm quá trình công nghệ chưa phát hiện được. Thông tin ngược này từ quá trình sản xuất thực tế sẽ góp phần hoàn thiện chất lượng chuẩn bị công nghệ và tạo điều kiện để đạt hiệu

quá sản xuất tốt hơn sau này.

Mỗi quan hệ đã nêu trên có thể được tổng quát hóa ở hình 1-2.



Hình 1.2. Quan hệ giữa quá trình chuẩn bị công nghệ và quá trình sản xuất thực tế

Ung với mỗi thành phần của quá trình công nghệ (nguyên công, gá, bước, động tác v.v.) cần phải xác định yêu cầu cụ thể về chất lượng, sản lượng, thời gian và chi phí thực hiện nhằm đảm bảo tính chất chặt chẽ của quá trình công nghệ tùy theo quy mô sản xuất. Ở quy mô sản xuất nhỏ (sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ) thường chỉ cần lập hồ sơ công nghệ dưới dạng phiếu tiến trình công nghệ, trong đó định thứ tự các nguyên công, hướng dẫn sơ bộ thực hiện từng nguyên công quan trọng. Ở quy mô sản xuất lớn (sản xuất hàng loạt lớn, hàng khối) phải lập hồ sơ công nghệ tỷ mỉ, chính xác, phải chia quá trình công nghệ tới mức phân cấp nhỏ nhất của nó là động tác. Ở đây hồ sơ công nghệ cần phải lập và chuyển giao cho bộ phận sản xuất là phiếu tiến trình công nghệ, phiếu nguyên công, sơ đồ nguyên công với nội dung cụ thể về trang thiết bị, dụng cụ, thông số công nghệ, định mức vật tư, định mức thời gian và bậc thợ.

Hiện tại trình độ chuẩn bị công nghệ trong ngành chế tạo máy ở nước ta còn rất thấp, chủ yếu là thủ công. Vì vậy mà hiệu quả của việc chuẩn bị công nghệ đối với thực tế sản xuất chưa cao, điều đó ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả sản xuất trong các nhà máy chế tạo máy.

Còn ở các nước có nền công nghiệp phát triển, người ta đang nâng cao dần trình độ chuẩn bị công nghệ trong ngành chế tạo máy theo hướng cơ khí hóa và tự động hóa bằng cách sử dụng các thiết bị văn phòng bán tự động và ở mức cao hơn là sử dụng máy vi tính cho việc chuẩn bị và điều hành sản xuất.

Chương 2. CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT CHI TIẾT MÁY

Chất lượng sản phẩm là một chỉ tiêu quan trọng phải đặc biệt quan tâm khi chuẩn bị công nghệ chế tạo sản phẩm.

Chất lượng sản phẩm trong ngành chế tạo máy bao gồm chất lượng chế tạo các chi tiết máy và chất lượng lắp ráp chúng thành sản phẩm hoàn chỉnh. Đối với các chi tiết máy thì chất lượng chế tạo chúng được đánh giá bằng các thông số cơ bản sau đây:

- Độ chính xác về kích thước của các bề mặt.
- Độ chính xác về hình dạng của các bề mặt.
- Độ chính xác về vị trí tương quan giữa các bề mặt.
- Chất lượng bề mặt.

Trong chương này chúng ta đi sâu nghiên cứu các yếu tố đặc trưng của chất lượng bề mặt, ảnh hưởng của chất lượng bề mặt tới khả năng làm việc của chi tiết máy, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt và các phương pháp đảm bảo chất lượng bề mặt trong quá trình chế tạo chi tiết máy.

1. Yếu tố đặc trưng của chất lượng bề mặt

Khả năng làm việc của chi tiết máy phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng của lớp bề mặt. Chất lượng bề mặt là tập hợp nhiều tính chất quan trọng của lớp bề mặt, cụ thể là:

- Hình dáng lớp bề mặt (độ sóng, độ nhám v.v...).
- Trạng thái và tính chất cơ lý của lớp bề mặt (độ cứng, chiều sâu biến cứng, ứng suất dư v.v.).
- Phản ứng của lớp bề mặt đối với môi trường làm

việc (tính chống mòn, khả năng chống xâm thực hóa học, độ bền mỏi v.v..).

Chất lượng bề mặt chi tiết máy phụ thuộc vào phương pháp và điều kiện gia công cụ thể. Chất lượng bề mặt là mục tiêu chủ yếu cần đạt ở bước gia công tinh các bề mặt chi tiết máy.

Lớp bề mặt chi tiết máy khác với lớp lõi về cấu trúc kim loại, về tính chất cắt ít và trạng thái biến cứng. Nguyên nhân chính của sự khác nhau là hiện tượng biến dạng dẻo của lớp bề mặt. Mức độ và chiều sâu biến cứng bề mặt phụ thuộc vào nhiều yếu tố; những yếu tố này cũng ảnh hưởng cả đến lực cắt và nhiệt cắt. Đối với bề mặt chịu tải lớn cần chú ý đặc biệt tính chất cơ lý của nó.

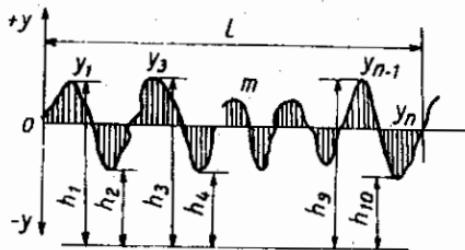
Trong phạm vi bài này chúng ta cần đi sâu vào tính chất hình học và tính chất cơ lý của bề mặt gia công.

1.1- Tính chất hình học của bề mặt gia công

Tính chất hình học của bề mặt gia công được đánh giá bằng độ nhấp nhô tế vi và độ sóng bề mặt.

a) Độ nhấp nhô tế vi

Trong quá trình cắt, lưỡi cắt của dụng cụ cắt và sự hình thành phoi kim loại tạo ra những vết xước cực nhõ trên bề mặt gia công. Như vậy bề mặt gia công có độ nhám (độ nhấp nhô tế vi). Độ nhấp nhô tế vi của bề mặt gia công được đo bằng chiều cao



Hình 2.1. Sơ đồ xác định độ nhấp nhô tế vi của bề mặt chi tiết máy.

nhấp nhô (R_z) và sai lệch profilin trung bình cộng (R_a) của lớp bề mặt.

Chiều cao nhấp nhô (R_z) là trị số trung bình của 5 khoảng cách từ 5 đỉnh cao nhất đến 5 đáy thấp nhất của nhấp nhô bề mặt tinh vi tính trong phạm vi chiều dài chuẩn l (hình 2-1).

Trị số của R_z được xác định như sau:

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

$$= \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) + (h_7 - h_8) + (h_9 - h_{10})}{5} \quad (2.1)$$

Sai lệch profilin trung bình cộng (R_a) là trị số trung bình của khoảng cách từ các đỉnh trên đường nhấp nhô tinh vi tới đường trục tọa độ OX :

- Tính gần đúng $R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$ (2.2)

- Tính chính xác $R_a = \frac{1}{l} \int_{x=0}^l |y_i| dx$ (2.3)

Dộ nhấp nhô tinh vi (độ nhám bề mặt) là cơ sở để đánh giá độ nhẵn bề mặt trong phạm vi chiều dài chuẩn rất ngắn l .

Theo tiêu chuẩn nhà nước thì độ nhẵn bề mặt được chia làm 14 cấp ứng với giá trị của R_a , R_z . Độ nhẵn bề mặt cao nhất ứng với cấp 14 ($R_a \leq 0,01 \mu m$; $R_z \leq 0,05 \mu m$). Trên bản vẽ chi tiết máy, yêu cầu về độ nhám bề mặt được cho theo giá trị của R_a hoặc R_z . Trị số R_a cho khi yêu cầu độ nhẵn bề mặt cần đạt từ cấp 6 đến cấp 12 ($R_a = 2,5 \div 0,04 \mu m$). Trị số R_z được ghi trên bản vẽ nếu yêu cầu độ nhẵn bề mặt cần đạt trong phạm vi từ cấp 1 đến cấp 5 là ($R_z = 320 \div 20 \mu m$), hoặc từ cấp 13

đến cấp 14 là ($R_z = 0,08 \pm 0,05 \mu m$). Trong thực tế sản xuất nhiều khi người ta đánh giá độ nhám bề mặt chi tiết máy theo các mức độ: thô, bán tinh, tinh và siêu tinh (bảng 2-1).

Bảng 2-1

Cấp nhám bóng bề mặt

Chất lượng bề mặt	Cấp nhám bóng	R_a (μm)	R_z (μm)	Chiều dài chuẩn l (mm)
THÔ	1	80	320	
	2	40	160	8
	3	20	80	
	4	10	40	2.5
BÁN TINH	5	5	20	2.5
	6	2.5	10	
	7	1.25	6.3	0.8
	8	0.63	3.2	
TINH	9	0.32	1.6	
	10	0.16	0.8	0.25
	11	0.08	0.4	
	12	0.04	0.2	
SIÊU TINH	13	0.02	0.08	0.08
	14	0.01	0.05	

Dộ nhám bề mặt và độ chính xác về kích thước có quan hệ với nhau chặt chẽ. Theo kinh nghiệm, người ta dựa vào cấp chính xác về kích thước để xác định độ nhám bề mặt tương ứng, cụ thể là giá trị của độ nhám

bề mặt khoảng $5 \div 20\%$ dung sai của kích thước cần đạt.

b) Độ sóng bề mặt là chu kỳ không bằng phẳng của bề mặt chi tiết máy được quan sát trong phạm vi lớn hơn độ nhám bề mặt (từ 1 đến 10 mm). Người ta dựa vào tỷ lệ gần đúng giữa chiều cao nhấp nhô và bước sóng để phân biệt độ nhấp nhô tinh vi (độ nhám) bề mặt và độ sóng của bề mặt

chi tiết máy
(hình 2-2).

Độ nhám bề mặt ứng với tỷ lệ $l/h = 0 \div 50$.

Độ sóng bề mặt ứng với tỷ lệ $L/H = 50 \div 1000$.

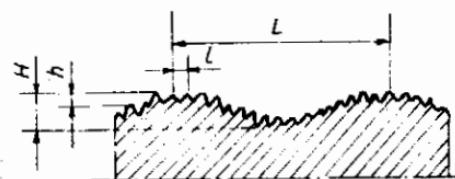
1.2- Tính chất cơ lý của bề mặt gia công

Tính chất cơ lý của lớp bề mặt

chi tiết máy được biểu thị bằng độ cứng bề mặt, sự biến đổi về cấu trúc mạng tinh thể lớp bề mặt, độ lớn và dấu của ứng suất trong lớp bề mặt, chiều sâu lớp biến cứng bề mặt.

a) Hiện tượng biến cứng của lớp bề mặt

Trong quá trình gia công, tác dụng của lực cắt làm xô lệch mạng tinh thể lớp kim loại bề mặt và gây biến dạng dẻo ở vùng trước và vùng sau lưỡi cắt. Phoi kim loại được tạo ra do biến dạng dẻo của các hạt kim loại trong vùng trượt. Giữa các hạt tinh thể kim loại xuất hiện ứng suất. Thể tích riêng tăng và mật độ kim loại



Hình 2.2. Tổng quát về độ nhám và độ sóng
bề mặt chi tiết máy:

h - chiều cao nhấp nhô tinh vi,

l - khoảng cách giữa hai đỉnh nhấp nhô tinh vi.

H - chiều cao của sóng.

L - khoảng cách giữa hai đỉnh sóng.

giảm ở vùng cắt. Giới hạn bền, độ cứng, độ giòn của lớp bề mặt được nâng cao; ngược lại tính dẻo dai của lớp bề mặt lại giảm. Đồng thời tính dẫn từ của lớp bề mặt cũng thay đổi. Nhiều tính chất khác của lớp bề mặt cũng thay đổi. Kết quả tổng hợp là lớp bề mặt kim loại bị cứng nguội, chắc lại và có độ cứng tê vi cao. Độ cứng tê vi là một tính chất lý học quan trọng của lớp bề mặt.

Mức độ biến cứng và chiều sâu lớp biến cứng bề mặt phụ thuộc vào tác dụng của lực cắt, mức độ biến dạng dẻo của kim loại và ảnh hưởng nhiệt trong vùng cắt. Lực cắt tăng làm cho mức độ biến dạng dẻo của vật liệu tăng; qua đó làm tăng mức độ biến cứng và chiều sâu lớp biến cứng bề mặt. Nhiệt sinh ra ở vùng cắt sẽ hạn chế hiện tượng biến cứng bề mặt. Như vậy mức độ biến cứng của lớp bề mặt phụ thuộc vào tỷ lệ tác động giữa hai yếu tố lực cắt và nhiệt sinh ra trong vùng cắt.

b) *Ứng suất dư trong lớp bề mặt*

Khi gia công, trong lớp bề mặt chi tiết có ứng suất dư. Trị số, dấu và chiều sâu phân bố của ứng suất dư trong lớp bề mặt phụ thuộc vào điều kiện gia công cụ thể. Sau đây là những nguyên nhân chủ yếu gây ra ứng suất dư trong lớp bề mặt chi tiết máy:

1. Khi cắt một lớp mỏng vật liệu, trường lực xuất hiện gây ra biến dạng dẻo không đều ở từng khu vực trong lớp bề mặt. Khi trường lực mất đi, biến dạng dẻo gây ra ứng suất dư trong lớp bề mặt.

2. Biến dạng dẻo sinh ra khi cắt làm chắc lớp vật liệu bề mặt, làm tăng thể tích riêng của lớp kim loại mỏng ở ngoài cùng. Lớp kim loại ở bên trong do không bị biến dạng dẻo nên vẫn giữ thể tích riêng bình thường. Lớp kim loại ngoài cùng có xu hướng tăng thể tích, gây ra ứng suất du nén; để cân bằng thì lớp kim loại bên trong phải sinh ra ứng suất du kéo.

3. Nhiệt sinh ra ở vùng cắt có tác dụng nung nóng cục bộ các lớp mỏng bề mặt làm giảm môđun đàn hồi của vật liệu, có khi làm giảm tới trị số nhỏ nhất. Sau khi cắt, lớp vật liệu bề mặt ở vùng cắt bị nguội nhanh, co lại, sinh ra ứng suất dư kéo; để cân bằng thì lớp kim loại bên trong phải sinh ra ứng suất dư nén.

4. Kim loại bị chuyển pha trong quá trình cắt và nhiệt sinh ra ở vùng cắt làm thay đổi cấu trúc vật liệu, dẫn đến sự thay đổi về thể tích kim loại. Lớp kim loại nào hình thành cấu trúc có thể tích riêng lớn sẽ sinh ra ứng suất dư nén; lớp kim loại có cấu trúc với thể tích riêng bé phải sinh ra ứng suất dư kéo để cân bằng.

Để đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết máy trong thực tế có nhiều phương pháp. Ở đây chỉ tóm tắt một số phương pháp chính.

Độ nhám bề mặt chi tiết máy có thể được xác định bằng phương pháp quang học với kính hiển vi giao thoa, nếu bề mặt có độ nhẵn bóng cao (độ nhám thấp) thường từ cấp 10 đến cấp 14. Có thể đo lớp profil lớp bề mặt bằng mũi dò khi bề mặt có độ nhẵn tới cấp 11. Đối với các bề mặt lỗ thường phải in bằng chất dẻo bề mặt chi tiết rồi mới đo bán in trên các máy đo độ nhám bề mặt. Người ta còn có thể xác định độ nhám bề mặt bằng cách so sánh bằng mắt thường vật đo với mẫu.

Độ cứng bề mặt được xác định bằng máy đo độ cứng. Chiều sâu lớp biến cứng bề mặt được xác định bằng cách cắt mẫu, đem mài bóng rồi cho xâm thực hóa học để nghiên cứu cấu trúc lớp bề mặt.

Ứng suất dư trong lớp bề mặt được xác định bằng phương pháp chiếu tia Ronghen rồi khảo sát phân tích biểu đồ Ronghen; hoặc bằng phương pháp cấu trúc điện tử trên cơ sở hiện tượng khúc xạ của các điện tử (dựa vào hiện tượng phân chia các dòng điện tử bằng các

nguyên tử và phân tử) tùy theo chiều dày lớp bề mặt cần khảo sát. Phương pháp chiếu tia Ronghen cho phép xác định ứng suất dư trong lớp bề mặt với chiều dày khoảng 0,005 đến 0,010 mm; còn phương pháp cấu trúc điện tử có thể xác định ứng suất dư trong lớp bề mặt có chiều dày nhỏ hơn 0,003 mm.

2. Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt tới khả năng làm việc của chi tiết máy

Chất lượng bề mặt có ảnh hưởng nhiều đến khả năng làm việc của chi tiết máy, đến mối lắp ghép của chúng trong kết cấu tổng thể của máy. Ở đây ta đi sâu khảo sát một số ảnh hưởng cơ bản của chất lượng bề mặt (độ nhấp nhô tế vi, lớp biến cứng bề mặt, ứng suất dư bề mặt) đối với khả năng làm việc của chi tiết máy (tính chống mòn, độ bền mỏi, tính chống ăn mòn hóa học, độ chính xác các mối lắp ghép).

2.1. Ảnh hưởng đến tính chống mòn

a) Ảnh hưởng đến độ nhấp nhô tế vi (độ nhám bề mặt)

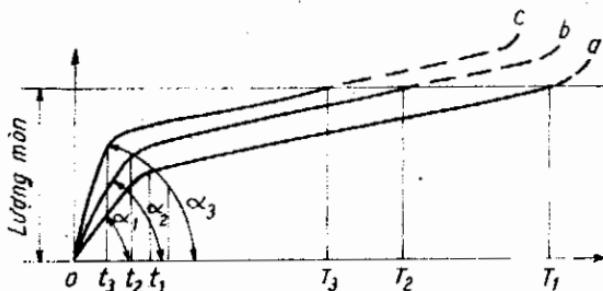
Chiều cao và hình dạng của nhấp nhô tế vi trên bề mặt cùng với chiều của vết gia công có ảnh hưởng đến ma sát và mài mòn chi tiết máy.

Do bề mặt hai chi tiết tiếp xúc nhau có nhấp nhô tế vi (nhám) nên trong giai đoạn đầu của quá trình làm việc, hai bề mặt này chỉ tiếp xúc nhau ở một số đỉnh cao nhấp nhô; diện tích tiếp xúc thực chỉ bằng một phần của diện tích tiếp xúc tính toán. Tại các đỉnh tiếp xúc đó áp suất rất lớn, thường vượt quá giới hạn chảy, có khi vượt quá cả giới hạn bền của vật liệu. Áp suất đó làm cho các điểm tiếp xúc bị nén đàn hồi và làm biến dạng dẻo các nhấp nhô, đó là biến dạng tiếp xúc. Biến dạng tiếp xúc có thể tính theo công thức thực nghiệm như sau:

$$\Delta = Cp^x \quad (\mu m) \quad (2.4.)$$

với C , x là hệ số và số mũ phụ thuộc điều kiện thực nghiệm (dạng tiếp xúc, vật liệu v.v.); p là áp suất tiếp xúc (N/mm^2). Khi hai bề mặt có chuyển động tương đối với nhau sẽ xảy ra hiện tượng trượt dẻo ở các đỉnh nhấp nhô; các đỉnh nhấp nhô bị mòn nhanh làm khe hở lấp ghép tăng lên. Đó là hiện tượng mòn ban đầu. Trong điều kiện làm việc nhẹ và vừa, mòn ban đầu có thể làm cho chiều cao nhấp nhô giảm 65 - 75%; lúc đó diện tích tiếp xúc thực tăng lên và áp suất tiếp xúc giảm đi. Mòn ban đầu ứng với thời gian chạy rà kết cấu cơ khí. Ở giai đoạn này hình dạng nhấp nhô và chiều của vết gia công cũng thay đổi. Sau giai đoạn này quá trình mài mòn trở nên bình thường và chậm. Đó là giai đoạn mòn bình thường. Cuối cùng là giai đoạn mòn kịch liệt, khi đó bề mặt tiếp xúc bị tróc ra, nghĩa là cấu trúc bề mặt chi tiết bị phá hỏng. Như vậy, quá trình mài mòn của một cặp chi tiết máy, xét trên cơ sở ma sát ở bề mặt tiếp xúc, thường qua ba giai đoạn: mòn ban đầu, mòn bình thường, mòn kịch liệt (như hình 2-3).

Ở hình 2-3 biểu thị mối quan hệ giữa lượng mòn và thời gian sử dụng của một cặp chi tiết ma sát với nhau tùy theo độ nhám bề mặt ban đầu. Độ nhám bề mặt ban



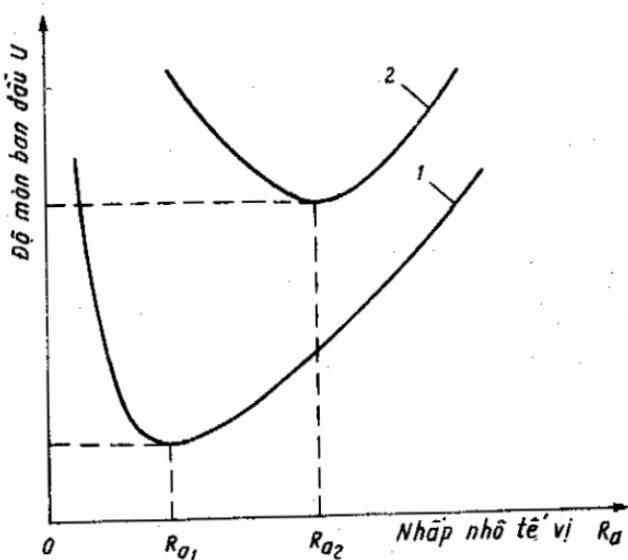
Hình 2-3. Quá trình mài mòn của một cặp chi tiết ma sát (tiếp xúc) với nhau.

đầu phụ thuộc phương pháp gia công. Các đường đặc trưng a , b , c ứng với ba độ nhám ban đầu khác nhau của các bề mặt tiếp xúc. Ở đây giai đoạn mòn ban đầu là khoảng thời gian từ 0 đến t_1 ; từ 0 đến t_2 ; từ 0 đến t_3 . Giai đoạn mòn bình thường của cặp chi tiết, tùy theo độ nhám bề mặt ban đầu, ứng với khoảng thời gian từ t_1 đến T_1 , t_2 đến T_2 , t_3 đến T_3 . Giai đoạn mòn kịch liệt của cặp chi tiết ứng với khoảng thời gian từ T_1 , T_2 , T_3 trở đi. Ở đường đặc trưng c , cặp chi tiết có độ nhẵn bóng bề mặt ban đầu kém nhất nên giai đoạn mòn ban đầu xảy ra nhanh nhất, nghĩa là xét về thời gian thì $t_3 < t_2 < t_1$, như vậy cường độ mòn của cặp chi tiết này là lớn nhất ở giai đoạn mòn ban đầu. Tuổi thọ của cặp chi tiết có độ nhẵn bóng bề mặt ban đầu kém nhất ứng với giai đoạn mòn bình thường cũng ngắn nhất, nghĩa là $T_3 < T_2 < T_1$.

Như vậy, khi chế tạo chi tiết máy, nếu giảm hoặc tăng chiều cao nhấp nhô tế vi tới trị số tối ưu, ứng với điều kiện làm việc của chi tiết, thì sẽ đạt được lượng mòn ban đầu ít nhất, qua đó kéo dài tuổi thọ của chi tiết.

Ở hình 2-4 ta có quan hệ giữa độ mòn ban đầu (u) và trị số của sai lệch profil trung bình cộng R_a , tùy theo điều kiện làm việc nặng hay nhẹ. Lượng mòn ban đầu ít nhất ứng với giá trị của R_a tại các điểm R_{a1} , R_{a2} ; đó là giá trị tối ưu của R_a . Nếu giá trị của R_a nhỏ hơn trị số tối ưu R_{a1} , R_{a2} thì sẽ bị mòn kịch liệt vì các phần tử kim loại dễ khuếch tán. Ngược lại, giá trị của R_a lớn hơn trị số tối ưu R_{a1} , R_{a2} thì lượng mòn sẽ tăng lên vì các nhấp nhô bề mặt bị phá vỡ và cắt đứt.

Tóm lại, khi thiết kế hai bề mặt ma sát với nhau phải chọn độ nhám bề mặt tối ưu để giảm độ mòn của chúng đến mức nhỏ nhất, tùy theo điều kiện làm việc cụ thể.



3.4. Quan hệ giữa lượng mòn ban đầu $\Delta\sigma_m$ và sai lệch pröfin trung bình cộng R_a . Đường 1 ứng với điều kiện làm việc nhẹ, đường 2 - điều kiện làm việc nặng.

b) *Ảnh hưởng của lớp biến cứng bề mặt*

Lớp biến cứng bề mặt của chi tiết máy có tác dụng nâng cao tính chống mòn. Biến cứng bề mặt làm hạn chế tác động tương hỗ giữa các phân tử và tác động tương hỗ cơ học ở bề mặt tiếp xúc; nghĩa là hạn chế sự khuếch tán ôxy trong không khí vào bề mặt chi tiết máy để tạo thành các ôxyt kim loại, như các ôxyt sắt FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 là các ôxyt có tác dụng ăn mòn kim loại.

Hiện tượng biến cứng bề mặt chi tiết máy còn hạn chế quá trình biến dạng dẻo toàn phần của chi tiết máy, qua đó hạn chế hiện tượng chảy và hiện tượng mài mòn của kim loại.

c) *Ảnh hưởng của ứng suất dư bề mặt*

Ứng suất dư ở lớp bề mặt chi tiết máy nói chung không có ảnh hưởng đáng kể tới tính chống mòn, nếu chi tiết máy làm việc trong điều kiện ma sát bình

thường. Còn ứng suất bên trong, xét trên toàn bộ tiết diện của chi tiết máy, có thể có ảnh hưởng đến tính chất và cường độ mòn của chi tiết máy.

2.2- Ảnh hưởng đến độ bền mỏi của chi tiết máy

a) Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt

Độ nhám bề mặt có ảnh hưởng đến độ bền mỏi của chi tiết máy, nhất là khi chi tiết máy chịu tải trọng chu kỳ có đổi dấu, vì ở đây các nhấp nhô tế vi có ứng suất tập trung với trị số lớn, có khi trị số này vượt quá giới hạn mỏi của vật liệu. Ứng suất tập trung này sẽ gây ra các vết nứt tế vi ở đây các nhấp nhô, đó là nguồn gốc phá hỏng chi tiết máy.

Khi tiện thép 45 theo hai yêu cầu khác nhau về độ nhám bề mặt thì sẽ nhận được hai giới hạn mỏi khác nhau.

- Ứng với chiều cao nhấp nhô tế vi $R_z = 75\mu\text{m}$ thì có giới hạn mỏi là $\sigma_{-1} = 195 \text{ MN/m}^2$ (195 N/mm^2).

- Ứng với chiều cao nhấp nhô tế vi $R_z = 2\mu\text{m}$ thì có giới hạn mỏi là $\sigma_{-1} = 282 \text{ MN/m}^2$ (282 N/mm^2).

Nghĩa là ở trường hợp độ nhám bề mặt thấp (độ nhẵn bóng bề mặt cao) thì giới hạn mỏi của vật liệu tăng khoảng 50%.

Mặt khác, độ bền của chi tiết máy cũng sẽ tăng khi chi tiết chịu tải trọng va đập, nếu độ nhám bề mặt thấp. Đối với thép CT5 nếu giảm độ nhám bề mặt từ $R_z = 100 \mu\text{m}$ xuống $R_z = 0,1\mu\text{m}$ thì độ bền chịu va đập có thể tăng 17%.

b) Ảnh hưởng của lớp biến cứng bề mặt

Bề mặt bị biến cứng có thể làm tăng độ bền mỏi khoảng 20%. Chiều sâu và mức độ biến cứng của lớp bề mặt đều có ảnh hưởng đến độ bền mỏi của chi tiết máy; cụ thể là hạn chế khả năng gây ra các vết nứt tế vi làm

phá hỏng chi tiết, nhất là khi bề mặt chi tiết có ứng suất dư nén.

Khi chi tiết máy làm việc ở môi trường có nhiệt độ cao, dưới tác dụng nhiệt quá trình khuếch tán các phân tử kim loại trong lớp bề mặt sẽ tăng lên, làm giảm độ bền mỏi của chi tiết máy.

c) *Ảnh hưởng của ứng suất dư trong lớp bề mặt*

Ứng suất dư nén trên lớp bề mặt có tác dụng nâng cao độ bền mỏi; còn ứng suất dư kéo lại hạ thấp độ bền mỏi của chi tiết máy. Ảnh hưởng của ứng suất dư bề mặt đối với độ bền mỏi của chi tiết máy, xét về trị số và dấu của ứng suất dư, có thể xác định bằng mối quan hệ theo thực nghiệm sau:

$$\sigma_{-1b} = \sigma_{-1a} - \alpha \sigma_d \quad (2.5)$$

trong đó σ_{-1a} - giới hạn mỏi khi không có ứng suất dư bề mặt,

σ_{-1b} - giới hạn mỏi khi có ứng suất dư bề mặt,

σ_d - ứng suất dư lớn nhất, kể cả dấu, ở lớp bề mặt

α - hệ số phụ thuộc loại vật liệu của chi tiết.

Công thức thực nghiệm trên cho biết nếu ứng suất dư bề mặt có trị số thay đổi trong phạm vi từ $+500$ đến $-500 N/mm^2$ thì giới hạn mỏi của chi tiết máy thay đổi gần gấp hai lần. Mỗi quan hệ đó chỉ đúng trong trường hợp chi tiết máy làm việc ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ mà ứng suất dư bị triệt tiêu. Nếu chi tiết máy làm việc lâu ở nhiệt độ cao thì ảnh hưởng của ứng suất dư lớp bề mặt tới độ bền mỏi của vật liệu sẽ giảm.

2.3- *Ảnh hưởng tới tính chống ăn mòn hóa học của lớp bề mặt chi tiết*

a) *Ảnh hưởng của độ nhấp nhô tế vi bề mặt*

Các chỗ lõm bề mặt do độ nhấp nhô tế vi tạo ra là

nơi chứa các tạp chất như axit, muối v.v. Các tạp chất này có tác dụng ăn mòn hóa học đối với kim loại. Quá trình ăn mòn hóa học trên lớp bề mặt chi tiết làm các nhấp nhô mới hình thành. Quá trình ăn mòn hóa học này ở lớp bề mặt xảy ra dọc theo sườn dốc của các nhấp nhô tê vi, theo chiều từ đỉnh xuống đáy (mũi tên trên hình 2-5) các nhấp nhô, làm cho các nhấp nhô cũ bị mất đi và các nhấp nhô mới hình thành (hình 2-5).



Hình 2-5. Quá trình ăn mòn hóa học trên lớp bề mặt chi tiết máy.

Như vậy bề mặt chi tiết máy càng ít nhám (càng nhẵn bóng) thì sẽ càng ít bị ăn mòn hóa học, bán kính đáy các nhấp nhô càng lớn thì khả năng chống ăn mòn hóa học của lớp bề mặt càng cao. Có thể chống ăn mòn hóa học bằng cách phủ lên bề mặt chi tiết máy một lớp bảo vệ bằng phương pháp mạ (mạ crôm, mạ nikten) hoặc bằng phương pháp cơ khí làm chắc lớp bề mặt.

b) *Ảnh hưởng của lớp biến cứng bề mặt*

Biến dạng dẻo và biến cứng bề mặt kim loại có mức độ khác nhau, tùy theo hướng các hạt tinh thể kim loại và thành phần cấu tạo của chúng. Hạt ferrit biến dạng nhiều hơn hạt peclit. Điều đó làm cho năng lượng nâng cao không đều và thế năng điện tích của các hạt thay đổi khác nhau. Các hạt ferrit biến cứng nhiều hơn sẽ trở

thành các anôt. Các hạt peclit bị biến cứng ít hơn sẽ trở thành các catôt. Đồng thời các mạng lưới nguyên tử bị lệch với mức độ khác nhau trong các hạt tinh thể.

Kết quả của biến dạng dẻo tạo nên sự không đồng nhất tế vi của kim loại nhiều tinh thể, trong đó sinh ra nhiều phần tử ăn mòn, nhất là ở mặt phẳng trượt, gây ra hiện tượng hấp thụ mạnh, tăng cường quá trình ăn mòn và khuếch tán ở lớp bề mặt. Bề mặt chi tiết máy qua quá trình gia công cơ sẽ bị biến cứng, độ nhám bề mặt bị thay đổi làm cho tính chống ăn mòn hóa học của kim loại cũng bị thay đổi. Sau khi tiện, tốc độ ăn mòn thép trong dung dịch axit sunfuric loãng có thể nhanh gấp 12,5 lần so với sau khi đánh bóng, vì độ nhám bề mặt sau khi đánh bóng thấp hơn sau khi tiện.

2.4- Ảnh hưởng đến độ chính xác các mối lắp ghép

Dộ chính xác các mối lắp ghép trong kết cấu cơ khí phụ thuộc chất lượng các bề mặt lắp ghép. Độ bền các mối lắp ghép, trong đó có độ ổn định của chế độ lắp ghép giữa các chi tiết, phụ thuộc vào độ nhám của các bề mặt lắp ghép. Ở đây, chiều cao nhấp nhô tế vi R_z tham gia vào trường dung sai chế tạo chi tiết máy: đối với lỗ thì dung sai của kích thước đường kính sẽ giảm một lượng là $2R_z$, còn đối với trục thì lại tăng thêm $2R_z$.

Trong giai đoạn mòn ban đầu (giai đoạn chạy rà) chiều cao nhấp nhô tế vi R_z , đối với mối lắp ghép lỏng, có thể giảm đi 65 ÷ 75% làm khe hở lắp ghép tăng lên và độ chính xác lắp ghép giảm đi. Như vậy, đối với các mối lắp ghép lỏng, để đảm bảo độ ổn định của mối lắp trong thời gian sử dụng, trước hết phải giảm độ nhấp nhô tế vi (giảm độ nhám, tăng độ nhẵn bóng bề mặt), thông qua cách giảm trị số chiều cao nhấp nhô R_z . Giá trị hợp lý của chiều cao nhấp nhô R_z được xác định theo

độ chính xác của mối lắp, tuy theo trị số của dung sai kích thước lắp ghép.

Ví dụ - nếu đường kính lắp ghép lớn hơn 50 mm thì
 $R_z = (0,1 + 0,15)\delta$,

- nếu đường kính lắp ghép từ 18 đến 50 mm thì
 $R_z = (0,15 + 0,2)\delta$,

- nếu đường kính lắp ghép nhỏ hơn 18 mm thì
 $R_z = (0,2 + 0,25)\delta$.

Dộ bền của mối lắp chật (mối lắp có độ dôi) có quan hệ trực tiếp với độ nhám của bề mặt lắp ghép. Chiều cao nhấp nhô tế vi R_z tăng thì độ bền của mối lắp ghép có độ dôi (mối lắp chật) giảm. Chẳng hạn như ở vành bánh xe lửa, độ bền mối lắp ứng với chiều cao nhấp nhô tế vi R_z là 36,5 μm sẽ thấp hơn khoảng 40% so với độ bền cũng của mối lắp đó ứng với R_z là 18 μm , vì độ dôi ở mối lắp ghép sau nhỏ hơn ở mối lắp ghép trước khoảng 15%.

Tóm lại, chất lượng của bề mặt chi tiết máy có ảnh hưởng nhiều đến khả năng làm việc và các mối lắp ghép của chi tiết máy trong kết cấu cơ khí. Tất nhiên, mối quan hệ này rất phức tạp, cần phải được tiếp tục khảo sát có hiệu quả hơn, thông qua các công trình nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm sát đúng để từ đó tìm biện pháp tác động tích cực đến chất lượng bề mặt, góp phần nâng cao khả năng làm việc và đảm bảo chất lượng các mối lắp ghép chi tiết máy. Về phương diện công nghệ chế tạo máy cần đi sâu phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt chi tiết máy.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt chi tiết máy

Trạng thái và tính chất của lớp bề mặt chi tiết máy trong quá trình gia công do nhiều yếu tố công nghệ quyết định.

Tính chất cơ lý của lớp bề mặt chi tiết bị thay đổi dưới tác dụng của lực cắt và nhiệt sinh ra trong vùng cắt. Ở các phương pháp cắt gọt (tiện, phay, bào v.v.) thì tác động của lực cắt đối với tính chất cơ lý của lớp bề mặt thường mạnh hơn tác động của nhiệt cắt. Ở quá trình biến dạng dẻo của vật liệu gia công tại vùng cắt, dưới tác động của lực cắt, xảy ra hiện tượng biến đổi về cấu trúc vật liệu, hiện tượng chuyển pha và xô lệch mạng tinh thể, hiện tượng biến cứng của lớp bề mặt, làm độ cứng tế vi tăng và độ dẻo dai giảm.

Lớp bề mặt của chi tiết thép thường được phân chia thành ba vùng khác nhau.

a) Vùng ngoài có mức độ biến dạng dẻo lớn, mang tinh thể và từng tinh thể kim loại bị biến đổi mạnh, cấu trúc vật liệu bị lộn xộn, độ cứng tế vi tăng.

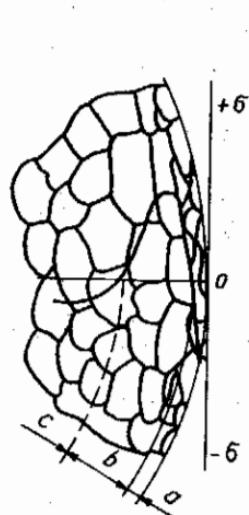
b) Vùng giữa có độ hạt lớn, mạng tinh thể bị xô lệch ít hơn và có độ cứng tế vi thấp hơn vùng ngoài.

c) Vùng trong có mức độ biến dạng dẻo ít nhất và có cấu trúc vật liệu gần như bình thường.

Khi gia công chi tiết gang xám thì sự biến đổi của lớp bề mặt nói chung là ít, chiều sâu của lớp bề mặt bị biến đổi ở đây thường nhỏ hơn $15\mu m$.

Khi gia công thô và tinh chi tiết thép, thì sự biến đổi của lớp bề mặt thường mạnh hơn khi gia công chi tiết gang, với chiều sâu từ 50 đến $300\mu m$. Nếu tiện bóc vỏ với chiều sâu cắt lớn và lượng chạy dao lớn thì chiều sâu lớp bề mặt bị biến đổi có thể tới giá trị $500 \div 1000\mu m$. Hình 2-6 cho biết độ lớn của ứng suất ở vùng a, b, c của lớp bề mặt chi tiết thép sau nguyên công tiện.

Khi mài, tác động của nhiệt cắt đối với trạng thái, tính chất của lớp bề mặt gia công thường trội hơn so với



Hình 2.6. Sứ phân bố ứng suất trong lớp bề mặt già. công sau khi tiện thép.

tác động của lực cắt. Ở quá trình mài xảy ra hiện tượng biến đổi cấu trúc vật liệu bên trong lớp bề mặt, các phần tử cacbit tập trung ở phía ngoài các hạt tinh thể, như vậy sẽ hình thành tổ chức có cấu trúc giống như cấu trúc sau quá trình tôi và ủ. Quá trình biến đổi cấu trúc này tạo ra các ứng suất kéo và nén với trị số xấp xỉ giới hạn chảy và có khi vượt quá giới hạn chảy của vật liệu. Quá trình biến đổi về cấu trúc như vậy ở lớp bề mặt chi tiết, sau bước mài thô và bán tinh thường ứng với chiều sâu lớp bề mặt tới khoảng $10 \div 30\mu\text{m}$; sau bước mài tinh và siêu tinh khoảng $5\mu\text{m}$.

Ứng suất phân bố trong lớp bề mặt chi tiết có khi sâu tới $50 \div 150\mu\text{m}$.

Một hiện tượng nữa cần lưu ý khi khảo sát lớp bề mặt, đó là hiện tượng thoát cacbon. Ở các chi tiết rèn thì lớp bề mặt phân thành hai vùng: vùng ngoài bị thoát cacbon nhiều, vùng trong bị thoát cacbon ít. Ở các chi tiết được rèn nóng trong khuôn thì chiều sâu lớp bề mặt bị thoát cacbon, tùy theo trọng lượng chi tiết, có khi tới $150 \div 300\mu\text{m}$. Ở chi tiết rèn tự do thì chiều sâu này có thể tới $500 \div 1000\mu\text{m}$. Đối với phôi cán thì chiều sâu lớp bề mặt bị biến đổi có thể tới $150\mu\text{m}$, chiều sâu lớp bề mặt bị thoát cacbon có thể tới $50\mu\text{m}$. Chi tiết đúc từ gang xám thường có lớp vỏ peclit dày tới $300\mu\text{m}$, dưới lớp vỏ này là lớp ferrit đóng vai trò trung gian giữa lớp

vỏ và lớp lõi. Chi tiết đúc từ thép có lớp bề mặt thoát cacbon với chiều sâu tới $200\mu m$.

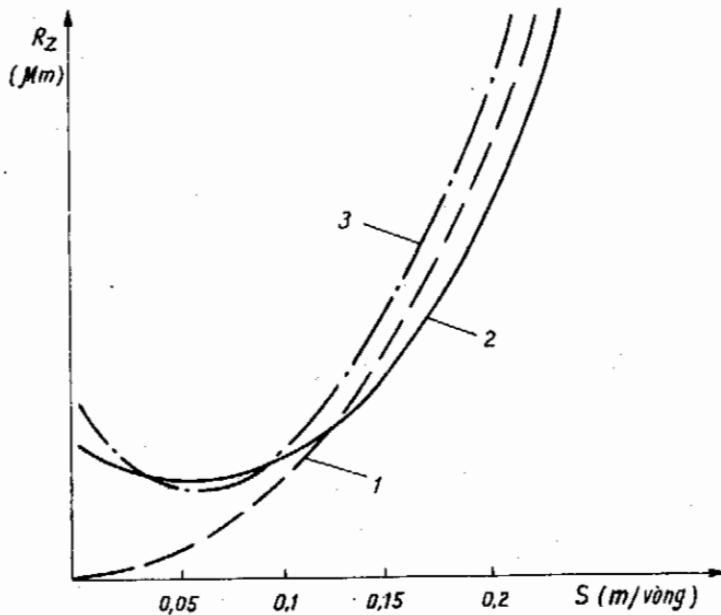
Nói chung, quá trình hình thành tính chất hình học và tính chất cơ lý của lớp bề mặt chi tiết khi gia công cơ rất phức tạp. Ở đây ta đi sâu khảo sát những yếu tố cơ bản nhất trên cơ sở các nhóm yếu tố ảnh hưởng như sau:

- Các yếu tố ảnh hưởng có tính chất in đậm hình học lên bề mặt gia công, ví dụ ảnh hưởng của dao cắt và chế độ cắt.
- Các yếu tố ảnh hưởng phụ thuộc vào biến dạng dèo của lớp bề mặt.
- Các yếu tố ảnh hưởng do dao động của máy, dụng cụ và chi tiết gia công.

3.1- Ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt

a) Các yếu tố mang tính chất hình học của dụng cụ cắt và chế độ cắt

Mối quan hệ giữa các thông số hình học của dụng cụ cắt và chế độ cắt với chất lượng bề mặt chi tiết máy đã được nhiều công trình lý thuyết và thực nghiệm đề cập đến, chủ yếu trên cơ sở các phương pháp cắt gọt như tiện, phay, mài v.v. Từ kết quả nghiên cứu, bước đầu người ta đã tìm được các biện pháp công nghệ thích hợp để cải thiện chất lượng bề mặt chi tiết máy, nhất là giảm chiều cao nhấp nhô tể vi R_z (giảm độ nhám) để tăng độ nhẵn bóng bề mặt, cải thiện chiều sâu lớp biến cứng cũng như độ cứng bề mặt. Qua thực nghiệm đối với phương pháp tiện người ta đã xác định mối quan hệ giữa các thông số: chiều cao nhấp nhô tể vi R_z , lượng tiến dao S , bán kính mũi dao r , chiều dày phoi nhỏ nhất h_{min}



Hình 2-7. Quan hệ giữa chiều cao nhấp nhô tế vi R_z và lượng tiền dao S khi tiện.

(hình 2-7).

Trên hình 2-7 đường cong 1 biểu thị mối quan hệ tổng quát giữa R_z , S và r , cụ thể là trong phạm vi giá trị của lượng chạy dao $S > 0,15 \text{ mm/vòng}$; Đường cong 2 biểu thị mối quan hệ thực nghiệm, kể cả phạm vi giá trị của lượng chạy dao S nhỏ hơn ($S < 0,1 \text{ mm/vòng}$). Từ đường cong 2 người ta xác định được mối quan hệ giữa R_z , S và r , h_{\min} đối với bước tiện tinh và biểu thị bằng đường cong 3. Như vậy, tùy theo giá trị thực tế của lượng chạy dao S mà ta có thể xác định mối quan

hệ giữa R_z với S , r và h_{\min} như sau:

- Khi $S > 0,15 \text{ mm/vòng}$ thì $R_z = \frac{S^2}{8r}$

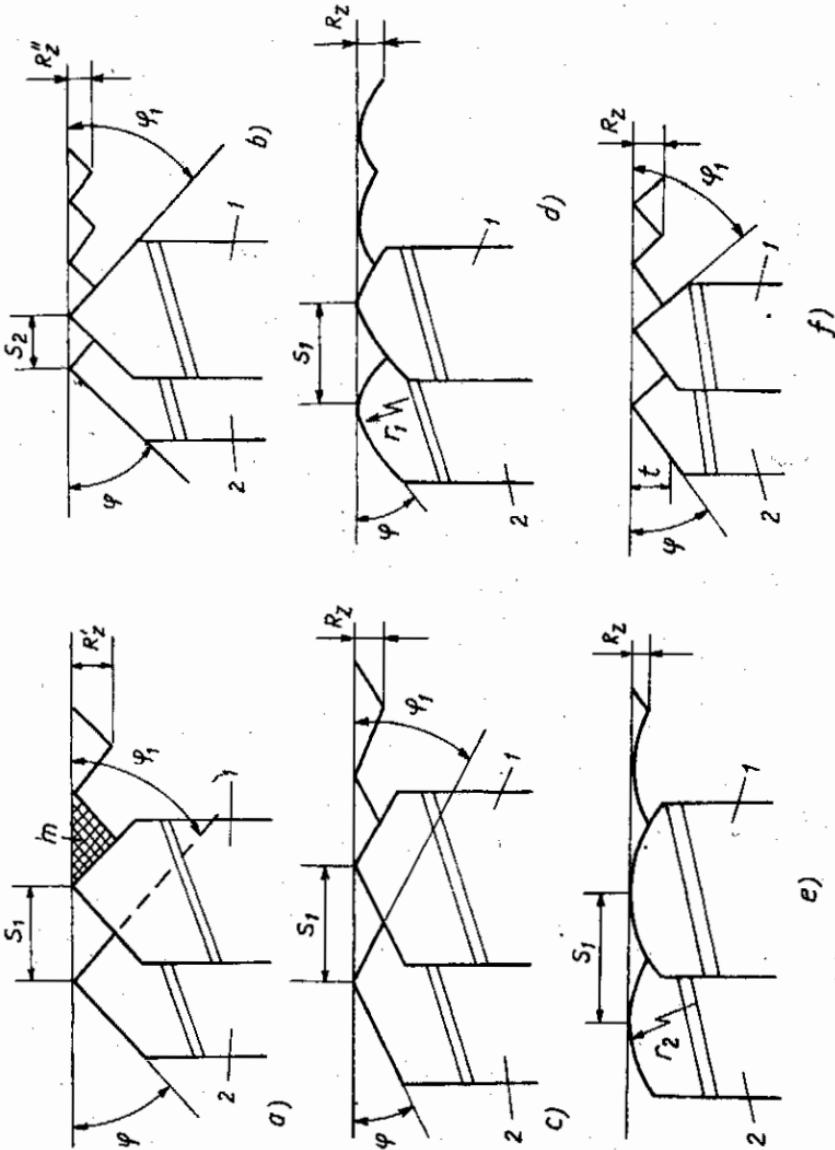
- Khi $S < 0,1 \text{ mm/vòng}$ thì giá trị của chiều cao nhấp nhô tê vi R_z :

$$R_z = \frac{S^2}{8r} + \frac{h_{\min}}{2} \left(1 + \frac{rh_{\min}}{S^2} \right)$$

Ở đây, chiều dày phoi kim loại h_{\min} phụ thuộc bán kính mũi dao r . Nếu mài lưỡi cắt bằng đá kim cương mịn ở mặt trước và mặt sau lưỡi cắt, khi $r = 10\mu\text{m}$ thì $h_{\min} = 4\mu\text{m}$. Mài dao hợp kim cứng bằng đá thường nếu $r = 40\mu\text{m}$ thì $h_{\min} > 20\mu\text{m}$.

Nếu lượng chạy dao S quá nhỏ ($S < 0,03 \text{ mm/vòng}$) thì trị số của R_z lại tăng, nghĩa là thực hiện bước tiện tinh hoặc phay tinh với lượng chạy dao S quá nhỏ sẽ không có ý nghĩa đối với việc cải thiện chất lượng bề mặt chi tiết. Mặt khác với giá trị không đổi của lượng tiến dao S có thể đạt độ nhám bề mặt thấp hơn nếu vật liệu gia công có sức bền cao hơn.

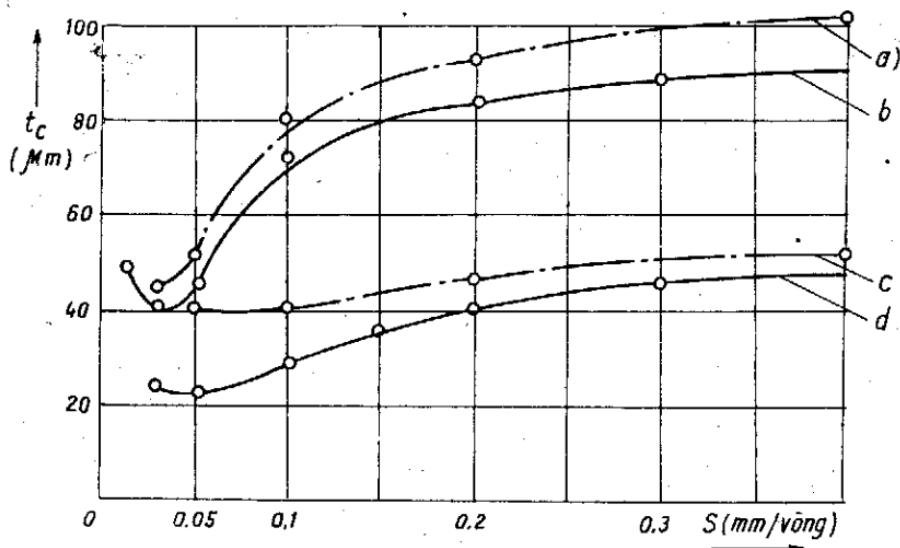
Hình 2-8 là ví dụ về ảnh hưởng của hình dạng hình học của dụng cụ cắt và chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi tiện. Ở đây khi tiện lượng chạy dao S_1 đưa dao tiện từ vị trí 1 sang vị trí 2 (hình 2-8.a) để lại trên bề mặt chi tiết phần sót lại m tạo thành nhấp nhô bề mặt, phần sót lại m phụ thuộc vào bước tiến S_1 và hình dạng hình học của dụng cụ cắt. Giảm lượng chạy dao từ S_1 đến S_2 thì chiều cao nhấp nhô sẽ từ R'_z giảm xuống còn R''_z (hình 2-8.b). Nếu thay đổi góc φ và φ_1 không những làm thay đổi chiều cao nhấp nhô mà còn thay đổi cả hình dạng nhấp nhô (hình 2-8.c). Nếu bán kính mũi dao tiện có dạng tròn là r_1 thì hình thành dạng nhấp nhô cũng



Hình 2-8. Ảnh hưởng của hình dáng hình học của dụng cụ cắt và chế độ cắt đến nhấp nháy nhỏ bề mặt khi tiện.

có đáy lõm tròn (hình 2-8.d). Nếu tăng bán kính đinh của dao tiện lên r_2 thì chiều cao nhấp nhô R_z sẽ giảm (hình 2-8.e). Phần thẳng của lưỡi cát trên dao tiện cũng có ảnh hưởng đến hình dạng và chiều cao nhấp nhô (hình 2-8.f).

Chiều sâu cát cũng có ảnh hưởng tương tự như lượng chạy dao đối với chiều cao nhấp nhô tế vi; nếu bỏ qua độ



Hình 2-9. Ảnh hưởng của lượng chạy dao S đối với chiều sâu biến cung t_c , tùy theo loại vật liệu gia công và vật liệu dụng cụ cắt:
 a) cắt thép C35, dao thép gió HS10, $v = 400 \text{ m/ph}$
 b) cắt thép C35, dao keramic (gốm), $v = 600 \text{ m/ph}$
 c) cắt thép C60, dao thép gió HS10, $v = 400 \text{ m/ph}$
 d) cắt thép C60, dao keramic (gốm), $v = 600 \text{ m/ph}$ với chiều sâu cắt 1 mm , các góc của lưỡi cắt: $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, bán kính $r = 1,25 \text{ mm}$, $\epsilon = 90^\circ$.

đảo của trục chính máy. Ảnh hưởng của lượng chạy dao S đối với chiều sâu lớp biến cứng bề mặt (t_c) cũng giống như ảnh hưởng của S đối với R_z (hình 2-9), tùy theo sức bền của vật liệu được gia công. Trong điều kiện như nhau thì vật liệu gia công kém bền sẽ có chiều sâu biến cứng bề mặt (t_c) lớn, ví dụ chiều sâu biến cứng bề mặt của thép 35 lớn hơn của thép 60. Nếu tăng vận tốc cắt v thì chiều sâu biến cứng bề mặt t_c sẽ giảm.

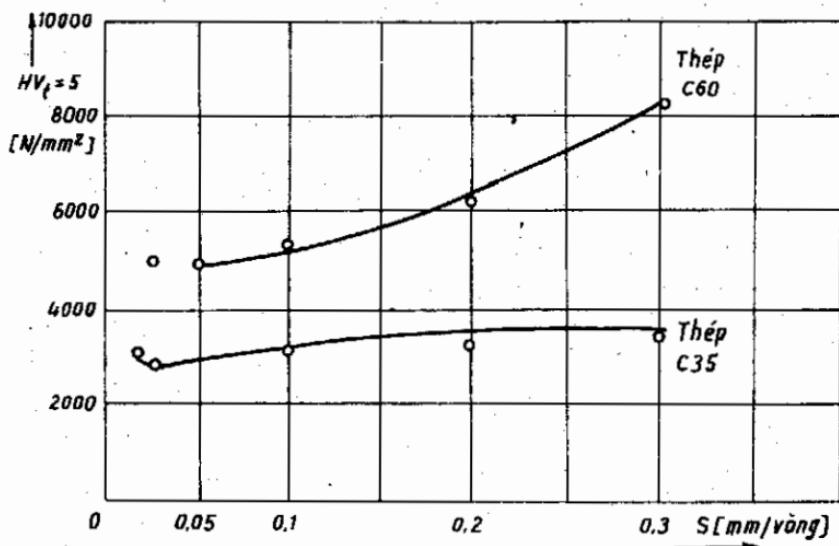
Ứng với phạm vi giá trị của lượng chạy dao S từ 0,3 đến 0,5 mm/vòng người ta xác định được mối quan hệ theo thực nghiệm giữa chiều sâu biến cứng bề mặt t_c và lượng chạy dao S như sau:

$$t_c = CS^x \text{ } (\mu m) \quad (2.6)$$

C và x - hệ số và số mũ tùy theo loại vật liệu gia công, (ví dụ khi gia công thép 35 thì $C = 134$; $x = 0,35$; khi gia công thép 60 thì $C = 52$; $x = 0,22$).

Ảnh hưởng của các đại lượng khác (chiều sâu cắt, góc γ , vận tốc cắt, vật liệu dụng cụ cắt, độ mòn dụng cụ cắt v.v.) đối với lớp biến cứng bề mặt thường được xét và tính đến qua hệ số hiệu chỉnh K tùy theo điều kiện gia công cụ thể.

Nói chung lớp biến cứng bề mặt có cấu trúc không tốt thường có ứng suất dư gây trở ngại cho quá trình gia công và ảnh hưởng tới độ bền mỏi của chi tiết máy; vì vậy cần khống chế trị số của chiều sâu lớp biến cứng bề mặt t_c . Giá trị của t_c nên nhỏ, càng nhỏ càng tốt. Hình 2-10 cho biết ảnh hưởng của lượng tiến dao S đối với độ cứng bề mặt HV. Nếu chiều sâu biến cứng $t_c = 5\mu m$, dụng cụ cắt là keramic (gốm), vận tốc cắt $v = 600 m/ph$, chiều sâu cắt là $1mm$, các thông số về lưỡi cắt giống như hình 2-9. Ở đây độ cứng tế vi ứng với chiều sâu biến cứng $t_c = 5\mu m$ sẽ tăng nếu sức bền vật liệu gia



Hình 2-10. Ảnh hưởng của lực chạy dao S đối với độ cứng tế vi HV_t , xác định ở chiều sâu biến cứng $t_c = 5\mu m$.

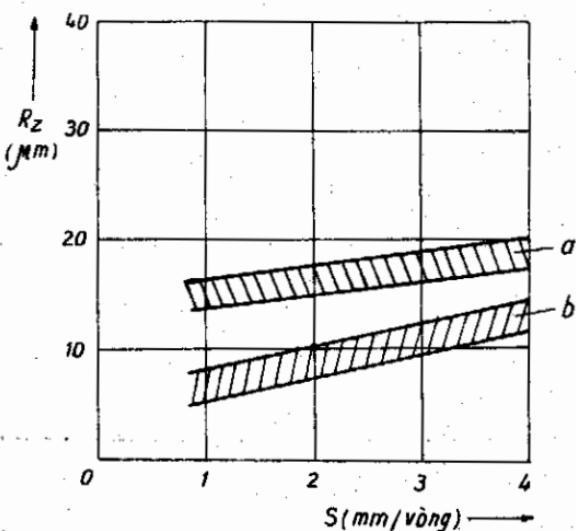
công tăng.

Các thông số hình học của lưỡi cắt, đặc biệt là góc trước γ và độ mòn dụng cụ cắt có ảnh hưởng đến chiều cao nhấp nhô tế vi R_z và chiều sâu biến cứng t_c . Khi góc γ tăng thì R_z và t_c giảm. Độ mòn dụng cụ tăng thì R_z và t_c tăng. Độ mòn cho phép của dụng cụ cắt đảm bảo trị số hợp lý của R_z và t_c là khoảng $u = 0,2 \div 0,4 mm$.

Khi phay tinh hoặc bào tinh với dao rộng bén, nếu lượng tiến dao S lớn và chiều rộng của lưỡi cắt B lớn hơn lượng tiến dao s ($B > s$) thì chiều cao nhấp nhô R_z sẽ giảm. Ví dụ khi phay tinh bằng dao phay mặt đầu có răng chắp có thể đạt giá trị chiều cao nhấp nhô tế vi $R_z < 10\mu m$.

Khi mài, ngoài vận tốc cắt v , lượng tiến dao S , chiều

sâu cắt, chất làm lạnh, thì kết cấu của đá mài cũng có ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Nếu mài tinh với đá mịn và vận tốc cắt v lớn có thể đạt độ nhám bề mặt thấp (độ nhẵn bóng bề mặt cao), giá trị của R_z có thể nhỏ hơn $3\mu m$. Khi mài thường, nên chạy với vận tốc của đá $v_d = 25 \div 35 \text{ m/s}$. Khi mài cao tốc thì nên cắt với vận tốc của đá khoảng 100 m/s . Nhưng cần chú ý: với vận tốc của đá lớn hơn 60 m/s thì không cải thiện được chiều sâu lớp biến cứng bề mặt t_c . Nói chung phương pháp mài cao tốc tạo điều kiện cải thiện chất lượng bề mặt chi tiết máy, nâng cao năng suất cắt, nâng tuổi bền dụng cụ cắt. Các hình 2-11, 2-12, 2-13 cho biết quan hệ giữa các đại lượng tiến dao S , vận tốc đá mài v_d với chiều cao nhấp nhô tế vi R_z , chiều sâu lớp



Hình 2-11. Ảnh hưởng của lượng tiến dao S đối với chiều cao nhấp nhô tế vi R_z khi phay với dao phay có răng chắp
a) lưỡi cắt thường b) lưỡi cắt rộng bán.

biến cứng bề mặt t_c khi phay và mài.

Chế độ thực nghiệm ứng với các hình 2-12 và 2-13 là:

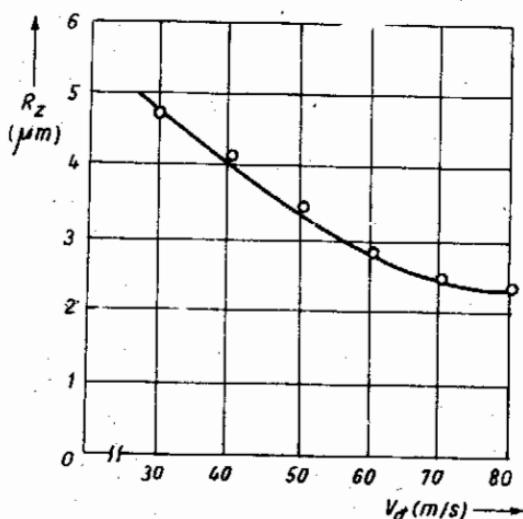
- vật liệu gia công: thép C 45,

- lượng tiến đá ngang $u_n = 0,278 \text{ mm/ph}$,

- tỉ lệ về vận tốc giữa đá mài và chi tiết mài: $q = \frac{v_d}{v_{ct}} = 90$,

- dung dịch trơn ngoại KC20,

- kết cấu đá mài: 350x32x76EK32Jet (đường kính ngoài 350 mm, bề rộng 32mm, đường kính lỗ 76mm, độ hạt 32 μm , vật liệu đá từ cōrun điện).

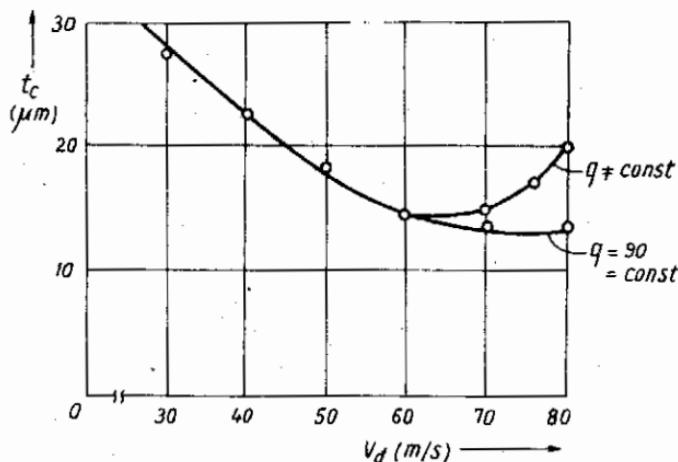


Hình 2-72: Ảnh hưởng của vận tốc đá mài (v_d) đối với chiều cao nhấp nhô (R_z) khi mài chi tiết thép C45.

b) Các yếu tố phụ thuộc biến dạng dẻo của lớp bề mặt

Khi vật liệu lớp bề mặt chi tiết máy bị biến dạng dẻo mạnh, các cấu trúc tinh thể nhỏ biến thành cấu trúc sợi làm thay đổi rất nhiều hình dạng và trị số của nhấp nhô

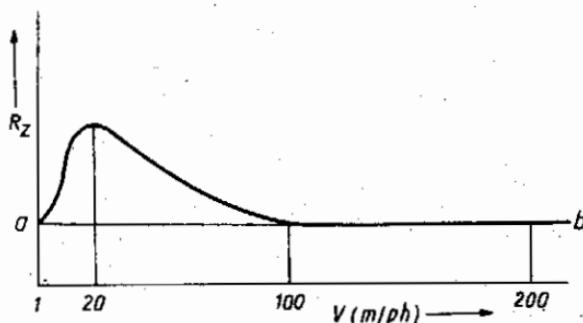
tế vi (thay đổi trị số R_z và R_a). Ở kim loại giòn, khi gia công, các hạt tinh thể cá biệt bị bóc rời ra cũng làm thay đổi hình dạng nhấp nhô tế vi và làm tăng kích thước nhấp nhô tế vi.



Hình 2-13. Ảnh hưởng của vận tốc đá mài (v_d) đối với chiều sâu lớp biến cứng (t_c) khi mài chi tiết thép C45.

Tốc độ cắt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt chi tiết máy. Khi cắt thép cacbon ở vận tốc cắt thấp, nhiệt cắt không cao, phoi kim loại tách dẽ, biến dạng của lớp bề mặt không nhiều, vì vậy độ nhấp nhô tế vi bề mặt thấp, độ nhám bề mặt thấp. Khi tăng vận tốc cắt, đến khoảng $15 \div 20$ m/ph thì nhiệt cắt, lực cắt đều tăng và có giá trị lớn, gây ra biến dạng dẻo mạnh, ở mặt trước và mặt sau dao kim loại bị cháy dẻo. Khi lớp kim loại bị nén chặt ở mặt trước dao và nhiệt độ cao làm tăng hệ số ma sát ở vùng cắt sẽ hình thành leo dao. Đó là do một ít kim loại bị cháy và bám vào mặt trước và một phần mặt sau của dao. Về cấu trúc,

thì lẹo dao là hạt kim loại rất cứng, nhiệt độ nóng chảy lên tới khoảng 3000°C , bám rất chắc vào mặt trước và một phần mặt sau của dao. Lẹo dao làm tăng độ nhám bề mặt gia công. Nếu tiếp tục tăng vận tốc cắt, lẹo dao bị nung nóng nhanh hơn, vùng kim loại biến dạng bị phá hủy, lực đính của lẹo dao không thắng nổi lực ma sát của dòng phoi và lẹo dao bị cuốn đi. Lẹo dao biến mất ứng với vận tốc cắt khoảng từ 30 đến 60 m/ph . Với vận tốc cắt lớn hơn 60 m/ph thì lẹo dao không hình thành được; nên độ nhám bề mặt gia công giảm, độ nhẵn bóng bề mặt gia công tăng. Hình 2-14 cho biết ảnh hưởng của vận tốc cắt v đến chiều cao nhấp nhô tế vi R_z khi cắt gọt kim loại.

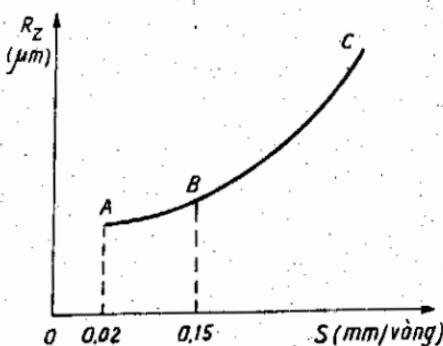


Hình 2-14. Ảnh hưởng của tốc độ cắt (v) đến chiều cao nhấp nhô tế vi (R_z).

Khi gia công kim loại giòn (gang) các mảnh kim loại bị trượt và vỡ ra không có thứ tự làm tăng độ nhấp nhô tế vi bề mặt. Tăng vận tốc cắt sẽ giảm được hiện tượng vỡ vụn của kim loại, làm tăng độ nhẵn bóng của bề mặt gia công.

Lượng tiến dao S ngoài ảnh hưởng mang tính chất hình học như đã nêu trên, còn có ảnh hưởng lớn đến mức độ biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi ở bề mặt gia

công. Hình 2-15 cho biết quan hệ giữa lượng tiến dao S và chiều cao nhấp nhô tế vi R_z khi gia công thép cacbon, với giá trị của lượng tiến dao $S = 0,02 + 0,15 \text{ mm/vòng}$ thì bề mặt gia công có độ nhấp nhô tế vi thấp nhất, nếu giảm $S < 0,02 \text{ mm/vòng}$ thì độ nhấp nhô tế vi sẽ tăng lên, độ nhẵn bóng bề mặt giảm vì ảnh hưởng của biến dạng dẻo lớn hơn ảnh hưởng của các yếu tố hình học. Nếu trị số của lượng tiến dao $S > 0,15 \text{ mm/vòng}$ thì biến dạng đàn hồi sẽ ảnh hưởng đến sự hình thành các nhấp nhô tế vi, kết hợp với ảnh hưởng của các yếu tố hình học, làm cho độ nhám bề mặt tăng lên nhiều (đoạn BC , hình 2-15).



Hình 2-15. Ảnh hưởng của lượng tiến dao S đối với chiều cao nhấp nhô tế vi R_z .

Như vậy, để đảm bảo đạt độ nhẵn bóng bề mặt cao và năng suất cắt cao nên chọn giá trị của lượng tiến dao S trong khoảng từ $0,05$ đến $0,12 \text{ mm/vòng}$ đối với thép cacbon. Khi gia công tinh thép cacbon nên tránh khoảng vận tốc cắt sinh ra lẹo dao. Chiều sâu cắt cũng có ảnh hưởng tương tự như lượng tiến dao S đến độ nhám bề

mặt gia công, nhưng trong thực tế người ta thường bỏ qua ảnh hưởng này. Nói chung không nên chọn giá trị của chiều sâu cắt quá nhỏ vì khi cắt lưỡi dao sẽ bị trượt trên mặt gia công và cắt không liên tục. Hiện tượng gây ra trượt dao thường ứng với giá trị của chiều sâu cắt khoảng $0,02 \div 0,03 \text{ mm}$.

Loại vật liệu gia công có ảnh hưởng đến độ nhấp nhô tế vi (độ nhám bề mặt) chủ yếu là do khả năng biến dạng dẻo. Vật liệu dẻo và dai (thép ít cacbon) dễ biến dạng dẻo sẽ cho độ nhám bề mặt lớn hơn vật liệu cứng và giòn. Độ nhám bề mặt giảm khi chuyển từ cấu trúc ferrit - peclit sang törutit và törutit-mactenxit.

Ferrit là thành phần mềm, dẻo và ít biến dạng trong cấu trúc thép khi cắt gọt, nó có khuynh hướng hình thành các nhấp nhô bề mặt. Để đạt độ nhám bề mặt thấp (độ nhẵn bóng bề mặt cao) khi cắt gọt người ta thường tiến hành thường hóa thép cacbon ở nhiệt độ khoảng $850 \div 870^\circ\text{C}$ trước khi cắt gọt. Để cải thiện điều kiện cắt và nâng cao tuổi thọ dụng cụ cắt người ta thường tiến hành ủ thép cacbon ở 900°C trong 5 giờ để cấu trúc kim loại có hạt nhở và đều. Độ cứng vật liệu gia công tăng thì chiều cao nhấp nhô tế vi giảm và hạn chế ảnh hưởng của vận tốc cắt đối với chiều cao nhấp nhô tế vi. Khi độ cứng của vật liệu gia công đạt tới giá trị HB là $5000N/mm^2$ thì ảnh hưởng của vận tốc cắt tới chiều cao nhấp nhô tế vi (R_z) hầu như không còn. Mặt khác, giảm tính dẻo của vật liệu gia công bằng biến cứng bề mặt cũng làm giảm chiều cao nhấp nhô tế vi.

c) *Ảnh hưởng do rung động của hệ thống công nghệ đến chất lượng bề mặt gia công*

Hiện tượng rung động (cường bức và tự phát) trong quá trình cắt được trình bày kỹ hơn ở chương 3 (Độ chính xác gia công). Trong phần này chúng ta chỉ xét

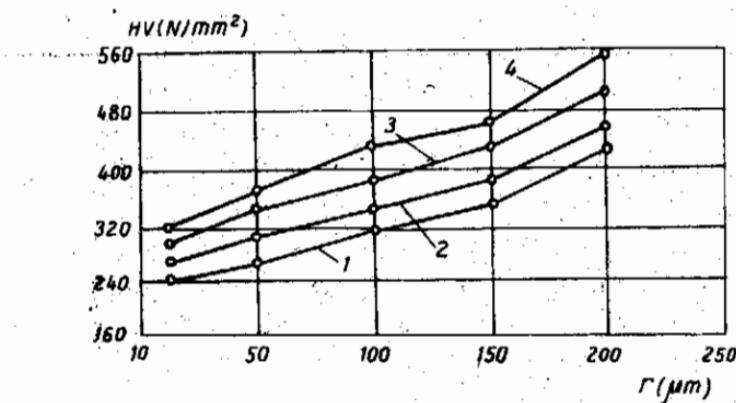
ảnh hưởng của rung động tới độ nhấp nhô bề mặt gia công một cách tổng quát.

Quá trình rung động trong hệ thống công nghệ tạo ra chuyển động tương đối có chu kỳ giữa dụng cụ cắt và chi tiết gia công, làm thay đổi điều kiện ma sát, gây nên độ sóng và nhấp nhô tế vi trên bề mặt gia công. Sai lệch của các bộ phận máy làm cho chuyển động của máy không ổn định, hệ thống công nghệ sẽ có dao động cường bức, nghĩa là các bộ phận máy khi làm việc sẽ có rung động với những tần số khác nhau, gây ra sóng dọc và sóng ngang trên bề mặt gia công với bước sóng khác nhau, (từ vài milimet đến vài phần phần mươi milimet). Khi hệ thống công nghệ có rung động, độ sóng và độ nhấp nhô tế vi dọc sẽ tăng nếu lực cắt tăng, chiều sâu cắt lớn và tốc độ cắt cao, ví dụ như khi mài. Tình trạng máy có ảnh hưởng quyết định đến độ nhám của bề mặt gia công. Muốn đạt độ nhám bề mặt gia công thấp (độ nhẵn bóng bề mặt cao) trước hết phải đảm bảo máy đủ cứng vững, phải điều chỉnh máy tốt và giảm ảnh hưởng của các máy khác xung quanh.

Tóm lại, ảnh hưởng tổng hợp của ba nhóm yếu tố trên tới độ nhám (độ nhẵn bóng) bề mặt chi tiết máy phần lớn mang tính chất ngẫu nhiên. Các số liệu khảo sát cho biết là chiều cao nhấp nhô tế vi R_z có thể thay đổi đến 10 lần trong cùng một chế độ cắt. Mặt khác, hình dạng hình học tế vi bao giờ cũng mang sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên của quá trình cắt. Người ta thường phải dùng phương pháp tính toán phân tích phức tạp để xác định chính xác hình dạng hình học tế vi của bề mặt gia công có xét đến sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên của quá trình cắt. Ví dụ dùng hàm số tương quan để phân tích profil thực của bề mặt gia công.

3.2- Ảnh hưởng đến độ biến cứng bề mặt

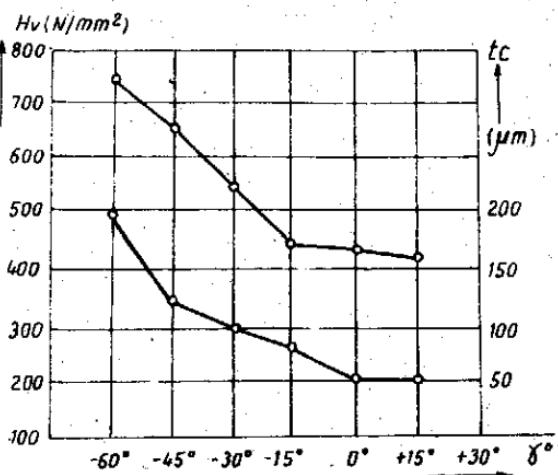
Khi thay đổi chế độ cắt bằng cách tăng lực cắt và mức độ biến dạng dẻo thì mức độ biến cứng bề mặt tăng. Nếu kéo dài tác dụng của lực cắt trên bề mặt kim loại sẽ làm tăng chiều sâu lớp biến cứng bề mặt. Khi tiện, mức độ biến cứng bề mặt chi tiết gia công sẽ tăng nếu tăng lượng tiến dao S và bán kính lưỡi cắt r (hình 2-16).



Hình 2-16. Ảnh hưởng của lượng tiến dao S và bán kính lưỡi cắt r đối với độ biến cứng bề mặt chi tiết máy:

1. với lượng tiến dao $S = 0,12 \text{ mm/vòng}$,
2. với lượng tiến dao $S = 0,25 \text{ mm/vòng}$,
3. với lượng tiến dao $S = 0,5 \text{ mm/vòng}$,
4. với lượng tiến dao $S = 0,76 \text{ mm/vòng}$.

Nếu góc trước γ tăng từ giá trị âm đến giá trị dương thì mức độ và chiều sâu biến cứng bề mặt chi tiết giảm (hình 2-17). Những yếu tố trên đây làm tăng lực cắt và vì vậy làm tăng mức độ biến dạng dẻo, tăng mức độ biến cứng bề mặt.

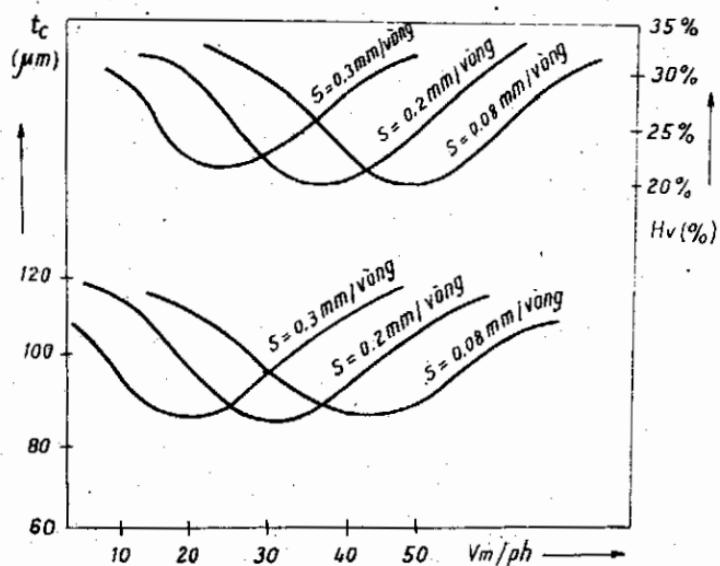


Hình 2-17. Ảnh hưởng của góc trước γ tới lớp biến cứng bề mặt.

Vận tốc cắt có tác dụng kéo dài hoặc rút ngắn thời gian tác động của lực cắt và nhiệt cắt trên bề mặt chi tiết máy. Vận tốc cắt tăng làm giảm thời gian tác động của lực gây ra biến dạng kim loại, do đó làm giảm chiều sâu biến cứng và mức độ biến cứng bề mặt. Ở hình 2.18 là ảnh hưởng của tốc độ cắt, lượng tiến dao và nhiệt cắt tới mức độ và chiều sâu biến cứng bề mặt. Khi tăng lượng tiến dao thì có lúc làm tăng, có lúc lại làm giảm mức độ và chiều sâu lớp biến cứng bề mặt vì yếu tố quyết định là nhiệt cắt.

Qua thực nghiệm người ta có kết luận là khi vận tốc cắt $v < 20 m/ph$ thì chiều sâu lớp biến cứng t_c tăng theo giá trị của vận tốc cắt; ngược lại khi vận tốc cắt $v > 20 m/ph$ thì chiều sâu lớp biến cứng lại giảm. Chiều sâu lớp biến cứng tăng theo giá trị lớn dần của lượng tiến dao S .

Ngoài ra, biến cứng bề mặt cũng tăng nếu dụng cụ cắt bị mòn, bị cùn.

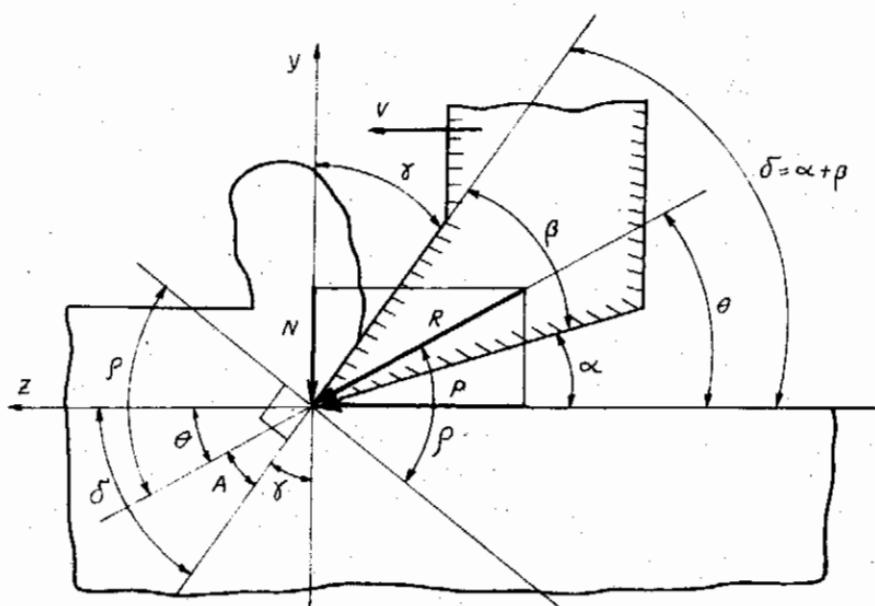


Hình 2-18. Ảnh hưởng của tốc độ cắt (v), lượng tiến dao (S) đối với lượng biến cứng bề mặt (mức độ biến cứng Hv , chiều sâu biến cứng t_c).

3.3- Ảnh hưởng đến ứng suất dư bề mặt

Quá trình hình thành ứng suất dư bề mặt khi gia công phụ thuộc vào sự biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo, biến đổi nhiệt và hiện tượng chuyển pha trong cấu trúc kim loại. Quá trình này rất phức tạp. Nếu gia công bằng dụng cụ cắt có lưỡi, ví dụ như bào, thì quá trình hình thành ứng suất dư trên lớp bề mặt do ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo có thể phân tích như trên hình 2-19. Ở đây, lực cắt R được phân thành lực pháp tuyến N và lực tiếp tuyến P trên bề mặt gia công. Dưới tác dụng của lực cắt R lớp bề mặt của chi tiết gia công bị biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi. Lực pháp

tuyến N gây ra biến dạng vì nén. Lực tiếp tuyến P gây ra biến dạng vì trượt và kéo. Các phần tử bề mặt chi tiết bị lực N nén theo phương y sẽ tăng kích thước của chúng theo phương z và gây ra ứng suất dư nén. Lực tiếp tuyến P gây ra ứng suất cắt (trượt và kéo).



Hình 2-19. Quan hệ lực và góc khi bào.

Như vậy, điều kiện để tạo ra ứng suất nén trên lớp bề mặt chi tiết gia công sẽ là:

$$\mu N > P \text{ và } \frac{P}{N} = \cotg \theta \quad (2.7.)$$

Khi đó $\theta = \rho + \delta - 90^\circ$ (hình 2-19), với μ là hệ số poatrixon, ρ - góc ma sát giữa dao và bề mặt gia công, δ - góc cắt của dao.

Từ đó:

$$\mu > \frac{P}{N} = \cotg \theta = \cotg(\rho + \delta - 90^\circ) = \cotg(\rho - \gamma)$$

$$\mu > \cotg(\rho - \gamma).$$

Ở đây, nếu $\mu = 1 \div 0,5$ thì:

$1 \div 0,5 > \cotg(\rho - \gamma)$, nghĩa là $45^\circ \div 72^\circ < (\rho - \gamma)$.

Như vậy rất khó đạt được ứng suất dư nén trong điều kiện góc trước γ có giá trị dương ($\gamma > 0$), mà chỉ đạt được ứng suất dư nén nếu góc trước γ có giá trị âm ($\gamma < 0$). Ứng suất dư nén rất có lợi cho độ bền mỏi của chi tiết máy. Muốn giảm ứng suất dư kéo trên lớp bề mặt trước hết phải thay đổi chế độ cắt để góc ma sát (ρ) tăng làm cho hiệu số về góc ($\rho - \gamma$) tăng mới đảm bảo điều kiện: $45^\circ \div 72^\circ < (\rho - \gamma)$.

Ở hình 2.19 mối quan hệ giữa các góc là:

$$\rho = 90^\circ - A; \quad A = 90^\circ - \theta - \gamma$$

$$\text{Thay vào: } \rho = 90^\circ - (90^\circ - \theta - \gamma)$$

$$\text{ta có: } \theta = \rho - \gamma, \text{ với } \gamma = 90^\circ - \delta$$

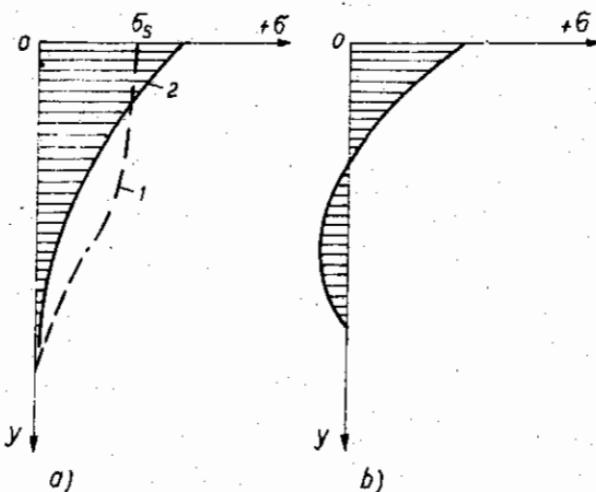
$$\text{nên } \theta = \rho - 90^\circ + \delta.$$

Dưới tác dụng của lực cắt R , sơ đồ ứng suất (hình 2-20), theo mặt cắt oy, sinh ra sau khi dao bào đi qua (nghĩa là sau khi mất tải) sẽ bằng ứng suất nhận được (hình 2-20 a, đường cong 2) trừ đi ứng suất đàn hồi tương ứng (hình 2-20a, đường cong 1). Ứng suất dư tổng hợp nhận được sẽ có dạng như trên hình 2-20b.

Trong những trường hợp cá biệt, ví dụ như gia công hợp kim titan, thì dấu và trị số của ứng suất dư phụ thuộc phần lớn vào sự chuyển pha của cấu trúc kim loại ở bề mặt chi tiết máy dưới tác dụng của nhiệt và biến dạng dẻo.

Nói chung, chế độ cắt, hình dạng hình học của dụng

cụ cắt, dung dịch trơn nguội là những yếu tố có ảnh hưởng nhiều đến sự hình thành ứng suất dư trên lớp bề



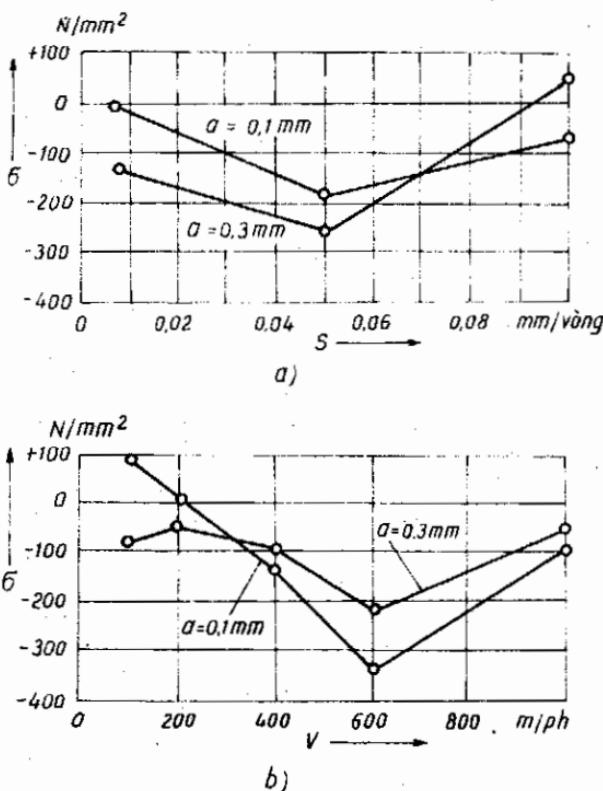
Hình 2-20. Sơ đồ ứng suất khi bào.

mặt gia công chi tiết máy, kể cả ứng suất tiếp tuyến, pháp tuyến và hướng trực. Tuy vậy rất khó xác lập các mối quan hệ cụ thể. Các phần khác nhau trên bề mặt gia công chi tiết máy thường có ứng suất khác nhau, về trị số và về dấu, nên ảnh hưởng của chế độ cắt, của thông số hình học của dụng cụ cắt, của dung dịch trơn nguội v.v... đối với ứng suất dư cũng khác nhau.

Dựa vào những kết quả đã thu được trong quá trình nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đối với ứng suất dư trong lớp bề mặt chi tiết máy, có thể nhận định sơ bộ như sau:

1. Tăng vận tốc cắt (v) hoặc tăng lượng tiến dao (S)

cũng có thể tăng mà cũng có thể giảm ứng suất trên bề mặt gia công chi tiết máy (hình 2-21).



Hình 2-21. Quan hệ giữa ứng suất ở lớp bề mặt chi tiết máy với
a) lượng tiến dao (S) và với b) vận tốc cắt (v)

2. Lượng tiến dao S làm tăng chiều sâu có ứng suất dư.
3. Góc trước (γ) giảm đến trị số âm lớn ($\gamma < < 0$) gây ra ứng suất dư nén tùy theo giá trị của vận tốc cắt (v) và lượng tiến dao (S).
4. Gia công bằng dụng cụ cắt bình thường (không

băng đá mài hoặc hạt mài) vật liệu gia công giòn, thường gây ra ứng suất dư nén, gia công vật liệu dẻo thường gây ra ứng suất dư kéo.

5. Gia công băng đá mài thường có ứng suất dư kéo lớn. Mài băng đai mài có ứng suất nén.

6. Trong những điều kiện gia công đã xác định có thể xuất hiện những ứng suất tiếp tuyến và ứng suất hướng trực có dấu khác nhau.

4. Phương pháp đảm bảo chất lượng bề mặt gia công chi tiết máy

Chất lượng bề mặt chi tiết máy là một chỉ tiêu rất quan trọng đối với quá trình gia công chi tiết máy, nhất là ở giai đoạn gia công tinh. Để đảm bảo chất lượng bề mặt gia công, trước hết phải chuẩn bị hệ thống công nghệ thật tốt, đặc biệt là ở khâu gia công tinh. Mục tiêu ở đây là xác định và áp dụng có hiệu quả các biện pháp công nghệ nhằm cải thiện chất lượng bề mặt về các yếu tố: độ nhám, chiều sâu biến cứng, mức độ biến cứng, ứng suất dư của lớp bề mặt chi tiết máy. Những biện pháp công nghệ đã được kiểm nghiệm có hiệu quả nhằm cải thiện chất lượng bề mặt chi tiết máy khi gia công bằng dụng cụ cắt thường (dụng cụ có luôi) và gia công băng đá mài được tổng kết ở các bảng 2-2 và 2-3.

Mặt khác, khi thiết kế quá trình gia công bề mặt chi tiết máy, cần phải xét khả năng đạt được cấp độ nhẵn bóng bề mặt của từng phương pháp gia công (bảng 2-4).

Để tạo ra lớp biến cứng bề mặt (lớp cứng nguội bề mặt) có thể dùng các phương pháp cơ khí; nhiệt luyện hoặc hóa luyện, hoặc điện hóa (tối, thấm cacbon, xianua hóa, mạ crôm, mạ thép v.v.).

Bảng 2-2

Biện pháp cải thiện chất lượng bề mặt gia công chi tiết máy bằng dụng cụ cắt thường (dụng cụ có lưỡi)

Yếu tố ảnh hưởng	Biện pháp làm giảm chiều cao nhấp nhô (Rz) và giảm chiều sâu biến cứng (tc)
- Vật liệu gia công	- sức bền cao, giới hạn chảy cao, nhiều cacbon, độ cứng cao.
- Lượng tiến dao S, Sz	- giá trị S, Sz nhỏ (giá trị nhỏ nhất khoảng $0,03 \text{ mm/vòng}$)
- Chiều sâu cắt	- giá trị của chiều sâu cắt nhỏ (giá trị nhỏ nhất khoảng $0,01 \text{ mm}$)
- Vận tốc cắt v	- giá trị của vận tốc cắt tăng, giá trị nhỏ nhất tùy cặp vật liệu gia công và vật liệu dụng cụ (ví dụ: titan tinh thép bằng dao thép gió hoặc dao gỗ ramin khoảng $= 300 \pm 500 \text{ m/ph}$)
- Vật liệu dụng cụ cắt	- Độ cứng nóng (chịu nhiệt) tăng, khả năng chịu nhiệt của dụng cụ tăng dần theo thứ tự sau: thép gió, hợp kim cứng, gỗ, kim cương.
- Dung dịch tròn nguội	- độ nhớt tăng theo thứ tự: nước, dầu.
- Thống số hình học của dụng cụ cắt:	
góc trước γ	góc trước lớn dần
góc sau α	góc sau lớn dần
bán kính mũi dao r	bán kính mũi dao r nhỏ
- Độ mòn dụng cụ u	độ mòn dụng cụ (u) nhỏ

Bảng 2-3

Biện pháp cải thiện chất lượng bề mặt khi mài

Yếu tố ảnh hưởng	Biện pháp làm giảm chiều cao nhấp nhô bề mặt (R_z) và giảm chiều sâu biến cứng (t_c)
<ul style="list-style-type: none"> - Vật liệu gia công - Lượng tiến đá: <ul style="list-style-type: none"> + ngang S_n + dọc S_d - Tốc độ chi tiết gia công v_{ct} - Chiều sâu cắt - Vận tốc cắt của đá mài v_d - Tỉ lệ vận tốc q $q = v_d/v_{ct}$ <ul style="list-style-type: none"> - Hoa lửa - Chất làm lạnh - Kết cấu đá mài: độ hạt, dạng đinh kết, độ cứng đinh kết 	<ul style="list-style-type: none"> - Sức bền tăng, độ cứng tăng - Lượng tiến đá ngang (S_n) nhỏ - Lượng tiến đá dọc (S_d) nhỏ - Tốc độ chi tiết lớn - Chiều sâu cắt nhỏ (giá trị nhỏ nhất của chiều sâu cắt khoảng 0.005 mm) - Vận tốc cắt của đá tăng (giá trị nhỏ nhất khoảng 65 m/ph) - Tỉ lệ vận tốc (q) tăng - Hoa lửa nhiều thì R_z giảm - Độ nhớt tăng theo thứ tự: nước, dầu - Độ hạt nhỏ, dạng đinh kết phụ thuộc vật liệu gia công - Độ cứng đinh kết trung bình.

