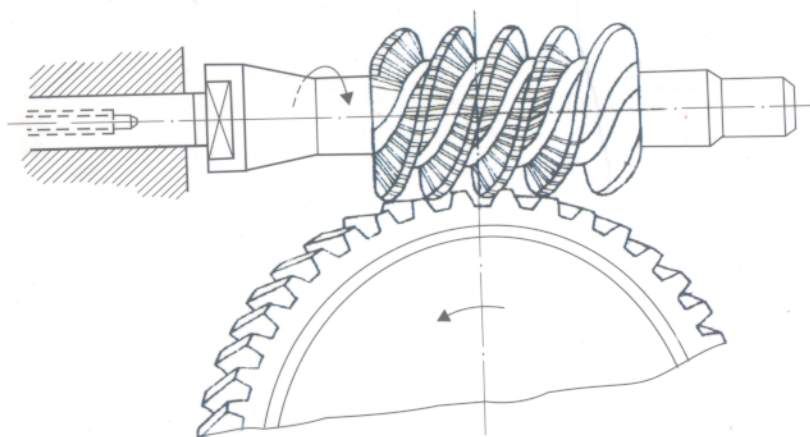


GS.TS. TRẦN VĂN ĐỊCH

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

GS. TS TRẦN VĂN DỊCH

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG

(Dùng cho giảng dạy, nghiên cứu và sản xuất)

IN LẦN THỨ HAI



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Phát triển công nghiệp chế tạo máy là cơ sở để phát triển mọi ngành công nghiệp khác. Trong chế tạo máy, truyền động bánh răng chiếm một vị trí rất quan trọng, chúng là những cơ cấu đóng vai trò chủ yếu trong hầu hết các máy, có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng làm việc, an toàn và tuổi thọ của máy.

Gia công bánh răng là một lĩnh vực cắt kim loại phức tạp nhất. Có lẽ, không một ngành nghề nào lại đòi hỏi ở người thợ những kiến thức sâu, rộng và khả năng sáng tạo như ở thợ gia công bánh răng. Thợ gia công bánh răng cần phải hiểu biết sâu sắc lý thuyết ăn khớp bánh răng, có khả năng tính toán các thông số hình học của bánh răng, phân tích sơ đồ động của máy cắt răng và tính toán các thông số điều chỉnh máy.

Nâng cao năng suất và hiệu quả kinh tế gia công bánh răng phụ thuộc rất nhiều vào sự hiểu biết sâu sắc các phương pháp cắt răng tiên tiến nhằm giảm khối lượng lao động và giá thành sản phẩm. Chính vì vậy mà thợ gia công bánh răng phải không ngừng nâng cao kiến thức chuyên môn của mình.

Hiện nay ở Việt Nam rất thiếu tài liệu về chế tạo bánh răng, nhiều nhà nghiên cứu và sản xuất khi có nhu cầu phải đi tìm tài liệu nước ngoài. Tuy nhiên tài liệu nước ngoài cũng không có sẵn, và lại cũng còn nhiều người gặp khó khăn khi dùng các tài liệu đó.

*Để đáp ứng nhu cầu của các nhà nghiên cứu và sản xuất bánh răng, chúng tôi biên soạn cuốn "**Công nghệ chế tạo bánh răng**" với nội dung bao gồm những vấn đề như: khái niệm về các loại bánh răng, các phương pháp gia công bánh răng trụ, bánh răng côn và bánh vít trên các loại máy của các nước có nền công nghiệp tiên tiến trên thế giới như Nga, Đức, Ý, Anh, Mỹ... Ngoài ra cuốn sách còn đề cập đến vấn đề tự động hoá quá trình chế tạo bánh răng và các phương pháp nhiệt luyện bánh răng.*

Do biên soạn lần đầu, cuốn sách chắc chắn còn có những thiếu sót.

Chúng tôi mong nhận được và trân trọng cảm ơn những ý kiến đóng góp của bạn đọc và đồng nghiệp để lần tái bản sau, nội dung của cuốn sách được hoàn chỉnh hơn.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn "Công nghệ chế tạo máy" trường Đại học Bách khoa Hà Nội hoặc Ban biên tập Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật", 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Tác giả

PHẦN I

NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG VÀ BÁNH VÍT

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG VÀ BÁNH VÍT

1.1. PHÂN LOẠI VÀ CÔNG CỤ CỦA TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

Truyền động bánh răng được sử dụng trong nhiều loại máy và cơ cấu khác nhau để truyền chuyển động quay từ trục này sang trục khác và để biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến hoặc ngược lại.

Truyền động bánh răng được dùng rất rộng rãi bởi vì chúng có những ưu điểm như khả năng truyền lực lớn, đảm bảo tỷ số truyền ổn định, hệ số có ích lớn và truyền động êm.

Truyền động bánh răng là những cơ cấu quan trọng trong ô tô, máy kéo, động cơ đốt trong, máy công cụ, máy nông nghiệp, máy cần cẩu và nhiều loại thiết bị khác.

Phạm vi tốc độ và truyền lực của truyền động bánh răng rất lớn.

Các hộp giảm tốc bánh răng có khả năng truyền công suất tới hàng chục nghìn kW. Tốc độ vòng của bánh răng trong các cơ cấu truyền chuyển động tốc độ cao có thể đạt tới 150m/s. Các bánh răng truyền chuyển động quay được gọi là bánh răng chủ động, còn bánh răng nhận chuyển động quay được gọi là bánh răng động (hay bị động). Trong bị truyền còn có khái niệm bánh răng nhỏ (có đường kính hoặc số răng nhỏ) và bánh răng lớn (có đường kính hoặc số răng lớn).

Sử dụng bánh răng có thể truyền được chuyển động quay giữa các trục song song với nhau, chéo nhau hoặc vuông góc với nhau.

Tùy thuộc vào vị trí tương quan của các trục mà người ta phân biệt: truyền động bằng bánh răng trụ, truyền động bằng bánh răng côn, truyền động bằng bánh xoắn ốc, truyền động bằng bánh vít và truyền động bằng thanh răng.

1.1.1. Truyền động bằng bánh răng trụ

Truyền động bằng bánh răng trụ (hình 1.1) được dùng để quay các trục song song với nhau. Trong trường hợp này truyền động được thực hiện bằng các bánh răng trụ có các răng thẳng (hình 1.1a), răng nghiêng (hình 1.1b) và răng hình chữ V (hình 1.1c).

Bánh răng nghiêng có hai loại: nghiêng trái và nghiêng phải và trong một cặp ăn khớp các hướng nghiêng của chúng ngược nhau. Răng nghiêng cho phép nâng cao độ êm dịu khi làm việc và tăng lực truyền tải. Nhược điểm của bánh răng nghiêng là xuất hiện lực dọc trục khi truyền động.

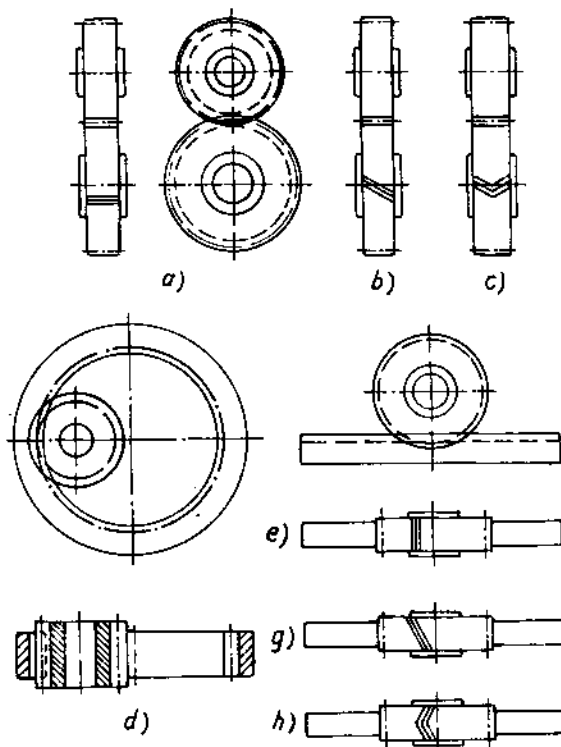
Bánh răng hình chữ V giữ được những ưu điểm của bánh răng nghiêng và còn triệt tiêu được lực dọc trục vì có các hướng răng ngược chiều nhau trên từng bánh răng.

Truyền động bằng bánh răng trụ được thực hiện không chỉ bằng ăn khớp ngoài mà còn bằng ăn khớp trong (hình 1.1d). Truyền động ăn khớp trong có độ êm dịu và tuổi thọ cao hơn so với truyền động ăn khớp ngoài.

Cả hai bánh răng truyền động ăn khớp trong có cùng một chiều quay như nhau.

1.1.2. Truyền động bằng thanh răng

Truyền động bằng thanh răng (hình 1.1e) là một trường hợp đặc biệt của truyền động bằng bánh răng trụ. Khi tăng đường kính của một bánh

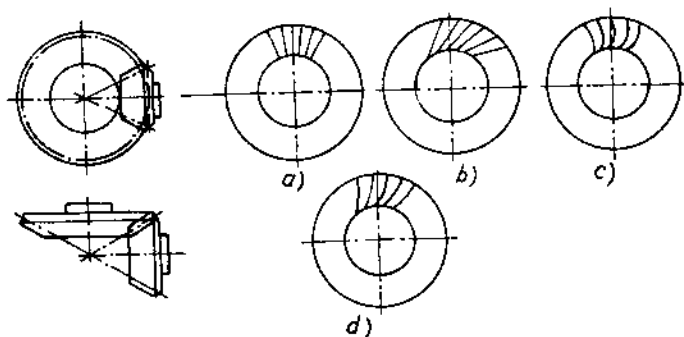


Hình 1.1. Truyền động bằng bánh răng trụ
 a, b, c - ăn khớp ngoài; d - ăn khớp trong;
 e, f, g, h - truyền động bánh răng - thanh răng.

răng nào đó lên vô cùng thì nó sẽ trở thành thanh răng. Bánh răng và thanh răng của loại truyền động này cũng có răng thẳng (hình 1.1f), răng nghiêng (h 1.1g) và răng hình chữ V (hình 1.1h).

1.1.3. Truyền động bằng bánh răng côn

Truyền động bằng bánh răng côn được sử dụng để truyền chuyển động quay giữa các trục nằm trong cùng một mặt phẳng nhưng có đường tâm chéo nhau (hình 1.2).

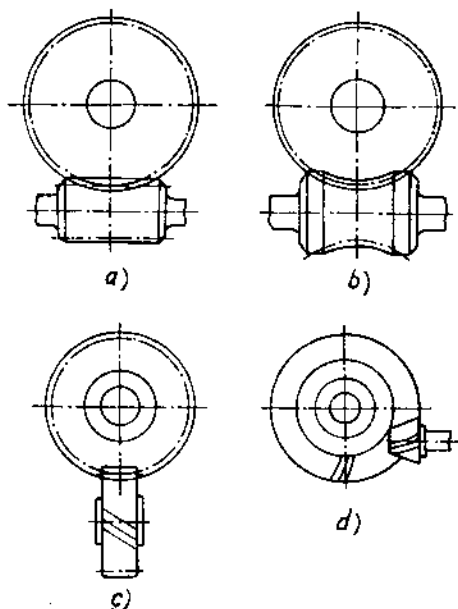


Hình 1.2. truyền động bằng bánh răng côn
a- răng thẳng, b- răng nghiêng, c, d - răng cong.

Bánh răng côn có các loại: răng thẳng (hình 1.2a), răng nghiêng (hình 1.2b) và răng cong (hình 1.2c, d). Tùy thuộc vào hình dáng đường cong được chọn làm đường sinh cạnh của răng mà người ta phân biệt: răng cong có góc nghiêng bằng 0 (hình 1.2c) và răng cong có góc nghiêng lớn hơn 0 (hình 1.2d).

1.1.4 Truyền động bằng bánh vít

Truyền động bằng bánh vít (hình 1.3) được dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục vuông góc với nhau. Tùy thuộc vào hình dáng của trục vít mà người ta phân biệt: truyền động bánh vít với trục vít hình trụ (hình 1.3a) và với trục vít lõm (hình 1.3b). Truyền động bằng trục vít đảm bảo được công suất



Hình 1.3. Truyền động bằng trục vít
a- trục vít hình trụ; b- trục vít lõm;
c- truyền động xoắn ốc bằng bánh răng trụ;
d- truyền động xoắn ốc bằng bánh răng côn (truyền động hypoid).

truyền lớn, độ chính xác cao và độ êm dịu khi dịch chuyển.

1.1.5. Truyền động xoắn vít

Truyền động xoắn vít bằng bánh răng trụ (hình 1.3c) cũng được dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục vuông góc với nhau.

Các bánh răng riêng lẻ của truyền động xoắn vít không có gì khác so với các bánh răng trong truyền động bằng bánh răng trụ có cùng kích thước. Tuy nhiên, phương của răng của cả hai bánh răng trong truyền động vít (xoắn ốc) là giống nhau (phương của răng của cả hai bánh răng trong truyền động bằng bánh răng trụ không giống nhau). Truyền động xoắn vít bằng bánh răng trụ đơn giản và rẻ tiền hơn truyền động bằng trục vít, nhưng nó có nhược điểm là khả năng truyền lực thấp. Vì vậy, nó ít được dùng trong các cơ cấu truyền lực.

Truyền động hypoid (hình 1.3d) được dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục vuông góc với nhau trong các loại xe ô tô và các cơ cấu truyền động có tải trọng lớn.

1.1.6. Các dạng truyền động bánh răng theo công dụng

Tùy theo công dụng mà truyền động bánh răng được chia ra: truyền động lực, truyền động tốc độ, truyền động số và truyền động có công dụng chung.

a. *Truyền động lực.* Truyền động lực được dùng để truyền tải lực lớn khi sử dụng số vòng quay nhỏ. Đó là các truyền động bánh răng trong các máy cán, máy nâng chuyển, các loại ô tô tải và các loại máy kéo v.v...

b. *Truyền động tốc độ.* Truyền động tốc độ có tốc độ vòng rất lớn (tới 150 m/giây). Các loại truyền động này được dùng trong các loại máy bay, các hộp giảm tốc tuabin và các loại cơ cấu tương tự khác.

c. *Truyền động số.* Truyền động số đảm bảo chính xác góc quay của các bánh răng chủ động và thụ động. Đó là các truyền động của xích động học trong các máy cắt răng, các cơ cấu tính toán v.v...

d. *Truyền động có công dụng chung.* Truyền động có công dụng chung làm việc ở tải trọng thấp và tốc độ vòng khoảng 10 m/giây. Dạng truyền động bánh răng này được dùng rộng rãi trong ngành chế tạo máy.

Tùy theo tốc độ vòng V mà truyền động bánh răng được chia ra:

Truyền động rất chậm:	≤ 5 m/giây
Truyền động chậm	0,5-3 m/giây
Truyền động trung bình	3-15 m/giây
Truyền động tốc độ	> 15 m/giây

1.1.7. Đặc tính của truyền động bánh răng

Đặc tính cơ bản của truyền động bánh răng là tỷ số truyền i . Tỷ số truyền i cho biết tương quan của tốc độ góc của các bánh răng chủ động và thụ động.

Tỷ số truyền i được xác định theo công thức:

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (1.1)$$

ở đây: ω_1, ω_2 - tốc độ góc của các bánh răng chủ động và bị động (radian/giây)

Radian là góc tâm của đường tròn tựa trên dây cung có chiều dài bằng chiều dài của bán kính đường tròn này ($1 \text{ radian} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ 17' 46''$).

Tốc độ góc ω và số vòng quay của bánh răng n (vòng/ phút) có quan hệ sau:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ radian/giây} \quad (1.2)$$

ở đây: $\pi = 3,1416$, do đó:

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad (1.3)$$

ở đây: n_1, n_2 - số vòng quay của các bánh răng chủ động và bị động.

Tỷ số truyền của cặp bánh răng ăn khớp được xác định như sau:

Ký hiệu số răng của bánh chủ động (z_1) và bánh bị động (z_2), còn đường kính chia (có thể trùng với đường kính khởi xuất) của bánh răng chủ động là d_1 và bánh răng thụ động d_2 . Các số vòng quay của các bánh răng này là n_1 và n_2 . Vì các đường tròn khởi xuất ăn khớp với nhau không có trượt cho nên các điểm nằm trên các đường tròn khởi xuất đều chuyển động với tốc độ như nhau:

$$\pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 \quad (1.4)$$

vì $d_1 = mz_1$ và $d_2 = mz_2$ (m là môđun của bánh răng) cho nên có thể chia hai vế của đẳng thức (1.4) cho πm và sẽ được:

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2 \quad (1.5)$$

hoặc
$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1.6)$$

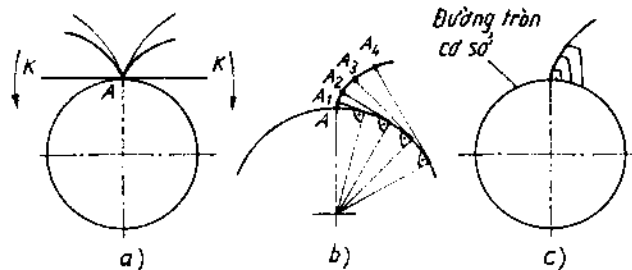
Từ đó có thể thấy tỷ số truyền i của cặp bánh răng ăn khớp bằng tỷ số răng của bánh chủ động (z_1) và bánh răng thụ động (z_2):

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad (1.7)$$

1.2. THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA BÁNH RĂNG

Đường thân khai được gọi là đường cong do điểm A nằm trên đường thẳng KK tiếp tuyến với đường tròn tạo nên (hình 1.4).

Đường tiếp tuyến dùng để xây dựng đường thân khai được gọi là đường thẳng det sinh. Đường tròn khi triển khai tạo thành đường thân khai được gọi là đường tròn cơ sở. Các điểm A_1, A_2, A_3 v.v... là các vị trí



Hình 1.4. Sự hình thành đường thân khai (a, b) và vị trí của các răng trên cùng một đường thân khai (c)

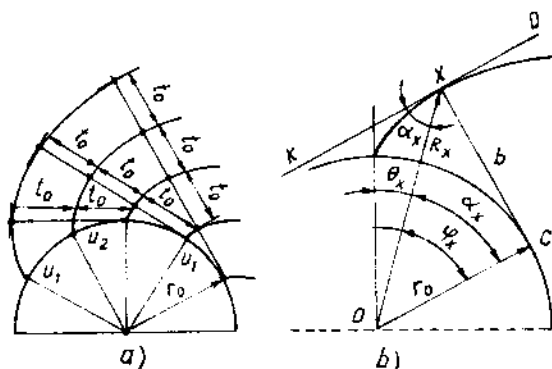
tiếp theo của điểm A trên đường thẳng det sinh khi nó chuyển động bao hình theo đường tròn cơ sở (hình 1.4b). Trên đường tròn cơ sở (có đường kính xác định) có thể xây dựng nhiều đường thân khai như nhau. Hình dạng của các đường thân khai chỉ phụ thuộc vào đường kính của đường tròn cơ sở. Cùng một đường thân khai có thể là mặt bên của răng lớn hoặc răng nhỏ (hình 1.4c).

Hình 1.5 là nhiều đường thân khai được xây dựng trên cùng một đường tròn cơ sở có bán kính r_o .

Khoảng cách giữa hai đường thân khai kề nhau được đo dọc theo đường thẳng det sinh luôn luôn cố định. Nó bằng chiều dài cung của đường tròn cơ sở nằm giữa các điểm khởi suất ($U_1, U_2 \dots U_i$) và được gọi

là bước cơ sở t_0 .

Bán kính cung thân khai là một đại lượng thay đổi bởi vì tại một điểm bất kỳ của đường thân khai, ví dụ, tại điểm x (hình 1.5b), bán kính cung thân khai bằng chiều dài của đường thẳng dẹt sinh b, có nghĩa là đoạn thẳng từ điểm C tiếp tuyến với đường tròn cơ sở tới điểm cho trước x.



Hình 1.5. Nhiều đường thân khai của một đường tròn cơ sở (a) và thông số hình học của đường thân khai (b).

Chiều dài của đường thẳng dẹt sinh xc là cạnh góc vuông của tam giác vuông xoc và bằng:

$$b = \sqrt{R_x^2 - r_0^2} \quad (1.8)$$

ở đây: R_x - chiều dài của bán kính - vectơ (chiều dài đoạn thẳng nối tâm O của đường tròn cơ sở với điểm x trên đường thân khai);

r_0 - bán kính của đường tròn cơ sở.

Chiều dài xc là đường triển khai dây cung của đường tròn cơ sở nằm bao các góc θ_x và α_x (giá trị của các góc theo radian) được xác định theo công thức:

$$b = r_0 (\theta_x + \alpha_x) \quad (1.9)$$

Góc tâm φ_x bằng tổng các góc θ_x và α_x được gọi là góc triển khai của điểm x trên đường thân khai. Đây là góc quay của đường dẹt sinh cx để có đoạn thẳng thân khai tới điểm x.

Chiều dài đoạn thẳng của đường thẳng dẹt sinh b cũng được xác định theo công thức:

$$b = r_0 \operatorname{tg} \alpha_x \quad (1.10)$$

Như vậy: $r_0(\theta_x + \alpha_x) = r_0 \operatorname{tg} \alpha_x$, do đó: $\theta_x + \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha_x$ hay $\theta_x = \operatorname{tg} \alpha_x - \alpha_x$, có nghĩa là góc tâm θ_x bao phần thân khai từ điểm đầu tới điểm dẹt sinh x, được xác định bằng hiệu giữa $\operatorname{tg} \alpha_x$ và góc α_x (theo radian).

Góc α_x giữa bán kính - vectơ R_x của điểm quan sát và tiếp tuyến với đường thân khai KD được vẽ qua điểm này gọi là góc áp lực. Nó bằng góc được tạo thành giữa bán kính - vectơ và bán kính của đường tròn cơ sở vuông góc với đường thẳng dẹt sinh.

Góc θ_x là hàm số của góc α_x . Hàm số này được ký hiệu là $\text{inv}\alpha_x$ và được gọi là hàm số thân khai, có nghĩa là:

$$\theta = \text{inv}\alpha_x = \text{tg}\alpha_x - \alpha_x \quad (1.11)$$

Vì $b = r_o \cdot \varphi_x = r_o \cdot \text{tg}\alpha_x$, cho nên:

$$\varphi_x = \text{tg}\alpha_x \quad (1.12)$$

Ngoài ra, bán kính - vectơ R_x là cạnh huyền của tam giác vuông oxc và bằng:

$$R_x = \frac{r_o}{\cos\alpha_x} \quad (1.13)$$

Dạng thức này cho thấy hình dạng của đường thân khai phụ thuộc vào bán kính của đường tròn cơ sở. Khi bán kính của đường tròn cơ sở nhỏ thì đường thân khai có độ cong lớn, còn khi bán kính của đường tròn cơ sở tăng lên vô cùng thì đường thân khai trở thành đường thẳng. Khi r_o (bán kính của đường tròn cơ sở) bằng vô cùng thì bánh răng trụ trở thành thanh răng có các cạnh răng là đường thẳng. Điều này cho phép xác định hình dạng và kích thước của bánh răng và của dụng cụ cắt khi gia công bằng phương pháp bao hình theo biên dạng (contour) của thanh răng.

Ấn khớp thân khai có những ưu điểm sau đây:

1. Răng của ấn khớp thân khai được chế tạo đơn giản bằng phương pháp bao hình, bởi vì toàn bộ prophin (biên dạng) răng được hình thành bằng một đường cong.

a. Ấn khớp thân khai (ấn khớp răng thân khai) làm việc chính xác khi thay đổi khoảng cách tâm (vẫn giữ được tỷ số truyền) do đó có thể giảm giá thành khi chế tạo và lắp ráp các chi tiết dạng hộp.

3. Khi ấn khớp thân khai, hình dạng của răng của một bánh răng nào đó không phụ thuộc vào bán kính đường tròn cơ sở của bánh răng ấn khớp với nó, vì vậy mỗi một bánh răng có thể ấn khớp với nhiều bánh răng có đường kính khác nhau, do đó có thể đơn giản hoá vấn đề kết cấu và lắp lẫn.

4. Khi bán kính của đường tròn cơ sở lớn vô cùng thì đường thân khai trở thành đường thẳng, do đó bánh răng có đường kính lớn vô cùng sẽ trở thành thanh răng có prophin răng là đường thẳng.

Tính chất này của đường thân khai có ý nghĩa quan trọng trong thiết kế và chế tạo dụng cụ cắt răng cũng như trong chế tạo bánh răng.

5. Ăn khớp thân khai cho phép cắt bánh răng hiệu chỉnh, có nghĩa là sửa răng mà không cần sử dụng dao chuyên dùng (do dịch chuyển dao tiêu chuẩn).

Gần đây trong nhiều máy hạng nặng đã được sử dụng bộ truyền ăn khớp Nôvikov. Bánh răng ăn khớp Novikov có khả năng tải trọng lớn và độ chống mòn cao hơn bánh răng ăn khớp thân khai. Vì trong ăn khớp Nôvikov không có sự lăn theo chiều cao, cho nên các bánh răng này chỉ có dạng răng nghiêng. Hình 1.6 là mặt cắt ngang của các răng ăn khớp Nôvikov. Phần làm việc của prophin răng được chế tạo theo các cung tròn và prophin răng lõm có bán kính lớn hơn prophin răng lồi. Nhờ đó mà tạo được điểm tiếp xúc đầu tiên giữa các prophin cho nên độ chính xác chế tạo các bánh răng không cần cao lắm.

Trong quá trình làm việc của bộ truyền, điểm tiếp xúc của các răng dịch chuyển theo đường thẳng song song với các trục quay của các bánh răng. Đường thẳng này là đường ăn khớp. Khoảng cách l từ cực (gốc) ăn khớp p tới đường ăn khớp K được gọi là "dịch chỉnh".

Khi tăng "dịch chỉnh" thì tốc độ trượt của các bề mặt răng tăng lên. Sau khi chạy ra rất nhanh, các răng ăn khớp với nhau trên toàn bộ chiều cao của prophin răng, do đó ăn khớp điểm trở thành ăn khớp đường thẳng.

Đường tiếp xúc trong ăn khớp Nôvikov khác đường ăn khớp thân khai ở chỗ, nó không nằm theo chiều dài răng mà theo chiều cao và tạo thành góc 90° với phương của răng.

Sau khi chất tải cho bộ truyền ăn khớp, nhờ biến dạng đàn hồi trên bề mặt răng mà đường tiếp xúc trở thành vết tiếp xúc. Khi các răng lăn trên nhau theo phương chiều dài của chúng thì vết tiếp xúc cũng dịch chuyển dọc theo các răng.

Tuỳ thuộc vào vị trí của đường ăn khớp đối với đường thẳng nối các

tâm của bánh răng mà bánh răng Nôvikov được chế tạo theo 3 phương án sau đây:

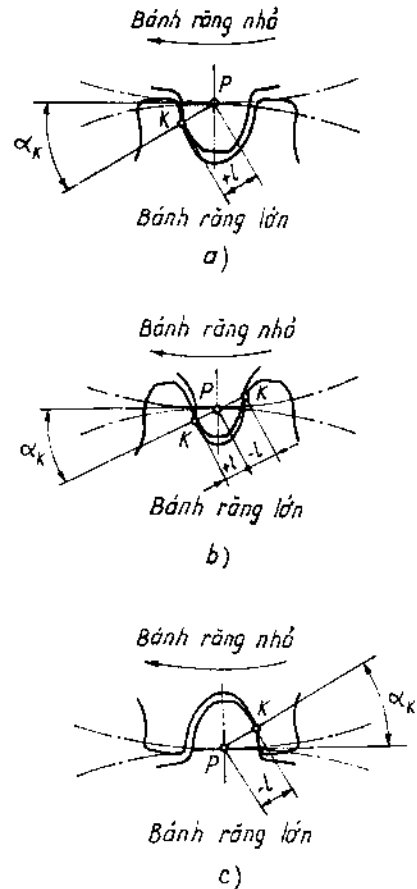
a. Bánh răng nhỏ có răng lồi, còn bánh răng lớn có răng lõm; đường ăn khớp nằm ở sau tâm cực theo phương chuyển động của răng; lượng dịch chỉnh l dương (hình 1.6a). Kiểu ăn khớp như vậy được gọi là ăn khớp sau tâm cực.

b. Đầu răng của các bánh răng nhỏ và bánh răng lớn có dạng lồi, còn chân răng của chúng có dạng lõm; kiểu truyền động này có hai đường ăn khớp, một nằm ở trước tâm cực còn một nằm ở sau tâm cực (hình 1.6b). Kiểu ăn khớp này được gọi là ăn khớp trước - sau tâm cực.

c. Bánh răng nhỏ có răng lõm, còn bánh răng lớn có răng lồi; đường ăn khớp nằm ở trước tâm cực theo phương chuyển động của răng; lượng dịch chuyển l âm (hình 1.6c). Kiểu ăn khớp này được gọi là ăn khớp trước tâm cực.

Như trên đã nói, ăn khớp thân khai có nhiều ưu điểm do đó nó được dùng rất rộng rãi trong thực tế. Hình 1.7 là dạng ăn khớp thân khai của bánh răng trụ.

Các đường tròn cơ sở có các bán kính r_{o1} và r_{o2} . Đường thẳng NN là đường tiếp tuyến với các đường tròn cơ sở và là đường thẳng diệt sinh của cả hai đường thân khai. Điểm tiếp xúc của các bề mặt thân khai khi làm việc dịch chuyển theo đường tiếp tuyến với các đường tròn cơ sở. Vì vậy đường thẳng NN được gọi là đường ăn khớp. Khi quay các bánh răng, chân răng của bánh răng chủ động (bánh răng 1) bắt đầu ở điểm c_1 của đường ăn khớp để tiếp xúc với đỉnh răng của bánh răng thụ động (bánh



Hình 1.6. Ăn khớp Nôvikov
a- răng của bánh nhỏ có prophin lồi;
b- đầu răng của cả hai bánh lớn và nhỏ có prophin lồi, còn chân răng của chúng có prophin lõm; c- răng của bánh lớn có prophin lồi.

răng 2). Sau đó điểm tiếp xúc của các prophin răng dịch chuyển theo đường c_1pc_2 và tại các điểm c_2 các răng ra khỏi ăn khớp. Đoạn thẳng ăn khớp giữa các điểm c_1 và c_2 được gọi là chiều dài ăn khớp.

Đường thẳng nối hai tâm O_1 và O_2 của các bánh răng được gọi là đường tâm. Chiều dài đoạn thẳng giữa các tâm O_1 và O_2 được gọi là khoảng cách tâm.

Điểm p là điểm cắt của đường tâm với đường pháp tuyến chung đối với các prophin răng được gọi là tâm cực ăn khớp.

Các đường tròn có tâm O_1 và O_2 và được vẽ qua điểm p (tâm cực ăn khớp) với các bán kính r_1 và r_2 được gọi là các đường tròn khởi xuất. Khi làm việc, các đường tròn này lăn bao hình với nhau mà không có hiện tượng trượt lên nhau.

Đường tròn khởi xuất chỉ được biết đối với cặp bánh răng ăn khớp với nhau, còn đối với từng bánh răng riêng lẻ thì nó được xác định là đường tròn chia khi bánh răng này ăn khớp với thanh răng chuẩn.

Đường tròn khởi xuất của cặp bánh răng ăn khớp chuẩn (bánh răng không dịch chỉnh) khi có khoảng cách tâm đúng sẽ trùng với đường tròn chia, tuy nhiên, không nên đồng nhất hai khái niệm này làm một.

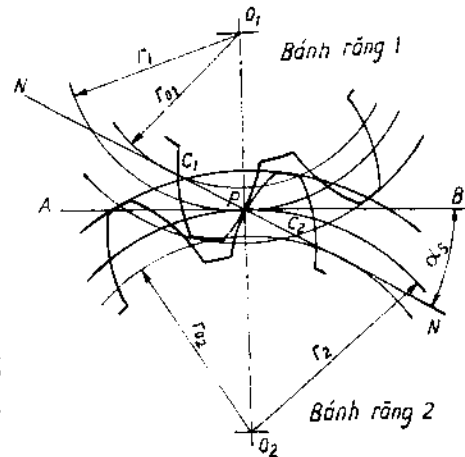
Góc α_s nằm giữa đường ăn khớp NN và tiếp tuyến AB với các đường tròn khởi xuất của cặp bánh răng ăn khớp được gọi là góc ăn khớp.

Đường tròn có bán kính R_c (có tâm là tâm của bánh răng) và giới hạn các đỉnh của răng được gọi là đường tròn đỉnh (hình 1.8).

Đường tròn có bán kính R_f , giới hạn các chân răng được gọi là đường tròn đáy.

Hiệu giữa các bán kính của các đường tròn đỉnh và đáy là chiều cao răng h.

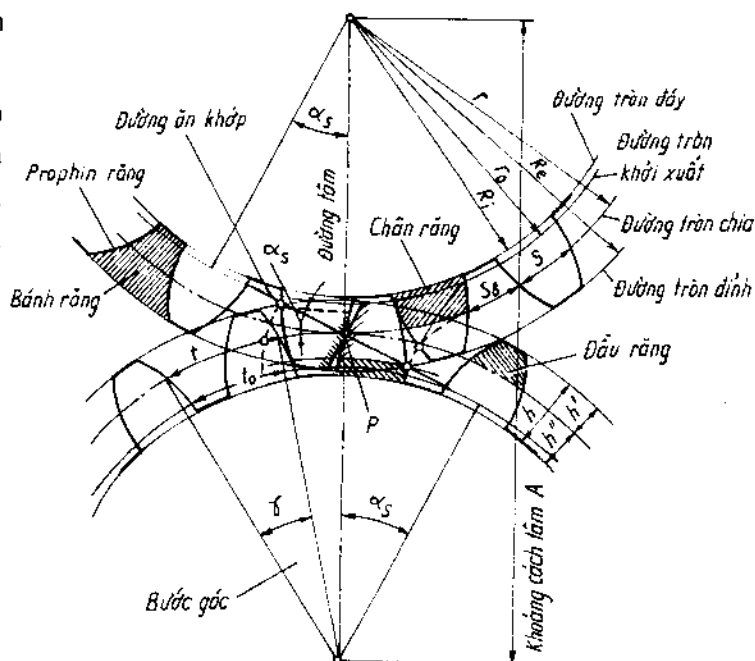
Phần răng nằm phía trên đường tròn chia (đường kính chia) được gọi là đầu răng (hoặc đỉnh răng), còn phần răng nằm giữa đường tròn chia và



Hình 1.7. Ăn khớp thân khai của bánh răng trụ.

đường tròn đáy được gọi là chân răng.

Chiều cao đầu răng h' là khoảng cách hướng kính giữa đường tròn khởi xuất và đường tròn đỉnh, còn chiều cao chân răng h'' là khoảng cách hướng kính giữa đường tròn khởi xuất và đường tròn đáy.



Hình 1.8. Các đường thông số của bánh răng trụ

Chiều dài cung của đường tròn chia được giới hạn bởi các mặt bên của prophin răng được gọi là chiều dày răng S . Chiều dày răng được đo theo dây cung của đường tròn chia được gọi là chiều dày răng theo dây cung của đường tròn chia S_{dc} . Chiều dài cung của đường tròn chia được giới hạn bởi các prophin của hai răng kề nhau được gọi là bề rộng rãnh răng s_b .

Chiều dài cung của đường tròn chia nằm giữa các prophin của các răng cùng phía được gọi là bước ăn khớp t .

Giữa bước ăn khớp t và bước cơ sở t_o (cũng như giữa đường kính cơ sở d_o và đường kính chia d) có hàm quan hệ sau:

$$t_o = t \cdot \cos \alpha_s \quad (1.14)$$

$$d_o = d \cdot \cos \alpha_s \quad (1.15)$$

ở đây: α_s = góc ăn khớp; t - bước ăn khớp.

Khoảng cách giữa các prophin cùng phía của hai răng kề nhau đo theo cung của một đường tròn bất kỳ đồng tâm với đường tròn chia được gọi là bước vòng.

Bước góc γ được gọi là góc bằng $\frac{360^\circ}{z}$ (hoặc theo radian là $\frac{2\pi}{z}$).

Nếu số răng của bánh răng bằng z thì tích $z.t$ là chiều dài của đường tròn chia, có nghĩa là πd .

$$\text{Nhu vậy: } d = \frac{t}{\pi} . z \quad (1.16)$$

Để tiện cho việc tính toán các thông số hình học của bánh răng, người ta đưa vào thông số m và nó được gọi là môđun ăn khớp. Môđun m là tỷ số giữa bước ăn khớp t và π . Vì thứ nguyên của bước ăn khớp t là mm, còn π là một số trừu tượng, do đó m có cùng thứ nguyên với t .
Nhu vậy:

$$m = \frac{t}{\pi} \quad (1.17)$$

Nếu trong công thức (1.16) thay $\frac{t}{\pi} = m$ thì

$$d = m.z \quad (1.18)$$

Từ đó ta thấy đường tròn chia của bánh răng là đường tròn có đường kính bằng tích của môđun m và số răng z .

Các bánh răng có môđun $m \leq 1$ mm gọi là các bánh răng môđun nhỏ; $m = 1 \div 10$ mm - môđun trung bình và $m \geq 10$ mm - môđun lớn.

Thông qua môđun m có thể tính được tất cả các thông số hình học của bánh răng. Đối với bánh răng tiêu chuẩn (bánh răng không dịch chỉnh) ta có các quan hệ sau:

$$h' = m; h'' = 1,2 m; h = 2,25m$$

Đối với bánh răng trụ răng thẳng:

$$D_e = d + 2h' = zm + 2m = m(z + 2)$$

$$S = \frac{t}{2} = \frac{m.z}{2} = 1,5708 m.$$

Đoạn thẳng lớn nhất mà các răng của một bánh răng nằm trong rãnh răng của bánh răng khác ăn khớp với nó được gọi là chiều sâu tiến vào của răng h_r . Tỷ số của 1/2 chiều sâu tiến vào của răng h_r và môđun m gọi là hệ số chiều cao răng ($f = \frac{h_r}{2m}$).

Hiệu giữa chiều cao răng h và chiều sâu tiến vào của răng h_r gọi là khe hở hướng kính ($c = h - h_r$).

Ở một số nước như Anh, Mỹ người ta không dùng đơn vị hệ mét mà dùng đơn vị hệ Anh, cho nên thông số ăn khớp không được gọi là môđun mà gọi là Pít. Pít là số răng nằm trong 1 inch của đường kính chia:

$$P = \frac{Z}{(d)''} \quad (1.19)$$

Pít là đại lượng nghịch đảo của môđun nếu môđun được đo theo inch:

$$P = \frac{1''}{(m)''} \quad (1.20)$$

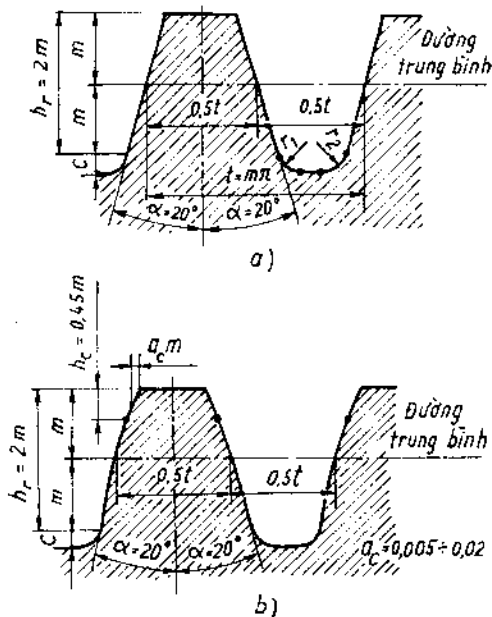
Nếu môđun là mm thì quan hệ (1.20) có dạng:

$$P = \frac{25,4}{m} \quad (1.21)$$

Để nghiên cứu tiếp các thông số của bánh răng và dụng cụ cắt răng phải nghiên cứu biên dạng khởi xuất. Biên dạng khởi xuất được gọi là biên dạng của thanh răng cho phép ăn khớp không có khe hở với bánh răng mà chiều dày răng của nó không cần phải hiệu chỉnh. Biên dạng này là cơ sở để thiết kế prophin của dụng cụ cắt răng. Biên dạng khởi xuất của bánh răng trụ là thanh răng có prophin thẳng (hình 1.9).

Góc prophin của biên dạng khởi xuất được chọn $\alpha = 20^\circ$, hệ số chiều cao răng $f = 1$. Trong một số trường hợp đặc biệt có thể sử dụng biên dạng khởi xuất có răng ngắn ($f = 0,8$).

Phần làm việc của thanh răng có nghĩa là đoạn thẳng lớn nhất mà các răng của một bánh răng nằm trong rãnh của bánh răng khác được gọi là chiều sâu tiến vào của răng h_r . Theo tiêu chuẩn $h_r = 2m$, còn đối với



Hình 1.9. Biên dạng khởi xuất của bánh răng trụ
a- các thông số cơ bản; b- biên dạng vát cạnh.

răng ngắn $h_r = 1,6\text{m}$. Khe hở hướng kính $c = 0,25\text{ m}$. Chiều dày của prophin răng theo đường trung bình của thanh răng bằng bề rộng rãnh răng:

$$S = S_p = 0,5t \quad (1.22)$$

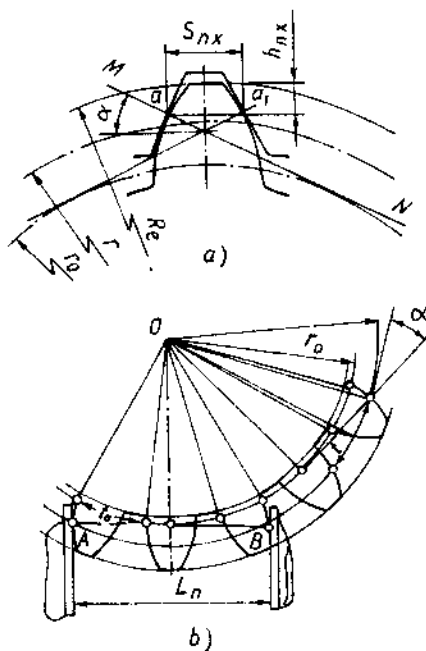
ở đây: t - bước ăn khớp.

Biên dạng làm việc của thanh răng đối với các bánh răng trụ tốc độ cao với $m \geq 2\text{ mm}$ có dạng vát mép ở đầu răng (hình 1.9b).

Khi bánh răng trụ và thanh răng ăn khớp với nhau không có khe hở thì điểm a và điểm a_1 của các prophin (hình 1.10a) nằm trên đường ăn khớp, còn chiều dài dây cung aa_1 luôn luôn cố định đối với một môđun bánh răng và không phụ thuộc vào số răng của nó.

Vì vậy dây cung này gọi là dây cung cố định. Khi góc $\alpha = 20^\circ$, chiều dài của răng theo dây cung cố định $S_{n.x}$ sẽ bằng $1,38704\text{ m}$. Khi bánh răng trụ có góc $\alpha = 20^\circ$ ăn khớp với thanh răng không có khe hở thì tiếp xúc của các bề mặt răng xảy ra tại các điểm nằm cách đường tròn đỉnh của bánh răng một đoạn $h_{n.x} = 0,748\text{ m}$. Vị trí của biên dạng khởi xuất như vậy được chọn làm vị trí chuẩn. Sự xô dịch của biên dạng khởi xuất từ vị trí chuẩn theo phương hướng kính gọi là dịch chuyển của biên dạng khởi xuất.

Đường thẳng đi qua hai điểm tiếp xúc A và B của hai bề mặt song song với hai prophin răng không cùng phía gọi là khoảng pháp tuyến chung. Khoảng pháp tuyến chung là tiếp tuyến đối với đường tròn cơ sở. Chiều dài khoảng pháp tuyến chung (hình 1. 10b) khi $\alpha = 20^\circ$ được tính theo công thức:



Hình 1.10. Hình thành dây cung cố định (a) và chiều dài khoảng pháp tuyến chung của bánh răng (b)

$$L_n = [1,476 (2n-1) + z.0,01387]m \quad (1.23)$$

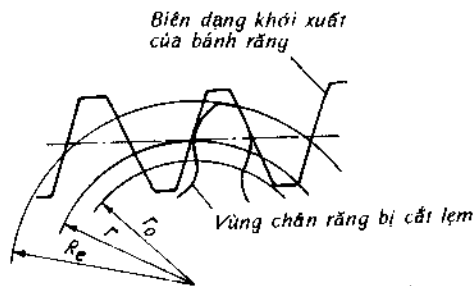
ở đây: n - số răng nằm trong khoảng pháp tuyến chung.

1.3. DỊCH CHỈNH BÁNH RĂNG

Trong nhiều loại máy và cơ cấu khác nhau người ta còn sử dụng các bánh răng không tiêu chuẩn. Thông thường đó là những lượng xô dịch cần đưa vào để tránh hiện tượng cắt lẹm khi gia công răng bằng phương pháp bao hình những bánh răng có số răng nhỏ (hình 1.11).

Cắt lẹm chân răng làm cho độ bền uốn giảm, giảm chiều dài ăn khớp, tăng tiếng ồn khi làm việc và tăng hệ số trượt của các prophin răng khi truyền động.

Đưa vào lượng dịch chỉnh cho bánh răng tiêu chuẩn gọi là sự dịch chỉnh, còn các bánh răng được cắt có dịch chỉnh gọi các bánh răng dịch chỉnh.



Hình 1.11. Chân răng bị cắt lẹm khi gia công bánh răng có số răng nhỏ.

Bánh răng dịch chỉnh có những ưu điểm hơn so với các bánh răng thông thường, cụ thể là chúng có độ bền uốn cao hơn vì chân răng dày hơn, độ mòn mặt răng ít hơn nhờ cải thiện điều kiện trượt của các prophin răng khi truyền động.

Dịch chỉnh có thể được ứng dụng cho các bánh răng có số răng bất kỳ khi cần phải đảm bảo cho cặp bánh răng ăn khớp có khoảng cách tâm chính xác.

Có nhiều phương pháp dịch chỉnh các bánh răng cắt bằng phương pháp bao hình. Thông dụng nhất là các phương pháp dịch chỉnh chiều cao và dịch chỉnh góc. Các phương pháp này được thực hiện khi sử dụng dụng cụ cắt tiêu chuẩn bằng cách xô dịch biên dạng khởi xuất của thanh răng (của dụng cụ cắt).

Dịch chỉnh bằng xô dịch biên dạng khởi xuất là chọn các đoạn trên đường thân khai của đường tròn cơ sở để dịch chỉnh nhằm đảm bảo chất lượng yêu cầu của bộ truyền.

Trong cả hai phương pháp dịch chỉnh các đường kính của đường tròn đỉnh, đường tròn đáy và chiều dày răng theo đường tròn chia đều thay đổi (hình 1.12).

Hướng dịch chỉnh biên dạng khởi xuất của thanh răng Δh được thực hiện hoặc theo hướng tới tâm bánh răng (dịch chỉnh dương) hoặc theo hướng ngược lại từ tâm bánh răng (dịch chỉnh âm).

Tỷ số giữa lượng dịch chỉnh của biên dạng khởi xuất và môđun gọi là hệ số dịch chỉnh ξ :

$$\xi = \frac{\Delta h}{m} \quad (1.24)$$

Khi dịch chỉnh dương $\xi > 0$, còn khi dịch chỉnh âm $\xi < 0$. Trong trường hợp dịch chỉnh dương, đường kính của đường tròn đỉnh răng tăng lên (tăng lên 2 lần lượng dịch chỉnh), còn trong trường hợp dịch chỉnh âm đường kính này giảm xuống (giảm xuống 2 lần lượng dịch chỉnh).

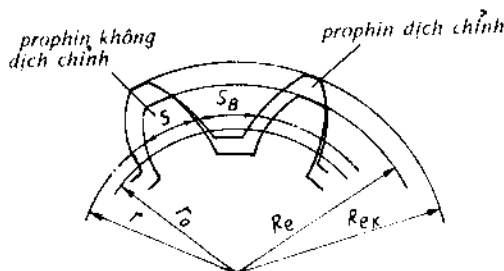
Đường kính của đường tròn chia (vòng tròn khởi xuất) là một đại lượng tính toán và có giá trị cố định, không phụ thuộc vào tính chất và lượng dịch chỉnh của biên dạng khởi xuất.

Khi dịch chuyển dương chiều dày của răng theo đường tròn chia S lớn hơn bề rộng của rãnh răng S_b ($S > S_b$), còn khi dịch chuyển âm $S < S_b$.

Khi dịch chỉnh chiều cao (hình 1.13) bánh răng nhỏ được chế tạo với lượng dịch chỉnh dương của biên dạng khởi xuất ($\xi > 0$), còn bánh răng lớn - với lượng dịch chỉnh âm ($\xi < 0$) có cùng giá trị tuyệt đối.

Như vậy, khi dịch chỉnh chiều cao: $\xi_1 = -\xi_2$ và tổng của chúng bằng 0, có nghĩa là $\xi_1 + \xi_2 = 0$.

Khi dịch chỉnh chiều cao, chiều dày răng của bánh răng lớn giảm xuống một lượng bằng lượng tăng thêm chiều dày răng của bánh nhỏ. Khoảng cách tâm giữa hai bánh răng ăn khớp không thay đổi, còn góc ăn khớp tương ứng với góc ăn khớp của bộ truyền bánh răng không dịch chỉnh (bánh răng tiêu chuẩn).



Hình 1.12. Bánh răng dịch chỉnh và bánh răng không dịch chỉnh.

Trong trường hợp, nếu tổng các hệ số dịch chỉnh khác 0, có nghĩa là $\xi_1 + \xi_2 \neq 0$ thì khoảng cách tâm của bộ truyền bánh răng sẽ khác giá trị tính toán lý thuyết, có nghĩa là:

$$A \neq m \frac{z_1 + z_2}{2} \quad (1.25)$$

Do đó góc ăn khớp của bộ truyền bánh răng sẽ thay đổi.

Cách dịch chỉnh như vậy làm thay đổi khoảng cách tâm, gây ra thay đổi góc ăn khớp được gọi là dịch chỉnh góc (hình 1.13b).

Cắt răng với dịch chỉnh góc cũng được thực hiện bằng dụng cụ cắt răng tiêu chuẩn.

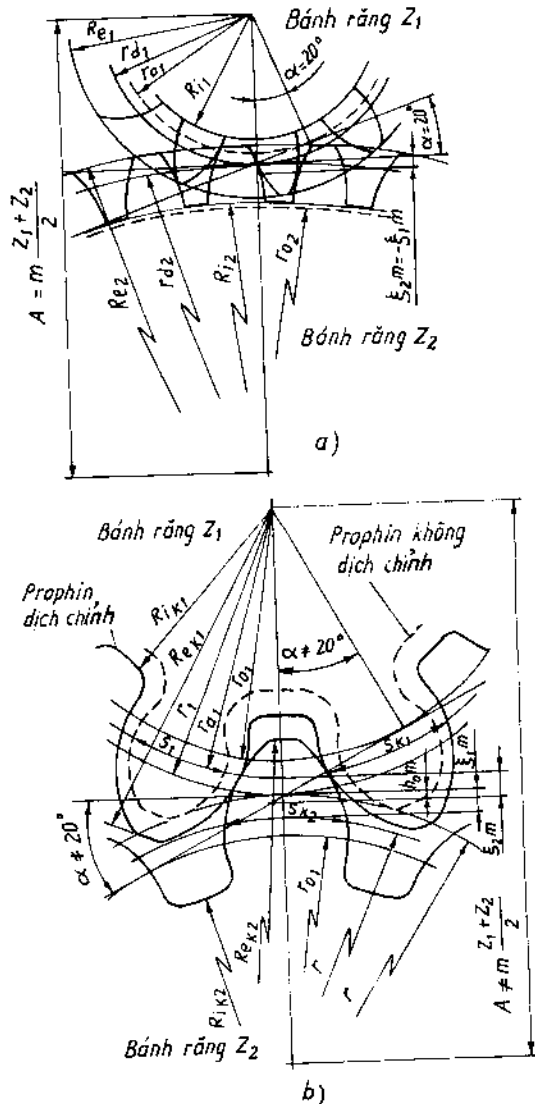
Hệ số dịch chỉnh khi dịch chỉnh góc không bằng nhau, có nghĩa là $\xi_1 \neq \xi_2$, còn tổng của chúng khác 0:

$$\xi_1 + \xi_2 \neq 0 \quad (1.26)$$

Ưu điểm chính của dịch chỉnh góc là đưa bộ truyền bánh răng vào khoảng cách tâm xác định và tăng độ bền của cả bộ truyền.

Các loại răng dịch chỉnh này là các loại răng được vát cạnh và các loại răng biến thể. Các răng được vát cạnh cho phép giảm tải trọng động trong bộ truyền và giảm ứng suất tiếp xúc ở các điểm ăn khớp xa nhất. Vát tiếp xúc được giải thích như sau:

Do có sai số phương của răng, sai số gia công vỏ hộp

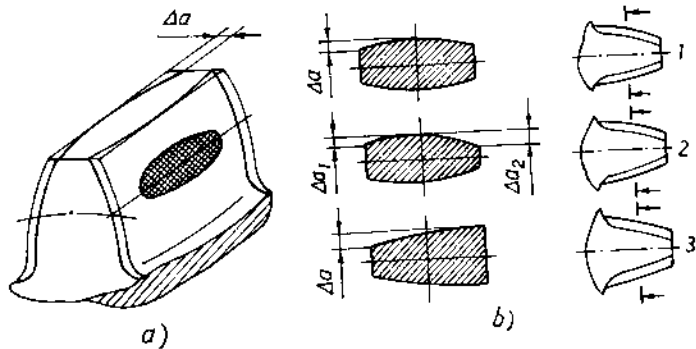


Hình 1.13. Prophin của răng dịch chỉnh
a- dịch chỉnh chiều cao; b- dịch chỉnh góc.

truyền động, độ cứng vững của trục và ổ đỡ thấp và biến dạng của chúng khi có lực tác dụng cho nên trong các bộ truyền lực vết tiếp xúc thường không đảm bảo đủ diện tích yêu cầu. Trong một số trường hợp vết tiếp xúc giảm xuống đáng kể và có thể xuất hiện đường tiếp xúc, do đó dẫn đến hiện tượng tập trung tải trọng ở một vài phần nhỏ của prophin răng, gây ra mòn nhanh và gãy răng. Vì vậy, trong ngành chế tạo máy người ta cũng hay dùng bánh răng có vùng tiếp xúc hạn chế. Vùng tiếp xúc hạn chế được tạo thành bằng cách cắt răng có hình tang trống (phình ra ở đoạn giữa, hình 1.14).

Bánh răng có răng hình tang trống được dùng trong các cơ cấu vận chuyển và trong các khớp nối.

Lượng biến thể dọc (giảm chiều dày của răng ở hai đầu) được tạo ra để bù lại sai số phương của răng và độ không song song của các trục bánh răng.



Hình 1.14. Răng có biến thể.

a- răng với vết tiếp xúc; b- các dạng răng biến thể.

1- biến thể đều; 2- biến thể không đều; 3- biến thể hình côn.

Nhờ có lượng kim loại được hớt

đi Δa ($\Delta a = 0,01 \div 0,025$ mm đối với các bánh răng môđun nhỏ và $\Delta a = 0,02 \div 0,06$ mm đối với các bánh răng môđun lớn) mà quá trình ăn khớp có thể khử được tiếp xúc điểm. Vết tiếp xúc tập trung ở phần giữa của răng, do đó các bánh răng ít có khả năng bị vênh trục và có độ chống mòn cao hơn.

Các răng biến thể cho phép giảm khe hở ăn khớp so với các răng thông thường, do đó có thể giảm được tiếng ồn khi truyền động.

1.4. BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

Bánh răng trụ gọi là bánh răng có các răng được cắt trên phôi hình trụ. Bánh răng trụ có các dạng: răng thẳng, răng nghiêng và răng hình chữ V.

Bảng 1.1 là các công thức tính toán các thông số hình học của bánh răng trụ răng thẳng (bánh răng không dịch chỉnh hay bánh răng tiêu chuẩn).

Bảng 1.1. Công thức tính thông số hình học của bánh răng trụ răng thẳng

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính
Môđun	mm	m	Chọn theo tiêu chuẩn
Bước theo đường tròn chia (bước vòng chia)	mm	t	$t = m\pi, \pi = 3,1416$
Bước cơ sở	mm	t_o	$t_o = m\pi \cos 20^\circ$
Số răng của bánh chủ động	-	z_1	Chọn theo kết cấu. Khi $z < 17$
Số răng của bánh thụ động	-	z_2	Bánh răng cần dịch chỉnh
Đường kính của đường tròn chia (vòng chia)	mm	d	$d = m.z$
Đường kính đỉnh	mm	D_e	$D_e = d + 2m = m(z+2)$
Đường kính đáy	mm	D_i	$D_i = d - 2,5m = m(z-2,5)$
Chiều cao răng	mm	h	$h = h' + h'' = 2,25m$
Chiều cao đầu răng	mm	h'	$h' = m$
Chiều cao chân răng	mm	h''	$h'' = 1,25m$
Khe hở hướng kính	mm	c	$c = h'' - h' = 0,25m$
Chiều dày răng theo cung của đường tròn chia	mm	S	$S = \frac{t}{2} = \frac{m\pi}{2}$
Chiều dài răng	mm	b	$b \leq 10 m$
Khoảng cách tâm	mm	A	$A = \frac{d_1 + d_2}{2} = m \frac{z_1 + z_2}{2}$

Bảng 1.2 và 1.3 là các công thức tính các thông số hình học của bánh răng trụ có dịch chỉnh chiều cao và dịch chỉnh góc.

Bảng 1.2. Công thức tính thông số hình học của bánh răng trụ có dịch chỉnh chiều cao

Tên gọi	Ký hiệu	Công thức tính	
		Bánh răng z_1	Bánh răng z_2
Môđun	m	chọn theo tiêu chuẩn	
Bước	t	$t = m, \pi$	
Hệ số dịch chỉnh	ξ	chọn theo kết cấu	
		ξ_1	ξ_2
Đường kính vòng chia	d	$d_{\partial 1} = m.z_1$	$d_{\partial 2} = m.z_2$
Đường kính đỉnh	D_{ek}	$D_{ek1} = d_{o1} + 2m(1 + \xi_1)$	$D_{ek1} = d_{o1} + 2m(1 + \xi_2)$
Đường kính đáy	D_{ik}	$D_{ik1} = d_{\partial 1} - 2m(1,25 - \xi_1)$	$D_{ik2} = d_{\partial 2} - 2m(1,25 - \xi_2)$
Chiều cao đầu răng	h'_k	$h'_{k1} = m(1 + \xi_1)$	$h'_{12} = m(1 + \xi_2)$
Chiều cao chân răng	h''_k	$h''_{k1} = m(1,25 - \xi_1)$	$h''_{k2} = m(1,25 + \xi_2)$
Chiều cao răng	h	$h = h'_{k1} + h''_{k1} = h'_{k2} + h''_{k2} = 2,25m$	
Khe hở bán kính	C	$C = 0,25m$	
Chiều dày răng theo đường tròn chia (vòng chia)	S_k	$S_{k1} = m(1,57 + 0,728\xi_1)$	$S_{k2} = m(1,57 + 0,728\xi_2)$
Khoảng cách tâm	A	$A = \frac{d_{\partial 1} + d_{\partial 2}}{2} = m \frac{Z_1 + Z_2}{2}$	

Góc này thường nằm trong khoảng $7^\circ < \beta < 35^\circ$. Hai bánh răng nghiêng ăn khớp với nhau có cùng góc nghiêng β nhưng có chiều dài ngược nhau.

Bảng 1.4. Công thức tính bánh răng trụ răng nghiêng không dịch chỉnh

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính
Môđun pháp tuyến	mm	m_n	Chọn theo tiêu chuẩn
Bước pháp tuyến theo vòng chia	mm	t_n	$t = m_n \cdot \pi$; $\pi = 3,1416$
Số răng của bánh chủ động	-	z_1	Chọn theo kết cấu. Nếu $Z < 17$ bánh răng cần dịch chỉnh
Số răng của bánh thụ động	-	z_2	
Góc nghiêng trên hình trụ chia	độ	β	
Đường kính vòng chia	mm	d	$d = \frac{m_n z}{\cos \beta}$
Đường kính đỉnh	mm	D_e	$D_e = d + 2m_n = m_n \left(\frac{z}{\cos \beta} + 2 \right)$
Đường kính đáy	mm	D_i	$D_i = d - 2,5m_n = m_n \left(\frac{z}{\cos \beta} - 2,5 \right)$
Chiều cao răng	mm	h	$h = 2,25m_n$
Chiều cao đầu răng	mm	h'	$h' = m_n$
Chiều cao chân răng	mm	h''	$h'' = 1,25m_n$
Khe hở hướng kính	mm	c	$c = 0,25m_n$
Chiều dày răng theo cung vòng chia ở tiết diện pháp tuyến	mm	S	$S = \frac{t_n}{2} = \frac{m_n \pi}{2}$
Khoảng cách tâm	mm	A	$A = \frac{d_1 + d_2}{2}$
Môđun mặt đầu	mm	m_s	$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}$
Bước mặt đầu theo vòng chia	mm	t_s	$t_s = \frac{t_n}{\cos \beta} = \frac{m_n \pi}{\cos \beta}$
Bước xoắn	mm	S_p	$\frac{m_n \pi z}{\sin^2 \beta}$
Chiều dày răng theo cung vòng chia ở tiết diện mặt đầu	mm	S_s	$S_s = \frac{t_s}{2} = \frac{m_n \pi}{2 \cos \beta}$
Bán kính vòng tròn cơ sở	mm	r_o	$r_o = \frac{d \cos 20^\circ}{2}$
Bước cơ sở	mm	t_o	$t_o = m_n \cdot \pi \cos 20^\circ$

Bánh răng nghiêng có bước pháp tuyến, bước mặt đầu và bước dọc trục khác nhau. Bước pháp tuyến t_n là khoảng cách giữa các prophin cùng

phía của hai răng kề nhau theo đường vuông góc với bề mặt răng (theo tiết diện vuông góc). Bước mặt đầu t_s được xác định theo phương vuông góc với tâm bánh răng (theo tiết diện mặt đầu), còn bước dọc trục t_a được xác định dọc theo đường sinh của hình trụ chia. Các bước này có quan hệ với nhau như sau:

$$t_n = t_s \cos \beta \quad (1.27)$$

$$t_a = t_s \operatorname{ctg} \beta \quad (1.28)$$

Ở bánh răng nghiêng người ta còn phân biệt hai môđun: môđun pháp tuyến m_n và môđun mặt đầu m_s . Các môđun này có mối quan hệ sau:

$$m_n = m_s \cos \beta \quad (1.29)$$

Đối với các bánh răng nghiêng các giá trị môđun đều tương ứng với các môđun tiêu chuẩn.

Bảng 1.4 là các công thức tính bánh răng trụ răng nghiêng không dịch chỉnh.

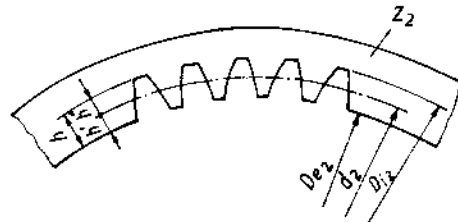
Bánh răng hình chữ V là loại bánh răng có các răng nghiêng với hướng răng ngược chiều nhau. Bánh răng hình chữ V có tất cả các ưu điểm của bánh răng nghiêng. Ngoài ra, nhờ có các hướng nghiêng của răng ngược chiều nhau nên nó khử được lực chiều trục. Bánh răng hình chữ V được dùng để truyền động công suất lớn. Nhược điểm của bánh răng hình chữ V là tính công nghệ không cao.

1.5. BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP TRONG

Bánh răng trụ ăn khớp trong có các dạng răng thẳng và răng nghiêng được cắt trên mặt trụ trong của phôi (hình 1.16).

Bánh chủ động thông thường là bánh răng nhỏ ăn khớp ngoài. Khi truyền động cả hai bánh lớn và bánh nhỏ đều cùng quay theo một chiều. Nhờ có prophin của răng lồi (bánh nhỏ) và lõm (bánh lớn) ăn khớp nhau cho nên bộ truyền ăn khớp trong làm việc êm hơn và có tuổi bền cao hơn bộ truyền ăn khớp ngoài.

Bảng 1.5 là các công thức tính bánh răng trụ răng thẳng ăn khớp trong.



Hình 1.16. Các thông số của bánh răng trụ ăn khớp trong

Bảng 1.5. Công thức tính bánh răng trụ răng thẳng ăn khớp trong

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính
Môđun	mm	m	Chọn theo tiêu chuẩn
Bước theo vòng chia	mm	t	$t = m \cdot \pi; \pi = 3,1416$
Bước cơ sở	mm	t_0	$t_0 = m \cdot \pi \cdot \cos 20^\circ$
Số răng của bánh răng ngoài	-	z_1	Chọn theo kết cấu
Số răng của bánh răng trong	-	z_2	
Đường kính vòng chia (bánh lớn)	mm	d_2	$d_2 = m \cdot z_2$
Đường kính đỉnh (bánh lớn)	mm	D_{i2}	$D_{i2} = d + 2,5m = (z_1 + 2,5)m$
Chiều cao răng	mm	h	$h = h' + h'' = 2,25 \cdot m$
Chiều cao đầu răng	mm	h'	$h' = m$
Chiều cao chân răng	mm	h''	$h'' = 1,25m$
Khe hở hướng kính	mm	c	$c = h'' - h'$
Chiều dày răng theo cung vòng tròn chia m	mm	S	$S = \frac{t}{2} = \frac{m \cdot \pi}{2}$
Chiều dài răng	mm	b	$b \leq 10$
Khoảng cách tâm	mm	A	$A = \frac{d_2 + d_1}{2} = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$

1.6. BÁNH RĂNG CÔN

Răng của bánh răng côn được cắt trên mặt côn của phối.

Hình 1.17 biểu diễn các thông số của bánh răng côn. Khi các bánh răng côn quay ăn khớp với nhau, các mặt côn khời xuất lãn trên nhau không trượt. Chiều dày và chiều cao của răng không cố định (thay đổi); chúng giảm dần theo hướng tới đỉnh côn. Nhờ đó mà bước vòng (hay môđun) của các bánh răng côn cũng thay đổi.

Các thông số chính của bánh răng côn được xác định ở tiết diện của răng bằng mặt phẳng côn phụ trợ có tâm trùng với tâm của bánh răng côn và các đường sinh vuông góc với các đường sinh của mặt côn chia.

Các mặt côn có cùng đỉnh O gọi là côn đỉnh và côn đáy. Các góc giữa các đường sinh mặt côn và tâm bánh răng gọi là góc đỉnh φ_c và góc đáy φ_1 . Các góc giới hạn đầu răng và chân răng gọi là các góc đỉnh răng γ' và các góc chân răng γ'' .

Góc giữa đường sinh của mặt côn phụ trợ và đường tâm bánh răng gọi là góc côn phụ φ . Góc giữa đường sinh và đường tâm của mặt côn chia gọi là góc côn chia φ_1, φ_2 . Góc ở giữa các đường tâm của các bánh răng gọi là góc tâm ($10 \div 170^\circ$). Cặp bánh răng côn có góc $\delta = 90^\circ$ được sử

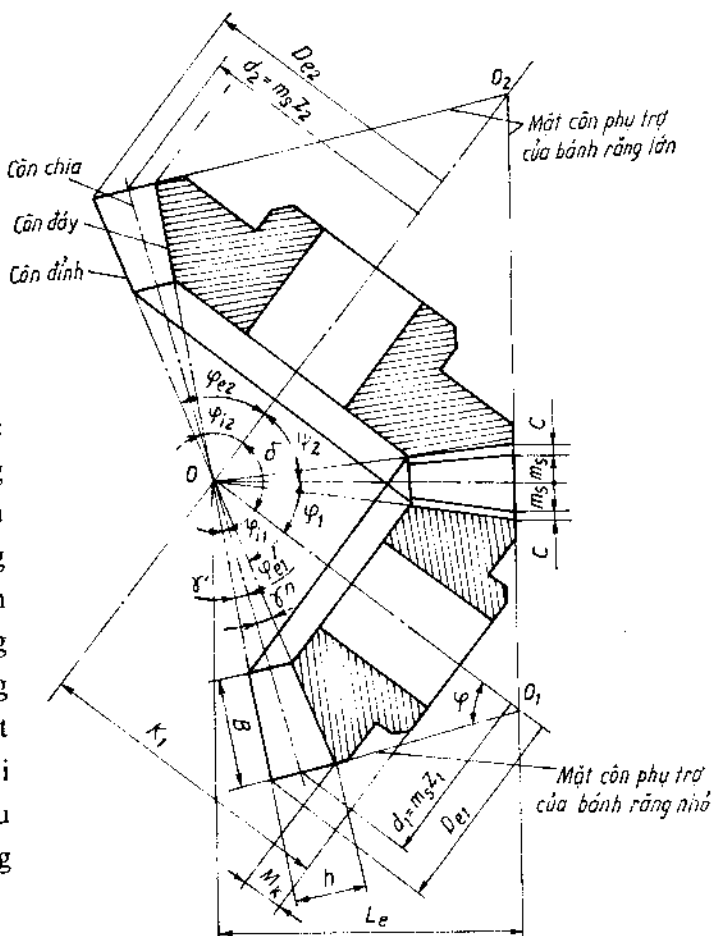
dụng rộng rãi nhất trong chế tạo máy.

$$\text{Khi } \delta = 90^\circ \text{ thì } \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2}; \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{z_2}{z_1}; \varphi_2 = 90^\circ - \varphi_1$$

(φ_1 - góc côn chia của bánh răng nhỏ; φ_2 - góc côn chia của bánh răng lớn; z_1 ; z_2 - số răng của bánh răng nhỏ và bánh răng lớn).

Bánh răng côn cũng như bánh răng trụ có thể được chế tạo thành bánh răng dịch chỉnh. Đối với bánh răng côn có hai phương pháp dịch chỉnh: dịch chỉnh chiều cao và dịch chỉnh tiếp tuyến. Dịch chỉnh chiều cao về bản chất không khác gì so với bánh răng trụ. Chiều cao đầu răng của bánh răng nhỏ khi dịch chỉnh tăng lên một lượng ξm , còn ở bánh răng lớn nó giảm đi một lượng tương tự. Khi dịch chỉnh thì góc đầu răng và góc chân răng cũng thay đổi.

Khi dịch chỉnh tiếp tuyến, chiều dày của răng bánh nhỏ theo vòng chia tăng lên còn ở bánh lớn nó giảm đi một lượng xác định. Cách dịch chỉnh này rất dễ thực hiện nhờ việc điều chỉnh dụng cụ cắt theo chiều dày răng.



Hình 1.17. Các thông số của bánh răng côn.

Dịch chỉnh góc ở bánh răng côn không thể thực hiện được bởi vì cần phải thay đổi góc tâm mà theo kết cấu thì điều này là không thể được.

Chiều dài đường sinh của các mặt côn chia giữa đỉnh côn và vòng chia gọi là khoảng cách côn L_c . Khoảng cách L_c được xác định theo công thức sau:

$$L_c = \frac{m_s \cdot z_1}{2 \sin \varphi_1} = \frac{m_s \cdot z_2}{2 \sin \varphi_2} \quad (1.30a)$$

Khi $\delta = 90^\circ$, ta có:

$$L_c = 0,5 m_s \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (1.30b)$$

Khoảng cách K từ mặt đầu (mặt chuẩn) của bánh răng đến đỉnh côn là kích thước lắp ráp chuẩn. Kích thước này có quan hệ với khoảng cách M_K (từ mặt đầu của bánh răng đến đáy của mặt côn) bằng đẳng thức:

$$K = \frac{D_c}{2} \operatorname{ctg} \varphi_c + M_K \quad (1.31)$$

Hoặc:

$$K = L_c \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1(\varphi_2) - m_s \sin \varphi_1(\varphi_2) + M_K \quad (1.32)$$

Kích thước M_K được chọn theo kết cấu cho từng bánh răng cụ thể.

Bảng 1.6 là các công thức tính bánh răng côn răng thẳng (bánh răng không dịch chỉnh).

Bảng 1.6. Công thức tính bánh răng côn răng thẳng (không dịch chỉnh)

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính
Môđun mặt đầu	mm	m_s	Chọn theo tiêu chuẩn
Bước mặt đầu	mm	t_s	$t_s = m_s \cdot \pi, \pi = 3,1416$
Số răng của bánh chủ động	mm	z_1	Chọn theo kết cấu
Số răng của bánh thụ động	mm	z_2	Nếu $z < 17$ bánh răng cần dịch chỉnh
Góc côn vòng chia của bánh răng chủ động (khi $\delta = 90^\circ$)	độ	φ_1	$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2}$
Góc côn vòng chia của bánh răng thụ động (khi $\delta = 90^\circ$)	độ	φ_2	$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Góc côn vòng chia của bánh răng chủ động (khi $\delta \neq 90^\circ$)	độ	φ_1	$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{z_1 \sin \delta}{z_2 + z_1 \cos \delta}$
Góc côn vòng chia của bánh răng chủ động (khi $\delta \neq 90^\circ$)	độ	φ_2	$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{z_2 \sin \delta}{z_1 + z_2 \cos \delta}$

Bảng 1.6 tiếp theo

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính
Góc tâm	độ	δ	$\delta = \varphi_1 + \varphi_2$
Đường kính vòng chia	mm	d	$d = m_s z$
Đường kính đỉnh	mm	D_e	$D_e = m_s(z + 2\cos\varphi)$
Chiều cao răng	mm	h	$h = 2,25m_s$
Chiều cao đầu răng	mm	h'	$h' = m_s$
Khe hở hướng kính	mm	c	$c = 0,25m_s$
Góc đầu răng	độ	γ'	$\text{tg}\gamma' = \frac{m_s}{L}$
Góc chân răng	độ	γ''	$\text{tg}\gamma'' = \frac{1,25m_s}{L}$
Chiều dài cung của côn chia khởi xuất	mm	L	$L_e = \frac{m_s z_1}{2\sin\varphi_1} = \frac{m_s z_2}{2\sin\varphi_2}$
Góc côn đỉnh	độ	φ_e	$\varphi_e = \varphi + \gamma'$
Góc côn đáy	độ	φ_i	$\varphi_i = \varphi - \gamma''$
Góc côn phụ	độ	w	$w = 90^\circ - \varphi$
Chiều dày răng theo vòng chia	mm	s	
Chiều dày răng theo dây cung cố định	mm	S_x	
Khoảng cách từ vòng tròn đỉnh đến dây cung cố định	mm	h_x	
Chiều dài răng	mm	b	$b \leq 0,35L$
Khoảng cách từ đỉnh côn đến vòng tròn đỉnh:			
- của bánh răng chủ động	mm	l	$l_1 = m_s \left(\frac{z_2}{2} - \cos\varphi_2 \right)$
- của bánh răng thụ động			$l_2 = m_s \left(\frac{z_1}{2} - \cos\varphi_1 \right)$
Khoảng cách từ mặt đầu đến đỉnh côn của bánh răng chủ động	mm	k	$k_1 = q_1 - l_1$
Khoảng cách từ mặt đầu đến đỉnh côn của bánh răng thụ động	mm		$k_2 = q_2 - l_2$
Chiều cao bánh răng của bánh răng chủ động	mm	H	$H_1 = k_1 + b \cos\varphi_{e1}$
Chiều cao bánh răng của bánh răng thụ động	mm		$H_2 = k_2 + b \cos\varphi_{e2}$

1.7. TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Khâu chủ động của truyền động bánh vít là trục vít, còn khâu thụ động là bánh vít. Trục vít có hai loại:

- Trục vít hình trụ.
- Trục vít lõm.

Theo số đầu mối thì trục vít có các loại: một đầu mối và nhiều đầu mối.

Theo phương pháp hình thành bề mặt xoắn vít thì trục vít hình trụ có các loại thông dụng: mặt xoắn Acsimet và mặt xoắn thân khai. Trục vít có mặt xoắn thân khai được dùng trong những cơ cấu quan trọng truyền động với tải trọng và tốc độ lớn, còn trục vít có mặt xoắn Acsimet được dùng trong các cơ cấu truyền động với tải trọng và tốc độ nhỏ. Hình 1.8 là các thông số của trục vít và bánh vít.

Đường kính mặt trụ ngoài của trục vít được ký hiệu là D_{e1} , còn đường kính đáy (mặt trụ đáy) được ký hiệu là D_{i1} .

Đường kính vòng chia d_1 của trục vít là đường kính của hình trụ có cùng tâm với trục vít mà trên đường sinh của nó có chiều rộng rãnh bằng chiều dày của vòng xoắn vít.

Khoảng cách ngắn nhất giữa hai vòng xoắn vít kề nhau của đường xoắn triển khai trên hình trụ chia của trục vít gọi là bước pháp tuyến t_n .

Khoảng cách giữa hai mặt cùng phía của các vòng xoắn đo trong tiết diện dọc trục theo đường song song với tâm trục vít gọi là bước dọc trục của trục vít t_s .

Tỷ số $\frac{t_s}{\pi}$ gọi là môđun hướng trục m_s của trục vít.

Khoảng cách đo theo đường song song với tâm trục vít giữa các mặt cùng phía của cùng một vòng xoắn gọi là bước đường xoắn của trục vít t_B :

$$t_B = t_s z_1 \quad (1.33)$$

Ở đây: z_1 - số đầu mối của trục vít. Trục vít một đầu mối có $t_s = t_B$.

Góc nâng của vòng xoắn trên hình trụ chia λ bằng:

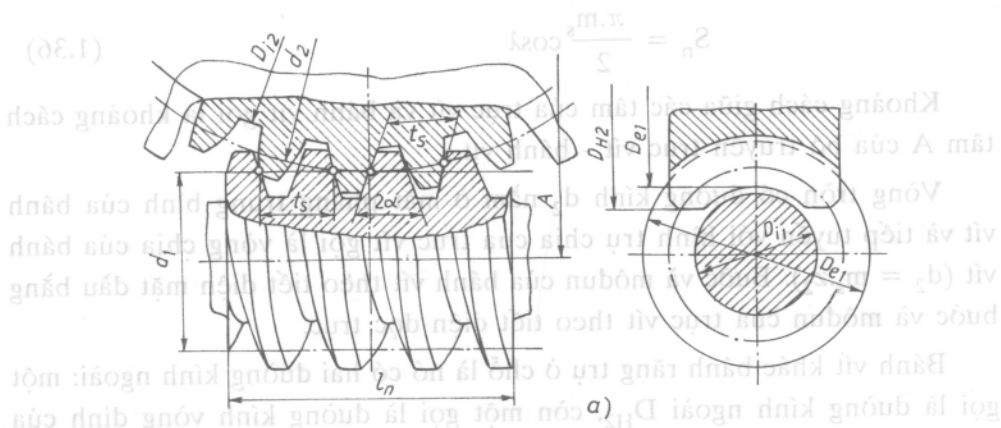
$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{m_s \cdot z_1}{d_1} \quad (1.34)$$

Ở đây: d_1 - đường tròn chia của trục vít.

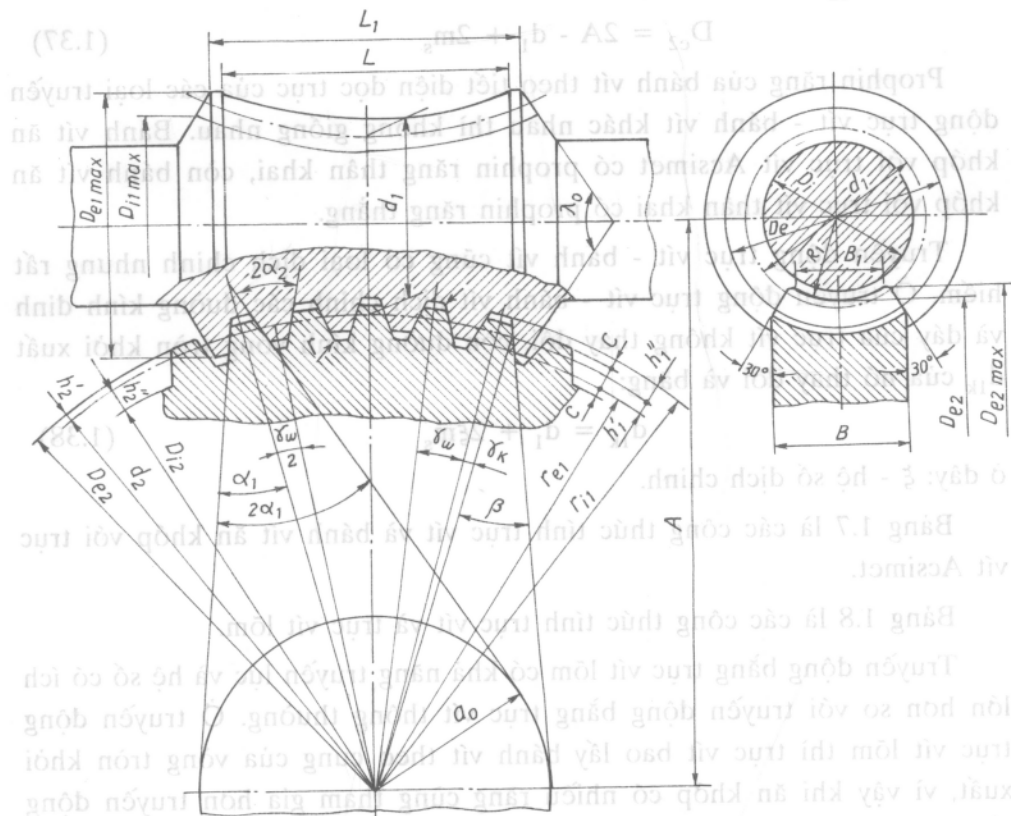
Đường tròn chia của trục vít d_1 có quan hệ với môđun hướng trục m_s , số đầu mối của trục vít z_1 và góc nâng vòng xoắn trên hình trụ chia bằng biểu thức:

$$d_1 = \frac{m_s \cdot z_1}{\text{tg} \lambda} \quad (1-35)$$

(1.36)



Bánh vít có một gọi là đường kính ngoài D_{e2} còn một gọi là đường kính vòng đỉnh của bánh vít D_{e2} ;



(1.37)

Hình 1.18. Các thông số của trục vít và bánh vít
a- trục vít hình trụ; b- trục vít lõm.

