

### Chương 3

## CÔNG NGHỆ GIA CÔNG CHI TIẾT ĐIỆN HÌNH

### 3.1 Quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết dạng hộp.

Trong tất cả các loại máy móc từ máy công cụ, máy phát động lực, máy làm rừng, máy đi biển v.v... đến các máy chuyên dùng đều có các chi tiết dạng hộp. Hộp là loại chi tiết cơ sở quan trọng của một sản phẩm. Hộp bao gồm những chi tiết có hình khối rỗng (xung quanh có thành vách) thường làm nhiệm vụ của chi tiết cơ sở để lắp các đơn vị lắp (như nhóm, cụm, bộ phận) của những chi tiết khác lên nó tạo thành một bộ phận máy nhằm thực hiện một nhiệm vụ động học nào đó của toàn máy.

Có rất nhiều kiểu hộp và công dụng cũng khác nhau như hộp tốc độ, hộp chạy dao, thân động cơ đốt trong, thân máy bơm v.v... Đặc điểm của các chi tiết hộp là có nhiều vách, độ dày mỏng của các vách cũng khác nhau, trong các vách có nhiều gân, có nhiều phần lồi lõm. Trên hộp có nhiều mặt phải gia công với độ chính xác khác nhau và cũng có nhiều bề mặt không phải gia công. Đặc biệt trên hộp thường có nhiều lỗ cần được gia công chính xác để thực hiện các mối lắp ghép. Tùy công dụng mà các lỗ trên hộp được chia ra:

- Lỗ chính xác: dùng để đỡ các đầu trục được gọi là lỗ chính.
- Lỗ không chính xác: dùng để kẹp các bộ phận khác được gọi là lỗ phụ.

Trên hình 3-1 trình bày thân hộp giảm tốc là một trong những chi tiết thuộc dạng hộp.

Nhìn chung chi tiết hộp là một chi tiết phức tạp, khó gia công, khi chế tạo phải đảm bảo nhiều yêu cầu kỹ thuật khác nhau.

#### 3.1.1 Những yêu cầu kỹ thuật chủ yếu chi tiết dạng hộp:

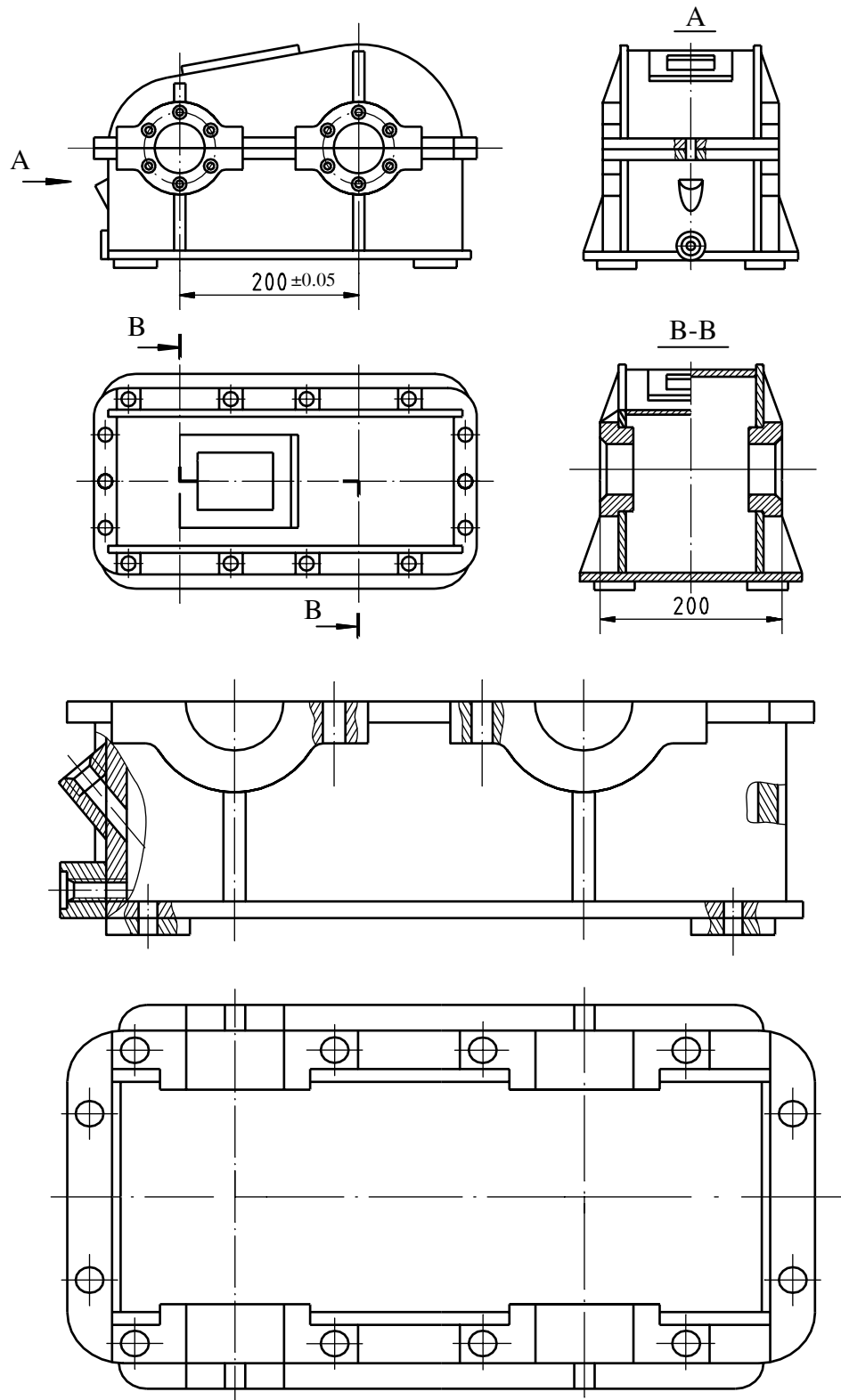
Hộp có những bề mặt chính như các mặt đáy, mặt lỗ. Độ chính xác của những bề mặt này có yêu cầu khá cao. Ngoài những bề mặt chính ra trên hộp còn có những bề mặt phụ như các bề mặt đáy nắp, lỗ bắt bulông v.v... những bề mặt này có độ chính xác không cao.

Những yêu cầu kỹ thuật cơ bản của hộp bao gồm:

- Độ không phẳng và độ không song song của các bề mặt chính trong khoảng  $0,05 \div 0,1$  mm trên toàn bộ chiều dài, độ nhám bề mặt của chúng từ  $R_a = 5 \div 1,25$  ( $\nabla 5 \div \nabla 7$ ).
- Các lỗ có độ chính xác cấp 5÷7 và độ nhám bề mặt  $R_a = 2,5 \div 0,63$ , đôi khi cần đạt  $R_a = 0,32 \div 0,16$ . Sai số hình dáng của các lỗ là  $0,5 \div 0,7$  dung sai đường kính lỗ.
- Dung sai khoảng cách tâm giữa các lỗ phụ thuộc vào chức năng của nó.

Nếu lỗ lắp trục bánh răng thì dung sai bằng  $0,02 \div 0,1$  mm. Dung sai độ không song song của các tâm lỗ bằng dung sai của khoảng cách tâm. Độ không vuông góc của các tâm lỗ khi lắp bánh răng côn và trục vít là  $0,02 \div 0,06$  mm.

- Dung sai độ không đồng tâm của các lỗ bằng  $\frac{1}{2}$  dung sai đường kính lỗ nhỏ nhất.
- Độ không vuông góc giữa mặt đầu và tâm lỗ trong khoảng  $0,01 \div 0,05$  mm trên 100 mm bán kính.



Hình 3-1. Các chi tiết dạng hộp.

### 3.1.2 Tính công nghệ trong kết cấu của chi tiết dạng hộp.

Tính công nghệ trong kết cấu của hộp không những ảnh hưởng đến khối lượng lao động để chế tạo hộp, mà còn ảnh hưởng tới việc tiêu hao vật liệu. Vì vậy ngay từ khi thiết kế phải chú ý đến kết cấu của chúng như :

- Hộp phải có đủ độ cứng vững để khi gia công không bị biến dạng và có thể dùng chế độ cắt cao, đạt năng suất cao.
- Các bề mặt làm chuẩn phải có đủ diện tích nhất định, phải cho phép thực hiện nhiều nguyên công khi dùng bề mặt đó làm chuẩn và phải cho phép thực hiện quá trình gá đặt nhanh.
- Các bề mặt cần gia công của hộp không được có vấu lồi, lõm, phải thuận lợi cho việc ăn dao, thoát dao. Kết cấu của các bề mặt phải tạo điều kiện cho việc gia công đồng thời bằng nhiều dao.
- Các lỗ trên hộp nên có kết cấu đơn giản, không nên có rãnh hoặc có dạng định hình, bề mặt lỗ không được đứt quãng. Các lỗ đồng tâm nên có đường kính giảm dần từ ngoài vào trong. Các lỗ nên thông suốt và ngắn.
- Không nên bố trí các lỗ nghiêng so với mặt phẳng của các vách để khi gia công tránh hiện tượng dao khoan, khoét, doa bị ăn dao lệch hướng.
- Các lỗ kẹp chặt của hộp phải là các lỗ tiêu chuẩn.

### 3.1.3 Vật liệu và phôi để chế tạo các chi tiết dạng hộp.

Vật liệu để chế tạo các chi tiết dạng hộp thường dùng là gang xám, thép đúc, hợp kim nhôm và những thép tấm hàn. Tùy theo điều kiện làm việc, số lượng hộp và vật liệu mà phôi được chế tạo bằng cách này hoặc cách khác.

- **Phôi đúc** bao gồm cả phôi gang, thép hoặc hợp kim nhôm là những loại phôi phổ biến nhất để chế tạo các chi tiết dạng hộp. Chế tạo phôi đúc thường dùng các phương pháp đúc sau:

+ Đúc gang trong khuôn cát, mẫu gỗ, làm khuôn bằng tay. Phương pháp này cho độ chính xác thấp, lượng dư để gia công cắt gọt lớn, năng suất thấp, đòi hỏi trình độ công nhân phải cao, thích hợp đối với dạng sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.

+ Dùng mẫu kim loại, khuôn cát, làm khuôn bằng máy, đạt độ chính xác và năng suất cao, lượng dư cắt gọt nhỏ. Phương pháp này thích hợp trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

+ Dùng phương pháp đúc trong khuôn vỏ mỏng phôi đúc đạt độ chính xác 0,3 - 0,6 mm, tính chất cơ học tốt. Phương pháp này dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối nhưng chỉ thích hợp cho các chi tiết hộp cỡ nhỏ.

+ Đúc áp lực có thể tạo nên các chi tiết hộp cỡ nhỏ có hình thù phức tạp.

Ở những chỗ gấp khúc của hộp cần phải có góc lượn, các hốc bên trong cần được làm sạch, các mặt cạnh và đáy cần được làm sạch và phẳng. Vật đúc ra không được có vết nứt, rỗ và các khuyết tật khác.

Chi tiết hộp đúc ra thường nguội không đều, gây ra biến dạng nhiệt và ứng suất dư nên cần có biện pháp khử ứng suất dư trước khi gia công cắt gọt.

- **Phôi hàn** được chế tạo từ thép tấm rồi hàn lại thành hộp. Loại phôi này được dùng trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ. Phôi hàn có hai kiểu:

+ Kiểu thô: hàn các tấm thép lại thành hộp, sau đó mới gia công.

+ Kiểu tinh: hàn các tấm thép đã được gia công sơ bộ các bề mặt cần thiết thành hộp, sau đó mới gia công tinh lại.

Sử dụng phôi hàn sẽ rút ngắn được thời gian chuẩn bị phôi, đạt hiệu quả kinh tế cao. Tuy nhiên dùng phôi hàn thường gặp khó khăn khi khử ứng suất dư.

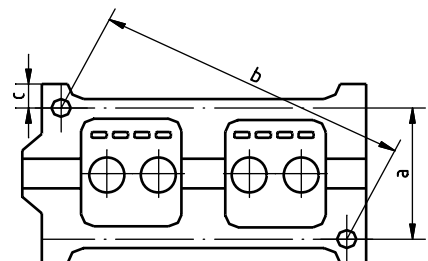
- **Phôi dập** được dùng đối với các chi tiết hộp nhỏ có hình thù không phức tạp ở dạng sản xuất loạt lớn và hàng khối. Đối với thép có thể dập nóng còn đối với kim loại màu có thể dập nguội. Phương pháp này tạo được cơ tính tốt và đạt năng suất cao.

### 3.1.4 Quy trình công nghệ gia công chi tiết hộp.

#### 1. Chuẩn định vị để gia công chi tiết hộp:

Khối lượng gia công chi tiết dạng hộp chủ yếu là tập trung vào việc gia công các lỗ. Muốn gia công nhiều lỗ trên nhiều bề mặt khác nhau qua các giai đoạn thô, tinh v.v... cần tạo nên một chuẩn tinh thống nhất cho chi tiết hộp. Chuẩn đó thường là một mặt phẳng ngoài nào đó và hai lỗ chuẩn tinh phụ vuông góc với mặt phẳng đó. Hai lỗ chuẩn tinh phụ phải được gia công đạt đến độ chính xác cấp 7 và có khoảng cách càng xa nhau càng tốt (hình 3-2).

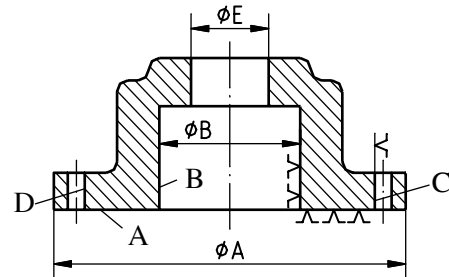
Khi định vị chi tiết hộp trên đồ gá thì mặt ngoài sẽ tiếp xúc với đồ định vị mặt phẳng, hai lỗ và sẽ được tiếp xúc với hai chốt (một chốt trụ và một chốt trám). Như vậy chi tiết được định vị đủ 6 bậc tự do. Hai lỗ chuẩn tinh phụ thường được dùng trong số các lỗ bulông trên đế của hộp.



Hình 3-2. Phương pháp chọn chuẩn định vị

Tuy nhiên không nhất thiết lúc nào cũng phải dùng hai trong số các lỗ xỏ bulông đem gia công chính xác để làm chuẩn phụ, mà có thể căn cứ vào kết cấu cụ thể của hộp như rãnh, sống trượt, mang cá, thậm chí cả lỗ chính xác của hộp để khống chế các bậc tự do còn lại. Ví dụ, khi gia công hộp dạng mặt bích (hình 3-3). Chọn chuẩn là mặt đầu A, lỗ chính B và một trong các lỗ xỏ bulông (hoặc lỗ C hoặc lỗ D) .

Sơ đồ gá đặt có tính chất điển hình như trên (1 mặt phẳng và 2 lỗ vuông góc với mặt phẳng đó) cho phép gá đặt chi tiết qua nhiều nguyên công trên nhiều đồ gá, tránh được sai số tích lũy do việc thay đổi chuẩn gây nên. Tạo được chuẩn tinh như thế, đồ gá cũng đơn giản đi nhiều và tương tự nhau ở nhiều nguyên công.

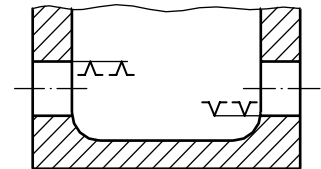
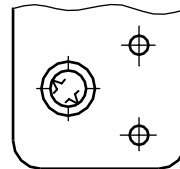


Hình 3-3. Chọn chuẩn định vị trên chi tiết hộp dạng mặt bích.

Vì vậy đối với chi tiết hộp, nguyên công đầu tiên phải là gia công tạo mặt chuẩn (không kể nguyên công làm sạch và cắt đầu ngót, đầu rút của phôi).

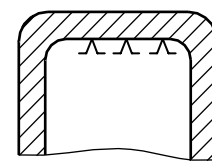
Việc chọn chuẩn thô cho nguyên công này hết sức quan trọng vì nó ảnh hưởng đến lượng dư gia công cũng như độ chính xác ở các nguyên công tiếp theo. Ở trường hợp này, có thể dùng những phương án chọn chuẩn thô như sau (hình 3-4):

\* Mặt thô của lỗ chính khống chế 4 bậc tự do (hình 3-4a) :

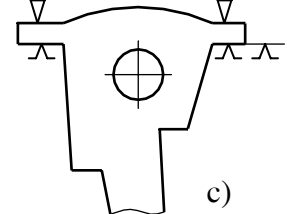


a)

\* Mặt thô không gia công ở bên trong khống chế 3 bậc tự do ( hình 3 – 4b).



b)



c)

\* Mặt trên ở gờ vai khống chế 3 bậc tự do ( hình 3 – 4c).

Trong các bề mặt có thể làm chuẩn thô nói trên, quan trọng nhất là lỗ chính vì nếu chọn nó làm chuẩn thô thì bảo đảm lượng dư về sau cho bản thân lỗ đều đặn, tạo điều kiện cho việc gia công lỗ dễ dàng. Khi chọn chuẩn thô, nếu không chú ý đến mặt trong không gia công sẽ có thể làm cho khe hở lắp ghép giữa nó với các bộ phận bên trong (như bánh răng, tay gạt ...) không đảm bảo.

Hình 3-4. Sơ đồ định vị khi chọn chuẩn thô ở nguyên công đầu tiên.

Trong sản xuất hàng loạt nhỏ và đơn chiếc, do việc chế tạo phôi kém chính xác và khi gia công không dùng đồ gá chuyên dùng, nên có thể thực hiện nguyên tắc chọn chuẩn như trên bằng phương pháp lấy dấu. Khi lấy dấu, có thể kết hợp chọn chuẩn thô này, đồng

thời kiểm tra chuẩn thô kia, chia lượng dư cho thỏa mãn các yêu cầu khác nhau, thậm chí tận dụng được một số phôi, mà theo phương pháp tự động gá đặt thì không hợp quy cách nữa. Tuy nhiên, việc lấy dấu có năng suất thấp và do đó giá thành tăng.

## 2. *Trình tự gia công các bề mặt chủ yếu của hộp:*

Quá trình công nghệ gia công các chi tiết dạng hộp bao gồm hai giai đoạn chính sau đây :

- Gia công mặt phẳng chuẩn và các lỗ chuẩn để làm chuẩn tinh thống nhất.
- Dùng mặt phẳng và hai lỗ định vị làm chuẩn thống nhất để lần lượt gia công các mặt còn lại như :

- + Gia công các mặt phẳng còn lại .
- + Gia công thô và bán tinh các lỗ lắp ghép.
- + Gia công các lỗ không chính xác dùng để kẹp chặt.
- + Gia công chính xác các lỗ lắp ghép.
- + Tổng kiểm tra.

### 3.1.5 Biện pháp thực hiện các nguyên công chính

#### 1. *Gia công mặt chuẩn:*

Mặt để làm chuẩn cho gia công chi tiết dạng hộp gồm một mặt phẳng và hai lỗ chuẩn.

- ***Gia công mặt phẳng chuẩn.*** Với hộp có kích thước ở mọi cỡ khác nhau nếu sản lượng ít, có thể dùng máy phay hoặc máy bào vạn năng để gia công. Trường hợp các hộp cỡ lớn có bề mặt chuẩn vuông hoặc gần tròn, có thể gia công trên máy tiện đứng, còn hộp cỡ nhỏ thì ngoài phương pháp bào và phay còn có thể gia công trên máy tiện vạn năng bằng cách dùng mâm cặp bốn chấu để định vị hoặc dùng đồ gá chuyên dùng.

Trong dạng sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối với hộp cỡ lớn hoặc trung bình gia công mặt chuẩn được thực hiện trên máy nhiều trục hoặc máy có bàn quay. Với các hộp cỡ nhỏ dùng phương pháp chuốt mặt phẳng hoặc dùng máy tổ hợp hay máy chuyên dùng.

- ***Gia công hai lỗ chuẩn*** thường được thực hiện trên máy khoan cần .

Nếu sản xuất hàng loạt lớn hoặc hàng khối nên dùng máy nhiều trục chuyên dùng. Cần chú ý rằng khi gia công hai lỗ chuẩn (hai lỗ định vị) phải lần lượt tiến hành khoan, khoét, doa trong một lần gá và phải dùng bạc dẫn hướng để đảm bảo đạt được độ nhám

bề mặt và độ chính xác của bản thân lỗ cũng như bảo đảm khoảng cách tâm hai lỗ nằm trong phạm vi dung sai cho phép.

Nếu sản lượng nhỏ, có thể gia công bằng cách lấy dấu trước và thực hiện trên máy khoan đứng. Với hộp lớn, việc gia công lỗ chuẩn có thể tiến hành trên máy doa ngang.

### *2. Gia công các mặt ngoài của hộp:*

Gia công các mặt phẳng ngoài của hộp được tiến hành bằng các phương pháp bào, phay, tiện, mài và chuốt.

Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, thường sử dụng phương pháp bào vì đơn giản và rẻ tiền. Năng suất của bào tuy thấp, nhưng cũng có thể nâng cao được năng suất bằng cách gá nhiều chi tiết gia công cùng một lúc.

Trong sản xuất hàng loạt vừa và lớn, gia công mặt ngoài có thể dùng phương pháp phay. Với hộp cỡ nhỏ có thể xếp nhiều chi tiết để gia công cùng một lúc. Với hộp cỡ lớn, có thể tiến hành gia công trên máy phay giường hoặc bào giường bảo đảm năng suất và đạt độ chính xác cao như : độ không song song của các mặt  $0,02 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ ; độ không phẳng  $0,02 \div 0,03 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ ; độ không vuông góc  $0,03 \div 0,06 \text{ mm}/500 \text{ mm}$ .

Trong sản xuất hàng khối đã và đang sử dụng rộng rãi phương pháp phay liên tục trên máy phay có bàn quay và máy phay có tang trống để gia công hai mặt phẳng song song cùng một lúc bằng hai dao.

Trên hình 3-5 trình bày sơ đồ gia công mặt phẳng ngoài của hộp trên máy phay có bàn quay 3, trên đó có gá chi tiết gia công 2, và được cắt bằng dao 1. Để gia công được hai mặt phẳng song song có thể thực hiện bằng hai dao ăn cùng một lúc như hình 3-5a, hoặc có thể bố trí như hình 3-5b, khi ở một vị trí gia công gá hai chi tiết với mặt phẳng gia công ngược nhau. Ngoài ra, hiện nay còn sử dụng rộng rãi cả phương pháp chuốt để gia công mặt phẳng của hộp.

Những hộp có mặt ngoài và mặt trong tròn xoay được gia công trên máy tiện đứng.

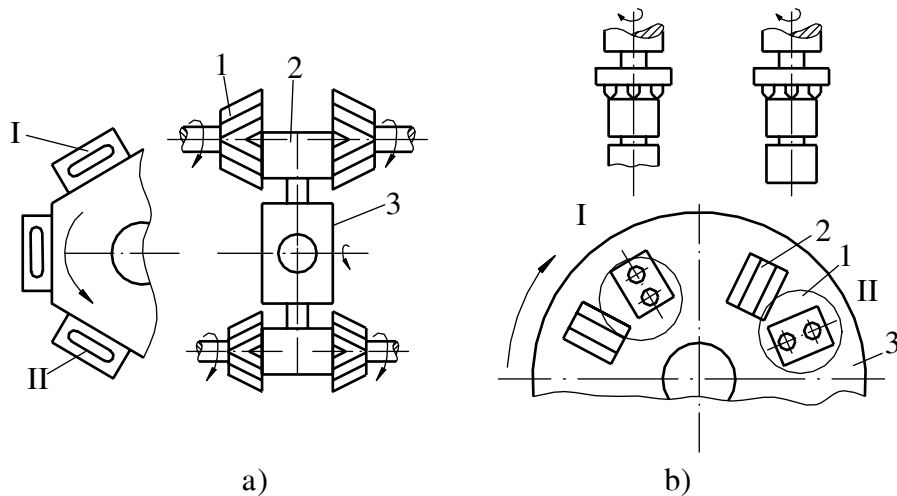
Gia công tinh các mặt ngoài của hộp trong sản xuất hàng loạt lớn và khối được thực hiện trên máy mài, còn trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ thường dùng phương pháp cạo.

### *3. Gia công các lỗ lắp ghép:*

Khi chế tạo các chi tiết dạng hộp, thời gian gia công các lỗ lắp ghép chiếm một tỉ lệ khá lớn. Vì vậy, cần chọn phương pháp gia công hợp lý để đảm bảo độ chính xác và tạo điều kiện nâng cao năng suất.

Biện pháp gia công các lỗ lắp ghép của hộp phụ thuộc vào sản lượng của chi tiết. Có thể gia công trên máy doa ngang vạn năng, máy tổ hợp nhiều trục chính. Trong một số

trường hợp, có thể gia công trên dây chuyền tự động và cũng có thể gia công lỗ hộp trên máy khoan đứng, khoan cần, đôi khi còn có thể gia công trên máy tiện đứng hay máy tiện thông thường. Dù gia công lỗ trên loại máy nào chăng nữa ta đều thấy :



Hình 3-5. Sơ đồ gia công mặt phẳng ngoài của hộp trên máy phay có bàn quay.

a) Hai mặt phẳng song song bằng hai dao;

b) Gia công hai mặt phẳng song song bằng một dao.

I. Vị trí gia công thô. II. Vị trí gia công tinh.

- Đường kính các lỗ phụ thuộc cơ bản vào kích thước của dao (dao định kích thước), hoặc phụ thuộc vào việc điều chỉnh kích thước của mũi dao lắp trên trục dao.

- Độ chính xác về khoảng cách tâm, độ song song và độ vuông góc giữa các đường tâm lỗ với nhau, cũng như các yêu cầu khác về vị trí của lỗ được đảm bảo bằng hai phương pháp sau :

+ Gia công các lỗ theo các bậc dẫn hướng trên đồ gá.

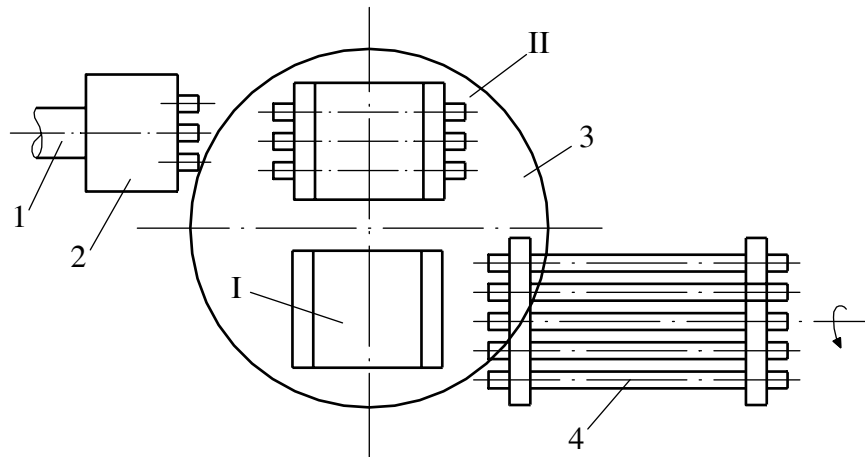
+ Gia công các lỗ theo phương pháp xác định vị trí bằng tọa độ nhờ các vạch kích thước trên máy.

Các phương pháp trên được thể hiện bằng những biện pháp cụ thể thích hợp với từng dạng sản xuất.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, các lỗ lắp ghép của hộp được gia công trên máy doa, máy tổ hợp nhiều trục theo cách gia công song song hoặc song song liên tục trên hai hoặc ba bề mặt của hộp. Khi đó, vị trí của các lỗ được đảm bảo theo cách bố trí các trục chính trên máy. Khi gia công trên máy tổ hợp, nên chia thành hai nguyên công thô và tinh hoàn thành trên hai máy của một đường dây, hoặc chia làm hai bước hoàn thành tại hai vị trí của máy. Trên hình 3-6 trình bày sơ đồ áp dụng máy tổ hợp để gia công lỗ chính xác của hộp. Ở vị trí I chi tiết gia công được gá đặt, sau đó đưa trục dao doa từ tang thay



đổi trục dao 4 vào các lỗ định gia công. Sau khi gá dao xong, quay bàn để đưa chi tiết đến vị trí II. Ở vị trí II tiến hành nối các trục chính của hộp trục chính số 2 với các trục doa và tiến hành gia công. Sau khi gia công xong, quay bàn 3 để đưa chi tiết về vị trí I. Nếu không cần gia công tinh nữa, thì tháo chi tiết ra và lắp phôi khác vào. Còn nếu gia công tinh nữa, thì lắp các trục doa tinh từ tang 4 vào các lỗ cần doa và quá trình được lặp lại.



Hình 3-6. Sơ đồ gia công lỗ của chi tiết hộp trên máy tổ hợp.

1) Đầu lực 2) Hộp trục chính 3) Bàn quay 4) Tang thay đổi trục dao.

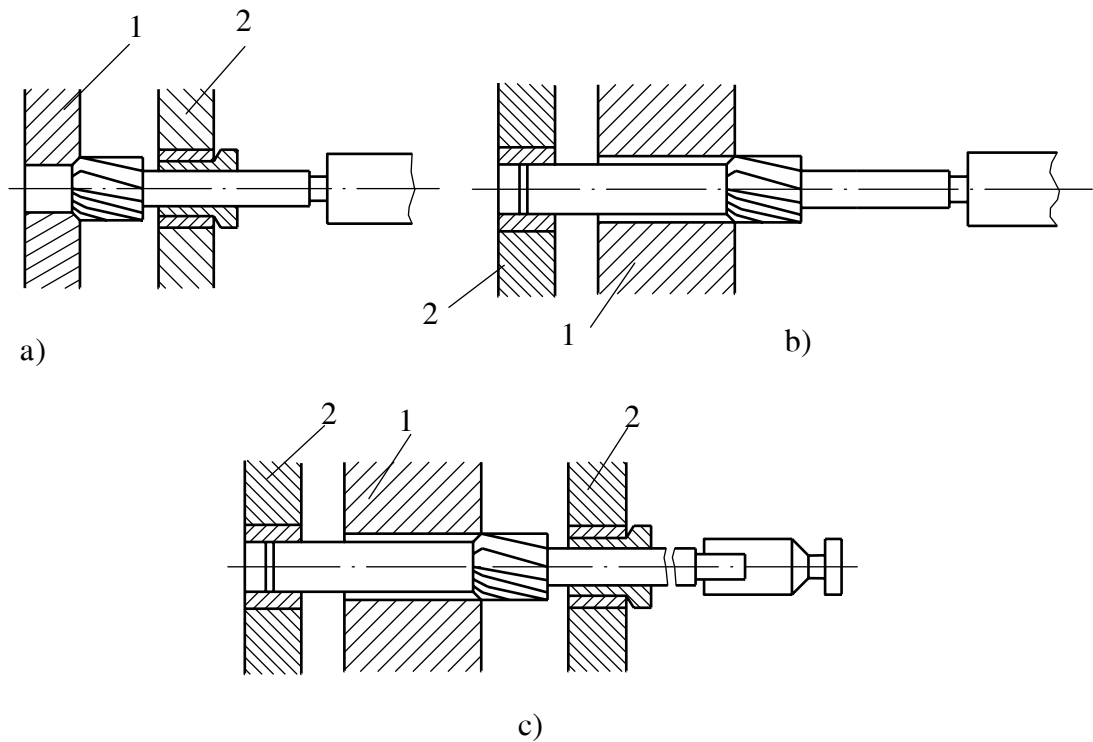
I. Vị trí gá chi tiết. II. Vị trí chi tiết được gia công.

Đối với những lỗ của hộp có kích thước không lớn lắm có thể gia công trên máy khoan đứng với đầu khoan nhiều trục và bạc dẫn hướng để gia công các lỗ trên một bề mặt của hộp cùng một lúc, hoặc trên máy khoan cần có dùng bạc dẫn.

Trong sản xuất hàng loạt, các lỗ chính xác của hộp được gia công trên máy doa ngang, doa đứng. Khi đó, kích thước lỗ do kích thước dao quyết định, khoảng cách tâm các lỗ và độ song song giữa các lỗ được đảm bảo nhờ sự dịch chuyển bàn máy và bằng vị trí các bạc dẫn hướng trục doa. Độ vuông góc giữa các lỗ được đảm bảo nhờ quay bàn máy mang chi tiết so với trục doa. Biện pháp kỹ thuật thực hiện phụ thuộc vào lỗ cần doa dài hay ngắn, số lỗ trên một hàng lỗ, số hàng lỗ trên một bề mặt hộp và số bề mặt hộp có lỗ cần gia công.

+ Nếu lỗ cần doa ngắn (không sâu), khi gia công cần dùng bạc định hướng cho trục doa ở phía trước (hình 3-7a) hoặc ở phía sau lỗ gia công (hình 3-7b). Khi lỗ hộp có chiều dài lớn phải định hướng trục doa cả phía trước và phía sau (hình 3-7c).

+ Nếu có nhiều lỗ đồng trục trên một hàng, có thể thực hiện gia công trên máy doa với biện pháp thích hợp. Để đảm bảo độ chính xác của hàng lỗ, nên chia hai nguyên công thô và tinh.



Hình 3-7. Sơ đồ định hướng dụng cụ khi doa lỗ chi tiết hộp.

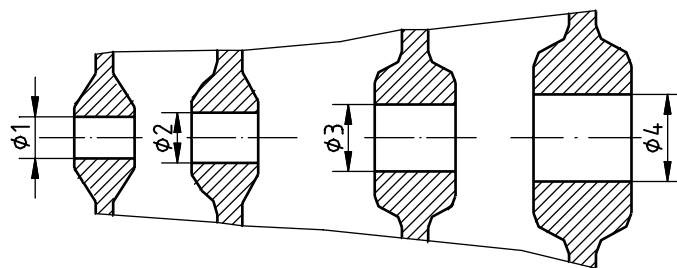
a- Định hướng phía trước. b- Định hướng phía sau

c- Định hướng cả phía trước và sau.

1. Chi tiết gia công. 2. Đồ gá.

### **Khi gia công thô:**

Trước tiên gia công lỗ ngoài cùng ở một phía của hộp bằng trục dao công xôn. Sau đó gia công lỗ tiếp theo. Tiến hành gia công như vậy đến khi xong một nửa số lỗ trên hàng lỗ đó. Sau đó quay bàn máy đi  $180^\circ$  để gia công các lỗ ở phía đối diện của hộp với biện pháp như các lỗ ở phía bên kia. Làm như vậy, toàn bộ các lỗ trên một hàng lỗ đã được gia công thô. Ví dụ, gia công một hàng 4 lỗ trên 4 vách khác nhau của hộp như hình 3-8. Bốn lỗ này trên một hàng được bố trí nhỏ dần về một phía của hộp với  $\phi_1 < \phi_2 < \phi_3 < \phi_4$ .



Hình 3-8. Sơ đồ các lỗ trên một hàng lỗ của hộp.

Việc gia công thô được thực hiện theo sơ đồ hình 3-9 gồm các bước:

Bước 1 : gia công lỗ  $\phi_4$  đạt  $\phi'_4$  (hình 3-9a)

Bước 2 : gia công lỗ  $\phi_3$  đạt  $\phi'_3$  (hình 3-9b)

Sau đó quay bàn để quay chi tiết đi  $180^\circ$  và tiếp tục gia công.

Bước 3 : gia công lỗ  $\phi_1$  đạt  $\phi'_1$  (hình 3-9c)

Bước 4 : gia công lỗ  $\phi_2$  đạt  $\phi'_2$  (hình 3-9d)

**Khi gia công tinh:**

Việc gia công tinh các lỗ trên một hàng lỗ có thể tiến hành theo hai phương án:

- *Phương án thứ nhất:* gia công liên tục các lỗ bằng cách sử dụng các lỗ vừa gia công được để dẫn hướng dụng cụ cắt cho việc gia công các lỗ tiếp theo.

- *Phương án thứ hai:* lần lượt gia công hai lỗ ngoài cùng của hai mặt ngoài cùng đối diện của hộp, sau đó dùng hai lỗ này để dẫn hướng dụng cụ cắt cho việc gia công các lỗ còn lại ở giữa.

**Ví dụ:** gia công tinh các lỗ hộp trên hình 3-8 đã qua gia công thô ở phần trên. Theo phương án thứ nhất, sơ đồ gia công được trình bày trên hình 3-10 và gồm các bước:

Bước 1: gia công lỗ  $\phi_4$  đạt  $\phi_4$  (hình 3-10a)

Bước 2: dùng  $\phi_4$  dẫn trục dao gia công lỗ  $\phi_3$  đạt  $\phi_3$  (hình 3-10b)

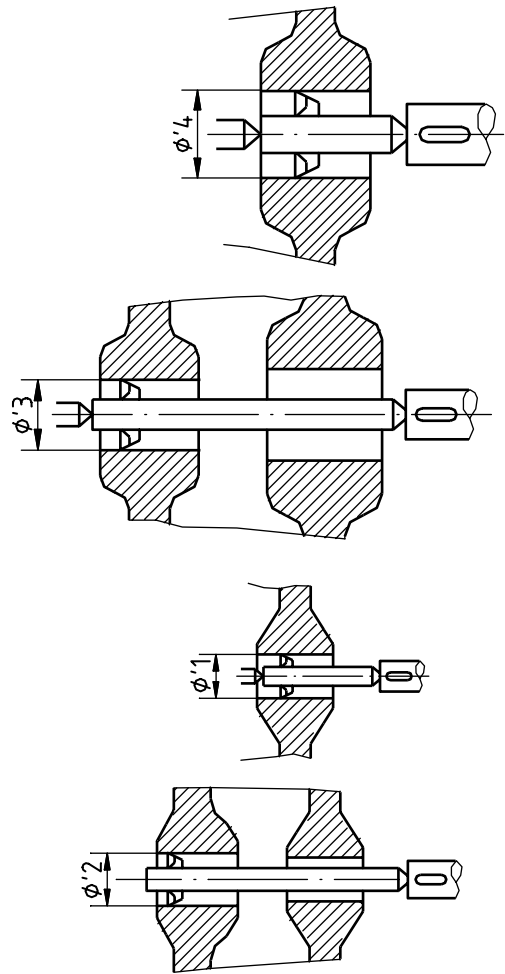
Bước 3: dùng  $\phi_3$  dẫn trục dao gia công lỗ  $\phi_2$  đạt  $\phi_2$  (hình 3-10c)

Bước 4: dùng  $\phi_2$  dẫn trục dao gia công lỗ  $\phi_1$  đạt  $\phi_1$  (hình 3-10d)

Theo phương án thứ hai, sơ đồ gia công được trình bày trên hình 3-11, gồm các bước:

Bước 1: gia công lỗ  $\phi_4$  đạt kích thước  $\phi_4$  (hình 3-11a)

Sau đó quay bàn máy để quay chi tiết đi  $180^\circ$  rồi tiếp tục gia công .



Hình 3-9. Gia công thô các lỗ đồng trục.

Bước 2: gia công lỗ  $\phi_1$  đạt kích thước  $\phi_1$  (hình 3-11b)

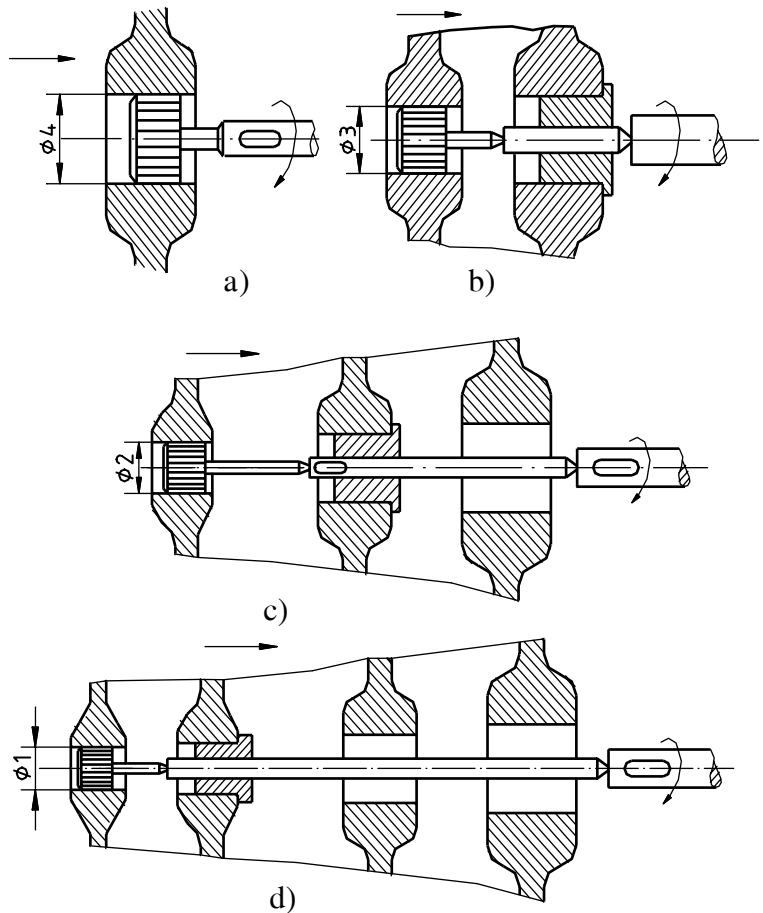
Bước 3: dùng  $\phi_4$  và  $\phi_1$  dẫn trục dao gia công các lỗ  $\phi_3$ ,  $\phi_2$  đạt kích thước  $\phi_3$ ,  $\phi_2$  (hình 3-11c).

+ Để gia công nhiều lỗ (hay hàng lỗ) trên một mặt hay nhiều mặt của hộp thì biện pháp công nghệ cũng tương tự như biện pháp gia công một lỗ hoặc một hàng lỗ. Trong trường hợp ở mỗi mặt có thể có một số nhóm lỗ giống nhau có thể thực hiện theo các phương pháp sau:

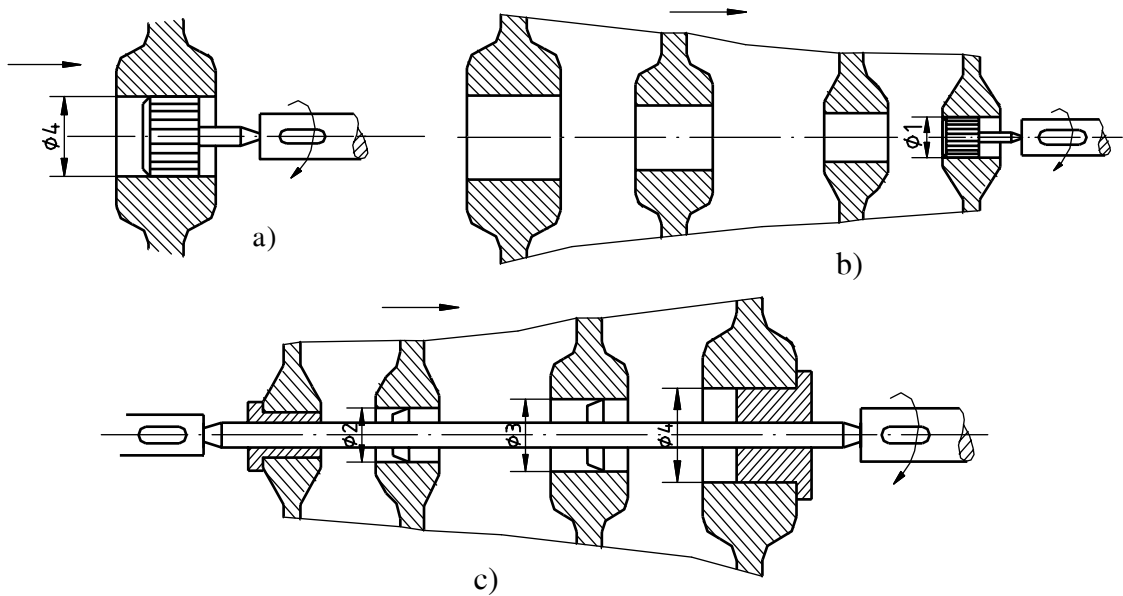
- Gia công hoàn chỉnh từng lỗ riêng biệt hoặc từng hàng lỗ riêng biệt như đã được trình bày ở trên .

- Với cùng một dao gia công để đạt một kích thước nào đó của tất cả các lỗ giống nhau trên một bề mặt của hộp. Sau đó tiến hành thay dao để gia công đạt kích thước tiếp theo. Cứ như vậy cho đến khi cả nhóm lỗ giống nhau được gia công hoàn toàn. Tiếp đó tiến hành gia công nhóm lỗ khác trên mặt hộp. Cứ như vậy cho đến khi tất cả các lỗ trên một bề mặt hộp được gia công hoàn toàn. Sau đó, quay bàn mang chi tiết đi một góc nhất định để gia công các lỗ trên mặt khác của hộp. Cứ làm như vậy cho đến khi toàn bộ trên tất cả các bề mặt của hộp được gia công.

- Với cùng một dao gia công đạt đến một kích thước nào đó cho tất cả các lỗ như nhau trên tất cả các mặt của hộp. Sau đó tiến hành thay dao để gia công bước tiếp theo. Cứ làm như vậy cho đến khi toàn bộ các lỗ giống nhau trên các mặt được gia công. Quá trình lặp lại cho nhóm lỗ khác. Cứ như vậy cho đến khi tất cả các lỗ trên tất cả các mặt được gia công.



Hình 3-10. Sơ đồ gia công các lỗ trên một hàng lỗ theo phương án thứ nhất.



Hình 3-11. Sơ đồ doa tinh lỗ trên một hàng lỗ theo phương án thứ hai.

- Dùng nhiều dao trên đầu doa nhiều trục để đồng thời gia công nhiều lỗ có đường tâm song song.

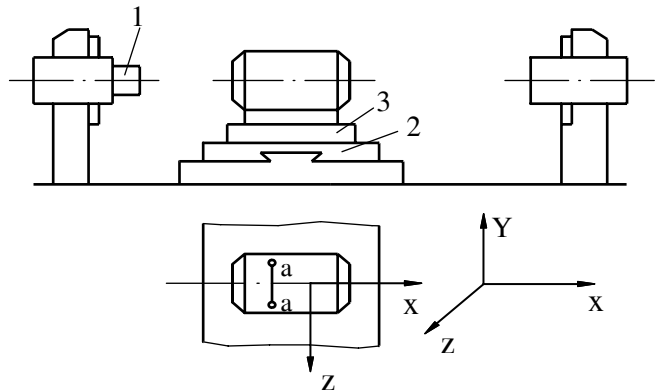
Các phương án trên đây ngoài sự khác nhau về số lần thay dao, số lần phân độ còn khác nhau về lượng dao thay thế, chế độ cắt, số vòng quay của bàn máy.

- + Trong sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc, việc gia công lỗ hộp có thể thực hiện trên máy khoan cần hoặc máy doa đứng, doa ngang không cần bạc định hướng cho dụng cụ cắt mà tiến hành bằng phương pháp rà gá theo đường vạch dấu trên phôi. Thứ tự việc gia công lỗ hộp theo phương pháp này như sau :

- Gá đặt và kiểm tra chi tiết hộp trên bàn máy sao cho đường tâm của lỗ lấy dấu song song với đường tâm trục chính.
- Đưa đường tâm trục chính của máy trùng với tâm của lỗ đầu tiên sẽ gia công.
- Gia công lỗ đó.
- Dịch chuyển bàn máy cùng với chi tiết gia công theo những khoảng cách tâm đã cho tới khi trùng với đường tâm của lỗ cần doa tiếp theo.
- Gia công lỗ tiếp theo.

Việc gia công lỗ của hộp bằng rà gá theo dấu thể hiện như trên hình 3-12. Chi tiết gia công 3 được định vị bằng mặt phẳng đáy trên mặt bàn máy 2. Trước khi đem lên máy để gia công chi tiết đã được vạch đường dấu aa vuông góc với đường tâm lỗ cần gia công. Muốn cho tâm trục chính của máy song song với tâm lỗ cần gia công, cần gắn mũi rà trên

trục chính và cho chi tiết chuyển động theo phương Z, xô dịch chi tiết sao cho đường vạch dấu aa trùng mũi rà. Muốn đưa tâm lỗ gia công trùng tâm trục chính cần quay bàn máy mang chi tiết dịch chuyển theo phương Z và dịch chuyển trục chính (hoặc chi tiết) theo phương Y.



Hình 3-12. Sơ đồ rà gá hộp theo dấu để gia công lỗ.

+ Ngoài ra với chi tiết hộp cỡ nhỏ, có thể dùng đồ gá để gia công trên các máy tiện vạn năng thông thường.