Bảng 2-4

Khả năng đạt độ nhẵn bóng bề mặt của các phương pháp gia công

Phương pháp gia công	Độ nhẵn bóng bề mặt gia công	
	Rz(μm)	Cấp nhẵn bóng
Cạo 1 \div 3 diềm/cm ²	10 \div 40	4 \div 6
3 \div 5 diềm/cm ²	2,5 \div 10	6 \div 9
Dánh bóng bằng vải	0,06 \div 0,25	12 \div 14
bằng bột	0,06 \div 0,4	11 \div 13
Nghiền	2,5 \div 10	6 \div 9
nghiền thô	0,63 \div 4	8 \div 10
nghiền bán tinh	0,04 \div 1	10 \div 14
nghiền tinh	0,05 \div 0,8	10 \div 14
Mài siêu tinh	0,25 \div 1	10 \div 12
Mài khôn	0,04 \div 0,63	11 \div 14
mài khôn thường	10 \div 40	4 \div 6
mài khôn có dao động	4 \div 10	6 \div 8
Mài thường	0,1 \div 4	8 \div 13
mài thô	40 \div 100	3 \div 4
mài bán tinh	10 \div 40	4 \div 6
mài tinh	1,6 \div 10	6 \div 9
Phay	4 \div 10	6 \div 8
phay thô	0,4 \div 4	8 \div 11
phay bán tinh	10 \div 80	3 \div 5
Doa	2,5 \div 10	6 \div 9
doa thô	1 \div 2,50	8 \div 10
doa tinh	tiện	
Khoan, khoét	tiện bóc vỏ	1 \div 2
Chuốt	tiện thô	3 \div 4
chuốt tinh	tiện bán tinh	4 \div 6
Tiện	tiện tinh với dao hợp kim	2,5 \div 10
cứng	100 \div 400	6 \div 9
tiện tinh với dao kim	40 \div 100	8 \div 10
cứng	10 \div 40	3 \div 4
Bào	tiện tinh với dao kim	1 \div 2,5
cứng	bào thô	40 \div 100
bào tinh	bào tinh mỏng với dao	3 \div 4
rộng bàn	rộng bàn	4 \div 6
		7 \div 8

Chương 3. ĐỘ CHÍNH XÁC GIA CÔNG

1. Khái niệm và định nghĩa

Kỹ thuật ngày nay đòi hỏi máy móc, thiết bị phải gọn, đẹp, tinh vi, làm việc chính xác, độ tin cậy cao. Muốn vậy từng chi tiết máy của nó phải có kết cấu hợp lý, độ chính xác và độ nhẫn bồng bề mặt phù hợp với yêu cầu làm việc, tính chất cơ lý của lớp bề mặt tốt v.v.

Độ chính xác của một chi tiết máy hay một cơ cấu máy là do người thiết kế quyết định. Trên cơ sở những yêu cầu làm việc của máy móc, thiết bị như độ chính xác, độ ổn định, độ bền lâu, năng suất làm việc, mức độ dễ điều khiển, mức độ phức tạp, sự an toàn tuyệt đối khi làm việc v.v... mà người thiết kế xác lập nên những điều kiện kỹ thuật cần thiết và dung sai cho phép của từng chi tiết máy của chúng rồi ghi lên bản vẽ chế tạo chúng. Tuy vậy, cho đến lúc này tất cả những điều đó cũng chỉ là trên giấy, còn người công nghệ mới là người trực tiếp chế tạo và quyết định độ chính xác đạt được của chúng.

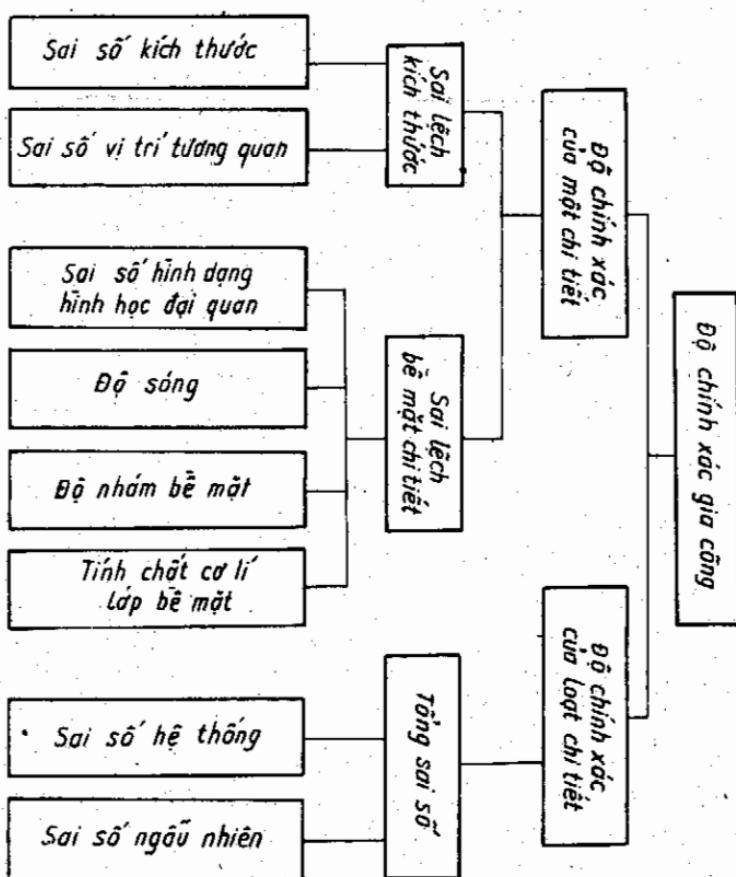
Độ chính xác gia công của chi tiết máy là mức độ giống nhau về hình học, về tính chất cơ lý lớp bề mặt của chi tiết máy được gia công so với chi tiết máy lý tưởng trên bản vẽ thiết kế.

Nói chung, độ chính xác của chi tiết máy được gia công là chỉ tiêu khó đạt nhất và gây tổn kém nhất kể cả trong quá trình xác lập ra nó cũng như trong quá trình chế tạo.

Trong thực tế không thể chế tạo được chi tiết máy

tuyệt đối chính xác, nghĩa là hoàn toàn phù hợp về mặt hình học, kích thước cũng như tính chất cơ lý với các giá trị lý tưởng. Vì vậy người ta dùng giá trị sai lệch của nó để đánh giá độ chính xác gia công của chi tiết máy, giá trị sai lệch đó càng lớn thì độ chính xác gia công càng thấp.

Độ chính xác gia công bao gồm hai khái niệm: độ chính xác của một chi tiết và độ chính xác của loạt chi tiết (hình 3-1).



Hình 3-1. Sơ đồ độ chính xác gia công.

Dộ chính xác kích thước bản thân mặt gia công có thể là độ chính xác về kích thước thẳng hoặc kích thước góc. Độ chính xác kích thước được đánh giá bằng sai số kích thước thật so với kích thước lý tưởng cần có và được thể hiện bằng dung sai của kích thước đó.

Dộ chính xác về vị trí tương quan giữa hai bề mặt thực chất là sự xoay đi một góc nào đó của bề mặt này so với bề mặt kia (dùng làm mặt chuẩn). Vì chi tiết là một vật rắn thể khối nên độ chính xác xoay của bề mặt này so với mặt kia được quan sát theo hai mặt phẳng tọa độ vuông góc với nhau. Như vậy độ chính xác vị trí tương quan được đánh giá theo sai số về góc yêu cầu giữa vị trí bề mặt này với bề mặt kia trong hai mặt phẳng tọa độ vuông góc với nhau. Độ chính xác vị trí tương quan thường được ghi thành một điều kiện kỹ thuật riêng trên bản vẽ thiết kế.

Dộ chính xác hình dạng *hình học* *đại quan* của chi tiết máy là mức độ phù hợp lớn nhất của chúng với hình dạng hình học lý tưởng của nó. Ví dụ như đối với chi tiết hình trụ thì độ chính xác hình dạng hình học đại quan được đánh giá qua sai số hình dạng hình học của nó là độ côn, độ ô van, độ đa cạnh v.v... Khi mặt gia công là mặt phẳng thì độ chính xác hình dạng hình học là sai số về độ phẳng của nó so với mặt phẳng lý tưởng.

Dộ sóng của bề mặt là chu kỳ không phẳng của bề mặt chi tiết máy (xem hình 2-2) được quan sát trong phạm vi nhỏ (từ 1 đến 100mm).

Sai lệch *hình học* *tế vi* (độ nhấp nhô tế vi) còn gọi là độ nhám bề mặt được biểu thị bằng một trong hai chỉ tiêu R_a và R_z . Đây là sai số của bề mặt thực quan sát trong một miền rất nhỏ khoảng $1mm^2$.

Tính chất cơ lý của lớp bề mặt chi tiết gia công là một trong những chỉ tiêu quan trọng của độ chính xác

gia công, nó ảnh hưởng lớn đến điều kiện làm việc của chi tiết máy nhất là các chi tiết chính xác và các chi tiết làm việc trong những điều kiện đặc biệt. Ví dụ:

- Trọng lượng của bộ pít tông trong một máy không được có sai số quá $20G$ để đảm bảo đặc tính động học và động lực học khi máy làm việc.

- Độ cứng bề mặt làm việc của sống trượt không được thấp hơn $55 HRC$.

Thông thường độ nhám bề mặt và tính chất cơ lý của lớp bề mặt là những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng bề mặt gia công và được phân tích kỹ ở một phần riêng. Trong giáo trình này những vấn đề đó được trình bày ở chương 2.

Khi xem xét độ chính xác gia công của một nhóm chi tiết, ngoài những yếu tố cần xem xét cho một chi tiết, cần phải kể đến những yếu tố khác nhằm đảm bảo sai số tổng cộng xuất hiện trên một chi tiết bất kỳ trong nhóm đều nhỏ hơn sai số cho phép (dung sai). Khi gia công một loạt chi tiết trong cùng một điều kiện xác định mặc dù những nguyên nhân sinh ra từng sai số nói trên của mỗi chi tiết là giống nhau nhưng xuất hiện giá trị sai số tổng cộng trên từng chi tiết lại khác nhau. Sở dĩ có hiện tượng như vậy là do tính chất khác nhau của các sai số thành phần. Một số sai số xuất hiện trên từng chi tiết của cả loạt đều có giá trị không đổi hoặc thay đổi nhưng theo một quy luật nhất định. Những sai số này gọi là sai số hệ thống không đổi hoặc sai số hệ thống thay đổi. Có một sai số khác mà giá trị của chúng xuất hiện trên mỗi chi tiết không theo một quy luật nào cả. Những sai số này gọi là sai số ngẫu nhiên.

Vì những lý do trên, kích thước thực của mỗi chi tiết trong một loạt đều khác nhau, khác cả với kích thước

điều chỉnh. Các kích thước thực đó dao động trong một giới hạn nào đó. Tính chất phân bố, đường cong phân bố, phương sai v.v của kích thước thực trong mỗi loạt chi tiết gia công đã cho trong giáo trình "Dung sai", ở đây chúng tôi không nhắc lại nữa.

Các nguyên nhân sinh ra sai số hệ thống không đổi là:

- Sai số lý thuyết của phương pháp cắt.
- Sai số chế tạo của máy, đồ gá, dụng cụ cắt.
- Độ biến dạng của chi tiết gia công.

Các nguyên nhân sinh ra sai số hệ thống thay đổi (theo thời gian gia công) là:

- Dụng cụ cắt bị mòn theo thời gian cắt.
- Biến dạng vì nhiệt của máy, dao, đồ gá.

Các nguyên nhân sinh ra sai số ngẫu nhiên là:

- Tính chất vật liệu (độ cứng) không đồng đều.
- Lượng dư gia công không đều.
- Vị trí của phôi trong đồ gá thay đổi (dẫn đến sai số gá đặt).
- Sự thay đổi của ứng suất dư.
- Do gá dao nhiều lần.
- Do mài dao nhiều lần.
- Do thay đổi nhiều máy để gia công một loạt chi tiết.
- Do dao động nhiệt của chế độ cắt gọt.

2. Các phương pháp đạt độ chính xác gia công trên máy công cụ

Để đạt được độ chính xác gia công theo yêu cầu ta thường dùng hai phương pháp.

2.1- Phương pháp cắt thử từng kích thước riêng biệt

Sau khi gá chi tiết gia công lên máy, người thợ đưa dao vào và cắt đi một lớp phoi trên một phần rất ngắn

của mặt cần gia công, sau đó dừng máy đo thử kích thước nhận được. Nếu chưa đạt kích thước yêu cầu thì lại điều chỉnh dao ăn sâu thêm nữa dựa vào du xích trên máy, rồi lại cắt thử tiếp một phần nhỏ của mặt cần gia công, lại đo thử v.v... và cứ thế tiếp tục cho đến khi đạt đến kích thước yêu cầu thì mới tiến hành cắt toàn bộ chiều dài của mặt gia công. Khi gia công chi tiết tiếp theo thì lại một lần nữa lặp lại quá trình nói trên.

Trước khi cắt thử thường phải lấy dấu để người thợ có thể rà chuyển động của lưỡi cắt trùng với dấu đã vạch một cách nhanh chóng và để tránh sinh ra phế phẩm do quá tay mà tiện dao vào quá sâu ngay từ lần cắt đầu tiên.

Phương pháp này có những ưu điểm sau:

- Có thể đạt được độ chính xác về kích thước nhờ rà gá (tất nhiên có phụ thuộc vào tay nghề của người thợ).
- Có thể loại trừ được ảnh hưởng của dao mòn đến độ chính xác gia công, vì khi rà gá, công nhân đã bù lại các sai số hệ thống thay đổi trên từng chi tiết.
- Đối với phôi không chính xác người thợ có thể phân bổ lượng dư đều đặn nhờ vào quá trình vạch dấu hoặc rà trực tiếp.
- Không cần đến đồ gá phức tạp.

Bên cạnh những ưu điểm đó, phương pháp này cũng tồn tại các nhược điểm sau:

- Độ chính xác gia công của phương pháp này bị giới hạn bởi bề dày bé nhất của lớp phoi hớt đi. Đối với dao tiện hợp kim cứng có mài bóng lưỡi cắt, bề dày phoi có thể cắt được không nhỏ hơn $0,005mm$, đối với dao tiện dã mòn, bề dày phoi không nhỏ hơn $0,02 - 0,05mm$. Người thợ không thể nào điều chỉnh được dụng cụ để lưỡi cắt có thể hớt đi một kích thước bé hơn chiều dày

của lớp phoi nối trên và do đó không thể bảo đảm được sai số bé hơn chiều dày lớp phoi đó.

- Người thợ phải chú ý cao độ nên dẽ mệt do đó dễ sinh ra phế phẩm.

- Do phải cát thử nhiều lần nên năng suất thấp.

- Trình độ tay nghề của người thợ yêu cầu cao.

- Do năng suất thấp, tay nghề của thợ yêu cầu cao nên giá thành gia công cao.

Phương pháp này thường chỉ dùng trong sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ, trong công nghệ sửa chữa và chế thử. Ngoài ra trong một vài nguyên công gia công tinh, ví dụ như mài vẫn có thể dùng phương pháp cát thử trong sản xuất hàng loạt lớn và hành khối, lúc đó có thể bù lại lượng mòn của dụng cụ mài, tuy vậy việc này khó làm chính xác và dễ sinh sai số.

2.2- Phương pháp tự động đạt kích thước trên các máy công cụ đã điều chỉnh sẵn

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, để đạt độ chính xác gia công yêu cầu, chủ yếu là dùng phương pháp tự động đạt kích thước trên các máy công cụ đã điều chỉnh sẵn. Theo phương pháp này dụng cụ cắt có vị trí tương quan cố định so với vật gia công (tức là vị trí đã được điều chỉnh). Nói ngược lại thì vật gia công cũng phải có vị trí xác định so với dụng cụ cắt. Vị trí này được đảm bảo nhờ các cơ cấu định vị của đồ gá. Còn đồ gá lại có vị trí xác định trên bàn máy cũng nhờ các đồ định vị riêng. Khi gia công theo phương pháp này máy và dao đã được điều chỉnh sẵn. Ví dụ trên hình 3-2 vật gia công đã được định vị nhờ cơ cấu định vị tiếp xúc với mặt đáy và mặt bên. Dao phay đĩa ba mặt đã được điều chỉnh trước sao cho mặt bên D của dao cách mặt bên của đồ định vị một khoảng bằng b cố định và đường sinh

thấp nhất của dao cách mặt trên của phiến định vị phía dưới một khoảng bằng a . Do đó khi gia công cả loạt phoi, nếu không kể đến độ mòn của dao (coi như dao không mòn) thì các kích thước b và a nhận được trên các vật gia công của cả loạt đều bằng nhau.

Phương pháp này có những ưu điểm sau:

- Đảm bảo độ chính xác gia công, giảm bớt phế phẩm. Độ chính xác đạt được khi gia công hầu như không phụ thuộc vào trình độ tay nghề của công nhân và bề dày bé nhất của lớp phoi hớt đi, bởi vì lượng dư gia công theo phương pháp điều chỉnh máy sẽ lớn hơn bề dày bé nhất của lớp phoi có thể cắt được.

- Chỉ cắt một lần là đạt kích thước yêu cầu, không mất thì giờ cắt thử, do nhiều lần do đó năng suất cao.

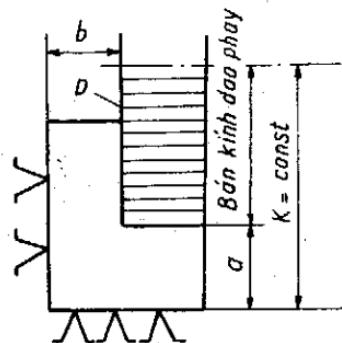
- Nâng cao hiệu quả kinh tế.

Tuy vậy phương pháp này còn có một số hạn chế về mặt hiệu quả kinh tế nếu qui mô sản xuất quá bé vì:

- Phí tổn về việc thiết kế, chế tạo đồ gá cũng như phí tổn về công và thời gian điều chỉnh máy, dao lớn có thể vượt quá hiệu quả mà phương pháp này mang lại.

- Phí tổn về việc chế tạo phoi chính xác không bù lại được, nếu số chi tiết gia công quá ít khi tự động đạt kích thước ở nguyên công đầu tiên.

- Nếu chất lượng dụng cụ kém, mau mòn thì kích thước đã điều chỉnh sẽ bị phá hoại nhanh chóng. Nghĩa là bị thay đổi trong khoảng thời gian ngắn. Do đó cứ phải "điều chỉnh lại"



Hình 3-2. Phương pháp tự động đạt kích thước trên máy phay.

luôn để khôi phục lại kích thước điều chỉnh ban đầu. Điều này gây tổn kém và khá phiền phức. Nếu điều chỉnh bằng tay thì phí tổn về thời gian tăng lên và độ chính xác sẽ thấp.

Trong những năm gần đây, nhờ sự phát triển nhanh chóng của lý thuyết tự động và điều khiển tự động, để nâng cao độ chính xác gia công trong ngành chế tạo máy, giảm bớt thời gian điều chỉnh lại máy, trên máy công cụ người ta đặt thêm một thiết bị tự động đo và điều chỉnh. Nhờ nó, khi kích thước gia công vượt khỏi giới hạn của dung sai cho phép mà bộ phận tự động đo đã xác định được thì bộ phận điều chỉnh sẽ tự động điều chỉnh lại hệ thống để đạt được kích thước quy định. Lúc này tất cả các chi tiết gia công đều là chính phẩm.

3. Các nguyên nhân sinh ra sai số gia công

Trong các phần trên đã trình bày một cách tổng quát về độ chính xác gia công, các dạng và tính chất của các sai số gia công. Tuy vậy trong quá trình gia công có rất nhiều nguyên nhân sinh ra sai số gia công, để có thể điều khiển được quá trình gia công ở một nguyên công cụ thế nhằm đạt độ chính xác gia công cần thiết, chúng ta phải biết rõ từng nguyên nhân sinh ra sai số gia công và phân tích ảnh hưởng của chúng tới độ chính xác gia công.

3.1- Ảnh hưởng do biến dạng dàn hồi của hệ thống công nghệ MGDC

Hệ thống công nghệ MGDC (máy, đồ gá, dao, chi tiết gia công) không phải là một hệ thống tuyệt đối cứng vững mà ngược lại khi chịu tác dụng của ngoại lực nó sẽ bị biến dạng dàn hồi và biến dạng tiếp xúc. Trong quá trình cắt gọt các biến dạng này gây ra sai số kích thước

và sai số hình dạng hình học của chi tiết gia công.

Trong thực tế, một mặt lực cắt tác dụng lên chi tiết gia công, sau đó thông qua đòn gá truyền đến bàn máy, thân máy; mặt khác lực cắt cũng tác dụng lên dao cắt và thông qua cán dao, bàn dao truyền đến thân máy. Bất kỳ một chi tiết nào của các cơ cấu máy, đòn gá, dụng cụ hoặc chi tiết gia công khi chịu tác dụng của lực cắt ít nhiều đều bị biến dạng. Vị trí xuất hiện biến dạng tuy không giống nhau nhưng các biến dạng đều trực tiếp hoặc gián tiếp làm cho dao cắt rời khỏi vị trí tương đối so với mặt cần gia công đã được điều chỉnh sẵn gây ra sai số gia công.

Khi cắt, dưới tác dụng của lực cắt trên hệ thống công nghệ MGDC xuất hiện lượng chuyển vị tương đối giữa dao và chi tiết gia công, giả sử ta gọi lượng chuyển vị đó là Δ . Lượng chuyển vị Δ hoàn toàn có thể phân tích thành ba lượng chuyển vị x , y và z theo ba trục tọa độ của hệ tọa độ vuông góc, trong đó chuyển vị y có ảnh hưởng tới kích thước gia công nhiều nhất (vì y là chuyển vị theo phương pháp tuyến của bề mặt gia công), còn lượng chuyển vị x không ảnh hưởng nhiều đến kích thước gia công.

Ví dụ: khi tiện (sơ đồ hình 3 - 3).

Khi dao tiện có lượng dịch chuyển là Δ thì bán kính của chi tiết gia công sẽ tăng từ R đến $R + \Delta R$ (đường vòng tròn nét đậm tăng kích thước đến đường vòng tròn nét đứt). Ta có:

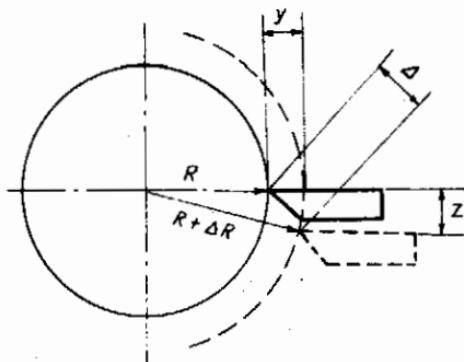
$$\begin{aligned}R + \Delta R &= \sqrt{(R + y)^2 + z^2} \\&= (R + y) \sqrt{1 + \left(\frac{z}{R + y}\right)^2}\end{aligned}$$

vì z là rất nhỏ so với R nên $\left(\frac{z}{R + y}\right)^2$ là đại lượng nhỏ

không đáng kể. Do đó tính gần đúng ta có:

$$R + \Delta R \approx R + y \text{ và } \Delta R \approx y$$

Nếu là dao nhiều lưỡi hoặc dao định hình (tiện, phay, bào) thì có trường hợp cả ba lượng chuyển vị x , y , z đều có ảnh hưởng đến độ chính xác gia công, lúc đó cần có sự phân tích cụ thể.



Hình 3 - 3. Ảnh hưởng của lượng chuyển vị
Δ đến kích thước gia công (khi tiện)

Đứng về mặt

cơ học, tính toán sự biến dạng (lượng chuyển vị) của hệ thống công nghệ MGDC là một vấn đề khá phức tạp vì đây không phải là biến dạng của một chi tiết mà là biến dạng của cả một hệ thống gồm nhiều chi tiết lắp ghép với nhau. Vì vậy cần phải xác định ảnh hưởng tổng hợp của chúng đối với vị trí tương quan giữa chi tiết, gia công và dao.

Trong thực tế, để xác định ảnh hưởng này người ta phải dùng phương pháp thực nghiệm. Phân lực cắt tác dụng lên hệ thống công nghệ MGDC thành ba thành phần P_x , P_y và P_z , sau đó đo biến dạng của hệ thống theo ba phương x , y , z .

Gọi P_y là thành phần lực pháp tuyến thẳng góc với mặt gia công và y là lượng chuyển vị tương đối giữa dao và chi tiết gia công theo hướng đó. Thông thường P_y và y tỷ lệ với nhau. Tỷ số P_y/y được gọi là độ cứng vững của

hệ thống công nghệ và ký hiệu là J_{Σ} .

$$J_{\Sigma} = \frac{P_y}{y} \quad MN/mm \text{ (kG/mm)}$$

Như vậy trị số biến dạng y có quan hệ với lực tác dụng theo hướng đó và với độ cứng vững của hệ thống công nghệ MGDC. Từ đó ta có thể định nghĩa về độ cứng vững như sau: "Độ cứng vững của hệ thống công nghệ là khả năng chống lại sự biến dạng của nó khi có ngoại lực tác dụng vào".

Lượng chuyển vị y của dao đổi với chi tiết gia công là tổng hợp các chuyển vị của các chi tiết và bộ phận chịu lực trong cả hệ. Do đó:

$$y = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n \frac{P_y}{J_i}$$

Trong đó:

y_i - lượng chuyển vị của chi tiết hay bộ phận thứ i theo hướng pháp tuyến.

J_i - độ cứng vững của chi tiết hay bộ phận thứ i .

Nhưng theo định nghĩa thì $y = \frac{P_y}{J_{\Sigma}}$ nên ta có:

$$\frac{P_y}{J_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{P_y}{J_i}$$

hay $\frac{1}{J_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{J_i}$

Nếu ta gọi $\omega = \frac{1}{J}$ là độ mềm dẻo, ta sẽ có định nghĩa về độ mềm dẻo như sau:

"Độ mềm dẻo của hệ thống công nghệ là khả năng biến dạng đàn hồi của hệ thống công nghệ dưới tác dụng

của ngoại lực".

Lúc này ta sẽ có:

$$\omega_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \omega_i$$

Thông thường độ cứng vững của hệ thống công nghệ có thể viết dưới dạng :

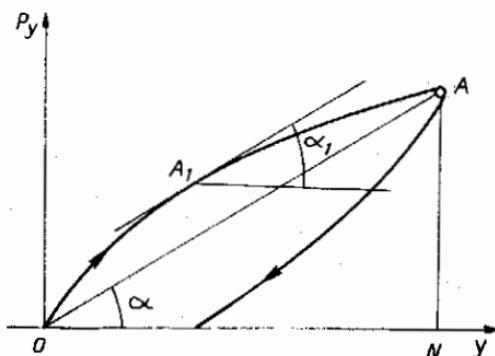
$$\frac{1}{J_{\Sigma}} = \frac{1}{J_m} + \frac{1}{J_d} + \frac{1}{J_{ct} \text{ già công}}$$

Cần lưu ý rằng quan hệ giữa lượng chuyển vị y của hệ thống công nghệ và ngoại lực tác dụng thường không theo quy luật đường thẳng mà là đường cong. Vì vậy sẽ có khái niệm độ cứng vững thực ở một điểm và độ cứng vững trung bình trong một khoảng nhất định (ví dụ trên hình 3-4).

Nếu điểm A đặc trưng trị số của ngoại lực tác dụng lên hệ thống công nghệ (AN) và gây ra biến dạng ON thì động cứng vững trung bình sẽ là

$$J_{th} = \frac{AN}{NO} = \operatorname{tg} \alpha$$

Còn độ cứng vững thực ở điểm A_1 sẽ được đặc trưng



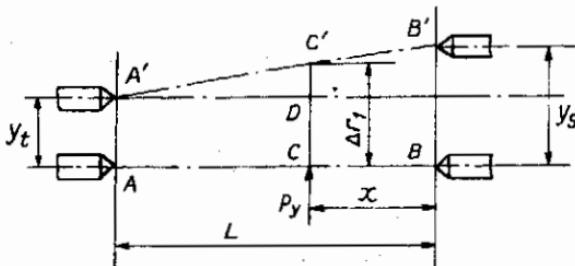
Hình 3 - 4. Quan hệ giữa lượng chuyển vị y và ngoại lực P_y

bởi $\operatorname{tg}\alpha_1$, trong đó α_1 , là góc kẹp giữa tiếp tuyến với đường cong tại A_1 và trục hoành.

Ngoài ra quan hệ giữa P_y và y khi tăng và giảm ngoại lực P_y cũng không trùng nhau vì ngoài biến dạng đàn hồi còn có biến dạng tiếp xúc và ma sát ở các bề mặt tiếp xúc. Để phân tích độ cứng vững của hệ thống công nghệ ảnh hưởng đến độ chính xác gia công như thế nào người ta thường sử dụng trị số trung bình của chúng J_{tb} .

a/ Ánh hưởng của độ cứng vững hệ thống công nghệ

Để sáng tỏ hơn về ánh hưởng của độ cứng vững hệ thống công nghệ MGDC đến độ chính xác gia công, ta hãy khảo sát quá trình tiện một trục tròn được gá trên hai mũi tâm của máy tiện. Lúc này vị trí tương đối giữa



Hình 3 - 5. Sơ đồ tiện trục tròn gá trên hai mũi tâm của máy tiện chi tiết gia công và dao phụ thuộc vào vị trí tương đối của ụ trước, ụ sau và bàn dao. Do đó trong trường hợp này, ta có thể khảo sát chuyển vị của từng bộ phận nói trên rồi tổng hợp lại sẽ được chuyển vị của cả hệ thống công nghệ và từ đó biết được sai số gia công.

- Sai số do chuyển vị của hai mũi tâm gây ra. Giả sử ta xét tại vị trí mà dao cắt ở cách mũi tâm sau một

khoảng là x (hình 3 - 5). Lực cắt pháp tuyến ở điểm đang cắt là P_y . Lúc đó do kém cứng vững nên mũi tâm sau đã dịch chuyển từ B đến B' ($BB' = y_s$), còn mũi tâm trước dịch chuyển từ A đến A' ($AA' = y_{tr}$). Nếu coi chi tiết gia công có độ cứng vững tuyệt đối thì đường tâm của chi tiết sẽ bị dịch chuyển từ AB đến $A'B'$ khi có tác động của lực cắt. Gọi L là chiều dài của trục cần gia công, lúc này lực tác dụng lên mũi tâm là:

$$P_s = P_y \cdot \frac{L - x}{L}$$

Lực tác dụng lên mũi tâm trước là:

$$P_{tr} = P_y \cdot \frac{x}{L}$$

Lượng chuyển vị (theo phương tác dụng của lực P_y) của mũi tâm sau là:

$$y_s = \frac{P_s}{J_s} = \frac{P_y}{J_s} \cdot \frac{L - x}{L}$$

Lượng chuyển vị của mũi tâm trước theo phương của lực tác dụng P_y là:

$$y_{tr} = \frac{P_{tr}}{J_{tr}} = \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{x}{L}$$

Vị trí tương đối của mũi dao so với tâm quay của chi tiết sẽ xê dịch đi một khoảng từ C đến C'

$$\overline{CC'} = \overline{CD} + \overline{CD'} = y_{tr} + (y_s - y_{tr}) \cdot \frac{L - x}{L}$$

Như vậy nếu chưa kể đến biến dạng của chi tiết gia công thì величина CC' chính là lượng tăng bán kính của chi tiết gia công Δr_1 ở mặt cắt đó. Nói khác đi đây chính là một thành phần của chi tiết gia công và có thể viết dưới dạng:

$$\Delta r_1 = \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{x}{L} + \left(\frac{P_y}{J_s} \cdot \frac{L-x}{L} - \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{x}{L} \right) \frac{L-x}{L}$$

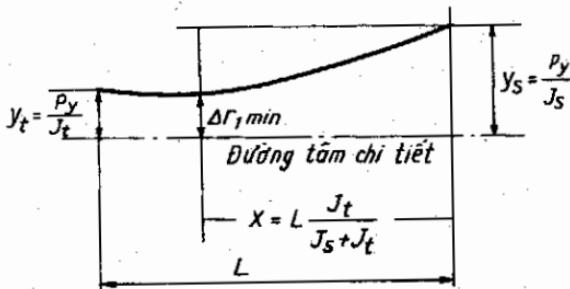
$$\Delta r_1 = \frac{P_y}{J_s} \cdot \frac{(L-x)^2}{L^2} + \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{x^2}{L^2} \quad (*)$$

Từ phương trình trên ta thấy, khi x thay đổi, tức là khi thực hiện dao dọc để cắt hết chiều dài của chi tiết, thì lượng tăng bán kính Δr_1 và x là một đường cong parabol như hình 3 - 6. Lượng tăng bán kính của chi tiết gia công Δr_1 có giá trị cực tiểu, (Δr_{1min}) và vị trí của nó dọc theo phương của đường tâm chi tiết gia công có thể tìm được bằng cách vi phân phương trình (*) với các điều kiện:

$$\frac{d\Delta r_1}{dx} = -2 \cdot \frac{P_y}{J_s} \cdot \frac{L-x}{L^2} + 2 \cdot \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{x}{L^2} = 0$$

và

$$\frac{d^2\Delta r_1}{dx^2} = 2 \cdot \frac{P_y}{J_s} \cdot \frac{1}{L^2} + 2 \cdot \frac{P_y}{J_{tr}} \cdot \frac{1}{L^2} > 0$$



Hình 3 - 6. Quan hệ giữa lượng tăng bán kính Δr_1 và x .

Từ đó ta có thể xác định được giá trị của x khi $\Delta r_{1\min}$ là:

$$x = L \cdot \frac{J_{tr}}{J_s + J_{tr}}$$

và

$$\Delta r_{1\min} = \frac{P_y}{J_s + J_{tr}}$$

Từ trên ta thấy rõ được ảnh hưởng của độ cứng vững của hai mũi tâm không những đã gây ra sai số kích thước mà còn cả sai số hình dáng, nó làm cho trục đã tiện có dạng lõm giữa và hai đầu loe to ra. Nếu $J_s < J_{tr}$ (điều này thường xảy ra đối với máy tiện) thì đầu trục về phía mũi tâm sau sẽ có đường kính lớn nhất và lượng tăng bán kính ở đây so với kích thước điều chỉnh sẽ là:

$$\Delta r_{1\max} = \frac{P_y}{J_s}$$

Lúc này chênh lệch giữa đường kính lớn nhất và nhỏ nhất của chi tiết sau khi gia công sẽ là:

$$\Delta d' = 2(\Delta r_{1\max} - \Delta r_{1\min}) = 2P_y \left(\frac{1}{J_s} - \frac{1}{J_s + J_{tr}} \right)$$

- Sai số gây ra do biến dạng của chi tiết gia công. Phần trên ta mới chỉ xét đến ảnh hưởng của độ cứng vững của hai mũi tâm đến độ chính xác kích thước và hình dạng của chi tiết gia công mà chưa xét đến độ cứng vững của bản thân chi tiết gia công (J_c) ảnh hưởng đến độ chính xác gia công như thế nào. Như ta đã biết, bản thân chi tiết gia công khi chịu tác dụng của lực cắt cũng bị biến dạng. Ngay tại điểm mà lực cắt tác dụng, chi tiết gia công sẽ bị vông. Độ vông đó chính là lượng tăng bán kính Δr_2 và cũng là một thành phần của sai số gia công. Δr_2 hoàn toàn có thể xác định được bằng cách giải

các bài toán cơ bản về biến dạng dàn hồi của một hệ dưới tác dụng của ngoại lực trong lĩnh vực cơ học vật rắn biến dạng.

Trường hợp chi tiết gá trên hai mũi tâm thi

$$\Delta r_2 = \frac{P_y}{3EI} \cdot \frac{x^2(L-x)^2}{L} \quad (*)$$

Trong đó:

E - môđun dàn hồi của vật liệu chi tiết gia công.

I - mômen quán tính của mặt cắt chi tiết gia công.

(Đối với trục tròn $I = 0,05 d^4$).

Khi vị trí của dao ở chính giữa chiều dài của chi tiết gia công $x = L/2$ thì Δr_2 là lớn nhất. Ta có:

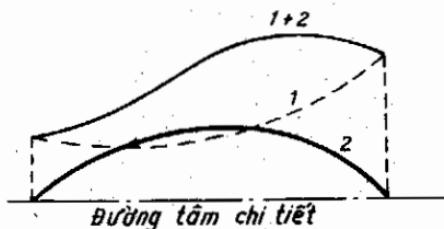
$$\Delta r_{2\max} = \frac{P_y \cdot L^3}{48EI}$$

Cộng hai sai số Δr_1 và Δr_2 tính theo các phương trình (*) và (**) ta sẽ được lượng tăng tổng cộng của bán kính gia công

$$\Delta r = \Delta r_1 + \Delta r_2 = P_y \left[\frac{1}{J_s} \cdot \frac{(L-x)^2}{L^2} + \frac{1}{J_{tr}} \cdot \frac{x^2}{L^2} + \frac{x^2(L-x)^2}{3EIL} \right]$$

với những sai số Δr_1 và Δr_2 chi tiết gia công không những bị thay đổi kích thước mà còn bị thay đổi cả hình dáng. Trong trường hợp này chi tiết gia công có dạng như hình 3 - 7.

Dường 1 - biểu diễn sự biến đổi bán kính chi tiết gia công Δr_1 ; đường 2 - biểu diễn Δr_2 ;



Hình 3 - 7. Sự biến đổi về kích thước và hình dáng chi tiết trực khi tiện.

còn đường 1 + 2 biểu diễn hình dạng, kích thước của chi tiết có sai số Δr_1 và Δr_2 .

Khi gia công những chi tiết ngắn có $\frac{L}{d} < 5$ phải chỉ cần gá trên mâm cặp ba chấu như hình 3 - 8.

Lúc này lượng chuyển vị cực đại của phôi có thể xác định được theo công thức:

$$y_{\max} = P_y \cdot \frac{L^3}{3EI}$$

và giá trị cực đại này xuất hiện ở vị trí đầu mút phía phải của phôi.

Trong trường hợp này độ cứng vững của phôi J_{ph} sẽ là:

$$J_{ph} = \frac{3EI}{L^3}$$

- Khi gá phôi trên mâm cặp và có chống mũi tâm sau việc xác định lượng chuyển vị cực đại của phôi phải giải bằng bài toán siêu tĩnh như hình 3 - 9.

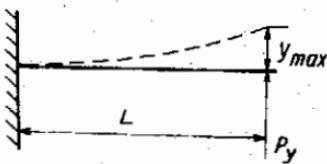
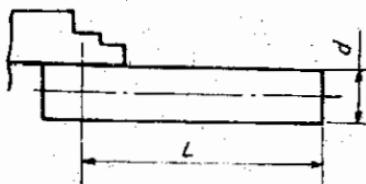
Ta có

$$y_{\max} = \frac{P_y L^3}{102EI}$$

tại vị trí $\frac{x}{L} = \sqrt{2} - 1 = 0,414$

và $J_{ph} = \frac{102EI}{L^3}$

Khi gia công các trục tròn dài với $L/d > 10$ ngoài việc gá đặt như sơ đồ 3 - 9 còn phải đẽo thêm luyết.



Hình 3 - 8. Sơ đồ gá khi gia công

chi tiết ngắn ($\frac{L}{d} < 5$).

Nếu là luy nét cố định đặt tại điểm D (hình 3 - 10) thì lượng chuyển vị cực đại của phôi theo phương P_y được xác định bằng công thức:

$$y_{\max} = \frac{0,089 P_y L^3}{48EI}$$

Lượng chuyển vị y_{\max} này xuất hiện tại vị trí

$\frac{x}{L} = 0,2343$, và độ cứng vững của phôi là:

$$J_{ph} = \frac{48EI}{0,089L^3}$$

- Sai số do biến dạng của dao cắt và ụ gá dao.

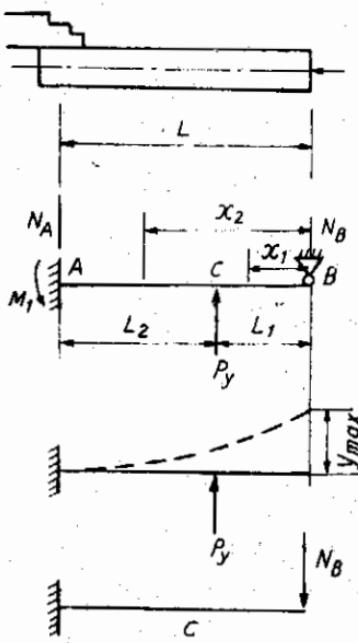
Dao cắt và ụ gá dao khi chịu tác dụng của ngoại lực cũng bị biến dạng đàn hồi và làm cho bán kính chi tiết tăng lên một lượng Δr_3 .

$$\Delta r_3 = \frac{P_y}{J_d}$$

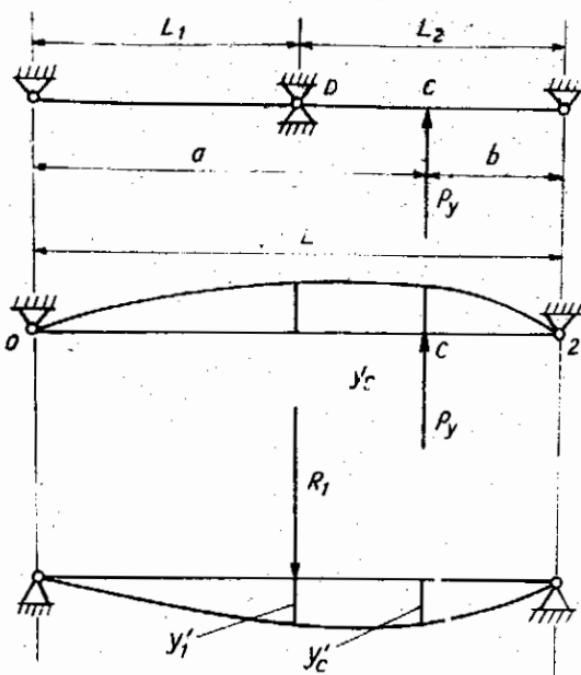
J_d - độ cứng vững của dao cắt và ụ gá dao.

Để cắt hết chiều dài chi tiết, ụ gá dao mang dao cắt sẽ chuyển dọc theo trục của chi tiết (nghĩa là theo sống trượt của băng máy), vì vậy ở vị trí bất kỳ khi coi chế độ cắt là không đổi thì P_y luôn luôn là hằng số. Vì vậy Δr_3 cũng là hằng số.

Điều đó chứng tỏ rằng Δr_3 chỉ có thể gây ra sai số



Hình 3 - 9. sơ đồ gá có chống mũi tâm sau.



Hình 3 - 10. sơ đồ tính y_{\max} khi gá đặt chi tiết dài ($\frac{L}{d} > 10$) kém cứng vững, có độ luy nét.

kích thước đường kính của chi tiết già công mà không gây ra sai số hình dáng của nó. Do đó bằng cách cắt thử, do và điều chỉnh lại chiều sâu cắt hoàn toàn có thể khử được Δr_3 .

Từ những phân tích trên cho phép ta kết luận: do các bộ phận của hệ thống công nghệ MGDC kém cứng vững (nghĩa là không cứng vững tuyệt đối) nên khi chịu tác dụng của ngoại lực, chúng bị biến dạng và gây ra sai số già công. Sai số này tỷ lệ nghịch với độ cứng vững của hệ thống công nghệ. Để giảm sai số già công phải tìm

mọi cách để nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ như khi thiết kế máy, gá, dao phải chọn được kết cấu hợp lý có độ cứng vững cao hoặc khi gia công các chi tiết kém cứng vững phải dũi thêm luy nét v.v... Để tính gần đúng độ chính xác gia công trên máy tiện có thể sử dụng các giá trị trung bình cho trong bảng 3-1.

Bảng 3 - 1

Độ cứng vững và độ mềm dẻo của các loại máy tiện

Độ cứng vững Độ mềm dẻo	Thứ nguyên	Chiều cao tâm máy so với bàn máy (mm)				
		200	250	300	400	500
Độ cứng vững của máy: J_m	kG/mm $kN/m;$ N/mm	2000	2500	3000	4000	5000
Độ mềm dẻo của máy: ω_m	$\mu m/kG$ $m/MN;$ $\mu m/N$	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000
Độ cứng vững trung bình các bộ phận J_{hp}	kG/mm $kN/n;$ N/mm	0.5	0.4	0.33	0.25	0.2
Độ mềm dẻo trung bình các bộ phận ω_{hp}	$\mu m/kG$ $m/MN;$ $\mu m/N$	0.05	0.04	0.033	0.025	0.02
Độ cứng vững trung bình các bộ phận J_{bp}	kG/mm $kN/n;$ N/mm	4.000	5.000	6.000	8.000	10.000
Độ mềm dẻo trung bình các bộ phận ω_{bp}	$\mu m/kG$ $m/MN;$ $\mu m/N$	40.000	50.000	60.000	80.000	100.000

Chú thích: Nếu là máy mới có thể lấy trị số độ cứng vững lớn hơn
trong bảng.

Như ta đã biết, trong quá trình gia công lực cắt là ngoại lực chủ yếu làm cho hệ thống công nghệ biến dạng và gây ra sai số gia công. Nếu lực cắt không đổi thì sai số gia công trong cả loạt chi tiết đều bằng nhau, nhưng trong thực tế lực cắt luôn luôn thay đổi phụ thuộc vào tình trạng của lưỡi cắt (dao cùn), lượng dư không đều (do có sai số hình dạng của phôi), tính chất cơ lý của phôi không đều (như độ cứng không đều), nên gây ra sai số gia công khác nhau đối với từng chi tiết trong cả loạt phôi.

b/ ảnh hưởng do dao cùn . Dao mòn làm cho lưỡi cắt bị cùn đi, hiện tượng đó ngoài việc làm cho kích thước gia công thay đổi một cách trực quan còn làm cho lực cắt P_y thay đổi một lượng ΔP_y tỷ lệ thuận với diện tích mòn U_m . Khi gia công thép 2 X 13 và hợp kim nhôm, lượng tăng ΔP_y có thể xác định như sau:

$$\Delta P_y = K_{dm} \cdot U_m$$

Trong đó:

ΔP_y - lượng tăng lực pháp tuyến (P_y) vì dao mòn (N).

K_{dm} - hệ số tỷ lệ. (Đối với thép và hợp kim nhôm giá trị K_{dm} cho trong bảng 3 - 2).

U_m - bề rộng diện tích mòn ở mặt sau của dao (mm).

Ngoài ra các thông số hình học của dao cũng có ảnh hưởng đến lượng thay đổi lực pháp tuyến ΔP_y . Do đó khi xác định ΔP_y ngoài mòn dao còn phải nhân thêm với các hệ số điều chỉnh $K\varphi$, $K\gamma$, K_r phụ thuộc vào góc φ , γ và bán kính mũi dao r . Ta có:

$$\Delta P_y = K_{dm} \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_r \cdot U_m$$

Các hệ số $K\varphi$, $K\gamma$, K_r cho trong bảng 3 - 2.

Bảng 3-2

Hệ số hiệu chỉnh $K\varphi$, $K\gamma$, Kr

Góc φ (độ)	45	60	70	80	90
$K\varphi$	1.0	0.72	0.49	0.25	0.15
Góc trước γ (độ)	5	10	15	20	25
$K\gamma$	1.2	1.0	0.85	0.7	0.56
Bán kính mũi dao $r(mm)$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
Kr	0.95	0.98	1.0	1.03	1.08

Trong một hệ thống công nghệ xác định, khi xuất hiện lượng tăng ΔP_y dẫn đến lượng chuyển vị tăng lên Δy và do đó sai số gia công tăng lên.

c/ *Ảnh hưởng do sai số của phôi*: Như trên đã biết, do ảnh hưởng của độ cứng vững tính một cách tổng quát sai số đường kính của chi tiết gia công là:

$$\begin{aligned}\Delta D &= 2(r_{\text{thực}} - r_{\text{lt}}) = 2(y_m + y_d + y_{ct}) \\ &= 2y = 2 \frac{P_y}{J_{\Sigma}}\end{aligned}$$

Trong đó

$$P_y = C_{Py} S^y t^n H B^n \quad (\text{đối với tiện } x = 1)$$

$r_{\text{thực}}$ - bán kính gia công;

r_{lt} - bán kính lý thuyết tính toán.

Do đó:

$$\Delta D = 2 C_{Py} S^y t H B^n \left(\frac{1}{J_m} + \frac{1}{J_d} + \frac{1}{J_{ct}} \right)$$

C_{Py} - hệ số cho theo bảng khi tính lực cắt P_y .

HB - độ cứng của vật liệu gia công.

Do những sai số hình dạng hình học của phôi mà ngay trong quá trình cắt một phôi lượng dư gia công cũng thay đổi làm cho chiều sâu cắt thay đổi và lực cắt P_y thay đổi theo và gây nên sai số hình dạng cùng loại trên chi tiết, gia công.

Nếu gọi Δ_{ph} là sai số của phôi. Thì khi gia công sẽ xuất hiện sai số của chi tiết cùng loại là Δ_{ct} .

Ta có:

$$\Delta_{ph} = 2\Delta R_{ph} = 2(R_{ph}^{\max} - R_{ph}^{\min}) = 2(t_o^{\max} - t_o^{\min})$$

$$\text{và } \Delta_{ct} = 2\Delta R_{cht} = 2(y_{\max} - y_{\min}) = 2\Delta y.$$

Trong đó t_o là chiều sâu cắt tính toán khi điều chỉnh máy; nếu gọi t là chiều sâu cắt thực (hình 3 - 11) thì:

$$t = t_o - y$$

$$\text{Do đó } t_{\max} = t_o^{\max} - y_{\max}$$

$$t_{\min} = t_o^{\min} - y_{\min}$$

Như vậy khi có sai số của phôi trong phạm vi Δ_{ph} thì lực cắt thay đổi trong phạm vi ΔP_y và được xác định theo công thức

$$\Delta P_y = C_p S^y (t_{\max} - t_{\min}) HB^n$$

Trong một loạt phôi thì kích thước, hình dạng của phôi không thể hoàn toàn giống nhau nên giữa các chi tiết được gia công trong một loạt cũng xuất hiện những sai số khác nhau.

Nếu gọi

$$\epsilon = \frac{\Delta_{ph}}{\Delta_{ct}}$$
 là hệ số chính xác hóa và

$K = \frac{\Delta_{ct}}{\Delta_{ph}}$ là hệ số giảm sai (hệ số in đậm) thì sai số

gia công chi tiết có thể xác định như sau:

$$\text{hay } \Delta R_{ct} = K \cdot \Delta R_{ph} = \Delta y$$

$$\begin{aligned} \text{Nhưng } \Delta y &= y_{\max} - y_{\min} = \frac{\Delta P_y}{J_{\Sigma}} = \Delta R_{ct} \\ &= \frac{C_{Py} S^y H B^n}{J_{\Sigma}} (t_{\max} - t_{\min}) = A(t_{\max} - t_{\min}) \\ &= A(t_o^{\max} - y_{\max}) - (t_o^{\min} - y_{\min}) \\ &= A(\Delta R_{ph} - \Delta R_{ct}) \end{aligned}$$

Do đó:

$$\Delta R_{ct} = \frac{A}{1+A} \Delta R_{ph} = K \Delta R_{ph}$$

Nghĩa là

$$K = \frac{A}{1+A} = \frac{\Delta R_{ct}}{\Delta R_{ph}} \quad \text{với} \quad A = \frac{C_{Py} S^y H B^n}{J_{\Sigma}}$$

Như vậy mỗi bước gia công sai số sẽ giảm đi. Người công nghệ phải biết xác định số bước gia công (số lần cắt) hợp lý đối với từng loại phôi sao cho có hiệu quả nhất.

Giả sử cho trước Δ_{ph} và sai số của chi tiết gia công không lớn hơn Δ_{ct} ta sẽ có:

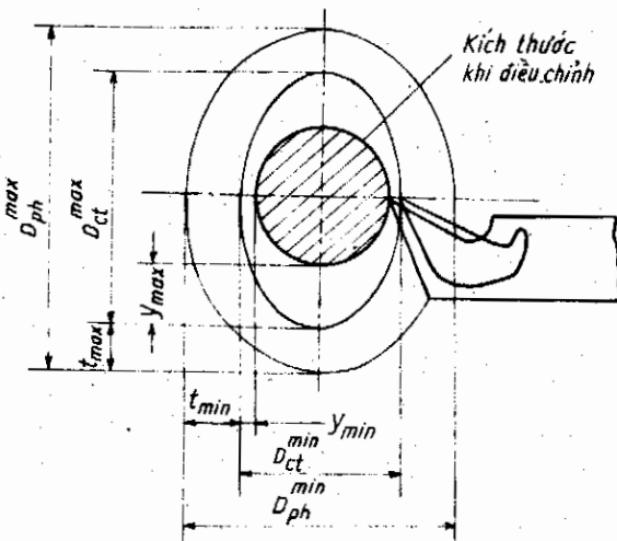
$$\Delta_{ct} = K \Delta_{ph}, \text{ giả sử chế độ cắt không đổi và} \\ J_{\Sigma} = \text{hàng số thi: } \Delta_{ct_2} = K \Delta_{ct_1} = K^2 \Delta_{ph}$$

$$\Delta_{ct_i} = \Delta_{ct_1} = K\Delta_{ct_{i-1}} = K^i \Delta_{ph} = K \sum \Delta_{ph} \rightarrow K^i = \frac{\Delta_{ct}}{\Delta_{ph}}$$

$$i = \frac{Ln\Delta_{ct} - Ln\Delta_{ph}}{LnK} = \frac{Ln\Delta_{ct} - Ln\Delta_{ph}}{LnA - Ln(A + 1)}$$

Trong đó Ln - lôgarit tự nhiên (cơ số e).

Nói chung trong hầu hết các trường hợp $\epsilon > 1$ và $K < 1$ thì khi tăng số bước gia công (số lần cắt một bề mặt), sai số của phôi sẽ giảm và độ chính xác tăng lên.



Hình 3 - 11. Ảnh hưởng sai số hình dáng của phôi đến sai số hình dáng của chi tiết khi tiện.

Cần chú ý rằng việc tính số bước công nghệ chỉ đúng đến số bước thứ i nào đó mà ở đó $\Delta_{ct} < \Delta'_{ph}$ (Δ'_{ph} là sai số của phôi ở bước công nghệ thứ i). Khi sai số của phôi đã đủ nhỏ, tương ứng với khả năng có thể của hệ thống

công nghệ mà cứ tăng thêm số bước công nghệ thì sai số gia công không thể giảm đi mà ngược lại sẽ tăng lên ($\Delta_{ct} > \Delta'_{ph}$). Trong trường hợp đó, $\epsilon < 1$. Thông thường $\epsilon < 1$ xảy ra khi độ cứng vững của hệ thống công nghệ quá thấp, không đáp ứng được yêu cầu gia công như khi tiện hoặc mài các trục dài và nhỏ.

Ngoài ra, những vấn đề nói trên chỉ giới hạn khi C_{Py} là hằng số, nghĩa là tính chất của vật liệu gia công đồng đều. Trong thực tế, không hoàn toàn như vậy, làm cho C_{Py} thay đổi, dẫn đến P_y thay đổi và biến dạng của hệ thống công nghệ MGDC thay đổi, ảnh hưởng không ít đến độ chính xác gia công. Trong những trường hợp yêu cầu khắt khe, khi tính toán sai số gia công nhất thiết phải kể đến ảnh hưởng này.

Tóm lại, khi gia công, lực cắt tác dụng lên hệ thống công nghệ làm nó bị biến dạng và gây ra sai số gia công. Để giảm biến dạng, nâng cao độ chính xác gia công, biện pháp cơ bản là nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.

Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ có thể dùng những biện pháp sau:

- Thiết lập các kết cấu cứng vững và thay đổi kích thước của các thành phần trong hệ thống công nghệ MGDC bằng cách giảm bớt chiều dài phân côngxôn, tăng đường kính, tăng môđun đàn hồi E bằng cách dùng vật liệu có độ cứng cao hơn, giảm khoảng cách giữa hai gối tựa nhất là đối với những phần chịu momen xoắn và uốn.

- Giảm bớt số khâu trong hệ thống công nghệ MGDC để giảm bớt độ mềm dẻo của hệ thống (vì $\omega_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \omega_i$) nghĩa là nâng cao J_{Σ} . Giảm bớt số chi tiết trong từng bộ phận, thay thế một số chi tiết nhỏ, yếu bằng một chi tiết

lớn, phức tạp hơn nhưng cứng vững hơn. Trong điều kiện công nghệ cho phép, có thể đúc liền một số ụ, hộp số v.v... với thân máy.

- Nâng cao chất lượng chế tạo các chi tiết nhất là các bề mặt tiếp xúc. Nếu các mặt tiếp xúc chế tạo không phẳng thì khi lắp ráp chúng chỉ tiếp xúc với nhau ở các phần lồi của bề mặt, làm cho diện tiếp xúc nhỏ, độ cứng vững tiếp xúc giảm. Theo K.V. Vô tin odp độ cứng vững của bề mặt tiếp xúc với nhau có thể xác định theo công thức:

$$\xi = \frac{q}{y} \quad \left(\frac{N}{mm^3} \right)$$

Trong đó

ξ - độ cứng vững của các bề mặt tiếp xúc.

q - áp suất tác dụng lên các bề mặt tiếp xúc (N/mm^2).

y - độ biến dạng theo phương lực tác dụng (mm).

Độ cứng vững của các bề mặt tiếp xúc của những chi tiết bằng gang thay đổi từ $470 N/mm^3$ đến $1980 N/mm^3$ tùy thuộc vào phương pháp gia công các bề mặt đó. Cũng theo Vô tin odp K.V khi $q = 0,98 \cdot 1,67 N/mm^3$ thì độ cứng vững các bề mặt tiếp xúc ξ thay đổi như sau:

Bảng 3 - 3.

Phương pháp gia công mặt tiếp xúc	ξ	
	N/mm^3	kG/mm^3
Bào	470	48
Cao thô	530	54
Cao bình thường	570	58
Cao tinh	745	76
Cao sáng bóng	1330	136
Mài	1690	172
Nghiền	1980	202

Dộ cứng vững các mặt tiếp xúc không những chỉ phụ thuộc vào độ bóng, độ sóng của bề mặt mà còn phụ thuộc vào tính chất cơ lý của lớp bề mặt.

Để nâng cao độ cứng vững tiếp xúc có thể sử dụng phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo, giảm R_a , R_z và nâng cao độ cứng tế vi của lớp bề mặt gia công.

- Nâng cao chất lượng lắp ráp, loại trừ các khe hở của mối lắp ghép, làm cho độ cứng vững của nó tăng lên

Kết quả thực nghiệm của giáo sư Xôcôlôpki A.P. đối với bốn ổ trục chính có cùng kết cấu như nhau của máy tiện rovônve và chi khác nhau về khe hở thì độ cứng vững sẽ khác nhau tùy theo khe hở từ lớn đến nhỏ là:

36.400 kN/m (3710 kG/mm); 20.600 kN/m (2100 kG/mm); 122500 kN/m (12.500 kG/mm) và 883.000 kN/m (90.000 kG/mm).

Còn theo Résétôp D.N. mỗi lắp ghép cố định, nếu tạo nên một độ căng ban đầu, có thể chịu tải không thấp hơn 1470 kN/m^2 (15 kG/cm^2), còn mỗi lắp động có khả năng chịu tải khoảng 100 - 200 kN/m^2 (1 - 2 kG/cm^2).

- Có chế độ sử dụng máy hợp lý. Độ cứng vững của hệ thống công nghệ không cố định mà thay đổi tùy theo điều kiện sử dụng như nhiệt độ làm việc, chế độ bôi trơn và tình trạng chịu tải v.v... Ví dụ: độ cứng vững của ụ trục chính máy mài tròn ngoài ở trạng thái nhiệt độ bình thường không làm việc là 15.000 kN/m (1500 kG/mm) nhưng sau khi chạy không 30 phút, nhiệt độ tăng lên thì độ cứng vững tăng tới 22.400 kN/m (2800 kG/mm) tức là tăng 44%. Vì vậy khi gia công các chi tiết chính xác người ta thường cho máy chạy không một thời gian, bôi trơn liên tục các bộ phận làm việc, siết chặt lại các cơ cấu để bảo đảm cho hệ thống đạt đến điều kiện

làm việc ổn định rồi mới gia công.

- Phải định kỳ kiểm tra lại độ cứng vững của các bộ phận trong hệ thống công nghệ.

- Không dùng dao quá mòn. Nên thay đổi các thông số hình học của dao cho phù hợp với điều kiện cụ thể nhằm giảm lực cắt khi gia công.

3.2- Ảnh hưởng của độ chính xác của máy, dao, đồ gá và tình trạng mòn của chúng đến độ chính xác gia công

a/ *Sai số của máy công cụ.* Cũng như các loại máy khác, máy công cụ cũng chỉ chế tạo được đến một độ chính xác nhất định. Các sai số hình học của máy do chế tạo như :

- độ đảo trục chính theo hướng kính,

- độ đảo của lỗ côn trục chính,

- độ đảo mặt đầu của trục chính (hướng trực),

- độ đảo và các sai số chế tạo khác của sống trượt, của bàn máy v.v... sẽ phản ánh toàn bộ hoặc một phần lên chi tiết gia công dưới dạng sai số hệ thống. Việc hình thành các bề mặt gia công là do chuyển động cường bức của các bộ phận chính như trục chính, bàn máy hoặc bàn dao v.v... Nếu các chuyển động này có sai số tất nhiên nó sẽ phản ánh lên bề mặt gia công của chi tiết máy.

Ví dụ: nếu đường tâm trục chính máy tiện không song song với sống trượt của thân máy trong mặt phẳng nằm ngang thì khi tiện chi tiết gia công sẽ có hình côn (hình 3 - 12) và đường kính lớn nhất của nó là D_{max} tính như sau.

$$\frac{D_{max}}{2} = \frac{D}{2} + a$$

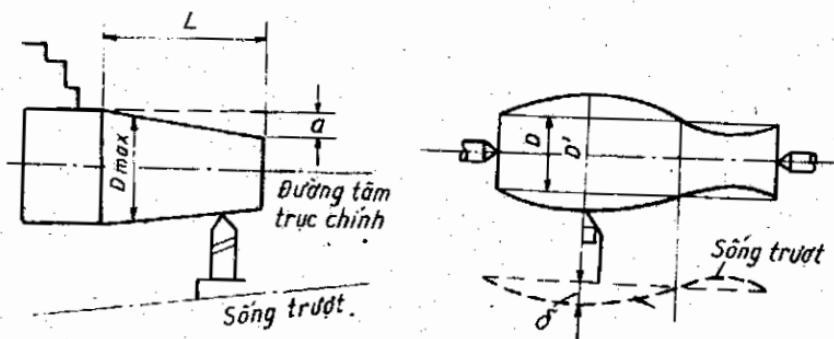
Trong đó a - độ không song song trên chiều dài L

trong mặt phẳng nằm ngang.

Nếu sóng trượt không song song với đường tâm trực chính trong mặt phẳng thẳng đứng thì tiện ra trục có hình hyperboloid với đường kính lớn nhất bằng D_{\max}

$$\frac{D_{\max}}{2} = \sqrt{\frac{d^2}{4} + b^2}$$

Trong đó: b là độ không song song trong mặt phẳng thẳng đứng trên chiều dài L .



Hình 3 - 12. chi tiết tiện ra là hình côn khi trục chính máy tiện không song song với sóng trượt của nó

Hình 3 - 13. chi tiết gia công có đường kính khác nhau khi sóng trượt không thẳng

Nếu sóng trượt không thẳng trên mặt phẳng nằm ngang sẽ làm cho quỹ đạo chuyển động của mũi dao không thẳng khiến cho đường kính chi tiết gia công chõ to, chõ nhỏ như hình 3 - 13.

Đường kính D' tại một mặt cắt nào đó bằng:

$$D' = D + 2\delta$$

Trong đó

D - đường kính nhận được ở tiết diện mà tại đó

sóng trượt trùng với vị trí đúng theo tính toán.

đ - lượng dịch chuyển lớn nhất của sóng trượt trên mặt phẳng nằm ngang so với vị trí tính toán.

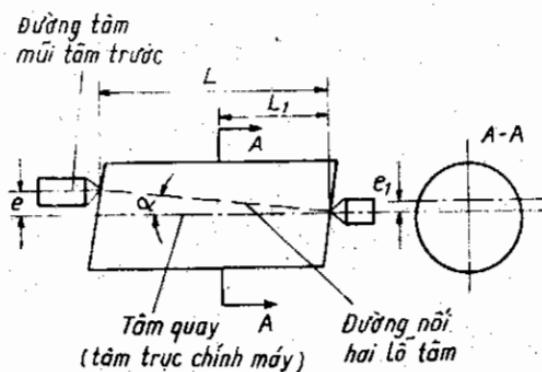
Độ lệch tâm của mũi tâm trước so với tâm quay của trục chính sẽ làm cho đường tâm của chi tiết gia công không trùng với đường tâm của hai lỗ tâm đã được gia công trước để gá đặt (hình 3 - 14).

Nếu độ lệch tâm của mũi tâm trước là e thì trong khi quay đường nối hai lỗ tâm sẽ đảo thành một hình chóp mà đỉnh là mũi tâm sau.

Sau khi gia công xong, tại một mặt cắt A - A' nào đó (cắt thẳng góc với phương chạy dao) ta vẫn có tiết diện là hình tròn nhưng tâm của nó lệch với đường nối hai lỗ tâm là e_1 và được xác định theo tỷ lệ:

$$\frac{e_1}{e} = \frac{l_1}{L}$$

Nếu gia công được trong một lần gá thì đường tâm của chi tiết vẫn là đường thẳng nhưng làm với đường



Hình 3 - 14. Đường tâm của trục chính không trùng với đường tâm của hai chổng tâm gá đặt.

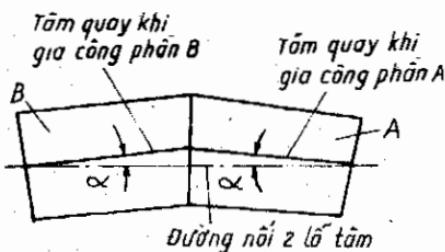
nối hai lỗ tâm một góc α .

$$\alpha = \frac{e}{L} \text{ (Rad).}$$

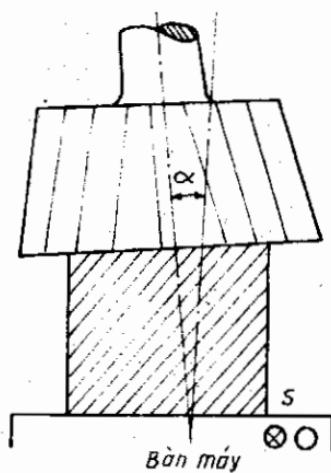
Trong đó:

L - chiều dài chi tiết gia công.

Nhưng nếu các đoạn trên phôi không thể cắt trên một lần gá đặt mà phải cắt làm hai lần gá đặt (đổi đầu chằng hạn)



Hình 3-15. Chi tiết gia công trên hai lần gá



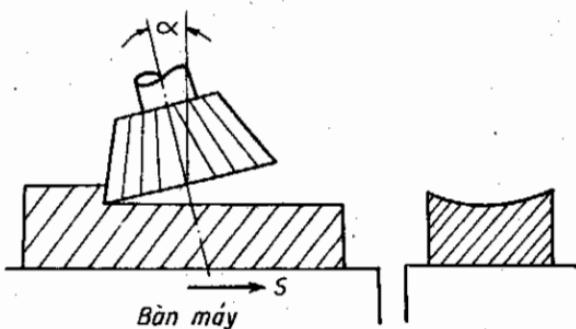
Hình 3-16. Mặt phẳng gia công không song song với mặt phẳng dày chi tiết.

thì mỗi đoạn cắt sẽ có một đường tâm riêng, không trùng nhau như trên hình 3-15.

Trên các máy công cụ khác cũng vậy. Sai số do chế tạo máy không chính xác sẽ trực tiếp gây ra sai số gia công. Ví dụ trên máy phay đứng. Nếu trục chính của máy không thẳng góc với mặt phẳng của bàn máy theo phương ngang của bàn máy, thì mặt phẳng phay được sẽ không song song với

mặt phẳng đáy của chi tiết đã định vị trên bàn máy. Độ không song song này chính bằng độ không thẳng góc của đường tâm trục chính trên cả chiều rộng của chi tiết gia công (hình 3 - 16).

Nếu không thẳng góc theo phương dọc của bàn máy thì mặt gia công sẽ bị lõm như hình 3 - 17.



Hình 3 - 17. Mặt phẳng gia công bị lõm.

Sai số của bộ phận truyền động do chế tạo không chính xác cũng gây ra sai số gia công. Ví dụ khi tiện ren nếu bước ren của trục vít me không chính xác sẽ làm cho bước ren được gia công sai đi. Khi gia công răng trên máy phay, nếu cơ cấu phân độ có sai số sẽ gây nên sai số bước răng của bánh răng được gia công.

Máy móc dù được chế tạo chính xác đến mức nào đi nữa thì sau một thời gian làm việc cũng bị mòn. Hiện tượng mòn trong quá trình sử dụng là do ma sát giữa các mặt có chuyển động tương đối với nhau. Nhất là khi có bụi phoi trộn lẫn với dầu bôi trơn thì hiện tượng mài mòn càng nhanh hơn. Ngoài ra, dầu bôi trơn và dung dịch trơn ngoài còn gây nên hiện tượng ăn mòn hóa học

ở những bộ phận nó tác dụng vào và làm mòn thêm nhanh. Trạng thái mòn của máy sẽ gây ra sai số gia công mang tính chất hệ thống.

Đối với máy tiện nếu sống trượt của thân máy bị mòn nó sẽ làm cho xe dao tụt xuống và vị trí tương đối của dao so với chi tiết sẽ sai đi và sinh ra sai số gia công. Thông thường sống trượt phía trước của máy tiện sẽ mòn nhanh hơn vì chịu lực lớn hơn làm cho dao bị nghiêng (hình 3 - 18).

Gọi Δ - lượng mòn nhiều hơn của sống trượt trước so với sống trượt sau.

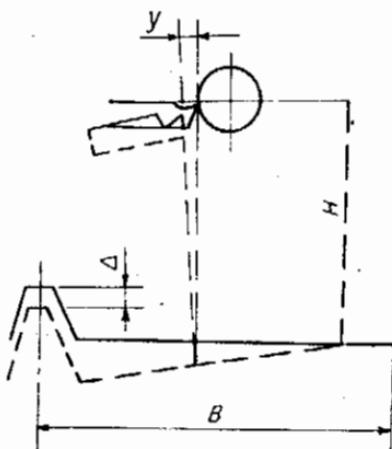
y - lượng dịch chuyển của mũi dao theo phương ngang.

Thì

$$y = \frac{H}{B} \cdot \Delta.$$

Nếu trên suốt chiều dài của sống trượt mà y thay đổi thì không những nó gây ra sai số kích thước mà còn gây ra cả sai số hình dạng chi tiết gia công.

b/ *Sai số của đồ gá.*
Đồ gá nhằm đảm bảo đúng vị trí tương đối của chi tiết gia công với dụng cụ cắt. Sai số chẽ tạo, lắp ráp đồ gá cũng ảnh hưởng đến độ chính xác của chi tiết gia công. Các chi tiết



Hình 3 - 18 Sơ đồ tính lượng dịch chuyển y theo lượng mòn nhiều hơn Δ .

quan trọng của đồ gá như các chi tiết định vị, dẫn hướng, so dao v.v... nếu chế tạo có sai số hoặc bị mòn sau một thời gian sử dụng đều làm thay đổi vị trí tương quan giữa máy, dao và chi tiết gia công do đó cũng gây ra sai số gia công. Sai số này có thể xác định được bằng tính toán dựa vào dung sai các chi tiết chủ yếu của đồ gá hoặc có thể dựa vào các kích thước thực tế của các chi tiết đó do được khi chế tạo.

Nói chung đồ gá cũng như máy công cụ mòn rất chậm. Một số chi tiết như bạc đạn luôn luôn bị phoi trượt qua và bị mài mòn do ma sát, chi tiết định vị tiếp xúc với phôi và chịu tác dụng của lực kẹp còn các chi tiết khác mòn ít. Vì vậy, sai số về hình học của đồ gá sẽ phản ánh lên các chi tiết được gia công như nhau và mang tính chất hệ thống.

Ngoài ra, sai số do lắp đồ gá lên máy cũng gây ra sai số gia công vì làm mất vị trí chính xác của nó so với dụng cụ cắt.

Để đảm bảo độ chính xác gia công (bù lại những sai số do chế tạo, lắp ráp, mòn các chi tiết chính của đồ gá gây ra) độ chính xác của đồ gá được chế tạo ra phải cao hơn ít nhất là một cấp so với độ chính xác của kích thước cần đạt sẽ gia công trên đồ gá đó. Điều này không thể dễ dàng đạt được khi gia công những chi tiết có độ chính xác cao.

c/ *Sai số của dụng cụ cắt.* Độ chính xác chế tạo dụng cụ cắt, mức độ mài mòn của nó và sai số gá đặt dụng cụ trên máy công cụ đều ảnh hưởng đến độ chính xác gia công.

Khi gia công bằng các dụng cụ định kích thước thì sai số chế tạo dụng cụ ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác gia công.

Ví dụ: mũi khoan, khoét, doa, chuốt v.v... nếu chế tạo

không chính xác thì những sai số của chúng ảnh hưởng trực tiếp đến đường kính lỗ gia công.

Dao phay ngắn, dao phay dĩa dùng để gia công rãnh then thì sai số đường kính và chiều rộng của dao cũng ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác chiều rộng rãnh then.

Sai số bước ren, góc nâng của ren, góc định ren, đường kính trung bình của các loại ta rõ, bàn ren đều phản ánh trực tiếp lên ren gia công.

Khi gia công các mặt định hình bằng dao định hình (như dao tiện định hình, dao phay răng môđun) nếu có sai số prôphim cũng sẽ làm sai dạng bề mặt gia công. Các sai số chế tạo dao đều có thể xác định theo tiêu chuẩn hoặc đo trực tiếp trong thực tế và chúng đều gây ra sai số gia công dưới dạng sai số hệ thống không đổi.

Ngoài sai số chế tạo, trong quá trình cắt dao sẽ bị mài mòn và làm ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác gia công. Tùy theo mức độ mòn, dao có thể thay đổi cả hình dạng lẫn kích thước và sinh ra sai số trên chi tiết gia công dưới dạng sai số hệ thống thay đổi.

Khi dao tiện mòn ở mặt sau làm vị trí của mũi dao xa tâm quay của chi tiết một đoạn bằng trị số của lượng mòn hướng kính *U* và làm cho đường kính ngoài to lên, còn đường kính trong (*lỗ*) thì bé đi.

Khi gia công chi tiết nhỏ, ngắn độ mòn dao ảnh hưởng đến kích thước gia công của một chi tiết rất khó thấy mà chỉ thấy được ở những chi tiết gia công sau nếu đem so sánh kích thước của nó với kích thước của các chi tiết gia công trước. Nhưng khi gia công các chi tiết có đường kính ngoài lớn, dài thì chỉ cần trong một lần chạy dao, dụng cụ đã có thể bị mòn nhiều làm cho đường kính của chi tiết gia công tăng dần và đường kính ở đầu kết thúc lần chạy dao đó to hơn hẳn kích thước ở

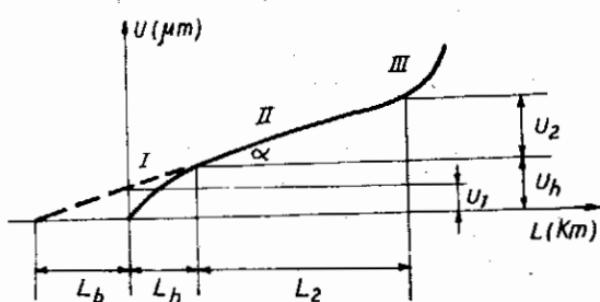
phần đầu của quá trình cắt. Đối với các dao định hình, mặc dù được chế tạo cẩn thận, độ chính xác chế tạo cao, nhưng trong quá trình sử dụng do điều kiện cắt của các phần trên lưỡi cắt có thể khác nhau làm cho dao mòn không đều nên phô phin của dao thay đổi, gây ra sai số hình dạng trên chi tiết gia công.

Ví dụ như dao tiện ren, đá mài ren chẳng hạn. Trong những trường hợp này do kết cấu của dao, vận tốc ở các phần của lưỡi cắt khác nhau làm cho đỉnh dao mòn nhanh hơn do đó góc nhọn của đỉnh ren được gia công lớn dần.

Dộ mòn của dao có quan hệ đến thời gian cắt của nó hoặc với chiều dài đường cắt (chiều dài đường tiếp xúc của mũi dao với phôi). Theo kết quả thực nghiệm trên máy tiện của K.V. Võtinôp thì quan hệ này có dạng như hình 3 - 19.

Giai đoạn đầu (đoạn I) dao mòn nhanh, độ nhẵn bóng bề mặt gia công thường giảm. Trị số mòn ban đầu U_h và chiều dài đường cắt L_h phụ thuộc vào vật liệu làm dao, vật liệu gia công, chất lượng mài và đánh bóng phần cắt. Chiều dài đường cắt L_h của phần này thường nằm trong khoảng 500 - 2000 m.

Giai đoạn hai (đoạn II) dao mòn bình thường, lượng



Hình 3-19: Quan hệ giữa độ mòn dao (U) với chiều dài đường cắt của K. V. Võtinôp.

mòn có quan hệ với chiều dài đường cắt theo đường thẳng.

Cường độ mòn của giai đoạn này có thể xác định bằng độ mòn tương đối U_o :

$$U_o = \operatorname{tg} \alpha = \frac{U_2}{L_2} \quad (\frac{\mu m}{km})$$

Trong đó:

U_2 - lượng mòn trong giai đoạn hai của dao (μm).

L_2 - chiều dài đường cắt trong giai đoạn hai (km).

Khi chiều dài đường cắt $L > 1000 m$, lượng mòn của dao ảnh hưởng đến độ chính xác gia công được tính theo công thức:

$$U = U_o \frac{L}{1000} \quad (\mu m)$$

Trong đó: L - chiều dài đường cắt tính bằng m và xác định tùy theo phương pháp gia công.

Khi tiện

$$L = \frac{\pi D}{1000} \cdot \frac{l}{S}$$

Trong đó:

D - đường kính gia công (mm)

l - chiều dài cần gia công trên chi tiết (mm)

S - bước tiến đọc của dao $mm/vòng$

Khi phay bằng dao phay mặt đầu:

$$L = \frac{l \cdot B}{10^6 S_z Z} \cdot \pi D_d \cdot \frac{\alpha}{360}$$

Trong đó:

l - chiều dài cần gia công trên chi tiết (mm).

B - chiều rộng bề mặt cần gia công trên chi tiết (mm).

S_z - bước tiến dao một răng của dao phay (mm/răng)

Z - số răng của dao phay.

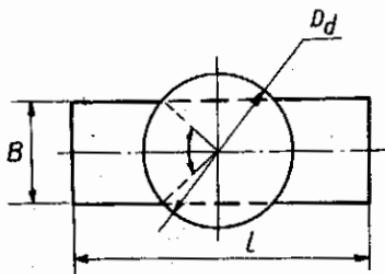
D_d - đường kính của dao phay (mm)

α - góc chứa cung mà một răng dao sẽ cắt trong một vòng quay của dao, α có thể xác định như sau (hình 3 - 20):

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{B}{D_d}$$

Các công thức trên dùng để tính độ mòn trong giai đoạn hai bình thường, không kể đến sự mòn nhanh của giai đoạn một.

Đổi một dao mới, để xác định chính xác hơn độ mòn dao trong quá trình cắt phải kể cả đến chiều dài đường cắt ban đầu L_b và độ mòn của giai đoạn đầu U_b , thì lượng mòn tổng cộng được xác định như sau:



Hình 3 - 20. Sơ đồ tính L khi phay bằng dao phay mặt đầu.

$$U = U_1 + \frac{L}{1000} U_o$$

$$\text{hay } U = \frac{L + L_b}{1000} U_o$$

Trong đó: L_b - chiều dài đường cắt bổ sung (m).

Ngoài ra việc gá đặt dao không chính xác cũng gây nên sai số kích thước và hình dạng hình học của chi tiết gia công.

Ví dụ, khi tiện ren, nếu dao gá không vuông góc với đường tâm chi tiết (tâm quay) thì góc ren cắt ra ở bên phải và bên trái không bằng nhau (hình 3 - 21)

- Khi gia công trực tròn, nếu gá dao cao hơn hoặc thấp hơn tâm quay của chi tiết thì đường kính gia công được sẽ tăng lên một lượng ΔD (hình 3 - 22) và được xác định như sau:

$$\left(\frac{D + \Delta D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2 = h^2$$

$$D \cdot \Delta D + \frac{\Delta D^2}{4} = h^2$$

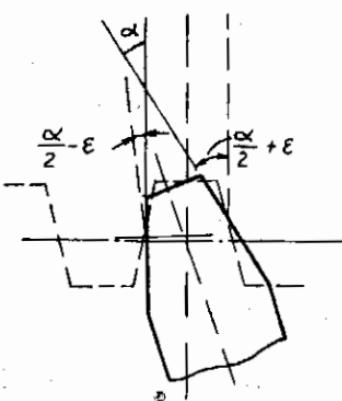
Vì ΔD nhỏ nên $\Delta D/4$ càng nhỏ và có thể bỏ qua, do đó ta có:

$$\Delta D = \frac{h^2}{D}$$

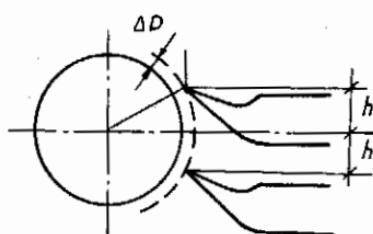
Để khắc phục sai số hình học của máy, dao, đồ gá có thể dùng các biện pháp sau đây:

- Sửa chữa định kỳ, thêm các cơ cấu hiệu chỉnh.

- Giảm sai số gá đặt



Hình 3 - 21. Sai số chi tiết gia công khi tiện ren.



Hình 3 - 22. Sai số đường kính gia công khi gia công trực tròn.

chi tiết gia công và đồ gá, giảm số lần gá. Nâng cao độ chính xác chế tạo đồ gá.

- Nâng cao độ chính xác chế tạo dao nhất là dao định kích thước, dao định hình. Chọn vật liệu làm dao tốt, nhiệt luyện và mài dao tốt để nâng cao tuổi thọ của dao.

- Chọn chế độ cắt hợp lý sao cho không ảnh hưởng đến năng suất nhưng quá trình mài mòn của dao chậm (U_o nhỏ).

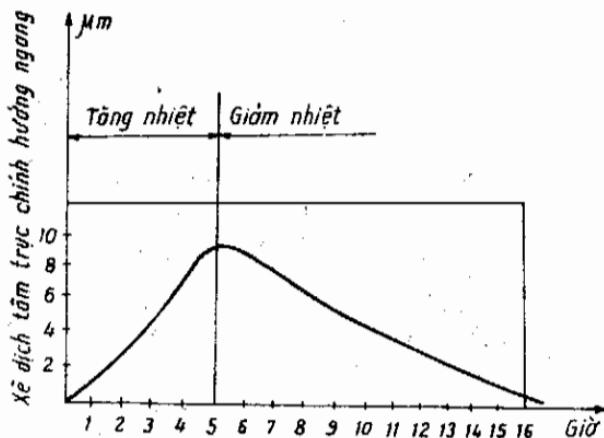
3.3-Ảnh hưởng do biến dạng nhiệt của hệ thống công nghệ MGDC đến độ chính xác gia công

Trong quá trình gia công, hệ thống công nghệ MGDC đều bị nóng lên do ma sát, do nhiệt cắt truyền vào và do ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường xung quanh. Mức độ nóng lên của các bộ phận và thứ tự bị nóng lên trước hay sau là do vị trí của chúng gần hay xa nguồn nhiệt. Mặc dù có dung dịch trơn nguội tươi vào vùng đang gia công và các bộ phận truyền động được ngâm trong dầu với mục đích làm giảm nhiệt độ ở những khu vực này, nhưng bên thân các dung dịch đó cũng bị tăng nhiệt độ, do đó nói chung các bộ phận của hệ thống công nghệ trong quá trình gia công nhiệt độ vẫn tăng lên và tăng không bằng nhau. Do nhiệt độ ở các bộ phận tăng lên không đều nhau nên gây ra biến dạng vì nhiệt của hệ thống công nghệ không đều nhau không những ảnh hưởng đến kích thước mà còn ảnh hưởng cả đến hình dáng của chi tiết gia công.

a/ *Sai số do biến dạng vì nhiệt của máy.* Khi máy làm việc nhiệt độ ở các bộ phận khác nhau có thể chênh lệch khoảng 10 - 50°C, sinh ra biến dạng không đều và máy sẽ mất chính xác. Ảnh hưởng đến độ chính xác gia công nhiều nhất là biến dạng nhiệt của ổ trục chính. Nhiệt tăng làm cho tâm trục chính xê dịch theo hướng ngang

và hướng đứng vì các điểm trên nó có nhiệt độ khác nhau. Thông thường nhiệt tăng nhiều nhất ở ổ đỡ trực chính, nhiệt độ ở đây có thể cao hơn các nơi khác của ụ trực chính từ 30 đến 40%.

Dộ xê dịch hướng ngang của tâm trực chính, khi gia công trên hai mũi tâm, trong vòng 4 - 5 h đầu có thể lên tới $10 \mu m$ (hình 3 - 23) và khi gia công trên mâm cặp ba chấu có thể tới $17 \mu m$. Khi tăng số vòng quay của trực chính, xê dịch này sẽ tăng lên và tỷ lệ với \sqrt{n} (n - số vòng quay của trực chính).



Hình 3-23. Quan hệ giữa độ xê dịch tâm trực chính hướng ngang với thời gian gia công.

Như vậy rõ ràng trong thời gian 4 - 5 h đầu biến dạng vì nhiệt theo hướng ngang sẽ sinh ra sai số đường kính và hình dạng trực gia công. Sai số này thay đổi theo thời gian và mang tính chất hệ thống.

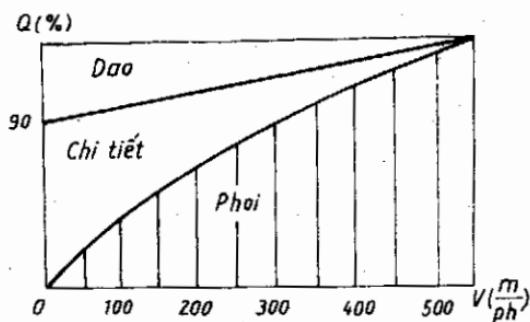
Ngoài ra, đối với những máy công cụ chính xác cao,

ánh nắng mặt trời chiếu vào cũng làm cho máy mất chính xác.

Để giảm biến dạng nhiệt của máy có những biện pháp sau:

- Kết cấu của máy phải đảm bảo điều kiện tỏa nhiệt tốt.
- Các bộ phận như động cơ, cơ cấu thủy lực v.v... phải bố trí sao cho trong quá trình làm việc chúng được nóng đều.
- Các chi tiết của máy khi thiết kế phải có tiết diện đủ lớn để dễ tỏa nhiệt, có độ bồng bềnh hợp lý để giảm ma sát.
- Các máy chính xác phải bố trí ở những nơi đủ ánh sáng nhưng lại phải đảm bảo không bị ánh nắng mặt trời chiếu vào nung nóng nó.

b/ *Sai số do biến dạng nhiệt của dụng cụ cắt.* Tại vùng cắt, hầu hết công cơ học cần thiết cho quá trình cắt đều chuyển biến thành nhiệt. Tùy theo chế độ cắt, vật liệu làm dao và vật liệu gia công mà tỷ lệ phần nhiệt phân



Hình 3-24. Quan hệ giữa lượng nhiệt phân bố vào dao, chi tiết, phoi với vận tốc cắt .

bổ vào phoi, chi tiết gia công, dụng cụ cắt và một phần tỏa ra môi trường xung quanh sẽ khác nhau. Ví dụ khi gia công thép 40 bằng dao hợp kim cứng T15K6 có $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\varphi = 35^\circ$; $t = 2 \text{ mm}$; $S = 0,128 \text{ mm/vòng}$.

Tỷ lệ nhiệt phản bổ vào dao, chi tiết gia công, phoi sẽ phụ thuộc vào vận tốc cắt V và thay đổi như trên hình 3-24. Khi $V = 500 \text{ m/ph}$, 99% lượng nhiệt sẽ nằm trong phoi, còn trong dao và chi tiết rất nhỏ. Thông thường lượng nhiệt truyền vào dao khoảng 10 - 20% nhiệt cắt.

Khi nhiệt cắt truyền vào dao, dao bị nở dài, mũi dao vươn thêm về phía trước làm cho đường kính ngoài giảm đi còn đường kính lõi thì tăng lên. Cho đến khi dao ở vào trạng thái cân bằng nhiệt thì dao không nở dài thêm nữa và nếu không có sự mòn dao thì kích thước gia công sẽ không đổi.

Biến dạng dài của dao vươn về phía trước ở một thời điểm bất kỳ trước lúc có hiện tượng cân bằng nhiệt được xác định theo phương trình

$$\Delta L = \Delta L_c (1 - e^{-\frac{L}{F}})$$

Trong đó

ΔL_c - biến dạng nhiệt của dao ở trạng thái cân bằng nhiệt và được tính gần đúng theo công thức:

$$\Delta L_c = C \frac{L}{F} \sigma_B (t, S)^{0.75} \cdot \sqrt{v}$$

C - hằng số khi $v = 100 - 200 \text{ m/ph}$
 $t \leq 1,5 \text{ mm}$

$s \leq 0,2 \text{ mm/vòng}$ thì $C = 4,5$

L_p - chiều dài phần công xôn của dao tiện (mm).
 F - tiết diện cán dao (mm^2).

σ_B - giới hạn bền của vật liệu gia công (kG/mm^2).

Khi dao cắt không liên tục biến dạng nhiệt của dao có thể xác định gần đúng theo công thức (hình 3-25).

$$\Delta L_C' = \Delta L_C \cdot \frac{T_{máy}}{T_{máy} + T_{nghi}}$$

Trong đó:

$T_{máy}$ - thời gian máy làm việc liên tục.

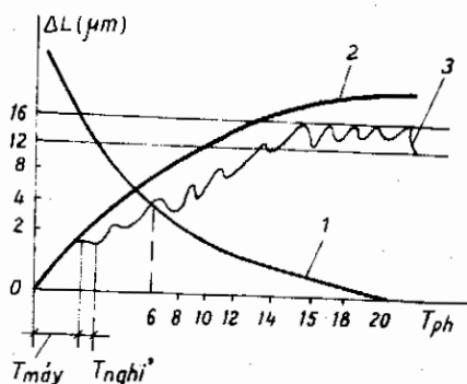
T_{nghi} - thời gian nghỉ liên tục.

c/ *Sai số do biến dạng nhiệt của chi tiết gia công.* Một phần nhiệt ở vùng cắt truyền vào chi tiết gia công, làm nó biến dạng và gây ra sai số gia công.

Nếu chi tiết được nung nóng đều toàn bộ thì chỉ gây ra sai số kích thước, còn

nếu bị nóng không đều thì còn gây ra cả sai số hình dáng. Ví dụ: khi tiện một trục, nhiệt độ ở xung quanh vùng cắt không đều nhau, thay đổi từ 10 - 45°C(hình 3-26a) và trường nhiệt đó lại di chuyển liên tục theo mũi dao từ trái sang phải nên sau khi gia công xong chi tiết sẽ có dạng như hình 3 - 26b.

Nhiệt độ của chi tiết gia công trong quá trình cắt phụ thuộc vào chế độ cắt. Khi tiện, nếu tăng vận tốc cắt và bước tiến, tức là rút ngắn thời gian nung nóng liên tục



Hình 3-25. Quan hệ giữa biến dạng nhiệt của dao với thời gian cắt:

Đường 1: dao nguội đi; Đường 2: dao nóng lên;

Đường 3: dao cắt không liên tục.

chi tiết gia công nên nhiệt độ của nó sẽ giảm. Còn chiều sâu cắt tăng thì nhiệt độ chi tiết gia công cũng tăng theo. Sai số do biến dạng nhiệt của chi tiết chỉ ảnh hưởng lớn đến độ chính xác gia công khi chi tiết mỏng, nhỏ, còn đối với chi tiết to ảnh hưởng này không lớn lắm. Những biện pháp để khắc phục biến dạng nhiệt của chi tiết là:

- Tưới dung dịch trơn nguội vào vùng đang gia công với một chế độ thích hợp, có hiệu quả.

- Chi tiết có yêu cầu chính xác cao phải sử dụng chế độ cắt thích hợp và gia công trong phân xưởng riêng.

- Trước khi cắt gọt nên cho máy chạy không một lúc để cho nhiệt độ của các khâu trong máy tăng đến mức cân bằng nhiệt với môi trường xung quanh (lúc đó, lượng nhiệt tăng thêm lên đúng bằng lượng nhiệt truyền ra môi trường xung quanh) mới bắt đầu cắt.