Chiều dày vòng xoắn của trục vít (trên hình trụ chia) theo tiết diện pháp tuyến S_n được xác định bằng công thức:

$$S_n = \frac{\pi \cdot m_s}{2} \cos \alpha \quad (1.36)$$

Khoảng cách giữa các tâm của trục vít và bánh vít gọi là khoảng cách tâm A của bộ truyền trục vít - bánh vít.

Vòng tròn có đường kính d_2 nằm ở mặt phẳng trung bình của bánh vít và tiếp tuyến với hình trụ chia của trục vít gọi là vòng chia của bánh vít ($d_2 = m_s \cdot z_2$). Bước và môđun của bánh vít theo tiết diện mặt đầu bằng bước và môđun của trục vít theo tiết diện dọc trục.

Bánh vít khác bánh răng trụ ở chỗ là nó có hai đường kính ngoài: một gọi là đường kính ngoài D_{12} , còn một gọi là đường kính vòng đỉnh của bánh vít D_{e2} :

$$D_{e2} = 2A - d_1 + 2m_s \quad (1.37)$$

Prophin răng của bánh vít theo tiết diện dọc trục của các loại truyền động trục vít - bánh vít khác nhau thì không giống nhau. Bánh vít ăn khớp với trục vít Acsimet có profin răng thân khai, còn bánh vít ăn khớp với trục vít thân khai có profin răng thẳng.

Truyền động trục vít - bánh vít cũng có loại dịch chỉnh nhưng rất hiếm. Ở truyền động trục vít - bánh vít dịch chỉnh các đường kính đỉnh và đáy của trục vít không thay đổi, còn đường kính vòng tròn khởi xuất d_{1k} của nó thay đổi và bằng:

$$d_{1k} = d_1 + 2\xi m_s \quad (1.38)$$

ở đây: ξ - hệ số dịch chỉnh.

Bảng 1.7 là các công thức tính trục vít và bánh vít ăn khớp với trục vít Acsimet.

Bảng 1.8 là các công thức tính trục vít và trục vít lõm.

Truyền động bằng trục vít lõm có khả năng truyền lực và hệ số có ích lớn hơn so với truyền động bằng trục vít thông thường. Ở truyền động trục vít lõm thì trục vít bao lấy bánh vít theo cung của vòng tròn khởi xuất, vì vậy khi ăn khớp có nhiều răng cùng tham gia hơn truyền động bằng trục vít hình trụ. Hình dạng đặc biệt của răng bánh vít tạo điều kiện thuận lợi cho việc hình thành chêm dầu - yếu tố nâng cao tuổi thọ của bộ truyền.

Tuy nhiên, độ cứng vững của trục vít lõm phải cao hơn trục vít thông thường, bởi vì nếu độ cứng vững của nó không đủ có thể làm cho trục bị gãy khi làm việc.

Bảng 1.7. Công thức tính trục vít và bánh vít ăn khớp với trục vít Acsimet

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính	
			Trục vít	Bánh vít
Môđun hướng trục	mm	m_s	Chọn theo tiêu chuẩn	Chọn theo tiêu chuẩn
Bước dọc trục	mm	t_s	$t_s = m_s \cdot \pi$	-
Số đầu mối hoặc số răng	-	z_1, z_2	Chọn theo kết cấu $z_1 \leq 5$	Chọn theo kết cấu $z_2 \geq 30$
Bước đường xoắn	mm	t_B	$t_B = t_s \cdot z_1$	-
Chiều cao vòng xoắn (hoặc chiều cao răng)	mm	h	$h = 2,25m_s$	$h = 1,25m_s$
Chiều cao đầu vòng xoắn hoặc chiều cao răng	mm	h'	$h' = m_s$	$h' = m_s$
Chiều cao chân vòng xoắn hoặc chiều cao răng	mm	h''	$h'' = 1,25m_s$	$h'' = 1,25m_s$
Khe hở hướng kính	mm	c	$c = 0,25m_s$	$c = 0,25m_s$
Đường kính vòng chia	mm	d_1, d_2	Chọn theo kết cấu	$d_2 = m_s \cdot z_2$
Đường kính vòng đỉnh	mm	$d_e; D_e$	$d_e = d_1 + 2m_s$	$D_e = d_2 + 2m_s$
Đường kính vòng đáy	mm	$d_i; D_i$	$d_i = d_1 - 2,5m_s$	$D_i = d_2 - 2,5m_s$
Chiều dày vòng xoắn hoặc chiều dày răng theo vòng chia	mm	S_a	$S_a = \frac{t_s}{2} = \frac{m_s \cdot \pi}{2}$	$S_a = \frac{t_s}{2} = \frac{m_s \cdot \pi}{2}$
Khoảng cách tâm	mm	A	$A = \frac{d_1 + d_2}{2}$	
Góc nâng đường xoắn trên hình trụ khối xuất	độ	λ	$\lambda = \frac{m_s \cdot z_1}{d_1}$	

Tiết diện hướng trục của trục vít và tiết diện của mặt phẳng chính của bánh vít có dạng một thanh răng cung tròn.

Các đường thẳng nối tiếp theo các cạnh bên của thanh răng này tiếp tuyến với đường tròn d_o gọi là đường tròn prophin. Đường kính vòng tròn đi qua tiết diện nhỏ nhất của trục vít lõm gọi là đường kính của vòng tròn tính toán của trục vít d_1 . Vòng tròn của bánh vít tiếp xúc với vòng tròn

tính toán của trục vít gọi là vòng tròn tính toán của bánh vít và có đường kính d_2 .

Bảng 1.8. Công thức tính trục vít và trục vít lõm

Tên gọi	Đơn vị	Ký hiệu	Công thức tính	
			Trục vít	Bánh vít
Môđun hướng trục	mm	m_s	$m_s = \frac{2A}{q + z_2}$	
Khoảng cách tâm	mm	A	$A = d_1 + d_2 = 0,5m_s(q + z_2)$	
Số đầu mối hoặc số răng	-	$q; z_2$	Chọn theo kết cấu	
Đường kính vòng tròn prophin	mm	d_o	Chọn theo kết cấu	
Số răng của bánh răng nằm trong phạm vi trục vít	-	z_o	$4 < z_o < 7$	
Chiều cao đầu vòng xoắn hoặc chiều cao đầu răng	mm	h_1', h_2'	$2 < h_1' < 27$	$h_2' = h_1' - C$
Chiều cao chân vòng xoắn hoặc chân răng	mm	h_1'', h_2''	$2 < h_1'' < 15$	$h_2'' = h_1'' + C$
Khe hở hướng lỉnh	mm	c	$c = 0,2m_s$	$c = 0,2m_s$
Đường kính vòng tròn tính toán	mm	$d_1; d_2$	$d_1 = D_{e1} + 2h_1''$	$d_2 = 2A - d_1$
Đường kính vòng đỉnh	mm	$D_{e1}; D_{e2}$	$D_{e1} = D_{t1} + 2(h_1' + h_1'')$	$D_{e2} = d_2 + 2h_2'$
Đường kính vòng đáy	mm	$D_{i1}; D_{i2}$	Chọn theo kết cấu	$D_{i2} = d_2 = 2h''$
Góc giữa tiếp tuyến với vòng tròn prophin và bán kính vòng tròn tính toán	độ	β	$\sin\beta = \frac{d_o}{d_2}$	

Một nửa góc giữa các mặt bên của rãnh vòng xoắn của trục vít được ký hiệu là α_1 , còn một nửa góc giữa các mặt bên của rãnh của bánh vít được ký hiệu là α_2 .

Bước góc của bánh vít được xác định theo công thức:

$$\gamma_w = \frac{360^\circ}{z_2} \tag{1.39}$$

ở đây: z_2 - số răng của bánh vít.

Góc α_2 có quan hệ với góc α_1 và bước góc γ_w bằng biểu thức sau:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \frac{\gamma_w}{2} \tag{1.40}$$

CHƯƠNG 2

ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG VÀ BÁNH VÍT

2.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG VÀ BÁNH VÍT

Tính chất chung về độ chính xác của truyền động bánh răng và bánh vít như độ bền, tuổi thọ và độ làm việc êm phụ thuộc trước hết vào độ chính xác chế tạo và lắp ráp của chúng.

Các sai số của máy, của dao, sai số gá đặt phôi, biến dạng của hệ thống công nghệ và các yếu tố khác có ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác của bánh răng và bánh vít.

Để đảm bảo độ chính xác của bộ truyền, độ chính xác của bánh răng và bánh vít phải được xác định theo tiêu chuẩn Nhà nước. Tiêu chuẩn này qui định 12 cấp chính xác khác nhau.

Tiêu chuẩn độ chính xác của bánh răng và bánh vít được xác định khi thiết kế bộ truyền xuất phát từ công dụng, điều kiện làm việc, kích thước và các yếu tố khác của chúng.

Độ chính xác của bánh răng và bánh vít được đặc trưng bằng các chỉ tiêu sau đây:

- Độ chính xác động học.
- Độ ổn định khi làm việc.
- Độ chính xác tiếp xúc.
- Khé hở mặt bên.

Độ chính xác động học đặc trưng sai số góc quay (1 vòng) của bánh răng hoặc bánh vít. Độ chính xác này rất quan trọng đối với các truyền động có tính đến góc quay như truyền động phân độ của các máy cắt răng hoặc các cơ cấu đo đếm v.v.

Độ ổn định khi làm việc đặc trưng cho độ ổn định của tốc độ quay của bộ truyền động trong một vòng quay của bánh răng hoặc bánh vít. Dao động của tốc độ quay sẽ gây ra tải trọng động học, rung động và

tiếng ồn của bộ truyền. Độ chính xác này rất quan trọng đối với truyền tải lực làm việc với tốc độ lớn.

Độ chính xác tiếp xúc có ảnh hưởng đến mức độ tập trung tải trọng trên các vùng khác nhau của bề mặt răng, ảnh hưởng đến độ bền và tuổi thọ của bộ truyền. Độ chính xác tiếp xúc được đặc trưng bằng vết tiếp xúc (diện tích và hình dáng) của mặt răng khi ăn khớp trong bộ truyền. Độ chính xác này rất quan trọng đối với các bộ truyền có tải trọng lớn và tốc độ thấp.

Khe hở mặt bên là khe hở giữa các răng trong bộ truyền. Nếu khe hở mặt bên được đảm bảo thì có thể tránh được hiện tượng kẹt răng khi ăn khớp. Cần nhớ rằng khe hở mặt bên được xác định không phải bằng mức độ chính xác của bộ truyền mà bằng công dụng và điều kiện sử dụng của nó. Đối với các điều kiện sử dụng của bộ truyền, trước hết phải kể đến điều kiện nhiệt độ khi làm việc và độ an toàn bôi trơn cho bộ truyền. Ví dụ, đối với các bộ truyền có tính đến góc quay cần có khe hở mặt bên nhỏ, còn đối với các bánh răng trong các tuabin, tốc độ cao lại cần có khe hở mặt bên lớn.

Xuất phát từ điều đó, người ta qui định 4 cấp khe hở mặt bên của bộ truyền như sau:

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

Trong đó, bộ truyền có khe hở trung bình được dùng rộng rãi nhất.

2.2. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG TRỤ

Độ chính xác của bánh răng trụ (răng thẳng, răng nghiêng và răng hình chữ V) được qui định theo tiêu chuẩn ISO và TCVN cho các môđun $m=1 \div 50$ mm, góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$ và đường kính vòng chia ≤ 5000 mm.

Theo tiêu chuẩn ISO và TCVN thì độ chính xác của bánh răng trụ được chia ra 12 cấp, trong đó cấp 1 có độ chính xác cao nhất và cấp 12 có độ chính xác thấp nhất. Tuy nhiên, trong thực tế người ta chỉ dùng các cấp chính xác từ 3 ÷ 11 và trong ngành chế tạo máy các cấp chính xác 5 ÷ 9 được dùng nhiều nhất.

Chỉ tiêu tổng hợp của sai số động học của bánh răng trụ là sai số động học của bánh răng ΔF_{Σ} , nó được xác định bằng sai số góc quay của bánh răng trong một vòng quay.

Sai số động học của bánh răng xuất hiện trong quá trình cắt răng chủ yếu là do sai số động học của máy, sai số gá đặt phôi và dụng cụ.

Các thành phần của chỉ tiêu sai số động học bao gồm:

- Sai số tích lũy bước vòng Δt_{Σ} .
- Độ đảo hướng kính của vành răng c_o .
- Dao động khoảng pháp tuyến chung $\Delta_o L$.
- Sai số bao hình $\Delta \varphi_{\Sigma}$.
- Dao động khoảng cách tâm trong một vòng quay của bánh răng $\Delta_o a$.

Chỉ tiêu tổng hợp đánh giá độ ổn định khi làm việc là sai số chu kỳ ΔF . Nguyên nhân gây ra sai số chu kỳ là sai số của máy, sai số gá đặt của dụng cụ cắt và phôi. Khi sai số chu kỳ lớn, bộ truyền làm việc có va đập, có tải trọng động và tiếng ồn tăng. Các thành phần của chỉ tiêu đánh giá độ ổn định khi làm việc bao gồm:

- Sai số bước cơ sở Δt_o .
- Sai số bước vòng Δt .
- Sai số prophin Δf .
- Dao động khoảng cách tâm khi bánh răng quay được một răng $\Delta_y a$.

Chỉ tiêu tổng hợp đánh giá vết tiếp xúc của bộ truyền là chiều dài và chiều cao của vết tiếp xúc trên bề mặt răng. Các thành phần của chỉ tiêu đánh giá vết tiếp xúc bao gồm:

- Sai số phương của răng ΔB_o .
- Độ không song song của các đường tâm Δx .
- Độ lệch chéo của các đường tâm Δy .
- Sai số của bước hướng trục ΔB_{Σ} .
- Sai số hình dáng và vị trí của đường tiếp xúc ΔB_o .
- Độ không thẳng của đường tiếp xúc ΔB_n .

Chỉ tiêu tổng hợp khe hở mặt bên là lượng xô dịch của biên dạng khối xuất của thanh răng Δh . Các thành phần của chỉ tiêu khe hở mặt bên bao gồm:

- Sai lệch khoảng pháp tuyến chung ΔL .
- Sai số chiều dày của răng theo dây cung cố định ΔS_{nx} .
- Sai số của kích thước đo theo hai con lăn ΔM .
- Sai lệch khoảng cách tâm.

Đối với bánh răng trụ, phương pháp khách quan và chính xác nhất để đánh giá độ chính xác là kiểm tra theo chỉ tiêu tổng hợp. Tuy nhiên, cách kiểm tra này không phải lúc nào cũng áp dụng được vì lý do thiếu dụng cụ đo và các điều kiện sản xuất cụ thể khác. Do đó trong thực tế có thể chỉ cần kiểm tra các thông số thành phần để đánh giá độ chính xác của bánh răng bởi vì các thông số này có liên quan mật thiết với nhau.

2.3. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG CÔN

Độ chính xác gia công của bánh răng côn (răng thẳng, răng nghiêng và răng cong) với các môđun $m = 1 \div 30$ mm và đường kính vòng chia ≤ 2000 mm được xác định theo tiêu chuẩn ISO và TCVN. Theo các tiêu chuẩn này thì độ chính xác của bánh răng côn cũng được chia ra 12 cấp, tuy nhiên việc chế tạo bánh răng côn có độ chính xác cao khó hơn so với bánh răng trụ cho nên độ chính xác của bánh răng côn chỉ được qui định cho các cấp chính xác từ 5 đến 11.

Mỗi một cấp chính xác của bánh răng côn cũng chứa 4 dạng tiêu chuẩn:

- Độ chính xác động học.
- Độ ổn định khi làm việc.
- Độ chính xác tiếp xúc.
- Khe hở mặt bên.

Chỉ tiêu tổng hợp của độ chính xác động học của bánh răng côn là sai số động học của bánh răng ΔF_{Σ} . Các thành phần của chỉ tiêu này bao gồm:

- Sai số tích lũy bước vòng Δl_{Σ} .
- Độ đảo vành răng e_{α} .
- Sai số bao hình $\Delta \varphi_{\Sigma}$.
- Dao động khe hở mặt bên $\Delta_0 Cu$.
- Dao động góc tâm $\Delta_0 \rho_u$.

Chỉ tiêu tổng hợp của độ ổn định khi làm việc là sai số chu kỳ ΔF . Các thành phần của chỉ tiêu này bao gồm:

- Sai số bước vòng Δt_c .
- Sai số của hiệu các bước vòng Δt .
- Dao động của góc tâm trên một răng $\Delta \gamma_{\alpha}$.

Chỉ tiêu tổng hợp của vết tiếp xúc là chiều dài và chiều cao của vết tiếp xúc trên bề mặt răng. Các thành phần của chỉ tiêu vết tiếp xúc bao gồm:

- Độ không giao nhau của các đường tâm Δa .
- Lượng xô dịch của đỉnh côn chia ΔK .

Chỉ tiêu tổng hợp của khe hở mặt bên là lượng mòn của răng ΔS .

Các thành phần của chỉ tiêu này bao gồm:

- Sai số giới hạn của góc tâm $\Delta \varphi_u$.
- Sai số góc tâm $\Delta \varphi_n$.

2.4. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Tiêu chuẩn ISO và TCVN chia truyền động trục vít - bánh vít (hay gọi tắt là truyền động bánh vít) ra hai nhóm:

1. Bộ truyền động học trong đó qui định điều chỉnh vị trí của trục vít và bánh vít theo khoảng cách tâm và vị trí của mặt phẳng trung bình của bánh vít.

2. Bộ truyền lực không qui định điều chỉnh như ở nhóm 1. Các tiêu chuẩn ISO và TCVN qui định bộ truyền động học cho các môđun hướng trục $m = 1 \div 16 \text{ mm}$ và đường kính vòng chia của bánh vít $\leq 5000 \text{ mm}$. Bộ truyền động học có 4 cấp chính xác: 3, 4, 5 và 6.

Các tiêu chuẩn ISO và TCVN qui định bộ truyền lực cho các môđun $m = 1 \div 30 \text{ mm}$ và đường kính vòng chia của trục vít $\leq 400 \text{ mm}$ và đường kính vòng chia của bánh vít $\leq 2000 \text{ mm}$. Bộ truyền lực có 5 cấp chính xác: 5, 6, 7, 8 và 9.

Các tiêu chuẩn ISO và TCVN qui định các tiêu chuẩn độ chính xác của trục vít, bánh vít, của bộ truyền và cả tiêu chuẩn khe hở mặt bên.

Khe hở mặt bên của bộ truyền bánh vít được qui định theo lượng mòn của vòng xoắn trục vít.

CHƯƠNG 3

CHẾ TẠO PHÔI BÁNH RĂNG

Tuỳ theo mục đích sử dụng mà bánh răng được chế tạo từ các vật liệu khác nhau như thép, gang, kim loại màu, chất dẻo v.v... Mỗi một loại vật liệu đều thoả mãn những yêu cầu riêng, đặc biệt là dùng cho chế tạo ô tô, máy kéo, máy bay, các máy công cụ v.v...

Thép là vật liệu có khả năng truyền tải lớn, độ bền uốn, độ bền tiếp xúc và độ chống mòn cao.

Để giảm tiếng ồn, bánh răng được chế tạo bằng gang và chất dẻo. Các vật liệu này so với thép có giá thành thấp hơn, tính gia công tốt hơn, nhưng bánh răng chế tạo bằng các loại vật liệu này truyền lực kém hơn các bánh răng bằng thép.

Chọn phương pháp chế tạo phôi phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của chi tiết, vật liệu và công dụng của nó, sản lượng hàng năm và các yếu tố khác. Phương pháp tốt nhất là phương pháp có giá thành chế tạo phôi và gia công cơ thấp nhất. Yếu tố quan trọng nhất khi chọn phương pháp chế tạo phôi là tiết kiệm vật liệu. Tiết kiệm vật liệu đạt được nhờ giảm lượng dư gia công cơ và tăng độ chính xác của phôi (kích thước của phôi gần giống kích thước của chi tiết).

3.1. ĐÚC

Đúc là một phương pháp chế tạo phôi truyền thống. Có nhiều phương pháp đúc khác nhau.

- *Đúc trong khuôn kim loại.* Đúc trong khuôn kim loại được dùng để chế tạo phôi bánh răng trụ răng thẳng, bánh răng côn răng thẳng và đai quai bánh răng. Phôi bánh răng được chế tạo bằng cách rót kim loại nóng chảy vào khuôn thép. Độ chính xác của phôi bánh răng phụ thuộc vào độ chính xác của khuôn kim loại, kích thước và hình dáng của chi tiết và chất lượng của kim loại nóng chảy. Các bánh răng được chế tạo bằng phương pháp đúc trong khuôn kim loại mà không cần gia công cơ bổ sung, được dùng trong các cơ cấu truyền động với tốc độ thấp và khe hở mặt bèn lớn.

- *Đúc áp lực.* Đúc áp lực được dùng để chế tạo bánh răng từ kim loại màu. Khi đúc kim loại nóng chảy dưới áp lực và tốc độ cao được rót vào khuôn thép (khuôn được nhiệt luyện đạt độ cứng nhất định). Bằng phương pháp này có thể chế tạo được các bánh răng ăn khớp ngoài và ăn khớp trong. Từ hợp kim kẽm có thể đúc được các bánh răng có môđun $m \geq 0,3$ mm, từ các hợp kim nhẹ có thể đúc được các bánh răng có môđun $\geq 0,5$ mm và từ hợp kim đồng - có môđun $m \geq 1,5$ mm. Đối với các bánh răng đúc áp lực từ hợp kim kẽm nhìn chung không cần phải gia công cơ hồ sung mặt răng, còn các bánh răng đúc áp lực từ hợp kim nhẹ và hợp kim đồng cần phải qua gia công cơ hồ sung, do đó phải để lại lượng dư cho bề mặt răng.

- *Đúc trong khuôn nóng chảy.* Đúc trong khuôn nóng chảy được dùng để chế tạo phôi hoặc bánh răng từ thép và kim loại màu có hình dáng phức tạp. Quá trình đúc được thực hiện trong khuôn gồm có độ chính xác cao tương ứng với biên dạng của phôi. Phương pháp đúc này có độ chính xác cao, phần lớn các bề mặt chỉ cần gia công tinh lần cuối. DUNG sai kích thước của phôi đúc trong khuôn nóng chảy khoảng $\pm 0,3$ mm hay 0,7% kích thước danh nghĩa.

Bánh vít được đúc từ đồng thau có lượng dư để gia công cơ. Bánh vít bằng đồng được lắp trên vành thép hoặc vành gang. Các bánh vít bằng đồng có kích thước nhỏ được chế tạo liền một khối.

DUNG sai của kích thước phôi đúc gang được trình bày trong bảng 3.1 Cấp chính xác I có độ chính xác cao hơn các cấp chính xác II và III.

Bảng 3.2 là lượng dư gia công cơ phôi gang đúc.

Bảng 3.1. DUNG sai của kích thước phôi đúc gang

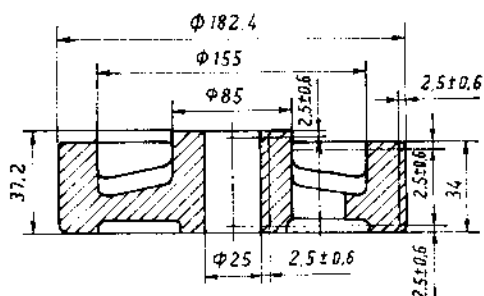
Kích thước khuôn khổ của phôi (mm)	Kích thước danh nghĩa (mm)											
	< 50			50 ÷ 120			120 ÷ 260			260 ÷ 500		
	Cấp chính xác											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<120	±0,2	-	-	±0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
120 ÷ 260	±0,3	±0,5	-	±0,4	±0,8	-	±0,6	±1,0	-	-	-	-
260 ÷ 500	±0,4	±0,8	±1,0	±0,6	±1,0	±1,5	±0,8	±1,2	±2,0	±1,0	±1,5	±2,5
500 ÷ 1250	±0,6	±1,0	±1,2	±0,8	±1,2	±1,8	±1,0	±1,5	±2,2	±1,2	±2,0	±3,0

Bảng 3.2. Lượng dư gia công cơ phôi gang đúc

Kích thước khôn khổ của phôi (mm)	Kích thước danh nghĩa (mm)											
	< 50		50 ÷ 120			120 ÷ 260			260 ÷ 500			
	Cấp chính xác											
	I	II	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
<120	2,5	3,5	2,5	4,0	4,5	-	-	-	-	-	-	
	2,0	2,5	2,0	3,0	3,5							
120 ÷ 260	2,5	4,0	3,0	4,5	5,0	3,0	5,0	5,5	-	-	-	
	2,0	3,0	2,5	3,5	4,0	2,5	4,0	4,5				
260 ÷ 500	3,5	4,5	3,5	5,0	6,0	4,0	6,0	7,0	4,5	6,5	7,0	
	2,5	3,5	3,0	4,0	4,5	3,5	4,5	5,0	3,5	5,0	6,0	
500 ÷ 800	4,5	5,0	4,5	6,0	7,0	5,0	6,5	7,0	5,5	7,0	8,0	
	3,5	4,0	3,5	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0	4,5	5,0	6,0	
800 ÷ 1250	5,0	6,0	5,0	7,0	7,0	6,0	7,0	8,0	6,5	7,5	8,0	
	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0	4,5	5,0	6,0	4,5	5,5	6,0	

Hình 3.1 là phôi bánh răng bằng gang xám.

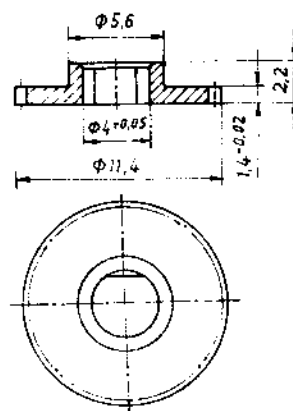
Ngoài những bánh răng kim loại, gần đây trong ngành chế tạo máy người ta sử dụng rộng rãi các bánh răng chất dẻo. Các loại bánh răng này cũng được chế tạo bằng phương pháp đúc. Ưu điểm chính của bánh răng chất dẻo (bánh răng nhựa) là tiết kiệm kim loại và giảm trọng lượng. Các bánh răng được chế tạo từ chất dẻo thường là các bánh răng trụ răng thẳng và răng nghiêng. Bánh răng chất dẻo được dùng rộng rãi trong các máy đo đếm, trong các máy điện thoại, máy vô tuyến v.v... Nhờ có tính đàn hồi cho nên các bánh răng chất dẻo trong nhiều trường hợp làm việc không có khe hở vẫn giảm được tiếng ồn và chống được ma sát.



Hình 3.1. Phôi bánh răng bằng gang xám

Độ chính xác của bánh răng chất dẻo (không qua gia công cơ) đạt cấp 8 - 9. Dung sai của các kích thước bánh răng là 0,02 mm hoặc là 0,3% kích thước danh nghĩa (hình 3.2).

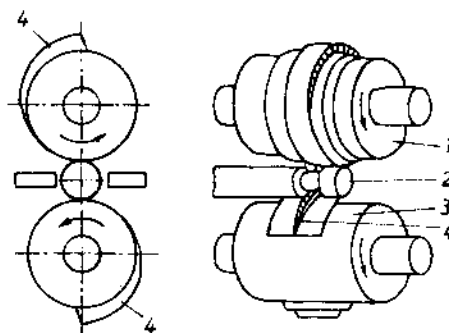
Các yếu tố quan trọng xác định chất lượng và độ chính xác của các bánh răng chất dẻo là kết cấu của bánh răng, độ chính xác của khuôn và phương pháp gia công. Phương pháp chế tạo bánh răng chất dẻo tốt nhất là đúc áp lực. Ngoài ra, người ta còn dùng phương pháp ép nóng để chế tạo bánh răng chất dẻo. Chất lượng của bánh răng phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu và của khuôn ép, áp lực ép và thời gian làm nguội.



Hình 3.2. Bánh răng chất dẻo.

3.2 CÁN

Phương pháp cán bằng các con lăn được dùng để chế tạo phôi trụ có bậc (hình 3.3). Trong quá trình gia công phôi 2 tự động quay giữa hai con lăn 1, 3. Hai con lăn này được lắp trên các trục song song với nhau. Trên bề mặt các con lăn có lắp các đường hình chêm 4, các đường hình chêm này trong quá trình quay dần dần ăn sâu vào phôi để tạo ra hình dáng theo yêu cầu. Sau một vòng quay của các con lăn phôi hoàn toàn được gia công. Nếu chiều dài của phôi không lớn có thể cán hai hoặc nhiều phôi cùng một lúc. Phương pháp cán này so với phương pháp dập nóng trên máy búa hoặc máy ép cho phép giảm vật liệu được 10 - 15% nhờ giảm được lượng dư gia công (lượng dư gia công có giảm từ $2 \div 2,5$ mm xuống còn $1 \div 1,5$ mm). Năng suất của máy cán có thể đạt $360 \div 900$ chi tiết trong một giờ.

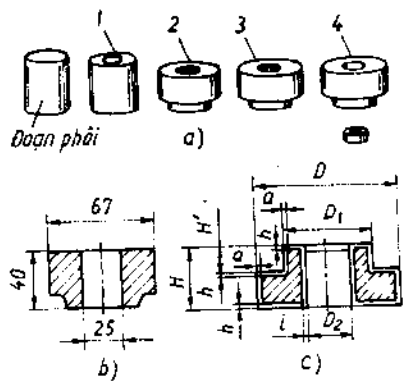


Hình 3.3. Các sơ đồ cán phôi bánh răng
1, 3- các con lăn; 2- phôi; 4- đường hình chêm.

3.3. CHÈN NÓNG TRÊN MÁY TỰ ĐỘNG NHIỀU VỊ TRÍ

Phương pháp này được dùng để gia công phôi dạng đĩa, các vòng ổ bi v.v... Qui trình công nghệ chèn hoàn toàn được tự động hoá. Vật liệu ban

đầu là phôi thanh cán nóng. Các phôi thanh nằm trên giá treo được tự động chuyển đến lò nung cảm ứng để nung nóng tới nhiệt độ rèn. Các con lăn của cơ cấu chạy dao đẩy các phôi sau khi được nung nóng tới máy dập nóng nằm ngang. Tại vị trí cắt đoạn, phôi thanh được cắt thành từng đoạn và được chuyển tới cối dập.



Hình 3.4. Chế tạo phôi bánh răng trên máy tự động nhiều vị trí.

a- các bước chồn phôi; b- kích thước phôi cơ bản. 1- chồn sơ bộ; 2- chồn thô; 3- chồn tinh; 4- đốt lò.

Ở vị trí đầu tiên 1 (đôi khi hai vị trí) thực hiện quá trình chồn sơ bộ (hình 3.4a) để đạt được sự phân bố đều vật liệu và tẩy sạch vảy sắt. Tại vị trí 2: chồn thô, còn tại vị trí 3, chồn tinh. Vị trí 4 được dùng để đốt lò.

Phôi được hình thành trong khuôn hò, do đó nó không có ba vĩa. Bề mặt của phôi sạch, tính chất cơ lý của phôi tốt, độ chính xác cao (bảng 3.3) và lượng dư gia công cơ nhỏ (bảng 3.4).

Bảng 3.3. Dung sai kích thước phôi (mm)

Kích thước phôi	Đường kính danh nghĩa của phôi (mm)			
	35	65	90	120
Đường kính D và D ₁	+0,2	+0,3	+0,4	+0,4
Đường kính D ₂	-0,3	-0,4	-0,6	-0,6
Chiều cao H và H'	±0,2	±0,25	±0,3	±0,3
Hiệu chiều dày thành	0,5	0,6	0,8	1,0

Bảng 3.4. Lượng dư một phía của phôi (mm)

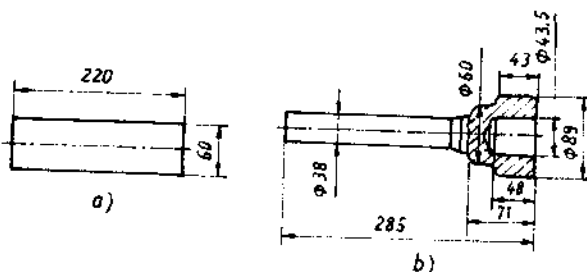
Kích thước phôi	Đường kính của phôi D (mm)			
	30	50	80	120
a	0,35	0,5	0,65	0,75
h	0,6	0,6	0,8	1,0
i	0,5	0,75	1,0	1,2

Chế tạo phôi trên máy tự động nhiều vị trí có thể giảm được 25% khối lượng vật liệu so với phôi được chế tạo trên máy dập nằm ngang. Năng suất của máy đạt 70 ÷ 100 chiếc/phút. Khi chồn phôi có đường kính

67 mm và chiều cao 40 mm (hình 3.4b) năng suất của máy tự động nhiều vị trí đạt 70 chiếc/phút, còn lượng dư chiếm khoảng 6% trọng lượng của phôi.

3.4. DẬP NGUỘI THỂ TÍCH

Dập nguội thể tích được dùng trong chế tạo máy để chế tạo các chi tiết có hình dạng phức tạp và các bánh răng, đặc biệt là các phôi trục răng trụ và trục răng côn (hình 3.5).



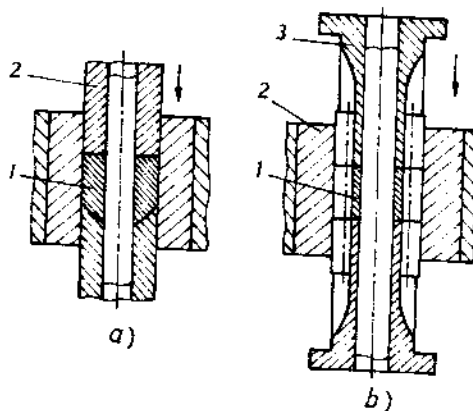
Hình 3.5. Phôi trục răng
a- đoạn phôi; b- phôi trục răng.

Dung sai của đường kính ngoài và đường kính trong nằm trong khoảng $0,2 \div 0,25$ mm.

Phương pháp dập nguội thể tích được dùng để chế tạo bánh răng hoặc các chi tiết khác bằng thép có lượng cacbon $0,15 \div 0,4\%$. Nếu lượng cacbon lớn hơn $0,45\%$ thì khi dập cần phải nung nóng phôi tới nhiệt độ thích hợp.

3.5. ÉP KIM LOẠI BỘT

Phương pháp này được dùng để chế tạo phôi bánh răng trụ, răng côn làm việc trong các loại máy bơm, các bộ ly hợp an toàn v.v... Vật liệu thường là các loại bột sắt có trộn thêm các thành phần hợp kim như niken, crôm, môlipden v.v. Các loại bột này được trộn đều với nhau và cân chính xác trọng lượng, sau đó đem ép ở trạng thái nguội trong bộ khuôn hở (hình 3.6a) dưới áp lực của chày ép 2.



Hình 3.6. Sơ đồ ép bánh răng từ kim loại bột
a- ép nguội phôi bánh răng; 1- phôi bánh răng;
2- chày ép; b- ép nóng bánh răng;
1- bánh răng; 2- chốt ép; 3- chày ép.

Phôi bánh răng sau khi ép được thiêu kết trong lò với

nhệt độ $1150 \div 1350^{\circ}\text{C}$, gần với nhiệt độ nóng chảy của kim loại nền (thép). Sau khi thiêu kết xong, phôi bánh răng lại được nung nóng tới nhiệt độ $800 \div 1100^{\circ}\text{C}$ và đem ép thành bánh răng trong bộ khuôn hồ (hình 3.6b). Sơ đồ trên hình 3.6b gồm có cối ép vành răng 2, chày ép 3 để ép thành bánh răng 1. Quá trình làm nguội chi tiết được thực hiện trong môi trường có khí bảo vệ. Tùy thuộc vào công dụng của bánh răng mà chúng phải qua gia công cơ sở sung và nhiệt luyện.

Để ép bánh răng từ kim loại bột người ta có thể ứng dụng dây chuyền tự động. Quá trình ép trên dây chuyền tự động bao gồm các bước say dây: cân bột và cho vào vỏ dụng mềm ở trạng thái khô, thiêu kết ở nhiệt độ cao (1315°C); ép nóng trên máy ép lệch tâm. Tất cả các bước đều do máy thực hiện, kể cả tự động kiểm tra chất lượng ở mỗi công đoạn của quá trình.

Dây chuyền tự động này cho phép chế tạo bánh răng côn răng thẳng của bộ vi sai ô tô. Các bánh răng được chế tạo có trọng lượng $75 \div 1000$ gram và đường kính lớn nhất là 114 mm.

Năng suất của dây chuyền đạt $360 \div 450$ chi tiết/giờ. Các bánh răng côn này sau khi thấm than và nhiệt luyện không cần phải gia công cơ sở sung, độ chính xác của chúng tương ứng với độ chính xác của các bánh răng được gia công bằng phương pháp chuốt vòng (dùng dao chuốt hình tròn). Tuy nhiên các mặt chuẩn (lỗ và mặt đầu) cần được sửa tinh để nâng cao độ chính xác khi lắp ráp. Độ mịn của các kim loại cùng các cơ tính tương đương với các bánh răng được ép bằng phương pháp thông thường.

Phương pháp ép kim loại bột nói chung cho phép tiết kiệm đáng kể vật liệu, ví dụ, chế tạo 1 tấn phôi từ kim loại bột có thể tiết kiệm được 2 tấn thép cán.

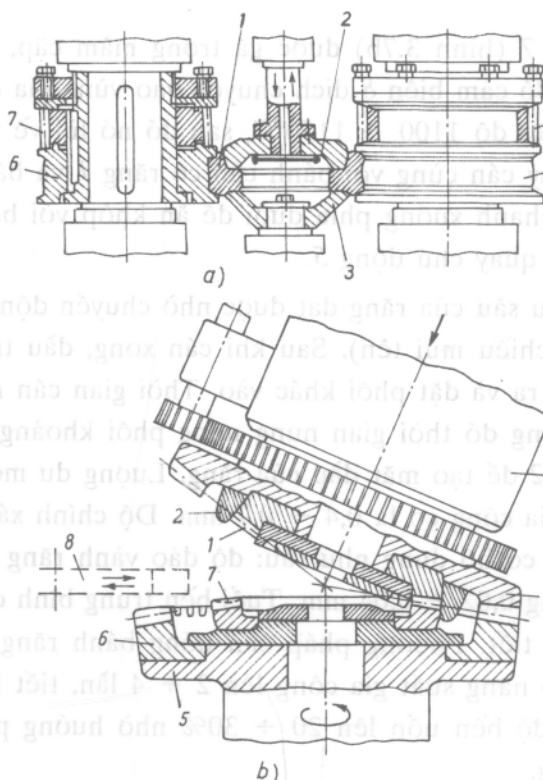
3.6. CÁN NÓNG BÁNH RĂNG TRỤ

Phương pháp này được ứng dụng ở các nhà máy chế tạo ô tô ở một số nước trên thế giới để cán bánh răng trụ có môđun lớn hơn 6 mm thay cho bước cắt răng thô. Phôi 1 (hình 3.7a) được đặt giữa hai chi tiết hình cốc 2, 3 của đồ gá máy cán răng. Tại đây, phôi được nung nóng bằng dòng điện cao tần tới nhiệt độ $1100 \div 1150^{\circ}\text{C}$.

Các răng của bánh răng được cán qua hai bước:

- Bước 1: các con lăn nhẵn 5, 6 cán phôi nung để đạt kích thước ngoài của bánh răng.

- Bước 2: phôi bánh răng cùng bộ cảm biến (để nung nóng) dịch chuyển đến vị trí của các con lăn có răng và sau khi nung nóng lần thứ hai, các răng được cán bằng các con lăn có răng 4, 7. Thời gian cán bánh răng có môđun $m = 6\text{ mm}$, số răng $z = 46$, bề rộng $b = 70\text{ mm}$ là $2 \div 4$ phút.



Hình 3.7. Sơ đồ cán nóng bánh răng

- a- bánh răng trụ: 1- phôi; 2, 3- các chi tiết hình cốc;
4, 7- các con lăn có răng; 5, 6- các con lăn nhẵn;
8- bộ tự cảm; b- bánh răng côn:
1- bánh cán có răng; 2- gờ chặn; 3- đầu trên;
4- bánh răng đồng bộ trên; 5- bàn quay;
6- bánh răng đồng bộ dưới; 7- phôi; 8- bộ cảm biến.

Vì kích thước của bánh răng sau khi cán có độ chính xác không cao cho nên sau khi cán nóng cần gia công cơ sở sung. Theo thực tế thì bánh răng sau khi cán nóng có độ chính xác như sau: độ đảo hướng kính $0,8 \div 1\text{ mm}$, dao động khoảng pháp tuyến chung $0,5 \div 0,7\text{ mm}$, lượng dư một phía của mặt răng $1,5 \div 2\text{ mm}$. Tuổi bền của các con lăn có răng đạt $2500 \div 3000$ chi tiết.

Sử dụng phương pháp cán nóng bánh răng trụ cho phép tiết kiệm được 20% trọng lượng phôi, tăng độ bền của răng lên $20 \div 30\%$ và giảm được khối lượng gia công cơ sở khoảng $30 \div 40\%$.

3.7. CÁN NÓNG BÁNH RĂNG CÔN RĂNG CONG

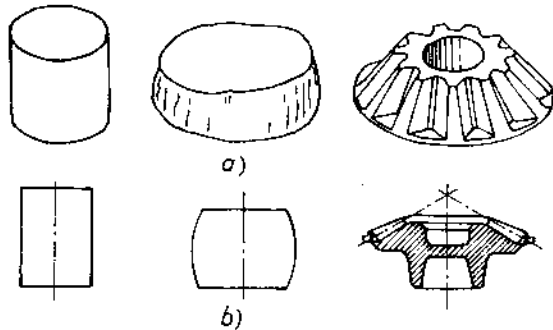
Phương pháp này được dùng để cán răng côn (thay cho cắt thô) có môđun mặt đầu $m_s = 8,017\text{ mm}$; số răng $z = 40$; chiều dài răng $b = 42,5\text{ mm}$, góc xoắn của răng $\beta_m = 33^\circ 37'$, vật liệu là thép 12X2H4A.

Phôi 7 (hình 3.7b) được gá trong mâm cặp, mâm cặp nằm trên bàn quay 5. Bộ cảm biến 8 dịch chuyển vào vùng gia công để nung nóng phôi 7 tới nhiệt độ $1100 \div 1150^{\circ}\text{C}$, sau đó nó lùi về vị trí ban đầu. Dầu trên 3 của máy cán cùng với bánh cán có răng 1 và bánh răng đồng bộ 4 dịch chuyển nhanh xuống phía dưới để ăn khớp với bánh răng đồng bộ 6, lắp trên bàn quay chủ động 5.

Chiều sâu của răng đạt được nhờ chuyển động chạy dao của dầu trên 3 (theo chiều mũi tên). Sau khi cán xong, dầu trên 3 lùi lên, bánh răng được lấy ra và đặt phôi khác vào. Thời gian cán một bánh răng khoảng 3 phút, trong đó thời gian nung nóng phôi khoảng 55 giây. Bánh cán 1 có gờ chặn 2 để tạo mặt đầu của răng. Lượng dư một phía của răng sau khi cán để gia công cơ là $0,4 \div 0,7$ mm. Độ chính xác của bánh răng sau khi gia công cơ bố dụng như sau: độ đảo vành răng $0,1 \div 0,2$ mm, hiệu các bước vòng $0,02 \div 0,04$ mm. Tuổi bền trung bình của các bánh cán khoảng 3500 chi tiết. Phương pháp cán nóng bánh răng côn trên dây cho phép nâng cao năng suất gia công lên $2 \div 4$ lần, tiết kiệm vật liệu $20 \div 25\%$ và tăng độ bền uốn lên $20 \div 30\%$ nhờ hướng phân bố các thớ vật liệu trên răng.

3.8. DẬP NÓNG BÁNH RĂNG CÔN RĂNG THẲNG

Dập nóng bánh răng côn răng thẳng được dùng để chế tạo các bánh răng trong bộ vi sai của ô tô với môđun ≥ 5 mm. Hình 3.8 là các sơ đồ dập nóng phôi bánh răng côn răng thẳng.



Hình 3.8. Các sơ đồ cán nóng phôi bánh răng côn răng thẳng:
a- bánh răng hành tinh; b- bánh răng lắp đầu trục của ô tô.

Bánh răng hành tinh có số răng $z_1 = 11$, môđun mặt đầu $m_s = 6,35$ mm, chiều cao răng lớn nhất (mặt đầu)

$h_{\max} = 12,61$ mm, chiều dài răng $b = 30$ mm, vật liệu thép 18 XTT được dập nóng trên máy dập với lực $25 \cdot 10^7 \text{ N}$ qua hai bước (hình 3.8a). Phôi được nung nóng tới nhiệt độ $1230 \div 1260^{\circ}\text{C}$ rồi được dập tạo hình răng, sau đó bước đột lỗ và cắt bavie được thực hiện trong một khuôn tổng hợp

(đột lỗ và cắt bavia) khác. Năng suất gia công của máy đạt 120 chi tiết /giờ. Tuổi bền trung bình của khuôn dập đạt $3500 \div 4000$ chi tiết.

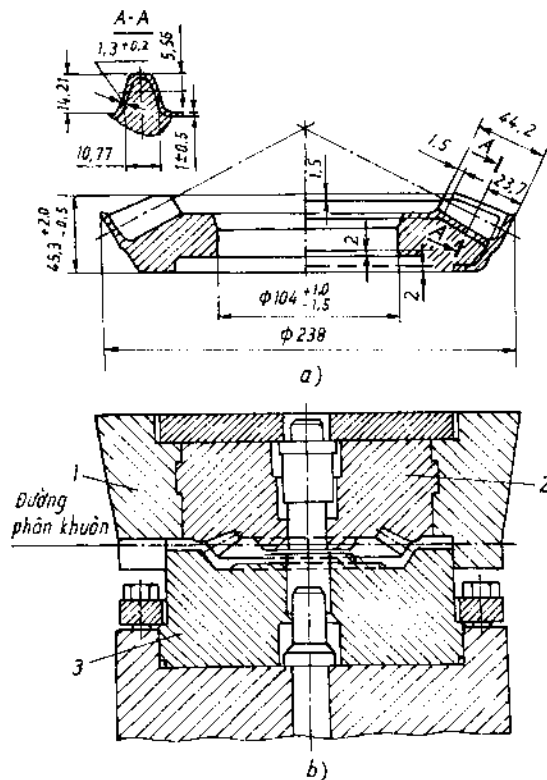
Bánh răng lắp đầu trục (hình 3.8b) có số răng $z_2 = 22$ mm, môđun mặt đầu $m_s = 6,35$ mm, chiều cao răng lớn nhất (mặt đầu) $h_{\max} = 12,61$ mm; chiều dài răng $b = 30$ mm, vật liệu thép 25 XGT cũng được dập nóng trên máy dập với lực 25.10^7 N qua hai bước. Tuổi bền của khuôn dập đạt $5000 \div 6000$ chi tiết.

Phương pháp dập nóng các bánh răng côn răng thẳng trên máy cho phép tiết kiệm vật liệu khoảng $20 \div 25\%$, giải phóng được một số công nhân, một số máy và giảm được diện tích sản xuất v.v...

3.9. DẬP NÓNG BÁNH RĂNG CÔN RĂNG CONG

Phương pháp này được dùng để dập bánh răng côn cong (dạng thô) có số răng $z_2 = 25$, môđun mặt đầu $m_s = 9$ mm, góc xoắn của răng $\beta_m = 35^\circ$, chiều dài răng $b = 38$ mm, chiều cao lớn nhất của răng (mặt đầu) $h_{\max} = 16,99$ mm, vật liệu thép 18XGT (hình 3.9). Phôi được cắt từ thép cán có đường kính 100 mm và được nung nóng trong lò cảm ứng tới nhiệt độ rên, sau đó đem dập qua hai bước: dập thô tạo hình dáng và dập tinh tạo vành răng. Năng suất gia công đạt 85 chi tiết/giờ.

Đường phân khuôn của khuôn dập đi qua đường kính lớn nhất của phôi. Phần trên 1 của khuôn được định



Hình 3.9. Dập nóng bánh răng côn cong
a- phôi bánh răng; b- khuôn dập:
1- phần trên của khuôn; 2- chày; 3- cối.

tâm bằng phần dưới 3 với khe hở $0,3 \div 0,4$ mm. Phần chính của khuôn là cối đập có răng 2 để tạo hình vành răng. Các răng của cối đập được gia công bằng phương pháp ăn mòn điện cực. Trong trường hợp này điện cực dụng cụ là bánh răng graphit (bánh răng than chì).

Phương pháp dập bánh răng côn cong trên dây cho phép tăng độ bền uốn lên $20 \div 30\%$ so với các bánh răng được chế tạo bằng các phương pháp khác.

PHẦN II

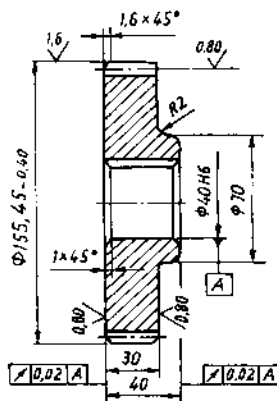
CHẾ TẠO BÁNH RĂNG VÀ BÁNH VÍT BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT GỌT

CHƯƠNG 4

CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

4.1. YÊU CẦU ĐỐI VỚI BẢN VẼ BÁNH RĂNG

Bản vẽ bánh răng được dùng để thiết kế qui trình công nghệ và điều chỉnh máy mà không cần các tính toán bổ sung. Hình 4.1 là ví dụ bản vẽ bánh răng trụ răng nghiêng.



Môđun	m	3
Số răng	z	48
Góc nghiêng	β	15
Hướng nghiêng	-	phải
Hệ số dịch chỉnh		0
Cấp chính xác	-	6 ÷ 8
Chiều dài khoảng pháp tuyến chung	L_n	53,131
Đường kính vòng chia	d	149,447

Hình 4.1. Ví dụ bản vẽ bánh răng trụ răng nghiêng

Nhìn chung trên bản vẽ của bánh răng cần chỉ rõ (ngoài các thông số đã ghi ở bên cạnh): đường kính đỉnh răng, chiều rộng vành răng, kích thước vát mép, bán kính vòng lượn, đường kính lỗ, đường kính gờ, độ nhám của các bề mặt và một số yêu cầu kỹ thuật khác.

4.2. ĐẶC ĐIỂM CỦA CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ

Công nghệ chế tạo bánh răng trụ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó có một số yếu tố chính sau đây:

1. Hình dạng của bánh răng.

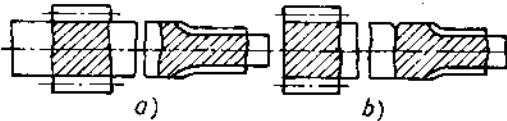
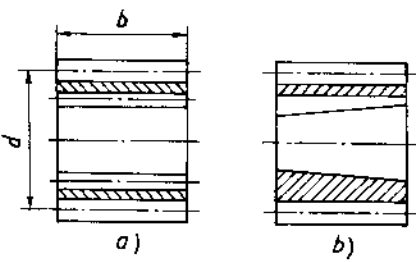
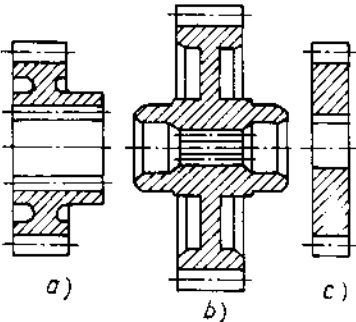
Yếu tố này có ảnh hưởng đến việc chọn máy gia công, đến phương pháp gia công phối và đến phương pháp chọn chuẩn công nghệ (bảng 4.1).

2. Hình dáng và vị trí của vành răng (bảng 4.2).

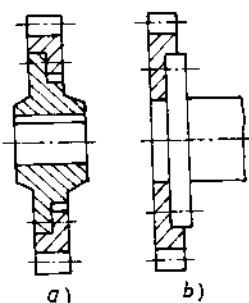
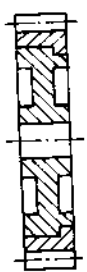
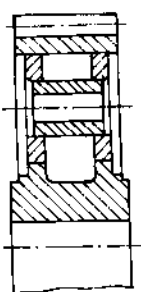
Yếu tố này ảnh hưởng đến chuẩn công nghệ và phương pháp cắt răng.

Chiều rộng rãnh thoát dao nhỏ nhất phụ thuộc vào môđun của bánh răng và được trình bày trong bảng 4.3.

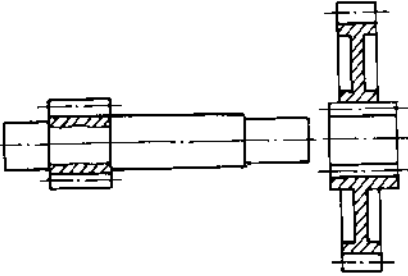
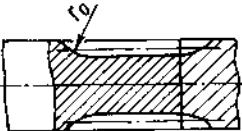
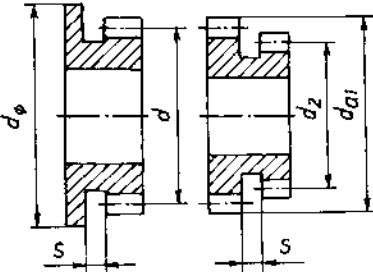
Bảng 4.1. Đặc điểm công nghệ của các nguyên công chế tạo bánh răng trụ.

N ^o	Loại và kết cấu của bánh răng	Đặc điểm
1	Trục răng  a) Trục răng hai phía; b) trục răng một phía	Gá trên hai mũi tâm hoặc có đồ bằng luyet
2	Bánh răng nhỏ có lỗ (số răng ít), $d=b$  a) lỗ trụ; b) lỗ côn	Gá trên trục gá hoặc trên các đồ gá chuyên dùng.
3	Bánh răng lớn có gờ hoặc không có gờ  a) có gờ một phía; b) có gờ hai phía; c) không có gờ	Gá trên mâm cặp, trên trục gá hoặc trên các đồ gá chuyên dùng.

Tiếp bảng 4.1.

N ^o	Loại và kết cấu của bánh răng	Đặc điểm
4	Bánh răng lắp ghép  a) kiểu bánh răng có hai gờ; b) lắp ghép vành răng (kiểu trục răng)	Phần có răng được chế tạo riêng, sau đó lắp ghép lại. Phôi được gá trên các đồ gá chuyên dùng hoặc trên các mâm cặp.
5	Bánh răng kiểu vành đai 	Cách gá đặt giống như các bánh răng liền khối.
6	Bánh răng hàn 	Cắt răng thô được thực hiện sau khi hàn, cắt răng tinh sau khi lắp bánh răng trên trục và gia công tinh các mặt chuẩn.

Bảng 4.2. Đặc điểm công nghệ của các nguyên công cắt răng trụ phụ thuộc vào hình dáng của vành răng

N ^o	Kết cấu bánh răng	Đặc điểm
1	Vành răng hở (thoát dao tự do) 	Cắt răng có thể được thực hiện bằng bất kỳ phương pháp và dụng cụ nào trên tất cả các loại máy. Loại bánh răng này có tính công nghệ cao nhất.
2	Răng chìm (trục răng) 	Chỉ có thể gia công bằng phương pháp phay lăn răng. Mài răng chỉ có thể thực hiện nếu bán kính của đá mài $r_o > 75 \text{ mm}$.
3	Vành răng kín (có vành chặn hoặc mặt bích, bánh răng khối) 	Chỉ có thể gia công bằng các phương pháp: xọc răng, bào răng bằng thanh răng và phay răng bằng sao phay ngón môđun. Chiều rộng rãnh thoát dao S nhỏ nhất phụ thuộc vào môđun của bánh răng (bảng 4.3)

Bảng 4.3. Chiều rộng rãnh thoát dao S nhỏ nhất khi cắt răng của các vành răng kín

Phương pháp cắt răng	Góc nghiêng của răng β^0	S(mm) chi các bánh răng với môđun (mm)								
		≤ 2	2÷3	3÷5	5÷6	6÷8	8÷10	10÷14	14÷20	>20
Xọc và bào răng bằng dao có mặt trước phẳng	0 ÷ 30	5	6	7	8	10	12	14	15	18
Xọc bằng dao có mặt trước vuông góc với răng	15	5,5	7	8,5	10	12	15	18	22	28
	23	6,5	8	10	12	15	18	22	30	40
	30	7,5	10	12	15	18	22	28	36	50

3. Hình dạng của răng (răng thẳng, răng nghiêng, răng hình chữ V).

4. Tính chất cơ lý của vật liệu phối.

Nếu không đảm bảo được tính chất cơ lý của vật liệu bằng nhiệt luyện thì trước các nguyên công tiện tinh phải có nguyên công nhiệt luyện bổ sung. Nếu cần gia công bằng dụng cụ có lưỡi sau nhiệt luyện thì nguyên công nhiệt luyện cần phải đảm bảo độ cứng bề mặt $HRC < 38 \div 41$. Ở các bánh răng cần thấm than thì số lượng bề mặt cần thấm than phải nhỏ nhất.

5. Biến dạng của bánh răng trong quá trình nhiệt luyện.

Yếu tố này là một trong các chỉ tiêu cơ bản của tính công nghệ của bánh răng. Biến dạng của bánh răng trong quá trình nhiệt luyện là sự thay đổi kích thước của bánh răng như đường kính đỉnh, bước răng và chiều dài khoảng pháp tuyến chung. Ngoài ra hình dáng của bánh răng cũng bị thay đổi, chẳng hạn, vòng tròn trở thành ôvan, hình trụ trở thành hình côn.

Để giảm biến dạng cần có chế độ nhiệt luyện tối ưu, cần có nguyên công ram trước khi thấm than, chạy rà răng, nhiệt luyện trong khuôn, sử dụng kết cấu hợp lý, sử dụng đồ gá để sửa tinh mặt chuẩn và hiệu chỉnh các thông số cắt răng.

6. Kích thước khuôn khổ của bánh răng.

Yếu tố này ảnh hưởng đến cách chọn thiết bị và dụng cụ cắt răng, đồng thời ảnh hưởng đến độ chính xác gia công vành răng và phương pháp gá đặt bánh răng trên máy. Gá đặt các bánh răng như vậy được thực hiện bằng cách gá trục quay của bàn máy nhờ đồng hồ so.

Kết cấu của các bánh răng cỡ lớn phải cho phép gia công đồng thời các bề mặt chuẩn công nghệ và chuẩn kiểm tra.

Khi chế tạo các bánh răng cỡ lớn có độ chính xác cao, nguyên công cắt răng nên thực hiện sau khi lắp bánh răng trên trục có tỳ ở mặt đầu vành răng. Các mặt chuẩn cần được gia công sau khi lắp ghép.

7. Dạng sản xuất.

Dạng sản xuất có ảnh hưởng đến việc chọn thiết bị gia công, đến nội dung các nguyên công và trang bị công nghệ. Loại phối (phôi rèn, phôi dập, phôi đúc, phôi cán) phụ thuộc vào dạng sản xuất và sản lượng của bánh răng, ảnh hưởng đến nội dung của các nguyên công chuẩn bị phối.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối bánh răng có kết cấu hợp lý nhất là bánh răng có vành răng hở mà độ chính xác của nó đạt được bằng phương pháp chạy rà bánh răng hoặc cà răng.

4.3. TIẾN TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

Tiến trình công nghệ chế tạo bánh răng trụ ăn khớp ngoài phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

- Kích thước của bánh răng và dạng sản xuất.
- Hình dạng của bánh răng.
- Độ chính xác của bánh răng, vật liệu và phương pháp nhiệt luyện.

Tiến trình công nghệ (diễn hình) chế tạo bánh răng trụ ăn khớp ngoài có độ chính xác cấp 6, vật liệu thép 40X, 18XGT trong điều kiện sản xuất hàng loạt nhỏ và hàng loạt vừa bao gồm các nguyên công sau đây:

- Chế tạo phôi.
- Gia công sơ bộ trên máy tiện rovonve.
- Nhiệt luyện.
- Tiện trước khi chuốt lỗ.
- Chuốt lỗ có rãnh then hoặc then hoa.
- Tiện bán tinh.
- Gia công các mặt chuẩn.
- Kiểm tra trước khi cắt răng.
- Cắt răng.
- Vát mép mặt đầu vành răng hoặc vè tròn đầu răng.
- Sửa nguội bánh răng.
- Rửa sạch
- Kiểm tra trước khi nhiệt luyện.
- Nhiệt luyện.
- Chạy rà bề mặt then hoa (đối với bánh răng có lỗ then hoa).
- Mài mặt ngoài và mặt đầu của vành răng (đối với các bánh răng có lỗ then hoa).
- Mài lần cuối lỗ và mặt đầu.
- Mài lần cuối mặt đầu thứ hai.

- Màil lần cuối đường kính ngoài
- Rửa sạch.
- Kiểm tra trước khi màil răng.
- Màil răng lần cuối.
- Rửa sạch.
- Kiểm tra lần cuối.
- Đóng gói.

Đối với các dạng sản xuất khác nội dung các nguyên công có thể thay đổi.

Khi chế tạo các bánh răng lắp ghép hoặc các bánh răng hàn thì việc gia công lần cuối vành răng được tiến hành sau khi lắp ghép vành răng trên trục.

4.4. CHUẨN CÔNG NGHỆ KHI CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

Để nâng cao độ chính xác của bánh răng, khi chế tạo nên chọn chuẩn công nghệ trùng với chuẩn thiết kế. Tuy nhiên, do đặc điểm của bánh răng trụ, đặc biệt là bánh răng có nhiệt luyện nên việc trùng chuẩn hoàn toàn không thể đạt được.

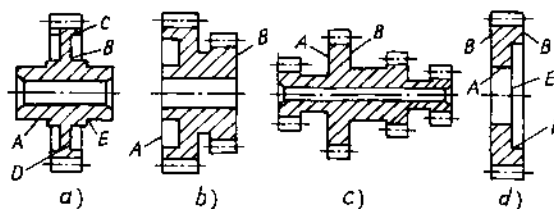
Điều kiện chủ yếu của việc chọn chuẩn công nghệ khi chế tạo bánh răng là giảm thiểu sai lệch vị trí của bánh răng trước và sau nhiệt luyện.

Khi chọn chuẩn công nghệ để gia công bánh răng trụ nên chú ý đến các trường hợp cụ thể sau đây:

- Khi cắt răng: trên trục răng, phối được định vị trên hai lỗ tâm hoặc trên các cổ trục và chốt tỳ mặt đầu.

- Khi chế tạo bánh răng trụ có lỗ tròn hoặc lỗ then hoa thì chuẩn công nghệ là lỗ và mặt đầu.

Hình 4.2 là các loại bánh răng có lỗ với các mặt chuẩn công nghệ.



Hình 4.2. Các mặt chuẩn công nghệ của bánh răng trụ
a- bánh răng có gờ; b- bánh răng khối có hai vành răng;
c- bánh răng khối có nhiều vành răng; d- vành răng;
A, B, C, D, E - các mặt chuẩn công nghệ.

4.5. GIA CÔNG PHÔI BÁNH RĂNG

4.5.1. Gia công phôi trục răng

Để gia công phôi trục răng có thể sử dụng các loại máy sau đây:

- Máy tiện.
- Máy rovonve.
- Máy phay - khoan tâm chuyên dùng.
- Máy tiện chép hình thủy lực.
- Máy phay then hoa hoặc máy phay rãnh then chuyên dùng.
- Máy mài tròn ngoài.

Trong sản xuất loạt nhỏ cho phép gia công thô và tinh phôi bánh răng trên cùng một máy. Trong trường hợp này phôi được gá một đầu trên mâm cặp còn một đầu chống tâm. Ngoài ra có thể dùng luynet đỡ để nâng cao độ cứng vững của phôi.

Trong sản xuất loạt vừa khi không có máy phay tâm chuyên dùng, bước xén mặt đầu được thực hiện trên máy phay hai trục chính nằm ngang, còn bước khoan tâm được thực hiện trên máy khoan đứng có sử dụng đồ gá quay vạn năng.

Xén mặt đầu và khoan tâm của trục răng có kích thước lớn thông thường được thực hiện trên máy doa ngang. Trong trường hợp này chi tiết được gá đặt trên hai khối V.

4.5.2. Gia công phôi bánh răng có lỗ

Các máy được dùng để gia công phôi bánh răng có lỗ thường là:

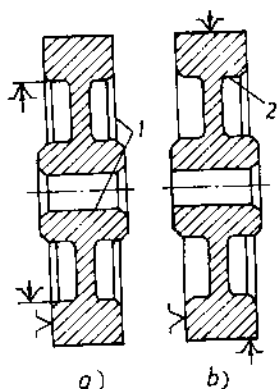
- Máy tiện thường hoặc máy tiện bán tự động.
- Máy rovonve thường hoặc máy tiện rovonve bán tự động.
- Máy chuốt nằm ngang.
- Máy tiện nhiều dao.

Để tiện tinh phôi bánh răng có thể dùng rãnh vòng (đã được tiện để làm chuẩn (hình 4.3a).

Nếu ở bánh răng không cần gia công rãnh vòng thì ở nguyên công tiện thô phải gia công rãnh vòng để làm chuẩn công nghệ (hình 4.3b).

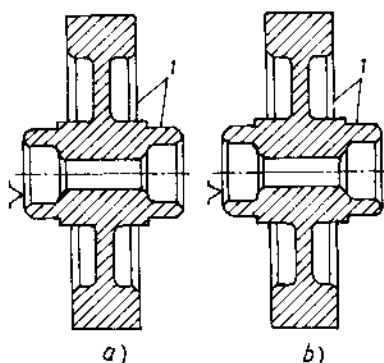
Hình 4.4 là sơ đồ gia công phôi bánh răng có gờ hai bên.

Các bước gia công bao gồm: gia công thô trên mâm cặp 3 chấu, gia công tinh trên trục gá.



Hình 4.3. Sơ đồ gia công phôi bánh răng có rãnh vòng

a- gá theo rãnh vòng; b- tạo chuẩn công nghệ ở rãnh vòng không gia công;
1- chuẩn công nghệ khi cắt răng; 2- rãnh vòng công nghệ.

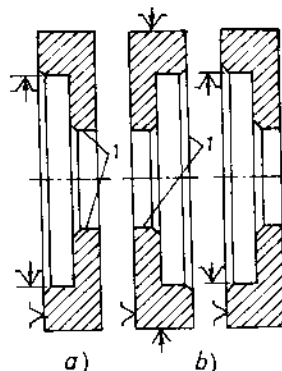


Hình 4.4. Sơ đồ gia công phôi bánh răng có gờ

a- gia công xong (toàn bộ) trên máy tiện; b- gia công tinh gờ lắp ghép trên máy mài tròn ngoài;
1- chuẩn công nghệ khi cắt răng.

4.5.3. Gia công phôi vành răng

Gia công phôi vành răng (hình 4.5) được bắt đầu từ việc gia công các bề mặt lắp ghép (mặt phẳng, mặt lỗ). Sau khi lắp ghép vành răng, nguyên công tiện lỗ cũng được tiến hành tương tự như bánh răng liền khối.



Hình 4.5. Sơ đồ gia công phôi vành răng

a- Vành răng nhiệt luyện;
b- vành răng không nhiệt luyện
1- Chuẩn công nghệ khi cắt răng.

4.6. GIA CÔNG RĂNG

Chọn phương pháp gia công răng phụ thuộc vào vật liệu, độ chính xác và kết cấu của bánh răng, yêu cầu về khả năng truyền tải và các chỉ tiêu kinh tế (năng suất gia công, chi phí thiết bị và dụng cụ, khả năng tự động hoá quá trình sản xuất).

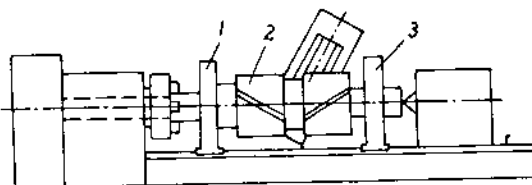
Ngoài ra, khi chọn phương pháp gia công răng phải tính đến ảnh hưởng của các nguyên công. Ví dụ, biến dạng răng khi nhiệt luyện có ảnh hưởng đến việc chọn phương pháp cắt răng và phương pháp gia công tinh răng trước và sau nhiệt luyện. Khi một số tính chất của bề mặt răng (độ

cứng, tính chống mòn) trong quá trình nhiệt luyện và mài răng giảm thì phải sử dụng các phương pháp gia công tinh răng thích hợp.

Cần nhớ rằng, các phương pháp gia công tinh răng như cà răng, mài khôn răng, chạy rà răng, nghiền răng có khả năng sửa lại các sai số theo chỉ tiêu độ ổn định khi làm việc.

Bánh răng với vành răng kín được cắt bằng phương pháp bào, xọc hoặc bằng dao phay ngón.

Bánh răng với vành răng hở được cắt bằng phương pháp phay và chuốt.



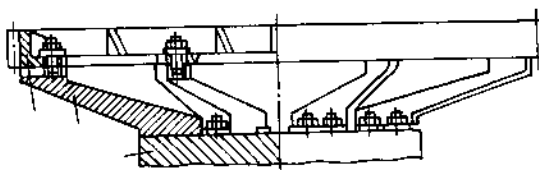
Hình 4.6. Sơ đồ gá phôi trục răng lớn trên máy phay lăn răng nằm ngang.
1, 3 - luy net; 2- phôi.

4.7. GÁ PHÔI BÁNH RĂNG TRÊN CÁC MÁY CẮT RĂNG

Phôi trục răng có kích thước trung bình ($\text{môđun} \leq 6 \text{ mm}$) được gá trực tiếp trên hai mũi tâm, đặc biệt là trên các máy có trục nằm ngang. Khi gá trên máy phay lăn răng nằm ngang, các phôi trục răng lớn và các phôi bánh răng có lỗ lắp trên trục cần được đỡ bằng luy net ở các cổ trục (hình 4.6).

Phôi 2 được gá một đầu trên mâm cặp bốn chấu, còn một đầu chống tâm. Hai luy net 1 và 3 có tác dụng làm tăng độ cứng vững của phôi (giảm biến dạng do lực cắt gây ra).

Phôi vành răng có kích thước lớn trên máy có trục thẳng đứng được gá không có trục định tâm mà rà gá theo độ đảo hướng kính của lỗ hoặc đường kính ngoài (hình 4.7).

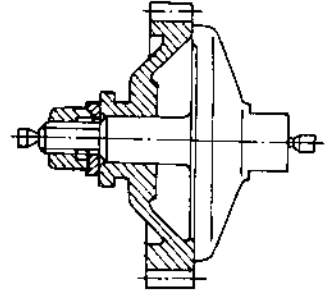


Hình 4.7. Sơ đồ gá phôi vành răng cỡ lớn trên máy phay lăn răng thẳng đứng.
1- phôi; 2- tấm đệm thay đổi; 3- bàn máy.

Sơ đồ hình 4.7 cho thấy: phôi 1 có kích thước lớn được đặt trên tấm đệm thay đổi 2 (tấm đệm được chọn phụ thuộc vào kích thước của phôi), tấm đệm 2 được đặt trên bàn máy 3. Như vậy, để định tâm phôi (làm cho tâm của phôi trùng với tâm quay của bàn máy) người ta phải rà đường

kính lỗ hoặc đường kính ngoài của phôi bằng đồng hồ so.

Phôi trục răng, phôi nhiều vành răng và phôi có nhiều cổ trục trên máy cà răng có trục nằm ngang thông thường được gá trục tiếp trên hai mũi tâm, còn phôi bánh răng có lỗ và phôi vành răng được gá trên trục gá (hình 4.8).



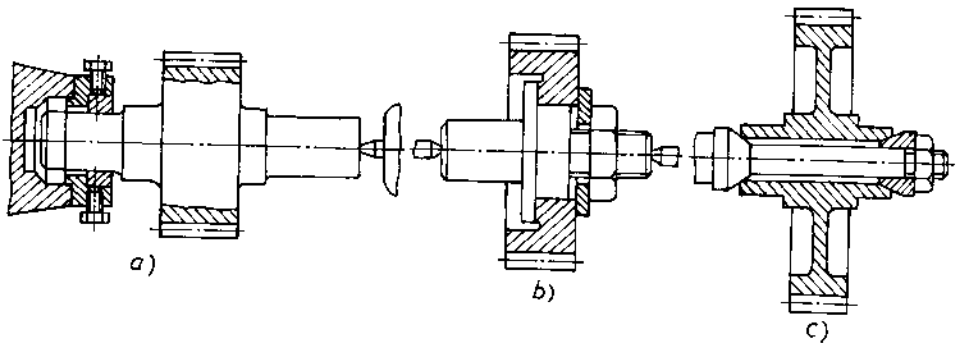
Hình 4.8. Sơ đồ gá phôi vành răng trên máy cà răng có trục nằm ngang.

Trong trường hợp này chuẩn công nghệ khi phay lăn răng và khi cà răng trùng nhau, như vậy giảm được sai số gia công.

Hình 4.9 là sơ đồ gá đặt phôi bánh răng trên các máy mài răng có trục nằm ngang.

Trong các trường hợp này chuẩn công nghệ có thể là: cổ trục và lỗ tâm (hình 4.9a), lỗ và mặt đầu (hình 4.9b) hoặc lỗ gá trên hai mũi tâm lớn (hình 4.9c).

Hình 4.10 là các sơ đồ gá đặt phôi bánh răng trên các máy mài răng có trục thẳng đứng.

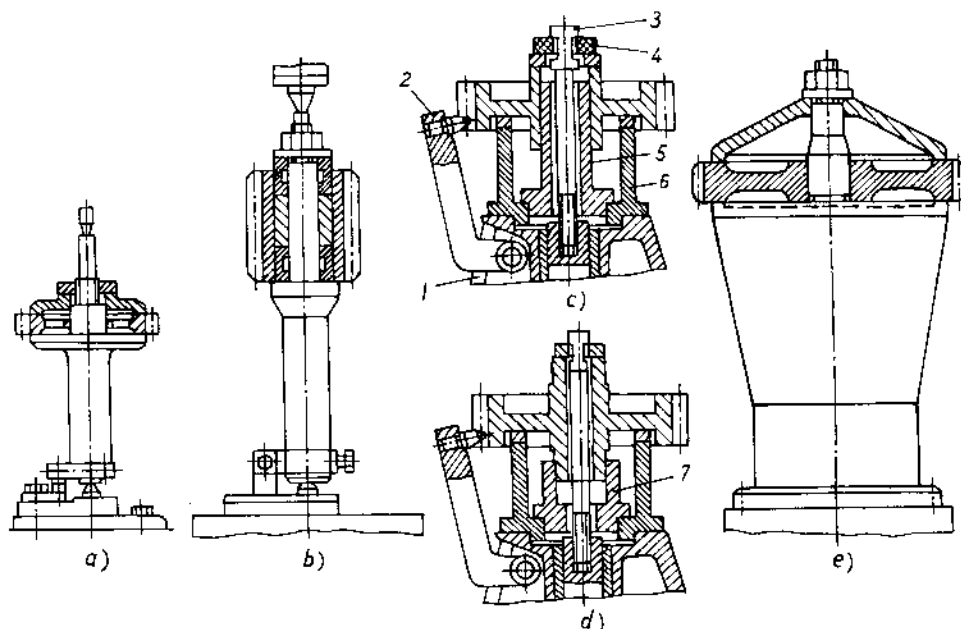


Hình 4.9. Các sơ đồ gá đặt phôi bánh răng trên máy mài răng có trục nằm ngang
a- trục răng; b- vành răng; c- bánh răng có gờ.

Đối với các bánh răng sau nhiệt luyện cần phải gia công lại mặt đầu bằng dao tiện có thể dùng mặt đầu đó làm chuẩn để mài răng trên máy mài có trục thẳng đứng. Mặt đầu của bánh răng được tỳ lên chi tiết hình cốc 6, chi tiết này được gá trên giá máy (hình 4.10c).

Phôi bánh răng có lỗ được định tâm bằng trục gá 5, còn phôi bánh răng có lỗ và gờ cần gia công được định tâm bằng bạc 7 (hình 4.10c, d).

Kẹp chặt phôi được thực hiện nhờ đòn rút 3 và vòng đệm 4. Khi phôi bánh răng có kích thước lớn có thể dùng mặt đầu vành răng làm chuẩn (hạn chế 3 bậc tự do).



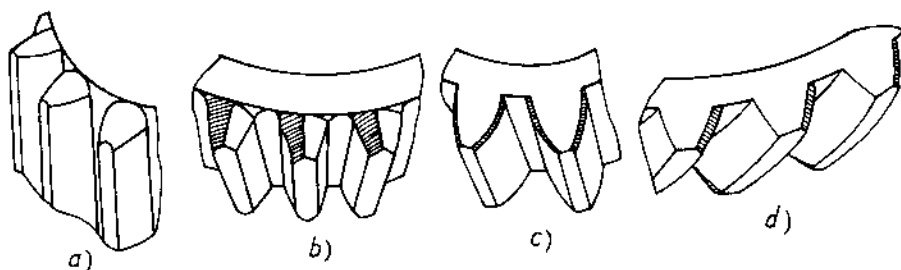
Hình 4.10. Các cơ cấu gá đặt phôi bánh răng trên máy mài răng có trục thẳng đứng
a- bánh răng có kích thước nhỏ; b- bánh răng có lỗ dài; c- bánh răng có kích thước trung bình; d- bánh răng có gờ; e- bánh răng có kích thước lớn.
1- giá máy; 2- chốt định vị; 3- đòn rút; 4- vòng đệm; 5- trục gá; 6- chi tiết hình cốc; 7- bạc.

4.8. GIA CÔNG MẶT ĐẦU CỦA RĂNG

Mặt đầu của răng cần được gia công để tạo ra hình dạng thuận lợi cho việc ra vào khớp, đồng thời để làm cùn cạnh sắc và tẩy hết bavaria xuất hiện trong quá trình cắt răng.

Hình dạng của mặt đầu răng đạt được tùy thuộc vào yêu cầu sử dụng và khả năng công nghệ của thiết bị. Hình 4.11 là một số dạng mặt đầu răng được gia công bằng các loại dao và các máy khác nhau.

Trong thực tế, dạng bán kính (hình 4.11a) và dạng góc nhọn (hình 4.11b) hay được dùng nhất. Đối với các bánh răng trụ răng thẳng có thể gia công mặt đầu răng theo dạng vát mép hai phía (hình 4.11c), còn đối với các bánh răng trụ răng nghiêng nên gia công mặt đầu răng theo dạng vát mép một phía (hình 4.11d).

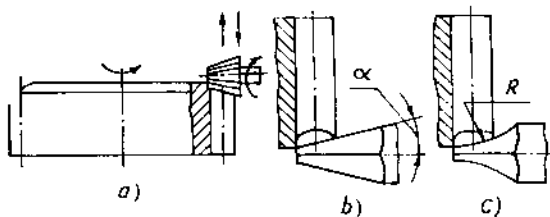


Hình 4.11. Các hình dạng mặt đầu răng

a- dạng bán kính; b- dạng góc nhọn; c- dạng vát mép hai phía;
d- dạng vát mép một phía.

Gia công mặt đầu răng (hay còn gọi là vê đầu răng) được thực hiện bằng dao phay ngón (dao phay ngón định hình hoặc dao phay ngón hình côn) có trục vuông góc với trục của bánh răng gia công (hình 4.12).

Dùng dao phay đĩa để gia công mặt đầu răng sẽ đạt năng suất cao, tuy nhiên phương pháp này ít được dùng vì có thể xảy ra hiện tượng dao cắt vào gờ bánh răng hoặc chi tiết của đồ gá. Hình 4.13

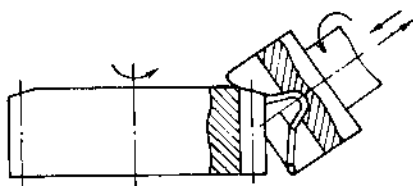


Hình 4.12. Sơ đồ gia công mặt đầu răng bằng dao phay ngón

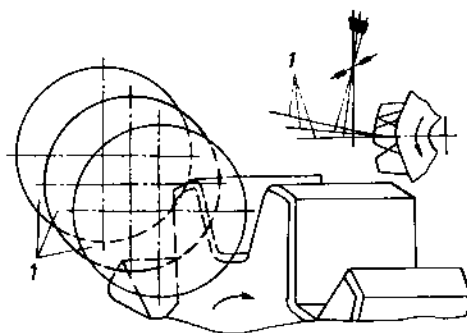
a, b- dao phay ngón hình côn; c- dao phay ngón định hình.

là sơ đồ gia công mặt đầu răng bằng dao phay hình côn lõm.

Mặt đầu răng (hình 4.14) cũng có thể được gia công bằng đá mài (dụng cụ hạt mài) trục mềm.



Hình 4.13. Sơ đồ gia công mặt đầu răng bằng dao phay hình côn lõm.