#### 4. Gia công các lỗ kẹp chặt:

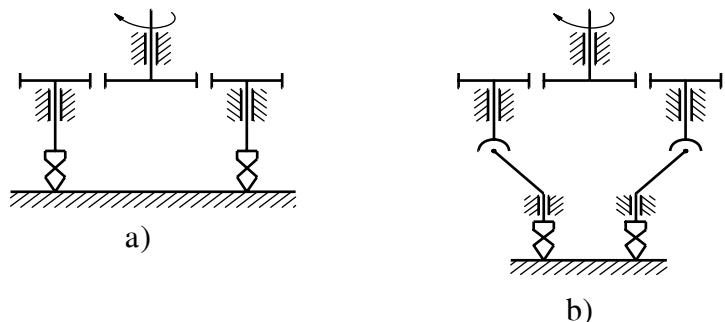
Trong các chi tiết dạng hộp, ngoài những lỗ cơ bản, chính xác còn có các lỗ dùng để kẹp chặt và các lỗ có ren. Đối với các lỗ có độ chính xác cấp 12-10 và độ nhẵn bóng bề mặt với  $R_z = 80-40$  thì chỉ cần qua khoan. Đối với lỗ có độ chính xác cấp 10-9 và độ nhẵn bóng  $R_z = 20$ , thì sau khi khoan còn phải qua khoét, còn với lỗ phải qua khoan, khoét và doa chỉ áp dụng khi độ chính xác lỗ cần đạt cấp 7-8. Việc gia công các lỗ này cũng căn cứ vào sản lượng để chọn biện pháp gia công.

- Khi sản lượng ít với mọi cỡ kích thước của hộp, các lỗ được gia công trên máy khoan đứng hoặc khoan cần, khoảng cách tâm giữa các lỗ được đảm bảo bằng cách lấy dấu hoặc nhờ các phiến dẫn, bạc dẫn khoan. Đối với hộp quá lớn, có thể dùng máy khoan di động kẹp thẳng vào chi tiết gia công hoặc cho máy khoan di động trên nền xưởng.

- Trong sản xuất hàng loạt vừa các lỗ kẹp chặt được gia công trên máy khoan cần có lắp đầu rơvonne, trên đó có lắp nhiều dụng cụ gia công khác theo thứ tự gia công. Làm như vậy sẽ giảm được thời gian tháo lắp dụng cụ.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối với các chi tiết hộp cỡ vừa, các lỗ được gia công trên máy tổ hợp hay máy khoan nhiều trục để gia công nhiều lỗ cùng một lúc, có thể dùng đầu khoan nhiều trục định sẵn vị trí các trục (hình 3-13a) hoặc dùng đầu khoan nhiều trục thay đổi được vị trí các trục nhờ khớp các đăng theo vị trí lỗ cần gia công (hình 3-13b).

Đối với các chi tiết cỡ nhỏ, nguyên công này được thực hiện trên máy tổ hợp cùng với một số nguyên công khác.



Hình 3-13. Sơ đồ nguyên lý đầu khoan nhiều trục.

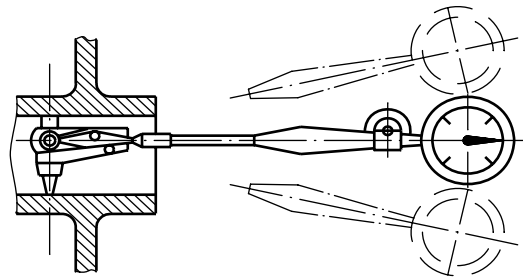
Trong sản xuất hàng khối, các lỗ này còn có thể được gia công trên các dây chuyền tự động. Với các lỗ có ren, khi gia công chúng còn phải có thêm bước cắt ren. Tùy theo sản lượng, kết cấu và yêu cầu kỹ thuật cũng như kích thước của ren mà chọn các phương pháp cắt ren cho hợp lý như tarô tay hoặc ta rô máy v.v...

#### 5. Kiểm tra hộp:

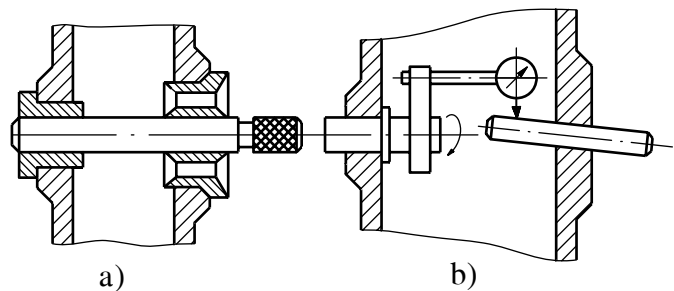
Trong quá trình chế tạo chi tiết dạng hộp, cần phải kiểm tra. Việc kiểm tra giữa các nguyên công được tiến hành sau khi gia công các bề mặt quan trọng, có yêu cầu chính xác cao. Cuối giai đoạn gia công phải có tổng kiểm tra các yếu tố đề ra trong yêu cầu kỹ thuật như độ thẳng, độ phẳng của các mặt phẳng, độ song song, độ vuông góc, độ đồng tâm và khoảng cách tâm giữa các lỗ v.v...

- Độ thẳng của mặt phẳng nào đó được kiểm tra bằng cách dùng thước hoặc đồng hồ so. Độ phẳng của các mặt phẳng hộp được kiểm tra bằng nivô hoặc bằng đồng hồ so, hoặc bằng những bàn rà trên đó có bôi lớp sơn đỏ để áp vào mặt cần kiểm tra. Độ phẳng được đánh giá bằng số vết sơn trên một đơn vị diện tích. Với một phẳng của hộp quá lớn, có thể kiểm tra độ phẳng bằng nguyên lý bình thông nhau.

- Kích thước của lỗ và hình dáng hình học của lỗ chính xác được kiểm tra bằng thước cặp, ca líp, đồng hồ so hoặc dụng cụ đo lỗ có trang bị đồng hồ so. Trên hình 3-14 trình bày sơ đồ kiểm tra kích thước của lỗ bằng đồng hồ đo lỗ.



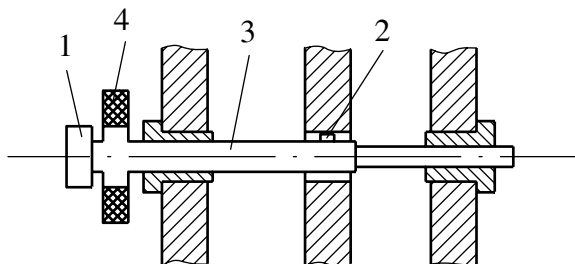
Hình 3-14. Kiểm tra lỗ bằng đồng hồ đo lỗ.



Hình 3-15. Kiểm tra độ đồng tâm của các lỗ.

- a) Dùng trục kiểm gá trong bạc;  
b) Dùng trục kiểm với đồng hồ so.

Hình dáng theo tiết diện ngang của lỗ như độ ô van, ê líp, đa cạnh được xác định bằng cách đo kích thước ở các vị trí khác nhau rồi so sánh kết quả và rút ra kết luận.



Hình 3-16. Sơ đồ kiểm tra độ đồng tâm của ba lỗ trên ba vách hộp.

Sai số hình dáng theo chiều dọc của lỗ như độ côn, độ tang trống v.v... được xác định bằng cách kiểm tra đường kính lỗ ở các vị trí khác nhau theo dọc trục.

Kích thước chiều dài lỗ được xác định bằng thước cặp hoặc bằng ca líp.

- Độ đồng tâm của các lỗ cơ bản được xác định bằng trục kiểm tra (trục trơn hoặc trục bậc). Với những lỗ quá lớn, khi kiểm tra có thể gá trục trong bạc (hình 3-15a). Để xác định cụ thể độ đồng tâm của hai lỗ có thể dùng trục kiểm với đồng hồ so (hình 3-15b).

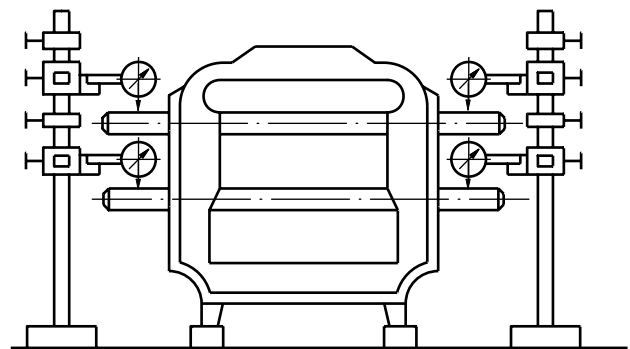
Ngoài ra, để kiểm tra độ đồng tâm còn có thể dùng đồ gá chuyên dùng. Trên hình 3-16 trình bày cách kiểm tra độ đồng tâm của ba lỗ trên ba vách khác nhau của hộp.

Đồng hồ so 1 liên hệ với mũi đo 2 nhờ hệ thống tay đòn. Khi quay tay quay 4 làm cho trục kiểm 3, đã gá trong hai lỗ của hộp, quay. Nhờ mũi đo 2 áp sát vào mặt lỗ và có liên hệ với đồng hồ so 1, có thể đọc được độ lệch tâm của lỗ giữa so với hai lỗ hai bên.

Để kiểm tra độ đồng tâm còn có thể dùng phương pháp quang học và các phương pháp khác nữa.

- Khoảng cách tâm và độ song song giữa các lỗ được xác định bằng thước cặp hoặc đồng hồ so (hình 3-17).

Sơ đồ như trên chỉ kiểm tra được độ không song song của đường tâm lỗ theo một phương mà thôi. Để có thể kiểm tra độ không song song theo cả hai phương phải có đồ gá chuyên dùng. Sơ đồ như vậy thể hiện trên hình 3-18.



Hình 3-17. Kiểm tra khoảng cách tâm giữa

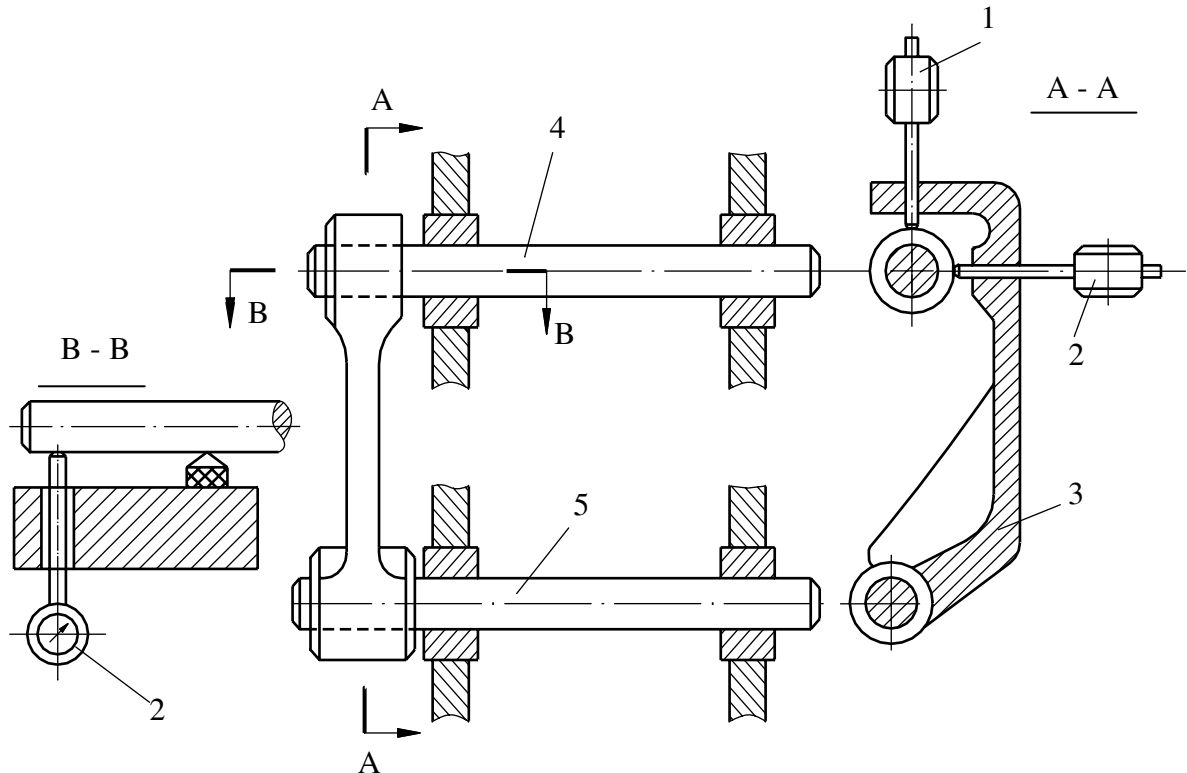
Lắp hai trục kiểm vào hai lỗ cần kiểm, dùng bạc điều chỉnh cho không còn khe hở. Sau đó lắp tay treo số 3 có mang đồng hồ 1, 2 vào trục 5, quay tay treo 3 cho mũi tì của đồng hồ so 1 và 2 tì vào trục 4, tại đó chỉnh các đồng hồ so về vị trí 0.

Tháo tay treo ra và mang nó lắp vào phía đối diện của trục 4 và 5. Tiến hành đo như trên sẽ có kết quả là:

+ Hiệu số chỉ trên đồng hồ 1 là sai số về độ không song song theo phương thẳng đứng của hai lỗ trên chiều dài bằng khoảng cách giữa hai đầu lắp tay treo.

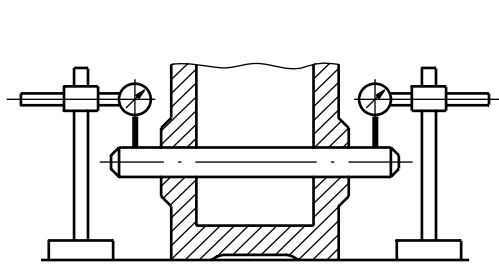
+ Hiệu số chỉ trên đồng hồ so số 2 cho biết sai số về độ không song song theo phương nằm ngang của hai lỗ. Trên tiết diện BB biểu diễn cách đo sai số theo phương nằm ngang. Trên bề dày của tay treo có một chốt tì cố định tì sát vào trục 4, còn đầu kia là của đòn bẩy, qua đó báo đến đồng hồ so 2 và cho biết độ không song song.



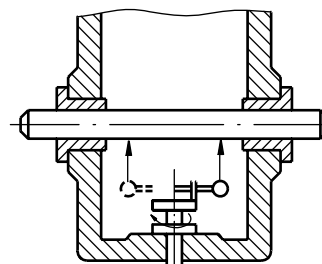


Hình 10-18. Sơ đồ kiểm tra độ song song và khoảng cách tâm các lỗ theo hai phương.

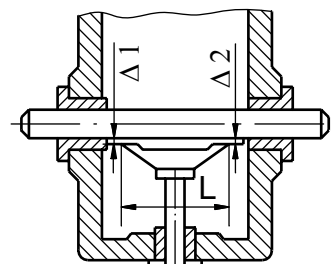
- Khoảng cách từ tâm các lỗ đến các bề mặt hộp độ không song song giữa chúng, được xác định bằng đồng hồ so như trên hình 3-19.



Hình 10-19. Kiểm tra vị trí đường tâm lỗ.  
so với bề mặt cơ bản.



a)



b)

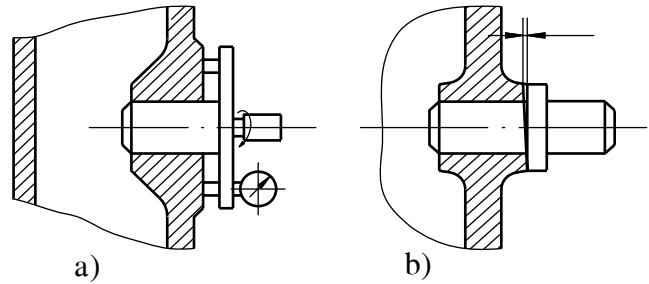
Hình 10-20. Kiểm tra độ vuông góc của hai lỗ.  
a – Dùng đồng hồ so. b – Dùng calip.

- Độ vuông góc giữa tâm các lỗ được xác định bằng đồng hồ so hoặc calip (hình 3-20).

Trong trường hợp dùng calip, cần xác định khe hở  $\Delta_1$  và  $\Delta_2$ . Độ không vuông góc chính là hiệu giữa hai đại lượng này.

- Độ vuông góc giữa tâm lỗ và mặt đầu được xác định bằng đồng hồ so (hình 3-21a) hoặc bằng calip chuyên dùng (hình 3-21b).

Sau đây là quy trình công nghệ chế tạo thân hộp giảm tốc độ đã giới thiệu ở hình 3-1. Gia công hộp này gồm một số nguyên công chính theo bảng 3-1:



Hình 3-21. Kiểm tra độ vuông góc giữa tâm lỗ và mặt đầu.

a – Bằng đồng hồ so.

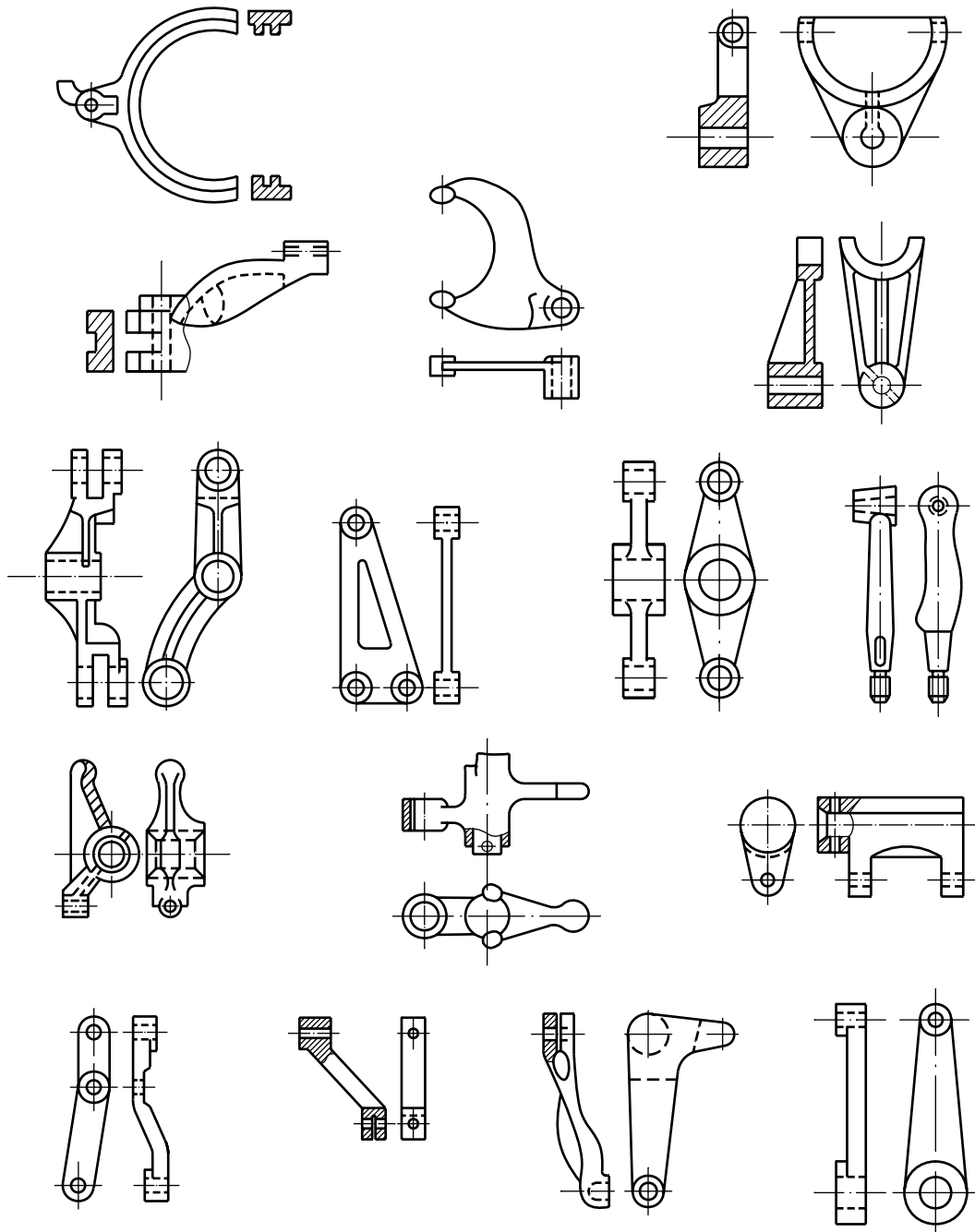
**BẢNG 3-1**

Thứ tự	Nội dung nguyên công
1	Gia công mặt phẳng chuẩn của thân dưới.
2	Khoan và doa hai lỗ chuẩn vuông góc với mặt phẳng chuẩn.
3	Gia công thô mặt lắp ghép và mặt đầu các lỗ lắp ghép của thân dưới.
4	Gia công tinh mặt lắp ghép và mặt đầu các lỗ lắp ghép của thân dưới.
5	Gia công các lỗ trên mặt phẳng lắp ghép.
6	Gia công thô mặt lắp ghép của nắp trên.
7	Gia công lỗ trên mặt chuẩn của thân dưới.
8	Lắp hai nửa hộp và gia công hai lỗ côn định vị.
9	Doa thô và tinh các lỗ lắp ghép.
10	Gia công lại mặt đầu các lỗ lắp ghép.
11	Tổng kiểm tra.

### 3.2 Quy trình công nghệ chế tạo chi tiết dạng càng

Càng là một loại chi tiết có một hoặc một số lỗ cơ bản mà tâm của chúng song song với nhau hoặc tạo với nhau một góc nào đó.

Chi tiết dạng càng thường có chức năng biến chuyển động thẳng của chi tiết này (piston của động cơ đốt trong chẳng hạn) thành chuyển động quay của chi tiết khác (trục khuỷu). Ngoài ra, chi tiết dạng càng còn dùng để đẩy bánh răng (khi cần thay đổi tỉ số truyền trong các hộp tốc độ).



Hình 3-22. Các chi tiết dạng

Trên chi tiết dạng càng ngoài những lỗ cơ bản cần được gia công chính xác, còn có những lỗ dùng để kẹp chặt, các rãnh then, các mặt đầu của lỗ và những yếu tố khác cần được gia công.

Những dạng khác nhau của càng được trình bày trên hình 3-22. Trên hình 3-23 là tay biên ở vị trí lắp ghép trong động cơ đốt trong. Đây là loại chi tiết đặc trưng của các chi tiết dạng càng.

### 3.2.1 Điều kiện kỹ thuật:

Khi chế tạo các chi tiết dạng càng cần đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Kích thước các lỗ cơ bản được gia công với độ chính xác cấp 7 ÷ 9; độ nhám bề mặt  $R_a = 0,63 \div 0,32$ .

- Độ không song song của các tâm lỗ cơ bản trong khoảng  $0,03 \div 0,05$  mm trên 100 mm chiều dài.

- Độ không vuông góc của tâm lỗ so với mặt đầu trong khoảng  $0,05 \div 0,1$  mm trên 100 mm bán kính.

- Độ không song song của các mặt đầu các lỗ cơ bản khác trong khoảng  $0,05 \div 0,25$  mm trên 100 mm bán kính mặt đầu.

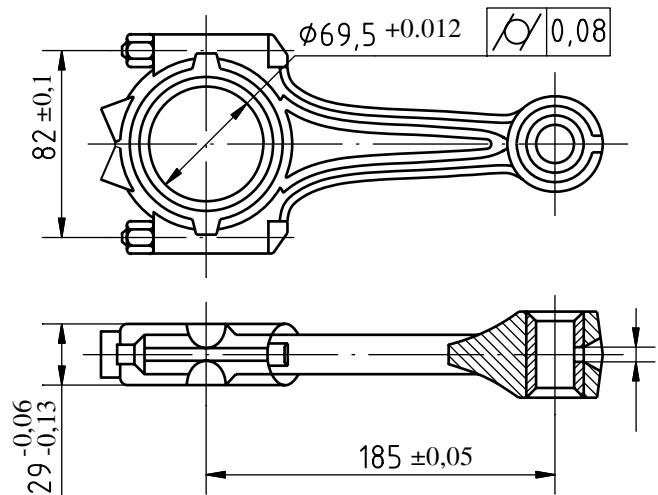
- Các rãnh then được gia công đạt cấp chính xác 8 ÷ 10 và độ nhám  $R_z = 40 \div 10$  hay  $R_a = 10 \div 2,5$ .

- Các mặt làm việc của càng được nhiệt luyện đạt độ cứng  $50 \div 55$  HRC.

### 3.2.2 Vật liệu và phôi:

Vật liệu dùng để chế tạo chi tiết dạng càng thông thường là thép cacbon 20, 40, 45. Thép hợp kim 18CrNiMnA; 18Cr2Ni4A và 40CrMnA có độ bền cao. Các loại gang xám GX12-28, GX 24-44 và gang rèn 37-12, 4-35-10. Đôi khi càng được chế tạo từ kim loại màu.

Với những càng làm việc với tải trọng không lớn, có thể chọn vật liệu là gang xám. Những càng có độ cứng vững thấp, làm việc có va đập thì nên chọn vật liệu gang rèn. Còn



Hình 3-23. Tay biên trong động cơ ô tô

những càng làm việc với tải trọng lớn, để tăng độ bền nên dùng vật liệu là các loại thép có nhiệt luyện.

Các dạng phôi thường dùng chế tạo các chi tiết dạng càng là phôi đúc như : gang, thép, kim loại màu ; phôi rèn ; phôi dập.

- Càng cỡ vừa và nhỏ nếu sản lượng ít, phôi được chế tạo bằng phương pháp rèn tự do, nếu sản lượng lớn dùng phương pháp dập, sau đó ép tinh trên máy ép để vừa tăng cơ tính vừa chống cong vênh cho càng. Tùy theo kết cấu của càng mà có thể dập phôi từng đôi chi tiết một để tăng năng suất. Phôi dập dùng thuận tiện cho các chi tiết càng có mặt đầu lỗ lồi lên. Kết cấu phôi như vậy thì diện tích gia công sau này sẽ giảm.

- Phôi đúc dùng cho càng bằng gang, kim loại màu và cả bằng thép. Tùy theo điều kiện sản xuất và sản lượng mà có thể đúc trong khuôn cát, khuôn kim loại, khuôn mẫu chảy.

- Càng loại lớn nếu sản lượng ít, chủ yếu là dùng phôi hàn, sản lượng nhiều hơn thì kết hợp dùng hàn và dập tấm.

### **3.2.3 Tính công nghệ trong kết cấu của càng:**

Cũng như các dạng chi tiết khác, đối với chi tiết dạng càng tính công nghệ có ý nghĩa quan trọng vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và độ chính xác gia công. Vì vậy, khi thiết kế càng nên chú ý tới kết cấu của nó như :

- Độ cứng vững của càng.
- Chiều dài của các lỗ cơ bản nên bằng nhau và các mặt đầu của chúng cùng nằm trên hai mặt phẳng song song với nhau là tốt nhất.
- Kết cấu của càng nên đối xứng qua một mặt phẳng nào đó. Đối với những càng có các lỗ vuông góc với nhau thì kết cấu phải thuận lợi cho việc gia công các lỗ đó.
- Kết cấu của càng phải thuận lợi cho việc gia công nhiều chi tiết cùng một lúc.
- Hình dáng của càng phải thuận lợi cho việc chọn chuẩn thô và chuẩn tinh thống nhất.

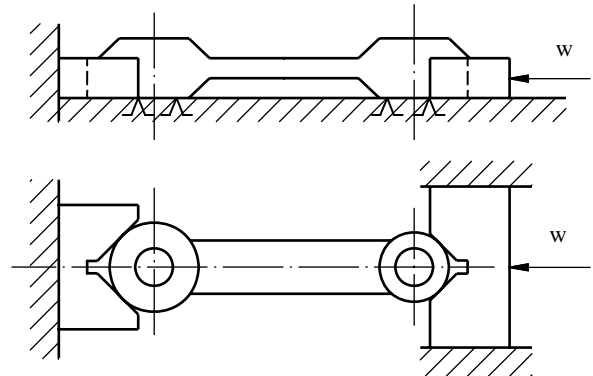
### **3.2.4 Quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết dạng càng.**

#### *1. Chuẩn định vị khi gia công:*

Khi định vị chi tiết càng để gia công, phải bảo đảm được vị trí tương đối của các bề mặt với nhau, của các lỗ với nhau và độ vuông góc của các lỗ với mặt đầu của nó.

Vì vậy chuẩn thô ban đầu được chọn là vành tròn ngoài của lỗ và một mặt đầu của phôi, chọn chuẩn như vậy để gia công mặt đầu bên kia và gia công lỗ cơ bản. Sơ đồ định vị chi tiết càng để thực hiện việc gia công này thể hiện trên hình 3-24.

Theo phương pháp này, chi tiết gia công được định vị bằng mặt đầu phía dưới, vành ngoài của lỗ cơ bản bên trái được định vị trên khối V cố định, vành ngoài của lỗ cơ bản bên phải được định vị bằng khối V di động, lực kẹp  $W$  được tác động qua khối V di động này. Với cách định vị này có thể dùng để gia công mặt đầu bên kia và cũng dùng để gia công lỗ cơ bản của càng. Để bảo đảm độ chính xác thì việc gia công mặt đầu cần được thực hiện trước khi gia công lỗ cơ bản.



Hình 3-24. Sơ đồ gá đặt khi gia công mặt đầu và lỗ cơ bản của thanh truyền.

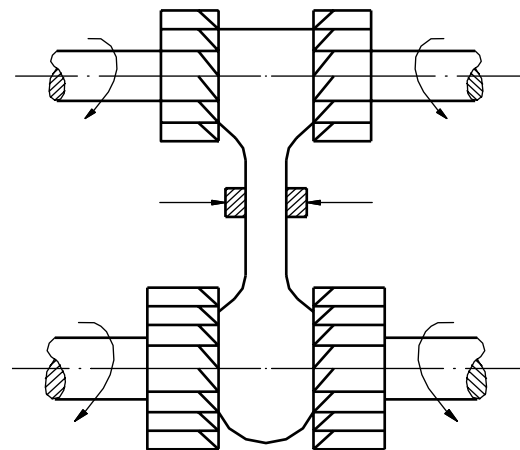
Tuy nhiên, nếu chỉ với mục đích gia công mặt đầu của càng ở nguyên công đầu tiên, có thể chọn phương án định vị vào phần thân càng không gia công. Sơ đồ định vị như vậy thể hiện trên hình 3-25. Theo phương pháp này chi tiết càng thường định vị trên các đồ gá tự định tâm, như vậy mặt đầu của càng sẽ đảm bảo đối xứng qua mặt phẳng, đối xứng của càng và có thể gia công bằng nhiều dao nên năng suất tăng.

Để gia công lỗ cơ bản của càng có thể dùng phương án định vị như trên hình 3-24 đã trình bày. Tuy nhiên, nên thay khối V cố định bằng một cái chụp định vị vào mép trên của vành ngoài như trên hình 3-26.

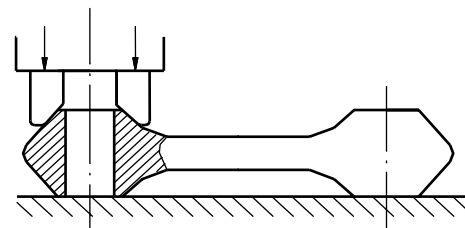
Sau khi có lỗ và mặt đầu đã gia công, chọn chuẩn tinh thống nhất là mặt đầu và hai lỗ cơ bản để gia công các mặt còn lại của càng. Trên hình 3-27 thể hiện sơ đồ định vị khi dùng chuẩn tinh thống nhất là mặt đầu càng tì vào phiến tì khống chế ba bậc tự do, một lỗ càng lồng vào chốt trụ ngắn khống chế hai bậc tự do và một lỗ càng lồng vào chốt trám khống chế một bậc tự do.

Vị trí của các chốt định vị tùy thuộc vào vị trí của bề mặt cần gia công trên càng.

Khi dùng phương án định vị như trên để gia công cần lưu ý một số vấn đề như :



Hình 3-25. Sơ đồ định vị vào thân càng để gia công mặt đầu.



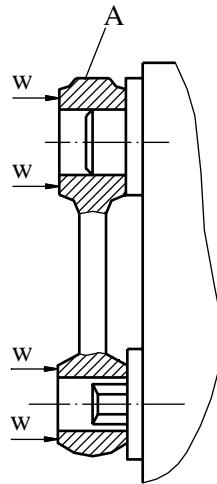
Hình 3-26. Sơ đồ gá đặt để gia công lỗ cơ bản của càng.

- Nếu như các mặt đầu của càng không cùng một độ cao thì lấy mặt đầu lớn làm định vị chính và phải dùng chốt tì phụ tì vào mặt đầu thấp để tăng cứng vững khi gia công.

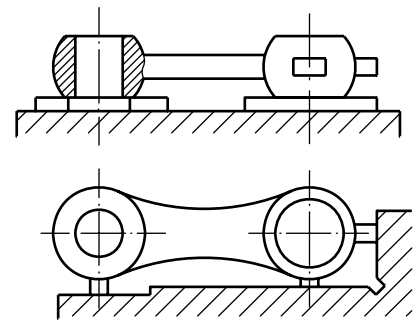
- Khi định vị bằng vành ngoài của lỗ càng trên khối V thì sẽ có sai số định vị bằng sự dịch chuyển tâm của lỗ so với tâm vành ngoài khi đường kính phôi vành ngoài thay đổi. Để loại trừ sai số này có thể dùng các cơ cấu V tự định tâm.

- Càng là loại chi tiết kém cứng vững, để tránh biến dạng chi tiết khi kẹp chặt thì điểm đặt của lực kẹp phải đặt vào các điểm tì hay gần các điểm tì.

Ngoài phương án định vị như trên để gia công càng, trong một số trường hợp có thể dùng chuẩn tinh thống nhất là mặt đầu và các vấu tì phụ (đóng vai trò như chuẩn tinh phụ). Sơ đồ định vị như vậy thể hiện trên hình 3-28.



Hình 3-27. Sơ đồ định vị để gia công càng khi sử dụng chuẩn tinh thống nhất.



Hình 3-28. Sơ đồ gá đặt để gia công lỗ cơ bản của càng khi dùng chuẩn tinh thống nhất là mặt đầu và ba vấu.

Khi thực hiện theo phương án này, sau khi gia công xong mặt đầu càng phải thực hiện gia công ba vấu trên vành ngoài ở hai đầu càng làm chuẩn tinh phụ. Sau khi đã có mặt đầu và chuẩn tinh phụ, dựa vào đó để làm chuẩn thống nhất gia công tất cả các mặt còn lại của càng.

## 2. Thứ tự các nguyên công gia công càng:

Từ sự phân tích chuẩn trên đây, các nguyên công chủ yếu để gia công càng bao gồm:

- Gia công mặt đầu.
- Gia công các vấu chuẩn phụ (nếu có).
- Gia công thô và tinh các lỗ cơ bản.
- Gia công các lỗ khác, các lỗ có ren.
- Cân bằng trọng lượng nếu cần.

- Kiểm tra.

### 3.2.5 Biện pháp thực hiện các nguyên công

#### 1. Gia công mặt đầu

Như trên đã biết, mặt đầu của còng thường lồi lên có diện tích nhỏ rải rác. Các mặt đầu này thường dùng làm chuẩn cho các nguyên công khác.

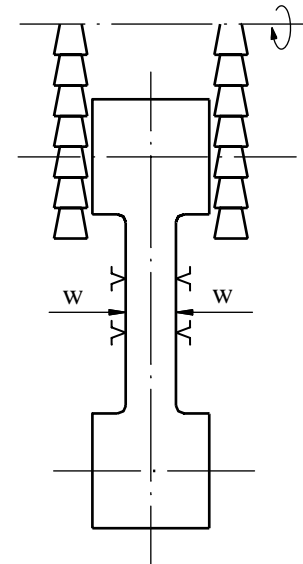
Tùy theo độ chính xác của phôi mà có thể gia công mặt đầu còng bằng mài, chuốt, phay hoặc tiện. Phương pháp bào cũng gia công được nhưng ít dùng vì mặt đầu nhỏ, rải rác nên năng suất thấp.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, nếu phôi có độ chính xác cao thường gia công mặt đầu còng bằng mài hoặc chuốt. Bằng phương pháp này vừa đạt được năng suất cao, vừa đạt được độ chính xác cao.

- Trong sản xuất hàng loạt vừa và nhỏ, gia công mặt đầu còng bằng phay hoặc tiện.

Tuy nhiên, nếu độ chính xác của phôi quá thấp, thì ngay cả trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối vẫn áp dụng phương pháp phay để gia công. Ngoài ra, việc chọn phương pháp để gia công còn phụ thuộc vào lượng dư gia công lớn hay nhỏ, hay nói cách khác là phụ thuộc vào phương pháp chế tạo phôi. Nếu như phôi rèn tự do trong khuôn đơn giản sau đó lại được ép trên máy ép, lượng dư gia công nhỏ thì có thể không dùng phay được mà phải mài. Ngược lại khi lượng dư gia công lớn thì dùng mài sẽ không hợp lý mà phải phay.

Các mặt đầu của còng được gia công từng phía lần lượt trên máy phay nằm ngang hay thẳng đứng bằng một dao như sơ đồ hình 3-24 hoặc cũng phay hai mặt của mỗi đầu trên máy phay ngang bằng một bộ hai dao phay đĩa ba mặt cắt. Lúc đó gá đặt phôi trên các đồ định vị thích hợp và điều chỉnh các mặt tương đối với dao nhờ các dụng cụ chuyên dùng. Trên hình 3-29 trình bày sơ đồ định vị để gia công hai mặt đầu của biên trụ kim máy khâu bằng một bộ hai dao phay đĩa ba mặt cắt trên máy phay nằm ngang. Theo sơ đồ này, để đảm bảo hai mặt đầu đối xứng so với mặt phẳng giữa của biên, chi tiết được định vị vào phần thân biên không gia công.



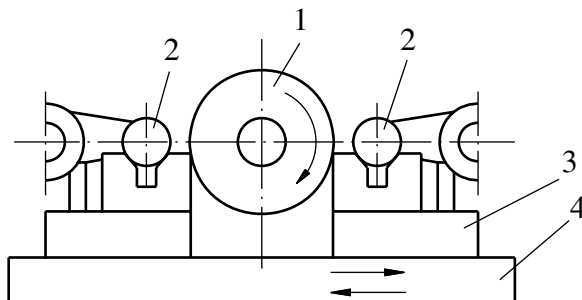
Hình 3-29. Sơ đồ định vị để gia công mặt đầu của biên máy khâu.



Với sơ đồ định vị đó, khi gia công các càng lớn như thế, để nâng cao năng suất có thể dùng máy phay nhiều trục, gia công được cả bốn mặt đầu cùng một lúc như trên hình 3-25.

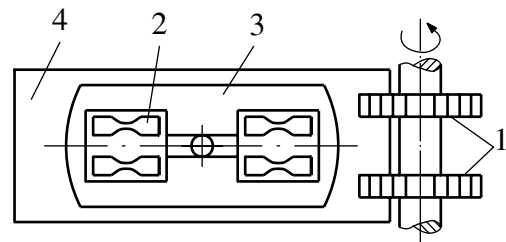
Để tăng năng suất khi phay, có thể dùng đồ gá gia công nhiều chi tiết cùng một lúc (trên bàn máy đặt hai đồ gá giống nhau) và tiến hành gia công theo kiểu chạy dao đi lại (hình 3-30) hoặc các đồ gá đó được đặt lên một bàn quay (hình 3-31).

Lúc này việc gá đặt phôi lên đồ gá được tiến hành theo chu kỳ, nghĩa là trong khi đang cắt gọt chi tiết trên đồ gá thứ nhất thì tiến hành gá lắp phôi mới lên đồ gá thứ hai.



Hình 3-30. Sơ đồ kiểu chạy dao đi lại.

1. Dao phay ; 2. Chi tiết gia công ;  
3. Đồ gá ; 4. Bàn máy.



Hình 3-31. Sơ đồ gá đặt trên bàn quay.

1. Dao ; 2. Chi tiết gia công ;

Mặt đầu của càng cũng có thể gia công bằng phương pháp chuốt. Khi chuốt mặt đầu được gia công riêng từng đầu. Gia công xong đầu lớn rồi mới gia công đầu nhỏ. Máy được dùng là máy chuốt một vị trí hoặc nhiều vị trí. Sau khi gia công xong độ song song mặt đầu có thể đạt tới 0,1 mm.

Trong một số trường hợp yêu cầu độ chính xác cao, thì sau khi phay hoặc chuốt, mặt đầu càng còn phải qua mài trên máy mài phẳng hay máy mài phẳng có bàn quay. Mài các mặt đầu cùng một lúc nếu bề dày bằng nhau, mài xong một phía lật lại mài phía kia. Trường hợp bề dày khác nhau thì mài đầu lớn riêng, đầu nhỏ riêng. Cũng có thể thực hiện mài trên máy mài chuyên dùng để gia công cả hai phía cùng một lúc.

## 2. Gia công thô và tinh các lỗ cơ bản trên càng

Các lỗ cơ bản của càng có yêu cầu chính xác bản thân cao vì nó lắp ghép với chi tiết khác. Nó cũng có yêu cầu chính xác về vị trí tương quan như độ vuông góc với mặt đầu, độ song song của đường tâm các lỗ. Tùy theo sản lượng và điều kiện sản xuất mà có biện pháp gia công thích hợp.

- Trong sản xuất nhỏ, sản lượng ít với mọi cỡ của càng lỗ cơ bản được gia công trên máy khoan đứng, khoan cần hoặc trên máy tiện, máy doa ngang bằng phương pháp lấy dấu và rà gá.

- Trong sản xuất hàng loạt, sản lượng nhiều hơn, các lỗ cơ bản của cang được gia công trên máy khoan đứng, khoan cần hoặc máy khoan có đầu rơvônve bằng phương pháp tự động lấy kích thước nhờ bạc lắp trên phiến dẫn.

Biện pháp thực hiện có những phương án sau :

### Phương án thứ nhất

Gia công một lỗ, sau đó dùng lỗ này làm chuẩn định vị cùng với mặt đầu để gia công các lỗ tiếp theo. Theo phương án này chi tiết được định vị bằng mặt đầu và vành ngoài của mặt đầu (hình 3-24) hoặc bằng mặt đầu và mép trên của vành ngoài (hình 3-26).

Vì chỉ gia công một lỗ nên chỉ cần khống chế 5 bậc tự do, bậc tự do xoay quanh tâm lỗ cần gia công không ảnh hưởng đến độ chính xác cần đạt. Lỗ được gia công qua 3 bước: khoan, khoét, doa. Cũng có thể thay khoét và doa bằng phương pháp chuốt hoặc thay doa bằng nong lỗ.

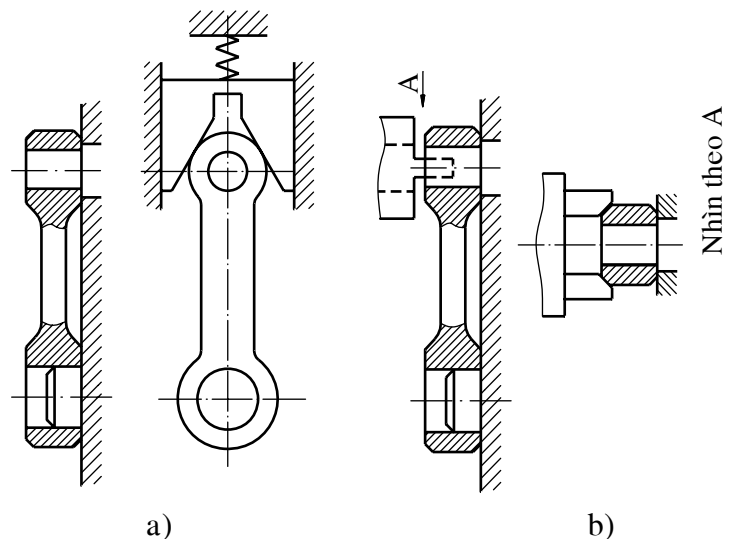
Sau khi đã gia công được 1 lỗ, tiến hành gia công các lỗ tiếp theo. Lúc này chi tiết được định vị bằng mặt đầu, mặt lỗ vừa gia công xong và một mặt nào đó trên thân cang hạn chế nốt bậc tự do xoay. Để hạn chế bậc tự do xoay này có thể dùng khối V tùy động tì vào vành ngoài của mặt đầu cang.

Sơ đồ gá đặt này thể hiện trên hình 3-32.

Theo phương án này khoảng cách tâm của các lỗ được đảm bảo nhờ độ chính xác khoảng cách của tâm chốt định vị và tấm bạc dẫn cho lỗ tiếp theo. Gia công các lỗ tiếp theo cũng phải tuân thủ theo ba bước như đối với lỗ đầu tiên.

### Phương án thứ hai

Gia công lần lượt tất cả các lỗ sau một lần định vị. Theo phương án này, chi tiết gia công phải được định vị đủ 6 bậc tự do: mặt đầu khống chế 3 bậc tự do; khối V tì vào vành ngoài khống chế 2 bậc tự do; khối V tùy động tì



Hình 3-32. Sơ đồ định vị để gia công lỗ tiếp theo của cang .

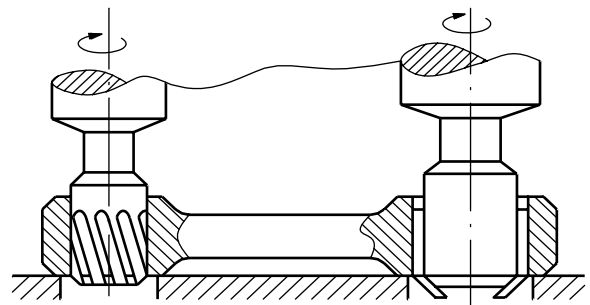
a) Dùng khối V tùy động chống xoay.

b) Dùng vấu côn chống xoay.

vành ngoài không chế 1 bậc tự do (hình 3-24). Vị trí và khoảng cách giữa các lỗ do vị trí các bạc dẫn lắp trên phiến dẫn quyết định. Gia công lần lượt các lỗ theo các bước khoan, khoét, doa trên máy khoan cần bằng cách di chuyển đầu khoan, đồ gá cố định hoặc trên máy khoan đứng bằng cách di chuyển đồ gá.

- Trong sản xuất hàng khối, gia công các lỗ cơ bản được tiến hành trên máy khoan nhiều trục hoặc máy tổ hợp nhiều trục chính. Dùng máy tổ hợp có thể đạt hiệu quả kinh tế cao vì nó có khả năng gia công song song hoặc song song liên tục tất cả các lỗ trong một lần gá. Trên đó, nếu dùng dụng cụ tổ hợp có thể xén được cả mặt đầu của lỗ. Theo phương án này, độ chính xác về vị trí các lỗ bảo đảm tốt, độ song song giữa các lỗ và khoảng cách giữa các lỗ cũng đạt được tốt hơn các phương pháp trên. Hình 3-33 trình bày sơ đồ gia công hai lỗ biên cùng một lúc.

Nếu lỗ có đường kính lớn hơn 30 mm, khi tạo phôi đã có lỗ sẵn, thì trình tự sẽ là tiện rộng (hay khoét), gia công tinh với một số lỗ cần lắp bạc đồng thì sau khi gia công tinh lỗ rồi mới đóng bạc vào, sau đó lại phải gia công tinh lại bạc đồng.



3. Gia công các lỗ có ren, lỗ dễ kẹp chặt Hình 3-33. Sơ đồ gia công hai lỗ biên cùng một lúc.

Thông thường các lỗ này có yêu cầu độ chính xác không cao, thường là cấp 10. Trường hợp dùng đồ định vị đúng vị trí giữa càng với một bộ phận khác, các lỗ này phải gia công đạt cấp chính xác 7. Ví dụ như lỗ định vị giữa thân biên và nắp biên. Việc gia công các lỗ này thường được tiến hành sau khi gia công các mặt đầu và một hoặc các lỗ cơ bản (sơ đồ định vị có thể như hình 3-27). Đối với các lỗ có yêu cầu độ chính xác không cao thì dùng phương pháp khoan. Còn những lỗ có yêu cầu chính xác phải khoan, khoét, doa. Tùy theo sản lượng mà trên cơ sở của sơ đồ định vị thiết kế các đồ gá, các thiết bị có năng suất phù hợp.

#### 4. Kiểm tra các chi tiết dạng càng

Đối với các chi tiết dạng càng, ngoài việc kiểm tra đường kính lỗ và bề dày của các đầu càng còn phải kiểm tra khoảng cách của tâm các lỗ cơ bản, độ vuông góc giữa mặt đầu và đường tâm lỗ, độ không song song giữa các tâm lỗ.

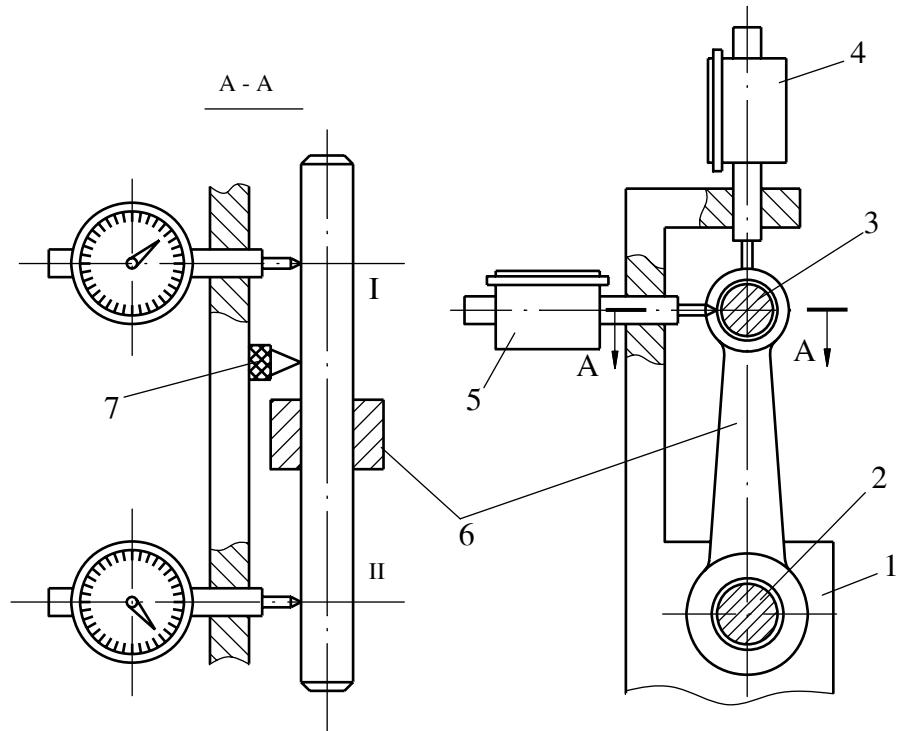
- Đường kính các lỗ cơ bản được kiểm tra bằng thước cặp, calíp hoặc đồng hồ đo lỗ.
- Độ không song song giữa các đường tâm lỗ được kiểm tra bằng đồng hồ so với đồ gá như hình 3-34.