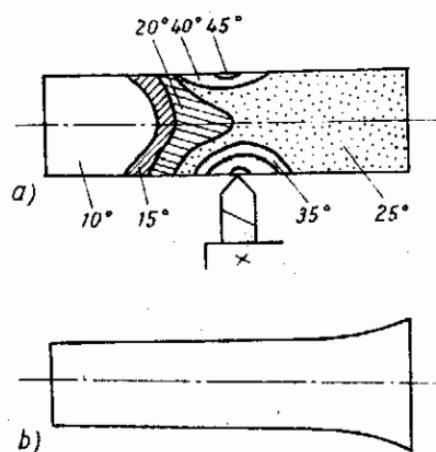
Trong quá trình chế tạo phôi hoặc nhiệt luyện nhiệt độ ở từng phần không đều nhau cũng như tốc độ nguội ở các phần khác nhau sẽ gây ra co giãn giữa các phần đó không bằng nhau, do đó trong kim loại gia công sinh ra ứng suất dư. Ứng suất dư bên trong dần dần sẽ cân bằng lẫn nhau và đi tới ổn định làm cho hình dáng chi tiết cũng ổn định. Vì vậy đối với các vật đúc lớn, trước khi gia công thường phải để một thời gian dài để ứng suất dư dần dần ổn định, đó là quá trình thường hóa. Ví dụ, một phôi đúc trong quá trình nguội, các bề mặt đông đặc trước, bên trong đông đặc sau, khi đó kim loại bên trong co lại làm cho các bề mặt chịu ứng suất nén. Khi gia công nếu ta cắt đi một lớp kim loại ở bề mặt trên thì hai đầu chi tiết sẽ cong lên như hình 3 - 27. Biến dạng này tỷ lệ thuận với trị số ứng suất bên trong và hình dáng, kích thước chi tiết (chi tiết càng mỏng, càng dài biến dạng càng nhiều). Ứng suất trong của các phôi

trong một loạt không bằng nhau cho nên biến dạng này cũng không giống nhau.

Để khắc phục ảnh hưởng của ứng suất bên trong đối với độ chính xác gia công có thể dùng các biện pháp sau:

- Dùng kết cấu của chi tiết sao cho khó gây ra ứng suất bên trong.

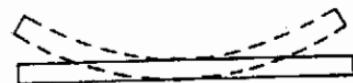
- Sử dụng vật liệu làm chi tiết hợp lý.



Hình 3 - 26. a. Trường phân bố nhiệt khi tiện.
b. Sự biến dạng chi tiết sau khi tiện.

- Chọn các quá trình công nghệ gia công nóng đối với từng kết cấu cụ thể.

- Thường hóa tự nhiên và nhân tạo phôi, bán thành phẩm hoặc nhiệt luyện một vài lần trong quá trình công nghệ để khử dần ứng suất bên trong.



Hình 3 - 27. Biến dạng do ứng suất.

3.4- Sai số do rung động phát sinh ra trong quá trình cắt

Rung động của hệ thống công nghệ trong quá trình cắt không những làm tăng độ nhám bề mặt và độ sóng, làm cho dao mòn nhanh mà còn làm cho lớp kim loại bề

mặt bị cứng nguội, hạn chế khả năng cắt gọt. Rung động làm cho vị trí tương đối giữa dao cắt và vật gia công thay đổi theo chu kỳ, do đó ghi lại trên bề mặt chi tiết hình dáng không bằng phẳng. Nếu tần số thấp, biên độ lớn sẽ sinh ra độ sóng bề mặt; nếu tần số cao, biên độ nhỏ sẽ sinh ra độ nhám bề mặt. Ngoài ra do rung động, chiều sâu cắt, tiết diện phoi và lực cắt sẽ tăng, giảm theo chu kỳ làm ảnh hưởng tới sai số gia công.

Rung động xảy ra phần lớn là do độ cứng vững của hệ thống công nghệ kém. Thông thường rung động có hai loại: rung động cường bức và tự phát.

Nguyên nhân sinh ra rung động cường bức là do các lực kích thích từ bên ngoài truyền vào. Rung động cường bức có thể có hoặc không có chu kỳ tùy theo lực kích thích có hoặc không có chu kỳ.

Nguồn gốc của các lực kích thích gây ra rung động cường bức có thể là:

- Các chi tiết của máy, dao cắt hoặc chi tiết gia công quay nhanh nhưng không cân bằng động.
- Có sai số của các chi tiết truyền động trong máy.
- Lượng dư gia công không đều, bề mặt gia công không liên tục.
- Các mặt tiếp xúc có khe hở.
- Do rung động của các máy xung quanh.

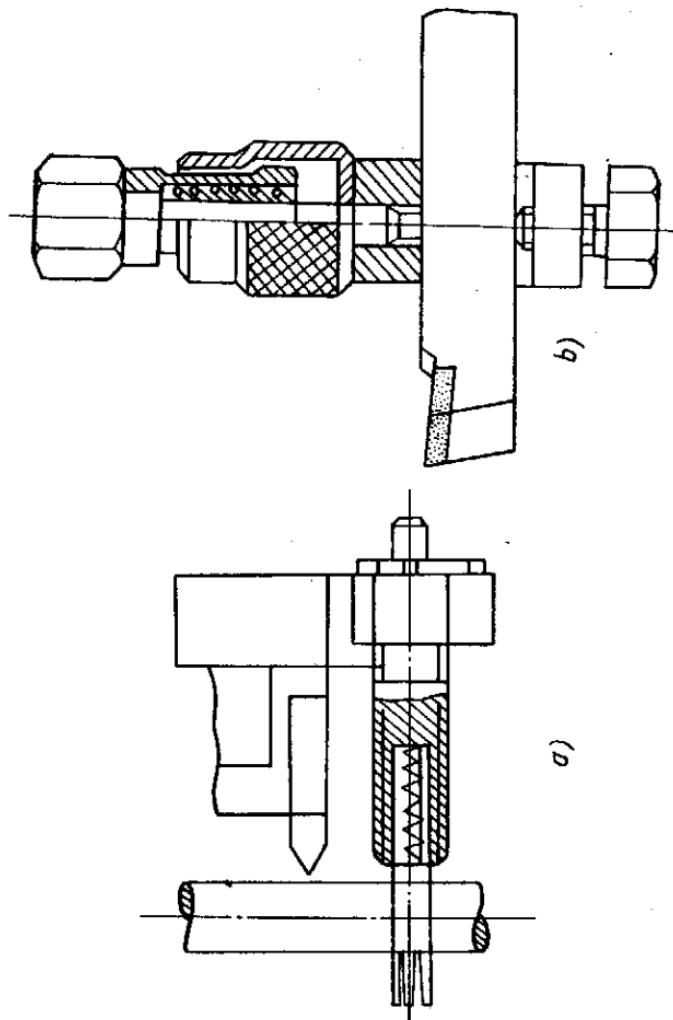
Để giảm rung động cường bức có thể giải quyết bằng các biện pháp sau đây:

- Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
- Giảm lực kích thích từ bên ngoài truyền tới.
- Yêu cầu các chi tiết truyền động của máy có độ chính xác cao.
- Các chi tiết quay nhanh phải được cân bằng động.
- Tránh cắt không liên tục.

- Gia công các chi tiết có độ chính xác cao phải có cơ cấu giảm rung, có nền giảm rung cách ly với bên ngoài.

Còn hiện tượng rung tự phát (tự rung) là do bản thân quá trình cắt gây ra, nó được duy trì bởi lực cắt. Khi ngừng cắt, thì hiện tượng tự rung cũng kết thúc.

Tự rung trở ngại rất lớn đến việc nâng cao chất lượng và năng suất gia công. Để giảm bớt rung động tự



Hình 3 - 28. Cách gá lắp trang bị giảm rung khi tiện.

phát ta có thể dùng các biện pháp:

- Tránh hớt lớp phoi quá rộng và quá mỏng.
- Chọn tốc độ cắt hợp lý sao cho không nằm vào vùng xuất hiện lẹo dao.
- Thay đổi hình dạng hình học của dao sao cho giảm lực cắt ở phương có rung động.
- Dùng dung dịch trơn ngoài để giảm bớt mòn dao.
- Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
- Sử dụng các trang bị giảm rung nhằm tiêu hao năng lượng tạo rung trong quá trình cắt. Khi tiện các trang bị giảm rung có thể sử dụng như hình 3 - 28.

3.5- Sai số gia công do chọn chuẩn và gá đặt chi tiết gia công gây ra.

Để có thể gia công được phải gá đặt chi tiết lên máy. Bản thân việc gá đặt này cũng có sai số và ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác gia công. Khi gá đặt không hợp lý, sai số do gá đặt lớn và nhiều trường hợp có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác gia công.

Sai số gá đặt bao gồm:

- Sai số chuẩn (do chọn chuẩn gây ra) ε_c
- Sai số kẹp chặt ε_k ,
- Sai số đòn gá ε_{dg} ,

$$\begin{aligned}\varepsilon_{dg} &= \overline{\varepsilon_c} + \overline{\varepsilon_k} + \overline{\varepsilon_{dg}}, \\ \varepsilon_{dg} &= \sqrt{\overline{\varepsilon_c}^2 + \overline{\varepsilon_k}^2 + \overline{\varepsilon_{dg}}^2}\end{aligned}$$

Sai số chuẩn ε_c có thể xác định bằng cách tìm sai số của khâu khép kín trong chuỗi kích thước công nghệ. Nếu gọi φ - là hàm số phụ thuộc vào các biến số $x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n$ trong chuỗi kích thước.

x_i - khâu độc lập thứ i trong chuỗi kích thước đó thì sai số chuẩn của kích thước thực hiện là:

$$\Delta L = \sum_{i=1}^n -\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \Delta x_i$$

Nếu lấy vi phân và cộng theo phép cộng xác suất ta có:

$$\delta_L = K \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right)^2 \delta_{x_i}^2}$$

K- hệ số phụ thuộc vào dạng phân bố của các kích thước. Khi phân bố chuẩn $K = 1$.

Sai số kẹp chặt chính là lượng biến dạng của chi tiết do kẹp chặt gây ra.

Sai số đồ gá là tổng hợp những sai số do chế tạo, lắp ráp, gá đặt đồ gá lên máy và do đồ gá mòn gây ra.

Tính toán sai số cụ thể cho từng trường hợp sẽ được trình bày tóm tắt trong chương 4 của giáo trình này và giáo trình "Đồ gá".

3.6- Sai số do phương pháp đo và dụng cụ đo gây ra

Trong quá trình chế tạo, đo lường cũng gây ra sai số và ảnh hưởng đến độ chính xác gia công. Những sai số do đo lường bao gồm:

- Sai số của dụng cụ đo. Tuy dụng cụ đo là dụng cụ để đánh giá độ chính xác của chi tiết gia công, nhưng bản thân nó khi chế tạo, lắp ráp và điều chỉnh sẽ trực tiếp gây ra sai số gia công.

- Sai số do phương pháp đo. Trước khi đo, chi tiết gia công được gá đặt lên dụng cụ hoặc đồ gá đo, sau đó điều chỉnh chuỗi kích thước của dụng cụ hoặc đồ gá đo cho trùng với khâu cần đo. Cuối cùng động tác đo, áp lực đo v.v. cũng gây ra sai số đo và dẫn đến sai số gia công.

Để giảm bớt ảnh hưởng của đo lường đến độ chính xác gia công, khi đo lường phải chọn dụng cụ đo và phương pháp đo phù hợp.

4. các phương pháp xác định độ chính xác gia công

Khi tiến hành một quá trình gia công, người công nghệ cần phải nắm vững các nguyên nhân chủ yếu gây ra sai số gia công, dự đoán trước được công nghệ đã chọn. Trong khi cắt thử cũng như khi điều chỉnh máy, phải dự đoán được độ chính xác gia công căn cứ vào các số liệu đo được, nghĩa là phải xác định được độ chính xác gia công.

Có thể xác định được độ chính xác gia công bằng các phương pháp sau đây:

4.1- Phương pháp thống kê kinh nghiệm

Đây là một phương pháp đơn giản nhất, căn cứ vào "độ chính xác bình quân kinh tế" để đánh giá.

Độ chính xác bình quân kinh tế là độ chính xác có thể đạt được một cách kinh tế trong điều kiện sản xuất bình thường. Điều kiện sản xuất bình thường là điều kiện sản xuất có đặc điểm sau:

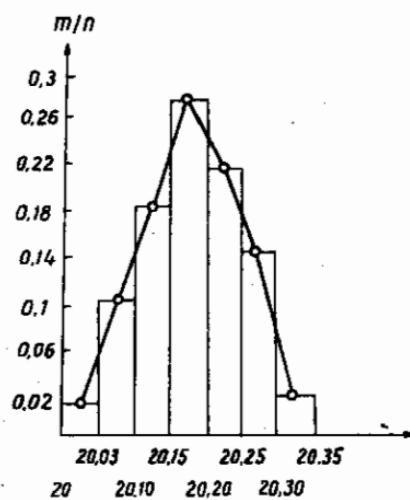
- Thiết bị gia công hoàn chỉnh.
- Trang bị công nghệ đạt được yêu cầu về chất lượng.
- Sử dụng bắc thợ trung bình.
- Chế độ cắt theo tiêu chuẩn và định mức thời gian cũng theo tiêu chuẩn.

Độ chính xác bình quân kinh tế không phải là độ chính xác cao nhất có thể đạt được của một phương pháp gia công và cũng không phải là độ chính xác có thể đạt được trong bất kỳ điều kiện nào. Vì vậy để đánh giá được độ chính xác gia công cần thiết phải phân tích những điều kiện gia công cụ thể, hoặc có khi phải làm một số thí nghiệm thống kê. Những công việc này rất cần thiết đối với sản xuất hàng loạt và hàng khối.

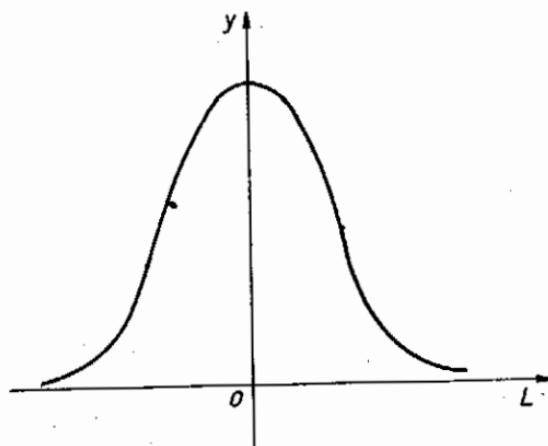
4.2- Phương pháp thống kê xác suất

Trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, việc xác định độ chính xác gia công được thực hiện bằng phương pháp thống kê xác suất.

Để thực hiện được theo phương pháp này, trước tiên phải cắt thử một loạt chi tiết có số lượng đủ để thu được những đặc tính phân bố của kích thước đạt được. Thông thường số lượng chi tiết cắt thử phải từ 60 đến 100 chi tiết trong một lần điều chỉnh máy. Đo kích thước đạt được của từng chi tiết trong cả loạt. Tìm kích thước giới hạn lớn nhất, nhỏ nhất của cả loạt, chia khoảng giới hạn lớn nhất, nhỏ nhất đó thành một số khoảng (thường lớn hơn 6 khoảng). Xác định số chi tiết có kích thước nằm trong mỗi khoảng và dựng đường cong thực nghiệm (hình 3 - 29). Trục hoành là kích thước đạt được còn trục tung là tần suất của các kích thước xuất hiện trong một khoảng. Trên đường cong thực nghiệm ta thấy: kích thước phân bố của cả loạt chi tiết cắt thử tập trung ở khoảng giữa, số chi tiết cắt thử trong một lần điều chỉnh máy càng lớn thì đường cong càng có dạng tiệm cận đến đường cong phân bố chuẩn (Gauss) có dạng như hình 3-30.



Hình 3 - 29. Đường cong phân bố kích thước thực nghiệm.



Hình 3 - 30. Đường cong phân bố kích thước chuẩn (Gaussian)

Phương trình đường cong phân bố chuẩn được viết dưới dạng:

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(L_i - \bar{L})^2}{2\sigma^2}}$$

Trong đó

σ - phương sai của đường cong phân bố.

L_i - kích thước thực đạt được của chi tiết cắt thử.

\bar{L} - kích thước trung bình cộng của loạt chi tiết cắt thử.

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n};$$

n- số lượng chi tiết cắt thử của một loạt trong một lần điều chỉnh máy.

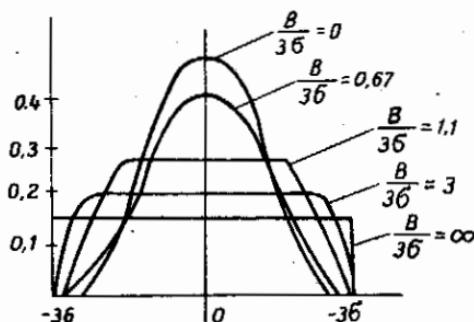
Phương sai của đường cong phân bố tức thời xác định theo công thức:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n}}$$

Trong khoảng $\pm 3\sigma$ các nhánh của đường cong gần sát với trực hoành và giới hạn tới 99,73% toàn bộ diện tích của nó. Như vậy trong phạm vi $\pm 3\sigma$ đường cong phân bố chuẩn chứa tới 99,73% số chi tiết trong cả loạt cắt thử.

Tuy vậy đường cong phân bố này mới chỉ thể hiện tính chất phân bố của các sai số ngẫu nhiên. Trong quá trình gia công các sai số ngẫu nhiên, hệ thống thay đổi và sai số hệ thống không đổi cũng đồng thời xuất hiện. Vì vậy sau khi xác định được phương sai σ của sai số ngẫu nhiên cần phải xác định quy luật biến đổi của sai số hệ thống thay đổi $B(t)$. Riêng sai số hệ thống không đổi A sẽ không ảnh hưởng đến sự phân tán kích thước gia công và có thể tiêu diệt được nó khi điều chỉnh máy.

Như vậy trong quá trình gia công phân bố



Hình 3 - 31. Đường cong phân bố kích thước thực.

kích thước thực phải là tổ hợp của qui luật phân bố chuẩn và qui luật biến đổi sai số hệ thống thay đổi là qui luật đồng xác suất.

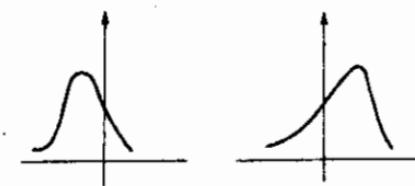
Lúc này đường cong phân bố kích thước sẽ phụ thuộc vào tỷ lệ $B/3\sigma$ và có dạng như hình 3-31.

Nếu sai số hệ thống thay đổi không tuyến tính với thời gian thì đường cong phân bố kích thước sẽ không đối xứng (hình 3-32).

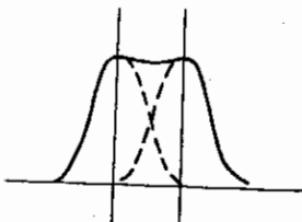
Nếu khi giao công một loạt chi tiết cắt thử mà có hai hoặc nhiều nhóm chi tiết có sai số hệ thống khác nhau thì đường cong phân bố sẽ có hai hoặc nhiều đỉnh.

Ví dụ: một loạt chi tiết nhưng được giao công thành hai nhóm trên hai máy khác nhau thì đường cong phân bố sẽ có hai đỉnh (hình 3-33).

Ngoài ra có thể tổ hợp các sai số ngẫu nhiên (qui luật phân bố chuẩn) và các sai số hệ thống thay đổi (các sai số này ảnh hưởng đồng thời đến sự phân tán kích thước của cả loạt chi tiết cắt thử) bằng cách xê dịch đường cong phân bố chuẩn đi một lượng bằng sai số hệ thống nhưng vẫn giữ nguyên hình dạng đường kính thước của hai nhóm chi tiết giao công phân bố (hình 3-34).



Hình 3-32. Đường cong phân bố không đối xứng

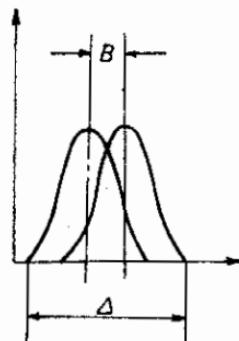


Hình 3-33. Đường cong phân bố kính thước của hai nhóm chi tiết giao công trên hai máy khác nhau.

Trong trường hợp này khoảng phân tán tổng cộng các kích thước của cả loạt chi tiết cắt thử được xác định theo công thức:

$$\Delta = 6\sigma + B$$

Phương pháp này tuy đơn giản nhưng tốn kém vì phải cắt thử cả loạt chi tiết. Để giảm bớt chi phí đồng thời rút ngắn thời gian xác định qui luật phân bố kích thước người ta có thể dùng các số liệu có sẵn để tham khảo khi gia công các kích thước có tính chất tương tự trong điều kiện gia công tương tự.



Hình 3-34. Đường cong phân bố có tính tới các sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống.

4.3. Phương pháp tính toán phân tích

Theo phương pháp này, trước hết phải phân tích các nguyên nhân sinh ra sai số gia công, sau đó tính các sai số đó, cuối cùng tổng hợp chúng lại thành sai số tổng cộng và căn cứ vào đó để đánh giá độ chính xác gia công. Trong mọi trường hợp sai số gia công tổng hợp phải nhỏ hơn dung sai cho phép của sản phẩm cần chế tạo.

- Khi gia công trên các máy đã điều chỉnh sẵn thì sai số tổng cộng Δ_Σ của trường hợp hớt phoi ở một phía sẽ là:

$$\Delta_\Sigma = \Delta_y + \sum \Delta_m + \Delta H + U + \varepsilon < \delta$$

còn khi gia công các mặt tròn xoay sai số tổng cộng Δ'_{Σ} sẽ là:

$$\Delta'_{\Sigma} = 2(\Delta_y + \sum \Delta_m + \Delta H + U + \varepsilon) < \delta$$

- Khi gia công bằng cách đo và cắt thử thì sai số tổng cộng $\Delta_d\Sigma$ của trường hợp hớt phoi ở một phía là:

$$\Delta_d\Sigma = \Delta_y + \sum \Delta_m + \Delta_d + U + \varepsilon_R < \delta$$

Khi gia công các bề mặt tròn xoay thì sai số tổng cộng $\Delta'_d\Sigma$ là :

$$\Delta'_d\Sigma = 2(\Delta_y + \sum \Delta_m + \Delta_d + U + \varepsilon_R) < \delta$$

Trong đó:

$$\Delta_y = y_{\max} - y_{\min}$$

Với y - lượng biến dạng đàn hồi của hệ thống công nghệ dưới tác dụng của lực cắt.

$\Sigma \Delta_m$ - tổng sai số kích thước do có sai lệch về hình dạng các bề mặt gia công. Sai số này do độ không chính xác của máy gây ra.

ΔH - sai số phát sinh ra do điều chỉnh máy gây ra.

U - sai số do dụng cụ bị mòn.

ε - sai số do gá đặt phoi để gia công.

ε_R - sai số gá đặt do phương pháp rà.

Δ_d - sai số của kích thước do sai số đo lường ở lần cắt thử cuối cùng.

Tuy vậy tất cả các sai số thành phần, về mặt tính chất chỉ có thể là sai số hệ thống không đổi, sai số hệ thống thay đổi hoặc sai số ngẫu nhiên. Do đó việc tính toán sai số tổng cộng phải phân loại sai số theo tính chất và tổng cộng từng loại trước khi tổng hợp lại.

Giả sử:

A_1, A_2, \dots, A_p - những sai số hệ thống không đổi;

$B_1(t), B_2(t), \dots, B_j(t), \dots, B_q(t)$ - những sai số hệ thống thay đổi;

$\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_z, \dots, \sigma_n$ - những phương sai của sai số ngẫu nhiên;

thì các sai số hệ thống sẽ cộng theo phương pháp đại số:

- Tổng các sai số hệ thống không đổi là một sai số hệ thống không đổi:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^p A_i$$

- Tổng các sai số hệ thống thay đổi là một sai số hệ thống thay đổi:

$$B_{\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^p B_j(t)$$

Các sai số ngẫu nhiên được cộng theo phương pháp cộng xác suất.

- Tổng các sai số ngẫu nhiên vẫn là sai số ngẫu nhiên và có phương sai bằng σ

$$\sigma = \sqrt{\sum_{z=1}^n (\sigma_z)^2}$$

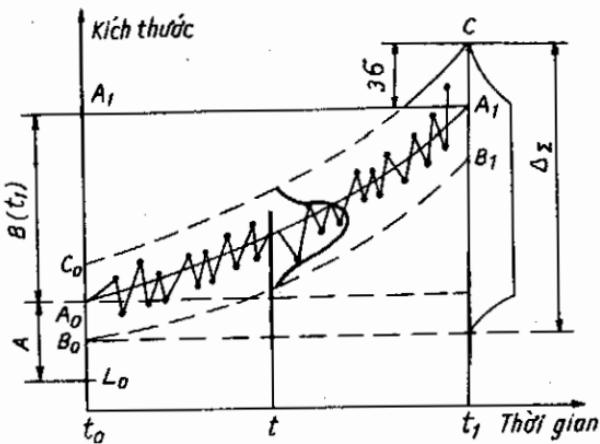
Nếu coi $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ là các sai số ngẫu nhiên có dạng phân bố tương ứng là K_1, K_2, \dots, K_n thì sai số tổng cộng sẽ là

$$K\Delta = \sqrt{\sum_{z=1}^n (K_z \sigma_z)^2}$$

Tổng hợp cả ba loại sai số trên ta có sai số gia công. Trên hình 3 - 35, hoành độ chỉ thời gian, tung độ chỉ kích thước gia công.

Ở thời điểm lúc bắt đầu gia công, trung tâm phân bố là A_o , khoảng phân tán là $B_o C_o$ với $A_o B_o = A_o C_o = 3 \sigma$.

Sau đó theo thời gian sai số hệ thống thay đổi sẽ làm cho trung tâm phân bố di động theo đường $A_o A_1 =$ giới hạn phân bố của nó cũng biến đổi theo đường $B_o B_1$ và $C_o C_1$. Như vậy trong quá trình gia công kích thước của các chi tiết đạt được, theo giờ gian sẽ thay đổi trong hai



Hình 3 - 35. Đường phân bố thực kích thước gia công.

đường giới hạn B_0B_1 và C_0C_1 . Từ đó đường phân bố thực kích thước gia công sẽ có dạng như bên phải của hình 3-35. Đó là đường cong tổng hợp của sai số hệ thống thay đổi $B(t)$ và sai số ngẫu nhiên σ . Bề rộng phân bố của đường cong là

$$\Delta_{\Sigma} = B(t) + 6\sigma$$

Phương sai của nó bằng

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_b)^2 + \sigma^2}$$

Trong đó phương sai của $B(t)$ là

$$\sigma_B^2 = \frac{1}{t_k - t_0} \int_{t_0}^{t_k} B^2 dt - \bar{B}^2$$

Giá trị trung bình \bar{B} của $B(t)$ là

$$\bar{B} = \frac{1}{t_k - t_o} \int_{t_o}^{t_k} B \cdot dt$$

Dùng phương pháp này khối lượng tính toán rất lớn, phải có đầy đủ số liệu như J_m , ω_m , các biểu đồ về dao mòn, lượng dư v.v... nên trong sản xuất thông thường ít dùng, chỉ dùng trong nghiên cứu hoặc gia công các chi tiết có độ chính xác rất cao.

5. Điều chỉnh máy

Để đảm bảo độ chính xác của từng nguyên công cần phải tiến hành điều chỉnh máy. Đây là quá trình chuẩn bị, gá đặt dụng cụ cắt, đồ gá và các trang bị công nghệ khác lên máy, xác định vị trí tương đối giữa dụng cụ và mặt cần gia công nhằm giảm bớt các sai số gia công, đạt được các yêu cầu đã cho trên bản vẽ.

Trong điều kiện sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ, độ chính xác yêu cầu có thể đạt được bằng phương pháp cắt thử như đã nói ở mục 2 của chương này.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối độ chính xác gia công nhận được bằng phương pháp tự động đạt kích thước trên máy đã điều chỉnh sẵn. Nhiệm vụ điều chỉnh máy lúc này là:

- Gá đặt đồ gá và dụng cụ cắt vào vị trí có lợi nhất cho điều kiện cắt gọt.
- Xác định chế độ làm việc của máy.
- Đảm bảo vị trí tương đối của dụng cụ cắt, đồ gá, cù ty, mẫu chép hình v.v... (nếu có) để xác định chính xác quy tích và lượng dịch chuyển của dụng cụ cắt so với chi tiết gia công. Đây là vấn đề phức tạp nhất trong các nhiệm vụ của việc điều chỉnh máy đồng thời có ý nghĩa quyết định đến độ chính xác gia công.

Hiện nay các phương pháp điều chỉnh hay dùng nhất là:

- Điều chỉnh tĩnh,
- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử bằng calip làm việc (calip thông thường của công nhân).
- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử bằng dụng cụ đo vạn năng.

5-1- Điều chỉnh tĩnh.

Điều chỉnh tĩnh là gá dụng cụ cắt theo calip hoặc dưỡng mẫu trên máy chưa chuyển động (khi chưa cắt). Khi gá lắp dụng cụ cắt thì calip hoặc dưỡng mẫu được lắp vào vị trí của chi tiết gia công, sau đó dịch chuyển dụng cụ sao cho tỳ sát vào bề mặt calip hoặc dưỡng mẫu rồi kẹp chặt. Các cù tỳ cũng theo calip đó mà điều chỉnh một cách tương tự.

Phương pháp này không cho ta độ chính xác gia công cao vì hệ thống công nghệ sẽ bị biến dạng đần hồi do lực cắt và nhiệt cắt gây ra. Ngoài ra vị trí tương đối của dao và mặt gia công còn bị thay đổi do khe hở của ổ trục chính, do độ nhám bề mặt của chi tiết gia công v.v... (khi gá dao thì mũi dao tiếp xúc với đáy nhấp nhô còn khi đo thì ở đỉnh nhấp nhô). Do đó kích thước thực gia công được sẽ lớn (đối với mặt ngoài) hoặc bé hơn (đối với mặt trong) so với kích thước yêu cầu.

Để bù lại lượng thay đổi kích thước thực của chi tiết gia công so với kích thước điều chỉnh ta phải thêm vào hoặc bớt đi một lượng bổ sung (thêm vào khi gia công mặt trong còn bớt đi khi gia công mặt ngoài).

$$L_{dc}^{tinh} = L_{dc}^{ct} \pm \Delta_{bs}$$

Trong đó:

L_{dc}^{tinh} - kích thước điều chỉnh tính toán.

L_{dc}^{ct} - kích thước thực của chi tiết gia công nhận được sau khi điều chỉnh máy.

Nếu điều chỉnh ban đầu vào giữa trường dung sai thì:

$$L_{dc}^{ct} = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2}$$

L_{\max} - kích thước lớn nhất ghi trên bản vẽ.

L_{\min} - kích thước nhỏ nhất ghi trên bản vẽ.

Δ_{bs} - lượng bổ sung cho biến dạng đòn hồi của hệ thống công nghệ, độ nhấp nhô bề mặt của chi tiết gia công và khe hở của ổ trục chính.

Lượng Δ_{bs} bao giờ cũng là số dương, trừ trường hợp lưỡi cát của dụng cụ khi chịu lực không rời khỏi mặt gia công mà lại ăn sâu vào.

Đối với mặt không đối xứng

$$\Delta_{bs} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

Đối với mặt đối xứng

$$\Delta_{bs} = 2(\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3)$$

Δ_1 - lượng biến dạng đòn hồi của hệ thống công nghệ khi chịu lực

$$\Delta_1 = \frac{P_y}{J}$$

P_y - phản lực pháp tuyến của lực cắt (kN hoặc kG)

J - Độ cứng vững của hệ thống công nghệ (kN/m hoặc kG/mm).

Δ_2 - chiều cao nhấp nhô của bề mặt gia công

$$\Delta_2 = R_z (mm).$$

Δ_3 - Khe hở bán kính của ổ đỡ trục chính máy.

Δ_3 khác nhau tùy theo loại máy. Đối với máy tiện

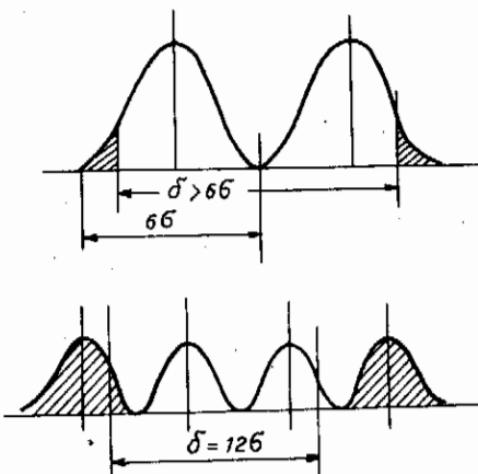
$$\Delta_3 = 0,02 - 0,04 \text{ mm.}$$

Thí nghiệm cho biết sai số của lượng bổ sung Δ_{bs} có thể tới 50% giá trị bản thân nó cộng thêm các loại sai số khác nên độ chính xác đạt được không cao hơn cấp 6 theo TCVN (tiêu chuẩn Việt Nam).

5.2- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử nhờ calip làm việc của người thợ

Nội dung của phương pháp này là dùng calip làm việc của người thợ để tiến hành điều chỉnh. Sau khi xác định vị trí tương đối của dụng cụ cắt so với phôi, người thợ sẽ cắt thử một hoặc vài chi tiết. Nếu kích thước của các chi tiết cắt thử nằm trong phạm vi dung sai cho phép thì điều chỉnh coi như đã được và cho phép tiến hành gia công cả loạt chi tiết.

Điều chỉnh máy theo phương pháp này không thể tránh khỏi phế phẩm ngay cả khi dung sai lớn hơn trường phân bố kích thước ($\delta > 6\sigma$ hoặc $\delta > 12\sigma$). Có hiện tượng đó bởi vì đường cong phân bố kích thước có thể nằm ở vị trí bất kỳ so với trường dung sai và kích thước của chi tiết cắt thử cũng không

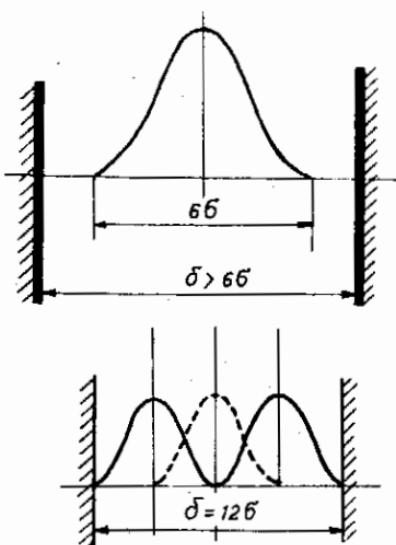


Hình 3 - 36. Khả năng phân bố kích thước của cả loạt chi tiết.

biết nằm ở đâu trên đường cong phân bố đó

Nếu số lượng chi tiết cắt thử càng nhiều thì phế phẩm càng giảm nhưng cũng không thể loại trừ hoàn toàn phế phẩm như trên hình 3 - 36.

Để đảm bảo chắc chắn không có phế phẩm dù khi dung sai lớn hơn trường phân bố kích thước ($\delta > 6\sigma$) phải thực hiện được việc điều chỉnh sao cho trung tâm phân bố kích thước trùng với tâm dung sai (hình 3 - 37). Điều này không thể thực hiện nếu số lượng chi tiết cắt thử quá ít.



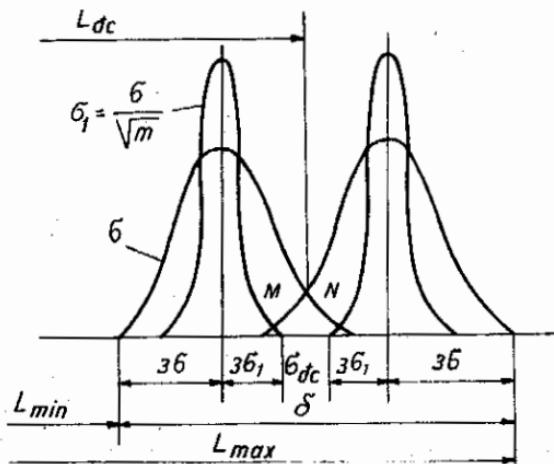
Hình 3 - 37. Điều kiện để không có phế phẩm.

5.3- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử nhờ dụng cụ đo vận nang

Thực chất của phương pháp này là gá đặt dụng cụ và các cù hành trình căn cứ vào kích thước điều chỉnh L_{dc} sau đó cắt thử m chi tiết nếu kích thước trung bình cộng của m chi tiết đó nằm trong phạm vi dung sai điều chỉnh δ_{dc} thì việc điều chỉnh coi là được. Phương pháp này do giáo sư A.B Iakhin đề xuất dựa trên cơ sở lý thuyết xác suất là nếu có một loạt chi tiết mà kích thước của nó phân bố theo quy luật chuẩn với phương

sai là σ và nếu phân loại chi tiết đó thành nhiều nhóm mỗi nhóm m chi tiết thì kích thước trung bình của các nhóm đã phân cũng phân bố theo quy luật chuẩn nhưng có phương sai là $\sigma_1 = \frac{\sigma}{\sqrt{m}}$ (hình 3 - 38).

a/ *Tính toán điều chỉnh khi không kể đến sai số hệ thống thay đổi.* Nếu bỏ qua sai số hệ thống thay đổi (ví dụ như dao mòn) thì kích thước trung bình cộng của m chi tiết



Hình 3 - 38. Đường cong phân bô kích thước của cả loạt (σ) và đường cong phân bô theo kích thước trung bình của từng nhóm (σ_1). Trong nhóm cắt thử chỉ lệch với kích thước trung bình cộng của cả loạt chi tiết không quá $3 \frac{\sigma}{\sqrt{m}}$.

Theo hình 3 - 38 nếu kích thước trung bình cộng của m chi tiết cắt thử rơi vào khoảng MN thì sẽ không có phế phẩm. Gọi khoảng MN là dung sai điều chỉnh δ_{dc} , thì nó được xác định như sau:

$$\delta_{dc} = \delta - 6\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right)$$

hoặc $\delta_{dc} = \delta \left[1 - \frac{1}{\phi} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right)\right]$

với $\frac{\delta}{6\sigma} = \phi$ hệ số an toàn ϕ càng lớn thì càng có khả năng giảm phế phẩm.

Như vậy δ_{dc} có quan hệ với dung sai của chi tiết cần chế tạo, δ , hệ số an toàn ϕ và số chi tiết thử m . Nếu tăng số chi tiết thử m , δ_{dc} sẽ tăng và dễ điều chỉnh hơn nhưng thời gian cắt thử kéo dài. Thông thường m xác định như sau:

$$m > \left(\frac{6\sigma}{\delta - 6\sigma}\right)^2$$

thường $m = 2 \div 8$ chi tiết.

Như ta đã biết, để đảm bảo không có phế phẩm nếu bỏ qua sai số hệ thống thay đổi thì trung tâm phân bố phải trùng với trung tâm dung sai và dung sai $\delta > 6\sigma$.

Nếu tính cả dung sai điều chỉnh δ_{dc} thì điều kiện để không sinh ra phế phẩm là:

$$6\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right) + \delta_{dc} < \delta$$

Khi sai số hệ thống có ảnh hưởng rõ rệt đến độ chính xác gia công thì điều kiện để không sinh ra phế phẩm là:

$$6\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right) + \delta_{dc} + \Delta_{ht} < \delta$$

Trong đó:

Δ_{ht} - sai số hệ thống.

Vì trung tâm phâm phối phải trùng với trung tâm dung sai thì kích thước điều chỉnh có thể xác định như sau:

$$L_{dc} = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \pm \frac{\delta_{dc}}{2}$$

Phương pháp này chỉ nên dùng khi dao ít mòn như gia công bằng dao kim cương.

b/ *Tính toán điều chỉnh khi kể đến sai số hệ thống thay đổi.* Để điều chỉnh chính xác hơn, cần phải tính đến cả độ mòn của dụng cụ cắt. Khi lượng mòn của dao làm cho kích thước gia công sắp vượt ra khỏi vùng dung sai cho phép thì phải điều chỉnh lại để đường cong phân bố lùi lại, nằm trong phạm vi dung sai và không sinh ra phế phẩm.

Hình 3 - 39 là biểu đồ thay đổi kích thước gia công theo thời gian (hoặc theo số lượng chi tiết cắt được). Sai số hệ thống lúc đầu hơi giảm, sau đó tăng dần theo thời gian. Sở dĩ có hiện tượng như vậy vì lúc đầu dao chưa mòn trong khi đó do ảnh hưởng của nhiệt mũi dao vươn ra dằng trước, hoặc dao có mòn nhưng lượng mòn nhỏ hơn lượng giàn nở vì nhiệt của dao (trong trường hợp tiện ngoài chặng hạn). Khi dao đã ở trạng thái cân bằng nhiệt lúc đó chỉ có lượng mòn của dao là ảnh hưởng đến kích thước gia công làm kích thước sẽ tăng dần theo thời gian (hoặc theo số chi tiết gia công).

Điều kiện để không sinh ra phế phẩm giữa hai lần điều chỉnh t_1 và t_2 (hoặc n_1 và n_2) là biểu đồ phân bố kích thước phải nằm trong phạm vi giữa hai vị trí giới hạn. Nghĩa là trung tâm phân bố tức thời A phải nằm trong phạm vi:

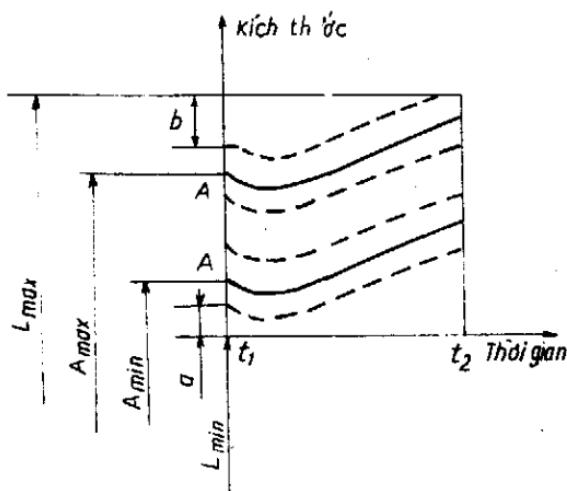
$$\begin{aligned} A_{\max} &= L_{\max} - 3\sigma - b \\ A_{\min} &= L_{\min} + 3\sigma + a \end{aligned}$$

Trong đó:

L_{\max} , L_{\min} - kích thước giới hạn của chi tiết gia công.

σ - phương sai của đường cong phân bố ở thời điểm t_1 (hoặc n_1).

a , b - lượng dao động của hai loại sai số.



Hình 3 – 39. Biểu đồ quan hệ giữa kích thước và thời gian.

Để xác định được trung tâm A của giải phân bố tức thời, sau khi điều chỉnh máy, cắt vài chi tiết thử, phải tính trị số trung bình \bar{x} của các chi tiết đó.

Vì số chi tiết thử không lớn ($m = 2 \div 8$) nên số trung bình \bar{x} chưa hẳn là trung tâm phân bố tức thời, nhưng mặt khác trung tâm phân bố của \bar{x} lại trùng với A . Phương sai phân bố của \bar{x} là:

$$\text{Khi đó ta có: } \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{m}}$$

Sai lệch lớn nhất của \bar{x} với A không vượt quá $3\frac{\sigma}{\sqrt{m}}$

Do đó ta có:

$$\bar{x}_{\max} = L_{\max} - b - 3\sigma - 3\frac{\sigma}{\sqrt{m}} = L_{\max} - b - 3\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right).$$

$$\bar{x}_{\min} = L_{\min} + a + 3\sigma + 3\frac{\sigma}{\sqrt{m}} = L_{\min} + a + 3\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right).$$

Nếu trị số trung bình \bar{x} của m chi tiết thử nằm trong phạm vi \bar{x}_{\max} và \bar{x}_{\min} mới có thể đảm bảo trong thời gian gia công từ t_1 đến t_2 (hoặc từ chi tiết n_1 đến chi tiết n_1) không sinh ra phế phẩm.

Dung sai của kích thước trung bình \bar{x} khi điều chỉnh là:

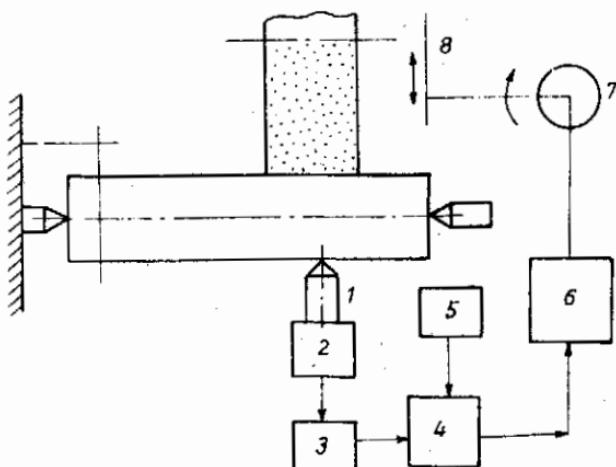
$$\begin{aligned}\sigma_{\bar{x}} &= \bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min} \\ &= \delta - (a + b) - 6\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{m}}\right)\end{aligned}$$

Từ đó ta thấy, số lượng chi tiết thử m càng lớn thì $\delta_{\bar{x}}$ càng lớn. Nếu $m = 1$ thì chỉ khi $\delta > (a + b) + 12\sigma$ mới có thể điều chỉnh không có phế phẩm.

Trong những năm gần đây, nhờ sự phát triển mạnh mẽ của lĩnh vực tự động hóa, chất lượng gia công còn có thể đảm bảo nhờ sử dụng bộ điều chỉnh tự động có liên hệ ngược. Việc sử dụng này ngoài đảm bảo được chất lượng gia công, số lượng phế phẩm giảm tối mức gần như không có, còn kéo dài thời gian làm việc giữa hai lần điều chỉnh, giảm đáng kể thời gian điều chỉnh lại máy trong quá trình gia công.

Về cơ bản, sơ đồ khối của bộ phận tự động điều chỉnh

có liên hệ ngược được trình bày như hình 3 - 40,



Hình 3 - 40. Sơ đồ khối của bộ tự động điều chỉnh có liên hệ ngược.

Nguyên lý làm việc của bộ phận này như sau: kích thước gia công được xác định nhờ đầu đo chủ động 1, kích thước này được chuyển đổi thành tín hiệu điện nhờ bộ chuyển đổi 2 rồi qua cơ cấu khuếch đại 3 và đi vào cơ cấu so sánh 4. Mặt khác kích thước yêu cầu được chuyển đổi thành tín hiệu mẫu nhờ cơ cấu 5 rồi cũng đưa qua cơ cấu so sánh 4.

Độ chênh giữa hai tín hiệu có cả dấu (ví dụ $\pm \Delta D$) được đưa qua cơ cấu khuếch đại 6 để điều khiển động cơ 7 quay thuận hay ngược chiều kim đồng hồ, tùy theo dấu của độ chênh là cộng hay trừ để di chuyển cơ cấu chấp hành 8 theo hướng này hay hướng khác (ra hay vào) sao cho độ chênh luôn bằng không.

Ngoài ra còn có thể dùng thêm các cơ cấu phụ để tiến dao nhanh vào vị trí làm việc khi mở máy và lùi dao nhanh khi tắt máy.

Tóm lại độ chính xác gia công là một chỉ tiêu rất quan trọng, đảm bảo được nó là một việc rất phức tạp. Chính vì vậy người công nghệ phải nắm vững bản chất của quá trình gia công, các nguyên nhân sinh ra sai số gia công và biện pháp khắc phục những sai số đó. Có như vậy mới có thể phân tích, đánh giá từng sơ đồ gia công cụ thể, tìm ra những nguyên nhân cơ bản trong từng trường hợp và chọn biện pháp khắc phục có hiệu quả nhất. Cuối cùng bằng thực nghiệm hoặc bằng những tài liệu thực tế có liên quan đã được tổng kết để kiểm tra lại chúng mới mong đạt kết quả yêu cầu.

Chương 4. CHUẨN

1. Định nghĩa và phân loại chuẩn

1.1. Định nghĩa

Khi gia công cơ một sản phẩm cơ khí hay một chi tiết máy cần bảo đảm những yêu cầu về chất lượng sản phẩm, về năng suất và giá thành.

Mỗi chi tiết khi được gia công cơ thường có các dạng bề mặt sau: bề mặt gia công, bề mặt dùng để định vị, bề mặt dùng để kẹp chặt, bề mặt dùng để đo lường, bề mặt không gia công.

Trong thực tế có thể có một bề mặt làm nhiều nhiệm vụ khác nhau, ví dụ vừa dùng để định vị, vừa dùng để kẹp chặt hay kiểm tra.

Để xác định vị trí tương quan giữa các bề mặt của một chi tiết hay giữa các chi tiết khác nhau người ta đưa ra khái niệm về chuẩn, và định nghĩa chuẩn như sau:

"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 bản thân chi tiết đó hoặc của chi tiết khác".

Cần chú ý rằng tập hợp của những bề mặt, đường hoặc điểm có nghĩa là chuẩn đó có thể là một hay nhiều bề mặt, đường hoặc điểm. Vị trí tương quan của các bề mặt, đường hoặc điểm được xác định trong quá trình thiết kế hoặc gia công cơ, lắp ráp hoặc đo lường.

Việc xác định chuẩn ở một nguyên công gia công cơ,

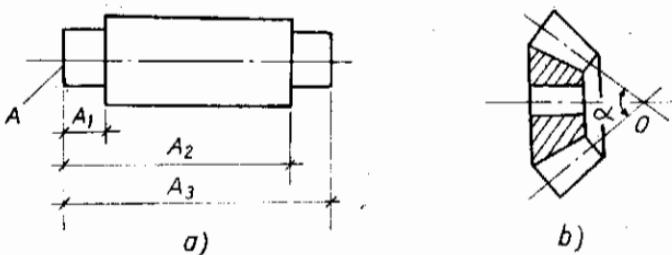
chính là việc xác định vị trí tương quan giữa dụng cắt và bề mặt cần gia công của chi tiết để đảm bảo những yêu cầu kỹ thuật và kinh tế của nguyên công đó.

1.2. Phân loại chuẩn

Do mục đích và yêu cầu sử dụng, chuẩn được phân chia ra nhiều loại:

a) *Chuẩn thiết kế*. Chuẩn thiết kế là chuẩn được dùng trong quá trình thiết kế.

Chuẩn thiết kế được hình thành khi lập các chuỗi kích thước trong quá trình thiết kế. Chuẩn thiết kế có thể là chuẩn thực hay chuẩn ảo (hình 4-1).



Hình 4-1 Chuẩn thiết kế.

Chuẩn thực như mặt A (hình 4-1a) dùng để xác định kích thước các bậc của trục. Chuẩn ảo như điểm O (hình 4-1b), là định hình nón của mặt lăn bánh răng côn dùng để xác định góc côn (α).

b) *Chuẩn công nghệ*. Chuẩn công nghệ chia ra: chuẩn gia công, chuẩn lắp ráp và chuẩn kiểm tra.

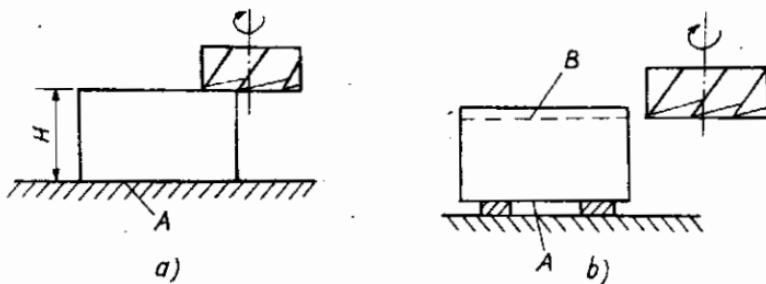
- *Chuẩn gia công* dùng để xác định vị trí của những bề mặt, đường hoặc điểm của chi tiết trong quá trình gia công cơ.

Chuẩn gia công bao giờ cũng là chuẩn thực.

Hãy xem xét hai ví dụ (hình 4-2):

- Nếu gá đặt để tự động đạt kích thước cho cả loạt chi tiết máy thì mặt A làm cả hai nhiệm vụ tỳ và định vị (hình 4-2a).

- Nếu rà gá từng chi tiết theo đường vạch dấu B (hoặc theo một bề mặt nào khác) thì mặt A chỉ làm nhiệm vụ tỳ, còn chuẩn định vị là đường vạch dấu B (hình 4-2b). Như vậy là chuẩn gia công có thể trùng hoặc không trùng với mặt tỳ của chi tiết lên đồ gá hoặc lên bàn máy.



Hình 4-2. Chuẩn gia công.

Chuẩn gia công còn chia ra chuẩn thô và chuẩn tinh.

- *Chuẩn thô* là những bề mặt dùng làm chuẩn chưa được gia công.

Trong hầu hết các trường hợp, thì chuẩn thô là những yếu tố hình học thực của phôi chưa gia công. Chỉ trong trường hợp phôi đưa vào xưởng đã ở dạng gia công sơ bộ thì chuẩn thô mới là những bề mặt đã gia công. Những trường hợp như vậy thường gặp trong sản xuất máy hạng nặng, ở đó các vật rèn lõi chuyển đến từ các nhà máy luyện kim đã qua tiện thô, mục đích là để phát hiện phế phẩm của quá trình tạo phôi, vận chuyển dễ và

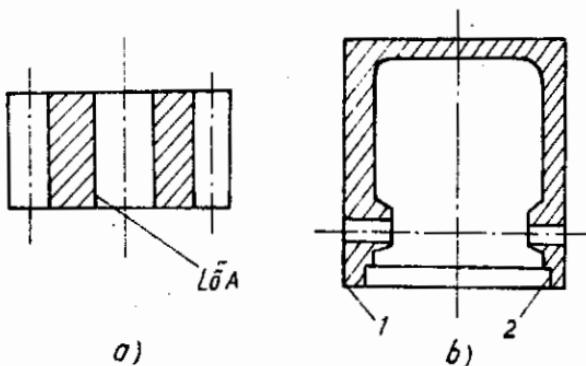
giảm khối lượng gia công cơ.

- Chuẩn tinh là những bề mặt dùng làm chuẩn đã qua gia công. Nếu chuẩn tinh còn được dùng trong quá trình lắp ráp sau này thì gọi là chuẩn tinh chính. Còn những chuẩn tinh không được sử dụng trong quá trình lắp ráp sau này thì gọi là chuẩn tinh phụ.

Ví dụ:

- Mặt lỗ A của bánh răng được dùng làm chuẩn tinh khi gá đặt để gia công răng, nhưng lỗ A cũng được dùng để lắp với trục (khi lắp ráp) (hình 4-3a). Nên lỗ A được gọi là chuẩn tinh chính.

- Mặt 1 và 2 của pittông được gia công để làm chuẩn tinh phụ vì khi lắp ráp không dùng đến nó (hình 4-3b).



Hình 4-3. Chuẩn tinh.

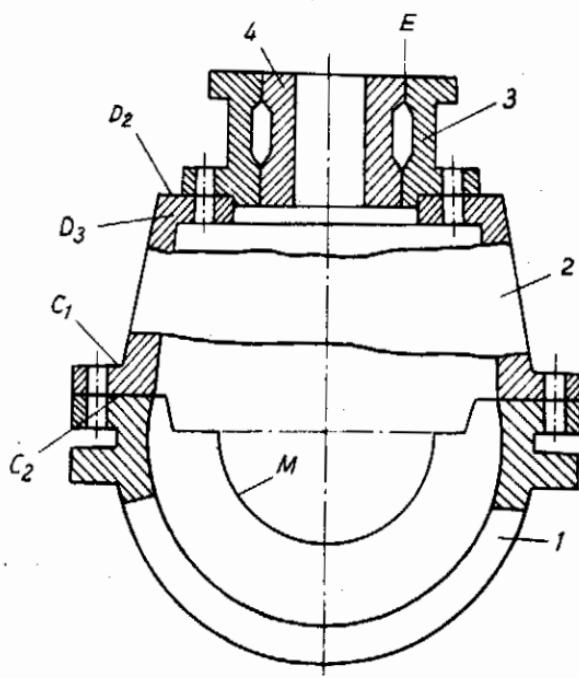
Chuẩn lắp ráp là chuẩn dùng để xác định vị trí tương quan của các chi tiết khác nhau của một bộ phận máy trong quá trình lắp ráp.

Chuẩn lắp ráp có thể trùng với mặt tỳ lắp ráp và cũng có **khi không**.

Ví dụ.

Khi lắp ráp thân động cơ đốt trong cần bảo đảm độ thẳng góc giữa tâm lỗ xylanh (mặt E) với tâm ổ lắp trực khuỷu M (của chi tiết 1) là $0,05/1000mm$ (tương ứng với $10'/90^\circ$) (hình 4-4). Khi tiến hành lắp các chi tiết 1, 2, 3, 4 phải bảo đảm những yêu cầu về

- độ song song của ổ trực M với mặt lắp C_1 ,
- độ song song của hai mặt D_2 và C_2 ,
- độ vuông góc của tâm lỗ chi tiết 3 với mặt D_3 .

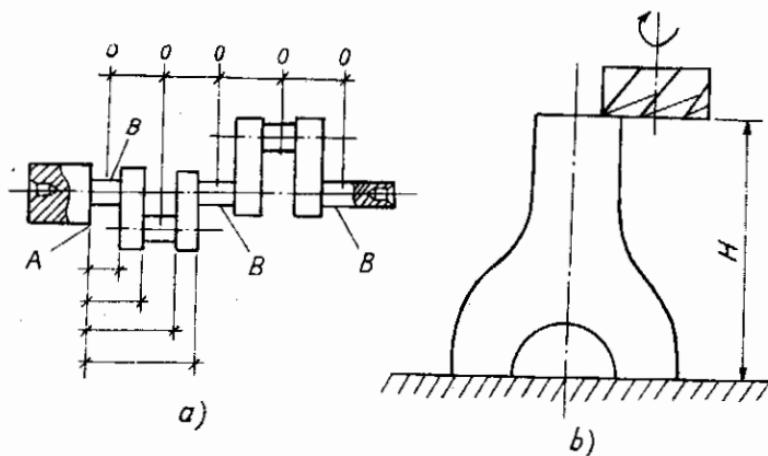


Hình 4-4. Chuẩn lắp ráp.

Nếu căn cứ vào các yếu tố trên ta phải giải chuỗi kích thước theo phương pháp lắp lắn, khi đó các mặt C_1 , C_2 , D_2 , D_3 là chuẩn lắp ráp. Nhưng nếu thực hiện lắp bằng phương pháp rà và kiểm tra mặt M theo mặt E để bảo đảm độ thẳng góc giữa tâm lỗ xylanh với tâm lỗ trục khuỷu, thì khi đó mặt E trở thành chuẩn lắp ráp và các mặt C_1 , C_2 , D_2 , D_3 chỉ là những mặt tỳ.

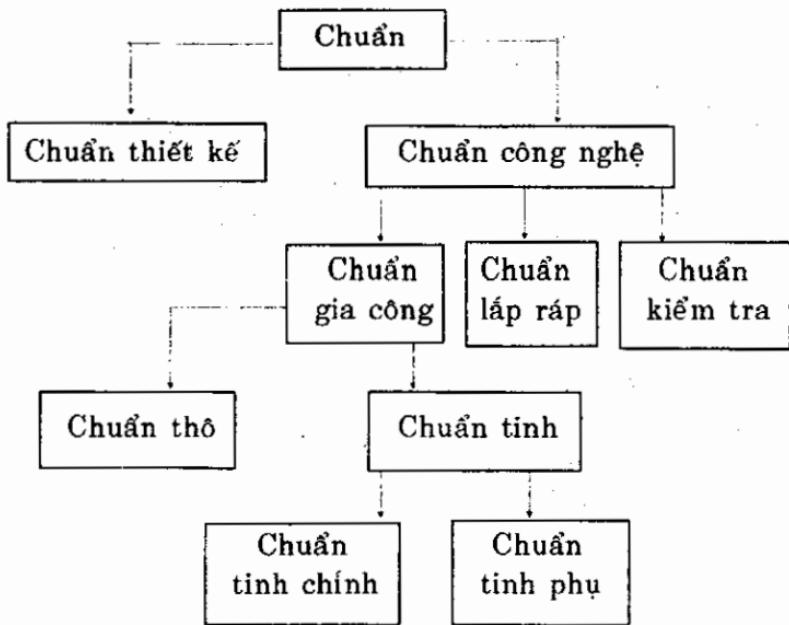
Chuẩn kiểm tra (hay còn gọi là *chuẩn do lường*) là chuẩn căn cứ vào đó để tiến hành đo hay kiểm tra kích thước về vị trí giữa các yếu tố hình học của chi tiết máy.

Trong thực tế có khi chuẩn thiết kế, chuẩn gia công, chuẩn lắp ráp và chuẩn kiểm tra không trùng nhau (hình 4-5a) và có khi hoàn toàn trùng nhau (hình 4-5b).



Hình 4-5. Chi tiết có các loại chuẩn trùng nhau và không trùng nhau.

Có thể tóm tắt sơ đồ phân loại chuẩn như sau:



2. Quá trình gá đặt chi tiết khi gia công

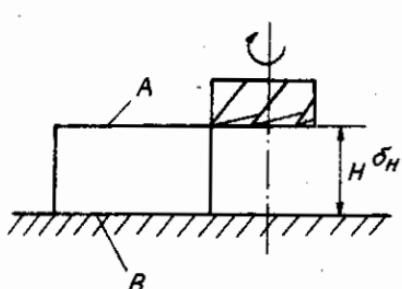
2.1- Khái niệm về quá trình gá đặt

Gá đặt chi tiết trước khi gia công bao gồm hai quá trình: định vị chi tiết và kẹp chặt chi tiết.

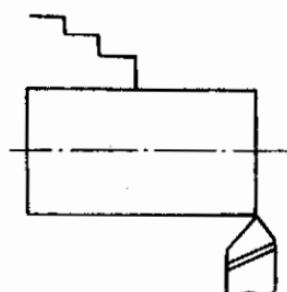
Quá trình định vị là sự xác định vị trí chính xác tương đối của chi tiết so với dụng cụ cắt trước khi gia công. Chẳng hạn khi phay mặt A (hình 4-6), chi tiết được định vị bằng mặt B để bảo đảm kích thước $H^{\delta H}$, dụng cụ cắt được điều chỉnh theo kích thước $H^{\delta H}$, mà gốc kích thước là bàn máy (hoặc bề mặt của đồ định vị trên đồ gá).

Quá trình kẹp chặt là quá trình cố định vị trí của chi tiết sau khi đã định vị để chống lại tác dụng của ngoại lực (chủ yếu là lực cắt) trong quá trình gia công chi tiết làm cho chi tiết không rời khỏi vị trí đã được định vị.

Gá đặt trên mâm cạp ba chấu tự định tâm (hình 4-7). Sau khi đưa chi tiết lên mâm cạp, vặn cho các chấu cạp tiến vào sao cho tâm của chi tiết trùng với tâm của trục chính của máy, đó là quá trình định vị. Sau đó tiếp tục vặn cho chấu cạp tạo nên lực kẹp chi tiết để chi tiết sẽ không bị dịch chuyển trong quá trình gia công sau này. Đó là quá trình kẹp chặt.



Hình 4-6. Định vị chi tiết
để phay



Hình 4-7. Gá đặt trên mâm
cạp ba chấu

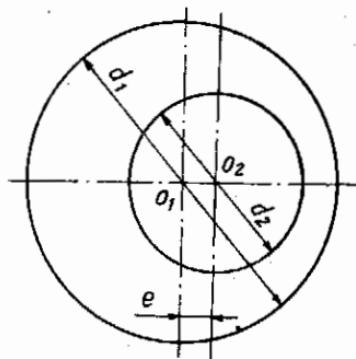
Cần chú ý rằng trong quá trình gá đặt, bao giờ quá trình định vị cũng xảy ra trước, chỉ khi quá trình định vị kết thúc thì mới bắt đầu của quá trình kẹp chặt. Không bao giờ hai quá trình này xảy ra đồng thời, và cũng không bao giờ quá trình kẹp chặt xảy ra trước quá trình định vị.

Gá đặt chi tiết hợp lý hay không là một trong những vấn đề cơ bản của việc thiết kế quy trình công nghệ. Vì nếu khi đã không chế được những nguyên nhân khác sinh ra sai số gia công trong một mức độ nhất định thì độ chính xác của chi tiết gia công chủ yếu do quá trình gá đặt quyết định. Chon được phương án gá đặt hợp lý còn giảm được thời gian phu, đảm bảo độ cứng vững tốt để nâng cao chế độ cắt, giảm thời gian cơ bản.

2.2- Các phương pháp gá đặt chi tiết khi gia công

a/ *Phương pháp rà gá.* Có hai trường hợp : rà trực tiếp trên máy và rà theo dấu đã vạch sẵn.

Theo phương pháp này công nhân dùng mắt với những dụng cụ như bàn rà, mũi rà, đồng hồ đo hoặc hệ thống ống kính quang học (như trên máy doa tọa độ) để xác định vị trí của chi tiết so với máy hoặc dụng cụ cắt.



Hình 4-8. Rà khi gia công lỗ bậc lệch tâm.

Chẳng hạn khi gia công lỗ d_2 của bậc lệch tâm (hình 4-8) trên mâm cặp 4 chấu phải tiến hành rà để bảo đảm tâm lỗ O_2 trùng với tâm trục chính của máy.

Phương pháp rà gá thường được dùng trong sản xuất đơn chiếc hay loạt nhỏ hoặc trong những trường hợp mặt phôi quá thô không thể dùng đòn gá được.

b/ *Phương pháp tự động đặt kích thước.*

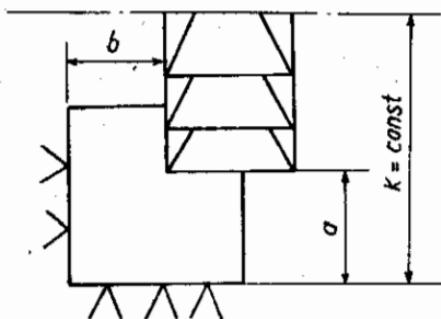
Theo phương pháp này dụng cụ cắt có vị trí tương quan cố định so với vật gia công (tức là vị trí đã điều chỉnh). Vị trí này được bảo đảm cố định nhờ các cơ cấu định vị của đòn gá. Khi gia công theo phương pháp này, máy và dao được điều chỉnh trước.

Ví dụ: khi phay bằng dao phay dia 3 mặt (hình 4-9), dao đã được điều chỉnh trước để đảm bảo các kích thước a và b .

Những đặc điểm của hai phương pháp gá đặt kể trên đã được trình bày trong mục 2 chương 3.

3. Nguyên tắc 6 điểm khi định vị chi tiết.

Một vật rắn tuyệt đối trong không gian có 6 bậc tự do chuyển động, khi đặt nó trong hệ tọa độ Đề các (là hệ tọa độ không gian 3 chiều). 6 bậc tự do đó là: 3 bậc tịnh tiến dọc trục \overrightarrow{ox} , \overrightarrow{oy} , \overrightarrow{oz} , 3 bậc xoay quanh trục \overrightarrow{ox} , \overrightarrow{oy} , \overrightarrow{oz} .



Hình 4-9. phay bằng dao phay đầu ba mặt.

Tuy nhiên trong phạm vi công nghệ chế tạo máy, khái niệm này cần được bổ sung yêu cầu về giới hạn kích thước khi di chuyển.

Chẳng hạn khi đặt một khối lập phương trong hệ tọa độ Đề các (hình 4-10), có thể thấy các chuyển động trên được khống chế như sau:

- Mặt phẳng xoy khống chế ba bậc tự do.
- Điểm 1 khống chế bậc tự do tịnh tiến theo phương \overrightarrow{oz} .

Điểm 2 khống chế bậc tự do quay quanh \overrightarrow{oy} .

Điểm 3 khống chế bậc tự do quay quanh \overrightarrow{ox} .

- Mặt phẳng yoz khống chế 2 bậc tự do.

Điểm 4 khống chế bậc tự do tịnh tiến theo phương \overrightarrow{ox} .

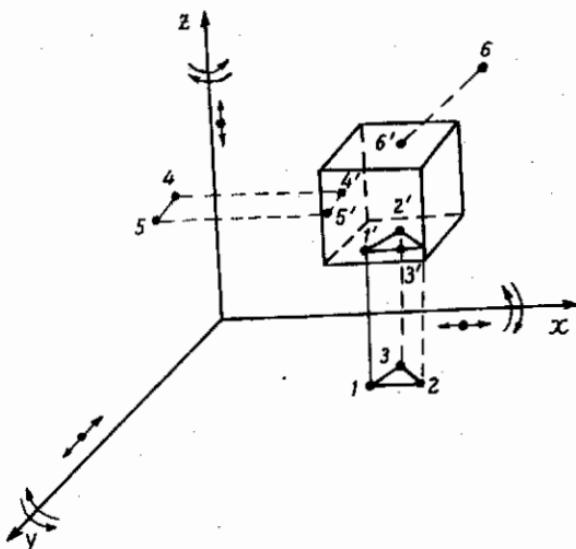
Điểm 5 khống chế bậc tự do quay quanh \overrightarrow{oz} .

- Mặt phẳng zox khống chế 1 bậc tự do.

Điểm 6 khống chế bậc tự do tịnh tiến theo phương \overrightarrow{oy} .

Cần chú ý rằng mỗi mặt phẳng đều có khả năng khống chế 3 bậc tự do, nhưng ở những mặt phẳng yoz

và xoz , chỉ cần khống chế hai và một bậc tự do vì có những bậc tự do ở mặt này có thể khống chế nhưng ở mặt xoy cũng đã được khống chế rồi do đó nó không khống chế nữa. Như vậy 6 bậc tự do chuyển động của một vật rắn tuyệt đối đã được khống chế hết. Người ta dùng nguyên tắc 6 điểm này để định vị các chi tiết. Khi đó coi chi tiết như một vật rắn tuyệt đối, và cũng đặt nó trong hệ tọa độ Đề các. Chi tiết sẽ được khống chế 6 bậc tự do chuyển động bằng các điểm định vị như ở hình 4-10.



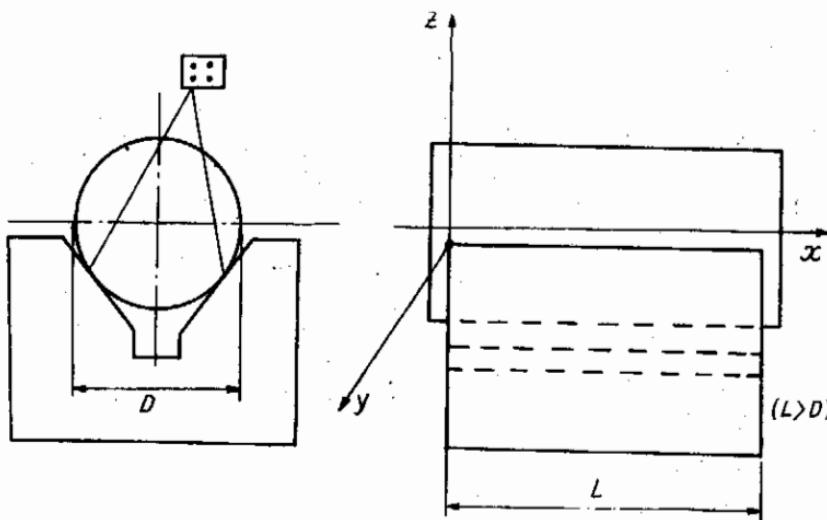
Hình 4-10. Số đồ xác định vị trí của một vật rắn trong hệ tọa độ Đề các

Trong quá trình định vị chi tiết, không phải lúc nào cũng cần phải khống chế cả 6 bậc tự do, mà tùy theo yêu cầu già công ở từng nguyên công, số bậc tự do có thể được khống chế từ 1 đến 6. Một điều cần lưu ý nữa là số bậc tự do được khống chế (số điểm định vị) còn

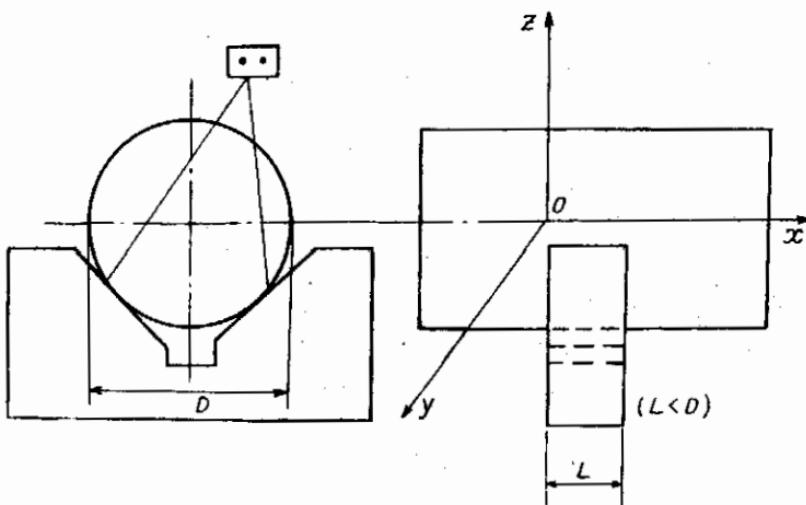
phụ thuộc vào kích thước của bề mặt định vị, vào các mối lắp giữa bề mặt định vị của chi tiết và các bề mặt định vị của đồ gá.

Dưới đây là một số ví dụ về các chi tiết định vị:

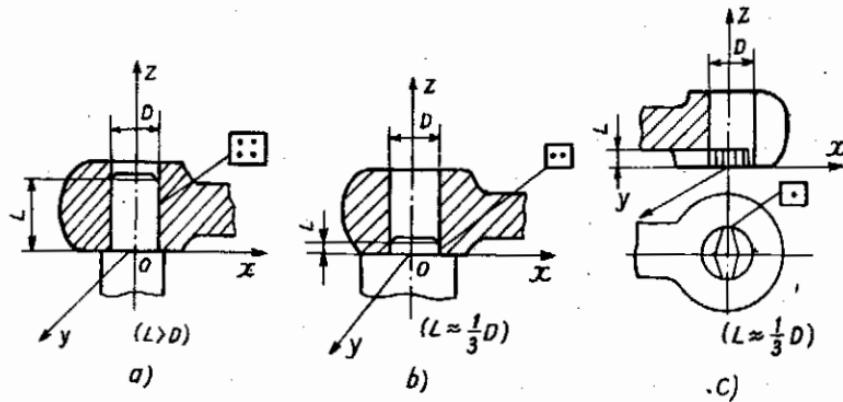
- Một mặt phẳng tương đương 3 điểm (không chế 3 bậc tự do).
- Một khối V dài tương đương 4 điểm (không chế 4 bậc tự do, hình 4-11).
- Một khối V ngắn tương đương 2 điểm (không chế 2 bậc tự do, hình 4-12).
- Một chốt trụ dài tương đương với 4 điểm (không chế 4 bậc tự do, hình 4-13a).
- Một chốt trụ ngắn tương đương với 2 điểm (không chế 2 bậc tự do, hình 4-13b).
- Một chốt trám tương đương với 1 điểm (không chế 1 bậc tự do, hình 4-13c).



Hình 4-11. Khối V dài không chế 4 bậc tự do: ôy, ôz, ôy và ôz.



Hình 4.12. Khối V ngắn không chế hai bậc tự do:
 \vec{oy} , \vec{oz}



Hình 4-13

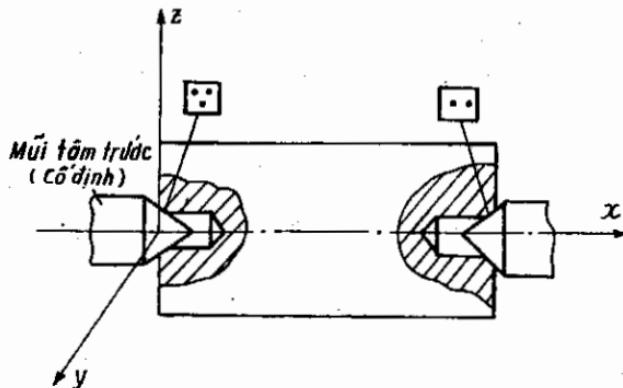
- a) Chốt trụ dài không chế 4 bậc tự do: \vec{ox} , \vec{ay} , \vec{ax} , \vec{oy} ; b) Chốt trụ ngắn không chế 2 bậc tự do: \vec{ax} , \vec{oy} ; c) Chốt trám không chế 1 bậc tự do (khi định vị bằng mặt đáy, một chốt trụ một chốt trám).

- Hai mũi tâm (gá trên máy tiện hay máy mài tròn) tương đương với 5 điểm (không chế 5 bậc tự do, hình 4-14).

Mâm cắp 3 chấu tự định tâm tương đương với 4 điểm (không chế 4 bậc tự do khi $L > D$, hình 4-15).

Kích thước của khối V , mặt phẳng hay các chốt định vị được coi là dài hay ngắn là tùy theo diện tích tiếp xúc giữa bề mặt được định vị của chi tiết với đồ định vị và được quy định trong giáo trình "Đồ gá".

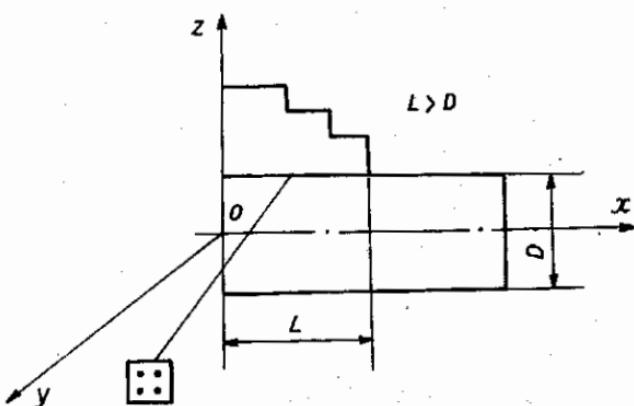
Cần chú ý đến mối lắp giữa mặt định vị của chi tiết với đồ định vị. Chẳng hạn, khi định vị bằng chốt trụ dài nếu mối lắp ghép giữa chốt định vị và lỗ chi tiết có khe hở thì số điểm định vị không phải là 4 điểm nữa. Vì khi đó chi tiết có thể dịch chuyển hoặc xoay tương đối so với chốt định vị (hình 4-16).



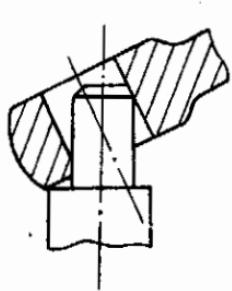
Hình 4-14. Hai mũi tâm không chế 5 bậc tự do: $\overrightarrow{ox}, \overrightarrow{oz}$ và $\overrightarrow{oy}, \overrightarrow{oz}$

Trong công nghệ chế tạo máy còn có khái niệm về siêu định vị. Trường hợp một bậc tự do bị không chế

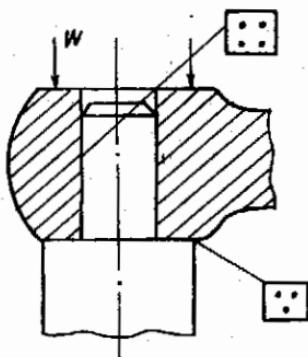
quá một lần thì gọi là siêu định vị.



Hình 4-15. Mâm cắp 3 chấu tự định tâm không chế
4 bậc tự do (khi $L > D$): $\vec{oy}, \vec{oz}, \vec{ox}, \vec{oy}$



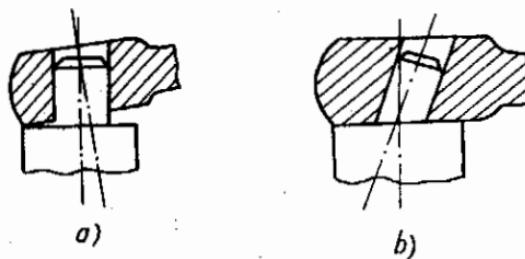
Hình 4-16. Chi tiết dịch chuyển so
với chốt định vị.



Hình 4-17. Siêu định vị.

Ví dụ, khi định vị bằng chốt trụ dài, nếu mặt ty ở dưới cũng định vị 3 điểm, thì như vậy chi tiết có 2 điểm định vị của chốt (quay quanh \vec{ox} và \vec{oy}) trùng với hai điểm định vị của mặt ty dưới (cũng quay quanh \vec{ox} và \vec{oy}), trường hợp như vậy gọi là siêu định vị (hình 4-17):

mỗi bậc tự do $\dot{\alpha}$ và $\dot{\beta}$ bị khống chế hai lần). Khi đó có thể xảy ra hai trường hợp: chi tiết có thể bị kẽm (hình 4-18a) hay chốt định vị có thể bị cong (hình 4-18b) là do sai số độ không vuông góc của lỗ chi tiết với mặt đầu và của chốt định vị với mặt tỳ dưới của chốt không bằng nhau.



Hình 4-18. Sai lệch do siêu định vị:
a) chi tiết bị kẽm; b) chốt định vị bị cong.

Nếu chi tiết bị khống

chế quá 6 điểm cũng là một trường hợp siêu định vị, vì khi đó đã có một hay vài bậc tự do bị khống chế quá một lần. Như vậy khi định vị chi tiết cần tránh để rơi vào tình trạng siêu định vị vì nó sẽ gây ra sai số cho quá trình gia công.

4. Cách tính sai số gá đặt

Dộ chính xác gia công của một chi tiết phụ thuộc vào nhiều yếu tố mà chúng ta đã khảo sát trong chương 3 "Độ chính xác gia công". Ở đây chúng ta chỉ xét ảnh hưởng của sai số gá đặt đến độ chính xác gia công của chi tiết.

Sai số gá đặt của một chi tiết trong quá trình gia công cơ được xác định bằng công thức sau:

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

Trong đó:

$\bar{\epsilon}_c$ - sai số chuẩn,

$\bar{\epsilon}_{kc}$ - sai số kẹp chặt,

$\bar{\epsilon}_{dg}$ - sai số do đỗ gá.

4.1. Sai số kẹp chặt ε_{kc}

Sai số kẹp chặt là lượng chuyển vị của chuẩn gốc chiếu trên phương kích thước thực hiện do lực kẹp thay đổi gây ra:

$$\varepsilon_{kc} = (y_{\max} - y_{\min}) \cos\alpha$$

α - góc giữa phương kích thước thực hiện và phương dịch chuyển y của chuẩn gốc.

y_{\max} và y_{\min} - lượng chuyển vị lớn nhất và nhỏ nhất của chuẩn gốc khi lực kẹp thay đổi.

Sự dịch chuyển của chuẩn gốc là do tác dụng của lực kẹp, làm biến dạng bề mặt của chi tiết dùng để định vị với những thành phần định vị của đồ gá (chốt tỳ hay phiến tỳ chẳng hạn). Bằng thực nghiệm, giáo sư A.P Xôcôlôpxki đã đưa ra công thức xác định biến dạng ở chỗ tiếp xúc giữa mặt chi tiết với vấu tỳ của đồ gá:

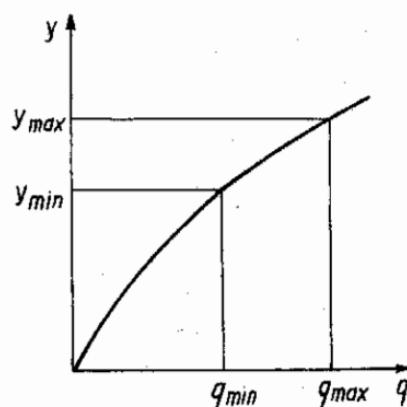
$$y = Cq^n$$

- C - hệ số phụ thuộc vào vật liệu và tình trạng bề mặt tiếp xúc,

q - áp lực
riêng trên bề
mặt tiếp xúc
(N/mm^2)

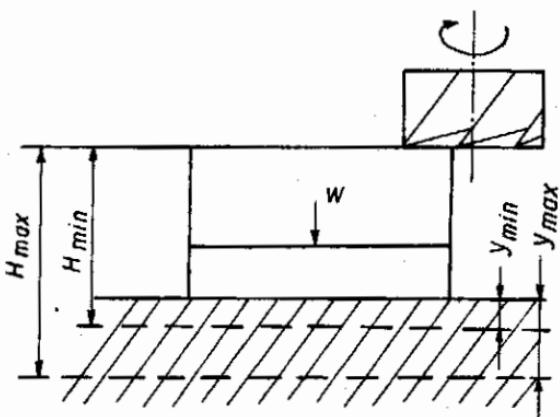
n - chỉ số
 $n < 1$.

Sự dịch chuyển của chuẩn gốc có thể do lực kẹp thay đổi, do biến dạng bề mặt tiếp xúc của phôi và đồ gá
Quan hệ giữa



Hình 4-19 Quan hệ giữa lực kẹp và độ chuyển vị.

lực kẹp khi thay đổi và độ dịch chuyển có thể biểu diễn trên đồ thị (hình 4-19).



Hình 4-20. Sai số do lực kẹp gây ra.

Hình 4-20 là một ví dụ về sai số do lực kẹp gây ra, khi nó thay đổi từ W_{\min} đến W_{\max} thì phôi cũng chuyển vị từ y_{\min} đến y_{\max} và do đó kích thước gia công đã thay đổi từ H_{\min} đến H_{\max} .

4.2. Sai số của đồ gá ϵ_{dg}

Sai số của đồ gá sinh ra do chế tạo đồ gá không chính xác, do độ mòn của nó và do gá đặt đồ gá trên máy không chính xác.

Có thể tính sai số của đồ gá theo công thức sau:

$$\bar{\epsilon}_{dg} = \bar{\epsilon}_{cl} + \bar{\epsilon}_m + \bar{\epsilon}_{ld}$$

$\bar{\epsilon}_{cl}$ - sai số do chế tạo đồ gá,

$\bar{\epsilon}_m$ - sai số do mòn của đồ gá,

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

Khi chế tạo đồ gá, người ta thường lấy độ chính xác của nó cao hơn so với chi tiết gia công trên đồ gá đó.

Dộ mòn đồ định vị của đồ gá phụ thuộc vào vật liệu và trọng lượng của phôi, vào tình trạng bề mặt tiếp xúc

giữa phôi với đồ gá và vào điều kiện gá đặt phôi trên đồ gá.

Chẳng hạn, khi dùng các chốt ty để định vị một bề mặt của phôi trong quá trình gia công, thì độ mòn của những chốt ty đó có thể được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$u = \beta \sqrt{N} \quad (\mu m)$$

Trong đó

N - số lần tiếp xúc của phôi với chốt ty,

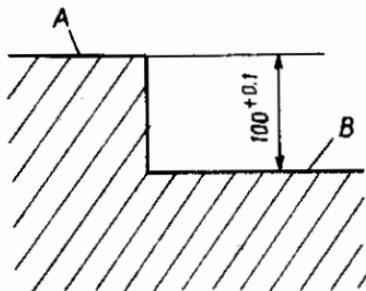
β - hệ số phụ thuộc vào tình trạng bề mặt và điều kiện tiếp xúc

Sai số gá đặt đồ gá trên máy (ε_{lg}) không lớn lắm. Khi định vị đồ gá trên bàn máy, phải điều chỉnh những khe hở ở mặt dẫn hướng hay độ đồng tâm trên các trục của máy.

Sai số của đồ gá nhiều khi rất khó xác định và thường rất nhỏ nên trong trường hợp yêu cầu độ chính xác không cao ta có thể bỏ qua sai số này.

4.3- Sai số chuẩn (ε_c)

Như đã biết, chuẩn thiết kế và chuẩn công nghệ có thể trùng nhau hoặc không trùng nhau. Nếu trùng nhau tức là thể hiện tốt quan điểm công nghệ của công tác thiết kế. Nếu khi chế tạo ta thực hiện dễ dàng các kích thước đã cho khi thiết kế thì về một mặt nào đó, bản thiết kế có tính công nghệ cao. Trong một số trường hợp, khi chế tạo phải thay đổi một số kích thước thiết kế đã cho. Về mặt công

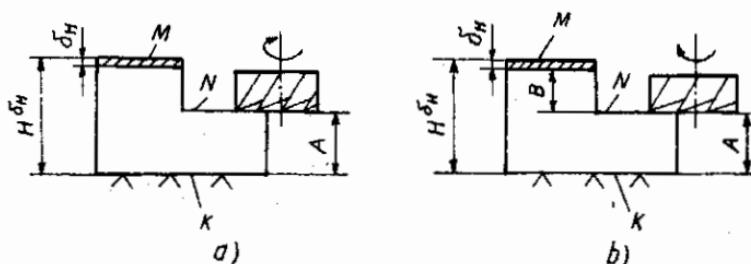


Hình 4-27. Sơ hình thành kích thước công nghệ.

nghệ mà nói thì các kích thước ghi trong bản vẽ chế tạo không còn là kích thước tinh và vô hướng nữa.

Ví dụ, xét kích thước $100^{+0.1}$ giữa hai bề mặt A và B của chi tiết (hình 4-21). Do yêu cầu làm việc sau này của chi tiết, người thiết kế cho kích thước 100 mm với sai lệch cho phép $+0,1\text{mm}$. Còn trên quan điểm công nghệ thì ta chú ý tới sự hình thành của kích thước đó trong quá trình công nghệ như thế nào? Mặt A hay mặt B sẽ được gia công trước? Sự hình thành kích thước ra sao để tránh bớt phế phẩm? Giả sử mặt A được gia công ở nguyên công sát trước, mặt B đang được gia công thì kích thước 100 mm có gốc ở A và hướng về mặt B. Kích thước công nghệ có hướng rõ rệt, hướng đó đi từ gốc kích thước tới mặt gia công. Khái niệm về gốc kích thước chỉ dùng trong phạm vi công nghệ; nó có thể trùng hay không trùng với chuẩn thiết kế (vì có thể kích thước đó sẽ được thay đổi trong quá trình công nghệ). Về mặt công nghệ điều quan trọng cần biết là gốc kích thước khi gia công và chuẩn định vị ở nguyên công đó có trùng nhau không? Nếu gốc kích thước không trùng với chuẩn định vị thì sẽ sinh ra sai số chọn chuẩn, sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác của kích thước gia công.

Ví dụ (hình 4-22)



Hình 4-22. Sự hình thành sai số chuẩn.

Trường hợp (hình 4-22a) khi gia công mặt N , gốc kích thước và chuẩn định vị đều nằm trên mặt K , nên khi tiến hành gia công mặt N để hình thành kích thước A , thì sai số chuẩn của kích thước A là: $\epsilon_{cA} = 0$.

Trường hợp (hình 4-22b) nếu gốc kích thước là M khi tiến hành gia công mặt N , và chuẩn định vị là K (chuẩn định vị không trùng với gốc kích thước). Như vậy kích thước B chịu ảnh hưởng của sự biến động của gốc kích thước là δ_H . Khi đó sai số chuẩn của kích thước B là $\epsilon_{cB} = \delta_H$.

Từ ví dụ trên có thể định nghĩa về sai số chuẩn như sau: Sai số chuẩn phát sinh khi chuẩn định vị không trùng với gốc kích thước và có trị số bằng lượng biến động của gốc kích thước chiếu lên phương kích thước thực hiện.

Thực chất kích thước cần đạt khi gia công là khâu khép kín của chuỗi kích thước công nghệ, chuỗi đó hình thành trong một nguyên công hay một số nguyên công.

Các khâu của chuỗi có thể là những kích thước thay đổi (ảnh hưởng đến sự biến động của khâu khép kín) hoặc là những kích thước không đổi.

$$L = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_n)$$

Trong đó:

x_1, x_2, \dots, x_n - những kích thước thay đổi.

a_1, a_2, \dots, a_n - những kích thước không đổi.

Khi tính sai số chuẩn ϵ_{cl} cho một kích thước L nào đó có nghĩa là tìm lượng biến động của nó khi những kích thước liên quan thay đổi. Ta gọi lượng biến động của kích thước L là ΔL , ΔL được xác định bằng tổng các lượng biến động của các kích thước liên quan thay đổi:

$$\Delta L = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \Delta x_n$$

$$\Delta L = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right| \Delta x_i$$

Trong thực tế thường dùng hai phương pháp dưới đây để tính sai số chuẩn.

a) *Phương pháp cực đại - cực tiểu*. Khi độ chính xác gia công không cao trong điều kiện sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ có thể dùng phương pháp này.

Theo phương pháp này phải lập chuỗi kích thước công nghệ cho kích thước cần tính sai số chuẩn L sao cho L là khâu khép kín. Khi đó kích thước L đóng vai trò là một hàm số, mà các biến số là các khâu thành phần của chuỗi kích thước công nghệ.

$$\varepsilon_{c_L} = \Delta L = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right| \Delta x_i$$

Khi lập chuỗi kích thước công nghệ cần theo nguyên tắc sau: chuỗi kích thước công nghệ được bắt đầu từ mặt gia công, tới mặt chuẩn định vị, đến chuẩn đo lường (gốc kích thước) rồi cuối cùng trở về mặt gia công. Như vậy khi lập chuỗi kích thước cần phải bảo đảm tính chất khép kín của nó.

b) *Phương pháp xác suất*. Phương pháp này được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác gia công chi tiết cao và trong sản xuất hàng loạt lớn hay hàng khối. Tính sai số chuẩn theo phương pháp xác suất cho độ chính xác cao hơn phương pháp cực đại - cực tiểu, vì độ tin cậy của phương pháp này cao hơn;

Sai số chuẩn của kích thước L nào đó tính theo phương pháp xác suất là:

$$K_{\Sigma \varepsilon_{c(L)}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right]^2 K_i^2 \delta_{x_i}^2}$$

K_i là hệ số phụ thuộc vào quy luật phân bố của các kích thước trong chuỗi kích thước công nghệ, thường lấy $K_i = 1+1,5$. Khi phân bố theo đường cong phân bố chuẩn (Gauss) thì $K = 1$.