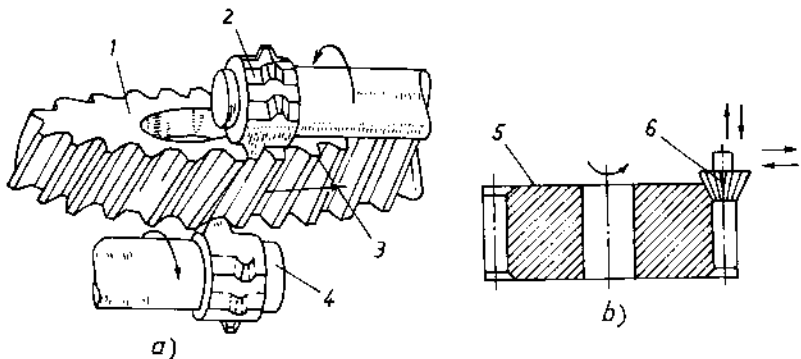


Hình 4.14. Sơ đồ mài mặt đầu răng bằng đá mài dạng đĩa trục mềm:

1. Vị trí của đá mài

Dụng cụ hạt mài cho phép gia công được cả bánh răng nhiệt luyện và không nhiệt luyện mà không tạo ra bavaria phụ. Quá trình gia công kết thúc sau một vòng quay hoặc một vài vòng quay của bánh răng.

Đối với bánh răng nghiêng, gia công mặt đầu răng có thể được thực hiện đồng thời bằng hai dao phay trục vít hoặc bằng dao phay hình côn có trục song song với trục của bánh răng (hình 4.15).



Hình 4.15. Các sơ đồ vát mép mặt đầu răng bằng hai dao phay trục vít (a) hoặc bằng dao phay hình côn (b).

1- phôi; 2- dao phay xoắn phải; 3- mặt đầu răng;
4- dao phay xoắn trái; 6- dao phay hình côn.

Cạnh sắc của răng được vê tròn bằng dao phay lăn trục vít có hình dạng đặc biệt khi nó thực hiện quá trình cắt prôphin răng hoặc bằng phương pháp gia công điện hoá.

Bảng 4.4 là đặc tính kỹ thuật của các máy gia công mặt đầu răng.

Bảng 4.4. Đặc tính kỹ thuật của các máy gia công mặt đầu răng

Nước sản xuất	Môden máy	Kích thước bánh răng lớn nhất			Dụng cụ cắt			Trọng lượng máy T	Nguyên công trên máy
		Đường kính	Modun	Chiều rộng	Loại	Đường kính	Số vòng quay		
Nga	5E580 3H582	320 500	6 8	140 140	Dao phay ngón	18 18	1075- 3258 1000- 2000	3 4	Vê đầu răng
	5B525 5B525-2 5527	500 500 1600	10 10 16	350 350 300	Đá mài dạng đĩa	125 125 150	7700 7700 5580	0,315 0,345 0,69	Vát mép
	BC-320A BC-500	320 500	8 10	140 140	Dao phay trục vít một đầu mỗi	70 75	320 205	2,4 3,5	
	E3-101	250	4,5	100	Dao phay ngón	18	1420	2,9	Vê đầu răng
	KH-50	220	4	100	Dao phay mặt đầu	20	600-1350	3,2	

Bảng 4.4 tiếp theo

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước bánh răng lớn nhất			Dụng cụ cắt			Trọng lượng máy T	Nguyên công trên máy
		Đường kính	Môđun	Chiều rộng	Loại	Đường kính	Số vòng quay		
Đức	ZRF ZK7 ZEA	250 280 120	5 4 4	100 100 50	Dao phay ngón Dao cán lăn Dao cán lăn	14 - 200	2240 250-280 128	1,8 1,6 1,5	Vát mép
	ATM55	350	8	-	Dao phay ngón	-	500-3500	2	Vẽ dầu răng
Nhật	GTR-E	200	6	100	Dao phay ngón	-	1800	1	
	MCG-3	150	4	100	Dao phay mặt đầu	25	2000	3,5	
Đức	300H	600	10	400	Đá mài dạng đĩa	-	25000	0,26	Vát mép
Ý	SU-200SML	200	-	50	Dao cán lăn	-	700-1000	2,5	

4.9. GIA CÔNG TÍNH MẶT CHUẨN SAU NHIỆT LUYỆN

Khi chế tạo bánh răng có độ cứng vững cao và trục răng, đặc biệt là các bánh răng và trục răng có nhiệt luyện bề mặt răng thì việc gia công tinh các mặt chuẩn lắp ghép được thực hiện chỉ nhằm mục đích nâng cao độ chính xác hình dáng và kích thước của chúng.

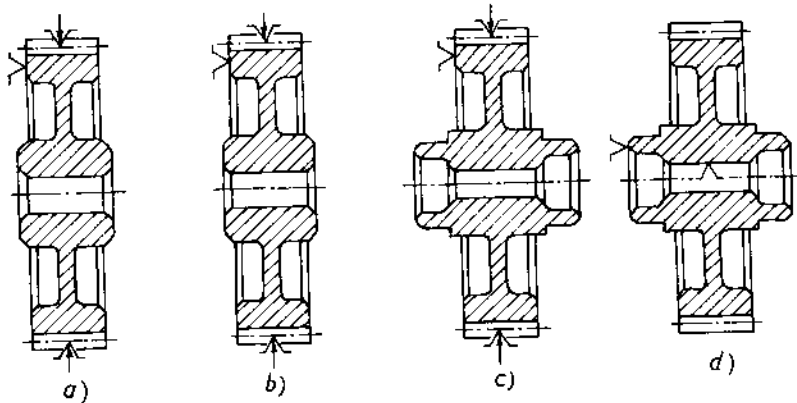
Trên các trục răng, các mặt gờ lắp ghép và các mặt then hoa cần được mài lại. Nhưng trước khi gia công tinh cần sửa lại các mặt chuẩn định vị, ví dụ, các lỗ tâm (dùng đá mài đối với trục răng nhiệt luyện và dao khoét đối với trục răng không nhiệt luyện).

Khi chế tạo bánh răng có biến dạng lớn ở nguyên công nhiệt luyện thì gia công tinh các mặt chuẩn lắp ghép được thực hiện đồng thời với việc khôi phục lại vị trí tương quan của chúng so với vành răng (hình 4.16a).

Khi chế tạo bánh răng có độ chính xác cao thì gia công tinh các mặt chuẩn sau nhiệt luyện được tiến hành đồng thời đối với lỗ và mặt đầu (hình 4.16b, c). Mặt đầu sẽ được làm chuẩn để mài răng ở nguyên công cuối. Trong trường hợp này bánh răng được định vị ở vành răng và mặt đầu (hạn chế cả 6 bậc tự do).

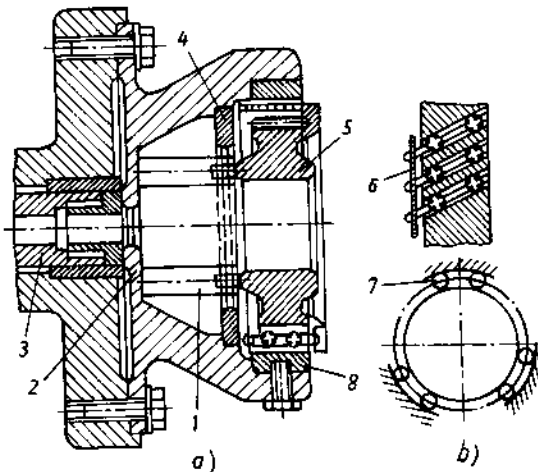
Khi bánh răng có ở hai bên cần phải gia công thì chuẩn định vị của

bánh răng là mặt đầu và lỗ (hình 4.16d).



Hình 4.16. Các sơ đồ gia công mặt chuẩn của bánh răng sau nhiệt luyện:
a- gia công tinh lần cuối mặt lỗ của bánh răng; b- gia công tinh lỗ và mặt đầu để làm chuẩn cho nguyên công mài răng; c- gia công lỗ chuẩn then hoa; d- gia công tinh mặt gờ.

Khi gia công lỗ (mài lỗ) bánh răng 5 được định vị ở mặt đầu, tựa lên các chốt tỳ 1 và ở vành răng nhờ các bi hay con lăn 7 (hình 4.17). Để các bi hoặc các con lăn không rơi ra ngoài trên đồ gá còn có vòng cách 6. Vòng đệm 4 có tác dụng đỡ các chấu kẹp 2 của đồ gá. Ống 3 được dùng để đẩy các chấu kẹp 2 của đồ gá. Các miếng kẹp 8 thực hiện kẹp chặt vành răng trước khi mài lỗ.



Hình 4.17. Đồ gá kẹp phôi bánh răng

Khi mài lỗ và mặt đầu:

a- sơ đồ chung; b- miếng kẹp.

- 1- các chốt tỳ; 2- chấu kẹp; 3- ống nhỏ chấu kẹp;
4- vòng đệm; 5- phôi bánh răng; 6- vòng cách;
7- bi hoặc con lăn; 8- miếng kẹp.

Khi gia công tinh mặt lỗ của vành răng có độ cứng vững không cao theo phương hướng kính có thể xuất hiện độ không tròn Δr do kẹp chặt trong mâm cặp (hình 4.18). Độ không tròn Δr của vành răng được xác định theo công thức sau đây:

$$\Delta r = K_n \frac{\sum F \cdot r^3}{J \cdot E} \quad (4.1)$$

ở đây: K_n - hệ số phụ thuộc vào số vị trí được kẹp chặt n :

n	3	4	5	6	7	8
K_n	0,0009	0,0025	0,001	0,0005	0,0002	0,0001

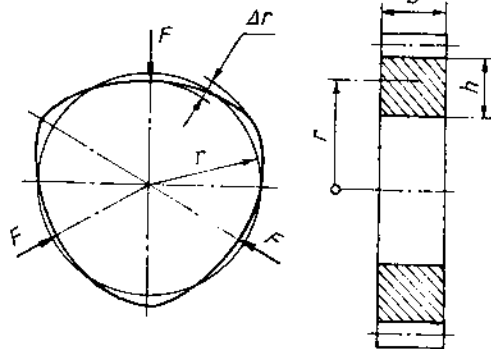
$\sum F$ - tổng các lực kẹp chặt;

r - bán kính trung bình của vành răng không kể chiều cao răng.

$JE = \frac{bh^3}{12}$ (b - chiều cao của răng);

h - chiều dày của vành răng không tính chiều cao răng).

E - môđun đàn hồi của vật liệu bánh răng.



Hình 4.18. Biến dạng của vành răng khi kẹp chặt.

4.10. CÁC PHƯƠNG PHÁP TĂNG ĐỘ BỀN CỦA BÁNH RĂNG

Ảnh hưởng của quá trình công nghệ đến độ ổn định khi làm việc của bánh răng, đặc biệt là các bánh răng nhiệt luyện cần phải được tính đến khi chọn phương pháp gia công tinh răng.

Mài răng là một nguyên công gia công tinh các bánh răng có độ chính xác cấp 4 ÷ 6 và độ cứng mặt răng cao. Tuy nhiên, vì có sự toả nhiệt lớn trong vùng cắt, cho nên mài răng có thể làm giảm độ bền tiếp xúc và độ bền uốn của bánh răng. Năng suất của mài răng thấp bởi vì phải dùng chế độ cắt thấp để giảm vết cháy bề mặt răng do đá mài gây ra.

Để loại bỏ lớp hư hỏng bề mặt có chiều dày 5 ÷ 20 μm mà không làm sai lệch profile răng người ta dùng các phương pháp như: mài khô răng hoặc đánh bóng điện các bề mặt chuyển tiếp của các răng. Với các phương pháp gia công này độ bền uốn của bánh răng có thể tăng lên 40 ÷ 60%, còn độ bền tiếp xúc có thể tăng lên 4 ÷ 8 lần.

Đối với các bánh răng có độ chính xác cấp 7 ÷ 8 có thể dùng dao

phay hợp kim cứng để gia công tinh. Phương pháp này có ảnh hưởng đến bề mặt răng tốt hơn phương pháp mài răng vì không có vết cháy xảy ra và đạt năng suất cao, tuy nhiên độ chính xác gia công của phương pháp thấp.

4.11. PHỤC HỒI BÁNH RĂNG KHI SỬA CHỮA MÁY

Độ mòn của bánh răng làm giảm tính chất động học của bộ truyền, phá vỡ các chi tiết lắp ghép, làm tăng rung động và tiếng ồn của máy.

Khi chế tạo các bánh răng cỡ lớn thì việc phục hồi chúng có ý nghĩa quan trọng vì tiết kiệm được một lượng kim loại lớn. Phương pháp phục hồi bánh răng đã được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới cho các loại tuabin, máy xúc, máy nông nghiệp, máy kéo, ô tô và các máy khai thác mỏ v.v...

Công nghệ phục hồi bánh răng phải đáp ứng được các yêu cầu sau đây:

- Khả năng truyền động của các bánh răng được phục hồi không thấp hơn các bánh răng được chế tạo mới.
- Phương pháp gia công răng khi phục hồi có năng suất cao, bởi vì chiều dày lớp kim loại được hót đi khi phục hồi thông thường lớn hơn nhiều lượng dư gia công tinh răng của các bánh răng chế tạo mới.
- Chế tạo và mài dao đơn giản, tạo khả năng sử dụng các máy vạn năng trong các phân xưởng sửa chữa.

Trong kinh nghiệm phục hồi bánh răng người ta thiết kế 4 phương pháp chủ yếu sau đây:

1. Phục hồi prophin thân khai ban đầu bằng cách giảm chiều dày răng. Trong trường hợp này các chi tiêu hình học và động học của bộ truyền không thay đổi, còn khe hở mặt bên tăng lên. Phương pháp phục hồi này được ứng dụng cho các bánh răng trong các máy tuabin.

2. Phục hồi bằng cách sửa lại răng của bánh răng lớn và dùng bánh răng nhỏ có các thông số khác các thông số của bánh răng nhỏ ăn khớp với bánh răng lớn trước khi hồi phục. Trong trường hợp này cần chọn các thông số của bánh răng nhỏ xuất phát từ khả năng chịu tải và khả năng công nghệ. Đây là phương pháp thông dụng nhất, đặc biệt nó có nhiều ưu điểm trong sửa chữa cơ cấu quay của thang máy.

3. Phục hồi bằng cách sửa lại răng của bánh răng lớn với việc điều chỉnh khoảng cách tâm và sử dụng bánh răng nhỏ ăn khớp với các thông

số không thay đổi. Phương pháp này được dùng để phục hồi bánh răng trong cơ cấu quay của máy nghiền quặng.

4. Phục hồi kích thước ban đầu của các bánh răng bằng phương pháp phun phủ và gia công tinh sau đó.

Khi phục hồi các bánh răng có độ cứng bề mặt răng $HRC \geq 46,5$ cần dùng dao cắt răng hợp kim cứng. Đối với các bánh răng có độ cứng $HB < 250$ người ta sử dụng dao phay lăn tiêu chuẩn, còn khi phục hồi các bánh răng có độ cứng $HB > 280$ với mô đun $m > 20$ mm cần sử dụng dao chuyên dùng.

4.12. ĐẶC ĐIỂM CỦA CHẾ TẠO BÁNH RĂNG CÓ ĐỘ CHÍNH XÁC CAO

Bánh răng có độ chính xác cao là bánh răng có cấp chính xác $3 \div 4$. Chế tạo các bánh răng này khác với chế tạo các bánh răng có độ chính xác cấp $5 \div 7$.

Bánh răng có độ chính xác cao được dùng trong các loại máy cắt răng, cắt ren chính xác, các thiết bị đo, các loại động cơ, các cơ cấu phân độ và các cơ cấu chính xác khác.

Chế tạo bánh răng có độ chính xác cao có những đặc điểm sau đây:

1. Trước khi cắt răng máy phải được chạy không tải cho đến khi ổn định được nhiệt độ của dầu trong hệ thống thủy lực. Gia công phối bánh răng nên được tiến hành trong các phân xưởng có nhiệt độ ổn định hoặc trong các phân xưởng riêng mà nhiệt độ của chúng được ổn định bằng các thiết bị chuyên dùng.

2. Các máy phải được gá trên nền không có rung động và sử dụng chế độ cắt tối ưu (chế độ cắt không gây rung động cho máy).

3. Sử dụng các máy và dụng cụ có độ chính xác cao.

4. Kiểm tra độ chính xác của các máy xem có tương ứng với độ chính xác của các máy tiêu chuẩn hay không. Nếu không tương ứng cần phải phục hồi độ chính xác của các máy đó.

5. Tính chất cơ khí (độ cứng, lượng dư) phải ổn định và phải tương ứng với tính chất tiêu chuẩn.

6. Trình độ cán bộ, tay nghề của công nhân có ý nghĩa lớn đối với năng suất và độ chính xác gia công bánh răng.

7. Khi mài bánh răng có độ chính xác cao cần sử dụng các trục gá có độ chính xác cao và lỗ bánh răng cũng phải có độ chính xác tương ứng.

CHƯƠNG 5

CẮT RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

5.1. PHAY LĂN RĂNG BẰNG DAO PHAY TRỤC VÍT

Dao phay trục vít được sử dụng rộng rãi để cắt răng trụ ăn khớp ngoài có môđun $m \leq 16$ mm (vật liệu bánh răng là thép có $HB \leq 200$) và môđun $m \leq 10$ mm (vật liệu bánh răng là thép có $HB \geq 350$). Dao phay trục vít có những ưu điểm sau đây:

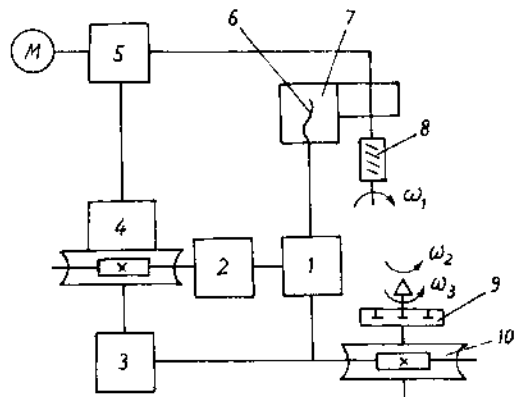
- Tính vạn năng, độ chính xác và năng suất cao.
- Giá thành chế tạo thấp.

Độ chính xác của bánh răng được chế tạo bằng dao phay trục vít đạt cấp 6-7. Nếu sử dụng máy và dao có độ chính xác cao thì độ chính xác của bánh răng có thể đạt cấp 4-5.

Khi phay lăn răng, dao phay trục vít và chi tiết gia công ăn khớp với nhau theo mặt xoắn vít.

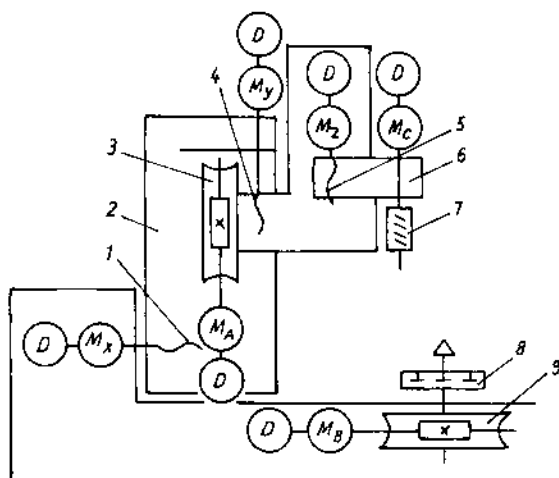
Hình 5.1 là sơ đồ nguyên lý của máy phay lăn răng thông thường.

Trục chính của dao phay 8 quay với tốc độ góc cố định ω_1 . Số vòng quay n_0 của dao phay được chọn nhờ chạc bánh răng hoặc hộp tốc độ 5. Bàn máy 9 quay với tốc độ góc ω_2 nhờ bộ truyền trục vít - bánh vít 10 và chạc bánh răng chia độ 3 đảm bảo cho dao phay và chi tiết gia công ăn khớp bao hình liên tục. Nhờ trục vít 6, giá đỡ dao 7 dịch chuyển dọc trục phối bánh răng để thực hiện chạy dao hướng trục Ds_0 của dao phay. Lượng chạy dao này được tính toán nhờ hộp chạy dao 1.



Hình 5.1. Sơ đồ nguyên lý của máy phay lăn răng thông thường.
1- hộp chạy dao; 2, 4 - chạc vi sai;
3- chạc chia độ; 5- hộp tốc độ; 6- trục vít;
7- giá đỡ dao; 8- dao phay; 9- bàn máy;
10- bộ truyền trục vít - bánh vít.

Khi cắt răng nghiêng thì trong quá trình chạy dao hướng trục phối cùng bàn máy 9 nhờ chạc vi sai 4 và bộ truyền trục vít - bánh vít 10 quay thêm vóc ω_3 tương ứng với góc nghiêng β của răng. Xích động học vi sai được điều chỉnh bằng chạc vi sai 2 (khi gia công răng thẳng chạc vi sai 4 được ngắt).



Hình 5.2. Sơ đồ nguyên lý của máy phay lăn răng có điều khiển theo chương trình số
1, 4, 5- trục vít; 2- trụ dao; 3- bộ truyền trục vít- bánh vít; 6- đai dao; 7- dao phay; 8- bàn máy; 9- bộ truyền trục vít - bánh răng.

Hình 5.2 là sơ đồ nguyên lý của máy phay lăn răng có điều khiển theo chương trình số.

Tất cả các chuyển động tịnh tiến của các cơ cấu máy theo các trục tọa độ x, y, z và quay của các cơ cấu này theo A, B, C (các trục quay) được thực hiện từ các động cơ:

- M_x (qua các trục vít 1 để dịch chuyển trụ dao 2 nhằm thay đổi khoảng cách tâm).
- M_y (qua trục vít 4 để dịch chuyển giá dao dọc trục dao phay).
- M_z (qua trục vít 5 để dịch chuyển đai dao 6 dọc trục dao phay).
- M_c (quay dao 7).
- M_A (qua bộ truyền trục vít - bánh vít 3 để quay giá dao đi một góc theo yêu cầu).
- M_B (qua bộ truyền trục vít - bánh vít để quay bàn máy 8 và phối).

Tất cả các động cơ đều được trang bị các senso phản hồi ngược để truyền tín hiệu tới hệ thống điều khiển số về vị trí của các trục động cơ nhằm điều chỉnh lại tốc độ quay của chúng.

Quá trình cắt răng tự động được thực hiện nhờ một chương trình cố định đã nạp trong bộ nhớ của hệ điều khiển số.

Máy có thể gia công được răng thẳng, răng nghiêng bằng các phương pháp phay thuận và phay nghịch với cách ăn dao hướng kính hoặc hướng trục trong một bước hoặc nhiều bước. Ngoài ra, máy cũng có thể gia công được bánh răng côn và bánh răng khối có số răng khác nhau (nếu gá nhiều dao phay có môđun khác nhau).

Sử dụng hệ thống điều khiển số để điều khiển quá trình phay lăn răng cho phép thành lập các môđun sản xuất linh hoạt với phương pháp điều chỉnh hoàn toàn tự động bao gồm: thay dao, thay đồ gá, thay phôi và thay đổi tất cả các thông số công nghệ.

Trong thực tế, máy phay lăn răng có trục thẳng đứng được dùng rộng rãi nhất. Đặc điểm của các máy loại này là chúng có trụ đứng ở phía sau để lắp mũi tâm hoặc lyнет, còn trên các máy cỡ lớn còn có thêm cơ cấu tháo lắp bàn quay dẫn hướng và lỗ lớn trên bàn máy để gia công trục răng dài.

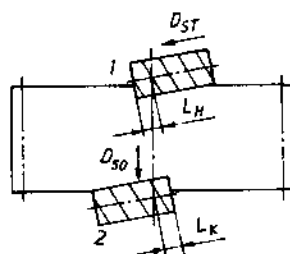
Các máy phay lăn răng có trục dao nằm ngang được dùng để gia công trục răng và bánh răng có lỗ với số răng nhỏ. Các máy loại này được lắp lyнет (để đỡ phôi) và đầu kẹp dao phay ngón.

Bảng 5.1 là đặc tính kỹ thuật của các máy phay lăn răng chế tạo tại Nga, còn bảng 5.2 là đặc tính kỹ thuật của các máy phay lăn răng chế tạo tại một số nước khác trên thế giới.

Các máy phay lăn răng hiện đại được lắp giá dao mà trên đó có cài dao cùng dao phay dịch chuyển liên tục hoặc theo chu kỳ dọc trục của dao (hình 5.3).

Khi dao dịch chuyển dọc trục của nó, vị trí của các điểm tiếp xúc của các lưới cắt với các răng gia công thay đổi, do đó tuổi bền của dao và năng suất gia công tăng lên. Người ta dùng phương pháp dịch dao bằng tay và hai phương pháp dịch dao tự động sau đây:

- Dịch dao theo bước (theo chu kỳ).
- Dịch dao liên tục (theo đường chéo), trong đó chuyển động chạy



Hình 5.3. Sơ đồ dịch chuyển của dao phay trục vít
1- vị trí ban đầu;
2- vị trí cuối cùng.

dao D_{ST} dọc trục dao phay đồng thời với chạy dao D_{So} dọc trục phôi.

Dịch chuyển dao tự động theo hướng trục của nó với một giá trị nhỏ (khoảng vài phần trăm bước vòng của răng gia công) sau khi gia công mỗi chi tiết hoặc một số chi tiết cho phép giảm tiêu hao vật liệu dao. Số lần dịch chuyển như vậy được xác định tùy thuộc vào điều kiện gia công cụ thể.

Khi dịch chuyển dao liên tục cách điều chỉnh chạc vi sai thay đổi, còn khi dịch chuyển dao theo bước, cách điều chỉnh chạc vi sai không thay đổi. Khi gia công tinh bánh răng người ta dùng phương pháp dịch chuyển dao theo bước.

Bảng 5.1. Đặc tính kỹ thuật của các máy phay lăn răng của Nga

Nhà máy sản xuất	Model của máy	Kích thước gia công lớn nhất (mm)			Đường kính dao phay lớn nhất	Số vòng quay/phút	Công suất động cơ	Khối lượng máy (Tấn)
		Đường kính	Môđun	bề rộng răng				
Nhà máy cách mạng tháng 10	53A08II* ¹	80	2,5	100	71	100-200	15/2* ²	19
	5I;3I0II	125	1,5	100	100	100-500	2,2	1,7
	53A10	125	2,5	140	100	40-900	3,4	1,8
	53A20B	200	4	180	125	80-500	7	4,3
	53A20Φ4	200	6	180	125	80-500	7	6,0
Nhà máy Vinchep	53A30II	320	6	220	160	50-400	11/13*3	6,8
	53A33Φ4	320	6	250	160	80-360	13	9
	53A33II* ²	320	5	220	160	71-450	15	9
	5I;3I2* ²	320	6	140	160	80-475	6/6, 2* ³	5,7
Nhà máy thanh niên	53A50	500	8	350	180	40-405	12,5	9,7
	53A80	800	10	350	200	40-405	12,5	10,8
	53A11	1250	14	560	225	28-270	17	17
Nhà máy chế tạo máy	5A342II	2000	20	760	300	8-100	13	31,8
	5B343II	3200	32	1350	360	10-60	42	81
	5B345II	5000	40	2200	420	8,5-85	42	138
	5B348	8000	40	2200	420	5,5-56	45	158
	5B348/12,5	12500	40	2200	420	5,5-56	45	227
	5B370* ¹	500	20	2500	250	10-100	19	27
	5B373II* ¹	800	30	3500	360	7,4-74	32	43,8
	5B375*1	1250	40	3475	400	6-60	42	58,4

Ghi chú: *1- trục phôi nằm ngang
 *2- dùng cho sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối
 *3- dùng cho hai số vòng quay.

Bảng 5.2. Đặc tính kỹ thuật của các máy phay lăn răng của một số nước trên thế giới

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước gia công lớn nhất (mm)			Đường kính dao phay lớn nhất	Số vòng quay/phút	Công suất động cơ	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng răng				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Đức	PE 150	150	3	150	130	150-600	-	5,5
	PE 300	300	6	250	163	25-400	-	11
	PE 500	500	10	250	192	52-325	-	12
	PE 750	750	12	700	210	40-325	-	13
	PE 1000	1000	14	700	210	30-180	-	13,5
	PE 1503	1500	18	600	300	25-150	-	20,5
	PE 2001	2000	25	1200	368	12-120	-	55
	PE 3001	3000	30	1200	450	10-100	-	73
	P110H ^{*1}	110	4,5	710	115	60-360	-	5,3
	P240H ^{*1}	300	10	800	160	100-224	-	9
	P400H ^{*1}	450	12	2000	192	55-330	-	14,5
	RA100 ^{*2}	100	4	120	95	224-315	-	4
	RA210 ^{*2}	220	6	250	163	160-224	-	9,2
	RA320 ^{*2}	320	8	250	163	125-280	-	9,4
Đức	LS 152	250	8	200	145	75-375	-	9,8
	LS 250	250	6	200	145	80-480	-	4,9
	LS 502	400	10	300	192	40-320	-	9,5
	LS 752	650	12	500	192	32-256	-	12,2
	LS 1002	1000	12	500	192	29-232	-	11,5
	LS 1202	1200	18	600	245	12-120	-	19
	LS 1802	1800	25	600	300	12-120	-	35
	LS 3002	3000	30	600	300	10-100	-	40
	ET 1202 ^{*3}	1450	16	250	380	70-350	30	19
	ET 1802 ^{*3}	1880	25	350	380	10-300	42	31
	ET 3002 ^{*3}	3170	30	500	450	10-200	70	38
Đức	WF 280	280	6	250	145	63-500	-	8,5
	WF 450	450	10	300	192	50-400	-	12
Đức	SH 300	300	8	200	180	58-345	-	9
Đức	ZFWZ 02	315	8	280	160	80-400	-	7
	ZFWZ 05	500	10	355	200	50-400	-	10
	ZFWZ 10	1250	22	630	260	20-250	-	20
	ZFWZ 25	3150	36	1250	450	10-140	-	67
	ZFWZ 50	5000	40	1750	400	8-80	-	1,2
	ZFWZ 60	6300	40	1750	400	8-80	-	127
	ZFWZ 80	8000	40	1750	400	8-80	-	157
Ý	P3 CEH	150	2,5	137	-	-	-	3
	P4 AUR	260	6	185	-	116-397	-	7,4
	CE 220	220	6	220	135	100-750	-	9
	CE 350	350	8	300	160	195-375	-	11,5
	P5	500	5	285	120	52-350	-	2,8

Tiếp bảng 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anh	GH 100H	-	-	-	-	-	-	-
	GH 201	200	4	300	120	150-600	-	5,7
	GH 250	250	6	250	130	150-600	-	7,5
	GH 300	315	8	300	150	100-400	-	7,6
	GH 630	630	10	425	192	40-250	-	10
Mỹ	N ^o 775	203	6	216	127	100-730	-	9,5
	N ^o 785	350	8	290	190	100-500	-	11,4
Anh	PH 8	178	6	150	120	70-500	-	3,8
	PH 250	250	6	120	150	90-500	-	6,8
	PH 400	406	8	210	180	52-300	-	-
Cộng hoà Séc	OFA 16A	160	4	160	115	112-450	5,5	3,5
	OFA 32A	320	7	250	150	71-450	7,5	6,2
	OFA 71A	710	10	450	195	35-355	15	9,0
	OFA 125	1600	16	560	250	-	-	18,5
Pháp	V 450	450	8	350	170	90-500	-	10
	V 650	650	8	350	170	90-500	-	11,5
Đức	LF 151	150	4	200	125	132-400	-	6,5
	LF 221	220	5	200	-	90-500	-	7
	LF 351	350	6	400	-	125-500	-	8,5
	LF 1001	1000	15	600	-	15-150	-	24,7
	LF 1251	1500	15	600	-	15-150	-	24,7
Đức	PF 30/30	3000	30	2000	340	6-68	24	60
	PF 30/40	4000	30	2000	340	6-68	24	62
	PF 30/50	5000	30	2000	340	9-100	24	107
	PF 30/60	6000	30	2000	340	9-100	24	130
	PF 30/70	7000	30	2000	340	9-100	24	-
	PF _w 6,3 ^{*1}	1000	24	2500	340	9-100	-	34
	PF _w 10 ^{*1}	1400	30	4000	340	6-68	-	42
	PF _w 16 ^{*1}	1800	39	6390	400	4,5-45	-	63

Ghi chú: *1- trục phối nằm ngang.

*2- dùng cho sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

*3- dùng cho cắt răng bằng dao phay modul đĩa.

Tùy thuộc vào hướng nghiêng của răng gia công và hướng xoắn của dao phay mà trục dao phay được gá nghiêng một góc φ . Sơ đồ gá dao trong các trường hợp khác nhau được trình bày trong bảng 5.3 (ở đây β là góc nghiêng của răng, γ_{mo} là góc xoắn của răng dao phay). Bảng 5.3 là các sơ đồ gá dao phay khi phay các răng khác nhau.

Bảng 5.3. Sơ đồ gá dao phay khi phay răng nghiêng của bánh răng trụ

Bánh răng	Dao phay	Hướng chạy dao	Sơ đồ gá dao
Xoắn phải	Phải: $\varphi = \beta - \gamma_{mo}$ Trái: $\varphi = \beta + \gamma_{mo}$	Từ trên xuống dưới (phay nghịch)	
Xoắn trái	Trái: $\varphi = \beta - \gamma_{mo}$ Phải: $\varphi = \beta + \gamma_{mo}$	Như trên	
Xoắn phải	Phải: $\varphi = \beta - \gamma_{mo}$ Trái: $\varphi = \beta + \gamma_{mo}$	Từ dưới lên trên (phay thuận)	
Xoắn trái	Trái: $\varphi = \beta - \gamma_{mo}$ Phải: $\varphi = \beta + \gamma_{mo}$	Như trên	

Ghi chú:

1. Khi góc nghiêng của răng $\beta = 6 \pm 10^\circ$ nên gia công theo sơ đồ ngược chiều xoắn của bánh răng và dao (bánh răng xoắn phải được gia công bằng dao xoắn trái và ngược lại).
2. Khi góc nghiêng của răng $\beta > 10^\circ$ nên gia công theo sơ đồ cùng chiều xoắn của bánh răng và dao (bánh răng xoắn phải được gia công bằng dao xoắn phải và ngược lại).

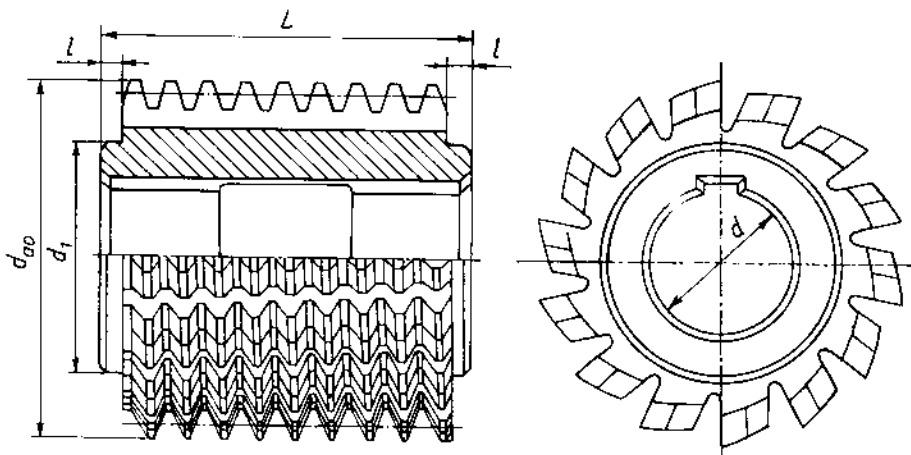
Dao phay lăn răng (hình 5.4) được chia ra 3 loại sau đây:

- Loại 1 được chế tạo liên có độ chính xác cao với môđun $m = 1 \dots 10 \text{ mm}$.
- Loại 2 chế tạo liên có độ chính xác trung bình với môđun $m = 1 \dots 10 \text{ mm}$.

- Loại 3 chế tạo răng chấp có độ chính xác thấp với môđun $m = 8 \dots 23 \text{ mm}$.

Dao phay loại 2 có môđun $m = 1 \dots 10 \text{ mm}$ được chế tạo với chiều dài trung bình và chiều dài lớn, còn dao phay loại 3 có môđun $m = 11 \dots 20 \text{ mm}$ được chế tạo với chiều dài trung bình.

Dao phay loại 3 có môđun $m = 10 \dots 25 \text{ mm}$ được chế tạo với kích thước trung bình và kích thước nhỏ, còn dao phay loại 3 có môđun $m = 8 \dots 9 \text{ mm}$ được chế tạo với kích thước trung bình (d_{ao} , d , L) Ngoài các kích thước cơ bản của dao (d_{ao} , d , L) còn phải đảm bảo các kích thước khác như d_1 (đường kính gờ) và l (khoảng cách từ đầu của gờ tới mặt đầu của răng). Các kích thước này rất cần khi gia công dao.



Hình 5.4. Các kích thước cơ bản của dao phay trục vít

Góc trước dương γ của lưỡi cắt cho phép nâng cao tuổi bền của dao và chất lượng bề mặt gia công. Ví dụ: dao phay thép gió P9 M4K8 có góc trước $\gamma = 12,5^\circ$ khi gia công thép 35X với tốc độ cắt $V = 62-64 \text{ m/phút}$ và lượng chạy dao $S_o = 2-3 \text{ mm/vòng quay}$ của bàn máy có tuổi bền cao hơn 1,4-2,2 lần so với tuổi bền của dao phay có góc trước $\gamma = 0^\circ$ khi gia công phôi có độ cứng $HB = 160-180$.

Nếu bề mặt lưỡi cắt của dao được phủ một lớp hợp kim cứng thì tuổi bền của dao sẽ tăng gấp 2 so với dao không được phủ bề mặt.

Ngoài dao phay thép gió, trong thực tế sản xuất còn sử dụng rộng rãi dao phay hợp kim cứng. Dao phay hợp kim cứng được dùng chủ yếu để gia công trục then hoa (gần như bánh răng) có độ cứng $HB \approx 300$.

Năng suất gia công của dao phay hợp kim cứng lớn hơn 2 ÷ 3 lần so với năng suất gia công bằng dao thép gió.

Bảng 5.4 là các thông số cơ bản của dao phay lăn trục vít.

Bảng 5.4. Các kích thước cơ bản của dao phay lăn trục vít

Môđun m_o	d_{ao} (mm)		d (mm)			L (mm)				
	Loại dao									
	1	2	3*	1	2	3*	1	2		3*
1	71	40		32	16		71	ngắn	dài	
1,125		50			22			32	50	
1,25								63	27	
1,375	80	40		80			40			
1,5					90		50			
1,75								71	56	
2	100	63		63						
2,25				112	71		71			
2,5							90	80	80	
2,75	125	90							90	
3				140	100				100	
3,25							112	112	112	
3,5	125	125							125	
3,75				140	140				140	
4							160	155	155	
4,25	180	175							175	
4,5				200	180				180	
5							212	180	180	
5,5	225	180							180	
6				250	180				180	
6,5							265	180	180	
7	280	180							180	
8			300	180	180	290				
9					320	180	180	310		
10	340	180					180	330		
11			360	180			180	360		
12					360	180	180	360		
14	360	180					180	360		
16			360	180			180	360		
18					360	180	180	360		
20	360	180					180	360		
22			360	180			180	360		
25					360	180	180	360		

Ghi chú: * Dùng cho dao có chiều dài trung bình

Chế độ cắt của dao phay lăn trục vít (hay dao phay trục vít) được chọn xuất phát từ chi phí gia công nhỏ nhất trên cơ sở tuổi bền và độ mòn dao theo mặt sau (bảng 5.5). Khi cắt tinh bánh răng có cấp chính xác 6 thì độ mòn sau h_3 phải nhỏ hơn 0,05 mm.

Bảng 5.5. Tuổi bền t và độ mòn mặt sau h_3 của dao phay trục vít

Môđun m_o (mm)	T^* (Phút)	h_3^* (mm)
Gia công thô và bán tinh		
1-4	240/540	0,8-0,9
4-6	360/720	0,8-0,9
6-8	480/960	0,9-1,0
3-10	720/1440	0,9-1,0
Gia công tinh		
1-6	240/480	-(0,2-0,3)
6-10	360/720	-(0,3-0,4)

Ghi chú: * Tử số dùng cho gia công thép, còn mẫu số dùng cho gia công gang

Chế độ cắt hợp lý khi phay lăn răng được xác định theo các bước sau đây:

- Chọn số bước gia công.
- Chọn lượng chạy dao
- Xác định tốc độ cắt
- Kiểm tra công suất cắt và tuổi bền của dao.
- Xác định thời gian gia công cơ bản t_o .

Để nâng cao độ chính xác gia công có thể chọn lượng chạy dao lớn khi gia công thô (lượng chạy dao này bị giới hạn bởi công suất của máy), còn khi gia công tinh cần chọn lượng chạy dao nhỏ (bị giới hạn bởi độ nhám và độ sóng bề mặt). Lượng chạy dao S_o (mm/vòng) khi gia công thô và bán tinh đối với thép có thể chọn trong khoảng 0,8÷1,8 mm/vòng, còn đối với gang - 1÷2,3 mm/vòng. Lượng chạy dao S_o (mm/vòng) khi gia công tinh đối với thép: 1÷2 mm/vòng và đối với gang: 1,2÷2,2 mm/vòng.

Tốc độ cắt V (m/phút) phụ thuộc vào tuổi bền T , lượng chạy dao S , độ cứng vật liệu HB và môđun m của bánh răng.

Đối với $HB = 160 \div 240$:

$$V = \frac{120}{T^{0,3} S^{0,5} HB^{1,25} m^{0,1}} \tag{5.1}$$

Đối với HB = 250 ÷ 300:

$$V = \frac{120}{T^{0,4} S^{0,5} HB^{2,5} m^{0,4}} \quad (5.2)$$

Công suất đo trên trục chính (công suất cắt) của máy N_z (kW) được xác định theo công thức sau:

$$N_z = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 10^{-3}} \quad (5.3)$$

Ở đây: P_z - lực cắt (N); V - tốc độ cắt (m/phút)

Lực cắt P_z (lực cắt vòng) là thành phần chủ yếu của tổng hợp lực, nó được xác định theo công thức:

$$P_z = C_p \cdot m^{1,4} \cdot S^{0,05} \cdot t^{1,4} \cdot V^{0,28} \cdot K_{10} \cdot K_M \cdot 9,8 \quad (5.4)$$

Ở đây: C_p - hệ số tính đến ảnh hưởng của các yếu tố cố định tới lực cắt (khi phay lăn răng bằng sao phay trục vít: $C_p=15$); K_{10} - hệ số tính đến số đầu mối của dao phay (khi số đầu mối $q=1$ thì $K_{10}=1$, khi $q=2$ thì $K_{10}=1,6$, khi $q=3$ thì $K_{10}=2$); $K_M=0,5 \div 1$ - hệ số tính đến độ cứng của vật liệu gia công (ví dụ: thép 45, $K_M=1$).

Trong bảng 5.6 trình bày các giá trị của tốc độ cắt V và các giá trị của công suất cắt N_z tương ứng.

Bảng 5.6. Tốc độ cắt V và công suất N_z khi cắt răng thô và bán tinh bằng dao phay trục vít một đầu mối

S_0 mm/vòng	Môđun m (mm) trong khoảng											
	1-15		15-25		25-4		4-8		8-10		8-10	
	v	N_z	v	N_z	v	N_z	v	N_z	v	N_z	v	N_z
0,8	60	0,5	59	0,6	58	0,7	52	0,9	43	0,9	38	14
1,0	50	0,5	49	0,65	48,5	0,8	44	0,9	38	1,0	33	15
1,3	45	0,6	45	0,7	44	0,9	39	0,9	36,5	1,1	30	17
1,5	43,5	0,7	43	0,8	43	0,9	37	1,0	33	1,2	28	18
1,9	39	0,8	39	0,9	38	1,0	35	1,1	30	1,35	26,5	19
2,0	38	0,9	37	1,0	37	1,1	29	1,5	29	1,5	25	2,0
2,3	-	-	35,6	1,0	35,6	1,1	32	1,3	26	1,5	22	2,1
2,5	-	-	33,5	1,0	33,5	1,1	30	1,4	24,5	1,6	21	2,2
2,8	-	-	31,5	1,1	31,5	1,2	28	1,5	23	1,6	20	2,3
3,0	-	-	30,5	1,2	30,5	1,25	27	1,6	22	1,7	-	-
3,2	-	-	-	-	29	1,3	26	1,7	-	-	-	-
3,4	-	-	-	-	28	1,4	-	-	-	-	-	-

Khi biết tốc độ V ta xác định số vòng quay n của dao theo công thức:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{ao}} \quad (5.5)$$

Ở đây: D_{ao} - đường kính ngoài của dao phay (mm)

Sau đó cần kiểm tra lại công suất của máy N_m (công suất của động cơ) theo công thức:

$$N_m = \frac{N_z}{\eta} \quad (5.6)$$

Ở đây: η - hiệu suất của máy ($\eta = 0,8 \div 0,9$).

Thời gian cơ bản t_o (phút) khi phay lăn răng (hình 5.5) được xác định theo công thức:

$$t_o = \frac{b + l_1 + l_2}{n_o \cdot S_o \cdot q} \cdot z \quad (5.7)$$

Ở đây: b - bề rộng (chiều dài) vành răng (mm);

l_1, l_2 - chiều dài ăn dao và thoát dao (mm);

n_o - số vòng quay của dao (vòng/phút);

S_o - lượng chạy dao dọc (mm/vòng);

q - số đầu mối của dao phay;

z - số răng gia công.

Chiều dài ăn dao l_1 được tính theo công thức:

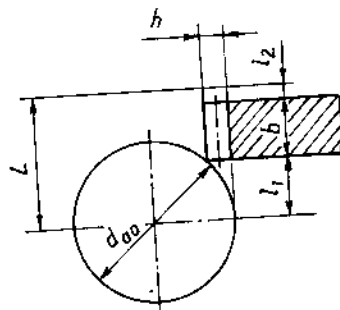
$$l_1 = (1,1 \div 1,2) \sqrt{h(d_{ao} - h)} \quad (5.8)$$

Ở đây: h - chiều cao răng (mm);

d_{ao} - đường kính ngoài của dao phay (mm).

Chiều dài thoát dao $l_2 = (3 \div 5)$ mm.

Trong quá trình gia công dao bị mòn, do đó khi hết tuổi bền, dao cần được mài lại. Chất lượng mài dao có ảnh hưởng lớn đến tuổi bền, độ chính xác gia công và độ bóng (độ nhám) bề mặt. Dao phay được mài theo mặt trước trên các máy mài dao chuyên dùng (bảng 5.7). Sau khi mài



Hình 5.5. Chiều dài ăn dao (l_1) và thoát dao (l_2) khi cắt răng.

cần kiểm tra prophin của răng dao theo mặt trước. Độ nhám bề mặt trước R_z của dao phải nằm trong khoảng $1,6 \div 6,3 \mu\text{m}$ tùy thuộc vào độ chính xác của dao.

Bảng 5.7. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài dao phay trục vít

Nước sản xuất	Môdel máy	Kích thước lớn nhất của dao phay (mm)			Hành trình mài (mm)	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Chiều sâu của rãnh		
Nga	3A660A	80	-	11	65	1,08
	3B662B2	250	-	55	280	2,8
	3Bx 6632	320	-	90	450	3,8
	2Bx 6642	500	-	115	700	5,9
Đức	AGW 160	-	-	35	250	1,75
	AGW 232	230	14	50	280	2,9
	AGW 301	300	-	90	380	3,8
	AGW 421	420	-	110	660	4,5
	AGW 482	48	-	110	550	4,5
Đức	AS 204	250	18	60	320	4,0
	AS 305	300	-	60	420	4,4
	AS 510	500	-	120	700	5,7
Đức	SWFK 250	260	20	400	-	-
Thụy Sĩ	A 60/0	80	-	10	65	0,87

5.2. BẢO RĂNG

Cắt răng ngoài và răng trong trên các máy bào răng được thực hiện bằng phương pháp bao hình và định hình. Phương pháp bao hình cắt răng ăn khớp ngoài bằng dao răng lược (có hình dao như thanh răng). Prophin thân khai của mặt răng được tạo thành nhờ chuyển động bao hình và chuyển động thẳng di lại của dao dọc theo trục bánh răng gia công.

Răng ăn khớp trong có thể được cắt bằng dao xọc hoặc dao chuyên dùng theo phương pháp bao hình trên các máy bào răng.

Trên các máy bào răng cũng có thể cắt răng bằng dao định hình (prophin của dao giống như prophin của rãnh răng) với phương pháp chia độ theo từng răng. Phương pháp này được dùng chủ yếu để gia công thô các bánh răng ăn khớp ngoài và trong có môđun lớn.

Ở các máy bào răng cỡ trung bình và cỡ lớn, bàn máy dịch chuyển theo phương vuông góc với trục của nó và đồng thời thực hiện chuyển

động quay bao hình với chuyển động thẳng đi lại của dao. Ở các máy bào răng cỡ lớn, bàn máy chỉ thực hiện chuyển động quay, còn chuyển động tịnh tiến bao hình với chuyển động của bàn máy do trụ dao (giá dao) thực hiện.

Trong quá trình gia công, dao dịch chuyển từ trên xuống dưới theo đường thẳng nằm trong mặt phẳng song song với trục của phôi.

Các răng của dao chỉ cắt khi đi xuống, còn lúc đi lên dao lùi ra để tránh chà sát vào mặt gia công.

Các máy bào răng của Thụy Sĩ (bảng 5.8) cho phép cắt răng thẳng, răng nghiêng, răng chữ V có rãnh thoát dao và thanh răng.

Bảng 5.8. Đặc tính kỹ thuật của các máy bào răng (Thụy Sĩ)

Môdel máy	Kích thước bánh răng gia công lớn nhất (mm)			Công suất của máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
	Đường kính	Modul	Bề rộng vành răng		
SH 75K	750	10	215	71	5,8
SH 100/140	1450	15	320	-	9,2
SH 180/300 K	3000	20	450	-	23,0
SH 350/ 500	5000	25	530	-	40,0
SH 250/ 300	3080	30	670	71	38,0
SH 450/ 500	5062	30	670	71	50,0
SH 600/ 735	7350	40	1280	95	116,0
SH 1200	12000	40	1280	95	161,0

Các dao răng lược được dùng cho các máy trên đây cũng do Thụy Sĩ chế tạo. Dao răng lược thẳng được dùng để cắt thô và cắt tinh các bánh răng thẳng và các bánh răng nghiêng ăn khớp ngoài và ăn khớp trong).

Dao răng lược nghiêng khi gia công được gá nằm ngang (song song với mặt đầu của bánh răng) để gia công bánh răng nghiêng và bánh răng chữ V có rãnh thoát dao hẹp. Để gia công thanh răng cần dùng dao răng lược có số răng nhỏ hơn dao răng lược vạn năng thông thường.

Dao răng lược có 2 ÷ 3 răng với chiều cao khác nhau được dùng để gia công thô các bánh răng môđun lớn.

Dao một răng được dùng để gia công các bánh răng có môđun lớn hơn môđun của bánh răng được gia công bằng dao răng lược. Ưu điểm của dao một răng là nó có thể gia công được các bánh răng có môđun khác nhau. Loại dao này thường được dùng để gia công các bánh răng có số răng nhỏ. Tốc độ cắt khi bào răng được trình bày trong bảng 5.9.

Bảng 5.9. Tốc độ cắt khi bào răng trụ bằng dao răng lược

Số răng gia công	V (m/phút) với môđun m (mm)														
	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
10	19	17,6	16,6	15,9	14,8	14	13,4	12,9	12,5	12,1	11,8	11,5	11,3	11	10,8
25	16,7	15,5	14,7	14	13	12,3	11,8	11,6	11,4	10,7	10,7	10,1	9,9	9,7	9,5
40	15,2	14,1	13,3	12,7	11,8	11,2	10,7	10,3	10	9,7	9,5	9,2	9	8,8	8,6
70	14,4	13,4	12,7	12,1	11,2	10,7	10,2	9,8	9,5	9,2	9	8,6	8,5	8,3	8,1
100	13,7	12,7	12,1	11,5	10,7	10,2	9,7	9,4	9	8,8	8,4	8,3	8,2	8	7,8
150	13	12,1	11,4	10,9	10,1	9,6	9,2	8,8	8,5	8,3	8	7,9	7,7	7,6	7,4
200	12,4	11,6	11	10,4	9,7	9,2	8,8	8,5	8,2	8	7,1	7,6	7,4	7,3	7,1
250	12,1	11,2	10,6	10,1	9,4	8,9	8,5	8,2	7,9	7,7	7,4	7,3	7,1	7,0	6,8

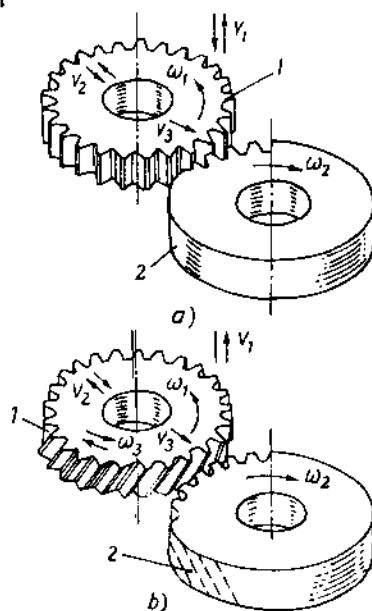
5.3. XOC RĂNG

Phương pháp xọc răng được dùng chủ yếu để gia công các vành răng hở (có chỗ thoát dao). Đây là phương pháp chủ yếu để gia công các bánh răng ăn khớp trong (sẽ được nghiên cứu ở chương 8) và có thể gia công các bánh răng hình chữ V (sẽ được nghiên cứu ở chương 7). Ưu điểm chủ yếu của phương pháp xọc răng so với phương pháp cắt răng bằng dao phay trục vít là độ góc cạnh nhỏ của profile thân khai của các bánh răng có số răng ít.

Khi xọc răng thì bánh răng gia công ăn khớp với dao xọc 1 (hình 5.6).

Các máy xọc răng được chế tạo chủ yếu có trục gá phối thẳng đứng. Đối với các máy có kích thước trung bình thì khoảng cách tâm (giữa tâm dao và tâm bánh răng gia công) được thay đổi nhờ dịch chuyển của giá dao, còn đối với các máy cỡ lớn - nhờ dịch chuyển của bàn máy.

Máy xọc răng có rất nhiều môdel khác nhau và được nhiều nước trên thế giới chế tạo (bảng 5.10).



Hình 5.6. Sơ đồ xọc răng
a- xọc răng thẳng; b- xọc răng nghiêng;
1- dao xọc; 2- bánh răng gia công.

Bảng 5.10. Đặc tính kỹ thuật của các máy xọc răng

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước bánh răng gia công lớn nhất (mm)			Đường kính dao xọc lớn nhất (mm)	Số hành trình kép của dao /phút	Công suất máy (kW)	Khối lượng của máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng rãnh răng				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nga	5111	80	1	20	40	26-1600	1,1	1,5
	5A122	250	6	50	100	195-1200	3	5
	5A122Φ4	200	5	50	100	125-1250	11	5,4
Nga	5A140II	500	8	100	100	55-560	5/6,3/10 ^{*2}	7,5
	5A130 ^{*1}	250	10	105	-	40-100	22	16
Nga	5M150II	800	12	160	200	33-188	4,8/5,7/7,5 ^{*2}	9,5
	5M161	1250	12	170	200	33-212	4,8/5,7/7,5 ^{*2}	10,5
	51A80ΠΦ2	800	12	190	200	30-327	10/6,3/5 ^{*2}	12,5
	51A125IIΦ2	1250	12	190	200	30-327	10. 6,3/5 ^{*2}	11,7
	51A200IIΦ2	2240	12	200	200	5-400	10	18,4
Đức	WS 201	250	6	50	186	320-2060	-	6
	WS 401	400	8	80	200	200-1800	-	7,6
	WS 501	500	8	140	200	31-500	-	8,3
Đức	SN 4	210	4	60	100	236-900	-	3,6
	SN 5	500	5	75	125	30-424	-	4,1
	SN 8	630	8	180	125	47-300	-	5,5
	SN 10	1000	10	180	200	21-175	-	6
	LS 150	150	5	42	125	265-1250	-	5,7
	LS 302	300	6	70	125	150-1000	-	7,5
	LS 422	420	8	100	200	25-800	-	8
	LS 630	630	12	230	200	10-510	-	10
	LS 1000	1000	12	230	200	10-340	-	10,5
	LS 1250	1250	12	230	200	10-340	-	11
Anh	V 1250	250	6	130	100	50-1000	-	-
	V 400	400	6	130	100	50-1000	-	3,9
Mỹ	FS 180	180	4	42	-	250-1250	-	6,6
	N 102	254	6	70	-	350-1300	-	4,9
	50-8	1270	12,7	203	-	-	-	11,8
Cộng hoà Séc	OHA 12A	125	4	35	100	280-1120	2,2/3 ^{*2}	3
	OHA 32A	320	6	70	125	80-1000	5,5/11 ^{*2}	4,3
	OHA 50A	500	8	125	125	45-750	5,5/11 ^{*2}	5,2

Tiếp bảng 5.10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Đức	ZSTWZ 250	250	4	90	-	-	-	-
	ZSTWZ 900	900	6	140	-	-	-	-
	ZSTWZ 1000	1000	10	140	-	-	-	-
Nhật	SH 251	250	6	60	-	250-1350	-	5
	SH 400	400	6	85	-	180-1000	-	6,5
	SH 630	600	8	200	-	45-330	-	8,5
	SH 1000	1000	8	200	-	45-330	-	9,5
Đức	PS 35	3500	200	450	-	-	-	-
Mỹ	Шер-спилт ^{*1}							
	1833	76	3,17	76	-	-	11	7
	3053	127	4,23	76	-	-	11	10,4
	3073	177	4,23	76	-	-	18	10,4
	18105	254	8,46	127	-	-	30	15,8
	30136	330	13,36	165	-	-	52	56,7
Ý	30206	508	13,36	165	-	-	73	98
	DS 180 CNC	180	5	30	-	2000	-	5
	DS 280 CNC	280	6	50	-	1500	-	9,5
	DS 300 CNC	300	6,5	130	-	1300	-	5,5
	DS 500 NC	500	7,5	130	-	800	-	7,25
Ghi chú: *1- Dao- đầu dao (nhiều lưỡi dao) *2 - công suất của động cơ nhiều tốc độ.								

Trong quá trình gia công trục dao thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại với tốc độ V_1 (hình 5.7) còn số vòng quay của nó được xác định nhờ hộp tốc độ 5 nhận chuyển động từ động cơ M. Trục dao 1 và bàn gá phối 2 quay chậm ăn khớp với tốc độ ω_1 và ω_2 . Số vòng quay bao hình của chúng được điều chỉnh nhờ chục chia độ 9 với tỷ số truyền i:

$$i = \frac{Kz_0}{z} \quad (5.9)$$

Ở đây: K - hệ số phụ thuộc vào sơ đồ động của máy; z_0 - số răng của dao xọc; z - số răng gia công.

Tốc độ góc của trục dao 1 được điều chỉnh nhờ hộp chạy dao vòng 6.

Khi dao xọc đi lên (quá trình chạy không) nó lùi ra khỏi bánh răng gia công theo phương hướng kính để lưỡi dao không chà sát vào răng gia công. Trục dao 1 sau mỗi hành trình của dao thực hiện dịch chuyển V_2 từ cơ cấu lùi dao 4.

Chiều dài hành trình của trục dao l bằng tổng của bề rộng vành răng b , chiều dài ăn dao l_1 và chiều dài thoát dao l_2 .

Vị trí hành trình của dao được điều chỉnh bằng cơ cấu lệch tâm 7. Số hành trình ăn dao hướng kính V_3 của dao để gia công tất cả các răng trong một vòng quay của bánh răng với khoảng cách tâm (giữa tâm dao và tâm bánh răng gia công) xác định được điều chỉnh nhờ chạc chạy dao hướng kính 3.

Khi cắt răng nghiêng, dao xọc ngoài dịch chuyển dọc trục phôi còn có thêm chuyển động quay ω_3 tương ứng với góc nghiêng của răng (xem hình 5.6b và 5.7). Chuyển động quay ω_3 được thực hiện nhờ cơ cấu dẫn hướng xoắn vít 8. (xem hình 5.7) nối trục dao với cơ cấu truyền động trục vít - bánh vít. Hướng của cơ cấu dẫn hướng xoắn vít và răng dao phải ngược với hướng của răng gia công. Hành trình của cơ cấu xoắn vít phải bằng hành trình của răng dao xọc P_{zo} . Hành trình P_{zo} được tính theo công thức sau đây:

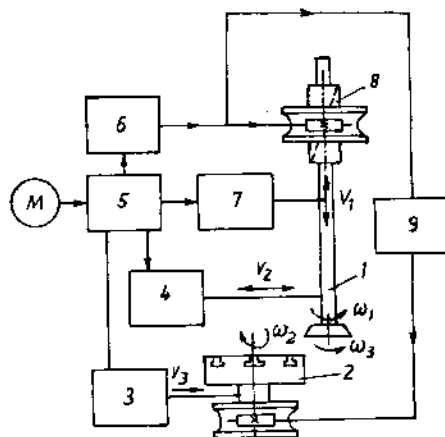
$$P_{zo} = \frac{\pi m z_0}{\sin \beta_0} = \frac{\pi m z_0}{\operatorname{tg} \beta_0} \quad (5-10)$$

Ở đây: z_0 - số răng của dao xọc; β_0 - góc nghiêng của dao xọc.

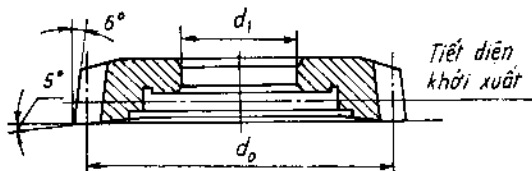
Dao xọc răng có các loại sau đây:

- Dao xọc răng dạng đĩa.
- Dao xọc răng dạng cốc.
- Dao xọc răng có chuỗi liên khối.

Dao xọc răng dạng đĩa (hình 5.8) được dùng để cắt răng thẳng ăn khớp



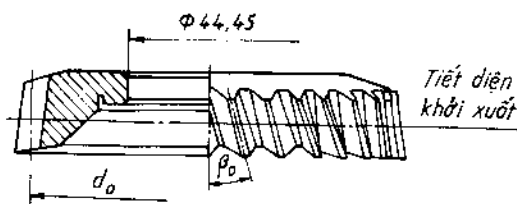
Hình 5.7. Sơ đồ nguyên lý của máy xọc răng
1- trục dao; 2- bàn máy; 3- chạc chạy dao hướng kính; 4- cơ cấu lùi dao; 5- hộp tốc độ; 6- hộp chạy dao vòng; 7- cơ cấu lệch tâm; 8- cơ cấu dẫn hướng xoắn vít; 9- chạc chia độ.



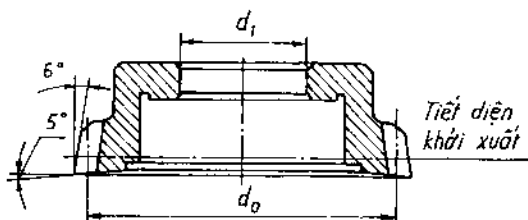
Hình 5.8. Dao xọc răng dạng đĩa răng thẳng.

ngoài và ăn khớp trong, đồng thời để cắt bánh răng liền khối với điều kiện là phần nhô ra của vành răng thứ hai so với vành răng thứ nhất một khoảng cách không lớn hơn $4 \div 5$ môđun của bánh răng. Sở dĩ có giới hạn này là do đai ốc kẹp ở mặt đầu dao xọc có nguy cơ va vào vành răng thứ hai khi gia công vành răng thứ nhất.

Dao xọc răng dạng đĩa răng nghiêng (hình 5.9) được dùng để cắt bánh răng nghiêng. Hướng nghiêng của



Hình 5.9. Dao xọc răng dạng đĩa răng nghiêng.



Hình 5.10. Dao xọc răng dạng cốc

răng dao xọc có thể là phải hoặc trái. Dao nghiêng phải được dùng để cắt bánh răng nghiêng trái và ngược lại.

Dao xọc răng dạng cốc (hình 5.10) được dùng để cắt bánh răng thẳng và bánh răng liền khối có vành răng thứ hai nhô ra nhiều hơn vành răng thứ nhất một khoảng cách lớn hơn $4 \div 5$ môđun của bánh răng (do đai ốc kẹp nằm ở vị trí cao hơn mặt đầu của dao).

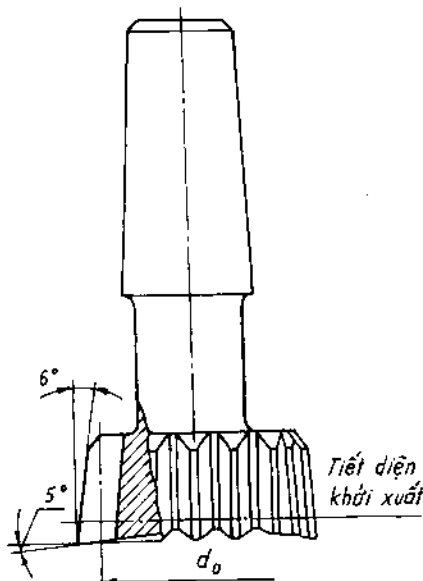
Dao xọc răng có chuỗi liền khối răng thẳng (hình 5.11) được dùng để cắt răng thẳng ăn khớp trong.

Dao xọc răng có chuỗi liền khối răng nghiêng (hình 5.12) được dùng để cắt các bánh răng nghiêng.

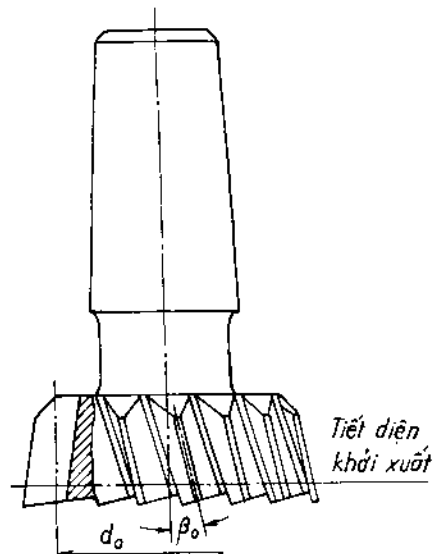
Các dao xọc tiêu chuẩn được chế tạo theo hai loại: loại có phủ lớp hợp kim chống mòn và loại dao bình thường (không có phủ lớp hợp kim chống mòn). Loại dao có phủ lớp hợp kim chống mòn cho phép tăng tuổi bền gấp 2 lần so với loại dao bình thường.

Tốc độ cắt khi xọc răng được xác định theo lượng chạy dao vòng S trong một hành trình kép của dao (bảng 5.11).

Lượng chạy dao hướng kính S_o có thể lấy bằng $0,1 \div 0,3$ lượng chạy dao vòng S .



Hình 5.11. Dao xọc răng có chuỗi liên khối răng thẳng



Hình 5.12. Dao xọc răng có chuỗi liên khối răng nghiêng

Bảng 5.11. Lượng chạy dao vòng S khi xọc bánh răng trụ răng thẳng bằng thép

Gia công	Môđun m (mm)	S(mm/vòng) với công suất máy (kW)			
		<1,5	2,2 - 3	4,5-6,3	> 6,3
Gia công thô và bán kính, sau đó gia công tinh	3-4	0,20-0,50	0,40-0,50	-	-
	4-6	0,10-0,25	0,25-0,40	0,45-0,60	0,40-0,60
	6-8	-	-	0,35-0,45	0,40-0,60
	8-10	-	-	0,35-0,45	0,45-0,45
	10-12	-	-	0,25-0,50	-
Gia công thô và bán kính, sau đó cả răng	1-2,5	0,10-0,30	0,15-0,35	-	-
	2,5-4	0,25-0,35	0,35-0,40	-	-
	4-6	0,10-0,20	0,25-0,35	0,35-0,45	-
	6-8	-	-	0,30-0,40	0,35-0,50
Gia công thô và bán kính, sau đó mài răng	1-2,5	0,12-0,60	0,18-0,36	-	-
	2,5-4	0,30-0,40	0,40-0,45	-	-
	4-6	0,15-0,25	0,30-0,40	0,40-0,50	-
	6-8	-	-	0,32-0,45	0,40-0,52
	8-10	-	-	0,30-0,40	0,36-0,50
	10-12	-	-	0,25-0,45	0,30-0,50
Gia công tinh	1-3	0,28-0,35			
	3-12	0,25-0,30			
Ghi chú: Giá trị S lớn được dùng để gia công bánh răng có số răng > 25, giá trị nhỏ dùng để gia công bánh răng có số răng < 25.					

Tốc độ cắt V khi xọc răng được xác định theo bảng 5.12.

Bảng 5.12. Tốc độ cắt V khi xọc bánh răng thép

Gia công	Lượng chạy dao vòng S (mm/ hành trình kép)	V (m/phút) với môđun m (mm)					
		1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
Gia công thô, bán tinh và tinh	0,10	415	36	29	-	-	-
	0,15	34	28	23	-	-	-
	0,20	30	25	21	18,5	17	16
	0,25	27	22	18,5	17	16	14
	0,30	24	20	16	15,5	14	13
	0,35	22,5	18	15	14,5	13	12
	0,40	21	17	14,5	14	12	11
	0,45	-	16	13,5	12	11	10
	0,50	-	15,5	13,5	11,5	10	9,5
	0,55	-	-	12,5	10,5	9,5	9
	0,60	-	-	12	10	9	-
Gia công tinh	0,15	44					
	0,20	40					
	0,25	35					
	0,35	31					

Số hành trình kép n_k của dao xọc trong một phút được xác định theo công thức:

$$n_k = \frac{1000V}{2L} \quad (5.11)$$

ở đây: V - tốc độ cắt (m/phút); L-chiều dài hành trình của dao xọc (mm).

Chiều dài hành trình L của dao bằng bề rộng răng b cộng với tổng chiều dài ăn dao (l_1) và thoát dao (l_2), có nghĩa là:

$$L = b + l_1 + l_2$$

Tổng chiều dài ăn dao và thoát dao phụ thuộc vào bề rộng răng b:

b (mm)	20	50	72	85	120	165
$l_1 + l_2$ (mm):	5	8	12	15	20	25

Công suất cắt N được xác định theo bảng 5.13. Nếu công suất cắt N nhỏ hơn công suất của máy (của động cơ) thì quá trình cắt được thực hiện. Trong trường hợp ngược lại cần giảm chế độ cắt (chủ yếu giảm lượng chạy dao vòng S) hoặc phải thay đổi máy.

Bảng 5.13. Công suất cắt N khi xọc bánh răng thép

Gia công	Lượng chạy dao vòng S (mm/ hành trình kép)	N (kW) với môđun (mm)					
		1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
Gia công thô, bán tinh và tinh	0,10	0,2	-	1,3	-	-	-
	0,15	0,3	0,8	1,5	-	-	-
	0,20	0,3	0,8	1,8	2,9	3,5	4,5
	0,25	0,4	1,1	2,0	3,2	3,9	5,0
	0,30	0,4	1,1	2,2	3,5	4,1	5,5
	0,35	0,4	1,2	2,3	3,8	4,5	5,9
	0,40	0,4	1,3	2,5	4,1	4,7	6,2
	0,45	-	1,4	2,7	4,3	4,9	6,4
	0,50	-	1,5	2,8	4,6	5,0	6,7
	0,55	-	-	2,9	4,9	5,2	7,0
	0,60	-	-	3,4	5,2	5,5	-

Thời gian cơ bản t_o được xác định theo công thức:

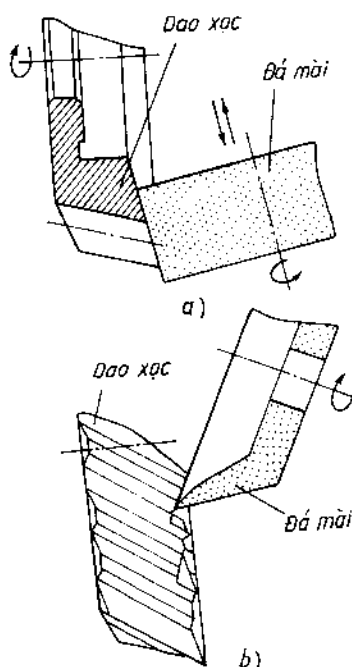
$$t_o = \frac{\pi m \cdot z}{n_k \cdot S} i + \frac{h}{n_k \cdot S_o} \quad (5.12)$$

Ở đây: z - số răng gia công; n_k - số hành trình kép của dao trong một phút; S - lượng chạy dao vòng (mm/ hành trình kép) i - số bước gia công; h - chiều cao răng; S_o - lượng chạy dao hướng kính (mm/hành trình kép).

Khi gia công các bánh răng thép cần tuổi dụng dịch trơn nguội là Emunxi hoặc dầu công nghiệp.

Tuổi bền của dao xọc răng thẳng có thể tăng lên nhờ thay đổi hướng chạy dao vòng (quay ngược lại) sau khi một mặt prophin răng dao có độ mòn khoảng $70 \div 80\%$ trị số mòn cho phép.

Các dao xọc răng được mài theo mặt trước trên các máy mài dao vạn năng. Dao xọc răng thẳng được mài bằng mặt tròn ngoài của đá mài hình



Hình 5.13. Mài dao xọc răng
a- mài dao xọc răng thẳng;
b- mài dao xọc răng nghiêng.

trụ (hình 5.13a). Dao xọc răng nghiêng được mài từng răng một bằng mặt tròn ngoài của đá mài dạng đĩa hoặc mặt đầu của đá mài dạng cốc (hình 5.13b).

Sau khi mài xong, cần kiểm tra: độ đảo hướng kính của mặt tròn ngoài của các răng dao, độ đảo mặt đầu của mặt trước của các răng dao và sai lệch góc trước của mặt răng. Các giới hạn sai số này phải nằm trong phạm vi dung sai cho phép.

5.4. CẮT RĂNG BẰNG DAO PHAY MÔĐUN ĐĨA VÀ DAO PHAY MÔĐUN NGÓN

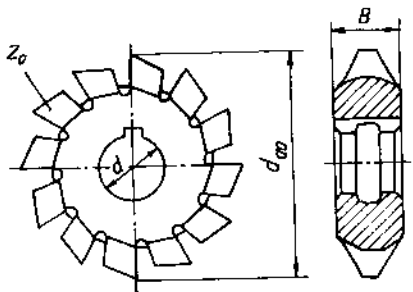
Các dao phay môđun đĩa và môđun ngón được dùng chủ yếu để gia công tinh các bánh răng cỡ lớn, trong đó có cả bánh răng chữ V, bánh răng ăn khớp trong bánh răng liền khối và thanh răng. Độ chính xác của bánh răng được gia công bằng các loại dao này đạt cấp 9 và thấp hơn.

Máy để gia công bánh răng bằng các dao phay đĩa môđun và dao phay ngón môđun thường là máy phay răng vạn năng có cơ cấu chia độ và đầu dao để lắp dao phay ngón. Trong trường hợp không có máy phay răng có thể dùng máy phay thường có trạng bị đầu phân độ.

Dao phay môđun đĩa được chế tạo theo bộ, mỗi bộ gồm 8 và 15 con (hình 5.14). Bộ 8 con được dùng để gia công các bánh răng có môđun $m < 8$ mm.

Các kích thước cơ bản của dao phay môđun đĩa được trình bày trong bảng 5.14.

Bảng 5.14. Các kích thước cơ bản của dao phay môđun đĩa

	m_o	d_{ao}	d	z_o	B
	1-1,75	50	19	14	4-5,5
	1,5-1,75	55	22	14	6-7
	2-2,25	63	22	12	8-8,5
	2,5-2,75	70	22	12	9,5-10,5
	3-3,75	80	27	12	11,5-14
	4-4,5	90	27	12	15-16,5
	5-5,5	100	27	12	18-20
	6-7	110	32	10	21,5-24
	8-9	125	32	10	28-31
	10-11	140	40	10	34-37
	12-14	160	40	10	41-47
	16	180	50	10	53

Hình 5.14. Dao phay môđun đĩa.

Dao để cắt răng nghiêng được chọn theo số răng qui đổi z_o :

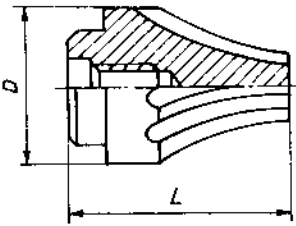
$$z_o = \frac{z}{\cos^3 \beta} = K_\beta \cdot z \quad (5.13)$$

Ở đây: β - góc nghiêng của răng gia công; z - số răng gia công; k_β - hệ số phụ thuộc vào β .

β	5	10	15	20	25	30	35	40	45
k_β	1,011	1,045	1,104	1,193	1,323	1,505	1,756	2,119	2,6

Dao phay môđun ngón (hình 5.15) có các kích thước cơ bản được ghi trong bảng 5.15.

Bảng 5.15. Các kích thước cơ bản của dao phay môđun ngón

	m_o	D	L
	12	45-40	65-70
	14	50-45	75-85
	16	60-45	80-90
	18	70-5	95-100
	20	75-55	95-100
	22	85-65	110-120
	24	90-70	125-130
	26	90-75	125-140
	30	110-90	140-155

Hình 5.15. Dao phay môđun ngón

Dao phay (môđun đĩa hoặc môđun ngón) hợp kim cứng cho phép nâng cao năng suất gia công gấp 2 ÷ 3 lần so với dao thép gió. Dao phay môđun các loại hợp kim cứng là các dao răng chấp, khi các mảnh hợp kim hỏng có thể dễ dàng thay thế chúng bằng các mảnh hợp kim mới. Hợp kim cứng thường dùng để chế tạo dao phay môđun đĩa và môđun ngón là T15K6, T5K10 và T16K8.

Chế độ cắt thường dùng khi cắt răng bằng các loại dao phay môđun (đĩa hoặc ngón) được chọn theo bảng 5.16.

Thời gian cơ bản t_o khi cắt răng bằng các loại dao phay môđun (đĩa hoặc ngón) được xác định theo công thức sau đây:

$$t_o = \frac{b_1 + l_1 + l_2}{S_o \cdot n} z \cdot i \quad (5.14)$$

Ở đây: b_1 - bề rộng vành răng (mm); l_1 - chiều dài ăn dao (mm), đối với dao phay đĩa: $l_1 = \sqrt{h(d_{ao} - h)} + (1 \div 2)$ mm, đối với dao phay ngón:

$l_1 = 0,5 d_{ao} + (1-2)$ mm, ở đây h - chiều cao răng;

l_2 - chiều dài thoát dao: $l_2 = (2 \div 4)$ mm; n- số vòng quay của dao (vòng/phút); i- số bước cắt để gia công một rãnh răng, z- số răng gia công.

Bảng 5.16. Chế độ cắt khi cắt răng bằng các loại dao phay môđun

Vật liệu gia công	S_o (mm/vòng) với môđun m/mm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thép, gang	1,4 1,5	1,5 2,85	1,56 2,98	1,65 3,03	1,68 3,1	1,71 3,5	1,8 3,7	1,9 3,9	2,0 3,0	2,1 3,9
Vật liệu gia công	S_o (mm/vòng của dao)	V (m/phút) với môđun m (mm)								
		1 - 5		5 - 7		7 - 9		9 - 10		
Thép	0,7	32		30		28		25		
	1,4	29		27		25		23		
	2,0	26		24		22		20		
	2,5	23		21		19		17		
Gang	12	27		25		23		21		
	2,5	24		22		20		18		
	3,7	21		19		17		15		
	4,5	18		16		14		12		

CHƯƠNG 6

GIA CÔNG TINH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP NGOÀI

6.1. CÀ RĂNG

6.1.1. Bản chất của cà răng

Cà răng được thực hiện bằng dao cà (có lưỡi cắt ở răng) khi nó ăn khớp với bánh răng gia công (hình 6.1). Trong quá trình cà, dao cà 2 nhận chuyển động từ động cơ, còn bánh răng gia công 1 quay theo dao cà và chúng có ăn khớp với nhau không có khe hở để thực hiện quá trình cắt phoi.

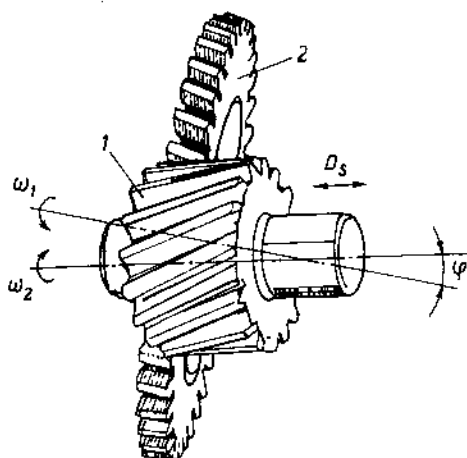
Khi gia công, dao quay với tốc độ góc ω_1 (theo hai chiều thuận nghịch) còn bánh răng gia công quay với tốc độ góc ω_2 và chuyển động tịnh tiến đi lại D_s . Dao được gá nghiêng một góc ϵ so với trục của bánh răng. Sau mỗi hành trình kép của bánh răng gia công nó lại thực hiện lượng chạy dao hướng kính để cắt hết lượng dư.

Cà răng cho phép nâng cao độ chính xác của bánh răng theo chỉ tiêu độ ổn định khi làm việc và độ chính xác tiếp xúc.

Độ ổn định khi làm việc của bánh răng tăng là do giảm được độ sóng bề mặt răng, giảm sai số của bước ăn khớp và giảm sai số profile thân khai của răng. Độ chính xác tiếp xúc của bánh răng tăng là do tăng được chiều dài đường tiếp xúc theo chiều cao răng.