Lắp càng kiểm tra 6 lên chốt định vị 2 qua lỗ thứ nhất. Chốt 2 được cố định trên thân 1 (cũng có thể đặt lên hai khối V). Lồng trục kiểm 3 vào lỗ thứ hai của càng. Quay càng

quanh chốt định vị 2 cho đến khi trục kiểm 3 chạm vào cỡ từ 7. Hiệu số của hai đồng hồ 4 và 5 ở hai vị trí I, II biểu hiện độ không song song của hai lỗ còng theo hai phương đứng và ngang. Đo khoảng cách giữa chốt định vị và trục kiểm tra biết khoảng cách hai lỗ.

Vị trí đường tâm các lỗ dưới một góc được kiểm tra bằng đồ gá chuyên dùng.

Độ vuông góc giữa lỗ và mặt đầu của còng được kiểm tra bằng đồ gá chuyên dùng và đồng hồ so.



Hình 3-34. Sơ đồ kiểm tra độ không song song hai lỗ còng.

Sơ đồ kiểm tra được trình bày trên hình 10-35.

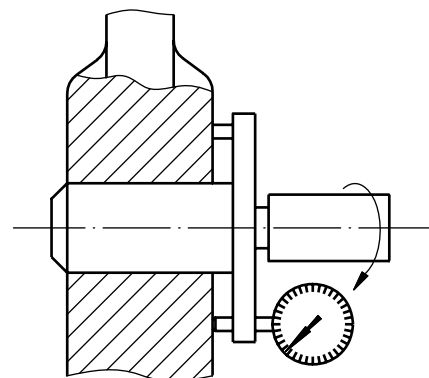
Lắp trục tâm vào lỗ của còng, quay trục tâm một vòng. Số chỉ độ chênh của đồng hồ so cho biết độ không vuông góc với bán kính từ mũi từ của đồng hồ so với tâm quay.

Tùy theo sản lượng và độ chính xác yêu cầu mà thiết kế đồ gá chuyên dùng hay sử dụng một số thiết bị kiểm tra vạn năng có độ chính xác phù hợp.

### 3.2.6 Quy trình công nghệ gia công biên

Biên của động cơ đốt trong (hình 3-23) là một trong những chi tiết điển hình của còng, nó có yêu cầu kỹ thuật cao, lại có hình dáng kém cứng vững, đồng thời trong quá trình chế tạo phải lắp với nắp biên.

Sau đây, giới thiệu quy trình công nghệ gia công biên động cơ ô tô vận tải hình 3-23.



Hình 3-35. Sơ đồ kiểm tra độ vuông góc của lỗ và mặt đầu còng.

Quy trình được trình bày ở bảng 3-2.

**BẢNG 3-2. QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BIÊN ĐỘNG CƠ ÔTÔ**

<i>Thứ tự nguyên công</i>	<b>Tên nguyên công</b>	<b>Máy</b>
1	Mài sơ bộ hai mặt đầu	Máy mài phẳng có bàn quay tự động, kẹp bằng điện từ
2	Khoan, khoét lỗ đầu nhỏ	Máy khoan đứng nhiều trục
3	Chuốt lỗ đầu nhỏ	Máy chuốt đứng
4	Chuốt mặt bán nguyệt và mặt lắp ghép với nắp biên	Máy chuốt đứng
5	Chuốt mặt nắp đầu bulông	Máy chuốt đứng
6	Gia công thô lỗ lắp bulông	Máy phay, khoan, tổ hợp hai phía
7	Khoan những lỗ nhỏ ở đầu to và vát mép	Máy tổ hợp 3 trục
8	Mài mặt nắp	Máy mài phẳng có bàn quay 2 trục
9	Lắp nắp biên và thân biên	Bàn nguội
10	Khoan, doa lỗ bulông	Máy khoan đứng nhiều trục
11	Mài mặt đầu cả hai bên	Máy mài phẳng bàn nam châm quay
12	Khoét và doa lỗ đầu to	Máy khoan đứng nhiều trục
13	Ép bạc vào lỗ nhỏ	Máy ép
14	Sửa bạc sau khi ép	Máy khoan đứng hoặc máy ép
15	Mài hoặc tiện kim cương lỗ đầu to	Máy mài lỗ hoặc máy doa kim cương
16	Mài khôn lỗ đầu to	Máy khôn đứng
17	Kiểm tra	Các dụng cụ và trang bị thích hợp

### 3.3 Quy trình công nghệ gia công các chi tiết dạng trục

Các chi tiết dạng trục là loại chi tiết được dùng rất phổ biến trong ngành chế tạo máy. Chúng có bề mặt cơ bản cần gia công là mặt tròn xoay ngoài. Mặt này thường dùng làm mặt lắp ghép (hình 3-36). Tùy theo kết cấu mà có thể chia các chi tiết dạng trục ra các loại sau :

- Trục trơn : trên suốt chiều dài của trục chỉ có một kích thước đường kính  $d$ . Khi  $L/d < 4$ : trục trơn ngắn;  $L/d = 4 \div 10$ : trục trơn thường;  $L/d > 10$ : trục trơn dài.

- Trục bậc: trên suốt chiều dài  $L$  của trục có một số kích thước đường kính khác nhau. Trên trục bậc có thể còn có rãnh then hoặc then hoa, hoặc có ren.

- Trục rỗng: loại trục rỗng giữa có tác dụng giảm trọng lượng và cũng có thể làm mặt lắp ghép.

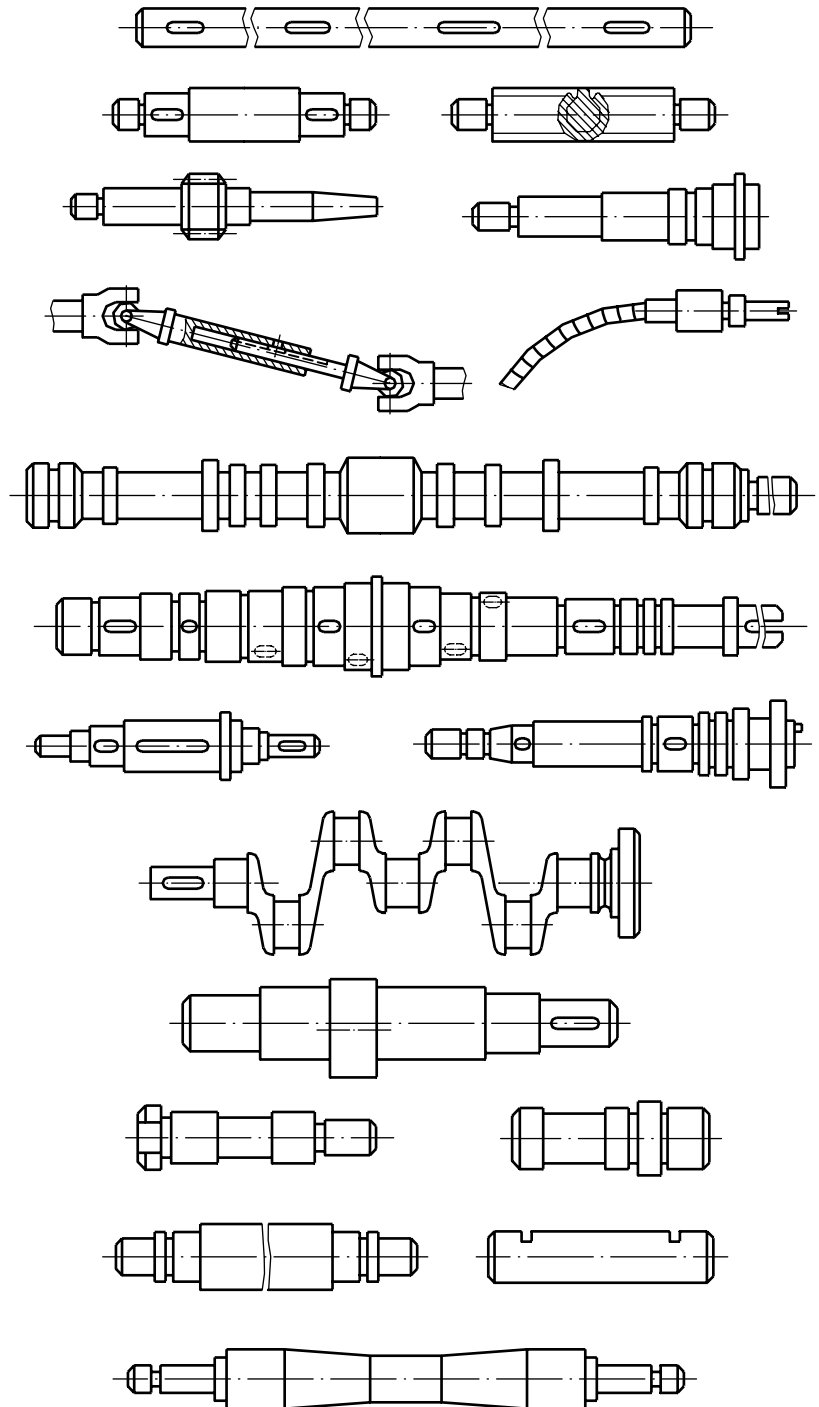
- Trục răng: loại trục mà trên đó có bánh răng liên trục.

- Trục lệch tâm là loại trục có những cổ trục không cùng nằm trên một đường tâm như trục khuỷu.

#### 3.3.1 Điều kiện kỹ thuật chi tiết dạng trục

Khi chế tạo các chi tiết dạng trục cần bảo đảm các điều kiện kỹ thuật sau:

- Kích thước đường kính các cổ lắp ghép yêu



Hình 3-36. Các chi tiết dạng trục

cầu cấp chính xác  $7 \div 10$ , trong một số trường hợp cần đạt cấp 5.

- Độ chính xác về hình dáng hình học như độ côn, độ ô van của các trục nằm trong giới hạn  $0,25 \div 0,5$  dung sai đường kính cổ trục.
- Bảo đảm dung sai chiều dài mỗi bậc trục trong khoảng  $0,05 \div 0,2$  mm.
- Độ đảo của các cổ trục lắp ghép không vượt quá  $0,01 \div 0,03$  mm.
- Độ không song song của các rãnh then hay then hoa đối với tâm trục không vượt quá 0,01 mm trên 100mm chiều dài.
- Độ nhám của các cổ trục lắp ghép đạt  $R_a = 1,25 \div 1,16$ , của các mặt đầu  $R_z = 40 \div 20$  và bề mặt không lắp ghép  $R_z = 80 \div 40$ .

Về tính chất cơ lý của bề mặt trục như độ cứng bề mặt, độ thấm tôi tùy từng trường hợp cụ thể mà đặt điều kiện kỹ thuật.

Ngoài ra đối với một số trục làm việc với tốc độ cao còn có yêu cầu cân bằng tĩnh và cân bằng động.

### 3.3.2 Vật liệu và phôi chế tạo trục

Vật liệu để chế tạo các chi tiết dạng trục bao gồm thép cacbon như thép 35, 40, 45; thép hợp kim như thép crôm, crôm-niken; 40X; 40Γ ; 50Γ v.v... Các chi tiết trục máy cán, trục khuỷu có thể chế tạo bằng gang có độ bền cao.

Việc chọn phôi để chế tạo trục phụ thuộc vào hình dáng, kết cấu và sản lượng của loại trục đó. Ví dụ với trục trơn thì tốt nhất là dùng phôi thanh. Với trục bậc có đường kính chênh nhau không lớn lắm thường dùng phôi cán nóng.

Trong sản xuất nhỏ và đơn chiếc, phôi của trục được chế tạo bằng cách rèn tự do hoặc rèn tự do trong khuôn đơn giản, đôi khi có thể dùng phôi cán nóng. Phôi của trục lớn được chế tạo bằng cách rèn tự do hoặc hàn ghép từng phần lại.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, phôi của trục được chế tạo bằng dập nóng trên máy dập hoặc ép trên máy ép, với trục bậc có thể rèn trên máy rèn ngang và cũng có thể được chế tạo bằng phương pháp đúc.

Phôi trục bằng gang có độ bền cao được chế tạo bằng phương pháp đúc. Phôi đúc cho phép giảm lượng dư và khối lượng gia công trong quá trình chế tạo.

Thông thường trước khi gia công, việc gia công chuẩn bị phôi được tiến hành ở phân xưởng chuẩn bị phôi. Nếu là phôi thanh thì quá trình chuẩn bị phôi bao gồm các bước nắn thẳng, cắt đứt phôi thành từng đoạn, gia công lỗ tâm. Còn nếu là phôi rèn, phôi dập, phôi đúc thì các bề mặt, đầu ngót, đầu rút được làm sạch trước khi đem gia công cơ. Đôi khi việc gia công các chuẩn tinh phụ cũng được thực hiện tại phân xưởng chuẩn bị phôi.

### 3.3.3 Tính công nghệ trong kết cấu của trục

Khi thiết kế chi tiết dạng trục cần phải chú ý đến các vấn đề sau:

- Các bề mặt trên trục có khả năng gia công được bằng các dao thông thường.
- Đường kính các cổ trục nên giảm dần về hai đầu.
- Giảm đường kính trục đến mức có thể mà vẫn bảo đảm mọi chức năng làm việc của nó.
- Nghiên cứu khả năng thay rãnh then kín bằng rãnh then hở để nâng cao năng suất gia công.
- Nghiên cứu khả năng gia công trục trên các máy thủy lực.
- Xem xét đến độ cứng vững của trục khi gia công. Trong những trường hợp gia công đồng thời bằng nhiều dao thì tỉ số  $L/D$  phải nhỏ hơn 10.

Một vấn đề nữa cũng cần chú ý là quy trình công nghệ chế tạo trục trơn khác hẳn trục bậc về tính đơn giản và tính kinh tế, vì vậy cần nghiên cứu khả năng thay trục bậc bằng trục trơn.

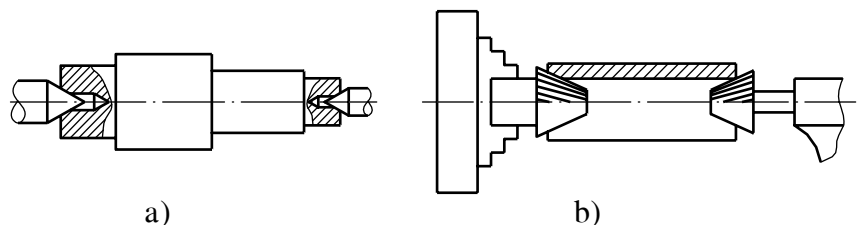
### 3.3.4 Quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết dạng trục

#### 1. Chuẩn định vị

Đối với các chi tiết dạng trục yêu cầu về độ đồng tâm giữa các cổ trục là rất quan trọng. Để đảm bảo yêu cầu này, khi gia công trục cần phải dùng chuẩn tinh thống nhất.

Chuẩn thống nhất khi gia công các chi tiết dạng trục là hai lỗ tâm côn ở hai đầu của trục. Dùng hai lỗ tâm côn làm chuẩn, có thể hoàn thành việc gia công thô và tinh hầu hết các bề mặt của trục. Sơ đồ định vị trên hai mũi tâm thể hiện trên hình 3-37.

Có thể dùng mũi tâm thường như hình 3-37a. Đối với trục rỗng, dùng mũi tâm có khía nhám như hình 3-37b. Dùng lỗ tâm làm chuẩn có thể gia công tất cả các mặt ngoài, phay rãnh then, then hoa, ren trên



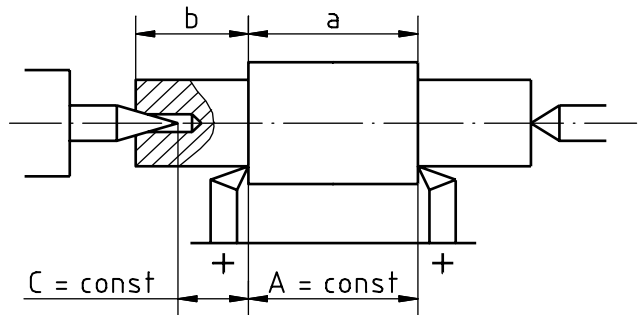
Hình 3-37. Sơ đồ định vị trục bằng hai lỗ tâm trên hai mũi tâm  
a. Hai mũi tâm thường. b. Hai mũi tâm có khía nhám.

trục. Khi dùng hai lỗ tâm làm chuẩn và định vị trên hai mũi tâm để gia công mặt ngoài, sẽ không có sai số chuẩn cho kích thước đường kính các cổ trục vì lúc đó chuẩn định vị trùng với chuẩn đo lường (chuẩn đó chính là tâm quay). Nhưng sẽ có sai số chuẩn theo hướng



trục nếu như mũi tâm bên trái là mũi tâm cứng khi gia công các bậc trục theo phương pháp điều chỉnh sẵn dao đạt kích thước.

Nguyên nhân là do trong quá trình chế tạo hai lỗ tâm ở nguyên công trước có sai số về chiều sâu của lỗ tâm, trong khi đó mũi dao được điều chỉnh cách mũi tâm bên trái một kích thước không đổi. Điều đó dẫn đến kích thước từ mũi dao đến mặt đầu bên trái của trục (kích thước chiều dài một bậc trục, kích thước b) sẽ thay đổi nếu lỗ tâm của trục sâu, nông khác nhau (hình 3-38).



Hình 3-38. Sơ đồ định vị trên hai mũi tâm khi gia công theo điều chỉnh sẵn dao.

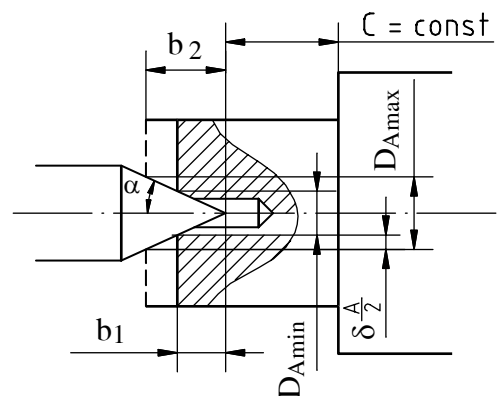
Có thể tính toán được sai số chuẩn theo chiều trục  $\epsilon_{cb}$ , sai số này dẫn đến sai số kích thước của bậc trục b. Khi phôi có lỗ tâm sâu nhất  $D_{Amax}$  sẽ tạo ra  $b_2$ , khi phôi có lỗ tâm nông nhất  $D_{Amin}$  sẽ tạo ra  $b_1$  (hình 3-39)

$$\epsilon_{cb} = \Delta b = b_2 - b_1 = \frac{\delta A}{2tg\alpha} = \frac{D_{Amax} - D_{Amin}}{2tg\alpha}$$

Trong đó:  $\delta A$  - dung sai đường kính phần côn của lỗ tâm,  $\alpha$  - góc ở đỉnh côn của lỗ tâm ( $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ).

Sai số chuẩn theo chiều trục ảnh hưởng đến dung sai kích thước cần đảm bảo theo chiều trục trên các bậc trục mà chuẩn đo lường là mặt đầu.

Để khắc phục sai số này, dùng chốt tì vào mặt đầu và mũi tâm tùy động (mũi tâm có lò xo đẩy). Sơ đồ định vị trục trên mũi tâm tùy động được trình bày trên hình 3-40.

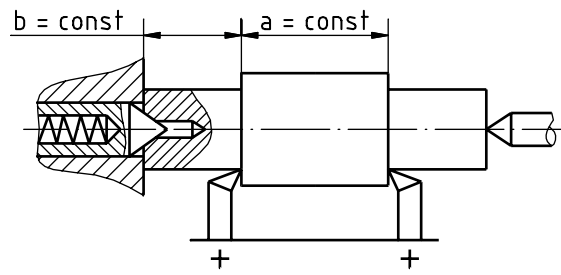


Hình 3-39. Sơ đồ tính toán sai số chuẩn  $\epsilon_{cb}$  theo chiều trục khi định vị trên hai mũi tâm.

Nếu chuẩn đo lường khi gia công bậc trục không phải là mặt đầu mà là một yếu tố khác của phôi, thì sai số chuẩn được xác định bằng dung sai kích thước liên quan giữa mặt đầu và chuẩn đo lường.

Khi dùng hai tâm làm chuẩn thì phải dùng tốc kẹp vào mặt ngoài ở phía đầu trục bên trái để truyền mômen xoắn. Có thể dùng loại tốc thẳng (khi mài) hoặc tốc cong (khi tiện). Khi dùng phương pháp gia công nhiều dao, đối với trục dài có thể truyền mômen xoắn từ cả hai đầu trục.

Kết cấu của hai mũi tâm sử dụng khi gia công có thể cố định khi số vòng quay của chi tiết gia công nhỏ, còn nếu số vòng quay chi tiết lớn hơn 500 vòng/phút, thì việc cho dầu mỡ vào chỗ chống tâm khó khăn làm mũi tâm chóng mòn hoặc cháy gây nên sai lệch hình dáng cho chi tiết, lúc này phải dùng mũi tâm sau quay cùng với chi tiết. Khi gia công những trục có độ cứng vững kém phải thêm từ phụ như luynet (khi tiện) và các chốt từ phụ (khi phay).



Hình 3-40. Sơ đồ định vị trục trên mũi tâm tùy động.

- Ngoài hai lỗ tâm cũng có thể lấy chuẩn là mặt ngoài của trục để gia công các mặt ngoài của bậc trục khác; gia công các rãnh then, then hoa, mặt đầu cũng như các mặt khác trên trục. Biện pháp thực hiện có thể là cặp trên mâm cặp 3 chấu, 4 chấu, ống kẹp, mâm tự kẹp hoặc gá trên khối V tùy theo bề mặt gia công là tròn xoay hay bề mặt có một vị trí tương quan so với đường tâm trục. Định vị như vậy sẽ có sai số chuẩn hướng kính và hướng trục.

- Đối với các trục rỗng khi gia công tinh mặt ngoài chi tiết được định vị bằng mặt trong lỗ đã gia công để đảm bảo độ đồng tâm giữa mặt trong và mặt ngoài.

- Ngoài ra, để gia công trục có thể dùng chuẩn phối hợp cả mặt ngoài và lỗ tâm. Khi đó trục được cặp vào mâm cặp hoặc ống kẹp ở một đầu và ở đầu kia lỗ tâm được chống trên mũi tâm.

Trên cơ sở của việc chọn chuẩn định vị cho các chi tiết dạng trục, cần có biện pháp công nghệ và thứ tự gia công các bề mặt thích hợp với kết cấu của từng loại trục.

## 2. Thứ tự các nguyên công và biện pháp công nghệ

### A. Thứ tự gia công các bề mặt

Thứ tự gia công các bề mặt trục trơn và trục bậc cũng có thể coi là đại diện cho các chi tiết dạng trục. Việc lập trình tự gia công các bề mặt và chọn thiết bị cho các chi tiết dạng trục phụ thuộc vào các yếu tố cơ bản như hình dáng, kích thước, độ cứng vững, yêu cầu độ chính xác đạt được cũng như sản lượng hàng năm. Khi chế tạo các trục trơn và trục bậc có thể chia ra các giai đoạn chính sau:

#### a. Gia công chuẩn bị

- Cắt đứt phôi theo kích thước chiều dài hoặc bội số của chiều dài trên máy nhiều trục hoặc máy cắt đứt tự động chuyên dùng, máy cửa, cũng có thể cắt đứt trên máy tiện.

- Khôa hai mặt đầu và khoan hai lỗ tâm. Nếu trục dài phải dùng luynet thì cần phải có nguyên công gia công cổ đỡ.

*b. Gia công trước nhiệt luyện*

- Tiện thô và bán tinh các mặt trụ trên máy tiện (thường dùng hai lần gá để gia công hai đầu).

- Mài thô các mặt trụ. Nếu là trục rỗng thì sau khi tiện thô và bán tinh phải khoan và doa lỗ rồi mới gia công tinh mặt ngoài.

- Mài thô một số cổ trục để đỡ chi tiết khi phay.

- Nắn thẳng trục có  $\phi < 100$  và  $L/D > 10$

- Gia công các mặt định hình, rãnh then, rãnh chốt, răng trên trục.

- Gia công các lỗ vuông góc hoặc làm thành một góc với đường tâm trục, gia công các mặt có ren, mặt không quan trọng.

*c. Nhiệt luyện.*

*d. Nắn thẳng sau khi nhiệt luyện để khắc phục biến dạng.*

*e. Gia công tinh sau khi nhiệt luyện.*

- Mài thô và tinh các cổ trục.

- Mài thô và tinh các mặt định hình (nếu có).

- Đánh bóng.

- Tổng kiểm tra.

**B. Biện pháp thực hiện các nguyên công chính**

*a. Khôa mặt đầu và khoan lỗ tâm.*

Khi chế tạo các trục có chiều dài  $L > 120\text{mm}$  từ phôi dập hoặc phôi thanh thì hai lỗ tâm được dùng làm chuẩn định vị. Sau khi cắt đứt phôi thì khôa mặt đầu và khoan lỗ tâm phải được thực hiện tiếp theo ngay. Công việc này được thực hiện theo các phương pháp sau:

Trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ thường phay hai mặt đầu của trục, sau đó lấy dấu rồi khoan lỗ tâm theo dấu. Cũng có thể gá trục lên mâm cặp, tiện mặt đầu, khoan tâm, sau đó đổi đầu để gia công phía còn lại.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, việc khôa mặt đầu và khoan lỗ tâm được thực hiện theo một trong ba cách như sau:

+ Phay mặt đầu trên máy phay có tang quay, sau đó khoan lỗ tâm trên máy khoan hai phía.

+ Phay mặt đầu trên máy phay nằm ngang và gia công lỗ tâm trên máy chuyên dùng. Hình 3-41 là sơ đồ gia công mặt đầu của trục trên máy phay nằm ngang trong dạng sản xuất hàng loạt. Sau mỗi lần chuyển dao tại vị trí II lấy ra được một trục gia công xong cả hai đầu, trục ở vị trí I được chuyển sang vị trí II để cắt đầu thứ hai, còn trong vị trí I phôi mới được đặt vào để cắt đầu thứ nhất.

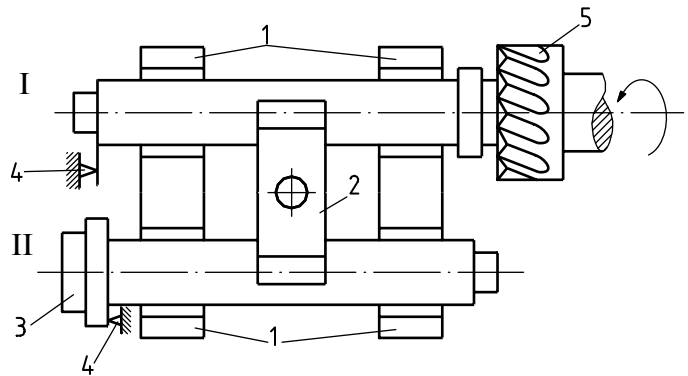
Theo hai cách trên đây việc khóa mặt, khoan tâm được chia thành hai nguyên công.

+ Cách thứ ba là trên một nguyên công đồng thời phay mặt đầu và khoan lỗ tâm ở cả hai phía trên máy chuyên dùng. Cách này dùng trong dạng sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối. Sơ đồ gia công theo cách này được trình bày trên hình 3-42.

Chi tiết gia công được định vị trên khối V, chuyển động dọc trục được không chế bằng chốt tì áp vào mặt đầu của bậc trục. Để phay xong cả hai mặt đầu bằng hai dao, bàn máy mang vật dịch chuyển  $A_1$  rồi dừng lại ở vị trí khoan tâm, lúc này các trục chính mang mũi khoan tâm thực hiện chuyển động quay và  $B_1$  để cùng khoan tâm ở cả hai đầu. Sau khi làm xong, trục chính thực hiện dịch ra  $B_2$ , bàn máy thực hiện chuyển động  $A_2$  để về vị trí tháo chi tiết và gá phôi mới. Máy dạng này là chuyên dùng, bán tự động kí hiệu MP76M. Bàn máy kiểu tang trống có 3 vị trí:

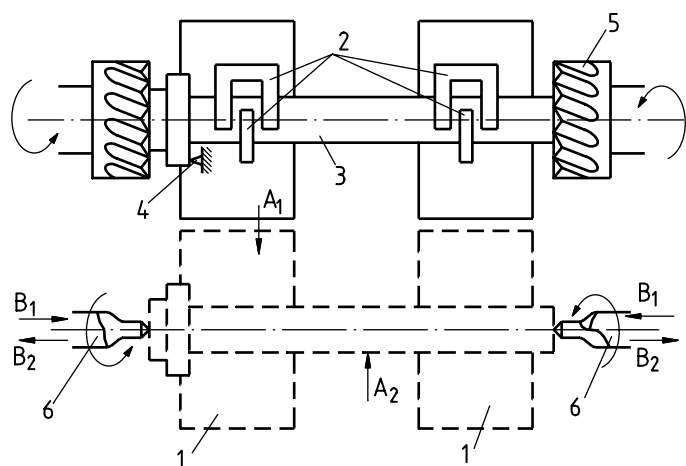
- Vị trí I dùng để gá và tháo phôi.

- Vị trí II thực hiện phay mặt đầu.



Hình 3-41. Sơ đồ gia công mặt đầu trục trên máy phay ngang.

- 1) Khối V định vị 2) Khối V kẹp chặt 3) Chi tiết gia công 4) Chốt tì 5) Dao phay.



Hình 3-42 sơ đồ gia công đồng thời mặt đầu và lỗ tâm trục trên máy chuyên dùng.

- 1) xe dao; 2) các khối V định vị và kẹp chặt; 3) chi tiết

- Vị trí III thực hiện khoan tâm với mũi khoan chuyên dùng.

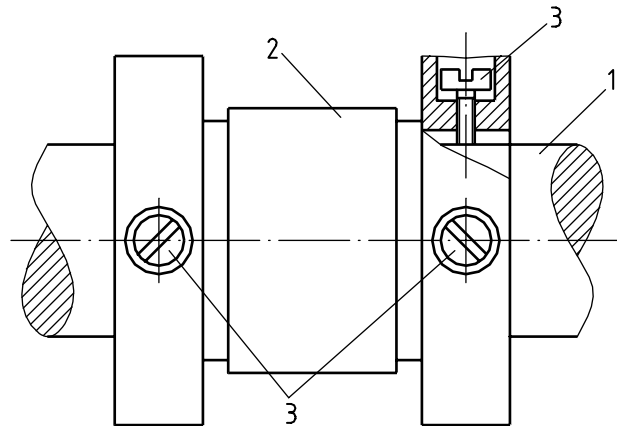
Mỗi vị trí được xác định bằng cách quay bàn máy đi  $120^\circ$ .

*b. Tiện thô và tinh mặt trụ của các bậc trục*

Công việc tiện thô và tinh được thực hiện trên một trong các loại máy như: máy tiện vạn năng thông thường, máy tiện có trang bị bàn dao chép hình thủy lực, máy bán tự động chép hình thủy lực, máy tiện một trục nhiều dao.

Chọn loại máy nào để gia công phụ thuộc vào điều kiện sản xuất và sản lượng của chi tiết.

- Trong sản xuất nhỏ và đơn chiếc, với phôi trục từ cán hoặc rèn tự do tùy theo hình dáng bên ngoài và kích thước của trục cũng như tỉ lệ giữa các đường kính lớn, nhỏ mà tiến hành tiện liên tục các bậc trên máy tiện vạn năng. Khi đó việc gia công lỗ tâm trên các trục lớn được làm theo dấu. Nếu thực hiện trên máy tiện thì trục được kẹp một đầu vào mâm cặp, còn đầu kia đỡ vào luynet. Muốn thực hiện định vị như vậy trước tiên phải gia công cổ đỡ luynet. Việc đỡ luynet còn dùng như một tì phụ để tăng cứng vững khi gia công trục có L/D lớn. Tuy nhiên đối với trục có đường kính nhỏ hơn 200 mm, để không phải gia công cổ đỡ luynet, đôi khi dùng ống điều chỉnh chuyên dùng. Ống được kẹp lên cổ không gia công và mặt ngoài ống được định vị trong luynet. Để tâm của ống trùng với chi tiết gia công phải điều chỉnh các vít đầu chìm 3. Kết cấu ống điều chỉnh này được trình bày trên hình 3-43.



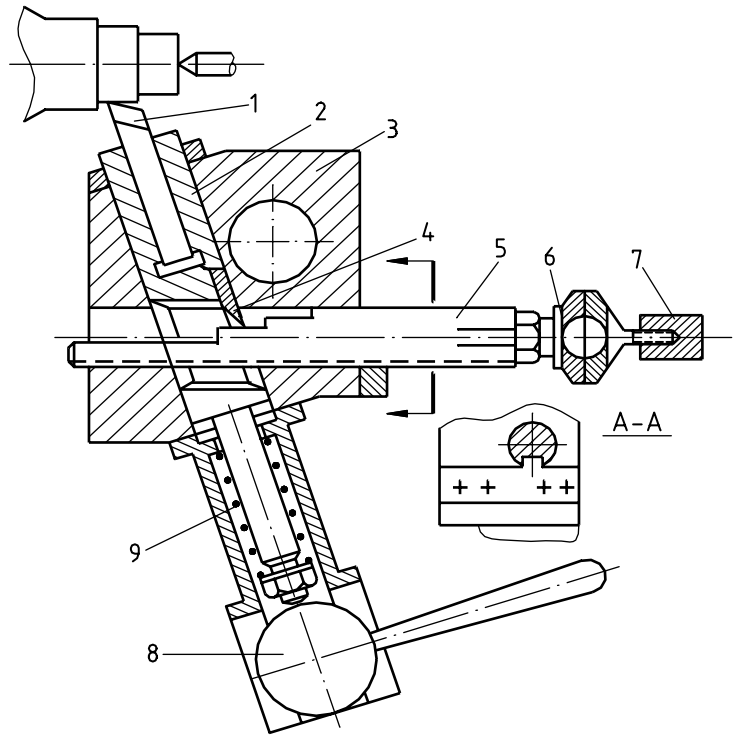
Hình 3-43. Ống điều chỉnh để định vị phôi vào luynet.

1) Chi tiết gia công 2) Cổ ống để tựa vào luynet 3) Vít điều chỉnh (vít đầu chìm) .

Để tạo thành các bậc trục có thể cắt theo lớp, theo đoạn hoặc hỗn hợp bằng phương pháp tiện. Nếu sản lượng nhiều hơn một chút, có thể thực hiện cắt dần từng bậc trên nhiều máy khác nhau.

- Trong sản xuất hàng loạt nhỏ, mặt trụ ngoài của trục được gia công trên máy tiện thông thường có trang bị thêm các thiết bị chép hình thủy lực. Trên hình 3-44 trình bày một đồ gá tiện chép hình trên máy tiện vạn năng với cơ cấu chép hình bằng cơ khí.

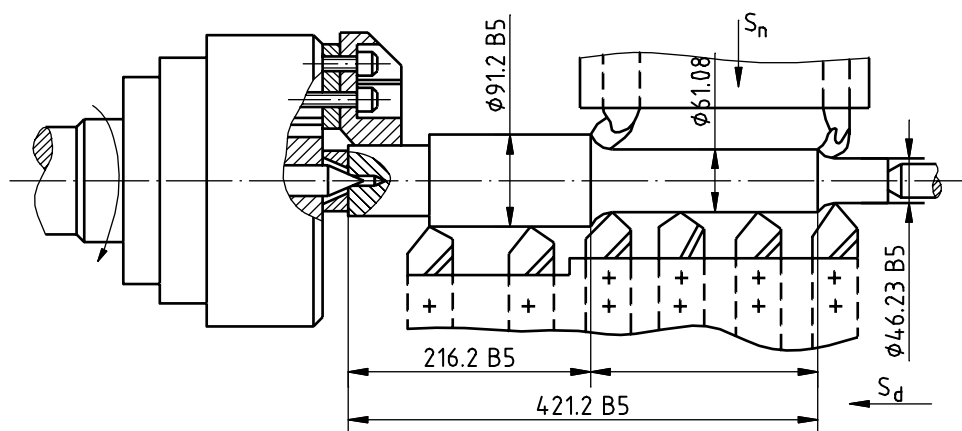
Nhờ có lò xo 9 luôn đẩy vào cán con trượt 2, do đó đẩy con trượt 2 xuống dưới, làm cho mũi tì 4 luôn tì sát vào mặt định hình của đường 5. Khi cho bàn dao chạy về trái dao 1 được gá trên con trượt 2 sẽ cắt ra được các bậc của trục phù hợp với bậc trên đường 5. Khi cắt hết chiều dài các bậc trục, mũi dò bị tụt xuống phần thấp trên đường, lò xo đẩy cả con trượt có mang dao xuống dưới, dao được rút ra khỏi phôi. Muốn đưa mũi dò về vị trí ban đầu phải tháo chi tiết rồi quay bánh lệch tâm để đẩy con trượt cùng mũi dò lên trên và chạy bàn dao về phía phải để điều chỉnh 7 và khớp bản lề 6 để điều chỉnh vị trí chiều dọc bậc trục cần gia công.



Hình 3-44. Đồ gá tiện chép hình trục bậc.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, việc gia công các mặt trụ của trục được tiến hành trên máy bán tự động một trục nhiều dao hoặc nhiều trục nhiều dao. Sơ đồ gia công trục bậc trên máy bán tự động 1A730 (của Liên Xô) được trình bày trên hình 3-45.

1) Dao cắt; 2) Con trượt; 3) Vỏ đồ gá; 4) Mũi tì được kẹp chặt vào con trượt; 5) Đường chép hình; 6) Khớp bản lề; 7) Êcu điều chỉnh; 8) Bánh lệch tâm; 9) Lò xo.



Hình 3-45. Sơ đồ tiện trên máy bán tự động 1A730 nhiều dao, một trục chính.

Trên máy chỉ có một trục chính và 2 bàn dao, bàn dao trước bố trí nhiều dao trên mỗi bậc trục thực hiện chạy dọc  $S_d$  và bàn dao sau bố trí dao tiện các vai trục thực hiện chạy ngang  $S_n$ .

Khi tiện nhiều dao trên máy một trục năng suất đã hơn hẳn loại một dao. Với những trục lớn và vừa, khi sản xuất hàng khối có thể gia công trên máy tiện nhiều trục, nhiều dao. Năng suất gia công trên máy này sẽ khá lớn. Sơ đồ gia công trên máy tiện 6 trục đứng bằng nhiều dao thể hiện trên hình 3-46.

Cách tiến hành gá đặt chi tiết gia công như sau:

Ở vị trí I lắp 3 trục.

Ở vị trí II lắp 3 trục ngược đầu với vị trí I.

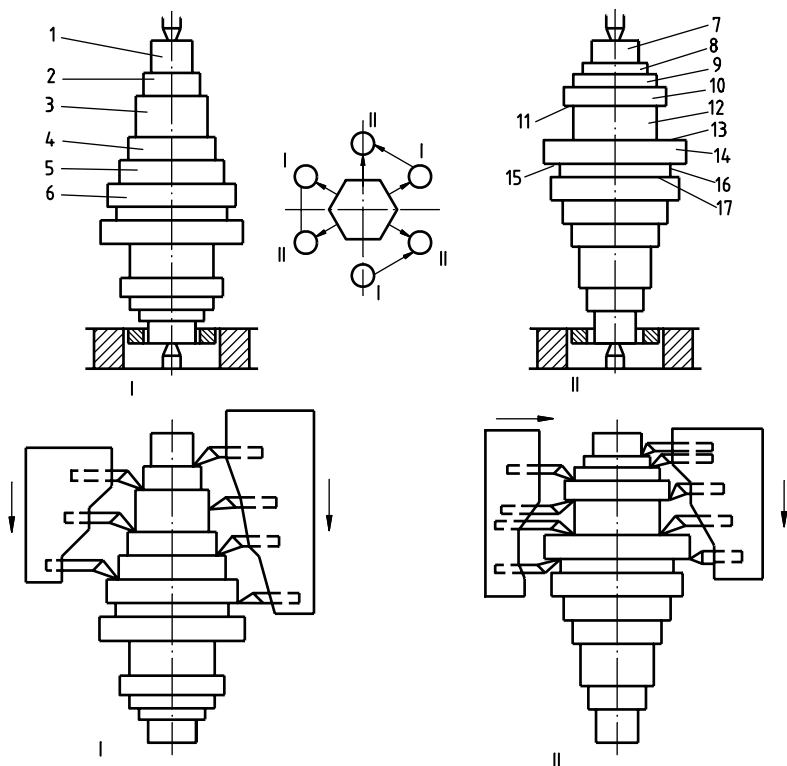
Như vậy trên cả 6 trục đều có gá chi tiết gia công. Ở vị trí I gia công từ mặt 1-6 bằng cách bàn dao đi xuống. Ở vị trí II gia công từ mặt 7-17 bằng hai bàn dao: bàn dao phải đi xuống đạt kích thước đường kính, bàn dao trái ăn ngang tạo vai trục.

Sau một chu trình lấy ra được 3 chi tiết từ vị trí II; chuyển 3 phôi từ vị trí I sang vị trí II và lắp 3 phôi vào vị trí I.

Khi sử dụng phương pháp tiện nhiều dao sẽ có một loạt nhân tố phụ ảnh hưởng đến độ chính xác gia công như:

- Sai số do vị trí của một vài con dao điều chỉnh không chính xác.
- Các dao mòn không đều nhau.

- Biến dạng đàn hồi của hệ thống công nghệ thay đổi. Vì vậy trên máy tiện bán tự động một trục, nhiều dao chỉ có thể đạt chính xác cấp 9-10 khi tiện thô và cấp 7-8 khi tiện tinh. Khi dùng nhiều dao gia công trên máy bán tự động nhiều trục thẳng đứng có thể đạt độ chính xác cấp 7-8 sau một vài bước.



Hình 3-46. Sơ đồ gia công trục trên máy tiện bán tự động nhiều trục thẳng đứng.

Từ 1-17 là các bề mặt được gia công liên tục thô và tinh.

Tiện nhiều dao trên bất kỳ kiểu máy nào cũng đều có ưu điểm hơn tiện một dao là giảm được thời gian gia công cơ bản. Việc bố trí dao có thể thực hiện theo nhiều cách:

+ Chia đoạn theo chiều dài từng bậc trục.

Theo cách này, trừ dao thứ nhất ăn vào mặt đầu, còn tất cả các dao khác trước khi ăn dọc phải ăn vào chi tiết. Khi ăn vào không cho phép ăn theo hướng kính mà phải nghiêng đi một góc  $\theta$  (hình 3-47), trong đó  $\theta < \varphi_1$ .

+ Chia nhỏ đoạn trục có chiều dài lớn nhất (hình 3-48).

Theo cách này, nếu chiều dài các bậc trục khác nhau nhiều, để rút ngắn hành trình chạy dao, thì thực hiện chia nhỏ đoạn trục có chiều dài lớn nhất thành nhiều đoạn, mà chiều dài mỗi đoạn gần tương đương với chiều dài các bậc trục còn lại. Chiều dài mỗi đoạn được xác định theo công thức:

$$L_p = \frac{L_{\max}}{m}$$

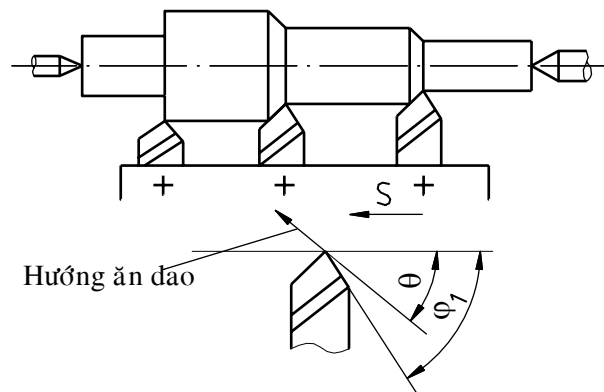
Trong đó:  $L_{\max}$  – chiều dài trục lớn nhất.

$m$ - số dao bố trí trong đoạn đó.

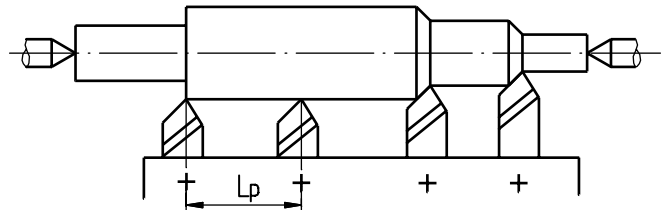
Phương pháp này có năng suất cao hơn phương pháp trên khi gia công các trục bậc có chiều dài của các bậc khác nhau nhiều. Nhưng đối với các trục này sau khi tiện nếu không được mài sẽ có vết tại vị trí dao dừng lại, thậm chí có thể gây nên bậc tại đó nếu gá dao không chính xác.

+ Chia theo lượng dư:

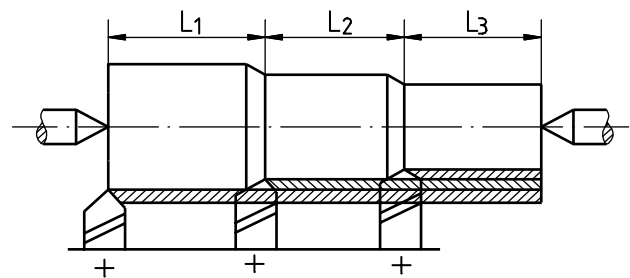
Theo cách này, tất cả các dao được gá theo đường kính xác định và cách nhau những đoạn bằng chiều dài các bậc, dao nào cắt lượng dư của dao đó (hình 3-49).



Hình 3-47. Sơ đồ bố trí dao và ăn dao vào khi tiện nhiều dao bằng cách chia đoạn theo chiều dài từng bậc.



Hình 3-48. Sơ đồ bố trí dao khi tiện nhiều dao mà chiều dài các bậc trục khác nhau nhiều.



Hình 3-49. Sơ đồ bố trí dao khi tiện nhiều dao bằng cách chia theo lượng dư.



Hành trình chạy dao dọc lớn và bị hạn chế bởi u sau. Phương pháp này thường dùng để tiện các trục có các bậc nhỏ dần về một phía, chiều dài của từng bậc ngắn, lượng dư nhỏ. Số lượng dao được dùng bị hạn chế bởi độ cứng vững của chi tiết gia công, công suất máy và cấu tạo của giá dao.

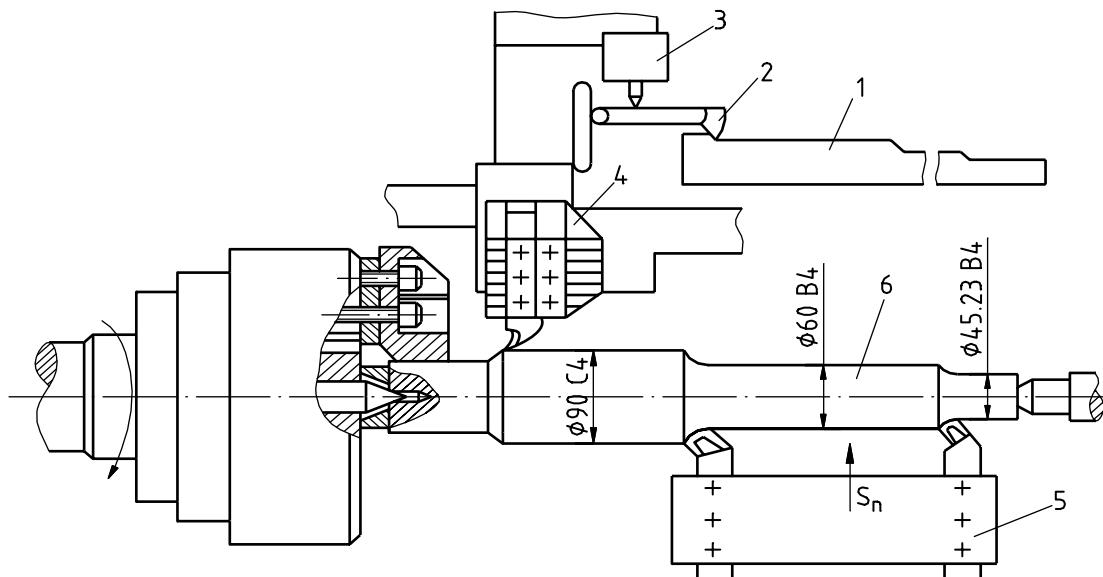
- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối để gia công mặt trụ của trục còn dùng cả máy bán tự động chép hình thủy lực. Sơ đồ tiện trục bậc trên máy tiện bán tự động chép hình thủy lực 1712 của Liên Xô (cũ) được trình bày trên hình 3-50. Trên máy có hai bàn dao: bàn dao dọc với một dao luôn liên hệ với đường chép hình thông qua cơ cấu thủy lực và mũi dò để tiện ra biên dạng của trục, còn bàn dao ngang để tiện ra các gờ, vai trục.