Như vậy ta thấy rằng khi muốn tính sai số chuẩn cho một kích thước L nào đó, trước tiên ta phải xác định được chuỗi kích thước liên quan của nó, rồi sau đó dùng công thức trên để tính.

Dưới đây là một số ví dụ về cách tính sai số chuẩn của kích thước gia công theo phương pháp cực đại - cực tiểu.

VÍ DỤ 1.

Tính sai số chuẩn cho các kích thước H_1, H_2, H_3 trong trường hợp phay vát một mặt trụ (hình 4-23) có đường kính $D + \delta_D$. Chi tiết được định vị trên khối V dài với góc α

- Tính $\varepsilon_{c(H_1)}$

$$H_1 = AO + OE = AO + MO \sin \beta$$

$$MO = MN - NO \text{ và } NO = OA \frac{1}{\sin \alpha/2}; (\text{vì } OA = OK).$$

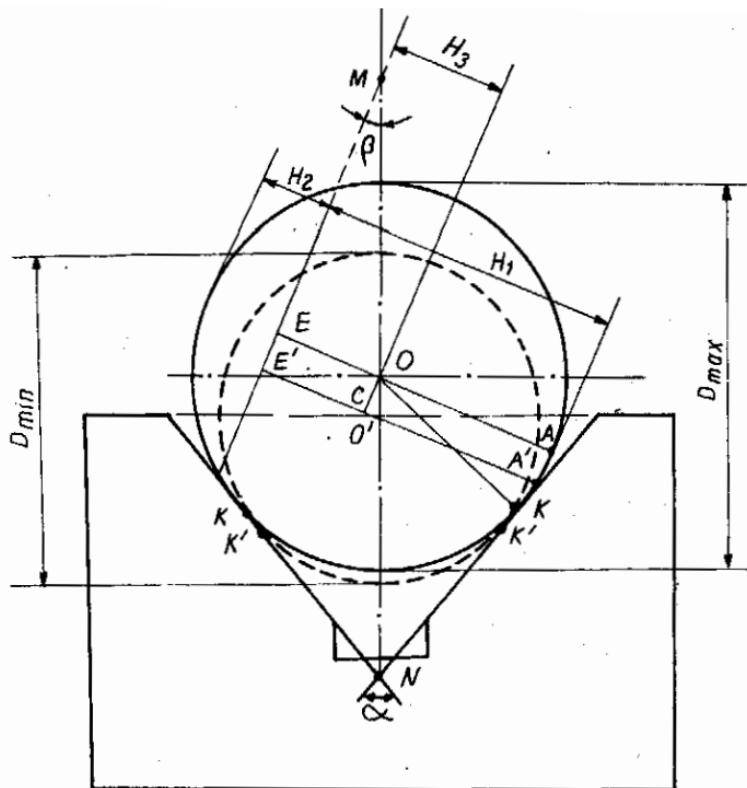
Vậy $H_1 = AO + \sin \beta (MN - \frac{OA}{\sin \alpha/2})$

với $AO = \frac{D}{2}$ thì $H_1 = \underbrace{MN \sin \beta}_{a_1} + \underbrace{AQ}_{x_1} - \underbrace{AO}_{\frac{\sin \beta}{\sin \alpha/2}} \underbrace{x_2}_{x_2}$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial a_1} = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial AO} = \frac{\delta_D}{2}$$

Áp dụng biểu thức :

$$\varepsilon_{c_L} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \right| \delta x_i$$



Hình 4-23. Sơ đồ định vị trục trên khối V dài.

Ta tính được

$$\varepsilon_{c(H_1)} = \frac{\delta_D}{2} + \frac{\delta_D}{2} \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\alpha/2}$$

$$\varepsilon_{c(H_1)} = \frac{\delta_D}{2} \left(1 + \frac{\sin\beta}{\sin\alpha/2}\right)$$

Tính $\varepsilon_{c(H_2)}$:

$$H_2 = D \cdot H_1$$

$$\epsilon_{c(H_2)} = \delta_D \cdot \frac{\delta_D}{2} \left(1 - \frac{\sin\beta}{\sin\alpha/2} \right)$$

$$\epsilon_{c(H_2)} = \frac{\delta_D}{2} \left(1 + \frac{\sin\beta}{\sin\alpha/2} \right)$$

- Tính $\epsilon_{c(H_3)}$ $H_3 = OE$

$$\epsilon_{c(H_3)} = \delta_{Q_E} = OC = \frac{\delta_D}{2} \cdot \frac{\sin\beta}{\sin\alpha/2}$$

VÍ DỤ 2.

Hình 4-24 là sơ đồ định vị chi tiết trực trên hai mũi tâm.

+ Khi chi tiết được định vị trên hai mũi tâm cứng (hình 4-24a) thì sai số chuẩn của các kích thước như sau:

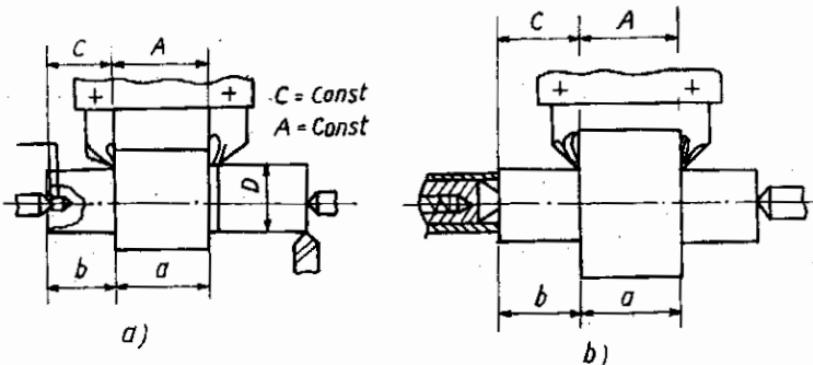
$\epsilon_{c(a)} = 0$ vì A là kích thước cố định ($A = \text{const}$) được điều chỉnh sẵn ứng với loạt chi tiết.

$\epsilon_{c(b)} \neq 0$ vì kích thước chiều sâu lỗ tâm (mặt chuẩn định vị) có dung sai do ảnh hưởng của góc côn ứng với cả loạt chi tiết làm cho vị trí mặt đầu bên trái không cố định so với dụng cụ đã chỉnh sẵn.

$\epsilon_{c(D)} \neq 0$ vì kích thước đường kính D không chịu ảnh hưởng của góc côn; ở đây độ lệch tâm của hai lỗ tâm (chuẩn định vị) có thể gây ra sai số chuẩn của kích thước D , có thể lấy $\epsilon_{c(D)} = \epsilon_{lt} = (1/4) \delta_D$ (ϵ_{lt} là độ lệch tâm giữa hai lỗ tâm trên chi tiết gia công).

+ Khi chi tiết được định vị trên hai mũi tâm (mũi tâm trái mềm, mũi tâm phải cứng) (hình 4-24b) thì mũi tâm trái mềm sẽ tự điều chỉnh sai lệch chiều sâu lỗ tâm

ứng với loạt chi tiết. Do đó vị trí của mặt đầu bên trái của chi tiết không thay đổi so với dụng cụ cắt đã chỉnh sẵn, vì thế sai số chuẩn của kích thước gia công b sẽ là $\varepsilon_{c(h)} = 0$.

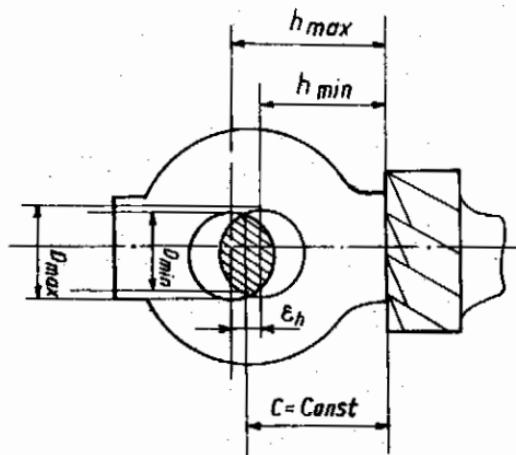


Hình 4-24. Sơ đồ định vị trực trên hai mũi tâm

VÍ DỤ 3 (hình 4-25).

Khi định vị chi tiết bằng chốt, giữa lỗ chi tiết và chốt định vị có khe hở. Kích thước gia công là h . Tính sai số chuẩn của kích thước h .

$$\varepsilon_{c(h)} = h_{\max} - h_{\min}$$



Hình 4-25. Sơ đồ định vị chi tiết bằng chốt.

$$h_{\max} = C + \frac{D_{\max} - d_{\min}}{2}$$

$$= C + \frac{S_{\max}}{2}$$

$$h_{\min} = C - \frac{D_{\max} - d_{\min}}{2}$$

$$= C - \frac{S_{\max}}{2}$$

Như vậy $\epsilon_{c(h)} = S_{\max}$

S_{\max} là khe hở lắp ghép lớn nhất giữa lỗ chuẩn và chốt định vị, được xác định theo khe hở nhỏ nhất S_{\min} với dung sai chế tạo của lỗ chuẩn δ_D và dung sai của chốt định vị δ_d

$$S_{\max} = S_{\min} + \delta_D + \delta_d$$

Trường hợp định vị không có khe hở giữa lỗ chuẩn và chốt định vị (chẳng hạn như dùng chốt gá bung) thì sai số chuẩn của kích thước h là $\epsilon_{c(h)} = 0$.

5. Những điểm cần tuân thủ khi chọn chuẩn

Khi chọn chuẩn để gia công các chi tiết máy ta phải xác định chuẩn cho nguyên công đầu tiên và chuẩn cho nguyên công tiếp theo. Thông thường chuẩn dùng ở nguyên công đầu tiên trong quá trình gia công chi tiết máy là chuẩn thô, còn chuẩn dùng ở các nguyên công tiếp theo thường là chuẩn tinh.

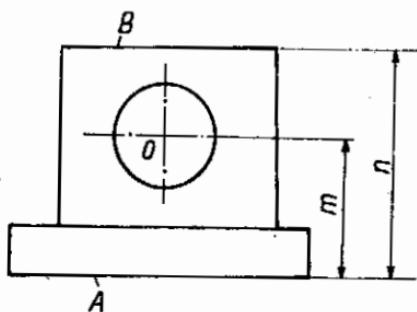
Mục đích của việc chọn chuẩn là để bảo đảm hai yêu cầu:

- Chất lượng của chi tiết trong quá trình gia công,
- Nâng cao năng suất và giảm giá thành.

5-1. Chọn chuẩn thô

Chuẩn thô thường được dùng ở nguyên công đầu tiên trong quá trình gia công cơ. Việc chọn chuẩn thô có ý nghĩa quyết định đối với quá trình công nghệ, nó có ảnh

hưởng đến những nguyên công sau và đến độ chính xác gia công của chi tiết. Khi chọn chuẩn thô cần chú ý hai yêu cầu:



Hình 4-26. phôi đúc cho chi tiết hộp.

về vị trí tương quan giữa các bề mặt không gia công với những bề mặt sắp gia công.

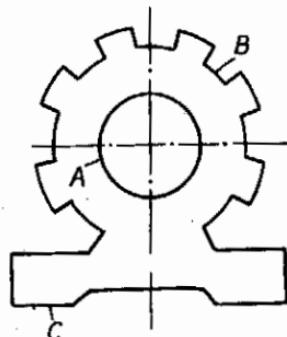
Ví dụ, khi gia công mặt A, mặt B và lỗ O của một chi tiết hộp bằng phôi đúc (hình 4-26), ta chia ra hai trường hợp:

- Trường hợp lỗ đúc đặc (chưa có lỗ) thì có thể lấy mặt A làm chuẩn thô để gia công lỗ, rồi ngược lại lấy lỗ làm chuẩn để gia công mặt A. Cuối cùng lấy mặt A làm chuẩn để gia công mặt B.

- Trường hợp lỗ đúc rỗng, thì phải lấy mặt lỗ làm chuẩn thô để gia công mặt A, rồi sau đó lấy mặt A làm chuẩn để gia công mặt B và lỗ. Như vậy lượng

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

2/ Bảo đảm độ chính xác cần thiết



Hình 4-27. Vỏ động cơ điện.

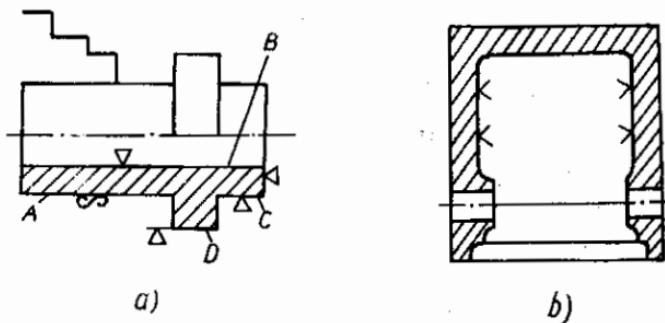
dư sê phân bố đều, tránh được phế phẩm do lỗ đúc bị lệch. Vì nếu lỗ đúc lệch lượng dư phân bố không đều khi cắt dẽ bị lệch, sinh ra sai số hình dạng hình học (độ côn, độ ô van v.v.) và lực cắt không đều sẽ sinh ra rung động và nếu lỗ đúc lệch nhiều quá sẽ không đủ lượng dư để gia công lỗ.

Khi gia công vỏ động cơ điện (hình 4-27) phải bảo đảm độ dày của thành đều đặn. Nếu lấy mặt lỗ A làm chuẩn thô để gia công mặt đáy C, sau đó lấy C làm chuẩn để gia công lại mặt A, sẽ bảo đảm độ đồng tâm với mặt B. Khi không có đồ gá thì cần lấy dấu lỗ A để bảo đảm thành lỗ giữa A và B có bề dày đều đặn, lấy dấu như vậy chính là lấy lỗ A làm chuẩn định vị.

Dựa vào những yêu cầu trên người ta đưa ra 5 điểm cần tuân thủ khi chọn chuẩn thô.

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.

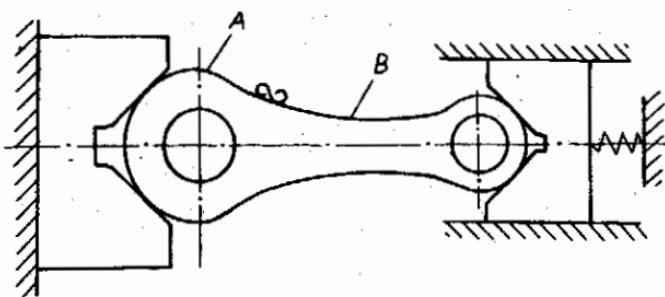
Chẳng hạn trên hình (4-28a) lấy mặt A làm chuẩn thô để gia công các mặt B, C và D để bảo đảm độ đồng tâm với A. Khi gia công pittông (hình 4-28b) bằng phôi gang đúc trong khuôn cát, người ta chọn chuẩn thô là



Hình 4-28. Chuẩn thô là mặt không gia công.

mặt trong để gia công mặt ngoài để bảo đảm thành pittông có bề dày đều đặn.

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 về vị trí tương quan cao nhất đối với các bề mặt gia công làm chuẩn thô.

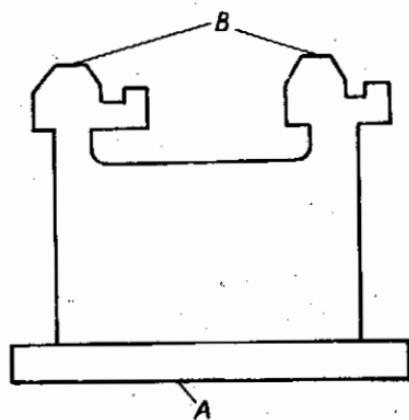


Hình 4-29. Chuẩn thô là mặt không gia công có vị trí tương quan cao nhất.

Chẳng hạn khi gia công lỗ biên (hình 4-29) nên lấy mặt A làm chuẩn thô để bảo đảm lỗ có bề dày đều nhau; vì yêu cầu về vị trí tương quan giữa tâm lỗ với mặt A cao hơn đối với mặt B.

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

Ví dụ. Khi gia công băng máy tiện (hình



Hình 4-30. Băng máy tiện.

4-30) người ta chọn mặt *B* làm chuẩn thô để gia công mặt *A*, sau đó lấy mặt *A* làm chuẩn gia công lại mặt *B*. Vì khi đúc, mặt *B* nằm ở nửa phần khuôn dưới, có cấu trúc kim loại tốt hơn và do đó khả năng chống mòn tốt.

4/ Cố gắng chọn bề mặt làm chuẩn thô tương đối bằng phẳng, không có mép rèn dập (bavia), đậu ngót, đậu rót hoặc quá gồ ghề.

5/ Chuẩn thô chỉ nên dùng một lần trong cả quá trình gia công, chẳng hạn khi gia công trục bậc

(hình 4-31), nếu lần gá thứ nhất dùng mặt 2 làm chuẩn để gia công mặt 3 và gá lần thứ hai vẫn dùng mặt 2 làm chuẩn để gia công mặt 1 thì sẽ khó bảo đảm độ đồng tâm giữa các mặt 1 và 3.

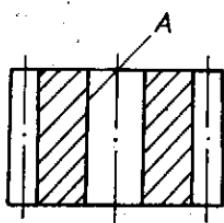
5.2. Chọn chuẩn tinh.

Khi chọn chuẩn tinh người ta cũng dựa ra mấy điểm cần tuân theo:

1/ Cố gắng chọn chuẩn tinh là chuẩn tinh chính, như vậy sẽ làm cho chi tiết lúc gia công có vị trí tương tự lúc làm việc. Vấn đề này rất quan trọng khi gia công tinh.

Chẳng hạn khi gia công răng của bánh răng, chuẩn tinh được chọn là bề mặt lỗ *A*. Lỗ *A* cũng là bề mặt sau này được lắp với trực truyền động của bánh răng (hình 4-32).

2/ Cố gắng chọn chuẩn định vị trùng với gốc kích thước để sai số



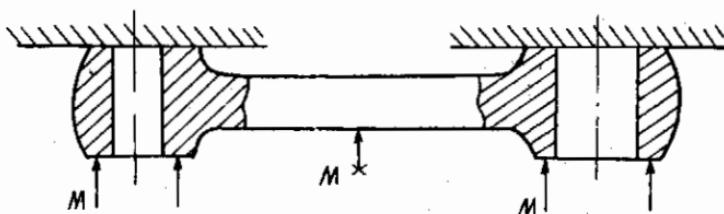
Hình 4-31. Trục bậc.

Hình 4-32. Bánh răng.

chọn chuẩn $\epsilon_{c(L)} = 0$ (hình 4-22a).

3/ Chọn chuẩn sao cho khi gia công chi tiết không bị biến dạng do lực cắt, lực kẹp. Mặt chuẩn phải đủ diện tích định vị. Ví dụ sơ đồ kẹp chặt khi gia công biên (hình 4-33)

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



Hình 4-33. Sơ đồ kẹp chặt khi gia công biên.

5/ Cố gắng chọn chuẩn thống nhất.

Chọn chuẩn thống nhất có nghĩa là trong nhiều lần gá cũng chỉ dùng một chuẩn để thực hiện các nguyên công của cả quá trình công nghệ. Vì khi thay đổi chuẩn sẽ sinh ra sai số tích lũy ở những lần gá sau.

Ví Dụ. Khi gia công các mặt của một vỏ hộp (hình 4-34) có thể so sánh hai trường hợp chọn chuẩn thống nhất và không thống nhất khi tính sai số chuẩn cho các kích thước a , b , h , để thấy rằng khi chọn chuẩn thống nhất sai số chuẩn sẽ nhỏ hơn.

a) *Tính sai số chọn chuẩn cho các kích thước a , b , h khi gia công ở trường hợp chọn chuẩn không thống nhất.*

- Khi gia công để đạt kích thước a (hình 4-34a) chuẩn định vị là mặt đáy (3 điểm) và mặt K (2 điểm), kẹp chặt từ mặt L .

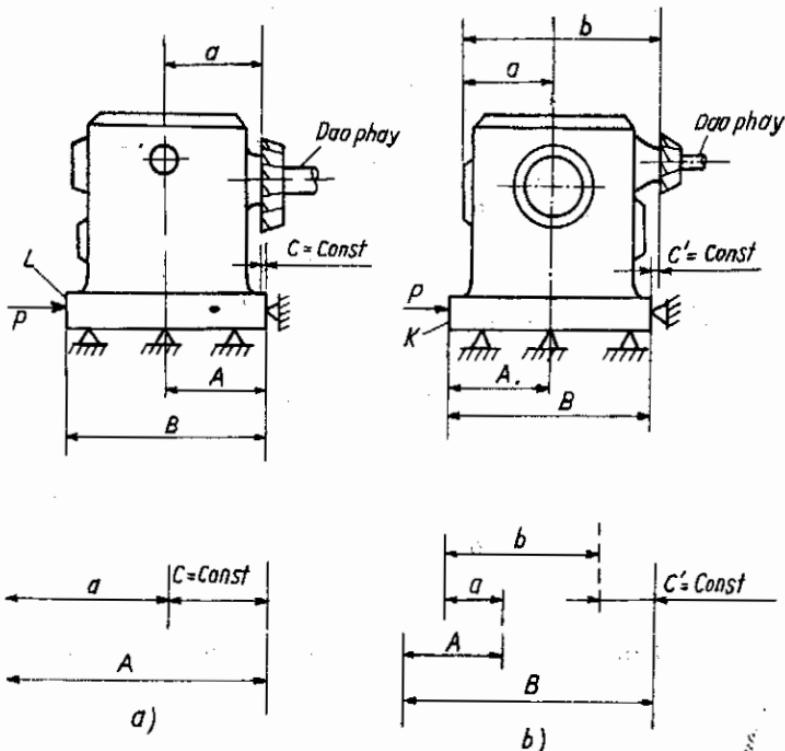
$$\epsilon_{c(a)} = \delta_A$$

- Khi gia công để đạt kích thước b (hình 4-34b). Định vị bằng mặt đáy (3 điểm), mặt L (2 điểm) và kẹp chặt từ mặt K .

$$\varepsilon_{c(b)} = \delta_a + \delta_A + \delta_B$$

- Khi gia công để đạt kích thước h . Định vị như gia công để đạt kích thước b (hình 4-34c).

$$\varepsilon_{c(h)} = \delta_a + \delta_b + \delta_A + \delta_B$$



Hình 4-34. Sơ đồ định vị khi gia công các mặt vỏ hộp.

b) Tính sai số chọn chuẩn các kích thước a , b , h , khi gia công các mặt nói trên ở trường hợp chọn chuẩn thống nhất (hình 4-34d).

Ở đây khi gia công ta chọn chuẩn thống nhất là mặt đáy (3 điểm) và hai lỗ được định vị bằng một chốt trụ ngắn và một chốt trám. Như vậy là chi tiết được định vị 6 điểm.

- Khi gia công để đạt kích thước a thì

$$\epsilon'_{c(a)} = \delta_A$$

- Khi gia công để đạt kích thước b

$$\epsilon'_{c(b)} = \delta_a + \delta_A$$

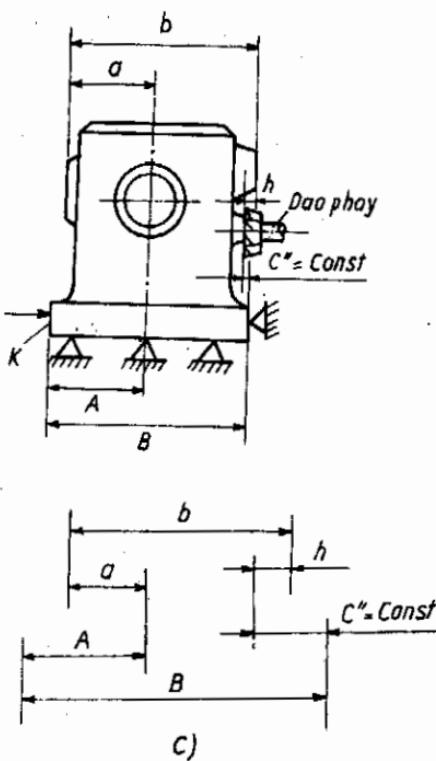
- Khi gia công để đạt kích thước h

$$\epsilon'_{c(h)} = \delta_a + \delta_b + \delta_A$$

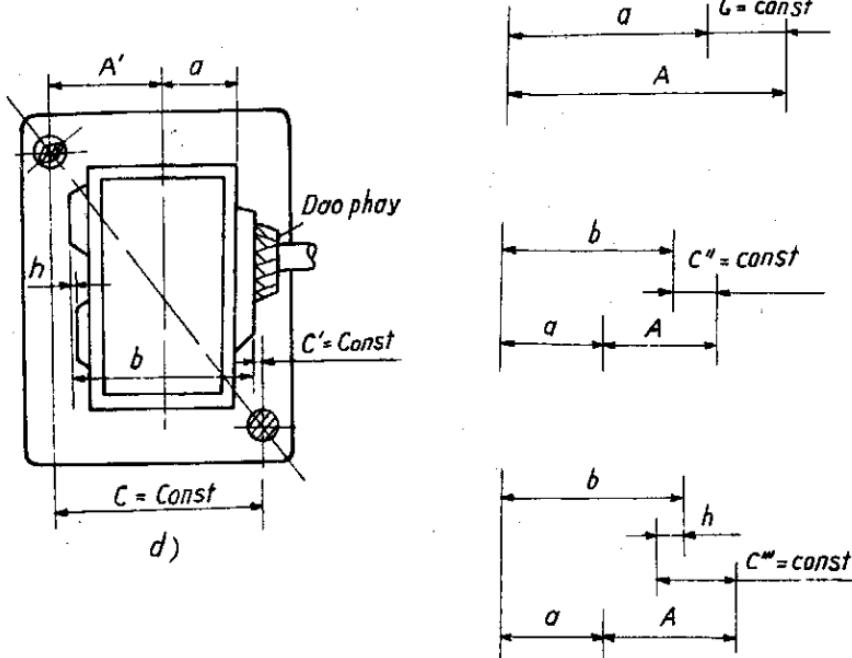
Sau khi đã tính được sai số chuẩn cho các kích thước a , b , h trong hai trường hợp ta so sánh kết quả của chúng.

Ở trường hợp thứ hai (khi chọn chuẩn thống nhất) ta định vị bằng chốt ở lỗ đã gia công, nên sai số kích thước A' nhỏ hơn kích thước A nghĩa là $\delta_{A'} < \delta_A$.

Ta viết lại các kết quả trên:



Hình 4-34



Hình 4-34 d.

Khi chọn chuẩn thống nhất

$$\varepsilon'_{c(a)} = \delta_A$$

$$\varepsilon'_{c(b)} = \delta_a + \delta_A$$

$$\varepsilon'_{c(h)} = \delta_a + \delta_b + \delta_A$$

Từ nhận xét trên ta có thể suy ra:

$$\varepsilon'_{c(a)} < \varepsilon_{c(a)}$$

$$\varepsilon'_{c(b)} < \varepsilon_{c(b)}$$

$$\varepsilon'_{c(h)} < \varepsilon_{c(h)}$$

Điều đó cho ta kết luận khi chọn chuẩn thống nhất sai số chọn chuẩn cho các kích thước thực hiện sẽ nhỏ hơn khi chọn chuẩn không thống nhất.

Chương 5. ĐẶC TRUNG CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG

1. Chọn phôi và các phương pháp gia công chuẩn bị phôi

1.1- Chọn phôi

Muốn chế tạo một chi tiết máy đạt yêu cầu kỹ thuật và chỉ tiêu kinh tế, người công nghệ phải xác định được kích thước của phôi và chọn loại phôi thích hợp. Kích thước của phôi được tính toán theo lượng dư gia công, còn chọn loại phôi thì phải căn cứ vào các yếu tố sau:

- Vật liệu và cơ tính của vật liệu mà chi tiết cần phải có theo yêu cầu thiết kế.
- Kích thước, hình dáng và kết cấu của chi tiết.
- Số lượng chi tiết cần có hoặc dạng sản xuất.
- Cơ sở vật chất kỹ thuật cụ thể của nơi sẽ sản xuất nó.

Muốn chọn phôi hợp lý chẳng những phải nắm vững các yêu cầu thiết kế mà còn phải am hiểu kỹ về đặc tính các loại vật liệu và các loại phôi, nắm vững phạm vi công dụng của từng loại phôi. Những kiến thức cần thiết về mặt này đã cho trong giáo trình "Kim loại học và nhiệt luyện", "Công nghệ chế tạo phôi"; v.v...

Chọn phôi hợp lý chẳng những đảm bảo tốt những năng tính kỹ thuật của chi tiết mà còn có ảnh hưởng tốt đến năng suất và giá thành sản phẩm. Chọn phôi tốt sẽ làm cho quá trình công nghệ đơn giản đi nhiều và phí tổn về vật liệu cũng như chi phí gia công giảm đi.

Chi phí kim loại khi gia công được đánh giá bằng hệ

$$K = \frac{G_{ct}}{G_{ph}}$$

Trong đó

K - hệ số sử dụng vật liệu.

G_{ct} - khối lượng chi tiết hoàn thiện (kg).

G_{ph} - khối lượng phôi.

Hệ số K còn nói lên trình độ kỹ thuật chế tạo phôi. Xu hướng chung là làm cho hình dáng và kích thước của phôi giống như chi tiết gia công. Ngày nay kỹ thuật chế tạo phôi tiến bộ rất nhiều đã làm giảm nhiều công sức trong gia công, thậm chí có trường hợp bỏ hẳn được việc gia công cơ.

Trong gia công cơ khí các dạng phôi có thể là: phôi đúc, phôi rèn, phôi dập, phôi cán và các loại vật liệu phi kim loại như gỗ,塑胶, nhựa v.v... Phôi được chế tạo ra dưới dạng thỏi, tấm hoặc ép thành những chi tiết định hình. Các loại phôi bằng vật liệu phi kim loại nói chung rẻ tiền và giảm được công sức gia công.

1.2- Các phương pháp gia công chuẩn bị phôi

Gia công chuẩn bị phôi là những nguyên công mở đầu cho quá trình công nghệ gia công cơ. Muốn biết tại sao phải có các nguyên công gia công chuẩn bị phôi cần nhắc lại về tính chất của các phôi liệu sau khi đã chế tạo ra nó.

- Phôi được chế tạo ra có chất lượng bề mặt quá xấu so với yêu cầu như xù xì, rỗ, nứt, lớp bề mặt bị chai cứng, các đậu ngọt, đậu rót v.v... chưa được lấy hết. Tình trạng đó của phôi liệu làm cho dụng cụ cắt bị hỏng, mòn nhanh, chế độ cắt khi gia công bị hạn chế nhiều đồng thời dễ sinh va đập, rung động làm cho độ chính xác ban đầu của thiết bị giảm nhanh, máy móc

chóng hỏng.

- Về hình dáng hình học, phôi có nhiều sai lệch so với yêu cầu của chi tiết như méo mó, ô van, độ côn, độ cong vênh, lệch tâm v.v... Theo tính chất in dập sai số đã được học trong chương "Độ chính xác gia công" thì: nếu sai lệch của phôi lớn thì sau một lần cắt sai lệch in dập lại sẽ lớn. Do đó để đạt được yêu cầu mà chi tiết đòi hỏi phải thực hiện nhiều lần chạy dao làm cho thời gian gia công kéo dài, chi phí gia công lớn.

Nếu dùng máy có công suất lớn, độ cứng vững cao để gia công phá lỗ đầu (còn gọi là gia công bóc vỏ) thì ở các nguyên công sau như gia công bán tinh và gia công tinh dễ đạt được độ chính xác cao mà không phải cắt nhiều lần.

- Đối với các loại phôi cán (phôi thanh) cần phải nắn thẳng trước khi đưa lên máy để gia công nhất là đối với các máy rãvông, máy bán tự động. Trong nhiều trường hợp thanh thép cán lại phải cắt thành từng đoạn phù hợp với chiều dài của chi tiết hoặc để dễ gá đặt trên máy.

Tình trạng trên của phôi làm cho quá trình gá đặt gặp nhiều khó khăn. Nếu dùng chuẩn thô thì bề mặt cũng phải bằng phẳng. Trong nhiều trường hợp ta lại cần tạo nên chuẩn tinh phụ thống nhất để phục vụ cho việc gá đặt trong suốt quá trình công nghệ, ví dụ, lỗ tâm của các loại phôi hình trụ.

Vì những lý do trên nên cần phải gia công chuẩn bị phôi. Việc gia công chuẩn bị phôi thường là:

- Làm sạch phôi.
- Nắn thẳng phôi.
- Gia công phá.
- Gia công lỗ tâm làm chuẩn phụ.

Tất nhiên không phải bất cứ loại phôi nào cũng phải

qua toàn bộ các nguyên công chuẩn bị nói trên. Ví dụ: phôi thanh thì phải cắt đứt, nắn thẳng còn phôi đúc thì phải làm sạch.

Phương thức tổ chức gia công chuẩn bị phôi phụ thuộc vào dạng sản xuất, vào cơ sở vật chất kỹ thuật cụ thể của nơi sản xuất. Nếu sản lượng lớn việc gia công chuẩn bị phôi thường được tách khỏi hẳn qui trình công nghệ gia công cơ chính thức, khi đó một bộ phận của xưởng làm phôi sẽ chuyên trách với đầy đủ thiết bị riêng như máy nắn thẳng, máy làm sạch, máy cưa, máy khoan tâm, máy gia công phá v.v.

Trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ mặc dù vẫn tồn tại những công việc gia công chuẩn bị phôi nhưng về hình thức tổ chức lại không phân rạch rời mà có thể thực hiện ở các phân xưởng khác nhau sao cho thuận tiện, đảm bảo vệ sinh công nghiệp và điều kiện giữ gìn thiết bị. Ví dụ: làm sạch phôi có thể thực hiện ở phân xưởng đúc, rèn dập còn nắn thẳng, gia công lỗ tâm, gia công phá lại thực hiện ở phân xưởng cơ khí.

Trong một số trường hợp cụ thể người ta còn kết hợp việc gia công chuẩn bị và gia công bán tinh vào một nguyên công, thậm chí có khi kết hợp cả gia công tinh vào đó. Nói chung kết hợp việc gia công chuẩn bị phôi với gia công tinh trên một máy là một hiện tượng sử dụng thiết bị không hợp lý, làm cho các máy chính xác bị xuống cấp nhanh.

Sau đây là một số nguyên công chính trong việc gia công chuẩn bị phôi.

a) *Làm sạch phôi*. Các loại phôi đúc hoặc rèn, dập trước khi gia công phải được làm sạch. Việc làm sạch đó nhằm các mục đích:

- Loại trừ lớp cát bị cháy bám trên bề mặt phôi đúc hoặc các vẩy kim loại bị cháy trên bề mặt phôi rèn, phôi

đúc.

- Loại trừ các rìa, mép của vật rèn, dập hoặc các lớp kim loại hư hỏng trên bề mặt trước khi dập tinh.

- Tạo nên các bề mặt sạch sẽ để gia công cắt gọt được dễ dàng.

Tùy theo kích thước của phôi và sản lượng phôi người công nghệ phải chọn phương pháp làm sạch thích hợp.

Khi sản lượng nhỏ, thường dùng phương pháp thủ công bằng những dụng cụ đơn giản như chổi sắt, bàn chải sắt, giũa, búa v.v... Phương pháp này đạt năng suất thấp. Với những chi tiết nhỏ có thể cho vào một thùng quay, các chi tiết sẽ va đập vào nhau làm vết cát, bẩn, gỉ rơi ra.

Các vết bẩn hoặc gỉ, những chỗ kim loại bị hư hỏng còn được loại trừ khỏi bề mặt bằng đá mài, hoặc ngọn lửa.

Người ta còn làm sạch vật rèn trong hỗn hợp cát và nước, khi đó các hạt cát sẽ là các phần tử làm sạch. Cũng có thể làm sạch vật rèn trong dung dịch axit.

Trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, người ta làm sạch vật rèn và vật đúc nhờ các thiết bị chuyên dùng cơ khí hóa.

b) *Nắn thẳng phôi*. Đối với những phôi dài không những cần nắn thẳng cho nguyên công đầu tiên mà còn cần nắn thẳng giữa các nguyên công như sau khi tiện trước khi mài v.v... Phôi dài sau khi nắn thẳng sẽ có lượng dư đều, giảm được sai số gia công, đảm bảo phôi đẩy dễ, kẹp chặt tốt.

Có thể nắn thẳng bằng các phương pháp sau:

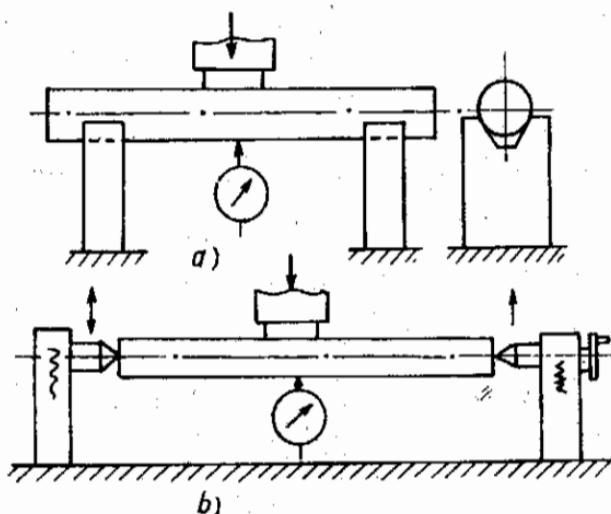
- *Ngắm bằng mắt, nắn bằng búa tay*. Dùng mắt để ngắm phôi, xem xét độ thẳng rồi dùng búa nắn trên đe. Đây là phương pháp thủ công nhất, không đòi hỏi thiết bị phức tạp. Tuy nhiên năng suất rất thấp, độ chính xác

kém và phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm, tay nghề của công nhân.

• **Nắn ép.** Nên hết sức tránh việc nắn thẳng trực tiếp trên hai mũi tâm của máy tiện vì khi nắn với lực lớn thì độ chính xác của máy sẽ bị phá hoại. Thường chỉ nắn thẳng trực tiếp các chi tiết nhỏ (lực nắn yêu cầu bé dưới mức lực P_y cho phép) trên máy tiện.

Có thể dùng đòn gá trên thân một máy tiện cũ để nắn ép hoặc dùng đòn gá trên máy ép khi cần nắn thẳng các phôi đơn giản, mặt cắt hình tròn hoặc không tròn. Nắn ép có thể thực hiện bằng hai cách (hình 5-1):

- Nắn thẳng trên hai khối V.
- Nắn thẳng trên hai mũi tâm, trong đó một cố định, một điều chỉnh được theo hướng trực. Khi nắn ép chi tiết và hai mũi tâm đều bị xê dịch xuống khi nắn xong lò xo lại đẩy về vị trí ban đầu.



Hình 5-7. Nắn ép:

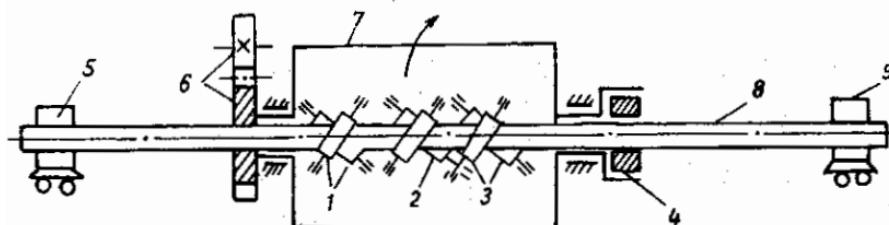
a) Nắn thẳng trên hai khối V; b) Nắn thẳng trên hai mũi tâm.

Để nâng cao độ chính xác có thể dùng đồng hồ so $0,01\text{ mm}$ để chỉ thị. Còn nguồn sinh lực ép có thể do cơ cấu trực vít, cơ cấu dầu ép hoặc khí nén. Dùng cơ cấu dầu ép hoặc khí nén có thể tạo được lực lớn, đỡ tốn công sức và có thể nắn được trực có đường kính lớn.

Phương pháp này dùng nhiều trong sản xuất đơn chiếc, loại nhỏ để nắn các phôi và bán thành phẩm đã qua các nguyên công thô hoặc nhiệt luyện.

- *Nắn thẳng trên máy chuyên dùng.* Máy nắn thẳng chuyên dùng gồm có một thùng quay 7. Trong thùng có những bộ con lăn 1, 2, 3 có hình hyperboloid (tròn xoay) được đặt nghiêng một góc để sao cho đường sinh là đường thẳng. Những bộ con lăn này từng cặp một được đặt chéo nhau (hình 5-2), vừa quay theo thùng vừa quay xung quanh tâm của nó để làm nhiệm vụ nắn thẳng phôi và dẫn phôi đi.

Phôi 8 được đặt vào giữa các bộ con lăn nhờ hai xe nhỏ hai đầu 9. Khoảng cách giữa hai con lăn có thể điều chỉnh được để phù hợp với các loại đường kính khác nhau. Có thể nắn thẳng được các loại phôi thanh có đường kính từ 25 đến 150 mm . Phôi thô sau khi nắn có thể đạt độ thẳng $0,5 \div 0,9\text{ mm}$ trên chiều dài 1 m . ($0,5 \div 0,9\text{ mm/m}$).

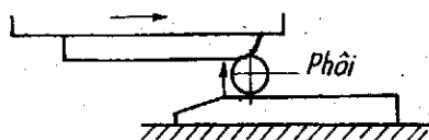


Hình 5-2. Máy nắn thẳng chuyên dùng.

Máy còn có thể dùng để nắn các phôi đã qua gia công phá và có thể đạt độ thẳng $0,1 \div 0,2 \text{ mm/m}$. Năng suất của máy rất cao, từ $0,8 \div 1,6 \text{ m/ph}$. Tuy nhiên máy chiếm nhiều diện tích trong xưởng, kết cấu cồng kềnh nên chỉ dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

• *Nắn thẳng trên máy cán ren phẳng*. Trên máy cán ren phẳng nếu thay bàn cán ren bằng bàn phẳng (hình 5-3) có thể nắn thẳng những đoạn ngắn.

Độ chính xác đạt từ $0,05 \div 0,15 \mu\text{m}$ đối với mỗi milimet đường kính, trên chiều dài 1 m. Năng suất của phương pháp này rất cao.



Hình 5-3. Sơ đồ nắn thẳng trên máy cán ren phẳng.

c) *Gia công phá*. Mục đích của gia công phá là bóc đi lớp vỏ ngoài của các loại phôi có bề mặt quá xấu (rỗ, đinh cát, hóa cứng, nứt v.v...) và có sai lệch quá lớn. Những phôi thép đúc muốn đưa vào rèn, dập lại có trường hợp phải bóc đi lớp vỏ ngoài.

Máy công cụ dùng để gia công phá cần có công suất lớn, độ cứng vững cao để đạt được năng suất cao, còn độ chính xác thì không cần cao lắm.

Ngoài ra việc gia công phá còn hay kèm theo va đập, tỏa nhiệt lớn, dao chóng mòn v.v... do đó không nên kết hợp gia công phá cùng nguyên công với gia công bán tinh và gia công tinh trên một máy.

Khi sản lượng nhỏ, việc gia công phá có thể tách riêng để gia công trên một vài máy cũ trong phân xưởng cơ khí. Khi sản lượng lớn việc gia công phá được thực hiện trên các máy chuyên dùng đặt ở phân xưởng gia công chuẩn bị phôi.

d) *Cắt đứt phôi*. Cắt đứt phôi là một nguyên công gia công chuẩn bị phôi. Ví dụ, cắt thép thanh, thép ống thành từng đoạn ứng với chiều dài của phôi hoặc với bộ số của nó, hoặc cắt các đậu ngót, đậu rót của các phôi đúc.

Khi chọn phương pháp cắt đứt phải xét đến một số yếu tố sau đây:

- Độ chính xác cắt đứt như độ chính xác chiều dài phôi, độ phẳng và độ thẳng góc của mặt cắt với đường tâm của phôi.

- Bề rộng miệng cắt lớn hay bé có liên quan đến chi phí vật liệu nhiều hay ít nhất là đối với những kim loại quý.

- Năng suất cắt.

Các phương pháp cắt đứt phôi:

- Cưa tay.

- Cắt đứt trên máy cưa cần.

Cắt đứt bằng cưa dĩa, cưa dai.

Cắt đứt bằng bánh ma sát.

Cắt đứt bằng bánh mài.

- **Cắt đứt trên máy tiện.**

- Cắt đứt trên máy cắt chuyên dùng.

- Cắt đứt bằng phương pháp cực dương cơ khí.

- Cắt đứt bằng khí ôxy.

- Cắt đứt bằng hồ quang v.v.

Tùy theo loại phôi, sản lượng và điều kiện về cơ sở vật chất kỹ thuật của xí nghiệp mà chọn phương pháp cắt sao cho đảm bảo năng suất cao, đạt được các yêu cầu kỹ thuật của phôi và tiết kiệm nguyên vật liệu, giảm chi phí chế tạo.

Sau đây là một số đặc điểm chính của các phương pháp cắt đứt phôi.

- *Cắt phôi bằng cưa tay.* Cắt phôi bằng cưa tay có năng suất thấp, tốn nhiều công sức, miệng cưa khó

thẳng. Tuy nhiên có thể tiết kiệm được vật liệu vì miệng cưa hẹp, không đòi hỏi thiết bị phức tạp ngoài cái cưa thép đơn giản.

• *Cắt phôi trên máy cưa cần*. Máy cưa cần có kết cấu đơn giản, dễ sử dụng, một công nhân có thể đứng nhiều máy, miệng cưa tương đối hẹp ($1\div2,5\text{ mm}$). So với cưa tay thì năng suất cao hơn nhiều, giảm cường độ lao động cho công nhân. Nhược nếu so với các phương pháp cưa khác thì cắt đứt trên máy cưa cần có năng suất thấp hơn vì tồn tại hành trình chạy không của lưỡi cưa.

Máy cưa cần là thích hợp với các xí nghiệp qui mô nhỏ vì vốn ít, dễ sử dụng và chiếm diện tích sản xuất không lớn.

• *Cắt đứt bằng cưa đĩa*. Khi cắt đứt bằng dao cưa đĩa có thể đạt năng suất cao, chất lượng mặt cắt tốt song miệng cắt rộng. Sở dĩ cắt đứt bằng cưa đĩa có những đặc điểm trên vì dao cưa đĩa có đường kính lớn $D = 275\div2000\text{ mm}$, chiều dày từ $3\div15\text{ mm}$ và được quay tròn liên tục.

Có hai cách chạy dao khi cắt đứt bằng cưa đĩa:

- *Cắt với lượng tiến dao S không đổi*. Khi cắt phôi tròn, (sơ đồ gá đặt như trên hình 5-4 a) càng gần vào tâm của phôi, tiết diện cắt càng tăng lên, lực cắt càng lớn, như vậy công suất cắt sẽ thay đổi từ bé nhất đến lớn nhất rồi lại trở về bé nhất. Do đó ở giai đoạn đầu và giai đoạn cuối máy làm việc không hết công suất.

- *Cắt với lượng tiến dao thay đổi*. Để phát huy hết công suất của máy, người ta sử dụng cơ cấu chạy dao bằng dầu ép. Cơ cấu này có thể điều khiển lượng tiến dao sao cho công suất cắt bằng hằng số và bằng khả năng có thể của máy. Muốn vậy lúc đầu lượng tiến dao sẽ nhanh (S_{\max}) và nhỏ dần, khi tiết diện cắt qua tâm thì lượng tiến dao sẽ là nhỏ nhất (S_{\min}) và sau đó lại tăng dần.

Nếu cắt phôi tròn, phôi định hình kích thước nhỏ có thể gá để cắt một lần nhiều phôi như hình 5-4 b.

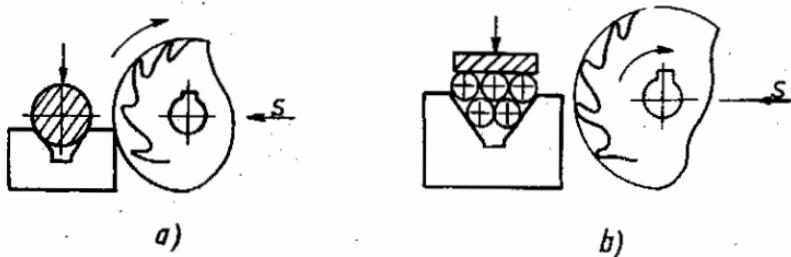
Lượng tiến dao đổi với 1 răng của cưa đĩa có thể sử dụng trong khoảng $0,01 \div 0,03 \text{ mm/răng}$.

Tốc độ cắt thép: $v = 12 \div 30 \text{ m/ph}$

cắt gang: $v = 8 \div 13 \text{ m/ph}$

cắt kim loại màu: $v = 100 \div 200 \text{ m/ph}$.

Cắt đứt bằng cưa đĩa thường sử dụng trong sản xuất hàng loạt lớn.



Hình 5-4 So sánh hai cách gá phôi khi cắt bằng cưa đĩa.



Hình 5-5 Cưa đai.

• *Cắt đứt bằng cưa đai*. Cắt đứt bằng cưa đai là phương pháp cắt liên tục, có năng suất cao hơn so với khi cắt trên máy cưa cần nhưng thấp hơn so với khi cắt bằng cưa đĩa vì lưỡi cưa có độ cứng vững kém, dễ đứt, gãy, khó chế tạo. Chiều dài cắt lại bị hạn chế và nhỏ hơn khoảng cách B của hai bên lưỡi cưa (hình 5-5). Tuy vậy miệng cắt nhỏ ($1 \div 1,5 \text{ mm}$), chất lượng mặt cắt tốt, trong một số trường hợp có thể không cần gia công lại hai mặt đầu phôi. Cưa đai thường dùng để cắt

đậu ngọt, đậu rót của các vật đúc bằng kim loại màu trong dạng sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

• *Cắt đứt bằng bánh mài*. Cắt đứt bằng phương pháp này có thể đạt độ chính xác cao, chất lượng mặt cắt cao, sau khi cắt có thể không cần gia công lại. Nó thường được sử dụng để cắt đứt các loại thép cứng, thép đã tôi ở phân xưởng dụng cụ trong dạng sản xuất hàng loạt lớn. Năng suất cắt so với phương pháp cắt bằng cưa đĩa tuy không cao hơn nhưng chất lượng mặt cắt lại tốt hơn và có thể tiết kiệm được vật liệu gia công vì chiều dày bánh mài chỉ khoảng $1\div3\text{ mm}$ nên miệng cắt khá hẹp.

• *Cắt đứt bằng bánh ma sát*. Khi cắt bằng phương pháp này, dụng cụ cắt là một đĩa phẳng có chiều dày bằng $1,5\div3\text{ mm}$ và đường kính bằng $300\div1500\text{ mm}$.

Mặt tròn của đĩa có khía, khi quay tròn nó tiếp xúc với phôi phát ra lượng nhiệt lớn làm cho kim loại bị nóng chảy và bị cắt đứt, trong khi đó thì đĩa được làm nguội bằng cách ngâm một phần trong thùng nước hoặc được tưới liên tục bằng một vòi nước (nhưng không tưới vào vị trí cắt). Vật liệu dụng cụ có thể mềm hơn vật liệu cắt.

Phương pháp này có năng suất khá cao, không cần những lưỡi cưa đát tiền nên giá thành nguyên công hạ. Tuy nhiên nhược điểm của nó là độ chính xác thấp, ồn ào và phải có biện pháp an toàn tốt.

• *Cắt đứt trên máy tiện*. Việc cắt đứt trên máy tiện có thuận lợi là có thể thực hiện chung trên một lần gá cùng với các bước công nghệ khác như gia công lỗ tâm, tiện ngoài v.v... Nhờ vậy mà độ chính xác về vị trí tương quan giữa mặt đầu và lỗ tâm, giữa mặt đầu với mặt ngoài cao hơn.

Có thể cắt đứt trên máy tiện vạn năng thông thường hoặc máy tiện rovönve... Có thể dùng loại máy khá lớn để cắt các vật đúc có đường kính từ $600\div3200\text{ mm}$.

Hai hiện tượng thường thấy khi cắt đứt bằng dao tiện trên máy là:

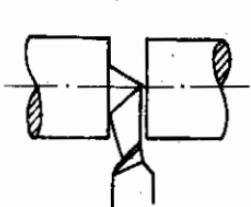
Khi cắt gần đứt phôi bị gãy, rơi ra, còn để lại một vấu nhỏ ở mặt đầu. Vì vậy phải gia công lại hoặc sửa nguội bề mặt này.

Khi đường kính vật cắt càng lớn thì dao càng phải thò dài ra, độ cứng vững của dao càng kém và điều kiện cắt càng xấu đi, dễ sinh rung động làm cho bề mặt cắt không nhẵn.

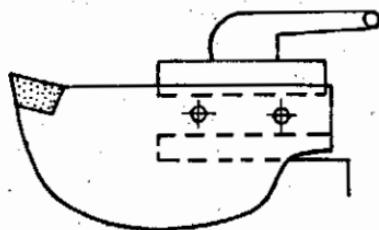
Để khắc phục hiện tượng thứ nhất có thể mài lưỡi cắt chính nghiêng đi một góc (hình 5-6) chọn kết cấu dao cho hợp lý, hàn dao vững chắc.

Hiện tượng thứ hai có thể khắc phục bằng cách sử dụng kết cấu dao như hình 5-7 nhằm nâng cao độ cứng vững của dao. Chú ý là dao được lắp vào bên cạnh của giá dao.

Cắt đứt bằng dao tiện trên máy tiện có năng suất thấp, miệng cắt lớn ($3\div 7\text{ mm}$), dao dễ bị gãy. Có thể dùng phương pháp này để cắt đứt vật liệu thanh tiết diện tròn hoặc tiết diện định hình.



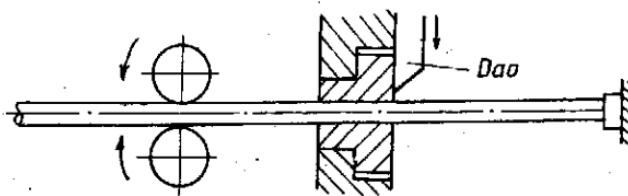
Hình 5-6. Mài vát lưỡi cắt chính.



Hình 5-7. Kết cấu dao nâng cao độ cứng vững.

• *Cắt đứt trên máy chuyên dùng*. Các loại phôi thanh, phôi tấm có thể được cắt đứt trên máy cắt chuyên dùng. Phương pháp cắt này có năng suất rất cao, nhưng miệng

cắt không chính xác. Việc cắt đứt phôi trên máy cắt chuyên dùng thường được sử dụng ở phân xưởng rèn. Khi cắt phôi thanh, đường kính vật cắt không được lớn quá. Sơ đồ cắt phôi dây có thể trình bày đơn giản như hình 5-8.



Hình 5-8. Sơ đồ cắt phôi dây.

Ngoài ra còn có thể cắt đứt bằng phương pháp cực dương cơ khí khi cần cắt kim loại có độ cứng cao và các hợp kim cứng. Cắt bằng hõn hợp ôxy và axetylen có thể đạt năng suất cao, cắt được nhiều hình dáng khá phức tạp từ thép tấm, nhưng nhược điểm cơ bản của nó là chất lượng mặt cắt kém, độ chính xác không cao.

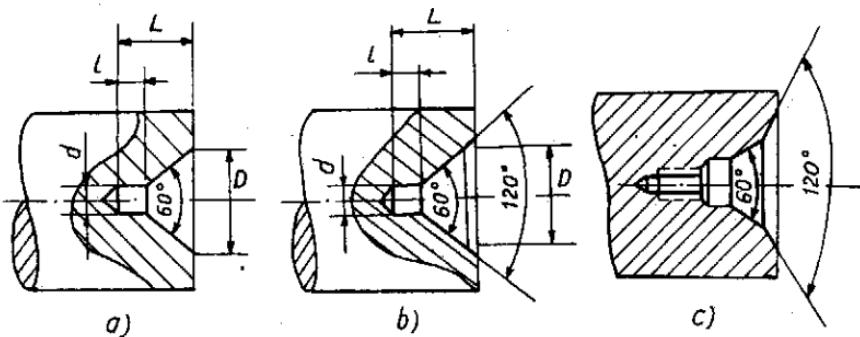
e. *Gia công lỗ tâm*. Lỗ tâm là một loại chuẩn tinh phụ thống nhất để định vị chi tiết dạng trục trong nhiều lần gá hoặc nhiều nguyên công khác nhau. Lỗ tâm không những dùng làm chuẩn trong quá trình gia công mà còn dùng cả trong quá trình kiểm tra và sửa chữa sau này.

Dùng lỗ tâm làm chuẩn sẽ giúp cho việc gá đặt được nhanh chóng, đảm bảo tốt kích thước đường kính và đảm bảo độ đồng tâm giữa các phần trục có đường kính khác nhau mặc dù phải qua nhiều lần gá.

Lỗ tâm có nhiều loại nhưng thường dùng các loại sau đây (hình 5-9).

Kiểu (a) là kiểu đơn giản nhất, góc côn của mặt ty thường là 60° , chỉ trong trường hợp chi tiết lớn mới

dùng loại có góc côn lớn hơn (75° hoặc 90°). Lỗ có đường kính d để cho đầu mũi tâm thoát còn phần côn của mũi tâm tì sát vào lỗ côn.



Hình 5-9. Các loại lỗ tâm.

Kiểu (b) có thêm phần côn vát 120° để lỗ tâm khỏi bị sứt mẻ ở mép ngoài, đồng thời còn có thể cho phép gia công suốt cả mặt đầu của trục.

Kiểu (c) còn có thêm phần ren ở lỗ tâm để khi sử dụng xong lỗ tâm dùng một nút có ren vặn vào đó nhằm bảo vệ lỗ tâm không bị hư hỏng.

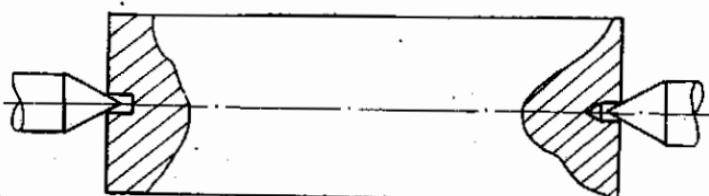
Hai kiểu sau (b và c) áp dụng trong những trường hợp mà lỗ tâm được dùng trong thời gian dài.

Vì lỗ tâm là chuẩn được dùng lâu dài nên yêu cầu kỹ thuật khi gia công khá cao. Những yêu cầu cơ bản của lỗ tâm như sau:

- Lỗ tâm phải là mặt tựa vững chắc của chi tiết, diện tích tiếp xúc phải đủ, góc côn phải chính xác, độ sâu lỗ tâm phải đảm bảo.

- Lỗ tâm phải nhẵn bóng (phần côn 60°) để chống mòn và giảm bớt biến dạng tiếp xúc, tăng cường độ cứng vững.

- Hai lỗ tâm phải nằm trên một đường tâm để tránh tình trạng mũi tâm tiếp xúc không đều nên chống mòn và làm cho mặt trụ sẽ gia công không thẳng góc với mặt đầu (hình 5-10).



Hình 5-10. Độ đồng tâm của hai lỗ tâm.

Để gia công lỗ tâm, tùy theo từng điều kiện cụ thể mà phải dùng các phương pháp khác nhau.

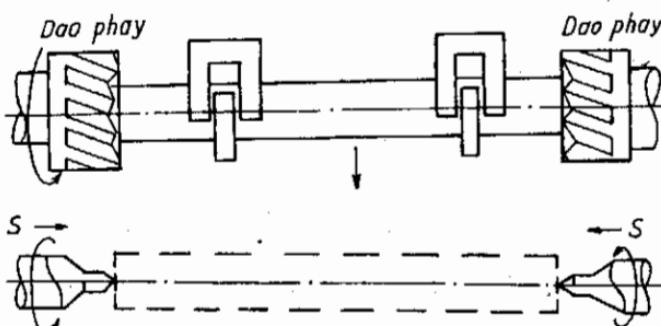
Trong sản xuất nhỏ người ta có thể gia công lỗ tâm trên các máy vạn năng thông thường (máy tiện, máy khoan). Có thể dùng mũi khoan nhỏ khoan trước phần trụ sau đó dùng mũi khoan lớn khoét thêm phần côn, nếu không có mũi khoan tâm chuyên dùng.

Đối với các chi tiết lớn có thể dùng phương pháp gia công lỗ tâm theo dấu.

Sai lệch về vị trí tương quan của hai lỗ tâm khi gia công bằng phương pháp nói trên thường là do trót dấu chi tiết để gia công lỗ thứ hai gây ra. Còn sai số hình dáng của lỗ tâm là do dụng cụ gia công không chính xác.

Trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, việc gia công lỗ tâm được thực hiện trên máy chuyên dùng. Trên các máy này chi tiết được gá đặt trên hai khối V tự định tâm và có thể gia công được hai lỗ tâm đồng thời. Ngoài ra còn có thể dùng loại máy liên hợp vừa phay mặt đầu vừa khoan lỗ tâm.

Dường tâm của chi tiết được gá thẳng góc với phương chạy dao khi phay. Sau khi phay xong bàn máy mang chi tiết di chuyển đến vị trí khoan **tâm** (hình 5-11). Do đó độ chính xác đạt được cao hơn.



Hình 5-11. Sơ đồ gá, gia công hai lỗ tâm trên máy liên hợp.

Trong quá trình công nghệ, dù lỗ tâm được chế tạo bằng phương pháp nào thì sau khi nhiệt luyện trực vẫn bị biến dạng, vị trí của hai lỗ tâm vẫn có sai số. Vì vậy trước khi gia công tinh cần thiết phải sửa lại lỗ tâm để đảm bảo đúng hình dạng và các yêu cầu khác. Muốn sửa lại lỗ tâm, phải dùng đá mài hình côn hoặc nghiền bằng bột mài.

2. Đặc trưng các phương pháp gia công cắt gọt

Trong giai đoạn hiện tại có nhiều phương pháp gia công để biến đổi hình dạng, kích thước của phôi thành chi tiết yêu cầu. Tuy vậy các phương pháp gia công cắt gọt (gia công cơ) vẫn chiếm phần chủ yếu.

Đặc điểm chung của các phương pháp này là dùng những lưỡi cắt tác dụng vào phôi liệu một lực cần thiết để tách phôi ra khỏi nó và tạo thành hình dạng, kích

thước cần thiết. Gia công bằng cát gọt có nhiều phương pháp khác nhau, mỗi phương pháp có khả năng đạt chất lượng và năng suất nhất định và được sử dụng trong phạm vi thích ứng. Do đó người công nghệ phải nắm chắc được những đặc điểm cơ bản và những biện pháp cần thiết của từng phương pháp mới có thể vận dụng được một cách linh hoạt khi giải quyết những vấn đề công nghệ cụ thể nhằm đạt được các mục tiêu kinh tế kỹ thuật có hiệu quả nhất.

Các nguyên công cát gọt chủ yếu là: tiện, phay, bào, khoan, khoét, doa, tarô, chuốt, mài, nghiền, khôn v.v...

2.1- Tiện

Tiện là một phương pháp gia công cát gọt thông dụng nhất, nó tạo nên hình dạng mặt gia công bằng hai chuyển động gọi là chuyển động tạo hình. Chuyển động quay tròn của chi tiết (trong một số trường hợp sẽ là của dao) là chuyển động chính. Di chuyển thẳng là chuyển động chạy dao nhằm giúp cho chuyển động chính tạo nên chiều dài cần thiết của mặt gia công.

Tiện thường được thực hiện trên máy tiện. Trong sản xuất nhỏ đôi khi còn thực hiện trên máy phay (gia công lỗ), máy khoan. Đối với các chi tiết lớn, dạng hộp còn có thể tiện lỗ trên máy doa ngang, doa đứng. Tuy vậy máy tiện là một loại máy có công dụng rộng rãi và hầu như được trang bị cho tất cả các cơ sở sản xuất cơ khí dù là nhỏ. Tỷ lệ nhóm máy tiện trong một cơ sở sản xuất thường là cao nhất, khoảng $25\div50\%$, vì ngoài nguyên công tiện, trên máy tiện còn có thể khoan, khoét, doa, tarô v.v...

Dao tiện có kết cấu đơn giản, thường dao chỉ có một vài lưỡi cát thẳng. Riêng dao tiện định hình lưỡi cát có thể cong tùy theo hình dạng bề mặt cần tạo nên.

Khi thực hiện nguyên công tiện, việc chọn máy, dao không thể tùy tiện mà phải căn cứ vào yêu cầu kỹ thuật và năng suất cần đạt. Do đó phải nắm chắc khả năng công nghệ cũng như các biện pháp thực hiện mới giải quyết được những vấn đề kể trên.

a. *Khả năng công nghệ của phương pháp tiện.* Tiện có thể tạo được nhiều dạng bề mặt khác nhau như các mặt trụ, mặt côn (cả trong lẫn ngoài), các mặt đầu, mặt định hình tròn xoay, ren trong và ngoài v.v... như trên hình 5-12. Khối lượng công việc tiện chiếm khoảng 30-40% toàn bộ khối lượng gia công cơ khí.

Dộ chính xác của nguyên công tiện phụ thuộc vào các yếu tố chính sau đây:

- Độ chính xác bản thân máy tiện như độ đảo trực chính, sai lệch hoặc độ mòn của sống trượt, độ lệch tâm giữa ụ trước và ụ sau v.v...

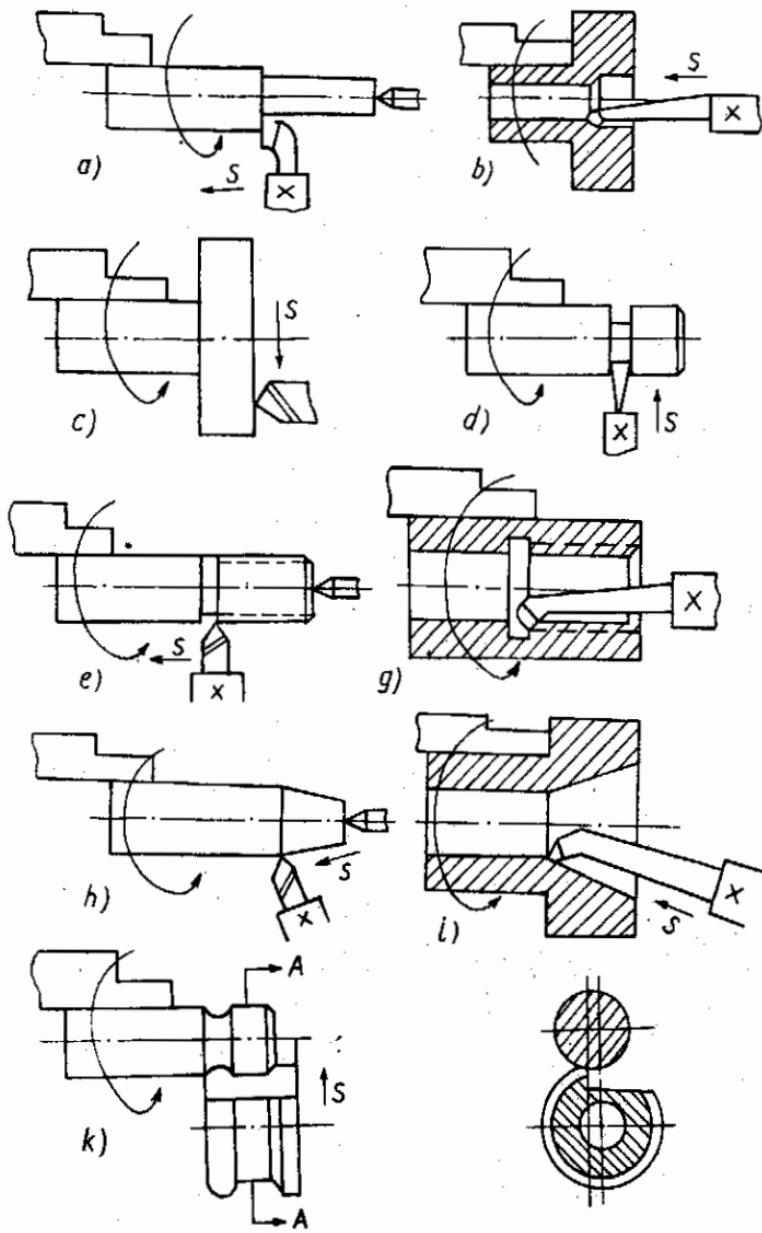
- Độ cứng vững của hệ thống công nghệ.

- Tình trạng dao cụ.

- Trình độ tay nghề của công nhân.

Trình độ tay nghề của công nhân trong nhiều trường hợp có ý nghĩa quyết định như khi gia công bằng phương pháp cát thử. Khi gia công bằng phương pháp cát thử người công nhân không những phải biết điều chỉnh máy chính xác, biết mài dao, biết gá đặt chính xác, mà còn phải biết khống chế lượng dư cho từng bước, sao cho đến lượt cát cuối cùng thì lượng dư phải vừa đủ. Nếu lượng dư nhỏ hơn 0,01 thì không thể cát được mà sinh ra hiện tượng trượt, ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm.

Tùy theo vị trí mặt gia công (mặt trong, mặt ngoài, mặt đầu), phương pháp gia công (tiện thô, bán tinh hoặc tiện tinh) chất lượng của chi tiết gia công có thể đạt được khác nhau (bảng 5-1). Khi tiện ren độ chính xác có thể đạt tới cấp 7 và độ nhám bề mặt $R_a = 25\mu m$, đôi khi có thể đạt tới $R_a = 1,25\mu m$.



Hình 5-12. Khả năng công nghệ của phương pháp tiện.

Bảng 5-1.

Độ chính xác gia công mặt trục và mặt đầu trên máy tiện

Dạng bề mặt gia công	Độ chính xác kích thước (TCVN)	Chiều cao nhấp nhô (μm)	
		R_z	R_a
- Tiện ngoài:			
thô	13-12	80	-
bán tinh	11-9	40-20	-
tinh	8-7	-	2.5
tiện mỏng	7-6	-	1.25-0.63
- Khoan	12-11	40-20	-
- Khoét:			
thô	12-11	40	-
bán tinh	11	20	-
tinh	9-8	-	2.5
Doa:			
thô	9-8	-	2.5-1.25
tinh	7-6	-	0.63-0.32
mỏng	6	-	0.16
- Tiện trong:			
thô	13-12	80-40	-
bán tinh	11-10	40-20	-
tinh	9-7	-	2.5-0.63
mỏng	6-5	-	0.32-0.08
- Xén mặt đầu:			
thô	12	40	-
tinh	11	20	-
mỏng	8-7	-	2.5-1.25

Ghi chú : Các số liệu trong bảng ghi theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN)

Dộ chính xác về vị trí tương quan như độ đồng tâm giữa các bậc của trục, giữa mặt trong và mặt ngoài có thể đạt tới $0,01mm$ tùy thuộc phương pháp gá đặt phôi.

Năng suất gia công của phương pháp tiện phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ chính xác về hình dạng, kích thước và vị trí tương quan của chi tiết, phương pháp gá đặt, vật liệu làm dao, kết cấu dao, vật liệu gia công, dung dịch trơn nguội v.v... Nhìn chung năng suất của phương pháp tiện thấp, nhất là khi gia công các chi tiết có độ cứng vững thấp như trục dài, nhỏ, các ống có thành mỏng, vật liệu mềm, dai như các loại thép không gỉ, các loại thép có hàm lượng cacbon thấp, kim loại màu như nhôm và nhất là đồng đỏ.

Để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, đồng thời nâng cao được năng suất gia công phải có những giải pháp công nghệ thích đáng trong từng trường hợp cụ thể.

b) Các biện pháp công nghệ khi tiện

a. Chuẩn và các phương pháp gá đặt khi tiện. Chuẩn công nghệ khi tiện phụ thuộc vào vị trí của mặt gia công (mặt trong, mặt ngoài, mặt đầu), hình dạng và kích thước chi tiết gia công (dài, ngắn, to, nhỏ), độ chính xác về kích thước cũng như hình dạng hình học và vị trí tương quan. Thông thường khi gia công mặt ngoài, chuẩn có thể là mặt ngoài, mặt trong, hai lỗ tâm, hoặc mặt ngoài, mặt trong phối hợp với mặt đầu. Chuẩn để gia công mặt trong chỉ có thể là mặt ngoài hoặc mặt ngoài phối hợp với mặt đầu. Trong nhiều trường hợp khi gia công các chi tiết dạng hộp, dạng càng v.v.. chuẩn còn có thể là mặt đầu và hai lỗ chuẩn phụ.

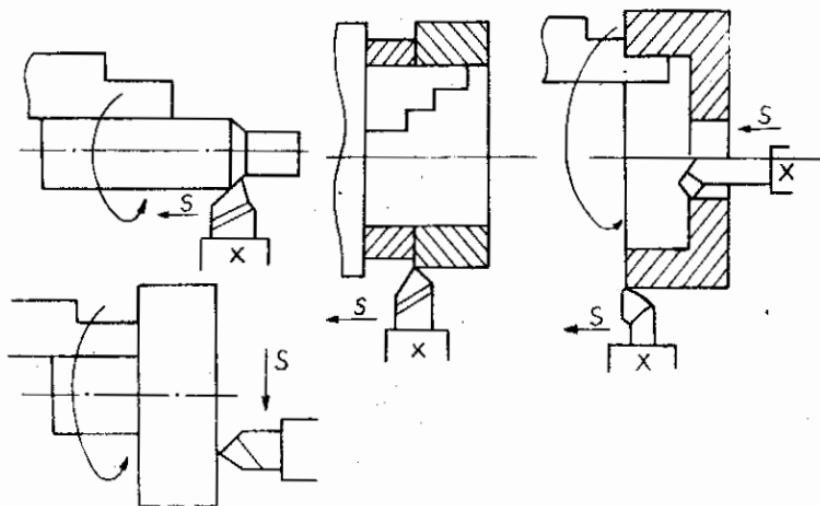
Tùy theo phương pháp chọn chuẩn, khi gia công bằng phương pháp tiện có nhiều cách gá đặt khác nhau như:

- Gá trên mâm c cặp ba chấu tự định tâm (mặt ngoài hoặc mặt trong).

- Gá trên mâm cùp và một đầu chống tâm.
- Gá vào hai lỗ tâm.
- Gá trên mâm cùp bốn chấu không tự định tâm.
- Gá đặt bằng ống kẹp đàn hồi (chuẩn là mặt ngoài hoặc mặt trong).
- Gá trên các mũi tâm lớn.
- Gá trên các loại trục gá (chuẩn là mặt trong).
- Gá đặt trên các loại đồ gá chuyên dùng.

Gá trên mâm cùp ba chấu tự định tâm thường dùng để gia công những chi tiết ngắn, chiều dài của chi tiết $l < 5 d$.

Với phương pháp gá đặt này có thể gia công được mặt ngoài, mặt trong, xén mặt đầu và cát đứt (hình 5-13). Phương pháp gá đặt này tuy đơn giản nhưng năng suất không cao và độ chính xác tự định tâm thấp.

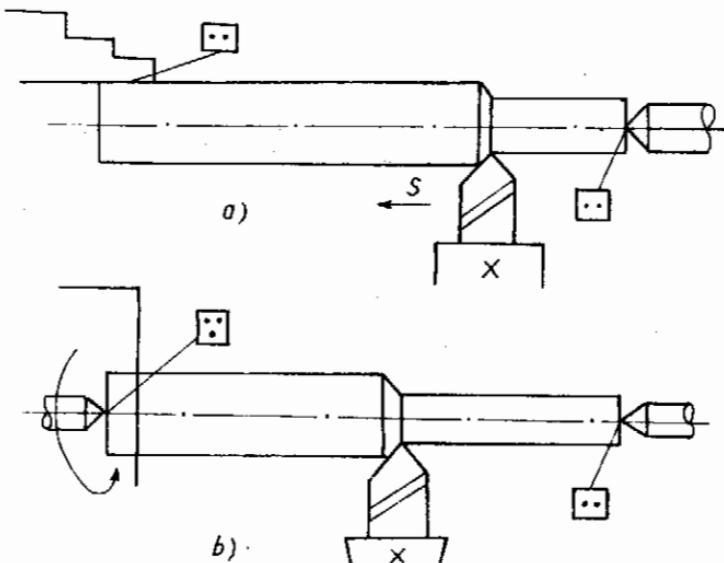


Hình 5-13 Gá trên mâm cùp ba chấu tự định tâm

Muốn đạt độ chính xác định tâm cao thường tốn nhiều thời gian để rá gá. Nếu là mặt chuẩn tinh và các chấu mâm cặp được sửa đúng tâm trước khi gá đặt thì độ chính xác về định tâm có khả năng đạt tới $0,01 \text{ mm}$.

Gá đặt trên mâm cặp ba chấu tự định tâm và một đầu chống tâm hoặc gá vào hai lỗ tâm để gia công những trục có

$$10 \geq \frac{l}{d} \geq 5 \text{ (hình 5-14).}$$



Hình 5-14. a) Gá trên mâm cặp ba chấu tự định tâm và một đầu chống tâm; b) Gá vào hai lỗ tâm.

Gá vào hai lỗ tâm có ưu điểm là thực hiện được việc gá đặt nhanh chóng, đảm bảo được độ chính xác đường tâm qua nhiều lần gá. Nhưng ở đây phải truyền lực bằng tốc, do đó độ cứng vững kém. Vì vậy phải yêu cầu

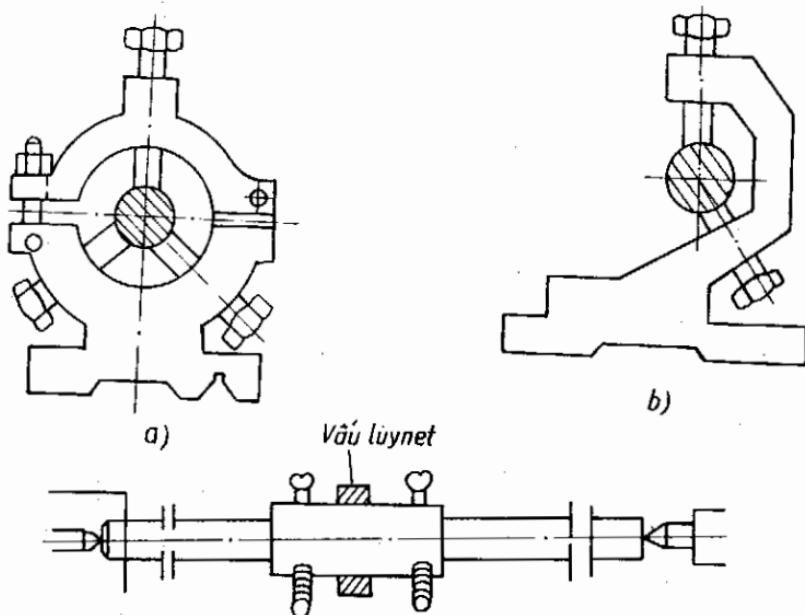
chuẩn bị lỗ tâm tốt nếu không khi cắt với chế độ cắt cao dễ sinh ra rung động làm ảnh hưởng xấu đến độ chính xác gia công.

Trong thực tế sản xuất cách gá một đầu trên mâm cặp ba chấu tự định tâm còn đầu kia chống bằng mũi tâm sau được dùng nhiều.

Đối với những trục dài, yếu ($\frac{l}{d} > 12$) ngoài việc gá trên mâm cặp và một đầu chống tâm hoặc gá trên hai mũi tâm còn có thể dùng luynét để tăng độ cứng vững của chi tiết.

Có hai loại luynét : luynet tĩnh và luynet động (hình 5-15 a, b).

Luynet tĩnh gá cố định trên băng máy. Loại này có độ

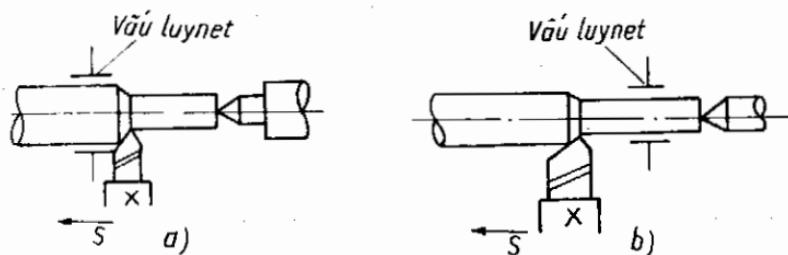


Hình 5-15. Các cách gá dùng thêm luynet.

cứng vững tốt nhưng đòi hỏi phải điều chỉnh các vấu luynet cẩn thận. Bề mặt của chi tiết tiếp xúc với các vấu luynet phải được công trước sao cho tâm của nó trùng với đường tâm của hai lỗ tâm hoặc phần cắp trên mâm cạp và lỗ tâm.

Đối với những trục yếu con thô, có thể lắp vào chi tiết một ống đỡ có mặt trụ ngoài đã được công tinh. Ống này được kẹp chặt vào chi tiết nhờ ba hoặc sáu vít (hình 5-15 c). Trước khi kẹp chặt ống đỡ phải điều chỉnh sao cho tâm mặt ngoài của ống trùng với tâm quay của chi tiết (cũng là đường tâm của trục chính máy tiện). Có như vậy mặt ngoài của ống đỡ mới tiếp xúc tốt với các vấu luynet.

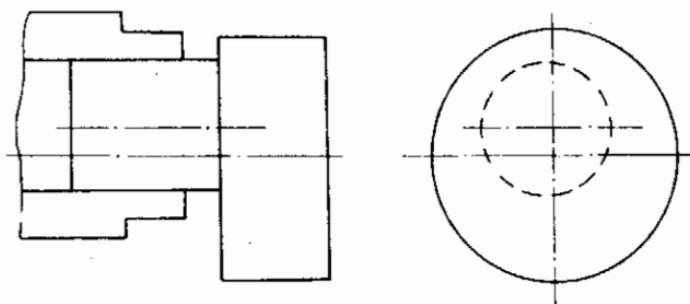
Luynet động có độ vững kém hơn luynet tĩnh nhưng lại có ưu điểm là luôn luôn nằm gần vị trí của dao cắt. Ở vị trí này chi tiết gia công chịu lực lớn nhất vì nó được lắp cố định vào bàn dao và chuyển động cùng với bàn dao, do đó phát huy được tác dụng hơn so với luynet tĩnh. Luynet động thường dùng khi tiện trục trơn. Các vấu của nó tiếp xúc với chi tiết có thể nằm trước hoặc sau vị trí của lưỡi cắt theo hướng tiến dao. Vấu của luynet động chạy trước vị trí của dao cắt chỉ dùng khi tiện tinh hoặc bán tinh (hình 5-16 a), còn luynet động



Hình 5-16. Số dò gá có luynet động.

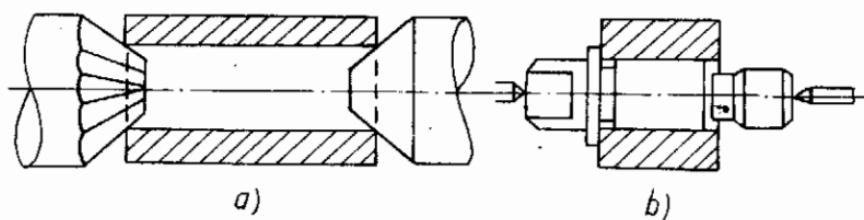
chạy sau có thể dùng cả khi tiện thô lẫn tiện tinh (hình 5-16b).

Mâm cắp bốn chấu (không tự định tâm, điều chỉnh từng vấu một) có thể gá được những chi tiết có hình dáng bất kỳ đồng thời có thể đảm bảo được độ đồng tâm cao khi dùng đồng hồ đo 0,01 để rà (hình 5-17).



Hình 5-17. Sơ đồ gá trên mâm cắp bốn chấu.

Khi gia công mặt ngoài những chi tiết ống, bạc, đĩa có thể dùng các loại mũi tâm lớn để gá đặt. Các loại mũi tâm này vừa dùng để định tâm chi tiết, vừa truyền mômen xoắn thay tốc (hình 5-18 a). Muốn đảm bảo thành ống đều hoặc đảm bảo độ đồng tâm giữa lỗ và

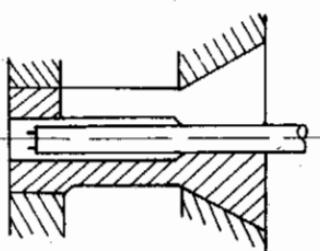


Hình 5-18. Sơ đồ gá bằng các loại mũi tâm lớn (a) và các loại trục gá định vị (b).

mặt ngoài của chi tiết người ta còn dùng các loại trục gá để định vị vào mặt lỗ (hình 5-18 b).

Chấu kep dàn hồi để gá đặt chi tiết gia công có ưu điểm hơn so với các loại mâm cắp vì nó không phá hỏng bề mặt dùng làm chuẩn và kẹp chặt khi gá đặt, đồng thời có thể đạt được độ chính xác định tâm cao hơn ($0,03 \pm 0,05 \text{ mm}$).

Phương pháp gá đặt này thường được dùng trên máy tiện tự động, máy rövônve hoặc máy tiện vạn năng có đồ gá chuyên dùng để gia công những chi tiết có chuẩn là mặt ngoài đã gia công hoặc các loại thép định cỡ có độ chính xác đảm bảo (hình 5-19).

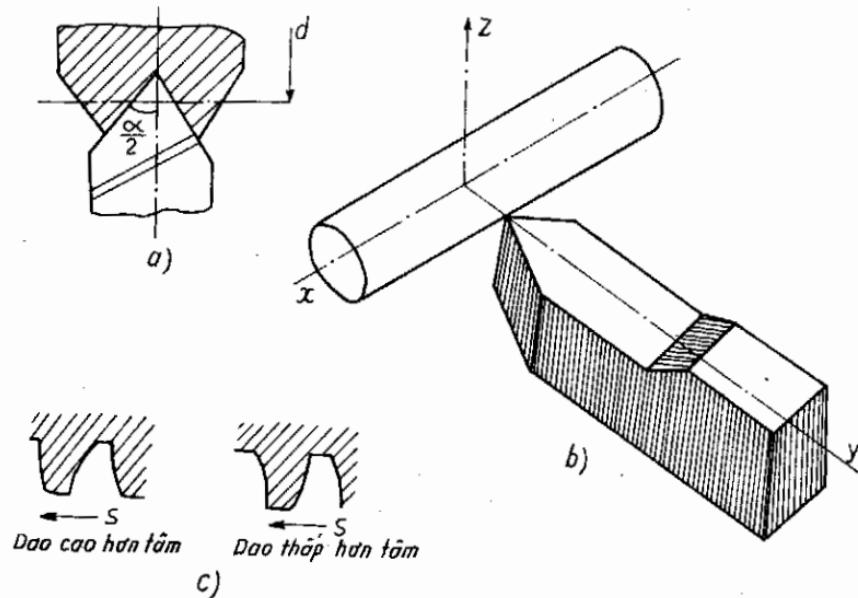


Hình 5-19. Sơ đồ gá dùng chấu kẹp dàn hồi.

Những vấn đề đã phân tích ở trên nêu lên việc chọn chuẩn và phương pháp gá đặt không những có quan hệ rất密切 với thiết kế đến chất lượng sản phẩm mà còn làm cho việc gá đặt dễ dàng, nhanh chóng; thiết kế đồ gá đơn giản, dễ thao tác; gia

công được nhiều bề mặt cùng một lúc; làm giảm được thời gian gia công cơ bản T_o , thời gian phụ T_{ph} và thời gian chuẩn bị kết thúc T_{CBKT} ; góp phần không nhỏ vào việc nâng cao năng suất lao động; hạ giá thành chế tạo sản phẩm. Tuy vậy, khi tiện ren, tiện trục vít các loại, tiện các mặt định hình tròn xoay khác v.v... ngoài việc gá đặt phải chính xác, việc xác định chính xác vị trí tương quan của dao đối với chi tiết gia công cũng góp phần quyết định vào việc đảm bảo chất lượng gia công của sản phẩm. Ví dụ, để đáp ứng được yêu cầu làm việc sau này của ren ngoài, khi gia công phải đảm bảo được

góc định ren α , dạng ren và đường kính trung bình (d_{1b}) theo yêu cầu kỹ thuật đã đề ra (hình 5-20 a). Những yêu cầu trên chỉ có thể thực hiện được khi gá dao chính xác, nghĩa là các lưỡi cát phải nằm trong mặt phẳng ngang đi qua tâm của chi tiết gia công, đường đối xứng của mũi dao phải thẳng góc với đường tâm của chi tiết và mũi dao cách nó một đoạn bằng bán kính của chân ren. (hình 5-20 b).



Hình 5-20. Sơ đồ xác định vị trí tương quan của dao đổi với chi tiết.

Phân tích những yêu cầu trên ta thấy:

- Nếu lưỡi cát đã nằm trong mặt phẳng ngang nhưng không qua tâm của chi tiết (nghĩa là không trùng với mặt phẳng xOy) mà thấp hơn hoặc cao hơn một đoạn là

α nào đó thì dạng ren không phải là đường thẳng và góc α cũng thay đổi, không bằng góc mũi dao (hình 5-20 c).

- Nếu lưỡi cắt đã rời khỏi mặt phẳng ngang xOy mà quay xung quanh trục Ox một góc nhỏ nào đó mặc dù mũi dao vẫn nằm trong mặt phẳng ngang xOy thì hai lưỡi cắt sẽ cao hoặc thấp hơn tâm của chi tiết và kết quả sẽ sinh ra sai lệch tương tự trường hợp trên.

- Nếu mặt phẳng chứa các lưỡi cắt quay xung quanh trục Oy và lệch đi với mặt phẳng xOy một góc nào đó mà mũi dao vẫn nằm trong mặt phẳng đó thì một lưỡi cắt sẽ cao hơn còn lưỡi thứ hai sẽ thấp hơn đường tâm của chi tiết. Điều này không những ảnh hưởng đến dạng ren, góc đỉnh ren α mà còn ảnh hưởng đến cả bước ren S .

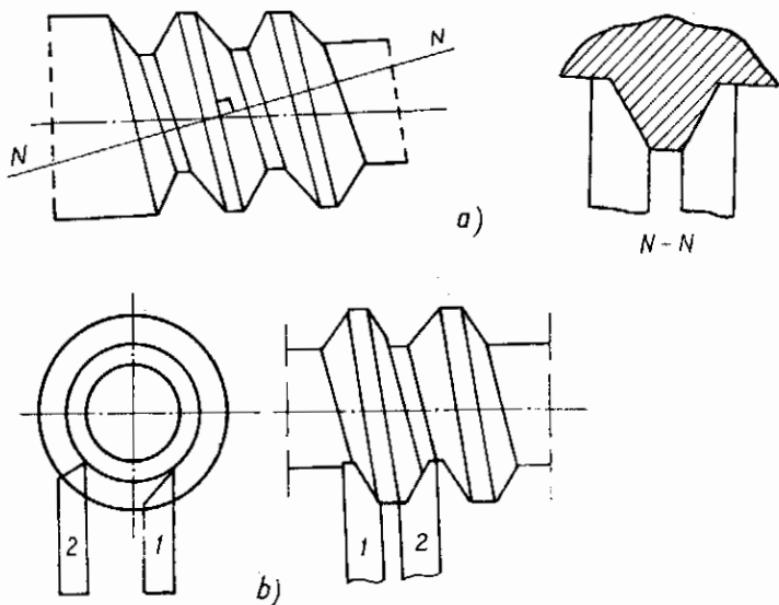
- Trong trường hợp hai lưỡi cắt đã nằm trong mặt phẳng xOy , nhưng đường đối xứng của lưỡi cắt đi qua mũi dao lại không thẳng góc với trục của chi tiết (Ox) nghĩa là toàn bộ lưỡi cắt nằm trong mặt phẳng xOy và quay xung quanh trục Oz , lúc này tuy dạng ren vẫn là đường thẳng nhưng góc đỉnh ren α và bước ren S đã thay đổi.

Tùy theo yêu cầu truyền động, trục vít có thể có các dạng khác nhau như trục vít Acsimet, trục vít đường thẳng hoặc trục vít thân khai. Để tiện các loại trục vít này yêu cầu phải gá đặt dao ở vị trí xác định so với tâm quay của phôi.

Khi tiện trục vít Acsimet, việc gá dao hoàn toàn giống như khi tiện ren. Ngược lại khi gia công trục vít đường thẳng, do yêu cầu tạo hình dao phải được gá đặt sao cho những lưỡi cắt của chúng nằm trong mặt phẳng $N-N$ thẳng góc với đường xoắn vít (mặt chứa prôphiên ràng) như trên hình 5-21 a.

Còn khi tiện trục vít thân khai thì lưỡi cắt lại phải

nằm trong mặt phẳng tiếp xúc với trụ cơ sở của trục vít và mũi dao nằm trên đường tròn chân răng (hình 5-21b). Việc gá dao như vậy tất nhiên sẽ gặp không ít khó khăn nhưng có thuận lợi cơ bản là lưỡi cắt có dạng đường thẳng. Nếu gá dao để các lưỡi cắt nằm trong mặt phẳng ngang qua tâm thì lưỡi cắt phải có dạng đường cong và việc chế tạo loại dao này còn phức tạp hơn nhiều, tốn nhiều công sức hơn và khó đảm bảo chính xác.



Hình 5-21. Sơ đồ gá đặt khi gia công trục vít.