Cà răng được dùng để gia công các bánh răng có độ cứng $HB \leq 380$. Độ bóng (độ nhám) bề mặt răng có thể đạt $R_a = 0,4 \div 0,1 \mu m$.

Độ chính xác và năng suất gia công cũng như độ nhám mặt răng phụ thuộc vào góc chéo giữa dao cà và phôi (bánh răng gia công) φ . Góc chéo



Hình 6.1. Sơ đồ cà răng
1. bánh răng gia công; 2- dao cà.

φ thường chọn trong khoảng từ $10 \div 15^\circ$. Khi cà bánh răng có số răng nhỏ và độ cứng HB thấp nên chọn φ nhỏ, còn khi cà bánh răng có số răng lớn và độ cứng HB lớn nên chọn φ lớn.

6.1.2. Máy cà răng

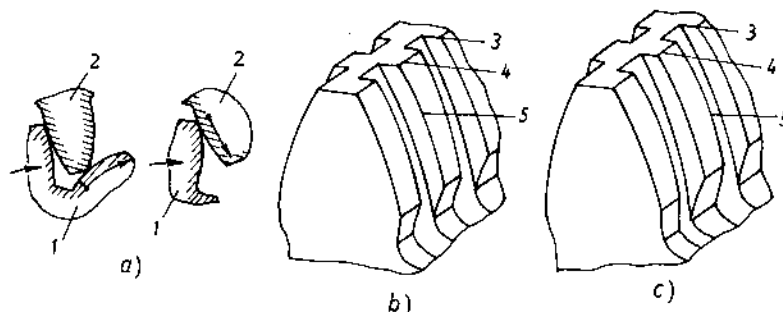
Máy cà răng có nhiều loại, chúng được chế tạo ở nhiều nước khác nhau (bảng 6.1).

Bảng 6.1. Đặc tính kỹ thuật của các máy cà răng

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước bánh răng gia công lớn nhất (mm)			Đường kính dao lớn nhất (mm)	Số vòng quay của trục chủ động (vòng/phút)		Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng		Dao	Bánh răng		
Nga	5701	125	1,5	40	85	100-630	-	-	1,56
	5B702B	320	6	100	240	63-500	-	3,2	5,3
	5B702B Φ 2	320	10	125	250	50-400	-	4,5	5
	5I703	500	10	150	300	-	50-400	3	4
	5714C4	800	12	200	300	-	39-284	-	8,7
	5717C3	1250	12	200	300	-	25-292	-	8,7
Cộng hoà Séc	OSP 12	125	4	100	185	112-560	-	1,5	2,1
	OS 25	250	6	150	290	71-355	-	2,2	3,5
Đức	ZSch250x5	250	5	125	250	250	-	-	4,5
	ZSch500x8	500	8	170	250	250	-	-	6
Anh	GS 8	203	6	254	250	61-222	-	-	2,5
	GS 12	305	6	254=	250	61-222	-	-	4,2
	GS 16	406	6	254	250	61-222	-	-	4,2
Đức	ZSA 220	220	8	150	260	45-385	-	-	5,5
	ZSA 320	320	8	150	260	45-385	-	-	5,6
	ZSA 420	420	8	150	260	45-385	-	-	6,2
	ZSA 551	500	10	250	260	45-385	-	-	6,2
	ZST 7	180	5	50	250	40-400	-	-	3,7
	ZSI 250	250	5	-	120	-	-	-	3,5
	ZSI 320	320	5	-	120	-	-	-	3,5
Nhật	SV I	300	6	150	225	70-290	-	3,8	-
	SV II	300	8	150	225	73-310	-	6,7	-
Nhật	GSF-400X	400	8	150	-	50-320	-	5,4	-

6.1.3. Dao cà răng

Dao cà răng có dạng như một bánh răng nghiêng, trên prophin của các răng người ta xẻ các rãnh song song với mặt đầu răng để tạo ra các lưỡi cắt (hình 6.2).



Hình 6.2. Sơ đồ làm việc của các lưỡi cắt trên răng dao cà
a- quãng đường cắt của các lưỡi cắt; b- khi dao quay phải; c- Khi dao quay trái;
1- dao cà; 2- bánh răng gia công; 3- góc lưỡi cắt; 4- lưỡi cắt dọc trục;
5- lưỡi cắt hướng kính.

Từ sơ đồ trên hình 6.2a ta thấy khi cắt phôi không chỉ có các lưỡi cắt hướng kính 5 của dao 1 (hình 6.2b, c) tham gia mà còn có các lưỡi cắt hướng trục 4. Trong nhiều trường hợp, quãng đường cắt của lưỡi cắt hướng trục lớn hơn quãng đường cắt của lưỡi cắt hướng kính. Vì vậy góc 3 của lưỡi cắt bị mòn rất nhanh.

Sau một thời gian làm việc, các răng dao cà bị mòn, chúng được mài lại trên các máy mài răng. Số lần mài lại của dao cà nằm trong khoảng $5 \div 10$.

6.1.4. Các phương pháp cà răng

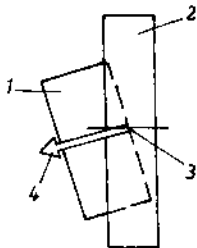
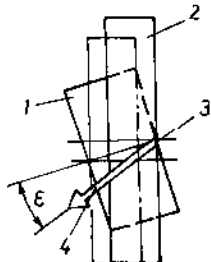
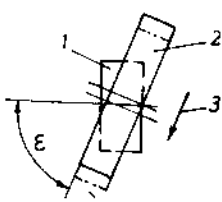
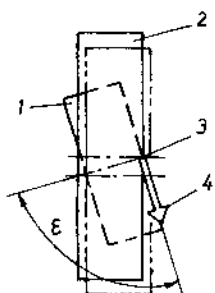
Trong thực tế người ta thường dùng các phương pháp cà răng sau đây: cà song song, cà chéo, cà vuông góc, cà tiếp tuyến và cà hướng kính (bảng 6.2).

1. *Cà song song.* Đây là phương pháp cà mà bánh răng gia công dịch chuyển song với trục của nó. Sau mỗi hành trình kép bánh răng 1 có chạy dao hướng kính tới dao cà 2. Để nâng cao độ bóng mặt răng, khi gia công gần xong không cần chạy dao hướng kính nữa.

2. *Cà chéo.* Đây là phương pháp cà khi chạy dao theo hướng chéo tạo thành một góc ϵ ($0 < \epsilon < 45^\circ$) với trục của bánh răng. Ưu điểm của phương

pháp cà chéo so với phương pháp cà song song là chiều dài hành trình làm việc giảm $1,5 \div 2,5$ lần. Điểm giao nhau của hai trục liên tục thay đổi trong quá trình gia công, đó cũng là ưu điểm của phương pháp cà chéo.

Bảng 6.2. Các phương pháp cà răng

Phương pháp cà	Sơ đồ	Góc giữa phương chạy dao và trục bánh răng
1. Cà song song		$\varepsilon = 90^\circ$
2. Cà chéo		$0^\circ < \varepsilon < 45^\circ$
3. Cà vuông góc		$\varepsilon = 90^\circ - \Sigma$
4. Cà tiếp tuyến		$\varepsilon = 90^\circ$

Ghi chú: 1- bánh răng gia công; 2- dao cà; 3- phương chạy dao; 4- hình chiếu của đường vuông góc giữa các đường tâm.

3. *Cà vuông góc.* Đây là phương pháp cà khi bánh răng gia công dịch chuyển theo hướng vuông góc với trục của dao ($\epsilon = 90^\circ - \Sigma$). Quá trình cắt cũng được hoàn thành sau một hành trình kép của bàn máy.

4. *Cà tiếp tuyến.* Đây là phương pháp cà khi bánh răng gia công chạy dao theo hướng vuông góc với trục của bánh răng ($\epsilon = 90^\circ$). Trong trường hợp này, khoảng cách giữa trục dao và trục bánh răng gia công không thay đổi. Quá trình cắt được hoàn thành sau một hành trình kép của bàn máy và không có chạy dao hướng kính. Phương pháp này được dùng để gia công bánh răng có vành hẹp, vành kín. Chiều rộng làm việc hữu ích của dao phải lớn hơn bề rộng của bánh răng gia công. Để cà hết vết ở rãnh và sườn của răng thì dao cà cần có dịch chuyển nhỏ theo chiều trục của nó.

6.1.5. Chế độ cắt khi cà răng

Lượng chạy dao và tốc độ cắt khi cà răng có thể chọn theo các bảng 6.3 và 6.4.

Bảng 6.3. Lượng chạy dao khi cà răng

Môđun bánh răng (mm)	Độ cứng của răng HB	Lượng chạy dao		Môđun bánh răng m (mm)	Độ cứng của răng HB	Lượng chạy dao	
		Chạy dao dọc S_o (mm/ vòng của bánh răng)	Chạy dao hướng kính S_p (mm/hành trình kép)			Chạy dao dọc S_o (mm/ vòng của bánh răng)	Chạy dao hướng kính S_p (mm/hành trình kép)
3-6	150-320	0,4-0,6	0,04-0,05	7-10	150-260	0,3-0,5	0,03-0,04
	320-380	0,3-0,4	0,02-0,03		260-360	0,2-0,3	0,02-0,03

Bảng 6.4. Tốc độ vòng của dao cà

Vật liệu gia công	Độ cứng vật liệu HB	Tốc độ vòng V (mm/ph)	Vật liệu gia công	Độ cứng vật liệu HB	Tốc độ vòng V (mm/ph)
Thép kết cấu: 15, 20, 25 30, 35 40, 45, 50	170 196 217 285	150 140 130 80	Thép kết cấu: 20X, 25X, 40X, 18X1T, 12X2H4A, 12XH3 18XHBA, 45X, 12XH4A, 30X1T, 6XHM, 20XHM, 38XMI0A	229	105

Tuổi bền của dao cà phụ thuộc vào vật liệu gia công và tốc độ cắt (bảng 6.5).

Bảng 6.5. Tuổi bền của dao cà

Độ cứng vật liệu gia công HB	Tốc độ vòng (tốc độ cắt) của dao cà V (m/phút)		
	≤ 90	90-150	150-200
180-200	100	50	30
280-300	50	25	15
360-380	20	10	6

Thời gian cơ bản khi cà được xác định theo công thức:

$$t_o = \frac{L \cdot K_o}{V_s} \quad (6.1)$$

Ở đây: L- chiều dài hành trình làm việc của bàn máy. Khi cà song song: $L = B + (2-4)$ mm (B là bề rộng vành răng). Khi cà chéo: $L = B \cdot (0,7-0,8) \cdot \cos \varphi$ (φ là góc chéo). Khi cà vuông góc: $L = \sqrt{2,7 \cdot A_o \cdot \Delta} + [B + (2-4)] \sin \varphi$ (Δ là lượng dư mài, A_o là khoảng cách giữa tâm dao và tâm bánh răng gia công). Khi cà tiếp tuyến: $L = \sqrt{2,7 \cdot A_o \cdot \Delta} + [B + (2-4)] \tan \varphi$.

K_o - số bước gia công.

V_s - tốc độ chạy dao (mm/ phút). Tốc độ chạy dao V_s được tính theo công thức:

$$V_s = \frac{S_o \cdot z_o \cdot n}{z} \quad (6.2)$$

Ở đây: S_o - lượng chạy dao dọc (mm/ vòng); z_o - số răng của dao cà; z - số răng của bánh răng gia công; n - số vòng quay của dao.

Lượng dư để cà răng rất nhỏ, có thể tra trong các sổ tay công nghệ chế tạo máy và sổ tay gia công cơ. Nói chung, lượng dư để cà chỉ khoảng $0,25 \div 1$ mm.

6.2. CÁN RĂNG

Cán răng được dùng để nâng cao độ chính xác, giảm độ nhám và độ sóng bề mặt sau khi cắt răng.

Cán được thực hiện nhờ biến dạng dẻo của bề mặt răng, vì vật liệu phôi phải có độ giãn dài tương đối lớn hơn 9% và độ cứng HB < 380. Cần nhớ rằng, ứng suất bên trong của vật liệu có thể gây ra biến

dạng thể tích của vành răng sau khi cán. Cán răng được dùng nhiều trong sản xuất hàng khối. So với phương pháp cà răng, nó cho phép giảm tiêu hao dụng cụ (nhờ tăng tuổi bền) xuống 10-20 lần, tăng năng suất gia công tới 3-5 lần trong khi vẫn đảm bảo được độ chính xác cần thiết, giảm độ nhám bề mặt ($R_a \leq 0,7 \mu m$) và giảm biến dạng của bánh răng khi nhiệt luyện.

Máy cán răng có nhiều loại, mỗi loại có đặc tính kỹ thuật và phương pháp gia công riêng (bảng 6.6).

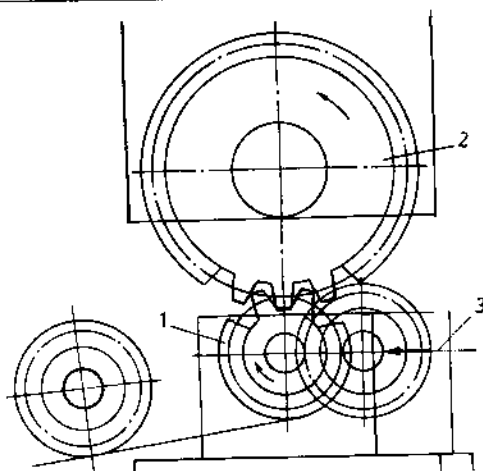
Bảng 6.6. Đặc tính kỹ thuật của các máy cán răng

Nước sản xuất	Môdel máy	Kích thước gia công (mm)			Dụng cụ	Phương pháp gia công	Năng suất (chiếc/giờ)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng			
Mỹ	3215, 3237, 3251	38-37	0,6-1,75	≤ 100	Hai thanh răng	Chạy dao tịnh tiến của các thanh răng	200
Nga	MC-5723	70-180	2-5	≤ 50	Bánh cán tròn	Chạy dao hướng kính của dụng cụ	180
Đức	ZRA-7	20-120	1-4	≤ 50	Bánh cán tròn	Chạy dao tiếp tuyến của phôi	120
Thụy Sĩ	ZRM3-ZRN10 SRM3-SRM9	≤ 120 ≤ 120	≤ 3 $\leq 3,5$	≤ 1200 ≤ 3000	Hai con lăn	Cán và đập với cách chạy dao dọc trục của phôi	50

Phương pháp gia công thông dụng nhất là dùng một bánh cán với chạy dao hướng kính hoặc tiếp tuyến của dụng cụ.

Hình 6.3 là sơ đồ cán răng bằng một bánh cán với chạy dao tiếp tuyến của phôi đồng thời chiều quay của dụng cụ và phôi không thay đổi. Để giảm lực cán, trên bánh cán người ta xẻ các rãnh qua răng.

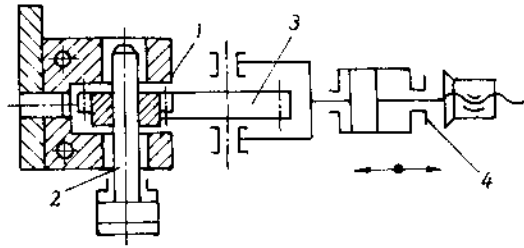
Sai lệch prophin của răng gia công do nó chỉ quay theo một



Hình 6.3. Sơ đồ cán răng bằng một bánh cán với chạy dao tiếp tuyến của phôi
1- phôi; 2- bánh cán; 3- phương chạy dao của phôi.

chiều khi gia công được bù lại nhờ có sự thay đổi prophin của răng dụng cụ. Lượng thay đổi này được tính sao cho lượng dư gia công một phía của răng gia công là 0,02 mm.

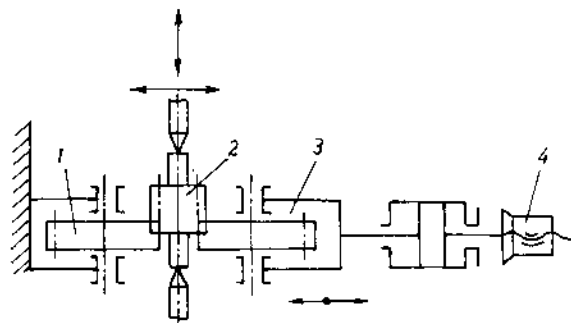
Ta thấy trong quá trình gia công phôi 1 và bánh cán 2 quay ăn khớp với nhau và chiều quay của chúng không thay đổi. Phôi 1 thực hiện chạy dao theo phương tiếp tuyến 3.



Hình 6.4. Sơ đồ cán răng bằng một bánh cán với chạy dao hướng kính của dụng cụ.
1- phôi; 2- trục gá phôi với xylanh thủy lực; 3- bánh cán; 4- cơ cấu chạy dao.

Hình 6.4 là sơ đồ cán răng bằng một bánh cán với chạy dao hướng kính của dụng cụ (bánh cán). Bánh răng gia công 1 được gá trên trục gá 2 nối với xylanh thủy lực. Bánh cán thực hiện chạy dao hướng kính nhờ cơ cấu chạy dao 4.

Trục răng và bánh răng có lỗ với đường kính $d < 12$ m (m là môđun bánh răng) được cán bằng hai bánh cán với dịch chuyển của phôi theo phương chạy dao hướng kính hoặc theo phương chạy dao dọc trục khi khoảng cách giữa hai tâm của các bánh cán cố định (hình 6.5). Trong trường hợp này bánh răng gia công 2 dịch chuyển dọc trục của nó giữa hai bánh cán 1 và 3 có khoảng cách tâm cố định. Khoảng cách tâm của hai bánh cán có thể được điều chỉnh cho phù hợp với đường kính của bánh răng. Cú chặn 4 có tác dụng cố định vị trí của các bánh cán sau khi đã được điều chỉnh.

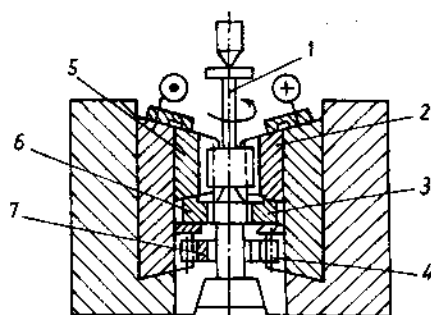


Hình 6.5. Sơ đồ cán răng bằng hai bánh cán với chạy dao dọc trục của phôi.
1, 3- các bánh cán; 2- phôi; 4- cú chặn.

Cán răng bằng các thanh răng được dùng cho các bánh răng có góc biên dạng khòil xuất $\alpha \geq 25^\circ$, ví dụ để

cán trục then hoa có prophin thân khai với góc $\alpha = 30^\circ$. Hình 6.6 là sơ đồ cán răng bằng hai thanh răng.

Khi gia công, phôi (then hoa) 1 quay theo hai chiều thuận nghịch đồng bộ với hai thanh răng 3 và 6. Hai thanh răng 2 và 5 thực hiện quá trình lăn ép bề mặt then hoa. Các thanh răng 4 và 7 thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại cùng với các máng trượt mang theo các thanh răng cán 2 và 5.

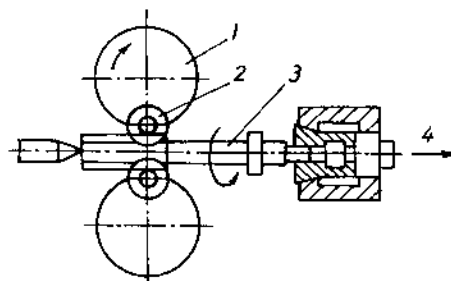


Hình 6.6. Sơ đồ cán trục then hoa bằng hai thanh răng

1- phôi (then hoa); 2, 5- các thanh răng cán; 3, 6- các thanh răng chuyển động đồng bộ với phôi; 4, 7- các thanh răng chuyển động tịnh tiến đồng bộ với máng trượt.

Ngoài các phương pháp cán răng trên đây, người ta còn dùng phương pháp cán va đập bằng các con lăn dạng đĩa (hình 6.7).

Khi cán, phôi 3 quay liên tục và dịch chuyển theo phương dọc trục. Các con lăn 2 quay xung quanh trục của chúng và thực hiện chuyển động hành tinh đối với tâm của đầu dao 1. Các con lăn 2 quay theo hai chiều ngược nhau. Vì có chuyển động hành tinh cho nên khi các con lăn tiếp xúc với mặt răng, chúng gây ra va đập. Các đầu dao quay với tốc độ $900 \div 3500$ vòng/phút. Lượng chạy dao dọc của phôi theo phương 4 nằm trong khoảng $0,6 \div 1,5$ mm/vòng của phôi. Theo sơ đồ cán này thì dụng cụ và phôi có liên hệ cứng theo xích động học. Mỗi vòng quay của dụng cụ ứng với $1/z$ vòng quay của phôi.



Hình 6.7. Sơ đồ cán va đập trục răng bằng hai con lăn dạng đĩa

1- đầu dao; 2- con lăn; 3- trục răng; 4- phương chạy dao của phôi (trục răng).

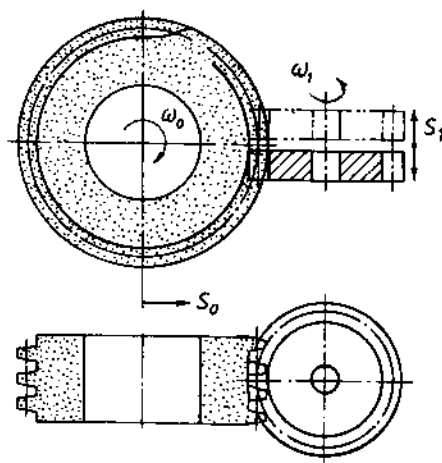
6.3. MÀI RĂNG

Mài răng được dùng để gia công các bánh răng có độ cứng mặt răng HRC60. Trong nhiều trường hợp mài răng có thể gây ra vết cháy mặt răng do đó ảnh hưởng xấu đến chất lượng của lớp bề mặt. Vì vậy, khi chọn phương pháp mài răng phải chú ý xem liệu thiết bị gia công có đảm bảo

được chất lượng yêu cầu hay không.

Mài răng có thể được thực hiện bằng phương pháp bao hình nhờ đá mài trực vít, đá mài hai phía hình côn, hai đá mài dạng đĩa với chuyển động quay liên tục của bánh răng và đá mài một phía hình côn với chuyển động quay bao hình theo chu kỳ (của từng răng). Ngoài ra, mài răng còn được thực hiện bằng phương pháp chếp hình nhờ đá mài có prophin giống như prophin của rãnh răng.

Hình 6.8 là sơ đồ mài bánh răng bằng đá mài trực vít. Mặt cắt dọc trục của đá mài có hình dạng một thanh răng.



Hình 6.8. Sơ đồ mài răng bằng đá mài trực vít.

Máy mài răng có nhiều loại, mỗi loại có những đặc tính kỹ thuật nhất định (bảng 6.7).

Bảng 6.7. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng bằng đá mài trực vít

Nước sản xuất	Môdel máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính lớn nhất của đá mài (mm)	Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng			
Nga	5П831	125	15	80	400	4,0	4,3
	3П833	320	6	170	400	7,5	7,1
	5П833П ^{*1}	320	6	180	400	7,5	7,1
	5B836 ^{*1}	800	8	320	450	7,5	10,5
Thụy Sĩ	NZA/OZA	300	5	170	350	4,8	5,1
	AZA/AZO	300	6	170	350	4,8	5,8
	ZB	700	8	280	400	-	9,7
	RZ 301S ^{*2}	330	6	180	400	-	4,2
Nhật	SHG-360	360	5	200	350	3,7	8,5
Hung-ga-ri	FK-326-10	320	6	150	450	-	6,5
Cộng hoà Séc	OBP-25	250	5	170	350	7,5	6,5

Ghi chú: *1- có hộp vi sai

*2- có điều khiển điện tử

Khi gia công, dao và chi tiết quay bao hình liên tục với các tốc độ góc ω_o (của đá) và ω_1 (của bánh răng). Ngoài ra, đá còn thực hiện chạy dao hướng kính S_o , còn bánh răng thực hiện chạy dao dọc trục S_1 (xem hình 6.8).

Đá mài trục vít có các loại: một đầu mối và nhiều đầu mối. Độ chính xác của phương pháp đạt cấp 3 ÷ 4, độ nhám bề mặt $R_a=0,63 \mu m$.

Tuổi bền của đá mài trục vít có ảnh hưởng đến độ chính xác của bánh răng theo chỉ tiêu độ ổn định khi làm việc. Hiện nay phương pháp mài răng bằng đá mài trục vít được dùng cho các bánh răng có môđun $m \leq 8$ mm. Đá mài kim cương cho phép nâng cao tuổi bền và giảm nguy cơ xuất hiện vết cháy trên bề mặt răng.

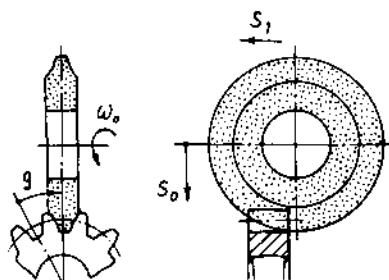
Chế độ cắt khi mài răng bằng đá mài trục vít có thể chọn theo bảng 6.8.

Bảng 6.8. Chế độ cắt khi mài răng bằng đá mài trục vít

Đường kính bánh răng (mm)	Chạy dao hướng kính S_o (mm/hành trình)		Chạy dao dọc trục S_1 (mm/vòng)	
	Thô	Tinh	Thô	Tinh
50-200	0,05-0,08	0,01-0,02	1,5-3,0	0,2-0,3
200-500	0,04-0,06	0,01-0,02	1,5-2,5	0,2-0,4
500-800	0,03-0,05	0,01-0,02	0,5-1,0	0,3-0,5

Khi mài bằng đá mài định hình, mỗi răng răng được gia công xong sau một hành trình của dao hoặc của bánh răng (hình 6.9).

Khi gia công, đá mài quay với tốc độ góc ω_o và thực hiện chạy dao dọc trục S_1 và sau mỗi hành trình lại thực hiện chạy dao hướng kính S_o . Sau khi gia công xong một răng răng, bánh răng được quay phân độ một góc g . Phương pháp mài răng bằng đá mài định hình có thể được thực hiện trên các máy mài khác nhau (bảng 6.9).



Hình 6.9. Sơ đồ mài răng bằng phương pháp định hình.

Bảng 6.9. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng bằng đá mài định hình

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính lớn nhất của đá mài (mm)	Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng			
Nga	5A868 5A868JI	800	12	200	400	15	13
		600	9	150	300	7,5	13
Đức	SE 400	400	8	120	350	-	5,5
Mỹ	GG 16X18FA	400	6,5	-	-	-	-
	MMGG 24x24FA	610	-	-	-	-	-
	GGG 16x18FA	400	-	-	-	-	-
	GGEL 42x36FA	1070	-	-	-	-	-
	GGI 16x3A	400	-	-	-	-	-

Ghi chú: * – Dùng cho bánh răng ăn khớp trong

Vì khi mài răng, toàn bộ prophin của đá tiếp xúc với rãnh răng và cắt lượng dư lớn cho nên các vết cháy trên bề mặt răng dễ xảy ra hơn so với các phương pháp mài khác. Vì vậy chế độ cắt trong trường hợp này phải được chọn thật cẩn thận (bảng 6.10).

Bảng 6.10. Chế độ cắt khi mài bằng đá mài định hình

Bước gia công	Chạy dao hướng kính S_o (mm/hành trình)	Chạy dao dọc S_1 (m/phút)	Số bước gia công
Thô	0,10-0,18	6-7	1-2
Bán tinh	0,025-0,035	4-5	3-4
Tinh	0,01-0,015	2-4	1-3

Ghi chú: Lượng chạy dao nhỏ được dùng cho bánh răng có môđun nhỏ và có yêu cầu độ chính xác cao.

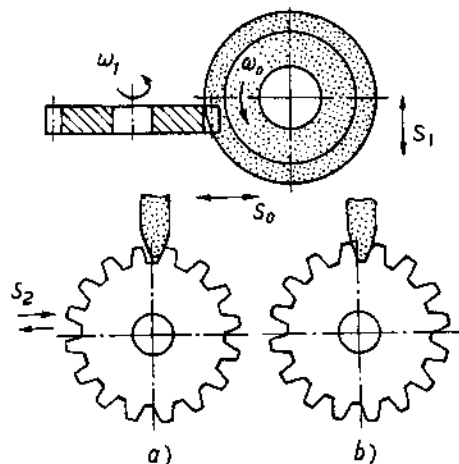
Bánh răng còn được mài bằng phương pháp bao hình nhờ đá mài hình côn hai phía (hình 6.10). Khi gia công, đá mài thực hiện chuyển động quay ω_o và chuyển động chạy dao đi lại dọc theo răng S_1 , chạy dao hướng kính S_o , còn bánh răng gia công thực hiện chuyển động quay ω_1 và chuyển động chạy do S_2 bao hình theo các răng của một thanh răng dẹt sinh (thanh răng dẹt sinh có một răng được xem như một bánh đá mài).

Có hai phương pháp mài răng bằng đá mài hình côn:

1. Đá mài thực hiện quá trình cắt một phía của prophin răng ở nửa chuyển động bao hình thứ nhất và cắt mặt răng còn lại ở nửa chuyển động bao hình thứ hai (hình 6.10a). Sau khi gia công xong một rãnh răng, bánh răng quay đi một răng để thực hiện quá trình mài rãnh răng tiếp theo.

2. Đá mài thực hiện quá trình cắt cả hai phía của prophin răng khi chuyển động bao hình theo một phía, sau đó bánh răng quay đi một răng và khi chuyển động bao hình về phía ngược lại, đá mài lại thực hiện quá trình cắt cả hai phía của prophin răng.

Đặc điểm của các máy mài răng bằng đá mài hình côn hai phía (bảng 6.11) là chúng có tính vạn năng cao, sử dụng đơn giản, prophin của đá mài đơn giản và có khả năng mài những bánh răng có đường kính và môđun lớn.



Hình 6.10. Sơ đồ mài răng bằng đá mài hình côn
a- mài từng mặt răng;
b- mài hai mặt răng cùng lúc.

Bảng 6.11. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng bằng đá mài hình côn hai phía

Nước sản xuất	Môdel máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính lớn nhất của đá mài	Khối lượng máy (Tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng		
Nga	5M841*	320	8	190	350	8
	5M841Φ11*	320	8	190	350	8
	5843*	800	12	220	400	11,2
Đức	ZSTZ 315C3	315	10	160	350	4,8
	ZSTS 06	630	14	265	350	5,3
	ZSTZ 06/EG CNC	630	14	265	350	5,3
	SZTZ 10	1000	25	425	400	11
	SZTZ 16	1600	25	425	400	25
	SZTZ 25	2500	25	710	400	30
Thụy Sĩ	RKZ 400	400	10	200	350	6,3
Đức	H200	400	12	250	350	-
	H500	500	14	225	350	8,8
	H630	630	14	225	350	10,4
	H800	800	14	225	350	10,8
	H1000	1000	14	225	350	11,8
	H1250	1250	25	530	350	25
	H1600-H3500	1600-3500	32	1160	500	70-85

Ghi chú: * Công suất máy bằng 1,5 kW.

Năng suất gia công của các máy mài răng bằng đá mài hình côn thấp hơn năng suất gia công của các máy mài bằng đá mài định hình, nhưng độ chính xác gia công của chúng lại cao hơn. Chế độ cắt khi mài răng bằng đá mài hình côn hai phía có thể được chọn theo bảng 6.12.

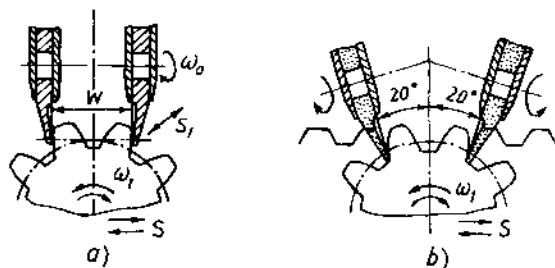
Bảng 6.12. Chế độ cắt khi mài răng bằng đá mài hình côn hai phía

Môđun m (mm)	Chạy dao bao hình S_2 (mm/hành trình của máng trượt khi gia công bánh răng có số răng)							Chạy dao hướng kính S_0 (mm/hành trình)
	10	20	30	40	50	70	CD>70	
1,5	0,15	0,25	0,40	0,60	0,75	1,00	1,25	0,05 - 0,10
2	0,20	0,30	0,50	0,75	0,95	1,20	1,45	
4	0,25	0,45	0,75	0,95	1,15	1,75	1,80	
6	0,30	0,65	0,95	1,15	1,35	1,70	2,10	
8	0,45	0,75	1,10	1,35	1,60	1,95	2,35	0,05 - 0,12
10	0,55	0,90	1,25	1,55	1,90	2,20	2,60	
12	0,70	1,20	1,60	2,00	2,30	2,55	3,40	0,05 - 0,15
16	0,80	1,40	1,85	2,30	2,65	3,00	3,80	
20	0,90	1,55	2,10	2,55	2,95	3,30	4,20	

Ghi chú: Lượng chạy dao hướng kính khi mài tính bằng $0,01 \div 0,02$ mm/hành trình

Ngoài các phương pháp mài răng trên đây, trong thực tế người ta còn mài răng bằng hai đá mài dạng đĩa theo nguyên lý bao hình có chia độ chu kỳ (sau khi mài xong hai mặt răng của hai răng kề nhau). Trong quá trình gia công đá mài chỉ thực hiện chuyển động quay ω_0 (hình 6.11), còn phôi (bánh răng gia công) thực hiện chuyển động chạy dao đi lại S_1 , chuyển động bao hình ω_1 và chuyển động tịnh tiến đi lại S .

Các đá mài có thể được gá theo hai cách: gá song song với nhau với nhau (hình 6.11a) và gá nghiêng một góc 20° (hình 6.11b). Trong trường hợp thứ nhất, khoảng cách giữa hai mặt đá mài đúng bằng chiều dài khoảng pháp tuyến chung W . Phương pháp mài trên đây được thực hiện trên các máy mài răng bằng đá mài dạng đĩa (bảng 6.13) không cần có dụng dịch trơn nguội.



Hình 6.11. Sơ đồ mài răng bằng hai đá mài dạng đĩa
a- gá hai đá mài song song với nhau; b- gá hai đá mài không song song với nhau (góc nghiêng 20°).

Bảng 6.13. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng bằng đá mài dạng đĩa

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính lớn nhất của đá mài (mm)	Khối lượng máy (Tấn)
		Đường kính	Module	Bề rộng vành răng		
Nga	5A851*1	360	12	220	280	7
	5A853*1	800	12	290	280	7,5
Thụy Sĩ	SD-36-x	360	12	200	280	6,4
	SD-65	650	15	330	280	8,0
	SD-62/82	820	15	330	280	7,2
	HSP-80	820	15	490	280	10,5
	HSS-90	900	20	900	280	19,5
	JHSS-90*2	950	10	150	250	7,5
	SHS-180/240	2400	16	500	480	25,2
	SHS-460B	4750	36	1500	480	73,0

Ghi chú: *1 – Công suất máy 0,75 kW;
*2 – Để mài bánh răng khớp trong.

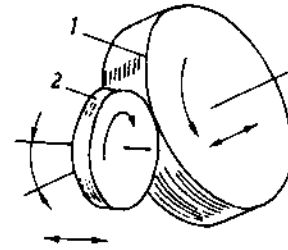
Chế độ cắt khi mài răng bằng hai đá mài dạng đĩa được chọn theo bảng 6.14.

Bảng 6.14. Chế độ cắt khi mài răng bằng hai đá mài dạng đĩa

Module m (mm)	Số vòng quay n (vòng/phút) của đá khi gia công các bánh răng có đường kính (mm)						
	< 30	30-50	60-100	100-150	150-200	200-400	> 300
3	300	240	240	220	220	220	200
4	-	240	200	220	220	200	180
5	-	-	200	200	180	180	160
6	-	-	200	180	160	180	130
8	-	-	160	130	130	130	130
8	-	-	160	130	120	120	100
Module m (mm)	Lượng chạy dao di lại S (mm/hành trình kép) khi gia công bánh răng có số răng						
	10	20	30	40	50	70	> 70
4	0,4	0,7	0,9	1,15	1,35	1,6	1,8
6	0,5	0,85	1,15	1,35	1,6	1,8	2,4
8	0,55	0,95	1,3	1,6	1,85	2,1	2,8
10	0,65	1,1	1,45	1,8	2,1	2,3	3,1

6.4. MÀI KHÔN RĂNG

Gần đây, trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối để giảm độ nhám và tạo ra lớp biến cứng trên bề mặt răng, đồng thời để cắt ba via người ta ứng dụng phương pháp mài khôn răng.



Hình 6.12. Sơ đồ mài khôn răng
1- bánh khôn; 2- phôi.

Mài khôn răng được thực hiện trên các máy mài khôn răng. Khi gia công bánh răng 2 và dụng cụ (bánh khôn) 1 quay bao hình với nhau (hình 6.12). Trong quá trình quay bao hình, phôi (bánh răng) 2 và dụng cụ 1 thực hiện dịch chuyển dọc trục và một lượng dịch chuyển hướng kính rất nhỏ. Trục của phôi và trục của dụng cụ được gá nghiêng một góc φ .

Mài khôn răng còn có tác dụng giảm tiếng ồn, tăng độ bền tiếp xúc và nâng cao năng suất cắt răng ở nguyên công trước (trước khi mài khôn răng).

Mài khôn răng là nguyên công sau nhiệt luyện. Dụng cụ gọi là bánh khôn, có dạng của bánh răng nghiêng cùng môđun với bánh răng gia công. Vật liệu để chế tạo (đúc) bánh khôn là korun điện. Mỗi bánh khôn có thể gia công được khoảng 3000 bánh răng.

Hiện nay, mài khôn răng được dùng để gia công bánh răng trụ với môđun $m = 2 \div 6$ mm, đường kính $d = 30 \div 500$ mm và bề rộng răng tới 150 mm. Lượng dư mài khôn răng có thể chọn trong khoảng $0,02 \div 0,03$ mm. Thời gian gia công một bánh răng khoảng $27 \div 60$ giây.

Máy mài khôn răng có nhiều loại, mỗi loại có khả năng công nghệ riêng (bảng 6.15).

Khi mài khôn răng, cấu trúc lớp bề mặt có thể bị phá vỡ do những vết cháy có khả năng ăn sâu xuống $0,03 \div 0,06$ mm. Sau khi nhiệt luyện, trên bề mặt răng xuất hiện lớp khuyết tật có độ sâu khoảng $0,2 \div 0,4$ mm. Để sửa lại lớp khuyết tật này trong thời gian $30 \div 60$ giây cần phải mài khôn với tải trọng hướng kính lớn ($500 \div 600$ N) và tải trọng vòng ($15 \div 30$ N).

Bảng 6.15. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài khôn răng

Nước sản xuất	Model máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính lớn nhất của bánh khôn (mm)	Số vòng quay (vòng/phút)		Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (Tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng răng		Dụng cụ	Bánh răng gia công		
Nga	5B913	320	8	120	250	160-1000	-	-	3,4
	5A915	500	12	150	250	-	160-500	3,2	4,5
Mỹ	990-A	305	6	127	254	28-280	-	-	8
Thụy Sĩ	D-250-C	250	-	500	280	20-500	-	3	2,5

Trong điều kiện mài khôn bình thường, tốc độ vòng có thể chọn trong khoảng $5 \div 10$ m/giây. Khi gia công các bánh răng có độ chính xác cao, để tăng độ bóng bề mặt cần chọn tốc độ cắt cao ($10 \div 15$ m/ giây). Như vậy, chế độ cắt khi mài khôn các bánh răng có môđun $m \leq 12$ mm có thể chọn theo bảng 6.16.

Dung dịch trơn nguội khi mài khôn là dầu lửa pha trộn với một số chất khác như clo, lưu huỳnh. Dung dịch trơn nguội có tác dụng tăng khả năng cắt của dụng cụ (bánh khôn), giảm nguy cơ xuất hiện ứng suất dư và nâng cao độ bóng bề mặt răng.

Bảng 6.16. Chế độ cắt khi mài khôn bánh răng trụ

Thông số	Cấp chính xác	
	Cấp 5-6	Cấp 7-8
Tốc độ vòng (m/giây)	10-15	5-10
Tải trọng hướng kính Tải trọng vòng	200-250 10-15	400-500 20-30
Lượng chạy dao dọc (mm/phút)	300-600	300-600
Số hành trình kép cho 1 bánh răng	10	2

CHƯƠNG 7

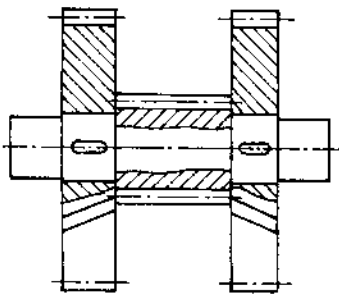
CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ HÌNH CHỮ V

7.1. PHÂN LOẠI

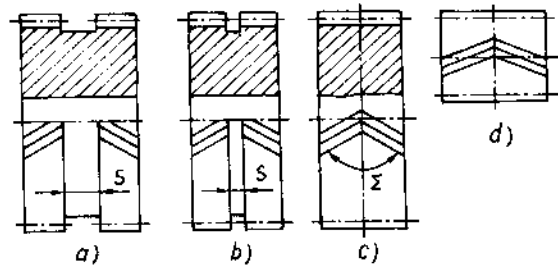
Theo hình dáng của vành răng, các bánh răng hình chữ V được chia ra:

- Loại hở;
- Loại kín.

Nhóm bánh răng thứ nhất gồm các loại: bánh răng chữ V có vành răng ở giữa (hình 7.1) và bánh răng chữ V có rãnh rộng (hình 7.2a).



Hình 7.1. Bánh răng hình chữ V có vành răng ở giữa



Hình 7.2. Các loại bánh răng hình chữ V
a- loại hở; b- loại kín rãnh hẹp; c- loại liên tục góc nhọn; d- loại liên tục góc vệt tròn.

Loại kín gồm có: a) Loại kín rãnh hẹp (hình 7.2b). Đối với loại bánh răng này, nguyên công cắt răng được thực hiện bằng các phương pháp: xọc răng, bào răng hoặc phay răng bằng dao phay ngón.

b) Loại liên tục góc nhọn (hình 7.2c). Đối với loại bánh răng này nguyên công cắt răng được thực hiện bằng dao phay ngón. Trong trường hợp này góc nhọn được vệt tròn có bán kính đúng bằng kính của dao phay ngón.

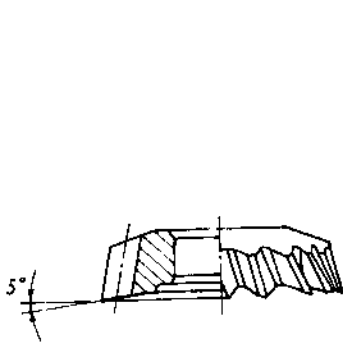
7.2. QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ

Qui trình công nghệ gia công các bánh răng hình chữ V, các mặt chuẩn công nghệ gia, các yêu cầu kỹ thuật đối với phôi, lượng dư gia công tính sau nhiệt luyện và phương án gia công phôi đã được trình bày ở Chương 4.

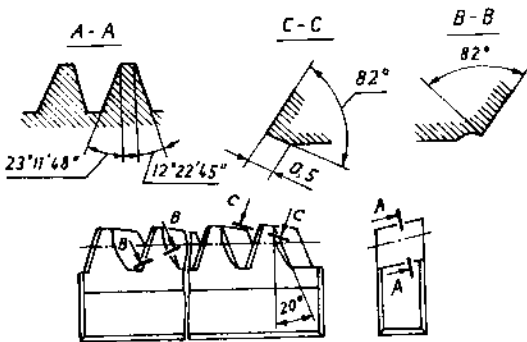
Gia công tinh các mặt chuẩn của bánh răng hình chữ V sau nhiệt luyện cũng được thực hiện như đối với các bánh răng trụ răng nghiêng.

7.3. CẮT RĂNG

Cắt răng loại liên tục góc nhọn được thực hiện trên máy xọc răng nhờ cơ cấu gồm hai dao xọc cùng làm việc đồng thời. Dao xọc trong trường hợp này có thể là dao xọc răng nghiêng với mặt trước có dạng hình côn (hình 7.3) hoặc thanh răng nghiêng (hình 7.4).



Hình 7.3. Dao xọc nghiêng với mặt trước có dạng hình côn



Hình 7.4. Thanh răng nghiêng

Các loại bánh răng hình chữ V (hình 7.1; 7.2a, b, c) có thể được gia công trên nhiều loại máy khác nhau (bảng 7.1).

Bảng 7.1. Đặc tính kỹ thuật của các máy xọc răng hình chữ V

Nước sản xuất	Môdel máy	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Đường kính dao xọc (mm)	Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
		Đường kính	Môđun	Bề rộng vành răng			
Anh	10B	3000	20	610	-	12	35,8
	12B	6700	54	1530	-	26	100
	12D	6700	51	1500	-	35	108
Anh	SHN 6/600	600	6	300	100	6	-
	AHN 12/1650	1650	12	400	150	7,5	-
	SHN 12	2000	12	-	168	7,5	-
	P 2500	2500	19	-	-	-	-

Cắt loại răng liên tục góc vè tròn được thực hiện bằng dao phay ngón trên các máy phay răng có trục gá phối nằm ngang (bảng 7.2) hoặc trên

các máy phay răng vạn năng có trang bị cơ cấu phân độ và đảo chiều quay của bánh răng trong quá trình chạy dao dọc. Ngoài ra, máy cũng cần phải có đầu gá dao phay ngón.

Bảng 7.2. Đặc tính kỹ thuật của các máy phay răng để cắt răng hình chữ V loại góc nhọn vẽ tròn

Nước sản xuất	Môdel	Kích thước lớn nhất của bánh răng gia công (mm)			Số vòng quay của dao (vòng/phút)	Công suất máy (kW)	Khối lượng máy (tấn)
		Dường kính	Modun	Bề rộng vành răng			
Nga	KY-79	1600	75	5000	18-315	-	77
Đức	K40/600	600	40	1000	-	15,5	9
	K50/1320	1320	60	1500	19-170	9	22,5
	K75/1500	1500	75	3000	15-140	13,5	36
Đức	PFW 14	1400	40	2750	-	-	16
	PFW 18	1800	50	4350	-	-	32
	PFW 22	2200	50	5900	-	-	50
	PFW 10S	1000	24	2750	-	-	12,5
	PFW 16S	1600	24	4350	-	-	25
Nhật	PH 1500	1500	30	3000	-	40-160	35
	PH 1300	1300	30	2500	-	40-160	35

Các bánh răng hình chữ V loại kín rãnh hẹp (hình 7.2b) được cắt trên các máy xọc răng, các máy bào răng hoặc các máy phay răng bằng dao phay ngón.

Các bánh răng hình chữ V loại hở (hình 7.2a) hoặc loại có vành răng ở giữa (hình 7.1) được gia công bằng các phương pháp đã được trình bày trong chương 5.

- Nếu cắt riêng biệt nửa bên trái và nửa bên phải của bánh răng hình chữ V loại có vành răng ở giữa (hình 7.1) thì cần phải đảm bảo sai ứng (không trùng nhau) nhỏ nhất của sai số tích lũy bước vòng của hai nửa bánh răng. Để đạt được điều đó cần phải đảm bảo vị trí như nhau cho hai nửa phôi khi gá đặt trên máy và cần phải sử dụng các đặc phay có cùng một hướng nghiêng.

Thời gian gia công cơ bản t_0 của bánh răng nghiêng trên các máy phay vạn năng được xác định như thời gian cơ bản t_0 khi gia công hai bánh răng nghiêng. Khi gia công răng trên các máy xọc răng hoặc bào răng chuyên dùng thì thời gian cơ bản t_0 bằng thời gian gia công một vành răng. Còn khi gia công bằng dao phay ngón thì công thức tính được tiến hành theo bề rộng của vành răng.

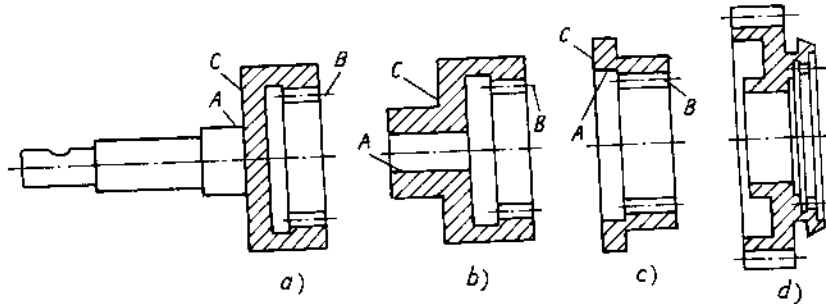
CHƯƠNG 8

CHẾ TẠO BÁNH RĂNG TRỤ ĂN KHỚP TRONG

8.1. PHÂN LOẠI

Bánh răng trụ ăn khớp trong được phân loại theo:

1. Kết cấu: trục răng một phía (hình 8.1a); bánh răng có lỗ lắp ghép (hình 8.1b).
2. Số lượng vành răng: một vành răng (hình 8.1c); nhiều vành răng (hình 8.1d). Bánh răng nhiều vành răng có thể có vành răng ngoài.



Hình 8.1. Các loại bánh răng ăn khớp trong
a- Trục răng một phía; b- bánh răng có lỗ lắp ghép; c- loại có một vành răng;
d- loại có nhiều vành răng.
A- mặt trụ ngoài và trụ trong; B- vành răng; C- mặt đầu.

8.2. CHUẨN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG BÁNH RĂNG ĂN KHỚP TRONG

Khi chế tạo bánh răng có nhiều vành răng (về nguyên tắc chỉ có một vành răng ăn khớp trong mà độ chính xác của nó thường cao hơn độ chính xác của vành răng ăn khớp ngoài) chuẩn định vị được xác định phụ thuộc vào các thông số gia công của vành ăn khớp ngoài.

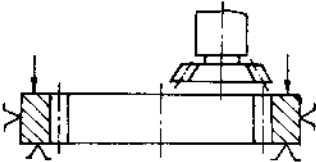
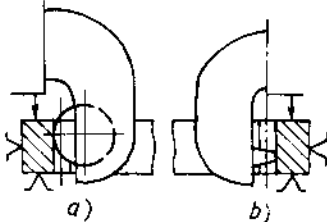
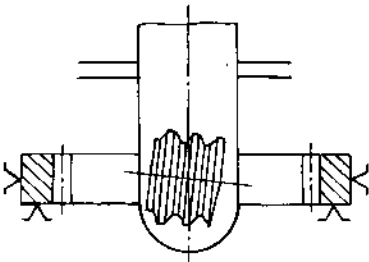
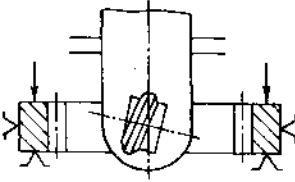
Khi gia công trục răng một phía (8.1a) thông thường dùng hai mũi tâm. Khi đường kính vành răng nhỏ, phôi cần được định vị mặt ngoài A và mặt đầu C.

Khi phôi có kích thước lớn cần dùng luynet để đỡ. Đối với bánh răng có lỗ lắp ghép (hình 8.1b) chuẩn định vị khi gia công là mặt lỗ A và mặt đầu C. Để gia công tinh lỗ A sau nhiệt luyện cần lấy vành răng B làm chuẩn.

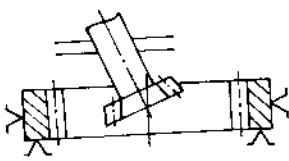
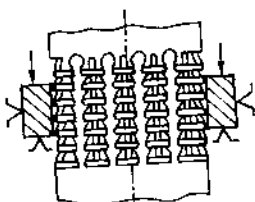
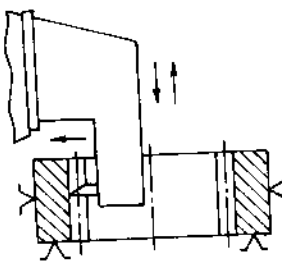
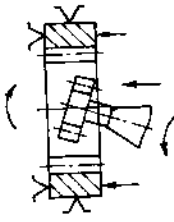
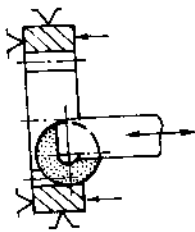
Khi gia công loại bánh răng có một vành răng (hình 8.1c) chuẩn định vị cho nguyên công cắt răng là lỗ A và mặt đầu C. Để gia công tinh lỗ A sau nhiệt luyện chi tiết cần được định tâm theo vành răng A.

Cắt răng trong cơ thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau (bảng 8.1).

Bảng 8.1. Các phương pháp cắt răng trong

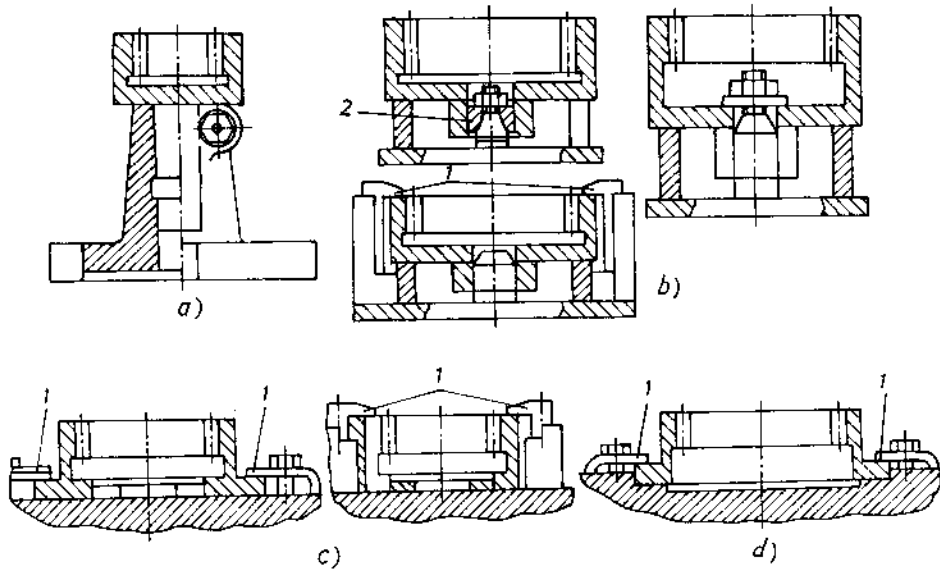
STT	Phương pháp	Sơ đồ	Máy, dao
1	2	3	4
1	Xọc răng		- Máy xọc răng vạn năng - Dao xọc răng các loại
2	Phay răng	 a) Dao phay môđun đĩa b) Dao phay môđun ngón	Máy phay lăn răng có trang bị đầu quay
3	Phay răng		- Máy phay lăn răng có trang bị đầu quay - Dao phay răng trục vít
4	Cắt răng bằng dụng cụ bao hình		- Máy phay lăn răng - Dao phay một vòng xoắn

Tiếp bảng 8.1.

1	2	3	4
5	Tiện răng		- Máy tiện răng - Đầu dao bao hình nhiều đầu mối
6	Chuốt răng		- Máy chuốt răng - Dao chuốt răng
7	Bào răng		- Máy bào răng - Thanh răng dùng cho cắt răng trong
8	Cà răng		- Máy cà răng - Dao cà răng
9	Mài răng		- Máy mài răng - Đá mài dạng đĩa - Đá mài định hình

Trong sản xuất đơn chiếc và sản xuất hàng loạt nhỏ, các bánh răng trong răng thẳng có độ cứng $HB \leq 280$ nên được cắt răng bằng phương pháp xọc. Còn đối với các bánh răng nghiêng nên dùng dao bào hình.

Chế độ cắt khi gia công răng ăn khớp có thể chọn theo các bảng 5.11 và 5.12 (chương 5). Thời gian gia công cơ bản t_0 cũng được xác định như trường hợp cắt răng ăn khớp ngoài.



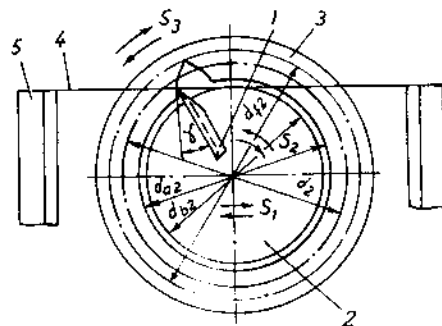
Hình 8.2. Các sơ đồ gá đặt phôi bánh răng ăn khớp trong trên các máy cắt răng a- trục răng một phía; b- bánh răng có lỗ lắp ghép; c- bánh răng được định vị theo lỗ và mặt đáy của gối; d- bánh răng được định vị theo mặt ngoài và mặt đáy của gối.

1. mỏ kẹp; 2. ống kẹp đàn hồi.

Khi dao cắt răng, mỗi loại bánh răng có cách gá đặt riêng (hình 8.2).

Trong tất cả các sơ đồ gá đặt trên đây, bánh răng đều được hạn chế 5 bậc tự do.

Các bánh răng ăn khớp trong được mài trên các máy mài răng chuyên dùng bằng phương pháp định hình. Tuy nhiên hãng MAF của Thụy Sĩ đã chế tạo máy mài



Hình 8.3. Sơ đồ mài răng trong trên máy mài răng của hãng MAF (Thụy Sĩ)
1- đá mài; 2- tang bao hình; 3- bánh răng gia công; 4- băng; 5- giá đỡ.

răng ăn khớp trong theo nguyên lý bao hình (model của máy JHSS-90). Nguyên lý làm việc của máy này cũng giống như máy mài răng ăn khớp ngoài, nhưng nó có khác là chỉ dùng một đá mài dạng đĩa (hình 8.3).

Đá mài 1 được gá nghiêng một góc γ ($15 \div 20^\circ$). Trong quá trình gia công đá mài thực hiện quay, tang 2 thực hiện các chuyển động tịnh tiến đi lại S_1 và chuyển động quay lắc lư S_2 . Bánh răng gia công 3 thực hiện chuyển động quay bao hình S_3 . Bảng 4 được đặt trên hai giá đỡ 5 có tác dụng để xác định vị trí của đá mài.

CHƯƠNG 9

CHẾ TẠO THANH RĂNG

9.1. ĐẶC TÍNH CÔNG NGHỆ CỦA THANH RĂNG

Trong thực tế các thanh răng có môđun $m \leq 30$ mm và chiều dài khoảng vài mét được dùng rộng rãi nhất.

Các mặt chuẩn định vị khi gia công là mặt phẳng đáy, hai mặt phẳng ở hai đầu răng song song với nhau và hai mặt đầu ngắn song song với nhau.

9.2. QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO THANH RĂNG

Gia công sơ bộ các bề mặt chuẩn được thực hiện trên các máy phay, còn gia công tinh các bề mặt đó được thực hiện trên các máy mài phẳng.

Các thanh răng không nhiệt luyện có độ chính xác cấp 8-9 được gia công theo trình tự sau đây:

- Gia công các mặt chuẩn dài.
- Cắt răng.
- Phay hai mặt đầu ngắn.
- Khoan các lỗ bắt bulông và các lỗ đóng chốt.
- Khoét các lỗ bắt bulông và các lỗ đóng chốt.
- Làm sạch bavaria sau khi khoét.
- Vát mép răng.
- Mài các mặt chuẩn dài.
- Làm sạch bavaria trên các răng.
- Nắn thẳng thanh răng (nếu cần).

Các thanh răng cần nhiệt luyện có qui trình công nghệ như sau:

- Gia công thô phối.
- Sửa nguội phối.
- Nhiệt luyện (ủ).
- Gia công các mặt chuẩn để cho nguyên công mài tiếp theo.
- Cắt răng.

- Sửa nguội.
- Thấm các bon.
- Gia công lỗ.
- Sửa nguội.
- Nhiệt luyện.
- Mài thô các mặt chuẩn dài.
- Mài thô răng.
- Mài tinh các mặt chuẩn dài.
- Mài tinh răng.

Nguyên công cắt răng được thực hiện trên các máy xọc răng chuyên dùng hoặc các máy xọc răng có trang bị thêm cơ cấu phụ. Lượng dư để mài răng được chọn trong khoảng $0,2 \div 0,5$ mm. Độ nhám mặt răng sau khi mài $R_a = 1,25 \mu\text{m}$, lượng chạy dao khi mài $0,03 \div 0,04$ mm/hành trình kép của thanh răng hoặc của đá mài.

9.3 CẮT RĂNG CỦA THANH RĂNG

Để cắt răng của thanh răng người ta dùng các máy có bàn gá phối thực hiện chuyển động tịnh tiến. Một số loại máy cắt răng của thanh răng được trình bày trong bảng 9.1.

Bảng 9.1. Đặc tính kỹ thuật của các máy cắt răng của thanh răng

Nước sản xuất	Model	Kích thước lớn nhất của thanh răng gia công (mm)			Loại dụng cụ
		Chiều dài	Môđun	Bề rộng	
Nga	5412	1500	16	200	Dao phay đĩa
	5413	2500	24	350	
Nga	KH-28P	600	3	120	Dao xọc răng
Nga	MIII-245	800	8	300	Đá mài
Anh	10B/1	915	6,5	63,5	Dao xọc răng
Đức	ZS/Z	1000	8	450	Đá mài

Dụng cụ để cắt răng của thanh răng thường là các dao xọc răng tiêu chuẩn hoặc các dao phay đĩa. Khi cắt thanh răng nghiêng, máy phải được trang bị thêm máng trượt xoắn vít. Đối với các dao phay đĩa người ta có thể chế tạo từng dao riêng biệt hoặc chế tạo các dao theo bộ.

CHƯƠNG 10

CHẾ TẠO BÁNH RĂNG CÔN

10.1. PHÂN LOẠI KẾT CẤU CỦA BÁNH RĂNG CÔN

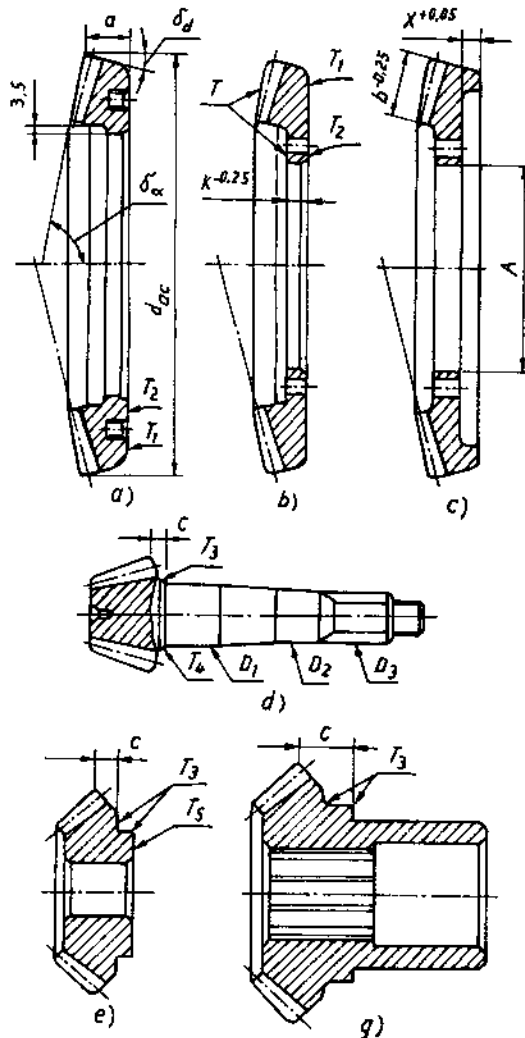
Theo dấu hiệu kết cấu, các bánh răng côn được chia ra ba loại sau đây:

- Bánh răng dạng đĩa.
- Bánh răng dạng trục.
- Bánh răng có gờ.

Hình 10.1a, b, c là các bánh răng dạng đĩa được dùng rất nhiều trong các loại xe ô tô và trong ngành chế tạo máy nói chung.

Bánh răng dạng đĩa (hình 10.1a) thường có đường kính lớn hơn 175 mm và được sử dụng trong các hộp giảm tốc một cấp và trong các loại ô tô tải. Bánh răng dạng đĩa (hình 10.1c) thường được dùng trong các bộ truyền có tỷ số truyền nhỏ, ví dụ trong các hộp giảm tốc hai cấp của ô tô. Trục răng (hình 10.1d) thường là trục chủ động của hộp giảm tốc trong các loại ô tô.

Các loại bánh răng có gờ (hình 10.1e, g) được sử dụng trong các loại xe ô tô cũng như trong các ngành chế tạo máy.



Hình 10.1. Các loại bánh răng côn
a, b, c- các loại bánh răng dạng đĩa;
d- trục răng; e- bánh răng có gờ.

10.2. YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI PHÔI TRƯỚC KHI CẮT RĂNG VÀ SAU KHI NHIỆT LUYỆN

Chất lượng của bánh răng phụ thuộc rất nhiều vào kết cấu và độ chính xác chế tạo phôi. Các lỗ, các cổ trục và các mặt đầu thường được dùng làm chuẩn khi cắt răng và khi kiểm tra, do đó chúng có ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác của bánh răng. Trong đó, lỗ và cổ trục xác định vị trí hướng kính của bánh răng cho nên nó phải được chế tạo với độ chính xác cao, còn các mặt đầu xác định vị trí của bánh răng theo hướng dọc trục, do đó chúng phải có độ phẳng cao và phải vuông góc với đường tâm lỗ.

Đối với trục răng (hình 10.1d) độ đảo của các bề mặt T_4 , D_1 và D_2 so với đường tâm trục răng phải nằm trong khoảng $0,005 \div 0,01$ mm. Độ đảo của bề mặt D_3 được chú ý trong trường hợp nó được dùng để kẹp chặt khi cắt răng và khi kiểm tra.

Đối với các bánh răng cố gờ (hình 10.1e) độ đảo mặt đầu T_5 so với đường tâm lỗ trước và sau nhiệt luyện cho đường kính gờ < 75 mm phải nhỏ hơn $0,0075$ mm, cho đường kính gờ $75 \div 150$ mm phải nhỏ hơn $0,015$ mm và cho đường kính gờ lớn hơn 150 mm phải nhỏ hơn $0,025$ mm.

Các mặt đầu T_4 và T_5 được mài sau nhiệt luyện trong trường hợp nếu các răng được mài. Nếu răng sau nhiệt luyện không được mài thì các mặt đầu cũng không nên mài để tránh gây ra sai số bổ sung cho hình dạng và vị trí của vết tiếp xúc trên mặt răng.

Khi bề mặt T_3 được dùng để kiểm tra độ chính xác lắp đặt bánh răng trong hộp tốc độ thì nó cần được gia công chính xác trong phạm vi dung sai nhất định.

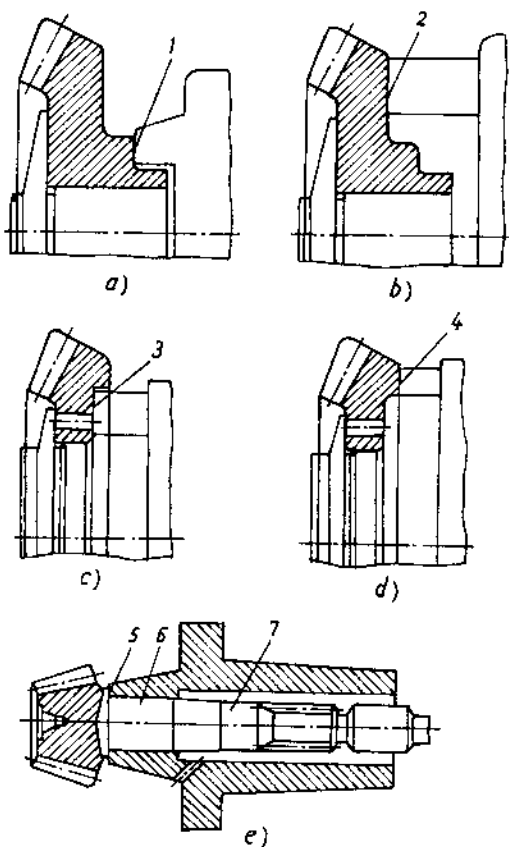
Trong quá trình nhiệt luyện, lỗ và mặt đầu của bánh răng dạng đĩa bị biến dạng, làm cho độ chính xác của bánh răng giảm. Để giảm biến dạng khi nhiệt luyện bánh răng được nhiệt luyện trong đồ gá (kẹp chặt bánh răng để chống biến dạng). Kích thước và vị trí của các bề mặt T (hình 10.1b) thường được tiếp xúc với các bề mặt của đồ gá khi nhiệt luyện.

Độ ôvan của lỗ bánh răng trước nhiệt luyện phải nhỏ hơn $0,025$ mm và sau nhiệt luyện phải nhỏ hơn $0,08$ mm. Mặt đầu của các bánh răng dạng đĩa (hình 10.1a, b) được mài sau nhiệt luyện trong trường hợp các răng cũng được mài. Trong quá trình nhiệt luyện, mặt đầu của bánh răng

ở phía trong T_2 biến dạng nhiều hơn ở phía ngoài T_1 , do đó vết tiếp xúc trên mặt răng dịch chuyển gần về phía chân răng. Đối với các bánh răng còn có đường kính lớn hơn 500 mm thì dung sai tăng tỷ lệ thuận với kích thước.

10.3. CHỌN MẶT CHUẨN

Các mặt chuẩn quan trọng nhất của phôi bánh răng còn là các bề mặt mà nhờ chúng người ta gá bánh răng theo phương hướng kính và phương dọc trục khi cắt răng. Các bề mặt đó là: lỗ, cổ trục và mặt đầu. Nếu hình dáng và kích thước của bánh răng cho phép thì nên dùng chuẩn thống nhất ở tất cả các nguyên công và khi lắp ráp. Tuy nhiên, đôi khi người ta chọn các bề mặt có khả năng đảm bảo chắc chắn vị trí của phôi trong quá trình cắt răng mặc dù các bề mặt này không được dùng khi lắp ráp (hình 10.2b, d). Trong các trường hợp này những bề mặt được chọn làm chuẩn 2 và 4 phải có vị trí chính xác tương quan với



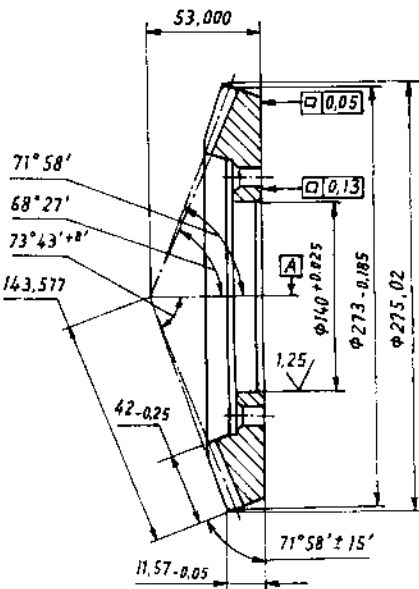
Hình 10.2. Các phương pháp định vị bánh răng còn
a, b- bánh răng có gờ; c, d- bánh răng dạng đĩa;
e- trục răng 1, 2, 3, 4, 5- các mặt đầu;
5, 6- các cổ trục.

các mặt chuẩn 1 (hình 10.2a) và 3 (hình 10.2c) được chọn làm chuẩn khi lắp ráp. Các mặt chuẩn 1 và 3 (hình 10.2a, c) cũng được dùng khi kiểm tra bánh răng. Khi định vị trục răng theo mặt đầu 5 và cổ trục 6 (hình 10.2e) thì độ cứng vững và độ chính xác không đạt yêu cầu, vì vậy cần phải định vị trục răng ở mặt đầu 5 và hai cổ trục 6, 7.

10.4. XÂY DỰNG BẢN VẼ BÁNH RĂNG CÔN CONG

Bản vẽ của bánh răng phải được xây dựng với đầy đủ các thông số để người ta căn cứ vào đó lập qui trình công nghệ chế tạo, đồng thời chọn phương pháp chế tạo phôi và phương pháp nhiệt luyện hợp lý.

Bản vẽ bánh răng cần được thể hiện theo một tỷ lệ thống nhất cho cả cặp bánh răng ăn khớp với nhau (cho bánh răng chủ động và bánh răng thụ động). Dưới đây ta trình bày hai ví dụ xây dựng bản vẽ bánh răng và trục răng côn cong ăn khớp với nhau kèm theo các thông số của chúng (hình 10.3 với bảng 10.1 và hình 10.4 với bảng 10.2).



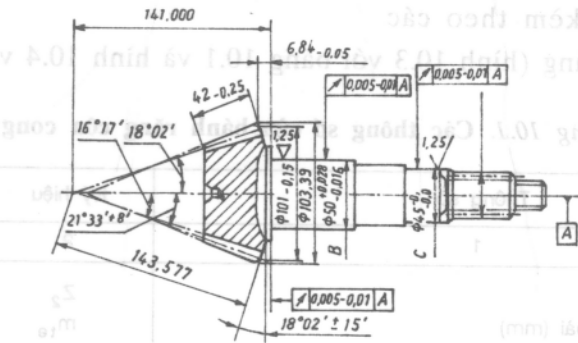
Hình 10.3. Bánh răng côn cong

Bảng 10.1. Các thông số của bánh răng côn cong

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
1	2	3
Số răng	Z_2	43
Modun vòng ngoài (mm)	m_{te}	6,35
Bề rộng vành răng (mm)	b	42
Loại răng	-	cong
Góc nghiêng của răng	β_m	35°
Hướng răng	-	phải
Góc prôphin của biên dạng khởi xuất	α_n	20°
Chiều cao làm việc của răng (mm)	h_l	10,80
Chiều cao ngoài của răng (mm)	h_e	11,99
Góc tâm	φ	90°
Cấp chính xác	-	8 - 7 - 7
Đường kính vòng chia ngoài (mm)	d_{e2}	273,05
Góc côn chia	δ_2	$71^\circ 58'$
Khoảng cách côn ngoài (mm)	R_e	143, 577
Bước vòng (mm)	P_{te}	19,95

Tiếp bảng 10.1.

1	2	3
Chiều cao đầu răng (mm)	h_{a2}	3,18
Chiều cao chân răng (mm)	h_{f2}	8,81
Khe hở hướng kính (mm)	c	1,19
Góc chân răng	θ_{f2}	$3^{\circ}31'$
Góc côn của đỉnh răng	δ_{a2}	$70^{\circ}43'$
Góc côn của chân răng	δ_{f2}	$68^{\circ}27'$
Đường kính ngoài của đỉnh răng (mm)	d_{ae2}	275,02
Khoảng cách từ đỉnh đến mặt phẳng của vòng tròn ngoài của răng (mm)	B_2	41,43
Chiều dày của răng theo vòng tròn (mm)	S_{te2}	7,34
Chiều dày của răng theo dây cung (mm)	S_{e2}	-
Chiều cao của răng theo dây cung (mm)	h_{a2}	-
Khe hở mặt răng khi ăn khớp theo phương pháp tuyến (mm)	J_n	0,15-0,20
Độ nhám mặt răng (μm)	R_a	2,0



Hình 10.4. Trục răng côn cong

Bảng 10.2. Các thông số của trục răng côn cong

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
1	2	3
Số răng	Z_1	14
Môđun vòng ngoài (mm)	m_{te}	6,35
Bề rộng vành răng (mm)	b	42
Loại răng	-	cong
Góc nghiêng của răng	β_m	35°
Hướng răng	-	trái

Tiếp bảng 10.2.

1	2	3
Góc prophin của biến dạng khối xuất	α_n	20°
Chiều cao làm việc của răng (mm)	h_l	10,80
Chiều cao ngoài của răng (mm)	h_e	11,99
Góc tâm	φ	90°
Cấp chính xác	-	8-7-7
Đường kính vòng chia ngoài (mm)	d_{e1}	88,90
Góc côn chia	δ_1	18°02'
Khoảng cách côn ngoài (mm)	R_e	143,577
Bước vòng (mm)	P_{te}	19,95
Chiều cao đầu răng (mm)	h_{a1}	7,62
Chiều cao chân răng (mm)	h_{f1}	4,37
Khe hở hướng kính (mm)	c	1,19
Góc chân răng	θ_{f1}	1°45'
Góc côn của đỉnh răng	δ_{a1}	21°33'
Góc côn của chân răng	δ_{f1}	16°17'
Đường kính ngoài của đỉnh răng (mm)	d_{ae1}	103,39
Khoảng cách từ đỉnh đến mặt phẳng của vòng tròn ngoài của răng (mm)	B_1	134,16
Chiều dày của răng theo vòng tròn (mm)	S_{te1}	12,21
Chiều dày của răng theo dây cung (mm)	S_{e1}	-
Chiều cao của răng theo dây cung (mm)	h_{a1}	-
Khe hở mặt răng khi ăn khớp theo phương pháp tuyến (mm)	J_n	0,15-0,20
Độ nhám mặt răng (μm)	R_a	2,0

10.5. TIẾN TRÌNH CÔNG NGHỆ GIA CÔNG CƠ BÁNH RĂNG CÔN

Công nghệ gia công cơ bánh răng côn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: vật liệu bánh răng, dạng phôi, kích thước bánh răng, máy gia công, số lượng bánh răng và hiệu quả kinh tế của qui trình chế tạo.

1. *Vật liệu bánh răng.* Tính chất của vật liệu (độ cứng, giới hạn bền kéo, cấu trúc vật liệu) có ảnh hưởng lớn đến độ bền của bánh răng, tính cắt gọt, tuổi bền dụng cụ, năng suất của máy, biến dạng khi nhiệt luyện và độ nhám bề mặt. Phôi bánh răng phải có cấu trúc peclit-phelit và độ cứng HB=170 ÷ 200.

2. *Phôi.* Phôi bánh răng phải có độ chính xác theo yêu cầu để đạt năng suất và độ chính xác gia công, đồng thời giảm được chi phí vật liệu.

3. *Kích thước bánh răng.* Kích thước bánh răng là yếu tố quyết định để chọn phương pháp cắt răng và model máy. Thông thường các bánh răng có môđun ≤ 4 mm được cắt trong một nguyên công nếu chất lượng

đạt yêu cầu. Các bánh răng có môđul $4 \div 10$ mm được cắt trong hai nguyên công: thô và tinh.

4. *Máy gia công.* Để gia công số lượng nhỏ bánh răng người ta chọn máy vạn năng, phương pháp và dụng cụ cắt đơn giản. Khi gia công loạt lớn chi tiết cần sử dụng các máy tự động. Các máy cắt rãnh phải có độ cứng vững và công suất cao để đảm bảo được năng suất và độ chính xác gia công.

5. *Số lượng bánh răng cần gia công.* Số lượng bánh răng cần gia công có ảnh hưởng quyết định đến phương pháp cắt răng và qui trình công nghệ. Trong sản xuất hàng khối cần dùng các phương pháp gia công có năng suất cao với thiết bị tự động hoá, đồ gá và dao chuyên dùng. Trong sản xuất đơn chiếc chỉ cần dùng thiết bị vạn năng, đồ gá và dao tiêu chuẩn.

6. *Hiệu quả kinh tế của qui trình chế tạo.* Khi chọn phương pháp gia công răng và qui trình công nghệ thì tất cả các yếu tố đều quan trọng, nhưng yếu tố quan trọng nhất là hiệu quả kinh tế.

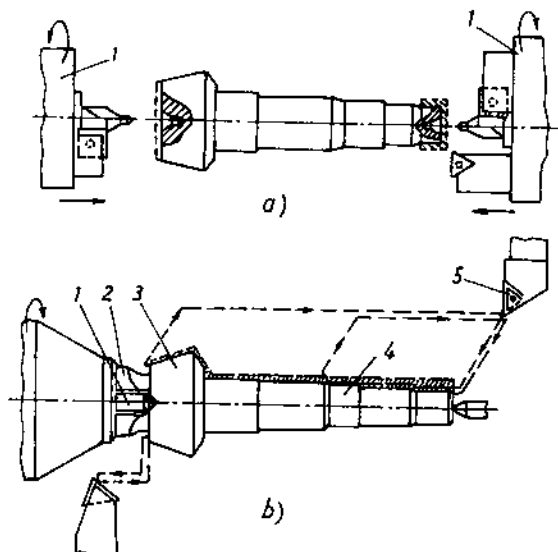
Yếu tố kinh tế có ảnh hưởng quyết định đến phương pháp cắt răng và qui trình công nghệ.

Qui trình công nghệ chế tạo bánh răng được chia ra hai giai đoạn chính:

- Gia công cơ trước và sau khi cắt răng.

- Nguyên công cắt răng.