Dùng máy tiện bán tự động chép hình thủy lực sẽ có một loạt các ưu điểm so với tiện nhiều dao như:

+ Thời gian để điều chỉnh và điều chỉnh lại máy tiện bán tự động chép hình thủy lực giảm đi theo số lượng dao trong giá dao, đơn giản việc gá lắp mẫu, đơn giản sơ đồ điều chỉnh. Thời gian điều chỉnh giảm đi 2÷3 lần so với dùng nhiều dao (thời gian điều chỉnh trung bình 30÷35 phút).

+ Năng suất gia công cao vì có thể cắt ở tốc độ cắt cao nếu công suất máy cho phép.

+ Tiện chép hình thủy lực dùng thuận lợi đối với các trục kém cứng vững, dùng để tiện tinh các trục dài có yêu cầu độ nhẵn bóng bề mặt cao mà không thể dùng phương pháp điều chỉnh cắt nhiều dao được.



Hình 3-50. Sơ đồ bố trí dao trên máy tiện bán tự động chép hình thủy lực 1712.

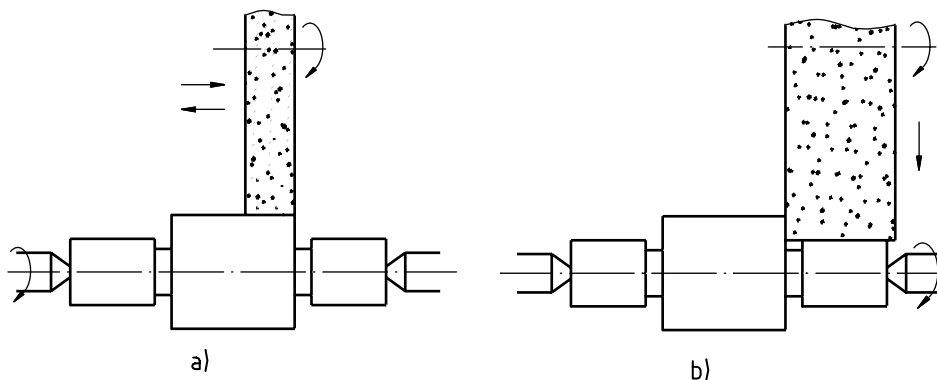
1) Đường chép hình; 2) Mũi dò; 3) Cơ cấu thủy lực; 4) Bàn dao dọc; 5) Bàn dao ngang; 6) Chi tiết gia công.

c. *Mài thô và tinh các cổ trục*

Mài thô cổ trục thường được hoàn thành theo nguyên công mài thô và mài tinh. Khi mài có thể thực hiện trên máy mài tròn ngoài với tiến dao dọc hoặc tiến dao ngang. Với các trục bậc ngắn và trục trơn có thể mài trên máy mài vô tâm. Khi mài trên máy mài tròn ngoài, thường trục được định vị bằng hai lỗ tâm trên hai mũi tâm. Trong trường hợp đó, độ chính xác của cổ trục sau khi mài phụ thuộc vào độ chính xác các lỗ tâm hoặc các mũi tâm. Vì vậy, trước nguyên công mài tinh phải sửa lỗ tâm để loại trừ những sai hỏng do bề mặt lỗ tâm bị ôxy hóa hoặc bị cháy trong quá trình nhiệt luyện. Khi mài trên máy mài vô tâm thì mặt gia công chính là mặt định vị.

- Mài tiến dao ngang khi chiều dài  $l < 80$  mm. Trường hợp này không tiến dao dọc mà chỉ có tiến dao ngang và áp dụng khi chiều dài trên đoạn gia công nhỏ hơn bề rộng của đá mài hoặc khi gia công các mặt định hình tròn xoay (hình 3-51b).

- Mài tiến dao dọc khi chiều dài  $l > 80$  mm. Trường hợp này được dùng khá phổ biến khi mài trục. Lượng chạy dao dọc được tính bằng mm/vòng chi tiết. Trị số của nó phụ thuộc vào độ nhám bề mặt yêu cầu và đường kính chi tiết (hình 3-51a).



Hình 3-51. Sơ đồ mài mặt trụ ngoài của trục trên máy mài tròn ngoài.

Ở nguyên công mài, do thời gian phụ để kiểm tra chi tiết là lớn, vì vậy để nâng cao năng suất, khi mài thường dùng các thiết bị kiểm tra ngay trong quá trình gia công. Trên hình 3-52 trình bày sơ đồ cơ cấu kiểm tra một điểm tiếp xúc với tiếp điểm rơi. Tay đòn 2 dưới tác dụng của lò xo 6 luôn tiếp xúc với trục gia công 1. Khi kích thước trục đạt giá trị yêu cầu, tay đòn 2 sẽ quay quanh khớp bản lề nên giải phóng tay đòn 3. Dưới tác dụng của lò xo 4 làm đóng tiếp điểm 5 và ngừng chạy dao đá mài.

d. *Gia công các mặt định hình*

Các mặt định hình trên trục bao gồm các mặt có ren, bánh răng, then hoa, rãnh then, các mặt lệch tâm v.v... Để gia công các mặt này phải có biện pháp kỹ thuật thích hợp.

\* *Gia công mặt có ren trên trục*

Trên trục thường có ren theo chiều trục và ren trên các lỗ được bố trí dưới một góc nào đó so với đường tâm trục.

- Gia công ren theo chiều trục:

Thường có hai loại ren: kẹp chặt và truyền lực.

+ Ren kẹp chặt có dạng hình tam giác, khoảng chiều dài ren ngắn. Với mọi cỡ của trục ren này thường được gia công trên máy tiện.

Nếu sản lượng ít, dùng dao tiện ren một lưỡi hoặc bàn ren. Sản lượng nhiều dùng dao tiện ren hình răng lược. Trong sản xuất hàng khối, ren này được cắt bằng đầu cắt ren hoặc dùng phương pháp cắt ren cao tốc.

+ Ren truyền lực có dạng hình thang hoặc hình vuông. Khi sản lượng ít, ren này thường được gia công trên máy tiện vạn năng. Sản lượng nhiều, có thể dùng phương pháp phay ren. Để đảm bảo độ đồng tâm giữa ren và trục, chi tiết gia công thường được định vị bằng hai lỗ tâm trên hai mũi tâm. Trên hình 3-53 trình bày sơ đồ phay ren trên trục bằng dao phay đĩa. Tuy nhiên để phay ren còn có thể dùng dao phay ngón.

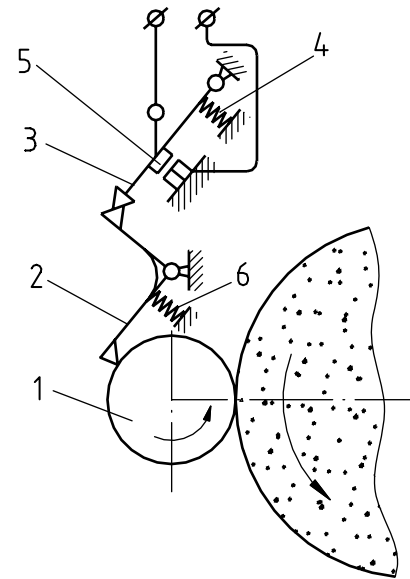
- Gia công ren trên các lỗ làm thành một góc với trục.

Loại lỗ ren này thường dùng để bắt bulông kẹp chặt các chi tiết khác với trục. Các lỗ ren này thường được cắt bằng tarô trên máy tiện, máy khoan, máy bán tự động và tự động. Kiểu máy phụ thuộc vào sản lượng và hình dáng chi tiết. Nếu sản lượng ít còn có thể cắt bằng tarô thực hiện bằng tay trên bàn nguội.

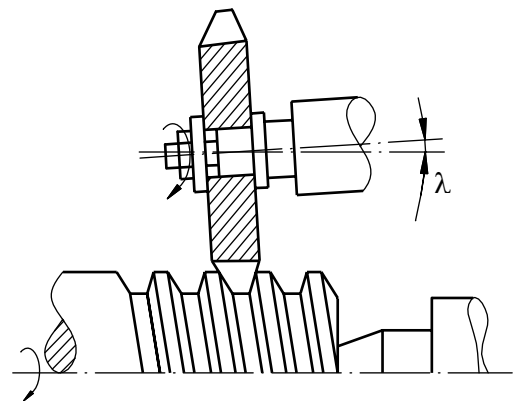
#### \* Gia công răng trên trục

Ở một số loại trục có kết cấu răng của bánh răng liền trục. Trên hình 3-54 trình bày một loại trục răng có kích thước khá lớn.

Quy trình công nghệ chế tạo loại trục có bánh răng này cũng tuân theo trình tự đối với loại trục trơn, trục bậc khác. Chỉ có khác là cần có thêm nguyên công gia công răng của bánh răng. Răng trên trục có thể là răng thẳng, răng nghiêng, răng côn hay có dạng khác. Việc gia công các loại răng này có thể thực hiện bằng phương pháp định hình



Hình 3-52. Sơ đồ cơ cấu kiểm tra kích thước trục trong quá trình mài.



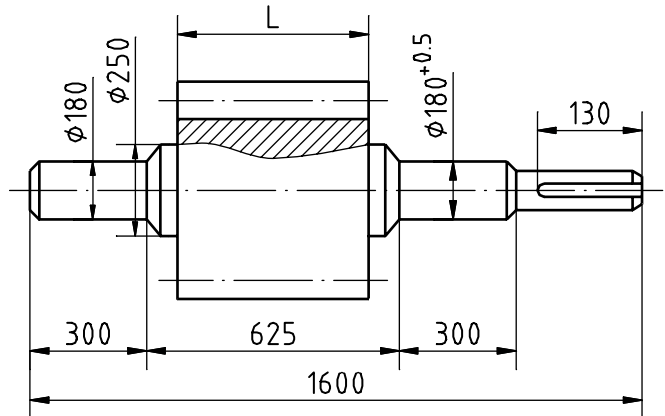
Hình 3-53. Sơ đồ phay ren trên trục bằng dao phay đĩa.

hay bao hình tùy theo dạng sản xuất và điều kiện sản xuất. Các phương pháp gia công răng sẽ được trình bày trong mục 3-5 “Gia công bánh răng”.

*\* Gia công rãnh then và then hoa.*

Rãnh then thường được gia công trên máy phay. Có thể dùng dao phay ngón thực hiện trên máy phay đứng và dao phay đĩa thực hiện trên máy phay ngang.

Khi gia công rãnh then trục được định vị bằng cổ trục trên khối V hoặc cũng có thể dùng lỗ tâm làm chuẩn, gá phải sao cho đảm bảo đường sinh của trục song song với hướng chạy dao. Trên hình 3-55 trình bày sơ đồ định vị trục trên khối V để gia công rãnh then, thực hiện trên máy phay ngang bằng dao phay đĩa.

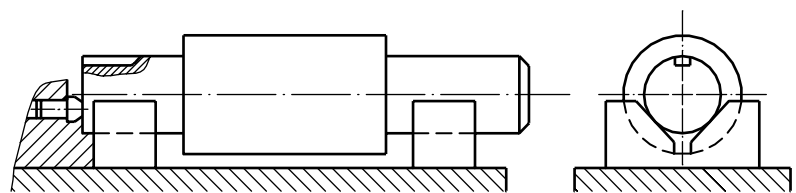


Hình 3-54. Kết cấu một loại trục có bánh răng.

Mặt then hoa trên trục thường gia công bằng phương pháp phay, ngoài ra còn có thể bằng phương pháp bào, chuốt hoặc cán nguội. Với then hoa chính xác, còn phải gia công tinh bằng phương pháp mài. Phay then hoa có thể thực hiện bằng một hoặc hai lần tùy theo sản lượng và đường kính trục.

- Trong sản xuất hàng loạt phay then hoa được thực hiện qua hai lần, đầu tiên phay mặt bên, sau đó phay đường kính. Cũng có thể thực hiện phay một lần bằng dao phay định hình. Cách thực hiện này phải có dụng cụ phân độ đi kèm với cơ cấu định vị để thực hiện lần lượt các then trên trục then hoa.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn thực hiện bằng dao phay lăn trên máy phay lăn chuyên dùng. Các then được hình thành đồng thời không cần có cơ cấu phân độ.



Hình 3-55. Sơ đồ định vị trên khối V để gia công rãnh then.

Đối với những trục có đường kính  $d < 60 \div 80$ mm chỉ cần phay một lần, các trục lớn hơn phải chia ra phay thô và phay tinh. Với những trục cần nhiệt luyện thì sau khi nhiệt luyện muốn loại trừ các sai lệch không gian, đảm bảo độ nhám bề mặt và độ chính xác, cần có nguyên công cắt tinh, thường là mài.

Để có biện pháp đúng đắn trong việc gia công trục then hoa, còn cần xem xét điều kiện kỹ thuật của trục then hoa, định tâm theo mặt trong hay theo mặt ngoài.

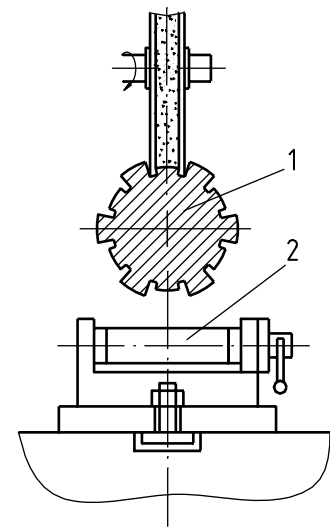
- Nếu then hoa định tâm theo mặt ngoài thì việc gia công qua các bước sau:
- + Phay then hoa (có để lượng dư mài).
- + Mài mặt cạnh then hoa và mặt trụ ngoài sau khi nhiệt luyện.

Nếu then hoa không cần nhiệt luyện thì tiến hành phay then hoa sau khi mài tinh mặt tròn ngoài.

- Trục then hoa định tâm theo mặt trong được gia công qua các bước sau:

- + Phay then hoa (có để lượng dư cho mài).
- + Phay rãnh thoát đá mài cho trường hợp mài mặt trụ trong.
- + Mài tinh mặt cạnh và mặt trụ trong bằng đá mài định hình.

Để mài tinh trục then hoa, chi tiết gia công được định vị trên hai mũi tâm cứng, ngoài ra còn phải khống chế vị trí góc của then hoa. Trên hình 3-56 trình bày sơ đồ định vị khi mài rãnh then hoa. Trong trường hợp này vị trí góc của trục được xác định bằng dưỡng. Với phương pháp này chỉ mài được từng rãnh một nên năng suất không cao.



Hình 3-56. Sơ đồ mài răng then hoa bằng đá tròn định hình.

1. Trục then hoa được định vị trên mũi tâm cứng.
2. Dưỡng điều chỉnh.

Ngoài phương pháp phay then hoa như đã trình bày ở trên là phương pháp thông dụng, người ta còn có thể dùng phương pháp bào. Để nâng cao năng suất khi bào, dùng biện pháp gia công bằng nhiều dao định hình thực hiện cùng một lúc.

Cũng có thể thực hiện chuốt then hoa. Với phương pháp chuốt năng suất cao hơn phay nhiều lần. Phương pháp cán nguội bằng các con lăn định hình cũng được sử dụng ở các nước có trình độ kỹ thuật tiên tiến. Với phương pháp này tạo được trục then hoa có độ bền xoắn cao hơn then hoa gia công bằng phương pháp phay.

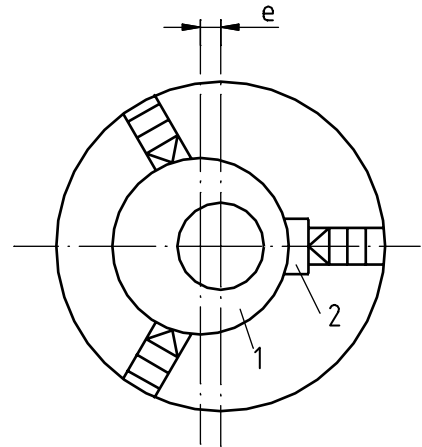
#### \* Gia công các mặt lệch tâm

Ở một số chi tiết dạng trục, trên một bậc nào đó có bề mặt không tròn xoay mà là dạng cam, ví dụ như trục cam trong động cơ ô tô, có loại trục có nhiều bậc nhưng các bậc không cùng trên một đường tâm, ví dụ như trục khuỷu của động cơ ô tô, máy kéo. Những mặt lệch tâm này phải có biện pháp gia công thích hợp mới tạo nên hình dạng bề mặt

cũng như độ chính xác kích thước của chúng. Có những tài liệu chuyên sâu viết về công nghệ chế tạo trục cam, trục khuỷu là loại trục đặc biệt. Ở đây chỉ trình bày biện pháp để gia công mặt cam cũng như mặt lệch tâm trên chi tiết dạng trục nói chung.

- Gia công mặt lệch tâm tròn xoay.

Để gia công những mặt lệch tâm tròn xoay, nghĩa là bậc trục có tâm lệch so với tâm trục một khoảng  $e$  nào đó, có thể dùng phương pháp tiện trên mâm cặp ba chấu bằng cách gá lệch chi tiết đi một đoạn nhờ bề dày của miếng căn đệm thích hợp. Để thay miếng căn đệm có thể dùng bậc lệch tâm trung gian giữa trục và các chấu của mâm cặp. Cũng có thể dùng phương pháp rà gá thực hiện trên mâm cặp bốn chấu.



Hình 3-57. Sơ đồ gá để gia công mặt lệch tâm trên trục.

1. Chi tiết gia công.
2. Miếng đệm.

Các phương pháp nêu trên chỉ dùng cho những trục ngắn và khoảng lệch tâm không lớn lắm, vì nó phụ thuộc vào kích thước của mâm cặp (khoảng chạy của các chấu cặp). Cách gá đặt như trên có thể dùng cả cho tiện cũng như mài.

Khi gia công những mặt lệch tâm trên các trục dài như các mặt cam trên trục cam, chi tiết gia công được định vị trên các cổ trục đã qua mài thô hoặc bằng hai lỗ tâm. Với sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ, gia công mặt cam được thực hiện trên máy tiện vạn năng với đồ gá chép hình. Trong sản xuất lớn tiện các mặt cam được tiến hành trên máy tiện bán tự động chép hình. Nguyên lý cắt các mặt cam và định hình trên trục có thể thực hiện theo hai phương pháp:

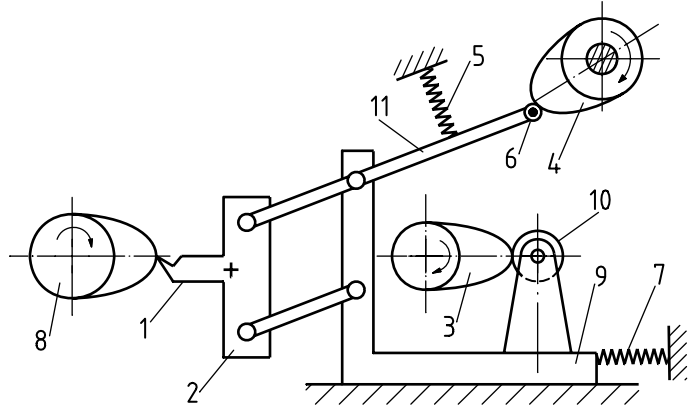
- + *Phương pháp thứ nhất*: giá dao không lắc lư trong quá trình cắt.

Sơ đồ cắt của phương pháp này giống như phương pháp tiện chép hình thông thường. Do đặc điểm của cam là có lượng nâng khác nhau nên trong quá trình cắt, góc cắt của dao sẽ thay đổi dẫn đến mặt sau của dao cào vào mặt chi tiết gia công. Để cắt được, góc sau của dao phải lớn, thường  $\alpha = 40^\circ \div 45^\circ$  vượt quá cả phạm vi góc sau cho phép của dao. Phương pháp này chỉ dùng để cắt cam có lượng nâng  $K < 60\text{mm}$ .

- + *Phương pháp thứ hai*: giá dao lắc lư.

Theo phương pháp này ngoài việc chép hình thông thường còn cần tạo nên cho dao trong quá trình cắt một sự thay đổi để phù hợp với lượng nâng thay đổi của cam, đảm bảo góc cắt của dao luôn là hằng số. Sơ đồ cắt theo nguyên lý này được trình bày trên hình 3-58.

Dao 1 được lắp trên đài gá dao 2 của xe dao. Bàn dao 9 mang đài gá dao luôn ép chặt vào cam mẫu 3 nhờ lò xo 7 thông qua con lăn 10. Khi cam 3 quay, do lượng nâng của cam thay đổi, dao 1 cùng đài gá dao 2 và bàn dao 9 ra vào cắt vật gia công 8 có biên dạng phù hợp với biên dạng phù hợp với biên dạng của cam 3. Trong khi đó, cam 4 cũng quay đồng bộ với cam 3 và vật gia công 8. Lò xo 5 làm việc ở trạng thái kéo để kéo cần lắc 11 làm cho con lăn 6 luôn tiếp xúc với cam 4. Khi cam 4 quay, do lượng nâng thay đổi, thông qua cần lắc 11 làm cho đài gá dao 2 lắc lư tạo nên góc cắt luôn là hằng số mặc dù số lượng nâng của cam chi tiết gia công 8 thay đổi.



Hình 3-58. Sơ đồ nguyên lý cắt mặt cam trên trục bằng phương pháp tiện chép hình có giá dao lắc lư.

Theo phương pháp này biên dạng của trục cam mẫu 3 phải đặc biệt lớn hơn để bù trừ vào phần dao lắc lư.

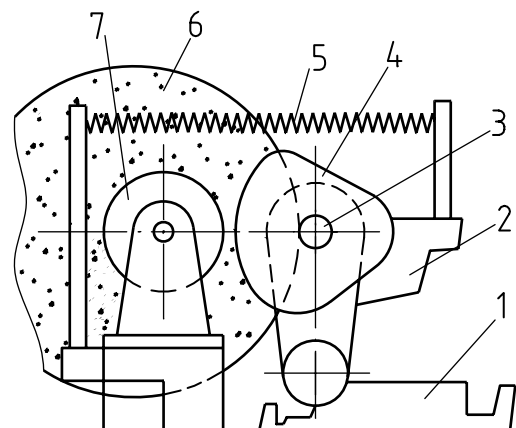
Mài những mặt lệch tâm và mặt cam trên trục có thể thực hiện trên máy mài tròn ngoài với đồ gá chuyên dùng. Nguyên tắc của những dạng gia công này là chép hình với cam mẫu có hình dạng ngoài giống như hình dạng của chi tiết cần gia công. Tỷ lệ giữa cam mẫu và kích thước của chi tiết có thể lớn hơn, nhỏ hơn hoặc bằng một. Trên hình 3-59 là sơ đồ cơ cấu chép hình của đồ gá mài mặt cam trên máy mài tròn ngoài.

Trục gia công và cam mẫu lắp cùng trục và được lắp trên hai mũi tâm chuyển động quay của cam mẫu 4 và con lăn 7 với lò xo 5 làm cho chuyển động lắc được thực hiện tạo ra hình dạng của mặt cam theo hình dạng của cam mẫu.

Chi tiết gia công được định vị trên hai mũi tâm, ngoài ra còn phải khống chế góc xoay để đảm bảo vị trí góc của các cam trên trục. Để nâng cao độ chính xác về hình dáng của chi tiết gia công, tốc độ quay của chi tiết nên chọn trong phạm vi  $v = 5 \div 8$  m/ph, khi mài tinh nên chọn  $v = 2 \div 3$  m/ph.

- Gia công các bậc trục lệch tâm (trục khuỷu).

Trong các chi tiết dạng trục thường có loại trục mà các bậc của chúng không đồng



Hình 3-59. Sơ đồ mài mặt cam chép hình trên máy mài tròn ngoài.

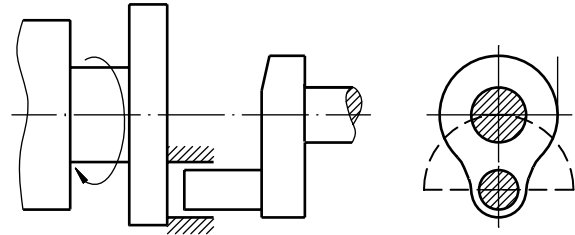
1. Bàn máy ;
2. Giá lắp để lắp chi tiết ;
3. Chi tiết ; 4. Cam mẫu ;
5. Lò xo ; 6. Đá mài ;
7. Con lăn tì.



tâm, đó là loại trục khuỷu của động cơ biến chuyển động thẳng thành chuyển động quay. Ta coi trục khuỷu là loại trục đặc biệt có tâm bậc trục không trùng với tâm quay của trục. Gọi những bậc trục trùng với tâm quay của trục là cổ chính và các bậc trục lệch tâm, được lắp với lỗ tay biên, là cổ biên.

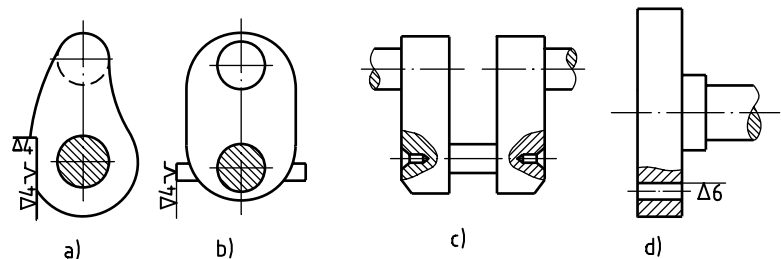
Khi gia công cổ biên của trục khuỷu có hai cách gá:

+ *Cách thứ nhất:* gá lệch cổ chính để đưa tâm cổ biên về tâm quay của trục chính. Muốn vậy, phải gá tâm cổ chính lệch khỏi tâm trục chính một đoạn bằng khoảng cách giữa hai tâm của cổ biên và cổ chính. Nhưng muốn đưa tâm cổ biên về đúng tâm quay của trục chính máy, ngoài việc đánh lệch cổ chính còn phải định vị góc xoay (hình 3-60).



Hình 3-60. Sơ đồ định vị khi tiện cổ biên.

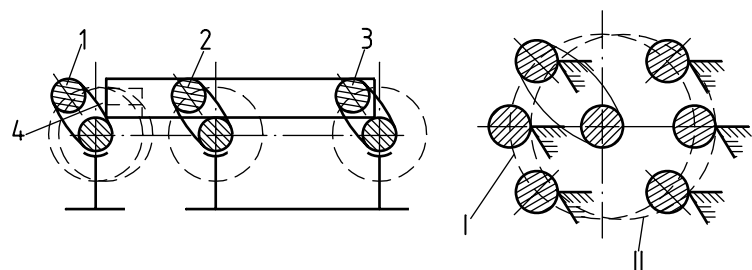
Trong sản xuất đơn chiếc, loạt nhỏ việc khống chế góc xoay có thể thực hiện bằng cách rà đúng trước khi kẹp chặt. Trong sản xuất hàng loạt thường hay dùng một điểm tựa trên khuỷu để khống chế góc xoay đó. Điểm tựa này thường là mặt vát trên vai má khuỷu (hình 3-61a, b), hoặc lỗ tâm khoan trên má khuỷu (hình 3-61c), hoặc lợi dụng một lỗ nhỏ ở mặt đầu bích của trục khuỷu (hình 3-61d).



Hình 3-61. Điểm tựa chống xoay khi tiện cổ biên.

+ *Cách thứ hai:* trục khuỷu quay quanh tâm cổ chính. Dao được gá trên hai trục khuỷu mẫu quay đồng bộ với trục khuỷu gia công (hình 3-62). Cách gá này được thực hiện trên những máy chuyên dùng.

Dao cắt được lắp trên xe dao gắn liền với hai trục khuỷu mẫu đặt song song với trục khuỷu cần gia công, quay cùng chiều và đồng bộ với trục khuỷu cần gia công. Khi chúng quay thì mũi dao vạch lên quỹ đạo II còn tâm của cổ biên có quỹ đạo I. Như vậy khi trục khuỷu quay hết một vòng thì dao cũng cắt hết chu vi cổ biên. Bằng phương pháp này



Hình 3-62. Sơ đồ tiện cổ biên bằng cách gá dao trên hai trục khuỷu mẫu.

1. Trục khuỷu gia công ; 2,3. Trục khuỷu mẫu ; 4. Dao cắt
- I. Quỹ đạo chuyển động của tâm cổ biên.
- II. Quỹ đạo chuyển động của mũi dao.



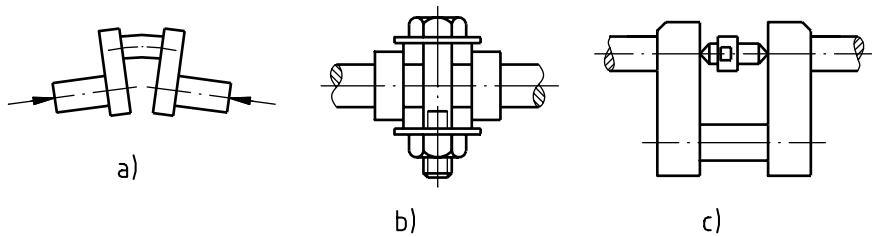
tất cả

các cổ biên được gia công cùng một lúc khi mỗi cổ biên của trục khuỷu mẫu có lắp một xe dao để gia công cổ biên tương ứng.

Nói chung khi gia công cổ biên, chọn chế độ cắt thấp hơn khi gia công cổ chính. Do lực cắt và lực kẹp chiều trục của mũi tâm trục khuỷu dễ bị uốn (hình 3-63a) cần chống uốn bằng đai kẹp (hình 3-63b) hoặc bulông kiểu kích (hình 3-63c) để giữ chi tiết không bị biến dạng trong quá trình gia công.

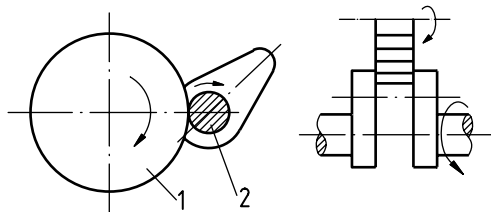
Ngoài ra còn có thể gia công cổ biên bằng phương pháp phay trên máy chuyên dùng với dao phay đĩa đường kính  $\phi = 450 \div 1100$  mm, răng chấp hợp kim cứng (hình 3-64).

Khi gia công tinh cổ biên thường dùng phương pháp mài trên máy mài trục khuỷu chuyên dùng hoặc trên máy mài tròn ngoài với đồ gá thích hợp. Cách gá đặt giống như khi tiện. Mỗi lần định vị khi mài có thể gia công được các cổ biên cùng đường tâm. Sau khi mài được các cổ biên cùng đường tâm lại phải phân độ đi một góc thích hợp để gia công các cổ biên cùng đường tâm khác.

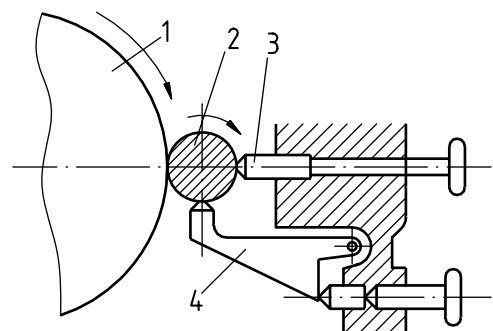


Hình 3-63. Sự biến dạng của trục khuỷu và biện pháp chống uốn.

Khi mài do đá mài tiến dao ngang nên lực cắt lớn, để tránh biến dạng tại vị trí đối diện với đá phải dùng các vấu tì đỡ vào cổ biên (hình 3-65). Biện pháp này cũng cần thiết khi mài các cổ trục.



Hình 3-64. Sơ đồ phay cổ biên.  
1. Dao ; 2. Trục khuỷu.



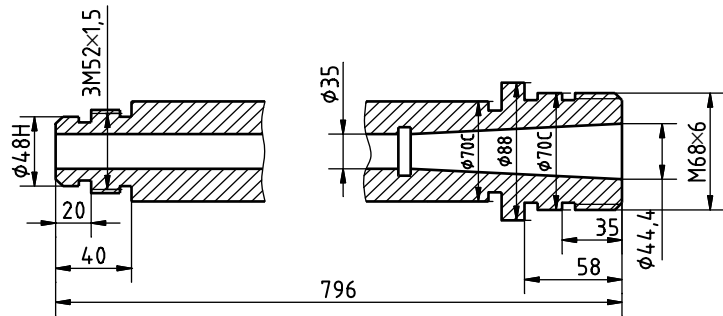
Hình 3-65. Sơ đồ bố trí vấu tì tăng cứng vững khi mài.  
1. Đá mài ; 2. Chi tiết ;  
3, 4. Các vấu tì của luy nét.

e. Gia công các lỗ chính xác dọc trục:

Ở một số loại trục như các trục chính của máy cắt, và một vài chi tiết khác như nòng súng, thường có lỗ rỗng bên trong và trên đó có những bề mặt côn hoặc trụ đòi hỏi độ chính xác về kích thước cũng như độ đồng tâm so với mặt ngoài của trục. Trên hình 3-66 trình bày kết cấu của một loại trục chính của máy cắt kim loại.

Có thể quan niệm loại trục này cũng chỉ là một dạng trục bậc có lỗ rỗng bên trong. Vì vậy chỉ cần đề ra biện pháp gia công các lỗ chính xác bên trong sao cho đồng tâm với mặt ngoài của trục.

Tùy theo dạng của phôi mà ta có biện pháp gia công thích hợp.

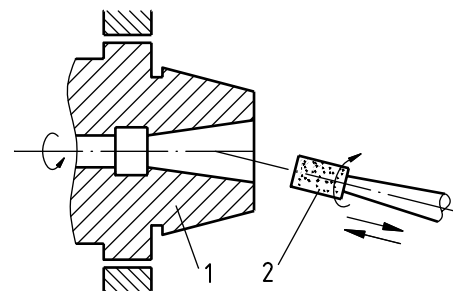


Hình 3-66. Kết cấu trục chính của máy 1615, 1615M

- Nếu phôi đặc từ thép cán, rèn hoặc dập thì sau khi tiện thô được các bậc ngoài của trục, tiến hành gia công thô mặt lỗ bằng khoan (với lỗ có  $1 \leq 5d$  – khoan ruốt gà; có  $1 > 5d$  – mũi khoan sâu đặc biệt; có  $d = 75 \div 100$  mm – khoan vòng để lấy lõi). Sau đó gia công tinh lỗ bằng khoét, doa hoặc tiện trong.

Sau khi có lỗ đã gia công tinh, dùng lỗ định vị để gia công tinh mặt ngoài.

- Nếu phôi đúc đã có lỗ sẵn thì dùng chính ngay lỗ thô đó làm chuẩn (định vị trên hai mũi tâm khía nhám) để gia công thô các bậc ngoài của trục. Sau đó dùng mặt ngoài tinh định vị để gia công lỗ. Khi gia công lỗ bậc cần chú ý: nếu lỗ có  $1 \leq 5d$  dùng các trục doa thường, còn khi  $1 > 5d$  thì dùng dao tiện trong có lắp các dao để đồng thời gia công các bậc. Sau đó dùng lỗ làm chuẩn tinh (thường là hai lỗ côn ở hai đầu trục) để gia công tinh mặt ngoài của trục. Đối với chi tiết trục chính của máy cắt kim loại thì phần lỗ côn ở đầu trục chính yêu cầu có độ côn chính xác, độ nhám bề mặt và độ đồng tâm cao hơn so với các cổ trục. Vì vậy, sau khi đã có mặt ngoài tinh phải dùng cổ trục ngoài định vị (thậm chí phải rà theo mặt ngoài thật chính xác và dùng trục côn mẫu để thử) để mài lỗ côn. Sơ đồ mài được trình bày trên hình 3-67.



Hình 3-67. Sơ đồ mài lỗ côn trên trục rỗng.  
1. Trục gia công; 2. Đá mài.

Ngoài chuyển động quay đá mài còn có chuyển động chạy dao nghiêng một góc (bằng nửa góc côn cần mài), so với tâm chi tiết. Muốn bảo đảm độ nhẵn bóng cao hơn

thì sau khi mài có thể mài nghiền, sau khi nghiền được rửa sạch.

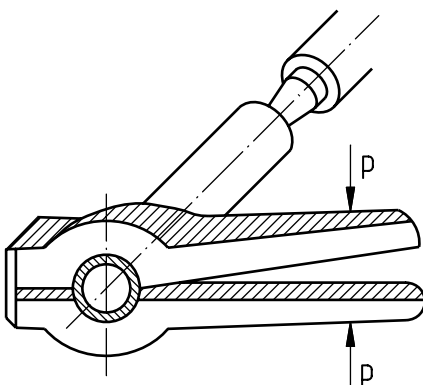
*f. Khoan lỗ vuông góc với đường tâm trục:*

Để khoan lỗ thường dùng máy khoan. Kiểu máy và cách định vị phụ thuộc vào hình dạng trục và công dụng của lỗ. Nói chung chi tiết gia công được định vị trên hai khối V. Để hạn chế bậc tự do chiều trục có thể lấy gờ của trục làm điểm tựa. Cũng có thể định vị trục trên hai mũi tâm cứng. Trong trường hợp này tùy theo vị trí và đường kính lỗ cần khoan mà có thể thêm tỉ phụ để tăng độ cứng vững khi gia công.

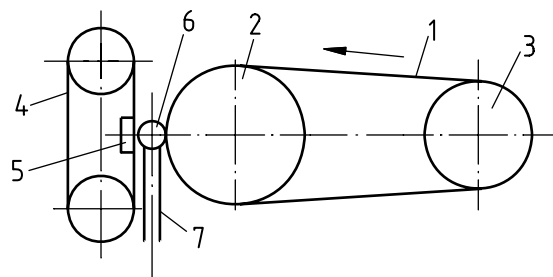
Trong thực tế, có những lỗ xiên một góc so với đường tâm trục. Khi gia công những lỗ này việc định vị không khác so với lỗ vuông góc trục, chỉ có điều là phải điều chỉnh độ định vị sao cho lỗ cần gia công phù hợp với hướng chạy dao của mũi khoan. Trên hình 3-68 trình bày sơ đồ định vị trục trên hai khối V để gia công lỗ vuông góc với tâm trục.

*g. Gia công tinh lần cuối:*

Đối với các trục có độ chính xác thông thường thì chỉ cần mài tinh là đủ. Song đối với một số loại trục chính xác cao như trục chính của các loại máy cắt, trục khuỷu thì sau khi mài tinh các cổ trục, phải qua gia công tinh lần cuối bằng cách đánh bóng hoặc mài khôn hoặc mài siêu tinh xác.



Hình 3-69. Sơ đồ đánh bóng trục bằng tay.



Hình 3-70. Sơ đồ nguyên lý máy đánh bóng không tâm.

1. Đai mài ; 2,3. Con lăn ; 4. Đai mài dẫn ; 5. Miếng tựa ; 6. Chi tiết gia công ; 7. Thanh đỡ

Cách thực hiện các nguyên công này đã được trình bày kỹ trong bài “Đặc trưng các phương pháp gia công bằng cắt gọt”.

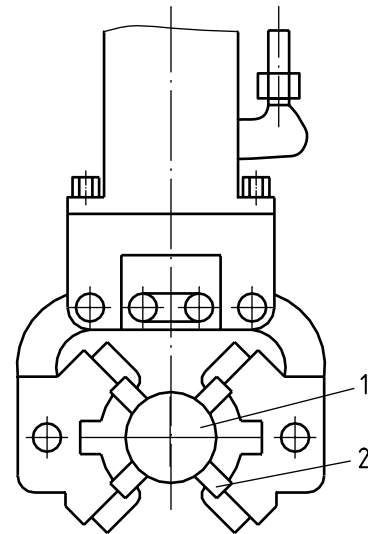
Đánh bóng bằng vải có trát bột mài hạt nhỏ và dầu nhờn là phương pháp thủ công dùng trong sản xuất đơn chiếc. Có thể dùng đai gỗ kẹp vào cổ trục, ở phía trong có vành da bôi bột mài như trên hình 3-69.

Áp lực và chuyển động chạy dao do tay người thực hiện, chuyển động quay của chi tiết nhờ máy vận năng.

Để tăng năng suất có thể đánh bóng trực trên máy đánh bóng chuyên dùng. Trên hình 3-70 trình bày sơ đồ nguyên lý của máy đánh bóng không tâm bằng đai mài.

Việc gia công thực hiện bởi đai mài 1 lắp trên hai con lăn 2 và 3. Chi tiết gia công 6 được đặt trên thanh đỡ 7 và quay nhờ đai dẫn 4. Để gia công được, phải tạo ra áp lực nhờ miếng tì 5.

Muốn có năng suất cao hơn, có thể thay việc đánh bóng bằng mài khô trực. Trên hình 3-71 trình bày sơ đồ nguyên lý một đầu khôn để gia công trực.



Hình 3-71. Sơ đồ đầu khôn để khôn cổ trục.

1. Chi tiết gia công ; 2. Thanh đá trên đầu khôn.

Đầu mài khôn được nối tùy động với máy và chuyển động dọc đi lại. Chi tiết được gá vào mũi tâm và quay tròn. Muốn có chất lượng bề mặt cao, cũng có thể dùng phương pháp mài siêu tinh xác. Quá trình cắt cũng dùng những thanh đá như mài khôn nhưng có thêm một chuyển động lắc (dao động dọc trục). Nhờ chuyển động này, các vết mài xóa lên nhau nên đạt độ nhám bề mặt cao.

### 3.3.5 Kiểm tra trực

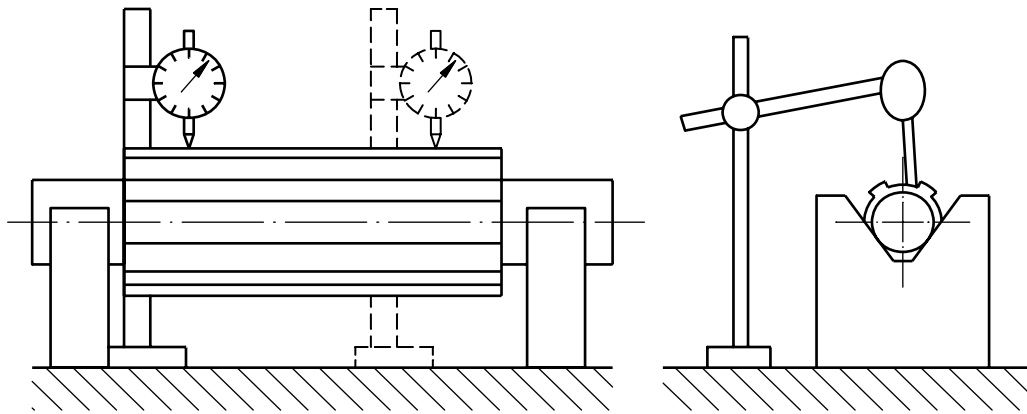
Đối với các chi tiết dạng trục thường phải kiểm tra kích thước, độ nhám bề mặt, hình dáng hình học bề mặt.

- Kiểm tra kích thước bao gồm kích thước đường kính và chiều dài các bậc trục, kích thước then, then hoa và ren trên trục v.v... khi dung sai các kích thước này lớn hơn 0,02mm có thể dùng thước cặp. Khi dung sai kích thước nhỏ hơn 0,02mm có thể dùng panme, calip, đồng hồ so. Nếu yêu cầu chính xác cao, dùng dụng cụ quang học. Trong sản xuất lớn dùng đồ gá chuyên dùng để kiểm tra.

- Kiểm tra hình dạng hình học của các cổ trục được thực hiện nhờ đồng hồ so. Chi tiết kiểm tra được gá trên hai mũi tâm của máy tiện hay đồ gá chuyên dùng. Kiểm tra ở một tiết diện đánh giá được độ ô van, đa cạnh. Kiểm tra ở nhiều tiết diện dọc trục suy ra độ côn.

- Kiểm tra vị trí tương quan giữa các bề mặt bao gồm:

- + Kiểm tra độ dao động giữa các cổ trục được thực hiện bằng cách đặt trục lên khối V, còn đầu đo của đồng hồ thì tì vào cổ trục cần đo. Hiệu số giữa hai chỉ số lớn nhất và nhỏ nhất trên đồng hồ khi quay trục đi một vòng xác định trị số dao động đó.

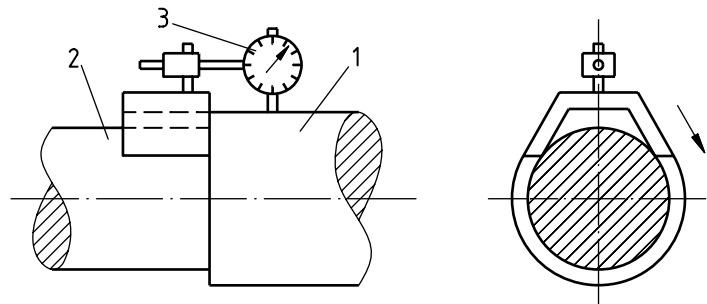


Hình 3-72. Sơ đồ kiểm tra độ song song của then hoa với đường tâm trục.

+ Độ song song của các then, then hoa (đỉnh, chân và mặt bên) với đường tâm của các cổ đỡ được xác định nhờ đồng hồ đo ở hai vị trí (hình 3-72).

Với sơ đồ này cũng có thể kiểm tra được độ dao động giữa đỉnh và chân của then hoa.

+ Kiểm tra độ đồng tâm của các cổ trục nhờ đồ gá mang đồng hồ so quay quanh một bậc trục trong khi đó mũi tì của đồng hồ tì vào bậc trục cần kiểm tra (hình 3-73).



Hình 3-73. Sơ đồ kiểm tra độ đồng tâm giữa hai cổ trục.

1. Trục ; 2. Đồ gá ; 3. Đồng hồ so.

### 3.4 Quy trình công nghệ gia công các chi tiết dạng bạc

Bạc là chi tiết được dùng rộng rãi trong ngành chế tạo máy. Đó là những chi tiết hình ống tròn, thành mỏng, mặt đầu có vai hoặc không có vai, mặt trong có thể trụ hoặc côn; bạc có thể nguyên hoặc xẻ rãnh, mặt làm việc của bạc có rãnh dầu, trên bạc có lỗ ngang để tra dầu. Trên hình 3-74 trình bày kết cấu của các loại bạc khác nhau.

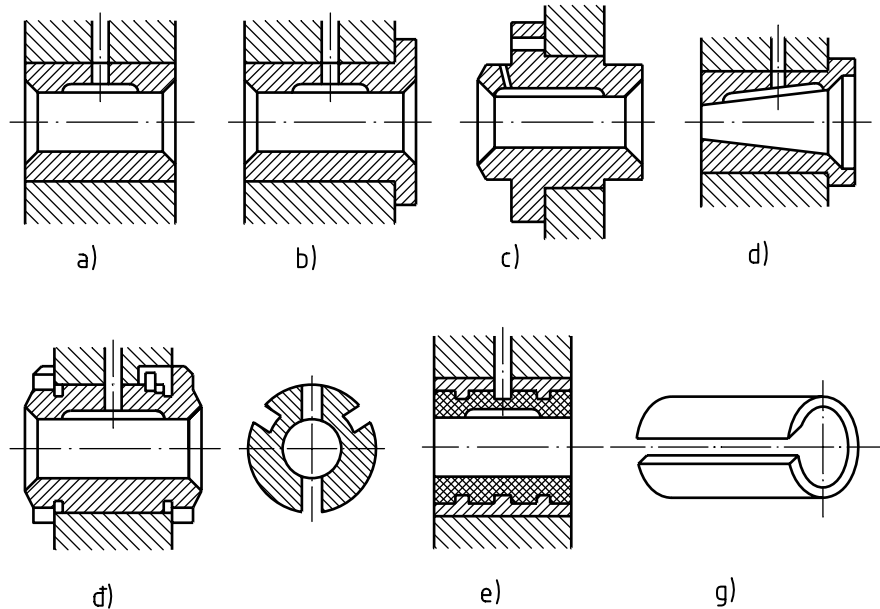
Về mặt kết cấu có thể chia các chi tiết dạng bạc ra các loại như sau:

- Loại bạc trơn không có gờ (hình 3-74a).
- Loại bạc có gờ hoặc mặt bích (hình 3-74b, c).
- Loại bạc có lỗ hình côn (hình 3-74d).
- Loại bạc có xẻ rãnh (hình 3-74đ).

- Loại bạc có lát thêm lớp hợp kim chống mòn (hình 3-74e).
- Loại bạc mỏng có xẻ rãnh (hình 3-74g).

Nếu dựa vào máy cắt để gia công các nguyên công chính của bạc, có thể chia bạc ra làm 6 nhóm theo kích thước đường kính gồm: dưới 25;  $25 \div 32$ ;  $32 \div 40$ ;  $40 \div 50$ ;  $50 \div 65$ ;  $65 \div 100$ mm.

Đặc trưng quan trọng về kích thước của bạc là tỉ số giữa chiều dài và đường kính ngoài lớn nhất của chi tiết. Tỉ số đó thường nằm trong khoảng  $0,5 \div 3,5$ .