Chọn dụng cụ cắt và chế độ cắt. Dụng cụ cắt và chế độ cắt liên quan rất nhiều đến chất lượng và năng suất gia

công. Người công nghệ không những phải biết cách gá đặt sao cho hợp lý mà còn phải biết sử dụng dụng cụ cắt thích hợp và xác định chế độ cắt hợp lý trong từng trường hợp cụ thể tùy theo vật liệu gia công, hình dạng, kích thước của chi tiết và phôi liệu ban đầu. Khi tiện tinh, nhất là khi tiện mỏng ngoài việc chọn vật liệu và các yếu tố hình học của phần cắt, còn phải chuẩn bị kỹ lưỡng chất lượng của lưỡi cắt mới mong đạt được chất lượng gia công và có hiệu quả kinh tế. Những kiến thức này đã được cho trong các giáo trình :"Nguyên lý cắt, thiết kế dao" v.v... và trong các chương trước của giáo trình này.

Khi tiện thô, lực cắt lớn cần chọn phần cắt đủ cứng vững, có khả năng chịu lực lớn. Chọn t , S lớn để giảm số lần cắt, giảm chiều dài đường cắt và nâng cao được năng suất. Ngược lại khi tiện tinh phải chọn t vừa đủ, vì nếu quá lớn thì nhiệt cắt sẽ lớn, ảnh hưởng đến chất lượng gia công; còn lượng S phải phù hợp với độ nhám bề mặt cần đạt được, S cũng không nên quá nhỏ để ảnh hưởng đến năng suất mà đôi khi còn bị trượt, gây rung động ảnh hưởng đến chất lượng gia công. Ngoài ra cần thiết phải tưới dung dịch trơn nguội tạo điều kiện cắt tốt để có thể nâng cao chất lượng và năng suất gia công.

Để tiện mỏng gia công lần cuối, có thể dùng dao hợp kim cứng hoặc dao kim cương, lưỡi cắt phải mài cẩn thận để đạt độ thẳng cao và độ bóng lưỡi dao cao, lượng S và t nhỏ còn vận tốc cắt v trái lại khá cao.

Khi cắt với $S = 0,01 \div 0,02 \text{ mm/vòng}$; $t = 0,05 \div 0,3 \text{ mm}$; $v = 120 \div 130 \text{ m/ph}$ (gia công kim loại đen) và $v \approx 1000 \text{ m/ph}$ (gia công kim loại màu) thì lực cắt $P_c \leq 100 \text{ N}$ ($\approx 10 \text{ kG}$) (biến dạng đàn hồi coi như không đáng kể).

Nếu dao được mài bằng đá kim cương có độ hạt ≥ 120

với góc sau $\alpha = 8 \div 15^\circ$, góc trước $\gamma = 0 \div 10^\circ$; $\varphi = 45 \div 90^\circ$ và bán kính đầu dao $r = 0,25 \div 1\text{mm}$, dao lại bắt cao hơn tâm chi tiết khoảng $0,01\text{ mm}$ và được kiểm tra vị trí dao bằng đồng hồ so thì có khả năng cắt được lớp phoi tới $2\text{ }\mu\text{m}$ ngay cả khi ở nhiệt độ cao mà tuổi bền của dao vẫn cao tới $50 \div 60\text{ h}$. Ví dụ dùng dao này gia công các chi tiết có đường kính $d \leq 100\text{ mm}$ chiều dài $L = 400\text{mm}$ đạt chính xác tới $5 \div 8\text{ }\mu\text{m}$, $R_s = 1 \div 4\text{ }\mu\text{m}$ (trong khi tiện tinh thường có $R_s = 2,5 \div 6\text{ }\mu\text{m}$). Nói chung tiện mỏng có thể đạt độ chính xác tới cấp 5 và $R_s = 1,6\text{ }\mu\text{m}$ ($R_a = 0,32\mu\text{m}$), độ ô van khoảng $3 \div 4\text{ }\mu\text{m}$.

Khi cần gia công đạt độ chính xác cao có thể cắt làm hai đường chuyển dao trên một lần gá với lượng dư cho mỗi đường chuyển dao phân bố như sau:

$$Z_{b_1} = 2/3 Z_b \text{ và } Z_{b_2} = 1/3 Z_b \text{ với } Z_b = 0,3 \div 0,4\text{ mm.}$$

Trong trường hợp này có thể gá hai dao cắt liên tục để nâng cao năng suất mà vẫn đảm bảo được chất lượng.

Khi tiện mỏng bằng dao kim cương có thể không cần tuồi dung dịch trơn nguội, ngược lại khi tiện bằng dao hợp kim cứng vì khả năng chịu nhiệt của nó kém hơn nên nhất thiết phải tuồi dung dịch trơn nguội. Thành phần của dung dịch trơn nguội phụ thuộc và vật liệu gia công. Nếu gia công hợp kim màu và thép, thành phần dung dịch là emunxi có 65% dầu hỏa và 35% dầu khoáng. Khi gia công nhôm dung dịch chỉ là dầu hỏa. Muốn đạt chất lượng gia công tốt thì máy dùng để tiện mỏng phải có độ cứng vững cao và thiết bị đỡ gá phải chính xác.

Các phương pháp cắt khi tiện. Phương pháp cắt có liên quan rất nhiều đến năng suất và chất lượng.

Khi tiện, thô các mặt trụ ngoài có thể cắt theo lớp, cắt từng đoạn và cắt phôi hợp (hình 5-22).

Cắt từng lớp bằng một dao theo thứ tự từ lớp 1 đến lớp 3 (hình 5-22 a). Phương pháp này có độ cứng vững tốt, lực cắt nhỏ nên có thể đạt độ chính xác cao nhưng năng suất lại tương đối thấp.

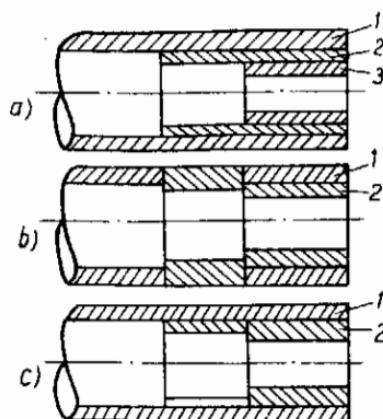
Cắt từng đoạn

như hình 5-22 b. Ở Hình 5-22. Sơ đồ tiện thô các mặt trù ngoài.
đoạn đầu không thể cắt một lần hết lượng dư do đó cắt làm hai lớp 1 và 2. Đoạn 2 cắt đi 1 lớp và đoạn 3 cắt đi 1 lớp. Phương pháp này có năng suất cao nhưng lượng dư lớn và không đều nhau, lực cắt lớn và độ cứng vững bị giảm xuống. Còn phương pháp cắt phối hợp (hình 5-22 c) có thể điều hòa được nhược điểm của hai phương pháp cắt nói trên.

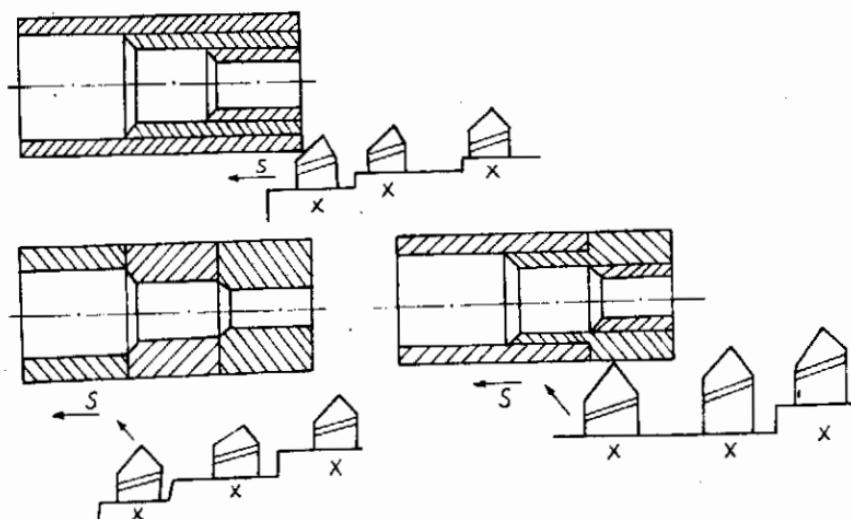
Những sơ đồ trên thường chỉ dùng khi gia công thô. Nếu gia công tinh, hành trình còn tùy thuộc vào cách ghi kích thước, cách chọn chuẩn và độ chính xác yêu cầu.

Trên cơ sở các phương pháp cắt nói trên, để nâng cao năng suất có thể sử dụng biện pháp giảm chiều dài đường cắt (giảm T_c), đồng thời có thể giảm được hành trình chạy dao không bằng cách bố trí cắt nhiều dao cùng một lúc (hình 5-23).

Khi tiện lỗ phương pháp cắt hoàn toàn giống như khi tiện ngoài nhưng nó bị hạn chế bởi kích thước lỗ gia công, do đó bao giờ độ cứng vững cũng thấp hơn, nhất là đối với các lỗ nhỏ, dài. Vì vậy tiện lỗ chỉ có hiệu quả tốt



khi gia công lỗ phi tiêu chuẩn, lỗ to và ngắn, lỗ đúc, rèn sẵn.



Hình 5-23. Sơ đồ cắt nhiều dao cùng một lúc.

Dao tiện lỗ phải có góc sau α lớn hơn so với góc α ở dao tiện ngoài và thường gá dao cao hơn tâm của chi tiết, làm như vậy nhằm tăng góc sau khi cắt, hạn chế sự cọ sát mặt sau của dao vào mặt đã gia công, mặt khác còn có khả năng chống rung.

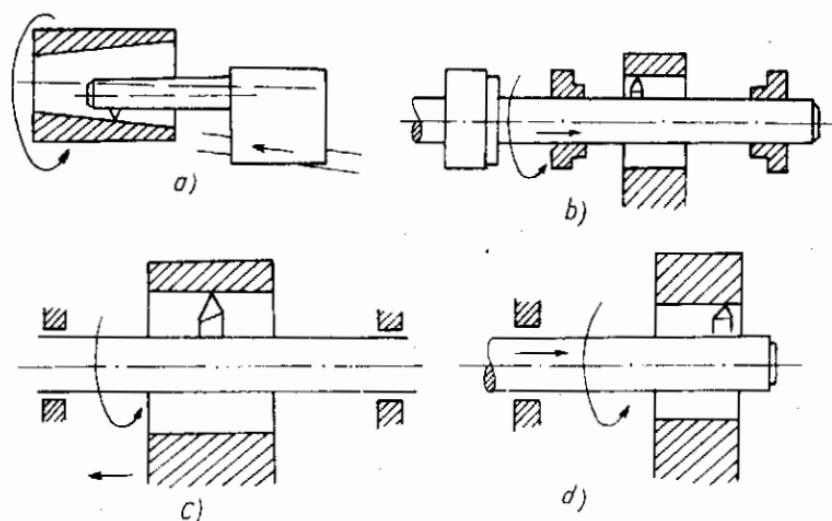
Tiện lỗ chủ yếu thực hiện trên máy tiện và máy doa, đôi khi cả trên máy khoan.

Tiện lỗ trên máy tiện (hình 5-24 a) chỉ dùng để gia công những chi tiết nhỏ, lỗ ngắn hình trụ hoặc côn. Nếu lỗ quá dài, bàn thân chi tiết khi gá đặt có độ cứng vững thấp đồng thời dao phải dài nên yếu.

Tiện lỗ của các chi tiết dạng hộp thường được thực hiện trên máy doa. Khi tiện lỗ trên chi tiết dạng hộp theo sơ đồ hình 5-24 b thì độ cứng vững của trục dao

được đảm bảo tốt vì khoảng cách giữa hai gối đỡ trực dao nhỏ. Tuy vậy độ cứng vững đó thay đổi tùy theo vị trí cắt, do đó có thể gây ra sai số hình dạng hình học, lỗ tiện xong có thể thành hình loa kèn. Khi tiện theo sơ đồ 5-24 c thì độ cứng vững của trực dao nhỏ hơn vì chiều dài của trực dao phải lớn hơn hai lần so với chiều dài lỗ, yêu cầu băng máy phải dài, nhưng lại có ưu điểm là độ cứng vững của trực dao không đổi trong quá trình tiện. Trong sản xuất đơn chiếc, khi gia công những chi tiết dạng hộp nhỏ có thể thực hiện trên máy tiện vạn năng, chi tiết gia công được gá trên bàn dao theo cách gia công trên máy doa.

Khi gia công những lỗ trên thành hộp mà một đầu bên kia kín thì có thể cắt theo sơ đồ của hình 5-24 d. Nếu thành lỗ càng xa mặt đầu, trực dao càng phải dài và độ cứng vững của nó càng kém. Lúc này lỗ gia công



Hình 5-24. Các sơ đồ gá tiện lỗ các chi tiết dạng hộp trên máy doa.

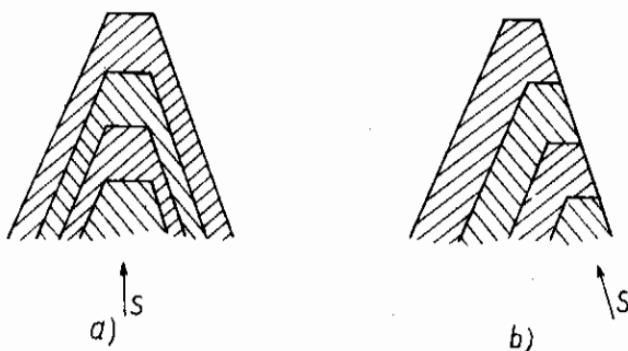
có thể bị lỏe một đầu.

Tiện ren trong cũng như ren ngoài là một phương pháp phổ biến trong sản xuất hàng loạt và đơn chiếc, mặc dù khi cắt ren phải thực hiện làm nhiều đường chuyển dao, do đó năng suất thấp. Nó có thể cắt được cả ba loại ren: ren lắp chặt, ren lắp kín và ren truyền động.

Cho đến nay các phương pháp tiện ren thường được sử dụng là:

- Tiện dao hướng kính (hình 5-25 a). Phương pháp này có thể đạt được độ nhẵn bóng mặt ren cao, nhưng khó thoát phoi nên chỉ có thể sử dụng chế độ cắt tương đối thấp do đó năng suất thấp.

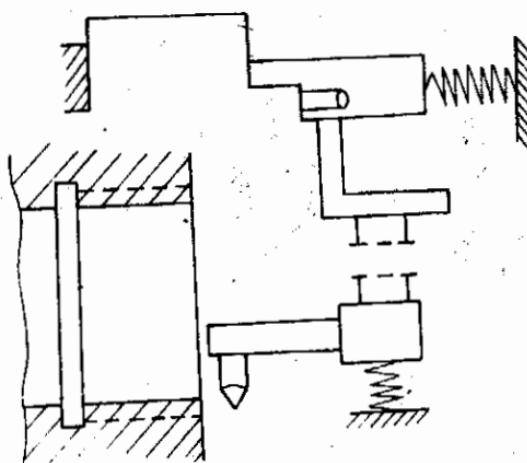
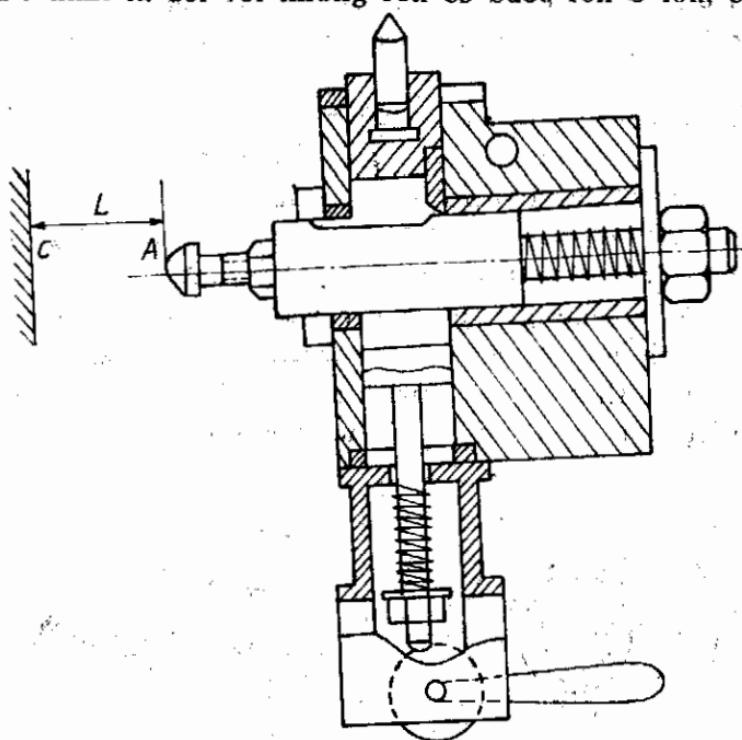
- Tiện dao theo phương pháp tiến dao nghiêng tuy dễ thoát phoi hơn, điều kiện cắt tốt hơn, năng suất cao hơn nhưng độ nhẵn bóng mặt ren lại thấp (hình 5-25 b). Thông thường khi áp dụng kiểu cắt này thì đường chuyển dao cuối cùng vẫn phải tiến dao theo hướng kính mới đảm bảo được độ nhẵn bóng mặt ren.



Hình 5-25. Sơ đồ示意 tiện ren.

Để tăng năng suất tiện ren có thể nâng cao chế độ cắt trong đó chủ yếu là tăng v và t . Nhưng nếu tăng v

và t nhất là đối với những ren có bước ren S lớn, chiều



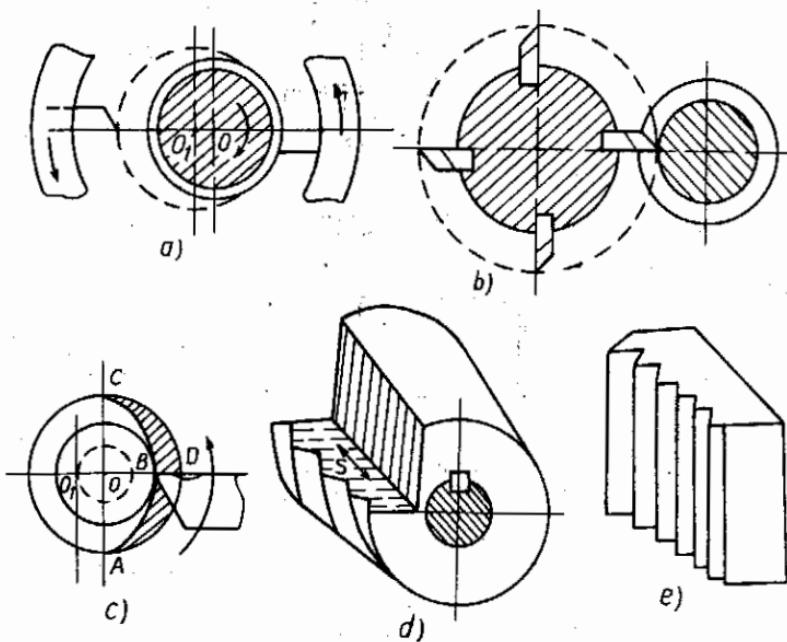
Hình 5-26. Các kết cấu rút dao nhawn khi tén ren.

đai đoạn cắt ren ngắn thì việc rút dao ra thật nhanh để tránh va đập là rất quan trọng. Kết cấu của những cơ cấu rút dao nhanh khi tiện ren được trình bày trên hình 5-26.

Ngoài ra để tăng năng suất khi cắt ren người ta còn dùng phương pháp tiện ren gió lốc (hình 5-27 a và b), tiện ren bằng dao tiện răng lược (hình 5-27 d và e).

Theo sơ đồ cắt như hình 5-27a giả sử vật đứng yên thì dao sẽ cắt đi một lớp kim loại phần lưỡi liềm ABCDA (hình 5-27c), nhưng vì chi tiết còn quay nên cắt được cả vòng quanh chi tiết và tạo thành dạng ren dày dứ.

Cắt ren theo sơ đồ của hình 5-27b thì hoàn toàn tương tự như sơ đồ cắt một dao; ở đây chỉ khác là trên



Hình 5-27. Sơ đồ các phương pháp tiện ren năng suất.

trục dao quay được gá bốn dao, mỗi dao cắt không liên tục nên có thời gian tỏa nhiệt và do đó có thể nâng cao được vận tốc cắt.

Cắt ren bằng dao tiện răng lược cho phép thực hiện được bằng một đường chuyển dao, nhưng chỉ cắt được những ren thông suốt.

Đối với những chi tiết nhỏ, kết cấu phức tạp, nhiều khi cần phải tiện cả trong lỗ ngoài và tiện ren. Để giảm bớt thời gian phụ hoặc cắt được nhiều mặt cùng một lúc bằng nhiều dao khác nhau có thể tiến hành gia công trên máy tiện rovônve, máy tiện bán tự động, máy tiện tự động một hoặc nhiều trục. Khi sử dụng những thiết bị này điều quan trọng là phải chuẩn bị công nghệ chu đáo, lập trình tự gia công hợp lý sao cho thời gian chuyển từ bước này sang bước khác nhanh nhất và đảm bảo được việc hình thành chuỗi kích thước công nghệ hợp lý nhằm giảm được sai số gia công.

Đối với máy tiện rovônve chi tiết có thể gá trên mâm cắp ba chấu hoặc ống kẹp đòn hồi. Đầu rovônve có thể có trục quay thẳng đứng hay nằm ngang và có từ 6 đến 16 vị trí gá dao. Ngoài ra nó còn có một bàn gá dao ngang. Tiện trên máy tiện rovônve không tốn thời gian chạy dao, không phải cắt thử và đo từng chiết mà chỉ cần điều chỉnh cũ một lần. Có thể thực hiện các công nghệ khoan, khoét, doa v.v.. bằng cách chạy dao tự động trong một lần gá đặt phôi.

Độ chính xác khi tiện trên máy tiện rovônve thấp hơn khi tiện trên máy tiện vạn năng, thường chỉ đạt độ chính xác cấp 8, cấp 9. Riêng việc khoan, khoét, doa trên máy tiện rovônve có thể đạt độ chính xác tương đương với gia công trên máy tiện vạn năng.

Vì tốn thời gian điều chỉnh máy nên tiện trên máy rovônve chỉ có hiệu quả khi gia công hàng loạt lớn và



hang khối.

Nếu gọi n là số chi tiết có thể gia công được trên máy tiện rơvônve trong một lần điều chỉnh máy, thì gia công trên máy tiện rơvônve chỉ có hiệu quả khi:

$$n \geq \frac{T_{CBKT}^R \cdot T_{CBKT}^{VN}}{T_{nc}^{VN} \cdot T_{nc}^R}$$

T_{CBKT}^R - thời gian chuẩn bị kết thúc khi tiện trên máy tiện rơvônve.

T_{CBKT}^{VN} - thời gian chuẩn bị kết thúc khi tiện trên máy tiện vạn năng.

T_{nc}^R - thời gian nguyên công khi tiện trên máy rơvônve.

T_{nc}^{VN} - thời gian nguyên công khi tiện trên máy tiện vạn năng.

Máy tiện tự động tuy không có đầu rơvônve nhưng lại có nhiều bàn dao, do đó tác dụng của nó cũng tương tự như máy rơvônve.

Khi tiện trên máy tiện nhiều trục, chi tiết sẽ thay đổi vị trí còn dụng cụ vẫn ở một nơi cố định, do đó có thể cùng một lúc gia công trên nhiều chi tiết nhưng ở mỗi vị trí thực hiện một phần công việc khác nhau. Tổng hợp các vị trí đó, chi tiết được gia công hoàn chỉnh.

Máy tự động nhiều trục thường có 4 đến 6 trục, nghĩa là có từ 4 đến 6 vị trí, trong đó có một vị trí dùng để gá đặt phôi và tháo chi tiết đã gia công xong, những vị trí khác là vị trí cắt, mỗi vị trí có thể có một hoặc nhiều dao. Việc điều khiển tiến dao vào vị trí cắt và lùi dao khi cắt xong được thực hiện nhờ một hệ thống cảm lắp trên một trục phản phôi. Một máy tự động có n trục thì ở thời điểm bất kỳ chỉ có $(n-1)$ trục làm việc còn một trục đứng yên đó là trục nằm ở vị trí gá đặt phôi và tháo chi tiết đã gia công xong.

Máy tự động nhiều trục có ưu khuyết điểm tương tự như máy tiện rơ vòi vành nhưng tốt hơn vì cùng một lúc gia công được nhiều mặt, làm cho thời gian gia công cơ bản T_n của những mặt đó trùng nhau, giảm thời gian T_n để gia công một sản phẩm. Ngoài ra thời gian phụ để gá đặt phôi và tháo chi tiết lại trùng với thời gian gia công, làm cho T_{nc} một lần nữa cũng lại giảm đi.

• *Tiện các mặt định hình.* Tiện định hình có thể gia công được các mặt tròn xoay (mặt tạo nên bởi một đường cong khi nó quay xung quanh một trục cố định), mặt trục lệch tâm hoặc mặt lún. Việc của các loại cam đĩa v.v...

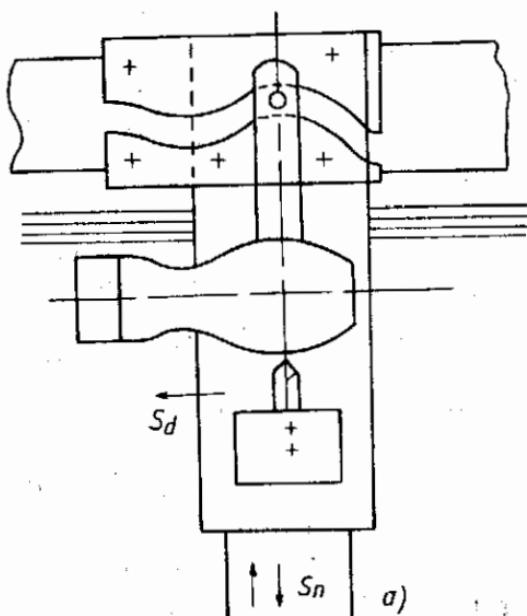
Có hai phương pháp tiện các mặt định hình:

- Dùng dao tiện định hình, trong đó lưỡi cắt của dao là một đường cong hoặc tập hợp những đường cong và đường thẳng như trình bày trên hình 5-12 k.
- Dùng dao tiện thường nhưng thêm cho nó một chuyển động chạy dao hướng kính nhờ cơ cấu chép hình hoặc những thiết bị khác.

Tiện định hình bằng dao định hình chỉ thực hiện với lượng chạy dao ngang. Phương pháp này chủ yếu để gia công những mặt định hình ngắn. Nếu mặt cần cắt quá dài, chiều rộng của lưỡi cắt tăng lên, lực cắt lớn, điều kiện cắt xấu đi, mặt khác chế tạo dao phức tạp, khó đảm bảo chính xác thì giá thành nguyên công rất cao. Gia công mặt định hình bằng dao tiện định hình chỉ dùng khi chiều dài của mặt cần gia công trong khoảng $40 \div 60 \text{ mm}$ với lượng tiến dao ngang rất nhỏ khoảng $0,01 \div 0,1 \text{ mm/vòng}$. Phương pháp này chỉ có thể gia công được mặt định hình tròn xoay.

Phương pháp thứ hai có khả năng công nghệ rộng rãi hơn, không những gia công được mặt định hình tròn xoay mà còn gia công được cả mặt trục lệch tâm, các mặt

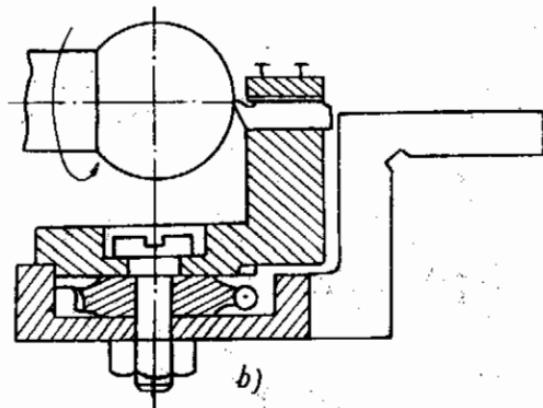
làm việc của cam đĩa (mặt định hình kép có đường sinh song song với tâm quay). Khi gia công mặt định hình tròn xoay bằng phương pháp này thì đường chép hình có thể đặt cố định trên băng máy và nhờ nó thực hiện chuyển động chạy dao



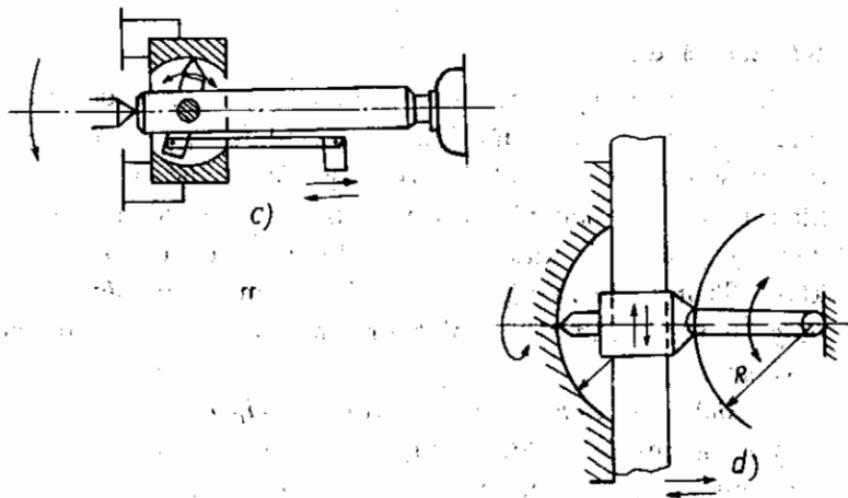
Hình 5-28. Các sơ đồ gá đặt gia công các bề mặt định hình bằng dao tiện thường.

ngang khi bàn dao chạy dọc để tạo hình như trên hình 5-28 a. Trong trường hợp đặc biệt mặt định hình là mặt cầu trong hoặc ngoài người ta có thể thực hiện bằng phương pháp cho dao quay xung quanh một tâm cố định. Tâm đó nằm trên trục quay của chi tiết, khoảng cách giữa tâm này và mũi dao là bán kính của hình cầu. Nếu gia công chỉ một phần của hình cầu thì có thể thực hiện như trên các hình 5-28 b, c, d.

Để gia công mặt lêch tâm, mặt làm việc của các loại cam đĩa thì chuyển động chạy dao ngang để tạo nên những bán kính khác nhau được thực hiện nhờ cam mẫu (hình 5-28 e). Cũng trên nguyên tắc này có thể gia công được các mặt làm việc của cam trên trục cam của động

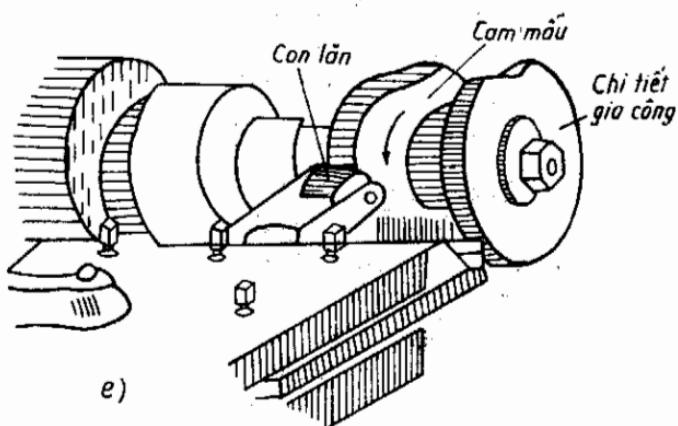


Hình 5-28 b.



Hình 5-28 c, d.

cơ đốt trong. Tiện hớt lưng dao phay mỏđun, dao phay lán răng, dao phay trụ v.v.. đều là những ví dụ điển hình của phương pháp gia công này.



Hình 5-28 e.

2-2. Bào và xọc

Bào và xọc là những phương pháp gia công được dùng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt, nhất là loại nhỏ và trong sản xuất đơn chiếc. Những công việc được thực hiện trên máy bào và máy xọc không cần tối đồ gá và dao cụ phức tạp như khi thực hiện trên các loại máy khác. Trong các xí nghiệp cơ khí qui mô nhỏ, bên cạnh máy tiện, thường trang bị thêm máy bào và đôi khi cả máy xọc.

a) *Khả năng công nghệ của phương pháp bào và xọc.* Bào và xọc là những phương pháp gia công có tính vạn năng cao, cùng có các chuyển động cắt đơn giản, bào chuyển động tịnh tiến theo phương nằm ngang còn xọc - theo phương thẳng đứng. Do chuyển động cắt theo hai phương khác nhau nên tính vạn năng và khả năng công nghệ cũng khác nhau. Tuy vậy năng suất của chúng đều thấp vì những lý do sau:

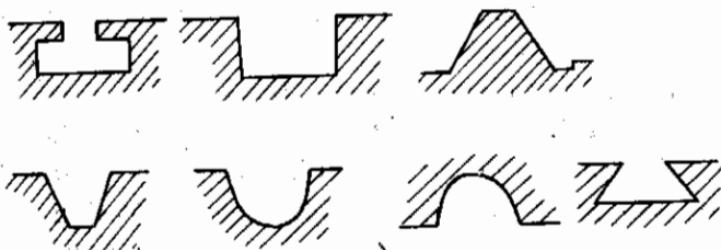
- Chỉ có thể tiến hành gia công một hay vài lưỡi cắt.

- Tốn thời gian trên hành trình chạy không.
- Vận tốc cắt trên máy bào và máy xọc tương đối thấp vì thực hiện chuyển động thẳng khứ hồi với vận tốc lớn sẽ vô cùng khó khăn do lực quán tính sẽ rất lớn khi đổi chiều chuyển động.

Đa số các máy bào có vận tốc cắt khoảng $12 \div 22 \text{ m/ph}$, còn vận tốc cắt của máy xọc thì không vượt quá 12 m/ph . Đối với các máy bào hiện đại vận tốc cắt cũng không vượt quá 50 m/ph . Riêng đối với máy bào giường cao tốc đặc biệt thì vận tốc cắt có thể tới 90 m/ph song máy này khá phức tạp và sử dụng không phổ biến.

Kết cấu của dao bào không khác gì dao tiện về hình dạng hình học của bộ phận cắt, còn dao xọc tuy bộ phận cắt hơi khác vì chuyển động tịnh tiến song song với tâm của cán dao nhưng các góc độ của phần cắt cũng tương tự như dao tiện và dao bào. Nói chung dao bào và dao xọc cũng như dao tiện, dễ chế tạo và rẻ tiền so với các loại dao khác.

Ngoài việc gia công được mặt phẳng, bào có khả năng gia công được các mặt định hình có đường sinh thẳng (hình 5-29). Bào còn có ưu điểm là khi chuyển từ việc gia công mặt hàng này sang mặt hàng khác thì mọi phí tổn và thời gian chuẩn bị đều ít nên thích hợp



Hình 5-29. Các mặt định hình có đường sinh thẳng.

với dạng sản xuất nhỏ.

Phương pháp bào có thể gia công thô, gia công tinh và gia công tinh mỏng. Bằng dao bào rộng bẩn có thể gia công lần cuối đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao. Chất lượng gia công của phương pháp bào được cho trong bảng 5-2.

Bảng 5-2.

**Độ chính xác đạt được và độ nhám
khi bào.**

Các dạng bào	Bào thô	Bào tinh	Bào tinh mỏng
Độ chính xác	cấp 13 ± 12	Cấp 8 ± 7	Cấp 7 ± 6
Dộ nhám	$R_z (\mu m)$	80	Riêng độ thẳng tối 0.02 $\mu m/1000 mm$
	$R_a (\mu m)$	2.5	1.25 - 0.63

Xoc chủ yếu để gia công các mặt trong và các lỗ lớn như rãnh them trên ống, trên bánh răng; lỗ cửa biển máy hơi nước, v.v... Thực chất máy xoc rất giống máy bào ngang, chỉ khác nhau ở chỗ đầu xoc mang dao ở vị trí thẳng đứng, chuyển động thẳng theo phương thẳng đứng nên hình dáng, kết cấu của dao cũng phải thích ứng theo.

b) Các biện pháp công nghệ khi bào và xoc. Các chi tiết gia công bằng bào hay xoc thường được gá đặt theo dấu vạch săn hoặc rà gá cắt thử. Phương pháp gá đặt này rất tốn thời gian và chỉ dùng trong sản xuất đơn chiếc. Trong sản xuất hàng loạt để tăng năng suất gia công, người ta còn sử dụng đồ gá để gá đặt chi tiết và cù để gá đặt dụng cụ cắt.

Dối với các chi tiết lớn, phức tạp để có thể cắt đồng thời nhiều mặt khác nhau phải gia công trên máy bào giường. Để có thể khử hết biến dạng do ứng suất bên trong gây nên, khi yêu cầu độ chính xác cao, người ta phải tách thành hai nguyên công thô và tinh riêng biệt. Nếu thực hiện hai bước thô và tinh trên một nguyên công thì sau khi gia công thô người ta thường nới lỏng các mỏ kẹp và vặn lại với lực kẹp nhẹ hơn để gia công tinh.

Để tăng năng suất khi bào nói chung và nhất là trên các máy bào giường người ta có thể dùng các biện pháp sau đây.

- Các chi tiết hẹp nên gá nối tiếp thành hàng dọc theo phương chuyển động cắt.

- Dùng nhiều đầu dao cùng cắt (hình 5-30).

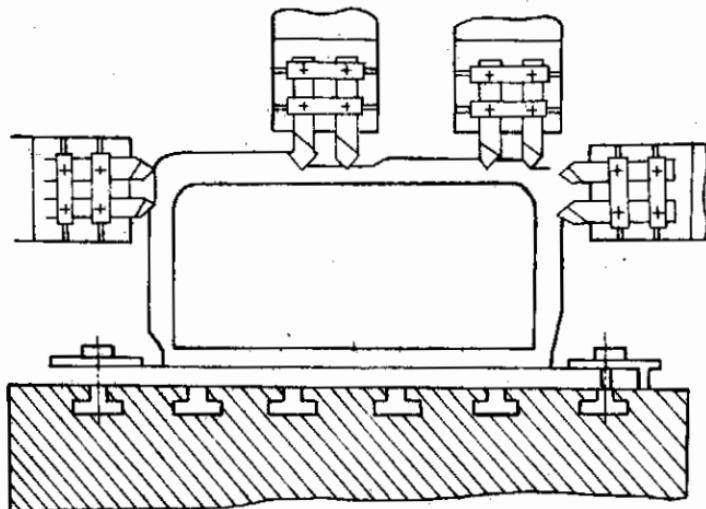
- Dùng nhiều dao trên một đầu dao. Phương pháp này chủ yếu dùng trên máy bào giường có nhiều ụ dao, trên mỗi ụ dao lắp được từ hai đến ba dao. Dao có thể gá theo cách phân chia chiều sâu cắt (hình 5-31a). Trường hợp này nếu độ mòn của ba dao không đều nhau thì cũng ít ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công vì chất lượng bề ở đây do dao thứ ba quyết định.

Nếu gá dao theo cách phân chia lượng chạy dao (hình 5-31b) thì cho phép thực hiện được lượng chạy dao khá lớn. Lượng chạy dao đó chia nhỏ cho nhiều dao. Lúc này dao được bố trí theo chiều dọc và lệch nhau một lượng

$$\frac{S}{n} \leftarrow S - \text{lượng chạy dao của bàn máy } mm/1 \text{ hành trình kép. } n - \text{số dao.}$$

- Dùng đồ gá để gá đặt chi tiết và cữ để gá dao nhanh (đã nói trên).

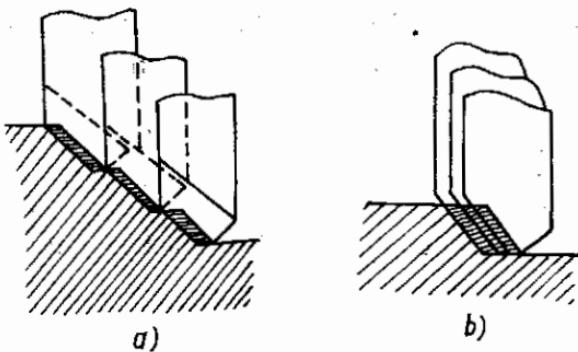
- Dùng phương pháp bào tinh mỏng bằng dao rộng bản.



Hình 5-30 Sơ đồ dùng nhiều đầu dao cùng cắt.

Theo phương pháp này ngoài khả năng đạt độ chính xác và chất lượng bề mặt cao, còn giải quyết được vấn đề năng suất khi gia công tinh mịn phẳng.

Bản chất của bào tinh mịn với dao rộng bàn, là dùng dao có lưỡi cắt rộng bàn



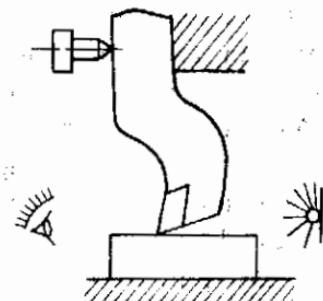
Hình 5-31. Sơ đồ gá dao theo chiều sâu cắt (a) và lượng chạy dao (b).

(40 ± 120 mm); cắt với chiều sâu cắt rất bé, có một hay hai lần chạy dao. Ví dụ, lần thứ nhất $t_1 = 0,1 \pm 0,2$ mm, lần thứ hai $t_2 = 0,05 \pm 0,1$ mm, trong khi đó lượng chạy dao khá lớn, khoảng 0,5 chiều rộng lưỡi cắt. Vận tốc cắt khi dùng dao thép gió $v = 6 \pm 12$ m/ph, khi dùng dao hợp kim cứng $v = 15 \pm 20$ m/ph. Để có thể bào tinh mỏng bằng dao rộng bàn phải chuẩn bị thật tốt cả máy, dao và các yếu tố công nghệ sau:

- Máy phải chính xác, đổi chiều êm, có độ cứng vững tốt, không dùng máy bào đã gia công thô để bào tinh mỏng. Phải khử lại các khe hở ở các mối lắp ghép quan trọng và kiểm tra máy thường xuyên.

- Dao phải đủ độ cứng vững, đầu dao bắt thò xuống ngắn (60 ± 130 mm). Ta thường dùng loại dao đầu cong, nhưng cũng có thể dùng dao đầu thẳng (theo tài liệu nghiên cứu của viện ЭНИМС Liên Xô). Lưỡi cắt của dao phải thẳng, được đánh bóng với $R_a = 0,16 \mu\text{m}$. Gá đặt dao cần thận và kiểm tra bằng khe hở sáng như hình 5-32

Khi gá đặt chi tiết, lực kẹp cần vừa phải và đều. Các mặt tỳ của chi tiết phải phẳng, có độ nhám $R_a \leq 5 \mu\text{m}$ và áp sát vào các phiến tỳ. Trước khi bào tinh mỏng, mặt gia công cần phải đạt tới độ nhám $R_a \leq 5 \mu\text{m}$ ở nguyên công trước và khắc phục về cơ bản những sai lệch không Hình 5-32 Kiểm tra dao bằng khe gian của bề mặt, nếu không lượng dư sẽ không đều và do tính chất in dập sẽ ánh hướng đến độ chính xác gia công và chất lượng bề mặt gia công bị giảm sút.



Hình 5-32. Kiểm tra dao bằng khe gian
ánh sáng

Nhờ phương pháp bào tinh mỏng, khả năng của máy bào giường càng được phát huy. Đồng thời tránh được nguyên công cao tay tốn nhiều thời gian, gia công được những mặt hàng có dạng mặt phẳng yêu cầu độ chính xác, độ bóng bề mặt và độ phẳng cao khi không có các phương tiện khác như máy mài, máy chuốt v.v...

2.3- Phay

Hiện nay phay là một phương pháp gia công rất phổ biến, có khả năng công nghệ khá rộng rãi. Phay không những gia công được mặt phẳng mà còn có thể gia công được nhiều mặt định hình khác nhau. Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối phay hầu như hoàn toàn thay thế cho bào và một phần lớn của xọc. Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ tuy bào vẫn còn có một vị trí nhất định, song phay cũng đã có công dụng. Nguyên nhân chủ yếu của sự việc trên là vì dao phay có nhiều lưỡi cắt cùng làm việc, tốc độ phay lại cao hơn bào đồng thời có thể thực hiện nhiều biện pháp công nghệ để nâng cao năng suất.

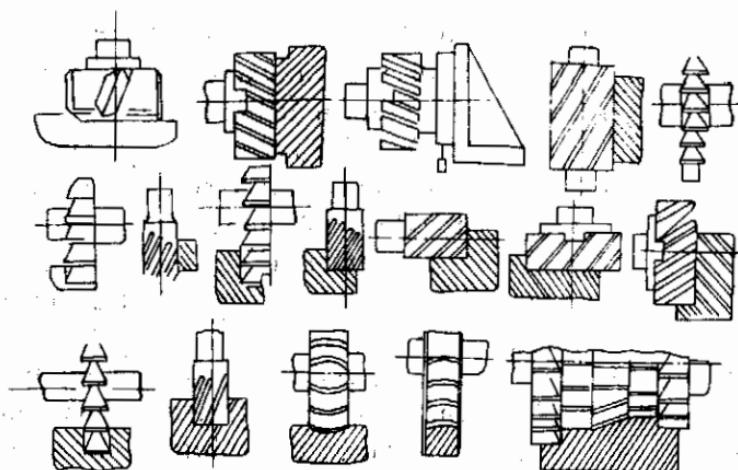
Phay được thực hiện trên các kiểu máy phay như máy phay vạn năng nằm ngang hoặc đứng v.v... Trong sản xuất hàng loạt lớn còn thực hiện trên các máy phay nhiều trục, máy phay có bàn quay, máy phay chuyên dùng v.v... Khi gia công các chi tiết lớn như thân máy, các chi tiết dạng hộp v.v.. còn dùng máy phay giường.

Dao phay có nhiều loại: dao phay mặt đầu, dao phay trụ, dao phay đĩa (một, hai hoặc ba mặt), dao phay ngắn, dao phay định hình v.v...

Tùy theo kết cấu của dao phay, kiểu máy phay sử dụng, người công nghệ có thể gia công được nhiều dạng bề mặt khác nhau bằng các phương pháp phay như hình 5-33.

a) *Phay mặt phẳng*. Để phay mặt phẳng có thể dùng

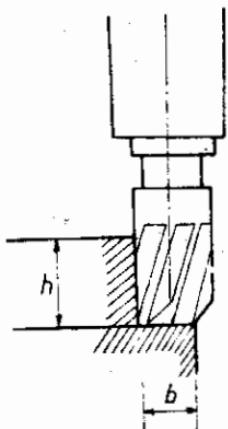
dao phay hình trụ, dao phay mặt đầu, dao phay ngón hoặc dao phay đĩa. Tuy vậy trong sản xuất lớn dao phay mặt đầu được dùng nhiều hơn dao phay hình trụ vì các



Hình 5-33. Các dạng phay.

nguyên nhân chính sau đây:

- Khi dùng dao phay mặt đầu có khả năng dùng dao có đường kính lớn, cắt được mặt phẳng có chiều rộng lớn, nâng cao được năng suất gia công mà không bị kích thước đầu máy hạn chế.
- Không cần đến trục gá dao dài nên độ cứng vững của trục dao cao hơn, có thể cho phép nâng cao chế độ cắt.
- Khi cắt đồng thời nhiều lưỡi, đảm bảo quá trình cắt êm hơn dao phay hình trụ.
- Có khả năng phay nhiều mặt khác nhau cùng một lúc bằng nhiều dao.
- Dễ chế tạo các loại dao răng chắp.
- Mài dao dễ hơn.



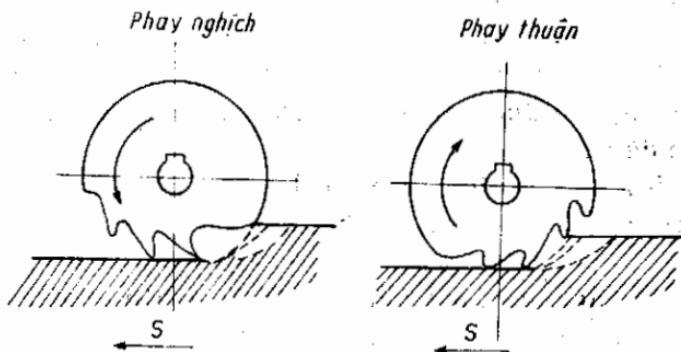
Hình 5-34. Sơ đồ phay
mặt bắc bằng dao
phay ngón.

người ta phân chung thành hai loại phay thuận và phay nghịch (hình 5-35).

Dao phay đùa hai mặt hoặc ba mặt làm việc như dao phay mặt đầu, nhưng mặt cắt ở vị trí thẳng đứng, thẳng góc với trục dao nằm ngang. Trong trường hợp đặc biệt nó có thể làm việc như dao phay hình trụ và gia công được rãnh, mặt đầu, mặt bậc v.v..

Dao phay ngón ngoài công dụng phay rãnh còn có ưu điểm đặc biệt về năng suất khi phay các mặt phẳng bậc nhỏ nhưng chiều cao cách nhau tương đối lớn (hình 5-34).

Khi gia công mặt phẳng bằng dao phay hình trụ, tùy theo chiều quay của dao, hướng tiến dao



Hình 5-35. Sơ đồ phay mặt phẳng bằng dao phay hình trụ.
Phương pháp phay nghịch hiện nay dùng phổ biến ở

nước ta vì quá trình cắt ít bị va đập nên việc bảo quản máy và dao dễ dàng.

Tuy vậy phay thuận có ưu điểm là không gây nên hiện tượng trượt trên bề mặt khi ăn dao vào do đó độ nhám bề mặt gia công nhỏ đi đồng thời lại có thể nâng cao được năng suất. Với cùng một điều kiện cắt như chế độ cắt, độ bền của dao, vật liệu làm dao, vật liệu gia công v.v... thì năng suất của phay thuận có thể cao hơn phay nghịch tới 50%. Vì vậy không nên lúc nào cũng dùng phay nghịch mà phải nghiên cứu khả năng áp dụng phay thuận. Khi cắt thô, bề mặt phôi có vỏ cứng thì dùng phay nghịch. Khi cắt tinh với lượng dư nhỏ hoặc cắt kim loại mềm thì dùng phương pháp phay thuận có hiệu quả hơn. Tuy vậy phay thuận trên máy phay thông thường hiện nay sẽ có va đập lớn. Để giảm va đập này phải trừ bỏ khe hở trong bộ phận dịch chuyển của bàn máy bằng những cơ cấu đặc biệt.

Gá đặt chi tiết khi phay thường dùng các phương pháp sau đây:

- *Lấy dấu, cắt thử*. Lúc này chi tiết có thể gá trực tiếp trên bàn máy, rà theo dấu và kê lót để xác định vị trí sau đó kẹp chặt bằng ren vít, mỏ kẹp. Cũng có thể gá chi tiết trên êtô rồi cắt thử và điều chỉnh dần để đạt kích thước yêu cầu.

- *Dùng các đỗ gá khác nhau có cù so dao*. Tùy theo kết cấu chi tiết, sơ đồ định vị để xác định vị trí của chi tiết và dao.

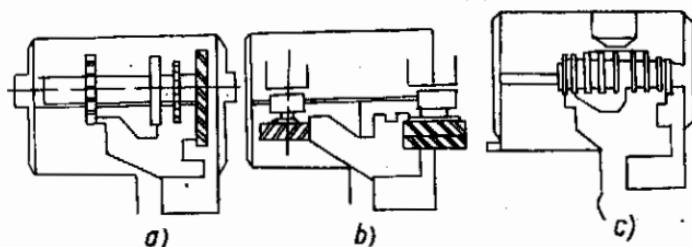
Phương pháp thứ nhất chỉ dùng khi sản lượng ít, còn phương pháp thứ hai dùng trong sản suất hàng loạt trở lên.

Để nâng cao năng suất, ngày nay đã xuất hiện nhiều phương pháp phay khác nhau.

- *Phay đồng thời nhiều bề mặt của chi tiết*. Phương pháp này nhằm tận dụng công suất của máy, dùng nhiều

dao cắt cùng một lúc, giảm bớt công gá đặt nhiều lần, đồng thời làm cho thời gian máy gia công các mặt đó trùng nhau. Phương pháp này có thể thực hiện bằng hai cách.

+ Cách thứ nhất: lắp nhiều dao trên một trục. Cách này dùng khi gia công trên các loại máy phay thông dụng, một trục (hình 5-36a).



Hình 5-36. phay nhiều mặt cùng một lúc bằng nhiều dao.

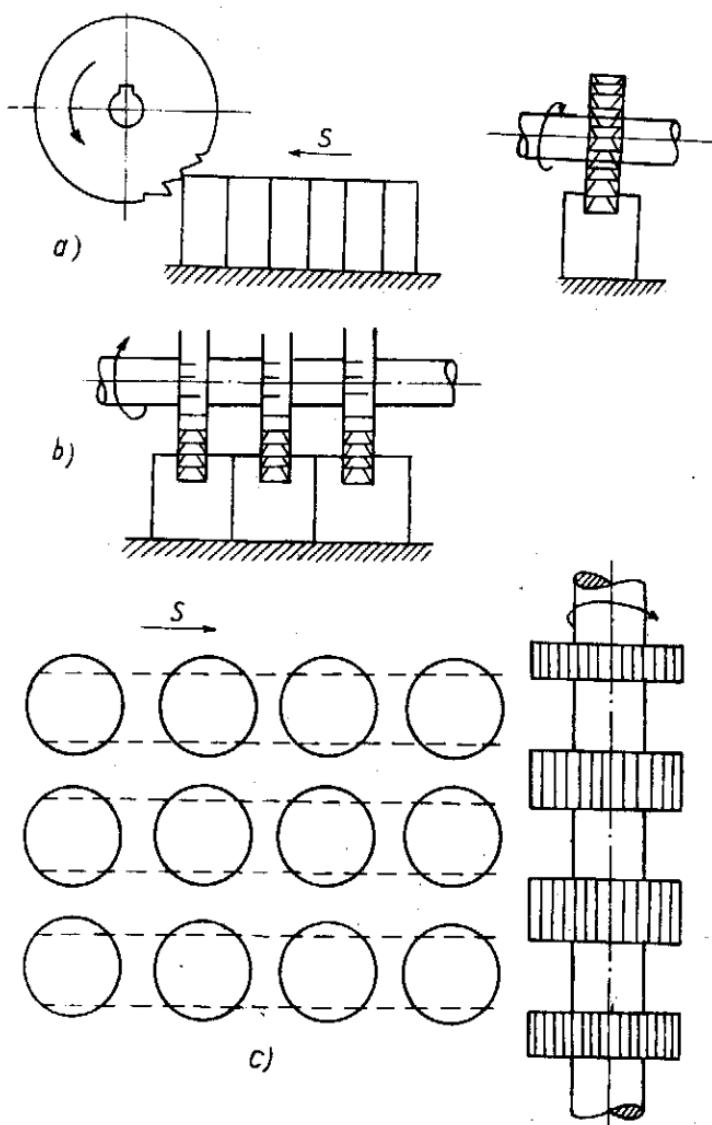
+ Cách thứ hai: lắp nhiều dao trên nhiều trục (hình 5-36b và c). Các trục dao có thể quay nghiêng đi để gia công các bề mặt khác nhau.

Cách thứ nhất thông dụng hơn vì có thể thực hiện trên máy phay vạn năng nằm ngang - loại máy được trang bị nhiều trong sản xuất nhỏ.

- Phay nhiều chi tiết trên một lần gá. Trên bàn gá hay đòn gá có thể gá nhiều chi tiết dọc theo hướng tiến dao như hình 5-37a (gá tuần tự), hoặc gá thành hàng ngang như hình 5-37b (gá song song) hoặc kết hợp cả hai cách như hình 5-37c.

Sau khi gá đặt nếu bề mặt gia công không liên tục thì có thể cho chạy dao nhanh qua các chốt trống để giảm bớt thời gian. Phương pháp này có thể tăng năng

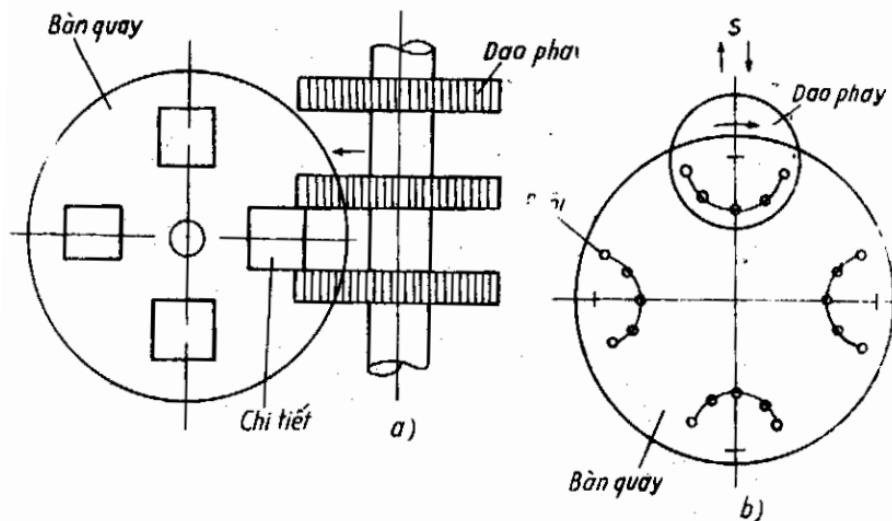
suất ở nhiều mặt như giảm số lần lùi dao và chiều dài lùi dao. Trong những trường hợp này trên đồ gá thường



Hình 5-37. Phay nhiều chi tiết trên một lần gá.

dùng cơ cấu kẹp liên động và do đó còn giảm được cả thời gian kẹp chặt.

Nếu các chi tiết xếp được sát nhau thì còn rút ngắn được cả thời gian máy vì giảm lượng ăn vào và vượt quá, đồng thời có thể kết hợp dùng nhiều dao cùng cắt.



Hình 5-38. Sơ đồ phay trên bàn quay không liên tục:

- Dùng 3 dao phay 3 mặt răng để cắt 4 mặt tại một vị trí
- Dùng dao phay mặt đầu để cắt nhiều chi tiết tại một vị trí

Sử dụng các loại đỗ gá khác nhau trên máy phay.
Tùy theo yêu cầu gia công có thể dùng nhiều loại đỗ gá khác nhau để giảm thời gian gá đặt cũng như mở rộng khả năng tạo hình của phương pháp phay.

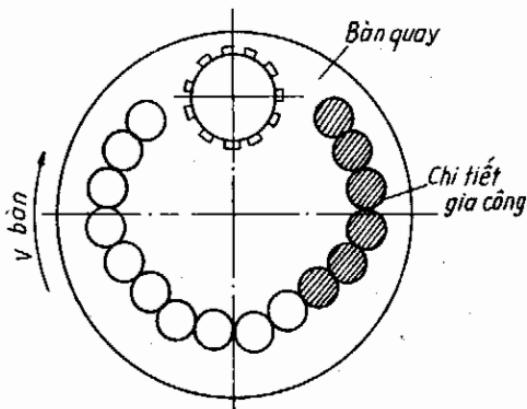
Để rút ngắn hơn nữa thời gian phụ (thời gian gá đặt và tháo chi tiết), đồng thời làm cho thời gian phụ của chi tiết này trùng với thời gian gia công cơ bản của chi tiết khác cũng như việc sử dụng nhiều dao gia công nhiều bề mặt cùng một lúc người ta có thể dùng bàn quay không liên tục (hình 5-38a,b) hoặc bàn quay liên tục (hình 5-39).

Khi cắt bằng bàn quay liên tục vận tốc bàn quay phải

nhỏ hơn hoặc bằng lượng chạy dao cho phép nhảm:

- Đảm bảo độ nhám bề mặt yêu cầu.
- Đảm bảo cho công nhân có khả năng tháo chi tiết đã gia công và lắp phôi mới vào vị trí trên đồ gá trong tầm tay của họ.

Như vậy
trong phạm
vi gia công
mặt phẳng
người ta có
thể phay
hoặc bào.
Lúc này
người công
nghệ phải
biết so sánh
để chọn
phương
pháp có
hiệu quả.



Hình 5-39. Sơ đồ phay liên tục

Nhìn chung, phay có năng suất cao hơn bào. Tuy vậy bào có năng suất cao hơn trong các trường hợp:

- Khi gia công các chi tiết dài, hẹp.
- Khi gia công phá vật đúc có lượng dư lớn.

Nếu dùng phay phải bóc đi bằng chạy dao hai lần, trong khi đó bào có khả năng bóc trong một lần. Để so sánh chính xác hơn cần thiết phải xét cả thời gian phụ và thời gian chuẩn bị kết thúc.

Nhìn chung thời gian phụ khi bào lớn hơn còn thời gian chuẩn bị kết thúc của phay lại lớn hơn. Đây chính là lý do để bào tồn tại trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ. Còn phay dùng trong sản xuất loạt lớn và hàng khối.

Về chất lượng, việc so sánh rất phức tạp. Nhưng nhìn chung khi gia công mặt phẳng bằng phay hoặc bào có thể đạt được chất lượng tương tự nhau. Nhưng đối với chi tiết nhỏ, vừa, độ chính xác thấp hơn cấp 9 - thì phay dễ đạt hơn. Khi gia công chi tiết lớn trên máy bào giường dễ đạt hơn khi gia công trên máy phay giường.

b) *Phay rãnh then và then hoa*. Trong nhiều trường hợp phay rãnh then và then hoa là nguyên công rất quan trọng vì độ chính xác phay các mặt bên của rãnh then cũng như then hoa quyết định tính chất lắp ghép của mỗi lắp then hoặc then hoa.

■ Phay rãnh then

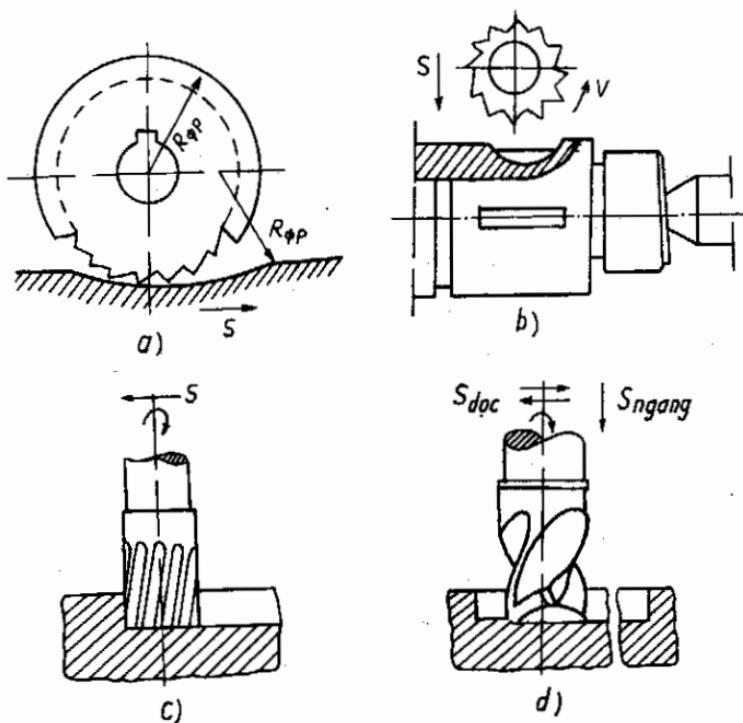
Phay rãnh then của những chi tiết không qua mài thường thực hiện sau khi tiện lăn cuối. Nếu chi tiết cần mài, yêu cầu của mối lắp then cao, việc gia công rãnh then phải tiến hành sau khi mài các cổ trực dùng làm chuẩn công nghệ. Nhờ đó tránh những sai lệch gây ra do việc dùng chuẩn không thống nhất làm cho hai mặt bên của rãnh then không đối xứng so với mặt phẳng qua tâm của trục (chuẩn gia công rãnh then là cổ trực sau khi tiện còn chuẩn để mài là hai lỗ tâm). Các phương pháp phay rãnh then có thể là:

- *Phay bằng dao đĩa ba mặt* (hình 5-40a). Phương pháp này có năng suất cao nhất khi đường kính dao phay đủ lớn. Tuy vậy độ chính xác kém vì chiều rộng rãnh then bị rộng ra (có khi tới 0,1 mm). Nguyên nhân sinh ra hiện tượng này là do biến dạng đàn hồi của trục gá dao, dao mài không đúng và độ không thẳng góc của trục dao với mặt bên của dao. Ngoài ra dao dùng lâu sẽ bé dần sau mỗi lần mài và làm cho chiều rộng rãnh then thay đổi. Do đó muốn có rãnh then chính xác phải dùng hai dao phay đĩa mỏng, giữa có đệm mỏng, điều

chỉnh được hoặc một dao có chiều dày nhỏ hơn chiều rộng rãnh then yêu cầu để cắt một mặt, sau đó điều chỉnh lại bàn máy để cắt nốt mặt thứ hai. Các phương pháp này có năng suất thấp đồng thời chất lượng gia công phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề của công nhân.

Phay rãnh then bằng dao phay đĩa 3 mặt thường thực hiện trên máy phay ngang bằng một hoặc nhiều đường chuyển dao tùy theo độ chính xác yêu cầu.

- *Phay rãnh then bán nguyệt* (hình 5-40b). Trường hợp này chỉ có một chuyển động chạy dao hướng kính, đường kính dao thường bé nên rất hạn chế vận tốc cắt, do đó năng suất cũng thấp.



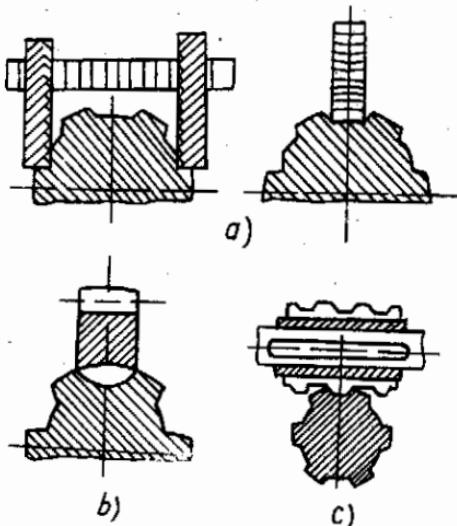
Hình 5-40. Các phương pháp phay rãnh then

- *Phay rãnh then bằng dao phay ngón.* Khi gia công rãnh then bằng dao phay ngón thông thường có thể thực hiện bằng một hoặc hai đường chuyển dao. Nếu gia công rãnh then kín bằng loại dao này thì phải khoan trước một lỗ có đường kính bằng chiều rộng rãnh then (hình 5-40c) sau đó mới cho dao phay ngón xuống cắt. Vì loại dao phay ngón không có lưỡi cắt mặt đầu nên không thể thực hiện được việc ăn dao theo hướng trục dao.

Nếu sử dụng dao phay rãnh then chuyên dùng (hình 5-40d) thì không phải khoan lỗ trước nhưng số lần chạy dao sẽ nhiều. Dao phay rãnh then chuyên dùng là loại dao kết hợp giữa mũi khoan có lưỡi cắt tạo thành góc trong ở đỉnh dao và dao phay ngón thông thường. Loại dao này chỉ có thể cắt được với chiều sâu cắt nhỏ $t = 0,05 \div 0,25 \text{ mm}$. Tuy vậy không vì thế mà năng suất gia công thấp, trái lại năng suất lại cao hơn so với khi gia công bằng dao phay ngón thông thường.

Công nghệ phay rãnh then nhìn chung chưa hoàn thiện. Để đạt độ chính xác cao thì gia công rất phức tạp và tốn kém. Vì vậy nếu yêu cầu chính xác, thông thường thay thế kết cấu then bằng then hoa.

- *Pha then hoa.*



Hình 5-41. Sơ đồ phay trục 'nen hoa'.

Phay then hoa có thể thực hiện bằng một hoặc hai dao khác nhau tùy theo sản lượng.

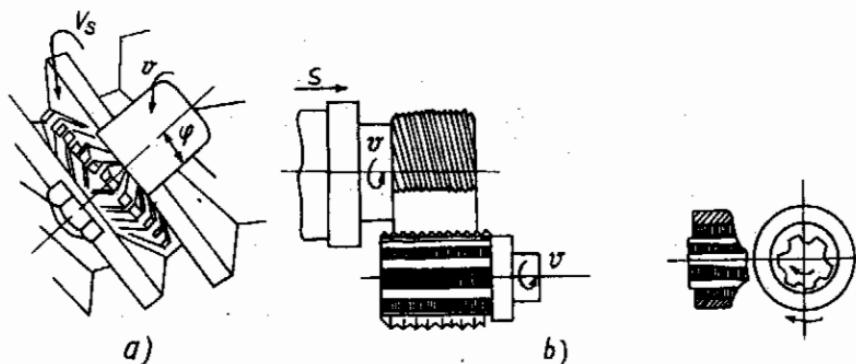
Trong sản xuất hàng loạt phay then hoa được thực hiện bằng hai lần cắt: đầu tiên phay hai mặt bên bằng dao phay đĩa ba mặt, sau đó phay phần mặt trục (hình 5-41a) hoặc chỉ phay một lần tất cả các mặt bằng dao phay định hình (hình 5-41b). Còn trong sản xuất loạt lớn việc gia công then hoa được thực hiện bằng phương pháp bao hình nhờ dao phay lăn then hoa trên máy phay lăn răng (hình 5.41c).

c) *Phay ren*. Phay ren có thể thực hiện bằng dao phay đĩa hoặc dao phay răng lược.

Nếu phay bằng dao phay đĩa, trục dao phải nghiêng so với trục của chi tiết một góc φ bằng góc nâng của ren (hình 5-42a) nghĩa là:

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\beta = \frac{S}{\pi d_{th}}$$

d_{th} - đường kính trung bình của ren.



Hình 5-42. Các phương pháp phay ren.

Thực tế trên chi tiết ren, góc nâng chỉ xác định trên đường kính trung bình, nhưng nếu xoay trục gá dao đi một góc φ như trên hình 5-42a thì sẽ thu được góc nghiêng ở tất cả các đường kính d_i khác trên mặt nghiêng của ren, do đó ren được phay ra sẽ có sai số dạng ren.

Ngoài ra, khi phay ren lưỡi cắt của dao không nằm trong mặt phẳng qua tâm, do đó muốn có profil ren là đường thẳng thì lưỡi cắt phải có dạng cong. Như vậy dao chế tạo quá phức tạp nên người ta chỉ chế tạo dao phay ren với lưỡi cắt đường thẳng cho đơn giản và chịu sai số dạng ren trên chi tiết được gia công bằng dao phay ren đó.

Vì vậy, phay ren chỉ dùng để gia công ren có yêu cầu chính xác không cao hoặc gia công thô ren còn sau đó gia công tinh ren lại bằng phương pháp tiện mặc dù năng suất của quá trình phay răng cao hơn nhiều so với phương pháp tiện.

Phay ren bằng dao phay răng lược hình trụ có năng suất và độ chính xác cao hơn phay bằng dao phay đĩa. Dao phay răng lược hình trụ tương đương với nhiều dao phay đĩa ghép lại. Gia công ren bằng phương pháp này trực dao được gá song song với trực của chi tiết gia công. Khi làm việc, chi tiết quay chậm và tịnh tiến dọc trực, dao chỉ có chuyển động quay. Lượng tịnh tiến của chi tiết chỉ cần khoảng từ một đến hai bước ren (hình 5-42b).

Về bản chất, quá trình phay ren bằng dao phay răng lược tương tự như tiện ren bằng dao tiện răng lược. Vì vậy khi trực dao và chi tiết song song với nhau và lưỡi cắt nằm trong mặt phẳng chứa hai đường tâm đó thì dạng của lưỡi cắt sẽ là đường thẳng, dao dễ chế tạo, có thể đạt độ chính xác dạng ren cao hơn phay ren bằng

dao phay đĩa. Nhìn chung độ chính xác của ren khi phay răng lược bằng độ chính xác ren khi tiện ren.

d) *Phay các mặt định hình*. Phay có khả năng gia công được các mặt định hình bằng các phương pháp sau:

- *Phay mặt định hình bằng dao định hình*. Bằng phương pháp này có khả năng gia công được các mặt định hình mà đường sinh là đường thẳng. Tuy vậy giá thành gia công sẽ cao vì chế tạo dao khó, chế độ cắt không cao do chiều sâu cắt, vận tốc cắt ở các điểm khác nhau của lưỡi cắt không bằng nhau dẫn đến năng suất gia công thấp.

Độ chính xác gia công phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác chế tạo dao, phương pháp gá đặt và độ chính xác của bề mặt dùng làm chuẩn. Với phương pháp này có thể gia công được bánh răng (sẽ nói rõ ở phần riêng sau này).

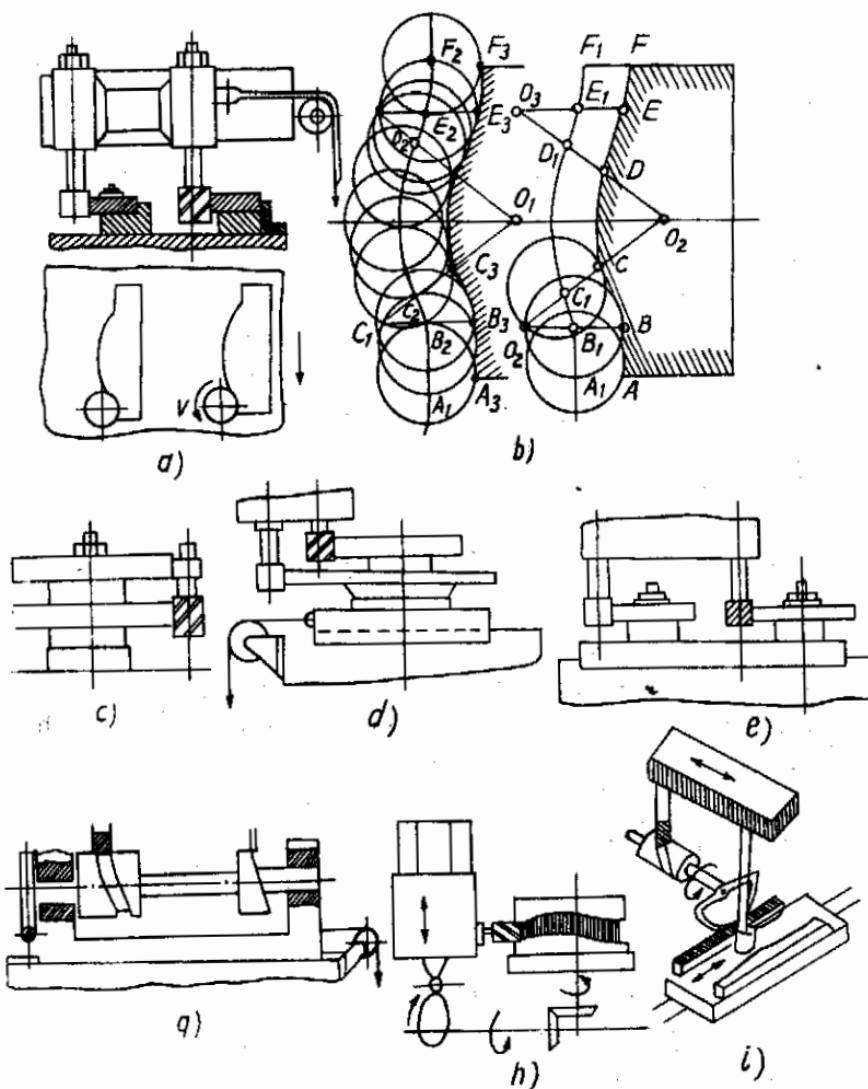
- *Phay chép hình theo mẫu (đường)*. Phương pháp này dựa theo mẫu đã chế tạo trước, không cần đến dao phay định hình mà có thể dùng dao phay thông thường.

Thực chất của quá trình phay chép hình theo mẫu là một trong hai chuyển động chạy dao vuông góc với nhau được thực hiện nhờ prôphim của mẫu. Muốn vậy phải tháo bỏ vít me của bàn máy theo hướng này, còn hướng chạy dao vẫn được giữ nguyên (hình 5-43a). Lúc này chốt dò hình luôn áp với mẫu nhờ lò xo hoặc đối trọng. Đường biên của mẫu chép hình có thể được xác định căn cứ vào đường biên của mặt định hình cần gia công, bán kính chốt dò và khoảng cách không đổi giữa tâm dao và tâm chốt dò (hình 5-43b).

Khi phay chép hình những cung kín ta cũng làm tương tự như trên nhưng dùng bàn quay tròn. Chuyển động chạy dao hướng kính dựa vào mẫu (hình 5-43c,d,e)

Ngoài ra nhờ tính toán cụ thể còn có thể dựa vào

mẫu là cam mặt đầu hoặc cam rãnh kín để gia công rãnh định hình. Lúc này chuyển động chạy dao hướng



Hình 4.3 Các phương pháp phay chép hình.

trục là nhờ cam (hình 5-43g). Cũng có thể dùng cam đia làm mẫu (hình 5-43h) hoặc cam phẳng làm mẫu (hình 5-43i) để gia công cam rãnh kín.

Khi thiết kế đồ gá hay các bộ phận phụ dùng cho phay chép hình phải căn cứ vào dạng cam mẫu để quyết định hình dạng, kích thước của các bộ phận đó.

Dộ chính xác của mặt định hình được gia công phụ thuộc vào độ chính xác dạng cam, vào chuyển động của máy và các cơ cấu phụ, đồng thời phụ thuộc vào độ chính xác điều chỉnh máy.

Để giảm ảnh hưởng của sai số dạng cam đến sai số mặt gia công, nên làm cam mẫu lớn hơn nhiều so với vật gia công. Tuy nhiên, điều này sẽ làm cho kết cấu thêm cồng kềnh.

2.4- Khoan, khoét, doa và tarô

Khoan, khoét, doa là những phương pháp gia công lỗ có thể đạt chất lượng gia công khác nhau. Tùy theo hình dạng, kích thước, tính chất vật liệu, loại phôi và chất lượng yêu cầu mà việc ứng dụng có khác nhau như: có thể chỉ cần khoan; hoặc khoan rồi doa; hoặc khoan, khoét rồi doa; hoặc khoét rồi doa.

Muốn sử dụng hợp lý các phương pháp trên để đạt năng suất, chất lượng và hiệu quả kinh tế, người công nghệ phải nắm vững bản chất, khả năng công nghệ của chúng.

a) *Khoan*. Khoan là một phương pháp phổ thông để gia công lỗ trên vật liệu đặc.

Khoan không những thực hiện trên nhóm máy khoan, mà còn thực hiện khá rộng rãi và thường xuyên trên các loại máy tiện vạn năng, tự động và bán tự động.

Dụng cụ để khoan là mũi khoan. Mũi khoan có nhiều loại khác nhau. Để gia công lỗ thường ($\frac{t}{d} < 5$) thì

thường dùng mũi khoan ruột gà.

Khoan có thể gia công được lỗ có đường kính $\phi 0,1 \div 80\text{mm}$, nhưng phổ biến nhất là để gia công những lỗ $\phi \leq 35\text{ mm}$. Sở dĩ như vậy vì khi khoan lỗ lớn trên vật liệu đặc yêu cầu phải có công suất cắt rất lớn mà các máy khoan hiện nay chưa đáp ứng được vì không đảm bảo độ cứng vững. (Khi khoan lỗ $\phi 50$ trên thép cacbon có $\sigma_B = 500 - 600\text{ MN/m}^2$ ($50 - 60\text{ kG/mm}^2$) với $S = 0,85\text{ mm/vòng}$ thì lực chạy dao P_y khoảng 3 tấn. Với các máy khoan hiện có, đảm bảo lực P_y như vậy không phải dễ dàng). Ngược lại, khi khoan các lỗ nhỏ thì mũi khoan lại quá yếu, dễ gãy. Để giảm bớt dao động ngang của mũi khoan, một trong những nguyên nhân chính làm cho mũi khoan dễ gãy, có thể dùng vận tốc vòng của mũi khoan cao và lượng chạy dao nhỏ.

Đối với các lỗ có đường kính lớn, nếu khoan một lần không đủ công suất, người ta có thể khoan lỗ nhỏ rồi khoan rộng bằng mũi khoan lỗ lớn hơn. Có thể làm như vậy từ hai đến ba lần cho tới khi đạt kích thước cần thiết. Khi khoan các lỗ lớn, lỗ sâu thường sử dụng mũi khoan nòng súng hoặc mũi khoan rỗng.

Dộ chính xác gia công khi khoan thấp, chỉ đạt cấp 12, cấp 13 và $R_a = 3,2 + 12,5\text{ }\mu\text{m}$ (trừ khoan nòng súng). Do đó khoan chỉ dùng để gia công các lỗ bát bulông. Đối với những lỗ khoan có yêu cầu chính xác cao hơn, khoan chỉ là nguyên công (hoặc bước) gia công thô để bóc đi phần lớn lượng dư và chỉ để lại phần lượng dư cần thiết cho các nguyên công bán tinh và tinh sau nó.

Khoan còn là nguyên công (hay bước) chuẩn bị cho việc cắt ren lỗ tiêu chuẩn, tiện ren lỗ không tiêu chuẩn và tiện tinh các lỗ khó thực hiện bằng các nguyên công khác.

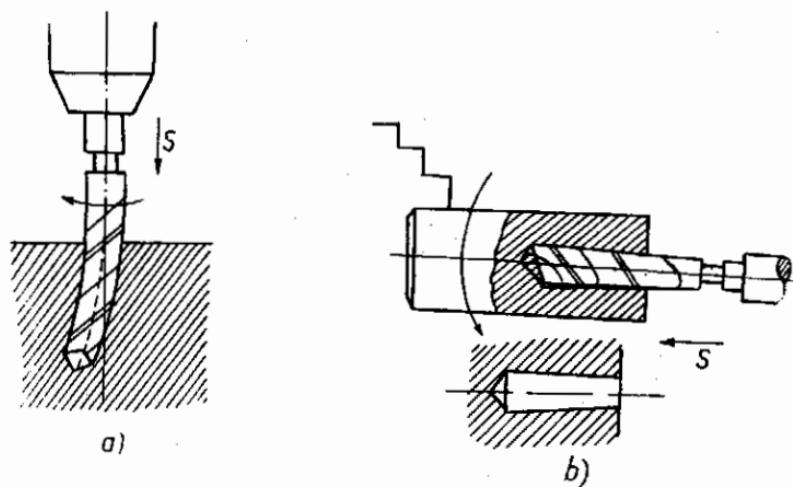
Đối với các lỗ đúc hay dập sẵn, nói chung không dùng

khoan để gia công phá, vì mũi khoan có lực bền kén không chịu nổi lớp vỏ cứng của lỗ và dễ bị lệch đi theo hướng của lỗ đúc trên phôi.

Sở dĩ khoan chỉ đạt độ chính xác thấp vì:

- Kết cấu của mũi khoan chưa hoàn thiện.
- Các sai số do chế tạo và mài mũi khoan sinh ra (như độ không đồng tâm giữa phần cắt và chuôi côn v.v..) sẽ làm cho lỗ gia công bị lay rộng ra. Trên mũi khoan, phần cắt thường có độ côn ngược, khi mũi khoan mòn phải mài lại, lượng mài càng nhiều thì kích thước lỗ có thể sẽ nhỏ đi.

Nếu mài hai lưỡi cắt của mũi khoan không đều, lực tác dụng dọc trục của mũi sẽ không đều làm cho lỗ khoan bị cong hoặc lệch đi (hình 5-44a). Hiện tượng này thường xuất hiện khi khoan trên máy khoan hoặc máy phay (chi tiết đứng yên). Còn lỗ khoan bị loe, chủ yếu xuất hiện khi vật gia công có chuyển động quay như



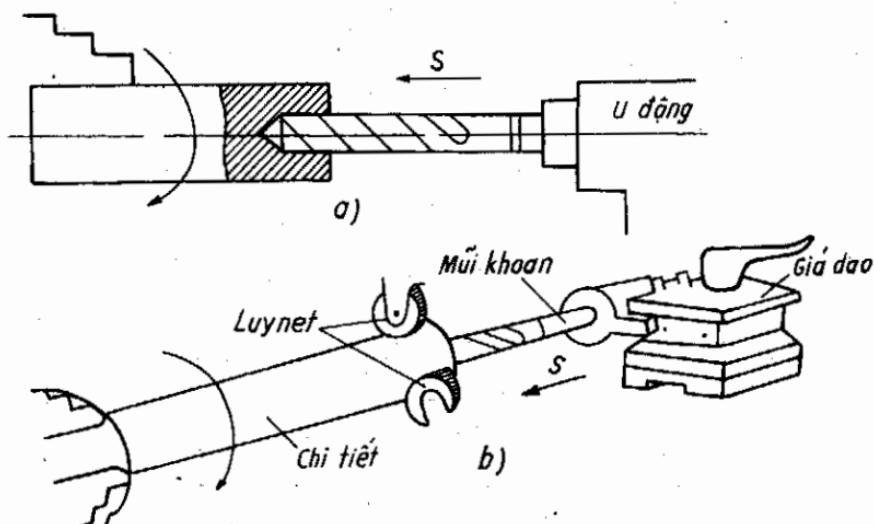
Hình 5-44. Các hiện tượng sai lệch khi khoan.

khoan trên máy tiện (hình 5-44b).

Tóm lại, những nguyên nhân nói trên khiến cho lỗ gia công sau khi khoan có thể mang những sai số về hình dạng, kích thước và vị trí tương quan. Khắc phục những sai lệch nói trên có ý nghĩa rất quan trọng để tránh những khó khăn cho các nguyên công sau do tính in đậm gây nên.

Để khắc phục những sai số đó, ngoài những yêu cầu cần đảm bảo về máy, dao còn có các biện pháp công nghệ sau đây.

- Thực hiện khoan bằng cách cho vật gia công quay, dao tĩnh tiến như khoan trên máy tiện. Biện pháp này có hiệu quả khi khoan lỗ sâu (hình 5-45).



Hình 5-45. Khoan trên máy tiện

a) khi chi tiết ngắn;

b) khi chi tiết dài.

- Dùng bạc đạn khoan. Đây là một biện pháp tích cực vừa có thể nâng cao độ cứng vững của mũi khoan, vừa

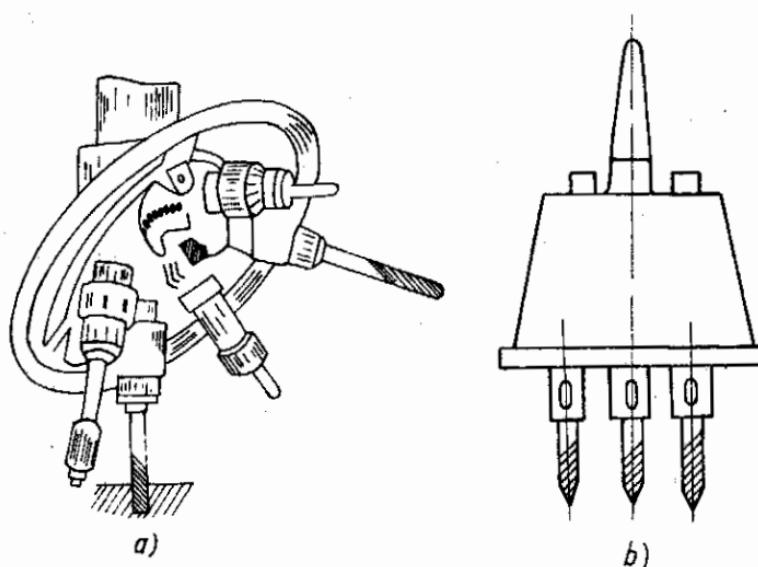
đảm bảo vị trí chính xác của tâm lỗ khoan.

- Dùng lượng chạy dao nhỏ để độ cứng vững ít chịu ảnh hưởng của lực cắt.

- Khi khoan lỗ nhỏ, có thể dùng mũi khoan to, ngắn, có độ cứng vững cao để khoan mồi trước, định tâm cho mũi khoan sau. Để tăng năng suất khi khoan ngoài việc sử dụng các kết cấu hợp lý và tiên tiến của mũi khoan, cho phép nâng cao chế độ cắt còn có thể dùng các biện pháp sau:

- Dùng đồ gá để giảm bớt thời gian phụ và bỏ nguyên công lấy dấu.

- Dùng đầu khoan nhiều trực để gia công nhiều lỗ cùng một lúc (hình 5-46b).



Hình 5-46. Đầu khoan

a) đầu có rãnh v面目.

b) đầu .hiệu trực.

- Dùng đầu rơvônve để giảm thời gian thay dao khi cần gia công nhiều bước trên một nguyên công (hình 5-46a).

- Cung cấp đầy đủ dung dịch trơn nguội để làm nguội mũi khoan, dễ thoát phoi và giảm lực cắt.

Những biện pháp trên không những nâng cao được năng suất mà còn nâng cao cả độ chính xác gia công.

Khi gia công lỗ sâu ($\frac{l}{d} > 5$), mũi khoan ruột gà lại càng bộc lộ rõ hơn những nhược điểm của mình. Độ thẳng đường tâm của lỗ càng sâu càng bị sai lệch nhiều vì mũi khoan càng dài càng kém cứng vững, dẫn hướng khó khăn hơn, tưới dung dịch vào vị trí cắt và thoát phoi lại càng khó khăn. Những ảnh hưởng đó làm cho bề mặt gia công xấu, dụng cụ cắt chóng mòn và chế độ cắt bị hạn chế nhiều.

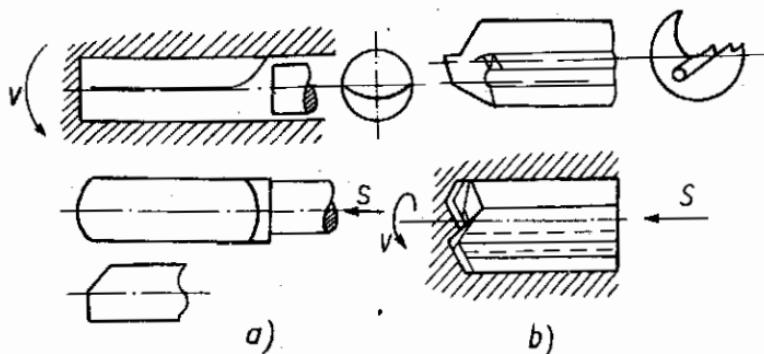
Đối với lỗ sâu, độ chính xác gia công bước thứ nhất, nghĩa là gia công lỗ sâu khi chi tiết còn đặc, rất quan trọng. Ở bước này nếu không đảm bảo được độ chính xác về hình dạng hình học và vị trí tương quan thì các nguyên công tinh sau khó có thể đạt được độ chính xác yêu cầu.

Để khắc phục những khó khăn đó nếu chỉ dùng những biện pháp nói trên như đối với lỗ thường thì chưa đủ mà còn phải dùng nhiều biện pháp công phu hơn. Sau đây là các biện pháp chính:

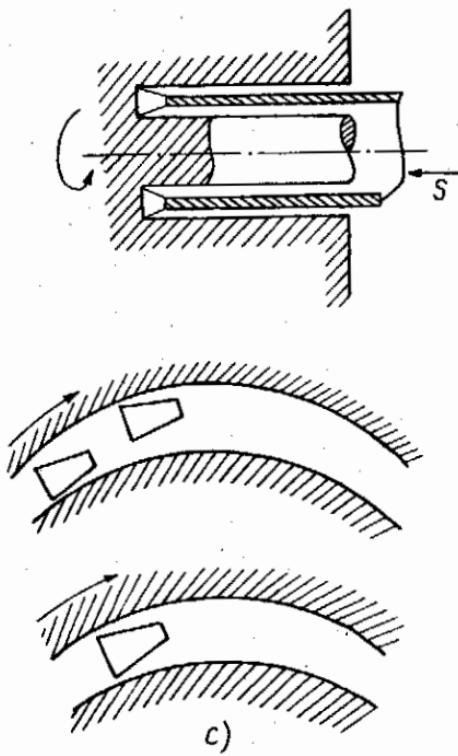
- Khi khoan lỗ sâu nên dùng phương án: chi tiết quay, còn dao chỉ tịnh tiến.

- Dùng các loại mũi khoan đặc biệt như trên hình 5-47.

Trên hình 5-47a là loại mũi khoan sâu có kết cấu đơn giản nhất, chỉ có một lưỡi cắt, phần còn lại của nó là



Hình 5-47. Các loại mũi khoan đặc biệt.



phần dẫn hướng. Phần này đủ dài và tiếp xúc với lỗ đã khoan trên cung tròn lớn hơn 180° một chút. Bề mặt dẫn hướng được đánh bóng và có độ公 khoảng 5/10.000 để tránh kẹt.

Ưu điểm của mũi khoan loại này là độ cứng vững cao, đường tâm lỗ thẳng khi dùng lượng chạy dao nhỏ. Mặt lỗ gia công có chất lượng cao hơn khi khoan bằng mũi khoan ruột gà. Trong nhiều trường hợp đây là phương pháp có thể đạt năng suất cao.

Hình 5-47b là một loại mũi khoan sâu khác có phần dẫn hướng chiếm chừng $250-260^\circ$ của vòng tròn lỗ, do đó tiết diện ngang của bộ phận cắt là một vòng tròn bỏ đi khoảng $1/4$. Lưỡi cắt của mũi khoan này thường làm thành đường gãy khúc để bẻ gãy phoi. Mũi khoan loại này cũng có thể gia công ngay trên vật liệu đặc. Lượng chạy dao khi gia công khoảng $0,02 \div 0,05 \text{ mm/vòng}$.

Phức tạp nhất đối với khoan lỗ sâu là việc tưới dung dịch trơn nguội vào khu vực cắt và đưa phoi ra khỏi lỗ. Thông thường dung dịch trơn nguội được dẫn vào vùng cắt qua khe giữa vách lỗ và phần dẫn hướng của dụng cụ, với áp lực $20-100 \text{ atm}$. Phoi bị dung dịch trơn nguội đẩy ra ngoài qua phần rỗng. Hiện nay người ta còn dẫn dung dịch trơn nguội vào vùng gia công qua lỗ ở giữa mũi khoan.