Theo kinh nghiệm thực tế thì thời gian gia công của nguyên công cắt răng (bao gồm: cắt răng, về dầu răng, làm sạch bavia, nghiền răng)



Hình 10.5. Sơ đồ gia công phối trục răng côn
a- khoả mặt đầu và khoan tâm;

1- dầu dao chuyên dùng;

b- tiện chép hình: 1- mũi tâm quay; 2- vấu nhọn;

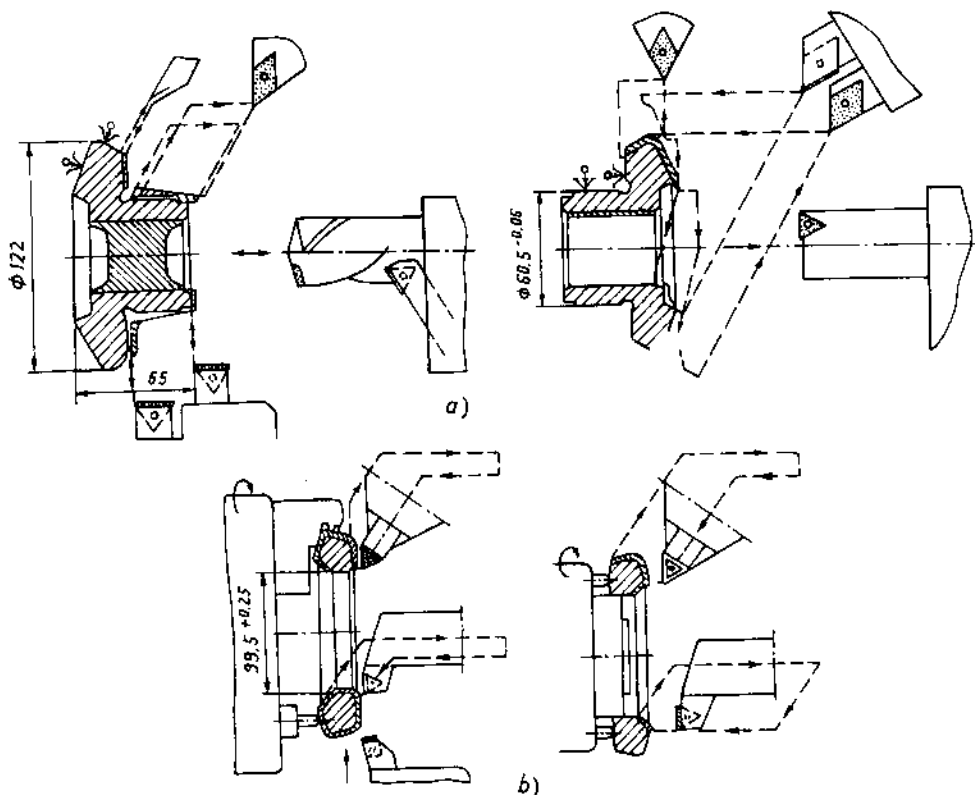
3- dầu bánh răng; 4- phần dưới của trục răng;

5- dao tiện.

chiếm khoảng $70 \div 75\%$ thời gian gia công của toàn bộ qui trình công nghệ. Dưới đây giới thiệu một số phương pháp gia công phôi tiên tiến.

Hình 10.5a là phương pháp khoả mặt đầu và khoan tâm trục răng được thực hiện cùng một lúc bằng đầu dao chuyên dùng 1. Đầu bánh răng 3 (hình 10.5b) và phần đuôi 4 của trục răng côn được gia công bằng dao 5 trong một lần gá đặt trên máy tiện chép hình thủy lực bán tự động. Phôi bánh răng được gá trên hai mũi tâm trong đó mũi tâm 1 là mũi tâm quay. Chuyển động quay của phôi nhận được từ trục chính của máy nhờ các vấu nhọn 2 ăn vào mặt đầu của phôi dưới tác dụng của mũi tâm sau. Phôi có đường kính 75 mm, chiều dài $l = 245$ mm, thời gian gia công $T_{tc} = 0,96$ phút.

Hình 10.6a là sơ đồ gia công phôi bánh răng côn có gờ trong hai nguyên công. Ở nguyên công thứ nhất tiến hành tiện thô các mặt đầu, đường kính ngoài của gờ ($60,5 \div 0,06$ mm) và khoét thô lỗ. Phôi được định vị và kẹp chặt theo mặt ngoài. Ở nguyên công thứ hai tiến hành tiện

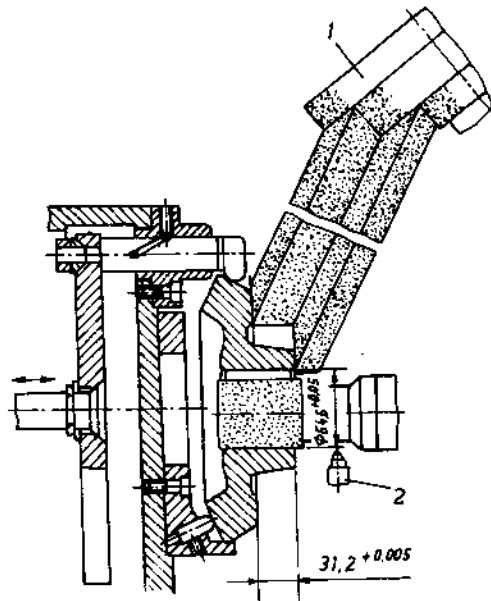


Hình 10.6. Các sơ đồ gia công phôi bánh răng côn
a- bánh răng côn có gờ; b- bánh răng côn dạng đĩa

thô và tiện tinh các mặt côn của đầu răng, mặt đầu phía trước và tiện tinh lỗ. Phôi có đường kính 122 mm, chiều dài $l=65$ mm, thời gian gia công trên mỗi nguyên công $T_{tc}=1,5$ phút. Hình 10.6b là sơ đồ gia công phôi bánh răng dạng đĩa trong hai nguyên công. Ở nguyên công thứ nhất tiến hành tiện tinh lỗ và khoà mặt đầu, còn ở nguyên công thứ hai tiến hành tiện tinh các mặt côn của bánh răng. Phôi có đường kính 165 mm, thời gian gia công trên mỗi nguyên công $T_{tc} = 0,67$ phút.

Hình 10.7 là sơ đồ mài các mặt đầu và lỗ của phôi bánh răng côn trong một lần gá trên mâm cặp 3 chấu tự định tâm.

Nhu vậy, mài đồng thời chuẩn thiết kế và chuẩn công nghệ của phôi bằng đá mài prophin (đá mài định hình) cho phép nâng cao độ chính xác vị trí tương quan của các bề mặt gia công. Sửa đá mài để gia công các mặt đầu và lỗ được thực hiện bằng con lăn kim cương định hình 1 và bút chì kim cương 2. Thời gian mài kế



Hình 10.7. Sơ đồ mài các mặt chuẩn của phôi bánh răng côn có gờ
1- con lăn kim cương định hình; 2- bút chì kim cương.

cả sửa đá $T_{tc} = 1,25$ phút. Để nâng cao hiệu quả và tự động hoá linh hoạt, người ta đã chế tạo các máy tiện và máy tiện - phay linh hoạt. Nhờ khả năng gia công toàn bộ phôi trong một lần gá mà hiệu quả của các máy này được nâng lên rõ rệt.

Khi cắt răng còn thẳng, để nâng cao năng suất người ta dùng hai dao phay đĩa thay cho hai lưỡi dao bào (sẽ nghiên cứu sâu ở Chương 11). Phương pháp này cho phép tăng năng suất của máy lên tới 4 lần.

Cắt thô và cắt tinh răng còn cong thường và răng còn cong Hypoid được thực hiện trên các máy cắt răng chuyên dùng bằng các đầu dao chuyên dùng (sẽ nghiên cứu sâu ở Chương 12).

Để nâng cao độ chính xác gia công, các bánh răng được kiểm tra theo ba loại sau đây:

1. *Kiểm tra nguyên công.* Kiểm tra nguyên công bao gồm kiểm tra các mặt chuẩn của phôi và các thông số của răng sau các nguyên công cắt răng. Phương pháp kiểm tra này được thực hiện ngay trên dây chuyền sản xuất với những đồ gá đơn giản và chỉ cần kiểm theo lựa chọn một số chỉ tiết nhất định, chứ không cần kiểm tra 100% chi tiết.

2. *Kiểm tra định kỳ.* Kiểm tra định kỳ được thực hiện trên những thiết bị đo chuyên dùng trong phòng thí nghiệm. Tại đây người ta kiểm tra sai số động học khi các bánh răng ăn khớp một bên, kiểm tra vết tiếp xúc, kiểm tra sai số bước vòng và độ đảo hướng kính. Đối với các bánh răng trong máy bay còn cần kiểm tra cả chiều cao răng.

3. *Kiểm tra nghiệm thu.* Kiểm tra nghiệm thu cần thiết để xác nhận xem độ chính xác của bánh răng có đảm bảo được yêu cầu ghi trên bản vẽ hay không. Những bánh răng nào có độ chính xác theo yêu cầu sẽ được đóng dấu nghiệm thu và xếp trong thùng bảo quản.

CHƯƠNG 11

CẮT RĂNG CÔN THẲNG

11.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT RĂNG CÔN THẲNG

11.1.1. Phương pháp định hình

Theo phương pháp này thì dụng cụ cắt có prophin giống như prophin của rãnh răng được gia công. Dụng cụ cắt răng trong trường hợp này là các dao phay môđun đĩa và môđun ngón. Trong sản xuất nhỏ và sản xuất đơn chiếc phương pháp này được dùng để gia công các bánh răng có cấp chính xác 9-11 trên các máy phay vạn năng có sử dụng đầu phân độ. Trong sản xuất hàng loạt lớn và sản xuất hàng khối phương pháp này được thực hiện trên các máy chuyên dùng với các dụng cụ cắt chuyên dùng, do đó năng suất của phương pháp tăng lên rõ rệt. Ví dụ , cắt một rãnh răng bằng phương pháp chuốt vòng được thực hiện sau một vòng quay với thời gian $3 \div 5$ giây.

11.1.2. Phương pháp bao bình

Hiện nay phương pháp này là phương pháp chính để gia công các bánh răng côn thẳng. Khi cắt răng bằng phương pháp bao hình prophin răng được tạo thành nhờ ăn khớp của bánh răng gia công với bánh dẹt sinh. Các lưỡi cắt thẳng của các dao bào hoặc các răng của dao phay đĩa trong quá trình chuyển động bao hình tạo ra prophin của răng gia công. Cắt răng côn thẳng bằng phương pháp bao hình được thực hiện trên các máy bào răng côn bằng hai lưỡi dao và trên các máy phay răng bằng hai dao phay đĩa. Bào răng là phương pháp có tính vạn năng cao nhưng năng suất thấp, do đó nó chỉ được dùng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ. Cắt răng bằng hai dao phay đĩa trên máy phay răng có năng suất cao hơn và được dùng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối.

11.1.3. Phương pháp cắt răng theo đường

Phương pháp này được dùng để gia công các bánh răng có môđun lớn. Prophin của răng gia công được xác định bằng prophin của đường. Máy để gia công bánh răng côn thẳng theo phương pháp này được dùng trong

sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ. Phương pháp này rất thích hợp đối với các nhà máy chế tạo máy hạng nặng.

11.2. CẮT RĂNG CÔN THĂNG BẰNG CÁC DAO PHAY MÔĐUN ĐĨA

Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ bánh răng côn thẳng được cắt bằng các dao phay môđun đĩa trên các máy phay có đầu phân độ hoặc đồ gá chuyên dùng bằng phương cắt bao hình. Để cắt thô răng thường người ta dùng các dao phay không mài prophin, còn để cắt tinh - dùng dao phay có mài prophin. Theo tiêu chuẩn có hai bộ dao phay. Bộ dao gồm 8 dao được dùng để cắt các bánh răng có môđun ≤ 8 mm, còn bộ dao gồm 15 dao được dùng để cắt các bánh răng có môđun > 8 mm. Chọn dao phay trong bộ dao để cắt răng côn thẳng được thực hiện theo số răng qui đổi z_{qd} của bánh răng gia công:

$$z_{qd} = \frac{z_1}{\cos\delta_1} = \frac{z_2}{\cos\delta_2} \tag{11.1}$$

Ở đây: z_1, z_2 - số răng của bánh răng nhỏ và bánh răng lớn; δ_1, δ_2 - góc côn chia của bánh răng nhỏ và bánh răng lớn. Số thứ tự của các dao phay môđun đĩa phụ thuộc vào số răng gia công như sau:

Số thứ tự của dao	1	2	3	4	5	6	7	8
Số răng qui đổi	12-13	14-16	17-20	21-25	26-34	35-54	55-134	135

Hình 11.1a là hình dáng bề ngoài của máy cắt răng côn răng thẳng điều khiển CNC bằng phương pháp định hình dao hợp kim cứng lắp ghép.

Máy có sơ đồ động đơn giản, gồm đế 5 và trụ đứng 2. Bàn quay phân độ của máy có độ chính xác phân độ $0,001^\circ$. Dao phay 1 được kẹp chặt trên trục gá ngắn có độ cứng vững cao. Chuyển động quay của dao được thực hiện nhờ động cơ điện 3 có công suất $18 + 50$ kW. Số vòng qua của dao phay $20 + 120$ vòng/phút. Dịch chuyển của giá dao và bàn máy cùng phôi gia công 4 được thực hiện nhờ bộ vít me bi. Đường kính của dao phay 255 và 457 mm. Quá trình cắt răng côn được thực hiện nhờ các chuyển động chạy dao đồng thời của dao phay (chạy dao đứng) và của phôi (chạy dao ngang).

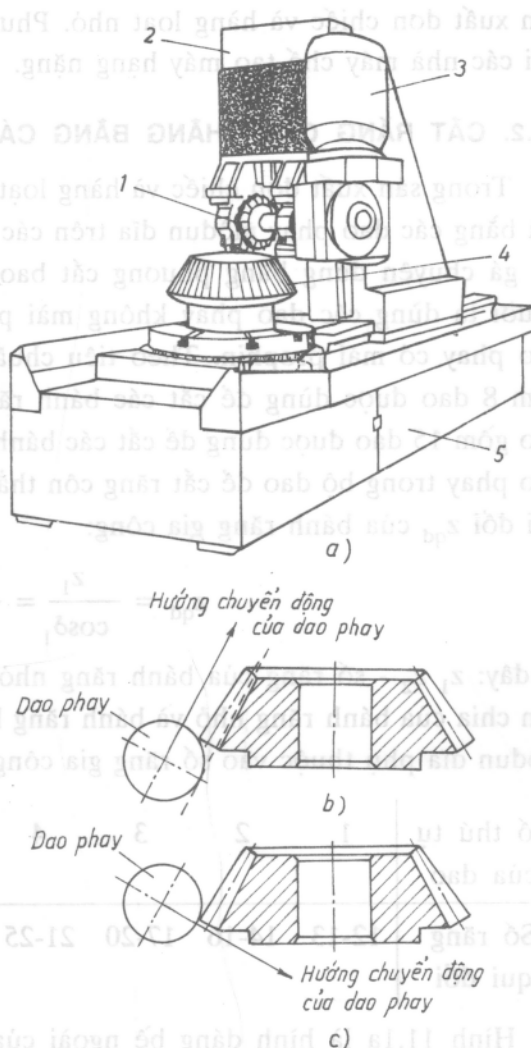
Thông thường khi cắt răng côn thẳng, dao dịch chuyển theo hướng đường sinh của côn đáy (hình 11.1b). Ở các máy được chế tạo gần đây chuyển động cắt dọc trục của giá dao là tổng hợp của ba chuyển động chạy dao khác nhau: chuyển động chạy dao hướng kính vuông góc với đường sinh của côn đáy, chuyển động chạy dao theo hướng đường sinh của côn đáy (bằng $200 \div 300\%$ của chạy dao hướng kính) và chạy dao ra khỏi phôi (bằng $150 \div 200\%$ của chạy dao theo hướng đường sinh của côn đáy).

Chạy dao hướng kính vuông góc với đường sinh của côn đáy (hình 11.1c) cho phép tăng tuổi bền của dao và giảm nguy cơ gãy mũi dao. Khi đạt tới toàn bộ chiều cao răng thì chạy dao hướng kính được dừng lại.

Khi cắt bằng dao hợp kim cứng không cần phải tưới dung dịch trơn nguội.

Trong một số trường hợp có thể đưa dòng khí nén vào vùng gia công để làm sạch các hạt kim loại bám trên lưỡi cắt của dao.

Khi cắt thô thì lượng kim loại của bánh răng được hớt đi là $80 \div 85\%$. Các máy thế hệ mới cho phép nâng cao độ chính xác của bước răng và giảm lượng dư cho nguyên công cắt tinh.



Hình 11.1. Cắt răng côn thẳng bằng các dao phay đĩa

- a- hình dáng bề ngoài của máy; b- chạy dao theo hướng đường sinh của côn đáy; c- chạy dao theo hướng vuông góc của đường sinh của côn đáy;
1- dao phay; 2- trụ đỡ của máy; 3- động cơ điện; 4- phôi gia công; 5- đế máy.

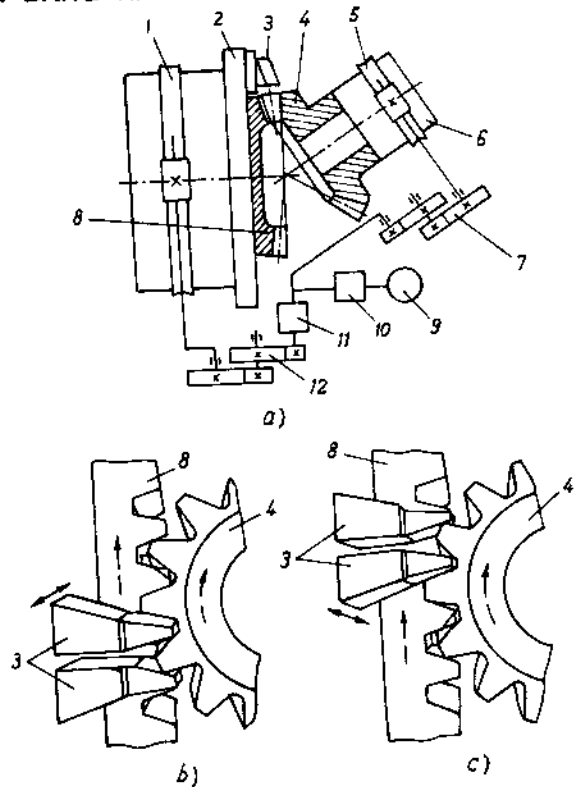
Bánh răng côn răng thẳng (có $z=25$, môđun ngoài $m_{te}=25,4$ mm, $b=127$ mm, $h=45,72$ mm, thép 40XHM, độ cứng HB=340) được cắt một lần bằng dao phay đĩa có đường kính 355 mm. Chế độ cắt: $v=47,5$ m/phút; lượng chạy dao 355 mm/phút; thời gian gia công 25 phút.

11.3. CẮT RĂNG CÔN THẲNG BẰNG HAI DAO BÀO RĂNG

Cắt răng côn thẳng bằng hai dao bào răng được thực hiện trên các máy bào răng theo nguyên lý bao hình. Trong quá trình cắt, bánh răng gia công và bánh dẹt sinh ăn khớp với nhau. Các dao bào răng thực chất là một răng của bánh dẹt sinh, còn các lưỡi cắt thẳng của dao là các phía của các răng kề nhau của bánh dẹt sinh.

Trong quá trình lăn bao hình giữa bánh răng gia công và các dao, prophin của răng được hình thành.

Phương pháp này có tính vạn năng cao, đảm bảo chất lượng gia công bằng dụng cụ đơn giản và rẻ tiền. Tuy nhiên, năng suất của máy thấp và phương pháp chỉ được dùng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

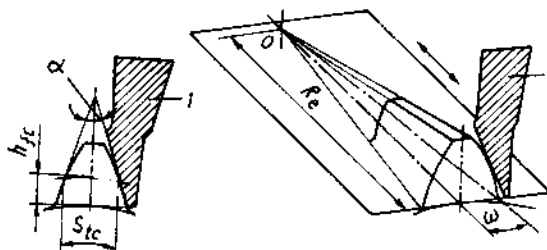


Hình 11.2. Cắt răng côn thẳng trên máy bào răng
a- sơ đồ động của máy; b, c - vị trí của các dao lúc bắt đầu và lúc kết thúc quá trình cắt.
1- 5- các bộ truyền trục vít - bánh vít; 2- giá lắp bao hình; 3- dao; 4- phôi; 5- trục gá phôi; 6- trục gá phôi; 7- vi sai chia độ; 8- bánh dẹt sinh; 9- động cơ điện; 10- hộp tốc độ; 11- cơ cấu phân độ; 12- vi sai bao hình.

Hình 11.2 là sơ đồ nguyên lý cắt răng côn thẳng trên máy bào răng. Giá lắp bao hình 2 của máy mang theo giá đỡ dao 3, thông qua xích động học được nối với trục gá phôi 6 mà trên đó có phôi 4. Phôi 4 ăn khớp với bánh dẹt sinh 8. Xích động học của máy gồm các bộ truyền trục vít - bánh vít 1 và 5 làm quay giá lắp bao hình 2 và trục gá phôi 6, vi sai chia độ 7,

vi sai bao hình 12 và cơ cấu phân độ 11. Truyền động được thực hiện nhờ động cơ điện 9, qua hộp tốc độ 10 làm cho trục đầu ra lúc quay thuận lúc quay ngược. Hình 11.2b, c cho biết các vị trí của các dao lúc bắt đầu và lúc kết thúc quá trình cắt.

Hình 11.3 là sơ đồ gá dao và quỹ đạo chuyển động của dao khi cắt răng côn thẳng. Để cho các lưỡi cắt của dao khi chuyển động tạo ra mặt răng của bánh dẹt sinh thì các dao 1 phải được gá lệch một góc côn của răng ω :



Hình 11.3. Sơ đồ chuyển động của dao khi bào răng
1- dao bào răng.

$$\omega = \frac{3438}{R_c} \left(\frac{S_{tc}}{2} + h_{tc} \tan \alpha \right) \quad (11.2)$$

Ở đây: R_c - khoảng cách côn ngoài (mm);

S_{tc} - chiều dày của răng theo vòng tròn ở chân răng (mm);

h_{tc} - chiều cao chân răng (mm);

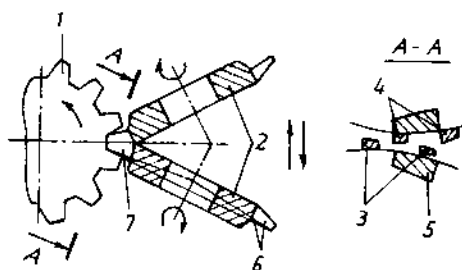
α - góc prophin.

11.4. CẮT RĂNG CÔN THẲNG BẰNG HAI DAO PHAY ĐĨA

Phương pháp này có năng suất cao hơn so với phương pháp bào răng. Quá trình cắt được thực hiện bằng hai dao phay đĩa ghép đôi 2 (hình 11.4) nhưng nghiêng về hai phía và cùng nằm trong một rãnh răng của bánh răng gia công 1. Các mảnh dao 3 của dao phay này nằm xen giữa các mảnh dao 4 của dao phay kia.

Cắt răng côn thẳng bằng các dao phay đĩa có thể được thực hiện bằng phương pháp bao hình, định hình hoặc phương pháp tổ hợp.

Khi cắt bằng phương pháp bao hình, các lưỡi cắt của dao ngoài chuyển động quay còn thực hiện chuyển động bao hình với bánh răng gia công trong mặt



Hình 11.4. Sơ đồ cắt răng côn thẳng bằng hai dao phay đĩa

- 1- bánh răng gia công; 2- các dao phay;
3, 4- các mảnh dao; 5- rãnh gia công;
6- mặt côn; 7- các mũi cắt.

phẳng thẳng đứng để tạo thành prophin răng. Trong quá trình cắt dao không dịch chuyển dọc theo răng gia công, cho nên đáy của rãnh răng hơi bị lõm. Ở hai đầu của răng, chiều sâu rãnh răng giống như bàn vẽ, còn ở giữa chiều sâu rãnh răng lớn hơn. Để tạo ra hình tang trống theo chiều dài của răng thì các lưỡi cắt 7 của dao phay 2 phải được gá nghiêng một góc so với mặt phẳng quay của chúng. Khi quay, các lưỡi cắt 7 tạo ra mặt côn 6, do đó chúng hút lượng dư ở hai đầu của răng 5 lớn hơn ở giữa răng. Độ tang trống của răng được xác định bằng góc nghiêng của các lưỡi cắt 7 và được chọn phụ thuộc vào chiều dài của vết tiếp xúc. Chiều dài của vết tiếp xúc có thể đạt được bằng $1/3 \div 2/3$ chiều rộng của răng.

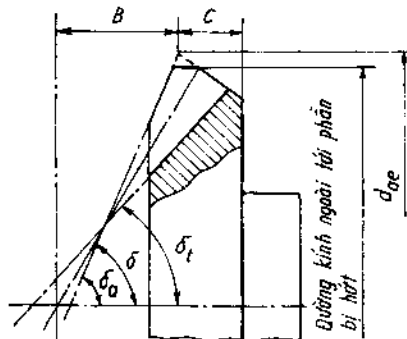
Khi cắt thô răng bằng phương pháp định hình (dùng 2 dao phay đĩa) thì giá lắp được kẹp chặt ở vị trí trung tâm của vòng tròn thay cho bánh răng bao hình. Trong quá trình gia công giá lắp và phôi đứng yên, còn bàn gá phôi dịch chuyển về phía dao phay. Sau khi đạt được chiều cao răng, phôi lùi ra để thực hiện quay phân độ.

Khi cắt răng bằng phương pháp tổ hợp, lúc đầu giá lắp bao hình nằm cố định ở vị trí trung tâm, còn bàn gá phôi dịch chuyển về phía dao phay. Prophin của rãnh răng giống prophin của dao. Sau đó khi đạt được chiều cao của răng, chuyển động chạy dao theo phương pháp định hình ngừng lại và chạy dao bao hình bắt đầu.

11.5. CHUỐT RĂNG CÔN THẲNG

Chuốt răng côn thẳng là phương pháp có năng suất cao. Nó được sử dụng trong sản xuất hàng khối để chế tạo các bánh răng hành tinh trong các loại xe ô tô, máy kéo và các máy nông nghiệp khác.

Các bánh răng côn thẳng được cắt bằng phương pháp chuốt không lắp lần được với các bánh răng được cắt bằng các phương pháp bào răng và phay răng. Để tránh hiện tượng cắt lẹm răng ở các bánh răng có số răng nhỏ, răng của dao phải có prophin cong. Răng gia công có mặt côn kép, có nghĩa là các đường sinh của côn đỉnh, côn đáy và côn chia không trùng nhau (hình 11.5). Hình dạng của



Hình 11.5. Kích cơ bản của phôi khi chuốt răng.

răng như vậy được dùng để tăng chiều rộng của đáy, có nghĩa là mở rộng dao ở đầu trong của răng. Khi mở rộng dao, chiều rộng của đỉnh dao tăng và tăng bán kính mũi dao, do đó tăng tuổi bền của dao, tăng năng suất của máy và tăng độ bền của răng. Để tăng độ bền của bộ truyền bánh răng người ta chọn góc prophin lớn (bằng $22^{\circ}30'$).

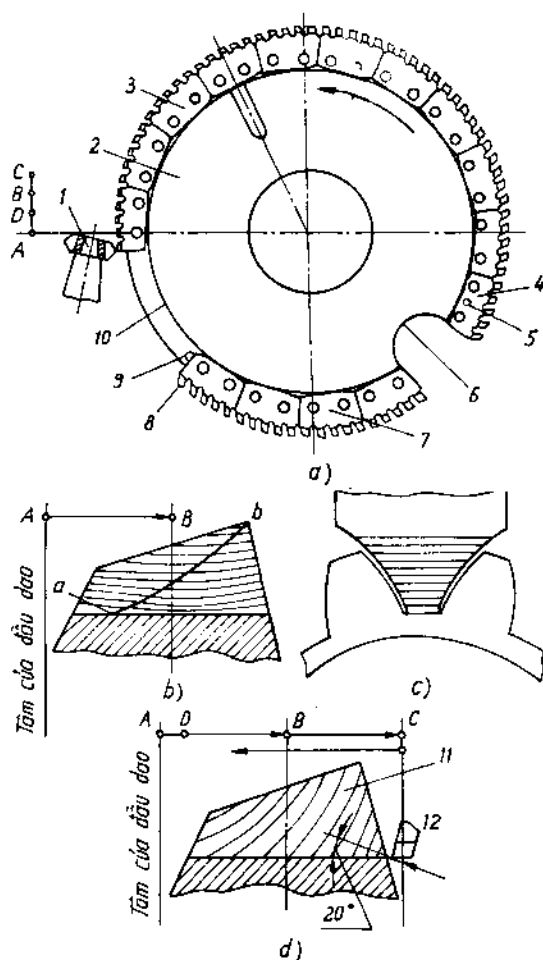
Máy chuốt răng có hai loại: loại có trục gá phôi nằm ngang và loại có trục gá phôi thẳng đứng.

Đối với loại máy có trục gá phôi nằm ngang, trong quá trình gia công, phôi đứng yên còn dao quay và dịch chuyển song song với đường sinh của côn đáy.

Đối với loại máy có trục gá phôi thẳng đứng, dao quay còn bàn máy với phôi dịch chuyển. Trên các máy loại này dùng dao chuốt răng tổ hợp có các phần răng cắt thô, cắt bán tinh và cắt tinh và chỉ sau một vòng quay của dao toàn bộ chiều sâu của rãnh răng được gia công (hình 11.6).

Gá phôi 1 trên đồ gá được thực hiện ở vị trí ban đầu của máy - điểm A (hình 11.6a). Sau đó cho đầu dao 2 quay ngược chiều kim đồng hồ, còn bàn máy và phôi 1 dịch chuyển song song với đường sinh của côn đáy từ điểm A tới điểm B (hình 11.6b).

Trong thời gian này đầu dao quay được ba bloc dao cắt thô 3 (15 dao)



Hình 11.6. Chuốt răng côn thẳng

- a- sơ đồ; b, c - hướng của đường cắt ứng với tiết diện dọc trục và tiết diện ngang của răng khi cắt thô; d- hướng của đường cắt ứng với tiết diện dọc trục khi cắt tinh.
1- phôi; 2- đầu dao; 3- bloc dao cắt thô;
4- bloc dao cắt bán tinh; 5, 9 - các chốt định vị;
6, 10- các phần dao không có răng;
11- vết cắt; 12- dao vát mép.

và cắt một phần rãnh răng. Tại điểm B bàn máy và dao dừng lại còn đầu dao dịch chuyển hướng kính để cắt toàn bộ chiều sâu của rãnh răng.

Cắt thô răng được thực hiện bằng 10 bloc dao 3 (50 dao). Hướng của đường cắt khi cắt thô theo tiết diện ngang - trên hình 11.6c). Sau khi cắt thô, răng có độ côn không chính xác. Mặt răng nằm ở bên trái đường ab (hình 11.6b) được chuẩn bị để cắt tinh, còn mặt răng ở bên phải đường ab có lượng dư lớn và lượng dư này được hót bởi 5 dao cắt bán tinh của bloc dao 4 (xem hình 11.6a) khi phôi dịch chuyển lên phía trên từ điểm B tới điểm C. Trong thời gian đi qua phần dao không có răng 6, dao 12 thực hiện vát mép răng (hình 11.6d) lúc đầu từ đáy rãnh sau đó từ hai mặt răng ở đầu lớn của răng. Dao vát mép 12 nhận chuyển động quay từ bánh răng kẹp trên trục chính.

Số vòng quay của dao vát mép là 24 vòng/phút.

Cắt tinh răng được thực hiện bằng bốn bloc dao 7, 8 (20 răng). Khi bàn máy và phôi dịch chuyển từ điểm C tới điểm D. Mỗi dao cắt tinh có hình dạng của rãnh răng nhờ đó mà prophin răng được tạo thành.

Trên hình 11.6d thể hiện các vết cắt 11 của các dao cắt tinh, số lượng vết cắt thường bằng 12.

Phân độ phôi di một răng được thực hiện khi bàn máy và phôi dịch chuyển từ điểm D đến điểm A và phần dao không có răng 10 đi qua phôi. Trong thời gian phân độ đầu dao vẫn quay. Các chốt định vị 5 và 9 (xem hình 11.6a) được dùng khi lắp ráp để gá các bloc dao đầu trên.

Bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp chuốt có độ chính xác cấp 8-9 có nghĩa là thấp hơn khi gia công bằng phương pháp bao hình. Chuốt răng có năng suất cao gấp 4 lần so với cắt răng bằng hai dao phay đĩa.

11.6. CẮT RĂNG THEO DƯỠNG

Cắt răng côn thẳng theo dưỡng được thực hiện trên các máy bào răng chuyên dùng bằng hai dao hoặc một dao theo phương pháp định hình. Phương pháp cắt răng theo dưỡng được dùng để gia công các bánh răng có môđun lớn với cấp chính xác 8-9 trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

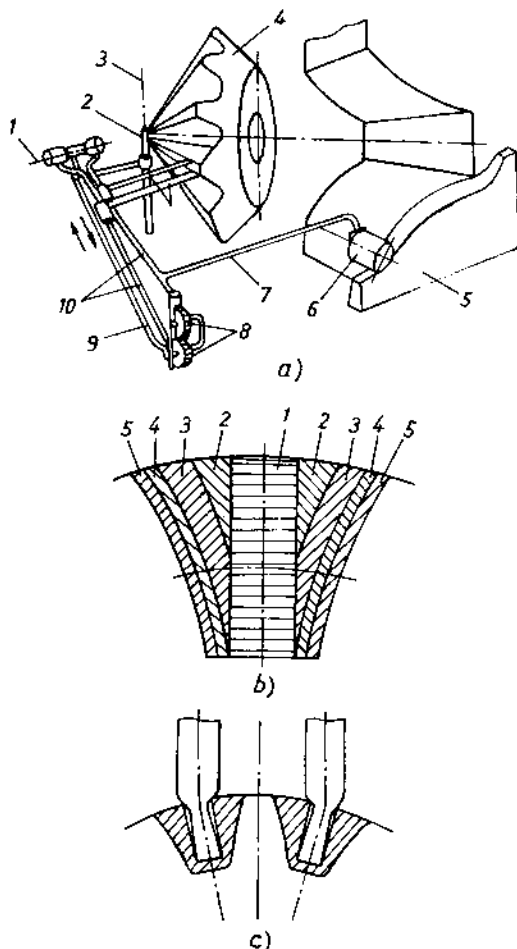
Hình 11.7a là sơ đồ nguyên lý cắt răng theo dưỡng bằng hai dao.

Các dao 11 thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại trên các máng trượt 10 và có khả năng quay tương đối so với trục nằm ngang 1, trục này được gá trên giá dao 9. Khi gia công, giá dao quay tương đối so với trục thẳng

dứng 3, trục này đi qua tâm 2 của máy và đỉnh côn chia của bánh răng gia công 4. Con lăn 6 được lắp trên thanh giăng 7, nó trượt theo đường 5 khi giá dao 9 quay tương đối so với trục 3. Trong quá trình gia công, phôi đứng yên, còn dao thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại để cắt hết chiều dài răng và chạy dao theo chiều sâu của răng. Khi thực hiện chạy dao theo chiều sâu, con lăn trượt theo đường 5, còn các bánh răng 8 mở rộng các dao II, nhờ đó mà prophin của răng được chép lại theo prophin của đường với tỷ lệ nhỏ hơn.

Các bánh răng có môđun lớn được cắt qua 5-6 bước (hình 11.7b). Bước thứ nhất là cắt rãnh răng 1 bằng dao cắt rãnh hoặc dao hình chữ V hết toàn bộ chiều sâu của răng. Nếu bước thứ nhất được cắt bằng dao cắt rãnh thì bước thứ hai cần cắt hai tiết diện tam giác 2, 3 bằng các dao chuyên dùng hoặc dao hình chữ V. Trước khi cắt tinh cần cắt thêm lượng dư 4 để còn lại lượng dư 5 (cho cắt tinh). Để nâng cao độ chính xác của mặt răng, cắt tinh được thực hiện qua hai bước.

Dùng hai dao hình lăng trụ để cắt hai rãnh răng cùng lúc (hình 11.7c) cho phép nâng cao năng suất của máy. Khi cắt tinh, prophin răng được hình thành nhờ đường có kích thước lớn. Mỗi máy có một bộ đường, các đường



Hình 11.7. Cắt răng côn thẳng theo đường
 a- Sơ đồ nguyên lý cắt: 1- trục nằm ngang; 2- tâm máy; 3- trục thẳng đứng; 4- bánh răng gia công; 5- đường; 6- con lăn; 7- thanh giăng; 8- các bánh răng; 9- giá dao; 10- máng trượt; 11- các dao.
 b- Sơ đồ các bước cắt: 1, 2, 3, 4, 5- lượng dư của bước cắt.
 c- cắt răng bằng hai dao hình lăng trụ.

này được chế tạo cho góc côn chia, góc ăn khớp và số răng nhất định.

11.7. CÁC MÁY CẮT RĂNG CÔN THẲNG

Để cắt răng côn thẳng người ta dùng nhiều loại máy khác nhau như: máy bào răng, máy phay răng, máy chuốt răng hoặc máy cắt răng theo đường. Trong các loại máy này thì máy bào răng và máy phay răng được sử dụng rộng rãi nhất.

Mỗi loại máy có nhiều model khác nhau và chúng được chế tạo cho các bánh răng có kích thước gia công khác nhau.

Ví dụ, các bánh răng côn thẳng có đường kính ngoài ≤ 800 mm được gia công trên máy bào răng theo phương pháp bào hình còn các bánh răng có đường kính ngoài > 800 mm được gia công trên máy bào theo đường.

Các bảng 11.1 và 11.2 giới thiệu một số model máy cắt răng côn thẳng được chế tạo ở một số nước như: Nga, Đức và Mỹ.

Bảng 11.1.

Đặc tính kỹ thuật	Máy Nga										
	Bào răng						Phay răng			Chuốt răng	
	5236Π	5C276Π	5C286Π	5E283	52TM2	5T23B	5C237	5C267Π	5C277Π	5246	5C268 5C269
Đường kính phối lớn nhất (mm)	125	500	800	1600	3200	125	125	320	500	180	320
Modun lớn nhất (mm)	2,5	10	16	30	40	15	2,5	8	12	5	8
Bề rộng răng lớn nhất (mm)	20	80	150	270	500	16	20	50	80	25	50
Số hành trình kép hoặc số vòng quay/ phút	160-800	42-400	28-270	17-27	4-51	210-820	65-320	23-153	20-80	9,3-30	30
Đường kính dao phay đĩa hoặc dao chuốt (mm)	-	-	-	-	-	-	150	278	450	533,4	635
Công suất máy (kW)	1,1	4	7,5	7,5	19	1,1	2,2	4,0	5,5	6,2	11
Kích thước máy (dài x rộng, cao) (mm)	1620x1050	2885x1980	3235x2130	3785x2780	6000x3000	1620x1050	1990x1255	2885x1980	3225x2530	2450x2015	2700x3240
Khối lượng máy (kg)	3000	8750	15 500	19 000	43 000	3000	3000	8750	14 000	6250	9500

Ghi chú: Hành trình kép dùng cho máy bào răng, số vòng quay dùng cho máy phay răng và máy chuốt răng.

Bảng 11.2.

Đặc tính kỹ thuật	Máy Đức			Máy Mỹ							
	Phay răng			Bào răng			Phay răng			Chuốt răng	
	ZFTK 250/1	ZFTK 500/2	BF203	710	429(14)	434(24)	439(104)	442(114)	724	725	726
Đường kính phôi lớn nhất (mm)	315	620	238	216	432	886	216	406	152	152	152
Modun lớn nhất (mm)	10	12	10	6,4	8,5	20,3	8,5	10,2	(14,8)	(10,7)	(14,8)
Bề rộng răng lớn nhất (mm)	45	90	60	36	89	152	35	63,5	28	25,4	28
Số hành trình kép hoặc số vòng quay/phút	35,5-71	28-56	-	80-505	64-495	16-88	35-100	79-290	32,9-51	32,9-51	32,9-51
Đường kính dao phay đĩa hoặc dao chuốt (mm)	355	450	600	-	-	-	275	381	406,4 (533,4)	533,4	533,4
Công suất máy (kW)	4	5,5	6	2,72	4,1	11	6,8	13,6	11	11	7,35
Kích thước máy (dài x rộng, cao) (mm)	2650x 1870	3365 x 3580	2850x 2450	2030x 1520	1420x 410	1880x 2670	2140x 1556	1900x 2860	3200x 2260	3200x 2260	3200x 2260
Khối lượng máy (kg)	6500	12000	7800	4990	6713	11295	6580	10750	9600	9600	8750

Ghi chú: Hành trình kép dùng cho máy bào răng, số vòng quay dùng cho máy phay răng và máy chuốt răng.

Với các đặc tính kỹ thuật của máy ta có thể chọn phôi gia công thích hợp. Cần lưu ý đối với các máy phay răng chỉ nên gia công các bánh răng có môđun nhỏ hơn môđun lớn nhất của máy khoảng $2 \div 3$ mm.

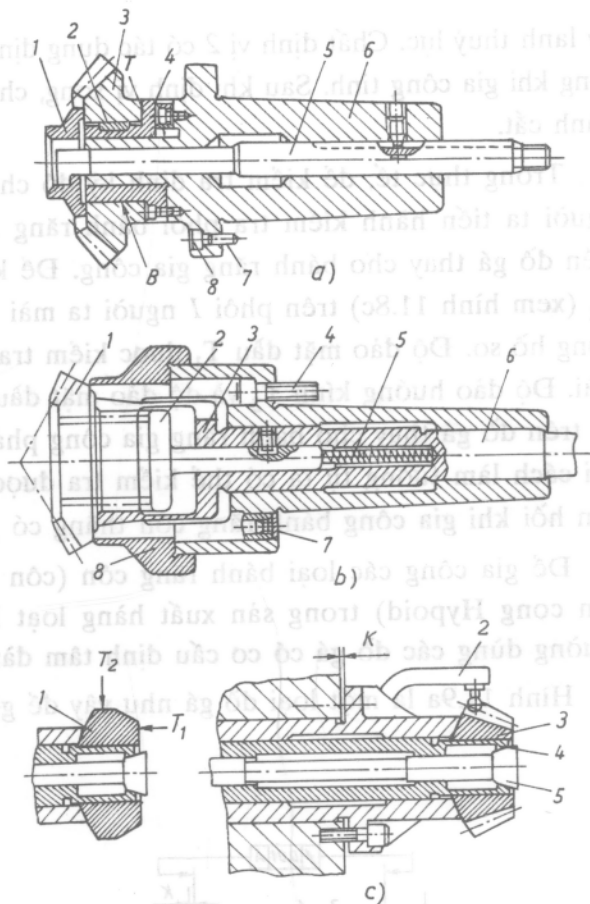
11.8. ĐỒ GÁ GIA CÔNG BÁNH RĂNG CÔN THẲNG

Yêu cầu chủ yếu của đồ gá gia công bánh răng côn thẳng là độ cứng vững và độ chính xác định tâm cao và lực kẹp phải ổn định.

Hình 11.8 là các đồ gá gia công gia công bánh răng côn thẳng. Hình 11.8a là đồ gá vạn năng với định tâm cứng (dùng trục gá) được dùng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ. Phôi 3 được gá trên bạc định vị 4 theo mặt lỗ B và mặt đầu T.

Then 2 có tác dụng giữ cho bánh răng (phôi) 3 không bị quay trong

quá trình cắt. Kẹp chặt phôi 3 được thực hiện nhờ vòng đệm 1 và đòn rút 5. Đuôi côn 6 có mặt đầu 7 được lắp vào lỗ côn của trục chính máy và được kẹp chặt bằng các vít 8. Khi thay đổi bạc định vị 8 ta có thể dùng đồ gá để gia công các bánh răng có kích thước lỗ khác tương ứng.



Hình 11.8. Các loại đồ gá gia công bánh răng côn thẳng
 a- trục gá cứng: 1- vòng đệm; 2- then; 3- phôi;
 4- bạc định vị; 5- đòn rút; 6- đuôi côn; 7- mặt đầu;
 8- vít; b- ống kẹp đàn hồi: 1- phôi; 2- chốt đẩy;
 3- ống kẹp; 4- vít; 5- lò xo; 6- đòn rút; 8- vòng tỳ;
 c- trục gá đàn hồi: 1, 3- phôi; 2- chốt định vị;
 4- trục gá; 5- đòn rút.

Hình 11.8b là đồ gá dạng ống kẹp đàn hồi được sử dụng để gia công các bánh răng côn của ô tô trong điều kiện sản xuất hàng khối. Bánh răng (phôi) có gờ 1 được định vị theo mặt ngoài của gờ và được tỳ vào mặt đầu. Kẹp chặt bánh răng được thực hiện nhờ ống kẹp 3 khi đòn rút 6 dịch chuyển về bên phải. Khi ống kẹp 3 được tháo lỏng, chốt đẩy 2 nhờ tác động của lò xo 5 đẩy bánh răng ra khỏi đồ gá. Khi thay đổi vòng tỳ 8 và ống 3 ta có thể dùng đồ gá để gia công các bánh răng có kích thước khác tương ứng. Vít 4 được dùng để kẹp chặt đồ gá trên trục chính của máy, còn vít 7 để tháo đồ gá.

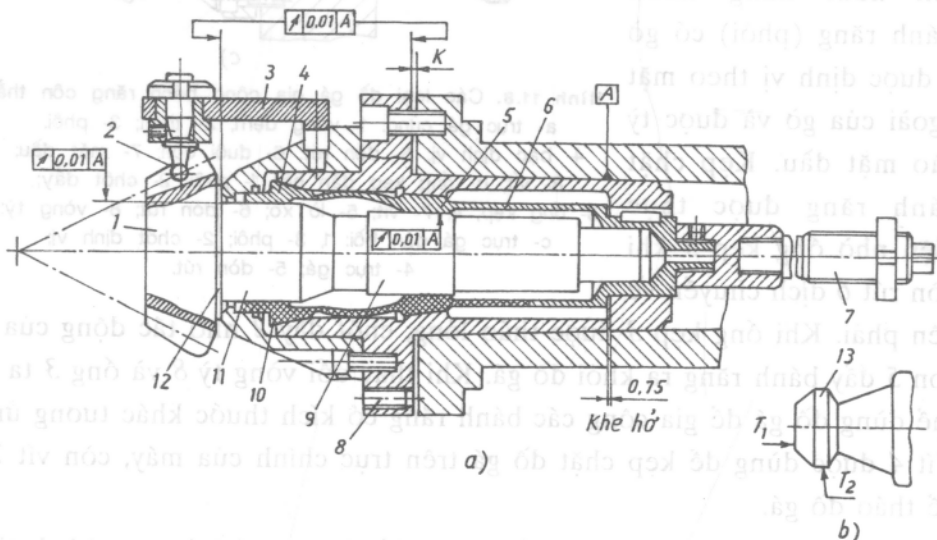
Hình 11.8c là trục gá đàn hồi dùng để gia công bánh răng hành tinh 3. Chuẩn định vị của bánh răng hành tinh là mặt lỗ và mặt đầu hình cầu. Bánh răng hành tinh được kẹp chặt bằng trục gá 4 nhờ đòn rút 5 lắp với

xy lạnh thủy lực. Chốt định vị 2 có tác dụng định vị chính xác vị trí của bánh răng khi gia công tinh. Sau khi định vị xong, chốt này được nâng lên để tiến hành cắt.

Trong thực tế, để kiểm tra định kỳ độ chính xác của trục gá dần hồi người ta tiến hành kiểm tra phôi bánh răng 1. Phôi kiểm tra 1 được gá trên đồ gá thay cho bánh răng gia công. Để kiểm tra độ đảo hướng kính T_2 (xem hình 11.8c) trên phôi 1 người ta mài một đoạn để gá đầu đo của đồng hồ so. Độ đảo mặt đầu T_1 được kiểm tra ở mặt đầu sau khi đã được mài. Độ đảo hướng kính T_2 và độ đảo mặt đầu T_1 của phôi kiểm tra được gá trên đồ gá thay cho bánh răng gia công phải nhỏ hơn 0,015 mm. Cùng với cách làm tương tự ta có thể kiểm tra được độ chính xác của ống kẹp dần hồi khi gia công bánh răng côn thẳng có gờ (xem hình 11.8b).

Để gia công các loại bánh răng côn (côn thẳng, côn cong thường và côn cong Hypoid) trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối người ta thường dùng các đồ gá có cơ cấu định tâm dần hồi.

Hình 11.9a là một loại đồ gá như vậy để gia công trục răng 1 trong ô tô.



Hình 11.9. Đồ gá để gia công trục răng côn
a- bản vẽ lắp; b- kiểm tra đồ gá bằng calíp.

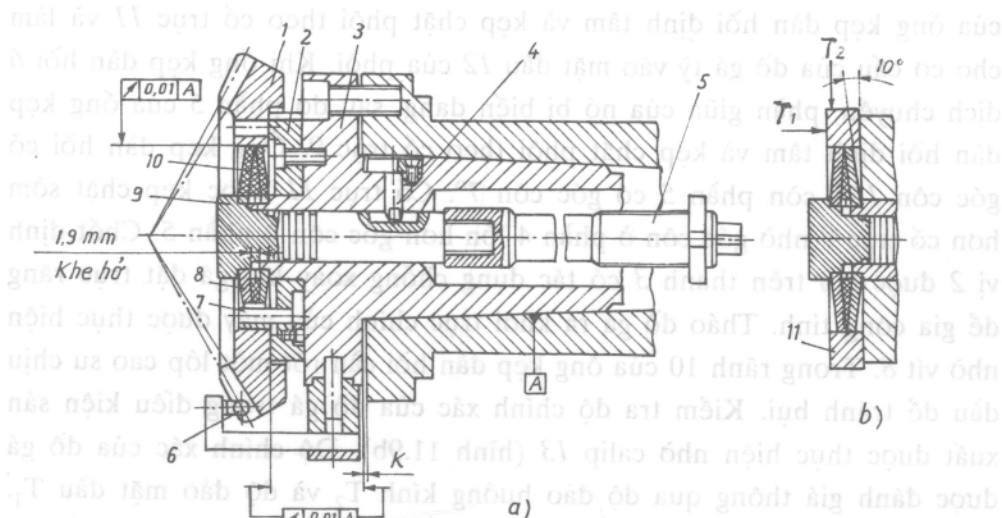
- 1- trục răng; 2- chốt định vị; 3- thanh lắp chốt định vị; 4, 5- các phần của ống kẹp dần hồi; 6- ống kẹp dần hồi; 7- đòn rút; 8- vít; 9, 11- các cổ trục của trục răng; 10- rãnh của ống kẹp dần hồi; 12- mặt đầu của trục răng; 13- calíp.

Trục răng được định vị theo các cổ trục 9, 11 và mặt đầu 12. Sau khi được định vị, ống kẹp đàn hồi 6 dưới tác dụng của đòn rút 7 (được lắp với xylanh thủy lực) dịch chuyển về bên phải. Lúc đầu, phần đầu trước 4 của ống kẹp đàn hồi định tâm và kẹp chặt phôi theo cổ trục 11 và làm cho cơ cấu của đồ gá tỳ vào mặt đầu 12 của phôi. Khi ống kẹp đàn hồi 6 dịch chuyển, phần giữa của nó bị biến dạng, sau đó phần 5 của ống kẹp đàn hồi định tâm và kẹp chặt phôi theo cổ trục 9. Ống kẹp đàn hồi có góc côn 15° , còn phần 5 có góc côn 7° . Cổ trục 11 được kẹp chặt sớm hơn cổ trục 9 nhờ góc côn ở phần 4 lớn hơn góc côn ở phần 5. Chốt định vị 2 được lắp trên thanh 3 có tác dụng chống xoay khi gá đặt trục răng để gia công tinh. Tháo đồ gá ra khỏi trục chính của máy được thực hiện nhờ vít 8. Trong rãnh 10 của ống kẹp đàn hồi cần rót một lớp cao su chịu dầu để tránh bụi. Kiểm tra độ chính xác của đồ gá trong điều kiện sản xuất được thực hiện nhờ calíp 13 (hình 11.9b). Độ chính xác của đồ gá được đánh giá thông qua độ đảo hướng kính T_2 và độ đảo mặt đầu T_1 . Đồ gá này chỉ làm việc ổn định và an toàn khi kích thước của các cổ trục (các mặt chuẩn) thay đổi trong phạm vi 0,025 mm. Nếu khe hở của cổ trục 9 lớn hơn 0,03 mm thì phần giữa của trục gá 6 phải dài hơn, do đó không tạo được lực kẹp đủ lớn để kẹp chặt phôi. Khi ống kẹp đàn hồi 6 còn mới, khe hở dọc trục giữa các mặt đầu của ống kẹp đàn hồi và đồ gá là 0,75 mm. Sau một thời gian làm việc, ống kẹp đàn hồi 6 bị mòn, khi khe hở dọc trục chỉ còn 0,13 mm thì phải thay đổi kẹp mới.

Hình 11.10 là đồ gá có cơ cấu định tâm dạng màng để gia công bánh răng côn dạng đĩa 1.

Cơ cấu định tâm và kẹp chặt bánh răng 1 là các màng dạng đĩa 8. Bánh răng được tỳ lên vòng 2, vòng 2 được kẹp chặt trong thân đồ gá 3. Trục 9 được nối với đòn rút 5 của xylanh thủy lực, khi dịch chuyển về bên phải, chúng nén các màng 8 làm cho đường kính của các màng này tăng lên để định tâm và kẹp chặt bánh răng 1. Khi lực kẹp chặt tiếp tục tăng, trục 9, các màng 8 và bánh răng 1 dịch chuyển về bên phải cho đến khi mặt đầu của bánh răng tiếp xúc với vòng đệm 2. Các màng 8 có đường kính ngoài nhỏ hơn đường kính lỗ $0,10 + 0,125$ mm. Độ mòn đường kính tối đa cho phép của các màng là 0,35 mm. Để đảm bảo cho đồ gá hoạt động bình thường thì khe hở giữa các mặt đầu của trục 9 và thân đồ gá

3 phải bằng 1,9 mm. Chốt 7 có tác dụng giữ cho các màng 8 không bị xoay. Để thu gom bụi bẩn và phoi vụn người ta cắt các rãnh vòng trên trục 9. Trong rãnh 10 của màng 8 có lót một lớp cao su chịu dầu để tránh bụi.



Hình 1.10. Đồ gá gia công bánh răng côn dạng đĩa

a- bản vẽ lắp; b- kiểm tra đồ gá bằng calíp

- 1- bánh răng; 2- vòng đệm; 3- thân đồ gá; 4- then; 5- dòn rút; 6- chốt định vị;
7- chốt; 8- màng; 9- trục; 10- rãnh của màng; 11- calíp.

Chốt định vị 6 được dùng để định vị bánh răng khi gia công tinh. Sau khi định vị xong, chốt định vị 6 được đưa ra để tiến hành cắt.

Sử dụng đồ gá này cho phép tăng độ chính xác gia công của bánh răng lên $25 \div 30\%$.

Độ chính xác của đồ gá trong điều kiện sản xuất được kiểm tra nhờ calíp 11 (hình 11.10b). Đường kính của calíp được chế tạo đúng bằng đường kính ngoài của bánh răng gia công. Độ đảo hướng kính T_2 và độ đảo mặt đầu T_1 của calíp 11 khi gá trên đồ gá thay cho phôi bánh răng gia công phải nhỏ hơn 0,015 mm. Kiểm tra độ chính xác của đồ gá được tiến hành một lần trong một tuần. Tuổi thọ trung bình của đồ gá loại này là 12 tháng.

11.9. DỤNG CỤ CẮT RĂNG CÔN THẲNG

Dụng cụ cắt răng côn thẳng có các loại sau đây:

1. Dao phay mô đun đĩa. Dao phay mô đun đĩa được dùng để gia công

các bánh răng có độ chính xác thấp. Số thứ tự của dao phay môđun đĩa được chọn khi gia công phụ thuộc vào số răng qui đổi của bánh răng gia công (xem mục 11.2). Dao phay môđun đĩa bằng hợp kim cứng (T15K6, T5K10, T14K8) cho phép tăng năng suất gia công tới $2 \div 2,5$ lần so với dao phay thép gió.

2. *Dao bào răng*. Dao bào răng được dùng để gia công tinh bánh răng côn thẳng có môđun $0,3 \div 20$ mm. Các dao này được chế tạo theo 4 loại: loại 1 có chiều dài $L = 40$ mm, loại 2 có chiều dài 75 mm, loại 3 có chiều dài 100 mm và loại 4 có chiều dài $L = 125$ mm.

3. *Dao phay đĩa*. Dao phay đĩa được dùng để gia công bánh răng côn thẳng có môđun $0,5 \div 12$ mm. Dao phay đĩa răng chắp có đường kính 150, 278 và 450 mm. Dao phay có đường kính 150 mm được dùng để gia công bánh răng côn có môđun $0,5 \div 3$ mm, đường kính 278 mm để gia công bánh răng côn có môđun $1,5 \div 8$ mm, còn đường kính 450 mm để gia công bánh răng côn có môđun $3 \div 12$ mm. Các lưỡi dao được chế tạo từ thép gió (vì dao phay đĩa thường là dao răng chắp) có độ cứng HRC 62-65.

4. *Dao chuốt răng*. Dao chuốt răng được dùng để gia công các bánh răng hành tinh trong các loại ô tô tải và ô tô du lịch, trong các loại máy kéo và các máy nông nghiệp. Dao chuốt răng được chế tạo theo 3 đường kính: 406,4, 533,4 và 635 mm và theo 3 loại: loại tổ hợp, loại cắt thô và loại cắt tinh.

Ghi chú: Tất cả các loại dao trên đây đều được mài theo mặt trước.

11.10. GIA CÔNG MẶT CHUẨN SAU NHIỆT LUYỆN

Yêu cầu quan trọng nhất đối với đồ gá mài răng là gá đặt chính xác và kẹp chặt an toàn trong quá trình gia công.

Nếu trục răng không được nhiệt luyện trong các đồ gá thì sau khi nhiệt luyện trục răng phải được nắn thẳng trên máy ép. Trước khi nắn thẳng cần làm sạch lỗ tâm. Độ đảo của cổ trục nằm gần vành răng sau khi nắn thẳng phải nhỏ hơn 0,025 mm, còn độ đảo của cổ trục thứ hai phải nhỏ hơn 0,04 mm. Đối với các bánh răng trong máy bay thì việc nắn thẳng không cho phép. Các trục răng có chiều dài lớn hơn 300 mm nên được nhiệt luyện trong đồ gá.

Các cổ trục và mặt đầu của trục răng nên được mài đồng thời trên

máy mài tròn ngoài. Phương pháp này cho phép nâng cao năng suất và độ chính xác gia công. Lượng dư nhỏ nhất của mặt đầu khi mài là $0,05 \div 0,10$ mm.

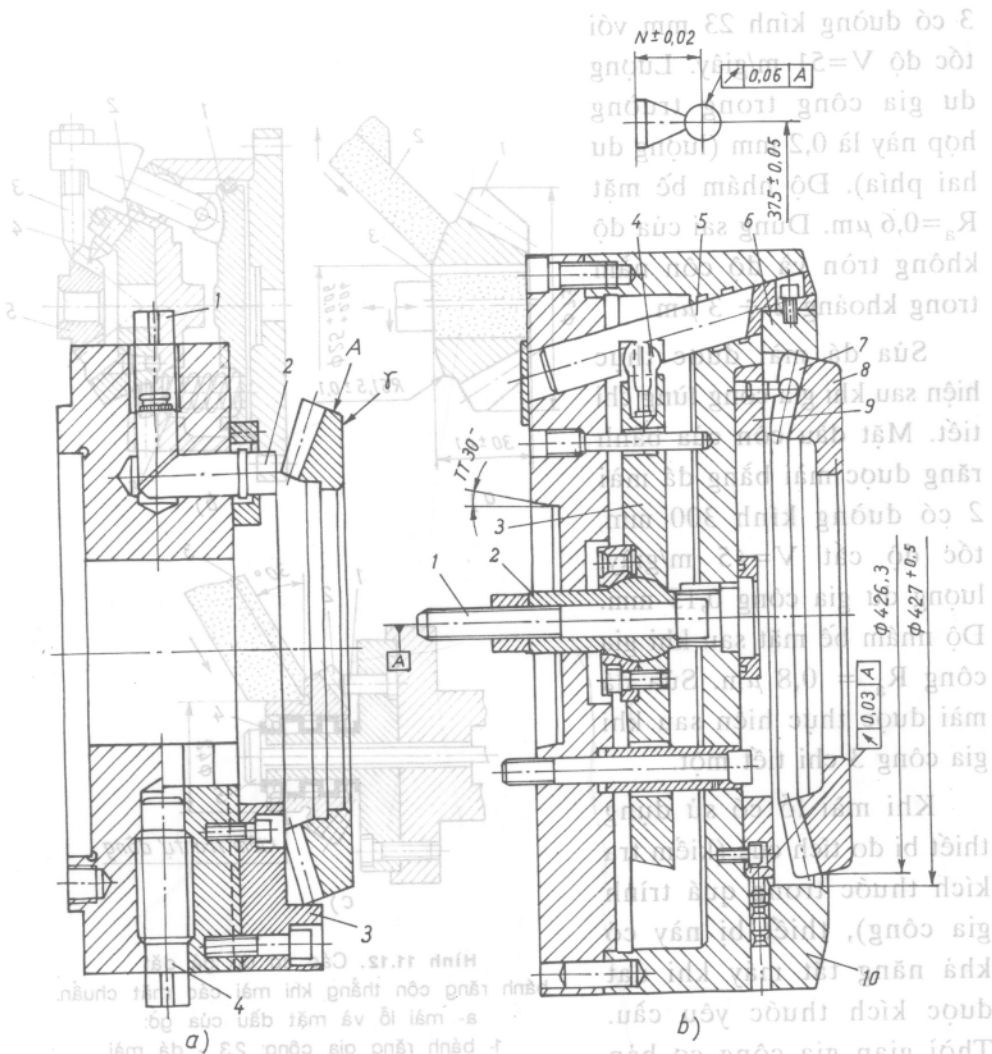
Đồ gá để mặt các mặt chuẩn của bánh răng dạng đĩa và bánh răng có gờ rất đa dạng và chúng phụ thuộc vào kích thước, hình dáng và sản lượng của bánh răng.

Trong sản xuất hàng loạt nhỏ không nên dùng đồ gá chuyên dùng để mài lỗ. Trong trường hợp này nên gia công chính xác mặt đầu và cổ trục để gá đặt bánh răng khi mài lỗ. Về nguyên tắc các bề mặt này phải nằm gần vành răng để đảm bảo vị trí chính xác của răng. Khi các mặt chuẩn nằm gần vành răng thì tất cả các loại biến dạng trên răng đều có ảnh hưởng như nhau đến các mặt chuẩn định vị. Ở bánh răng côn dạng đĩa (hình 11.11a) chuẩn định vị thường là các bề mặt A và T. Độ đảo của bề mặt T (ở gần đường kính ngoài cùng) sau khi nhiệt luyện phải nhỏ hơn $0,08$ mm, còn độ đảo của bề mặt A nằm trong khoảng $0,03 \div 0,05$ mm. Độ ôvan của lỗ phải nhỏ hơn $0,08$ mm.

Mài lỗ chuẩn ở bánh răng côn dạng đĩa (hình 11.11a) được thực hiện trên mâm cặp 4 chấu. Mặt T được rà gá bằng chấu điều chỉnh 2 khi quay vít 1, còn mặt A được rà gá bằng chấu điều chỉnh và kẹp chặt 3 khi quay vít 4. Nếu sau khi nhiệt luyện lỗ có biến dạng không lớn ($< 0,05$ mm) thì có thể dùng nó để rà gá bánh răng theo phương hướng kính trước khi mài lỗ.

Hình 11.11b là đồ gá mài lỗ ở hai bánh răng côn cong Hypoid:
1) $Z_2=41$, $m_{tc}=10,81$ mm, đường kính chốt định vị dạng cầu 7 là 17 mm.
2) $Z_2=38$; $m_{tc}=11,2$ mm, đường kính chốt định vị dạng cầu 7 là 19 mm.

Khi chuyển đổi tọng gia công (từ chi tiết này sang chi tiết khác) chỉ cần thay đĩa định vị 9 và chốt định vị dạng cầu 7. Bánh răng gia công 8 được định tâm theo côn chia bằng ba chốt định vị dạng cầu 7, còn kẹp chặt được thực hiện bằng ba chấu kẹp 6 của mâm cặp khí nén có lực kẹp tối đa là $6 \cdot 10^4$ N (lực kẹp cần thiết để mài lỗ là $4 \cdot 10^4$ N). Cán của mâm cặp được nối với đòn rút 1, thông qua bạc hình cầu 2, đĩa 3, chốt 4 làm dịch chuyển thanh trượt 5 với chấu kẹp 6. Khi gá đặt, bánh răng gia công lúc đầu được định tâm theo lỗ của thân đồ gá 10, sau đó vị trí chính xác của bánh răng được xác định bằng ba chốt định vị 7.



Hình 11.11. Các sơ đồ gá đặt bánh răng côn trên đồ gá

- a- gá bánh răng côn thường; 1- vít; 2- chấu điều chỉnh; 3- chấu điều chỉnh và kẹp chặt.
 b- gá bánh răng côn cong Hypoid: 1- đòn rút; 2- bạc hình cầu; 3- đĩa; 4- chốt;
 5- thanh trượt; 6- chấu kẹp; 7- chốt định vị dạng cầu; 8- bánh răng gia công;
 9- đĩa định vị; 10- thân đồ gá.

Hình 11.12 là các sơ đồ gá đặt bánh răng côn thẳng trên đồ gá khi mài các mặt chuẩn sau nhiệt luyện trên máy mài tròn trong. Mài lỗ và mặt đầu cong của bánh răng về tinh I được thực hiện trên máy mài tự động bằng hai đá mài (hình 11.12a). Trong đồ gá bánh răng I được định vị trên ba chốt hình cầu ở ba rãnh răng cách nhau 120° , còn kẹp chặt được thực hiện tại ba điểm trên mặt côn phụ. Lỗ bánh răng được mài bằng đá mài

Technical drawings of a mechanical assembly, showing three views: a) side view, b) front view, and c) top view. The drawings include dimensions and labels for components.

View a) Side View:

- Component 1: Main body.
- Component 2: Inclined plate.
- Component 3: Central shaft/rod.
- Dimensions: $\phi 73$ (outer diameter), $30 \pm 0,1$ (length), $R61,5 \pm 0,1$ (radius), $\phi 25 \pm 0,04$ (inner diameter).

View b) Front View:

- Component 1: Main body.
- Component 2: Inclined plate.
- Component 3: Central shaft/rod.
- Component 4: Nut/bushing.
- Component 5: Washer.
- Component 6: Spring.

View c) Top View:

- Component 1: Main body.
- Component 2: Inclined plate.
- Component 3: Central shaft/rod.
- Component 4: Nut/bushing.
- Component 5: Washer.
- Angle: 30° .
- Dimension: $\phi 42$ (outer diameter).
- Note: *kiểm tra tự động* (automatic inspection).

Hình 11.12. Các sơ đồ gá đặt
răng côn thẳng khi mài các mặt chuẩn.

a- mài lổ và mặt dầu của gờ:
1- bánh răng gia công; 2,3 - đá mài.

b- mài lổ và mặt dầu của gờ:
1- pittông; 2- đĩa; 3- chấu kẹp; 4- định vị;
5- bánh răng có gờ; 6- lò xo.

c- mài mặt dầu và gờ:
1- chốt định vị; 2- bánh răng gia công;
3- đá mài; 4- ống kẹp đàn hồi; 5- đòn rút.

Hình 11.12b là đồ gá mài lỗ và mặt đầu của gò của bánh răng 5 có đường kính $22 \div 380$ mm. Định vị bánh răng được thực hiện bằng ba chốt

định vị 4, còn kẹp chặt - bằng ba chấu kẹp 3. Khi pittông 1 dịch chuyển về phía bên phải, các chấu kẹp 3 nói lòng phôi (bánh răng). Dưới tác dụng của lò xo 6, pittông 1 dịch chuyển về bên trái, các chấu kẹp 3 thực hiện việc kẹp chặt phôi. Đồ gá này được dùng trong sản xuất hàng loạt nhỏ và hàng loạt lớn. Khi cần gia công loạt phôi bánh răng khác, trong đồ gá chỉ cần thay đổi hai chi tiết: đĩa 2 và các chốt định vị 4 hoặc đôi khi thay đổi cả ba chấu kẹp 3, còn các chi tiết khác của đồ gá giữ nguyên.

Hình 11.12c là đồ gá mài mặt đầu và gờ của bánh răng 2 cùng lúc bằng đá mài 3. Định vị bánh răng được thực hiện bằng ba chốt định vị 1, còn kẹp chặt - bằng ống kẹp đàn hồi 4 khi đòn rút 5 dịch chuyển về bên trái. Đường kính ngoài của gờ được kiểm tra từng quá trình mài bằng thiết bị kiểm tra tích cực.

Gần đây, để mài lỗ bánh răng côn thẳng và côn cong dạng đĩa sau nhiệt luyện người ta sử dụng máy mài tròn trong có trục gá phôi thẳng đứng (hình 11.13).

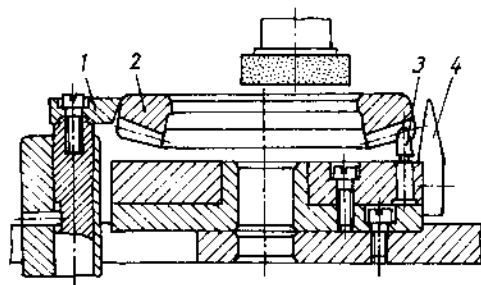
Bánh răng gia công 2 được định vị trên các chốt định vị 3 còn kẹp chặt được thực hiện bằng ba chấu kẹp 1. Năng suất của máy mài này (máy mài của Mỹ) đạt 135 chi tiết trong 1 giờ. Đường kính của lỗ gia công $138,10 \div 138,12$ mm, chiều dài lỗ 12,7 mm, lượng dư hai phía (lượng dư đường kính) 0,38 mm. Độ nhám bề mặt sau khi gia công $R_a=0,5$ μ m.

Định vị bánh răng có thể được thực hiện trên ba hoặc năm chốt định vị 3. Trong trường hợp định vị bánh răng trên ba chốt cần phải dùng miếng định hướng 4 để định vị sơ bộ bánh răng.

Để tăng thời gian làm việc của các chốt định vị, đầu của chúng được chế tạo từ hợp kim cứng hoặc được phủ lớp vonfram để đạt độ cứng HRC 65-68.

11.11. CHẾ ĐỘ CẮT

Chế độ cắt phải đảm bảo năng suất và chất lượng yêu cầu với tuổi bền tối ưu của dụng cắt. Khi cắt tất cả các loại răng thì



Hình 11.13. Sơ đồ mài lỗ bánh răng côn cong Hypoid trên máy mài lỗ có trục gá phôi thẳng đứng
1- chấu kẹp; 2- bánh răng gia công;
3- chốt định vị; 4- miếng định hướng.

tốc độ cắt không ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất của máy. Chế độ cắt phải được xác định sao cho vật liệu của bánh răng có tính cắt gọt cao, máy và trang bị công nghệ có độ cứng vững và độ chính xác theo yêu cầu. Những thông số cần phải tính đến khi xác định chế độ cắt là:

- Môđun của bánh răng gia công.
- Bề rộng vành răng.
- Độ cứng của vật liệu bánh răng.
- Vật liệu và kết cấu của dụng cụ cắt.

Tốc độ cắt V (m/phút) khi bào răng được xác định theo công thức:

$$V = \frac{2L.n}{1000} \tag{11.2}$$

Ở đây: n - số hành trình kép của dao (hành trình kép/phút);

L - chiều dài hành trình làm việc của dao (mm).

Chiều dài $L = b + (5+10)\text{mm}$ (ở đây, b là bề rộng vành răng).

Chế độ cắt khi bào răng có thể được xác định bằng hai phương pháp:

- Phương pháp tính toán.
- Xác định theo bảng.

Dưới đây ta nghiên cứu phương pháp tính toán.

1. Cắt thô răng bằng phương pháp ăn dao từng lớp.

Các thông số của bánh răng như sau: $z=60$; $m_{te}=5\text{ mm}$, $b = 40\text{ mm}$; $h=10,94\text{m}$, vật liệu: thép 18XIT, độ cứng $HB=180$.

Cắt răng được thực hiện bằng hai dao hình thang.

Số hành trình kép của dao:

$$n = \frac{1000V}{2L} = \frac{1000.12}{2(40 + 8)} = 125 \text{ hành trình kép/phút}$$

Ở đây $V = 12\text{ m/phút}$ (chọn theo bảng 11.3).

Bảng 11.3. Tốc độ cắt V (m/phút) khi bào thô và bào tinh răng

Vật liệu gia công	Độ cứng HB	Dao		
		Hình thang	Định hình	Tiêu chuẩn
		Khi bào răng		
		Thô	Thô	Tinh
18XIT	170-223	12-15	15-18	13-15
35XM	223-269	9-12	12-15	11-13
40XHM	269-321	6-9	9-12	9-11

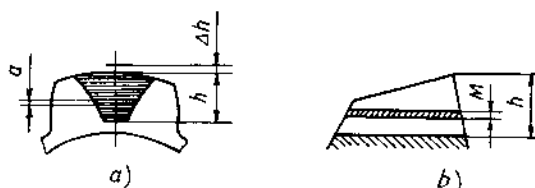
- Số hành trình kép cần thiết để cắt toàn bộ chiều cao răng (hình 11.14a):

$$n' = \frac{h + \Delta h}{a} = \frac{10,94 + 2,06}{0,12} = 108 \text{ hành trình kép}$$

Ở đây: h- chiều cao răng (h=10,94 mm);

Δh - khe hở cần thiết để phân độ bánh răng ($\Delta h = 2,06$ mm);

a- chiều dày lớp cắt (bảng 11.4).



Hình 11.14. Các sơ đồ cắt của dao
a- cắt thô; b- cắt tinh.

Bảng 11.4. Chiều dày lớp cắt a (mm) khi cắt thô bằng dao hình thang

Môđun (mm)	Độ cứng vật liệu gia công HB			Môđun (mm)	Độ cứng vật liệu gia công HB		
	170-223	223-269	269-321		170-223	223-269	269-321
1-2	0,102	0,076	0,064	5-7	0,127	0,102	0,089
2,5-4	0,114	0,090	0,076	8-20	0,152	0,127	0,102

- Tổng số hành trình kép của dao cần thiết để cắt một răng

$$n'' = n \frac{360^\circ}{293^\circ} = 108 \frac{360^\circ}{293^\circ} = 132 \text{ hành trình kép}$$

Ở đây: 293° - góc quay của đường chéo hình chạy dao (máy 429 của hãng Glinson của Mỹ) khi cắt thô răng. Với góc $360^\circ - 293^\circ = 57^\circ$ đường chéo hình quay khi đi vào, khi đi ra và khi phân độ bánh răng. Góc này phụ thuộc vào kết cấu của đường chéo hình của máy.

- Thời gian gia công một răng t_z :

$$t_z = \frac{n''60}{n} = \frac{132.60}{125} = 63 \text{ giây}$$

Thời gian gia công một răng t_z có thể được xác định theo bảng 11.5.

Bảng 11.5. Thời gian gia công một răng t_z (giây) khi bào răng thô bằng các loại dao hình thang và dao định hình trên các máy bào răng của Nga và Mỹ

Vật liệu gia công	Độ cứng HB	Số hành trình kép trong 1 phút	Chiều dài răng (mm)	Môđun (mm)								
				1,5	2,0	2,5	2,75	3	3,5	4	5	6
Thép 18XI-T 20HM	156-207	405	15	7,7	9,0	10	11,9	13,6	15,5	-	-	-
		293	20	9,0	10,0	11,9	13,6	15,5	15,5	18,8	-	-
		256	25	-	-	-	15,5	18,8	22	22	24,5	32,2
		224	30	-	-	-	-	22	14,5	24,5	29	42
		196	40	-	-	-	-	-	29	29	42	42
		171	45	-	-	-	-	-	-	42	50	50
		142	50	-	-	-	-	-	-	-	60	60
		123	65	-	-	-	-	-	-	-	-	72
Thép 35XM	230-286	293	15	13,6	15,5	15,5	18,8	22	24,5	-	-	-
		224	20	18,8	22	22	24,5	29	32,5	42	-	-
		171	25	-	-	-	32,2	42	42	50	50	-
		142	30	-	-	-	-	42	50	60	60	72
		123	40	-	-	-	-	-	50	60	72	85
		101	45	-	-	-	-	-	-	85	85	105
		82	50	-	-	-	-	-	-	-	105	131
		64	65	-	-	-	-	-	-	-	-	131
Gang xám	-	405	15	7,7	7,7	7,7	10	11,9	-	-	-	-
		293	20	7,7	9	10	11,9	13,6	15,5	18,8	-	-
		224	25	-	-	-	13,6	15,5	18,8	22	24,5	29
		196	30	-	-	-	-	18,8	22	24,5	29	32,2
		171	40	-	-	-	-	-	24,5	29	32,2	42
		142	45	-	-	-	-	-	-	29	32,2	42
		123	50	-	-	-	-	-	-	-	42	50
		101	65	-	-	-	-	-	-	-	-	60

Thời gian gia công cơ bản t_o :

$$t_o = \frac{Z \cdot t_z}{60} = \frac{20 \cdot 63}{60} = 21 \text{ phút}$$

2. Cấu trúc răng bằng hai dao theo phương pháp bao hình. Chế độ cắt cũng được xác định tương tự như chế độ cắt thô.

Số hành trình kép của các dao:

$$n = \frac{1000V}{2L} = \frac{1000 \cdot 14}{2(40+8)} = 145 \text{ hành trình kép}$$

Tốc độ cắt V được xác định theo bảng 11.3.

- Số hành trình kép của các dao n' cần thiết để cắt prophin một răng (hình 11.14b):

$$n' = \frac{h}{M} = \frac{10,94}{0,30} = 36 \text{ hành trình kép}$$

Ở đây: M - bề rộng của lớp cắt của một dao (bảng 11.6).

Bảng 11.6. Bề rộng của lớp cắt M (mm) của một dao khi cắt tinh bánh răng côn thẳng bằng phương pháp bao hình trên các máy của Nga và Mỹ

Môđun (mm)	Độ cứng vật liệu gia công HB			Môđun (mm)	Độ cứng vật liệu gia công HB		
	170-223	223-269	269-321		170-223	223-269	269-321
1	0,152	0,127	0,10	8	0,38	0,33	0,305
2	0,178	0,127	0,10	10	0,406	0,355	0,33
3	0,203	0,152	0,127	12	0,43	0,406	0,355
4	0,230	0,178	0,152	14	0,46	0,42	0,406
5	0,305	0,254	0,23	16	0,50	0,46	0,43
6	0,305	0,254	0,23	20	0,533	0,48	0,46
7	0,355	0,305	0,28				

- Tổng số hành trình kép của các dao cần thiết để gia công một răng:

$$n'' = n' \cdot \frac{360}{220} \cdot \frac{5}{4} = 36 \frac{350}{220} \cdot \frac{5}{4} = 73 \text{ hành trình kép}$$

Ở đây: 220° - góc quay của đường chếp hình (máy 429 của hãng Glison của Mỹ) khi cắt tinh răng. Với góc $360^\circ - 220^\circ = 140^\circ$, đường chếp hình quay khi đi vào, khi đi ra và khi phân độ bánh răng. Hệ số $5/4$ tính đến thời gian phụ khi giá dao quay đảo chiều.

- Thời gian gia công một răng t_z :

$$t_z = \frac{n'' \cdot 60}{n} = \frac{73 \cdot 60}{145} = 30 \text{ giây}$$

Thời gian gia công một răng t_z có thể được xác định theo bảng 11.7.

- Thời gian gia công cơ bản t_o :

$$t_o = \frac{Z \cdot t_z}{60} = \frac{20 \cdot 30}{60} = 10 \text{ phút}$$

Lượng dư để cắt tinh bánh răng côn thẳng phụ thuộc vào môđun như sau:

Môđun (mm)	2-3	3-6	6-10	10-12	12-16
Lượng dư (mm)	0,6	1,0	1,2	1,3	1,5

Bảng 11.7. Thời gian gia công một răng t_z (giây) khi cắt tinh răng côn thẳng bằng phương pháp bào hình trên các máy bào răng của Nga và Mỹ

Vật liệu bánh răng gia công	Độ cứng HB	Số hành trình kép trong 1 phút	Chiều dài bánh răng (mm)	Môđun (mm)										
				1,5	2,0	2,5	2,75	3	3,5	4	5	6	7	8
18XIT 20HM	156-207	352	15	7,7	7,7	7,7	9	10	11,9	-	-	-	-	-
		293	20	9	9	9	10	11,9	13,6	13,6	-	-	-	-
		253	25	-	-	-	11,9	13,6	15,5	15,5	18,8	-	-	-
		224	30	-	-	-	-	15,5	15,5	18,5	22	22	-	-
		196	40	-	-	-	-	-	18,8	22	22	24,5	29	32,2
		171	45	-	-	-	-	-	-	24,5	24,5	29	32,3	42
		142	50	-	-	-	-	-	-	-	32,2	32,2	42	42
		123	65	-	-	-	-	-	-	-	-	42	50	50
		101	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	60
35XM	230-286	293	15	9	9	9	10	11,9	13,6	-	-	-	-	-
		224	20	11,9	11,9	11,9	13,6	15,5	15,5	18,8	-	-	-	-
		171	25	-	-	-	18,8	22	22	24,5	24,5	-	-	-
		142	30	-	-	-	-	24,5	24,5	29	32,2	32,2	-	-
		123	40	-	-	-	-	-	29	32,2	42	42	50	50
		101	45	-	-	-	-	-	-	42	42	50	60	60
		82	50	-	-	-	-	-	-	-	50	60	72	72
		64	65	-	-	-	-	-	-	-	-	72	85	105
		64	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	131
Gang xám	-	405	15	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	-	-	-	-	-
		293	20	7,7	7,7	7,7	9	9	10	11,9	-	-	-	-
		224	25	-	-	-	11,9	11,9	13,6	13,6	15,5	-	-	-
		196	30	-	-	-	-	13,6	15,5	15,5	18,8	22	-	-
		171	40	-	-	-	-	-	16,8	18,8	22	22	24,5	29
		142	45	-	-	-	-	-	-	22	24,5	29	29	32,2
		123	50	-	-	-	-	-	-	-	29	32,2	42	42
		101	65	-	-	-	-	-	-	-	-	42	42	50
		82	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	60

11.12. MÀI RĂNG

Mài răng cho phép tăng độ chính xác của bánh răng côn thẳng theo các thông số như sau:

- Hiệu số của các bước vòng cạnh nhau trong khoảng $5 \div 12 \mu\text{m}$
- Sai số tích lũy bước vòng trong khoảng $12 \div 18\mu\text{m}$.
- Sai lệch phương của răng trong khoảng $8 \div 12\mu\text{m}$.
- Độ đảo vành răng trong khoảng $15 \div 20\mu$.