Hình 3-74. Các dạng kết cấu của bạc.

### 3.4.1 Điều kiện kỹ thuật

Khi chế tạo chi tiết dạng bạc, yêu cầu kỹ thuật quan trọng nhất là độ đồng tâm giữa mặt ngoài và mặt lỗ, cũng như độ vuông góc giữa mặt đầu và đường tâm. Cụ thể là phải đảm bảo các điều kiện như sau:

- Đường kính mặt ngoài của bạc đạt cấp chính xác  $7 \div 10$ .
- Đường kính lỗ đạt cấp chính xác 7, đôi khi cấp 10, đối với các lỗ bạc cần lắp ghép chính xác có thể yêu cầu cấp 5.
- Độ dày thành bạc cho phép sai lệch trong khoảng  $0,03 \div 0,15$ mm.
- Độ đồng tâm giữa mặt ngoài và mặt lỗ bạc tùy từng điều kiện làm việc của bạc mà quy định cụ thể, thông thường độ không đồng tâm này lớn hơn 0,015mm.
- Độ không vuông góc giữa mặt đầu và đường tâm lỗ nằm trong khoảng  $(0,1 \div 0,2 \text{mm})/100$ mm bán kính. Với loại bạc chịu tải trọng theo chiều trục thì độ không vuông góc này từ  $(0,02 \div 0,03)/100$ mm bán kính.
- Độ nhám bề mặt thường cho:

- + Với bề mặt ngoài cần đạt  $R_a=2,5$ .
- + Với bề mặt lỗ tùy theo yêu cầu mà cho:  
 $R_a=2,5\div 0,63$ , đôi khi  $R_a=0,32$ .
- + Với mặt đầu  $R_z=40\div 10$ ;  $R_a=2,5$ .

### 3.4.2 Vật liệu và phôi

Vật liệu thường dùng để chế tạo các chi tiết dạng bạc là thép, đồng thau, đồng đỏ, gang và các hợp kim đặc biệt khác. Ngoài ra còn dùng chất dẻo và gốm sứ để chế tạo một số bạc đặc biệt.

Việc chọn phôi để chế tạo các chi tiết dạng bạc, phụ thuộc vào điều kiện làm việc, hình dạng và sản lượng của nó, cụ thể là:

Với bạc có đường kính lỗ nhỏ hơn 200mm thường dùng thép thanh định hình và thép thanh cán nóng hoặc phôi đúc đặc (không có lỗ sẵn). Với bạc có đường kính lỗ lớn hơn 200mm thường dùng các phôi ống hoặc phôi đúc có lỗ sẵn. Trong trường hợp đó, tùy theo sản lượng và yêu cầu kỹ thuật cũng như điều kiện sản xuất mà có thể đúc trong khuôn cát (làm khuôn bằng máy) hoặc có thể đúc trong khuôn kim loại, đúc li tâm hay đúc áp lực.

Những bạc có thành mỏng và xẻ rãnh thường làm bằng đồng thau hoặc đồng đỏ, cũng có thể dùng các tấm kim loại cuộn lại.

Với những bạc bằng vật liệu sứ hoặc chất dẻo thường được làm bằng cách ép và sau đó thiêu kết. Những phôi ép và đúc áp lực đều có thể tạo sẵn được các lỗ có đường kính nhỏ tới 3mm hoặc nhỏ hơn nữa.

### 3.4.3 Tính công nghệ trong kết cấu của bạc

Cũng như các chi tiết dạng khác, tính công nghệ trong kết cấu của bạc có ý nghĩa quan trọng đối với việc gia công để đạt các yêu cầu kỹ thuật cần thiết.

Trước hết cần chú ý đến đặc trưng quan trọng đối với bạc là tỉ số giữa chiều dài và đường kính ngoài lớn nhất của chi tiết. Tỉ số đó phải nằm trong giới hạn  $0,5\div 3,5$ .

Tiếp đến phải chú ý đến kích thước lỗ của bạc bởi vì cùng một đường kính gia công lỗ bao giờ cũng khó hơn gia công trục.

Bề dày của thành bạc cũng không nên mỏng quá để tránh biến dạng khi gia công và nhiệt luyện.

### 3.4.4 Quy trình công nghệ khi gia công bạc

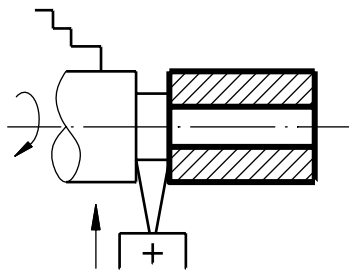
#### 1. Chuẩn định vị để gia công:

Khi gia công bạc cần phải đảm bảo hai điều kiện kỹ thuật cơ bản của bạc là độ đồng tâm giữa mặt ngoài và mặt lỗ, độ vuông góc giữa đường tâm lỗ và mặt đầu của bạc. Các bề mặt này là những mặt chính của bạc.

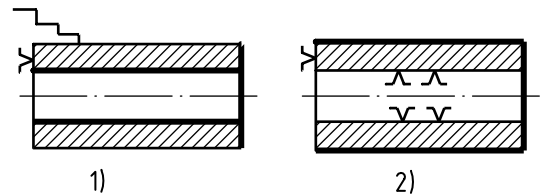
Hai điều kiện kỹ thuật trên đây có thể giải quyết bằng một trong các phương pháp sau:

- Gia công cả mặt ngoài, lỗ và mặt đầu trong cùng một lần gá (hình 3-75).

Phương án gia công tất cả các mặt chính trong một lần gá có thể thực hiện khi chế tạo các bạc bằng phôi thanh hoặc phôi ống với việc cắt đứt ở bước cuối cùng. Đối với các phôi đúc từng chiếc, muốn gia công tất cả các mặt chính sau một lần gá, cần phải tạo nên các vấu lồi dài thêm để làm chuẩn, điều đó sẽ tăng phế liệu và giảm hệ số sử dụng vật liệu. Phương pháp này được dùng trong sản xuất đơn chiếc.



Hình 3-75. Gia công các mặt chính của bạc trong cùng một lần gá.



Hình 3-76. Gia công các mặt chính của bạc sau hai lần gá.

1. Gia công mặt trong và một mặt đầu.
2. Gia công mặt ngoài và một mặt đầu.

- Gia công tất cả các mặt chính sau hai lần gá đặt hoặc là sau hai nguyên công trong đó có một lần định vị vào lỗ để gia công tinh mặt ngoài (hình 3-76).

- Gia công tất cả các mặt chính sau ba lần gá đặt hoặc là sau ba nguyên công trong đó có một lần định vị vào lỗ để gia công tinh mặt ngoài (hình 3-77).

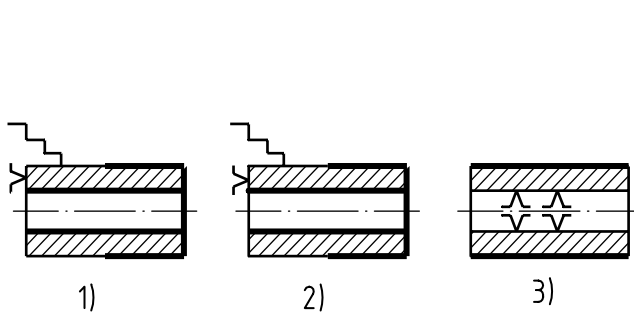
- Gia công tất cả các mặt chính sau bốn lần gá đặt hay là sau bốn nguyên công trong đó có một lần định vị vào mặt ngoài để gia công tinh lỗ (hình 3-78).

Nếu như có kết cấu mũi tâm thích hợp thì có thể thực hiện gia công hai mặt đầu cùng lần gá với gia công mặt ngoài. Từ các phương pháp giải quyết độ đồng tâm ở trên, ta thấy rằng việc định vị vào mặt lỗ bạc để gia công mặt ngoài có ưu điểm hơn so với định vị vào mặt ngoài để gia công lỗ vì nếu định vị bằng mặt lỗ, có thể dùng trục gá đàn hồi thì sai số gá đặt hoặc không có (nếu dùng chống tâm) hoặc có trị số rất nhỏ (nếu kẹp



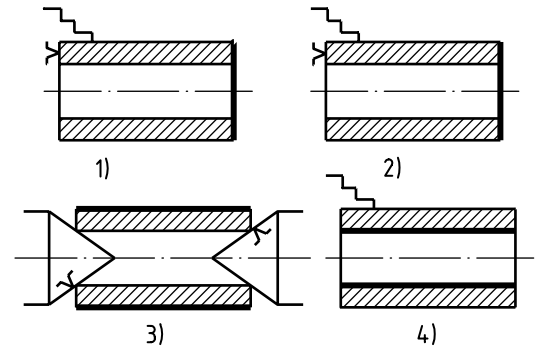
chặt trục gá đàn hồi đó lên mâm cặp). Ngoài ra khi dùng lỗ tâm làm chuẩn để gia công mặt ngoài thì độ lệch tâm giữa lỗ và mặt ngoài được loại bỏ.

Trên đây là phương án chọn chuẩn định vị để gia công mặt chính của bạc gồm mặt ngoài, mặt trong và mặt đầu của bạc. Để gia công các mặt tiếp theo của bạc thì có thể



Hình 3-77. Gia công các mặt chính sau ba lần gá.

1. Gia công một phần mặt ngoài, một mặt đầu, gia công thô mặt trong.
2. Gia công nốt phần mặt ngoài và mặt đầu còn lại, gia công tinh mặt trong.
3. Gia công tinh mặt ngoài.



Hình 3-78. Gia công các mặt chính sau bốn lần gá.

1. Gia công một mặt đầu; 2. Gia công mặt đầu còn lại;
3. Gia công mặt ngoài; 4. Gia công mặt trong.

chọn mặt trong và mặt đầu hoặc mặt ngoài và mặt đầu của bạc làm chuẩn tùy theo kết cấu vị trí của mặt cần gia công.

## 2. Trình tự gia công các bề mặt:

Khi lập trình tự các nguyên công để gia công các bề mặt và chọn các thiết bị cần dựa vào hình dáng của phôi và sản lượng của chúng. Tuy nhiên trình tự gia công các bề mặt của bạc thường như sau:

- Gia công các mặt chính của bạc (xem phần *Chuẩn định vị gia công*).
- Khoan các lỗ phụ.
- Gia công các mặt định hình.
- Nhiệt luyện.
- Gia công tinh các lỗ, các mặt ngoài.
- Đánh bóng các mặt yêu cầu có độ bóng cao.
- Kiểm tra.

Ở trình tự nêu trên, nội dung gia công các mặt chính của bạc phụ thuộc vào dạng phôi (thanh, ống hoặc phôi đúc rời từng chiếc) và sản lượng của chúng mà có một hoặc số lần gá như các phương án đã trình bày ở phần *Chuẩn định vị gia công*.

### 3.4.5 Biện pháp thực hiện các nguyên công

#### 1. Gia công mặt chính của bạc:

Biện pháp kỹ thuật gia công mặt chính của bạc (mặt ngoài, mặt trong và mặt đầu) phụ thuộc rất nhiều vào dạng phôi và sản lượng của bạc.

##### a. Các bạc chế tạo từ phôi thanh:

- Nếu sản lượng ít có thể tiến hành gia công trên máy tiện vạn năng trong một lần gá qua các bước: xén đầu, khoan môi, khoan lỗ, tiện trong, tiện ngoài, cắt đứt.

- Nếu sản lượng lớn, việc gia công các mặt chính của bạc được thực hiện trên máy rơvonne tự động một trục hoặc nhiều trục trong một lần gá qua các bước: xén mặt đầu, đẩy thanh tới cỡ tì, khoan lỗ, tiện mặt tròn ngoài, vát mép, doa thô, doa tinh và cắt đứt.

Sơ đồ gia công các mặt chính của bạc trên máy Rơvonne thể hiện trên hình 3-79.

##### b. Các bạc chế tạo từ phôi ống:

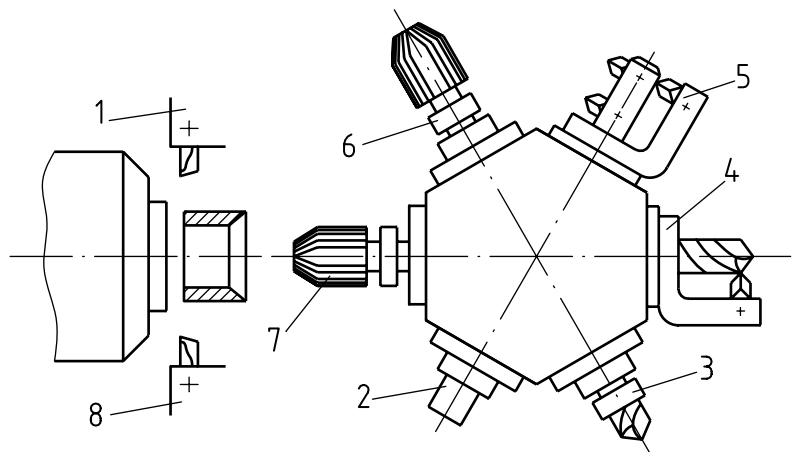
Biện pháp gia công các mặt chính của bạc từ phôi ống cũng cơ bản giống như đối với bạc chế tạo từ phôi thanh, nhưng phải thay nguyên công khoan lỗ bằng khoét và doa lỗ.

##### c. Các bạc chế tạo từ phôi đúc hoặc rèn từng chiếc:

- Nếu sản lượng ít với chi tiết cỡ lớn và vừa thì thực hiện gia công trên máy tiện cắt, tiện đứng; với chi tiết cỡ nhỏ có thể gia công mặt chính trên máy tiện vạn năng thông thường.

- Nếu sản lượng nhiều với chi tiết cỡ nhỏ và vừa, gia công các mặt chính thực hiện trên máy tiện một trục nhiều dao hay máy tiện nhiều trục nhiều dao.

Trên hình 3-80 trình bày sơ đồ điều chỉnh dao để gia công chi tiết dạng bạc (hình 3-80a) trên máy tiện tự động sáu trục chính. Trên loại máy này có đầu Rơvonne và hai đến ba bàn dao (bàn dao đứng, bàn dao trước, bàn dao sau). Chi tiết gia công được gá vào các ống kẹp (hoặc mâm cặp) trên các trục chính của máy. Bạc được gia công xong sau khi lần



Hình 3-79. Sơ đồ gia công các mặt chính của bạc từ phôi thanh trên máy Rơvonne.

1. Dao xén đầu ; 2. Cữ tì ; 3. Khoan chích ; 4. Dao khoét lỗ, gia công thô ngoài ; 5. Tiện rộng lỗ và tiện ngoài ; 6. Doa thô ; 7. Doa tinh ; 8. Cắt đứt.

lượt gia công từng phần trên sáu vị trí từ I đến VI. Ở vị trí I thực hiện xén mặt đầu, tiện  $\phi 35,4 - 0,1$ , vát mép lỗ  $30^\circ$ . Ở vị trí II tiện lỗ  $\phi 26,7 + 0,1$  với nửa lượng dư, xấn rãnh  $4,5 - 0,15$ . Ở vị trí III thực hiện tiện lỗ  $\phi 26,7 + 0,1$  với cả lượng dư, xấn tinh rãnh  $4,5 - 0,15$ , vát cạnh  $0,03$ . Ở vị trí IV tiện tinh lỗ  $\phi 26,7 + 0,1$ , xấn rãnh và vát  $R1,2$ . Ở vị trí V thực hiện vát mép lỗ đầu thứ hai của bạc. Ở vị trí VI tiến hành cắt đứt.

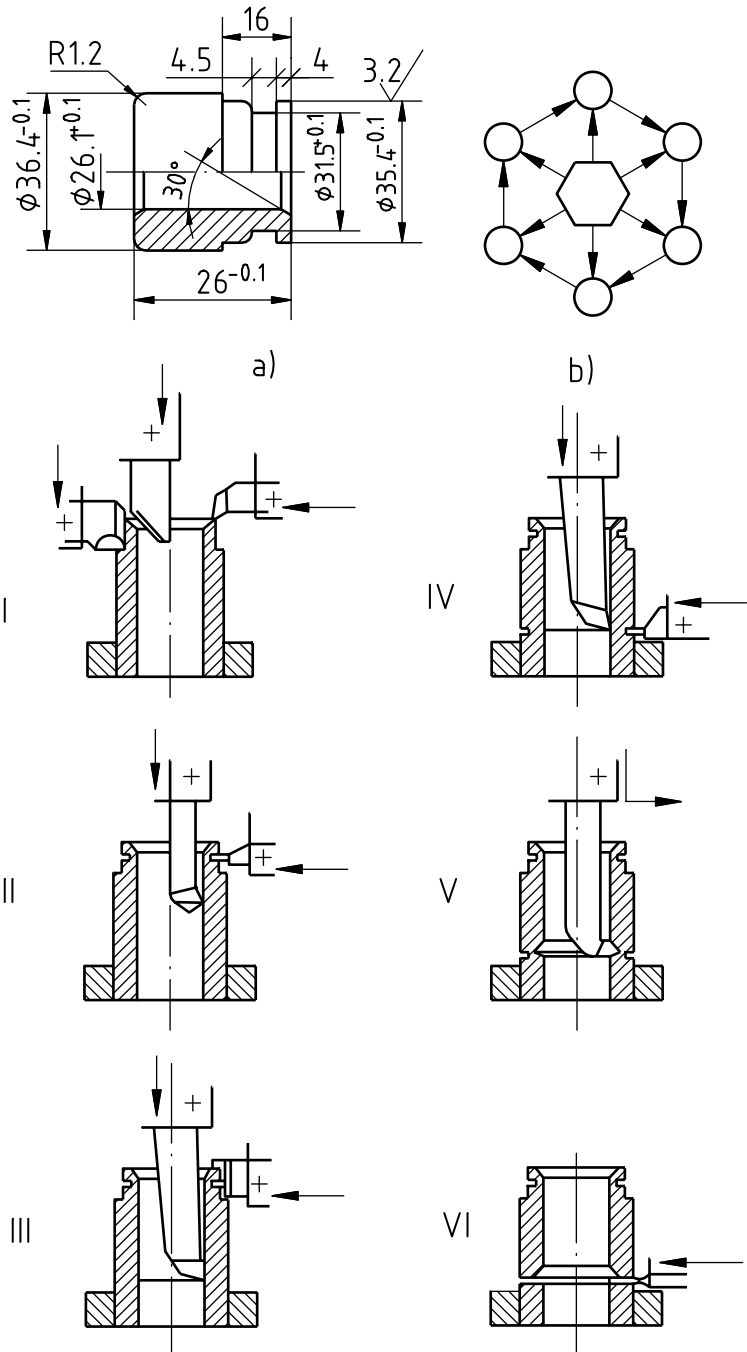
Sau mỗi chu trình lấy ra được một sản phẩm và lắp phối khác vào vị trí I.

Khi gia công trên máy tiện một trục nhiều dao cần tiến hành khoét và doa lỗ trước, sau đó lấy lỗ làm mặt định vị để gia công mặt ngoài bằng cách gá vật lên trục gá. Trên hình 3-81 thể hiện sơ đồ tiện tinh mặt ngoài của bạc trên máy tiện bán tự động một trục nhiều dao. Trên loại máy này, các dao gia công đường kính ngoài được bố trí ở bàn dao trước, các dao gia công rãnh và vát mép được bố trí ở bàn dao sau. Bàn dao trước chạy dọc, bàn dao sau chạy ngang thực hiện đồng thời.

Việc gia công các lỗ bạc, trước nguyên công tiện tinh mặt ngoài thường dùng tiến trình công nghệ như sau:

- Khoét rộng lỗ bạc và vát mép lỗ trên máy khoan đứng, khi đó dùng mặt ngoài và mặt đầu làm chuẩn định vị và kẹp chặt bằng mâm cặp.

- Gia công tinh lỗ có thể thực hiện trên máy chuốt nằm ngang. Ở nguyên công này cần dùng đồ gá chuốt có chỏm cầu tự lựa để có thể định vị vào mặt đầu chưa được gia công. Đôi khi thực hiện gia công tinh lỗ bằng phương pháp lăn ép.



Hình 3-80. Sơ đồ điều chỉnh dao để gia công bạc trên máy tiện tự động sáu trục chính AN 6/40 (Tiếp Khắc).

a. Chi tiết gia công ; b. Sơ đồ điều chỉnh dao.

Đối với các loại bạc có thành mỏng, kém cứng vững để

gia công các mặt chính việc định vị không có gì khác đối với các loại bạc nói chung đã trình bày ở trên, nhưng lực kẹp chặt phải là hướng trục để tránh gây biến dạng hướng kính trong và sau khi gia công.

Để gia công các mặt chính của loại bạc có kết cấu đặc biệt cần phải có biện pháp thích hợp. Ví dụ như:

- + Những bạc có lỗ côn thường được khoét và doa bằng các dao hình côn. Những bạc côn có xẻ rãnh khi sản lượng lớn, gia công mặt côn nhờ cơ cấu chếp hình, khi sản xuất nhỏ, đơn chiếc việc gia công lỗ côn bằng cách xoay bàn dao trên máy tiện thông thường.

- + Những bạc có một lớp hợp kim chống mòn (bạc 2 lớp) thì sau khi gia công tinh lỗ, tiến hành đúc (hoặc ép) lớp hợp kim trên mặt lỗ, rồi phải gia công tinh lại lớp hợp kim.

- + Những bạc mỏng đàn hồi có xẻ rãnh phải có biện pháp đặt vào khe rãnh một miếng đệm và gắn cứng vào đó bằng một lớp kim loại dễ chảy, sau đó gia công tinh lỗ, lớp kim loại này sẽ được hút đi ở nguyên công cuối cùng.

- + Những bạc bằng kim loại – sứ có nền sắt hoặc đồng, có biện pháp thích hợp cho từng loại. Khi gia công bạc kim loại – sứ nền sắt phải dùng dao hợp kim cứng BK8. Muốn tăng tính chống ma sát của các loại bạc xộp này sau khi thiêu kết, phải ngâm trong dầu máy bay ở nhiệt độ  $100 \div 120^{\circ}\text{C}$ , với thời gian thích hợp tùy theo bề dày thành bạc.

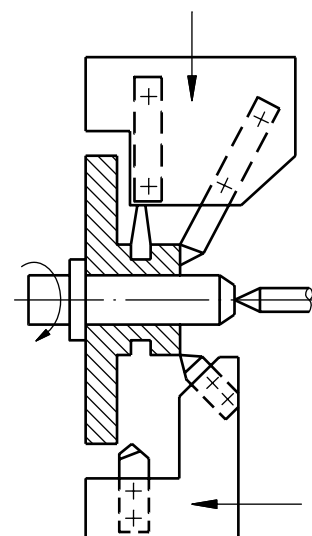
- + Các bạc bằng chất dẻo có thể chế tạo từ phôi thanh, phôi ống hoặc phôi ép rồi từng chiếc. Khi chế tạo, việc gia công cắt gọt cũng tương tự như bạc bằng kim loại.

## 2. Gia công các lỗ phụ:

Các lỗ phụ trên bạc thường là các lỗ để tra dầu, lỗ có ren để kẹp chặt với các chi tiết khác. Để gia công các lỗ bạc này, bạc được định vị bằng mặt ngoài và mặt đầu hoặc mặt trong và mặt đầu.

- Nếu sản lượng ít, lỗ được khoan trên máy khoan đứng với đồ gá có bạc dẫn hoặc khoan theo dấu.

- Nếu sản lượng nhiều có thể dùng máy khoan có đầu rơvonve hoặc đầu khoan nhiều trục để gia công tất cả các lỗ cùng một lúc. Với chi tiết cỡ vừa, có thể gia công trên máy tổ hợp.



Hình 3-81. Sơ đồ tiện tinh mặt ngoài của bạc trên máy bán tự động nhiều dao.

### 3. Gia công thô và tinh các mặt định hình trong và ngoài

Những mặt định hình này bao gồm các rãnh then, rãnh dầu, răng khía và rãnh then trong.

- Các rãnh then: nếu sản xuất nhỏ, đơn chiếc rãnh then được gia công trên máy xọc, nếu sản xuất loạt lớn then được gia công trên máy chuốt.

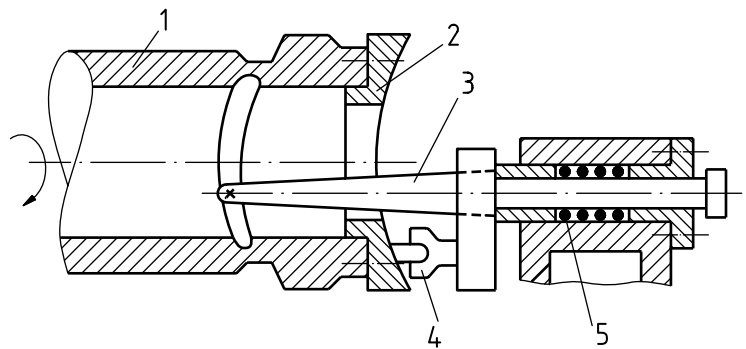
- Rãnh then mặt ngoài được gia công bằng dao phay ngón trên máy phay đứng hoặc dao phay đĩa trên máy phay ngang như đối với chi tiết dạng trục.

- Các rãnh dầu hoặc mặt định hình ở mặt trong của bạc thường được gia công bằng phương pháp tiện chép hình. Trên hình 3-82 trình bày sơ đồ nguyên lý đồ gá tiện chép hình rãnh dầu ở mặt lỗ của bạc.

Dưỡng chép hình 2 có biên dạng mặt đầu thích hợp với rãnh cần gia công, dưỡng 2 được gá vào chi tiết gia công 1. Khi trục chính quay sẽ mang chi tiết cùng với dưỡng quay theo. Do mặt đầu của dưỡng lồi, lõm nên nó đẩy con lăn 4 cùng với bộ phận gá dao và dao 3 ra, vào, do đó dao cắt ra được hình dạng rãnh yêu cầu. Lò xo 5 có tác dụng đẩy con lăn luôn tiếp xúc với dưỡng.

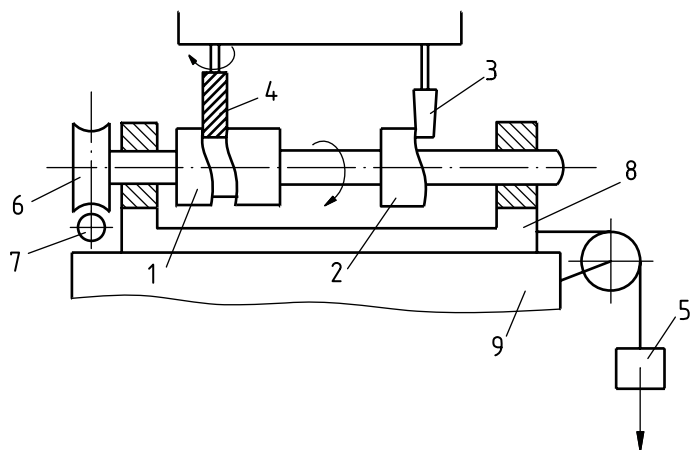
Với rãnh định hình trên mặt ngoài của bạc như rãnh cam thùng thì có thể gia công bằng phương pháp tiện chép hình hoặc phay chép hình. Trên hình 3-83 trình bày sơ đồ nguyên lý đồ gá phay chép hình rãnh trên mặt ngoài của bạc.

Chi tiết gia công 1 và dưỡng chép hình 2 được lắp đồng trục và được quay đồng bộ nhờ bộ truyền trục vít bánh vít 6,7. Đối trọng 5 luôn luôn kéo thân gá 8 với toàn bộ đồ gá về phía phải để cho con lăn tiếp xúc với cam mặt đầu 2, do đó dao cắt 4 cắt



Hình 3-82. Sơ đồ nguyên lý đồ gá tiện chép hình rãnh dầu trong lỗ của bạc.

1. Chi tiết gia công ; 2. Dưỡng chép hình ; 3. Dao cắt ; 4. Con lăn ; 5. Lò xo.



Hình 3-83. Sơ đồ nguyên lý đồ gá phay chép hình rãnh trên mặt ngoài của bạc.

1. Chi tiết gia công ; 2. Dưỡng chép hình ; 3. Con lăn ; 4. Dao phay ngón ; 5. Đối trọng ; 6,7. Bộ truyền trục vít – bánh vít ; 8. Thân đồ gá ; 9. Bàn máy.

được rãnh phù hợp với biên dạng mặt đầu cam.

- Răng khía trên bạc hay bánh răng liên bạc được gia công bằng các phương pháp phay, bào, phay lăn, xọc (được trình bày ở phần *Gia công bánh răng*).

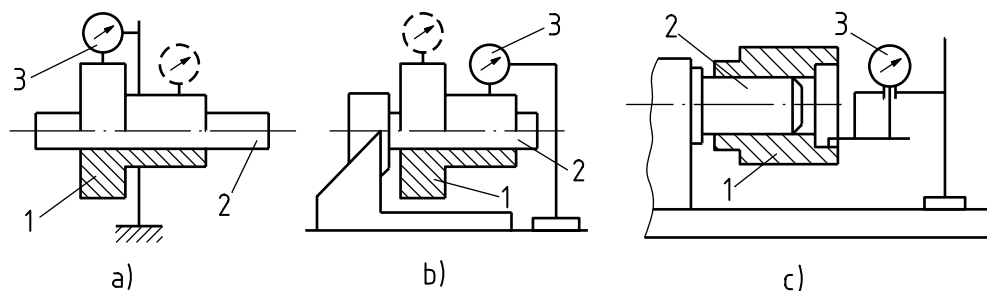
#### 4. Gia công sau nhiệt luyện:

Các bề mặt chính xác của bạc sau khi nhiệt luyện cần phải gia công tinh (thường là các mặt trong của bạc, cũng có khi là mặt ngoài). Để đảm bảo độ đồng tâm của các bề mặt, cần lấy mặt nọ làm định vị để gia công mặt kia.

Các bề mặt gia công tinh thường thực hiện trên máy mài. Đối với chi tiết có đường kính lớn, khó gia công trên máy mài thì phải dùng loại dao hợp kim cứng hoặc kim cương để tiện mỏng trên máy tiện cắt, tiện đứng với các đồ gá thích hợp. Nếu bề mặt bạc cần độ nhẵn bóng và chính xác cao hơn, thì có thể dùng phương pháp mài khôn hoặc mài nghiền để gia công tinh lần cuối.

#### 5. Kiểm tra bạc:

Khi gia công các chi tiết dạng bạc thường phải kiểm tra các yếu tố về kích thước bản thân như đường kính ngoài, đường kính lỗ, chiều dài bạc, chiều dày thành bạc, độ nhám bề mặt v.v...



Hình 3-84. Sơ đồ kiểm tra độ đồng tâm giữa các bề mặt.

1. Chi tiết kiểm tra ; 2. Trục tâm ; 3. Đồng hồ so.

a,b. Độ đồng tâm giữa mặt trong và ngoài.

c. Độ đồng tâm của hai lỗ bạc.

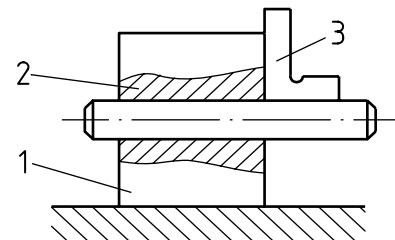
Trong dạng sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ thường dùng các dụng cụ đo vạn năng để đo các kích thước và các mẫu để so sánh độ nhám bề mặt. Còn trong sản xuất loạt lớn có thể dùng các dụng cụ kiểm chuyên dùng.

Đối với các yếu tố về vị trí tương quan như độ đồng tâm giữa mặt lỗ và mặt đầu tốt nhất là dùng một số đồng hồ so và đồ gá kiểm tra giống như sơ đồ kiểm các bạc trên trục bạc. Trên hình 3-84 trình bày một số sơ đồ kiểm tra vị trí tương quan giữa các mặt trên bạc.

Độ vuông góc giữa mặt đầu và đường tâm lỗ bạc có thể kiểm tra bằng đồng hồ so hoặc thước đo góc. Trên hình 3-85 trình bày sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa đường tâm lỗ và mặt đầu bằng thước đo góc.

Trên đây là những khái niệm cơ bản về công nghệ chế tạo bạc nói chung. Trong một số ngành chế tạo máy, thường phải chế tạo một số loại bạc có sản lượng lớn. Các bạc này được chế tạo theo những dây chuyền công nghệ chuyên dùng.

Sau đây là một ví dụ về quy trình công nghệ chế tạo một loại bạc của máy khai thác than BK52 (Liên Xô cũ). Kết cấu của chi tiết được giới thiệu trên hình 3-86. Chi tiết chế tạo từ vật liệu thép hợp kim 30CrMnTi với phôi ống cắt rời từng chiếc.



Hình 3-85. Sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa lỗ và mặt đầu.

1. Chi tiết kiểm tra ; 2. Trục tâm ;  
3. Thước góc

Quy trình công nghệ chế tạo bạc nói trên bao gồm các nguyên công sau đây:

- Tiện thô mặt đầu 1, mặt ngoài 4 và lỗ chi tiết 9, chi tiết được định vị ở mặt 5 (đã gia công sơ bộ) và được kẹp chặt trên mâm cặp ba chấu của máy tiện.

- Thấm cacbon với độ sâu 0,9-1,3mm.

- Tiện tinh mặt đầu 7, 10 và vát mép các mặt 6, 8.

- Tiện bán tinh các mặt 1, 4, 9 (định vị và kẹp chặt như nguyên công đầu).

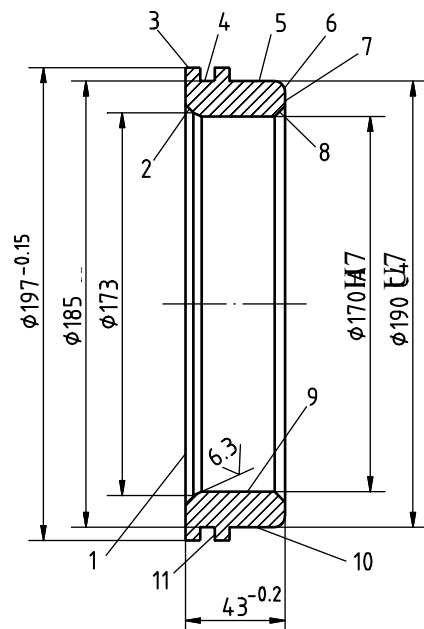
- Tiện tinh các mặt 1, 9, 4, 10, 11, 3, 2. Chi tiết được định vị ở các mặt 5, 7 và kẹp chặt ở mặt 5.

- Nhiệt luyện đạt độ cứng 60HRC.

- Mài mặt đầu 7 trên máy mài phẳng. Chi tiết được định vị ở mặt 1 và kẹp chặt bằng bàn từ.

- Mài mặt 5 và 10 trên máy mài tròn ngoài, chi tiết được định vị ở lỗ 9 trên trục gá.

- Đánh bóng bề mặt ngoài đạt  $R_a=5-0,65$ . Chi tiết được định vị như nguyên công mài tròn ngoài.



Hình 3-86. Bạc máy khai thác than BK52.



Trong quy trình công nghệ trên đây đã thể hiện được độ đồng tâm giữa mặt lỗ và mặt ngoài bằng cách gia công chính xác lỗ  $\phi 170H7$  sau đó lấy lỗ làm chuẩn để gia công mặt ngoài.

### 3.5 Gia công bánh răng

Bánh răng, bánh vít là những chi tiết dùng để truyền lực và chuyển động mà ta thường thấy trong nhiều loại máy khác nhau. Với sự phát triển của ngành chế tạo máy và với yêu cầu của sửa chữa thay thế, các loại chi tiết này ngày càng được sản xuất nhiều hơn. Ở nhiều nước người ta đã xây dựng nhà máy, phân xưởng chuyên sản xuất bánh răng, bánh vít với trình độ cơ khí hóa và tự động cao.

Trong những năm gần đây, người ta đạt được nhiều thành tựu mới trong việc nâng cao năng suất và chất lượng gia công bánh răng.

#### 3.5.1 Phân loại và độ chính xác bánh răng

##### 1. Phân loại:

Bánh răng được chia làm 3 loại :

- Bánh răng trụ (răng thẳng và răng nghiêng).
- Bánh răng côn (răng thẳng và răng xoắn).
- Bánh vít.

Dựa theo đặc tính công nghệ, bánh răng được chia làm các loại sau đây:

Bánh răng trụ và răng côn không có mayơ và có mayơ, lỗ trơn và lỗ then hoa (hình 3-87a).

Bánh răng bậc lỗ trơn và lỗ then hoa (hình 3-87b).

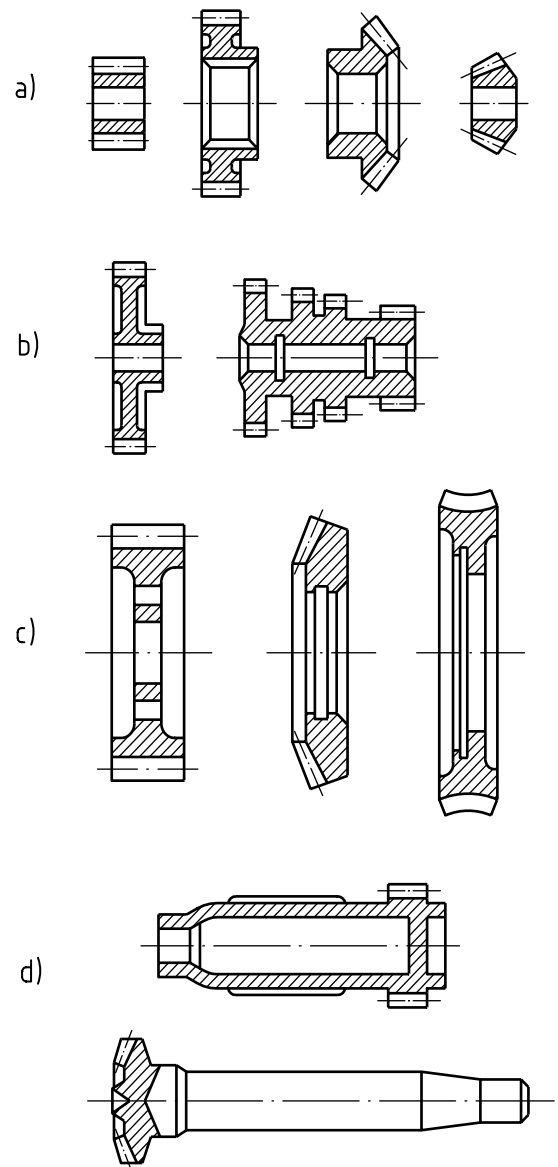
Bánh răng trụ, bánh răng côn và bánh vít dạng đĩa (hình 3-87c).

Trục răng trụ và trục răng côn (hình 3-87d).

##### 2. Độ chính xác bánh răng:

Độ chính xác của bánh răng được đánh giá theo tiêu chuẩn nhà nước TCVN.

Theo tiêu chuẩn này, bánh răng được chia thành 12 cấp chính xác, ký hiệu theo thứ tự bằng các con số 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.



Hình 3-87. Các loại bánh răng.



Trong đó cấp chính xác 1 là cao nhất, và cấp chính xác 12 là thấp nhất.

Trong tiêu chuẩn không ghi dung sai của các cấp 1, 2 và 12, trong thực tế thường chỉ dùng các cấp chính xác 3 đến 11.

Đối với mỗi cấp chính xác, tiêu chuẩn còn nêu ra các chỉ tiêu để đánh giá độ chính xác của bánh răng. Những chỉ tiêu đó là:

*a. Độ chính xác truyền động.* Độ chính xác này được đánh giá bằng sai số góc quay của bánh răng sau một vòng. Sai số này xuất hiện là do sai số của hệ thống công nghệ. Ngoài ra độ chính xác truyền động còn được đánh giá bằng sai số bước vòng và sai lệch khoảng pháp tuyến chung.

*b. Độ ổn định khi làm việc.* Độ ổn định khi làm việc ảnh hưởng trực tiếp đến độ ồn khi làm việc và tuổi thọ của bánh răng, độ ổn định khi làm việc được đánh giá và bằng sai số chu kỳ ( là giá trị trung bình của sai số truyền động bằng tỉ số giữa sai lệch lớn nhất và số răng của bánh răng). Độ ổn định khi làm việc được đánh giá bằng sai lệch bước cơ sở.

*c. Độ chính xác tiếp xúc.* Độ chính xác tiếp xúc được đánh giá bằng vết tiếp xúc của profil răng theo chiều dài, chiều cao và được biểu diễn bằng %.

*d. Độ chính xác khe hở cạnh răng.* Chỉ tiêu này quy định 4 loại khe hở cạnh răng:

- Khe hở bằng 0.
- Khe hở nhỏ.
- Khe hở trung bình.
- Khe hở lớn.

Cần nhớ rằng, khoảng cách tâm giữa hai bánh răng ăn khớp với nhau càng lớn (tức là bánh răng càng lớn) thì khe hở cạnh răng càng lớn.

### **3.5.2 Vật liệu và phối bánh răng**

#### *1. Vật liệu:*

Việc chọn vật liệu để chế tạo bánh răng phụ thuộc vào điều kiện làm việc của chúng. Các bánh răng truyền lực thường được chế tạo bằng thép hợp kim crôm(15Cr, 15CrA, 20CrA, 40Cr, 45Cr); crôm-niken và crôm-môlipđen (40CrNi, 35CrMoA, 18CrMn-Ti). Các bánh răng chịu tải trung bình và nhỏ được chế tạo bằng thép cacbon như thép 45 và gang. Người ta còn dùng vải ép, da ép để chế tạo bánh răng làm việc không có tiếng ồn. Những bánh răng này ăn khớp với bánh răng thép hoặc gang.

Gần đây người ta còn dùng chất dẻo để chế tạo bánh răng. So với bánh răng bằng thép thì bánh răng chất dẻo có độ bền thấp hơn, nhưng nó lại có khả năng làm việc với tốc độ cao mà không gây tiếng ồn.

## 2. *Phôi bánh răng:*

Trong sản xuất lớn, phôi chế tạo bánh răng thép thường là phôi rèn. Còn trong sản xuất nhỏ, đơn chiếc, người ta thường dùng phôi thanh, vì khi ấy phôi rèn lại không kinh tế. Sở dĩ như vậy vì dùng thép thanh phải cắt gọt nhiều, tốn vật liệu, tốn công lại không đạt được cơ tính cao, không phù hợp với sản xuất lớn. Những bánh răng, bánh vít làm bằng gang hoặc khi chúng bằng thép mà có kích thước quá lớn, người ta dùng phương pháp đúc để chế tạo phôi.

Trong những trường hợp bánh răng, bánh vít có đường kính lỗ lớn hơn 25 mm và chiều dài lỗ nhỏ hơn hai lần đường kính thì người ta tạo lỗ khi rèn hoặc đúc.

Trong những năm gần đây, người ta bắt đầu chế tạo bánh răng bằng kim loại bột thiêu kết. Như vậy bánh răng không cần phải gia công cơ. Phôi chính là kim loại bột.

### 3.5.3 Yêu cầu kỹ thuật và nhiệt luyện bánh răng

#### 1. *Yêu cầu kỹ thuật:*

Ngoài các yêu cầu về độ chính xác khi cắt răng, quy trình công nghệ chế tạo bánh răng cần bảo đảm những yêu cầu kỹ thuật sau đây :

Độ không đồng tâm giữa mặt lỗ và đường tròn cơ sở nằm trong khoảng  $0,05 \div 0,1$  mm.

Độ không vuông giữa mặt đầu và tâm lỗ (hoặc trục) nằm trong khoảng  $0,01 \div 0,015$  mm trên 100 mm đường kính.

Mặt lỗ và các cổ trục của trục răng được gia công đạt chính xác cấp 7.

Độ nhám của các bề mặt trên đạt  $R_a = 1,25 \div 0,63$ .

Các bề mặt kết cấu khác được gia công đạt cấp chính xác 8, 9, 10 ; Độ nhám  $R_a = 10 \div 2,5$  hay  $R_z = 40 \div 10$ .

Sau khi nhiệt luyện đạt độ cứng 55÷60 HRC, độ sâu khi thấm cacbon là 1÷2 mm.

Độ cứng các bề mặt không gia công thường đạt 180 ÷ 280 HB.

#### 2. *Nhiệt luyện bánh răng:*

Do yêu cầu làm việc, răng phải có độ cứng và độ bền cần thiết, không cho phép có vết nứt, vết cháy, biến dạng do nhiệt phải bé, cơ tính phải ổn định trong quá trình làm việc. Muốn đạt được những yêu cầu trên, cần phải có chế độ nhiệt luyện thích hợp.

Đối với các loại thép ít cacbon (kể cả thép hợp kim) sau khi cắt răng, người ta phải thấm cacbon.

Với các bánh răng có yêu cầu tính chịu mòn cao, người ta phải thấm nitơ.

Trước khi gia công phôi bánh răng thường được thường hóa hoặc tôi cải thiện để tăng cơ tính cắt gọt. Độ cứng cần đạt là 220÷280 HB.

Sau khi cắt răng, bánh răng được nhiệt luyện bằng nhiều phương pháp khác nhau. Đối với các bánh răng môđun và kích thước nhỏ thường được tôi thể tích, còn bánh răng có môđun lớn và kích thước lớn thường được tôi bằng dòng điện tần số cao.

Phương pháp tôi bằng dòng điện có tần số cao thường có nhiều ưu điểm như dễ điều chỉnh độ sâu lớp thấm tôi, biến dạng bé, độ bóng bề mặt không giảm nhiều. Tuy nhiên vốn đầu tư vào thiết bị cao, mỗi vòng răng phải có vòng nung khác nhau nên không thích hợp với sản xuất nhỏ, đơn chiếc.

### **3.5.4 Chuẩn định vị và quy trình công nghệ trước khi gia công răng**

#### *1. Chuẩn định vị:*

Tùy theo kết cấu, sản lượng và độ chính xác yêu cầu mà ta chọn chuẩn cho thích hợp.

Khi gia công bánh răng có lỗ, dù là bánh răng trụ, bánh răng côn, bánh vít, chuẩn tinh thống nhất là mặt lỗ. Mặt lỗ cũng chính là chuẩn tinh chính vì nó được dùng khi lắp ráp. Do vậy khi gia công phôi người ta chú ý đến gia công lỗ. Ngoài lỗ ra người ta còn chọn thêm mặt đầu làm chuẩn. Trong trường hợp đó, lỗ và mặt đầu phải gia công trong một lần gá để đảm bảo độ vuông góc giữa mặt đầu và tâm lỗ.

Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, ở nguyên công đầu tiên người ta thường dùng một mặt đầu và mặt ngoài của bánh răng làm chuẩn thô.

Sau khi nhiệt luyện, trong những trường hợp cần mài lại lỗ, người ta phải dùng vành răng để định vị bằng vòng lăn. Như vậy trong những trường hợp gia công bánh răng có lỗ, chuẩn định vị có thể là tất cả các bề mặt.

Đối với các loại trục răng, chuẩn lắp ráp là bề mặt cổ trục, vì vậy phôi của loại bánh răng này được gia công như các trục bậc và chuẩn định vị có thể là mặt đầu, cổ trục và hai lỗ tâm.

#### *2. Quy trình công nghệ trước khi gia công răng:*

Quy trình công nghệ gia công phôi trước khi cắt răng bao gồm các nguyên công sau đây :

- Gia công thô lỗ.
- Gia công tinh lỗ.
- Gia công thô mặt ngoài.

- Gia công tinh mặt ngoài.

Trong những trường hợp cần thiết còn thêm các nguyên công như khoan lỗ, phay rãnh then, then hoa trên trục răng hoặc ren v.v...

Khi sản lượng nhỏ bánh răng thường được gia công trên máy tiện. Lỗ của các bánh răng đòi hỏi phải có độ chính xác cao nên cần phải doa.

Trong sản xuất hàng loạt lớn, hàng khối, người ta thường dùng phương pháp chuốt để gia công lỗ (kể cả lỗ có rãnh then hoặc then hoa). Trong trường hợp này, trước khi chuốt thường khoan hoặc khoét lỗ trên máy khoan đứng. Các nguyên công khác chỉ được gia công sau khi chuốt lỗ, bởi vì khi chuốt lỗ có thể đạt được độ chính xác đường kính lỗ khá cao, nhưng độ chính xác về vị trí tương quan của tâm lỗ đối với mặt khác lại thấp.

Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, các nguyên công được thực hiện trên các máy tiện và các máy rơvônve. Còn trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, các nguyên công đó được thực hiện trên máy tiện bán tự động hoặc trên dây chuyền tự động.

Các bánh răng có đường kính lớn hơn 500 mm thường được gia công trên các máy tiện đứng.

### 3.5.5 Các phương pháp gia công răng của bánh răng.

#### 1. Gia công răng của bánh răng trụ:

Bánh răng cần có độ bền và tuổi thọ cao để trong quá trình làm việc không gây ồn và có hiệu suất tốt. Điều đó đòi hỏi sự chú ý đích đáng vào phương pháp gia công răng của các bánh răng.