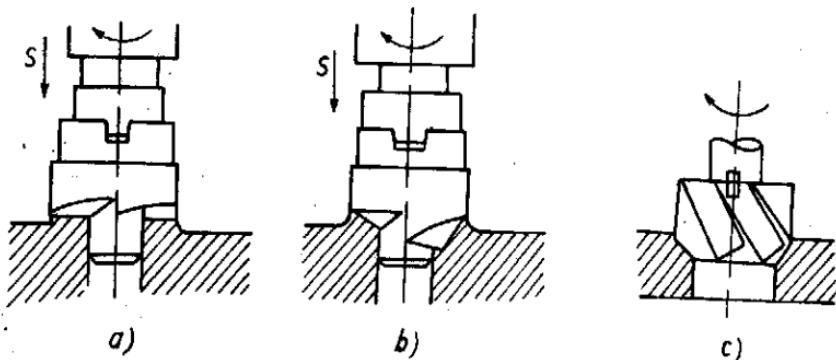
Khi khoan lỗ sâu có đường kính lớn người ta còn dùng mũi khoan như hình 5-47c. Mũi khoan này tiết kiệm được kim loại ở phần giữa. Loại mũi khoan này gồm có đầu nhiều dao và ống. Đầu mũi khoan mang những răng chắp để cắt rãnh hình vành khăn trên vật liệu đặc. Ống nối với mũi khoan bằng ren hay bằng phương pháp khác. Kết cấu của nó có nhiều loại, tùy theo kích thước lỗ, cách thoát phoi, cách đưa dung dịch trơn nguội vào vị trí cắt.

b) Khoét. Khoét là một phương pháp gia công lỗ nhằm các mục đích:

- Nâng cao độ chính xác của lỗ sau khi khoan. Khoét có thể đạt độ chính xác từ cấp 10 đến cấp 12 và $R_z = 2,5 \div 10 \mu\text{m}$. Với yêu cầu tương đương, khoét có thể là nguyên công cuối.

- Dùng làm nguyên công (hay bước) trung gian chuẩn bị cho nguyên công doa để đạt được độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt cao hơn.

Dao khoét có nhiều lưỡi cắt hơn mũi khoan, nên độ cứng vững của nó cao hơn; vì vậy khi khoét không những đảm bảo được độ chính xác, độ nhẵn bóng bề mặt cao hơn khoan mà còn sửa được sai lệch về vị trí tương quan của lỗ do khoan để lại. Cũng vì vậy đối với các lỗ đúc sẵn hoặc rèn, dập không nên khoan phá mà phải dùng khoét (hoặc tiện trong) để loại bỏ về cơ bản những sai lệch vị trí tương quan có trên lỗ của phôi. Ngoài ra, khoét còn có khả năng nâng cao lượng chạy dao nên đạt được năng suất cao hơn khoan.

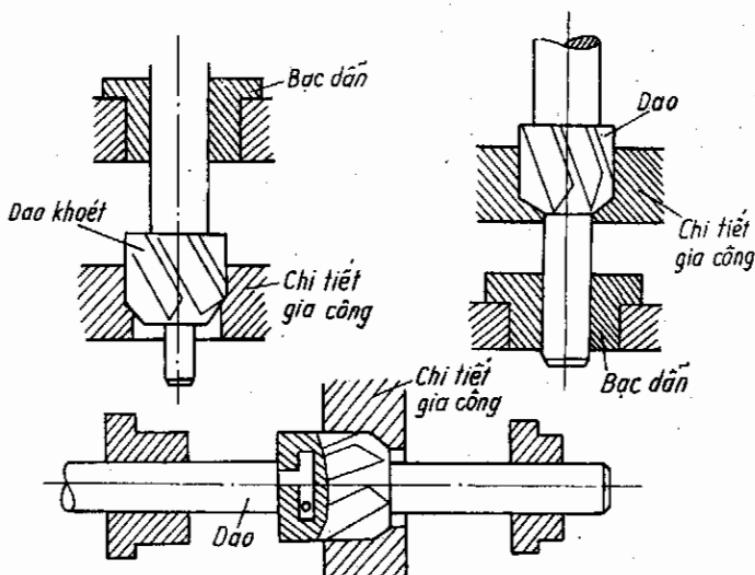


Hình 5-48. Các loại dao khoét và khả năng gia công của nó.

Dao khoét có nhiều loại, mỗi loại dùng vào một mục đích khác nhau (hình 5-48).

Ngoài lỗ trụ, khoét còn có thể gia công được các loại lỗ bậc, khoét côn và khoét mặt phẳng thẳng góc với lỗ.

Để nâng cao độ chính xác đồng thời nâng cao năng suất, khi khoét thường dùng bạc đạn hướng. Bạc đạn hướng khi khoét có thể dùng ở một đầu hoặc cả hai đầu để nâng cao độ cứng vững (hình 5-49).



Hình 5-49. Các kiểu dẫn hướng khi khoét.

c) **Doa**. Doa là một phương pháp gia công tinh lỗ đã được khoan hoặc khoan và khoét. Doa được thực hiện trên máy khoan, doa, hoặc tiện.

Doa có thể đạt độ chính xác cấp 9 đến cấp 7 và $R_a = 6,3 \div 1,25 \mu m$. Trong trường hợp đặc biệt có thể đạt độ chính xác cấp 6 và $R_a = 0,63 \mu m$, nhưng phí tổn cho

công tác chuẩn bị cao, năng suất thấp nên ít dùng.

Với dao doa có chất lượng tốt, chọn chế độ cắt và để lượng dư hợp lý, doa có thể đạt độ chính xác cấp 6. Trong khi đó, với yêu cầu tương đương thì tiện khó đạt hơn nhiều. Tuy vậy về cơ bản, doa không sửa được sai lệch vị trí hoặc sửa được nhưng rất ít.

Dao doa có độ cứng vững rất cao, lưỡi cắt thường bố trí không đổi xứng nên khắc phục được hiện tượng rung động. Do số lưỡi cắt nhiều, góc γ lớn nên lưỡi dao doa cắt đi được một lớp phoi rất mỏng dù lượng chạy dao khá lớn. Khi doa thô lượng dư doa khoảng $0,25 \div 0,5 \text{ mm}$, còn doa tinh thì chỉ khoảng $0,05 \div 0,15 \text{ mm}$; trong khi lượng chạy dao có thể từ $0,5 \div 3,5 \text{ mm/vòng}$. Bởi vậy, tốc độ cắt khi doa tuy thấp ($8 \div 10 \text{ m/ph}$) nhưng năng suất doa vẫn cao. Lượng dư doa tương đối khát khe. Nếu để lượng dư quá nhỏ dao sẽ bị trượt, bị kẹt làm cho độ bóng của lỗ gia công giảm (R_a lớn). Ngược lại, khi lượng dư doa lớn, dao phải chịu tải lớn, chòng mòn làm sai kích thước cần đạt. Vì vậy, không nên dùng dao doa tinh đã mòn để doa thô vì lúc đó góc cắt thay đổi nên dao cạo vào mặt gia công làm cho nó bị biến cứng và doa tinh sau này rất khó khăn.

Khi doa máy có thể thực hiện bằng doa cưỡng bức và doa tự động.

Khi doa cưỡng bức, nghĩa là dao doa lắp cứng vào trục máy hoặc có bạc đẫn hướng, thường xảy ra hiện tượng lay rộng lỗ. Nguyên nhân gây ra hiện tượng lay rộng lỗ có thể là:

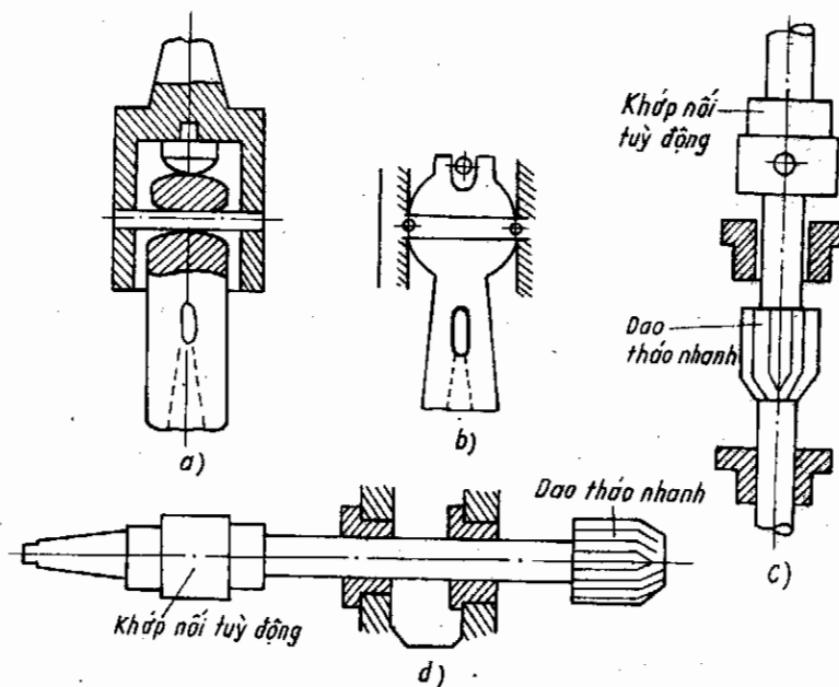
- Tồn tại độ đảo tâm giữa trục dao doa và trục chính của máy.
- Dao doa mài không tốt, có hiện tượng lẹo dao xuất hiện ở một số lưỡi.
- Vật liệu ở thành lỗ gia công không đồng đều.

Hiện tượng này càng rõ rệt khi doa kim loại dẻo và khi dao doa đã bị mòn. Do đó khi doa có thể đánh giá sự mòn của dao bằng cách xem xét bề mặt gia công hoặc hiện tượng lay rộng lỗ.

Hiện tượng lay rộng lỗ khi doa tuy không thường xuyên xuất hiện một cách trầm trọng làm cho kích thước lỗ gia công vượt ra khỏi phạm vi dung sai, nhưng việc tìm biện pháp khắc phục nó để nâng cao độ chính xác gia công cũng rất cần thiết.

Để tránh hiện tượng lay rộng có thể dùng các biện pháp:

- Dùng trục doa tùy động: trục dao doa không nối

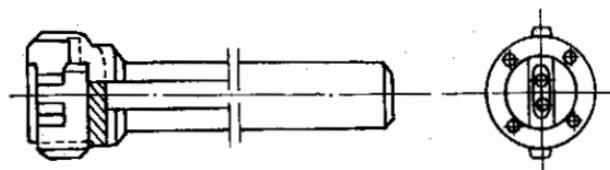


Hình 5-50. Các loại trục dao doa tùy động có và không có bậc dẫn hướng.

cứng với trục chính của máy mà nối lác lư. Dao doa lúc này được định hướng bằng lỗ gia công do đó không chịu ảnh hưởng sai lệch của trục chính hoặc sai lệch về độ đồng tâm giữa trục chính và trục dao (hình 5-50 a, b). Trên máy khoan cần cùn dùng trục dao doa tùy động kết hợp với cơ cấu tháo dao nhanh và có khi cùn dùng cả bạc đạn hướng trục dao (hình 5-50 c, d).

- *Dùng dao doa tùy động.* Đây là loại dao doa đơn giản, chỉ có hai lưỡi cắt. Lưỡi dao doa có khả năng xê dịch ít nhiều theo hướng kính để tự lựa theo lỗ đã gia công. Loại này thường dùng khi gia công các lỗ có đường kính từ 75 đến 150 mm. Nó có ưu điểm là gọn, nhẹ, đơn giản và đảm bảo được độ chính xác gia công. Do số lưỡi cắt ít, nên dao chống mòn nhưng mài lại dễ dàng và có thể điều chỉnh lại kích thước đường kính (hình 4-51).

Trong sản xuất đơn chiếc, sửa chữa, lắp ráp còn có thể



Hình 5-51. Dao doa tùy động điều chỉnh lại được kích thước đường kính.

dùng phương pháp doa tay. Tất cả mọi chuyển động ở đây đều do tay công nhân thực hiện. Dao có góc φ nhỏ hơn so với dao doa máy, phần dẫn dài, nhiều lưỡi cắt. Khi cắt, dao hoàn toàn dựa vào lỗ có sẵn nên không chịu ảnh hưởng sai lệch của máy. Nếu thao tác của công nhân nhịp nhàng, đều đặn thì có thể đạt độ chính xác cao hơn doa máy. Tuy vậy dùng doa tay sẽ tốn nhiều công sức và giá thành sẽ cao hơn.

Tóm lại, doa là một phương pháp thông dụng để đạt độ chính xác cấp 7 và cấp 8, nhưng còn bị hạn chế trong các trường hợp sau.

- Chỉ nên doa các lỗ có đường kính tới 80 mm . Không nên doa các lỗ quá lớn, không tiêu chuẩn.

- Không nên doa các lỗ ngắn, lỗ không thông, lỗ có rãnh. Bởi vì nếu lỗ ngắn sẽ không có khả năng định hướng dao doa và lỗ gia công dễ bị lay rộng. Nếu lỗ không thông, sẽ không thể doa được tới đáy lỗ. Còn lỗ có rãnh dọc thì không có khả năng định hướng đúng đao và lỗ gia công sẽ bị méo.

- Không nên doa trên vật liệu quá cứng hoặc quá mềm (kim loại mầu).

Đao doa đất và phải đi theo bộ với khoan, khoét nên chỉ đạt được hiệu quả kinh tế khi đạt độ chính xác cấp 7, $R_a = 0,80$ trong sản xuất hàng loạt. Còn trong sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc, chi phí cho dao với nhiều đường kính khác nhau sẽ rất tốn kém nên ít dùng. Lúc đó thường thay thế doa bằng tiện trong.

- Một trong các biện pháp nâng cao độ chính xác của doa là xét đến mối quan hệ giữa doa và khoan, khoét. Về phương diện gá đặt, nhằm giảm bớt sai số này, đồng thời tạo điều kiện cho lượng dư doa đều, người ta có thể khoan, khoét, doa trên một lần gá hoặc ít nhất cũng là khoét, doa trên một lần gá.

d) *Gia công ren bằng tarô*. Phương pháp gia công ren bằng tarô chủ yếu dùng để gia công ren trong tiêu chuẩn, nhất là lỗ ren có đường kính trung bình và nhỏ. Bằng phương pháp này có thể gia công được ren trụ, ren côn thông hoặc không thông.

Trong một số trường hợp đặc biệt tarô còn có thể gia công được ren tiết diện hình thang hoặc hình vuông. Cắt ren loại nào phải dùng loại tarô tương ứng.

Nhìn chung, vận tốc khi tarô ren thấp ($5 \div 15\text{ m/ph}$).

Sở dĩ như vậy vì khi gia công nhiều lưỡi cắt cùng làm việc một lúc, điều kiện tỏa nhiệt lại khó khăn, nếu cắt với vận tốc cắt cao, đinh ren sẽ bị cháy. Ngoài ra nếu đường kính ren lớn thì mômen xoắn sẽ rất lớn và càng dễ gãy tarô. Khi cắt ren lỗ thông, có thể chạy dao một lần nếu thực hiện trên máy bằng tarô máy, còn thực hiện bằng tay thì tùy theo đường kính có thể chạy dao hai hoặc ba lần bằng hai hoặc ba tarô khác nhau làm thành một bộ. Có vậy mới giảm được cường độ lao động cho công nhân và nâng cao chất lượng ren.

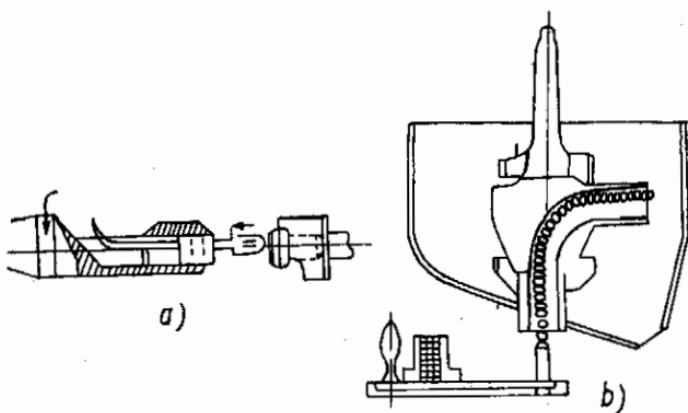
Dộ chính xác khi cắt ren phụ thuộc vào vật liệu và độ chính xác chế tạo tarô, biện pháp thực hiện khi cắt ren. Nếu tarô khi chế tạo được mài phần cắt thì độ chính xác khi gia công ren có thể đạt tới cấp 7, nếu không chỉ đạt cấp 8.

Lỗ ren được gia công bằng tarô dễ bị nghiêng, lúc này độ chính xác của nó càng giảm và rất dễ bị gãy tarô. Để tránh hiện tượng trên, khi gia công ren lỗ trên máy phải thực hiện cả khoan và tarô trên một lần gá. Nếu khoan và tarô trên hai lần gá khác nhau thì khi tarô phải dùng đầu tự lựa để dễ định vị tarô theo lỗ đã khoan.

Năng suất gia công ren bằng tarô rất thấp không những vì vận tốc cắt thấp mà còn vì có hành trình chạy không ngược lại.

Để có năng suất cao, trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối người dùng tarô tự bóp lại sau khi cắt ren xong để có thể rút thẳng tarô ra. Loại tarô này chỉ dùng được khi cắt lỗ ren không quá bé.

Khi gia công mủ ốc có thể dùng tarô máy đầu cong trên máy khoan hoặc máy tiện, có thể gia công liên tục, loại bỏ được hành trình chạy không nên có năng suất cao (hình 5-52).



Hình 5-52 Các kiểu tarô gia công mõm ốc trên máy:
a) trên máy tiện; b) trên máy khoan.

2.5- Chuốt

Chuốt là phương pháp gia công cắt gọt bằng nhiều lưỡi cắt cùng một lúc. Nó có thể gia công lỗ tròn, lỗ có rãnh thẳng hoặc xoắn, lỗ then hoa, mặt phẳng, rãnh. Ngoài ra cũng có thể gia công mặt trụ ngoài, bánh răng nhưng nói chung còn ít dùng.

Chuyển động cắt của chuốt rất đơn giản, thông thường chỉ có một chuyển động thẳng hoặc chuyển động quay tròn. Trong một số trường hợp như khi gia công lỗ có rãnh xoắn thì có thêm một chuyển động quay tròn cùng với chuyển động đã có để tạo nên bước xoắn của rãnh. Những ưu điểm chính của phương pháp gia công bằng chuốt là:

- Độ chính xác có thể đạt tới cấp 7, độ nhám bề mặt có $R_a = 0,8 \div 0,6 \mu\text{m}$. Chất lượng bề mặt gia công tốt vì vận tốc cắt thấp nên biến dạng dẻo không nhiều.

- Một mình chuốt có thể thay thế cho cả nguyên công

thô và tinh. Nếu chuốt lỗ, nó có thể thay thế cho cả khoan rộng, khoét và doa.

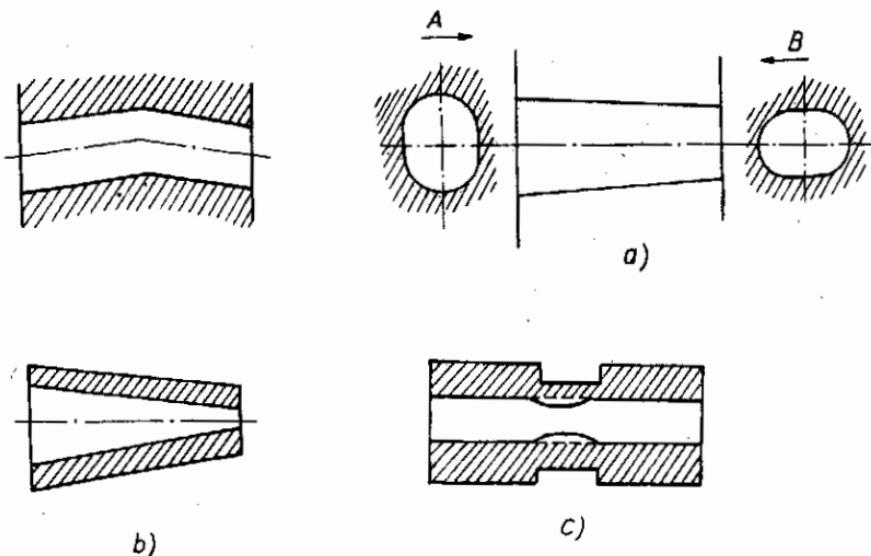
- Chuyển động đơn giản, vận tốc cắt thấp nhưng năng suất cao.

- Có thể gia công được các loại lỗ khác nhau như lỗ tròn, vuông, định hình nhưng phải là lỗ thông, lỗ thẳng và tiết diện không thay đổi.

Cho đến nay chuốt có thể gia công được lỗ có đường kính đến 320 mm , then hoa có đường kính đến 420 mm , rãnh rộng đến 100 mm và chiều dài lỗ lớn nhất đến 10 m .

Tuy vậy chuốt còn một số khuyết điểm như:

- Dao chuốt khó chế tạo, đắt tiền, nhất là loại dao dài.



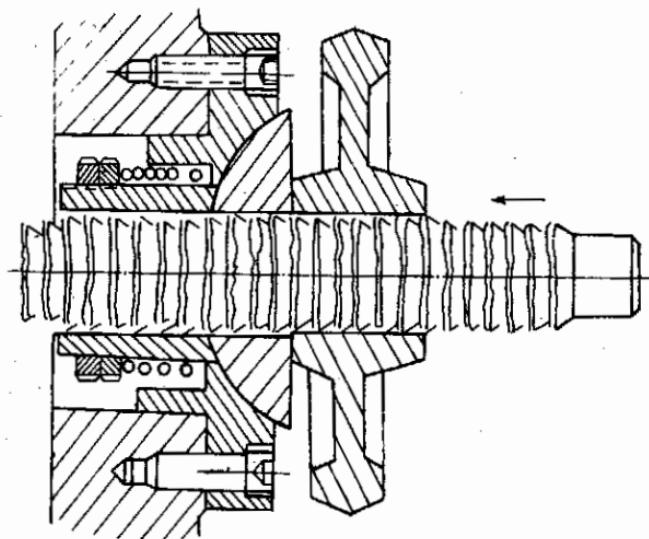
Hình 5-53. Các loại sai số xuất hiện khi chuốt

- Lực chuốt lớn (10 tấn) nên máy phải có công suất lớn; dao, máy, chi tiết phải đủ cứng vững.

- Chuốt không sửa được sai lệch về vị trí tương quan.

Ngoài ra khi chuốt lỗ thành mỏng hoặc thành dày không đều lỗ gia công rất dễ bị biến dạng (hình 5-53a,b,c). Khi chuốt do áp lực hướng kính lớn, nên đối với những lỗ thành mỏng sau khi chuốt đường kính bị bé đi, thành lỗ không đều thì hình dáng lỗ dễ bị méo.

Trước khi chuốt lỗ yêu cầu phải gia công đạt chính xác về vị trí tương quan. Vì lúc đó mặt đầu của lỗ chỉ có tác dụng để tỳ, nếu mặt đầu thẳng góc với tâm lỗ thì có thể tỳ ngay lên thành máy và đạt được yêu cầu thẳng góc. Nếu mặt đầu của lỗ lớn nhất thiết phải thêm đệm cầu tự lựa để tránh phá hỏng định vị (hình 5-54). Trong trường hợp mặt đầu của lỗ không thẳng góc với tâm lỗ



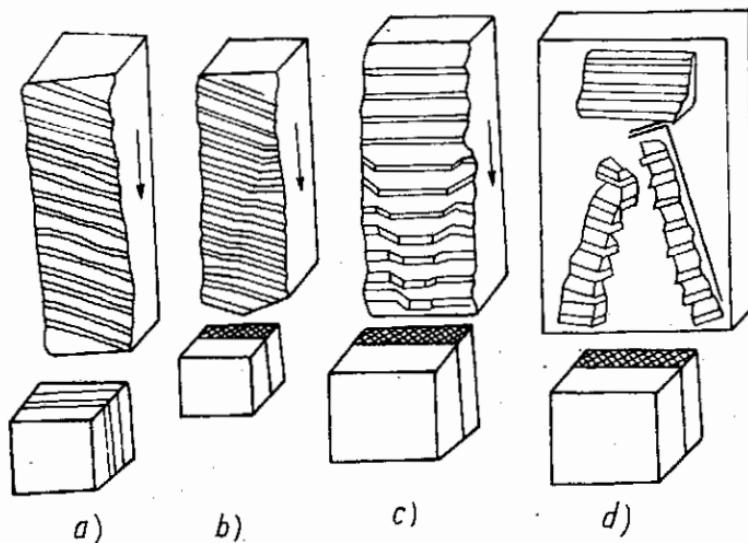
Hình 5-54. Sơ đồ gá đặt chuốt có đệm cầu tự lựa.

phải có gá phức tạp hơn và thời gian gá lâu hơn.

Chuốt mặt phẳng là một dạng chuốt ngoài. Lúc này yêu cầu về công xuất máy, độ cứng vững của máy và dao, việc kẹp chặt chi tiết phải hết sức chắc chắn. Chuốt mặt phẳng có thể dùng nhiều kiểu dao khác nhau.

Chuốt lấp (hình 5-55a) dùng để gia công bề mặt đã qua gia công thô và đạt độ chính xác tốt.

Nếu chuốt bề mặt thô nên dùng chuốt mảnh (hình 5-55b, c, d).



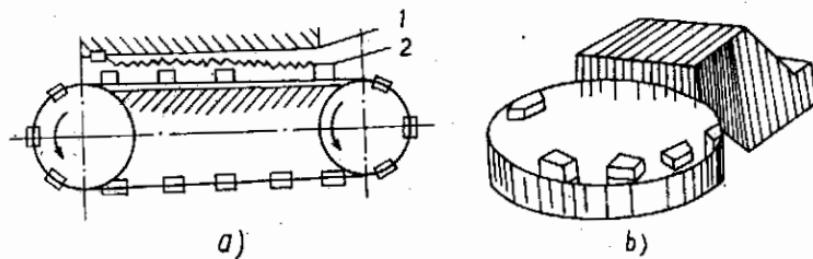
Hình 5-55. Các kiểu dao chuốt.

Chuốt bằng phương pháp này răng của dao chuốt có độ cao bằng nhau và chiều rộng của răng sẽ được mở dần ra về một phía hoặc từ giữa mở rộng ra cả hai phía, hoặc từ hai phía mở vào giữa. Lượng mở rộng ra cả hai phía có thể tới $0,1 \div 0,4 \text{ mm/răng}$. Lúc đó dao chuốt làm

việc tương tự như một hành trình bào có gá nhiều dao, dao này sau dao kia như hình 5-31b. Kiểu này thường chỉ để gia công thô.

Ngoài ra còn có thể kết hợp cả hai kiểu trên để gia công thô và tinh khai thuận lợi.

Để tăng năng suất khi chuốt mặt phẳng người ta còn thay chuyển động tịnh tiến của dao bằng chuyển động quay liên tục của bàn máy trên đó gá chi tiết hoặc chuyển động quay liên tục của hai bánh truyền làm cho băng tải chạy liên tục, đó là nguyên tắc vận hành của máy chuốt mặt phẳng nằm ngang (hình 5-56a,b).



Hình 5-56 Sơ đồ chuốt mặt phẳng liên tục trên máy chuốt nằm ngang.

Cùng với nguyên lý trên, chuốt còn có thể gia công được những mặt định hình hoặc gia công những mặt phẳng ngoài thẳng góc với nhau trong một hành trình chuốt. Tất nhiên lúc này dao phải có dạng phù hợp.

Trong ngành chế tạo máy nói chung và ngành chế tạo ô tô máy kéo, chuốt đang được dùng phổ biến. Để gia công mặt ghép đầu to thanh truyền động cơ diêzen, dùng chuốt ngoài đạt năng suất 60 cái trong một giờ.

2.6- Mài

Mài là một nguyên công gia công tinh có thể gia công

được nhiều dạng bề mặt khác nhau như mặt trụ ngoài, mặt trụ trong (lõi), mặt phẳng, mặt định hình. Mài có thể gia công được vật liệu rất cứng nhưng lại không gia công được vật liệu quá mềm.

Bản chất của quá trình mài là sự cao sát tế vi bề mặt vật rắn bằng những hạt mài có vận tốc cao. Phần làm việc của đá mài gồm vô số các lưỡi cắt của vô số hạt mài riêng biệt, chúng không có hình dạng giống nhau và phân bố rất lộn xộn trong chất dính kết của đá mài.

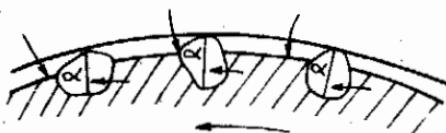
Qua sự khảo sát tỉ mỉ, nhiều lần, các nhà nghiên cứu đã đi đến kết luận là: trong quá trình cắt, hạt mài có lưỡi cắt luôn luôn thay đổi nhưng hầu như tất cả chúng đều có góc trước α âm (hình 5-57). Kết quả này cho phép chúng ta coi quá trình cắt bằng hạt mài giống như quá trình cắt bằng dao tiện hay dao phay với góc trước âm, với tốc độ rất cao và nhiều lưỡi cắt cùng làm việc một lúc.

Khi mài, ngoài vấn đề gá đặt chi tiết việc chọn đá mài, chế độ mài đóng vai trò quyết định đối với chất lượng của sản phẩm.

• **Chọn đá mài.** Việc chọn đá mài hợp lý có liên quan đến chất lượng và năng suất. Khi chọn đá mài phải chú ý đến các yếu tố sau:

- Vật liệu mài.
- Chất dính kết của đá mài.
- Độ cứng của đá mài.
- Kết cấu của đá mài.
- Độ hạt của đá mài.

Chọn đá mài



Hình 5-57. Góc trước tại những lưỡi cắt của hạt mài.

loại nào, chất dính kết, độ hạt ra sao là theo vật liệu gia công, chất lượng cần đạt. Điều này đã cho trong giáo trình "Nguyên lý cắt".

• *Chọn chế độ mài* nghĩa là phải chọn vận tốc của đá mài, vận tốc của chi tiết, lượng chạy dao ngang và chiều sâu cắt.

Tốc độ mài quá bé, trong những điều kiện khác nhau sẽ tạo nên áp lực cắt tăng, hạt mài rơi ra nhanh làm đá mòn trước thời hạn. Vận tốc đá mài quá cao thì lực li tâm lớn gây nguy hiểm làm vỡ đá mài do đó vận tốc đá mài không được vượt quá phạm vi cho phép. Vận tốc của đá mài phụ thuộc vào phương pháp mài và chất dính kết của đá mài.

Nếu đá mài có chất dính kết là gốm (Keramit), khi mài tròn ngoài chi tiết gang thì tốc độ đá mài V_d khoảng $18 \div 25 \text{ m/s}$, mài thép $V_d = 25 \div 30 \text{ m/s}$, mài tinh $V_d = 30 \div 35 \text{ m/s}$.

Khi mài tròn ngoài bằng đá có chất dính kết vunkanit và bakélit hay những loại tương tự thì $V_d = 35 \div 50 \text{ m/s}$. Khi mài với lượng chạy dao bằng tay, tốc độ mài nên chọn thấp hơn khi chạy dao tự động. Nói chung khi mài tròn ngoài không nên chọn $V_d < 20 \text{ m/s}$.

Tốc độ của vật mài phụ thuộc chủ yếu vào yêu cầu về độ nhẵn của bề mặt gia công, đường kính vật mài, lượng chạy dao dọc cũng như ngang và độ bền vững của đá.

Tốc độ vật mài có ý nghĩa lớn về phương diện năng suất của quá trình mài, nhưng tốc độ vật mài lớn quá, khi mài bằng đá mài mềm sẽ làm đá mòn rất nhanh. Thông thường tốc độ vật mài chỉ bằng $1 \div 3\%$ tốc độ đá mài.

Lượng chạy dao ngang phụ thuộc vào yêu cầu độ

nham bề mặt, độ hạt của đá mài; độ cứng vung của vật mài; độ cứng của vật liệu mài; hình dạng và kích thước của đá mài, công suất của máy.

Lượng chạy dao ngang sau một hành trình kép của bàn mài (khi mài tròn ngoài sơ bộ), nếu mài thép $S_{ng} = 0,01 \div 0,06 \text{ mm}$, mài gang $S_{ng} = 0,02 \div 0,08 \text{ mm}$. Trị số lớn dùng khi lượng chạy dao đúc $S_d < 1/2$ bề rộng đá.

Khi mài tinh $S_{ng} = 0,005 \div 0,015 \text{ mm}$. Ở đây giá trị lớn chỉ dùng khi tươi dung dịch trơn nguội từ $21 \div 40 \text{ l/ph}$, nếu đá lớn thì phải tươi 80 l/ph hoặc hơn nữa.

Lượng chạy dao đúc tính theo một vòng quay của vật mài được biểu thi bằng cách so sánh với bề rộng đá. Nó phụ thuộc vào đường kính vật mài, độ nhẵn bề mặt yêu cầu.

Khi mài thô thép $S_d = 0,3 \div 0,7$ bề rộng đá mài, mài gang $S_d = 0,05 \div 0,95$ bề rộng đá mài.

Khi mài tinh thường $S_d < 1/2$ bề rộng đá mài, với thép $S_d = 0,2 \div 0,3$ còn với gang $S_d = 0,4$ bề rộng đá mài. Gia công bằng phương pháp mài thông thường có thể đạt độ chính xác kính tế cấp 9 và độ nhám bề mặt $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ khi mài thô; khi mài tinh thì đạt độ chính xác kính tế cấp 7 và độ nhám bề mặt $R_a = 1,6 \div 0,4 \mu\text{m}$. Còn khi mài siêu tinh (còn gọi là mài tinh mỏng) thì có thể đạt chính xác cấp 6 và độ nhẵn bề mặt tới $R_a = 0,2 \div 0,1 \mu\text{m}$.

Tùy theo khả năng công nghệ mài có thể mài tròn ngoài, mài tròn trong, mài mặt phẳng và mài mặt định hình.

a) *Mài tròn ngoài*. Mài tròn ngoài có thể thực hiện bằng hai phương pháp: mài có tâm và mài không tâm.

• *Mài có tâm* là phương pháp mài có tính vạn năng cao, chi tiết được gá vào hai lỗ tâm, hoặc một đầu cắm vào mâm cấp còn đầu kia chống tâm. Lỗ tâm là chuẩn

thống nhất đã được dùng trong các nguyên công trước nên đảm bảo được lượng dư đều. Nhưng trước khi mài phải sửa lại lò tâm để khử những sai lệch do biến dạng trong quá trình nhiệt luyện gây ra. Ngoài ra sau khi nhiệt luyện còn xuất hiện sự cong vênh nên trước khi mài thường phải nắn thẳng chi tiết.

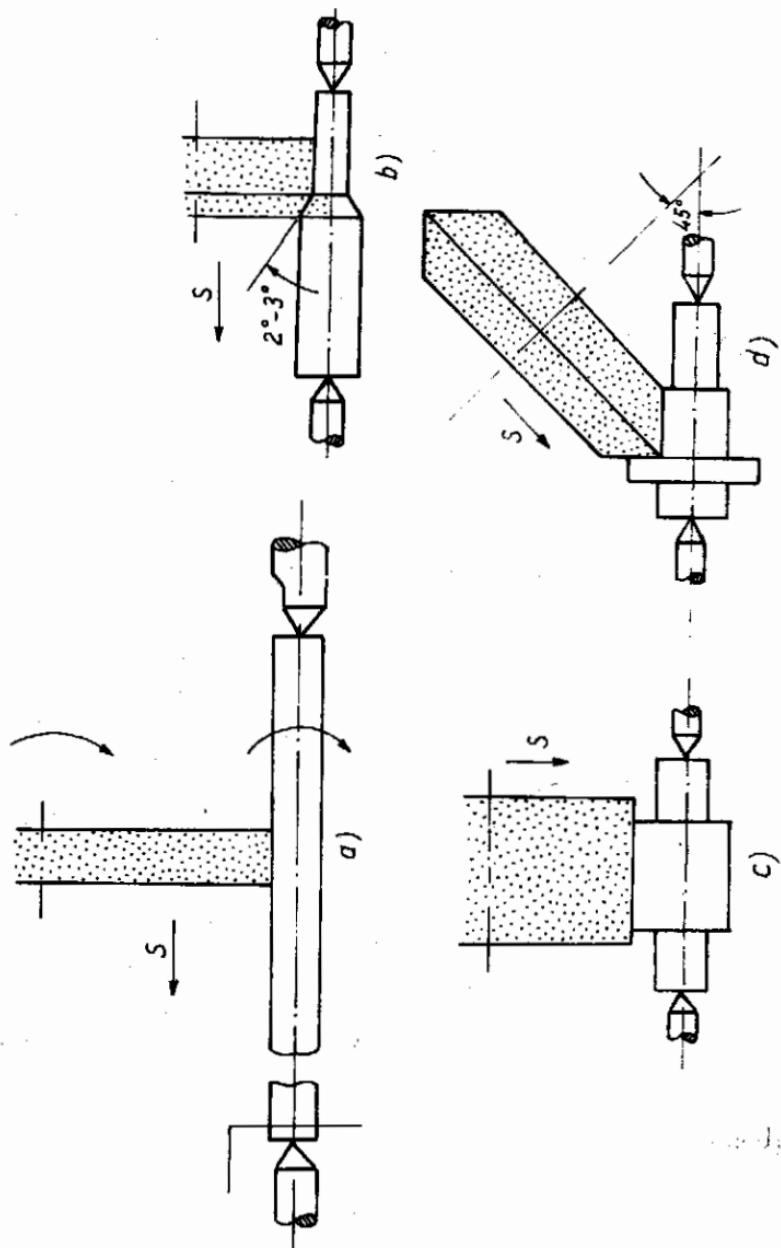
Mài cổ tâm gia công được trực tròn, trực bậc mà vẫn đảm bảo độ đồng tâm cao, có thể gia công được rãnh, góc lượn, các mặt tròn ngoài có rãnh.

Mài cổ tâm thường dùng kiểu chạy dao dọc (án dao dọc) như hình 5-58a. Sau mỗi hành trình chạy dao dọc mới tiên đá sâu vào, phương pháp này dễ sử dụng nhất, độ sâu cắt nhỏ ($0.005 \div 0.02 \text{ mm}$) nên lực mài bé. Để mài cổ nâng suất cao nghĩa là án vào được sâu hơn, người ta vát côn một phần đá với góc côn từ $2 \div 3^\circ$ (hình 5-58b). Cách này dùng để mài các trực ngắn, độ cứng vững tốt và có nâng suất cao đặc biệt là khi mài các chi tiết bằng gang hoặc hợp kim màu. Khi mài tinh bằng cách chạy dao dọc, ở những lần chạy dao cuối cùng ta không cho đá tiến sâu vào nữa mà vẫn tiếp tục mài cho đến khi tắt hoa lửa mới thôi.

Khi gia công trực ngắn có đường kính lớn, sản lượng lớn còn dùng kiểu án dao ngang (hình 5-58c). Cách mài này đòi hỏi độ cứng vững chi tiết tốt, máy khỏe, đá rộng bén và phải sửa đá thật tốt, tuy vậy nó có ưu điểm rất lớn về mặt nâng suất. Khi sửa đá chính xác còn có thể gia công được mặt định hình tròn xoay bằng cách án dao ngang.

Khi cần gia công mặt trụ ngoài và mặt đầu của trực bậc còn có thể thực hiện án dao bằng cách tiến đá xiên (hình 5-58d). Cách này cũng có ưu điểm lớn về nâng suất nhưng chỉ dùng khi yêu cầu độ chính xác gia công không cao vì phần trụ dễ bị côn và mặt đầu không

Hình 5.55 Các phương pháp ăn dao khi mài tròn nón



thẳng góc với mặt trụ. Sở dĩ có hiện tượng này vì tốc độ cắt ở các điểm trên đá không đều nhau do đó đá mòn không đều.

• *Mài không tâm*. Đặc điểm của đá mài không tâm là chuẩn định vị của chi tiết gia công chính là mặt đang gia công. Mài không tâm có thể thực hiện bằng hai cách chạy dao: chạy dao dọc và chạy dao ngang.

Mài không tâm chạy dao dọc về tính chất các chuyển động giống như mài có tâm, nhưng lúc này chi tiết được đặt giữa hai đá, một đá mài làm nhiệm vụ cắt phoi, một đá dẫn làm nhiệm vụ cung cấp cho chi tiết hai chuyển động: quay tròn và tịnh tiến. Phía dưới chi tiết có thanh đỡ đặt song song với trục đá mài, nhờ nó tâm của chi tiết cao hơn tâm của đá mài một khoảng bằng $(1/2+1) R$ (R bán kính của vật mài) nhưng không quá $10+15\text{ mm}$. Đặt tâm chi tiết cao hơn tâm đá mài để chi tiết không bị méo, thanh dẫn còn được vát nghiêng để chi tiết tỳ vào bánh dẫn. Bánh dẫn có dạng hypocbôlôit tròn xoay mà đường sinh là đường thẳng. Trục bánh dẫn tạo với nó một góc α . Góc này thường từ $1^\circ \div 2^\circ 30'$, khi mài vật dài $\alpha = 1^\circ 12' \div 3^\circ 30'$ và có khi tới $4^\circ 30'$, nhờ hình dạng bê mặt bánh dẫn và góc nghiêng α nên khi bánh dẫn quay là truyền cho chi tiết chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến như hình 5-59a.

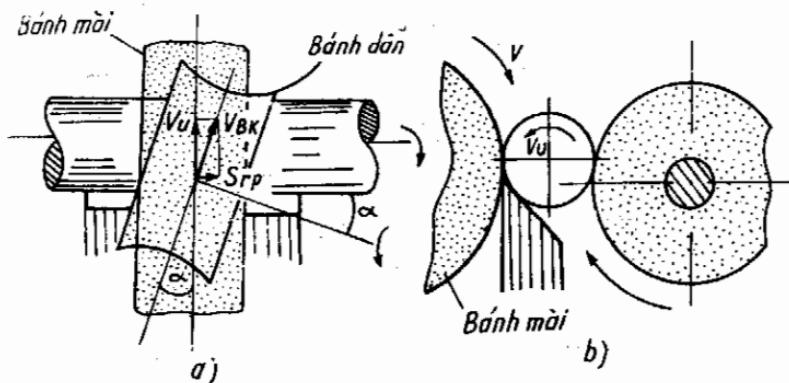
Mài không tâm chạy dao ngang tương tự như mài có tâm chạy dao ngang. Phương pháp này nếu sửa đá chính xác có thể mài được cả mặt côn và mặt định hình nhưng yêu cầu độ cứng vững của chi tiết phải tốt và mặt gia công phải ngắn. Lúc này bánh dẫn không cần có dạng hypocbôlôit và trục của nó đặt song song với trục đá mài (hình 5-59b).

Ưu điểm của mài không tâm là:

- Giảm được thời gian phu (thời gian gá đặt) và thời

gian gia công mặt chuẩn.

- Dễ tự động hóa quá trình công nghệ.
- Độ cứng vững gá đặt cao hơn mài có tâm.



Hình 5-59. Sơ đồ mài không tâm.

Tuy vậy nó còn một số nhược điểm:

- Không có khả năng đảm bảo độ đồng tâm giữa các mặt như khi mài có tâm, nên thường chỉ dùng để gia công trực tròn.
- Không mài được các mặt gián đoạn vì lúc đó bánh dẫn không có khả năng cung cấp cho chi tiết chuyển động quay đều và tịnh tiến đều nên tiết diện dễ bị méo.

Mài không tâm được dùng nhiều trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối (và có nhiều cải tiến khác nhau để mở rộng khả năng công nghệ của nó).

b) *Mài tròn trong (mài lỗ)*. Mài lỗ có khả năng gia công lỗ trụ, côn đạt yêu cầu chính xác cao nhưng giá thành tương đối cao nhất là những lỗ có kích thước nhỏ.

• *Mài lỗ có tâm* có thể thực hiện được trên các máy mài trong, máy mài vạn năng có bộ phận mài lỗ hoặc đồ gá mài lỗ trên máy tiện vạn năng thông thường. Việc

chọn máy nào để thực hiện nguyên công mài lỗ phụ thuộc vào dạng sản xuất và phương pháp mài thích ứng với từng loại chi tiết gia công cụ thể. Còn mài lỗ không tâm được thực hiện trên máy mài lỗ không tâm.

Về chuyển động cắt và bản chất của quá trình mài lỗ hoàn toàn tương tự như mài tròn ngoài. Mài lỗ tuy có giá trị kinh tế kỹ thuật cao nhưng phạm vi sử dụng của nó bị hạn chế nhiều so với mài tròn ngoài và mài mặt phẳng. Sở dĩ có sự hạn chế đó chủ yếu là vì kích thước của đá mài lỗ bị khống chế bởi kích thước lỗ gia công.

Thực vậy, nếu đường kính lỗ gia công càng nhỏ thì:

- Đường kính đá càng nhỏ và đá càng mòn nhanh đồng thời diện tích tiếp xúc giữa đá với mặt gia công càng lớn, sự tỏa nhiệt càng khó khăn và đá lại càng mòn nhanh hơn.

- Đường kính đá càng nhỏ thì yêu cầu số vòng quay của đá càng lớn mới đảm bảo tốc độ mài, do đó đá càng mòn nhanh. Nếu đường kính đá $\Phi 20$, để đảm bảo tốc độ mài 30 m/s thì trục đá phải có số vòng quay là 28.000 vg/ph . Hiện nay tuy đã có những máy mài có số vòng quay của trục chính là 100.000 vg/ph nhưng dù sao việc thiết kế và chế tạo những máy đó rất khó khăn. Vì vậy trong thực tế sản xuất nhiều khi phải mài lỗ với tốc độ cắt không theo ý muốn.

- Đường kính đá càng bé thì trục mang đá cũng càng nhỏ khiến cho độ cứng vững của nó kém và ảnh hưởng không ít đến độ chính xác gia công.

Mặc dù có những nhược điểm nói trên mài lỗ vẫn có những khả năng công nghệ lớn, có phạm vi sử dụng rộng rãi và phát huy được ưu điểm rõ rệt trong các trường hợp sau:

- Mài các chi tiết đã qua tôi hoặc bằng vật liệu cứng ($HRC > 30$) ít dùng để gia công vật liệu mềm như đồng.

- Mài những vật đúc có độ cứng không đều.
- Mài lỗ có kết cấu không thuận tiện cho các phương pháp gia công khác.
- Mài các lỗ lớn phi tiêu chuẩn.
- Mài các lỗ yêu cầu chính xác cao vì có thể đạt tới cấp 6 và cao hơn.
- Mài các lỗ để sửa lại sai lệch về vị trí tương quan của bề mặt do các nguyên công trước để lại.

Mài lỗ có tâm có hai cách:

Cách thứ nhất. Chi tiết được kẹp chặt trong mâm capse và quay tròn, còn trực đá cũng quay tròn và thực hiện chuyển động chạy dao dọc hoặc chuyển động chạy dao hướng kính (ăn dao ngang) (hình 5-60a). Cách này thường dùng để gia công những chi tiết nhỏ, các vật thể tròn xoay hoặc đẽ gá trên mâm capse các loại và có thể thực hiện trên máy tiện vạn năng với đồ gá chuyên dùng.

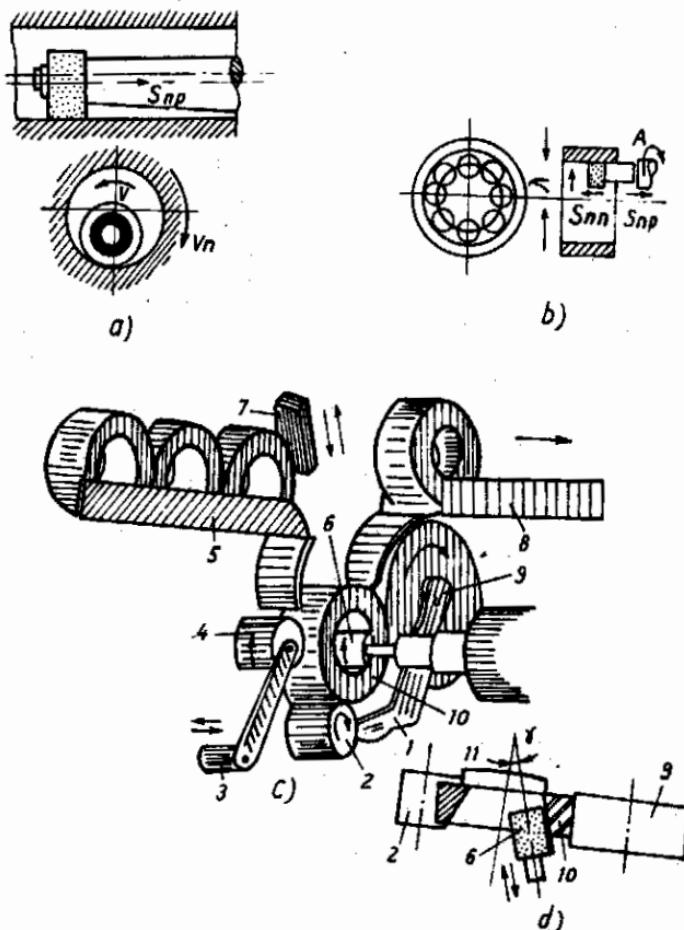
Cách thứ hai. Chi tiết được gá cố định trên bàn máy. Trục mang đá thực hiện tất cả các chuyển động: chuyển động quay tròn của đá, các chuyển động chạy dao và chuyển động hành tinh của đá xung quanh tâm lỗ gia công (hình 5-60b).

Cách mài này rất thuận tiện khi gia công những chi tiết lớn như: thân động cơ, máy nén hoặc các loại hộp khác. Thực vậy nếu chi tiết lớn, công kẽm phải gá đặt lên mâm capse thì rất khó khăn đây là chưa kể khi quay nó còn gặp phải một số vấn đề về lực li tâm, công suất, độ cứng vững.

Mài lỗ không tâm là một phương pháp có năng suất rất cao có khả năng đạt độ chính xác và độ đồng tâm cao. Phương pháp này dùng để gia công những bạc thành mỏng rất đảm bảo. Mài không tâm lỗ, ngoài đá mài, bánh dẫn, còn phải có những con lăn để đỡ và ép cho chi tiết sát vào bánh dẫn (hình 5-60c). Vì chuẩn

công nghệ trong trường hợp này là mặt ngoài nên trước khi mài phải gia công tinh hoặc bán tinh mặt ngoài.

Mài lỗ không tâm còn có thể gia công được cả mặt



Hình 5-60. Sơ đồ các phương pháp mài lỗ:

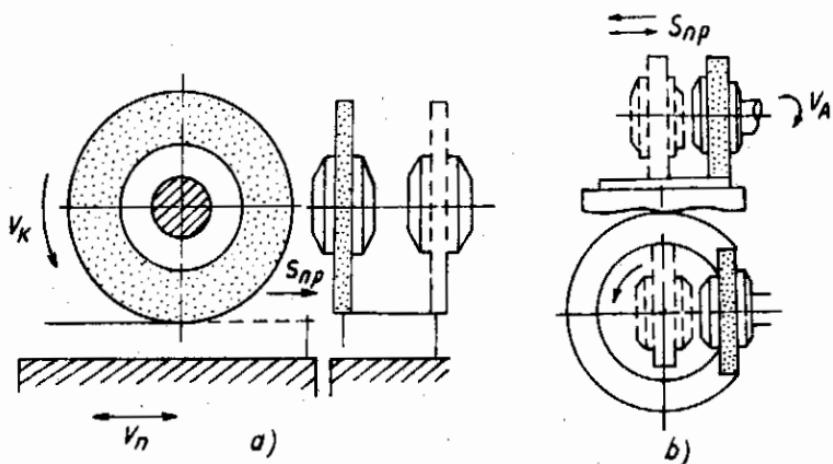
- a) Mài lỗ chi tiết quay.
- b) Mài lỗ chi tiết cố định, đá chạy hành tinh
- c) Mài không tâm lỗ.
- d) Mài không tâm lỗ côn.

còn khi trục đá nghiêng đi so với trục của lỗ một góc cần thiết và chuyển động chạy dao dọc theo phương của trục đá (hình 5-60d).

c) *Mài phẳng*. Mài phẳng là một phương pháp cơ bản để gia công tinh mặt phẳng. Nó có thể dùng để gia công lỗ cuối các mặt đã qua tôi sau khi đã phay hoặc bào. Ngoài ra mài phẳng còn có thể thay cho phay, bào trong sản xuất lớn hoặc để gia công các chi tiết khó định vị và kẹp chặt (như xecmăng chẳng hạn).

Mài mặt phẳng có thể đạt độ chính xác cấp 7 và độ nhám bề mặt $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Nếu mài thật cẩn thận có thể đạt chính xác cấp 6 và độ nhám $R_a = 0,4 \mu\text{m}$.

Do công dụng rộng rãi nên đến nay mài mặt phẳng có nhiều kiểu mài.



Hình 5-61. Sơ đồ mài mặt phẳng bằng đá mài hình trụ.

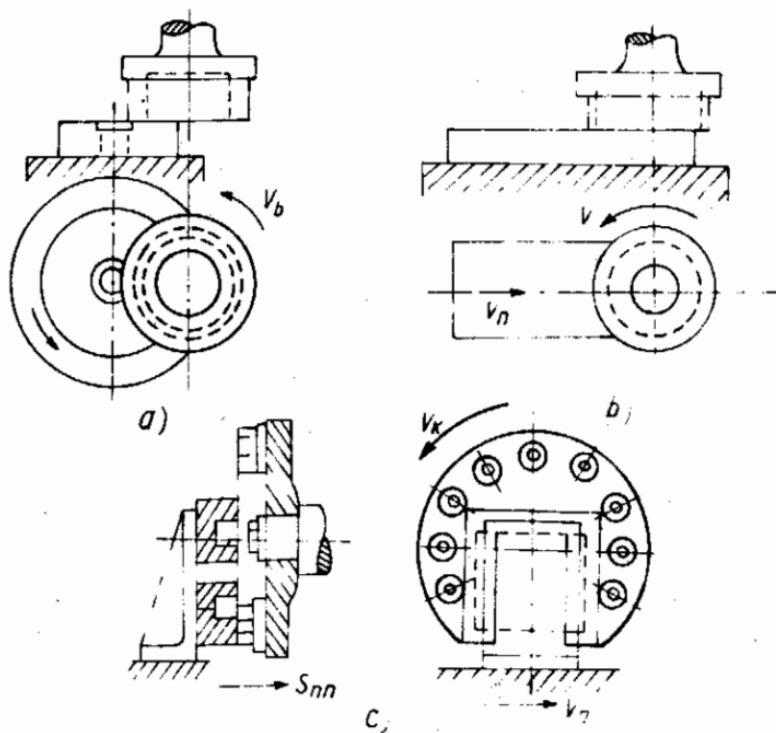
Mài mặt phẳng bằng đá mài hình trụ. Phương pháp này bảo đảm được chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt cao. Vì việc thoát phoi, thoát nhiệt và tưới dung dịch trơn nguội vào khu vực gia công đều dễ dàng. Mài mặt phẳng bằng đá mài hình trụ có thể thực hiện trên máy mài mặt phẳng thông thường hay vạn năng có bàn máy chữ nhật thực hiện chuyển động tịnh tiến khứ hồi dọc hoặc bàn máy tròn thực hiện chuyển động quay quanh tâm của nó còn đá quay tròn, chạy dao ngang và thẳng đứng (hình 5-61a,b). Vì diện tích đá tiếp xúc với chi tiết không lớn nên năng suất thấp.

Để khắc phục nhược điểm này người ta còn dùng đá hình trụ rộng bàn có thể cắt được hết chiều rộng của chi tiết trong một hành trình chạy dọc của bàn máy và chỉ cần dao thẳng đứng. Khi dùng phương pháp này phải sửa đá thật cẩn thận, nếu không mặt gia công sẽ bị nghiêng vì đá côn hoặc mặt gia công sẽ không phẳng vì mặt đá không đều.

Mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu. Để nâng cao năng suất khi mài mặt phẳng có thể dùng phương pháp mài bằng mặt đầu của đá hình chậu nguyên hoặc chắp (hình 5-62a,b,c). Phương pháp này ngoài vẫn đề tiết kiệm được đá mài nó còn mở rộng được khả năng công nghệ của mài vì:

- Có thể dùng nhiều trực đá để mài nhiều mặt đồng thời (hình 5-63a,b).
- Có thể dùng bô trí hai thớt đá mài cùng một lúc cả hai mặt đầu (hình 5-64) như khi mài xecmáng.

Tuy vậy khi mài bằng mặt đầu của đá việc thoát phoi, thoát nhiệt và tưới dung dịch trơn nguội khó khăn nên nói chung độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt thấp hơn khi mài bằng đá mài hình trụ (5-65a). Vì vậy muốn đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao phải dùng

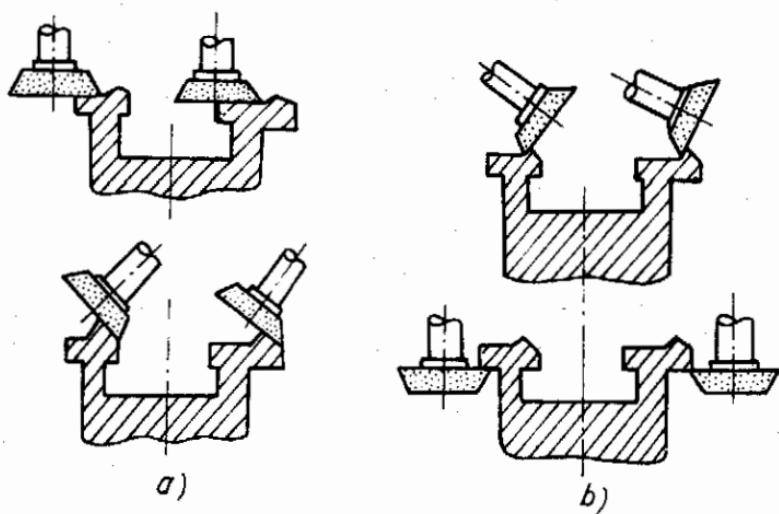


Hình 5-62. Các hình thức mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu ché đỡ cắt thấp

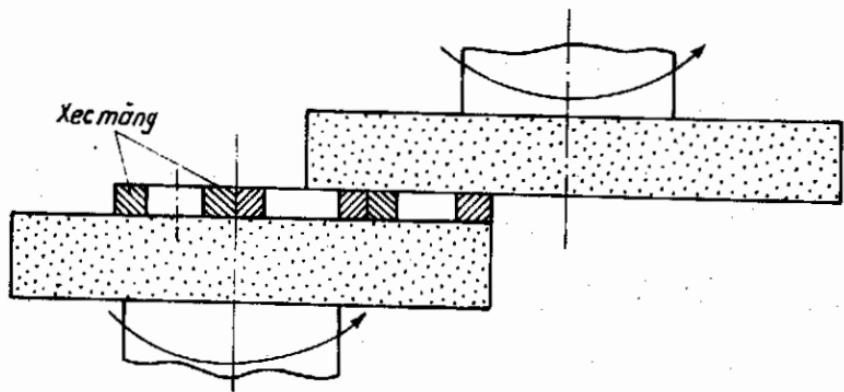
Khi nghiêng đầu đá đi một góc từ $2^\circ + 4^\circ$ (hình 5-65b) thì giải quyết được vấn đề thoát phoi, thoát nhiệt tưới dung dịch tròn ngoài nhưng các vết mài lại không xoa lên nhau nên độ nhẵn bóng bề mặt kém và mặt được mài còn bị lõm xuống

d) **Mài định hình** Thông thường mài có thể gia công được các mặt định hình tròn xoay hay định hình đường thẳng

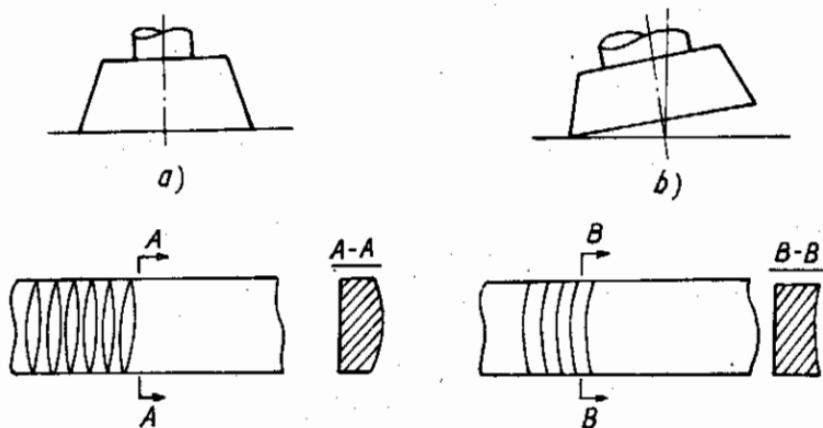
Mặt định hình tròn xoay chủ yếu được gia công trên



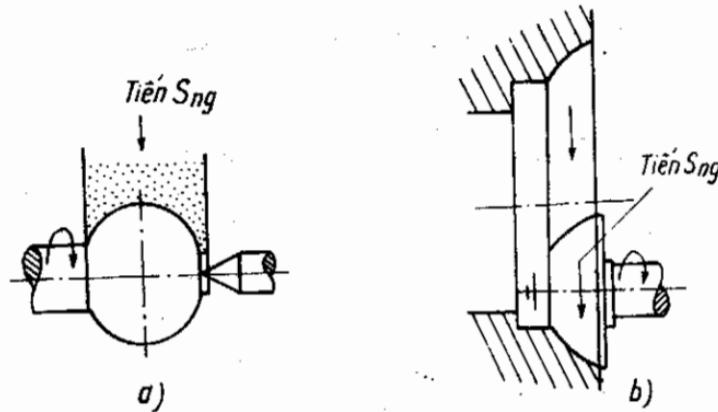
Hình 5-63. Sơ đồ mài nhiều trục đá.



Hình 5-64. Sơ đồ mài hai mặt phẳng song song bằng hai đá mặt đầu.



Hình 5-65. Sơ đồ mài mặt phẳng bằng đá mài mặt đầu
máy mài tròn ngoài hay tròn trong bằng cách sửa đá có
hình dáng yêu cầu và chỉ ăn dao ngang (hình 5-66a,b).



Hình 5-66. Sơ đồ mài định hình.

Lúc này độ chính xác hình dạng chủ yếu phụ thuộc vào công tác sửa đá.

Khi gia công những cam lêch tâm thì có thể dùng đá trụ nhưng việc tạo hình lại phải dựa vào mẫu theo nguyên tắc chép hình như đã trình bày ở phần phay.

2.7- Mài nghiêm

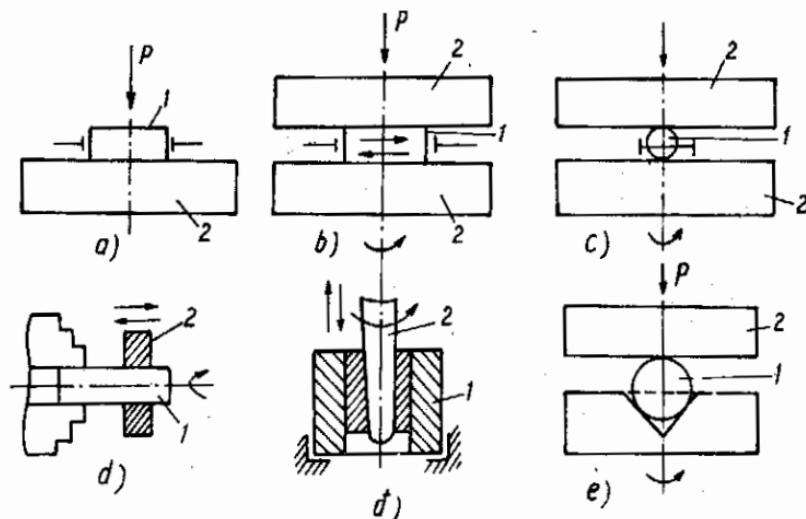
Mài nghiêm là một phương pháp gia công tinh đạt độ chính xác và nhẵn bóng rất cao, dùng bột mài hạt nhỏ hoặc bột kim cương trộn vào dầu nhờn, mỡ bò, paraffin và một số axit hữu cơ rồi bôi lên mặt tiếp xúc của dụng cụ với mặt gia công. Mài nghiêm được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, có thể gia công được mặt trụ trong, mặt trụ ngoài, mặt phẳng hoặc mặt định hình và đạt độ nhám $R_a = 0,2\text{--}0,01 \mu\text{m}$, độ chính xác đến cấp 6. Sai lệch về kích thước sau mài nghiêm có thể đạt tới $0,6 \mu\text{m}$. Tuy vậy phôi trước khi mài nghiêm phải có độ chính xác cao vì mài nghiêm không chữa được sai lệch về vị trí tương quan và không thể cắt được lớp lượng dư quá lớn (không quá $0,02 \text{ mm}$). Độ nhám bề mặt trước khi mài nghiêm phải đạt $R_a = 1,6\text{--}0,4 \mu\text{m}$, độ chính xác cấp 7. sai số hình dạng hình học không quá $0,005\text{--}0,01 \text{ mm}$ thì sau mài nghiêm mới đạt chính xác cấp 6 và độ nhám bề mặt $R_a = 0,2\text{--}0,01 \mu\text{m}$. Đặc điểm của quá trình mài nghiêm là:

- Sử dụng vật liệu cắt (hạt mài) là bột mịn, số lượng hạt mài cùng tham gia cắt lớn nhưng áp lực và vận tốc cắt lại không lớn.
- Quá trình động học của hạt mài khá phức tạp, làm cho quỹ đạo chuyển động của hạt mài trên bề mặt gia công khó bị lặp lại vết cũ.
- Trong quá trình nghiêm tồn tại hai hiện tượng: hiện tượng hóa học và hiện tượng cơ học.

Hiện tượng hóa học trong mài nghiên xuất hiện rất nhanh, chỉ trong vài phần trăm của giây. Nó tạo nên màng axit và lớp hấp phụ rất mỏng. Sau đó nhờ tác dụng cơ học các hạt mài mịn bóc脱离 lớp màng axit và lớp hấp phụ đồng thời đẩy nó ra khỏi vị trí gia công.

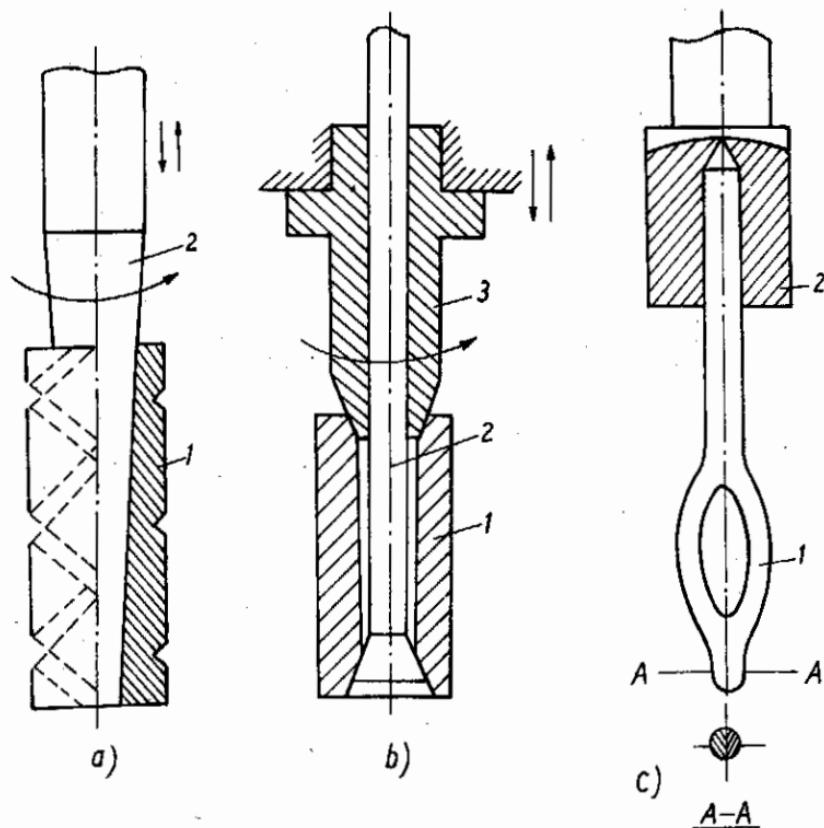
Vì những lý do đó lớp kim loại được cắt đi khi mài nghiên rất mỏng, lực cắt không lớn, nhiệt cắt không cao, do đó có khả năng đạt độ chính xác cao, R_a nhỏ.

Tùy theo hình dạng bề mặt cần nghiên, sơ đồ cụ thể khi mài nghiên có các dạng khác nhau như hình 5-67. Trong đó hình a là sơ đồ nghiên mặt phẳng; b. nghiên hai mặt phẳng song song; c. nghiên mặt trụ ngoài bằng hai đĩa nghiên; d. nghiên mặt trụ ngoài bằng bạc nghiên; d. nghiên lỗ và e. nghiên mặt cầu.



Hình 5-67. Các dạng mài nghiên.
1 Chi tiết gia công; 2. dụng cụ nghiên.

Khi nghiên lỗ, chuyển động cắt là chuyển động quay tròn và tịnh tiến khứ hồi của các dụng cụ nghiên khác nhau (hình 5-68).



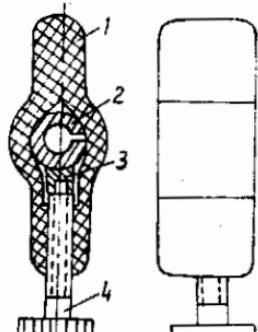
Hình 5-68. Sơ đồ nghiên lỗ:

a) dùng bao nghiên chữ C có lỗ côn. b) dùng bao nghiên chữ C có hai đầu lỗ vát côn; c) chày nghiên dàn hồi, thường dùng để nghiên lỗ có đường kính nhỏ.

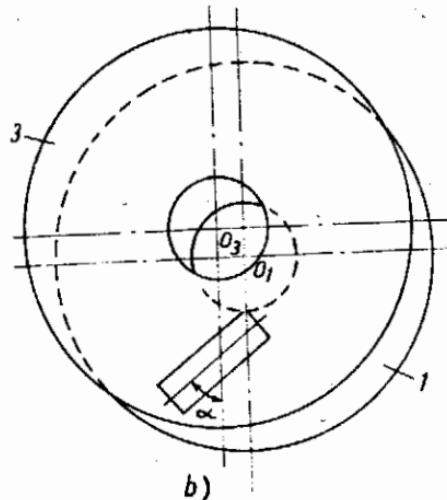
Tỷ lệ giữa vận tốc dài của chuyển động quay tròn V_q và vận tốc của chuyển động tịnh tiến V_t sẽ ảnh hưởng đến năng suất, chất lượng lỗ được nghiên.

Nếu gọi $\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_4}{V_1}$ thì khi nghiên lỗ thông thường $\operatorname{tg}\alpha = 0,6 \div 1$ Nghĩa là $\alpha = 35 \div 40^\circ$.

Góc α càng lớn thì năng suất mài nghiên càng cao nhưng đồng thời R_s , càng lớn nghĩa là độ nhám bề mặt càng tăng (độ nhẵn thấp). Nếu α càng nhỏ thì hiện tượng sẽ xảy ra ngược lại. Khi nghiên mặt trụ ngoài có thể thực hiện theo hai phương án: bằng bạc nghiên (hình 5-69a) hoặc bằng hai đĩa nghiên phẳng (hình 5-69b). Nguyên lý làm việc như sau:



a)



b)

Hình 5-69. Sơ đồ nghiên mặt trụ ngoài.

Đĩa 1 được cung cấp chuyển động quay tròn. Đĩa 2 có thể đứng hoặc quay tròn nhưng ngược chiều với đĩa 1. Giữa đĩa 2 và đĩa 1 có một đĩa ngắn cách 3 để giữ chi tiết gia công. Đĩa này được đặt lệch tâm so với tâm đĩa 1. Khi đĩa 1 quay thì đĩa ngắn cách 3 chuyển động song phẳng như sàng lắc. Nhờ đó, khi đặt chi tiết gia công không hướng tâm vào đĩa 3, nó có thể quay xung quanh tâm của nó và chuyển động đi lại dọc theo hướng trục của nó. Góc α giữa trục của chi tiết và bán kính đĩa đi qua điểm giữa chi tiết được chọn tùy theo yêu cầu gia công. Khi nghiên thô thường lấy $\alpha = 15^\circ$ còn khi nghiên tinh $\alpha = 6^\circ$.

Chất lượng gia công khi mài nghiên phụ thuộc vào các thông số công nghệ như vận tốc cắt V_c , áp lực p , vật liệu hạt mài, kích thước hạt mài v.v...

Tùy theo chất lượng cần đạt mài nghiên có thể chia thành nghiên thô, nghiên bán tinh, nghiên tinh và nghiên siêu tinh.

Nhìn chung vận tốc nghiên không cao, nếu nghiên thô $v_c = 30 \div 40 \text{ m/ph}$, đôi khi có thể lớn hơn; nghiên tinh $v_c = 25 \div 30 \text{ m/ph}$. Khi nghiên để đạt chất lượng cao thì $v_c = 15 \div 20 \text{ m/ph}$ hoặc còn nhỏ hơn với áp lực nghiên không quá $0,2 \div 0,4 \text{ MN/m}^2$ ($2 \div 4 \text{ kG/cm}^2$). Lượng dư nghiên phụ thuộc vào chất lượng sản phẩm cần đạt. Nếu chất lượng đòi hỏi sau khi nghiên càng cao thì bề mặt đó trước khi đưa vào nghiên cũng đòi hỏi cao và lượng dư nghiên của bề mặt càng nhỏ. Thông thường lượng dư nghiên nằm trong khoảng $0,002 \div 0,05 \text{ mm}$ (bảng 5-3). Nếu lượng dư nghiên tinh quá lớn thì thời gian nghiên sẽ lâu, không những khó đạt yêu cầu về độ chính xác mà còn tạo ra sai số hình dạng hình học trên bề mặt gia công. Mài nghiên nói chung có năng suất thấp vì hạt mài có kích thước nhỏ, vận tốc nghiên và áp

lực nghiên thấp.

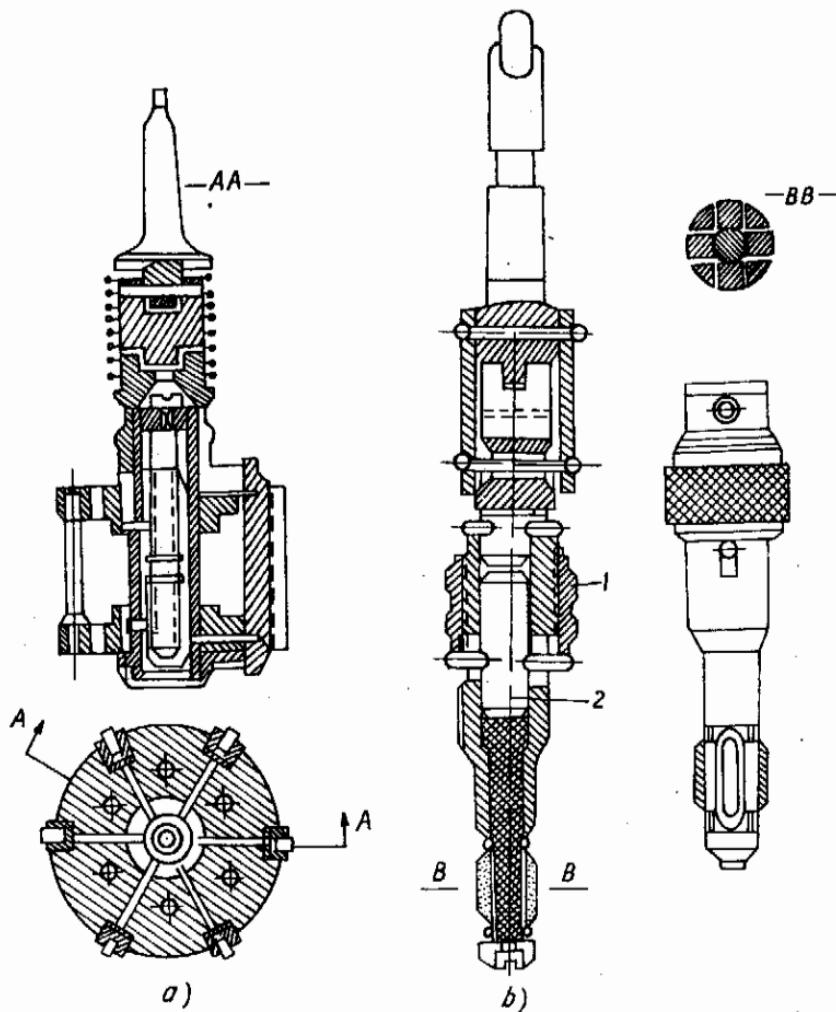
Bảng 5-3.

Cách chọn lượng dư nghiên.

Độ nhám		Độ chính xác kích thước (μm)	Số lần nghiên	Lượng dư (mm)
R_a (μm)	R_z (μm)			
0.16	0.8	3,0 \div 5,0	1	0.03 \div 0.05
0.08	0.4	1,0 \div 2,0	1 2	0.03 \div 0.05 0.005 \div 0.01
0.04	0.2	0.2 \div 0.5	1 2 3	0.03 \div 0.05 0.005 \div 0.01 0.002 \div 0.003
0.02 \div 0.01	0.1 \div 0.05	0.1 \div 0.3	1 2 3 4	0.03 \div 0.05 0.005 \div 0.01 0.002 \div 0.003 0.005 \div 0.001

2.8- Mài khôn

Mài khôn là sự phát triển thêm một bước của mài nghiền nhằm nâng cao năng suất gia công. Với mục đích đó mài khôn so với mài nghiền có những thay đổi sau.



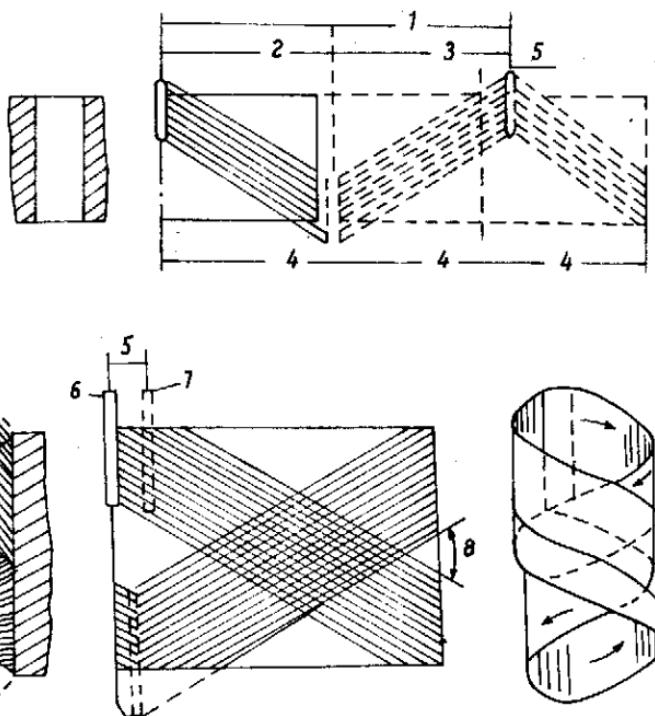
Hình 5-70. Kết cấu đầu mài khôn.

- Thay dụng cụ mài nghiền và bột mài bằng một dụng cụ mới mang các thỏi đá gọi là đầu khôn.

- Chuyển động cắt được xác định rõ ràng bằng hai chuyển động quay tròn và tịnh tiến qua lại. Tỉ lệ giữa tốc độ của hai chuyển động nói trên của đầu khôn được quy định tùy theo chất lượng yêu cầu.

- Áp lực mài khôn, độ dài của đá thò ra ở hai đầu lỗ sau mỗi hành trình kép và những thông số khác được quy định rõ ràng.

Mài khôn nói chung có thể gia công được nhiều bề



Hình 5-71. Vết gia công khi mài khôn.

mặt khác nhau nhưng chủ yếu là để gia công lỗ.

Đầu khôn có nhiều loại, tùy theo công dụng như khôn lỗ thường, lỗ sâu, lỗ ngắn, lỗ nhỏ. Kết cấu đầu khôn gồm hai phần chính. Phần thân đầu khôn có lắp các thỏi đá mài và phần đuôi nối với máy.

Hình 5-70a là loại đầu khôn đơn giản. Các thỏi đá mài thường là 2, 4 hoặc 6 thỏi) lắp vào thanh kẹp, thanh kẹp lắp vào rãnh hướng kính của thân và có một hoặc hai ống côn dùng để điều chỉnh vành ngoài của đá theo hướng kính và truyền cho đá một áp lực nhất định áp lên mặt gia công. Các thỏi đá được giữ bởi hai lò xo vòng ở trên và ở dưới, việc điều chỉnh đá và tăng áp lực có thể thực hiện bằng tay thông qua ren vít của hai đầu côn, nhưng tốt hơn cả là dùng truyền lực bằng dầu ép tác động vào trực đá ở tâm.

Ngoài ra còn dùng đầu khôn truyền lực bằng chất dẻo (hình 5-70b). Sau khi đưa đầu khôn vào lỗ gia công dùng ê cu 1 để điều chỉnh vị trí của pittông 2 làm cho chất dẻo bị nén lại đẩy đá ra đến kích thước yêu cầu, đảm bảo cho quá trình mài khôn với áp lực cần thiết. Khi gia công xong ta điều chỉnh ngược lại trước khi rút đầu khôn ra khỏi lỗ.

Trong khi khôn, việc tưới dung dịch trơn nguội phải làm đều đặn, thường xuyên cho đến khi đưa đầu khôn ra khỏi lỗ gia công.

Khi đầu khôn quay tròn và lên xuống đều đặn thì mỗi thỏi đá sẽ vạch nên một màng chéo nhau (hình 5-71) nhờ vậy mà có thể đạt được $R_a = 0,4 \div 0,05 \mu m$, độ chính xác cấp 7 và đôi khi tới cấp 6.

Phần đuôi của đầu khôn có thể nối cứng hay nối lắc lư với đầu máy. Cách thứ hai được dùng nhiều hơn. Vì nhờ lắc lư mà không yêu cầu gá đặt chính xác cao về độ đồng tâm giữa đầu khôn và lỗ cần gia công.

Có thể dùng mài khôn để gia công lỗ có đường kính từ $6 \div 1500\text{ mm}$ và chiều dài từ 100 mm đến 20 m .

Mài khôn có những ưu điểm sau:

- Năng suất cao hơn hẳn mài nghiền nhờ nhiều thời gian làm việc. Lượng dư có thể lớn hơn (bảng 5-4). Trong nhiều trường hợp còn lớn hơn cả mài trong và tiện tinh mỏng.

- Tuy mài bằng đá nhưng vận tốc thấp nên tỏa nhiệt ít ($50 \div 150^\circ\text{C}$). Nhờ vậy kết cấu lớp bề mặt thay đổi sau khi gia công. Vận tốc mài khôn thường dùng đối với gang, đồng thau là $60 \div 75\text{ m/ph}$, còn đối với thép $40 \div 60\text{ m/ph}$.

Bảng 5-4

Lượng dư mài khôn (cho đường kính mm)

Đường kính lỗ (mm)	Vật liệu gia công	
	Gang	Thép
$30 \div 130$	$0.02 \div 0.10$	$0.01 \div 0.04$
$150 \div 280$	$0.08 \div 0.16$	$0.02 \div 0.005$
$300 \div 500$	$0.12 \div 0.20$	$0.04 \div 0.06$

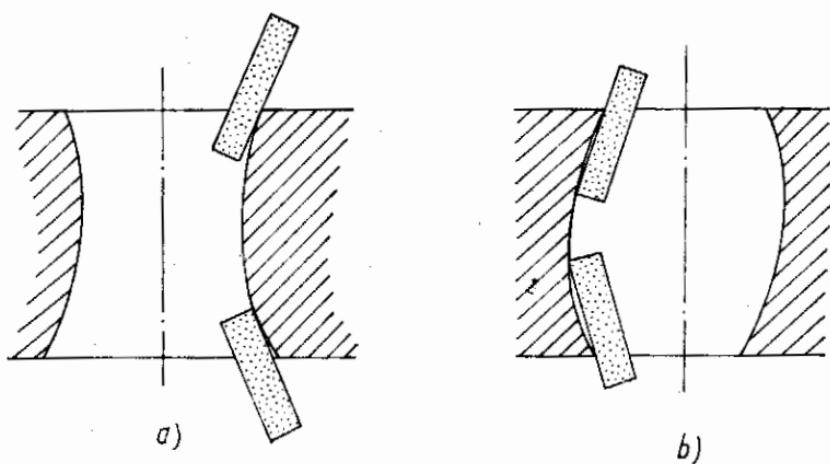
- Độ cứng vững của đầu khôn tốt, không bị biến dạng trực đá nên đảm bảo lỗ tròn.

- Ít xảy ra rung động nên quá trình cắt êm nhõ vạy có thể đạt độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao.

Ngoài ra để đạt độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao phải chọn tỉ lệ giữa tốc độ quay và tịnh tiến hợp lý, áp lực hợp lý và chiều dài đá thò ra ở hai đầu lỗ vừa phải. Nếu đá thò ra quá dài thì lỗ sẽ bị loe, nếu thò ra quá ít thì lỗ lại có hình tang trống (hình 5-72).

Những nhược điểm của mài khôn là:

- Cũng như các phương pháp gia công bằng hạt mài khác ở đây hạt mài bị tách ra khỏi đầu khôn có thể cắm vào những lỗ nhỏ của mặt gia công làm cho chi tiết bị mài mòn nhanh khi có ma sát với chi tiết khác trong quá trình làm việc.



Hình 5-72 Các dạng sai lệch của lỗ khi mài khôn.

Để tránh hiện tượng đó phải thao tác cẩn thận, sau khi mài nói chung và mài khôn nói riêng nên rửa sạch chi tiết.

- Mài khôn không sửa được sai lệch về vị trí tương quan. Sai lệch đó phải do nguyên công trước khắc phục như tiện tinh, chuốt, mài.

- Không thích hợp với việc gia công kim loại màu vì phoi của chi tiết loại này sẽ lấp kín các lỗ trên đá mài rất nhanh làm cho đá không thể tiếp tục mài được.

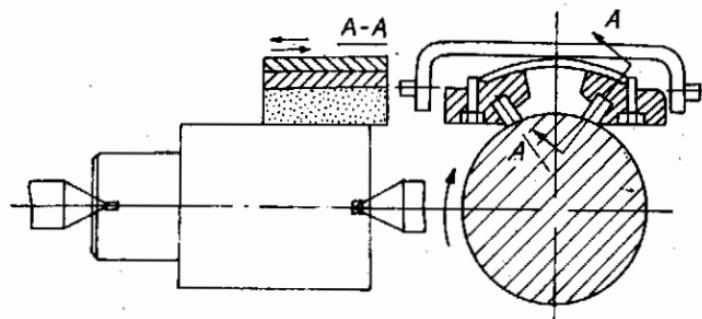
Hiện nay mài khôn thường dùng để gia công lỗ xilanh

động cơ đốt trong, xilanh bơm dầu, lỗ bi, lỗ vòng trong ổ bi, các loại nòng súng v.v...

2.9- Mài siêu tinh xác

Mài siêu tinh xác là một phương pháp gia công lần cuối có thể đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt cao.

Khi nhìn bề ngoài (hình 5-73) ta thấy sơ đồ mài siêu tinh xác gần giống như mài khôn. Nhưng không nên cho rằng mài siêu tinh xác chỉ đơn thuần là cài tiến mài khôn vì quá trình mài siêu tinh xác và mài khôn có những điểm khác nhau rất quan trọng.



Hình 5-73. Sơ đồ mài siêu tinh xác mặt tru ngoài.

- Mài siêu tinh xác có thêm chuyển động lắc ngắn dọc trục với tần số cao (khoảng $500 \div 1200$ hành trình kép trong một phút) nhưng chiều dài hành trình rất ngắn ($1,5 \div 5\text{ mm}$).

- Áp lực của đá mài tác dụng lên vật gia công rất nhỏ $0,005 \div 0,25\text{ MN/m}^2$ ($0,05 \div 2,5\text{ kG/cm}^2$).

- Tốc độ cắt tương đối thấp.

Ngoài ra vẫn tồn tại chuyển động quay của chi tiết

gia công để tạo nên chuyển động cắt ($V = 1 \div 5 \text{ m/ph}$) và chuyển động tịnh tiến chậm của dụng cụ dọc theo hướng trục mặt gia công ($0,1 \text{ mm/vg}$):

Chính nhờ chuyển động phức tạp như vậy nên các vết cắt mới xóa đều lên nhau làm cho độ nhẵn bóng cao và thời gian mài ngắn.

Vì áp lực nhỏ nên không sửa được sai lệch về hình dạng (méo, ôvan) và vị trí tương quan. Do đó lượng dư để mài siêu tinh xác chỉ khoảng $5 \div 7 \mu\text{m}$.

Khi làm việc cho trước dầu nhờn (10 phần dầu hỏa, 1 phần là dầu máy hay dầu thực vật).

Thường các trục bằng gang, thép phải qua mài đạt giới hạn trên của kích thước cho trong bản vẽ mới đưa sang mài siêu tinh xác. Nếu chi tiết bằng kim loại màu có thể tiện rất tinh rồi đưa sang mài siêu tinh xác.

Phương pháp gia công này được dùng nhiều trong công nghiệp chế tạo ôtô và máy bay.

2.10 - Đánh bóng

Đánh bóng là phương pháp gia công tinh, dùng hạt mài rất nhỏ trộn với dầu nhờn đặc bôi lên bánh đánh bóng đòn hồi. Bánh này quay với tốc độ cao.

Đánh bóng bao gồm hai quá trình:

- Lớp kim loại rất mỏng được hớt đi nhờ tốc độ rất lớn.

- Còn phần lớn lượng dư được bóc đi vì nhiệt độ cao, có ma sát và các hạt mài chuyển động tự do trên mặt gia công. Khi đó trên lớp bề mặt rất mỏng của kim loại có hiện tượng như lăn ép và sinh ra trượt dẻo.

Để đánh bóng người ta dùng những bánh mài bằng gỗ, bằng vải hoặc da ép lại quay với tốc độ khá nhanh ($20 \div 40 \text{ m/s}$).

Bánh đánh bóng bằng gỗ dùng để đánh bóng sơ bộ.

Bánh này có độ bền nhỏ, khi có lực li tâm dễ bị vênh.

Bánh đánh bóng bằng vải thô dùng hạt mài lớn chỉ để gia công thô những chi tiết lớn.

Bánh đánh bóng bằng vải mềm dùng rộng rãi để đánh bóng tinh.

Bánh đánh bóng bằng vải ép dùng để đánh bóng rất tinh như đánh bóng dụng cụ y học, thủy tinh v.v..

Người ta còn đánh bóng bằng dây đai có dính hạt mài (dưới hình thức dây đai dẹt) để đạt năng suất cao hoặc dùng những bánh mài có thêm than chì (graphit) để dễ đạt $R_a \leq 0,02 \mu m$ và năng suất cũng cao hơn.

Trước khi đánh bóng chi tiết đã phải qua mài hoặc các phương pháp gia công tinh khác. Đánh bóng chì để tăng độ nhẵn bóng bề mặt. Nó có thể là nguyên công trước khi mạ.

Có thể chia đánh bóng thành hai hoặc ba lần. Càng về sau hạt mài càng nhỏ.

Đánh bóng không thể chữa được sai lệch về hình dạng, vị trí tương quan và cả những khuyết tật để lại trên bề mặt (rỗ, lõm).

Lượng dư đánh bóng chì khoảng $5 \mu m$.

Khi đánh bóng có thể áp chi tiết vào bánh mài bằng tay hoặc bằng máy. Trong sản xuất lớn, để giảm lao động nặng nhọc, đánh bóng thường thực hiện trên máy chuyên dùng đơn giản.

2.11- Cạo

Cạo là một phương pháp gia công tinh thực hiện bằng tay hay bán cơ khí. Tuy cạo có năng suất thấp nhưng lại gia công được nhiều dạng bề mặt khác nhau như mặt phẳng, mang cá, rãnh then, mặt trụ trong (các loại bát) v.v. Vì lẽ đó cạo được dùng phổ biến trong cà chế tạo, lắp ráp và sửa chữa.

Ưu điểm của phương pháp gia công này là:

1) Có thể đạt độ chính xác cao về nhẵn bóng bề mặt hoặc vị trí tương quan giữa chúng bằng những dụng cụ đơn giản. Vì vậy nó rất phù hợp với dạng sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc. Cạo có thể đạt độ phẳng $0,01/1000 \text{ mm}$. Nếu làm cẩn thận có thể đạt độ chính xác cao hơn.

2) Gia công tinh lăn cuối được những mặt phẳng có kết cấu phức tạp mà các phương pháp khác không gia công được.

3) Có thể gia công tinh lăn cuối các mặt phẳng của chi tiết lớn.

4) Trong lắp ráp theo dạng sửa lắp dùng cạo để gia công bổ sung, sửa lại các chi tiết máy ngay tại chỗ lắp ráp mà không cần đến thiết bị phức tạp.

5) Bề mặt gia công lăn cuối bằng cạo có thể giữ được lớp dầu đảm bảo bôi trơn tốt trong quá trình làm việc.

Công nghệ cạo chủ yếu phụ thuộc trình độ tay nghề của công nhân. Trước mỗi lần cạo phải dùng bàn mẫu (âm bản) trát một lớp sơn đỏ rất mỏng áp lên chi tiết để kiểm tra độ phẳng. Sau đó tìm ra những điểm cao có dính sơn để cạo.