Mài răng côn được thực hiện trên các loại máy khác nhau (bảng 11.8).

Bảng 11.8. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng côn thẳng của các nước

Thông số của máy và của bánh răng gia công	5870 (Nga)	5870 (Nga)	N ^o 105 (Mỹ)	KS-42 (Thụy Sĩ)	60-TS (Đức)
Số răng gia công	≤ 200	12-100	đến 175	-	-
Chiều cao răng lớn nhất (mm)	100	40	93	120	-
Modun bánh răng (mm)	8	1,5-6	0,5-8,5	2,5-8,0	2-10
Chiều dài đường sinh của côn thẳng xuất (mm)	20-175	40-100	19-106	28-212	54-200
Góc gá mâm kẹp phôi	4-90	21-90	9-90	7-90	5-90
Tỷ số truyền khi góc giữa các tâm 90°	1:1; 2:1; 10:1	4:1	1:1; 6:1	8:1	1:1; 10:1
Đường kính vòng chia (mm) khi góc giữa các tâm 90° và tỷ số truyền					
1:1	250	140	152	300	50-259
2:1	300	180	-	-	-
4:1	-	200	-	-	-
6:1	-	-	216	-	-
8:1	-	-	-	420	-
10:1	350	-	-	-	24-368
Chiều cao răng lớn nhất (mm)	100	40	93	120	-
Số răng gia công	≤ 200	12-100	đến 175	-	-
Khoảng cách A từ mặt đầu trục chính tới tâm máy (mm)	60-360	70-265	32-229	-	100-470
Đường kính ngoài của lỗ côn (mm)	100	100	329	-	-
Độ côn	1:20	1:20	39	-	-
Chiều dài côn (mm)	150	150	152,4	-	-
Đường kính lỗ trục chính	78	60	62	-	89
Thời gian gia công 1 răng (giây)	-	-	1,6-3,5	-	-
Đường kính đá mài (mm)	250	250	267	220	-
Tốc độ đá mài (m/giây)	25-52	33	17,5-25	21,4-26,7	-

Các sai số xuất hiện khi mài răng phụ thuộc vào nhiều nguyên nhân khác nhau.

1. Hiệu số bước vòng. Các nguyên nhân gây ra sai số này là: độ chính xác thấp của khâu cuối cùng trong xích chia độ; độ chính xác thấp của tất cả các khâu trong xích truyền động; đá mài không chính xác; độ rung của nền xưởng.

2. Sai số tích lũy bước vòng. Nguyên nhân sai số tích lũy bước vòng của khâu cuối cùng trong xích phân độ của máy; độ đào mặt đầu của phôi quá lớn; sai số tích lũy bước vòng của bánh răng trước khi mài.

3. Sai số prophin của răng. Nguyên nhân: điều chỉnh chạc bao hình không chính xác; sửa đá mài không chính xác; cấu trúc của đá mài không đồng nhất; gá phôi không chính xác.

4. Sai lệch phương của răng. Nguyên nhân: điều chỉnh góc côn của máy không chính xác; gá phôi không chính xác; khe hở ở các cơ cấu dẫn hướng quá lớn.

5. Độ đảo vành răng. Nguyên nhân: độ đảo của trục chính và của trục gá; biến dạng của phôi khi mài; độ đảo hướng kính của phôi.

11.13. NGHIỀN RĂNG

Nghiền răng cho phép giảm độ nhám mặt răng, tăng diện tích vết tiếp xúc, giảm sai số ăn khớp của các bánh răng.

Nghiền răng được sử dụng trong sản xuất hàng loạt nhỏ và sản xuất hàng khối.

Nghiền răng được thực hiện trên các máy nghiền răng chuyên dùng (bảng 11.9).

Bảng 11.9. Đặc tính kỹ thuật của máy nghiền răng côn thường và răng côn hypoid

Đặc tính kỹ thuật		SKL (Thủy Sĩ)	Mỹ					Đức	
			N ^o 17	N ^o 503	N ^o 516	N ^o 520	N ^o 504	LKR 90	LKR 630
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	500	410	407	266	609	762	914	540	630
Khoảng cách từ mặt đầu của trục chủ động đến trục thụ động (mm)	150-300	145-265	159-267	152-228	-	-	-	95-325	-
Khoảng cách từ mặt đầu của trục thụ động đến trục chủ động (mm)	145-250	146-240	155-273	114-178	-	-	-	130-300	-
Dịch chuyển hypoid lớn nhất của bánh răng thụ động:									
lên phía trên (mm)	75	65	76	95	152	152	190	-	100
xuống phía dưới	75	75	76	95	152	152	190	-	100
Tốc độ quay của trục chính chủ động (v/phút)	1365	1200	1200	1500	1500	1500	450/900	497/994	-
Đường kính lớn nhất của lỗ côn trục chính (mm)	1100	99,219	99,219	99,219	99,219	99,219	-	90-80	-
Chiều sâu lỗ côn (mm)	152	140	152	76	76	76	73	100-130	-
Đường kính lỗ trục của trục chính (mm)	80	90	52	63	-	-	-	-	-
Đường kính lớn nhất của trục chính (trục thụ động) (mm)	63,34	99,219	58,34	58,34	-	-	-	60	-
Chiều sâu lỗ côn (mm)	152	140	152	76	-	-	73	164	-
Đường kính lỗ trụ (mm)	52	54	52	55	-	-	-	-	-

Trong quá trình nghiền răng trên máy nghiền răng chuyên dùng, các bánh răng thực hiện các chuyển động sau: chuyển động quay ăn khớp của hai bánh răng với tốc độ $10 \div 12$ m/phút, chuyển động lắc của bánh răng thụ động theo tiếp tuyến với côn chia của bánh răng chủ động, theo phương hướng kính và theo phương dọc trục của bánh răng chủ động. Tổng hợp các chuyển động đó cho phép nghiền hết mặt răng.

Khi nghiền cần bôi bột nghiền lên răng gia công.

Độ chính xác lắp ráp của bộ truyền bánh răng nghiền được xác định theo hình dáng và vị trí của vết tiếp xúc trên mặt răng.

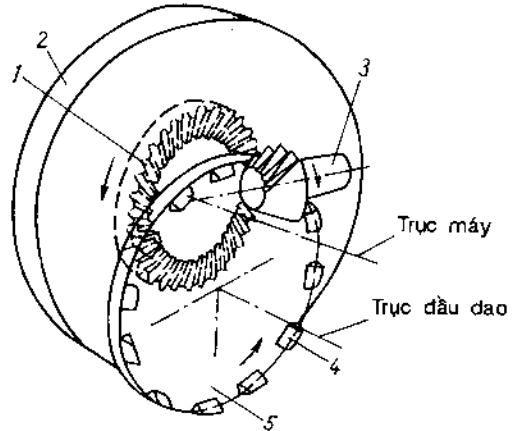
CHƯƠNG 12

CẮT RĂNG CÔN CON

12.1. NGUYÊN LÝ HÌNH THÀNH MẶT RĂNG

Mặt răng côn con được hình thành bằng chuyển động bao hình của bánh răng gia công và bánh dẹt sinh (đầu dao được lắp trên bánh dẹt sinh). Trong quá trình cắt, các lưỡi cắt thẳng của các dao 4 thuộc đầu dao tạo ra răng tương tự của bánh dẹt sinh 1 (hình 12.1a), còn phôi 3 quay đồng bộ với giá dao 2 của máy mà trên đó có lắp đầu dao.

Khi đầu dao 5 và bánh răng gia công (phôi) 3 quay bao hình với nhau thì các dao của đầu dao cắt prophin răng.



Hình 12.1. Sơ đồ cắt răng côn con
1- bánh dẹt sinh; 2- giá dao; 3- phôi;
4- dao; 5- đầu dao.

12.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP CẮT RĂNG

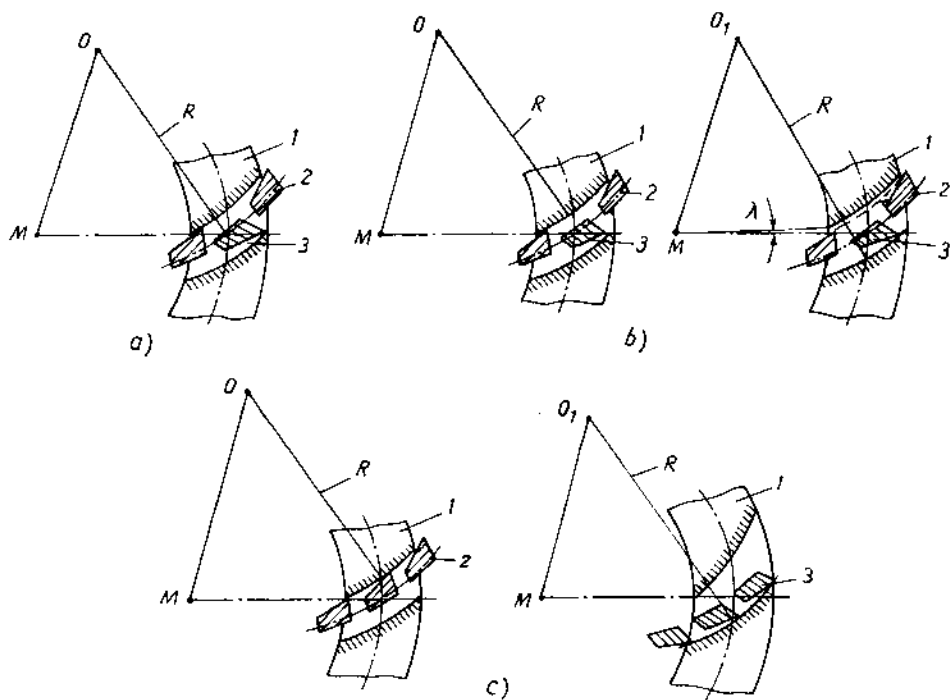
12.2.1. Cắt hai phía

Theo phương pháp này thì cả hai phía của rãnh răng (phía lõi và phía lõm) được cắt đồng thời bằng đầu dao hai phía (hình 12.1a). Bề rộng của đáy rãnh răng được xác định bằng bề rộng mở ra của các dao ngoài 3 và các dao trong 2. Phương pháp cắt hai phía được dùng rộng rãi để cắt răng bằng các phương pháp bao hình chỉ và định hình trong sản xuất hàng loạt và hàng khối để đạt cấp chính xác $6 \div 8$.

12.2.2. Cắt một phía

Theo phương pháp này thì mỗi phía của rãnh răng được cắt riêng biệt bằng đầu dao hai phía (hình 12.2b) mà độ mở của các dao ngoài 3 và các

dao trong 2 nhỏ hơn bề rộng của rãnh răng. Sau khi cắt xong một phía của rãnh răng, phôi 3 được quay đi một góc λ xung quanh trục của nó để cắt phía đối diện của rãnh răng. Đối với mỗi phía của rãnh răng cần có điều chỉnh máy riêng. Năng suất gia công của phương pháp này không cao, còn độ chính xác chỉ đạt cấp 8 ÷ 9. Phương pháp được dùng để cắt răng có chiều dài lớn trong sản xuất hàng loạt nhỏ.



Hình 12.2. Các phương pháp cắt răng

a- cắt hai phía; b- cắt một phía; c- góc cố định; M- tâm máy;

O và O₁- tâm đầu dao; R- bán kính vị trí của dao; 1- phôi; 2- dao trong; 3- dao ngoài.

Khi cắt răng bằng phương pháp này thì khoảng mở của các dao (của đầu dao hai phía) được chế tạo nhỏ hơn bề rộng của đáy rãnh răng 0,25 mm để khi cắt xong một phía của rãnh răng chỉ cần quay phôi đi một góc λ là đủ mà không cần điều chỉnh lại máy.

Phương pháp cắt một phía cũng được sử dụng để cắt răng trong hai nguyên công. Ở nguyên công thứ nhất bằng đầu dao hai phía cắt toàn bộ rãnh răng và cắt tinh một phía nào đó của răng (phía lồi hoặc phía lõm), còn ở nguyên công thứ hai tiến hành cắt phía còn lại bằng đầu dao một

phía. Khi dùng phương pháp cắt một phía để cắt răng của cả hai bánh lớn và nhỏ thì nó được gọi là cắt một phía dúp.

12.2.3. Phương pháp gá cố định

Theo phương pháp này thì cả hai phía của bánh răng *I* (hình 12.2c) được cắt theo phương pháp bao hình bằng các đầu dao một phía riêng biệt: phía lớn được cắt bằng đầu dao có các dao ngoài 3, còn phía lõi được cắt bằng đầu dao có các dao trong 2. Quá trình cắt được tiến hành theo rãnh đã được cắt sơ bộ. Mỗi phía của răng được cắt với cách điều chỉnh máy riêng. Bề rộng của rãnh răng được kiểm tra bằng đồ gá chuyên dùng để phân chia lượng dư gia công. Phương pháp này được dùng chủ yếu để cắt các bánh răng nhỏ, khi cần đạt chất lượng cao (cấp chính xác $6 \div 8$).

Trong sản xuất hàng khối mỗi phía của răng được cắt trên một máy riêng biệt, còn trong sản xuất hàng loạt - trên cùng một máy với các điều chỉnh khác nhau.

12.3. CẮT THÔ RĂNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TIẾN DAO DỌC TRỰC VÀ PHƯƠNG PHÁP BAO HÌNH

Cắt thô răng côn cong thường và côn cong Hypoid được thực hiện bằng hai phương pháp:

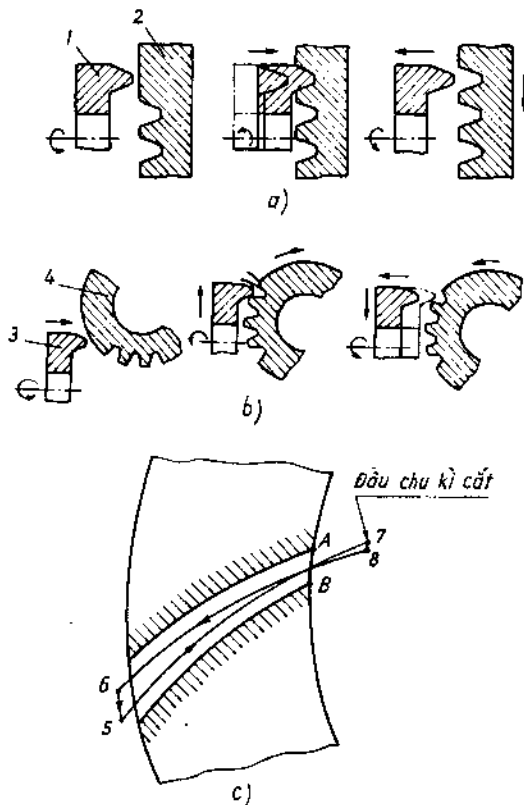
- Phương pháp tiến dao dọc trục (dọc trục của dao).
- Phương pháp bao hình.

Khi cắt bằng phương pháp tiến dao dọc trục, bánh răng gia công 2 (hình 12.3a) đứng yên, còn đầu dao *I* quay và dịch chuyển dọc theo trục của nó. Trong một số loại máy, dao chỉ thực hiện chuyển động quay, còn bánh răng gia công thực hiện tiến dao theo hướng trục dao. Đầu dao để cắt răng theo phương pháp tiến dao dọc có hai loại: đầu dao hai phía và đầu dao ba phía. Các đầu dao này cắt đồng thời hai phía của răng, cho nên các dao của đầu dao chếp lại prophin của rãnh răng. Sau khi cắt xong một rãnh răng, đầu dao lùi ra, còn phôi (bánh răng gia công) thực hiện quay phân độ để cắt rãnh tiếp theo.

Tuổi bền của đầu dao ba phía cao hơn tuổi bền của đầu dao hai phía $50 \div 75\%$. Phương pháp tiến dao dọc trục được sử dụng để cắt thô răng của bánh răng có góc côn chia lớn hơn 68° . Chiều quay của đầu dao trùng

với chiều xoắn của răng. Quá trình cắt được thực hiện từ đầu nhỏ của răng tới đầu lớn của răng. Như vậy, lực cắt có xu hướng ấn phôi xuống mặt đầu định vị trên đồ gá.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, cắt thô răng côn cong các loại được thực hiện trên các máy chuyên dùng: 5C262E, 5281 (chế tạo tại Nga), các máy 601, 666, 606, 608 của hãng Glison (Mỹ) và máy ZFKK500x10 của Đức. Các máy này có độ cứng vững cao và xích động học ngắn, do đó cắt thô răng trên các loại máy này cho phép tăng năng suất gia công gấp 2 ÷ 3 lần so với các máy vạn năng thông thường.



Hình 12.3. Các sơ đồ cắt răng côn cong
a- phương pháp tiến dao dọc trục; b- phương pháp bao hình; c- sử dụng cơ cấu bao hình dúp; 1, 3- đầu dao; 2, 4- phôi; 5, 6, 7, 8- các điểm cắt của dao.

Để cho định dao cắt tinh không chạm vào đáy rãnh răng, bước cắt thô phải đạt chiều sâu rãnh răng (chiều cao răng) lớn hơn chiều cao lý thuyết của răng một lượng sau đây:

Môđun vòng ngoài (mm)	<2,5	2,5-10	>10
Tăng chiều cao răng (mm)	0,10	0,15	0,25

Đối với các bánh răng côn cong thường và côn cong Hypoid có tải trọng lớn thì đáy rãnh răng nên được gia công bằng dao cắt tinh. Trong trường hợp này cắt thô được thực hiện ở chiều sâu rãnh răng nhỏ hơn cắt tinh.

Phương pháp bao hình được sử dụng để cắt răng của các bánh răng (bánh lớn và bánh nhỏ) có góc côn chia nhỏ hơn 68° . Quá trình cắt được

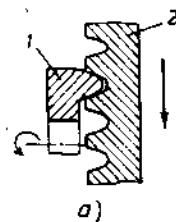
thực hiện bằng các đầu dao hai phía (hình 12.3b). Khi quay bao hình của phôi 4 và đầu dao 3, các dao của đầu dao này có các vị trí nối tiếp nhau để tạo ra prophin răng và độ cong dọc theo răng dưới dạng cung tròn. Cắt răng thường được thực hiện với quỹ đạo lắc của giá dao theo một phương (trên hoặc dưới). Để khử khe hở trong xích động học của máy quỹ đạo lắc của giá dao nên được thực hiện từ dưới lên trên. Ở cuối chu kỳ cắt đầu dao lùi ra xa khỏi phôi, cơ cấu đảo chiều của máy hoạt động để thay đổi chiều quay của giá dao và cơ cấu phân độ của máy thực hiện việc phân độ bánh răng di một răng. Sau đó, đầu dao cùng với giá lắc dịch chuyển nhanh về vị trí ban đầu để tiếp tục cắt răng tiếp theo.

Các máy cắt răng kiểu mới như 5C273 (chế tạo tại Nga), các máy 440, 116, 641, 645, 675 của hãng Glison (Mỹ) và máy ZFTKK500/2V của Đức có cơ cấu bao hình dúp. Cơ cấu này cho phép cắt thô răng của bánh răng nhỏ trong một lần gá khi quỹ đạo lắc của giá dao được thực hiện theo hai chiều lên và xuống. Hình 12.3c là rãnh răng của bánh răng nhỏ có chiều xoắn trái với dạng cơ học tiêu chuẩn. Khi chuyển động bao hình từ dưới lên trên, nhờ tốc độ góc chậm dần của bánh răng và tốc độ góc cố định của giá dao, quá trình cắt được thực hiện từ điểm 8 đến điểm 6 với góc nghiêng của răng nhỏ hơn giá trị tính toán trung bình. Ở cuối chu kỳ chuyển động bao hình giá lắc dao đảo chiều quay và bánh răng thực hiện góc quay bổ sung, sau đó dao nằm ở điểm 7. Khi quỹ đạo của giá lắc dao được thực hiện từ trên xuống dưới quá trình cắt được thực hiện từ điểm 5 đến điểm 7. Bánh răng quay nhanh trong thời điểm này tạo ra góc nghiêng của răng lớn hơn giá trị trung bình. Bề rộng khoảng mở của các dao trên đầu dao phải nhỏ hơn bề rộng của rãnh răng AB ở đầu trong. Nhờ có cơ cấu bao hình dúp mà lượng dư theo chiều dài răng không thay đổi, do đó tuổi bền của dao cắt tăng và chất lượng gia công răng cũng tăng. Thời gian của chu kỳ gia công nhờ cơ cấu bao hình dúp nhỏ hơn thời gian của chu kỳ gia công thông thường nhờ cơ cấu giá lắc dao quay nhanh khi chạy không tải.

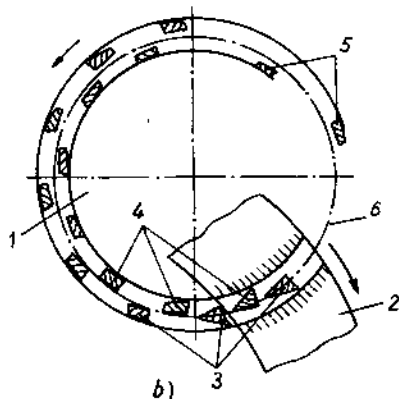
12.4. CẮT TINH RĂNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP: CHÉP HÌNH, BAO HÌNH VÀ TIẾN DAO DỌC TRỰC

Phương pháp chép hình được sử dụng để cắt răng của các bánh răng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối. Phôi 2 (hình 12.4a, b) đứng yên

khi gia công, còn đầu dao chuốt 1 thực hiện chuyển động quay xung quanh trục của nó. Nhờ thay đổi vị trí hướng kính của các dao mà sau một vòng quay rãnh răng của phôi 2 được cắt.



Bán kính luới cắt của các dao ngoài 3 tăng dần, còn của các dao trong 4 giảm dần. Các dao đầu tiên cách nhau rất gần (để cắt) còn các dao hiệu chỉnh 5 ở sau cách nhau xa hơn. Phần độ bánh răng đi một răng được thực hiện trong thời gian phần không có dao 6 của đầu dao đi qua rãnh răng.



Hình 12.4. Cắt răng côn cong bằng phương pháp chếp hình

1- dao; 2- phôi; 3- dao ngoài; 4- dao trong; 5- các dao hiệu chỉnh; 6- phần không có dao của đầu dao chuốt.

Cắt răng bằng phương pháp chếp hình được thực hiện trên các máy chuốt răng chuyên dùng 5C272E, 5281B, 5C261MΠ của Nga, các máy 609, 610 của hãng Glison (Mỹ) và máy ZRKK500x10 của Đức. Các máy này có độ cứng vững cao và xích động học ngắn, do đó năng suất gia công có thể tăng $3 \div 5$ lần so với cắt bằng phương pháp bao hình. Độ chính xác gia công của phương pháp chếp hình tăng $10 \div 20\%$ so với phương pháp bao hình. Tuổi bền của dao cũng tăng lên $2 \div 3$ lần.

Phương pháp bao hình được dùng để cắt tinh răng trên các máy cắt răng vạn năng bằng các đầu dao hai phía và một phía. Đầu dao hai phía thường được dùng để cắt răng của bánh răng lớn đồng thời cả hai phía, còn đầu dao một phía để cắt răng của bánh răng nhỏ riêng biệt từng phía một. Chu kỳ (chu trình) cắt răng bằng phương pháp bao hình được thể hiện trên hình 12.3b.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối cắt tinh răng côn có bề rộng răng $b \geq 38$ mm nên được thực hiện bằng đầu dao có số dao ít được

thiết kế sao cho khi cắt luôn luôn chỉ có một dao tham gia (dao trong hoặc dao ngoài).

Trong trường hợp này số dao K của đầu dao được xác định theo công thức:

$$K = \frac{\pi d \cos \beta_m}{b} \quad (12.1)$$

Ở đây: d- đường kính của đầu dao (mm);

β_m - góc xoắn trung bình của răng gia công (độ).

Đầu dao mà khi cắt chỉ có một dao tham gia (khi dao ăn vào rãnh răng) cho phép nâng cao độ chính xác gia công và giảm độ nhám mặt răng) tuy nhiên, tuổi bền của nó giảm 10 ÷ 15% so với tuổi bền của đầu dao có số răng nhiều.

Các máy cắt răng theo phương pháp bao hình có hai loại: loại có trục dao nghiêng và loại có trục dao không nghiêng.

Các máy 5Π23A, 5C26B, 5C263, 527B, 5C273 (của Nga), các máy 440 (106), 116, 613, 614, 641, 645 của hãng Glison (Mỹ) và các máy ZFTKK250/1 và ZFTKK500/2 của Đức có trục dao nghiêng. Các máy này có khả năng công nghệ rất rộng rãi và cho phép sử dụng một số chủng loại đầu dao.

Các máy cắt răng 5C280Π, 527B, 5C27Π, 5M27B (của Nga) và các máy 116, 641, 645, 650, 655 của hãng Glison (Mỹ) được trang bị cơ cấu bao hình cải tiến, nó có thể thay đổi tốc độ bao hình của giá dao trong khi vẫn giữ cố định tốc độ quay của phôi. Tốc độ quay chậm của giá dao ở lúc cắt ban đầu và quay nhanh ở lúc cuối hoặc ngược lại cho phép cắt lượng dư lớn ở một đầu răng và cắt lượng dư nhỏ ở đầu khác của răng. Lượng dư cắt tinh răng côn cong các loại (thường và Hypoid) được chọn như sau:

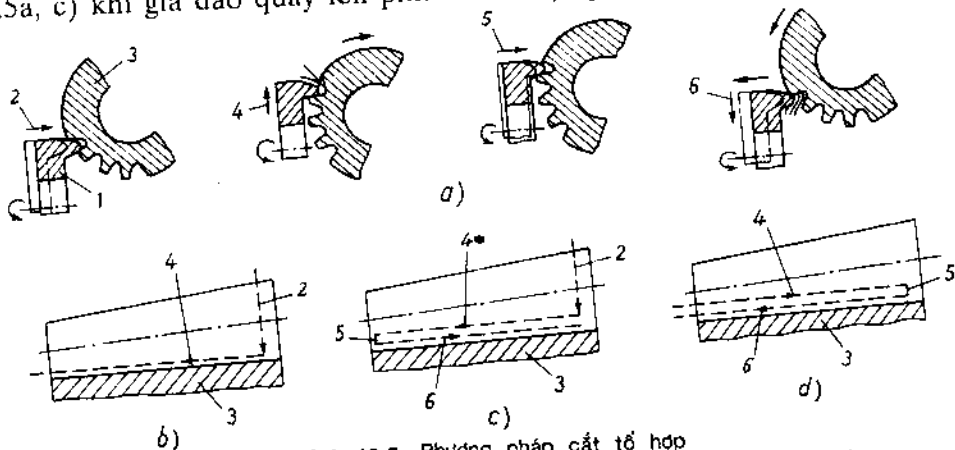
Môđun vòng ngoài (mm)	2-3	3-5	5-7	7-10	10-12	12-16
Lượng dư (mm)	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4

Phương pháp tiến dao dọc trục được dùng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ trên các máy 641, 645, 650 và 655 của hãng Glison (Mỹ). Chiều quay của đầu dao trên các máy này trùng với chiều xoắn của răng. Khi chiều sâu của rãnh răng đạt khoảng 90%, tốc độ chạy dao giảm, còn

tốc độ cắt tăng lên tới tốc độ cắt tinh. Sau khi cắt xong một rãnh răng, phôi thực hiện quay phân độ để cắt rãnh răng tiếp theo.

12.5. PHƯƠNG PHÁP CẮT TỔ HỢP

Phương pháp này được dùng để cắt răng của các bánh răng (bánh lớn và bánh nhỏ) có môđun $\geq 2,5$ mm trong một lần gá (hình 12.5a). Ở phôi 3 các răng được cắt khi đầu dao 1 cùng giá lắp nằm ở dưới hoặc ở trên tâm lắp. Đầu dao 1 ăn vào phôi từ phía đầu lớn, tốc độ chạy dao 2 giảm dần với lượng tăng của chiều sâu cắt. Khi đạt tới chiều sâu rãnh răng bằng ăn dao 2 thì thực hiện cắt tinh rãnh bằng phương pháp bao hình 4 (hình 12.5a, c) khi giá dao quay lên phía trên hoặc phía dưới.



Hình 12.5. Phương pháp cắt tổ hợp

a- sơ đồ cắt; b- sơ đồ ăn dao và bao hình; c- sơ đồ ăn dao và bao hình; d- sơ đồ bao hình. 1- đầu dao; 2, 4, 5, 6- hướng chạy dao; 3- phôi.

Phương pháp cắt này có thể được thực hiện trên các máy 5C26B, 5C263, 5C280Π, 527B, 5C27Π, 5C270Π, 5C273 (của Nga), các máy 641, 645, 650, 655 của hãng Glison (Mỹ) và các máy ZFTKK 250/1, ZFTKK500/2 của Đức.

Để chế tạo các bánh răng có chất lượng cao (cấp chính xác 7, 8) cắt răng bằng phương pháp tổ hợp được thực hiện với chu kỳ bao hình kép. Sau chạy dao 2 (hình 12.5a, c) của đầu dao vào phôi, thực hiện cắt bao hình (chạy dao) 4 khi giá lắp dao quay lên phía trên (hoặc xuống dưới). Ở vị trí ngoài cùng (phía trên hoặc dưới) của giá lắp dao, chạy dao 5 được thực hiện. Trong trường hợp này tốc độ chạy dao bao hình và tốc độ cắt bằng các giá trị khi cắt tinh. Khi giá lắp quay xuống phía dưới (hoặc lên

phía trên), chạy dao cắt tinh ở cả hai phía của răng được thực hiện. Khi cắt răng của bánh răng nhỏ có góc côn chia nhỏ hơn 25° thì chu kỳ bao hình dúp nên được thực hiện không có tiến dao dọc trục. Trong trường hợp này, bao hình thô (hướng chạy dao) 4 được thực hiện từ đầu nhỏ đến đầu lớn của bánh răng, còn chạy dao cắt tinh 6 được thực hiện theo chiều ngược lại (hình 12.5d).

Bằng phương pháp tổ hợp với chu kỳ bao hình dúp có thể gia công các bánh răng trên các máy cắt răng 5C268, 527B, 5C270II, 5C280II của Nga, các máy 641, 645, 650, 655 của hãng Glison (Mỹ) và máy ZFTKK 500/2 của Đức.

12.6. CẮT RĂNG BẰNG ĐẦU DAO HỢP KIM CỨNG

Gần đây, ngày càng đòi hỏi yêu cầu cao đối với độ chính xác cắt răng côn cong thường và côn cong Hypoid nhiệt luyện. Mài răng là một phương pháp gia công tinh thoả mãn được yêu cầu này và nó được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo ô tô và chế tạo máy. Tuy nhiên, mài răng côn cong đòi hỏi chi phí cao do phải có máy mài răng chuyên dùng có độ chính xác cao.

Để chế tạo bánh răng có độ chính xác cấp 6 người ta đã dùng phương pháp cắt răng bằng đầu dao hợp kim cứng. Cắt răng nhiệt luyện có độ cứng $HRC \leq 58-62$ bằng đầu dao hợp kim cứng là quá trình gia công tinh. Có thể dùng các loại máy sau đây để cắt răng nhiệt luyện: 5M273, 5C280II của Nga và các máy 641, 642, 645, 650, 655, 675 của hãng Glison (Mỹ). Vì tải trọng khi cắt tinh răng nhiệt luyện nhỏ hơn tải trọng khi cắt thô răng chưa nhiệt luyện, cho nên có thể dùng đồ gá bình thường.

Để cắt các bánh răng côn cong thường và côn cong hypoid người ta dùng các đầu dao hai phía và một phía tiêu chuẩn mà các dao của chúng được gắn mảnh hợp kim cứng. Các bánh răng có đường kính trong khoảng $965 \div 2540$ mm được cắt bằng đầu dao có các dao gắn mảnh hợp kim cứng như trên hình 12.6a.

Các đầu dao được chế tạo với đường kính 640, 800 và 1000 mm.

Đối với đầu dao có đường kính 640 mm, số lượng dao là 8 và các mảnh hợp kim cứng có dạng hình vuông, còn đối với các đầu dao có đường kính 800 mm và 1000 mm số lượng dao là 12 và các mảnh hợp kim

cứng có dạng hình lục lăng. Nhờ có các chêm mà góc prophin của dao có thể được điều chỉnh trong phạm vi $\pm 3^\circ$.

Các mảnh hợp kim cứng 2 của dao 1 được mài bằng đá mài kim cương với góc trước âm $\leq 30^\circ$. Góc trước âm cho phép tăng tuổi thọ của dao và giảm độ nhám bề mặt ($R_a=0,25$

$\div 0,5 \mu\text{m}$). Các dao cần được mài (mài mặt trước) nếu lượng mòn ở mặt sau của dao đạt tới $0,25 \div 0,30 \text{ mm}$.

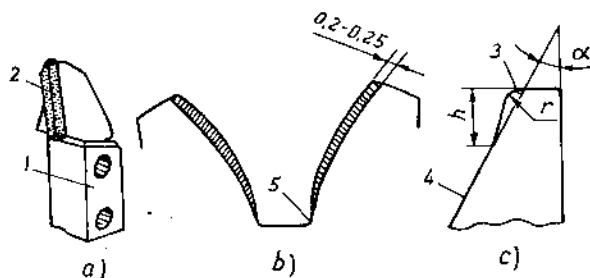
Lượng dư cắt răng một phía bằng đầu dao hợp kim cứng nằm trong khoảng $0,2 \div 0,25 \text{ mm}$ (hình 12.6b). Về nguyên tắc, đầu dao hợp kim cứng chỉ cắt prophin răng mà không cắt đáy rãnh răng, cho nên khi cắt thô răng (khi răng chưa nhiệt luyện) cần hót chân răng 5. Để tránh cắt lẹm chân răng, chiều cao h (hình 12.6c) và bán kính r của rìa dao 3 trên lưỡi cắt 4 cần được kiểm tra cẩn thận.

Với tốc độ cắt 36 m/phút , quá trình cắt răng được thực hiện bằng hai bước, mỗi bước hót lượng dư $0,125 \text{ mm}$ (lượng dư một phía). Lượng chạy dao bao hình hợp lý nhất là lượng chạy dao nhỏ hơn lượng chạy dao khi cắt tinh 1,5 lần.

Cắt răng côn cong thường và côn cong Hypoid nhiệt luyện cho phép giảm sai số bước vòng và độ đảo vành răng sau nhiệt luyện, đồng thời giảm tiếng ồn khi ăn khớp.

12.7. VÁT MÉP ĐẦU RĂNG

Trong quá trình cắt răng, trên các mặt đầu của răng tạo ra cạnh sắc và bavia, làm cho chất lượng ăn khớp của bánh răng giảm, tăng tiếng ồn và giảm tuổi thọ của bộ truyền. Vì vậy, khi chế tạo các bánh răng có độ



Hình 12.6. Cắt răng côn cong thường và côn cong Hypoid bằng các đầu dao hợp kim cứng.

a- dao của đầu dao hợp kim cứng; b- sơ đồ bố trí lượng dư; c- thông số hình học của dao để cắt thô răng trước nhiệt luyện. 1- dao; 2- mảnh hợp kim cứng; 3- rìa dao; 4- lưỡi cắt; 5- chân răng.

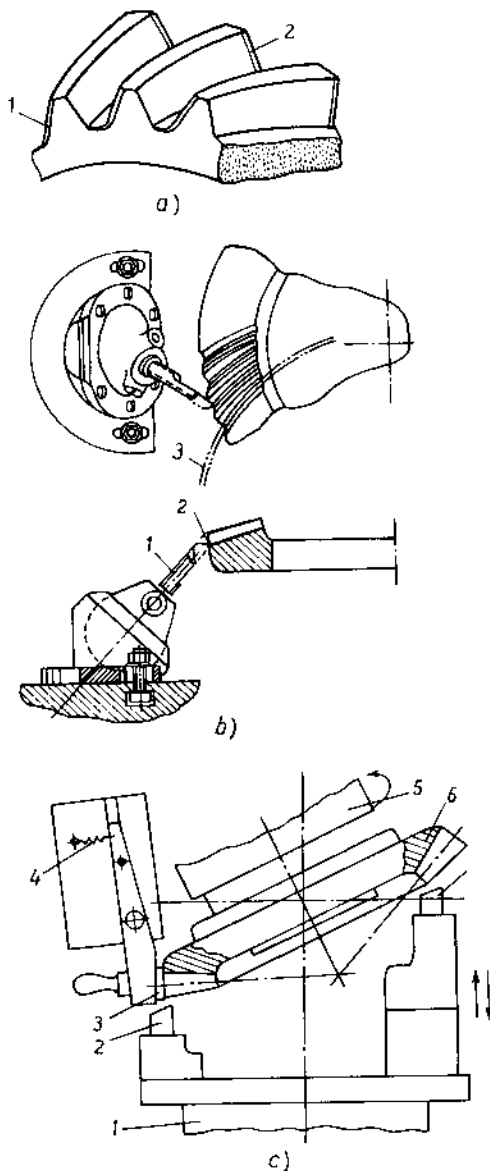
chính xác cao cần phải vát mép và làm sạch bavaria ở các mặt đầu của răng.

Vát mép đầu răng thường được thực hiện trước khi cắt tinh răng. Về nguyên tắc, vát mép được thực hiện ở mặt đầu trong từ phía lõi 1 của răng (hình 12.7a) và ở mặt đầu ngoài từ phía lôm 2 của răng.

Có nhiều phương pháp vát mép mặt đầu răng. Trong nhiều trường hợp, vát mép mặt đầu răng có thể được thực hiện đồng thời với cắt thô răng trên máy cắt răng. Do vát mép và cắt răng được thực hiện trong cùng một lần gá cho nên mép vát trên tất cả các răng đều nhau.

Hình 12.7b là sơ đồ vát mép đồng thời với cắt răng. Dao vát mép 1 thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại theo chu kỳ. Trong hành trình cắt, dao 1 vát mép 2 từ phía lôm của răng ở mặt đầu ngoài. Để cho dao vát mép 2 không chạm vào đầu dao chuyển động 3 của các dao trên đầu dao.

Các máy cắt răng thô của bánh răng nhỏ được trang bị cơ cấu chuyển dùng để vát mép ở mặt đầu trong và mặt đầu ngoài



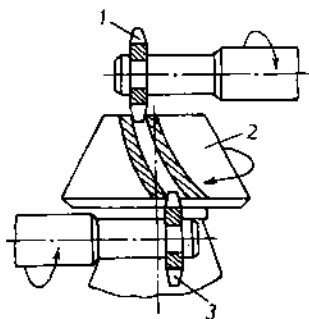
Hình 12.7. Vát mép mặt đầu răng côn cong thường và răng côn cong Hypoid

- a- bánh răng được vát mép; b, c- vát mép mặt đầu răng trên máy cắt răng và máy bào.
a) 1- phía lõi ở mặt đầu trong của răng; 2- phía lôm ở mặt đầu ngoài của răng.
b) 1- dao vát mép; 2- mép lôm của răng ở mặt đầu ngoài; 3- quỹ đạo chuyển động của dao
c) 1- trục trượt; 2, 3, 7- dao; 4- lò xo; 5- trục chính gá phôi. 6- bánh răng gia công (phôi)

của răng. Sau khi cắt thô răng, bánh răng được vát mép nhờ cấu chuyên dùng này.

Tuy nhiên, vát mép trên máy chuyên dùng có nhiều ưu điểm hơn. Hình 12.7c là sơ đồ vát mép mặt đầu răng trên máy bào vạn năng. Trên máy này bánh răng gia công 6 được gá nghiêng một góc so với tâm của trục trượt 1. Dao 2 được dùng để vát mép ở mặt đầu ngoài, còn dao 7 - ở mặt đầu trong. Tốc độ quay của trục chính gá phôi 5 với bánh răng 6 tương ứng với chuyển động tịnh tiến của trục trượt 1. Mỗi hành trình kép của trục trượt tương ứng với góc quay một răng của bánh răng. Dao 3 được ấn xuống mặt đầu ngoài của bánh răng nhờ lò xo 4 để làm sạch bavaria. Máy bào này có năng suất cao và được dùng trong sản xuất hàng khối và hàng loạt lớn.

Vát mép các mặt đầu răng có thể được thực hiện song song trên máy vát mép chuyên dùng bằng hai dao phay dạng đĩa một đầu mối (hình 12.8). Vát mép hai mặt đầu răng được thực hiện song song bằng các dao 1 và 3 (dao 1 vát mép mặt đầu trong, còn dao 3 vát mép mặt đầu ngoài). Trong quá trình gia công hai dao 1, 3 và bánh răng 2 quay liên tục, do đó năng suất của máy tăng lên rõ rệt.



Hình 12.8. Sơ đồ vát mép các mặt đầu răng bằng hai dao phay dạng đĩa một đầu mối
1,3- các dao phay;
2- bánh răng gia công.

12.8. MÁY CẮT RĂNG CÔN CONG

Máy cắt răng côn cong có nhiều loại, mỗi loại có các đặc tính kỹ thuật riêng. Bảng 12.1 giới thiệu một số loại máy cắt răng côn cong thường và côn cong hypoid.

Bảng 12.2 là các máy cắt răng của hãng Glison (Mỹ).

Các máy 423 (102) và 440 (106) là các máy vạn năng, còn các máy khác thuộc nhóm máy chuyên dùng hoặc bán tự động. Nhìn chung, các máy của Mỹ cũng như các máy của Nga có thể gia công được tất cả các loại răng côn cong thường hoặc côn cong hypoid.

Bảng 12.3 là các máy cắt răng côn cong của Đức.

**Bảng 12.1. Đặc tính kỹ thuật của các máy cắt côn cong thường và
côn cong hypoid của cộng hoà liên bang Nga**

Đặc tính kỹ thuật	Máy cắt răng							
	5Π20A	5C26B	5C263	5C270Π	5A27C4, 5A27C4Π	527B, 5C27Π	5M27B	5C273
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	125	320	320	500	500	500	500	500
Môđun lớn nhất (mm)	2,5	8	8	8	10	12	12	12
Bề rộng vành răng lớn nhất (mm)	20	50	50	80	70	80	80	80
Đường kính đầu dao (mm)	20-90	60-250	60-250	100-400	150-350	160-400	160-400	160-400
Số vòng quay trục chính (v/phút)	110-550	24-225	24-225	26-210	34-218	21-160	15-177	21-160
Công suất máy (kW)	3	11,42	10,78	12,78	6,75	11,3	18,2	11,3
Kích thước máy (dài x rộng) (mm)	1295 x 945	2940 x 2090	2620 x 1600	2885 x 1980	2470 x 1500	3235 x 2180	3265 x 2180	3100 x 1900
Khối lượng máy (kg)	1800	9770	9000	8750	8000	15 500	16 500	13 500
Đặc tính kỹ thuật	Máy cắt răng					Máy chuốt răng		
	5C280Π	5A284	5C262E	5B231	5B281	5C264ΠΠ	5C272E	5281B
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	800	1600	320	500	800	320	500	800
Môđun lớn nhất (mm)	16	30	6	10	16	6	10	16
Bề rộng vành răng lớn nhất (mm)	125	235	-	65	100	-	65	100
Đường kính đầu dao (mm)	160-500	450-900	125-250	190-315	190-460	125-250	190-315	190-460
Số vòng quay trục chính (v/phút)	18-135	8,4-62,5	26-166	25-252	21-232	3-25	3-64	2,3 - 17,9
Công suất máy	16,22	27,4	10,72	9,3	14,6	8,22	7	10,6
Kích thước máy (dài x rộng) (mm)	3235 x 2180	4600 x 3500	2615 x 1865	2300 x 1850	3070 x 2580	2505 x 1850	2300 x 1850	3070 x 2500
Khối lượng máy (kg)	15 000	35 000	7 000	7 000	14 000	8 000	7 000	14 000

Bảng 12.2. Đặc tính kỹ thuật của các máy cắt răng côn cong thường và côn cong hypoid của hãng Glison (Mỹ)

Đặc tính kỹ thuật	123 (102)	440 (106)	613, 614	116	122	641	645
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	117	216	177,8	457	457	406	711
Môđun lớn nhất (mm)	1,6	6,4	-	12,7	12,7	12,7	16,9
Chiều cao răng lớn nhất (mm)	1,9	14,3	19	25,4	25,4	25,4	31,7
Bề rộng răng lớn nhất (mm)	11	32	44,5	70	70	66	117
Đường kính đầu dao (inch)	1,1-3,5	3,5-7,5	3,5-9	5-12	5-12	2,75-12	9-18
Số vòng quay trục chính (v/phút)	-	54-413	600	17-115	17-115	30-250	19-171
Công suất máy (kW)	1	6	13	5	9,6	12,5	21
Kích thước máy (dài x rộng) (mm)	600 x 670	2130 x 1550	2900 x 2310	3040 x 2360	2560 x 1980	3330 x 2160	4800 x 3120
Khối lượng máy (kg)	1463	7060	10 886	11 500	10 750	12 292	24 748

Đặc tính kỹ thuật	650	655	675	606, 607	608, 609	601	666
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	846	1270	2540	267	508	267	660
Môđun lớn nhất (mm)	23,5	25,4	42	10	-	10	16,9
Chiều cao răng lớn nhất (mm)	31,7	55,6	-	-	32	19	32
Bề rộng răng lớn nhất (mm)	127	203	305	41	76	41	107
Đường kính đầu dao (inch)	9-18	12-25,2	16-39,3	5-9	9-18	2-9	7,5-18
Số vòng quay trục chính (v/phút)	12-160	6-160	4-96	34-270	-	57-260	20-220
Công suất máy (kW)	22	26	70	9	12	10,2	20
Kích thước máy (dài x rộng) (mm)	4800 x 3120	4060 x 2410	8480 x 6760	2330 x 1910	3000 x 2200	2340 x 1910	2660 x 3270
Khối lượng máy (kg)	24 780	34 927	108 800	11 500	8050	7915	-

Bảng 12.3. Đặc tính kỹ thuật của các máy cắt côn cong thường và côn cong hypoid

Đặc tính kỹ thuật	Máy cắt răng						Máy chuốt răng
	ZFTKK 250/1K	ZFTKK 250/1U	ZFTKK 500/2U	ZFTKK 500/2W, ZFTKK 500/2V	ZF KK 500 x 10/1	ZFTKK 500/2K	ZRKK 500 x 10/1
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	250	250	540	540	500	630	500
Môđun lớn nhất (mm)	8,5	8	16	16	13	13	13
Bề rộng răng lớn nhất (mm)	40	40	78	78	71	71	71
Đường kính đầu dao (mm)	75-212	88,9-228,6	152,4-406,4	152,4-406,4	152,4-406,4	152,4-406,4	152,4-406,4
Số vòng quay trục chính (v/phút)	71-224	45-180	56-280	45-224	28-112	35,5-180	7,1-22,4
Công suất máy (kW)	11,5	10,0	14,5	21,5	11,7	21,5	9,3
Kích thước máy (dài x rộng) (mm)	2650 x 1870	2650 x 1870	3365 x 3550	3365 x 3550	2800 x 2300	3365 x 3350	2800 x 2300
Khối lượng máy (kg)	6500	6500	12 000	12 000	10 000	12 000	10 000

12.9. ĐẦU DAO CẮT RĂNG CÔN CONG

Đầu dao cắt răng côn cong được chế tạo theo các loại:

- Loại liền khối có đường kính 20 ÷ 80 mm.
- Loại lắp ghép để cắt tinh có đường kính 100 ÷ 1000 mm.
- Loại lắp ghép để cắt thô có đường kính 160 ÷ 500 mm.

Các góc prophin của dao nằm trong khoảng 10 ÷ 20° (dao ngoài) và 14 ÷ 36° (dao trong).

1. *Đầu dao liền khối.* Đầu dao liền khối được chế tạo có các dao ngoài 1 và dao trong 2, đặt so le với nhau với các lưỡi cắt phải và trái (hình 12.9a). Đầu dao có hai loại: loại 1- loại có số dao trung bình và 2- loại có số dao lớn. Vật liệu chế tạo đầu dao là thép gió có độ cứng phần làm việc của dao HRC = 62-65. Các dao của đầu dao được đánh số như sau: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 30, 36, 42. Độ nhám bề mặt dao $R_a \leq 0,63 \mu$. Đường kính lỗ của đầu dao 25,5 mm. Các thông số của đầu dao liền khối được trình bày trong bảng 12.4.

Bảng 12.4. Các thông số hình học (mm) của đầu dao liền khối

Đường kính danh nghĩa d_o	Khoảng mở của các dao W	Số dao ngoài và dao trong theo loại		Thông số của bánh răng gia công	
		1	2	Chiều cao đầu ngoài lớn nhất của răng h_e	Modun pháp lớn nhất của bánh răng gia công m_n (mm)
20	0,2-0,7	4	-	3	0,80
25	0,2-0,8	4	-	3	100
32	0,32-1,0	4	8	4	1,25
40	0,32-1,3	4	8	5	1,50
50	0,32-1,6	4	12	6	2,00
60	0,32-1,8	4	12	7	2,25
80	0,32-2,0	8	16	8	2,50

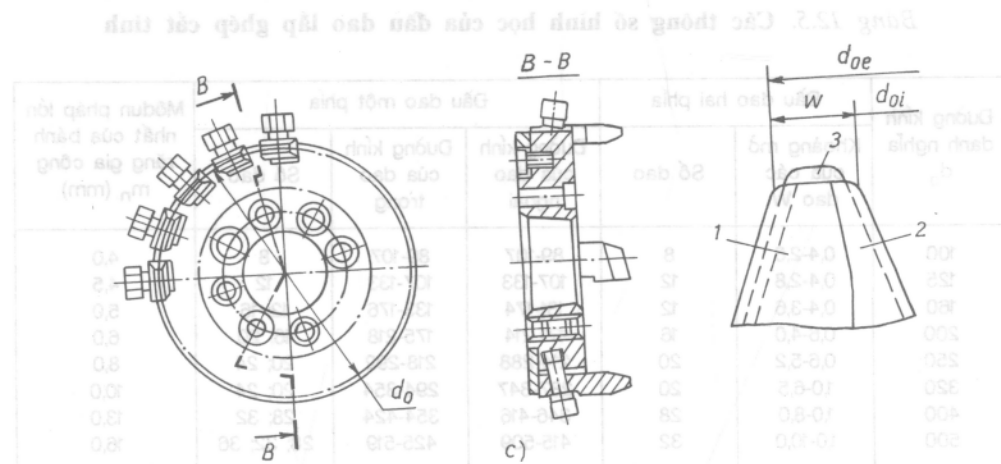
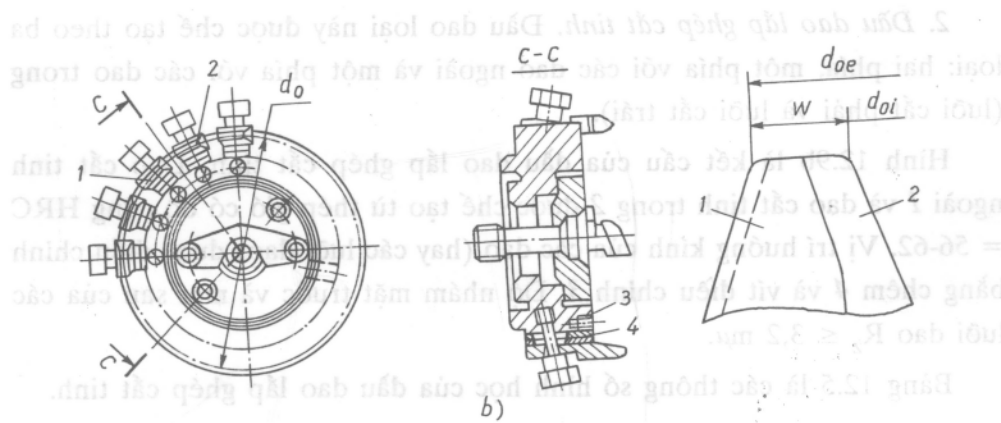
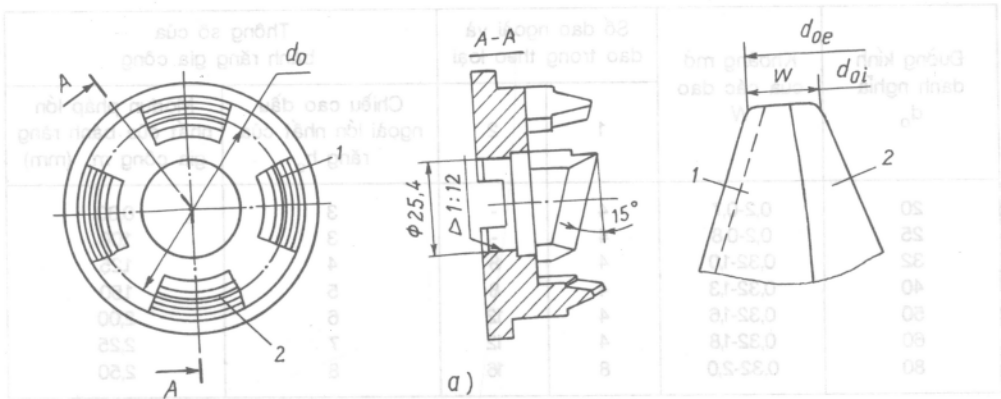
2. **Đầu dao lắp ghép cắt tinh.** Đầu dao loại này được chế tạo theo ba loại: hai phía, một phía với các dao ngoài và một phía với các dao trong (lưỡi cắt phải và lưỡi cắt trái).

Hình 12.9b là kết cấu của đầu dao lắp ghép cắt tinh. Dao cắt tinh ngoài 1 và dao cắt tinh trong 2 được chế tạo từ thép gió có độ cứng HRC = 56-62. Vị trí hướng kính của các dao (hay các lưỡi dao) được điều chỉnh bằng chêm 4 và vít điều chỉnh 3. Độ nhám mặt trước và mặt sau của các lưỡi dao $R_z \leq 3,2$ μ m.

Bảng 12.5 là các thông số hình học của đầu dao lắp ghép cắt tinh.

Bảng 12.5. Các thông số hình học của đầu dao lắp ghép cắt tinh

Đường kính danh nghĩa d_o	Đầu dao hai phía		Đầu dao một phía			Modun pháp lớn nhất của bánh răng gia công m_n (mm)
	Khoảng mở của các dao W	Số dao	Đường kính của dao ngoài	Đường kính của dao trong	Số dao	
100	0,4-2,6	8	89-107	89-107	8	4,0
125	0,4-2,8	12	107-133	107-133	12	4,5
160	0,4-3,6	12	131-174	133-176	12; 16	5,0
200	0,6-4,0	16	171-214	175-218	16; 20	6,0
250	0,6-5,2	20	214-288	218-292	20; 24	8,0
320	1,0-6,5	20	287-347	294-354	20; 24	10,0
400	1,0-8,0	28	346-416	354-424	28; 32	13,0
500	1,0-10,0	32	415-509	425-519	28; 32; 36	16,0
630	2,0-12,0	32	604-642	618-654	32	20,0
800	2,0-16,0	40	764-818	783-837	40	26,0
1000	3,2-20,0	40	954-1020	979-1045	40	30,0



Hình 12.9. Các đầu dao cắt răng côn cong
a- đầu dao liên khối; b- đầu dao lắp ghép cắt tinh; c- đầu dao lắp ghép cắt thô;
1- dao ngoài; 2- dao trong; 3- vít điều chỉnh; 4- chêm.

3. *Đầu dao lắp ghép cắt thô*. Đầu dao loại này được chế tạo hai phía và ba phía với các lưỡi cắt phải và trái (bảng 12.6). Ở đầu dao hai phía các dao ngoài và trong cắt đồng thời các mặt răng và một phần đáy rãnh răng. Đầu dao ba phía có các dao ngoài 1, các dao trong 2 và các dao giữa 3. Các dao ngoài và trong chỉ cắt các mặt bên của răng mà không cắt đáy rãnh răng. Các dao giữa 3 dài hơn các dao ngoài và trong $0,2 \div 0,25$ mm và được dùng chỉ để cắt đáy rãnh răng. Số dao giữa bằng nửa số dao của đầu dao. Thân đầu dao hai phía và ba phía có kết cấu giống nhau. Độ nhám bề mặt trước và sau của các dao $R_z \leq 3,2 \mu\text{m}$. Các dao của đầu dao cắt thô không có khả năng điều chỉnh như các dao của đầu dao cắt tinh. Vật liệu để chế tạo các dao của đầu dao cắt thô là thép gió có độ cứng $\text{HRC} = 62-65$.

Bảng 12.6. Các thông số hình học của đầu dao lắp ghép cắt thô

Đường kính danh nghĩa d_o	Đầu dao hai phía		Đầu dao ba phía			Môđun pháp lớn nhất của bánh răng gia công m_n (mm)
	Khoảng mở của các dao W	Số dao	Giới hạn của các khoảng mở của các dao W	Số dao ngoài và dao trong	Số dao giữa	
160	0,6-3,2	16	2,6-3,2	8	8	5,0
200	0,6-3,6	20	2,6-3,5	10	10	6,0
250	0,5-4,6	24	2,6-4,6	12	12	8,0
320	10-6,0	32	2,6-6,0	16	16	10,0
400	10-7,0	36	2,6-7,0	18	18	13,0
500	10-9,0	40	2,6-9,0	20	20	16,0

12.10. CHẾ ĐỘ CẮT

Chế độ cắt khi chế tạo bánh răng côn cong cũng được chọn như chế độ cắt khi gia công bánh răng côn thẳng. Chế độ cắt phải đảm bảo năng suất và chất lượng gia công theo yêu cầu với tuổi bền tối ưu của dụng cụ cắt. Có hai phương pháp xác định chế độ cắt:

- Xác định chế độ cắt theo bảng.
- Xác định chế độ cắt bằng phương pháp tính toán.

1. *Xác định chế độ cắt theo bảng*. Chế độ cắt trong các bảng 12.7 và 12.8 được dùng cho các đầu dao tiêu chuẩn. Nếu đầu dao có số dao (số lưỡi dao) lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với đầu dao tiêu chuẩn thì cần phải

tính lại thời gian gia công một răng t_z theo công thức:

$$t_z = \frac{N}{N_1} t_b \tag{12.2}$$

Ở đây: N- số dao của đầu dao tiêu chuẩn;

N_1 - số dao của đầu dao được sử dụng;

t_b - thời gian gia công một răng theo bảng 12.7 ÷ 12.9.

**Bảng 12.7. Thời gian gia công một răng và tốc độ cắt khi cắt thô răng côn
cong thường và côn cong Hypoid bằng phương pháp tiến dao dọc trục và
phương pháp bao hình trên các máy của Nga, Mỹ và Đức**

Vật liệu gia công và độ cứng của nó	Môđun (mm)	Chiều dài răng (mm)	Thời gian gia công một răng			Tốc độ cắt m/phút
			Bánh răng lớn *1	Bánh răng lớn và bánh răng nhỏ *2	Bánh răng nhỏ *3	
18XГТ, HB 160-212	3	19	8,6	17,2/17,2	17,2	35-43
	3,5	22	10	17,2/17,2	20,1	
	4	30	11,3	18,8/22,6	26,4	
	5	38	12,9	23/25,8	34,4	
	6,5	45	15	30,1/34,4	39,6	
	7,5	50	17,2	34,5/45,8	51,7	
	8,5	50	20	45,8/51,7	57,5	
45XH; HB 235-269	3	19	11,3	17,2/19,3	22,6	30-35
	3,5	22	12,9	19,3/22,6	25,8	
	4	30	15	23/25,8	30,1	
	5	38	17,2	29,6/34,5	39,4	
	6,5	45	19,7	34,5/44,5	49,3	
	7,5	50	22,6	45,4-51,7	64,5	
	8,5	50	25,8	58,2/64,5	77,5	
45XH, HB 269-302	3	19	17,2	22,2/24,6	29,6	25-30
	3,5	22	19,7	24,6/29,6	34,5	
	4	30	22,6	32,3/38,7	45,4	
	5	38	23,4	39/46,8	51,7	
	6,5	45	27,3	46,8/62,5	70,2	
	7,5	50	35,2	66,3/80	45,3*4	
	8,5	50	40	80/50,2*4	50,2*4	

Ghi chú:

- *1- phương pháp tiến dao dọc trục
- *2- phương pháp bao hình. Tử số: dùng cho tỷ số truyền từ 1: 1- 3: 1, còn mẫu số dùng cho tỷ số truyền $\geq 3:1$
- *3 - Bánh răng côn cong Hypoid *4- Gia công trong hai chu kỳ.

Bảng 12.8. Thời gian gia công một răng và tốc độ cắt khi cắt tinh răng côn cong thường và côn cong Hypoid bằng phương pháp bao hình trên các máy của Nga, Mỹ và Đức

Vật liệu gia công, độ cứng	Môđun (mm)	Chiều dài răng (mm)	Thời gian gia công một răng (mm)		Tốc độ cắt (m/phút)
			Bánh răng lớn	Bánh răng nhỏ *2	
18XГТ, HB 160-212	3	19	14,2	14,2/18,9	50-60
	3,5	22	16,6	16,6/18,9	
	4	28	19,3	19,3/22,6	
	4,5	31	22,6	19,3/22,6	
	5	38	22,6	22,6/26,4	
	5,5	44	26,4 ^{*1}	26,4/26,4	
	6,5	44	30,1 ^{*1}	26,4/30,1	
	7	50	34,5 ^{*1}	29,6/34,5	
	8,5	50	39,4 ^{*1}	34,5/44,2	
	10	55	49,3 ^{*1}	44,2/49,3	
45XH, HB 212-269	3	19	17,2	17,2/20,1	45-50
	3,5	22	20,1	20,1/23,0	
	4	28	22,6	22,6/25,8	
	4,5	31	25,8	25,8/25,8	
	5	38	25,8	25,8/30,1	
	5,5	44	30,1 ^{*1}	30,1/30,1	
	6,5	44	34,4 ^{*1}	30,1/34,4	
	7	50	45,8 ^{*1}	34,5/40,2	
	8,5	50	51,7 ^{*1}	40,2/45,8	
	10	55	57,5 ^{*1}	51,7/57,5	
45XH, HB 269- 302	3	19	22,6	22,6/26,4	35-42
	3,5	22	22,6	26,4/30,1	
	4	28	24,6	29,6/34,5	
	4,5	31	34,5	34,5/34,5	
	5	38	34,5	34,5/40,2	
	5,5	44	40,2 ^{*1}	40,2/40,2	
	6,5	44	45,8 ^{*1}	40,2/45,8	
	7	50	55 ^{*1}	46,8/55	
	8,5	50	62,5 ^{*1}	55/62,5	
	10	55	80,7 ^{*1}	68,8/70,2	

Ghi chú:

*1- Gia công trong hai chu kỳ

*2- Tử số: dùng cho tỷ số truyền từ 1:1 – 1:2, còn mẫu số dùng cho tỷ số truyền $\geq 3:1$.

Bảng 12.9. Thời gian gia công một răng khi cắt răng côn cong các loại bằng phương pháp tiến dao dọc trục và phương pháp chép hình (các máy của Nga, Mỹ, Đức)

Vật liệu gia công, độ cứng	Gia công	Môdel máy	Thời gian gia công một răng (giây) với các môđun (mm)									
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18XIT, HB 160 - 212	Cắt thô, tiến dao dọc trục	5C262E, 606	5	6	7	8	9	-	-	-	-	-
		5B231, 608, ZFKK 500 x 10	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18X1T, HB 160-212	Cắt tinh phương pháp chép hình	5C232 MII, 607	5	6	7	8	9	-	-	-	-	-
		5B232, 609, ZRKK 500x10	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13

2. *Phương pháp tính toán.* Hãy tính số dao của đầu dao, số vòng quay của trục chính và thời gian gia công một răng nếu biết: số răng của bánh lớn $z_2 = 43$, số răng của bánh nhỏ $z_1 = 14$, $m_{te} = 6$ mm, $b = 42$ mm, $h = 11,33$ mm; $\beta_m = 35^\circ$, vật liệu bánh răng: 18XIT, HB 160-205, đường kính danh nghĩa của đầu dao 228 mm (9 inch).

Cắt thô răng bằng phương pháp tiến dao dọc trục được thực hiện trên máy cắt răng 527B.

Số dao K_p của đầu dao cần thiết để cắt toàn bộ chiều cao răng gia công (mỗi dao cắt một lớp):

$$K_p = \frac{h + \Delta h}{a} \quad (12.3)$$

Ở đây: h - chiều cao răng gia công (mm);

Δh - khe hở cần thiết để phân độ phôi (mm);

a - chiều dày lớp cắt bằng lưỡi dao của đầu dao hai phía (mm).

Ta có:

$$K_p = \frac{11,33 + 1,0}{0,075} = 164$$

Số dao K'_p cần thiết để cắt một phía của răng:

$$K'_p = \frac{nK''_p}{60} \quad (12.4)$$

Ở đây: n - số vòng quay của đầu dao (vòng/phút) được xác định từ tốc độ cắt.

$$V = 45 \text{ m/phút}$$

$$n = \frac{1000 \text{ V}}{\pi d_o} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 228,6} = 63 \text{ vòng/phút}$$

($d_o = 228,6$ là đường kính danh nghĩa của đầu dao).

K_p'' - số dao cùng phía của đầu dao. Đối với đầu dao hai phía thì số dao cùng phía có thể chọn số dao trong hoặc số dao ngoài, còn đối với đầu dao ba phía - chọn số dao giữa.

Như vậy ta có:

$$K_p' = \frac{63 \cdot 12}{60} = 12,6$$

Thời gian gia công một răng:

$$t_z = \frac{K_p \cdot E}{K_p'} \quad (12.5)$$

Ở đây: E- hệ số có ích của cơ cấu chếp hình chạy dao, là tỷ số của toàn bộ vòng quay của cơ cấu chếp hình chạy dao (360°) và góc quay của cơ cấu chếp hình ứng với phần chạy dao khi cắt (275°). Góc quay này phụ thuộc vào kết cấu của máy.

Như vậy ta có:

$$t_z = \frac{164}{12,6} \cdot \frac{360}{275} = 17 \text{ giây}$$

Khi cắt tinh bánh răng nhỏ bằng phương pháp bao hình ta thực hiện các phép tính như sau:

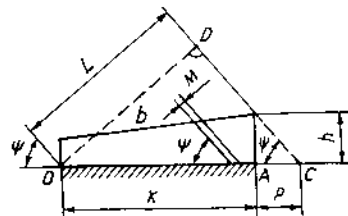
- Chiều dài răng cong của bánh nhỏ dọc theo góc xoắn của răng:

$$K = \frac{b}{\cos \psi} \quad (12.6)$$

Ở đây: b- chiều dài răng bánh nhỏ dọc theo đường sinh của côn chia;

ψ - góc nghiêng của đường cắt của dao (hình 12.10).

Đối với bánh răng côn cong thường: góc nghiêng của đường cắt của dao $\psi = \beta_m$, còn đối với bánh răng côn cong Hypoid góc $\psi = 28^\circ$. Như vậy ta có:



Hình 12.10. Sơ đồ cắt của dao khi cắt răng côn cong.

$$K = \frac{b}{\cos\varphi} = \frac{42}{\cos 35^\circ} = 51,27 \text{ mm}$$

Đoạn P được xác định từ tam giác vuông ABC (hình 12.10):

$$P = \frac{h}{\operatorname{tg}\psi} = \frac{11,33}{\operatorname{tg} 35^\circ} = \frac{11,33}{0,70021} = 16,78 \text{ mm}$$

Chiều dài quãng đường cắt L được xác định từ tam giác vuông ODC (hình 12.10):

$$L = \left(\frac{b}{\cos\psi} + \frac{h}{\operatorname{tg}\psi} \right) \sin\psi = \left(\frac{42}{0,81915} + \frac{11,33}{0,70021} \right) 0,57358 = 38,7 \text{ mm}$$

Số dao cần thiết để cắt tinh prophin răng bánh nhỏ được xác định theo công thức sau:

$$K_M = \frac{L}{M} \quad (12.7)$$

Ở đây: M - chiều rộng cắt của dao (chọn theo bảng 12.10).

Do đó:

$$K_M = \frac{38,7}{0,25} = 155$$

Bảng 12.10. Chiều rộng cắt M (mm) của một dao khi cắt tinh răng côn cong thường và côn cong Hypoid bằng phương pháp bao hình

Phạm vi ứng dụng của bánh răng	Độ cứng vật liệu bánh răng	
	160 - 200	200 - 240
Ô tô nhỏ	0,15-0,2	0,10-0,15
Ô tô tải	0,25-0,30	0,20-0,25
Máy kéo	0,30-0,35	0,25-0,30

Số vòng quay của đầu dao n' cắt tinh để gia công một răng trong một chu kỳ:

$$n' = \frac{K_p}{K_p''} E = \frac{155}{16} \cdot 3,15 = 30$$

Ở đây: K_p'' - số dao của đầu dao một phía để cắt tinh một phía của răng;

E- hiệu suất của cơ cấu chấp hành chạy dao (đối với máy 116 của Mỹ: E= 3,13).

Thời gian gia công một răng t_z (giây):

$$t_z = \frac{n' \cdot 60}{n} \quad (12.8)$$

Ở đây: n - số vòng quay của đầu dao ($n = 77$ vòng/phút khi tốc độ cắt $V = 55$ m/phút của đầu dao có đường kính 228 mm hoặc 9 inch).

Như vậy, ta có:

$$t_z = \frac{30 \cdot 60}{77} = 24 \text{ giây}$$

12.11. NGHIÊN RĂNG CÔN CONG

Các bánh răng côn cong thường và côn cong hypoid được nghiền để giảm độ nhám bề mặt, sửa lại sai số hình dạng của răng và điều chỉnh lại vết tiếp xúc khi ăn khớp. Độ nhám mặt răng sau khi nghiền có thể đạt $R_a = 1 \div 2 \mu\text{m}$.

Nghiên răng côn cong thường và côn cong hypoid được thực hiện trên các máy nghiền chuyên dùng (bảng 12.11).

Bảng 12.11. Đặc tính kỹ thuật của các máy nghiền răng côn cong

Đặc tính kỹ thuật	5Π720	5Π722	5725E	5724	5Π726Φ3
Đường kính lớn nhất của bánh răng gia công (mm)	125	320	500	800	800
Môđun lớn nhất (mm)	2,5	6	8	16	16
Số vòng quay trục chính (v/phút)	300-2500	1430	1450	420-840	11-1500
Công suất máy (kW)	1,1	5,5	5,5	10	6,5
Khối lượng máy (kg)	1400	4100	4800	7000	6200

Hình 12.11 là sơ đồ nghiền răng côn cong thường và côn cong hypoid.

Trên bề mặt ăn khớp của các răng được bôi một lớp bột nghiền gồm hạt mài 1 và dầu 3. Các hạt mài 1 cắt phoi vụn 4 từ các mặt răng của bánh nhỏ 5 và bánh lớn 2 khi chúng quay ăn khớp với nhau.

Kết cấu của các máy nghiền răng phải được thiết kế sao cho với khoảng cách điều chỉnh chuẩn lý thuyết nhờ calíp chuyên dùng (hình 12.11b) các trục chính của các bánh răng chủ động và thụ động trong thời gian nghiền có thể tự động thay đổi vị trí tương quan. Điều này được đảm bảo ở bất kỳ điểm nào của mặt răng. Trong chu kỳ gia công tự động trên

máy nghiền có ba chuyển động chính: chuyển động thẳng đứng 6, chuyển động nằm ngang 9 và chuyển động dọc trục 7 (hình 12.11c) mà các thông số của chúng được xác định bằng thực nghiệm hoặc khi kiểm tra trên máy kiểm tra bao hình.

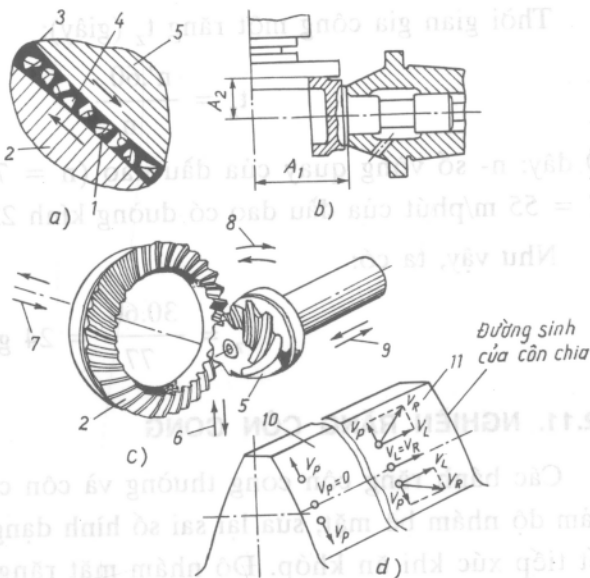
Ở các máy nghiền răng của hãng Glison (Mỹ) không sử dụng chuyển động thẳng đứng 6 (hình 11.11c) mà thay vào đó là chuyển động quay 8 của bánh răng nhỏ xung quanh trục của nó. Phương pháp cắt này cho phép nâng cao năng suất nghiền lên $10 \div 20\%$ và tăng chất lượng bề mặt.

Hạt mài được dùng có thể là cacbit silic hoặc oxit

Nhôm. Khi nghiền xảy ra hiện tượng trượt V_p trên răng 10 (hình 11.11d) của bánh răng. Hiện tượng này có xu hướng nằm dọc đường sinh của côn chia. V_p được gọi là trượt prophin. Để điều chỉnh V_p cần tăng khoảng cách chuẩn của bánh răng nhỏ lên $0,075 \div 0,125$ mm, khi đó vết tiếp xúc ở bánh răng nhỏ dịch chuyển về phía chân răng. Ở các bánh răng hypoid, trên mặt răng 11 ngoài trượt prophin V_p còn có trượt dọc V_L (hình 12.11d). Vì vậy, khi nghiền vết tiếp xúc dưới tác dụng của trượt tổng hợp V_R sẽ có xu hướng mở rộng theo chiều cao của prophin răng.

12.12. MÀI RĂNG CÔN CONG

Sau khi mài, độ chính xác của bánh răng côn cong có thể đạt cấp 5. Các bánh răng côn cong (côn cong thường và côn cong hypoid) được mài



Hình 12.11. Nghiền răng côn cong thường và côn cong hypoid

- a- sơ đồ nghiền răng; b- sơ đồ gá khoảng cách chuẩn; c- sơ đồ chuyển động khi nghiền;
- d- hiện tượng trượt theo prophin và theo chiều dài răng; 1- hạt mài; 2- bánh răng lớn; 3- dầu;
- 4- phoi vụn; 5- bánh răng nhỏ; 6- chuyển động theo phương thẳng đứng; 7- chuyển động dọc trục của bánh răng lớn; 8- chuyển động quay của bánh răng nhỏ; 9- chuyển động theo phương ngang; 10, 11- răng gia công.

trên các máy mài chuyên dùng của Nga và của Mỹ (bảng 12.12). Sơ đồ động của các máy mài răng khác sơ đồ động của các máy cắt răng ở xích truyền động dụng cụ, bởi vì đá mài có tốc độ quay cao gấp $50 \div 60$ lần so với tốc độ quay của đầu dao cắt răng.

Bảng 12.12. Đặc tính kỹ thuật của các máy mài răng côn cong

Đặc tính kỹ thuật	Máy Nga		Máy Mỹ				
	5872	5871	7	17	18	27	137
Kích thước bánh răng gia công: Môđun (mm)	15	2,5-10	6,35	10	12,7	12,7	16,9
Chiều dài của đường sinh côn chia lớn nhất (mm) khi góc xoắn:							
0	285	160	-	178	-	-	178
15	350	220	-	-	-	-	-
30	420	250	140	285	327	381	380
40	-	-	-	320	-	-	480
Góc gá của giá phơi	5°30'- 84°	5°- 90°	5°43'- 84°17'	5°42'- 71°34'	86°11'	5°42'- 71°34'	5°42'- 71°34'
Tỷ số truyền khi góc giữa các trục bằng 90°	10: 1	10: 1	Từ 1: 1 đến 10:1 (cong thường) 10:1, 60:1 (Hypoid)	Từ 1: 1 đến 30:1	Từ 3: 1 đến 10: 1	Từ 1: 1 đến 3:1	11: 3:1
Đường kính vòng chia lớn nhất (mm) (góc giữa các trục 90°) với tỷ số truyền 10:1 và các góc xoắn (độ):							
0	575	320	171	-	-	-	-
15	700	425	-	-	-	-	-
30	840	500	216	610	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-
Tỷ số truyền 2: 1 và các góc xoắn (°):							
0	520	280	-	336	584	584	344
15	635	380	-	-	-	-	-
30	750	440	140	520	-	800	711
40	-	-	-	600	-	863	890
Tỷ số truyền 1:1 và các góc xoắn (0°):							
0	395	230	121	254	-	394	254
15	500	300	-	-	-	-	-
30	600	350	152	405	-	533	533
40	-	-	-	455	-	571	660
Bề rộng lớn nhất của vành răng (mm)	100	85	31	64	102	76	146
Góc xoắn (độ)	0-60	0-60	0-60	0-40	0-60	0-40	0-40
Số răng	4-100	5-100	Bất kỳ	-	20-78	Bất kỳ	Bất kỳ

Tiếp bảng 12.12.

Đặc tính kỹ thuật	Máy Nga		Máy Mỹ				
	5872	5871	7	17	18	27	137
Giá phôi: Khoảng cách A từ mặt đầu trục chính đến tâm máy (mm)	125-600	90-380	31-228	76,2- 406,4	0-254	76-521	127-660
Dịch chuyển trục chính xuống phía dưới khi khoảng cách gá từ mặt đầu trục chính đến tâm máy (mm) bằng:							
125-290	25	-	-	-	-	-	-
290-350	55	-	-	-	-	-	-
350-560	72-84	75	max 76	max 76	-	max 114	max 114
Dịch chuyển trục chính lên trên tính từ vị trí trung tâm (mm)	115	75	max 76	max 76	-	max 114	max 190
Thời gian gia công một răng (giây)	-	-	1,6-35,3	1,9-11,8	1,7-11,8	1,9-11,8	1,9-11,8
Đường kính đá mài (mm)	6; 9; 12; 18	6; 9; 12	2-6	6; 12	6-12	5,5-13,5	6-12
Tốc độ cắt (m/giây)	9-63	17-37,2	20-25	25,5-38,5	-	-	-

CHƯƠNG 13

ĐIỀU CHỈNH MÁY CẮT RĂNG

Dưới đây chúng ta sẽ nghiên cứu phương pháp điều chỉnh một số loại máy đang được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam như các máy phay lăn răng trụ 5K324, 5K324A, 5K32A, máy xọc răng 514, máy cắt răng côn xoắn 528C.

13.1. ĐIỀU CHỈNH MÁY PHAY LĂN RĂNG

Các phần điều chỉnh máy chủ yếu bao gồm:

- Điều chỉnh xích tốc độ.
- Điều chỉnh xích chạy dao.
- Điều chỉnh xích phân độ
- Điều chỉnh hộp vi sai.

Ngoài ra còn cần thực hiện các công việc khác như gá phôi, dao và gá cũ đóng máy tự động.

Máy phay lăn răng 5K32 trên hình 13.1 được điều chỉnh như sau:

1. Điều chỉnh số vòng quay của dao

Xích tốc độ tạo ra vòng quay của dao phay n_d từ số vòng quay của động cơ MI ($N=7$ kW, $n = 1440$ vòng/phút) qua bộ truyền đai 140-320 hộp tốc độ (các trục I, II, III, các bánh răng côn 29-29, trục IV, các bánh răng côn 29-29, trục XXVII, các bánh răng côn 29-29 và các bánh răng trụ nghiêng 16-64).