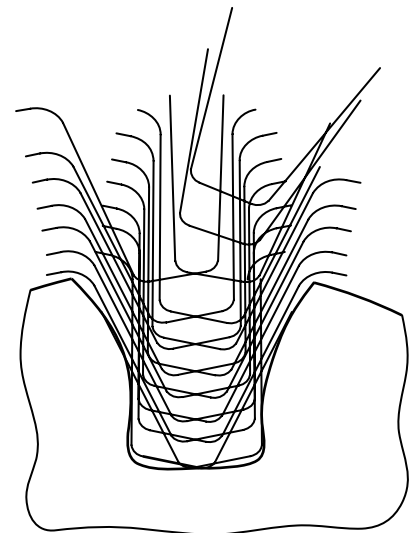
Chúng ta có thể phân chia thành phương pháp gia công bánh răng từ một số quan điểm lớn.

Về nguyên lý tạo răng có thể phân chia thành hai phương pháp gia công răng.

*Phương pháp định hình* (hay phân độ). Bằng phương pháp này chúng ta cắt từng rãnh răng, sau đó phân độ một góc  $360^0/z$  cho đến rãnh răng cuối cùng bằng dụng cụ cắt có lưỡi dạng rãnh răng (hình 3 -89).

*Phương pháp bao hình* (hay phương pháp lăn). Với phương pháp này dụng cụ được lăn tương đối trên vành của bánh răng gia công và khi đó các lưỡi cắt của dụng cụ dần dần chiếm các vị trí trên bánh răng mà đường bao của chúng là pôfin thân khai của bánh răng gia công (hình 3 - 88).

Theo phương pháp gia công, có thể thực hiện gia công răng bằng phay, xọc, mài và bằng các phương pháp gia công tinh khác.



Hình 3-88. Các vị trí của lưỡi cắt trên bánh răng gia công bằng phương pháp bao hình.

### A. Các phương pháp cắt răng theo nguyên lý định hình

#### a. Phương pháp phay định hình:

Phay răng bằng phương pháp định hình được tiến hành bằng dao phay định hình mà profile của nó phù hợp với profile của rãnh răng. Dao phay là dao phay đĩa môđun (hình 3-89a) hoặc dao phay ngón môđun (hình 3-89b).

Sau khi phay xong một rãnh răng vật được quay đi một bước với góc  $\alpha = 360^\circ/z$  ( $z$  là số răng của bánh răng gia công) và rãnh răng tiếp theo lại được phay.

Phương pháp này được sử dụng nhiều khi dùng máy phay vạn năng có trang bị dụng cụ chia độ. Khi gia công vật được gá vào ụ phân độ đặt trên bàn máy và được điều chỉnh ở độ cao sao cho rãnh răng có chiều sâu theo yêu cầu.

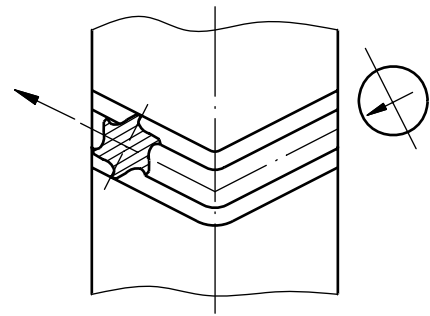
Khi phay bánh răng trụ răng thẳng dao và vật có vị trí tương đối như trên hình 3-89a và hình 3-89b. Để cắt hết chiều dày của bánh răng, bàn máy mang ụ phân độ cùng với chi tiết phải thực hiện chạy dao dọc của bánh răng.

Khi phay bánh răng trụ răng xoắn, bánh răng được điều chỉnh bằng cách quay bàn máy đi một góc phù hợp với góc nghiêng của răng. Để tạo được răng xoắn cần thực hiện đồng bộ chạy dao của bàn và chuyển động quay của đầu chia độ.

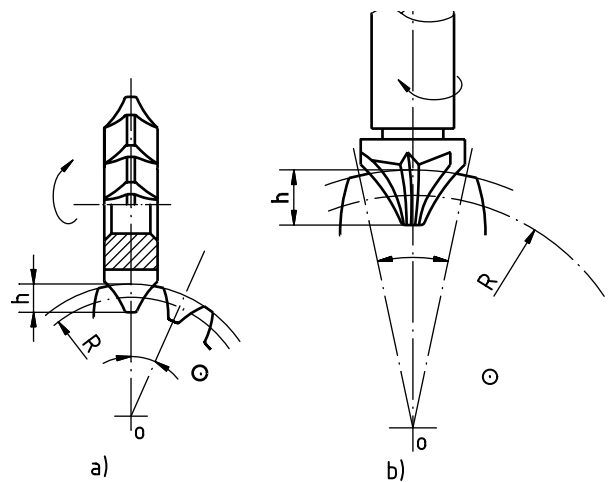
Với phương pháp này còn có thể sản xuất được bánh răng trụ răng hình chữ V (hình 3-90).

Bánh răng trụ răng chữ V được phay bằng dao phay ngón trên máy phay vạn năng tương tự như bánh răng trụ răng nghiêng nhưng phải làm hai lần, hoặc cũng có thể gia công trên máy bán tự động chuyên dùng.

Phương pháp gia công định hình này được dùng trong các nhà máy nhỏ hoặc nhà máy sửa chữa, ở đó số lượng bánh răng cần phay không nhiều và răng của chúng không cần chính xác cao. Phương pháp này được dùng khi sản xuất bánh răng có đường kính và môđun lớn mà phương pháp khác không thực hiện được.



Hình 3-90. Phay bánh răng trụ răng hình chữ V bằng dao phay ngón.



Hình 3-89. Gia công bánh răng trụ bằng dao phay môđun.

a) Bằng dao phay đĩa môđun.

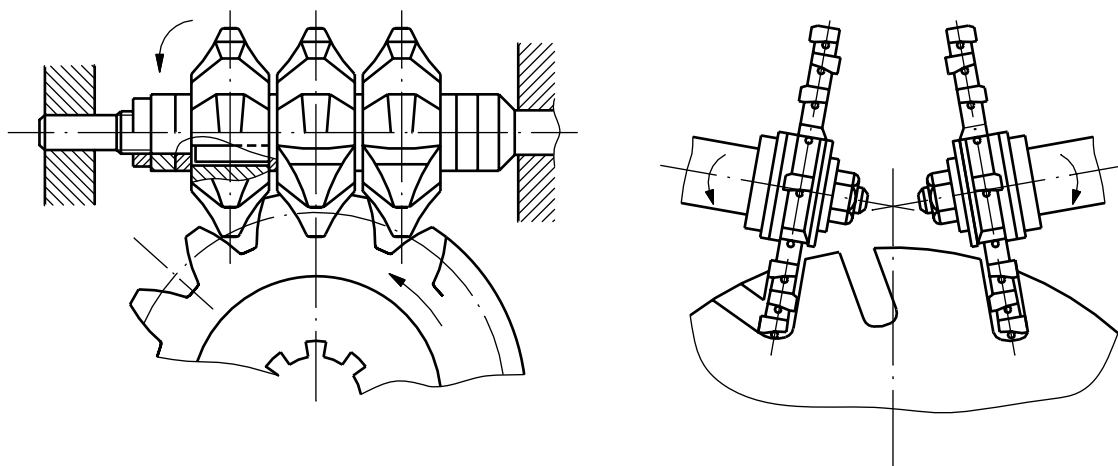
b) Bằng dao phay ngón môđun.

Tuy nhiên phương pháp định hình đạt được độ chính xác thấp và có khó khăn trong việc điều chỉnh chính xác vị trí tương đối giữa dao và vật. Với phương pháp này răng của dao phải có dạng rãnh răng của bánh răng. Thế nhưng dạng rãnh răng của một bánh răng thay đổi theo môđun và số răng. Về mặt lý thuyết để có dạng răng chính xác ứng với một môđun và một số răng cần có dụng cụ cắt riêng, như vậy số dao phải chế tạo rất nhiều. Để đảm bảo tính kinh tế dao phay định hình phải sản xuất theo một bộ 8; 15 hoặc 26 con với cùng môđun và góc ăn khớp. Mỗi dao dùng để sản xuất một bánh răng trong phạm vi số răng nhất định. ví dụ trong một bộ dao có 8 dao (bảng 3-3):

BẢNG 3-3

Dao phay số	1	2	3	4	5	6	7	8
Cho tổng số răng	12 – 13	14 – 16	17 – 20	21 – 25	26 – 34	35 – 54	55 – 134	134

Vì vậy, bánh răng được sản xuất bằng phương pháp phay định hình chỉ đạt cấp chính xác 7÷8 và được dùng cho bộ truyền động có tốc độ thấp, không lớn hơn 5 m/s.



Hình 3-91. Cắt răng thô bằng dao phay đĩa.

Tuy nhiên trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, đối với những bánh răng có môđun lớn, phương pháp này dùng để gia công phá (giảm bớt lượng dư cho gia công tinh). Trong trường hợp này không cần chế tạo môđun có biến dạng thân khai mà chỉ cần chế tạo dao có dạng cung tròn. Có thể cắt theo sơ đồ như hình 3-91.

Thời gian cơ bản khi phay bánh răng trụ răng thẳng bằng dao phay đĩa môđun trên máy phay có cơ cấu chia độ tự động được xác định theo công thức sau :

$$T_o = (l_o + l_1 + l_2) \left( \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) \frac{z.i}{m} + \frac{\tau.z.i}{m} \quad (\text{phút})$$

Ở đây  $l_o$  - chiều dài của răng (mm),

$l_1$  - chiều dài đoạn ăn dao (mm),

$l_2$  - chiều dài đoạn thoát dao (mm),

$S_1$  - lượng chạy dao phút của hành trình cắt (mm),

$S_2$  - đoạn dài dịch chuyển của chi tiết tính theo phút của hành trình chạy nhanh (mm),

$z$  - số răng của chi tiết,

$i$  - số lần cắt,

$m$  - môđun bánh răng,

$\tau$  - thời gian quay phân độ một răng.

Chiều dài đoạn dao  $l_1$  được tính theo công thức :

$$l_1 = \sqrt{t(D-t)} + (1-2) \quad (\text{mm}).$$

Ở đây  $t$  - chiều sâu rãnh răng (mm),

$D$  - đường kính dao phay (mm).

Lượng chạy dao phút  $S_1$  được xác định như sau :

$$S_1 = S_z \cdot z \cdot n$$

Ở đây  $S_z$  - lượng chạy dao răng (mm),

$n$  - số vòng quay của dao trong một phút.

Cắt răng theo phương pháp định hình còn có thể dùng phương pháp xọc, nhưng năng suất thấp nên ít dùng.

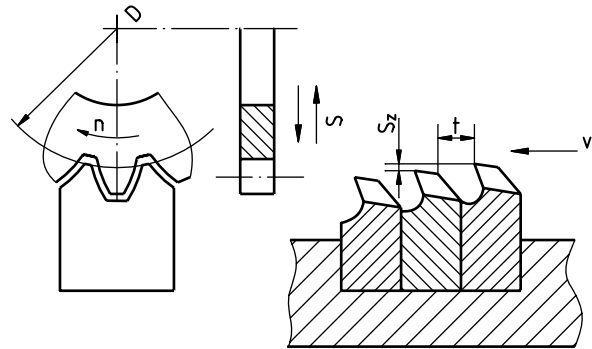
*b) Phương pháp chuốt định hình:*

Chuốt định hình là phương pháp cho năng suất và độ chính xác cao. Phương pháp này được sử dụng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối. Theo phương pháp dao chuốt này có profin giống profin của rãnh răng. Hình 3-92 là sơ đồ gia công bằng phương pháp

chuốt, có thể chuốt một rãnh hoặc nhiều rãnh cùng một lúc. Sau mỗi hành trình của dao một hoặc một số rãnh răng được gia công, bánh răng được quay đi một góc nhờ cơ cấu phân độ.

Phương pháp chuốt toàn bộ các rãnh cùng một lúc rất ít được dùng vì kết cấu của dao rất phức tạp, khả năng thoát phoi kém, lực cắt lớn.

Dụng cụ là một bộ dao định hình với từng nấc được lắp vào đầu chuốt, lượng nâng của mỗi một lưỡi cắt phụ thuộc vào chiều dày lớp phoi được cắt  $S_z$ , loại vật liệu bánh răng và tốc độ cắt  $V$ . Lượng nâng này được chọn như đối với dao chuốt thông thường. Lớp vật liệu phải cắt đi được phân chia theo tổng số lớn các lưỡi cắt của dụng cụ, do vậy mà tuổi thọ và tuổi bền của dao lớn. Song chi phí cho dụng cụ là rất lớn, nên chuốt chỉ dùng cho sản xuất lớn, cho những bánh răng có môđun lớn và cho bánh răng không gia công nhiệt và không mài.



Hình 3-92. Chuốt răng bánh răng.

### B. Các phương pháp cắt răng theo nguyên lý bao hình

Các phương pháp này được tiến hành theo nguyên lý ăn khớp của hai bánh răng hoặc bánh răng và thanh răng, trong đó một là dụng cụ cắt còn một là chi tiết gia công.

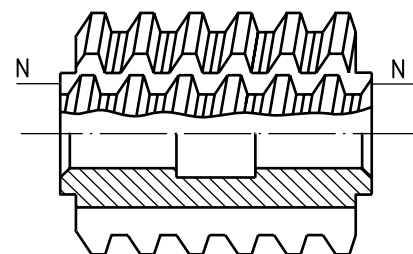
Có nhiều phương pháp cắt răng theo nguyên lý bao hình.

#### a. Phay lăn răng:

Phay lăn bằng phương pháp lăn bao hình là phương pháp sản xuất răng phổ biến nhất, cho năng suất cao và độ chính xác tốt, dụng cụ là dao phay lăn (hình 3-93), nó có dạng trục vít thân khai mà profin của nó ở mặt pháp tuyến N-N là thanh răng cơ bản.

Với loại dao phay này có thể gia công được răng của bánh răng và răng của bánh vít.

Phay răng bằng phương pháp phay lăn được tiến hành trên máy chuyên dùng, trên đó dao với bánh răng gia công thực hiện sự ăn khớp của bộ truyền trục vít. Sự ăn dao của dao phay lăn là liên tục, tất cả các răng của bánh răng được gia công đồng thời, nên máy không cần thiết bị đổi chiều phức tạp, cũng không cần thiết



Hình 3-93. Dao phay lăn trục vít.



bị chia độ do đó tất cả thời gian phục vụ có liên quan đến công việc đó bị loại trừ.

Sự ăn khớp của dao phay lăn và bánh răng gia công phải đảm bảo cho bước răng của cặp ăn khớp ở mặt phẳng pháp tuyến  $t_n = \pi \cdot m$  ; góc ăn khớp của cả cặp trong mặt phẳng pháp tuyến  $\alpha = 20^\circ$  ; tỷ lệ tốc độ góc bằng tỷ lệ số vòng quay của cả cặp và ngược với tỷ lệ số răng của chúng, nghĩa là :

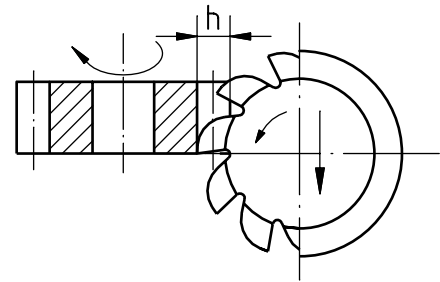
$$\frac{\omega_d}{\omega_c} = \frac{n_d}{n_c} = \frac{z_c}{z_d}$$

Ở đây :  $\omega_d, n_d, z_d$  - tốc độ góc, số vòng quay, số răng (số đầu mối) của dao.

$\omega_c, n_c, z_c$  - tốc độ góc, số vòng quay, số răng của bánh răng.

#### \* Phay lăn răng thẳng

Khi gia công, chuyển động bao hình được dựa trên nguyên lý ăn khớp giữa dao và phôi, đó là các chuyển động quay của dao và phôi, đồng thời dao phay lăn còn có chuyển động tịnh tiến dọc trục của phôi nhằm cắt hết chiều dày của bánh răng. Trước khi cắt, dao còn có chuyển động hướng kính sao cho vòng lăn của dao tiếp xúc với vòng lăn của phôi, điều này cũng nhằm đạt được chiều sâu của rãnh răng. Sơ đồ cắt thể hiện trên hình 3-94.



Hình 3-94. Sơ đồ phay lăn răng.

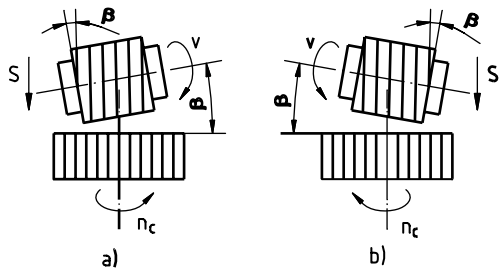
Khi phôi quay  $\frac{1}{z}$  vòng, dao phay phải quay  $\frac{1}{k}$  vòng ( $z$  : số răng của bánh răng cần cắt ;  $k$  : số đầu mối của dao).

Khi phay bánh răng thẳng trục của dao phay phải đặt nghiêng so với trục của vật gia công một góc đúng bằng góc nâng của đường xoắn vít trên trục chia của dao. Dao phay được gá theo hướng nghiêng phải hay trái tùy theo hướng nghiêng của răng dao (hình 3-95).Mối liên hệ giữa vòng quay của dao phay lăn và bánh răng gia công được thực hiện nhờ các bánh răng thay thế của máy.

Lượng chạy dao của dao phay lăn theo phương dọc trục của phôi sau một vòng quay của phôi phụ thuộc vào tốc độ cắt của dao phay lăn.

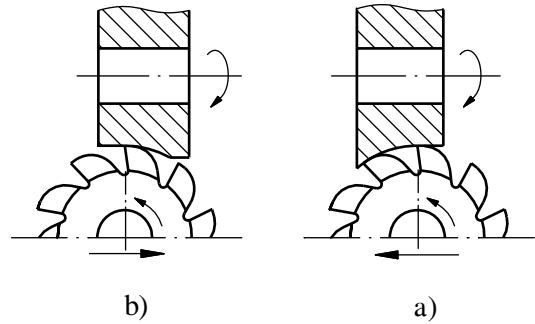
Nếu bánh răng có môđun nhỏ thì phay bằng một lần cắt, bánh răng có môđun lớn thì phải phay bằng một số lần cắt.

Cho đến nay phần lớn các máy phay lăn răng đều làm việc bằng phương pháp phay nghịch (hình 3-96a) vì cắt êm, ít gây va đập; ít làm gãy và vỡ dao. Những máy phay lăn mới được cải biến cho phương pháp phay thuận (hình 3-96b), ở máy phay này dao có vị trí đầu tiên là ở dưới vật và chạy dao từ dưới lên. Với phương pháp này cho phép nâng cao tốc độ cắt lên 20 ÷ 40% và lượng chạy dao lên 80%.



Hình 3-95. Sơ đồ bố trí dao khi phay lăn thẳng.

- a) Gá dao nghiêng hướng phải;  
b) Gá dao nghiêng hướng trái.



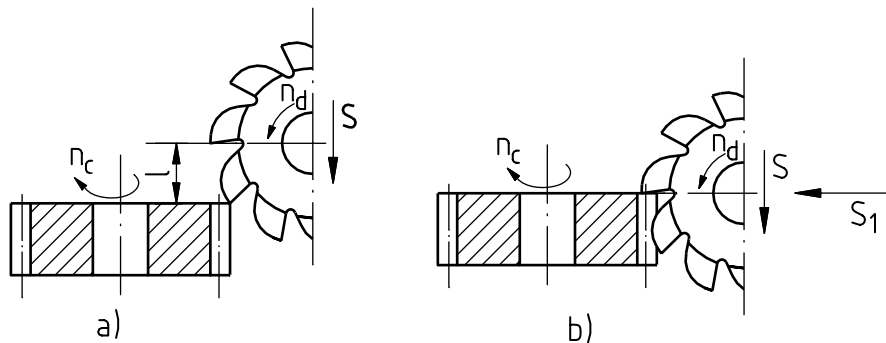
Hình 3-96. Sơ đồ cắt khi phay lăn răng.

- a) Phay nghịch ; b) Phay thuận

Các dao phay có đường kính lớn hơn, bảo đảm hiệu quả cắt lớn hơn, chất lượng bề mặt răng tốt hơn và có độ chính xác cao hơn.

Khi cắt có thể tiến dao theo hướng trục (hình 3-97a) hoặc ban đầu tiến dao theo kính sau đó mới tiến dao theo hướng trục bánh răng (hình 3-97b).

Theo cách thứ hai có thể rút ngắn hành trình cắt một đoạn bằng  $l$  (hình 3-97b) chính là đoạn ăn tới hay chuẩn bị cắt của dao.



Hình 3-97. Các phương pháp tiến dao.

- a) Tiến dao hướng trục; b) Tiến dao hướng kính và hướng trục

#### \* Phay lăn răng nghiêng

Bánh răng nghiêng được phay bằng phương pháp phay lăn tương tự như bánh răng với răng thẳng. Nhưng để đảm bảo cho đoạn xoắn vít của dao ở vùng cắt trùng với phương răng chi tiết cần gia công, phải gá trục dao làm với mặt đầu chi tiết một góc sao cho thỏa mãn :

$$\omega = \beta_o \pm \gamma_d$$

Trong đó:  $\beta_o$  - góc nghiêng trên vòng chia của răng bánh răng gia công.

$\gamma_d$  – góc nâng ở vòng chia của dao.

Trong công thức này dấu (-) được dùng khi dao và chi tiết cùng chiều nghiêng. Dấu (+) dùng khi dao và chi tiết ngược chiều nghiêng (hình 3-98).

Cũng có thể vẽ sơ đồ gá dao phay lăn lúc phay răng nghiêng khi dao và chi tiết ngược chiều nghiêng tương tự như hình vẽ 3-98.

Vì hướng chạy dao  $S_d$  song song với trục của bánh răng nên khi phay bánh răng nghiêng phải có chuyển động quay bổ sung để hướng của răng dao lăn trùng với hướng răng gia công. Chuyển động này được thực hiện nhờ bộ truyền dẫn vi sai đã được thiết kế trong xích truyền động của máy.

Nếu như dao phay lăn chạy dao thẳng đứng được một đoạn  $l$  bằng bước xoắn của răng nghiêng (hình 3-99) thì chuyển động quay của bàn máy mang vật phải nhanh thêm (hoặc chậm đi nếu như dao phay có đường xoắn vít ngược với hướng răng bánh răng) vừa đúng một vòng và bằng tổng số răng  $z$ . Nếu như chuyển động của bàn được nhanh thêm (hoặc chậm đi) chỉ bằng một bước răng thì dao phay phải dịch đi một quãng đường  $S'$

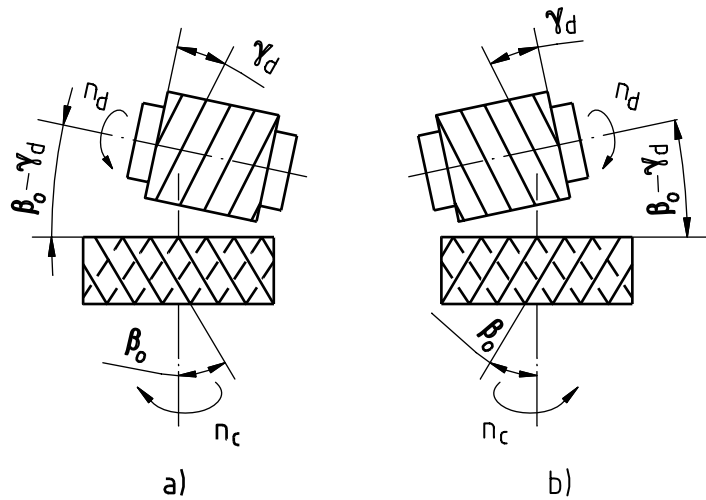
$$S' = \frac{L}{z_c}$$

Dao phay được dịch chuyển sau một vòng quay của bàn một quãng đường  $S_f$ , trong khi đó sự quay của bàn được nhanh thêm (hoặc chậm đi) một giá trị  $\Delta z$  của bánh răng :

$$\Delta z = \frac{S_f}{S'} = \frac{z_c S_f}{L}$$

Và như vậy bánh chia phải được điều chỉnh thành :

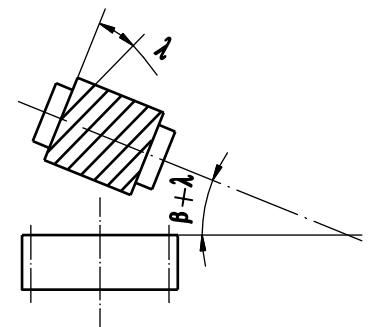
$$z' = z_c + \Delta z$$



Hình 3-98. Sơ đồ gá dao phay lăn khi phay răng nghiêng.

a) Bánh răng nghiêng trái, dao xoắn trái.

b) Bánh răng nghiêng phải, dao xoắn phải.



Hình 3-99. Bổ sung chuyển động quay của bàn khi phay răng nghiêng.

Để xác định được chiều dài bước xoắn  $L$  của răng bánh răng. Bước xoắn của bánh răng nghiêng được tính :

$$L = \pi D_o \cot \beta_o$$

Ở đây :  $D_o$  - đường kính vòng chia của bánh răng

$\beta_o$  - góc nghiêng của răng ở vòng chia.

Thay giá trị  $L$  vào công thức trên ta nhận được :

$$\Delta z = \frac{z_c \cdot S_f}{\pi \cdot D_o \cdot \cot g \beta_o}$$

Khi đó :

$$z' = z_c \pm \frac{z_c \cdot S_f}{\pi \cdot D_o \cdot \cot g \beta_o}$$

Do đó khi phay bánh răng nghiêng phải đảm bảo tỷ số truyền giữa dao và chi tiết là :

$$i = \frac{n_d}{n_c} = \frac{z'}{z_d} = \frac{z_c}{z_d} \left( 1 \pm \frac{S_f \cdot \tan \beta_o}{\pi \cdot D_o} \right)$$

Trong đó :  $S_f$  - lượng tiến dao chiều trục (mm/vòng quay của chi tiết).

Công thức trên lấy dấu (+) khi cắt thuận nếu chi tiết và dao có cùng chiều xoắn ; lấy dấu (-) khi khác chiều xoắn, khi cắt nghịch thì ngược lại. Công thức này vẫn có giá trị khi cắt răng thẳng lúc đó  $\beta_o = 0$ .

*\* Chế độ cắt khi phay lăn răng:*

Khi phay lăn răng, cả răng thẳng và răng nghiêng phải chọn chế độ cắt thích hợp để đảm bảo yêu cầu của sản phẩm.

- Tốc độ cắt khi lăn răng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như môđun, vật liệu gia công, chế độ nhiệt luyện, vật liệu và tuổi thọ của dao, độ chính xác yêu cầu của chi tiết, độ cứng vững của hệ thống công nghệ, chất lượng và phương pháp làm lạnh. Với dao lăn bằng thép gió dùng trên máy phay lăn thông thường để cắt thép thì tốc độ cắt  $v$  chọn trong khoảng  $15 \div 30$  m/phút. Với dao bằng hợp kim cứng cho phép tăng tốc độ cắt lên  $60 \div 70$  m/phút hoặc cao hơn.

- Lượng chạy dao : lượng chạy dao dọc trục bánh răng có ảnh hưởng đến độ nhấp nhô bề mặt, biểu hiện trên hình 3-100.

- Quan hệ giữa chiều cao nhấp nhô  $R_z$  và lượng tiến dao dọc trục  $S_f$  xác định theo công thức :

$$R_z = R_d - \sqrt{R_d^2 - \left(\frac{S_f}{2}\right)^2}$$

Ở đây :  $R_d$  - bán kính dao lăn.

$S_f$  - lượng tiến dao dọc sau mỗi vòng quay chi tiết.

Theo kinh nghiệm thì  $R_z$  không nên vượt quá 20% giá trị dung sai  $\delta$ , tức là :

$$R_z \leq 0.2 \delta$$

Từ đó có thể rút ra giá trị lượng chạy dao  $S_f$  lớn nhất cho phép :

$$S_f = 2 \cdot \sqrt{R_z \cdot D_d - R_z^2}$$

Ở đây  $R_z^2$  có giá trị rất nhỏ có thể bỏ qua, nên có :

$$S_f = 2 \sqrt{R_z \cdot D_d}$$

$$S_f = 2 \sqrt{0.8 \cdot \delta \cdot D_d}$$

Để điều chỉnh máy thuận tiện người ta thường dùng lượng chạy dao dọc theo chiều trục trong một phút  $S_{fd}$ . Lượng chạy dao này được tính :

$$S_{fd} = n_c \cdot S_f \text{ (vòng/phút)}$$

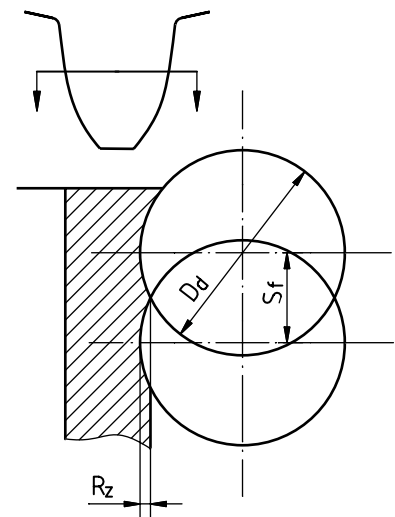
$$\text{Nhưng } n_c = \frac{n_d \cdot z_d}{z_c} \text{ (vòng/phút) - với răng thẳng.}$$

$$\text{Và } n_d = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_d} \text{ (vòng/phút)}$$

$$\text{Vậy } S_{sd} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_d} \cdot \frac{z_d}{z_c} \sqrt{0.8 \delta \cdot D_d} \text{ (mm/phút)}$$

$$S_{fd} = \frac{381.47 \cdot v \cdot z_d}{z_c} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{D_d}} \text{ (mm/phút)}$$

Từ công thức trên thấy  $Z_c$  và  $\delta$  đã được xác định theo yêu cầu của bánh răng,  $v$  được xác định chủ yếu theo vật liệu gia công. Để tăng  $S_{fd}$  chỉ cần cách tăng  $Z_d$  hoặc giảm  $D_d$ .



Hình 3-100. Sơ đồ tính chiều cao nhấp nhô  $R_z$  do vết cắt để lại.

Nhưng nếu giảm  $D_d$  hoặc tăng  $Z_d$  mà vẫn giữ  $D_d$ , thì góc nâng của dao sẽ tăng, chất lượng gia công sẽ giảm. Nếu tăng  $Z_d$  đồng thời tăng  $D_d$  để góc nâng không đổi thì  $S_{fd}$  sẽ tăng nhanh khi tăng  $Z_d$  và giảm chậm khi tăng  $D_d$ , năng suất gia công sẽ tăng. Phương án này thường được áp dụng: Khi gia công thô có thể nên dùng dao có 2 hoặc 3 đầu mũi và  $D_d$  lớn, khi gia công tinh chỉ được dùng dao có một đầu mũi.

Lượng dư cho gia công thường được tính toán ngay từ khi thiết kế chế tạo dao phay lăn. Vì vậy trong thực tế tồn tại dao phay lăn thô, bán tinh và tinh. Mỗi loại dao chỉ cắt đạt đến kích thước nhất định của prôfin răng. Dao phay lăn thô và bán tinh được sử dụng khi sản xuất bánh răng có độ chính xác cao, sau khi phay lăn còn gia công tinh bằng xọc, phay hay mài, loại dao phay lăn thô này có prôfin cơ sở là đường thẳng, răng của chúng có chiều dày trên đường đo bước răng nhỏ hơn một giá trị  $\Delta S$  và có chiều cao răng cao hơn một giá trị  $\Delta h$  so với răng bán tinh (hình 3-101).

Giá trị lượng dư thường được lấy như sau :

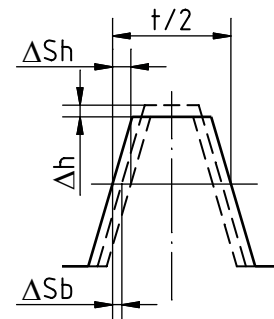
$$\text{Lượng dư gia công thô } \Delta S_h = 0,4 \sqrt{m}$$

$$\text{Lượng dư cho mài răng } \Delta S_b = 0,2 \sqrt{m}$$

$$\text{Độ cao chiều cao răng } \Delta h = 0,1 \sqrt{m}$$

$$\text{Với } m \leq 1,75$$

$$\Delta h = 0,2 \sqrt{m} \text{ với } m \geq 2 - 24$$



Hình 3-101. Prôfin dao phay lăn thô và bán tinh.

Thời gian máy cần thiết cho việc gia công :

+ Khi tiến dao theo trục thời gian máy được tính theo công thức :

$$T_o = \frac{H}{S_{fd}} \cdot K \text{ (phút)}$$

Trong đó : H- chiều dài hành trình chạy dao,

$S_{fd}$  - lượng chạy dao chiều trục trong một phút,

K - số lần chạy dao.

+ Nếu như ban đầu tiến dao hướng kính sau đó mới tiến dao hướng trục thì :

$$T_o = \left( \frac{L}{S_{fk}} + \frac{H}{S_{fd}} \right) \cdot K$$

Trong đó :  $S_{fk}$  - lượng tiến dao hướng kính (mm/phút),

L - chiều sâu cần cắt.

Để rút ngắn thời gian máy, nâng cao năng suất, nhiều dao đặc biệt đã được chế tạo. Ví dụ như dao Xidôrencô với góc prôfin  $10^\circ$  có thể cắt với lượng chạy dao gấp đôi dao bình thường mà độ nhẵn bóng bề mặt răng vẫn đảm bảo, dao Philatop có dạng Hypeboloid một tầng có thể cắt với lượng tiến dao  $S_f = 10$  mm/vòng chi tiết ... ngoài ra còn có loại dao vừa phay vừa chuốt và cũng có loại dao để phay bánh răng trong.

Một biện pháp thông thường được thực hiện để nâng cao năng suất là gá nhiều chi tiết để gia công cùng một lúc. Tuy nhiên, gá nhiều chi tiết cùng một lúc sẽ làm cho sai số gia công tăng lên.

Khi gá phôi bánh răng lên trục gá (chuẩn là lỗ và mặt đầu), chi tiết sẽ bị quay đi một góc  $\varphi$ .

$$\varphi = \arctg \frac{\Delta i \sqrt{q} + \Delta j \sqrt{q-1}}{D_p}$$

Trong đó : q- số bánh răng được gia công cùng một lúc,  
 $\Delta i, \Delta j$  - độ đảo mặt đầu của chi tiết và của miếng đệm,  
 $D_p$  - đường kính ngoài của bánh răng.

Góc  $\varphi$  sẽ gây ra sai số truyền động "Fir" (sai lệch khoảng cách tâm khi chi tiết quay một vòng) :

$$Fir = \frac{(\Delta i \sqrt{q} + \Delta j \sqrt{q-1})^2}{2D_p} + \left[ l - (\Delta i \sqrt{q} + \Delta j \sqrt{q-1}) \right] \sin \arctg \frac{\Delta i \sqrt{q} + \Delta j \sqrt{q-1}}{D_p} + d_k - d_o$$

Ở đây :  $d_k$  - đường kính lỗ bánh răng,

$d_o$  - đường kính trục gá,

l - chiều dài bánh răng.

Từ công thức trên chỉ cần thay đổi giá trị  $q = 2, 3, 4, 5 \dots$  vào và xác định khi nào Fir không vượt quá dung sai cho phép thì nó là giá trị có khoảng cách q tối ưu. Cũng có thể làm bài toán ngược lại : khi biết được giá trị q, theo công thức trên xác định được sai lệch Fir.

Nhìn chung phương pháp lăn răng có nhiều ưu điểm lớn như : tính vạn năng cao, năng suất cao hơn phương pháp khác như xọc răng (sẽ được trình bày ở phần sau nhất là khi gia công bánh răng mô đun lớn). Tuy nhiên phương pháp này cũng có một số nhược điểm là : dao phức tạp, khó chế tạo và đòi hỏi khoảng thoát dao lớn.

b. Xọc răng:

Xọc răng bao hình có thể thực hiện bằng dao dạng bánh răng (hình chấu) hay dao dạng thanh răng (hình lược) trên máy xọc bao hình.

*\* Xọc răng bằng dao dạng bánh răng:*

Với phương pháp này có thể tạo bánh răng thẳng, bánh răng nghiêng, bánh nhiều bậc mà khoảng cách giữa các bậc nhỏ và đặc biệt để sản xuất bánh răng ăn khớp trong. Về bản chất, dụng cụ là một bánh răng mà mặt đầu được tạo thành mặt trước còn các mặt bên tạo thành các mặt sau của lưỡi cắt. Trong quá trình gia công, dụng cụ chuyển động cắt theo hướng dọc trục của bánh răng  $v$  và cùng với vật có chuyển động quay cưỡng bức (hình 3-102).

Khoảng cách trục của dụng cụ và chi tiết gia công bằng đúng khoảng cách tâm của cặp bánh răng tương tự ăn khớp không có khe hở. Tốc độ vòng của dao và chi tiết phải tuân theo tỷ số :

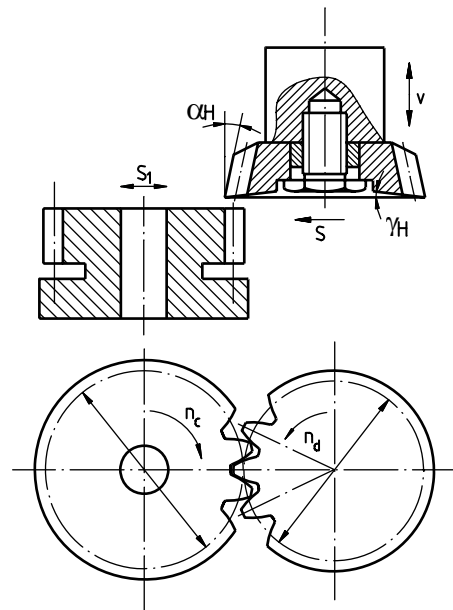
$$\frac{n_c}{n_d} = \frac{z_d}{z_c}$$

Ở đây :  $n_c, n_d$  - số vòng quay của chi tiết và dao xọc,

$z_c, z_d$  - số răng của chi tiết và dao.

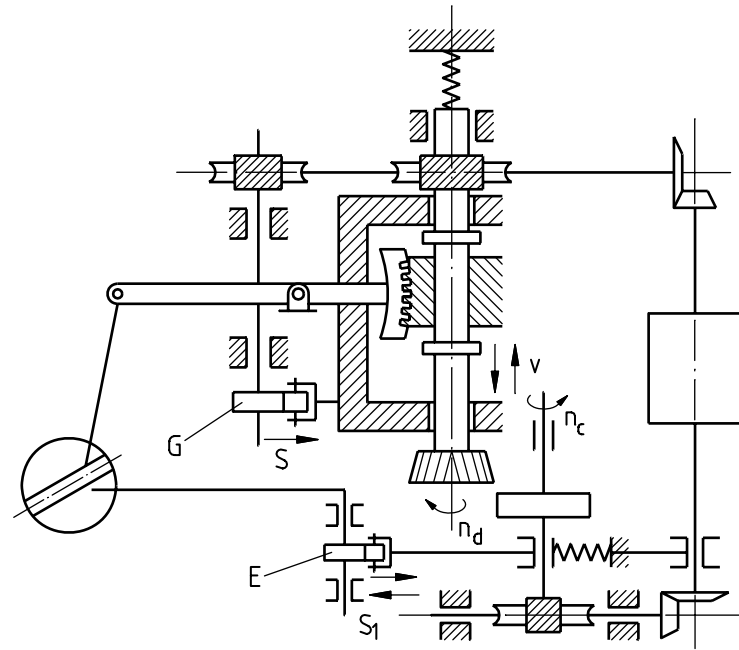
Xọc răng bằng dao xọc dạng bánh răng là dựa trên nguyên tắc chuyển động tương hỗ giữa dao và vật. Dao xọc và vật gia công được quay cưỡng bức xung quanh trục của chúng theo hướng ngược nhau (khi gia công bánh răng ăn khớp ngoài) và cùng hướng (khi gia công bánh răng ăn khớp trong). Dao thực hiện chuyển động đi lại  $v$  là chuyển động thẳng (khi gia công bánh răng thẳng), là chuyển động xoắn (khi gia công bánh răng nghiêng). Khi hành trình của dao theo hướng xuống dưới là thực hiện tách phoi và khi chuyển động trở lại là hành trình chạy không. Lúc này vật gia công được dịch ra  $S_1$  khỏi sự ăn khớp - gọi là nhường dao để tránh phá hủy dao và tránh chà xát mặt đã gia công với dao làm cho chất lượng gia công bề mặt bị xấu đi. Công việc này được thực hiện bởi cam E trên sơ đồ máy xọc răng hình 3 -103. Khi gia công không thể ngay một lúc cắt hết chiều sâu rãnh răng bánh răng được, mà phải từ từ tiến dao hướng kính. Khi tiến dao chi tiết quay một cung tương ứng với thời gian tiến dao, rồi sau đó lại quay thêm ít ra là một vòng nữa để dao cắt hết chiều cao răng của cả vòng răng, việc đó được thực hiện nhờ cam trên máy (cam G trên hình 3-103).

Tùy theo môđun ( $m$ ) của bánh răng gia công mà có kết cấu cam 1 lần, 2 lần hoặc 3 lần tiến dao. Đối với bánh răng có  $m = 1 - 2$  dùng cam một lần tiến dao, còn những bánh răng có  $m = 2,25$  cắt bằng cam 2 lần tiến dao và nếu  $m = 4$  phải dùng cam 3 lần tiến dao.



Hình 3-102. Xọc răng bằng dao xọc





Hình 3-103. Sơ đồ động máy xọc răng bằng dao xọc bánh răng.

Khi xọc răng phải chọn tốc độ cắt hợp lý. Tốc độ cắt chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như vật liệu gia công, yêu cầu kỹ thuật, điều kiện cắt. Có thể tính tốc độ cắt theo số hành trình kép của đầu xọc trong một phút. Các máy xọc răng thông thường có số hành trình kép trong một phút từ  $400 \div 1000$ .

Xọc răng là một phương pháp cắt răng có thể đạt được độ chính xác tương đối tốt vì dao dễ chế tạo chính xác. Trong nhiều trường hợp nó là phương pháp duy nhất có thể gia công được sản phẩm, ví dụ như gia công răng bậc mà khoảng cách các bậc nhỏ, bánh răng chữ nhân, bánh răng trong. Trong trường hợp cắt bánh răng trong, chỉ có thể cắt được khi :

$$\frac{z_c}{z_d} \geq 2 \text{ khi góc áp lực } \alpha_o = 20^\circ$$

$$\frac{z_c}{z_d} \geq 3 \text{ khi góc áp lực } \alpha_o = 15^\circ$$

Nếu không thỏa mãn điều kiện này sẽ xảy ra cắt lẹm đỉnh răng.

Thông thường dùng phương pháp xọc răng để gia công bánh răng thẳng. Tuy nhiên cũng có thể xọc được bánh răng nghiêng khi dao có răng nghiêng cùng với bạc dẫn nghiêng tương ứng (hình 3-104).

Xọc răng có nhược điểm là năng suất không cao, khi cắt răng nghiêng dao khó chế tạo và đòi hỏi dao cũng như bạc dẫn chuyên dùng.

Thời gian cơ bản khi xọc răng được tính :

$$T_o = \frac{h}{S_1.n} + \frac{\pi.m.z}{S_v.n}$$

Ở đây : h - chiều cao răng (mm),  
 m - môđun bánh răng (mm),  
 z - số răng bánh răng gia công,  
 $S_1$  - lượng chạy dao hướng kính, mm/hành trình kép,  
 n - số hành trình kép trong một phút,  
 $S_v$  - lượng chạy dao vòng của dao xọc, mm/hành trình kép.

Để giảm thời gian gia công và tăng năng suất sau khi xọc răng có thể sử dụng các phương pháp sau đây :

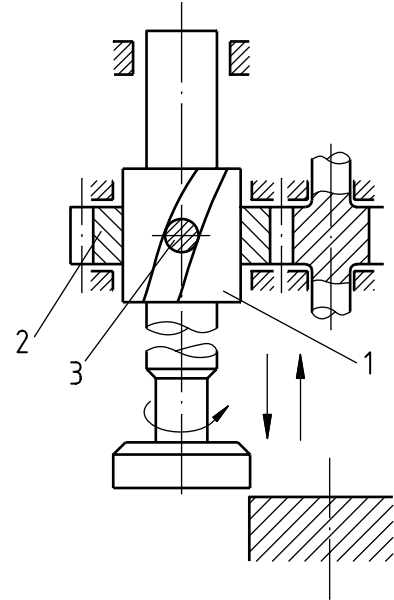
- Dùng hai dao xọc lắp trên cùng một trục gá dao để gia công thô và tinh cùng một lúc (hình 3-105a). Ở đây dao phía dưới cắt thô và dao phía trên cắt tinh.

- Nếu bánh răng gia công có hai bậc khác nhau thì dùng hai dao xọc lắp trên cùng một trục để gia công hai bậc cùng một lúc (hình 3-105b).

- Để nâng cao năng suất khi xọc răng có thể dùng biện pháp rút bỏ thời gian tiến dao hướng kính bằng cách dùng dao xọc chuyên dùng gia công nhiều bánh răng cùng một lúc (hình 3-105c). Trên dao xọc có một cung tròn không răng. Số răng của dao được chia làm hai nhóm : cắt thô và cắt tinh. Ban đầu phôi được gá đặt vào chỗ răng của dao với khoảng cách tâm giống như khi đã gia công xong. Phương pháp này chỉ dùng trong sản xuất lớn và phải có điều kiện  $Z_d \geq Z_c$ .

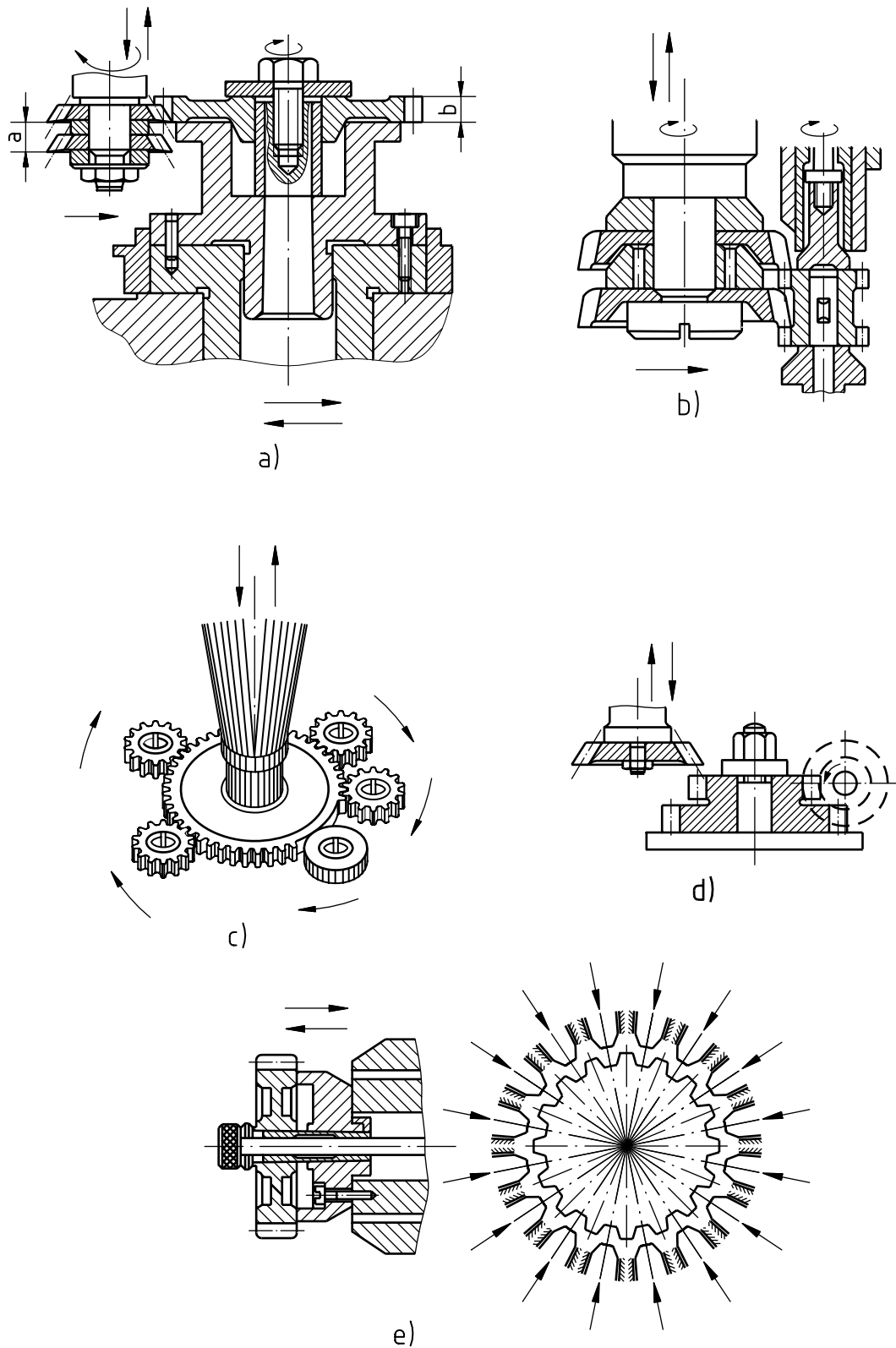
- Dùng máy xọc chuyên dùng có phần lắp ráp dao phay lăn răng (hình 3-105d). Như vậy trên máy này có thể vừa xọc vừa phay lăn răng cùng một lúc.