Bề mặt sẽ đạt yêu cầu khi các điểm dính sơn phân bố đều. Nếu cao thô số điểm phân bố trong một phần vuông Anh ($25,4 \times 25,4 \text{ mm}^2$) là $12 \div 18$ điểm còn cao tinh là $20 \div 25$ điểm.

Khi cạo phải chú ý đến các vấn đề:

- Gá đặt chi tiết ổn định, vững vàng. Di chuyển và thay đổi vị trí của nó nhẹ nhàng.

- Bàn mẫu phải có độ chính xác và độ cứng vững cao.

- Trước khi cạo phải gia công tinh bề mặt bằng phay, bào, doa v.v... và sửa hết cạnh sắc. Lượng dư để lại vừa phải (hàng 5-5).

Khuyết điểm của cạo:

- 1) Tốn nhiều công sức. Hiện nay có xu hướng thay thế cạo bằng mài, mài điện hóa v.v...
- 2) Không cạo được vật liệu quá cứng.

Bảng 5-5

Lượng dư cạo (mm)

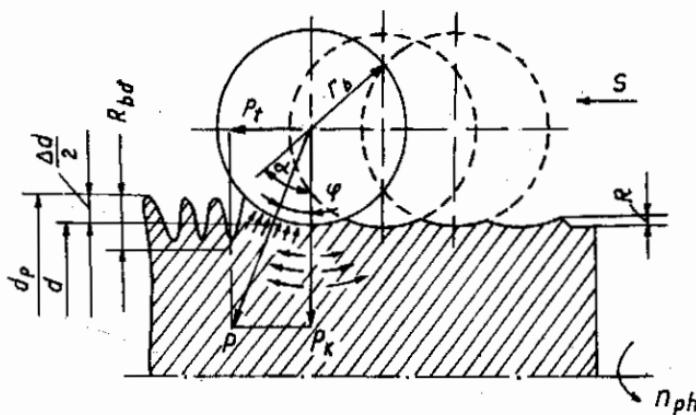
Chiều dài mặt phẳng	100-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-6000
Chiều rộng					
mặt phẳng (mm)					
< 100	0.1	0.15	0.20	0.20	0.30
100 - 500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
500 - 1500	0.18	0.25	0.35	0.45	0.50

3. Các phương pháp gia công tinh bằng biến dạng dẻo

Ngay nay ngoài các phương pháp gia công tinh bằng cắt gọt, người ta còn dùng phổ biến các phương pháp gia công tinh không phoi dựa trên nguyên lý biến dạng dẻo bề mặt gia công ở trạng thái nguội. Phương pháp này có những ưu điểm mà phương pháp cắt gọt không có được như: nâng cao độ bền chắc, độ cứng lớp bề mặt, tình chống mòn lớp bề mặt v.v.

Bản chất của phương pháp gia công này là: dưới áp lực của dụng cụ có độ cứng cao hơn vật liệu gia công, các nhấp nhô trên bề mặt gia công bị biến dạng dẻo và bị ép xuống, làm giảm chiều cao nhấp nhô và tạo thành các vết nhăn tế vi mới (hình 5-74).

Giá trị lớn nhất của ứng suất pháp tuyến, ứng suất tiếp tuyến ở vùng biến dạng và tỉ lệ giữa hai ứng suất



Hình 5-74. Gia công bằng biến dạng dẻo.

đó là các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu cơ bản của chất lượng biến dạng và dịch chuyển của kim loại ở vùng tiếp xúc. Để đạt được độ nhám bề mặt nhỏ, lực tác động của dụng cụ vào mặt gia công phải đủ để làm biến dạng dẻo các đinh nhấp nhô ban đầu, đồng thời các lực đó phải nhỏ nhất. Chỉ với điều kiện đó các đinh nhấp nhô ban đầu mới được "dát rộng" ra làm bề mặt chắc lại nhờ thành phần lực pháp tuyến P_k . Nếu không sẽ gây ra hiện tượng "xô trượt" theo hướng lực tiếp tuyến P_t , tạo thành một lớp kim loại trên bề mặt không gắn chắc với nền vật liệu của nó và dễ tróc đi khi làm việc. Muốn vậy, góc tiếp xúc giữa dụng cụ và nhấp nhô ban đầu α phải nhỏ. Nói khác đi chiều cao nhấp nhô ban đầu không lớn, có nghĩa là tỷ số $\frac{P_t}{P_k}$ phải nhỏ.

Nếu $\frac{P_t}{P_k} = \min$ thì có thể đạt chiều cao nhấp nhô R_a

của bề mặt sau khi gia công khá nhô $R_a = 0,02 \div 0,01 \mu m$.

Trên cơ sở đó hiện nay phương pháp gia công tinh bàng biến dạng dẻo có thể thực hiện bằng các cách:

- Lăn ép bằng con lăn hoặc bi.

- Chà xát bằng các mũi kim cương hoặc hợp kim cứng.

- Nong lõi bằng bi hoặc chày nong.

Nhìn chung khả năng của các phương pháp này có thể đạt được độ chính xác cấp 6 hoặc cấp 7. ($R_a = 0,1 \div 0,05 \mu m$) nếu nhấp nhô ban đầu của phôi R_a không lớn hơn $0,4 \mu m$.

Nếu dùng lăn ép bi có thể gia công được các dạng mặt phẳng, mặt trụ trong, mặt trụ ngoài, thậm chí có thể lăn ép cả các bán kính lượn giữa các bậc của trực. Dụng cụ để thực hiện các nguyên công này như trình bày trên hình 5-75.

Hình 5-75a là dụng cụ để lăn ép mặt phẳng, có thể thực hiện trên máy phay với đầy đủ các chuyển động như khi phay mặt phẳng.

Trên hình 5-75b là sơ đồ lăn ép ly tâm nhiều bi để gia công mặt tròn ngoài. Loại này dùng để làm chắc những nơi có ứng suất tập trung và chịu tải đối chiều của chi tiết. Phương pháp này rất có hiệu quả, có thể nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt (giảm độ nhám) từ một đến hai cấp. Có thể thực hiện được trên các máy thông thường. Các thông số công nghệ có thể là:

- Độ dài: $0,05 \div 0,8 mm$

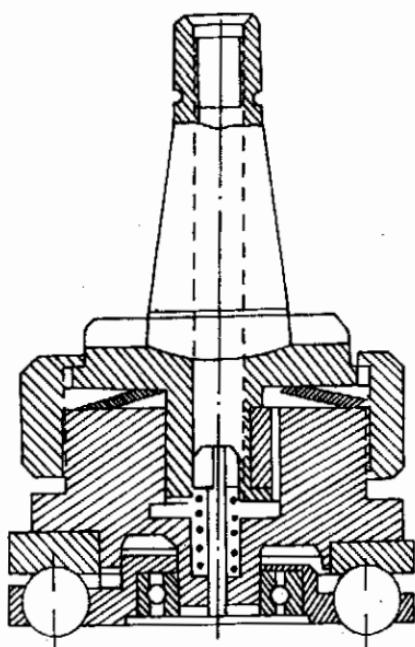
- Tốc độ của đầu lăn: $20 \div 150 m/ph$

- Tốc độ của phôi: $30 \div 90 m/ph$

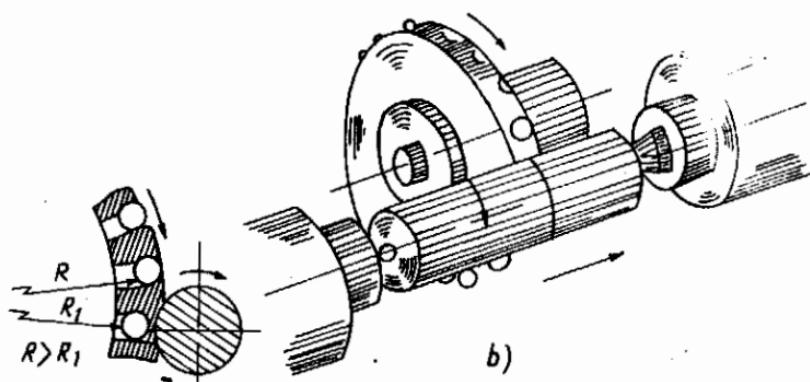
- Bước tiến: $0,1 \div 0,5 mm/vòng$

- Đường kính bi : $7 \div 10$ mm

Hình 5 - 75c là dụng cụ lăn ép lô nhiều bi không ly tâm.



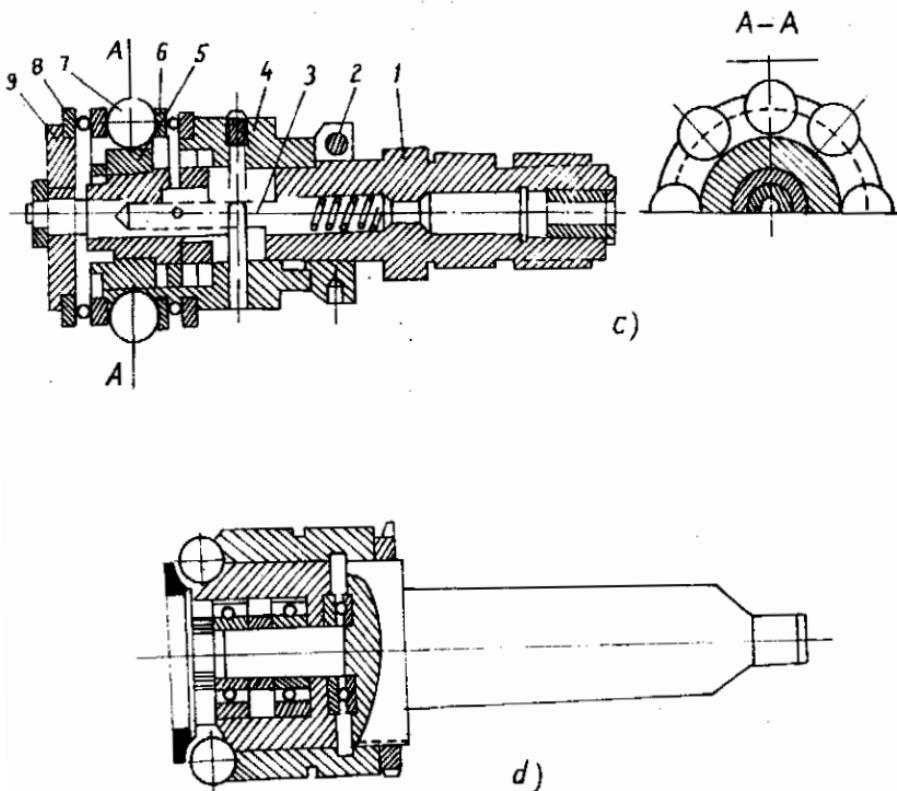
a)



b)

Hình 5 - 75. Các sơ đồ lăn ép

Các bi 7 được bố trí trong tấm ngắn 6, các bi này tựa trên một vòng cổ độ côn 5 và chặn bằng hai ổ chặn 8 để



Hình 5-75. c, d.

xác định vị trí hướng trục. Các ổ chặn được lắp trên đia 9 và 4, đồng thời được kẹp chặt bằng trục rút 3. Toàn bộ được lắp trên cán 1 nhờ đai ốc 2. Việc tăng, giảm đường kính dụng cụ được thực hiện bằng cách vặn đai ốc 2 để dịch chuyển bi về phía phải hoặc phía trái.

Hình 5-75d là dụng cụ lăn ép có đường kính lớn, dài dùng để lăn ép các xilanh thủy lực bằng thép. Đường

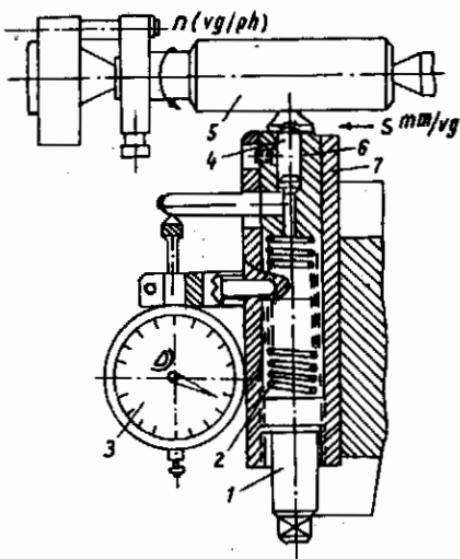
kính lớn nhất có thể lăn ép bằng dụng cụ này lên tới 200 mm. Số lượng bi nhiều hay ít là tùy theo yêu cầu gia công, đường kính lỗ lăn ép v.v. Tuy vậy số lượng bi thường dùng khoảng 6 ± 16 khi đường kính lăn ép trong khoảng 50 ± 200 nm.

Chà sát bằng mũi kim cương hoặc hợp kim cương là một phương pháp gia công tinh bằng biến dạng dẻo. Phương

pháp này có khả năng dùng trong các điều kiện sản xuất khác nhau, khi các phương pháp khác không thực hiện được. Trên hình 5-76 là kết cấu một dụng cụ. Mũi kim cương 4 có tác dụng đàn hồi để gia công mặt trụ ngoài hoặc mặt đầu. Lực gia công có thể điều chỉnh được nhờ vít 1 và số đo lực được chỉ thị trên đồng hồ 3.

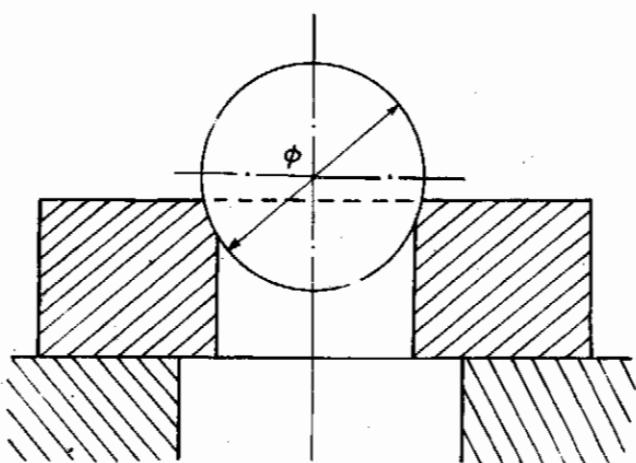
Nong lỗ bằng bi hoặc chày nong.

Khi gia công các lỗ thông, có thể chọn bi tiêu chuẩn



Hình 5-76. Chà sát bằng mũi kim cương:

- 1- Vít điều chỉnh áp lực;
- 2- Lò xo;
- 3- Đồng hồ số;
- 4- Mũi kim cương;
- 5- Chi tiết gia công;
- 6- Ống giữ dụng cụ;
- 7- Ống bọc



Hình 5-77. Nong lỗ bằng bi.

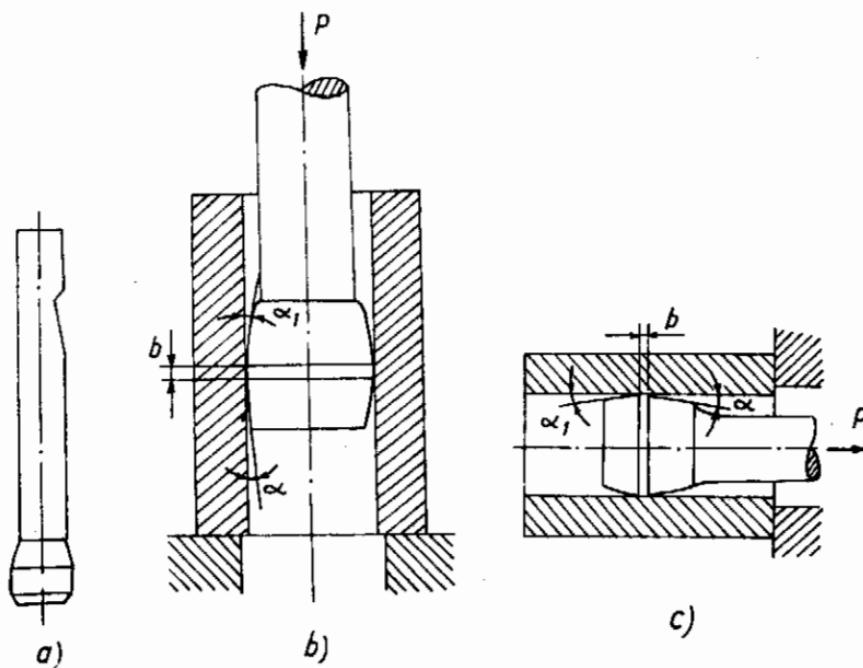
đúng kích thước cần gia công rồi dùng cơ cấu đơn giản, thực hiện bằng tay hoặc dùng máy để ép bi qua lỗ (hình 5-77). Phương pháp này cho ta độ thẳng tâm lỗ kém so với một số phương pháp khác như dùng chày đẩy có phần dẫn hướng. Vì vậy, chỉ dùng để gia công lỗ ngắn. Lỗ sau nong bi có thể đạt độ chính xác cấp 7 và $R_a = 0,2 \div 0,1 \mu m$ khi bi có độ chính xác kích thước cấp 6 và bề mặt nhẵn bóng đúng tiêu chuẩn.

Dối với các lỗ khác, có thể nong lỗ bằng chày nong một nấc (bằng cách đẩy hoặc kéo chày) hoặc chày nong nhiều nấc.

Chày nong một nấc chủ yếu dùng để gia công các lỗ nhỏ (hình 5-78), có thể đạt độ chính xác cấp 7 hoặc cấp 8 và $R_a = 0,8 \div 0,4 \mu m$.

Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của phương pháp này phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố:

- Chọn kết cấu chày thích hợp.
- Chọn lượng dư và chế độ ép hợp lý.



Hình 5-78. Nong lỗ bằng chày nong:
a) kết cấu chày nong; b) đẩy chày; c) kéo chày.

Thông thường chày nong có góc côn vào $\alpha = 3^\circ \div 5^\circ$; góc côn ra $\alpha_1 = 4^\circ \div 6^\circ$; chiều rộng làm việc $b = 0,5 \div 1,2 \text{ mm}$ (tùy theo đường kính chày nong). Vật liệu làm chày nong có thể là Y10A, Y12A; thép hợp kim XBГ, ШХ15; thép gió P18, khi tôi đạt độ cứng HRC=62 \div 65. Để nâng cao tính chống mòn phần làm việc có thể mạ crôm dày $0,005 \div 0,012 \text{ mm}$ hoặc thấm nitơ với chiều sâu chừng $0,5 \div 0,7 \text{ mm}$. Làm như vậy tuổi bền của chày

có thể nâng lên 2 ÷ 4 lần. Ngoài ra người ta còn có thể chế tạo phần làm việc của chày nong bằng hợp kim cương cứng BK8, KB15 để có tuổi bền cao hơn nhiều.

Việc xác định lượng dư nong là vấn đề khó. Thông thường có thể căn cứ vào đặc tính biến dạng của vật liệu, yêu cầu kỹ thuật của bề mặt gia công để tính toán theo phương pháp giải tích, hoặc căn cứ vào kết quả thực nghiệm, lập nên các đồ thị mà xác định lượng dư nong. Lượng dư gia công lớn hay nhỏ sẽ tạo nên lực ép lớn hay nhỏ và ảnh hưởng quyết định đến chất lượng gia công.

Khi nong lỗ, chất lượng bề mặt đạt được ít phụ thuộc vào tốc độ ép. Tốc độ này chủ yếu chỉ ảnh hưởng đến năng suất.

Nếu lỗ gia công có đường kính $D = 5 \div 30\text{ mm}$, dài $L = 5 \div 40\text{ mm}$ (cấp chính xác 7 ÷ 8) thì lượng dư theo đường kính $2Z_b = 0,05 \div 0,2\text{ mm}$; nếu $D < 5\text{ mm}$, $L/D = 2 \div 8$, cấp chính xác 7 thì $2Z_b = 0,03 \div 0,1\text{ mm}$.

Nếu gia công chi tiết gang hoặc thép có đường kính và chiều dài khoảng 30 mm thì $2Z_b \approx 0,12\text{ mm}$; nếu $D < 5\text{ mm}$ và $L/D = 2 \div 7$ (các chi tiết bậc, lỗ bánh răng v.v.) thì $2Z_b \approx 0,02 \div 0,04\text{ mm}$.

Ngoài chày nong một nắc người ta còn sử dụng chày nong nhiều nắc.

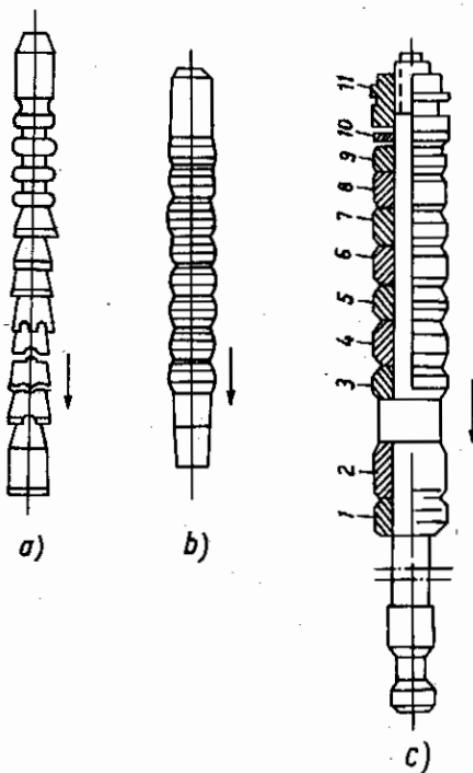
Chày nong nhiều nắc có nhiều loại (hình 5-79, 80):

- Chày nong nhiều nắc tổ hợp cả lưỡi cắt và vòng nong.

- Chày nong nhiều nắc chế tạo liền một khối.
- Chày nong nhiều nắc loại ghép các vòng nong với nhau.

Đối với loại a, phần lưỡi cắt tương tự như một dao chuốt lỗ. Các vòng nong được xếp ngay sau lưỡi cắt tinh chỉnh. Lượng dư của mỗi vòng nong (độ chênh kích

thước của hai vòng nong liên tiếp) không quá $0,03 \div 0,04\text{ mm}$, (thường có từ $4 \div 6$ vòng nong loại này). Đôi khi sau những vòng nong nói trên người ta còn làm thêm vòng nong tinh chỉnh có kích thước bằng vòng nong cuối của phần nong.



Hình 5-79. Các loại chày nong.

Như vậy, nhìn chung trong một chày nong (loại b hoặc c), các vòng nong được chia làm ba loại (hình 5-80):

- Các vòng nong ép;
- Các vòng nong sửa chỉnh;

- các vòng nong kết thúc.

Tổng số các vòng nong phụ thuộc vào lượng dư gia công, độ chênh giữa các vòng liên tiếp. Ngoài ra, sau khi nong xong bề mặt gia công sẽ có biến dạng đàn hồi, làm cho lỗ bé lại so với kích thước lớn nhất của vòng nong ép (cũng là vòng sửa chỉnh), do đó kích thước vòng sửa chỉnh phải lớn hơn kích thước cần đạt. Lượng lớn hơn này gọi là lượng dôi. Lượng dôi này phụ thuộc vào lực nong (lượng dư) và tính chất của vật liệu gia công.

Trong quá trình nong ép cần tưới dung dịch trơn nguội vào vùng gia công. Phải căn cứ vào vật liệu gia công để chọn chất bôi trơn. Khi gia công thép có thể dùng dầu máy; gia công gang đúc dùng dầu mazut, dầu hỏa; gia công hợp kim nhôm dùng nước xà phòng v.v.

4. Các phương pháp gia công bằng điện vật lý và điện hóa

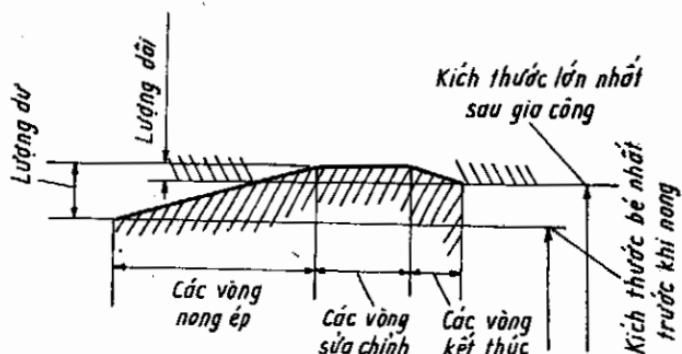
Gần đây, trong ngành chế tạo máy cũng như nhiều ngành khác người ta dùng khá nhiều các loại vật liệu chịu nhiệt, chịu mòn như các loại thép hợp kim, thép không gỉ, hợp kim cứng v.v. Việc gia công các loại vật liệu đó bằng các phương pháp cắt gọt thông thường gặp không ít khó khăn nhất là khi cần tạo hình phức tạp hoặc kích thước nhỏ. Bởi vậy, để khắc phục khó khăn trên, bên cạnh những phương pháp gia công cắt gọt, đã sử dụng các phương pháp gia công mới dựa trên cơ sở của hiện tượng vật lý khi tác dụng năng lượng lên vật rắn hoặc các hiện tượng hóa học xuất hiện trong khu vực gia công để tạo hình ngày càng được hoàn chỉnh.

Những phương pháp này ngoài khả năng tạo hình phức tạp, kích thước nhỏ, còn có thể gia công vật liệu có độ cứng cao cũng như vật liệu sau khi tôi.

Dặc điểm chung của các phương pháp này là:

- Chất lượng và tính chất gia công không phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu mà chỉ phụ thuộc vào các thông số về nhiệt của nó.
- Có thể đạt độ chính xác cao ngay cả trong các trường hợp không thể hoặc khó thực hiện được bằng phương pháp gia công cắt gọt thông thường.
- Không cần dụng cụ gia công có độ cứng cao hơn vật liệu gia công.
- Tiết kiệm được nguyên liệu, nâng cao hệ số sử dụng vật liệu.
- Công nghệ tương đối đơn giản và có khả năng gia công một bộ phận nhỏ của chi tiết lớn.
- Dễ cơ khí hóa và tự động hóa.
- Năng suất bóc vật liệu ra khỏi vật gia công không lớn nhưng trong nhiều trường hợp có hiệu quả kinh tế lớn, nhất là khi các phương pháp gia công bằng cắt gọt thông thường không thực hiện được.

Về cơ bản, hiện nay các phương pháp gia công này có



Hình 5-80. Các loại vòng nong.

thể chia thành 5 nhóm:

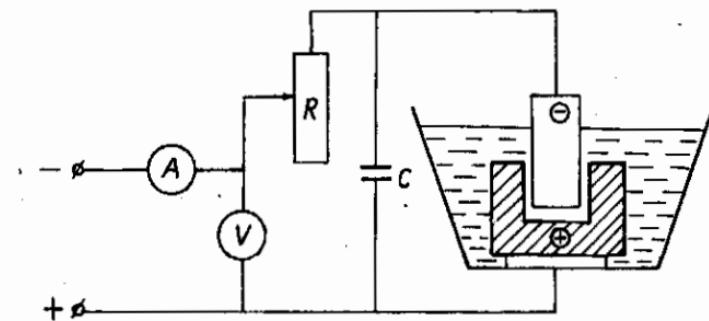
- Các phương pháp gia công bằng phóng điện ăn mòn, (tia lửa điện, xung điện v.v.).
- Các phương pháp gia công bằng các chùm tia (chùm tia điện tử, tia lade, tia plasma, v.v...)
- Các phương pháp gia công bằng siêu âm.
- Các phương pháp gia công bằng điện hóa học.
- Các phương pháp gia công phối hợp giữa các phương pháp nói trên với nhau (cực dương cơ khí), giữa các phương pháp nói trên với các phương pháp gia công cơ (mài điện hóa v.v.)

Sau đây giới thiệu một số phương pháp tiêu biểu đã được ứng dụng rộng rãi trong một số lĩnh vực.

4.1- Phương pháp gia công bằng tia lửa điện

Gia công kim loại bằng tia lửa điện là một dạng gia công bằng phóng tia lửa điện để ăn mòn vật liệu gia công, khi truyền năng lượng qua rãnh dẫn điện.

Sơ đồ nguyên lý của phương pháp này cho trên hình 5-81. Dòng điện một chiều có điện áp 100 - 125 V từ nguồn qua biến trở R nạp vào tụ C . Khi hai điện cực tiến lại gần nhau, khe hở giữa chúng đủ bé thì giữa



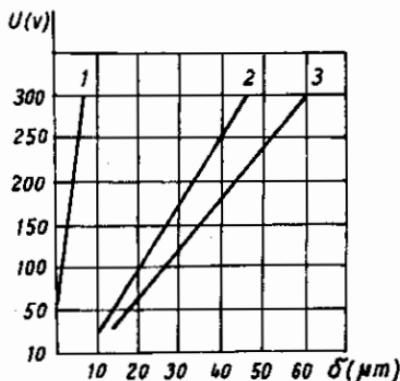
Hình 5-81. Sơ đồ nguyên lý gia công bằng tia lửa điện.

chúng xuất hiện tia lửa điện, chọc thủng lớp cách điện giữa hai điện cực, tạo nên rãnh dẫn điện. Nhiệt độ ở vùng này lên tới hàng ngàn độ làm cháy lỏng, đốt cháy phần kim loại trên bề mặt già công (cực dương) và tạo nên hình dạng cần thiết tùy theo hình dạng của điện cực dụng cụ (cực âm). Trong quá trình phóng điện, xuất hiện sự ion hóa cực mạnh ở vùng tác dụng và tạo nên áp lực va đập rất lớn, hắt kim loại bị phá hỏng ra khỏi vùng già công dưới dạng những hạt nhỏ hình cầu. Toàn bộ quá trình trên xảy ra trong thời gian phóng điện rất ngắn $t = 10^{-4}$ đến $10^{-7}s$ (giây). Sau thời gian phóng điện mạch trở lại trạng thái ban đầu và khi điện áp của tụ được nâng lên đến mức đủ để phóng điện, quá trình trên lại xảy ra ở điểm có khoảng cách gần nhất.

Để đảm bảo quá trình già công liên tục người ta điều khiển điện cực dụng cụ di xuống sao cho khe hở giữa hai điện cực là không đổi và ứng với điện áp nạp vào tụ C .

Trị số khe hở giữa hai điện cực phụ thuộc vào môi trường già công và điện áp phóng điện.

Trong già công tia lửa điện, môi trường già công thường dùng là dầu hỏa hay dầu biến thế. Quan hệ giữa điện thế V (diện thế có thể xuất hiện sự phóng điện) với khoảng cách δ giữa



Hình 5-82 Quan hệ giữa V và δ :
 1- môi trường già công là không khí,
 2- môi trường già công là dầu hỏa,
 3- môi trường già công là dầu biến thế.

hai điện cực giới thiệu trên hình 5-82.

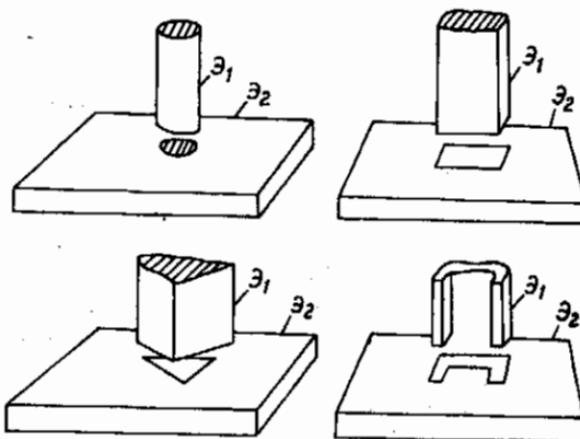
Phương pháp này chỉ có thể gia công được những vật liệu dẫn điện (kim loại, hợp kim v.v.). Nó có thể tạo nên được những hình dạng phức tạp tương ứng với điện cực dụng cụ như hình 5-83.

Năng suất gia công phụ thuộc vào năng lượng của xung điện, thời gian tồn tại của nó, cường độ dòng điện, điện dung của tụ C, môi trường gia công v.v.

Dộ chính xác gia công phụ thuộc vào chế độ gia công (năng lượng xung v.v...). Lỗ được gia công sẽ có độ côn lớn hay nhỏ là do dụng cụ mòn nhiều hay ít. Nếu năng lượng xung càng lớn thì dụng cụ mòn càng nhiều và do đó độ côn của lỗ cũng tăng lên.

Dộ bóng bề mặt gia công thông thường đạt $R_a = 6,3 \div 3,2 \mu m$, với hợp kim cứng có thể đạt $R_a = 1,6 \div 0,8 \mu m$.

Vật liệu điện cực dụng cụ hay dùng là đồng thau.



Hình 5-83. Các hình dạng phức tạp tạo được bằng gia công tia lửa điện.

đồng đỏ, nhôm, gang tùy theo vật liệu gia công và chất lượng, năng suất yêu cầu.

4.2- Phương pháp gia công bằng chùm tia lade

Từ những năm đầu của thập kỷ 60, sau khi phát hiện ra tia lade người ta đã biết sử dụng chùm tia lade để gia công vật liệu.

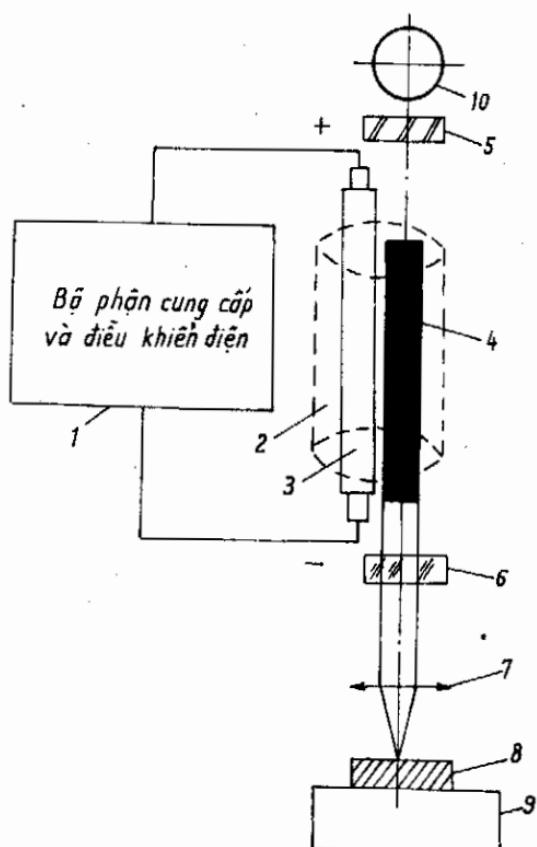
Thực chất chùm tia lade chỉ là một chùm ánh sáng đơn sắc, có tính định hướng cao, bước sóng rất ngắn nên có thể dùng một hệ thống quang học để tập trung nó trên một diện tích rất nhỏ, có mật độ năng lượng rất cao, có thể đạt tới 10^{12} W/cm^2 hoặc cao hơn. Với mật độ như vậy, nhiệt độ có thể lên tới hàng ngàn độ, có thể nung nóng, làm cháy lỏng và đốt cháy kim loại ở vùng nó tác dụng vào. Do đó có thể dùng để làm bền chắc bề mặt, hàn những mối hàn rất nhỏ hoặc gia công các lỗ, rãnh định hình có kích thước nhỏ.

Hiện nay máy phát lade có nhiều loại, dùng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Nguyên lý phát ra chùm lade có thể tóm tắt như sau. Trong vật liệu phát ra lade có những ion hoạt tính. Khi những ion này được kích thích ở mức năng lượng cao và lúc tụt xuống mức năng lượng cơ sở, những ion đó phát ra những lượng tử, những lượng tử này lại bắn vào các ion khác và những ion kia cũng lại phát ra lượng tử cứ như một phản ứng dây chuyền kèm tăng rất nhanh số hạt lượng tử. Nếu dùng thêm những bộ cộng hưởng quang học thì tốc độ tăng của những hạt lượng tử càng nhanh, lớn hơn và phát ra tia lade.

Một trong những máy lade rắn dùng trong gia công là máy K-3M của Liên Xô. Nguyên lý làm việc của nó được minh họa trên hình 5-84.

Nguồn điện công nghiệp qua biến thế và nắn dòng nạp vào hệ thống tụ. Điện áp tối đa của tụ tới 2 kV, khi

điều khiển sự phóng điện tới đèn phát xung 3 đặt ở một trong hai tâm của bộ phận phản xạ ánh sáng 2. Bộ phận này có dạng hình trụ mà tiết diện ngang là ellip. Khi đèn 3 phát sáng, toàn bộ năng lượng của nó sẽ tập trung vào tâm thứ hai của nó, tại đó đã đặt sẵn một thanh hồng ngọc 4. Những ion C_r^{+3} của thanh hồng ngọc bị kích lên mức năng lượng cao, khi tụt xuống chúng sẽ phát ra những lượng tử. Nhờ hệ dao động gương phẳng 5 và 6 những lượng tử này sẽ đi lại nhiều lần qua thanh



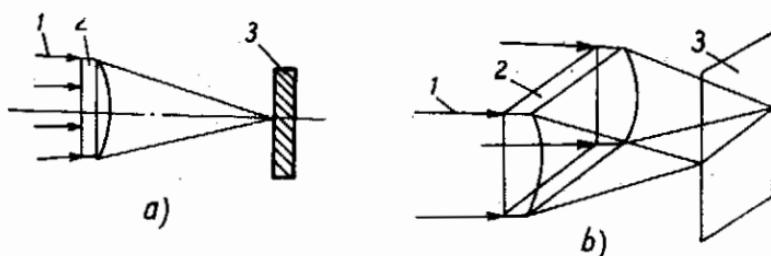
Hình 5-84. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy K-3M.

hồng ngọc và kích các C^{+3} khác để rồi cùng phóng ra chùm tia lượng tử. Trong thực tế gương 5 có độ phản xạ ánh sáng gần 99% còn gương 6 khoảng 50%. Nhờ đó một mặt ta vẫn nhận được chùm lade ở phía dưới. Mặt khác 1% chùm tia thoát ra qua gương 5 sẽ được tê bào quang điện 10 thu lại, qua hệ thống chuyển đổi cho ta biết năng lượng của chùm tia đã phát ra khỏi máy. Chùm tia nhận được qua gương 6 sẽ được tập trung bởi hệ quang học 7 và tác dụng lên vật gia công 8 đặt trên bàn có khả năng di chuyển tọa độ của vật gia công theo ba phương x , y , z .

Khi tập trung tia lade vào vị trí cần gia công phải chọn hệ thống quang học và các thông số công nghệ như năng lượng chùm tia, thời gian xung tác dụng của chùm tia, tiêu cự của hệ thống quang học, số xung lade v.v.. tùy theo yêu cầu gia công.

Quá trình tác dụng của chùm tia lade vào vị trí gia công có thể phân thành các giai đoạn sau:

- Vật liệu gia công hút năng lượng của chùm tia lade và chuyển năng lượng này thành nhiệt năng.
- Đốt nóng vật liệu gia công tới nhiệt độ có thể phá hỏng vật liệu đó. Giai đoạn này ứng với quá trình truyền nhiệt trong vật rắn tuyệt đối bị giới hạn về một phía



Hình 5.85. Các biện pháp tạo mật độ năng lượng cao dùng thấu kính cầu và thấu kính hình trụ.

theo phương tác dụng của chùm tia kể từ bề mặt tác dụng.

- Phá hỏng vật liệu gia công và đẩy chúng ra khỏi vùng gia công. Giai đoạn này ứng với quá trình truyền nhiệt mà bề mặt tác dụng luôn luôn thay đổi theo phương tác dụng của chùm lade.

- Vật liệu gia công nguội dần sau khi chùm lade tác dụng xong.

Các giai đoạn được xác định trên cơ sở các hiện tượng vật lý xảy ra và từ đó có thể viết được các phương trình truyền nhiệt trong từng giai đoạn. Với các điều kiện cụ thể, nghiệm của các phương trình này cho phép xác định được chế độ gia công thích hợp.

Để tạo nên mật độ năng lượng cao tại vị trí gia công tùy thuộc vào mục đích công nghệ có thể dùng nhiều biện pháp khác nhau. Hiện nay thường dùng các biện pháp sau:

Dùng thấu kính hội tụ.

Khi dùng thấu kính cầu (hình 5-85a) lúc này vết tập trung trên bề mặt gia công sẽ là hình tròn có thể dùng để gia công lỗ, hàn điểm. Nếu cung cấp thêm cho chi tiết gia công một chuyển động tương đối phù hợp với hình dạng yêu cầu có thể gia công được những lỗ, rãnh hoặc hàn những vết hàn có hình phức tạp.

Khi dùng thấu kính hình trụ (hình 5-85b) vết tập trung sẽ có dạng dài, hẹp để gia công rãnh hẹp, v.v.

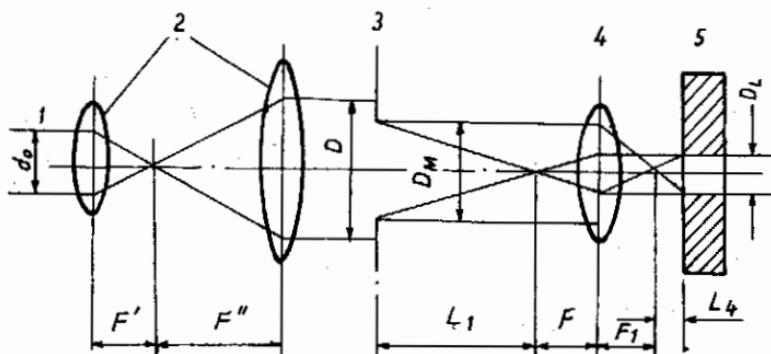
Phương pháp này có ưu điểm là tập trung được toàn bộ năng lượng chùm tia vào vị trí gia công, nhưng mật độ năng lượng phân bố không đều, càng xa tâm trực quang mật độ càng thấp dẫn đến lỗ, rãnh sẽ bị côn hoặc hẹp dần theo chiều sâu.

Để khắc phục nhược điểm trên đồng thời dễ dàng tạo ra những mặt định hình phức tạp có kích thước nhỏ có thể sử dụng phương pháp *tập trung chùm tia bằng hệ*

thống những thấu kính và màn chắn tương tự như hệ thống chiếu ảnh (hình 5-86). Với phương pháp này có thể tạo ra vết tập trung có hình dạng bất kỳ, mật độ năng lượng phân bố đều hơn nên hạn chế được nhược điểm trên, nhưng mất mát một phần năng lượng chùm tia qua các màn chắn, làm giảm hiệu suất sử dụng năng lượng chùm tia.

Kích thước gia công phụ thuộc vào tính chất vật liệu gia công, mật độ năng lượng chùm tia, tính chất của hệ thống tập trung năng lượng, thời gian tác dụng chùm tia vào vật gia công hoặc số lượng xung v.v.

Hiện nay gia công lỗ nhỏ bằng chùm tia lade rất có hiệu quả. Đường kính lỗ nhỏ nhất có thể đạt tới $d=4 \mu m$. Nhờ lade không những có thể gia công được kim loại mà còn gia công được lỗ nhỏ $d=0,025 \div 0,25 mm$ trên thạch anh, kim cương, rubi hoặc gia công thép có $d=0,1 \div 0,2 mm$, chiều sâu lỗ $l = 12,7 mm$. Khi đường kính lỗ $d = 0,1 \div 0,2 mm$ thì độ chính xác của nó khoảng $2 \div 5 \mu m$.



Hình 5-86. Tập trung chùm tia bằng hệ thống thấu kính và màn chắn.

4.3- Gia công kim loại bằng siêu âm

Gia công kim loại bằng siêu âm là một dạng của gia công cơ. Bản chất của nó là dùng năng lượng va đập đồng thời của một số rất lớn các hạt mài ($3 \cdot 10^4 \div 10^5$ hạt mài/ $1cm^2$) có tần số va đập $18 \div 25 kHz$ lên mặt gia công để tách ra những hạt kim loại rất nhỏ, có kích thước vài μm .

Sơ đồ nguyên lý của phương pháp gia công kim loại bằng siêu âm có thể trình bày như hình 5 - 87.

Đao động có tần số $18 \div 25 kHz$ từ máy phát siêu âm 6 truyền đến biến tử 5. Ở đây dao động điện được biến thành dao động cơ học có cùng tần số, còn biên độ dao động khoảng $5 \div 10 \mu m$. Để có thể nhận được dao động cần thiết cho việc gia công kim loại (biên độ $30 \div 80 \mu m$) cần phải có thanh truyền sóng 4, đặt sau biến tử 5. Dụng cụ 3, có hình dạng theo hình dạng yêu cầu gia công, được lắp ngay vào đầu ra của thanh truyền sóng 4. Dung dịch hạt mài 7 được đưa vào vùng gia công ở phía dưới đầu dụng cụ. Tổng hợp chuyển động dao động của đầu dụng cụ và tác dụng của hạt mài sẽ chép lại hình thù của dụng cụ 3 trên vật gia công 2 được gá đặt trên bàn máy 1. Bàn máy có khả năng dịch chuyển theo hai phương nằm ngang thẳng góc với nhau, còn chuyển động theo phương thẳng đứng do đầu máy thực hiện.

Vật liệu làm dụng cụ ở đây thường dùng là thép cacbon như thép 45; thép dụng cụ Y8A, Y10A; thép hợp kim 40X, 60Г v.v...

Phương pháp gia công bằng siêu âm tuy mới xuất hiện cách đây không lâu và còn khá nhiều vấn đề cần được tiếp tục nghiên cứu, nhưng hiện nay nó đã được sử dụng tương đối rộng rãi trong thực tế sản xuất. Khác với các phương pháp gia công bằng tia lửa điện, phương pháp này không những gia công được kim loại mà còn có

thể gia công được cả vật liệu bán dẫn và phi kim loại.

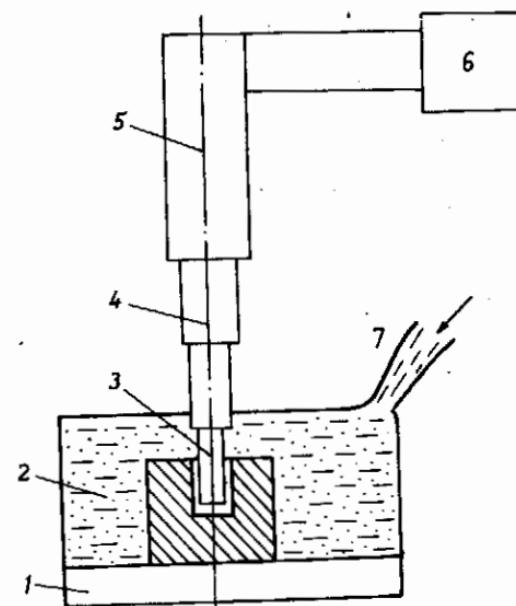
Khi chi tiết gia công cố định có thể thực hiện được việc gia công lỗ thông hoặc không thông, lỗ định hình thẳng hoặc cong, cắt rãnh, cắt đứt v.v...

Nếu cung cấp cho phôi hoặc dụng cụ thêm một chuyển động phụ thì có thể thực hiện được các nguyên công phay, mài, tiện, cắt đứt, cắt ren v.v... (hình 5-88).

Khuynh ết điểm cơ bản của phương pháp này là dụng cụ mòn khá nhanh.

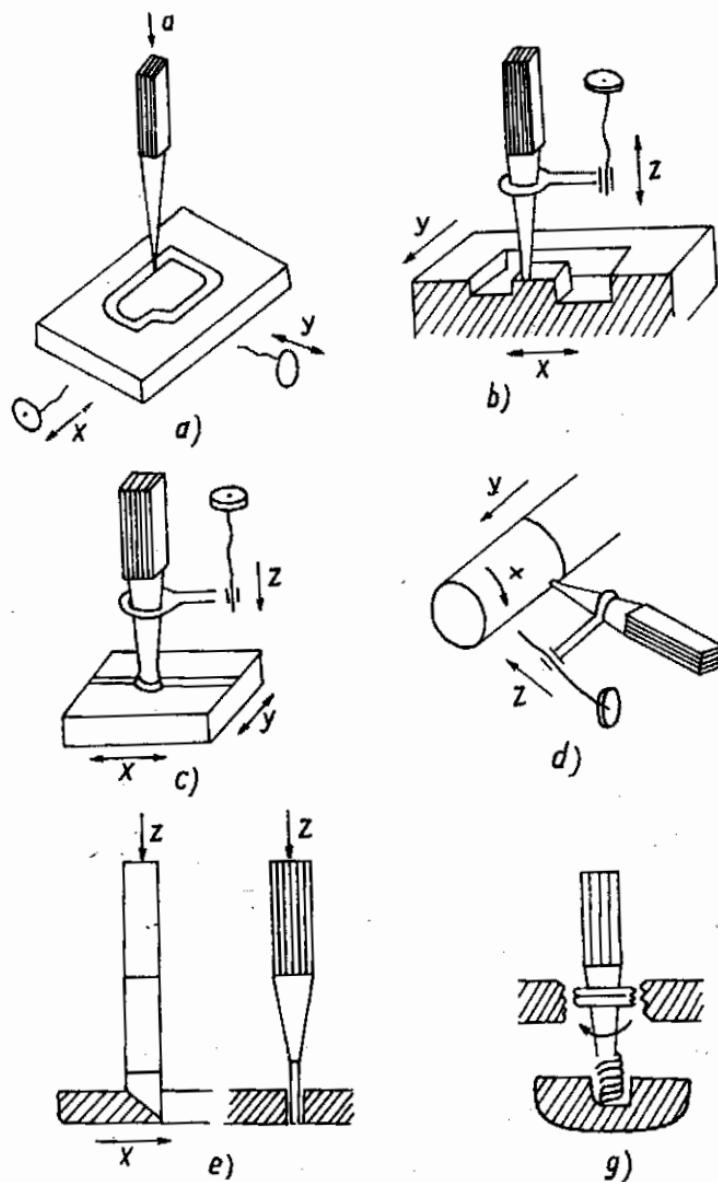
Nếu gia công thủy tinh dụng cụ chỉ mòn khoảng $1 \div 1,5\%$ nhưng

khi gia công hợp kim cứng thì độ mòn lên tới 40 - 60% thậm chí có khi lên tới 150% khối lượng kim loại bốc ra. Khuyết điểm này không những ảnh hưởng đến năng suất, chất lượng mà còn ảnh hưởng cả đến giá thành gia công.



Hình 5-87. Sơ đồ nguyên lý gia công kim loại bằng siêu âm

1. bàn máy; 2. chi tiết gia công; 3. dụng cụ;
4. thanh truyền sóng; 5. biến trở;
6. máy phát siêu âm; 7. dung dịch hạt mài.



Hình 5-88. Sơ đồ các nguyên công gia công bằng siêu âm.

Năng suất gia công bằng siêu âm phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vật liệu gia công, vật liệu làm dụng cụ, biên độ và tần số dao động, áp lực của dụng cụ lên chi tiết gia công, tính chất và nồng độ hạt mài, điều kiện thay đổi hạt mài, diện tích và chiều sâu gia công, hình dạng dụng cụ v.v...

Hạt mài thường dùng là cacbit bo, cacbit silic, kôrun điện và bột kim cương. Trong điều kiện nhu nhau nếu dùng hạt mài là cacbit bo thì đạt năng suất cao nhất. Ngoài ra chất lỏng trong dạng huyền phù cũng có ý nghĩa rất quan trọng. Chất lỏng có thể là nước, dầu madut, dầu hỏa, cồn, dầu máy, dầu gai, dầu biến thế và grixêrin. Trong đó để đạt năng suất cao nhất có thể dùng nước.

Gia công bằng siêu âm đạt hiệu quả kinh tế cao khi gia công vật liệu giòn nhất là vật liệu giòn mà kém cứng vững như thủy tinh. Trong điều kiện nhu nhau thì năng suất gia công thủy tinh là $9000 \text{ mm}^3/\text{ph}$ còn gia công hợp kim cứng chỉ đạt $200 \text{ mm}^3/\text{ph}$.

Độ chính xác gia công bằng siêu âm phụ thuộc nhiều yếu tố trong đó những yếu tố cơ bản là sự đồng nhất của hạt mài, sự tồn tại dao động ngang của dụng cụ, chế độ gia công, độ mòn của dụng cụ v.v... Độ chính xác khi gia công lỗ thông hàn như chỉ phụ thuộc vào hai yếu tố đầu. Nói chung khi gia công lỗ có thể đạt được lỗ chính xác tới $0,05 \div 0,01 \text{ mm}$.

Trong thực tế, gia công lỗ bằng siêu âm không thể tránh khỏi bị côn do dụng cụ mòn. Nếu lỗ sâu từ $5 \div 10 \text{ mm}$ độ côn là 1° . Khi gia công hợp kim cứng, độ côn nhỏ nhất có thể đạt từ $1,5' \div 2'$.

Khe hở giữa dụng cụ và thành lỗ phụ thuộc vào kích thước hạt mài và bằng khoảng $1,5$ kích thước hạt mài. Trong quá trình gia công dụng cụ không những mòn ở mặt đầu mà còn mòn ở thành bên, điều này cũng ảnh

hướng không ít đến độ chính xác kích thước. Dao động ngang làm cho khe hở trên tăng lên, gây ra sai lệch không những về kích thước mà còn cả về hình dạng hình học.

Dộ nhẵn bóng bề mặt gia công có thể đạt $R_a = 12,5 \pm 0,2 \mu m$ tùy theo việc sử dụng hạt mài, thành phần dung dịch và vật liệu gia công. Bảng 5-6 là kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của hạt mài và vật liệu gia công đến độ nhám bề mặt của Liên Xô. Qua đó ta thấy rõ ràng rằng độ nhám bề mặt gia công còn phụ thuộc cả vào vị trí của bề mặt gia công. Mặt bên của lỗ bao giờ cũng có độ nhẵn bóng thấp hơn mặt đầu từ 1 ÷ 3 cấp.

Với khả năng công nghệ nói trên, hiện nay phương pháp này chủ yếu để gia công vật liệu rất cứng mà các phương pháp khác khó gia công, như gia công lỗ, rãnh và bề mặt nhỏ. Với những bề mặt lớn đã có một số tác giả quan tâm đến nhưng kết quả nghiên cứu còn hạn chế và chưa được sử dụng rộng rãi.

Bảng 5-6

**Ảnh hưởng của hạt mài và vật liệu gia công đối với
độ nhám bề mặt**

Độ hạt Cacbit Bo	Gia công thủy tinh $R_a(\mu m)$		Gia công hợp kim cứng $R_a(\mu m)$	
	Mặt bên	Mặt đầu	Mặt bên	Mặt đầu
N10	12,5	3,2	6,3 ÷ 3,2	1,6 ÷ 0,8
N5	3,2	1,6	3,2	0,8 ÷ 0,4
N5	1,6	0,8	1,6	0,2

4.4- Phương pháp gia công điện hóa

Dặc điểm của phương pháp gia công điện hóa là:

- Có thể gia công được nhiều dạng bề mặt phức tạp.
- Khả năng gia công không phụ thuộc vào cơ tính của vật liệu mà phụ thuộc vào thành phần hóa học của nó.
- Điện cực dụng cụ nói chung không bị mòn.
- Có thể đạt năng suất cao so với các phương pháp gia công khác trong nhóm các phương pháp điện vật lý và điện hóa.
- Độ nhám bề mặt gia công có thể đạt tới $R_a = 1,6 \div 0,4 \mu\text{m}$.

- Khi nâng cao năng suất thì R_a lại giảm xuống đây là đặc điểm mà chỉ phương pháp này mới có.

Trong thực tế có nhiều dạng gia công điện hóa nhưng sử dụng đơn giản, có hiệu quả và được dùng nhiều là phương pháp điện hóa dòng điện phân.

Thực chất của phương pháp gia công này là quá trình hòa tan điện cực dương trong môi trường chất điện phân khi có dòng điện đi qua (hình 5-89). Lúc này điện cực dương là vật gia công còn điện cực âm là dụng cụ, dụng cụ này có dạng âm bản của mặt gia công. Nếu khoảng cách giữa hai điểm tương ứng trên chi tiết gia công và dụng cụ khác nhau thì cường độ dòng điện đi qua đó sẽ khác nhau và tỷ lệ nghịch với khoảng cách đó.

Theo định luật Faraday nếu gọi Q là lượng kim loại hòa tan trong dung dịch chất điện phân thì Q được xác định như sau:

$$Q = kIt.$$

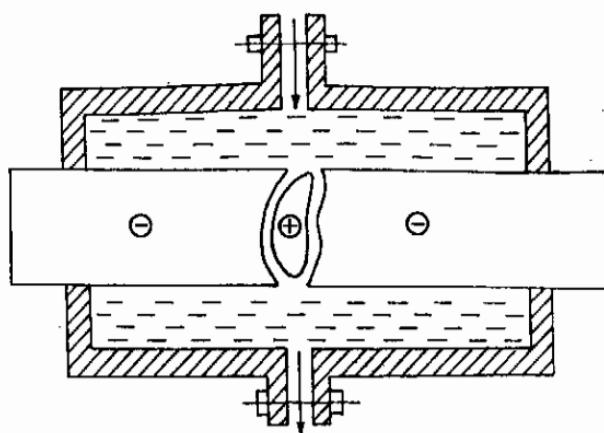
Trong đó

I - cường độ dòng điện (A)

t - thời gian gia công (giờ)

k - đương lượng điện hóa của vật liệu gia công (g/A.giờ)

Như vậy ở các điểm khác nhau trên cực dương có khoảng cách tới điểm tương ứng trên cực âm mà khác nhau thì tốc độ hòa tan vật liệu của cực dương vào chất điện phân sẽ khác nhau. Do đó có thể tạo nên được hình thù bất kỳ tương ứng với hình thù của điện cực âm.



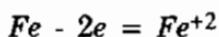
Hình 5-89. Sơ đồ nguyên lý gia công điện hóa.

Khi gia công một loại vật liệu nào đó, lấy sắt (Fe) làm ví dụ, với dung dịch chất điện phân là $NaCl$ khoảng $10 \div 15\%$ thì quá trình hòa tan điện cực dương có thể xảy ra như sau:

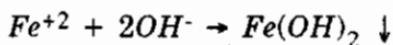
- Phân tử $NaCl$ đã hòa tan trong nước, khi có dòng điện chạy qua sẽ phân tích thành ion Na^+ và Cl^- .
- Phân tử nước cũng được phân tích thành $2H^+$ và OH^- .

Khi điện thế ở hai điện cực chênh lệch, các phân tử mang điện tích âm như Cl^- và OH^- chuyển động về phía cực dương còn Na^+ và H^+ về phía cực âm làm cho mạch điện được nối liền.

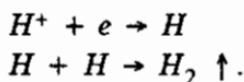
Về phía các điện cực, tại điện cực dương Fe sẽ mất các điện tích âm để tạo thành Fe^{+2} theo phương trình:



Ion Fe^{+2} khi gặp nhóm OH^- sẽ tạo thành hydrôxít sắt và lắng xuống.

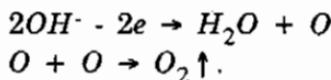


Còn ở cực âm ion H^+ sẽ nhận thêm điện tử và trở thành H_2 bay lên:



Ngoài ra ở các điện cực còn xảy ra một số phản ứng phụ như:

- Ở điện cực dương có các phản ứng:



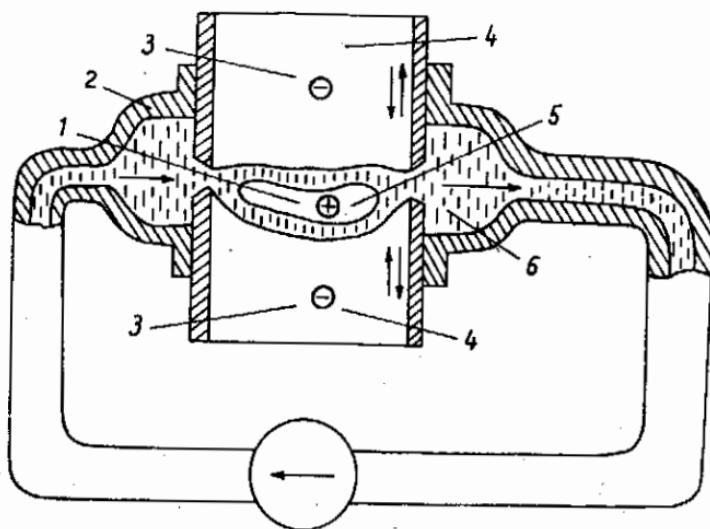
- Cl^- có thể tác dụng với Fe^{+2} để cho $FeCl_2$ hoặc tạo thành $Cl_2 \uparrow$.

- Ở điện cực âm ion Na^+ kết hợp với nước tạo thành xút $NaOH$.

Để hòa tan 1000 mm^3 sắt trong một phút cần có một dòng điện có cường độ 450A, khi đó sẽ tạo nên 12,8g $Fe(OH)_2$ lắng xuống; 0,28 g khí hydrô bay lên (tương ứng với 3,5 l khí H_2 trong điều kiện áp lực 1atm và hao tổn hết 5,23g nước).

Tính chất của các phản ứng điện hóa và những chỉ tiêu công nghệ của phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào thành phần và tính chất vật lý của dung dịch chất điện phân.

Nói chung chất điện phân dùng trong gia công điện hóa có nhiều loại khác nhau miễn là dễ hòa tan trong nước và dễ kết hợp với kim loại gia công tạo thành một hợp chất dễ tách khỏi vật liệu gia công.



Hình 5-90. Gia công điện hóa với điện cực dụng cụ di chuyển.

Ngoài ra trong quá trình gia công còn tồn tại hiện tượng phân cực và hiện tượng thu động. Do đó để tạo được một dòng điện cần thiết chạy trong mạch thì phải đặt vào đó một điện thế nhằm khắc phục được hiện tượng phân cực và điện áp rơi trên trở kháng của chất điện phân. Đồng thời tạo ra một dòng chảy chất điện phân có vận tốc và áp lực nhất định nhằm phá màng thu động để quá trình hòa tan cực dương được liên tục và để ổn định nhiệt độ của chất điện phân, đảm bảo tốc độ phản ứng được ổn định.

Hiện nay gia công điện hóa có hai hình thức:

- Diện cực dụng cụ cố định (hình 5-89).
- Diện cực dụng cụ di chuyển (hình 5-90).

Như trên đã nói, nếu diện cực dụng cụ cố định thì khoảng cách giữa hai điểm tương ứng trên chi tiết và dụng cụ sẽ xa dần, làm cho cường độ dòng điện qua đó sẽ giảm dần và tốc độ bóc sẽ giảm dần, chất lượng bề mặt sẽ kém. Vì vậy để khắc phục tình trạng này người ta cho dụng cụ điện cực di chuyển sao cho tốc độ di chuyển điện cực dụng cụ theo hướng hòa tan vật liệu bằng tốc độ hòa tan vật liệu ở điện cực dương, nhờ đó khoảng cách giữa hai điện cực là không đổi, tốc độ hòa tan vật liệu là hằng số, chất lượng bề mặt gia công được đồng đều và cao hơn so với hình thức gia công điện cực dụng cụ cố định.

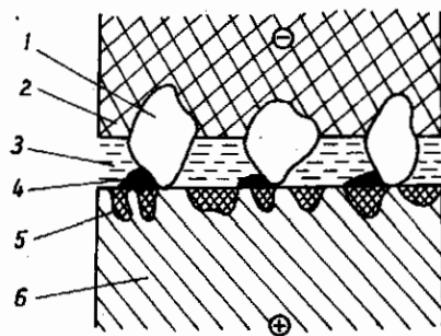
4.5- Mài điện hóa

Phương pháp gia công mài điện hóa là một phương pháp tổng hợp các tác dụng của phương pháp gia công điện hóa và phương pháp cơ học của hạt mài. Nó có thể dùng để gia công mặt phẳng, mặt trụ, mặt định hình hoặc mài sắc lưỡi cắt của dụng cụ cắt.

Khi gia công, đá mài 2 là điện cực âm, trên đó những hạt mài 1 nhô lên tạo thành khe hở giữa đá mài 2 (cực âm) và chi tiết gia công 6 (cực dương) như trên hình 5-91. Khe hở nói trên chứa đầy dung dịch chất điện phân 3. Do đó trong vùng này khi có dòng điện một chiều chạy qua sẽ tồn tại quá trình điện hóa - hòa tan điện cực dương. Vật liệu bị hòa tan 4 được tách khỏi bề mặt gia công nhờ tác dụng cơ học của hạt mài khi đá mài chuyển động, vật liệu bị hòa tan cùng với chất điện phân được những hạt mài chuyển động cuốn ra ngoài đồng thời chất điện phân mới được phun vào lại chứa đầy ở vùng khe hở.

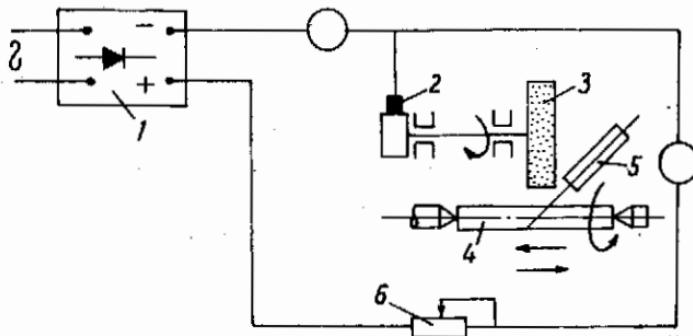
Trên hình 5-92 là sơ đồ mài điện hóa mặt tru ngoài. Đá mài 3 nối với cực âm của nguồn một chiều qua tiếp điểm 2, chi tiết 4 nối với cực dương thông qua biến trở 6 để điều chỉnh cường độ dòng điện cần thiết trong mạch. Dung dịch chất điện phân 5 được đưa vào vùng gia công nhờ bơm.

Khi sử dụng phương pháp này vận tốc đá mài $V_d = 20 \div 30 m/s$, điện thế làm việc $U = 6 \div 8v$. Đối với



Hình 5-91. Sơ đồ nguyên lý mài điện hóa:

1. hạt mài;
2. đá mài (diện cực dụng cụ);
3. dung dịch điện phân;
4. vật liệu gia công bị hòa tan;
5. vết lõm ở chi tiết gia công;
6. chi tiết gia công.



Hình 5-92. Sơ đồ mài điện hóa mặt tru ngoài:

1. bộ chỉnh lưu;
2. tiếp điểm;
3. đá mài;
4. chi tiết gia công;
5. dung dịch điện phân;
6. biến trở.

những vật gia công lớn cường độ dòng điện I có thể lên tới 2000A.

Đá mài có thành phần là graphit hạt mài và chất kết dính. Vật liệu hạt mài thường dùng là kôrun điện chiếm tỷ lệ so với graphit là 1:1 và có độ hạt khoảng 60 - 80.

Dung dịch chất điện phân thường dùng là nước thủy tinh hoặc dung dịch NO_3Ca .

Khi nồng độ nước thủy tinh là $1,22g/cm^3$, cường độ dòng điện chạy qua $I \leq 30A$ thì tốc độ bóc vật liệu lớn nhất $V_b = 24 - 30 mm^3/ph$. Lúc này áp lực trên dụng cụ điện cực khá nhỏ.

Nếu dùng chất điện phân là dung dịch NO_3Ca , với $I = 120 - 130A$ thì $V_b = 100 - 120 mm^3/ph$.

Khi gia công thép T15K6 trong dung dịch NO_3Ca 1 ÷ 2% thì dòng điện có thể tăng lên 4 ÷ 5 lần so với gia công trong nước thủy tinh, năng suất và chất lượng bề mặt gia công đều được nâng cao ($R_a = 1,6 \div 0,8\mu m$).

Nếu mật độ A cường độ dòng $D_a \leq 30 \frac{A}{cm^2}$ thì độ chính xác kích thước có thể đạt cấp 6. Mật khác dùng dung dịch điện phân là NO_3Ca thì lượng mòn của đá nhỏ hơn khi dùng nước thủy tinh. Thông thường tốc độ mòn của đá trong trường hợp này không quá 25 ÷ 30% tốc độ bóc vật liệu.

Năng suất của quá trình mài điện hóa phụ thuộc nhiều vào độ hạt và nồng độ của hạt mài. Nồng độ của hạt mài trong đá mài sẽ ảnh hưởng đến tính dẫn điện của đá mài. Nhiều tác giả cho biết nếu nồng độ hạt mài khoảng 25% thì năng suất bóc vật liệu sẽ là cao nhất: R_a có thể đạt tới $0,05 \mu m$.

Nếu thay kôrun điện bằng hạt kim cương thì năng suất và chất lượng sẽ đạt cao hơn nhưng chi phí sản xuất cũng lớn hơn.

Chương 6. THIẾT KẾ QUÁ TRÌNH CÔNG NGHỆ GIA CÔNG CHI TIẾT MÁY

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. Thiết kế quá trình công nghệ gia công chi tiết máy là một nội dung cơ bản của giai đoạn chuẩn bị sản xuất. Ngày nay do sự phát triển của khoa học kỹ thuật, đặc biệt là việc ứng dụng kỹ thuật vi tính trong lĩnh vực công nghệ, có thể hình dung quá trình từ chuẩn bị sản xuất đến sản xuất như hình 6-1.

Với mỗi sản phẩm, có thể có nhiều phương án công nghệ. Chủ yếu là làm sao chọn được một phương án công nghệ hợp lý (hoặc cao hơn là tối ưu). Có thể hình dung bài toán công nghệ được đặt ra là: tìm các thông số đầu vào để đạt các yêu cầu của đầu ra (hình 6-2).

Yêu cầu của đầu ra là: một quá trình công nghệ phải hợp lý, hoặc tối ưu để đảm bảo yêu cầu về chất lượng sản phẩm, giá thành rẻ, thời gian đáp ứng nhu cầu xã hội v.v...

Có hai trường hợp thiết kế quá 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.

Quá trình công nghệ được thiết kế nhằm mục đích hướng dẫn công nghệ, lập các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, kế hoạch sản xuất và điều hành sản xuất.

Hình 6-1. Quá trình công nghệ hiện đại

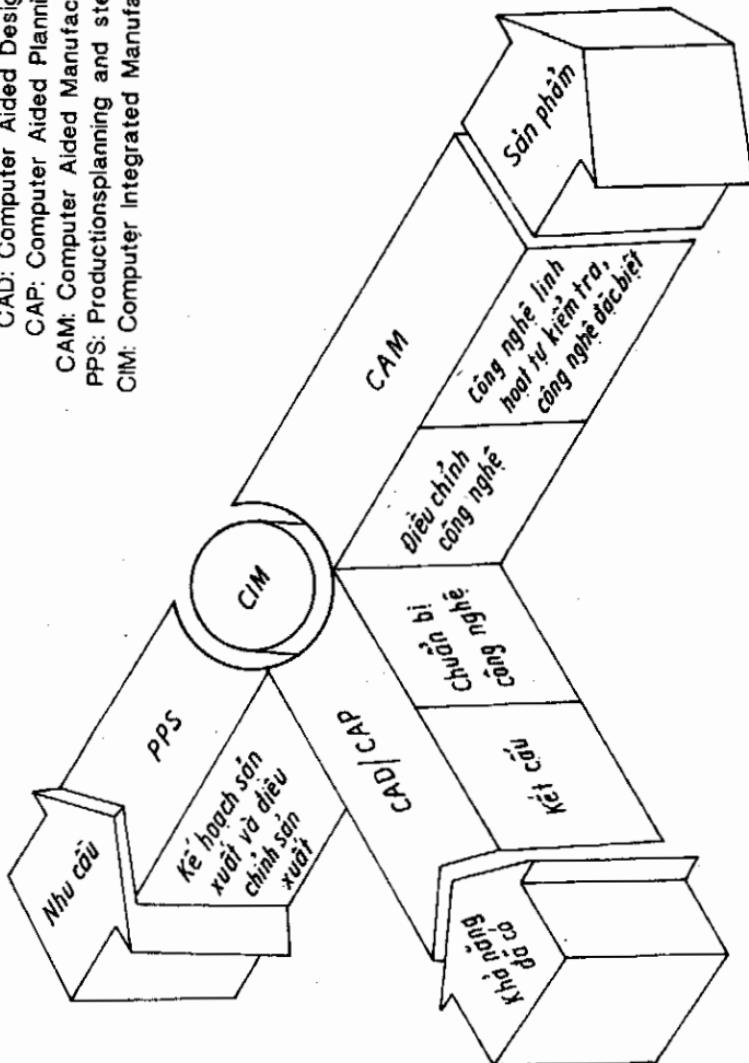
CAD: Computer Aided Design.

CAP: Computer Aided Planning.

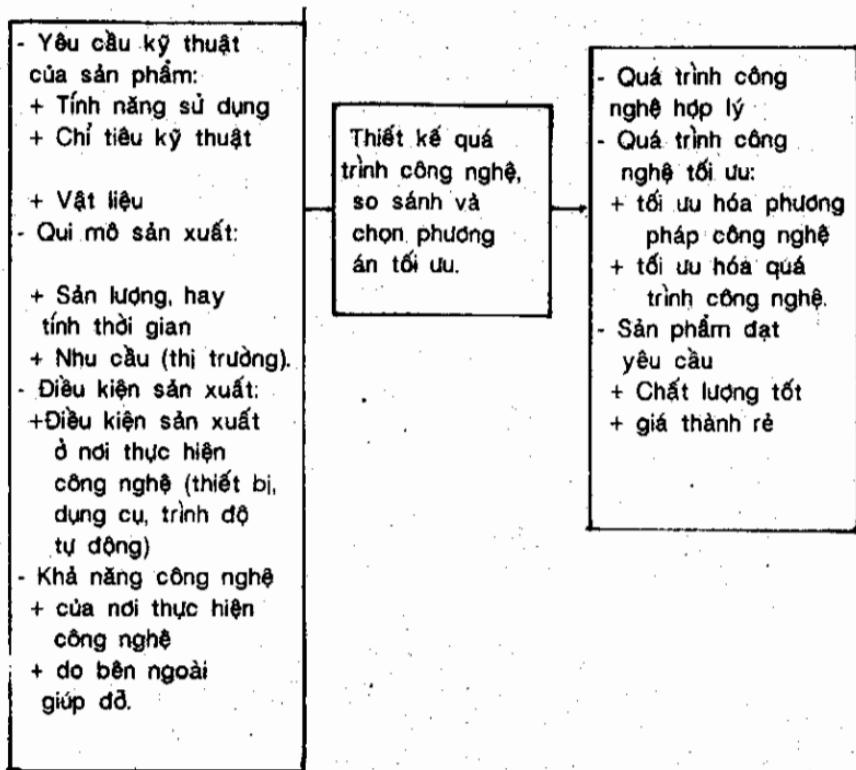
CAM: Computer Aided Manufacturing.

PPS: Productionsplanning and stening.

CIM: Computer Integrated Manufacturing.



Dầu vào → Chuyển đổi → Dầu ra



Hình 6-2. Mô hình công nghệ.

Trong điều kiện hiện nay do nhu cầu xã hội về đa dạng hóa sản phẩm, yêu cầu sử dụng khác nhau, nên tính chất và hình dạng của sản phẩm cũng luôn có những điểm khác nhau. Để sản xuất có thể đáp ứng nhu cầu này người ta thiết kế các quá trình công nghệ linh hoạt (quá trình công nghệ mềm). Quá trình công nghệ linh hoạt không những đáp ứng được nhu cầu sử dụng khác nhau mà còn có ý nghĩa lớn trong việc sản xuất

các phụ tùng thay thế.

Một quá trình công nghệ được xác lập phải có một độ tin cậy theo yêu cầu nhất định. Độ tin cậy này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khách quan và chủ quan.

Nếu một quá trình công nghệ gia công chi tiết máy có n nguyên công là một hàm Markov đơn giản, nghĩa là với giả thiết rằng hiệu quả của nguyên công trước chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến nguyên công tiếp theo thì có thể viết như sau:

$$R_1 = R(NC_1) \cdot R(NC_2/NC_1) \cdot R(NC_3/NC_2) \cdots R(NC_n/NC_{n-1}) \\ = R(NC_1) \prod_{i=1}^{n-1} R(NC_{i+1}/NC_i)$$

Trong đó:

R_1 - độ tin cậy của quá trình công nghệ.

$R(NC_i)$ - độ tin cậy của nguyên công i .

$R(NC_{i+1}/NC_i)$ - độ tin cậy của nguyên công $i+1$ trên cơ sở kết quả của nguyên công i , đó là xác suất điều kiện về khả năng hoàn thành nguyên công $i+1$ trên cơ sở kết quả của nguyên công i .

Muốn bảo đảm quá trình công nghệ liên tục từ nguyên công thứ i sang nguyên công thứ $(i+1)$ trên cơ sở bảo đảm các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, cần phải có điều kiện:

$$R(NC_i) = R(NC_{i+1}) = \text{Không đổi.}$$

Độ tin cậy của từng nguyên công của quá trình công nghệ được xác định:

$$R(NC_i) = \frac{M_i}{M_p}$$

trong đó:

M_i - số lượng chi tiết gia công đảm bảo các chỉ

tiêu kinh tế kỹ thuật (chất lượng, thời gian, năng suất và giá thành).

M_p - số lượng chi tiết cần gia công theo kế hoạch tính cho một đơn vị thời gian nhất định.

Có thể viết:

$$\frac{M_i}{M_p} = \frac{M_i + 1}{M_p}$$

Do đó $M_i = M_i + 1$

Thực tế M_i không thể cố định, mà có thể chấp nhận sự thay đổi của nó trong một phạm vi cho phép.

2. Phương pháp thiết kế quá trình công nghệ gia công chi tiết máy

Khi tiến hành thiết kế quá trình công nghệ gia công cơ của một chi tiết hay một sản phẩm cần thực hiện những bước sau đây:

- Tìm hiểu tính năng sử dụng, điều kiện làm việc của chi tiết hay sản phẩm, tính ổn định của sản phẩm trong nhu cầu sử dụng của xã hội.
 - Nghiên cứu về yêu cầu kỹ thuật, kết cấu của chi tiết, sản phẩm.
 - Xác định quy mô sản xuất và điều kiện sản xuất.
 - Xác định thứ tự các nguyên công. Cách gá đặt chi tiết, lập sơ đồ các nguyên công.
 - Chọn phôi và phương pháp chế tạo phôi.
 - Chọn máy cho mỗi nguyên công.
 - Xác định lượng dư và dung sai cho các nguyên công.
- Căn cứ vào đó xác định kích thước cần thiết của phôi.
- Xác định dụng cụ cắt và dụng cụ kiểm tra. Thiết kế những dụng cụ đặc biệt.
 - Xác định các thông số công nghệ (chế độ cắt, v.v...)
 - Xác định các đồ gá; thiết kế những đồ gá khi cần.

- Xác định bậc thợ.
- Định mức thời gian và năng suất, so sánh các phương án kinh tế.

Tùy theo điều kiện, khả năng công nghệ của từng nơi, từng lúc việc thiết kế một quá trình công nghệ có thể được tiến hành theo nhiều cách khác nhau. Có thể hình dung một cách tổng quát như mô hình hình 6-2.

3. Một số bước thiết kế cơ bản

Tùy theo khả năng và mức độ tận dụng các quá trình công nghệ điển hình, các quá trình công nghệ đang áp dụng đạt hiệu quả tốt mà tính chất và khối lượng thiết kế quá trình công nghệ ứng với nhiệm vụ gia công sẽ khác nhau. Nghĩa là một quá trình công nghệ có thể được thiết kế hoàn toàn mới, hoặc có thể được xây dựng trên cơ sở điều chỉnh và bổ sung quy trình công nghệ sẵn có trong thực tế. Sau đây là nội dung các bước thiết kế cơ bản.

3.1- Kiểm tra tính công nghệ trong kết cấu chi tiết máy

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 trong kết cấu cơ khí cần phải hiểu những cơ sở sau đây:

- Tính công nghệ của kết cấu cơ khí phụ thuộc rất nhiều vào quy mô sản xuất cũng như tính chất hàng loạt của sản phẩm.
- Tính công nghệ của kết cấu phải được nghiên cứu đồng bộ đối với kết cấu tổng thể của sản phẩm, không tách riêng từng phần tử kết cấu, trên cơ sở đảm bảo

chức năng và điều kiện làm việc của nó.

- Tính công nghệ của kết cấu phải được chú trọng triệt để trong từng giai đoạn của quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí.

- Tính công nghệ của kết cấu cần được nghiên cứu theo điều kiện sản xuất cụ thể.

Vì khối lượng lao động và vật liệu tiêu hao chỉ có thể được xác định chính xác nếu quá trình công nghệ đã được thiết kế hoàn chỉnh, nên tính công nghệ trong kết cấu cơ khí thường được đánh giá gần đúng theo những chỉ tiêu sau:

- Trọng lượng kết cấu nhỏ nhất.

- Sử dụng vật liệu thống nhất, tiêu chuẩn, dễ kiếm và rẻ.

- Quy định kích thước, dung sai và độ nhám bề mặt hợp lý.

- Sử dụng chi tiết máy và bề mặt trên chi tiết máy thống nhất, tiêu chuẩn.

- Kết cấu hợp lý để gia công cơ khí, lắp ráp thuận tiện (ít mối lắp ghép, chuỗi kích thước hợp lý, tính lắp lắn thích hợp, tạo khả năng lắp ráp nồng suất cao).

Để đảm bảo hiệu quả chung của quá trình chế tạo sản phẩm thì tính công nghệ trong kết cấu sản phẩm phải được chú trọng nghiên cứu, phê phán từ khi bắt đầu thiết kế kết cấu sản phẩm. Trước khi tiến hành thiết kế quá trình công nghệ cho sản phẩm phải kiểm tra hệ thống tính công nghệ trong kết cấu của các chi tiết, cụm, bộ phận trong kết cấu tổng thể của sản phẩm trên cơ sở các bản vẽ chế tạo. Cần đặc biệt quan tâm đến mối liên hệ giữa chức năng, điều kiện làm việc và tính công nghệ trong kết cấu cơ khí, tránh đề ra các yêu cầu kỹ thuật quá cao không cần thiết, hạn chế chi phí sản xuất nói chung. Đối với quá trình cắt gọt chi tiết

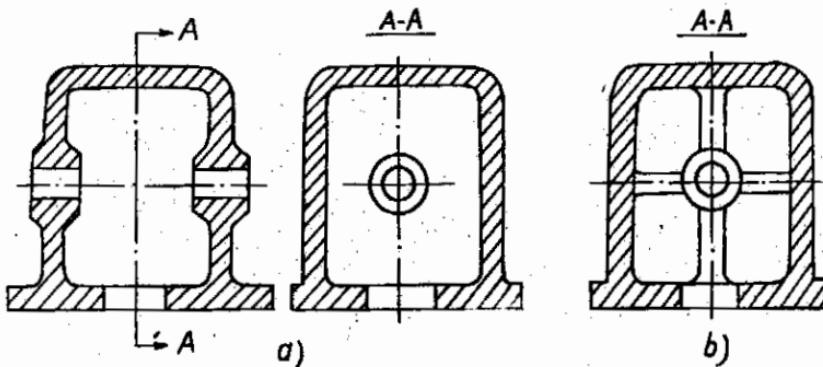
máy thi tinh công nghệ trong kết cấu chi tiết máy được xét trên cơ sở các yêu cầu cụ thể như sau:

- 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 (ví dụ tách một chi tiết phức tạp thành hai hoặc nhiều chi tiết đơn giản, dễ gia công, tạo điều kiện gá nhiều chi tiết khi gia công).
- Tạo điều kiện sử dụng dụng cụ thống nhất, tiêu chuẩn.
- Dảm bảo dụng cụ cắt làm việc thuận tiện, không bị va đập khi cắt.
- Dảm bảo chi tiết đủ cứng vững, tạo điều kiện cắt gọt với cùng 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 cũng như giữa các bề mặt ứng với các nguyên công khác nhau.
- Chú ý đặc tính riêng về kết cấu chi tiết của sản phẩm trong trường hợp áp dụng phương pháp gia công đặc biệt hoặc trang thiết bị công nghệ chuyên dùng.

Những yêu cầu trên đây chỉ có thể được thỏa mãn tốt nếu có sự cộng tác chặt chẽ giữa bộ phận thiết kế kết cấu và bộ phận thiết kế công nghệ trên cơ sở đảm bảo chức năng, điều kiện làm việc và hiệu quả kinh tế tốt trong quá trình chế tạo sản phẩm. Tùy theo quy mô sản xuất và nhiệm vụ sản xuất cụ thể mà cần có sự hỗ trợ của các chuyên gia kinh tế - kỹ thuật, tổ chức sản xuất, khoa học lao động nhằm nâng cao tính công nghệ trong kết cấu của sản phẩm.

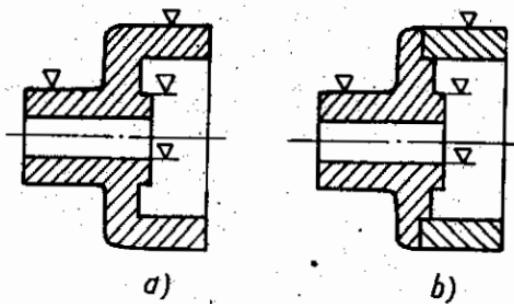
Sau đây là một số ví dụ về phân tích tính công nghệ của chi tiết máy:

- Đảm bảo độ cứng vững cần thiết khi gia công (hình 6-3).
- Đảm bảo kết cấu đơn giản, dễ gia công (hình 6-4, 6-5).
- Tiết kiệm vật liệu chế tạo (hình 6-6).
- Tạo điều kiện nâng cao năng suất gia công (hình 6-7).
- Phân biệt rõ bề mặt gia công và bề mặt không gia công (hình 6-8).
- Phân biệt rõ các bề mặt gia công ở những nguyên công khác nhau (hình 6-9).
- Tạo điều kiện giảm bớt hành trình cắt, giảm quãng đường chạy dao (hình 6-10).
- Đảm bảo tiến dao thuận lợi (hình 6-11, 6-12).
- Tránh va đập khi gia công (hình 6-13).
- Tạo điều kiện dùng dụng cụ cắt tiêu chuẩn và đạt năng suất cao (hình 6-14).

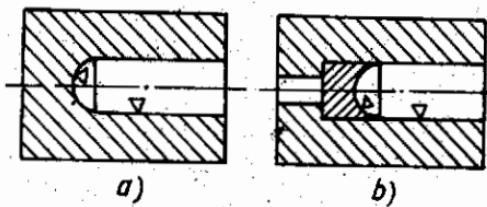


Hình 6-3.

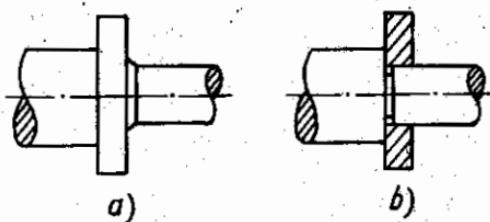
- a) Chi tiết có thành mỏng, kém cứng vững khi gia công lỗ;
- b) thêm gân trợ lực để tăng cứng vững khi gia công.



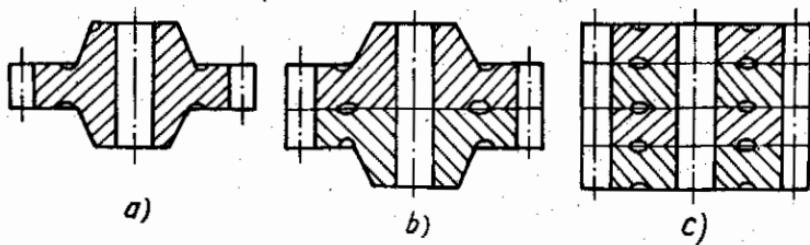
Hình 6 - 4. a) Kết cấu phức tạp; khó gia công.
b) kết cấu gồm hai chi tiết dễ gia công hơn.



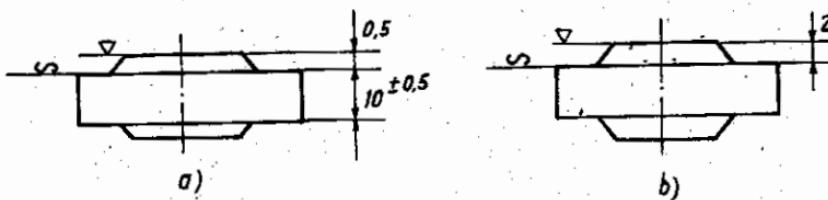
Hình 6 - 5. a) Mặt cầu trong khó gia công; b) kết cấu gồm hai chi tiết; gia công mặt cầu trong dễ hơn.



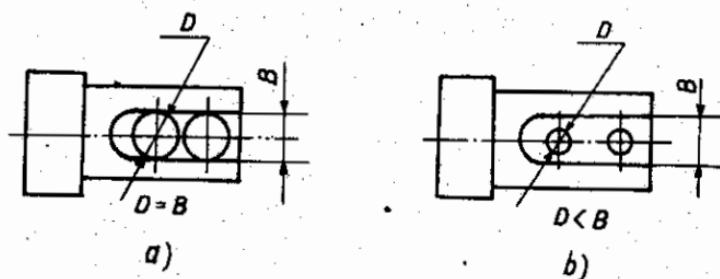
Hình 6 - 6. a) Kết cấu tốn nhiều vật liệu;
b) kết cấu gồm hai chi tiết, tốn ít vật liệu hơn.



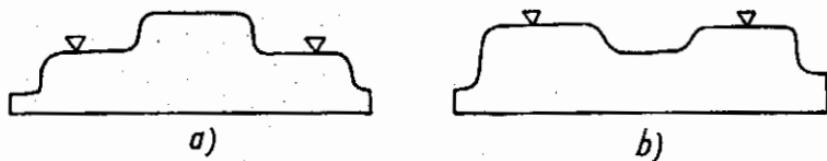
Hình 6-7. a) Kết cấu hạn chế khả năng gá đặt nhiều phôi, năng suất gia công thấp; b) và c) kết cấu tạo điều kiện gá đặt nhiều phôi, năng suất gia công cao hơn.



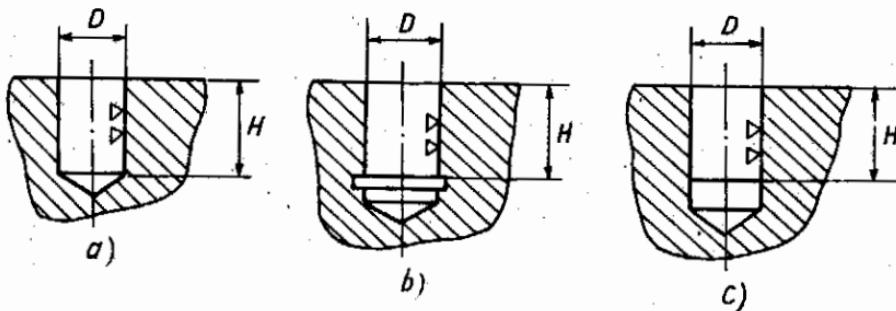
Hình 6-8. a) Kết cấu chưa phân biệt rõ mặt gia công và mặt không gia công; b) kết cấu hợp lý hơn.



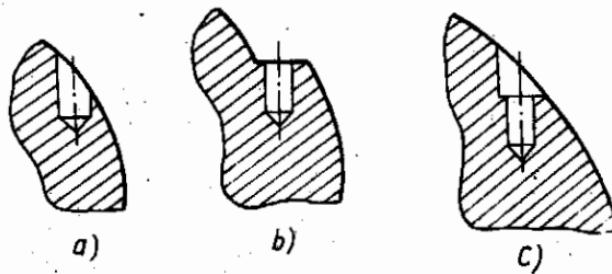
Hình 6-9. a) Khoan lỗ D sau khi phay rãnh δ sẽ khó khăn, lỗ và rãnh dễ bị lệch nhau; b) kết cấu đảm bảo gia công thuận tiện hơn.



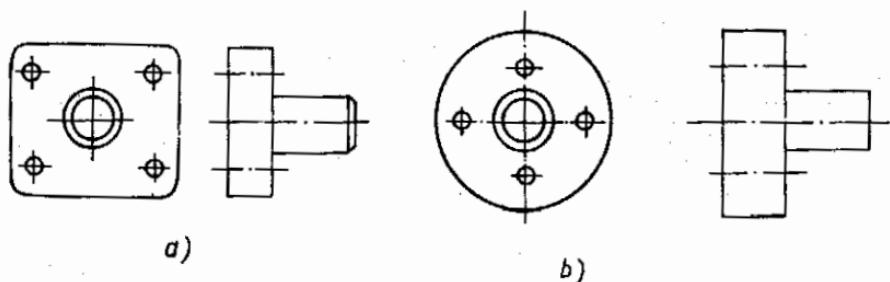
Hình 6-10. a) Kết cấu gây ra quăng đường chạy dao (hành trình cắt) dài; b) kết cấu rút ngắn hành trình cắt.



Hình 6-11. a) Không thể doa đà độ chính xác trên suốt cả chiều sâu H vì doa có phần con; b) và c) là kết cấu hợp lý vì đã trừ bỏ phần cần của doa



Hình 6-12. a) Kết cấu dễ làm gãy mũi khoan khi gia công lỗ; b) và c) là kết cấu tạo điều kiện khoan lỗ an toàn.



Hình 6-13. a) Mặt bích vuông dễ gây va đập khi tiện mặt đầu, làm ~~gãy~~ vỡ dao tiện; b) mặt bích tròn tránh được va ~~đập~~ khi tiện.



Hình 6-14. a) Rãnh then bằng khi gia công phải dùng dao phay ngón, năng suất thấp; b) rãnh then bán nguyệt khi gia công dùng dao phay dĩa có năng suất cắt cao hơn dao phay ngón.

3.2- Xác định lượng dư gia công, chọn phôi và phương pháp chế tạo phôi

Trong ngành chế tạo máy, tùy theo dạng sản xuất mà chi phí về phôi liệu chiếm từ 30% đến 60% tổng chi phí chế tạo.