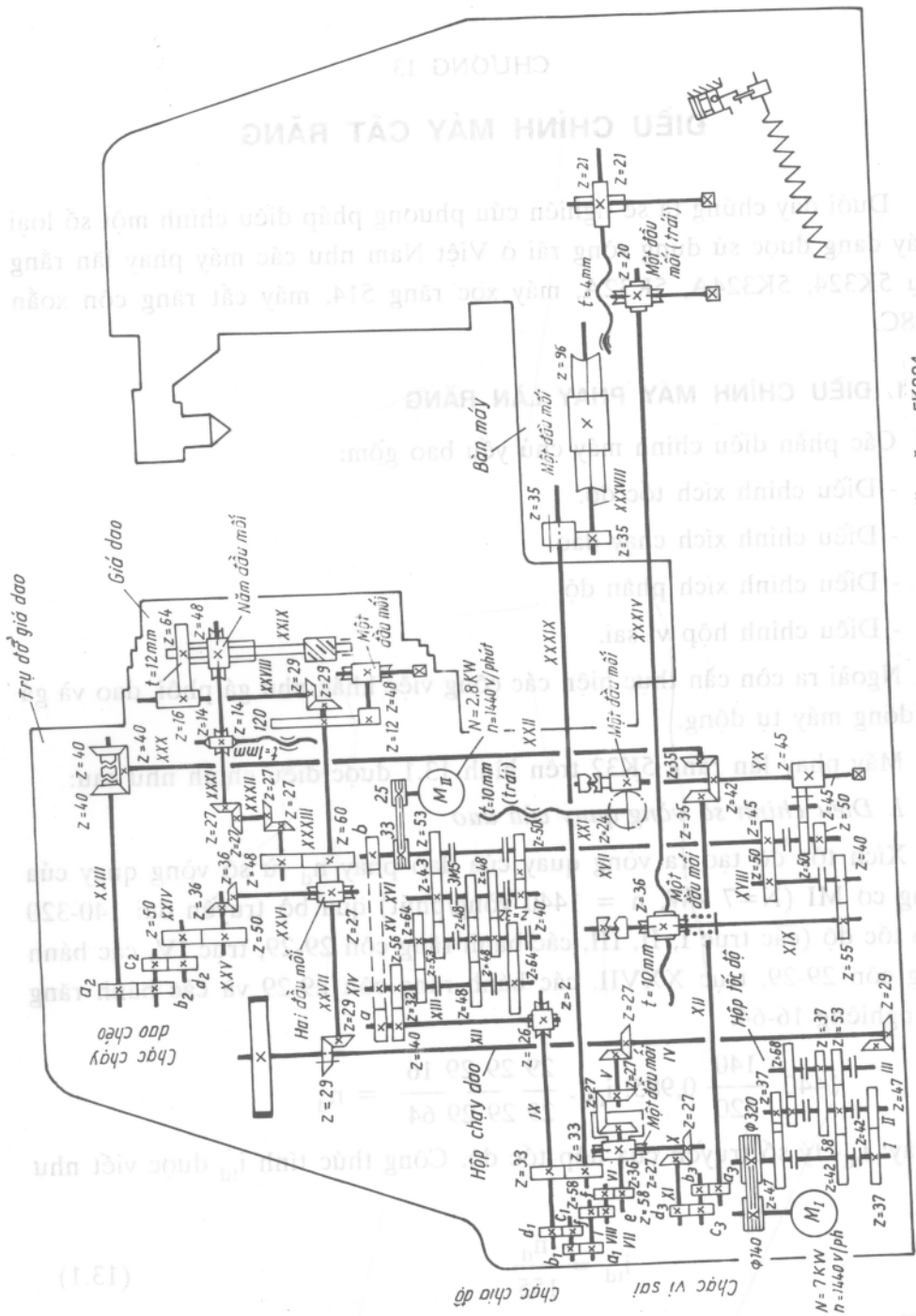
$$1440 \cdot \frac{140}{320} \cdot 0,985 \cdot i_{td} \cdot \frac{29}{29} \frac{29}{29} \frac{16}{64} = n_d$$

Ở đây: i_{td} - tỷ số truyền của hộp tốc độ. Công thức tính i_{td} được viết như sau:

$$i_{td} = \frac{n_d}{155} \quad (13.1)$$

Trục chính (trục dao) có thể có 9 tốc độ quay như sau:

$$n_d = 50; 63,5; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 310 \text{ vòng/phút.}$$



2. Xích chia độ

Chuyển động quay của bàn máy được hình thành từ trục IV qua các bánh răng côn 27-27, trục V, chạc vi sai, trục VI, các bánh răng trụ 58-58, trục VII, các bánh răng thay thế e:f; trục VIII, các bánh răng thay thế của chạc chia độ $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$, trục IX, các bánh răng trụ 33-33, trục XXXIX, các bánh răng trụ 35-35, trục XXXVIII và bộ truyền trục vít - bánh vít 1-96.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học khi cắt răng thẳng có số răng z: số vòng của dao $\rightarrow$ 1 vòng quay của bàn máy.

$$\frac{z}{K} \cdot \frac{64}{16} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{27}{27} \cdot i_{VS} \cdot \frac{58}{58} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{1}{96} = 1$$

Ở đây: K - số đầu mối của dao phay;

i_{VS} - tỷ số truyền vi sai. Khi cắt bánh răng thẳng: $i_{VS} = 1$.

Công thức điều chỉnh chạc chia độ được viết như sau:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot K \cdot f}{z \cdot e} \quad (13.3)$$

Khi $z \leq 160$ cần chọn các bánh răng thay đổi $\frac{e}{f} = \frac{54}{54} = 1$, còn khi

$$z > 160 \text{ thì } \frac{e}{f} = \frac{36}{72} = \frac{1}{2}$$

3. Xích chạy dao thẳng đứng của giá dao

Từ trục IX qua bộ truyền trục vít - bánh vít 2-26, trục XIII, các bánh răng trụ 40-56, hộp chạy dao (các trục XIV, XV và XVI), các bánh răng trụ 43-53, trục XVII, các bánh răng trụ 50-45-45, trục XX và bộ truyền trục vít - bánh vít 1-24 chuyển động quay được truyền cho trục vít chạy dao đứng XXI có bước $t = 10 \text{ mm}$.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 1 vòng quay của bàn máy $\rightarrow S_o$ dịch chuyển thẳng đứng của giá dao (mm/vòng).

Phương trình cân bằng động học của xích chạy dao đứng được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{40}{56} \cdot i_{cd} \cdot \frac{43}{53} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{1}{24} \cdot 10 = S_o \quad (13.4)$$

Ở đây: i_{cd} - tỷ số truyền của hộp chạy dao.

Công thức điều chỉnh hộp chạy dao được viết như sau:

$$i_{cd} = \frac{S_o}{2} \quad (13.5)$$

Máy có 9 giá trị chạy dao đúng: $S_o = 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 5,0$ mm/vòng.

4. Xích chạy dao hướng kính

Xích chạy dao hướng kính cũng được bắt đầu từ trục IX. Tiếp theo đó, chuyển động quay được truyền qua bộ truyền trục vít - bánh vít 2-26, trục XIII, các bánh răng 40-56, hộp chạy dao (các trục XIX, XV và XVI), các bánh răng 40-55, trục XIX, bộ truyền trục vít - bánh vít một đầu mối (bánh vít 36 với đai ốc của trục vít chạy dao hướng kính XXXIV có bước $t = 10$ mm).

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học:

1 vòng quay của bàn máy $\rightarrow S_{hk}$ chạy dao hướng kính của bàn máy (mm/vòng).

Phương trình cân bằng động học của xích chạy dao hướng kính được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{40}{56} \cdot i_{cd} \cdot \frac{43}{53} \cdot \frac{45}{50} \cdot \frac{40}{55} \cdot \frac{1}{36} \cdot 10 = S_{hk} \quad (13.6)$$

Từ phương trình này ta có chạy dao hướng kính S_{hk} :

$$S_{hk} = 0,78 i_{cd} \quad (13.7)$$

Máy có 9 giá trị chạy dao hướng kính:

$$S_{hk} = 0,35; 0,44; 0,55; 0,7; 0,88; 1,1; 1,4; 1,76; 2,2 \quad (13.8)$$

5. Xích chạy dao tiếp tuyến (dọc trục) của dao phay

Chuyển động chạy dao tiếp tuyến được bắt đầu từ trục IX và được truyền qua bộ truyền trục vít - bánh vít 2-26, trục XIII, các bánh răng 40-56, hộp chạy dao (các trục XIV, XV và XVI), các bánh răng 43-53, trục XVII, các bánh răng 50-45-45, trục XX, các bánh răng 42-35, trục XXII, các bánh răng 40-40, trục XXIII, các bánh răng thay đổi của chạy dao chéo $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}$, trục XXIV, các bánh răng 50-50, trục XXV, các bánh răng 36-36,

trục XXVI, bộ truyền trục vít - bánh vít 2-27, các bánh răng 60-48, trục XXXIII, các bánh răng 27-27, trục XXXII, các bánh răng 27-27, trục XXXI, bộ truyền trục vít - bánh vít 5-48 tới ống ren có bước $t = 12 \text{ mm}$.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học:

1 vòng quay của bàn máy $\rightarrow S_t$ chạy dao tiếp tuyến của dao (mm/vòng).

Phương trình cân bằng động học của xích chạy dao tiếp tuyến được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{40}{56} \cdot i_{cd} \cdot \frac{43}{53} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{42}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \times \\ \times \frac{50}{50} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{2}{27} \cdot \frac{60}{48} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{5}{48} \cdot 12 = S_t \quad (13.9)$$

Từ phương trình này ta có: $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 1$. Giá trị chạy dao tiếp tuyến

$$S_t = 0,66 i_{cd}$$

Máy có 9 giá trị chạy dao tiếp tuyến: $S_t = 0,25; 0,33; 0,40; 0,50; 0,66; 0,80; 1,0; 1,32; 1,60$.

6. Xích chạy dao chéo

Dịch chuyển thẳng đứng của giá dao có quan hệ với dịch chuyển dọc trục của dao theo xích động học sau đây: trục vít chạy dao đứng XXI với bước $t = 10 \text{ mm}$, bộ truyền trục vít - bánh vít 24-1, trục XX, các bánh răng côn 42-35, trục XXII, các bánh răng 40-40, trục XXIII, các bánh răng thay

đổi của chạy dao chéo $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}$ trục XXIV, các bánh răng 50-50, trục XXV,

các bánh răng 36-36, trục XXVI, bộ truyền trục vít - bánh vít 2-27, các bánh răng 60-48, trục XXXIII, các bánh răng côn 27-27, trục XXXII, các bánh răng 27-27, trục XXXI, bộ truyền vít - bánh vít 5-48. Trên gờ vai của bánh răng có ren với bước $t = 12 \text{ mm}$.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: S_o mm/vòng (dịch chuyển thẳng đứng của giá dao) $\rightarrow S_{od}$ mm/vòng (dịch chuyển thẳng đứng của dao).

Phương trình cân bằng của xích động học chạy dao chéo được viết như sau:

$$\frac{S_o}{10} \cdot \frac{24}{1} \cdot \frac{42}{35} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{2}{27} \cdot \frac{60}{48} \times \\ \times \frac{27}{27} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{5}{48} \cdot 12 = S_{od} \quad (13.10)$$

Khi chọn $S_o = S_{od} \frac{1}{B}$ (ở đây: l - chiều dài phần làm việc của dao phay; B - bề rộng vành răng) ta có công thức tính chạc chạy dao chéo như sau:

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 3 \frac{l}{B} \quad (13.11)$$

7. Xích vi sai

Khi điều chỉnh vi sai của máy để cắt bánh răng trụ răng nghiêng, chuyển động quay của trục chính (trục dao) và bàn máy hoà hợp với nhau bằng hai xích tác động đồng thời (xích chia độ và xích phụ vi sai). Trong trường hợp này, trong một vòng quay của bàn máy dao quay $\frac{z}{K}$ vòng (z - số răng gia công; K - số đầu mối của dao phay), có nghĩa là xích được điều chỉnh cho chia độ bình thường. Xích vi sai sẽ tạo cho dao số vòng quay bổ sung, bằng $\pm \frac{z}{K} \cdot \frac{S_o}{T}$ (ở đây: T - bước xoắn của răng nghiêng).

Xích phụ vi sai của máy được xác định như sau: bàn máy, bộ truyền trục vít - bánh vít 96-1, trục XXXVIII, các bánh răng 35-25, trục XXXIX, các bánh răng 33-33, trục IX, bộ truyền trục vít - bánh vít 2-26, trục XIII, các bánh răng 40-56, hộp chạy dao (các trục XIV, XV và XVI), các bánh răng 43-53, trục XVII, các bánh răng 50-45-45, trục XX, các bánh răng 42-35, trục XII, các bánh răng thay đổi của chạc vi sai $\frac{a_3}{b_3} : \frac{c_3}{d_3}$, trục XI, các bánh răng 27-27, trục X, bộ truyền trục vít - bánh vít 1-36, chạc vi sai, trục V, các bánh răng 27-27, trục IV, các bánh răng 29-29, trục XXVII, các bánh răng 29-29, trục XXVIII, các bánh răng 16-64, trục chính XXIX.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích vi sai: 1 vòng quay của bàn máy $\rightarrow \pm \frac{z}{K} \cdot \frac{S_o}{T}$ vòng quay của dao.

Phương trình cân bằng động học của xích vi sai được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{40}{56} \cdot i_{cd} \cdot \frac{43}{53} \cdot \frac{50}{45} \cdot \frac{42}{35} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} \cdot \frac{27}{27} \times \\ \times \frac{1}{36} \cdot i_{vs} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{16}{64} = \pm \frac{z}{K} \cdot \frac{S_o}{T} \quad (13.12)$$

Bởi vì khi cắt răng trụ, lượng chạy dao dọc $S_o = i_{cd} \cdot 2000 \cdot \frac{43}{91} \cdot 9.53$ còn tỷ số truyền của chạc vi sai khi cắt răng nghiêng $i_{vs} = 2$, cho nên công thức điều chỉnh chạc vi sai có dạng:

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \pm \frac{25 \cdot Z}{K \cdot T} \quad (13.13)$$

Nếu thay $T = \frac{\pi m z}{\sin \beta_o}$ (ở đây: β_o - góc xoắn của răng) ta có công thức điều chỉnh chạc vi sai như sau:

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta_o}{m \cdot k} \quad (13.14)$$

Khi cắt bánh vít bằng phương pháp tiến dao hướng kính, công thức điều chỉnh chạc vi sai có dạng:

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{2,65258}{T \cdot K} \pm 0,0036 \quad (13.15)$$

Ở đây: T là bước xoắn của răng nghiêng, bằng $\frac{\pi m_n z}{\sin \beta_o}$

Dấu + trong công thức (13.15) được dùng cho dao phay xoắn phải, còn dấu - được dùng cho dao phay xoắn trái.

Công thức điều chỉnh chạc vi sai khi phay theo đường chéo:

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{7,95775 \cdot \cos \lambda}{3 \cdot m_n \cdot K} \pm 0,0036 i_c \quad (13.16)$$

Ở đây: λ - góc nâng của đường xoắn vít của dao phay;

i_c - tỷ số truyền của chạc chạy dao chéo.

Tỷ số truyền i_c được xác định theo công thức:

$$i_c = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \quad (13.17)$$

8. Xích chạy dao nhanh theo phương thẳng đứng

Chuyển động được thực hiện từ động cơ MII ($N=2,8$ kW, $n=1440$ vòng/phút) qua truyền động xích 25-33, trục XVII, các bánh răng trụ 50-45-45, trục XX, bộ truyền trục vít - bánh vít 1-24 và trục vít của chạy dao đứng XXI.

Giá trị của chạy dao nhanh theo phương thẳng đứng $S_d = 50$ mm/phút.

13.2. ĐIỀU CHỈNH MÁY XỌC RĂNG

Sơ đồ động học của máy xọc răng model 514 (hình 13.2) cho phép thực hiện các chuyển động chính sau đây:

- Chuyển động chính tịnh tiến đi lại (chuyển động cắt) của trục chính dao xọc.

- Chuyển động chạy dao vòng của trục chính dao.
- Chuyển động quay chia độ của bàn máy.
- Chuyển động chạy dao hướng kính của giá dao.
- Chuyển động nhường dao ra vào của bàn máy với phôi gia công.
- Chuyển động của cơ cấu chu kỳ tự động của máy.

1. Xích chuyển động chính (chuyển động cắt)

Từ động cơ MI ($N=2,2$ kW, $n=1440$ vòng/phút) chuyển động quay được truyền qua bộ truyền đai 100-280 tới trục I của hộp tốc độ. Trên trục I có hai khối bánh răng 22,37 và 29,46.

Tùy thuộc vào vị trí của các khối bánh răng này, trục II có thể nhận được 4 tốc độ quay khác nhau.

Ở đầu trái của trục II có lắp đĩa tay quay có rãnh, trong rãnh có đặt tay quay XXI nối với thanh truyền XX có thanh răng ăn khớp với bánh răng $Z=26$ lắp trên trục III. Cũng trên trục III có lắp bánh răng $Z=26$ ăn khớp với thanh răng lắp trên ống trục chính của dao. Như vậy, trục chính của dao thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại với số hành trình kép bằng số vòng quay của đĩa tay quay và của trục II.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 1420 vòng/phút của động cơ $\rightarrow n_{htK}$ (hành trình kép của trục chính dao).

Phương trình cân bằng động học của xích chuyển động chính được viết như sau:

$$1440 \cdot \frac{100}{280} \cdot 0,985 \cdot i_{td} = n_{htK} \quad (13.18)$$

Ở đây: i_{td} - tỷ số truyền tốc độ;

n_{htK} - số hành trình kép của trục chính dao.

Công thức điều chỉnh hộp tốc độ được viết như sau:

$$i_{td} = \frac{n_{htK}}{500} \quad (13.19)$$

Máy có 4 số hành trình kép như sau: $n = 125; 178, 253$ và 359 hành trình kép trong một phút.

2. Xích chuyển động quay (chạy dao vòng) của dao

Từ trục II qua các bánh xích 28-28 chuyển động quay được truyền cho trục V. Tiếp theo đó, qua bộ truyền trục vít - bánh vít 3-23 chuyển động quay được truyền cho trục VI, qua các bánh răng côn 28-42, tới trục VII của chạc chạy dao vòng.

Chiều quay của dao và của bàn máy phụ thuộc vào vị trí của khớp nối M_1 . Nhờ các bánh răng thay đổi a_2 và b_2 của chạc chạy dao vòng, chuyển động quay được truyền cho trục VIII mà trên đó có trục vít chia độ một đầu mối (lắp trên then trượt) ăn khớp với bánh vít $z=100$. Ổ lỗ của bánh vít có lắp nửa bạc dẫn hướng trượt trên nửa bạc khác được lắp trên trục chính dao. Như vậy, chuyển động quay của bánh vít được truyền cho trục chính dao.

Bởi vì hành trình kép của dao xảy ra sau mỗi vòng quay của trục II, cho nên xích động học chuyển động quay của dao phải có tỷ số truyền sao cho nó đảm bảo được sau một vòng quay của trục II dao phải thực hiện được một lượng chạy dao vòng S_v .

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 1 vòng quay của trục II $\rightarrow S_v$ (mm/hành trình kép của dao).

Phương trình cân bằng động học của xích chuyển động chạy dao vòng của dao được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{3}{23} \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{1}{100} \cdot \pi \cdot m \cdot z_d = S_v \quad (13.20)$$

Ở đây: m - môđun của bánh răng gia công hoặc của dao (mm);

z_d - số răng của dao xọc;

S_v - lượng chạy dao vòng (mm/hành trình kép của dao).

Công thức điều chỉnh chạy dao vòng:

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{366.S_v}{m.z_d} \quad (13.21)$$

Khi sử dụng dao xọc tiêu chuẩn có đường kính vòng chia

$d = m.z_d = 100$ mm, công thức (13.21) có dạng:

$$\frac{a_2}{b_2} = 3,66S_v \quad (13.22)$$

Máy có 3 cặp bánh răng thay đổi cho phép xác định 6 giá trị chạy dao vòng như sau: $S_v = 0,17; 0,21; 0,24; 0,30; 0,35; 0,44$. Vì khoảng cách trục của các bánh răng không thay đổi nên tổng số răng của các bánh răng nối trên luôn luôn bằng 89.

3. Xích chia độ

Chuyển động quay chia độ của bàn máy xuất phát từ trục VIII, qua các bánh răng côn 30-30, trục IX, các bánh răng côn 30-30, trục X, các bánh răng thay đổi của chạc chia độ $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, trục XI và bộ truyền trục vít - bánh vít 1-240. Để hoà hợp các chuyển động của dao và của phôi thì khi dao quay một răng ($\frac{1}{z_d}$ vòng) phôi cũng phải quay một răng ($\frac{1}{z}$ vòng).

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học:

$$\frac{1}{z_d} \text{ vòng quay của dao} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ vòng quay của bàn máy (z là số răng của}$$

bánh răng gia công).

Phương trình cân bằng động học của xích chia độ:

$$\frac{1}{Z_d} \cdot \frac{100}{1} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{240} = \frac{1}{z} \quad (13.23)$$

Công thức điều chỉnh chạc chia độ được viết như sau:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 2,4 \frac{z_d}{z} \quad (13.24)$$

4. Xích chạy dao hướng kính

Chạy dao hướng kính của dao xọc được thực hiện bằng dịch chuyển của giá dao từ trục vít XVIII ăn khớp với đai ốc (được kẹp chặt trên giá dao) có bánh răng côn $Z = 30$. Ở đầu phải của trục vít XVIII có lắp con lăn P luôn luôn tỳ vào prophin của cam K_1 nhờ một lò xo. Chuyển động quay từ trục II qua bộ truyền xích 28-28, trục V, các bánh răng thay đổi của chạc chạy dao hướng kính $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$ được truyền tới trục XIV, qua các

bánh răng côn 24-48 tới trục XV và bộ truyền trục vít - bánh vít 1-40, qua khớp nối M_2 tới bộ truyền trục vít = bánh vít 2-40, tới trục XVII và cam chạy dao hướng kính K_1 . Qua con lăn P (lăn theo bề mặt của cam K_1) chuyển động được truyền cho trục vít XVIII cũng là cho giá dao mang trục chính IV với dao xọc.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 1 vòng quay của trục II $\rightarrow$ chạy dao hướng kính S_{hk} (mm/hành trình kép).

Phương trình cân bằng động học của xích chạy dao hướng kính:

$$1 \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{1}{40} \cdot \frac{2}{40} \cdot H = S_{hk} \quad (13.25)$$

Ở đây: H - bước nâng của đường xoắn Aximet của cam (mm).

Công thức điều chỉnh chạc chạy dao hướng kính được viết như sau:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{1600}{H} S_{hk} \quad (13.26)$$

Máy xọc răng model 514 có 3 giá trị chạy dao hướng kính:

$$S_{hk} = 0,024; 0,048; 0,096 \text{ mm/hành trình kép.}$$

5. Xích dịch chuyển dao xọc theo phương hướng kính bằng tay

Dịch chuyển dao xọc bằng tay được thực hiện bằng tay quay có đầu vuông. Sau mỗi vòng quay của đầu vuông, đai ốc 30 dịch chuyển theo trục vít XVIII một giá trị $1 \cdot \frac{15}{30} \cdot 6 = 3 \text{ mm}$ (bước của trục vít $t = 6 \text{ mm}$).

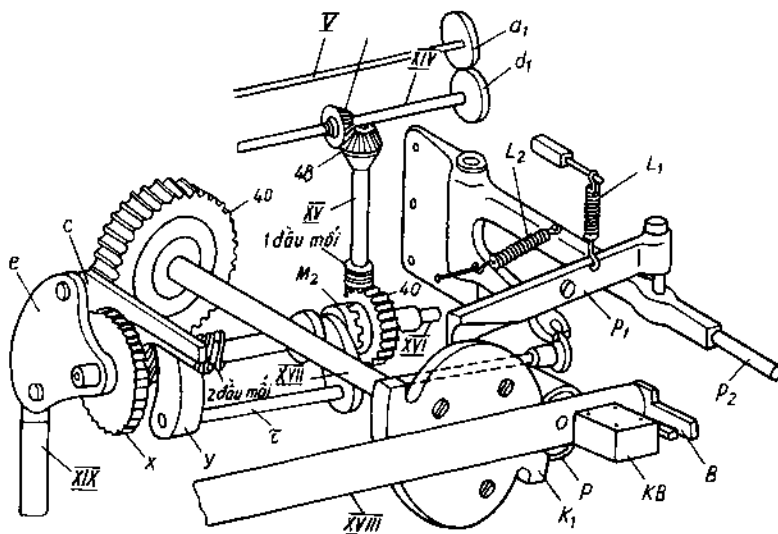
Bàn máy chạy vào và lùi ra được thực hiện sau mỗi vòng quay của trục II, trục này cùng lúc tạo ra hành trình kép cho dao. Ở đầu phải của trục này cùng lúc tạo ra hành trình kép cho dao. Ở đầu phải của trục II có lắp

cam lệch tâm K_3 với hai con lăn (lăn theo bề mặt của cam)^r được lắp với thanh nối XVII. Khi cam K_3 quay, các con lăn lúc được nâng lên lúc được hạ xuống, còn thanh nối XXII lắc lu tay đòn cùng đĩa lắp trên trục XIII. Chốt lắp trên đĩa nhờ thanh nối XXIV đẩy bàn máy lùi ra (trước hành trình chạy không của dao) và lùi vào (trước hành trình cắt của dao).

6. Cơ cấu thực hiện chu kỳ tự động

Cơ cấu này được dùng để ăn dao tự động tới chiều sâu được xác định trước. Khi đạt được chiều sâu cần yếu cầu, chạy dao hướng kính bị dừng và chỉ còn thực hiện chạy dao vòng. Ngoài ra, sau khi thực hiện số vòng quay của bàn máy, cơ cấu này đẩy dao ra khỏi phôi và dừng máy.

Cam K_1 trong quá trình cắt răng dịch chuyển con lăn P về bên phải (hình 13.3), con lăn này được nối với trục XVIII và giá dao để điều chỉnh vị trí của dao.



Hình 13.3. Sơ đồ cơ cấu thực hiện chu kỳ tự động của máy xọc răng 514.

Chuyển động quay của cam K_1 được thực hiện từ hai cơ cấu: cơ cấu chạy dao hướng kính và cơ cấu đếm.

Xích động học của cơ cấu chạy dao hướng kính đã được nghiên cứu ở trên.

Đóng cơ cấu được thực hiện bằng quay tay gạt P_2 về bên phải và tay gạt được định vị bằng chốt Φ . Trong thời gian quay tay gạt P_2 , miếng gạt của nó thông qua thanh nối T đóng khớp nối M_2 (làm cho bánh vít 40 ăn khớp với trục XVI). Đồng thời thanh nối T dịch chuyển cũ chặn Y, cũ chặn này nâng móng cóc C, làm cho nó không còn ăn khớp với bánh cóc X.

Đầu trái của tay gạt P_1 dưới tác dụng của lò xo L_1 sẽ tỳ lên phần lồi của cam K_1 (phần lồi này nằm ở phía sau của cam K_1). Khi quay, cam K_1 đẩy con lăn P cùng với trục vít XVIII về bên phải và nhu vậy kéo dao vào gần phôi. Trước khi cắt, dao được dịch vào gần phôi bằng tay nhờ tay quay 4 (xem hình 13.2) cho đến khi dao chạm vào bề mặt phôi. Khi kết thúc quá trình ăn dao, đầu trái của tay gạt P_1 (xem hình 13.3) trượt trên phần lồi ở phía sau của cam K_1 , còn lò xo L_1 nâng đầu phải của tay gạt P_1 lên, do đó nó được giải phóng khỏi tay gạt P_2 .

Dưới tác dụng của lò xo L_2 tay gạt P_2 dịch chuyển về bên trái và thanh nối T nhả (ngắt) khớp nối M_2 ra, đẩy cũ chặn Y về bên trái, làm cho móng cóc C hạ xuống và ăn khớp với bánh cóc X. Cam K_1 lúc này làm cho trục XI quay, trên trục XI có lắp trục vít để quay bàn máy XII cùng với phôi (xem hình 13.2).

Cũng trên trục XI có lắp cam lệch tâm K_2 để tạo chuyển động lắc cho dải quạt e (trên dải quạt e có lắp móng cóc C) thông qua thanh nối XIX (xem hình 13.3). Trong trường hợp này sau mỗi hành trình kẹp móng cóc tiếp xúc với một răng của bánh cóc X. Khi đó con lăn P sẽ lăn theo phần trụ của cam K_1 và nhu vậy không có chạy dao hướng kính.

Từ thời điểm kết thúc ăn dao đủ chiều sâu, quá trình cắt còn phải tiếp tục trong một vòng quay của bàn máy cùng với phôi. Khi quá trình cắt kết thúc, con lăn P rơi vào rãnh của cam K_1 . Trục vít XVIII cùng với giá dao dưới tác dụng của lò xo dịch chuyển về bên trái, làm cho dao tách khỏi bánh răng vừa được gia công. Đồng thời cũ chặn B đẩy công tắc KB và máy được dừng lại.

Chuyển động quay nhanh của bàn máy được thực hiện từ động cơ MII ($N = 0,5 \text{ kW}$, $n = 1440 \text{ vòng/phút}$) qua bộ truyền đai 80-180 tới trục XI và bộ truyền trục vít - bánh vít 1-240 (xem hình 13.2).

13.3. ĐIỀU CHỈNH MÁY CẮT RĂNG CÔN CONG

Máy cắt răng model 528C được dùng để cắt răng côn cong các loại.

Trên máy này có thể gia công bằng phương pháp bao hình và phương pháp tiến dao dọc trục.

Đặc tính kỹ thuật của máy như sau:

- Đường kính vòng chia của bánh răng gia công lớn nhất (mm): 800
- Môđun lớn nhất (mm): 15
- Số răng của bánh răng gia công: 4-100
- Chiều dài của đường sinh côn chia lớn nhất (mm): 420
- Bề rộng vành răng gia công lớn nhất (mm): 100
- Số vòng quay của đầu dao trong một phút: 21-300
- Thời gian gia công một răng (giây): 135-240

Sơ đồ động của máy (hình 13.4) gồm các xích động học có khả năng thực hiện được các chuyển động chính sau đây:

- Chuyển động quay của trục chính đầu dao (chuyển động cắt).
- Chuyển động chạy dao.
- Chuyển động hành trình chạy nhanh.
- Chuyển động bao hình và chia độ.

1. Xích chuyển động chính

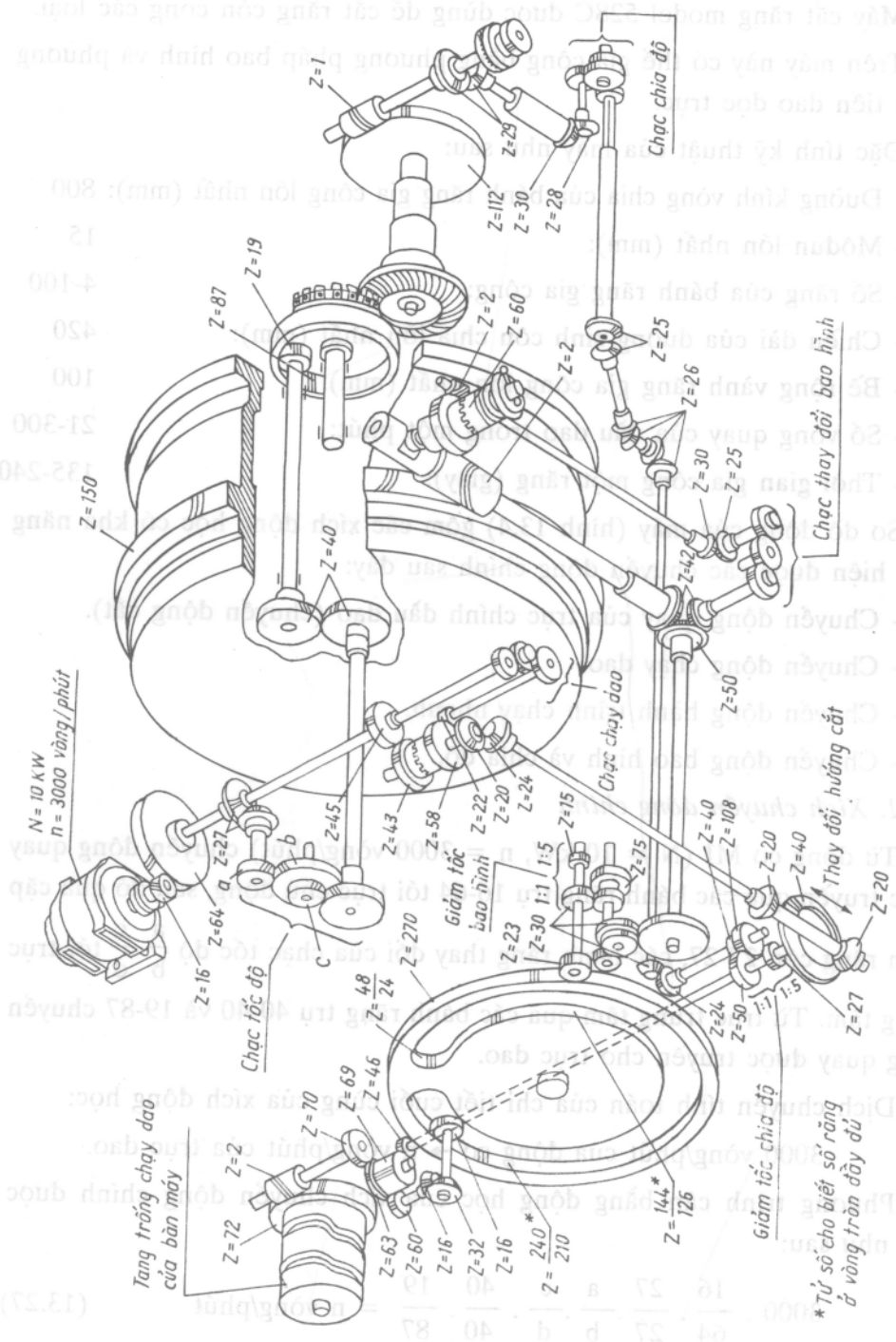
Từ động cơ MI ($N = 10 \text{ kW}$, $n = 3000 \text{ vòng/phút}$) chuyển động quay được truyền qua các bánh răng trụ 16-64 tới trục chủ động, sau đó qua cặp bánh răng côn 27-27, các bánh răng thay đổi của chạc tốc độ $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$ tới trục trung tâm. Từ trục trung tâm qua các bánh răng trụ 40-40 và 19-87 chuyển động quay được truyền cho trục dao.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học:

3000 vòng/phút của động cơ $\rightarrow$ n vòng/phút của trục dao.

Phương trình cân bằng động học của xích chuyển động chính được viết như sau:

$$3000 \cdot \frac{16}{64} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{19}{87} = n \text{ vòng/phút} \quad (13.27)$$



Hình 13.4. Sơ đồ động của máy cắt răng côn công model 528C.

Công thức điều chỉnh chạc tốc độ có dạng:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{n}{170} \quad (13.28)$$

Chiều quay của đầu dao có thể được thay đổi bằng cách đảo chiều quay của động cơ tương ứng với hướng cắt phải hoặc trái.

2. Xích chạy dao

Chuyển động chạy dao cũng được tạo thành từ động cơ. Qua các bánh răng trụ 16-64, trục chủ động, các bánh răng thay đổi của chạc chạy dao $\frac{a_n}{b_n} \cdot \frac{c_n}{d_n}$ (không thể hiện trên hình vẽ), các bánh răng trụ 22-58, khớp nối ma sát, cặp bánh răng côn 20-24, chuyển động quay được truyền cho khớp nối bánh răng côn đảo chiều 20-40.

Từ bánh răng $Z = 40$ của khớp nối đảo chiều, chuyển động quay được truyền cho các cặp bánh răng trụ 46-69 và 63-70 và qua bộ truyền trục vít - bánh vít 2-72 tới tang trống chạy dao.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 3000 vòng/phút của động cơ $\rightarrow n_t$ vòng/phút của tang trống.

Phương trình cân bằng động học của xích chạy dao được viết như sau:

$$3000 \cdot \frac{16}{64} \cdot \frac{a_n}{b_n} \cdot \frac{c_n}{d_n} \cdot \frac{22}{58} \cdot \frac{20}{24} \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{46}{69} \cdot \frac{63}{70} \cdot \frac{2}{72} = n_t \text{ vòng/phút} \quad (13.29)$$

Tang trống quay một vòng trong thời gian t_p (phút) cắt một vòng và hành trình cắt tương ứng với góc quay 160° .

Vì trong thời gian của hành trình cắt tang trống thực hiện số vòng quay:

$$n_t = \frac{60}{t_p} \cdot \frac{160^\circ}{360^\circ} \text{ vòng/phút} \quad (13.30)$$

cho nên công thức điều chỉnh chạc chạy dao có dạng:

$$\frac{a_n}{b_n} \cdot \frac{c_n}{d_n} = \frac{13,5}{t_p} \quad (13.31)$$

3. Xích hành trình nhanh

Ở hành trình nhanh, khớp nối ma sát làm cho bánh răng $Z = 43$

(nhận chuyển động quay từ bánh răng $Z = 45$ của trục chủ động) ăn khớp với trục của nó.

Dịch chuyển tính toán của chi tiết cuối cùng của xích động học: 3000 vòng/phút của động cơ $\rightarrow n_1$ vòng/phút của tang trống.

Phương trình cân bằng động học của xích động học hành trình chạy nhanh được viết như sau:

$$3000 \cdot \frac{16}{64} \cdot \frac{45}{43} \cdot \frac{20}{24} \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{46}{69} \cdot \frac{63}{70} \cdot \frac{2}{72} = n_1 \text{ vòng /phút} \quad (13.32)$$

Vì trong thời gian của hành trình chạy không t_k tang trống quay đi một góc 200° , còn

$$n_1 = \frac{60}{t_k} = \frac{200^\circ}{360^\circ} \quad (13.33)$$

cho nên:

$$t_k = 6 \text{ giây/1 răng}$$

4. Xích chuyển động bao hình và chia độ

Chuyển động quay của xích bao hình - chia độ được hình thành từ trục của bánh răng côn $Z = 40$ của khớp nối đảo chiều.

Tiếp theo đó chuyển động quay được tách ra xích chuyển động quay của phôi và xích chuyển động lắc của giá dao.

Trong xích chuyển động quay của phôi, chuyển động được truyền qua cặp bánh răng trụ 50 -40 (giảm tốc độ chia 1:1) hoặc các bánh răng 27-108 (giảm, tốc độ chia 1: 5), các bánh răng côn 30-24, hai cặp bánh răng côn 26-26 và các bánh răng côn 25-25, các bánh răng thay đổi của chạc chia

độ $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$ (không thể hiện trên hình vẽ) và các bánh răng côn 29-29 tới

trục vít một đầu mối ăn khớp với bánh vít chia độ $Z = 112$ của trục chính gá phôi.

Dịch chuyển tính toán của xích độ sẽ là:

1 vòng quay của tang trống $\rightarrow \frac{z_1}{z}$ vòng quay của trục chính gá phôi (ở đây: z - số răng gia công; z_1 - số răng được phân độ).

Phương trình cân bằng động học của xích chia độ được viết như sau:

$$1 \cdot \frac{72}{2} \cdot \frac{70}{63} \cdot \frac{69}{46} \cdot \frac{50}{108} \cdot \frac{40}{27} \cdot \frac{24}{30} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{28}{30} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{1}{112} = \frac{z_i}{z} \quad (13.34)$$

Công thức điều chỉnh chạc chia độ khi cắt răng bằng phương pháp bao hình (giảm tốc chia độ 1: 1).

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2z_i}{z} \quad (13.35)$$

và khi cắt răng bằng phương pháp tiến dao dọc trục (giảm tốc chia độ 1:5)

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{10 \cdot z_i}{z} \quad (13.36)$$

Ở xích chuyển động lắc (bao hình), chuyển động từ trục của bánh răng côn $Z = 40$ được truyền qua bánh răng trụ $Z = 46$, bánh răng trung gian $Z = 69$, bánh răng $Z = 60$ và cặp bánh răng côn 16-32 tới bánh răng $Z = 16$ ăn khớp với vành răng ăn khớp trong khuyết $Z = 144/126$, vành răng ăn khớp ngoài khuyết 140/210 và nửa vành răng $Z = 48/24$.

Vành ngoài có số răng $Z = 270$ ăn khớp với bánh răng $Z = 23$ mà từ đó chuyển động được truyền qua cặp bánh răng trụ 30-30 ($i = 1$) hoặc

15-75 ($i=5$) tới các bánh răng thay đổi của chạc bao hình $\frac{a_o}{b_o} \cdot \frac{c_o}{d_o}$ (không

thể hiện trên hình vẽ) và tiếp theo qua các bánh răng côn 50-42 tới bộ truyền trục vít - bánh vít 2-150 của giá lắc dao.

Dịch chuyển tính toán của xích bao hình nối kết chuyển động quay của trục chính gá phôi và chuyển động lắc của giá dao: 1 vòng quay của trục

chính gá phôi $\rightarrow \frac{z}{z_x}$ vòng quay của giá lắc (z - số răng gia công); z_x - số răng

của bánh vít trên giá lắc).

Tỷ số truyền của xích động học chỉ cần đảm bảo trong thời gian của hành trình cắt khi bánh răng $Z = 16$ ăn khớp với vành răng $Z = 240$.

Phương trình cân bằng động học của xích bao hình được viết như sau:

$$\begin{aligned}
& 1 \cdot \frac{112}{1} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{30}{28} \cdot \frac{d_1}{c_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{30}{24} \cdot \frac{40}{50} \times \\
& \times \frac{46}{60} \cdot \frac{16}{32} \cdot \frac{16}{240} \cdot \frac{270}{23} \cdot \frac{30}{75} \cdot \frac{a_o \cdot c_o}{b_o \cdot d_o} \cdot \frac{50}{42} \cdot \frac{2}{150} = \frac{z}{z_x} \quad (13.37)
\end{aligned}$$

Khi cắt răng bằng phương pháp bao hình ($i=1:1$)

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2 z_i}{z} \quad (\text{nghĩa công thức 13.35})$$

ta có công thức điều chỉnh chạc bao hình:

$$\frac{a_o}{b_o} \cdot \frac{c_o}{d_o} = \frac{3,5 z_i}{z_x} \quad (13.38)$$

Khi cắt răng bằng phương pháp tiến dao dọc trục ($i=1:5$):

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{10 z_i}{z} = (\text{nghĩa công thức 13.36})$$

ta có công thức điều chỉnh như sau:

$$\frac{a_o}{b_o} \cdot \frac{c_o}{d_o} = \frac{17,5 z_i}{z_x} \quad (13.39)$$

CHƯƠNG 14

CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO NĂNG SUẤT CẮT RĂNG

Giảm giá thành sản phẩm là một trong những điều kiện chủ yếu để tái sản xuất mở rộng và là một trong những nguồn chủ yếu để tích lũy vốn.

Mỗi một người công nhân có ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành nguyên công. Giảm giá thành nguyên công có liên quan trực tiếp đến vấn đề nâng cao năng suất lao động. Có một số phương pháp nâng cao năng suất cắt như sau:

1. Giảm thời gian cơ bản (thời gian máy).
2. Giảm thời gian phụ.
3. Tự động hoá các máy cắt răng.
4. Tăng khả năng đứng nhiều máy.

14.1. GIẢM THỜI GIAN CƠ BẢN

Thời gian cơ bản khi cắt răng cũng như các dạng gia công khác được xác định theo công thức:

$$t_o = \frac{L}{n.s} \quad (14.1)$$

Ở đây: L- quãng đường cắt hay chiều dài cắt (mm);

n- số vòng quay (vòng/phút) hay số hành trình kép trong một phút của dao;

s- lượng chạy dao (mm/vòng) hoặc mm/hành trình kép của dao.

Thời gian cơ bản khi cắt răng có thể được giảm bằng 3 phương pháp sau đây: giảm chiều dài cắt; tăng tốc độ cắt; tăng lượng chạy dao.

1. Giảm chiều dài cắt

Giảm chiều dài cắt có thể đạt được nhờ áp dụng sơ đồ cắt năng suất cao và dùng dao cắt răng tiên tiến. Ví dụ, khi phay lăn răng dùng phương pháp ăn dao hướng kính cho phép giảm chiều dài cắt tới $1,5 \div 2$ lần. Sử dụng dao xọc răng có phần trống (phần không có răng) cho phép loại trừ ăn dao từ chu kỳ gia công (không phải ăn dao vào phôi trước lúc cắt).

Giảm thời gian ăn dao cũng có thể đạt được nhờ gia công nhiều bánh răng cùng lúc. Trong trường hợp này ăn dao chỉ cần thực hiện khi cắt bánh răng đầu tiên.

2. Tăng tốc độ cắt

Tăng tốc độ cắt là phương pháp có hiệu quả nhất để giảm thời gian cơ bản. Để tăng tốc độ cắt có thể áp dụng các phương pháp sau đây:

- Sử dụng dao có thông số hình học của lưỡi cắt hợp lý có nghĩa là tăng góc trước và góc sau (các góc này đều phải lớn hơn 0).

- Chế tạo dao từ thép gió và hợp kim cứng có năng suất cao (tốc độ cắt có thể tăng $2 \div 4$ lần so với các dao thông thường).

- Sử dụng sơ đồ cắt hợp lý như phay nghịch, phay chéo v.v...

3. Tăng lượng chạy dao

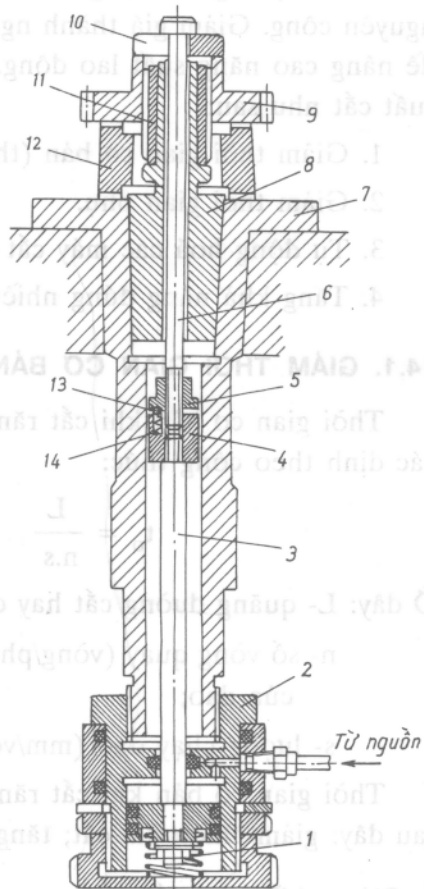
Để tăng lượng chạy dao cần phải hoàn thiện sơ đồ cắt và kết cấu của dao (dao phải có độ cứng vững cao) đồng thời phải dùng dụng dịch trơn nguội hợp lý khi cắt răng.

14.2. GIẢM THỜI GIAN PHỤ

Thời gian phụ khi cắt răng có thể được giảm nhờ sử dụng đồ gá kẹp nhanh bằng khí nén, dầu ép hoặc truyền động phối hợp khí nén - dầu ép. Các đồ gá này cho phép giảm thời gian gá đặt và tháo kẹp chi tiết gia công.

Hình 14.1 là đồ gá dùng truyền động động bằng dầu ép.

Phôi 9 được định vị trên chi tiết đệm 12 và bạc 11, bạc 11 được lắp trên



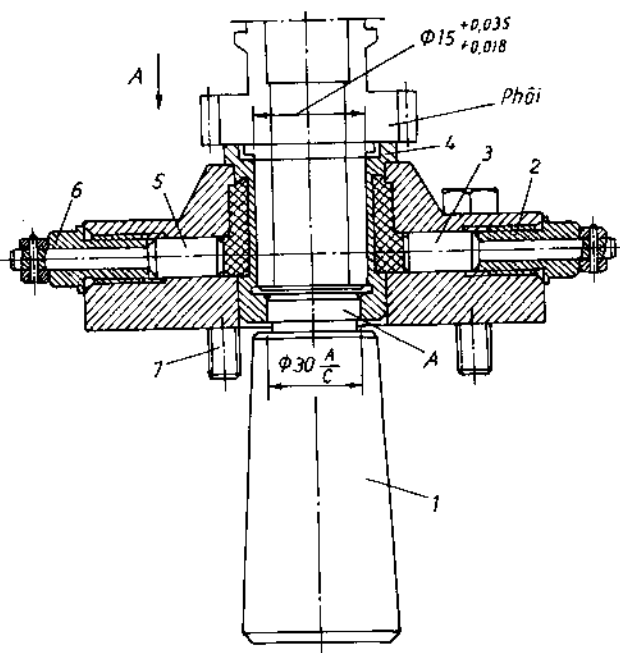
Hình 14.1. Đồ gá dùng truyền động bằng dầu ép

- 1- lò xo; 2- xylanh thuỷ lực; 3, 6- đòn rút; 4, 5- các chi tiết đỡ đòn rút; 7- trục chính của máy; 8- trục gá; 9- phôi; 10- vòng đệm; 11- bạc; 12- chi tiết đệm; 13, 14- các bi tỳ.

trục gá 8, trục gá 8 được lắp vào lỗ côn của trục chính của máy. Xylanh thủy lực 2 được lắp ở đầu dưới của trục chính 7 của máy. Để kẹp chặt phôi cần mở van cho dầu từ nguồn cung cấp đi vào xylanh làm cho pittông dịch chuyển xuống phía dưới, kéo theo các đòn rút 3, 6 và vòng đệm 10. Đầu của các đòn rút được lắp vào các chi tiết đỡ 4 và 5. Các bi tỳ 13 và 14 có tác dụng giữ cho các chi tiết 4 và 5 có vị trí cố định.

Để tháo kẹp chi tiết cần xoay van tới vị trí sao cho dầu chảy về nguồn, lúc đó dưới tác dụng của lò xo 1, pittông cùng các đòn rút 3 và 6 dịch chuyển lên phía trên, vòng đệm 10 được nổi lồng (chi tiết được tháo kẹp).

Hình 14.2 là đồ gá dùng chất dẻo để kẹp chặt bánh răng khi xọc răng. Đồ gá được định vị theo mặt trụ A của trục gá côn 1, trục gá côn 1 được lắp vào lỗ côn của trục chính máy và được kẹp chặt bằng ba bulông 7.



Hình 14.2. Đồ gá dùng chất dẻo để kẹp chặt bánh răng khi xọc răng.

1- trục gá công; 2, 6- các bulông kẹp phôi; 3, 5- các chốt đẩy; 4- bạc mỏng; 7- các bulông kẹp đồ gá.

Phôi được định vị trong bạc mỏng 4. Khi vặn các bulông 2 và 6, các chốt đẩy 3 và 5 ép chất dẻo, làm biến dạng bạc mỏng 4 và kẹp chặt phôi.

14.3. TỰ ĐỘNG HOÁ CÁC MÁY CẮT RĂNG

Tự động hoá các máy cắt răng được thực hiện theo các hướng sau đây:

- Tự động hoá một phần các máy cắt răng.
- Tự động hoá toàn bộ chu kỳ gia công chi tiết trên các máy cắt răng (chuyển phôi tới máy, gá và kẹp chặt phôi, cắt răng và kiểm tra, tháo bánh răng ra khỏi máy).

- Thành lập hệ thống tự động hoá gồm nhiều loại máy để chế tạo hoàn chỉnh bánh răng (gia công phôi, cắt răng, kiểm tra bánh răng, nhiệt luyện, gia công tinh sau nhiệt luyện).

Đối với hướng tự động hoá từng phần, thông thường có các dạng tự động hoá như sau: tự động hoá cấp phôi, tự động hoá gá và kẹp chặt phôi, tự động hoá cung ứng dụng cụ cắt răng, tự động hoá quá trình tháo phôi, tự động hoá quá trình kiểm tra, kích thước răng và điều chỉnh máy theo kết quả kiểm tra.

Tự động hoá quá trình cấp phôi cho máy cắt răng được thực hiện nhờ các cơ cấu cấp phát chuyên dùng.

Hình 14.3 là một loại cơ cấu cấp phôi tự động dùng tay gạt quay.

Tay gạt 2 quay xung quanh chốt 8 nhờ xylanh thủy lực 6 (xylanh dầu ép). Khi đó phôi 7 dịch chuyển theo quỹ đạo vòng cung từ ổ tích phôi tới tâm của bàn máy

9. Xylanh thủy lực

6 có thể xoay xung

quanh chốt 5. Ở

đầu cuối của tay

gạt có tay tóm 1.

Tại vị trí ban đầu

của tay gạt, phần

mò gạt của nó

nằm ở dưới ổ tích

phôi, còn tay tóm

1 được mở ra nhờ

chốt tỳ 3 để cho

phôi từ ổ tích có

thể đi vào mỏ gạt

của tay gạt một

cách dễ dàng. Khi

tay gạt ra khỏi vị

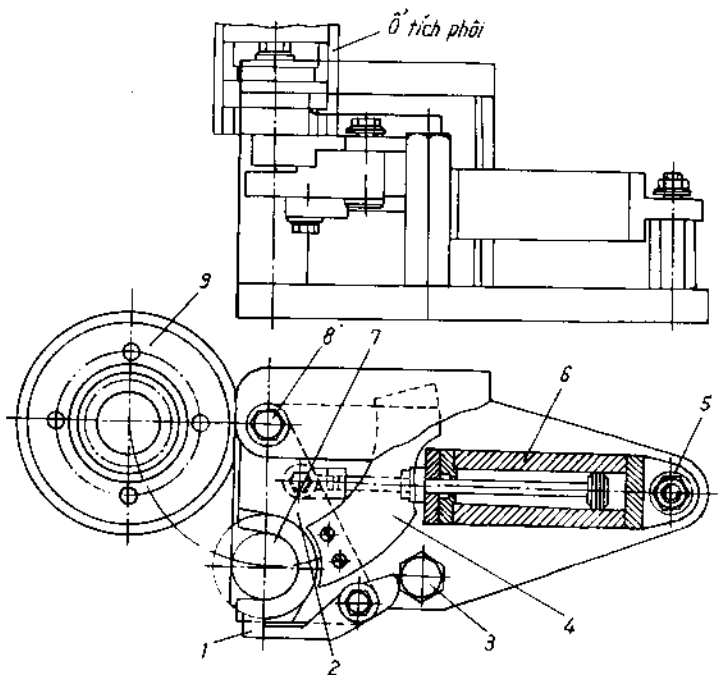
trí ban đầu, tay

tóm 1 tách khỏi

chốt tỳ 3 và ép

chặt phôi để đẩy

nó đến vị trí gia



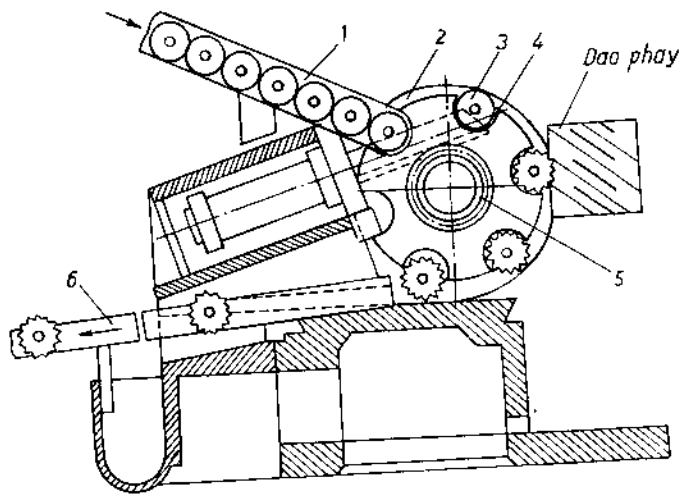
Hình 14.3. Cơ cấu cấp phôi tự động dùng tay gạt quay
1- tay tóm; 2- tay gạt; 3- chốt tỳ; 4- tấm chắn; 5, 8- các chốt xoay; 6- xylanh thủy lực; 7- phôi; 9- bàn máy.

công. Khi tay gạt quay, tấm chắn 4 sẽ trượt dưới ổ tích phôi để cho phôi rơi xuống từng chiếc một. Lúc tay gạt trở về vị trí ban đầu, chốt tỳ 3 làm xoay tay tóm 1 để phôi rơi vào vị trí của tay gạt, chuẩn bị cho lần cấp phôi tiếp theo.

Ở các máy cắt răng nằm ngang có sử dụng cơ cấu phôi 6 vị trí có tang quay nhằm nâng cao năng suất gia công (hình 14.4).

Phôi được chuyển từ ổ tích tới máy theo máng chứa phôi 1.

Sau mỗi chu kỳ gia công, tang quay 2 cùng với phôi 3 quay đi một góc 60° nhờ truyền động bánh răng - thanh răng 5 và 4. Thanh răng 4 được lắp cứng với cán pittông của xy lanh thủy lực và dịch chuyển một đoạn tương ứng với $1/6$ vòng quay của đĩa chia độ.



Hình 14.4. Cơ cấu cấp phôi 6 vị trí có tang quay
1- máng chứa phôi; 2- tang quay; 3- phôi; 4- thanh răng;
5- bánh răng; 6- máng dẫn bánh răng đã gia công.

Phôi rơi vào lỗ của tang quay nhờ trọng lượng của bản thân nó. Ở vị trí gia công trước dao phay, phôi được định vị và kẹp chặt trên trục gá thủy lực.

Sau khi phay răng xong, trục gá thủy lực được rút ra khỏi lỗ của bánh răng và tang quay xoay đi một góc để đẩy bánh răng ra khỏi vùng gia công. Các bánh răng đã được gia công sẽ trượt theo máng dẫn 6 và thùng chứa.

Để tự động hoá các máy cắt răng người ta còn sử dụng đồ gá tự động hoá (kẹp chặt và tháo kẹp chỉ tiết gia công được thực hiện nhờ cơ cấu truyền động bằng khí nén hoặc dầu ép).

Hiện nay đã có những máy phay lăn răng, xọc răng và chuốt răng đã được tự động hoá hoàn toàn. Trong các máy này sau khi phôi được gá và kẹp chặt, dao được dịch chuyển nhanh tới phôi để gia công. Sau khi cắt răng xong, dao dịch chuyển nhanh về vị trí ban đầu, bánh răng gia công được tự động tháo kẹp và đưa ra ngoài.

Các máy cắt răng tự động được trang bị các cơ cấu để bù lượng mòn của dao bằng thay đổi vị trí của nó, để tắt máy khi trong ổ tích hết phôi, để kiểm tra kích thước răng và để điều chỉnh chế độ cắt trong phạm vi một chu kỳ gia công.

Mức độ cao hơn của tự động hoá quá trình gia công bánh răng là thành lập dây chuyền tự động. Ví dụ, dây chuyền tự động chế tạo bánh răng trụ có môđun $m = 2 \div 5$ mm đường kính ngoài $80 \div 250$ mm, đường kính lỗ $30 \div 160$ mm. Phôi bánh răng là phôi dập. Dây chuyền tự động gồm 8 máy: 3 máy tiện tự động nhiều dao, một máy chuốt đứng tự động, 2 máy phay lăn răng tự động, 1 máy vẽ đầu răng tự động và một máy cà răng tự động. Các máy được nối với nhau bằng cơ cấu vận chuyển tự động.

Ở gần mỗi máy có cơ cấu cấp phát phôi tự động (gá phôi trên máy trước lúc gia công) và tháo phôi khỏi máy khi gia công xong).

Ở cuối dây chuyền có thùng chứa sản phẩm (bánh răng đã được gia công). Thời gian gia công một bánh răng khoảng 1,5 - 2 phút thay cho 10 - 15 phút khi gia công bằng các phương pháp thông thường.

14.4. TĂNG KHẢ NĂNG ĐÚNG NHIỀU MÁY

Khả năng đúng nhiều máy (phục vụ nhiều máy cùng một lúc) cho phép tăng tỷ lệ thời gian cơ bản trong thời gian từng chiếc, có ý nghĩa quan trọng đối với giá thành chế tạo bánh răng.

Phục vụ nhiều loại máy có thể đạt được nhờ tổ chức chỗ làm việc hợp lý, bố trí thiết bị đúng qui cách, trang bị cho máy các cử chặn để giảm thời gian điều khiển máy và thực hiện nhiều biện pháp tổ chức - kỹ thuật khác.

CHƯƠNG 15

NHIỆT LUYỆN BÁNH RĂNG

15.1. QUI TRÌNH NHIỆT LUYỆN

Mục đích của nhiệt luyện là đạt tính chất cơ bản của bánh răng dưới tác dụng của nhiệt độ và tốc độ làm nguội.

Đặc tính chung của quá trình nhiệt luyện bánh răng được thể hiện trong bảng 15.1.

Bảng 15.1. Đặc tính chung của quá trình nhiệt luyện bánh răng

Nguyên công	Công dụng	Chế độ nhiệt		Cấu trúc sau nhiệt luyện
		Nhiệt độ nung	Điều kiện làm nguội	
Ủ và làm nguội từ từ	Tăng khả năng cắt gọt của vật liệu, tăng tính dẻo của vật liệu, khử ứng suất dư	30 - 50°C cao hơn Ac_3 (theo đồ thị trạng thái Fe - Fe_3C)	Làm nguội đến 500°C với tốc độ 200°C/giờ cho thép cacbon và 100°C/giờ cho thép hợp kim	Pherit và Peelit
Thường hóa	Tăng khả năng cắt gọt của vật liệu, khử ứng suất dư, tạo độ hạt của vật liệu mịn hơn	40-50°C cao hơn Ac_3 (theo đồ thị trạng thái Fe - Fe_3C)	Ngoài không khí	Pherit và Peelit
Nhiệt luyện	Tạo ra tính chất cơ lý tối ưu	30-50°C cao hơn Ac_3 (theo đồ thị trạng thái Fe - Fe_3C)	Làm nguội trong nước hoặc dầu	Mactensit, Austenit, Sementit
Ram thấp	Giảm ứng suất dư, giữ độ cứng cao	150 - 220°C	Làm nguội từ từ trong lò hoặc làm nguội nhanh	Mactensit ram
Ram trung bình	Giảm ứng suất dư, giữ độ cứng cao	300-450°C	Làm nguội từ từ trong lò hoặc làm nguội nhanh	Troosit ram

Tiếp bảng 15.1.

Nguyên công	Công dụng	Chế độ nhiệt		Cấu trúc sau nhiệt luyện
		Nhiệt độ nung	Điều kiện làm nguội	
Ram cao	Tạo độ dẻo cao, nhất với giới hạn bền và giới hạn chảy lớn nhất	450 - 670°C	Làm nguội từ từ trong lò hoặc làm nguội nhanh (trong dầu)	Sorbit ram
Gia công bằng phương pháp làm lạnh	Ổn định tính chất và kích thước, tăng độ cứng và độ chống mòn của bánh răng nhờ chuyển đổi Austenit dư thành Mactensit	Làm lạnh đến nhiệt độ dưới - 100°C	Làm lạnh từ từ trong buồng làm lạnh để tránh xuất hiện ứng suất dư bên trong	Mactensit

15.2. NHIỆT LUYỆN PHÔI ĐỂ CẢI THIẾN TÍNH CẮT GỌT

Đối với các bánh răng cần phải qua nguyên công nhiệt hoá (thấm cacbon, thấm nito) thì cấu trúc vật liệu tối ưu để cải thiện điều kiện cắt là hạt peclit. Để có được cấu trúc vật liệu như vậy khi dùng các loại thép hợp kim 20XГНМ, 19XГН, 12XH, 30XM và thép 45 cần thực hiện nguyên công ram với chế độ sau: nung phôi đến nhiệt độ 950°C trong thời gian 1,5 ÷ 2 giờ, giữ ở nhiệt độ 950°C trong thời gian 1 giờ, làm nguội nhanh trong thời gian 10 phút tới nhiệt độ 620°C, giữ ở nhiệt độ 620°C trong thời gian 3 giờ, làm nguội đến 100°C trong 45 phút.

15.3. NHIỆT LUYỆN BÁNH RĂNG

Để đảm bảo độ cứng và độ bền của bánh răng, chúng phải được nhiệt luyện bằng một trong các phương pháp sau đây:

- Tôi thể tích và ram.
- Tôi bề mặt.
- Nhiệt hoá bề mặt.

15.3.1. Tôi thể tích

Chế độ tôi thể tích và ram bánh răng đối với thép kết cấu được ghi trong bảng 15.2. Nếu tôi thể tích cộng với ram cao gọi là tôi cải thiện.

Bảng 15.2. Chế độ tôi thể tích và ram bánh răng

Thép	Nguyên công	Nhiệt độ nung °C	Môi trường làm nguội	Độ cứng HB (MPa)
40	Tôi	830 - 850	Nước	-
	Ram	300 - 400	Không khí	3640 - 4440
	"	400 - 450	"	3210 - 4150
	"	510 - 550	"	2410 - 2860
	"	540 - 580	"	2030 - 2280
	"	580 - 640	"	1920 - 2030
	"	640 - 680	"	1700 - 1920
50Г2	Tôi	790 - 810	Dầu	-
	Ram	400	Không khí	3020 - 3400
	"	500	Dầu	2690 - 3020
	"	600	"	2170 - 2410
35ХГСА	Tôi	860 - 800	Dầu	-
	Ram	500 - 550	"	2230 - 2480
38ХМЮА	Tôi	930 - 800	Dầu	-
	Ram	600 - 675	Không khí	2860 - 3210
45Г2	Tôi	830 - 850	Dầu	-
	Ram	400	Không khí	3870 - 4440
	"	500	Dầu	3020 - 3400
	"	600	"	2550 - 2860
40X 38XA	Tôi	850 - 870	Dầu	-
	Ram	420	Không khí	3400 - 3870
	Ram	540	Dầu	2770 - 3110
	"	650	"	2170 - 2410
40XH	Tôi ram	820 - 870	Dầu	-
		550 - 560	"	2550 - 2860
45ХМΦА	Tôi	860 - 880	Dầu	-
	Ram	390 - 420	Không khí	4150 - 4770
	"	460 - 530	"	3630 - 4440
	"	550 - 600	"	3210 - 3630
	"	600 - 650	"	2600 - 3210

15.3.2. Tôi bề mặt

Trong những trường hợp khi chỉ cần tăng độ bền bề mặt mà không làm thay đổi thành phần hoá học của vật liệu người ta dùng phương pháp tôi bề mặt. Các phương pháp thường dùng là tôi bề mặt bằng ngọn lửa ga và tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần.

Theo phương pháp ngọn lửa ga thì bề mặt chi tiết được nung nóng bằng hỗn hợp khí oxy và axetylen tới nhiệt độ 3100°C. Tỷ lệ của oxy và axetylen là 1:1,3.

Làm nguội sau khi nung nóng được thực hiện bằng phun nước, emynxi hoặc ngâm trong dầu.

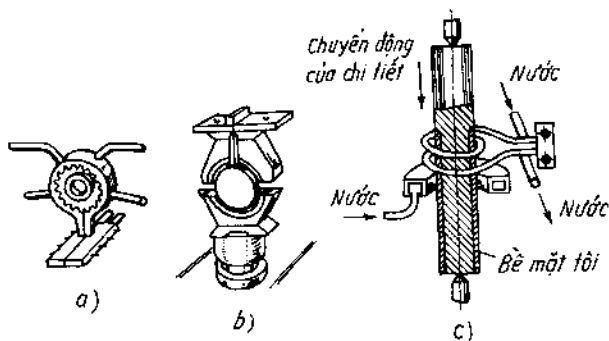
Ưu điểm của phương pháp tôi bề mặt bằng ngọn lửa ga là đơn giản và tính vạn năng của thiết bị, còn nhược điểm chính của phương pháp là rất khó điều chỉnh nhiệt độ nung tối ưu. Nếu sử dụng cơ cấu điều chỉnh tự động nhiệt độ nung thì phương pháp sẽ được sử dụng rộng rãi trong thực tế sản xuất.

Thời gian nung đối với các bánh răng có môđun $2 \div 5$ mm là 12 giây, còn đối với các bánh răng có môđun $6 \div 8$ mm là 15 giây. Thời gian giữ nhiệt độ nung khoảng 10 giây. Khi nung, bánh răng quay với tốc độ 87 vòng/phút.

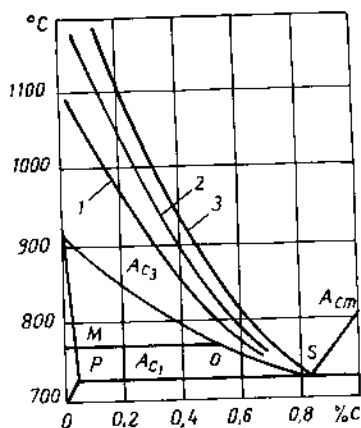
Phương pháp tôi bề mặt tiên tiến hơn là phương pháp dùng dòng điện cao tần. Chi tiết gia công được đặt trong bộ phận cảm và cho dòng điện cao tần đi qua ($10^3 \div 10^6$ Hz) nhờ đó mà trên lớp bề mặt của chi tiết cảm ứng các dòng điện xoáy để nung nóng nhanh bề mặt chi tiết. Sau khi nung nóng chi tiết được làm nguội bằng phun nước hoặc emynxi. Trong một số trường hợp chi tiết được ngâm trong dầu.

Có một số phương pháp tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần như sau:

- Nung và tôi đồng thời toàn bộ bề mặt chi tiết (cho các bánh răng có môđun < 6 mm, các loại



Hình 15.1. Các sơ đồ tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần
a- nung và tôi đồng thời; b- nung và tôi tuần tự;
c- nung và tôi tuần tự - liên tục.



Hình 15.2. Thay đổi nhiệt độ nung tối ưu khi tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần theo lượng carbon và tốc độ nung
1-200°C/giây; 2-550°C/giây; 3-700°C/giây.

trục ngắn). Trong trường hợp này chỉ tiết đúng yên hoặc quay $20 \div 30$ vòng trong thời gian nung (hình 15.1a).

- Nung và tôi tuần tự từng phần của chỉ tiết dùng cho các bánh răng có môđun > 6 mm và các cam (hình 15.1b).

- Nung và tôi tuần tự - liên tục với dịch chuyển của trục răng có chiều dài lớn (hình 15.1c).

Thời gian nung bằng dòng điện cao tần phụ thuộc vào chiều sâu lớp bề mặt cần tôi và tần số của dòng điện (bảng 15.3).

Bảng 15.3. Thời gian nung khi tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần phụ thuộc vào tần số của dòng điện và chiều sâu lớp bề mặt cần tôi

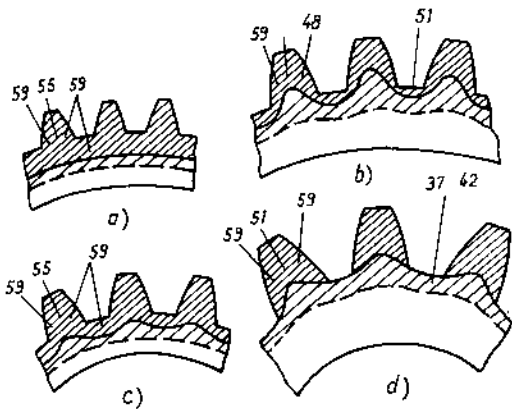
Chiều sâu lớp bề mặt cần tôi (mm)	Thời gian nung (giây) khi tần số của dòng điện (Hz)	
	10^4	$3,6 \cdot 10^5$
2,0	1	5
3,0	3	9
4,0	5	15
5,0	15	30

Do tốc độ nung cao ($200 \div 600^\circ\text{C}$) và thời gian giữ nhiệt không lớn cho nên nhiệt độ nung tối ưu của phương pháp tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần cao hơn nhiệt độ của phương pháp tôi thông thường khoảng $100 \div 150^\circ\text{C}$ (hình 15.2).

Tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần là một phương pháp tiên tiến, cho phép tăng năng suất gia công, giảm giá thành sản phẩm và tạo khả năng tự động hoá quá trình sản xuất.

Sau khi tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần, độ cứng, độ chống mòn và độ bền tiếp xúc của bề mặt răng tăng lên rõ rệt.

Chế độ tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần được chọn theo bảng 15.4. Phân bố độ cứng theo vị trí của răng được trình bày trên hình 15.3 (các số liệu dùng cho thép 40X).



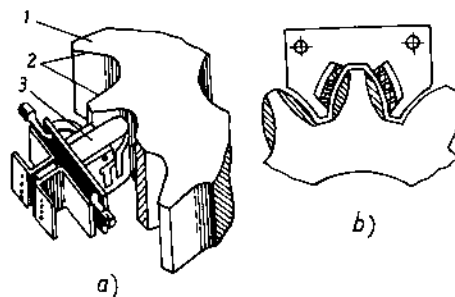
Hình 15.3. Phân bố lớp bề mặt tôi và độ cứng HRC của các bánh răng có môđun m khác nhau
a - $m < 2,0$; b - $m = 2 - 2,5$;
c - $m = 2,5 - 4,0$; d - $m > 4,0$.

Bảng 15.4. Chế độ tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần cho bánh răng bằng thép 40X

Đặc tính của bánh răng			Điều kiện nung		Độ cứng sau khi ram (HRC)	Độ cứng sau khi tôi bằng dòng điện cao tần HRC
Đường kính (mm)	Bề rộng vành răng (mm)	Môđun (mm)	Công suất (kW)	Thời gian nung (giây)		
45	14	15	36,5	3,5	51	53
87	15	15	54,4	5,0	46	53
49	15	2,25	41,3	4,5	56	59
85	13	2,25	53,2	5,0	56	59
130,5	15	2,25	53,2	12,0	56	59

Ghi chú: Nhiệt độ của nguyên công ram là 230°C

Hình 15.4 là cách bố trí cơ cấu nung cao tần cho các bánh răng có môđun khác nhau. Đối với các bánh răng có môđun > 10 mm cần phải tôi cả prophin và đáy răng (hình 15.4a) còn đối với các bánh răng có môđun $6 \div 10$ mm chỉ cần tôi prophin răng (hình 15.4b) bởi vì không thể đưa cơ cấu nung xuống tận đáy răng.



Hình 15.4. Sơ đồ tôi bằng dòng điện cao tần các bánh răng có môđun lớn.
a- tôi prophin và đáy răng; 1 - bánh răng; 2- lớp tôi; 3- cơ cấu nung; b- tôi prophin răng.

15.3.3. Gia công bề mặt bằng phương pháp nhiệt - hoá

Khi gia công bề mặt bằng phương pháp nhiệt - hoá xảy ra sự thay đổi thành phần hoá học của lớp bề mặt của chi tiết gia công.

Sau khi nhiệt - hoá bề mặt, phần lớn các chi tiết được tôi và ram thấp (ở nhiệt độ thấp trong khoảng $150 \div 220^\circ\text{C}$).

Mục đích chính của gia công bằng phương pháp nhiệt - hoá là nâng cao độ cứng và độ chống mòn của lớp bề mặt, đồng thời nâng cao độ bền mỏi và độ bền tiếp xúc của bánh răng.

Các phương pháp nhiệt - hoá thông dụng nhất là thấm các bon và thấm cacbon-nitơ. Sử dụng các phương pháp này cho phép cơ khí hoá và

tự động hoá quá trình công nghệ, đảm bảo chất lượng sản phẩm, đơn giản hoá các nguyên công nhiệt luyện tiếp theo, giảm thời gian gia công và diện tích sản xuất.

Đặc tính của các phương pháp nhiệt - hoá được ghi trong bảng 15.5.

Bảng 15.5. Đặc tính của gia công bánh răng bằng các phương pháp nhiệt - hoá

Nguyên công	Công dụng	Thành phần của môi trường	Nhiệt độ (°C)	Thời gian giữ (giờ)
Thấm cacbon bằng chất tăng cacbon khô	Tăng cacbon cho bề mặt	Than củi, than đá với muối canxi	880 - 930	10 để có chiều sâu lớp thấm là 1mm
Thấm cacbon khí trong lò đứng	Tăng cacbon cho bề mặt	Hỗn hợp khí trong lò từ dầu hoả, benzol, pirobenzol, xăng tổng hợp	930 - 950	6-8 để có chiều sâu lớp thấm 1 mm
Thấm cacbon - nitơ	Tăng cacbon và nitơ cho bề mặt	Hỗn hợp khí cacbon và 2 - 10% amoniac	820 - 860	4 để có chiều sâu lớp thấm 0,6 mm
Thấm nitơ	Tăng nitơ cho bề mặt để tăng độ cứng, độ chống mòn và độ bền mỏi	Amoniacc	480 - 560	30 để có chiều sâu lớp thấm 0,3 mm

15.4. THIẾT BỊ NHIỆT LUYỆN BÁNH RĂNG

Để thực hiện các nguyên công nhiệt luyện trên đây có thể sử dụng nhiều loại thiết bị khác nhau. Để ủ và thường hoá thép khi gia công các chi tiết nhỏ và trung bình trong sản xuất hàng loạt nhỏ hoặc đơn chiếc người ta sử dụng các lò dạng hộp. Tất cả các chi tiết thuộc nhóm này cũng được thực hiện trong các lò dạng hộp, còn ram thấp và ram cao được thực hiện trong các lò đứng có trang bị hệ thống quạt thông gió để đảm bảo quá trình cháy đều.

Trong sản xuất hàng khối để ủ, thường hoá, tôi và ram thường người ta sử dụng các lò cơ khí hoá và các lò băng tải. Sử dụng các lò này cho phép thực hiện quá trình cơ khí hoá và tự động hoá nhằm nâng cao chất lượng và giảm giá thành gia công chi tiết. Tôi bề mặt bằng dòng điện cao tần được thực hiện nhờ các máy phát điện.

Thấm cacbon và thấm cacbon - nitơ trong sản xuất lớn được thực hiện trong các lò tác động liên tục, còn thấm nitơ được thực hiện trong các lò đứng hoặc trong các lò dạng hộp.

Lò dạng hộp vụn năng để thấm cacbon và thấm cacbon - nito có các đặc tính cơ bản sau đây:

- Công suất danh nghĩa (kW)	10,8
- Công suất động cơ (kW)	16,6
- Kích thước lò (mm):	
+ Dài	1000
+ Rộng	500
+ Cao	500
- Nhiệt độ (°C)	950
- Dung lượng lớn nhất (kg)	200
- Tiêu hao nhiên liệu (m ³ /giờ):	
+ Endoga	15
+ Metan	1,5
+ Amoniac	1

15.5. LÀM SẠCH BÁNH RĂNG SAU NHIỆT LUYỆN

Bề mặt bánh răng sau nhiệt luyện có nhiều bụi bẩn và gỉ sắt, vì vậy chúng phải được làm sạch trước khi sử dụng hoặc gia công cơ thiếp theo. Trước đây để làm sạch bề mặt răng người ta thường dùng thiết bị phun cát nhưng hiện nay phương pháp này đã cấm không được sử dụng vì lý do sức khoẻ của con người. Phương pháp làm sạch được sử dụng hiện nay là phun dung dịch cát. Dung dịch cát chứa 50 % cát (theo khối lượng) và 50 % nước (theo khối lượng). Dùng một máy bơm để bơm dung dịch này đi qua ống dẫn của máy nén khí có áp suất $0,4 \div 0,5$ MPa tới bề mặt gia công. Khi va đập vào bề mặt gia công, dung dịch làm sạch bề mặt rồi chảy vào một thùng riêng để có thể dùng lại. Thay cho cát, có thể dùng hạt thép để làm sạch chi tiết. Bề mặt được làm sạch bằng dung dịch hạt thép có độ cứng cao hơn so với trước khi làm sạch.

Ghi chú: Nếu bề mặt bánh răng trước khi nhiệt luyện có dính dầu thì nó phải được làm sạch bằng nước nóng ($80 \div 90^{\circ}\text{C}$) có pha thêm 10 % dung dịch axit.

15.6. KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG CỦA BÁNH RĂNG SAU NHIỆT LUYỆN

Khi kiểm tra cấu trúc tế vi cần phải lưu ý rằng cấu trúc của lớp bề mặt sau nhiệt luyện phải có thành phần chủ yếu là mactensit và austenit dư. Trong trường hợp này ở bề mặt thấm cacbon cho phép không quá 25% lượng austenit dư. Ở lớp bề mặt thấm cacbon - nitơ, lượng austenit dư có thể đạt tới 50%.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy lượng austenit dư ở lớp bề mặt thấm cacbon - nitơ (50%) cho phép nâng cao độ bền của bánh răng đặc biệt là các bánh răng ở cầu sau của ôtô.

Ở phần lõi của răng thấm cacbon và thấm cacbon - nitơ, cấu trúc vật liệu phải bao gồm beinit hoặc mactensit ít cacbon. Trong cấu trúc của lõi không cho phép có pherit.

Bề mặt sau khi tôi thường được kiểm tra độ cứng HRC.

Trong bảng 15.6 trình bày các phương pháp kiểm tra các thông số chủ yếu của bánh răng sau nhiệt luyện.

Bảng 15.6. Các phương pháp kiểm tra bánh răng sau nhiệt luyện

Thông số kiểm tra	Phương pháp kiểm tra
Chiều dày lớp bề mặt sau nhiệt luyện	Đo độ cứng từ ngoài vào trong
Độ cứng bề mặt sau tôi và ram	Dùng máy đo độ cứng Rokvel ($HRC \geq 59 - 63$)
Cấu trúc tế vi của lớp bề mặt sau nhiệt luyện	Dùng kính hiển vi kim tương học
Biến dạng của bánh răng sau nhiệt luyện	Máy đo chuyên dùng

CHƯƠNG 16

KIỂM TRA BÁNH RĂNG

16.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Kiểm tra - một phần quan trọng của quá trình sản xuất bánh răng. Ngoài kiểm tra nguyên công (kiểm tra chi tiết sau mỗi nguyên công tại vị trí làm việc) trong qui trình còn được tiến hành kiểm tra nhiều thông số đặc biệt.

Trình tự các nguyên công kiểm tra trong qui trình chế tạo bánh răng được tiến hành như sau:

1. Kiểm tra độ cứng của phôi sau khi ủ.
2. Kiểm tra kích thước của phôi sau khi gia công thô.
3. Kiểm tra kích thước của răng sau khi cắt.
4. Kiểm tra độ cứng sau nhiệt luyện (thường hoá) nếu nguyên công này có trong qui trình.
5. Kiểm tra kích thước sau các nguyên công tinh trước khi thấm cacbon.
6. Kiểm tra chất lượng của lớp phủ bề mặt nếu nguyên công này có trong quá trình.
7. Kiểm tra kích thước sau khi thấm cacbon.
8. Kiểm tra kích thước sau các nguyên công tinh trước khi tôi.
9. Kiểm tra kích thước sau khi tôi (hoặc thấm nito).
10. Kiểm tra bánh răng lần cuối.

Trong tất cả các thông số của bánh răng cần kiểm tra trên đây thì các thông số của vành răng (sau khi cắt răng) là quan trọng nhất.

A. Độ chính xác động học

Độ chính xác động 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 và 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 định khi làm việc

Độ ổn định khi làm việc được kiểm tra khi bánh răng làm việc với tốc độ cao và nó bao gồm các chỉ tiêu sau đây:

- Sai số chu kỳ.
- Sai số bước cơ sở.
- Sai số bước vòng.
- Sai số prophin.
- Sai lệch khoảng cách tâm khi bánh răng quay một răng.