- Dùng dao gồm nhiều lưỡi dao xọc theo phương pháp định hình (3-105e). Ở đây mỗi lưỡi dao cắt một rãnh răng, các lưỡi dao thực hiện chuyển động ăn dao để cắt hết chiều sâu răng, còn chi tiết thực hiện chuyển động lên xuống.



Hình 3-104. Sơ đồ khi xọc răng bánh răng nghiêng.

- 1 – Bạc dẫn ;
- 2 – Bánh răng ;
- 3 – Rãnh dẫn nghiêng.

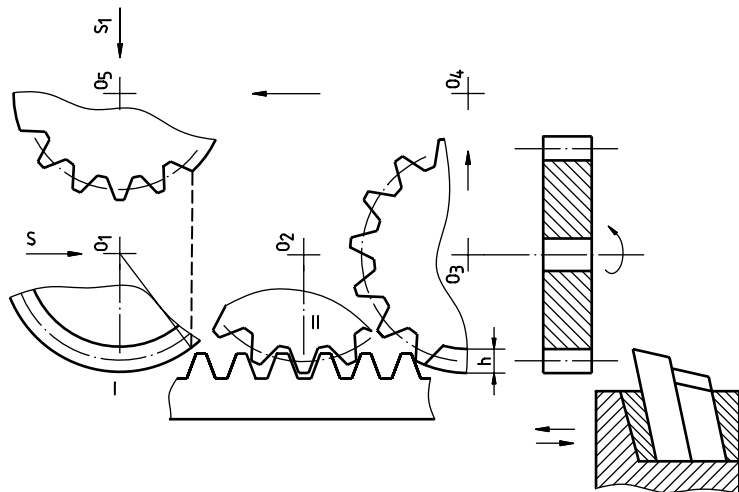


Hình 3-105. Các phương pháp nâng cao năng suất  
khi xọc răng.

*\* Xọc răng bằng dao dạng răng lược :*

Một trong những phương pháp chính xác của gia công răng bánh răng phẳng, răng nghiêng, răng chữ V là phương pháp xọc bằng dao răng lược trên máy xọc bao hình giữa dụng cụ và vật dựa trên nguyên tắc ăn khớp của thanh răng và bánh răng gia công. Dụng cụ có dạng thanh răng với profile hình thang thực hiện chuyển động cắt trong hướng vuông góc với mặt đầu của bánh răng gia công (hình 3-106)

Chuyển động bao hình được thực hiện bởi bánh răng gia công gá trên bàn quay, đồng thời dịch chuyển tâm dọc theo phương của dao xọc hình lược. Vì chiều dài dao xọc hình lược thường chỉ có 3- 8 răng nên nó chỉ đủ cắt cùng một lúc một số răng của bánh răng và việc gia công chỉ được tiến hành trên một phần nhỏ.



Hình 3-106. Xọc răng bằng dao răng lược.

Thoạt đầu bàn máy mang vật gia công chạy dao ngang tiến dần tới dụng cụ đạt chiều sâu răng  $h$ . Sau đó gia công răng bắt đầu ở vị trí biên tại điểm I, tâm vật ở vị trí  $O_1$ . Trước mỗi chuyển động cắt của dụng cụ, bánh răng gia công được quay xung quanh trục của nó một góc nhất định và được xô dịch dọc theo phương dao lược. Giá trị quay và chạy dao phụ thuộc vào chiều dày phôi được chọn. Khi vừa gia công xong một phần bánh răng, dao lược đi ra khỏi phần ăn khớp tại điểm II, chuyển động S được dừng tại điểm biên trên và chuyển động lăn cũng được dừng lại. Bánh răng đi ra khỏi sự ăn khớp với dao lược từ vị trí  $O_3$  đến vị trí  $O_4$  và nhờ trục vít bàn máy mang vật dịch đến vị trí  $O_5$ . Tiếp tục quay cặp bánh răng chia độ đi một số bước xác định và chu trình làm việc được lặp lại cho đến khi tất cả răng của bánh răng được gia công.

Trong thực tế tồn tại dao xọc hình lược thô, bán tinh và tinh. Dao xọc hình lược thô và bán tinh được chế tạo tương tự như dao gia công tinh nhưng profile của chúng phải chỉnh sửa đi một giá trị bằng lượng dư cho gia công tinh giống như phay lăn răng.

**C. Vê, vát đầu răng:**

Ở những bánh răng cần di trượt để thay đổi tỷ số truyền đầu răng thường được vê tròn hay vát nhọn, vát cạnh cho dễ ra vào khớp (hình 3-107).

Vát tròn (hình 3-107a) dùng khi bánh răng vừa quay vừa di trượt.

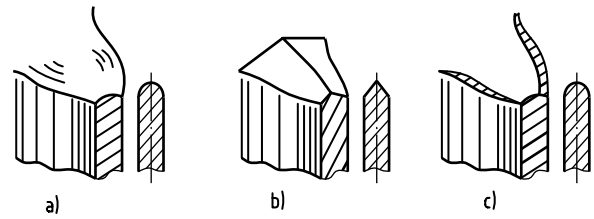
Vát nhọn (hình 3-107b) dùng khi bánh răng không quay mà di trượt.

Vát cạnh (hình 3-107c) dùng khi bánh răng quay tốc độ thấp mà di trượt.

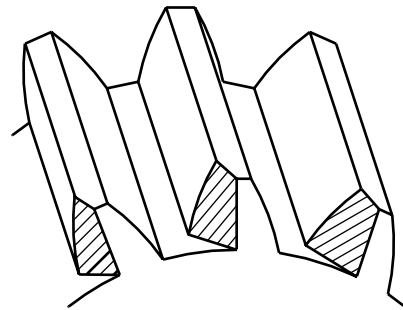
Cũng có khi bánh răng chỉ cần vát một bên (hình 3-108) với điều kiện truyền động chỉ một chiều.

Có thể thực hiện nguyên công này bằng dũa tay với năng suất rất thấp và độ chính xác không cao, không đồng đều giữa các răng. Để đạt được năng suất và độ chính xác cao việc vát đầu răng được thực hiện trên máy chuyên dùng vẽ tròn bằng dao phay ngón định hình (hình 3-109a).

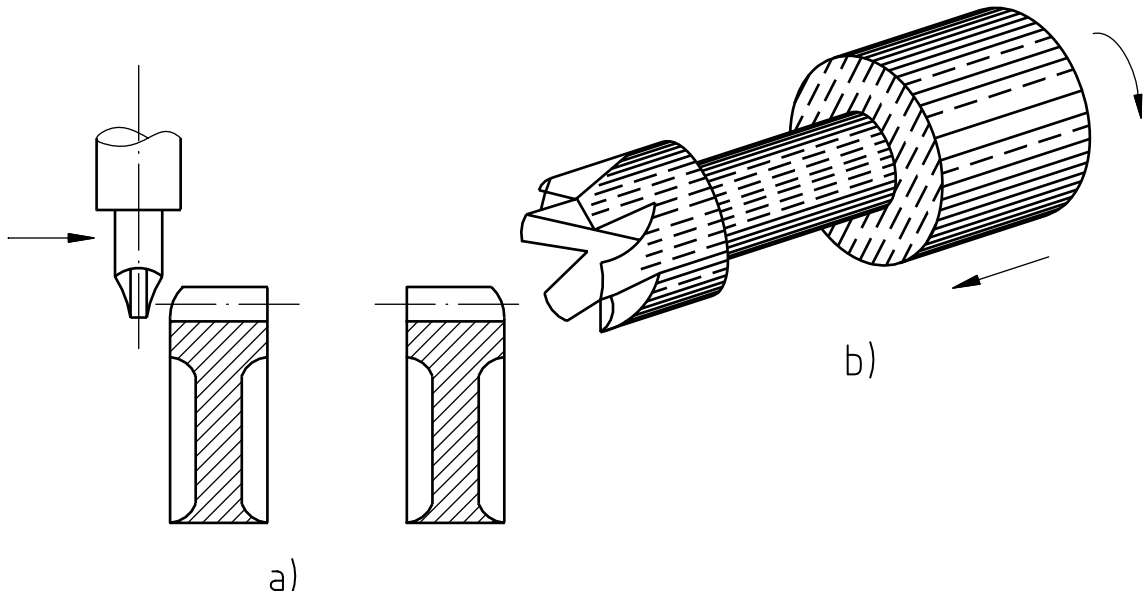
Trong quá trình cắt dao có chuyển động quay theo một cung tròn  $180^\circ$ , cắt từ cạnh bên này sang cạnh bên kia của một đầu răng, còn bánh răng đứng yên. Cắt xong một răng, dao được nâng lên, bánh răng thực hiện chuyển động phân độ  $1/Z$ . Sau khi phân độ xong dao trở về vị trí làm việc để cắt răng tiếp theo. Thời gian cắt một răng mất  $1\div 3$  giây. Phương pháp này



Hình 3-107. Các dạng đầu răng.



Hình 3-108. Dạng vát đầu răng khi ra vào khớp một chiều.



Hình 3-109. Sơ đồ vẽ đầu răng.

a) Bằng dao phay ngón định hình; b) Bằng dao phay chuyên dùng.

cắt không liên tục nên năng suất vẫn chưa cao.

Để nâng cao năng suất, có thể cắt liên tục bằng dao phay định hình chuyên dùng (hình 3-109b), khi cắt cả dao và chi tiết đều chuyển động, giữa hai chuyển động này có xích truyền động cường bức (hình 3-110). Quỹ đạo tương đối của dao so với chi tiết là một đường Epixicloid. Đầu răng gia công được vát nhọn chứ không tròn.

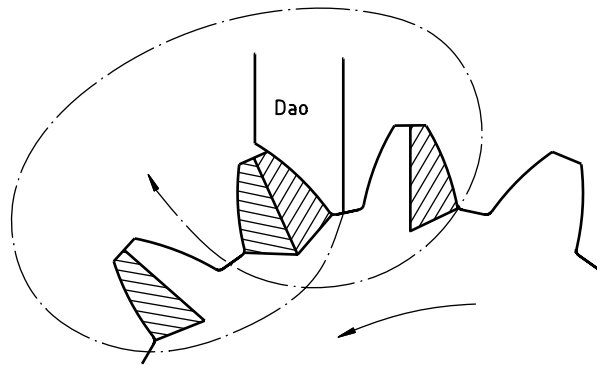
Thời gian gia công một mặt đầu của bánh răng (vẽ tròn tất cả các răng) được xác định :

$$T_0 = \frac{(t + \tau)}{60} \cdot z$$

Ở đây : t - thời gian gia công một răng,

$\tau$  - thời gian bánh răng quay được một răng và thời gian dao tiến vào, lùi ra,

z - số răng của bánh răng.



Hình 3-110. Sơ đồ chuyển động khi vát nhọn đầu

#### D. Các phương pháp gia công tinh bánh răng trụ:

Có thể chia các phương pháp gia công tinh bánh răng ra làm hai loại :

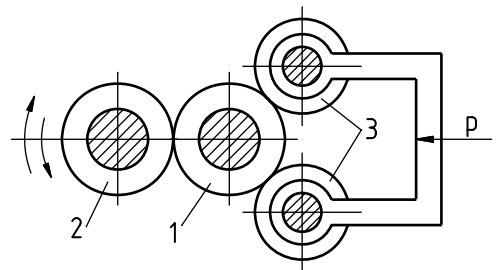
- Loại thứ nhất : gia công không có phoi như phương pháp chạy rà bánh răng.
- Loại thứ hai : gia công có cắt phoi như phương pháp mài răng, cà răng, nghiền răng, khôn răng.

##### a. Chạy rà bánh răng:

Phương pháp chạy rà bánh răng được thực hiện khi bánh răng gia công ăn khớp với một hoặc ba bánh răng mẫu đã tôi cứng nên có độ cứng và chính xác cao hơn. Trong quá trình gia công nhờ có áp lực của bánh răng mẫu tác dụng lên bánh răng gia công mà bề mặt răng của nó được là phẳng và được nén, nên sau khi chạy rà độ cứng và độ chính xác được nâng lên. Sơ đồ chạy rà bánh răng bằng ba mẫu thể hiện trên hình 3-111.

Bánh răng gia công 1 quay do bánh mẫu 2 tác động và truyền chuyển động cho hai bánh mẫu 3. Để chạy rà đều cần phải quay theo hai chiều với số vòng quay giống nhau từ 3 ÷ 25 vòng. Áp lực P chọn 5 ÷ 10 atm. Thời gian chạy rà 10 ÷ 30 giây với bánh răng có m=2 ÷ 5.

Thường để gia công bánh răng không cần nhiệt luyện, khi chạy rà có thể bôi dầu hoặc chạy rà khô.



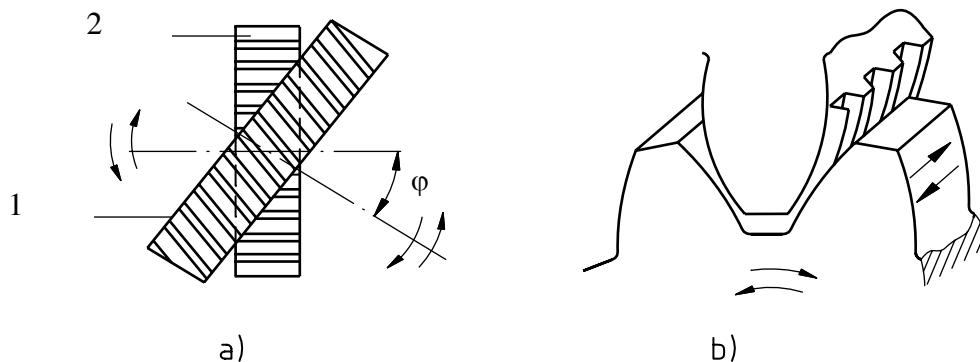
Hình 3-111. Sơ đồ chạy rà bánh răng trụ bằng 3 bánh mẫu.

*b. Cà răng:*

Cà răng là phương pháp gia công tinh bánh răng cho những bánh răng không cứng lắm như các bánh răng không tôi, hoặc sau khi ủ trước khi tôi.

Bánh răng trước khi cà phải được chế tạo chính xác hơn so với bánh răng đem mài. Lượng dư cho cà lớn nhất là 0,15mm cho một răng. Bằng phương pháp cà răng có thể gia công được bánh răng thẳng, răng nghiêng, răng trong hoặc ngoài.

Dụng cụ để cà răng là loại bánh răng hoặc thanh răng đã được tôi cứng, cho ăn khớp không khe hở với bánh răng gia công. Trên bề mặt răng của dụng cụ được xẻ các rãnh để tạo ra các cạnh sắc làm lưỡi cắt. Hình 3-112 trình bày sơ đồ gia công và cấu tạo của bánh cà. Quá trình cắt gọt xảy ra khi bánh cà trượt và lăn trên mặt răng của bánh răng gia công. Lớp phoi cà đi rất mỏng từ  $0,001 \div 0,005$  mm.



Hình 3-112. Sơ đồ cà răng (a) ; Cấu tạo của răng dao cà (b).

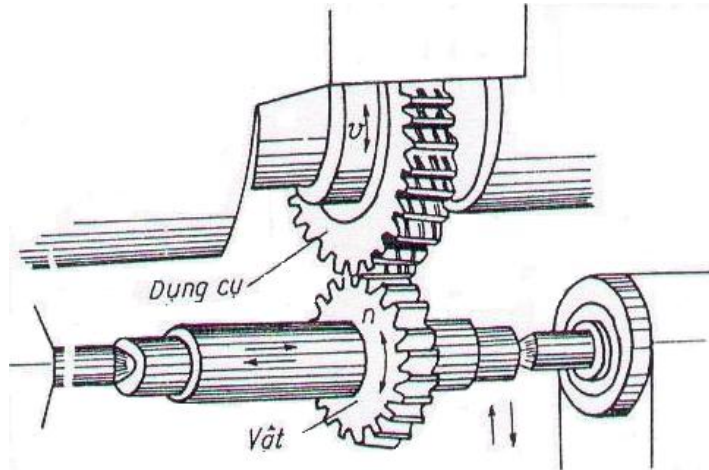
1. Bánh cà ; 2. Chi tiết gia công.

Cà răng để sửa đi những sai số về hình dáng và nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt răng, độ nhám có thể đạt  $R_a = 0,63 \div 0,16$ . Có thể gia công các bánh có đường kính từ  $6 \div 1200$  mm với mô đun từ  $0,1 \div 12$  mm.

Dụng cụ cà răng dạng bánh răng được sử dụng phổ biến hơn vì nó có thể cà được những bánh răng có kích thước bất kỳ, cả bánh răng trong và bánh răng ngoài. Với phương pháp này có thể sửa được sai số của bước răng. Sơ đồ cà răng bằng bánh cà hình đĩa được trình bày trên hình 3 - 112a và có thể thấy rõ hơn ở trên hình 3 - 113.

Để tạo sự cắt gọt tốt cho bánh cà, trục của dao cà và trục của vật gia công phải đặt chéo nhau một góc  $\varphi = 5 \div 15^\circ$ . Nhờ vậy hiện tượng trượt tương đối không chỉ xảy ra theo biên dạng mà theo cả hướng răng. Chính thành phần vận tốc trượt theo hướng răng làm cho các lưỡi cắt tạo nên bởi các rãnh thoát phoi cạo lên bề mặt răng chi tiết tách ra một lớp phoi mỏng.

Khi gia công chỉ có dao nhận được chuyển động quay từ động cơ, còn chi tiết quay theo dao trên hai mũi tâm. Để cả được cả hai phía của răng, chuyển động quay của bánh cầ phải được đổi chiều thuận nghịch. Ngoài ra các chi tiết còn có chuyển động chạy dao S để cắt hết chiều dài rãnh răng và sau mỗi hành trình có chuyển động tiến thẳng đứng đến bánh cầ để lấy chiều sâu cắt.



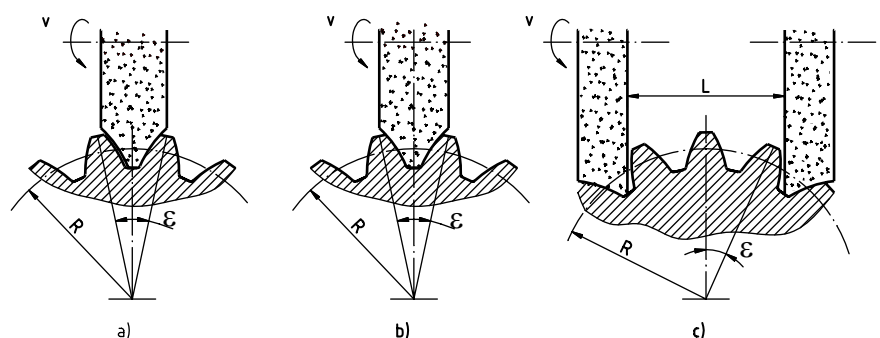
Hình 3-113. Cà răng bằng bánh cầ hình đĩa.

#### c. Mài răng bánh răng :

Mài răng bánh răng là phương pháp gia công tinh bánh răng trước hoặc sau nhiệt luyện, có khả năng đạt độ chính xác cao từ cấp 4 ÷ 6, độ nhẵn bóng bề mặt răng đạt từ  $R_a = 1,25 \div 0,32$ . Phương pháp mài răng thường được dùng để gia công những dụng cụ để cắt răng, những bánh răng mẫu, những bánh răng trong những máy có yêu cầu kỹ thuật cao. Máy mài bánh răng có cấu tạo phức tạp năng suất thấp, giá thành chế tạo cao, vì vậy mài răng chỉ dùng trong sản xuất hàng khối và hàng loạt lớn. Mài răng được thực hiện theo hai nguyên lý : định hình và bao hình.

#### \* Mài răng theo phương pháp định hình :

Khi mài răng theo phương pháp định hình, prôfin đá mài có dạng của rãnh răng cần gia công. Trong quá trình gia công, đá mài thực hiện chuyển động cắt quay tròn, ngoài ra đá còn chuyển động dọc theo trục của bánh răng để cắt hết chiều dày



Hình 3-114. Sơ đồ mài răng bằng đá mài định hình.

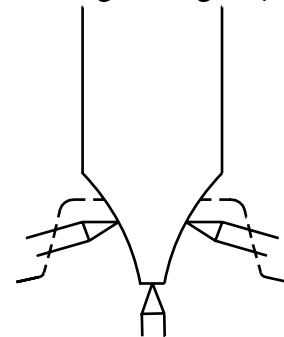
- Mài định hình một mặt bên của răng.
- Mài định hình hai mặt bên của răng bằng 1 đá.
- Mài định hình hai mặt bên của răng bằng 2 đá.



răng. Mài dần từ răng này sang răng khác nhờ sự phân độ chi tiết gia công. Phương pháp này cũng tương tự như phay bằng dao phay môđun định hình. Sơ đồ gia công thể hiện trên hình 3- 114 có thể mài mỗi lần một mặt bên răng hoặc cả hai mặt bên răng cùng một lúc bằng một hoặc hai đá.

Với phương pháp mài cả hai mặt bên của răng bằng một đá mài thì dạng prôfin đá phụ thuộc vào môđun, vào tổng số răng và góc ăn khớp. Phương pháp mài hai mặt bên của răng bằng hai đá cho độ chính xác cao hơn và hiệu quả hơn. Hai đá mài được bố trí cách nhau một khoảng  $L$ , giá trị này phụ thuộc vào tổng số răng. Mỗi một đá mài một mặt bên của răng và như thế để dàng loại trừ độ không chính xác xuất hiện khi phay răng.

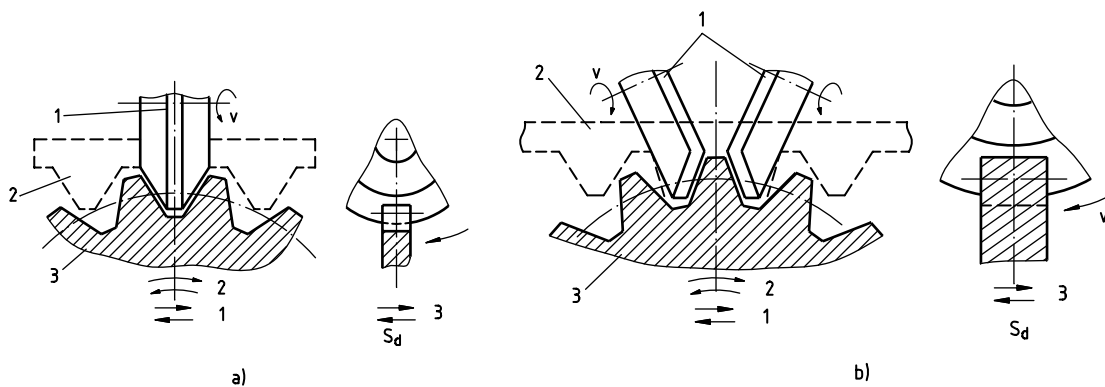
Khi mài định hình, tất cả những sai số hình dạng của đá từ ban đầu cũng như bị mài mòn trong quá trình mài sẽ trực tiếp gây ra sai số cho vật mài. Vì vậy, đá mài cần được sửa chính xác theo dướng. Ở những máy mài hiện đại có trang bị những bộ phận sửa đá tự động theo chu kỳ mài. Khi mài xong một răng, đá lùi xa còn vật gia công được phân độ sang răng khác, mũi kim cương sửa đá theo dướng (hình 3 - 115).



Hình 3 -115. Sơ đồ sửa đá bằng 3 mũi kim cương.

Khi mài định hình thường dùng tốc độ quay của đá  $v = 30 \div 35 \text{ m/s}$ , tốc độ tiến của đá  $v_t = 8 \div 16 \text{ m/ph}$ . Lượng dư mài là  $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$  và chia làm 3, 4 bước.

Ưu điểm của phương pháp mài định hình là có thể gia công được bánh răng ngoài và răng trong, nhưng nhược điểm là phải có nhiều dướng chép hình, đĩa phân độ, điều chỉnh máy tương đối phức tạp, độ chính xác và năng suất không cao.



Hình 3 -116. Mài răng bằng đá mài có prôfin hình thang của một răng thanh răng.

a. Mài bằng một đá có prôfin hình thang của một răng thanh răng

b. Mài bằng hai đá đĩa đặt nghiêng một góc sao cho hai mặt côn của hai đá tạo ra prôfin hình thang.

\* Mài bánh răng theo phương pháp bao hình :

Mài răng theo phương pháp bao hình đạt độ chính xác cao hơn và ứng dụng rộng rãi hơn so với mài định hình. Gia công theo phương pháp này dựa theo nguyên lý ăn khớp của thanh răng với bánh răng mà thanh răng có cùng môđun và góc ăn khớp với bánh răng gia công. Khi mài theo phương pháp này thường dùng các loại đá như sau :

\* Mài bánh răng bằng đá có profin hình thang của một răng thanh răng. Mặt làm việc của đá hình côn. Đá mài tiếp xúc với bánh răng gia công chỉ ở một điểm (hình 3 - 116a).

Theo phương pháp này, cũng có thể mài bằng một đá có profin hình thang của một thanh răng (hình 3 - 116a) và cũng có thể dùng hai đá đĩa đặt nghiêng một góc sao cho hai mặt côn của hai đá tạo ra profin hình thang một thanh răng (hình 3 - 116b).

\* Mài răng bằng hai đá mài hình đĩa đặt một góc bằng góc ăn khớp sao cho đá tạo ra với mặt bên của răng một thanh răng tưởng tượng mà bánh răng gia công được lăn theo thanh răng này. Đá có mặt côn và vì thế chỉ mài được bằng mép của mặt đầu. Mặt làm việc của đá là mặt phẳng nên tiếp xúc giữa đá và mặt răng bánh răng là tiếp xúc đường. Sơ đồ gia công thể hiện trên hình 3 - 117.

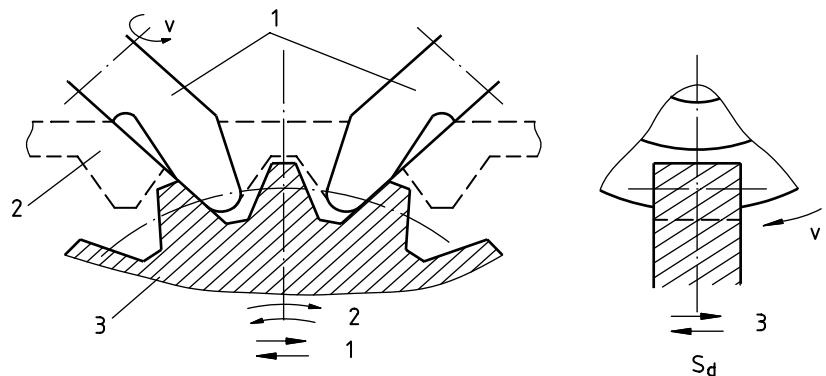
\* Mài răng bằng hai đá hình đĩa với trục quay vuông góc với trục bánh răng gia công. Sơ đồ gia công thể hiện trên hình (3 - 118).

Phương pháp này nhanh hơn đáng kể so với phương pháp trước.

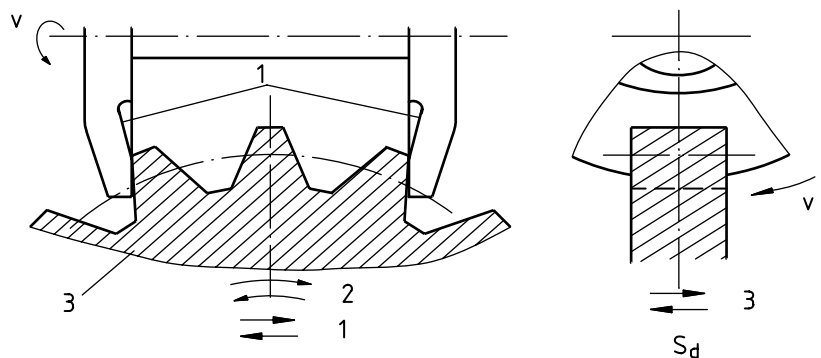
Mài răng bằng phương pháp bao hình bằng đá mài hình côn và hình đĩa bằng các sơ đồ trình bày ở trên đều theo nguyên lý sau : đá mài 1 có bề mặt làm việc như là răng của thanh răng 2 ăn khớp với bánh răng gia công 3.

Khi gia công bằng phương pháp bao hình cần có các chuyển động sau :

chuyển động quay của đá mài với tốc độ  $v_d$  ; chuyển động đi lại tịnh tiến của bánh răng gia công hay  $v$  đá mài theo hướng vuông góc với trục bánh răng (chuyển động 1) phù hợp



Hình 3-117. Mài răng bằng hai đá đĩa nghiêng một góc bằng góc ăn khớp.



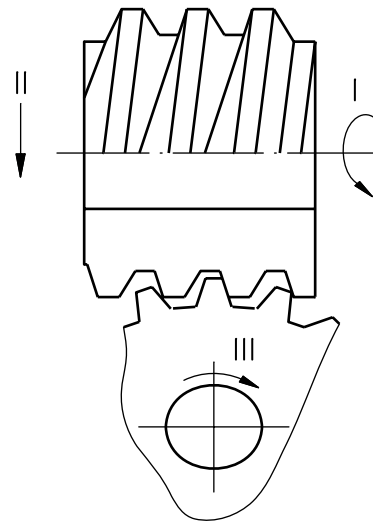
Hình 3-118. Mài răng bằng hai đá đĩa có trục quay vuông góc với trục bánh răng gia công.

với sự quay của bánh răng (chuyển động 2); chuyển dịch tương đối của đá dọc theo răng bánh răng (chuyển động 3) – đó là chạy dao dọc  $S_d$ ; sự quay của bánh răng đi một bước sau khi kết thúc gia công một răng.

*\* Mài răng bằng đá mài dạng trục vít:*

Mài bánh răng hình trụ thân khai có năng suất cao hơn các phương pháp mài khác do quá trình gia công liên tục và đồng thời trên một số răng. Phương pháp này có thể gia công bánh răng trục và răng nghiêng. Đá mài được chế tạo theo dạng trục vít có một hoặc hai đầu mối, đường kính đá khoảng  $300 \div 400$  mm. Sơ đồ gia công được thể hiện trên hình 3 – 119. Các chuyển động trong quá trình gia công bao gồm :

Chuyển động quay của bánh răng gia công xung quanh trục của nó (chuyển động III); chuyển động của đá xung quanh trục của nó (chuyển động I), chuyển động này tạo nên chuyển động cắt gọt với tốc độ  $22 - 32$  mm/s. Các chuyển động I và III tạo thành các chuyển động bao hình như phay lăn răng. Ngoài ra còn có chuyển động của đá dọc theo trục hoặc theo hướng của răng (nếu là răng nghiêng) để mài hết chiều dày của răng với tốc độ dịch chuyển  $0,3 - 3$  mm/một vòng bánh răng.



Chuyển động hướng kính II với trị số  $0,01 \div 0,08$  mm để mài hết chiều sâu của răng. Gia công bằng phương pháp này có thể đạt độ chính xác cấp  $4 \div 5$ , độ nhẵn bóng  $R_a = 1,25 \div 0,16$ .

Hình 10 – 119. Sơ đồ mài răng bằng đá mài trục vít.

Thời gian gia công rất ngắn, khoảng  $0,2 \div 0,3$  phút cho một răng. Khi mài bánh răng có môđun nhỏ hơn 1 thì có thể mài một lần. Với bánh răng có môđun lớn hơn thì có thể phải mài bằng bán tinh và mài tinh.

Nhược điểm của phương pháp này là việc sử dụng đá mài lâu và phức tạp. Khi mài nhiệt thoát ra kém ảnh hưởng đến chất lượng mặt răng.

*d. Mài nghiền bánh răng :*

Mài nghiền bánh răng là một phương pháp gia công tinh sau nhiệt luyện để nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt răng có thể đạt  $R_a = 0,63 - 0,32$  hiệu chỉnh được những sai số chung về dạng răng, bước và độ đảo, những biến dạng sau khi nhiệt luyện, làm sạch các ôxyt, các vết lồi lõm, do đó khi làm việc sẽ giảm bớt tiếng ồn. Tuy nhiên máy nghiền không thể hiệu chỉnh được sai số lớn và năng suất gia công thấp.

Máy nghiền được sử dụng trong những trường hợp bánh răng có yêu cầu cao về độ chính xác như các bánh răng trong ô tô.

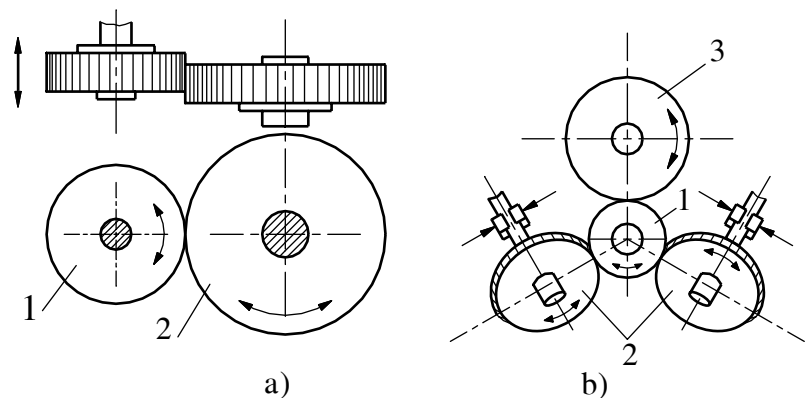
Bản chất của phương pháp nghiền răng là cho bánh răng gia công quay ăn khớp với một hoặc ba bánh răng bằng gang đóng vai trò dụng cụ nghiền, trên bề mặt răng của chúng có bột nghiền có hai phương pháp nghiền răng :

- *Phương pháp thứ nhất* : trục của bánh răng gia công song song với trục của bánh nghiền (hình 3 – 120 a).

- *Phương pháp thứ hai* : trục của bánh răng gia công nghiêng một góc với trục của bánh nghiền (hình 3 – 120b).

Đối với phương pháp thứ nhất, bánh răng gia công 1 là bánh chủ động truyền chuyển động cho bánh nghiền 2.

Để có thể nghiền được cả hai mặt bên của răng cần phải có chuyển động quay theo hai chiều thuận nghịch. Ngoài ra có chuyển động dao dọc trục để mài hết chiều dày răng.



Hình 3-120. Sơ đồ mài nghiền bánh răng.

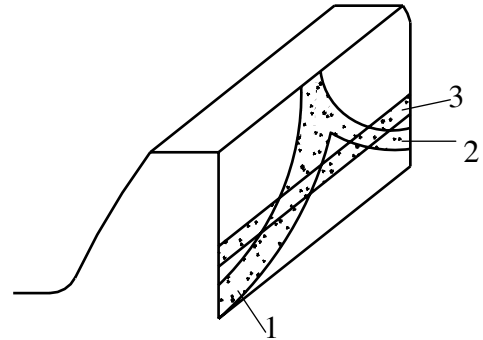
Ở phương pháp thứ hai bánh răng gia công 1 ăn khớp với ba bánh nghiền, trong đó có hai bánh số 2 có răng nghiêng còn bánh số 3 có răng thẳng. Vì vậy, trục của bánh 3 song song với bánh răng gia công, còn trục của hai bánh số 2 nghiêng so với bánh răng gia công một góc và góc này có thể điều chỉnh được. hai bánh dẫn có số vòng quay  $n = 150 \div 300$  vg/ph, bánh răng gia công có chuyển động tịnh tiến dọc theo trục từ 40 – 200 hành trình kép trong một phút.

Gia công theo phương pháp thứ hai có năng suất và độ chính xác cao hơn phương pháp thứ nhất, vì trong quá trình ăn khớp khi nghiền, bánh răng gia công tiếp xúc với bánh nghiền theo vết 3 (hình 3 – 121). Chính vì vậy mà sau khi nghiền sự tiếp xúc của bánh răng gia công và các bánh nghiền được đều khắp và tốt hơn.

Biện pháp thực hiện các phương pháp nghiền trên có hai cách :

- Nghiền không có khe hở : khi sự ăn khớp giữa bánh răng gia công và bánh nghiền không có khe hở (hình 3 – 122 b).

Trong trường hợp này cả hai bên sườn của răng đều được mài nghiền đồng thời. có thể hiệu chỉnh sai số chung về bước răng và làm bóng bề mặt răng.

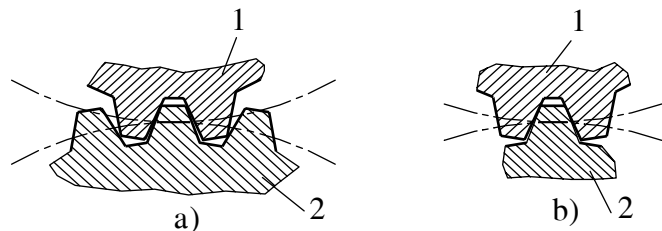


Hình 3-121. Vết nghiền trên bánh răng gia công.

- Nghiền có khe hở (hình 3 – 122 a).

Trong trường hợp này mỗi mặt bên của răng được gia công riêng.

Kinh nghiền phải tạo ra một áp lực lên mặt răng từ  $5-7 \text{ kg/cm}^2$ . Bánh nghiền được chế tạo từ gang hạt mịn có độ cứng  $180 - 120\text{HB}$  như gang C 21 – 40 ; C 15 – 32. Chiều rộng của bánh nghiền cần lớn hơn chiều rộng bánh răng gia công 4–10 mm. Lượng dư mài nghiền răng một phía không lớn hơn  $0,02 - 0,05 \text{ mm}$ . Thời gian mài nghiền một phía của răng cần  $0,5 - 3$  phút. Tuổi bền của bánh nghiền có thể đạt gia công được 500 – 1.000 bánh răng.



Hình 3-122. Sơ đồ biện pháp nghiền

a. Nghiền có khe hở.

b. Nghiền không có khe hở.

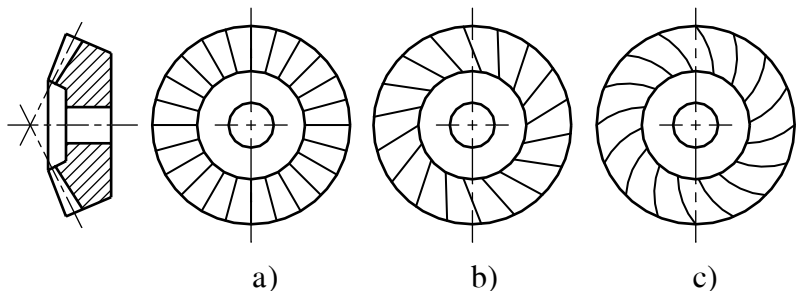
1. Bánh nghiền.

2. Bánh răng gia công.

## 2. Các phương pháp gia công răng bánh răng côn :

Gia công bánh răng côn thuộc loại công việc khó trong sản xuất. Bánh răng côn có các loại răng thẳng, răng nghiền và răng xoắn (hình 3 –123). Riêng loại răng xoắn (hay răng cong) lại chia ra : răng cong cung tròn, răng cong thân khai và răng cong Epixicloid.

Chiều cao răng của các loại bánh răng trên có thể đều hoặc thay đổi tùy theo tính năng của chúng (hình 3 – 124).



Hình 3-123. Các loại bánh răng côn

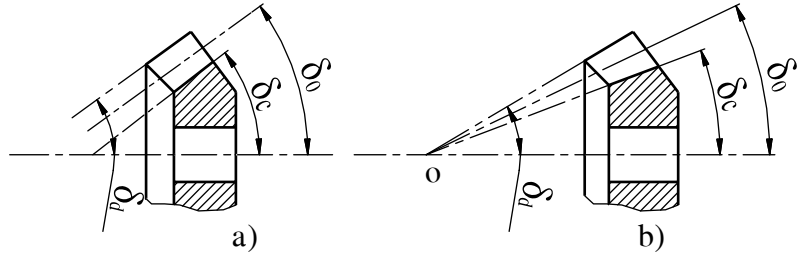
a. Răng thẳng, b. Răng nghiền, c. Răng cong.

Tùy theo yêu cầu và thiết kế của từng loại máy, các loại bánh răng côn có thể ở dạng đĩa có lỗ hoặc liền trục. Để đạt hiệu quả

kinh tế phải có phương pháp thích hợp với mỗi loại.

#### A. Gia công bánh răng côn thẳng :

Răng của bánh côn được gia công bằng phương bào, phay hoặc chuốt. Mặt bên của răng được hình thành bằng định hình hoặc bao hình. Phương pháp bao hình cho độ chính xác tốt hơn và được tiến hành theo bao hình phân độ hay bao hình liên tục.



Hình 3-124. Các dạng chiều cao của bánh răng côn.  
a. chiều cao răng đều. b. chiều cao răng thay đổi.

#### a. Phương pháp định hình :

##### 1. Phay răng

Bánh răng thẳng và răng nghiêng được phay bằng dao phay định hình với phương pháp phân độ, thực hiện trên máy phay vạn năng có ụ phân độ. Dụng cụ là dao phay định hình đĩa hay ngón. Bánh răng gia công được gá vào ụ chia độ và nghiêng đi một góc hình 3 – 125a phù hợp với góc côn ở chân răng  $\delta$ . Mỗi một rãnh răng được phay qua 3 bước, thể hiện trên hình 3 – 125b.

- Bước 1 : phay phần vật liệu 1 của rãnh, chiều rộng của phần này tối đa bằng chiều rộng đầu nhỏ của rãnh răng.
- Bước 2 : quay bánh răng đi một góc  $\varphi$  về một phía, sau đó phay phần vật liệu 2 trên rãnh răng.
- Bước 3 : quay bánh răng đi một góc  $\varphi$  về phía ngược lại, sau đó quay phần vật liệu 3 trên rãnh răng.

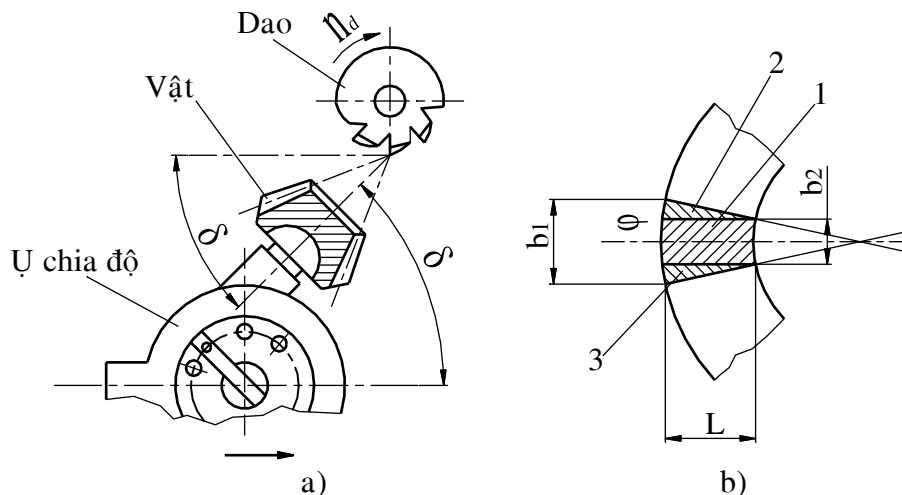
Góc nghiêng  $\delta$  của trục ụ chia độ chính xác căn cứ vào góc côn chân răng cho trên bản vẽ. Góc xoay  $\varphi$  của bánh răng (hình 3 – 125 b) suy ra từ tính toán hình học theo hình vẽ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b_1 - b_2}{2L};$$

Trong đó :  $b_1$  – chiều rộng rãnh răng ở phía đầu to được đo trên cát tuyến của côn chia (mm).

$b_2$  – chiều rộng rãnh răng ở phía đầu nhỏ được đo trên cát tuyến của côn chia(mm).

$L$  – chiều dài răng.



Hình 3-125. Phay răng bánh răng côn bằng dao định hình.

Phương pháp này được sử dụng để sản xuất bánh răng côn có độ chính xác không yêu cầu cao và để sản xuất bánh răng có môđun lớn.

#### **b. Phương pháp bao hình :**

Trong các phương pháp gia công răng chỉ có phương pháp bao hình mới có thể tạo được những dạng răng chính xác. Điều này đúng cũng cho cả bánh răng trụ và bánh răng côn.

Phương pháp bao hình gia công bánh răng có côn xuất phát điểm tương tự như ở bánh răng trụ, ở đó răng được tạo nên bởi sự lăn của trụ chia bánh răng theo mặt phẳng chia của thanh răng, còn ở bánh răng côn thì răng được tạo nên bởi sự lăn của côn chia bánh răng theo mặt phẳng chia của bánh dẹt sinh. bánh dẹt sinh này được coi như là bánh côn với góc đỉnh của côn chia là  $180^\circ$ .

Profin răng được tạo nên bằng sự lăn tương đối của dụng cụ và bánh răng gia công. Dụng cụ là một hoặc hai dao có lưỡi cắt dạng hình thang. Dụng cụ thực hiện chuyển động đến đỉnh đi lại theo hướng côn chia của bánh răng.

Dụng cụ lại được gá trên một đầu dao mà đầu dao này phải thực hiện chuyển động ăn khớp với bánh răng gia công. Hiện nay tồn tại một số phương pháp gia công theo nguyên lý nêu trên.

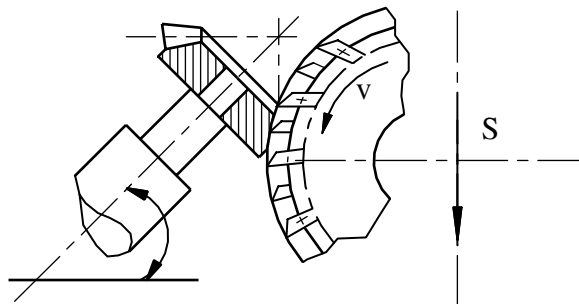
**1. Phay bánh côn răng bằng hai dao phay đĩa.** Bằng phương pháp phay bao hình này có thể nâng cao được năng suất gia công bánh răng côn. Dao phay có đường kính lớn, dạng răng chấp, mặt bên của chúng là cạnh của hình thang giống dạng răng của thanh răng hình 3 – 126.

Trục chính của dao phay đĩa được đặt trên mặt đầu của một bàn trượt quay mà số vòng quay  $n_d$  của nó liên hệ với số vòng quay  $n_c$  của bánh răng, tạo nên chuyển động lăn giữa lưỡi cắt của dụng cụ và mặt bên của bánh răng côn. Khi đường kính của dao phay đĩa lớn hơn nhiều so với chiều rộng vành của bánh răng gia công thì dao có thể chỉ cần chuyển động cắt  $v$ , nếu như chiều rộng vành răng lớn hơn 20 mm thì dao, ngoài chuyển



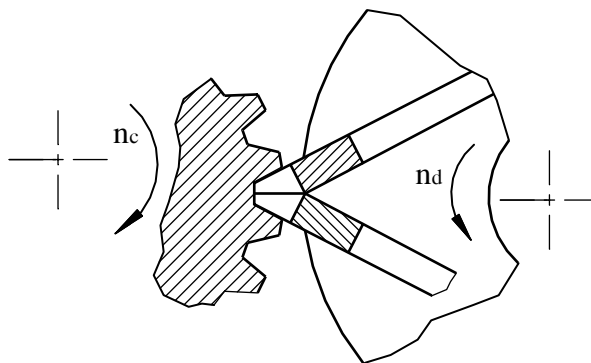
động cắt  $v$  còn phải chạy dọc  $s$ . Sau khi phay xong một rãnh, bàn quay có mang dao phay đĩa được quay đến vị trí ban đầu, vật gia công được quay đi một bước bằng dụng cụ chia độ và chu trình làm việc được lặp lại.

Gia công bằng phương pháp này tăng năng suất 3 – 7 lần và thời gian giảm 40% so với các phương pháp lăn thông thường khác. Các máy chuyên dùng như 5P23 của Liên Xô, ZFTK của Đức, No104 và 114 của Mỹ thực hiện gia công bánh răng côn theo nguyên lý này.



## 2. Gia công bánh răng côn bằng phương pháp bào bao hình :

Ở những bánh răng côn có môđun lớn hơn 15 mm thường được bào theo đường chếp hình đã trình bày ở phần trước, còn những bánh răng có môđun nhỏ có thể được tiến hành bằng phương pháp bào bao hình. Khi bào theo nguyên lý bao hình trên máy “Harbeck” hoặc “Gleason” hoặc “Bilgram Reinecker” một hoặc hai dao có dạng hình thang được gá trên rãnh của đầu dao quay. Dao thực hiện chuyển động cắt đi lại  $v$  trong hướng đến đỉnh bánh răng côn và trùng với đường côn chân răng, đồng thời được quay với đầu dao xung quanh trục của nó với số vòng quay  $n_d$ . Bánh răng gia công được gá trên trục chính của máy mà trục chính này được điều chỉnh ở vị trí phù hợp với góc đỉnh của bánh răng gia công. Nhờ chuyển động quay ăn khớp của đầu dao  $n_d$  và vật gia công  $n_c$ , các lưỡi cắt của dao tạo nên mặt bên của răng gia công bằng các lát cắt bao ở dạng thân khai. Sơ đồ gia công bánh răng côn răng thẳng bằng bào bao hình thể hiện trên hình 3 – 127.



Hình 3-126. Phay răng bánh răng côn bằng hai dao phay đĩa.