Phôi được xác định hợp lý phần lớn phụ thuộc vào việc xác định lượng dư gia công. Lượng dư gia công được xác định hợp lý về trị số và dung sai sẽ góp phần bảo đảm hiệu quả kinh tế của quá trình công nghệ vì:

- Lượng dư quá lớn sẽ tốn nguyên vật liệu, tiêu hao lao động để gia công nhiều, tốn năng lượng điện, dụng cụ cắt, vận chuyển nặng v.v... 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. Điều này có thể giải thích như sau:

Trong chương "Độ chính xác gia công" chúng ta đã biết khái niệm về in đậm sai lệch trong quá trình gia công. Chúng ta đã dẫn ra hệ số in đậm K (hệ số giảm sai)

$$K = \frac{\Delta_{cl}}{\Delta_{ph}};$$

Trong đó Δ_{cl} - sai lệch chi tiết

Δ_{ph} - sai lệch phôi.

Như vậy sai lệch sẽ giảm dần qua mỗi nguyên công cắt gọt. Vì vậy mà trong một quá trình công nghệ ta phải chia ra nhiều nguyên công, nhiều bước để có thể hớt dần lớp kim loại mang sai số in đậm do nguyên công trước để lại. Lượng dư phải đủ để thực hiện các nguyên công cần thiết đó. Mặt khác nếu lượng dư quá bé thì khi gia công có thể xảy ra hiện tượng trượt giữa dao và chi tiết, dao sẽ bị mòn nhanh bẽ mặt gia công không bóng.

Trên cơ sở mỗi quan hệ chung đó, chúng ta cần phân biệt những khái niệm và định nghĩa về lượng dư gia công.

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

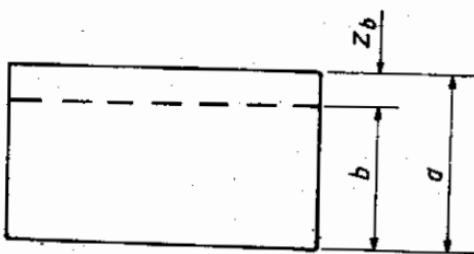
Lượng dư gia công trung gian là lớp kim loại được hớt đi ở mỗi bước công nghệ hoặc mỗi nguyên công (Z_b).

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

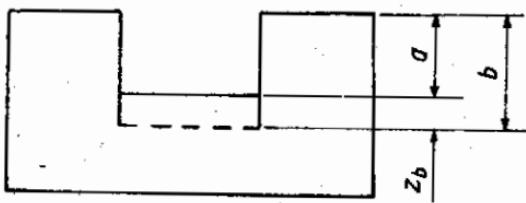
Lượng dư đối xứng là lớp kim loại được hớt đi khi gia công các bề mặt tròn xoay ngoài hoặc trong.

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. Lượng dư gia công trung gian (Z_b) (hình 6-15) là:

- Đối với mặt ngoài: $Z_b = a - b$
- Đối với mặt trong: $Z_b = b - a$



a) Mặt ngoài



b) Mặt trong

Hình 6.75. Lượng dư gia công trung gian (Z_b).

- a) Kích thước do bước công nghệ sát trước để lại,
- ..) Kích thước do bước công nghệ đang thực hiện tạo nên.

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: $Z_o = K_{ph} \cdot K_{ct}$

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

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 bước công nghệ sát trước và bước công nghệ đang thực hiện (hình 6-16).

- Đối với mặt tròn xoay ngoài: $Z_b = \frac{d_a - d_b}{2}$, tức là

$$2Z_b = d_a - d_b$$

- Đối với mặt tròn xoay trong: $Z_b = \frac{d_b - d_a}{2}$, tức là

$$2Z_b = d_b - d_a$$

Trong đó

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

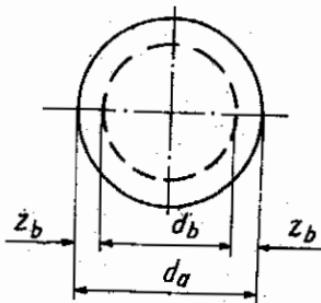
d_b - bước công nghệ đang thực hiện.

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 bước công nghệ hoặc nguyên công của quá trình công nghệ, nghĩa là:

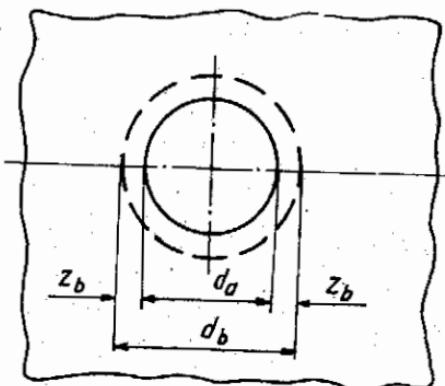
$$Z_o = \sum_{i=1}^n Z_i$$

n - số bước công nghệ hoặc số nguyên công cần thiết để gia công bề mặt.

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



a) *Mặt ngoài*



b) *Mặt trong*

Hình 6-16. Lượng dư đối xứng:

d_{ph} - kích thước do bước công nghệ sát trước để lại,

d_{ct} - kích thước do bước công nghệ đang thực hiện tạo nên.

- Đối với mặt ngoài:

$$2Z_c = 2 \sum_{i=1}^n Z_i = d_{ph} - d_{ct}$$

- Đối với mặt trong:

$$2Z_c = 2 \sum_{i=1}^n Z_i = d_{ct} - d_{ph}$$

d_{ph} - kích thước phôi,

d_{ct} - kích thước chi tiết hoàn thiện.

Trong ngành chế tạo máy người ta thường áp dụng hai phương pháp sau đây để xác định lượng dư gia công:

- Phương pháp thống kê kinh nghiệm,
- Phương pháp tính toán phân tích.

a) *Phương pháp thống kê kinh nghiệm.* Phương pháp này được dùng rất phổ biến trong thực tế sản xuất. Ở đây lượng dư gia công được xác định bằng tổng giá trị lượng dư các bước gia công theo kinh nghiệm. Giá trị

theo kinh nghiệm của lượng dư gia công thường được tổng hợp thành bảng trong các sổ tay thiết kế công nghệ. Nhược điểm cơ bản của phương pháp này là không xét đến những điều kiện gia công cụ thể nên giá trị lượng dư thường lớn hơn giá trị cần thiết.

b) *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 để có một chi tiết máy hoàn chỉnh, do giáo sư Kôvan đề xuất.

Phương pháp này tính lượng dư cho hai trường hợp:

- Dụng cụ cắt được điều chỉnh sẵn trên máy, phôi được xác định vị trí nhờ đồ gá.

- Phôi được rà gá sẵn trên máy.

Trong trường hợp 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 a_{\min} thì sau khi gia công sẽ có kích thước b_{\min} , lượng dư gia công sẽ là $Z_{b\min}$. Ngược lại những phôi có kích thước a_{\max} , sau khi gia công sẽ có kích thước b_{\max} , lượng dư gia công sẽ là $Z_{b\max}$. Giá trị thực tế của lượng dư gia công sẽ nằm trong phạm vi giá trị $Z_{b\min}$ và $Z_{b\max}$, ứng với cả loạt phôi.

Theo hình 6-17 ta thấy:

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

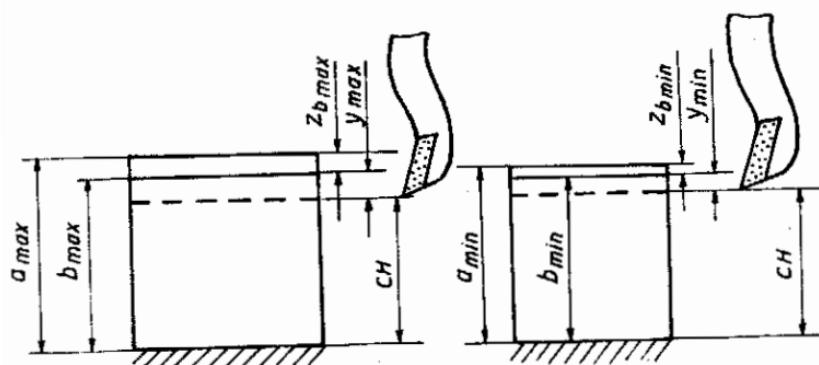
$$Z_{b\max} = a_{\max} - b_{\max}$$

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 bị cắt với chiều sâu cắt nhỏ nhất; lực cắt sẽ nhỏ nhất nên độ biến dạng của phôi theo phương kích thước gia công

cũng 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 gấp một phôi có kích thước ban đầu là a_{\max} thì sẽ bị cắt với chiều sâu cắt lớn nhất, lực cắt sẽ lớn nhất, độ biến dạng do lực cắt cũng lớn nhất (y_{\max}), lượng dư cũng lớn nhất ($Z_{b\max}$), kích thước sau khi gia công sẽ là $C_H + y_{\max}$. Như vậy ta có các mối quan hệ sau đây:

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

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



Hình 6-17. Giá trị lượng dư gia công đổi với một loạt phôi trên máy điều chỉnh sẵn:

C_H - Kích thước điều chỉnh dụng cụ cắt ứng với cả loạt phôi;
 y_{\max} và y_{\min} - trị số biến dạng do lực cắt.

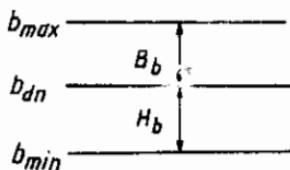
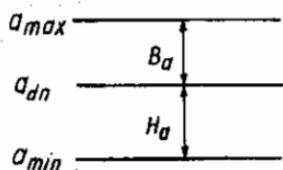
Thay trị số về dung sai của các kích thước a và b là δ_a và δ_b ta sẽ có

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

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

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

Đối với lượng dư danh nghĩa (lượng chênh lệch giữa hai kích thước danh nghĩa a_{dn} và b_{dn}) ta có (hình 6-18):



Hình 6-18. Kích thước danh nghĩa và kích thước giới hạn của a , b .

B_a và B_b - sai lệch trên của kích thước a và b ,
 H_a và H_b - sai lệch dưới của kích thước a và b .

- Đối với mặt ngoài:

$$\begin{aligned} Z_{bdn} &= a_{dn} - b_{dn} = (a_{\min} + H_a) - (b_{\min} + H_b) \\ &= a_{\min} + H_a - b_{\min} - H_b \\ &= Z_{b\min} + H_a - H_b \end{aligned}$$

- Đối với mặt trong:

$$\begin{aligned} Z_{b\min} &= b_{\max} - a_{\max}; a_{\max} = a_{\min} + \delta_a \\ Z_{b\max} &= b_{\min} - a_{\min}; b_{\max} = b_{\min} + \delta_b \\ Z_{b\max} &= (b_{\max} - \delta_b) - (a_{\max} - \delta_a) \\ &= (b_{\max} - a_{\max}) + (\delta_a - \delta_b) \\ &= Z_{b\min} + \delta_a - \delta_b \\ Z_{bdn} &= b_{dn} - a_{dn} \\ &= (b_{\max} - B_b) - (a_{\max} - B_a) \\ &= (b_{\max} - a_{\max}) + B_a - B_b \\ &= Z_{b\min} + B_a - B_b \end{aligned}$$

Tương tự như vậy, lượng dư cho bề mặt đối xứng được

xác định như sau:

- Mặt ngoài đối xứng:

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

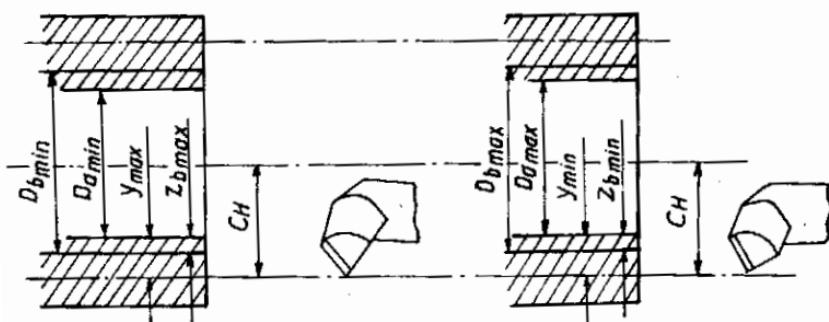
$$2Z_{b\max} = D_{a\max} - D_{b\max}$$

$$= 2Z_{b\min} + \delta_{Da} - \delta_{Db}$$

$$2Z_{bdn} = 2Z_{b\min} + H_{Da} - H_{Db}$$

δ_{Da}, δ_{Db} - dung sai của kích thước D_a, D_b .

H_{Da}, H_{Db} - sai lệch dưới của kích thước D_a, D_b .



Hình 6-19. Kích thước phai ban đầu cho lỗ:

C_H - kích thước điều chỉnh dụng cụ cắt,

y_{\max}, y_{\min} - trị số biến dạng.

- Mặt trong đối xứng (hình 6-19):

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

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

$$= (D_{b\max} - \delta_{Db}) - (D_{a\max} - \delta_{Da})$$

$$= (D_{b\max} - D_{a\max}) + \delta_{Da} - \delta_{Db}$$

$$= 2Z_{b\min} + \delta_{Da} - \delta_{Db}$$

$$2Z_{bdn} = D_{b\min} - D_{adn}$$

$$= (D_{b\max} - B_{Db}) - (D_{a\max} - B_{Da})$$

$$= (D_{b\max} - D_{a\min}) + B_{Da} - B_{Db}$$

$$= 2Z_{b\min} + B_{Da} - B_{Db}$$

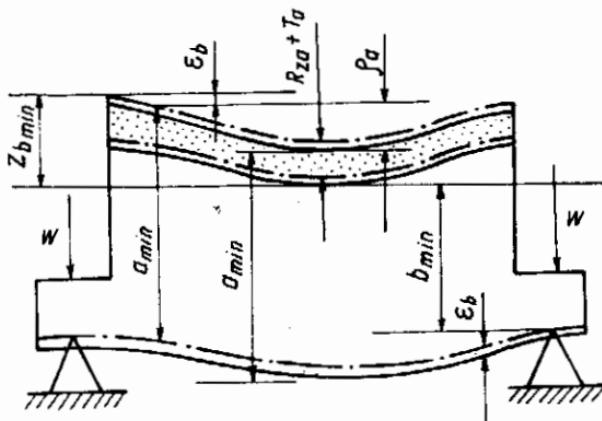
với B_{Da} , B_{Db} là sai lệch trên của kích thước D_a , D_b .

Dung sai của lượng dư (δ_Z) được tính bằng hiệu số giữa lượng dư lớn nhất và lượng dư nhỏ nhất:

- Bề mặt không đối xứng: $\delta_Z = Z_{b\max} - Z_{b\min} = \delta_a - \delta_b$
- Bề mặt đối xứng: $\delta_Z = 2Z_{b\max} - 2Z_{b\min} = \delta_{Da} - \delta_{Db}$

Sau khi đã xác định lượng dư trung gian cho từng nguyên công hoặc từng bước công nghệ theo dien giải trên dây, cần tổng hợp các giá trị lượng dư trung gian để được lượng dư tổng cộng (Z_o).

Như trên ta đã biết lượng dư trung gian là lượng dư gia công ứng với từng bước công nghệ, phải đảm bảo loại trừ được các sai số ở bước công nghệ sát trước và sai số



Hình 6-20. Các yếu tố tạo thành lượng dư gia công.

gá đặt phôi ở bước đang thực hiện. Nó bao gồm các yếu tố sau:

R_{Z_a} - Chiều cao nhấp nhô tesser do bước công nghệ sát trước để lại,

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

ρ_a - 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, v.v...),

ε_b - Sai số gá đặt chi tiết c bước công nghệ đang thực hiện.

Như vậy giá trị nhỏ nhất của lượng dư gia công tính cho bước công nghệ đang thực hiện được xác định như sau:

- Đối với mặt trong hoặc mặt ngoài không đối xứng:

$$+ \text{Mặt ngoài: } Z_{b\min} = a_{\min} - b_{\min} = (R_{Z_a} + T_a) + \rho_a + \varepsilon_b$$

$$+ \text{Mặt trong: } Z_{b\min} = b_{\min} - a_{\min} = (R_{Z_a} + T_a) + \rho_a + \varepsilon_b$$

- Đối với mặt trong hoặc mặt ngoài đối xứng:

Ở trường hợp này ρ_a và ε_b là đại lượng vectơ, có phương, chiều và giá trị nhất định, vì vậy lượng dư nhỏ nhất tính cho bước công nghệ đang thực hiện sẽ là:

$$2Z_{b\min} = 2(R_{Z_a} + T_a + |\vec{\rho}_a + \vec{\varepsilon}_b|)$$

Khi biết rõ phương và chiều của ρ_a và ε_b , thì có thể tính theo phép cộng vectơ:

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

với $\vec{\rho}_a, \vec{\varepsilon}_b$ là góc giữa hai vectơ ρ_a, ε_b .

Khi phương và chiều của hai vectơ này khó xác định thì có thể lấy trị số trung bình theo xác suất như sau:

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

như vậy giá trị nhỏ nhất của lượng dư đối xứng sẽ là:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_a} + T_a + \sqrt{\rho_a^2 + \epsilon_b^2})$$

Tùy điều kiện gia công cụ thể mà các yếu tố trên sẽ có trị số khác nhau, ví dụ:

- Sau bước công nghệ hoặc nguyên công đầu tiên đối với gang hoặc kim loại malleable thì T_a coi như có ảnh hưởng không đáng kể đối với trị số của lượng dư gia công cho các bước tiếp theo, nghĩa là: $T_a = 0$, vì gang và kim loại malleable có độ hàn lớn nên ít bị biến dạng dẻo, do đó lớp bề mặt bắc mặt do biến dạng dẻo gây ra coi như không đáng kể.

- Khi chuẩn định vị chi tiết trùng với mặt gia công (như ở trường hợp mài không tâm, doa tự động, chuốt lỗ, mài nghiêm) thì sai số chuẩn của kích thước thực hiện bằng không ($\epsilon_c = 0$), nếu bỏ qua sai số do kẹp chặt và sai số đòn gá thì sai số gá đặt chi tiết ở bước đang thực hiện sẽ bằng không ($\epsilon_b = 0$).

- Đối với những bước hoặc nguyên công cuối cùng của quá trình nhằm nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt thì ảnh hưởng của các đại lượng T_a , ρ_a và ϵ_b coi như có giá trị bằng 0.

- Bề mặt qua nhiệt luyện, sau đó qua mài; khi mài phải giữ lại lớp bề mặt đã xử lý nhiệt nên đại lượng T_a đối với quá trình mài sau nhiệt luyện cũng lấy giá trị bằng 0.

- Trị số của đại lượng ρ_a phụ thuộc vào dạng phôi và kích thước của phôi, ví dụ:

+ Độ lệch đường trục của phôi dập:

$$\rho_a = \sqrt{\rho_{lk}^2 + \rho_{ct}^2}$$

với: ρ_{lk} - độ lệch khuôn dập,

ρ_{ct} - độ cong của đường trục phôi, tùy theo chiều dài của phôi: $\rho_{ct} = \Delta_c \cdot L_c$

Trong đó:

Δ_c - độ cong đơn vị ($\mu m/mm$),

L_c - chiều dài của phôi (mm).

- Đối với các bước công nghệ tiếp theo cần chú ý trị số của sai lệch không gian còn lại theo giá trị ban đầu (do xét đến hệ số giảm sai K_s), ví dụ:

+ sau bước tiện thô: $\rho'_a = 0,06 \cdot \rho_{ph}$, với $K_s = 0,06$

+ sau bước tiện tinh: $\rho''_a = 0,04 \cdot \rho'_a$, với $K_s = 0,04$

trong đó ρ_{ph} - sai lệch vị trí không gian của phôi trước khi tiện thô.

Sai số gá đặt chi tiết gia công ở bước đang thực hiện ($\vec{\varepsilon}_b$) được xác định bằng tổng các vectơ sai số chuẩn ($\vec{\varepsilon}_c$) và sai số kẹp chật ($\vec{\varepsilon}_k$) nếu không xét tới sai số đồ gá:

$$\vec{\varepsilon}_b = \vec{\varepsilon}_c + \vec{\varepsilon}_k$$

Khi phương và chiều của hai vectơ $\vec{\varepsilon}_c$ và $\vec{\varepsilon}_k$ được xác định rõ thì trị số sai số gá đặt ε_b sẽ là:

$$\varepsilon_b = \sqrt{\varepsilon_c^2 + \varepsilon_k^2 - 2 \cdot \varepsilon_c \cdot \varepsilon_k \cdot \cos(\vec{\varepsilon}_c, \vec{\varepsilon}_k)}$$

Khi phương và chiều của các vectơ $\vec{\varepsilon}_c$ và $\vec{\varepsilon}_k$ khó xác định thì lấy giá trị trung bình theo xác suất như sau:

$$\varepsilon_b = \sqrt{\varepsilon_c^2 + \varepsilon_k^2}$$

Tùy theo sơ đồ định vị và kẹp chật chi tiết gia công mà giá trị của sai số chuẩn (ε_c) và sai số kẹp chật (ε_k) sẽ được xác định cụ thể.

- Đối với phương pháp mài nghiền bề mặt thì lượng dư gia công được xác định như sau:

+ Bề mặt không đối xứng: $Z_{bmin} = K \cdot R_{Z_a}$

+ Bề mặt đối xứng: $2Z_{b\min} = 2K(R_{T_a} + \Delta\phi_a)$ (5.26)
trong đó:

K - hệ số xét đến khuyết tật của bề mặt gia công do bước sát trước để lại (ví dụ: vết xước sau khi doa lỗ), $K = 1,2 \div 1,5$

$\Delta\phi_a$ - sai lệch về hình dạng hình học của bề mặt gia công do bước sát trước để lại (ví dụ: độ méo, độ côn, độ ôvan, độ trụ, v.v...).

Sau đây là trình tự tổng quát xác định lượng dư trung gian và kích thước giới hạn cho từng bước công nghệ ứng với từng bề mặt của chi tiết máy:

1. Lập quá trình công nghệ và phương án gá đặt phôi cho các nguyên công và các bước công nghệ.
2. Xác định các bề mặt gia công và thứ tự các bước công nghệ cho từng bề mặt.
3. Xác định giá trị của các đại lượng R_{T_a} , T_a , ρ_a , ϵ_b và δ_a .
4. Xác định trị số tính toán $Z_{b\min}$ cho tất cả các bước công nghệ ứng với từng bề mặt gia công.

Sau bước 4 thì các bước tiếp theo cho mặt ngoài và mặt trong sẽ cụ thể và khác nhau.

MẶT NGOÀI:

5. Ghi kích thước tính toán của bước công nghệ cuối cùng theo bản vẽ (kích thước giới hạn nhỏ nhất).
6. Xác định kích thước cho bước sát trước bằng cách cộng giá trị $Z_{b\min}$ với kích thước giới hạn nhỏ nhất theo bản vẽ.
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.
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 tương ứng 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 với kích thước giới hạn nhỏ nhất đã quy tròn theo dung sai.

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.

11. Xác định lượng dư tổng cộng cho từng bề mặt gia công $Z_{o\max}$ và $Z_{o\min}$ 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 so sánh kết quả đó với nhau:

$$\begin{aligned}\delta_z &= Z_{b\max} - Z_{b\min} \\ &= \delta_a - \delta_b\end{aligned}$$

hoặc

$$\delta_{zo} = Z_{o\max} - Z_{o\min} = \delta_{ph} - \delta_{ct}$$

MẶT TRONG:

5. Ghi kích thước tính toán ở 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 lấy kích thước giới hạn lớn nhất theo bản vẽ trừ đi lượng dư $Z_{b\min}$.

7. Xác định kích thước cho từng bước công nghệ bằng cách lấy kích thước tính toán của bước công nghệ tiếp theo trừ đi lượng dư $Z_{b\min}$ tương ứng.

8. Ghi kích thước giới hạn lớn nhất ứng với từng bước công nghệ trên cơ sở quy tròn giá trị kích thước tính toán tương ứng theo hàng số có nghĩa của dung sai

ở từng bước công nghệ.

9. Xác định kích thước giới hạn nhỏ nhất ứng với từng bước công nghệ bằng cách trừ từng kích thước giới hạn lớn nhất, đã quy tròn theo dung sai tương ứng, một lượng bằng dung sai của mỗi bước công nghệ.

10. Xác định giá trị của lượng dư theo từng cặp bước công nghệ nối tiếp nhau:

Z_{bmax} - hiệu hai kích thước nhỏ nhất,

Z_{bmax} - hiệu hai kích thước lớn nhất.

Bước 11 và 12 đối với mặt trong cũng tương tự như đối với mặt ngoài.

Kết quả tính toán lượng dư được ghi vào bảng 6-1.

Bảng 6-1

Bảng tính lương du già công theo phương pháp Kavan

Trình tự tính toán lượng dư theo bảng 6-1 có thể giải thích như sau:

Trước hết phải xác định sơ đồ gá đặt phôi, trình tự các nguyên công và các bước công nghệ cho bề mặt cần tính lượng dư trung gian và lượng dư tổng cộng, cụ thể là:

1. Trình tự nguyên công và bước công nghệ của bề mặt cần tính lượng dư được ghi vào cột (1).

2. Gióng theo hàng ngang của từng nguyên công hoặc bước công nghệ để ghi các chỉ số R_{za} , T_a , ρ_a , ϵ_b vào các cột (2), (3), (4), (5) và ghi trị số dung sai tương ứng vào cột (8), ở nguyên công hoặc bước cuối cùng thì lấy giá trị dung sai theo bản vẽ chi tiết.

3. Xác định lượng dư cho từng nguyên công hoặc bước ($Z_{bmín}$ hoặc $2Z_{bmín}$) rồi ghi kết quả vào cột (6).

4. Tính kích thước rồi ghi kết quả vào cột (7) ứng với từng nguyên công hoặc bước.

- Mặt ngoài: ở nguyên công hoặc bước cuối cùng phải ghi kích thước nhỏ nhất theo bản vẽ chi tiết. Công kích thước này với lượng dư tính toán ở cột (6) sẽ được kích thước của nguyên công hoặc bước sát trước và ghi kết quả vào cột (7).

Tiếp tục thực hiện như vậy ngược trở lên cho tới khi xác định được kích thước phôi.

- Mặt trong: ở nguyên công hoặc bước cuối cùng phải ghi kích thước lớn nhất theo bản vẽ chi tiết. Lấy kích thước này trừ đi lượng dư tính toán ở cột (6) sẽ được kích thước của nguyên công hoặc bước sát trước và ghi kết quả vào cột (7), cứ như vậy sẽ xác định được kích thước của phôi.

5. Ghi kích thước giới hạn vào cột (9) và (10):

- Mặt ngoài: lấy kích thước tính toán ở cột (7) đem quy tròn theo hàng số có nghĩa của dung sai rồi ghi kết quả vào cột (10), lấy quy tròn theo hàng số có nghĩa của dung sai và lấy tăng lên 1 đơn vị.

- Mặt trong: lấy kích thước tính toán ở cột (7) đem quy tròn theo hàng số có nghĩa của dung sai (quy tròn lấy giảm đi 1 đơn vị), rồi ghi kết quả vào cột (9).

Chú ý: Đối với mặt ngoài lấy kích thước giới hạn ở cột (10) cộng với dung sai tương ứng sẽ được kích thước giới hạn ở cột (9). Đối với mặt trong lấy kích thước giới hạn ở cột (9) trừ đi dung sai tương ứng sẽ được kích thước giới hạn ở cột (10).

6. Xác định trị số giới hạn của lượng dư và ghi kết quả vào cột (11) và (12).

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

a_{\min}, b_{\min} lấy ở cột (10); a_{\max}, b_{\max} lấy ở cột (9);
 $Z_{b\max}$ ghi vào cột (11); $Z_{b\min}$ ghi vào cột (12).

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

7. Cộng các giá trị lượng dư ở cột (11) sẽ được lượng dư tổng cộng Z_{omax} ; cộng các giá trị lượng dư ở cột (12) sẽ được lượng dư tổng cộng Z_{omin} .

8. Kiểm tra lại kết quả tính toán theo các điều kiện:

- Đối với lượng dư trung gian: $Z_{b\max} - Z_{b\min} = \delta_a - \delta_b = \delta_{z_b}$
- Đối với lượng dư tổng cộng: $Z_{\text{omax}} - Z_{\text{omin}} = \delta_1 - \delta_n = \delta_{z_o}$

Tóm lại, với phương pháp tính toán phân tích lượng dư gia công theo các yếu tố cơ bản tạo thành lượng dư sẽ xác định được kích thước phôi hợp lý, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu và đảm bảo hiệu quả kinh tế của quá trình công nghệ.

Sau đây là hai ví dụ nhằm giải thích rõ hơn phương pháp tính toán phân tích lượng dư gia công chi tiết máy

dã nêu trên.

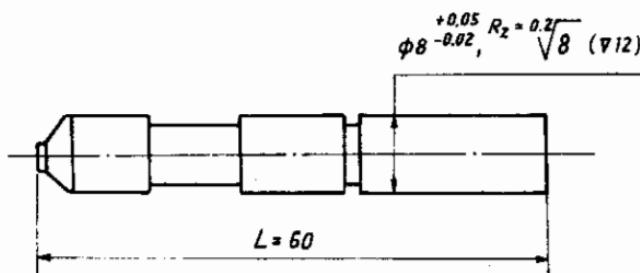
VÍ DỤ 1. Tính lượng dư gia công cho bề mặt trụ $\phi 8$ ${}^{+0.05}_{-0.02}$ đảm bảo các yêu cầu sau đây:

- Độ nhám bề mặt $R_z = 0,2 \mu m$ (cấp nhẵn bóng $\nabla 12$)
- Vật liệu. Thép hợp kim cứng IIIX15, độ cứng 60 \pm 62HRC

- Sai số hình dạng của bề mặt $\phi 8$ là:

- + Độ méo nhỏ hơn $0,0005 mm$
- + Độ không thẳng nhỏ hơn $0,0015 mm$
- + Độ côn nhỏ hơn $0,001 mm$

- Chi tiết máy. Pittông bơm cao áp D12 (hình 6-21).



Hình 6-21. Pittông bơm cao áp D12 (tổng quát).

Quá trình gia công bề mặt trụ $\phi 8$ của pittông D12 gồm các nguyên công như sau:

1. Tiện thô từ phôi thanh;
2. Tiện tinh;
3. Nhiệt luyện;
4. Mài thô;
5. Mài tinh;
6. Nghiên thô;
7. Nghiên bán tinh;
8. Nghiên tinh;

Các nguyên công tiện và mài có chuẩn định vị là hai lỗ tâm. Các nguyên công nghiên có chuẩn định vị là mặt

tru φ8.

Ta áp dụng công thức tính lượng dư cho bề mặt đối xứng ngoài:

$$2Z_{b\min} = 2(R_{z_a} + T_a + \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2})$$

Lượng dư gia công trung gian ứng với từng nguyên công:

- Tiện thô từ phôi thanh, gá trên hai mũi tâm:

+ Phôi thanh: theo bảng VII-7 trang 511 "Sổ tay công nghệ chế tạo máy" 1976, có các giá trị sau:

$$R_{z_a} = 150 \mu m, T_a = 150 \mu m$$

$$\rho_a = \Delta_k \cdot L$$

$$\Delta_k \text{ theo bảng VII-8: } \Delta_k = 0,15 \mu m/mm$$

$$\rho_a = 0,15 \cdot 60 \mu m = 9 \mu m.$$

+ Tiện thô: gá đặt trên hai mũi tâm, sai số gá đặt bằng độ lệch của hai lỗ tâm (sai số về mặt định vị), tức là:

$$\begin{aligned}\varepsilon_b &= \varepsilon_{lt} = 0,25 \delta_D \\ &= 0,25 \cdot 400 \mu m = 100 \mu m.\end{aligned}$$

$$2Z_{b\min} = 2(150 + 150 + \sqrt{100^2 + 9^2}) = 800 \mu m$$

+ Tiện tinh: gá trên hai mũi tâm

Sau tiện thô: $R_{z_a} = 80 \mu m$ (V3), $T_a = 120 \mu m$,
 $\rho_a = 0,06 \cdot \rho_a = 0,06 \cdot 9 = 0,54 \mu m$

Gá đặt khi tiện tinh: chuẩn định vị là 2 lỗ tâm

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{lt} = 0,25 \cdot \delta_D = 0,25 \cdot 200 \mu m = 50 \mu m$$

$$2Z_{b\min} = 2(80 + 120 + \sqrt{50^2 + 0,54^2}) = 500 \mu m$$

Bề mặt tru φ8 sau khi tiện tinh:

$R_z = 20 \mu m$, ứng với V5, $T_a = 30 \mu m$, ρ rất nhỏ,
 $\delta_D = 100 \mu m$.

+ Sau nhiệt luyện:

Mặt trụ $\phi 8$: độ chính xác giảm đi 1 cấp, độ nhám bề mặt tăng 1 đến 2 cấp, bị cong vênh, các giá trị tương ứng sau nhiệt luyện mặt $\phi 8$ là

$$R_s = 60 \mu m (\nabla 3.. \nabla 4); T_a = 60 \mu m; \rho_a = \Delta k. L = 2. 60 \mu m = 120 \mu m$$

(theo bảng VII-10 trang 512 "Sổ tay công nghệ chế tạo máy", 1976).

+ Mài thô, gá trên hai mũi tâm (chuẩn định vị là hai lỗ tâm):

T_a sau nhiệt luyện không xét đến nữa, ($T_a = 0$).

$\rho_a = 120 \mu m; R_{Z_a} = 60 \mu m; \epsilon_b = 0,25;$
 $\delta_D = 0,25.200 \mu m = 50 \mu m$ (sau nhiệt luyện thường phải sửa lại mặt côn của hai lỗ tâm).

$$2Z_{b\min} = 2(60 + \sqrt{120^2 + 50^2}) = 245,4 \mu m$$

+ Mài tinh, gá trên hai mũi tâm như mài thô:

Sau khi mài thô: $R_{Z_a} = 6,3 \mu m (\nabla 7); T_a = 20 \mu m;$
 $\rho'_a = 0,06 \rho_a = 0,06.120 \mu m = 7,2 \mu m.$

Gá đạt chi tiết khi mài tinh giống như mài thô nên:

$$\epsilon_b = 50 \mu m.$$

$$2Z_{b\min} = 2(6,3 + \sqrt{7,2^2 + 50^2}) = 113,6 \mu m.$$

+ Nghiền.

$$2Z_{b\min} = 2K(R_{Z_a} + \Delta\phi_a)$$

với: K - hệ số xét đến vết xước ở bề mặt trụ $\phi 8$ trước khi nghiền, $K = 1,2 \div 1,5$.

$\Delta\phi_a$ - sai số hình dạng của mặt trụ $\phi 8$ trước khi nghiền, có thể tính gần đúng như sau:

$$\Delta\phi_a = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Trong đó:

x - độ không thẳng đường trục $\phi 8$,

y - độ méo của tiết diện $\phi 8$,

z - độ côn của mặt trụ $\phi 8$.

Sau khi mài tinh mặt trụ $\phi 8$:

$$R_{Z_a} = 1,6 \mu m (\nabla 9), T_a = 5 \mu m, x = 5 \mu m,$$

$$y = 5 \mu m, z = 6 \mu m$$

$$\rho''_a = 0,04 \rho'_a = 0,04 \cdot 7,2 \mu m = 0,29 \mu m$$

$$\Delta\phi_a = \sqrt{5^2 + 5^2 + 6^2} = 9,3 \mu m.$$

- Lượng dư cho nghiên thô (sau khi mài tinh):

$$2Z_{bmin} = 2,15(1,6 + 9,3) \mu m = 32,7 \mu m$$

- Lượng dư cho nghiên bán tinh.

Sau khi nghiên thô mặt trụ $\phi 8$: $R_{za} = 0,8 \mu m$ ($\nabla 10$),

$$x = 3 \mu m, y = 3 \mu m, z = 4 \mu m$$

$$\Delta\phi_a = \sqrt{3^2 + 3^2 + 4^2} = 5,84 \mu m$$

$$2Z_{bmin} = 2,15(0,8 + 5,84) \mu m = 19,9 \mu m$$

- Lượng dư cho nghiên tinh.

Sau khi nghiên bán tinh mặt trụ $\phi 8$.

$$R_{za} = 0,4 \mu m (\nabla 11), x = 2 \mu m, y = 2 \mu m,$$

$$z = 3 \mu m; \Delta\phi_a = \sqrt{2^2 + 2^2 + 3^2} = 4,2 \mu m$$

$$2Z_{bmin} = 2,15(0,4 + 4,2) \mu m = 13,8 \mu m$$

Sau khi nghiên tinh mặt trụ $\phi 8$: $R_{za} = 0,2 \mu m$ ($\nabla 12$)

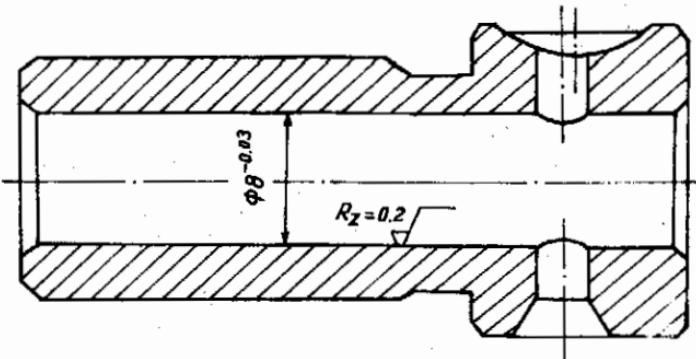
$$x = 1,5 \mu m, y = 0,5 \mu m, z = 1 \mu m$$

Kết quả tính lượng dư cho mặt trụ ngoài $\phi 8$ của pittông D12 được ghi ở bảng 6-2.

VÍ DỤ 2.

Tính lượng dư gia công cho lỗ xylanh bơm cao áp

D12, vật liệu là thép hợp kim cứng IIIX15 với độ cứng yêu cầu $60 \div 62$ HRC. Kết cấu của chi tiết xylanh như hình 6-22.



Hình 6-22. Chi tiết xylanh bơm cao áp D12.

Bề mặt lỗ $\phi 8^{-0.03}$, $R_z = 0.2 \mu m$ ($\nabla 12$) với các yêu cầu sau:

- độ méo nhỏ hơn $0.0005 mm$,
- độ không thẳng đường trục nhỏ hơn $0.0015 mm$,
- độ côn nhỏ hơn $0.001 mm$.

Quá trình gia công lỗ $\phi 8$ gồm các nguyên công:

1. Khoan lỗ $\phi 7 \pm 0.1$ từ phôi thanh tròn, đặc, đạt $R_{Z_a} = 80 \mu m$ ($\nabla 3$);
2. Khoét lỗ $\phi 7,8 \pm 0.05$, đạt $R_{Z_a} = 40 \mu m$ ($\nabla 4$);
3. Doa lỗ $\phi 7,9^{+0.02}_{-0.04}$, đạt $R_{Z_a} = 10 \mu m$ ($\nabla 6$).
4. Nghiên tươi lỗ để khử vết xước sau khi doa, đạt $\phi 7,93^{-0.04}$, $R_{Z_a} = 3,2 \mu m$ ($\nabla 8$).
5. Nhiệt luyện đạt độ cứng $60 \div 62$ HRC, độ bóng bề mặt giảm xuống ($R_{Z_a} = 10 \mu m$, ứng với $\nabla 6$).
6. Nghiên thử đạt $\phi 7,95^{-0.04}$, $R_{Z_a} = 3,2 \mu m$ ($\nabla 8$).
7. Nghiên bán tinh đạt $\phi 7,98^{-0.035}$, $R_{Z_a} = 0,8 \mu m$ ($\nabla 10$).
8. Nghiên tinh đạt $\phi 8^{-0.03}$, $R_{Z_a} = 0,2 \mu m$ ($\nabla 12$).

Lượng dư gia công tính cho các nguyên công, các bước khoan, khoét, doa lỗ $\phi 8$:

$$2Z_{b\min} = 2(R_{Z_a} + T_a + \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_b^2})$$

Lượng dư gia công tính cho các bước nghiên lỗ $\phi 8$:

$$2Z_{b\min} = 2K(R_{Z_a} + \Delta\phi_a)$$

Sau đây là các bước tính lượng dư trung gian cho lỗ $\phi 8$:

- Khoan lỗ đạt $\phi 7 \pm 0.1$ từ phôi thanh tròn, đặc:

Theo bảng VII-23 "sổ tay công nghệ chế tạo máy" - 1976, tập 1:

Sau khi khoan lỗ: $R_{Z_a} = 80 \mu m$, $T_a = 50 \mu m$,

$$\rho_a = \sqrt{C_o^2 + (\Delta y \cdot l)^2}$$

với C_o - độ lệch của đường tâm lỗ, ở đây $C_o = 15 \mu m$,

Δy - độ cong đường trục lỗ ($\mu m/mm$), ở đây:

$\Delta y = 1,7 \mu m/mm$,

l - chiều dài lỗ (mm), ở đây $l = 42 mm$,
như vậy:

$$\rho_a = \sqrt{15^2 + (1,7 \cdot 42)^2} = 73 \mu m$$

- Khoét lỗ đạt $\phi 7,8 \pm 0.05$, $R_{Z_a} = 40 \mu m$ ($\nabla 4$),
 $T_a = 25 \mu m$, sai lệch không gian (ρ_a) chính bằng độ lệch
đường tâm lỗ C_o nhân với hệ số giảm sai (K_s) là 0,05.

$$\rho_a = C_o \cdot 0,05 = 15 \cdot 0,05 \mu m = 0,75 \mu m$$

Lượng dư để khoét lỗ sau bước khoan: nếu không xét
đến sai số gá đạt chi tiết gia công ở bước khoét (nghĩa là
 $\varepsilon_b = 0$):

$$2Z_{b\min} = 2(80 + 50 + 73) \mu m = 406 \mu m$$

- Doa lỗ đạt $\phi 7,9^{+0,02}_{-0,04}$, $R_{Z_a} = 10 \mu m$ ($\nabla 6$), $T_a = 10 \mu m$, sai số hình dạng lỗ:

+ độ không thẳng đường trực: $x = 5 \mu m$,

+ độ méo: $y = 5 \mu m$,

+ độ côn: $z = 6 \mu m$,

sai số hình dạng tổng hợp:

$$\begin{aligned}\Delta\phi_a &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ &= \sqrt{5^2 + 5^2 + 6^2} = 9,3 \mu m.\end{aligned}$$

Lượng dư để doa lỗ sau bước khoét: nếu bỏ qua sai số gá đặt ($\varepsilon_b = 0$):

$$2Z_{bmin} = 2(40 + 25 + 0,75) \mu m = 132 \mu m.$$

- Nghiền tươi lỗ để khử vết xước sau bước doa, đạt $\phi 7,93^{-0,04}$, $R_{Z_a} = 3,2 \mu m$ ($\nabla 8$), sai số hình dạng lỗ:

$x = 3 \mu m$, $y = 3 \mu m$, $z = 4 \mu m$

$$\Delta\phi_a = \sqrt{3^2 + 3^2 + 4^2} = 5,84 \mu m.$$

Lượng dư cho bước nghiền tươi lỗ sau khi doa:

$$\begin{aligned}2Z_{bmin} &= 2K(R_{Z_a} + \Delta\phi_a) \\ &= 2 \cdot 1,5 (10 + 9,3) \mu m = 57,9 \mu m.\end{aligned}$$

- Nhiệt luyện đạt độ cứng HRC: 60 ÷ 62, độ bóng bề mặt giảm ($R_{Z_a} = 10 \mu m$, $\nabla 6$), $T_a = 5 \mu m$, lượng cong vênh: $\rho_a = \Delta_k \cdot l = 2,60 \mu m = 120 \mu m$.

- Nghiền thô đạt $\phi 7,95^{-0,04}$, $R_{Z_a} = 3,2 \mu m$ ($\nabla 8$), sai số hình dạng lỗ:

$$\begin{aligned}x = 3 \mu m, y = 3 \mu m, z = 4 \mu m, \Delta\phi_a &= \sqrt{3^2 + 3^2 + 4^2} \\ &= 5,84 \mu m\end{aligned}$$

Lượng dư cho nghiền thô sau nhiệt luyện: (vết xước đã bị khử ở bước nghiền tươi nên $K = 1,0$):

$$2Z_{b\min} = 2K(R_{f_a} + \rho_a) = 2(1.0 \cdot 10 + 120)\mu m = 260\mu m.$$

- Nghiên bản tinh đạt $\phi 7,98^{+0,035}$, $R_{f_a} = 0,8 \mu m$ ($\nabla 10$), sai số hình dạng lỗ:

$$\begin{aligned} x &= 2\mu m, y = 2\mu m, z = 3 \mu m, \Delta\phi = \sqrt{2^2 + 2^2 + 3^2} \\ &= 4,2 \mu m \end{aligned}$$

Lượng dư cho nghiên bản tinh: ($K = 1$)

$$\begin{aligned} 2Z_{b\min} &= 2K(R_{f_a} + \Delta\phi_a) = 2(3,2 + 5,84)\mu m \\ &= 18,1\mu m. \end{aligned}$$

- Nghiên tinh đạt $\phi 8^{+0,03}$, $R_{f_a} = 0,2 \mu m$ ($\nabla 12$), sai số hình dạng lỗ:

$$x = 1,5 \mu m, y = 0,5 \mu m, z = 1 \mu m,$$

Lượng dư cho nghiên tinh: ($K = 1$)

$$2Z_{b\min} = 2K(R_{f_a} + \Delta\phi_a) = 2(0,8 + 4,2) \mu m = 10 \mu m.$$

Kết quả tính lượng dư cho lỗ $\phi 8^{+0,03}$, $R_z = 0,2 \mu m$ ($\nabla 12$) được ghi ở bảng 6-3.

Trong thực tế sản xuất phôi thường được xác định theo hai phương hướng sau:

a) Sử dụng phôi có hình dạng và kích thước gần như chi tiết hoàn chỉnh với mục đích giảm chi phí gia công chi tiết, ví dụ, như dùng phôi đúc áp lực, dùng phôi dập trong khuôn chính xác.

b) Sử dụng phôi với lượng dư gia công lớn, dung sai lớn để giảm chi phí chế tạo phôi, nhưng phải chịu chi phí gia công chi tiết lớn.

Phương hướng a thích hợp với quy mô sản xuất lớn (hàng loạt lớn, hàng khối). Phương hướng b thích hợp với quy mô sản xuất nhỏ (hàng loạt nhỏ, đơn chiếc). Ở quy mô sản xuất vừa (hàng loạt vừa) tùy theo sản lượng thực tế mà chọn phương hướng chế tạo phôi thích hợp

Bảng 6-2.

Ví dụ và tính lượng du cho mặt tru ngoài (phiêng D12)

		Bề mặt già công: mặt tru ngoài $\phi_8^{+0.05}, R_z = 0.2 \mu m$ ($\nabla 12$)										
Thứ tự các nguyên công và các bước công nghệ của mặt tru $\phi 8$		Các yếu tố tạo thành lượng du trung gian (μm)		Lượng du tính toán $2Z_{bmin}$ (μm)	Kích thước tính toán (μm)	Dung Kích thước giới hạn δ (μm)	Kích thước sai δ (μm)	Trí số giới hạn của lượng du (μm)	max	min	max	min
		R_{Z_a}	T_a	ρ_a	$\Delta\phi_a$	ε_b						
Trục Pitông $\phi 8$:												
1. Phối	150	150	9				8.98	400	10.100	9.700		
2. Tiền thô	80	120	0.54	100	800		8.898	200	9.100	8.900	1000	800
3. Tiền tinh	20	30	0.02	50	500		8.398	100	8.500	8.400	600	500
4. Nghiệt huyền	60	-	120									
5. Mài thô	6.3	-	7.2	50	245.4		8.153	100	8.300	8.200	200	200
6. Mài tinh	1.6	-	9.3	50	113.6		8.039	85	8.124	8.039	176	161
7. Nghiệt thô	0.8	-	5.8		32.7		8.006	80	8.090	8.010	34	29
8. Nghiệt bán tinh	0.4	-	4.2	15.9	7.990		7.95	8.065	7.990	7.95	25	20
9. Nghiệt tinh	-	-	-	9.2	7.980		7.92	8.050	7.980	7.92	15	10

Kiểm tra kết quả tính toán

Lượng du tổng cộng: $\delta_{Z_0} = \frac{Z_{0max} - Z_{0min}}{\delta_{ph} \cdot \delta_{cl}} = \frac{2050 - 1720}{400 - 70} = 330 \mu m$ Lượng du trung gian: Tiên tinh: $\delta_{Z_3} = \frac{Z_{3max} - Z_{3min}}{\delta_{ph} \cdot \delta_{cl}} = \frac{600 - 500}{400 - 70} = 100 \mu m$

$$\Rightarrow \delta_2 \cdot \delta_3 = 200 - 100 = 100 \mu m$$

Bảng 6-3.

Ví dụ và tính lượng dư cho bù mét lỗ (xylanh D12)

Bè mặt già công: lỗ $\phi 8 \cdot 0.03$, $R_z = 0.2 \mu m$ ($\nabla 12$)

Thứ tự các nguyên công và các bước công nghệ của bè mặt lỗ $\phi 8$	Các yếu tố tạo thành lượng dư trung gian (μm)	Lượng dư tinh		Dung Kích thước sai gấp nhất δ (μm)	Trị số giới hạn của lượng dư (μm)		
		toàn tính Z_{bmin} (μm)	max Z_{bmin} (μm)	max	min	max	min
Lỗ xylanh $\phi 8$:							
1. Phôi đặc	$\phi 7 \pm 0.1$	50	73	10	7.114	200	7.100
2. Khoan $\phi 7.8 \pm 0.05$	80	25	0.75	406	7.520	100	7.500
3. Khoét $\phi 7.8 \pm 0.05$	40						7.400
4. Đoa $\phi 7.9 \pm 0.04$	10	10	9.3	132	7.652	60	7.650
5. Nghiền tay	3.2		5.8	57.9	7.712	40	7.710
6. Nhiệt luyện	10	5	120				
7. Nghiền thử	3.2						
8. Nghiền bán tinh	0.8		4.2	260	7.972	40	7.970
9. Nghiền tinh	0.2			18	7.990	35	7.990
				10	8.000	30	8.000
							7.970
							15
							10
							1070
							900

Kiểm tra kết quả tính toán
 - Lượng dư tổng cộng: $\delta_{Z0} = Z_{\text{omin}} - Z_{\text{omax}} = 1070 - 900 = 170 \mu m$

- Lượng dư trung gian: Khoét: $\delta_Z = \delta_{Z_{\text{max}}} - Z_{\text{3min}} = 500 - 400 = 100 \mu m$

- Lượng dư trung gian: $\delta_Z = \delta_2 + \delta_3 = 200 - 100 = 100 \mu m$

trong hai phương hướng trên. Tiêu chuẩn tổng hợp để xác định phương pháp chế tạo phôi ứng với chi tiết máy chính là hiệu quả kinh tế chung của toàn bộ quá trình chế tạo chi tiết máy gồm các công đoạn cần thiết (tạo phôi, gia công cơ-nhiệt), nghĩa là phải xét mối quan hệ giữa các công đoạn đó trên cơ sở hiệu quả kinh tế-kỹ thuật chung.

Như vậy, khi xác định loại phôi và phương pháp chế tạo phôi cho chi tiết máy phải chú ý các yếu tố sau đây:

1) Đặc điểm về kết cấu và yêu cầu chịu tải khi làm việc của chi tiết máy (hình dạng, kích thước, vật liệu, chức năng, điều kiện làm việc).

2) Sản lượng hàng năm của chi tiết máy, có xét đến số lượng dự trữ và tỉ lệ phế phẩm trong quá trình sản xuất.

3) Điều kiện sản xuất thực tế xét về mặt kỹ thuật sản xuất và tổ chức sản xuất (khả năng về trang thiết bị chế tạo phôi, trình độ kỹ thuật chế tạo phôi, khả năng hợp tác trong chế tạo phôi).

Tóm lại, xác định loại phôi và phương pháp chế tạo phôi là một bài toán tổng hợp, phải nhằm mục đích đảm bảo hiệu quả kinh tế - kỹ thuật chung của quá trình chế tạo chi tiết máy; như vậy cần thiết phải có sự cộng tác chặt chẽ giữa bộ phận thiết kế kết cấu chi tiết, sản phẩm và bộ phận thiết kế và chuẩn bị công nghệ chế tạo chi tiết, sản phẩm. Đại lượng tổng quát được chọn làm tiêu chuẩn so sánh, lựa chọn loại phôi và phương pháp chế tạo phôi là tổng phí tổn chế tạo chi tiết máy kể từ công đoạn chế tạo phôi cho tới công đoạn gia công chi tiết máy. Phương án phôi hợp lý nhất là phương án có tổng phí tổn chế tạo là ít nhất.

Mặt khác, khi xác định phương án phôi cho chi tiết máy cần chú ý đặc tính của các loại phôi và lượng đư

gia công ứng với từng loại phôi. Sau đây là một vài nét tổng quát về đặc tính quan trọng của các loại phôi thường được sử dụng.

- *Phôi đúc*. Khả năng tạo hình và độ chính xác của phương pháp đúc phụ thuộc vào cách chế tạo khuôn. Phương pháp đúc với cách làm khuôn thủ công theo mẫu gỗ hoặc dường đơn giản cho độ chính xác của phôi đúc thấp. Phương pháp đúc áp lực trong khuôn kim loại cho độ chính xác của vật đúc cao. Phương pháp đúc trong khuôn cát, làm khuôn thủ công có phạm vi ứng dụng rộng, không bị hạn chế bởi kích thước và trọng lượng vật đúc, phí tổn chế tạo phôi ít. Phương pháp đúc áp lực trong khuôn kim loại có phạm vi ứng dụng hẹp hơn vì phụ thuộc vào kích thước và trọng lượng vật đúc, phí tổn chế tạo khuôn cao và giá thành chế tạo phôi cao.

- *Phôi rèn*. Phôi rèn tự do và phôi rèn khuôn chính xác thường được áp dụng trong ngành chế tạo máy. Phôi rèn tự do có trị số dung sai lớn. Ở phương pháp rèn tự do trang bị, dụng cụ chế tạo phôi thường là vạn năng, kết cấu đơn giản. Khi rèn khuôn phải có khuôn chuyên dùng cho từng loại chi tiết, phí tổn tạo khuôn và chế tạo phôi cao. Phạm vi ứng dụng của phương pháp rèn tự do rộng hơn nhiều so với phương pháp rèn khuôn.

- *Phôi bằng vật liệu định hình*. Kích thước và chất lượng của loại phôi này được tiêu chuẩn hóa. Phôi bằng vật liệu định hình (vật liệu thanh) được chế tạo bằng phương pháp cán nóng hoặc cán nguội. Phôi cán nóng thường có dung sai và lượng dư lớn hơn phôi cán nguội. Phí tổn về khuôn của phôi cán nguội thường cao hơn so với phôi cán nóng.

Ngoài ra trong thực tế sản xuất người ta còn dùng phôi hàn, thường ở quy mô sản xuất nhỏ (đơn chiếc).

Giá trị lượng dư của phôi phụ thuộc vào chiều dày

của lớp bề mặt cần được thay đổi về tính chất cơ lý và sai lệch không tránh khỏi về hình dạng và kích thước phôi. Trị số này cần được xác định hợp lý vì lượng dư phôi quá lớn sẽ xảy ra trường hợp là lớp bề mặt chi tiết đã qua xử lý nhiệt có thể bị hót đi khi cát gọt, chi phí cát gọt sẽ cao. Nếu lượng dư phôi quá nhỏ thì có thể lớp hù hỏng bề mặt sẽ không bị hót đi khi cát gọt, làm chất lượng bề mặt của chi tiết máy không đạt yêu cầu.

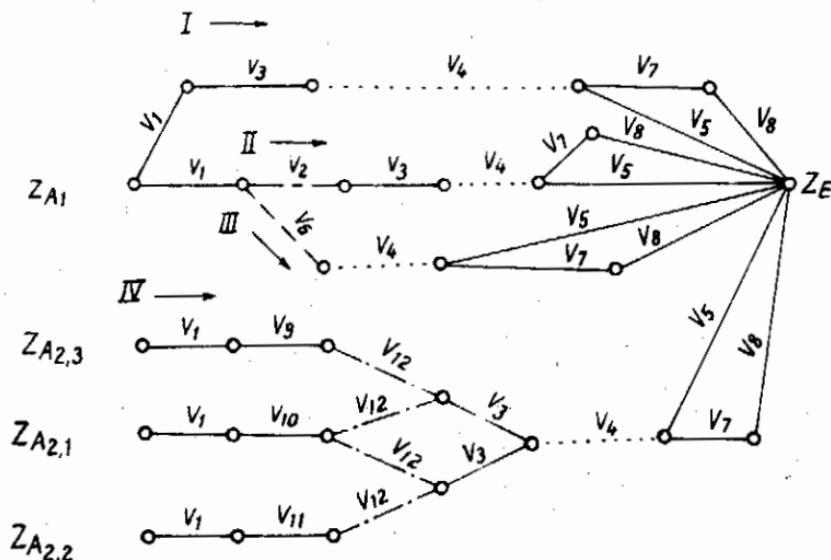
Lượng dư của phôi đúc và phôi rèn thường được quy định theo tiêu chuẩn. Ở phôi đúc thì lượng dư của các mặt ngoài, tùy theo trọng lượng và kích thước chi tiết, có giá trị khoảng $1 \div 6 mm$, các bề mặt khác có lượng dư khoảng $1 \div 2 mm$. Phôi rèn tự do có lượng dư gia công ứng với các bề mặt phôi khoảng từ $1,5$ đến $3 mm$. Phôi rèn khuôn có lượng dư ứng với các bề mặt khoảng $0,5 \div 1,5 mm$. Ngoài ra còn phải xác định dung sai của lượng dư phôi hợp lý vì nếu dung sai này quá nhỏ sẽ gây ra phí tổn chế tạo phôi lớn, nếu dung sai quá lớn sẽ gây ra khó khăn cho quá trình cát gọt như khó gá đặt phôi trên đồ gá chuyên dùng, phải thay đổi mặt chuẩn công nghệ nhất là ở các đường dây gia công tự động nơi chế độ cát được điều khiển theo chương trình nhất định ứng với giá trị lớn nhất về lượng dư của phôi.

3.3- Xác định trình tự gia công hợp lý

Khi thiết kế quá trình công nghệ 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. Trình tự gia công hợp lý các bề mặt của chi tiết máy được thể hiện ở thứ tự tối ưu của các nguyên công của quá trình công nghệ gia công chi tiết máy.

Thứ tự gia công các bề mặt của chi tiết máy phụ thuộc tính chất lôgic của quá trình biến đổi trạng thái, tính chất của chi tiết máy; phụ thuộc vào lý thuyết về chuẩn công nghệ; và phụ thuộc vào điều kiện sản xuất cụ thể.

Khi xác định thứ tự các nguyên công cần dựa vào tiến trình công nghệ điển hình với các dạng chi tiết máy



Hình 6-23. Giản đồ thứ tự gia công (Graf).

- Các phương án phôi: I phôi thanh, II phôi rèn thô, III phôi rèn tinh, IV phôi ghép.
- Phương pháp gia công: V_1
 - cát gọt,
 - — — rèn dập.
 - — — nối ghép.
 - nhiệt luyện.
- Trạng thái của đối tượng gia công:
 Z_A ban đầu, Z_E cuối cùng, Z_{Ej} trung gian.

cơ bản (trục, cảng, bạc, hộp, bánh răng) để cụ thể hóa quá trình công nghệ cho chi tiết máy thực tế. Nói chung, người ta dựa vào trạng thái cuối cùng của đối tượng gia công để lập các phương án thứ tự gia công các bề mặt theo nguyên tắc trước hết gia công các bề mặt chuẩn công nghệ, mỗi bề mặt thường phải qua hai giai đoạn là gia công thô và gia công tinh.

Người ta có thể sử dụng các loại mô hình khác nhau để lập phương án về trình tự gia công chi tiết máy, ví dụ như giản đồ thứ tự gia công (Graff), ma trận phương án công nghệ, sơ đồ khối (hình 6-23, 6-24, 6-25).

Trong giản đồ thứ tự gia công (Graff) thì mỗi cung nối giữa hai điểm nút ứng với một phương pháp gia công V_i , với $i = 1, \dots, m$, mỗi điểm nút ứng với một trạng thái của chi tiết gia công sau một công đoạn Z_{Ej} với $j = 1, \dots, n$. Như vậy một chuỗi liên tục các cung và các điểm nút từ trạng thái ban đầu (phôi) Z_A đến trạng thái cuối cùng (chi tiết hoàn chỉnh Z_E) là một phương án trình tự gia công chi tiết máy.

Ở ma trận phương án công nghệ (hình 6-24) thì đại lượng K_{ij} là chi phí gia công ứng với mỗi phương án công nghệ của từng công đoạn. Ở đây: i là thứ tự của công đoạn, j là thứ tự của phương án ứng với công đoạn thứ i . Phương án tốt nhất về trình tự công nghệ ở đây chính là phương án có tổng chi phí gia công chi tiết đối với tất cả các công đoạn là ít nhất.

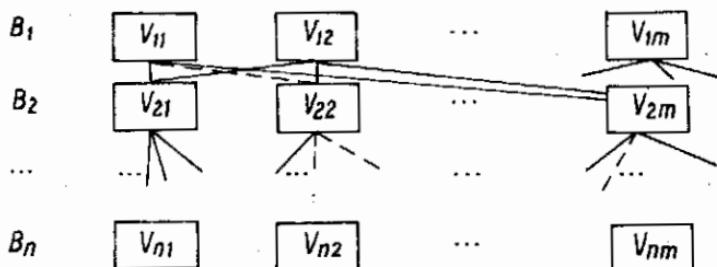
Các phương án trình tự gia công các bề mặt của chi tiết máy được xây dựng trên cơ sở liên kết các nguyên công gia công chi tiết. Mỗi nguyên công được thực hiện theo nguyên lý ứng với một phương pháp gia công thích hợp với kết cấu của chi tiết máy. Khi xác định phương pháp gia công cần dựa vào các tiêu chuẩn như sau:

	Các công đoạn của quá trình công nghệ chế tạo chi tiết máy (B_i)			
	Chế tạo phôi (B_1)	Gia công tạo hình cơ bản (B_2)	Gia công tạo hình phụ (B_3)	Gia công tinh (B_4)
Các phương án công nghệ cho từng công đoạn (V_{ij})	V_{11} (K_{11})	V_{21} (K_{21})	V_{31} (K_{31})	V_{41} (K_{41})

	V_{ij} (K_{ij})	...
		

Hình 6-24. Ma trận phương án công nghệ chế tạo chi tiết máy
 V_{ij} : phương pháp công nghệ thứ J ứng với công đoạn thứ i .
 K_{ij} : chi phí gia công ứng với phương án công nghệ V_{ij} .

Công đoạn (B_i) các phương án công nghệ cho từng công đoạn (V_{ij})



Hình 6-25. Mô hình phương án công nghệ dạng sơ đồ khối
 --- bước chuyển tiếp không được phép,
 —— bước chuyển tiếp được phép.

1. **Khả năng tạo hình** của phương pháp gia công.
2. **Vị trí** các bề mặt trên chi tiết gia công, tránh va đập khi cắt.
3. Kích thước bề mặt gia công, kích thước tổng thể của chi tiết gia công và phạm vi gá ~~đặt~~ phôi trên máy thực hiện phương pháp gia công.
4. Độ chính xác có thể đạt được của phương pháp gia công, cụ thể là độ chính xác về kích thước, hình dạng, vị trí, chất lượng bề mặt gia công.
5. Giá trị nhỏ nhất của lượng dư gia công có thể cắt thuận lợi ứng với phương pháp gia công.
6. Điều kiện sản xuất thực tế (trình độ và khả năng thực tế về kỹ thuật của sản xuất và tổ chức sản xuất).

3.4- Thiết kế nguyên công

Từng nguyên công cắt gọt được một hệ thống công nghệ thích hợp thực hiện, trong hệ thống này quan trọng nhất là thiết bị gia công (máy công cụ). Chọn máy là bước công việc đầu tiên rất quan trọng của nội dung thiết kế nguyên công.

a) **Chọn máy.** Đối với các nguyên công cắt gọt thì máy cắt được xác định theo các nguyên tắc tổng quát sau đây:

- Kiểu loại máy được chọn phải đảm bảo thực hiện được phương pháp gia công đã xác định, ứng với chi tiết gia công.
- Kích thước phạm vi làm việc của máy phải đảm bảo quá trình gia công thuận tiện, an toàn, tương ứng với kích thước trang bị, dụng cụ công nghệ và hành trình cắt theo các phương và chiều khác nhau.
- Máy được chọn phải đảm bảo đạt yêu cầu chất lượng gia công theo trình tự công nghệ chung của chi tiết gia công.

- Công suất và phạm vi điều chỉnh thông số công nghệ của máy được chọn phải tạo điều kiện gia công tốt, nghĩa là đạt chất lượng gia công và năng suất gia công tốt.

- Chọn máy có năng suất gia công cao, nghĩa là nên sử dụng máy có phí tổn thời gian gia công chi tiết là ít nhất.

- Đảm bảo hệ số sử dụng máy theo yêu cầu về khả năng kỹ thuật và vốn thời gian làm việc.

- Ở quy mô sản xuất nhỏ (loạt nhỏ, đơn chiếc) cần tập trung quá trình gia công chi tiết trên một vài máy khác nhau để giảm chi phí vận chuyển và các chi phí khác trong sản xuất.

- Chú ý điều kiện sản xuất thực tế khi chọn máy để gia công chi tiết cụ thể.

b) *Xác định chuẩn công nghệ, phương án gá đặt phôi và trang bị công nghệ*. Sau khi đã chọn máy cần phải thực hiện bước tiếp là xác định chuẩn công nghệ, phương án gá đặt phôi và trang bị công nghệ ứng với chi tiết gia công. Chuẩn công nghệ được xác định theo những nguyên tắc đã nêu ở nội dung của chương 4 (Chuẩn) 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 hoặc trang bị công nghệ chuyên dùng.

c) *Xác định các thông số công nghệ*. Các thông số công nghệ có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng gia công và hiệu quả kinh tế của quá trình công nghệ. Trị số của các thông số công nghệ phải được xác định hợp lý theo yêu cầu kỹ thuật và kinh tế thích hợp với điều kiện gia công cụ thể. Thông số công nghệ cơ bản của quá trình cắt gọt đổi với chi tiết máy là: vận tốc cắt, số vòng quay, lượng tiến dao, chiều sâu cắt, số lần cắt. Giá trị của các thông

số công nghệ phụ thuộc từng phương pháp gia công, từng kiểu loại máy, từng kiểu loại trang bị, dụng cụ công nghệ và tính chất của vật liệu gia công, trạng thái phôi hoặc bán thành phẩm (chất lượng bề mặt, độ chính xác kích thước, độ cứng vững, lượng dư).

Thông số công nghệ được xác định chủ yếu trong thực tế sản xuất bằng đồ thị hoặc bảng số có trong các sổ tay gia công cắt gọt, rồi đối chiếu với phạm vi giá trị thực trên máy sử dụng có kết hợp với việc kiểm tra lại công suất và năng suất gia công của máy.

Thông số công nghệ là cơ sở để xác định tổng thời gian thi công cần thiết ứng với một chi tiết hoặc toàn bộ sản lượng, qua đó định mức thời gian gia công và hoạch toán kinh tế.

Để đảm bảo chất lượng gia công và hiệu quả kinh tế cần phải xác định giá trị tối ưu của thông số công nghệ. Giá trị tối ưu đó phải ứng với mục tiêu nhất định cần khi gia công chi tiết máy. Nói chung ở bước gia công thô thì mục tiêu chủ yếu cần đạt là năng suất gia công cao; ngược lại ở bước gia công tinh thì mục tiêu số một lại là đạt chất lượng gia công cao.

Khi xác định các thông số công nghệ phải tận dụng khả năng kỹ thuật và kinh tế của dụng cụ cắt, đặc biệt là tận dụng tuổi bền kinh tế của dụng cụ cắt.

Tuổi bền kinh tế của dụng cụ cắt được xác định như sau:

$$T_{kt} = \frac{(1 - y)}{y} \cdot \frac{K_D}{(K_M + K_L)} \quad (ph)$$

Trong đó:

y - số mũ của tuổi bền, K_D - chi phí về dụng cụ,

K_M - chi phí về máy, K_L - chi phí về lương.

Nói chung nếu vận tốc cắt (v) lớn thì đạt năng suất gia công cao nhưng tuổi bền dụng cụ lại ngắn. Vì vậy phải xác định giá trị vận tốc cắt theo tuổi bền kinh tế của dụng cụ như sau:

$$v_{kt} = \frac{C_{v60.1} \cdot K_t \cdot K\varphi \cdot K_V \cdot K_M}{SP \cdot \left(\frac{T_{kt}}{60} \right)^y} \quad (m/ph)$$

trong đó:

$C_{v60.1}$ - vận tốc cắt ứng với tuổi bền $T = 60$ phút và lượng tiến dao $S = 1 mm/vòng$,

K_t - hệ số về chiều sâu cắt t ,

$K\varphi$ - hệ số về góc φ của lưỡi cắt chính. (φ là góc nghiêng chính),

K_V - hệ số về vật liệu gia công,

p - số mũ của lượng tiến dao S ,

T_{kt} - tuổi bền kinh tế của dụng cụ cắt.

Khi xác định các thông số công nghệ nên tuân theo thứ tự như sau:

- Căn cứ vào lượng dư gia công (Z), độ cứng của vật liệu gia công và các thông số hình học của dụng cụ cắt để xác định trị số của chiều sâu cắt t lớn nhất (t_{max}) và xác định số lần cắt cần thiết (i):

$$i = \frac{Z}{t_{max}}$$

- Dựa vào giá trị t_{max} , độ chính xác yêu cầu, độ bóng bề mặt, độ cứng vững của hệ thống công nghệ, sức bền thân dao v.v... để xác định giá trị lượng chạy dao lớn nhất S_{max} . Từ giá trị S_{max} xác định giá trị thực theo máy đã chọn ($S_{máy}$).

- Xác định theo tiêu chuẩn trị số của tuổi bền kinh tế

(T_{kl}) ứng với dụng cụ cắt sử dụng.

- Xác định vận tốc cắt kinh tế (v_{kl}) theo các thông số đã biết (đó là t_{max} , $S_{máy}$, T_{kl}).

- Xác định số vòng quay của máy n_{kl} theo vận tốc cắt kinh tế (v_{kl}) rồi so sánh với cấp vòng quay của máy sử dụng để xác định số vòng quay $n_{máy}$.

- Kiểm nghiệm lại lực cắt và công suất cắt theo máy đã chọn.

Hiện tại giá trị tối ưu của thông số công nghệ được xác định chủ yếu trước khi gia công (ngoài quá trình cắt), được chỉnh sẵn trên máy theo những chỉ tiêu tối ưu khác nhau về kỹ thuật và kinh tế. Trong quá trình cắt, do ảnh hưởng của các yếu tố ngẫu nhiên mà các thông số công nghệ sẽ có giá trị thực tế sai lệch so với giá trị tối ưu đã xác định. Vì vậy xu hướng hiện nay là tối ưu hóa liên tục các thông số công nghệ ngay cả trong quá trình cắt thực, nhằm đảm bảo các thông số công nghệ luôn có giá trị tối ưu. Nội dung xác định chế độ cắt tối ưu sẽ được trình bày kỹ hơn ở tập 2 giáo trình này.

d) *Dịnh mức thời gian gia công.* Thời gian gia công phải 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.

Dịnh mức thời gian gia công nhằm mục đích xác định khối lượng thời gian cần thiết để hoàn thành nội dung công việc cho từng nguyên công và toàn bộ quá trình công nghệ trong điều kiện sản xuất bình thường. Mỗi một nguyên công phải được phân chia theo các đại lượng thời gian khác nhau nhằm hoàn thành nguyên công đó. Hình 6.26 là tổng quát về hệ thống thời gian thực hiện nguyên công trong ngành chế tạo máy.

Các thành phần thời gian theo hình 6.26 được xác định như sau :

- Thời gian thực hiện nguyên công: $t_A = t_N + t_V$

- Thời gian định mức cho nguyên công: $t_N = n_L \cdot t_{tc} + t_{ck}$ với t_{tc} - thời gian từng chiếc, n_L - số chi tiết gia công trong một loạt (chiếc/loạt), t_{ck} - thời gian để chuẩn bị và kết thúc nguyên công.

- Thời gian vô ích (lãng phí) ứng với nguyên công: $t_V = t_{V1} + t_{V2}$ với t_{V1} - thời gian lãng phí do sức lao động gây ra, t_{V2} - thời gian lãng phí không phụ thuộc vào sức lao động.

- Thời gian từng chiếc của nguyên công:

$$t_{tc} = t_{nc} + t_{pv} + t_{tn}$$

- Thời gian nguyên công: $t_{nc} = t_o + t_p$ với t_o - thời gian cơ bản, trực tiếp cắt gọt kim loại, ứng với từng phương pháp gia công; t_p - thời gian phụ (gá đặt chi tiết, điều chỉnh dụng cụ, điều chỉnh máy v.v.) tùy theo kiểu loại thiết bị, trang bị, dụng cụ công nghệ.

Hai thành phần thời gian t_o và t_p có thể được thực hiện khác nhau tùy theo trình tự kỹ thuật sản xuất; nghĩa là có thể thực hiện thủ công hoặc cơ khí, hoặc kết hợp giữa cơ khí và thủ công.

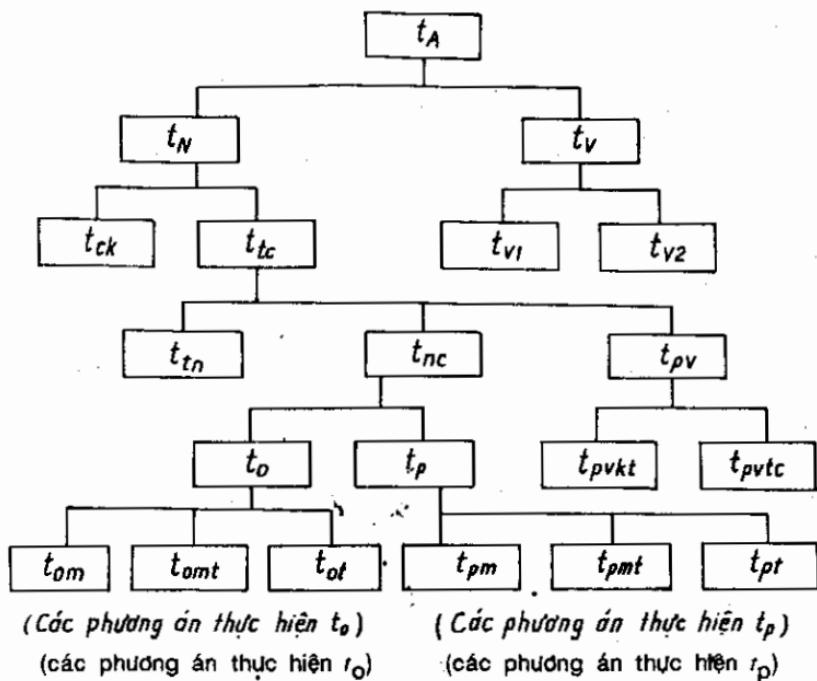
- Thời gian phục vụ kỹ thuật và tổ chức ứng với mỗi nguyên công (ví dụ: lau chùi máy, dọn phoi, chuyển phoi v.v.):

$t_{pv} = t_{pvkt} + t_{pvtc} = t_{nc} (a/100)$, với a theo giá trị %. t_{pvkt} - thời gian phục vụ có tính chất kỹ thuật (bảo dưỡng máy v.v.).

t_{pvtc} - thời gian có tính chất tổ chức (vận chuyển phoi, chờ đợi v.v.)

- Thời gian dành cho nhu cầu tự nhiên của sức lao động (vệ sinh cá nhân, nghỉ giữa ca v.v.):

$$t_{tn} = (t_{nc} + t_{pv})(b/100)$$
, với b theo giá trị %.



Hình 6-26. Các thành phần thời gian gia công.

Trong thực tế sản xuất người ta thường định mức 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 sản xuất 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 tỉ mỉ từng động tác trong quá trình gia công và dùng đồng hồ bấm chính xác để ghi nhận thời gian thực hiện. Độ chính xác của phương pháp bấm giờ phụ thuộc vào số lần quan sát và điều kiện thực hiện quá trình gia công, có khi phải vận dụng phương pháp tính toán thống kê xác suất để xử lý kết quả do về thời gian gia công để có định mức lao động hợp lý.

e) **Xác định số lượng máy và công nhân.** Số lượng máy cần thiết cho một nguyên công được xác định theo tổng khối lượng lao động 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 là một, hai hoặc ba ca sản xuất:

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

Trong đó:

T_m - tổng giờ máy cần thiết để gia công sản lượng chi tiết ($giờ/năm$),

k - hệ số xét đến khả năng vượt định mức, tăng năng suất, $K = 0,9 \dots 0,95$,

T_M - vốn thời gian làm việc thực tế của một máy theo chế độ một ca sản xuất hàng ngày (T_M có giá trị khoảng 2200 giờ/năm),

m - số ca sản xuất hàng ngày ($m = 1,2,3$),

M - 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 (quy ra tổng giờ người cần thiết) 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. Ở các nguyên công có sử dụng máy công cụ thì hai đại lượng T_m và T_n là một:

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

Trong đó:

T_n - tổng giờ người cần thiết cho cả sản lượng ($giờ/năm$),

k - hệ số xét đến khả năng vượt định mức, tăng năng suất, $k = 0,9 \dots 0,95$.

T_C - vốn thời gian làm việc thực tế của một công nhân theo chế độ một ca sản xuất hàng ngày (T_C có giá trị khoảng 2000 giờ/năm).

Mặt khác cũng có thể tính số lượng công nhân đúng máy cần thiết theo số máy sử dụng của nguyên công như sau:

$$R = R_o \cdot M$$

R_o - số lượng công nhân cần thiết để vận hành một máy, có chú ý khả năng đứng nhiều máy của 1 công nhân.

M - số máy sử dụng của nguyên công.

3.5- So sánh các phương án công nghệ

So sánh các phương án công nghệ là phân tích đánh giá chúng về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật để chọn phương án tối ưu theo điều kiện sản xuất cụ thể. Nói chung mục tiêu ở đây là xác định phương án công nghệ đảm bảo chi tiêu kỹ thuật với chi phí công nghệ ít nhất.

Trong thực tế người ta thường dựa vào chi phí sản xuất ứng với từng phương án công nghệ để xác định phương án tối ưu. Chi phí sản xuất ứng với từng phương án công nghệ được xác định như sau:

$$K_{sx} = K_V + K_L(\alpha + \beta) + K_M + K_D + K_G \text{ (đồng/năm)}$$

Trong đó:

K_V - chi phí về vật liệu,

K_L - chi phí về lương cho công nhân sản xuất,

α - hệ số về tiền thưởng, phụ cấp khu vực, bảo hiểm xã hội, ví dụ: $\alpha = 1,14 \dots 1,23$,

β - hệ số về chi phí quản lý, điều hành sản xuất,

ví dụ: $\beta = 1,5..4$.

K_M - chi phí về máy,

K_D - chi phí về dụng cụ,

K_G - chi phí về trang bị công nghệ.

Chi phí sản xuất có quan hệ với các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật là chỉ tiêu về thời gian gia công T , năng suất gia công Q và giá thành gia công G .

Chỉ tiêu về thời gian gia công T là thời gian cần thiết để gia công một chi tiết máy trong điều kiện sản xuất phổ biến, thường là thời gian từng chiếc (t_{tc}).

Chỉ tiêu về năng suất gia công Q là năng suất lao động được xác định bằng số lượng chi tiết máy được gia công hoàn chỉnh trong một đơn vị thời gian, thường là tính cho một ca sản xuất:

$$Q = \frac{60 \cdot T_c}{t_{tc}} M_0 \text{ (chi tiết/ca)}$$

Trong đó:

T_c - vốn thời gian của một ca sản xuất (giờ/ca),

t_{tc} - thời gian từng chiếc (phút/chiếc),

M_0 - số máy mà một công nhân phụ trách vận hành.

Giá thành gia công G là đại lượng quan trọng để đánh giá hiệu quả kinh tế của phương án công nghệ. Phương án công nghệ tối ưu phải là phương án có giá thành gia công một chi tiết máy là thấp nhất (G_{min}) trong số các phương án có thể sử dụng.

Giá thành gia công được tính bằng tỉ lệ giữa chi phí sản xuất (K_{sx}) và sản lượng hàng năm (N), nghĩa là:

$$G = \frac{K_{sx}}{N} \text{ (đồng/chiếc)}$$

Giá thành gia công G được phân thành hai thành phần chính là:

$$G = G_1 + \frac{G_2}{N}$$

G_1 - giá thành không phụ thuộc sản lượng N ,

G_2 - giá thành phụ thuộc sản lượng N .

Dai lƣợng G_1 đƣợc xác định theo chi phí vật liệu và chi phí lương tinh cho một chi tiết máy:

$$G_1 = k_v + (\alpha + \beta)t_{tc} \cdot k_l \text{ (đồng/chiếc)}$$

Dai lƣợng G_2 đƣợc xác định theo chi phí về trang thiết bị, dụng cụ công nghệ tinh cho một chi tiết máy:

$$\frac{G_2}{N} = \frac{K_M + K_D + K_G}{N} \text{ (đồng/chiếc)}$$

Khi so sánh các phương án công nghệ phải chú ý giá trị sản lượng giới hạn (N_G). Giá trị N_G cho biết phạm vi ứng dụng kinh tế của từng phương án công nghệ. Ví dụ, khi so sánh hai phương án công nghệ với giá thành gia công là G_A và G_B (hình 6.27) ta có sản lượng giới hạn là:

$$N_G = \frac{G_{2A} - G_{2B}}{G_{1B} - G_{1A}}$$

Ở đây, nếu sản lượng thực tế (N) nhỏ hơn N_G thì chọn phương án công nghệ A vì G_A nhỏ hơn G_B ; ngược lại nếu sản lượng thực tế (N) lớn hơn N_G thì chọn phương án công nghệ B vì G_B nhỏ hơn G_A .

Vì năng suất gia công Q là giá trị nghịch đảo của thời gian từng chiếc t_{tc} nên biện pháp tăng năng suất gia công chính là giảm thời gian từng chiếc (chủ yếu là giảm hai thành phần: thời gian cơ bản t_o và thời gian phụ t_p). Biện pháp giảm thời gian cơ bản và thời gian phụ cũng chính là biện pháp tăng năng suất và hạ giá thành gia công chi tiết máy.

Trong thực tế có thể áp dụng nhiều phương pháp

tăng năng suất và hạ giá thành gia công thông qua cách giảm đại lượng thời gian cơ bản t_o và thời gian phụ t_p như sau:

a) Biện pháp giảm thời gian cơ bản t_o .

- Nâng cao độ chính xác của phôi để giảm thời gian cắt gọt, xử lý nhiệt để cải thiện điều kiện cắt gọt.

- Cắt với nhiều dao đồng thời để giảm hành trình chạy dao, xác định hợp lý lượng ăn tối và vượt quá của dao.

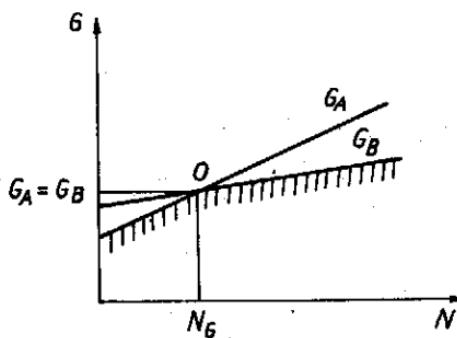
- Cắt gọt với chế độ cắt lớn (chọn t_{\max} , s_{\max} đảm bảo độ bóng bề mặt gia công, tăng vận tốc cắt v nhưng vẫn đảm bảo tuổi bền kinh tế của dụng cụ cắt, đảm bảo chất lượng gia công yêu cầu).

- Gia công đồng thời nhiều bề mặt bằng dụng cụ cắt định hình hoặc bằng nhiều dụng cụ cắt đồng thời trên các máy tự động nhiều trục.

b) Biện pháp giảm thời gian phụ t_p .

- Giảm thời gian gá đặt chi tiết gia công bằng cách dùng đồ gá kẹp nhanh (đồ gá khí nén, đồ gá dầu ép, đồ gá điện từ), đồ gá vạn năng điều chỉnh.

- Làm cho thời gian phụ trùng với thời gian cơ bản



Hình 6-27. Ví dụ về so sánh các phương án công nghệ theo chỉ tiêu giá thành gia công:
 A, B - các phương án công nghệ,
 G_A, G_B - giá thành gia công,
 NG - sản lượng giới hạn.

bằng cách dùng đồ gá bàn quay gá nhiều phôi, giảm hành trình chạy không bằng cách thực hiện quá trình cắt khứ hồi (tiến và lùi dao cùng cắt), thực hiện kiểm tra tự động, cấp phôi tự động v.v...

- Giảm thời gian thay đổi và điều chỉnh dụng cụ cắt bằng cách dùng dụng cụ cắt tổ hợp, dụng cụ chuyên dùng.

- Bố trí chỗ làm việc khoa học để loại bỏ các thao tác thừa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Đặng Vũ Giao, Lê Văn Tiến, Nguyễn Đắc Lộc và các tác giả khác*
Công nghệ chế tạo máy, tập 1,2
Nhà xuất bản ĐH và THCN, Hà Nội - 1976.
2. *Balacsin B.S.*
Cơ sở công nghệ chế tạo máy
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1969.
3. *Egorôp M.E và các tác giả khác.*
Công nghệ Chế tạo máy
Nhà xuất bản Vusaia Skola, Moscva - 1976.
4. *Giorôkhovic A.A. và các tác giả khác.*
Chế tạo bánh răng môđun nhỏ làm việc ở tốc độ cao.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1968.
5. *Kactavôp S.A. và các tác giả khác.*
Cơ sở công nghệ Chế tạo máy
Nhà xuất bản kỹ thuật, Kiep - 1965
6. *Koxzakôp V.S.*
Cơ sở công nghệ Chế tạo máy.
Nhà xuất bản Vusaia skola, Moscva - 1974.
7. *Matalin A.A.*
Công nghệ gia công cơ khí.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Leningrat - 1977
8. *Mitrophanôp S.P.*
Cơ sở khoa học về Công nghệ nhôm.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1975

9. *Nôvikkop M.P.*
Cơ sở công nghệ lắp ráp máy và cơ cấu.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1969.
10. *Populop L.Ia.*
Gia công vật liệu bằng phương pháp điện vật lý
và điện hóa học.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1982.
11. *Pukhópski E.S. và các tác giả khác.*
Gia công vật liệu có độ bền cao.
Nhà xuất bản Kỹ thuật, Kiep - 1983.
12. *Smôlenxep V.P.*
Công nghệ gia công điện hóa các bề mặt trong.
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1978.
13. *Strepbak M.V. và các tác giả khác.*
Cơ sở lý thuyết và thực nghiệm của phương pháp
gia công điện hóa kim loại và hợp kim,
Nhà xuất bản Chế tạo máy, Moscva - 1981.
14. *Berthold H.*
May công cụ điều khiển theo chương trình.
Nhà xuất bản Kỹ thuật, Berlin, 1975.
15. *Jacobs H.J..*
Tối ưu hóa quá trình cắt gọt.
Nhà xuất bản Kỹ thuật, Berlin, 1977.
16. *Mueller G. và các tác giả khác.*
Chuẩn bị Công nghệ Chế tạo máy (tiếng Đức).
Nhà xuất bản kỹ thuật, Berlin, 1975.
17. Giáo trình công nghệ chế tạo máy dùng trong
các trường đại học kỹ thuật ở CHDC Đức.
Nhà xuất bản Kỹ thuật, Berlin, 1975.
18. Giáo trình Công nghệ Chế tạo máy dùng trong
các trường Đại học kỹ thuật ở Tiệp Khắc.
Nhà xuất bản Kỹ thuật Praha, 1975.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1 - Những khái niệm cơ bản	
1- Quá trình sản xuất và quá trình công nghệ.	7
2- Các thành phần của quá trình công nghệ.	9
3- Các dạng sản xuất và các hình thức tổ chức sản xuất.	11
4- Quan hệ giữa đường lối, biện pháp công nghệ và quy mô sản xuất trong việc chuẩn bị sản xuất.	16
Chương 2. Chất lượng bề mặt chi tiết máy	
1- Yếu tố đặc trưng của chất lượng bề mặt.	20
1.1- Tính chất hình học của bề mặt gia công.	21
1.2- Tính chất cơ lý của bề mặt gia công.	24
2- Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt tới khả năng làm việc của chi tiết máy.	27
2.1- Ảnh hưởng đến tính chống mòn.	27
2.2- Ảnh hưởng đến độ bền của chi tiết máy.	31
2.3- Ảnh hưởng tới tính chống ăn mòn hóa học của lớp bề mặt chi tiết.	32
2.4- Ảnh hưởng đến độ chính xác của các mối ghép.	34
3- Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt chi tiết máy.	35
3.1- Ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt.	38

3.2- Ánh hưởng đến độ biến dạng bề mặt.	52
3.3- Ánh hưởng đến ứng suất dư bề mặt.	54
4- Phương pháp đảm bảo chất lượng bề mặt gia công của chi tiết máy.	59
Chương 3. Độ chính xác gia công	
1- Khái niệm và định nghĩa.	63
2- Các phương pháp đạt độ chính xác gia công trên máy công cụ.	67
2.1- Phương pháp cắt thử từng kích thước riêng biệt.	67
2.2- Phương pháp tự động đạt kích thước trên các máy công cụ đã điều chỉnh sẵn.	69
3- Các nguyên nhân sinh ra sai số gia công.	71
3.1- Ánh hưởng do biến dạng đàn hồi của hệ thống công nghệ (MGDC).	71
3.2- Ánh hưởng của độ chính xác của máy, dao, đòn gá và tình trạng mòn của chúng đến độ chính xác gia công.	93
3.3- Ánh hưởng do biến dạng nhiệt của hệ thống công nghệ (MGDC) đến độ chính xác gia công.	105
3.4- Sai số do rung động phát sinh ra trong quá trình cắt.	111
3.5- Sai số gia công do chọn chuẩn và gá đặt chi tiết gia công gây ra.	114
3.6- Sai số do phương pháp đo và dụng cụ đo gây ra.	115
4- Các phương pháp xác định độ chính xác gia công.	116
4.1- Phương pháp thống kê kinh nghiệm.	116
4.2- Phương pháp thống kê xác suất.	117

4.3- Phương pháp tính toán phân tích.	121
5- Điều chỉnh máy.	125
5.1- Điều chỉnh tĩnh.	126
5.2- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử nhờ calip làm việc của người thợ.	128
5.3- Điều chỉnh theo chi tiết cắt thử dùng dụng cụ đo vận năng.	129

Chương 4. Chuẩn

1- Định nghĩa và phân loại chuẩn.	137
1.1- Định nghĩa.	137
1.2- Phân loại.	138
2- Quá trình gá đặt chi tiết khi gia công.	143
2.1- Khái niệm về quá trình gá đặt.	143
2.2- Các phương pháp gá đặt chi tiết khi gia công.	145
3- Nguyên tắc 6 điểm khi định vị chi tiết.	146
4- Cách tính sai số gá đặt.	152
4.1- Sai số kẹp chặt ϵ_{kc} .	153
4.2- Sai số của đồ gá ϵ_{dg} .	154
4.3- Sai số chuẩn ϵ_c .	155
5- Những điểm cần tuân thủ khi chọn chuẩn.	163
5.1- Chọn chuẩn thô.	164
5.2- Chọn chuẩn tinh.	167

Chương 5. Đặc trưng các phương pháp gia công

1- Chọn phôi và các phương pháp gia công chuẩn bị phôi.	172
1.1- Chọn phôi.	172
1.2- Các phương pháp gia công chuẩn bị phôi.	173

2- Đặc trưng các phương pháp gia công cắt gọt.	188
2.1- Tiện.	189
2.2- Bào và xọc.	216
2.3- Phay.	222
2.4- Khoan, khoét, doa và tarô.	237
2.5- Chuốt.	252
2.6- Mài.	256
2.7- Mài nghiền.	272
2.8- Mài khôn.	278
2.9- Mài siêu tinh xác.	283
2.10- Đánh bóng.	284
2.11- Cạo.	285
3- Các phương pháp gia công tinh bằng biến dạng dẻo.	287
4- Các phương pháp gia công bằng điện vật lý và điện hóa.	297
4.1- Phương pháp gia công bằng tia lửa điện.	299
4.2- Phương pháp gia công bằng chùm tia ladec.	302
4.3- Gia công kim loại bằng siêu âm.	307
4.4- Phương pháp gia công điện hóa.	312
4.5- Mài điện hóa.	316

Chương 6. Thiết kế quá trình công nghệ gia công chi tiết máy

1- ý nghĩa của công việc chuẩn bị sản xuất.	319
2- Phương pháp thiết kế quá trình công nghệ gia công chi tiết máy.	323
3- Một số bước thiết kế cơ bản.	324

3.1- Kiểm tra tính công nghệ trong kết cấu chi tiết máy.	324
3.2- Xác định lượng dư gia công, chọn phôi và phương pháp chế tạo phôi.	331
3.3- Xác định trình tự gia công hợp lý.	361
3.4- Thiết kế nguyên công.	365
3.5- So sánh các phương án công nghệ.	373
Tài liệu tham khảo.	378

SÁCH BÁN TẠI CÁC ĐỊA ĐIỂM SAU:

1. *Cửa hàng sách Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội* ĐT: 8.220686
2. *Các quán sách trong trường Đại học Bách khoa Hà Nội (cổng phố Đại Cồ Việt)*
3. *Các quán sách trong trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.*
4. *Bán có trừ phát hành phí: ĐT : 8.266171 hoặc 069.556623 (Chị Diệu Thúy)*