Có thể bào bằng một hoặc hai dao cùng một lúc. Nếu mài bằng hai dao thì một dao cắt mặt bên phải và một dao cắt mặt bên trái của răng. Hai dao đi lại ngược chiều nhau. Sau khi cắt xong một đầu răng, vật và dao trở lại vị trí ban đầu, vật được quay đi một bước nhờ dụng cụ chia độ và chu trình gia công được lặp lại. Với sơ đồ trên hình 3 – 127 đã có thể hình dung ra những chuyển động cần thiết cho phương pháp bào bánh răng côn bằng bao hình. Để hiểu rõ hơn nguyên lý này có thể tham khảo thêm hình 3 – 128, trên đó thể hiện rõ kết cấu của bào bao hình. Các lưỡi cắt của hai dao bào 3 có dạng như mặt bên của răng bánh dẹt sinh kéo dài (vành răng 4) của giá dao lắc lư (lắc lư cả hai phía). Nhờ bánh răng 2 và 4 quay ăn khớp nhau, mà trên trục của 2 có gá bánh răng gia công 1 (cả hai bánh này có cùng một côn chia nên chuyển động lăn không trượt của côn chia bánh răng gia công với bánh dẹt sinh có tỉ số truyền).



$$\frac{n_{1,2}}{n_d} = \frac{\omega_{1,2}}{\omega_d} = \frac{Z_d}{Z_{1,2}}$$

Ở đây :  $n_{1,2}$  và  $\omega_{1,2}$  – số vòng quay và tốc độ góc của vật gia công (bánh nhỏ 1 và bánh lăn 2).

$n_d$  ,  $\omega_d$  – số vòng quay và tốc độ góc của bánh dẹt sinh.

$Z_d$  ;  $Z_{1,2}$  – số răng của bánh dẹt sinh và vật gia công.

Cả hai dao động chuyển động theo hướng từ chân răng đến đỉnh  $S$  với tốc độ cắt  $v$ . sau khi gia công xong một rãnh răng, bánh răng 2 được quay đi một bước  $t$  và rãnh răng tiếp theo được gia công, như vậy bánh răng được gia công xong sau một vòng quay. Trước khi ngừng hành trình cắt, dao được ngửa ra để lưỡi cắt không cào vào mặt bên của răng.

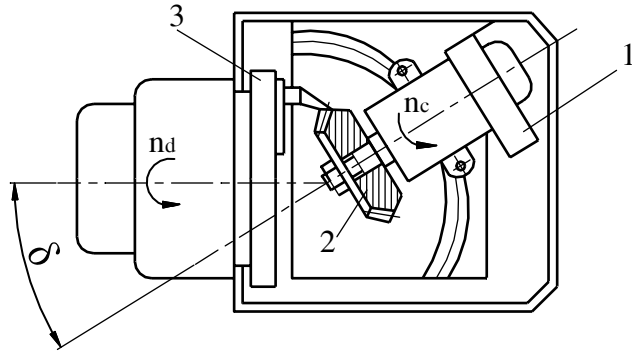
Các máy bào bánh côn răng thẳng theo kiểu cũ đã dựa trên nguyên lý nói trên. Nhưng theo nguyên lý đó, cần thiết phải có một số bánh răng thay thế theo góc đỉnh côn chân răng, đồng thời có một sai số prôfin răng do một khe hở không tránh khỏi giữa răng của bánh lăn và bánh dẹt sinh. vì vậy ở các máy kiểu mới, người ta dùng hệ thống bánh răng thay thế của cơ cấu như sơ đồ trên hình 3 – 129.

Chuyển động ăn khớp bao hình của bánh răng gia công 1 và dao được thực hiện thông qua các bánh răng  $Z_a$ ,  $Z_b$  qua các bánh răng thay thế  $Z_f$ ,  $Z_{e1}$ ,  $Z_{e2}$ ,  $Z_c$  đến bánh răng dẹt sinh tương đương  $Z_d$  (số vòng quay  $n_d$ ) mà đại diện cho nó là đầu dao với bàn xe dao 3. Do đó số vòng quay của vật gia công  $n_{1,2}$  được cho bởi công thức :

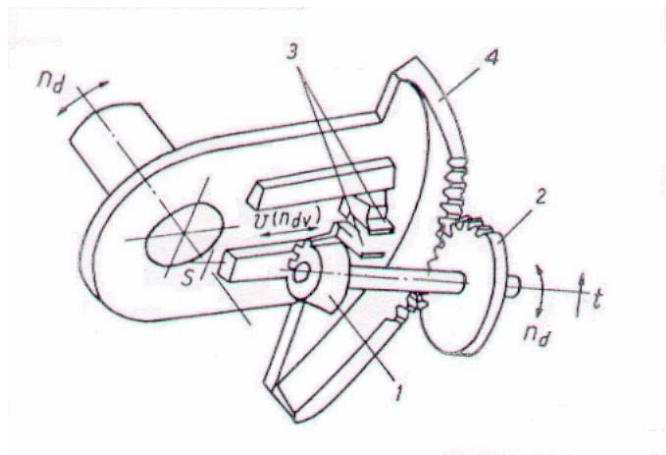
$$n_{1,2} = n_d \frac{\cos \delta_{1,2}}{\sin \delta_{1,2}}$$

Ở đây :  $\delta_{1,2}$  – góc chân răng bánh dẹt sinh.

$\delta_{c1,2}$  – góc côn chia bánh răng gia công.



Hình 3-127. Bào bao hình bánh răng côn.  
1. Trục chính. 2. Bánh răng gia công. 3. Đầu dao.



Hình 3-128. Kết cấu đầu dao và sự liên hệ của nó với trục chính mang phôi.

$n_d$  – số vòng quay bánh  
dệt sinh.

Thời gian cắt một răng phụ thuộc vào vật liệu gia công, môđun và lượng dư gia công. Số lần cắt phụ thuộc vào môđun và lượng dư gia công.

### B. Gia công bánh côn răng cong

Bánh côn răng cong được dùng nhiều vì khả năng truyền động lớn, truyền động êm, ít ồn, hệ số trùng khớp cao, có thể đạt được tỉ số truyền lớn với không gian tương đối bé. Tuy vậy lực chiều trục của truyền động bánh côn răng cong thường lớn hơn so với bánh côn răng thẳng.

Về mặt chế tạo, đòi hỏi phải có thiết bị phức tạp chuyên dùng, nhưng do có thể cắt được liên tục nên năng suất đạt được cao hơn so với gia công gia công bánh côn răng thẳng. Nói chung, bánh côn răng cong không thể mài được trừ loại bánh côn răng cung tròn.

Căn cứ vào đường cong hướng răng trên mặt nón chia của bánh dệt sinh có thể chia bánh côn răng cong làm 3 loại :

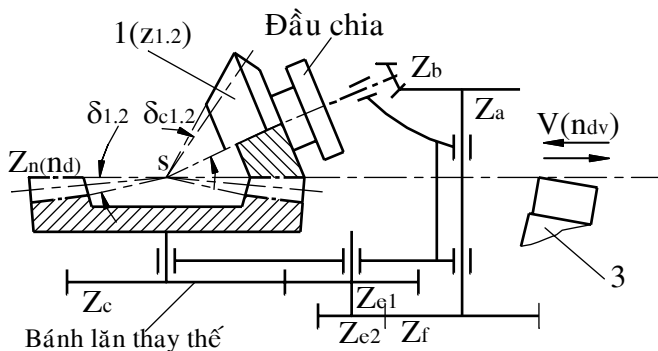
- Răng cung tròn, còn gọi là răng thuộc hệ “Gleason”. Loại này thường có chiều cao răng thay đổi.
- Răng cung epicycloid, còn gọi là răng thuộc hệ “Mam – mano”, loại này thường có chiều cao không thay đổi.
- Răng cung thân khai, còn gọi là răng thuộc hệ “Klin – Gelnberg”.

Mỗi loại răng như trên sẽ có phương pháp gia công thích hợp.

#### a. Gia công bánh côn răng cung tròn :

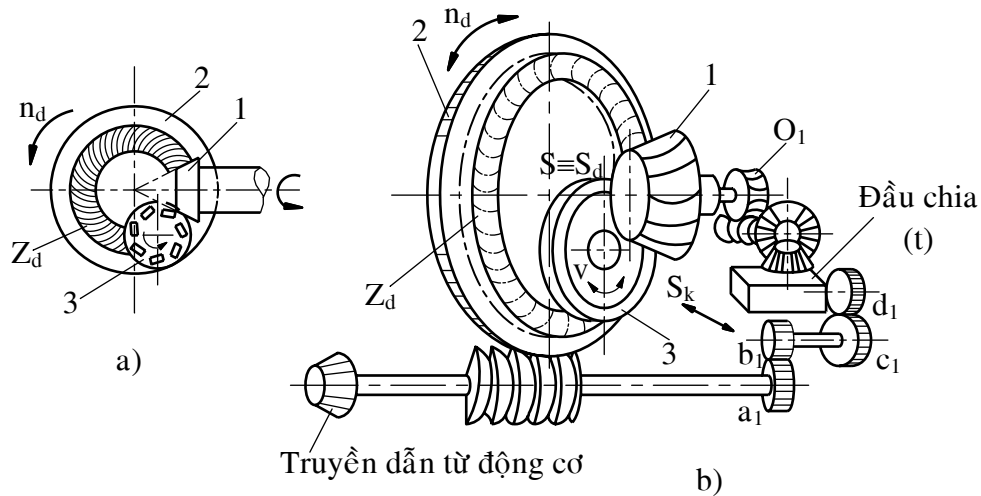
Loại bánh côn có răng cung tròn được gia công trên máy Gleason bằng phương pháp bao hình với đầu dao phay. Nguyên tắc làm việc của máy xuất phát từ sự ăn khớp (hay lăn) giữa bánh dệt sinh với bánh răng gia công 1 (hình 3 – 130).

Bánh dệt sinh  $Z_d$  được thay thế bằng đĩa gá lắp trục 2, mà trên đó được lắp đầu dao phay có tâm quay nằm trên và lệch so với tâm của đĩa gá. Trên đầu dao phay có các dao có dạng hình thang, thông thường chúng được bố trí một lưỡi cắt phía ngoài, một lưỡi cắt trong liên tiếp nhau. Khi điều chỉnh máy để gia công phải để sao cho đỉnh nón chia của bánh răng gia công cùng với đỉnh của bánh dệt sinh (hình 3 – 130), mặt phẳng đầu răng của dao tiếp xúc với mặt nón chân răng.



Hình 3-129. Bào răng côn bao hình với nguyên tắc mới.

Theo nguyên lý này, đầu dao phay 3 quay với tốc độ cắt  $v(nd)$ , tốc độ này không bị ràng buộc với các chuyển động làm việc khác của máy. Trước lúc bắt đầu làm việc vật được dịch chuyển hướng kính  $S_k$  để lấy chiều sâu rãnh răng. Ngoài chuyển động quay



Hình 3-130. Phay bánh côn răng côn tròn trên máy "Gleason".

a. nguyên lý phay bằng đầu dao theo phương pháp bao hình.

b. sơ đồ động nguyên tắc làm việc của máy.

1. bánh răng gia công; 2. Đĩa gá lắp lư;

3. Đầu dao phay;  $Z_d$  bánh dẹt sinh tương tượng.

quanh trục của mình, đầu dao phay còn được quay quanh cùng với đĩa gá thực hiện chuyển động ăn khớp của bánh dẹt sinh  $Z_d$  với bánh răng gia công 1 được gá trên trục chính của máy. Chuyển động lư của đĩa gá  $n_d$  ( $\omega_d$ ) (tức chuyển động ăn khớp của bánh dẹt sinh) với chuyển động của bánh răng  $n_c$  ( $\omega_{1,2}$ ) phải thỏa mãn tỷ số truyền :

$$i_{d1,2} = \frac{\omega_{1,2}}{\omega_d} = \frac{Z_d}{Z_{1,2}}$$

Ở đây :  $\omega_d$  – tốc độ góc của đĩa gá.

$\omega_{1,2}$  – tốc độ góc của bánh răng gia công.

$Z_d$  – số răng của bánh dẹt sinh.

$Z_{1,2}$  – số răng của bánh răng gia công.

Bộ truyền được điều chỉnh bằng các bánh răng thay thế ( $a_1$ ;  $b_1$ ;  $c_1$ ,  $d_1$ ) ở giữa lực truyền lư và trục chính  $O_I$ . Vì lưỡi cắt của dao tạo nên giống như răng của bánh dẹt sinh nên nó tạo thành mặt cong phía bên ngoài và phía bên trong của một rãnh răng bánh răng gia công. Để ăn khớp đúng, cần thiết phải điều chỉnh sao cho đỉnh côn chia của bánh được phay  $S$  trùng với tâm của bánh dẹt  $S_d$  và phải sao cho mặt phẳng đỉnh của mũi dao tiếp xúc với mặt côn chân răng của bánh răng gia công (hình 3 – 131). Từng khe răng được phay dần dần và sau khi phay xong một rãnh răng, đầu phay ra khỏi vị trí ăn khớp

với bánh răng gia công. để phay rãnh răng tiếp theo, đĩa gá với đầu dao phay và vật gia công được quay trở về vị trí ban đầu và vật gia công được quay phân độ thêm một bước. Sau đó, chu trình gia công được lặp lại.

### C. Gia công tinh bánh răng côn

#### a. Cà bánh răng côn

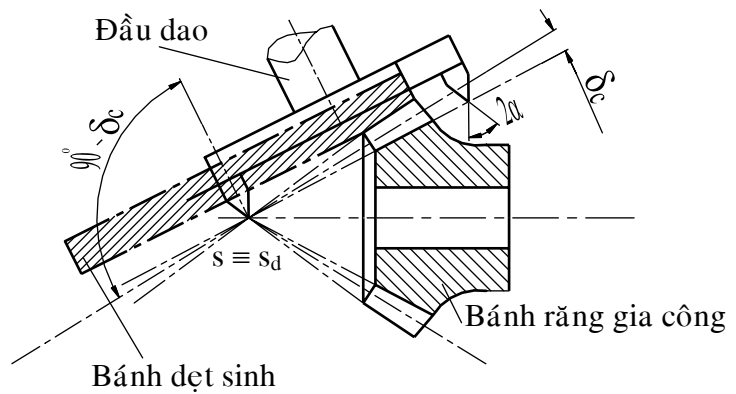
Cà bánh răng côn nhằm nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt và độ chính xác của răng, khôi phục sự ăn khớp tốt của răng. Khi cà răng côn, răng cong, bánh răng phẳng răng cong được dùng làm bánh cà. Sơ đồ gia công được trình bày trên hình 3-132.

Trục quay của bánh cà 1 không trùng với đỉnh côn của bánh răng gia công 2, do đó khi chúng ăn khớp với nhau trong quá trình gia công tạo nên sự không trùng hướng của tốc độ bánh cà  $v_u$  và tốc độ của bánh răng gia công  $v$ . Vì vậy, sinh ra tốc độ trượt  $v_c$  dọc theo răng của bánh răng gia công. Tốc độ trượt này thực hiện chuyển động cắt của dao vào mặt răng của bánh răng gia công.

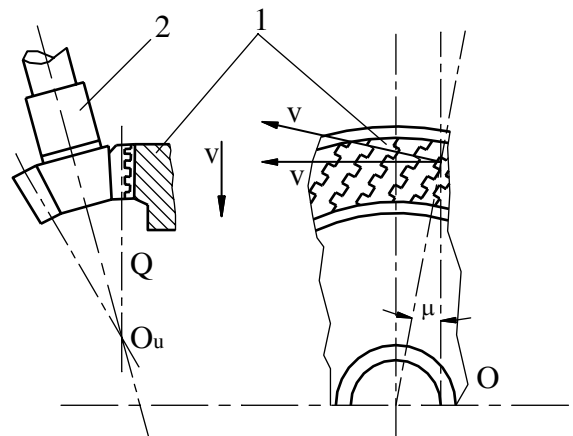
Quá trình cắt xảy ra liên tục khi bánh cà và bánh răng gia công ăn khớp nhau và quay không đảo chiều. Bánh cà là bánh chủ động, bánh răng gia công chuyển động theo và có liên quan đến chuyển động dao hướng kính.

Tốc độ cắt khi cà răng côn chọn từ 15 – 20m/ph. Sai số bước vòng của răng sau khi cà đạt 0,02 đến 0,05 mm. Vết tiếp xúc đạt 80 - 100% theo chiều cao răng, còn theo chiều dọc răng đạt 70 - 90%. Điều chỉnh vị trí và trị số tiếp xúc thực hiện bằng cách thay đổi vị trí của bánh răng gia công đối với bánh cà, góc của dạng răng, bán kính cong của răng bánh cà.

So với các phương pháp gia công khác, phương pháp cà răng bánh côn còn có ưu điểm là năng suất cao, tăng được độ nhẵn bóng bề mặt, độ chính xác về hình dạng của bánh gia công, thiết bị gia công đơn giản và rẻ tiền. Phương pháp này phù hợp với sản xuất hàng loạt lớn và cho những bánh răng có yêu cầu kỹ thuật không cao lắm.



Hình 3-131. Sơ đồ điều chỉnh dao và vật gia công.



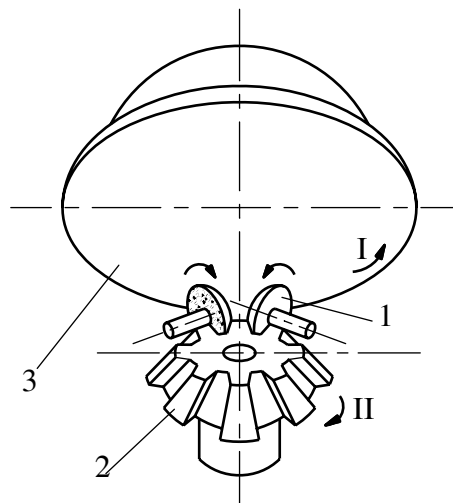
Hình 3-132. Sơ đồ cà bánh răng côn răng cong.  
1. Bánh cà. 2. Bánh răng gia công.

### b. Mài răng bánh côn

Mài răng bánh côn là một phương pháp gia công tinh dùng cho những bánh răng có yêu cầu cao về độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt răng. Do công nghệ mài và thiết bị gia công phức tạp, năng suất thấp nên chỉ sử dụng phương pháp này khi những phương pháp khác không thực hiện được. Các bánh răng côn được mài thường dùng làm những bánh mẫu, bánh kiểm, hoặc là những dụng cụ cắt gọt như bánh cào, bánh nghiền, thường dùng trong các bộ truyền của máy có độ chính xác cao, làm việc với tốc độ lớn.

*Khi mài bánh răng côn răng thẳng* dùng một hay hai đá đĩa phẳng hoặc côn, thực hiện mài theo phương pháp bao hình. Sơ đồ mài bánh răng côn thẳng được trình bày trên hình 3-133.

Đá mài 1 đặt vào con trượt trên mâm lắc 3 của máy. Trong quá trình cắt đá quay tròn và con trượt mang đá đi lại theo hướng đường thẳng côn của bánh răng côn. Khi đó mâm lắc mang đá có chuyển động quay I thích ứng với chuyển động quay II của bánh răng gia công 2. Sau khi mài xong một răng, bánh răng 2 quay phân độ để gia công răng tiếp theo.



Hình 3-133. Sơ đồ mài bánh răng côn răng thẳng bằng hai đá đĩa.

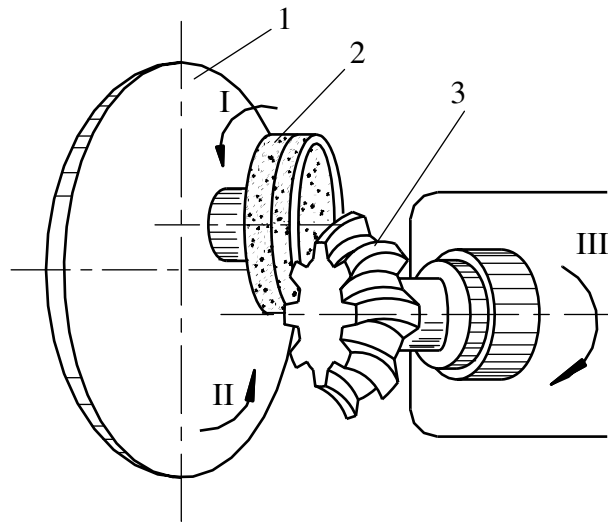
1. đá mài, 2. bánh răng gia công, 3. mâm lắc.

Tốc độ của đá mài từ 25 - 30m/s. Độ nhẵn bóng bề mặt sau khi mài có thể đạt  $R_a = 0,63 - 0,32$ . Lượng dư của mỗi phía có thể chọn từ 0,07 - 0,12mm và hành trình mài từ 4 - 10 lần.

*Mài bánh côn răng cong* : khi mài loại bánh côn răng cong dùng đá mài hình chấu (hình bát) có đường sinh trụ, bề mặt làm việc của đá được sửa côn và thực hiện mài bao hình. Sơ đồ mài được trình bày như hình 3-134.

Đá mài 2 thực hiện chuyển động quay I quanh trục của nó. Trục của đá này được lắp trên mâm quay 1 và mâm quay này lại thực hiện chuyển động quay II quanh trục của mâm và khác với trục của đá. Chuyển động của mâm phải phù hợp với chuyển động quay III của bánh răng gia công.

Nhờ có các chuyển động trên đá sẽ gia công được một răng răng. Sau khi gia công xong một răng, phải thực hiện chuyển động phân độ cho bánh răng gia công răng răng tiếp theo. Phương pháp này được dùng để mài những bánh răng chính xác trong hàng loạt và hàng khối.



Hình 3-134. Sơ đồ mài bánh răng côn răng cong bằng đá chấu.  
1. mâm quay, 2. Đá mài, 3. Bánh răng gia công.

### 3. Gia công bánh vít.

Khi gia công bánh vít, dụng cụ cắt trong mọi trường hợp sẽ đều đóng vai trò trục vít ăn khớp với bánh vít được cắt. Về mặt kết cấu dụng cụ cắt dạng vít phải hoàn toàn giống trục vít sẽ ăn khớp với bánh vít gia công khi làm việc, chỉ có khác là đường kính ngoài của dao lớn hơn đường kính ngoài của trục vít ăn khớp với bánh vít một lượng bằng khe hở hướng kính. Gia công bánh vít được thực hiện trên máy phay lăn răng thông thường hoặc trên máy phay ngang. Hiện nay tồn tại một số phương pháp gia công bánh vít sau :

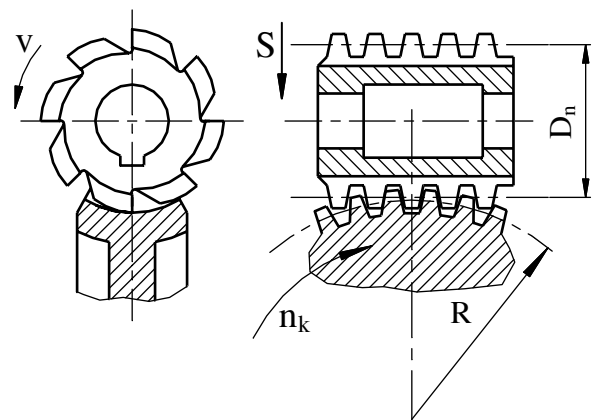
#### a. Gia công bánh vít bằng phay lăn

Khi gia công bánh vít bằng dao phay lăn, có thể có hai phương pháp tiến dao : tiến dao hướng kính và tiến dao tiếp tuyến.

##### 1. Phương pháp tiến dao hướng kính

Khi thực hiện phương pháp này, cần gá đặt sao cho đường kính của dao phay lăn nằm trong mặt phẳng đối xứng của bánh vít. Sơ đồ gia công được trình bày trên hình 3-135.

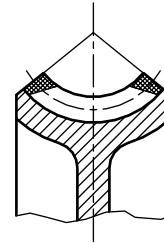
Khi cắt gọt, dao thực hiện chuyển động quay tròn, chi tiết quay tròn, Hai chuyển động này theo một tỉ số truyền xác định. Chuyển động chạy dao hướng kính được dao (hoặc chi tiết) thực hiện cho đến khi dao có vị trí tương ứng vị trí của trục vít ăn khớp với bánh vít. Lượng tiến dao hướng kính  $S = 0,55 - 1\text{mm}$



Hình 3-135. Lăn răng bánh vít bằng phương pháp tiến dao hướng kính.

trong một vòng quay của chi tiết. Sau khi cắt hết chiều sâu răng, chi tiết phải quay thêm 1-2 vòng nữa để nâng cao độ chính xác của răng.

Phương pháp này cho phép đạt năng suất cao vì hành trình tiến dao ngắn, nhưng có nhược điểm là : do góc nghiêng ở đỉnh chi tiết không giống góc xoắn của dao nên sinh ra hiện tượng cắt lẹm (hình 3-136). Do vậy khi góc nâng của trục vít lớn hơn  $6^0$  -  $8^0$  thì không cho phép dùng phương pháp này để gia công lần cuối. Trong thực tế khi không có dao phay lăn bánh vít, có thể dùng dao phay lăn bánh răng để gia công bánh vít. Trong trường hợp đó, bánh vít được gia công sẽ có sai số lớn (dao phay lăn răng có đường kính càng lớn so với trục vít thì sai số gia công càng lớn). Dao phay lăn bánh vít thường có góc hớt lưng bé hơn dao phay lăn bánh răng. Sở dĩ phải làm như vậy để khi mài mặt trước, chiều dày của răng biến đổi chậm, giảm bớt sự phân tán kích thước của loại bánh vít được gia công, nâng cao tính lặp lần của sản phẩm chế tạo ra.



Hình 3-136. Dạng bánh vít bị cắt lẹm khi gia công bằng tiến dao hướng kính.

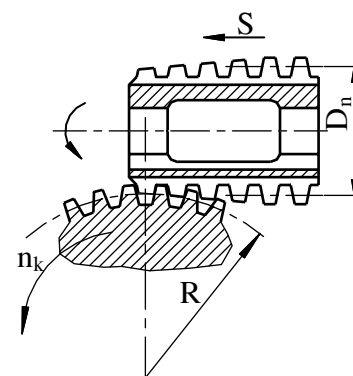
Khi gia công bánh vít bằng phương pháp này, ngoài hiện tượng bị cắt lẹm, do độ nhám bề mặt răng cũng không được cao. Để khắc phục hiện tượng đó, có thể dùng phương pháp tiến dao tiếp tuyến.

## 2. Phương pháp tiến dao tiếp tuyến

Khi gia công bánh vít bằng phương pháp lăn tiến dao theo hướng tiếp tuyến, đường tâm của dao lăn được gá đặt cách đường tâm của chi tiết một khoảng đúng bằng khoảng cách giữa tâm bánh vít và trục vít. Sơ đồ gia công thể hiện trên hình 3-137. Khi cắt, dao quay tròn và tiến thẳng theo hướng tiếp tuyến với vòng lăn của bánh vít, còn chi tiết chỉ thực hiện chuyển động quay bao hình.

Về kết cấu, dao phay lăn gồm hai phần : phần đầu hình côn để sau khi cắt chiều sâu cắt không tăng quá đột ngột, phần sau hình trụ để cắt tinh. Góc côn thường  $10^0$  -  $15^0$ .

Số vòng quay của dao và chi tiết chẳng những phải phù hợp với tỉ số truyền của cặp bánh vít - trục vít yêu cầu, mà chi tiết còn có thêm chuyển động vi sai để bù lại lượng tiến dao theo hướng tiếp tuyến. Phương pháp này để gia công bánh vít có  $m = 3 - 12$  mm. Lượng tiến dao tiếp tuyến  $S = 1,1 - 1,6$  mm trong một vòng quay chi tiết.



Hình 3-137. Lăn răng bánh vít bằng phương pháp tiến dao tiếp tuyến.

Nói chung, phương pháp này có năng suất thấp nhưng cũng hay được dùng trong sản xuất vì dễ điều chỉnh khoảng cách tâm, độ bóng mặt răng cao không có hiện tượng cắt



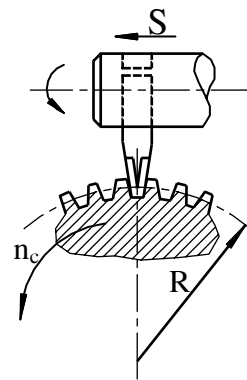
lẹm. Theo phương pháp này có thể cắt bằng hai lần chuyển dao. Lần đầu đảm nhiệm khoảng cách  $6/7$  lượng dư tổng cộng và lần thứ hai cắt đúng kích thước.

### 3. Phương pháp vừa tiến dao hướng kính vừa tiến dao tiếp tuyến

Phương pháp gia công phối hợp cả hai cách tiến dao khác nhau khắc phục được nhược điểm của hai phương pháp trên. Theo phương pháp này, ban đầu cắt thô bằng cách tiến dao hướng kính sẽ đạt được năng suất cao, sau khi đạt được khoảng cách tâm của cặp ăn khớp trục vít - bánh vít, thì bắt đầu tiến dao theo hướng tiếp tuyến để sửa đúng bề mặt gia công. Như vậy chỉ cần dao phay lăn hình trụ, khoảng chạy dao dọc theo hướng tiếp tuyến chỉ cần 1,5 bước là đủ.

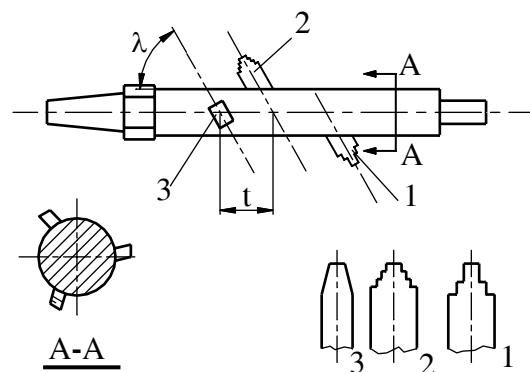
#### b. Gia công bánh vít bằng dao phay

Gia công bánh vít theo phương pháp này được dùng khi không có dao phay lăn chuyên dùng trong điều kiện sản xuất nhỏ. Sơ đồ gia công được thể hiện trên hình 3-138. Lưỡi dao được gắn trên trục dao quay tạo thành dao phay lăn một lưỡi. Biên dạng và kích thước của lưỡi dao phải giống hệt như một lưỡi dao phay lăn tương ứng. Khi cắt dao có chuyển động quay tròn, chi tiết có chuyển động quay tròn. Hai chuyển động quay này phải theo một tỉ số truyền giống như bánh vít gia công xong ăn khớp với trục vít. Để lăn tròn hết sườn răng còn phải có chuyển động chạy dao theo hướng tiếp tuyến (hoặc hướng kính). Ngoài ra chi tiết phải có chuyển động quay thêm tương ứng. Nếu chạy dao theo hướng tiếp tuyến, thì trục dao được gá sao cho đường tâm của nó cách đường tâm của chi tiết một khoảng cách đúng bằng khoảng cách giữa trục vít và bánh vít khi làm việc.



Hình 3-138. Gia công bánh vít bằng dao phay một lưỡi.

Theo phương pháp này, số lưỡi cắt chỉ là 1, nên muốn có độ nhám bề mặt răng thấp, thì lượng chạy dao phải bé vì vậy năng suất gia công thấp. Để nâng cao năng suất và độ bóng bề mặt răng, có thể lắp hai hoặc ba dao trên một trục dao. Các dao này được lắp trên cùng một đường xoắn bằng đường xoắn của trục vít ăn khớp với bánh vít cần gia công ( $\lambda$ ) (hình 3-139). Các dao trước cắt thô, dao sau cùng cắt tinh. Các dao trước có thể làm thành bậc thang không cần có biên dạng chính xác.



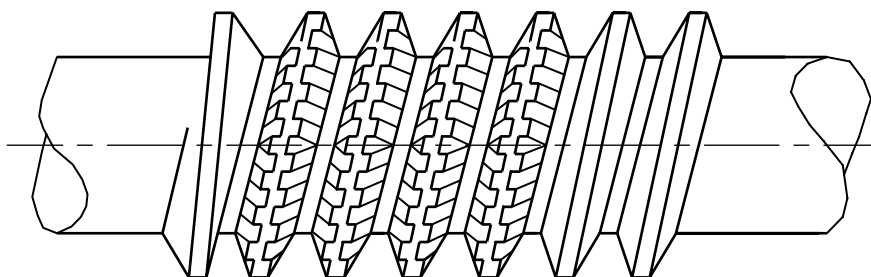
Hình 3-139. Sơ đồ trục dao và các lưỡi cắt của từng dao khi gia công bánh vít bằng dao phay với ba lưỡi cắt.



*c. Gia công tinh bánh vít*

Để gia công tinh bánh vít, có thể dùng phương pháp cà. Dao cà có dạng trục vít và trên mặt xoắn vít có nhiều rãnh bé (hình 3-140).

Nhờ những rãnh này mà hình thành các lưỡi cắt với mặt trước cà mặt sau. Dạng của lưỡi cắt có góc sau  $\alpha = 0^\circ$ , chiều rộng mặt sau 0,2 - 0,5mm, góc trước  $\gamma = 6^\circ - 7^\circ$ . Khi mài dao cà không được mài mặt trước mà mài mặt sau vì mặt ấy mới đại diện cho mặt xoắn làm việc của trục vít và nó có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của bánh vít được gia công. Khi mài dao cà này phải mài trong cùng một điều kiện (cùng một lần điều chỉnh máy) với trục vít sẽ ăn khớp với bánh vít được gia công, có như vậy mới đảm bảo độ chính xác của bộ truyền. Lượng dư để cho cà bánh vít thường vào khoảng 0,15 mm - 0,25mm.



Hình 3-140. Dạng dao dùng để cà bánh răng.

Có hai cách cà : cà cưỡng bức và cà tự do. Cả hai cách đều có thể thực hiện trên máy lăn răng.

Cà tự do là phương pháp cà khi giữa dao và chi tiết gia công không có xích truyền động cưỡng bức. Chi tiết có thể quay tự do theo chuyển động quay của dao. Với cách cà như vậy, độ chính xác của chi tiết gia công chỉ phụ thuộc vào độ chính xác của dao và một phần phụ thuộc vào độ chính xác chi tiết trước khi cà. Phương pháp này có thể nâng cao độ bóng, độ chính xác biên dạng và giảm bớt sai số bước răng.

Cà cưỡng bức là phương pháp cà khi chi tiết không được quay tự do mà giữa sự quay của dao và chi tiết gia công bị chi phối bởi xích truyền động cưỡng bức. Như vậy độ chính xác của chi tiết gia công phụ thuộc vào độ chính xác của xích nói trên.

Ngoài phương pháp cà để gia công tinh bánh vít, những năm gần đây còn phát triển phương pháp mài cà còn gọi là mài khôn bánh vít.

Theo phương pháp này, dụng cụ là đá mài có dạng trục vít sẽ ăn khớp với bánh vít gia công. Khi gia công các chuyển động của đá mài và chi tiết giống như khi cà. Theo phương pháp này, năng suất và chất lượng đều tốt.

### **3.5.6. Kiểm tra bánh răng**

Tùy theo điều kiện sử dụng và nhiệm vụ chính của bánh răng khi làm việc, người ta có thể kiểm tra bánh răng theo các yêu cầu sau đây :

*a. Độ chính xác động học*

Độ chính xác học được kiểm tra khi bánh răng có yêu cầu truyền động chính xác như các bánh răng trong máy đo, máy gia công chính xác, đầu phân độ.

Độ chính xác động học bao gồm các chỉ tiêu sau đây :

- Sai số động học.
- Sai số tích lũy bước vòng.
- Độ đảo vòng chia.
- Sai lệch chiều dài khoảng pháp tuyến chung.
- Sai lệch khoảng cách tâm khi bánh răng quay một vòng.

*b. Độ ổn khi làm việc*

Độ ổn định khi làm việc được kiểm tra khi bánh răng làm việc ở tốc độ cao và nó bao gồm các chỉ tiêu sau đây :

- Sai số chu kì.
- Sai số bước cơ sở.
- Sai số bước vòng.
- Sai số prôfin.
- Sai lệch khoảng cách tâm khi quay đi một răng.

*c. Độ chính xác tiếp xúc*

Độ chính xác tiếp xúc được kiểm tra khi bánh răng làm việc với trọng tải lớn. Nó bao gồm chỉ tiêu sau đây :

- Diện tích tiếp xúc.
- Sai lệch phương của răng.

*d. Khe hở mặt bên*

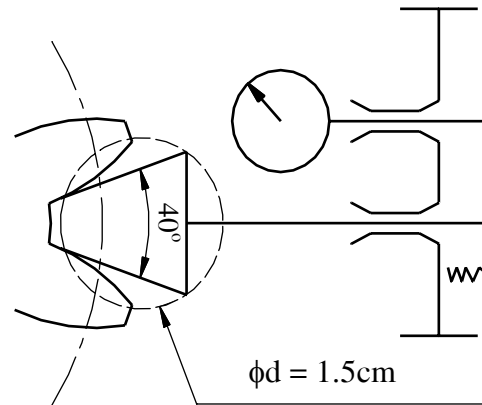
Khe hở mặt bên được kiểm tra khi bánh răng làm việc cả hai chiều.

Như vậy, chúng ta thấy rất có nhiều chỉ tiêu của bánh răng cần phải kiểm tra. Sau đây chúng ta chỉ nghiên cứu một số phương pháp kiểm tra chỉ tiêu cơ bản của bánh răng trụ.

### 1. Kiểm tra độ đảo vòng chia

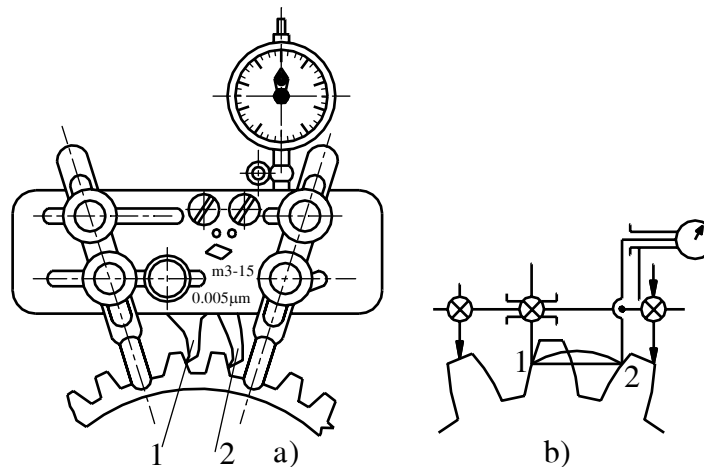
Để kiểm tra thông số này, người ta dùng đồng hồ so và con lăn hình côn (hình 3-141)

Con lăn có góc côn  $40^\circ$ , đường kính ở đỉnh của hình côn thường lấy bằng 1,5 môđun của bánh răng. Con lăn được thả cho tiếp xúc với hai mặt răng, lúc đó kim đồng hồ chỉ một giá trị. Nếu ta lần lượt cho con lăn tiếp xúc với tất cả các rãnh răng, ta sẽ thấy đồng hồ chỉ một giá trị lớn nhất và nhỏ nhất (hiệu của chúng chính là độ đảo vòng chia).



Hình 3-141. Kiểm tra độ đảo vòng chia.

Khi kiểm tra, dụng cụ có hai chân tì lên hai đầu răng (cùng phía) gần đường kính chia. Đồng hồ so chỉ các giá trị khác nhau khi ta kiểm tra các bước khác nhau. Sai số các vòng là hiệu giữa hai bước nào đó trên một đường tròn của bánh răng.



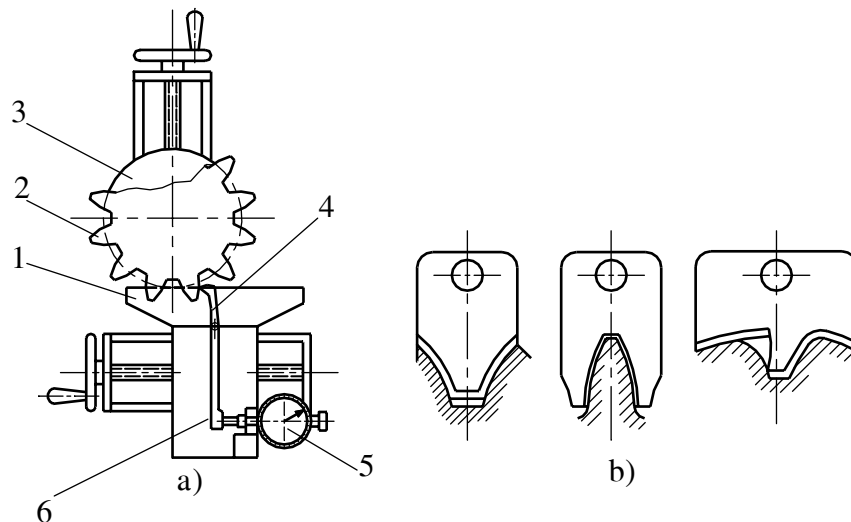
Hình 3-142. Sơ đồ kiểm tra bước vòng.  
a. Dụng cụ đo bước vòng. b. Sơ đồ kiểm tra.

### 2. Kiểm tra sai lệch pôfin

Sai lệch pôfin răng được kiểm tra bằng máy chuyên dùng MN3 (hình 3-143).

Bánh răng kiểm tra 2 lắp cứng trên đĩa 3 (đĩa 3 có đường kính bằng đường kính cơ sở của bánh răng). Thước 1 tiếp xúc với đĩa 3, đầu đo tiếp xúc với pôfin. Khi ta quay bánh răng 2, nếu pôfin răng có sai số thì đầu đo 4 (có đầu 6 tì vào đầu đo của đồng hồ 5) sẽ làm cho kim của đồng hồ dịch chuyển. Nếu pôfin không có sai số, kim đồng hồ đứng tại chỗ.

Ngoài máy đo pôfin chuyên dùng, trong thực tế người ta còn dùng các dụng cụ để xác định sai số pôfin (hình 3-143b).

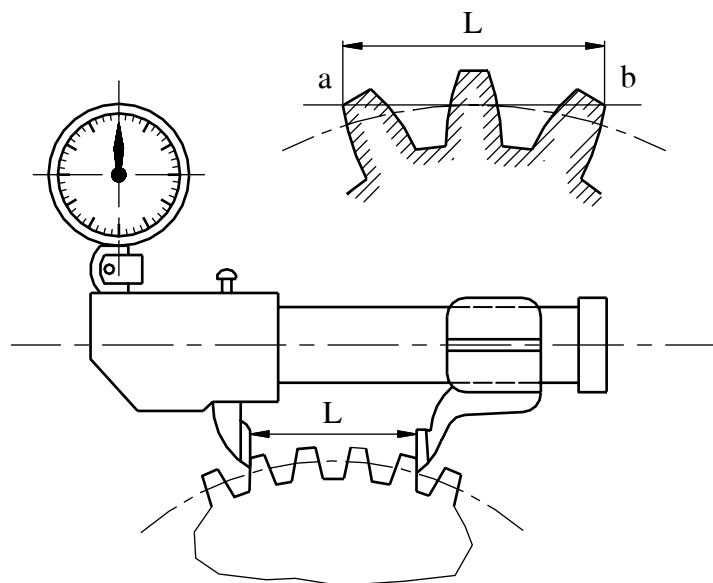


Hình 3-143. Kiểm tra sai lệch pôfin.

### 3. Kiểm tra sai lệch khoảng pháp tuyến chung

Chiều dài khoảng pháp tuyến chung  $L$  là khoảng cách giữa hai điểm  $a - b$  trên hai mặt pôfin khác nhau.

Trên hình 3-144 là một loại thước đo khoảng cách các pháp tuyến chung (chiều dài  $L$ ). Sai lệch khoảng pháp tuyến cho phép đánh giá sai số động học của bánh răng.



Hình 3-144. Kiểm tra sai lệch khoảng pháp tuyến chung.

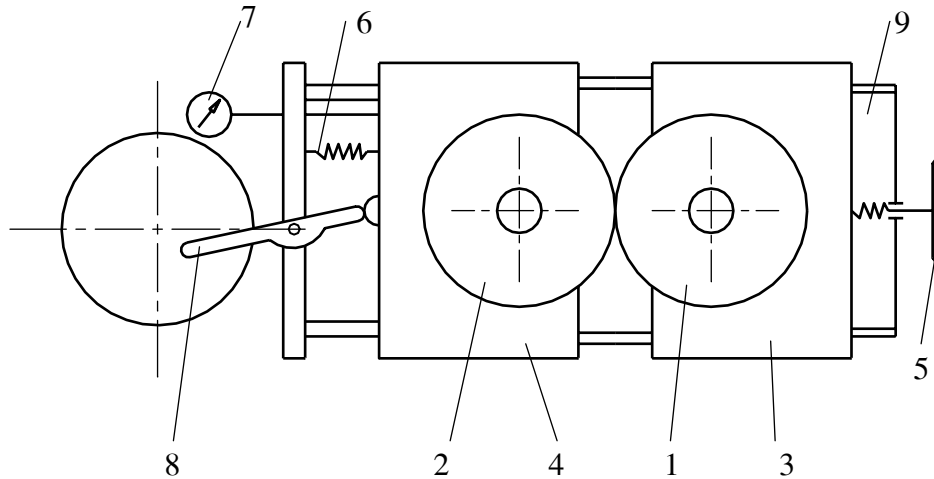
### 4. Kiểm tra vết tiếp xúc

Vết tiếp xúc có thể kiểm tra sau khi các bánh răng ăn khớp với nhau đã lắp vào vị trí hoặc trên máy chạy rà (hình 4-31).

### 5. Kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên

Phương pháp kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên phản ánh các sai số theo phương hướng kính sau một vòng quay hay sau một răng như : sai số pôfin, độ đảo vành răng, sai số bề dày của răng ... Trong sản xuất lớn, đó là một phương pháp kiểm tra không thể thiếu được.

Hình 3-145 là sơ đồ nguyên lý của máy kiểm tra theo phương pháp. Ở đây bánh răng cần kiểm tra 1 và bánh mẫu 2 được lắp trên hai bên trượt 3 và 4. Bàn trượt 3 có thể di trượt khi quay vít 5, còn bàn trượt 4 bị lò xo luôn luôn ép cho bánh răng ăn khớp với bánh



Hình 3-145. Sơ đồ kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên.

răng 1.

Trong quá trình ăn khớp nếu bánh răng 1 có sai số, bàn trượt 4 sẽ dịch chuyển theo phương hướng kính. Lượng dịch chuyển đó được chỉ thị trên đồng hồ 7 hoặc được ghi thành đồ thị nhờ cơ cấu 8. Trong quá trình kiểm tra, bàn trượt 3 cố định, nó chỉ di chuyển khi cần thay đổi khoảng cách tâm giữa hai trục gá để kiểm tra các bánh răng có kích thước khác nhau. Kết quả kiểm tra theo phương pháp này cho phép ta đánh giá các chỉ tiêu sau đây :

- Dao động khoảng cách tâm khi quay một vòng dùng để đánh giá chỉ tiêu học.
- Dao động khoảng cách tâm quay 1 răng dùng để đánh giá độ ổn định khi làm việc do sai số bậc cơ sở, sai số prôfin gây ra.

#### 6. Kiểm tra sai số tích lũy bước vòng

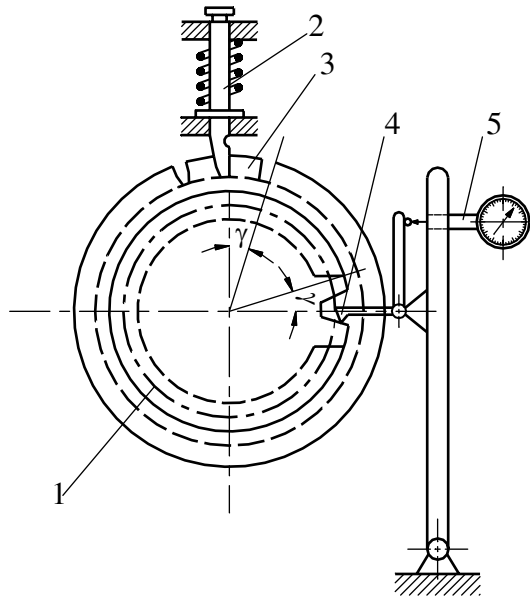
Sai số tích lũy bước vòng là sai số lớn nhất về sự phân bố của hai prôfin răng cùng phía trên một đường tròn của bánh răng.

Sai số tích lũy bước vòng được xác định bằng các dụng cụ đo chuyên dùng. Hình 3-146 là sơ đồ kiểm tra đơn giản nhất.

Máy đo bao gồm một đĩa chia 3, chốt định vị 2. Chi tiết kiểm tra 1 được lắp cứng trên trục của đĩa chia 3. Mỏ đo 4 tì vào đầu đo 5 của đồng hồ so. Ở vị trí như trên sơ đồ, ta điều chỉnh cho kim đồng hồ có chỉ số 0. Sau đó ta rút chốt định vị 2, dùng tay quay đĩa chia 3 và chi tiết 1 đi một góc  $\gamma = \frac{2\pi}{Z}$  lúc đó mỏ đo 4 vào prôfin của răng bên cạnh.

Làm như vậy đối với tất cả các răng, ta sẽ có nhiều giá trị khác nhau của đồng hồ so.

Sai số tích lũy bước vòng là hiệu đại số giữa hai giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của chỉ số đồng hồ.



Hình 3-146. Kiểm tra sai số tích lũy bước vòng.