C. Độ chính xác tiếp xúc

Độ chính xác tiếp xúc được kiểm tra khi bánh răng làm việc với tải trọng lớn. Nó bao gồm các 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, có rất nhiều chỉ tiêu của bánh răng cần phải kiểm tra. Dưới đây ta nghiên cứu một số phương pháp kiểm tra các chỉ tiêu cơ bản của bánh răng.

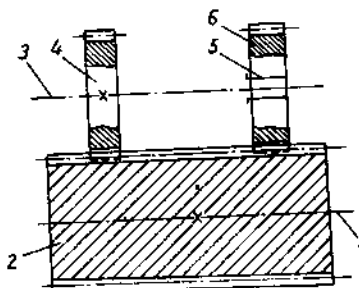
16.2. KIỂM TRA CÁC CHỈ TIÊU CỦA ĐỘ CHÍNH XÁC ĐỘNG HỌC

16.2.1. Kiểm tra sai số động học

Sai số động học của bánh răng được xác định bằng cách so sánh các góc quay của bánh răng mẫu và bánh răng kiểm tra (hình 16.1).

Nguyên lý kiểm tra như sau: bánh răng mẫu 4 và bánh răng cần kiểm tra 6 được lắp trên các trục 3 và 5, các bánh răng này cùng quay xung quanh một trục khi chúng ăn khớp một phía với bánh răng trung gian 2.

Trục 1, trục 3 và trục 5 được gá song song với nhau. Trục 1 quay được nhờ một động cơ điện và khi bánh răng 2 quay, nó làm cho các góc quay của các bánh răng 4, 6 và các trục 3, 5 có các giá trị khác nhau. Các giá trị này được ghi lại nhờ датчик (senso) cảm ứng và được chuyển thành các tín hiệu điện để ghi thành đồ thị.

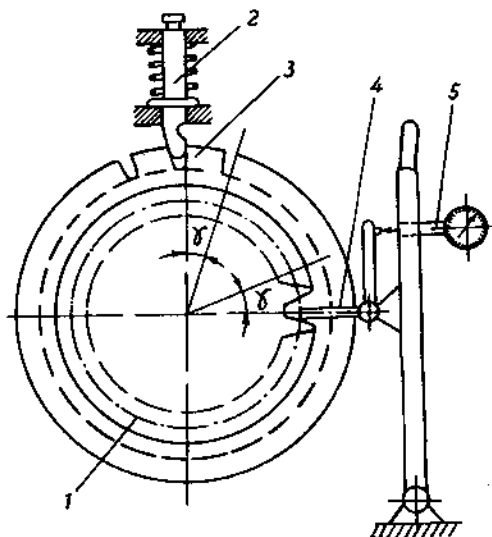


Hình 10.1. Sơ đồ kiểm tra sai số động học
1- trục lắp bánh răng trung gian; 2- bánh răng trung gian; 3- trục lắp bánh răng mẫu; 4- bánh răng mẫu; 5- trục lắp bánh răng kiểm tra; 6- bánh răng cần kiểm tra

16.2.2. 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 prophin răng cùng phía trên một vòng tròn của bánh răng. Sai số tích lũy bước vòng được xác định bằng các dụng cụ đo chuyên dùng. Hình 16.2 là sơ đồ kiểm tra đơn giản nhất.

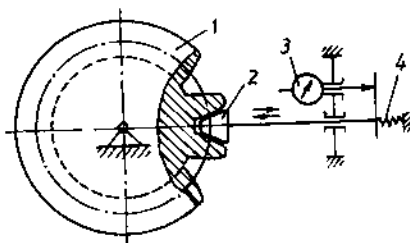
Máy đo gồm một đĩa chia 3 và chốt định vị 2. Bánh răng kiểm tra 1 được lắp cứng trên trục của đĩa chia 3. Mô do 4 tỳ vào đầu đó 5 của đồng hồ so. Ở vị trí như trên sơ đồ, ta điều chỉnh cho kim đồng hồ có chỉ số 0. Sau đó rút chốt định vị 2 ra, dùng tay quay đĩa chia 3 và bánh răng 1 đi một góc $\gamma = \frac{2\pi}{z}$ (z là số răng), lúc đó mô do 4 tỳ vào prophin 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.



Hình 10.2. Sơ đồ kiểm tra sai số tích lũy bước vòng
1- bánh răng cần kiểm tra; 2- chốt định vị; 3- đĩa chia; 4- mô do; 5- đồng hồ so.

16.2.3. Kiểm tra độ đảo vòng chia

Hình 16.3 là sơ đồ kiểm tra độ đảo vòng chia. Đầu đo 2 thường có dạng hình côn, nó được lần lượt đặt vào các rãnh của răng trên bánh răng 1 và luôn luôn tiếp xúc với mặt răng nhờ lò xo 4 đặt ở đầu cán. Độ đảo vòng chia là hiệu đại số của hai giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của chỉ số đồng hồ.

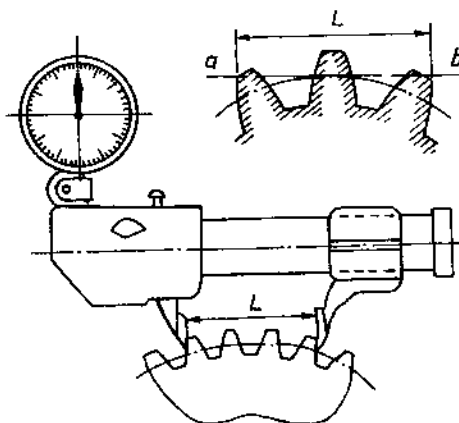


Hình 16.3. Sơ đồ kiểm tra độ đảo vòng chia
1- Bánh răng cần kiểm tra; 2- đầu đo; 3- đồng hồ so; 4- lò xo.

16.2.4. 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 prophin khác nhau của các răng (hình 16.4).

Khi đo sai lệch khoảng pháp tuyến chung thì đồng hồ so được chỉnh về 0 đối với nhóm răng đầu tiên. Sau khi đo cho nhiều nhóm răng ta chọn chỉ số cao nhất của đồng hồ, đó chính là sai lệch khoảng pháp tuyến chung ΔL . Sai lệch khoảng pháp tuyến chung cho phép đánh giá sai số động học của bánh răng.

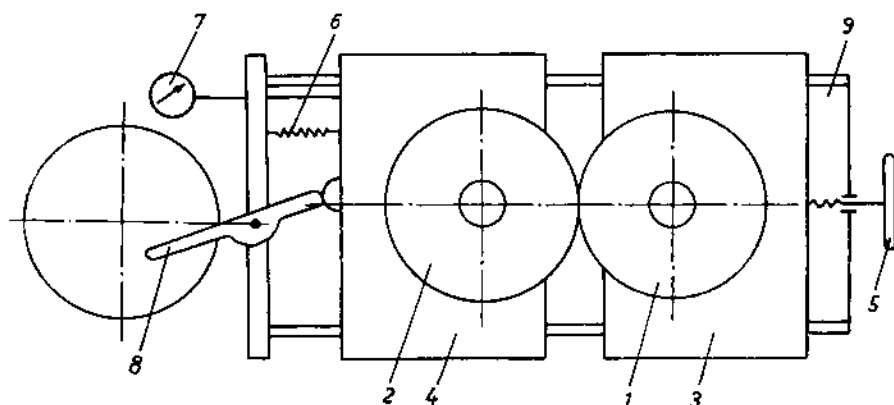


Hình 16.4. Kiểm tra sai lệch khoảng pháp tuyến chung

16.2.5. 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 khi bánh răng quay một vòng hoặc quay một răng như: sai số prophin, độ đảo vành răng, sai số bề dày của răng v.v... Trong sản xuất lớn, đó là phương pháp kiểm tra không thể thiếu được.

Hình 16.5 là sơ đồ nguyên lý của phương pháp kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên.



Hình 16.5. Sơ đồ kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên
1- bánh răng cần kiểm tra; 2- bánh răng mẫu; 3, 4- các bàn trượt;
5- tay quay; 6- lò xo; 7- đồng hồ so; 8- cơ cấu vẽ đồ thị; 9- đế.

Bánh răng cần kiểm tra 1 và bánh răng mẫu 2 được lắp trên hai bàn trượt 3 và 4. Bàn trượt 3 có thể di trượt trên đế 9 nhờ tay quay 5, còn bàn trượt 4 luôn luôn bị lò xo 6 ép để bánh răng 2 ăn khớp với bánh răng 1.

Trong quá trình ăn khớp, nếu bánh răng cần kiểm tra 1 có sai số, bàn trượt 4 sẽ dịch chuyển theo phương hướng kính. Lượng dịch chuyển đó được chỉ thị trên đồng hồ so 7 hoặc được ghi thành đồ thị nhờ cơ cấu 8. Trong quá trình kiểm tra, bàn trượt 3 cố định, nó chỉ được di chuyển khi cần thay đổi khoảng cách tâm giữa hai trục gá (nhờ tay quay 5) 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 độ chính xác động học.

- Dao động khoảng cách tâm khi quay một răng dùng để đánh giá độ ổn định khi làm việc do sai số bước cơ sở, sai số prophin gây ra.

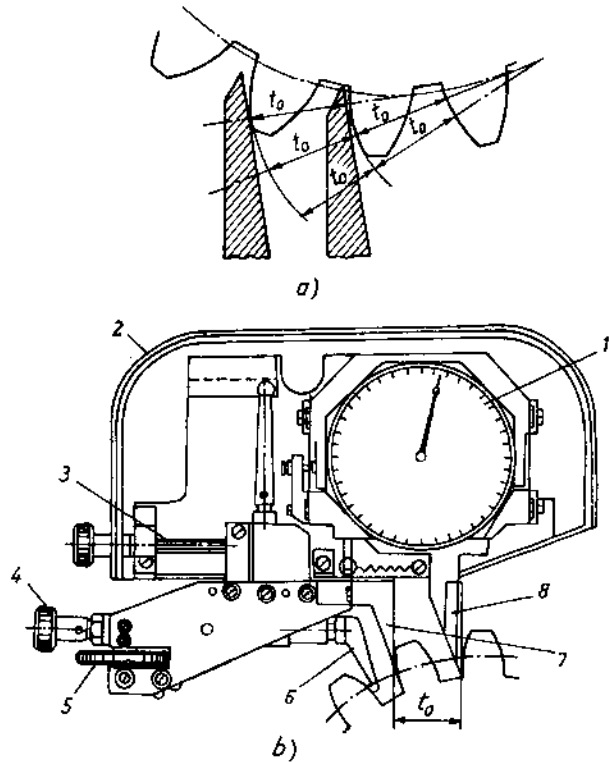
16.3. KIỂM TRA CÁC CHỈ TIÊU CỦA ĐỘ ỔN ĐỊNH KHI LÀM VIỆC

16.3.1. Kiểm tra sai số bước cơ sở

Bước cơ sở t_0 là khoảng cách giữa hai tiếp tuyến song song của hai

prophin răng cùng phía cạnh nhau (hình 16.6a). Bước cơ sở t_0 được đo bằng thiết bị đo bước (hình 16.6b).

Thiết bị đo bước cơ sở gồm thân 2, hai đầu đo 7, 8, đồng hồ so 1 và một số chi tiết khác. Khi đo, hai đầu đo 7 và 8 tỳ vào hai profin cùng phía của hai răng kề nhau. Vít điều chỉnh 3 có tác dụng dịch chuyển đầu đo 7 đến vị trí yêu cầu. Để giữa cho thiết bị ở vị trí yêu cầu cần có đầu tỳ 6, vị trí của đầu tỳ này được điều chỉnh nhờ vít 4 và đai ốc 5. Trước khi đo, thiết bị được điều chỉnh để có khoảng cách giữa hai đầu đo 7 và 8 bằng t_0 (lý thuyết) nhờ các miếng căn.



Hình 16.6. Sơ đồ kiểm tra bước cơ sở (a) và thiết bị đo bước (b)
1- đồng hồ so; 2- thân; 3- vít điều chỉnh; 4- vít; 5- đai ốc; 6- đầu tỳ; 7, 8- các đầu đo.

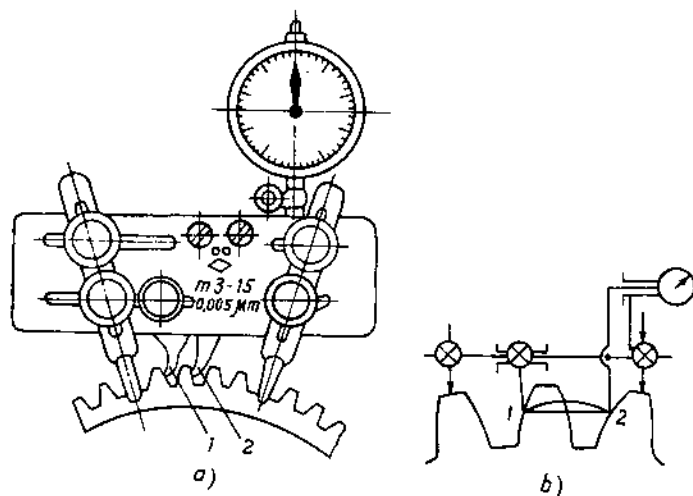
Để xác định sai lệch bước cơ sở Δt_0 cần đo tất cả các bước t_0 (số bước cần đo bằng $\frac{z}{2}$, z là số răng của bánh răng) rồi lấy hiệu đại số của giá trị t_{0max} hoặc t_{0min} và t_0 (lý thuyết). Đó chính là sai số bước cơ sở Δt_0 .

16.3.2. Kiểm tra sai số bước vòng

Hình 16.7 là sơ đồ kiểm tra sai số bước vòng.

Dụng cụ kiểm tra bước vòng (hình 16.7a) có hai đầu đo 1 và 2 tỳ lên hai profin cùng phía của hai răng kề nhau gần đường kính chia. Đồng hồ so chỉ các giá trị khác nhau khi ta kiểm tra các bước khác nhau. Sai

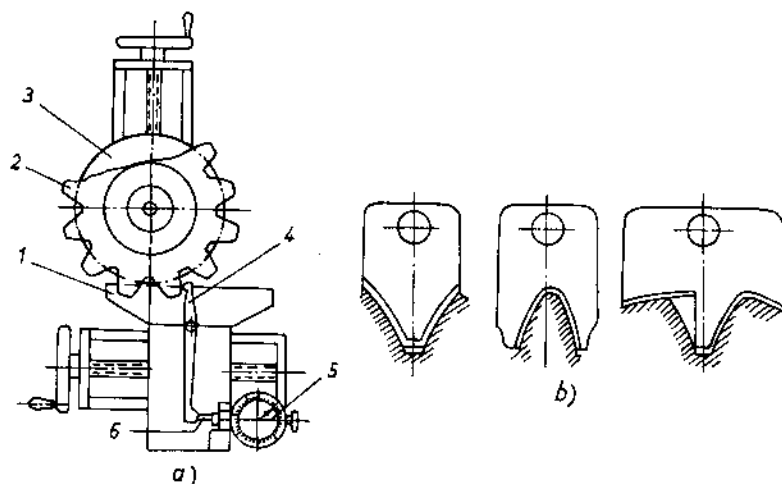
số bước vòng là hiệu giá trị của hai bước nào đó trên một đường tròn của bánh răng. Trường phân bố của sai số bước vòng là hiệu của hai bước lớn nhất và nhỏ nhất khi kiểm tra tất cả các bước vòng của bánh răng.



Hình 16.7. Sơ đồ kiểm tra bước vòng
a- dụng cụ đo bước vòng; b- sơ đồ kiểm tra; 1, 2- hai đầu đo.

16.3.3. Kiểm tra sai số prophin của răng

Sai số prophin của răng được kiểm tra bằng máy đo chuyên dùng (hình 16.8).



Hình 16.8. Sơ đồ kiểm tra sai số prophin của răng
a- kiểm tra bằng máy; b- kiểm tra bằng đường; 1- thước; 2- bánh răng;
3- đĩa; 4- đầu đo; 5- đồng hồ so; 6- đầu tỳ.

Bánh răng kiểm tra 2 được lắp cứng trên đĩa 3 (đĩa 3 có đường kính bằng đường kính cơ sở của bánh răng 2). Thước 1 tiếp xúc với đĩa 3 và

đầu đo 4 tiếp xúc với prophin răng. Khi ta quay bánh răng 2, nếu prophin răng có sai số thì đầu đo 4 có đầu tỳ 6 tỳ vào đầu đo của đồng hồ 5 sẽ làm cho kim đồng hồ dịch chuyển. Nếu prophin răng không có sai số, kim đồng hồ không di chuyển.

Ngoài máy đo prophin chuyên dùng, trong thực tế người ta còn dùng các đường để xác định sai số prophin (hình 16.8b).

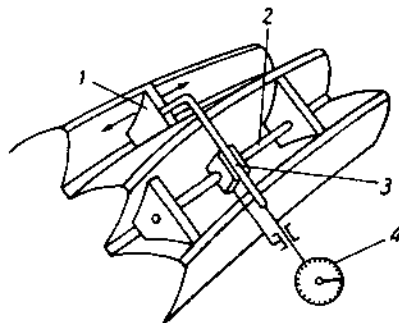
16.4. KIỂM TRA CÁC CHỈ TIÊU CỦA ĐỘ CHÍNH XÁC TIẾP XÚC

16.4.1. Kiểm tra sai số phương của răng

Nếu ở bánh răng trụ răng thẳng phương của răng không trùng với phương của tâm lỗ thì ăn khớp sẽ không đúng (ăn khớp không theo toàn bộ chiều dài của răng) và răng sẽ mòn không đều theo chiều dài. Vì vậy, phải kiểm tra độ chính xác của bề mặt răng theo vết tiếp xúc trong bộ truyền ăn khớp. Đối với bánh răng trụ răng thẳng, độ chính xác này được đặc trưng bằng độ song song của các đường sinh mặt răng và mặt chuẩn. Để kiểm tra, bánh răng được chống tâm hai đầu, ở rãnh răng được đặt một con lăn có chiều dài lớn hơn chiều dài của răng và dùng đồng hồ so dịch chuyển theo chiều dài của đường sinh con lăn, độ lệch của kim đồng hồ chính là độ không song song giữa đường sinh của prophin răng và tâm lỗ của bánh răng. Đó chính là sai số phương của răng.

Ở bánh răng nghiêng ăn khớp ngoài, sai số phương của răng được kiểm tra bằng thước đo chuyên dùng (hình 16.9).

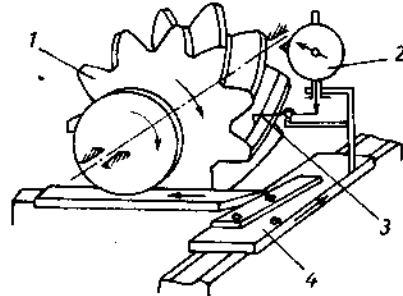
Đầu đo tiếp xúc với hai prophin của rãnh răng và dịch chuyển dọc theo răng nhờ giá đỡ 2. Trên giá đỡ 2 có lắp thanh nối 3 và đồng hồ so 4. Nếu phương của răng có sai số thì kim đồng hồ sẽ dao động. Độ mở lớn nhất của kim đồng hồ chính là sai số phương của răng.



Hình 16.9. Kiểm tra phương của răng
1- đầu đo; 2- giá đỡ; 3- thanh nối.

Sai số phương của răng nghiêng cũng có thể được kiểm tra bằng bước đo chuyên dùng kiểu khác (hình 16.10).

Khi kiểm tra, đầu đo 3 tỳ vào prophin của răng cùng với đồng hồ so 2 lắp trên đế gá 4 dịch chuyển, còn bánh răng 1 quay đồng bộ để tạo ra quỹ đạo theo đường xoắn của răng. Độ mờ lớn nhất của kim đồng hồ chính là sai số phương của răng.



Hình 16.10. Sơ đồ nguyên lý kiểm tra phương của răng

16.4.2. Kiểm tra vết tiếp xúc

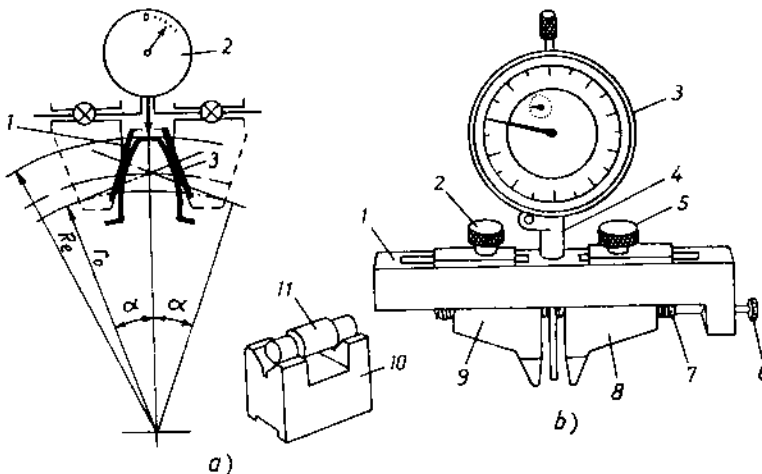
Vết tiếp xúc được kiểm tra bằng cách bôi lên bề mặt răng một lớp sơn rồi cho hai bánh răng quay ăn khớp với nhau (có thể một bánh răng cần kiểm tra và một bánh răng mẫu), sau đó dùng máy và xác định vị trí và diện tích của vết tiếp xúc.

1- bánh răng cần kiểm tra; 2- đồng hồ so; 3- đầu đo; 4- đế gá đồng hồ.

16.5. KIỂM TRA KHE HỖ MẶT BÊN

16.5.1. Kiểm tra sai số của biên dạng khởi xuất

Kiểm tra sai số của biên dạng khởi xuất của bánh răng trụ được kiểm tra được thực hiện bằng thước đo răng chuyên dùng (hình 16.11).



Hình 16.11. Sơ đồ làm việc của thước đo răng (a) và thước đo răng (b)

a: 1, 3- đầu đo; 2- đồng hồ so; 10- khối V; 11- con lăn.

b: 1- thân; 2, 5- củ chặn; 3- đồng hồ so; 4- ống kẹp; 6- tay quay; 7- trục vít; 8, 9- đầu đo.

Các đầu đo 1 và 3 (hình 16.11a) có dạng khối V với góc bằng hai góc ăn khớp. Chuẩn để đo là vòng tròn đỉnh của bánh răng cần kiểm tra. Trước khi kiểm tra, thước đo được điều chỉnh theo con lăn 11 (có đường kính xác định) để kim đồng hồ chỉ số 0. Sau đó, trong quá trình kiểm tra theo đồng hồ so xác định sai số của biên dạng khởi suất của bánh răng.

Thước đo răng (hình 16.11b) gồm thân 1, ở phần giữa của nó gá ống kẹp 4 để kẹp đồng hồ so 3 có đầu đo dài nằm giữa hai đầu đo 8 và 9 của thước đo. Hai đầu đo 8 và 9 có thể dịch chuyển vào - ra được nhờ trục vít 7 (có một phần ren phải và một phần ren trái) khi ta quay tay quay 6. Vị trí của các đầu đo 8 và 9 được cố định bằng các củ chặn 2 và 5.

Điều chỉnh các đầu đo 8 và 9 được thực hiện theo con lăn 11 gá trên khối V số 10 (hình 16.11a).

16.5.2. Kiểm tra sai số của chiều dày răng

Chiều dày răng của bánh răng trụ được kiểm tra bằng thước đo răng chuyên dùng hoặc bằng thước cặp. Ngoài ra, có thể dùng thước đo răng quang học để kiểm tra chiều dày răng.

Chiều dày răng sau khi kiểm tra được so sánh với chiều dày răng lý thuyết được xác định theo công thức tính toán.

Nếu chiều dày răng quá lớn cần phải hớt thêm lượng dư (bằng cách cắt thêm một bước), còn nếu chiều dày răng quá nhỏ thì răng phế phẩm (không sửa lại được).

CHƯƠNG 17

CHẾ TẠO TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

17.1. PHÂN LOẠI QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Tuỳ thuộc vào hình dáng hình học của bề mặt chia của trục vít, qui trình công nghệ gia công cơ bộ truyền trục vít - bánh vít được chia ra 3 loại chính sau đây:

- Qui trình công nghệ chế tạo trục vít hình trụ.
- Qui trình công nghệ chế tạo trục vít lõm.
- Qui trình công nghệ chế tạo bánh vít.

Tuỳ thuộc vào khoảng cách tâm của bộ truyền trục vít - bánh vít, qui trình công nghệ gia công cơ bộ truyền trục vít - bánh vít được chia ra 2 loại sau đây:

- Qui trình công nghệ dùng cho khoảng cách tâm ≤ 250 mm
- Qui trình công nghệ dùng cho khoảng cách tâm > 250 mm.

Tuỳ thuộc vào cấp chính xác của bộ truyền trục vít - bánh vít, qui trình công nghệ gia công cơ bộ truyền trục vít - bánh vít được chia ra 3 loại sau đây:

- Qui trình công nghệ dùng cho cấp chính xác 3 - 5.
- Qui trình công nghệ dùng cho cấp chính xác 6 - 7.

Tuỳ thuộc vào dạng sản xuất, qui trình công nghệ gia công cơ bộ truyền trục vít - bánh vít được chia ra 3 loại sau đây:

- Qui trình công nghệ chế tạo bộ truyền trục vít - bánh vít trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.
- Qui trình công nghệ chế tạo bộ truyền trục vít - bánh vít trong sản xuất hàng loạt vừa.
- Qui trình công nghệ chế tạo bộ truyền trục vít - bánh vít trong sản xuất hàng khối

Tuỳ thuộc vào phương pháp chế tạo phôi, qui trình công nghệ gia

công cơ bộ truyền trục vít - bánh vít được chia ra các loại sau đây:

- Qui trình công nghệ dùng cho phôi trục vít là phôi cán, còn phôi bánh vít là phôi đúc hoặc phôi rèn.

- Qui trình công nghệ dùng cho trục vít và bánh vít có phôi là phôi rèn tự do, phôi dập trong khuôn hồ hoặc phôi đúc trong khuôn cát mẫu gỗ.

- Qui trình công nghệ dùng cho trục vít và bánh vít có phôi là phôi dập trong khuôn kín hoặc phôi đúc trong khuôn kim loại.

- Qui trình công nghệ dùng cho trục vít và bánh vít có phôi là phôi chôn nóng hoặc phôi đúc theo mẫu nóng chảy.

Tuỳ thuộc vào yêu cầu nhiệt luyện bánh vít, qui trình công nghệ chế tạo trục vít được chia ra các loại sau đây:

- Qui trình công nghệ chế tạo trục vít không nhiệt luyện.

- Qui trình công nghệ chế tạo trục vít có nhiệt luyện bề mặt đạt độ cứng HRC = 38.

- Qui trình công nghệ chế tạo trục vít có nhiệt luyện bề mặt đạt độ cứng HRC > 38.

Dựa vào hình dáng hình học của bề mặt chia của trục vít, người ta chọn thiết bị gia công, dụng cụ cắt, đồ gá và chuẩn định vị. Đường kính của bánh răng có ảnh hưởng lớn đến loại thiết bị gia công. Cấp chính xác của bộ truyền trục vít - bánh vít xác định cấu trúc nguyên công và chế độ cắt. Dạng sản xuất xác định qui trình công nghệ, loại thiết bị, loại đồ gá và dụng cụ cắt. Phương pháp chế tạo phôi có ảnh hưởng đến khối lượng gia công ở các nguyên công. Yêu cầu nhiệt luyện hoặc không nhiệt luyện xác định cấu trúc của qui trình công nghệ gia công cơ và các nguyên công sau nhiệt luyện.

Để đảm bảo năng suất gia công của máy và chất lượng làm việc của bộ truyền trục vít - bánh vít, kết cấu của bộ truyền phải thoả mãn các yêu cầu công nghệ sau đây:

1. Khi chọn vật liệu phôi phải chú ý đến cả đặc tính cơ khí, hình dáng và kích thước của nó để có thể sử dụng phương pháp tạo phôi đơn giản nhất.

2. Hình dáng hình học đơn giản và tính biến dạng của vật liệu cần được chú ý đến khi thiết kế kết cấu của bộ truyền.

3. Cần tiêu chuẩn hoá bộ truyền ăn khớp để tiêu chuẩn hoá dụng cụ

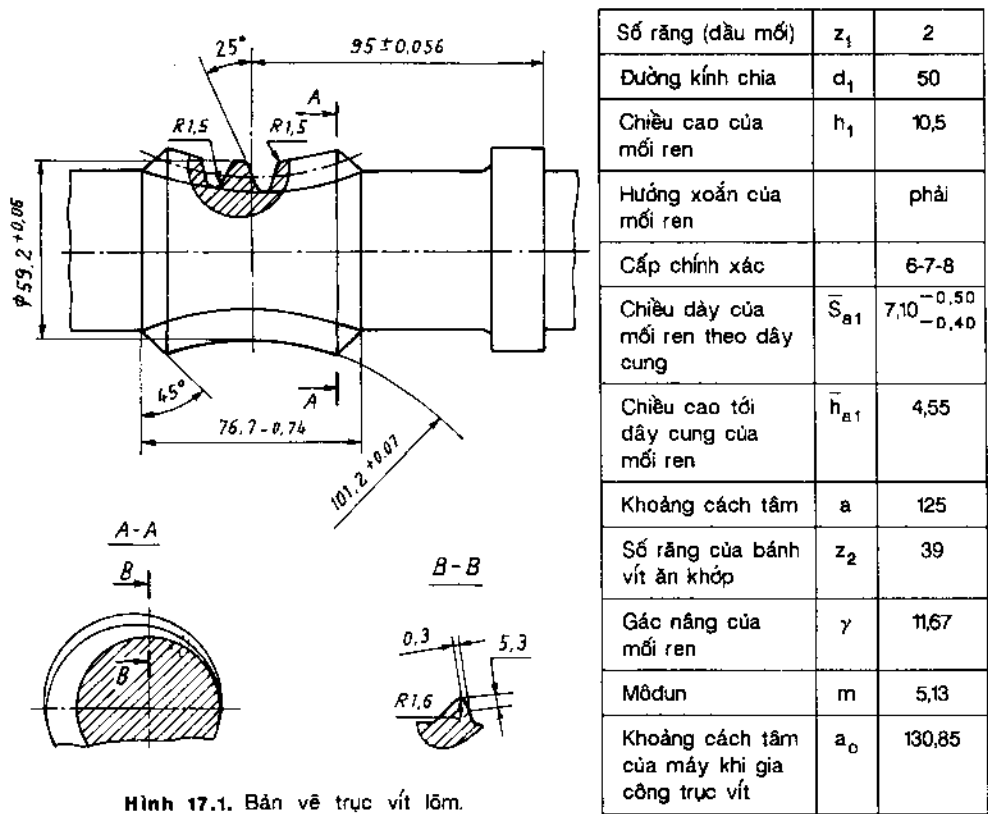
cất và qui trình công nghệ

- 4. Độ chính xác và độ nhám bề mặt phải đáp ứng các yêu cầu sử dụng.
- 5. Cần có những bề mặt có chất lượng cao làm chuẩn định vị khi gia công. Các cổ trục và các mặt đầu là các chuẩn lắp ráp cần được chọn làm chuẩn công nghệ và chuẩn kiểm tra.
- 6. Phôi phải có đủ độ cứng vững khi gia công.
- 7. Khi cần thiết có thể tạo thêm lỗ công nghệ, các mặt đầu và các bề mặt khác.

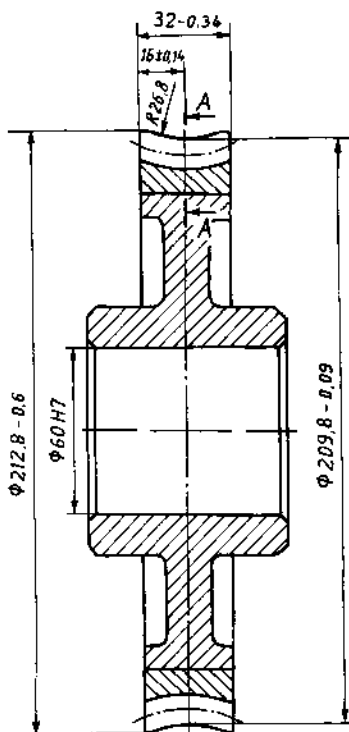
17.2. YÊU CẦU ĐỐI VỚI BẢN VẼ TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Trên bản vẽ của trục vít và bánh vít cần thể hiện tất cả những kích thước có thể lập qui trình công nghệ, thiết kế và chế tạo dao, điều chỉnh máy.

Hình 17.1 và hình 17.2 là các bản vẽ của trục vít và bánh vít.



Hình 17.1. Bản vẽ trục vít lõm.



Hình 17.2. Bản vẽ bánh vít lõm.

Số răng	z_2	39
Đường kính chia	d_2	200
Chiều cao răng	h_2	10,5
Hướng xoắn của răng		phải
Cấp chính xác		6-7-8
Chiều dày của răng theo dây cung	$\bar{s}_{a2}$	$8,52_{-0,1}$
Chiều cao tới dây cung của răng	$\bar{h}_{a2}$	4,98
Khoảng cách tâm	a	125
Số răng (dầu mối của trục vít ăn khớp)	z_1	2
Môđun	m	5,13

17.3. NGUYÊN TẮC CHỌN CHUẨN, THIẾT BỊ VÀ ĐỒ GÁ KHI GIA CÔNG TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Một trong những nhiệm vụ khi thiết kế qui trình công nghệ gia công cơ phối bánh vít và trục vít là chọn chuẩn định vị (chuẩn thô và thuần tinh) và đảm bảo chuẩn thống nhất.

Có 3 loại chuẩn định vị:

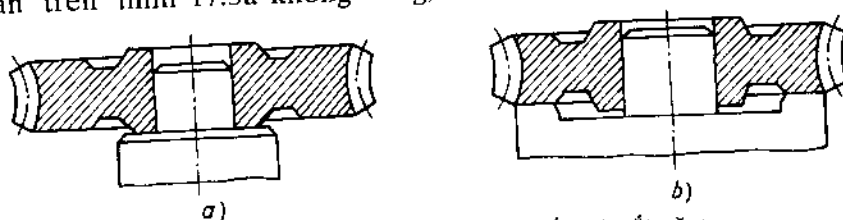
- Chuẩn lắp ráp (xác định vị trí của chi tiết trong bộ phận lắp).
- Chuẩn công nghệ (xác định vị trí của chi tiết so với dụng cụ cắt khi gia công).
- Chuẩn đo lường (xác định vị trí của chi tiết khi kiểm tra).

Trường hợp tốt nhất là 3 loại chuẩn trên đây trùng nhau và chúng là những bề mặt xác định vị trí của chi tiết trong bộ phận lắp. Nếu trong quá trình gia công chuẩn lắp ráp và chuẩn công nghệ không trùng nhau thì chúng phải có độ đồng tâm cao nhất.

Chuẩn công nghệ phải đảm bảo được các yêu cầu sau:

- Không làm xê dịch chi tiết gia công và không gây biến dạng cho chi tiết gia công dưới tác dụng của lực cắt và lực kẹp.
- Mặt chuẩn phải có đủ diện tích cần thiết và phải nằm gần điểm đặt của lực cắt.

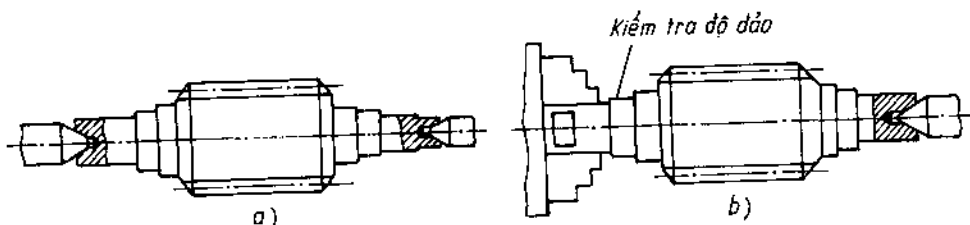
Hình 17.3 là ví dụ chọn chuẩn công nghệ khi gia công bánh vít. Chuẩn trên hình 17.3a không đúng, còn chuẩn trên hình 17.3b là đúng.



Hình 17.3. Sơ đồ gá đặt bánh vít khi cắt răng
a- chuẩn không đúng; b- chuẩn đúng

Hình 17.4 là ví dụ gá trục vít khi gia công tinh răng trục vít.

Sơ đồ gá đặt trên hình 17.4a không đảm bảo độ cứng vững, còn sơ đồ gá đặt trên hình 17.4b đảm bảo đủ độ cứng vững khi gia công.



Hình 17.4. Sơ đồ gá đặt trục vít khi cắt tinh răng
a- không đủ độ cứng vững; b- đủ độ cứng vững

Khi chọn thiết bị gia công cần phải chú ý đến các yếu tố sau:

- Máy (thiết bị) phải tương thích với kích thước phôi và phải đảm bảo độ chính xác gia công.
- Công suất của máy phải đủ lớn khi gia công với chế độ cắt lớn nhất.
- Máy phải có đủ độ cứng vững để không bị biến dạng dưới tác dụng của lực cắt.

Đồ gá được chọn phải có kết cấu đơn giản, đủ độ cứng vững, dễ sử dụng, rẽ tiền, có đủ độ chính xác cần thiết và an toàn khi sử dụng.

17.4. QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ VÀ CÁC PHƯƠNG ÁN CẮT RĂNG CỦA TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT

Qui trình công nghệ gia công trục vít và bánh vít bao gồm các nguyên công chính sau đây:

- Gia công phôi để đạt kích thước và hình dáng yêu cầu.
- Cắt thô và cắt tinh răng của trục vít và bánh vít (trường hợp không cần nhiệt luyện) còn đối với trường hợp trục vít cần nhiệt luyện thì cần cắt thô răng.
- Nhiệt luyện.
- Gia công các mặt chuẩn sau nhiệt luyện.
- Gia công tinh trục vít sau nhiệt luyện.

Trong bảng 17.1 trình bày các phương án cắt răng trục vít và bánh vít trong các dạng sản xuất khác nhau.

Bảng 17.1. Các phương án cắt răng trục vít và bánh vít

Dạng trục vít bánh vít	Dạng sản xuất	
	Đơn chiếc và hàng loạt	Hàng khối
Trục vít hình trụ	Dùng dao phay đĩa, dao phay ngón hoặc dao định hình, dao phay trục vít, dao phay một lưỡi (cho bánh vít)	Dùng dao phay trục vít
Trục vít và bánh vít lõm	Dùng đầu dao vạn năng, dao phay đĩa, dao phay ngón, dao phay một lưỡi (cho bánh vít)	Dùng đầu dao chuyên dùng (cho trục vít) và dao phay lõm (cho bánh vít)

CHƯƠNG 18

CẮT RĂNG TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT HÌNH TRỤ

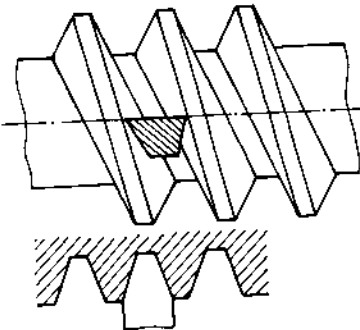
18.1. CẮT RĂNG TRỤC VÍT HÌNH TRỤ

Phương pháp cắt răng (vòng xoắn) của trục vít hình trụ phụ thuộc vào dạng sản xuất. Trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ, trục vít không qua nhiệt luyện hoặc nhiệt luyện có độ cứng $HRC = 38$ được cắt bằng dao định hình, dao phay đĩa, dao xoay hoặc dao ngón, còn trong sản xuất hàng loạt vừa là hàng khối - bằng dao xoay hoặc phương pháp biến dạng dẻo. Đối với trục vít nhiệt luyện có độ cứng $HRC \geq 51$, nguyên công tinh lần cuối là mài.

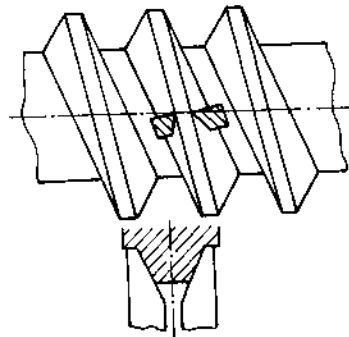
18.1.1. Cắt răng trục vít hình trụ bằng dao định hình

Nguyên công này được thực hiện trên máy tiện thông thường (hình 18.1).

Dao được gá sao cho lưỡi cắt chính nằm trong mặt phẳng đi qua tâm của trục vít. Phương pháp này chỉ được dùng cho trục vít có góc nâng của đường xoắn nhỏ. Khi gia công tinh trục vít có góc nâng của đường xoắn nhỏ hơn 10° nên cắt từng phía phải và trái của đường xoắn bằng các dao một phía. Hình 18.2 là sơ đồ gá dao một phía. Bằng dao một phía có thể cắt tuần tự cả hai phía của đường xoắn (răng trục vít) nếu đổi đầu trục vít.



Hình 18.1. Sơ đồ gá dao khi tiện trục vít



Hình 18.2. Sơ đồ gá dao một phía khi cắt răng trục vít

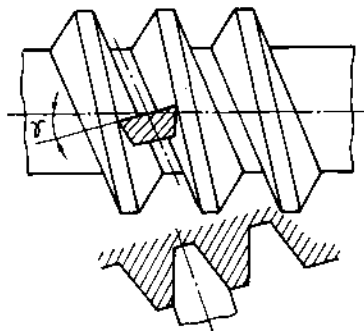
Khi góc nâng γ của đường xoắn trục vít lớn hơn 10° nên cắt bằng dao hai phía (hình 18.3).

Cắt răng trục vít bằng dao định hình có năng suất thấp nhưng nó được sử dụng rất rộng rãi vì phương pháp đơn giản và dụng cụ cắt rẻ tiền.

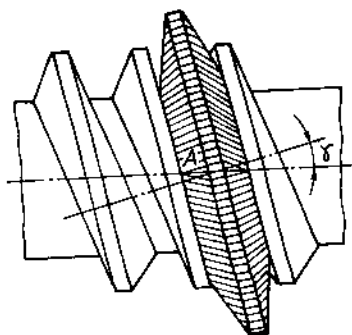
18.1.2. Cắt răng trục vít bằng dao phay đĩa

Phương pháp này có năng suất cao hơn phương pháp cắt răng bằng dao định hình. Dao phay đĩa phải được gá sao cho điểm giữa A của dao phay (hình 18.4) nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm của trục vít, còn trục quay của dao phay phải nghiêng một góc bằng góc nâng γ của đường xoắn vít. Với cách gá như vậy, trục vít được hình thành ở tiết diện vuông góc với rãnh răng.

Cắt răng trục vít bằng dao phay đĩa chủ yếu được dùng để gia công thô trục vít có cấp chính xác 9 và nhỏ hơn.



Hình 18.3. Sơ đồ gá dao hai phía để cắt răng trục vít.

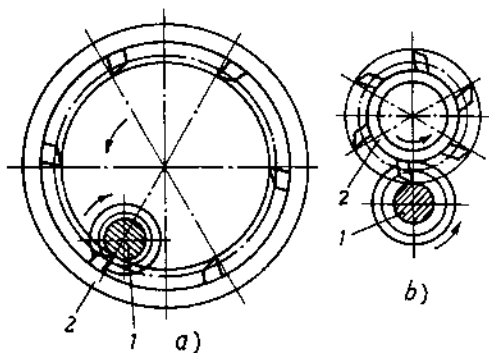


Hình 18.4. Sơ đồ gá dao phay đĩa khi cắt răng trục vít.

18.1.3. Cắt răng trục vít bằng dao xoáy

Phương pháp cắt răng trục vít bằng dao xoáy được dùng cho phôi không nhiệt luyện hoặc tôi cải thiện trong sản xuất hàng loạt và sản xuất hàng khối. Cắt răng trục vít bằng dao xoáy (hoặc cắt xoáy) có hai phương pháp: tiếp xúc bên trong (hình 18.5a) và tiếp xúc bên ngoài (hình 18.5b).

Mặc dù phương pháp cắt xoáy tiếp xúc bên trong cho phép tăng



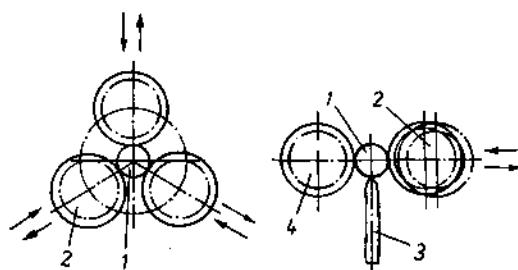
Hình 18.5. Sơ đồ xoáy răng trục vít
a- tiếp xúc bên trong; b- tiếp xúc bên ngoài;
1- phôi; 2- dao.

lượng chạy dao vòng và giảm độ đa cạnh của chi tiết gia công, phương pháp cắt xoáy tiếp xúc bên ngoài vẫn được sử dụng rộng rãi hơn bởi vì điều chỉnh máy, gá phôi 1 và gá dụng cụ 2 đơn giản, dễ dọn sạch phoi và dễ tháo chi tiết gia công.

Cắt xoáy tiếp xúc bên trong được dùng cho các trục vít một, hai đầu mỗi có độ cứng vững thấp và kích thước nhỏ ($m \leq 3 \text{ mm}$). Đối với trục vít cần nhiệt luyện (tôi cải thiện) thì cắt xoáy là nguyên công sơ bộ trước khi mài.

18.1.4. Cán trục vít

Phương pháp này cho phép đạt năng suất cao và giảm tiêu hao kim loại. Phương pháp được thực hiện trên các máy cán với các trục cán dạng con lăn (hình 18.6).



Hình 18.6. Sơ đồ cán trục vít
a- cán bằng ba trục cán; b- cán bằng hai trục cán;
1- phôi; 2- các trục cán di động; 3- thanh đỡ;
4- trục cán cố định.

Trục vít có môđun $m < 3 \text{ mm}$ được cán nguội trên máy có hai trục cán, còn trục vít có môđun $m > 3 \text{ mm}$ được cán nóng trên máy có ba trục cán (nung nóng bằng dòng điện cao tần).

Các sai số của trục vít khi cán nguội nằm trong giới hạn sau:

- Sai số bước (mm)	0,015
- Sai số chiều dày của răng theo đường kính chia (mm)	$0,02 \div 0,03$
- Sai số chiều dày của răng so với đường tâm (mm)	$0,1 \div 0,25$
- Độ đảo đường kính đáy (mm)	0,05

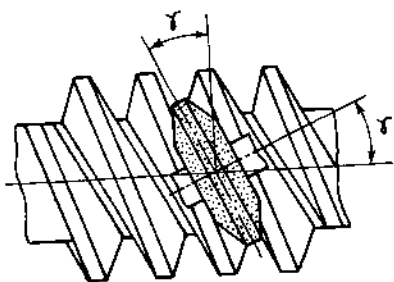
Cán nóng trục vít (môđun $m = 3 \div 8 \text{ mm}$) được thực hiện trên máy cán chuyên dùng. Các sai số cho phép khi cán nóng là:

- Sai số bước (mm)	$0,03 \div 0,05$
- Sai số chiều dày của răng theo đường kính chia (mm)	$0,03 \div 0,05$
- Độ đảo hướng kính của răng so với đường tâm (mm)	$0,3 \div 0,8$
- Độ đảo đường kính đỉnh (mm)	0,4
- Độ đảo đường kính đáy (mm)	0,1

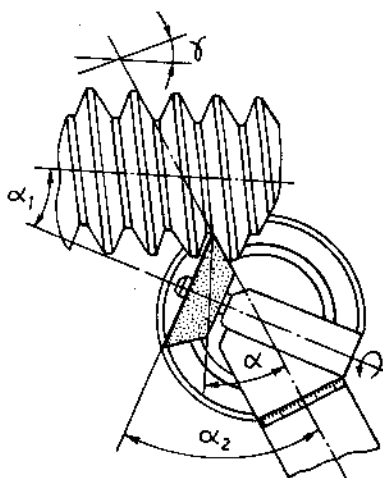
18.1.5. Mài trục vít

Mài trục vít hình trụ được thực hiện bằng ba phương pháp:

- Mài bằng đá mài dạng đĩa (hình 18.7). Trục của đá mài được gá nghiêng một góc γ đúng bằng nâng γ của răng trục vít. Độ chính xác của trục vít có thể đạt cấp 8 hoặc cấp 9.



Hình 18.7. Sơ đồ mài trục vít bằng đá mài dạng đĩa



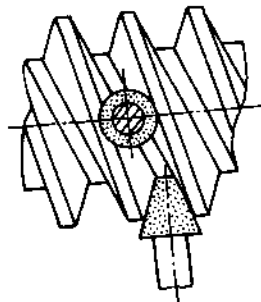
Hình 18.8. Sơ đồ mài trục vít bằng đá mài côn dạng chậu

γ - góc nâng của răng trục vít;
 α_1 - góc giữa trục đá mài và đường tâm trục vít;
 α_2 - góc giữa các mặt phẳng tiếp xúc với prophin răng trục vít và mặt đầu của đá mài;
 α - góc giữa mặt phẳng tiếp xúc với prophin răng của trục vít và mặt phẳng vuông góc với đường tâm của trục vít.

- Mài bằng đá mài côn dạng chậu (hình 18.8). Trong trường hợp này prophin của răng trục vít gần giống với đường xoắn Acximet. Độ chính xác của phương pháp đạt cấp 8 hoặc cấp 9.

- Mài bằng đá mài kiểu chốt (hình 18.9). Phương pháp được dùng để mài trục vít có cấp chính xác $8 \div 9$ và môđun lớn.

Lượng dư mài trục vít được chọn theo bảng 18.1. Giá trị lượng dư lớn được dùng cho các trục vít có độ cứng vững thấp, các trục vít có bề mặt thô được tạo hình bằng biến dạng dẻo, trục vít có khoảng cách giữa các ổ đỡ lớn và trục vít được nhiệt luyện nhiều lần.



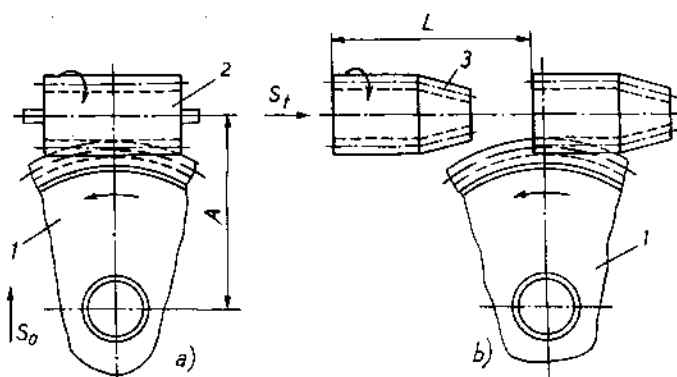
Hình 18.9. Sơ đồ mài trục vít bằng đá mài kiểu chốt

Bảng 18.1. Lượng dư (mm) mài trục vít hình trụ (lượng dư một phía)

Môđun (mm)	Đường kính đỉnh d_0 (mm)				
	Đến 22	22 - 36	37 - 71	71 - 110	> 110
Đến 2	0,1 - 0,5	0,15 - 0,20	0,18 - 0,25	-	-
2 - 4	0,15 - 0,20	0,20 - 0,25	0,25 - 0,30	0,28 - 0,35	-
4 - 6	-	0,22 - 0,30	0,25 - 0,32	0,30 - 0,40	0,32 - 0,45
6 - 8	-	-	0,28 - 0,35	0,32 - 0,42	0,40 - 0,50
8 - 10	-	-	0,30 - 0,40	0,35 - 0,48	0,42 - 0,60

18.2. CẮT RĂNG BÁNH VÍT

Cắt răng bánh vít được thực hiện trên các máy phay lăn răng bằng dao phay trục vít theo ba phương pháp: tiến dao hướng kính (hình 18.10a), tiến dao tiếp tuyến (hình 18.10b) và phương pháp tổ hợp.



Hình 18.10. Các phương pháp cắt răng bánh vít
a- tiến dao hướng kính; b- tiến dao tiếp tuyến.
1- bánh vít gia công; 2, 3- dao phay.

Theo phương pháp tiến dao hướng kính thì phôi 1 (bánh vít gia công) luôn luôn ăn khớp với dao phay 2 và thực hiện lượng tiến dao hướng kính S_o , còn dao phay chỉ thực hiện chuyển động quay.

Nhược điểm của phương pháp này là dao phay làm việc không đều (chỉ phần giữa của dao thực hiện quá trình cắt) do đó chỉ phần giữa của dao bị mòn.

Theo phương pháp tiến dao tiếp tuyến thì phôi 1 được gá đúng khoảng cách tâm A và dao phay 3 chỉ thực hiện lượng tiến dao tiếp tuyến (khoảng cách tâm A giữa dao và bánh vít gia công không thay đổi). Dao phay 3 có đầu côn và nó cắt bằng tất cả các răng, do đó các răng mòn

đều. Trong quá trình cắt dao phay không chỉ quay mà còn dịch chuyển dọc theo trục của nó. Phôi *l* thực hiện chuyển động quay liên tục ăn khớp với dao phay.

Ở phương pháp tổ hợp người ta dùng cả hai loại dao: dao phay lăn và dao định hình. Dùng dao định hình để cắt tinh bánh vít cho phép nâng cao độ chính xác gia công.

Thời gian cơ bản T_o (phút) khi cắt răng bánh vít được xác định theo các công thức sau đây:

- Khi phay bằng phương pháp tiến dao hướng kính:

$$T_o = \frac{3.n.z}{S_o.n_d.q} \quad (18.1)$$

- Khi phay bằng phương pháp tiến dao tiếp tuyến:

$$T_o = \frac{2,94 \text{ m} \cdot \sqrt{z} \cdot z}{S_t.n_d.q} \quad (18.2)$$

Ở đây:

m- môđun bánh vít (mm);

z- số răng của bánh vít;

$3m$ và $2,94 \text{ m}\sqrt{z}$ - chiều dài quãng đường dịch chuyển của dao phay tương đối so với chi tiết gia công;

S_o - lượng tiến dao hướng kính (mm/vòng của phôi);

S_t - lượng tiến dao tiếp tuyến (mm/vòng của phôi);

n_d - số vòng quay của dao (vòng/phút);

q- số đầu mối của dao phay.

CẮT RĂNG TRỤC VÍT VÀ BÁNH VÍT LỖM

19.1. CẮT RĂNG TRỤC VÍT LỖM

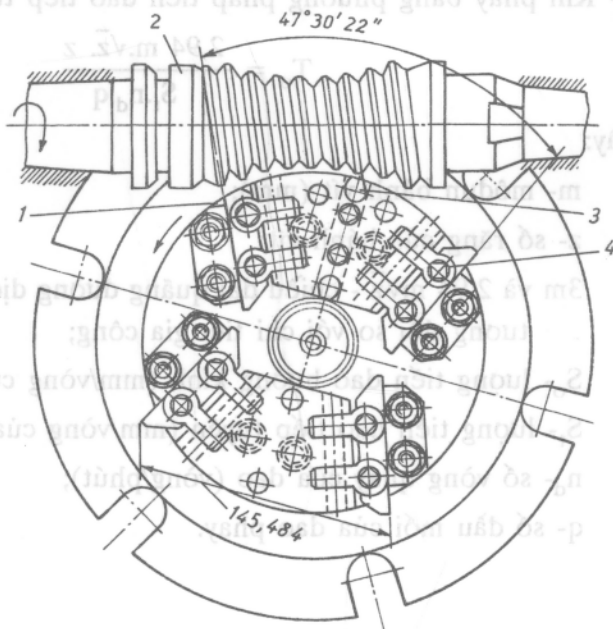
Sơ đồ cắt răng trục vít lõm được xây dựng trên nguyên lý hình học tạo thành bề mặt. Phôi trục vít và dụng cụ cắt (đóng vai trò bánh vít) quay xung quanh các trục cách nhau một đoạn a_0 với tỷ số của tốc độ góc bằng tỷ số truyền u_0 .

Dụng cụ cắt trục vít lõm thông dụng nhất là đầu dao (hình 19.1).

Các dao định hình 1 và 4 cắt răng trục vít theo prophin ở hai phía phải và trái, còn dao ở giữa cắt trục vít theo prophin lõm.

Nguyên công cắt trục vít bằng đầu dao được chia ra hai bước. Ở bước thứ nhất quá trình cắt được thực hiện với chạy dao hướng kính của bàn máy cho đến khi đạt được khoảng cách tâm danh nghĩa. Bước cắt này được dùng để cắt rãnh đủ chiều sâu của prophin răng trục vít.

Bước cắt thứ hai được thực hiện ở khoảng cách tâm cố định và được dùng để cắt đủ chiều dày của răng trục vít với độ nhám bề mặt không



Hình 19.1. Sơ đồ cắt răng trục vít lõm bằng đầu dao
1- dao cắt trái; 2- trục vít; 3- dao cắt ở giữa;
4- dao cắt phải.

thấp hơn $2,5 \mu\text{m}$. Các prophin phải và trái của răng trục vít được gia công tuần tự bằng các dao phải và dao trái.

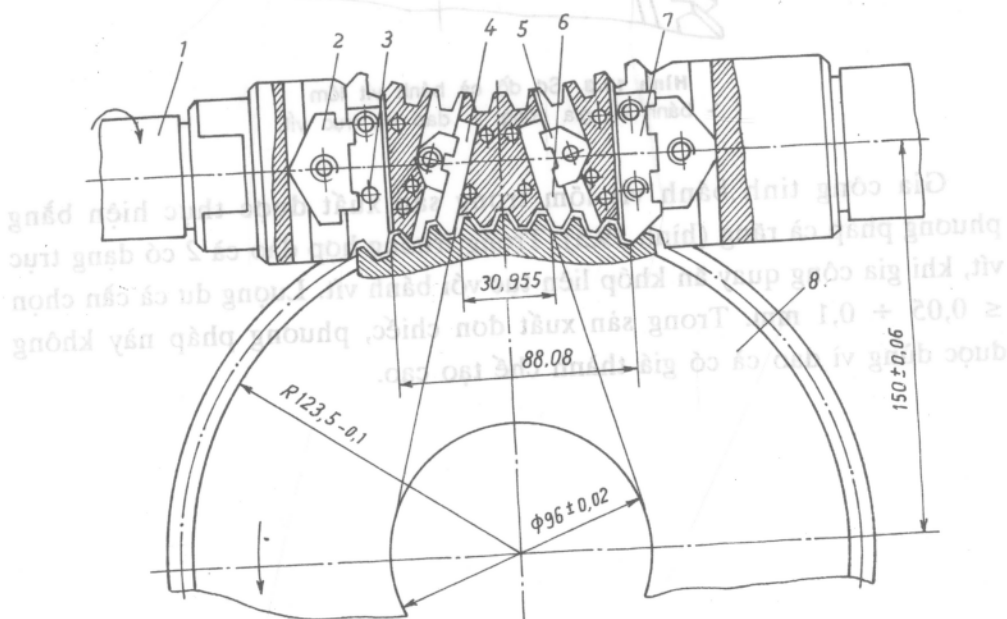
Trước khi cắt tinh, đầu dao ăn sâu vào trục vít để cất lượng dư chủ yếu. Quá trình cất này được thực hiện bằng chuyển động quay của bàn máy và đầu dao nhờ xích vi sai. Tốc độ cất $V \leq 1 \text{ mm/phút}$ và lượng chạy dao $S = 0,02 \div 0,04 \text{ mm /vòng quay của dao}$. Dung dịch trơn nguội được dùng là hỗn hợp của dầu thực vật và động vật.

Sau khi cất răng, trục vít được thấm than và tôi cải thiện để đạt độ cứng cần thiết.

Mài trục vít được thực hiện trên máy cắt răng bằng đầu mài chuyên dùng. Đầu mài này được gá nghiêng một góc tương ứng với góc nâng của răng trục vít.

19.2. CẮT RĂNG BÁNH VÍT LỒM

Răng của bánh vít lồi được cắt bằng dao phay quay có 4 lưỡi cắt (hình 19.2).

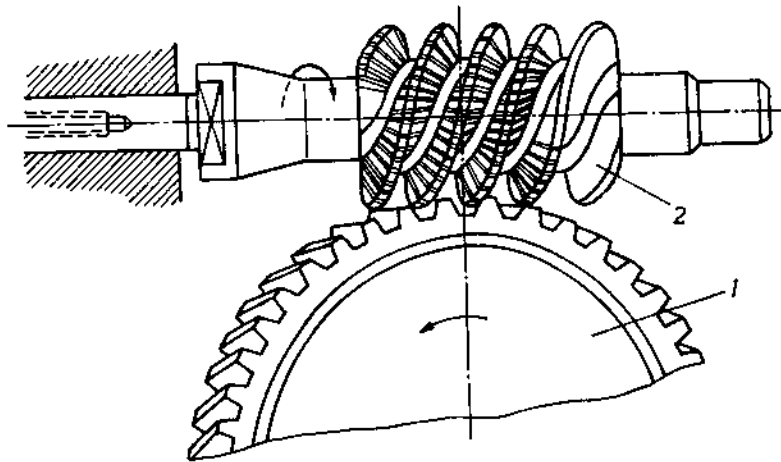


Hình 19.2. Sơ đồ cắt răng bánh vít bằng dao phay quay
1- thân dao phay; 2- chêm; 3- dao cắt trái; 4- dao cắt trái ở giữa; 5- chêm;
6- dao cắt phải ở giữa; 7- dao cắt phải; 8- bánh vít gia công.

Quá trình cắt răng của bánh vít lõm được thực hiện qua hai bước:

- Bước thứ nhất: cắt thô đạt chiều sâu của prophin răng bằng chạy dao hướng kính cho đến khi đạt được khoảng cách tâm danh nghĩa.
- Bước thứ hai: cắt tinh đạt prophin răng bằng chạy dao tiếp tuyến.

Loại chạy dao vòng của bánh vít được thực hiện bằng chuyển động quay của bàn máy (trên đó có gá bánh vít) nhờ xích vi sai.



Hình 19.3. Sơ đồ cã bánh vít lõm
1- bánh vít gia công; 2- dao cã trục vít.

Gia công tinh bánh vít lõm trong sản xuất được thực hiện bằng phương pháp cã răng (hình 19.3). Trong trường hợp dao cã 2 có dạng trục vít, khi gia công quay ăn khớp liên tục với bánh vít. Lượng dư cã cần chọn $\leq 0,05 \div 0,1$ mm. Trong sản xuất đơn chiếc, phương pháp này không được dùng vì dao cã có giá thành chế tạo cao.

PHẦN III

CHẾ TẠO BÁNH RĂNG

BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP BIẾN DẠNG DÈO

CHƯƠNG 20

TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG BIẾN DẠNG DÈO

20.1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI

Quá trình tạo hình bánh răng bằng các phương pháp cắt gọt có năng suất thấp, đòi hỏi cán bộ có trình độ cao, máy và dụng cụ đắt tiền, chi phí nguyên vật liệu lớn. Vì vậy, từ thế kỷ trước người ta đã có ý định thay đổi công nghệ chế tạo bánh răng theo hướng ứng dụng các phương pháp gia công áp lực để tạo hình phôi cũng như tạo hình vành răng.

Khi sử dụng phương pháp tạo hình biến dạng thì hình dáng và kích thước của răng được hình thành không phải do hớt lớp kim loại thừa mà do sự phân bố lại lớp kim loại đó.

Kim loại sau khi biến dạng có độ bền và độ cứng cao hơn. Ở lớp ngoài cùng xuất hiện ứng suất du nén, có ảnh hưởng rất tốt đến điều kiện làm việc với tải trọng lớn của răng.

Một ưu điểm quan trọng của phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo là sự ổn định kích thước của bánh răng. Khác với các phương pháp cắt gọt, ở đây không có phoi và không cần dung dịch trơn nguội. Điều này cho phép cơ khí hoá và tự động hoá các quá trình gia công bằng biến dạng dẻo (gia công áp lực).

Khi gia công bằng biến dạng dẻo, độ bóng mặt răng tăng lên so với gia công bằng cắt gọt và trên lớp bề mặt răng không có vết do dụng cụ tạo ra (các vết này là nơi tập trung ứng suất và là nguyên nhân làm giảm độ bền của răng).

Hiện nay có rất nhiều phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo. Tùy thuộc vào đặc tính tác động giữa dụng cụ và phôi trong quá trình gia công, người ta chia các phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo ra hai loại (bảng 20.1).

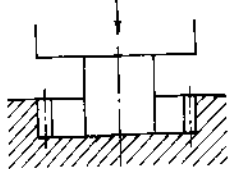
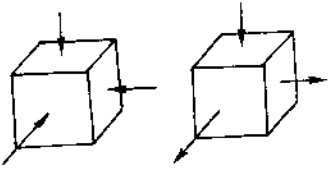
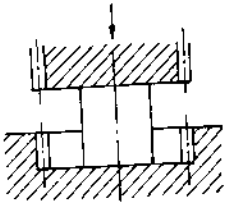
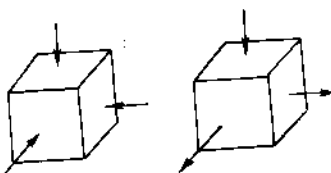
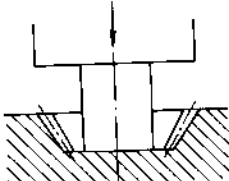
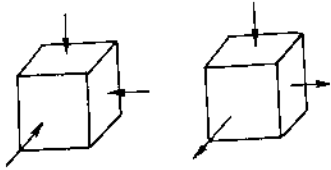
1. Loại thứ nhất: tạo hình bánh răng dựa trên nguyên tắc chép hình.

Trong trường hợp này hình dáng và kích thước của bánh răng được tạo ra nhờ quá trình chép hình của dụng cụ. Đó là các phương pháp dập thể tích, dập hướng kính và ép theo khuôn.

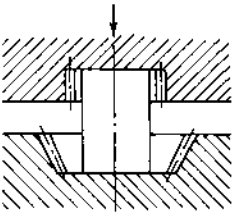
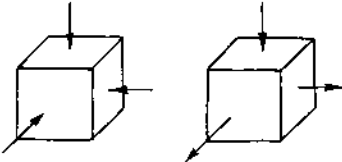
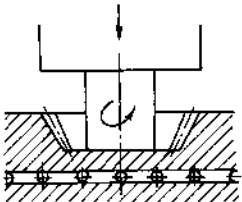
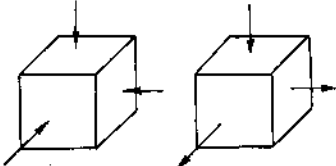
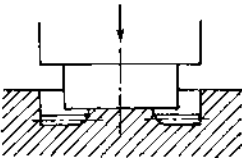
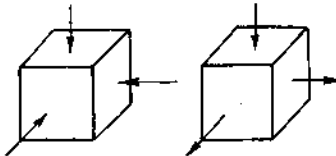
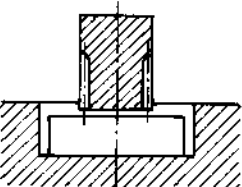
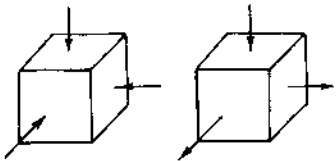
2. *Loại thứ hai:* tạo hình bánh răng dựa trên nguyên tắc chuyển động bao hình của dụng cụ và phôi. Trong trường hợp này hình dáng và kích thước của bánh răng được tạo ra nhờ đường sinh của mặt răng dụng cụ ở các vị trí kế tiếp nhau khi nó thực hiện chuyển động gần phôi. Đó là các phương pháp cán răng bằng các trục cán hoặc bằng các thanh răng.

Các phương pháp cán răng có ưu điểm là vạn năng, bởi vì với cùng một dụng cụ có thể cán được các bánh răng có kích thước và môđun khác nhau.

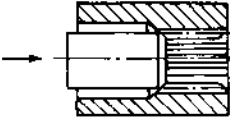
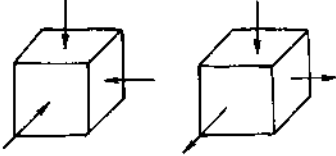
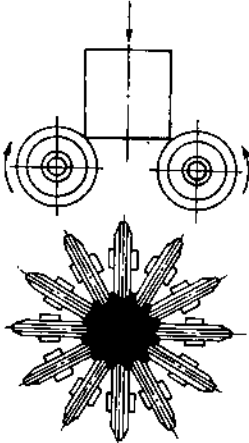
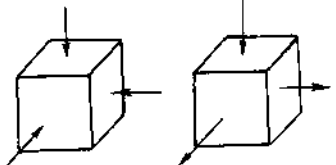
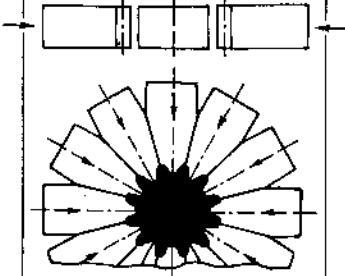
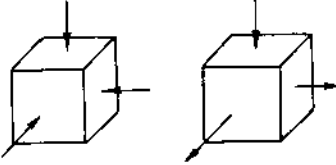
Bảng 20.1. Phân loại các phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo

Nº	Loại	Phương pháp gia công	Sơ đồ tạo hình vành răng	Sơ đồ biến dạng
	1	2	3	4
1	Chép hình	Dập thể tích	Chồn bằng chày không ăn sâu vào cối 	
2	Chép hình	Dập thể tích	Chồn bằng chày có ăn sâu vào cối 	
3	Chép hình	Dập thể tích	Chồn bằng chày có ăn sâu vào cối hình côn 	

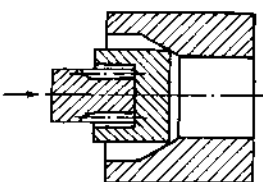
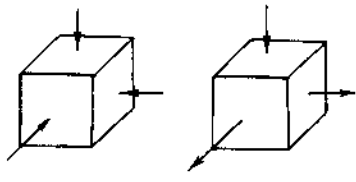
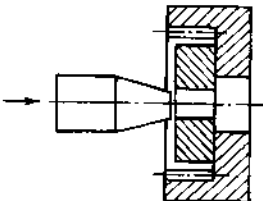
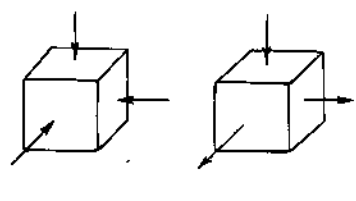
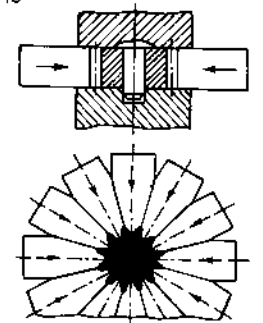
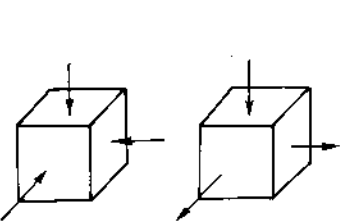
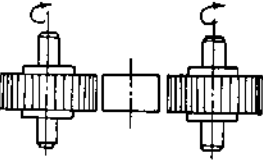
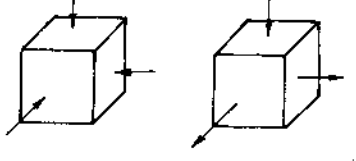
Tiếp bảng 20.1

	1	2	3	4
4	Chép hình	Dập thể tích	Chồn bằng chày có vành răng hình trụ 	
5	Chép hình	Dập thể tích	Chồn trong cối quay 	
6	Chép hình	Dập thể tích	Chồn bằng chày trong cối có vành răng ở mặt đầu 	
7	Chép hình	Ép	Ép vành răng bằng chày 	

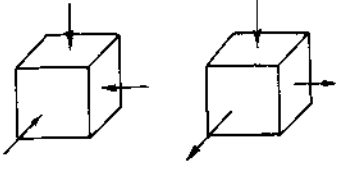
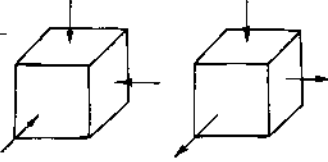
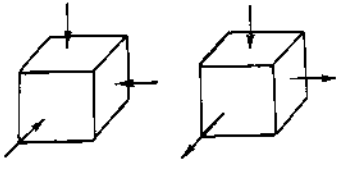
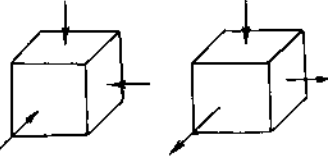
Tiếp bảng 20.1

	1	2	3	4
8	Chép hình	Ép	Đẩy chày qua cối vành răng 	
9	Chép hình	Ép	Đẩy chày qua cối con lăn 	
10	Chép hình	Ép hướng kính	Ép bằng các chày theo phương hướng kính 	

Tiếp bảng 20.1

	1	2	3	4
11	Chép hình	Ép hướng kính	Đẩy chảy qua cối hình côn 	
12	Chép hình	Ép hướng kính	Nong phôi bằng chảy hình côn 	
13	Chép hình	Đập hướng kính	Ép bằng các chày theo phương hướng kính và đột lỗ 	
14	Bao hình	Cán ngang	Cán hướng kính bằng các quả cán hình trụ 	

Tiếp bảng 20.1

	1	2	3	4
15	Bao hình	Cán ngang	Cán bằng quả cân hình côn	
16	Bao hình	Cán ngang	Cán bằng thanh răng	
17	Bao hình	Cán dọc	Cán bằng con lăn	
18	Bao hình	Cán dọc	Cán bằng thanh răng tròn	

20.2. DẬP THỂ TÍCH BÁNH RĂNG

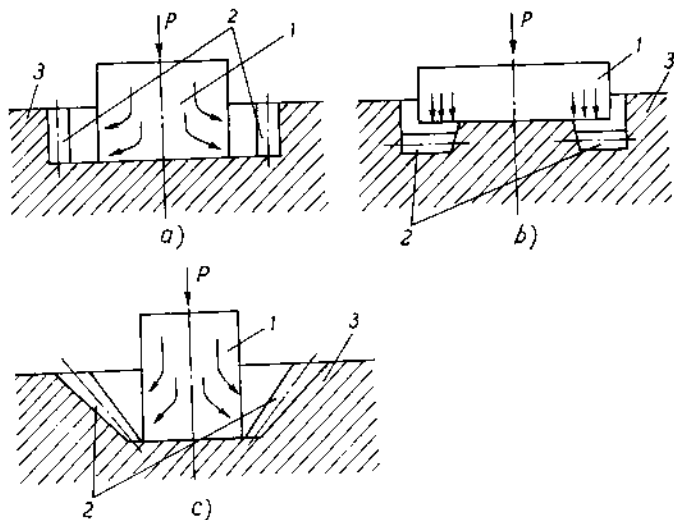
Dập thể tích bánh răng là một phương pháp cổ điển được dùng để thay thế phương pháp cắt gọt có năng suất thấp và giá thành cao.

Bằng phương pháp dập thể tích có thể đạt được độ chính xác của bánh răng mà không cần phải gia công cơ hồ sung. Nó không chỉ được dùng để chế tạo bánh răng trụ và bánh răng côn răng thẳng mà còn để chế tạo bánh răng côn cong và các bánh răng dạng đĩa có biên dạng phức tạp.

Phương pháp dập thể tích đạt hiệu quả cao khi dập các bánh răng có môđun $m \geq 5 \text{ mm}$. Điều này được giải thích bằng tuổi bền của chày, của cối và bằng tiết kiệm nguyên vật liệu.

Hình 20.1 là các sơ đồ dập thể tích các bánh răng.

Dưới tác dụng của lực P , phôi 1 bị biến dạng và vành răng được hình thành nhờ cối 2 của thân cối 3. Theo sơ đồ trên hình



Hình 20.1. Các sơ đồ dập thể tích bánh răng
a- dập bánh răng trụ; b- dập bánh răng dạng đĩa;
c- dập bánh răng hình côn; 1- phôi; 2- cối răng; 3- thân cối.

20.1a, vành răng được hình thành nhờ kim loại chảy theo phương hướng kính của phôi. Hình 20.1b có sơ đồ biến dạng theo hướng dọc trục của phôi để tạo hình vành răng ở mặt đầu của bánh răng dạng đĩa.

Ở bánh răng côn, vành răng nằm nghiêng một góc so với trục của nó. Vì vậy sơ đồ biến dạng (hình 20.1c) mang tính tổng hợp của hai sơ đồ: tạo hình bánh răng trụ (hình 20.1a) và tạo hình bánh răng dạng đĩa (hình

20.1b). Như vậy, khi tạo hình bánh răng côn kim loại phải chày theo cả hướng kính và hướng trục.

Nếu so sánh 3 sơ đồ biến dạng trên đây ta thấy sơ đồ trên hình 20.1b có ưu điểm hơn cả vì phương biến dạng của vật liệu trùng với phương chuyển động của dụng cụ (của chày đập). Còn sơ đồ trên hình 20.1a, quá trình tạo hình vành răng rất khó vì phương chuyển động của dụng cụ không trùng với phương biến dạng của vật liệu.

Ứng dụng phương pháp đập thể tích để chế tạo bánh răng có thể tiết kiệm được 40% nguyên vật liệu và giảm được $10 \div 18\%$ giá thành sản phẩm.

20.3. ĐẬP HƯỚNG KÍNH BÁNH RĂNG

Phương pháp đập thể tích nói trên có nhược điểm là khó rút sản phẩm ra khỏi cối đập (vì cối đập kín) đồng thời độ mòn của cối đập xảy ra rất nhanh, gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm. Để khắc phục nhược điểm đó người ta dùng phương pháp đập hướng kính. Với cách đập này phôi sẽ biến dạng theo tất cả các hướng khi các chày đập chuyển động theo phương hướng kính (hình 20.2).

Nguyên lý của sơ đồ đập hướng kính như sau: phôi 3 nằm giữa hai chày đập chính 1 và 2, chày đập 1 có thêm chốt 5 để đột lỗ bánh răng. Prophin của các răng được hình thành khi các chày đập phụ 4 dịch chuyển theo phương hướng kính từ ngoài vào. Các chày đập phụ 4 có prophin giống như prophin của rãnh răng.

Năng suất của phương pháp này cao hơn năng suất của phay lăn răng $30 \div 40$ lần, còn chi phí vật liệu chỉ bằng $30 \div 40\%$. Phương pháp được sử dụng để chế tạo các bánh răng có môđun $0,4 \div 1$ mm với số răng từ 12 đến 14.

Ưu điểm chính của phương pháp đập hướng kính là nó được thực hiện trên máy đập - ép tiêu chuẩn. Vì vậy, phương pháp này có thể được áp dụng ở bất kỳ nhà máy nào. Tuy nhiên, phương pháp chỉ đạt hiệu quả cao trong điều kiện sản xuất hàng khối hoặc hàng loạt lớn.

Một ưu điểm khác của phương pháp là nó có thể được dùng để chế

tạo các vành răng phẳng và các vành răng có gờ một bên hoặc hai bên. Các lỗ then hoa cũng có thể được gia công dễ dàng bằng phương pháp này.

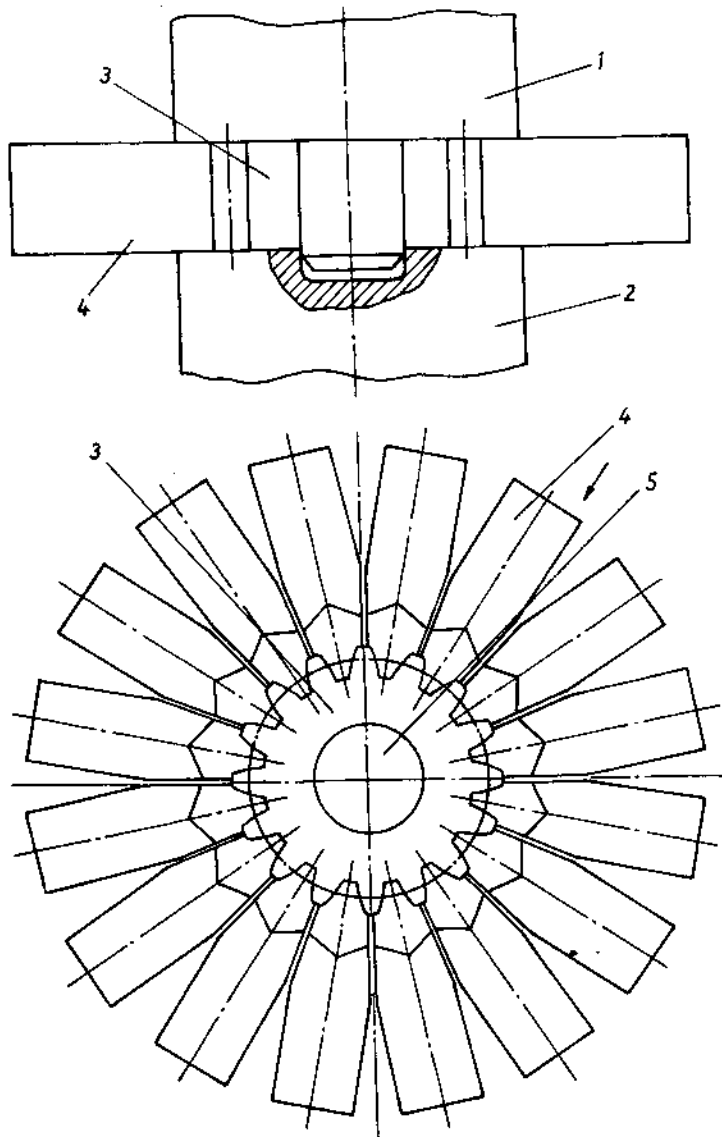
Phương pháp dễ cơ khí hoá và tự động hoá, do đó nó ngày càng được sử dụng rộng rãi để chế tạo bánh răng trụ.

20.4. CÁN BÁNH RĂNG

Tạo hình prophin răng bằng phương pháp cán cũng đã được áp dụng trong sản xuất từ lâu. Ưu điểm của phương pháp là đơn giản, cho

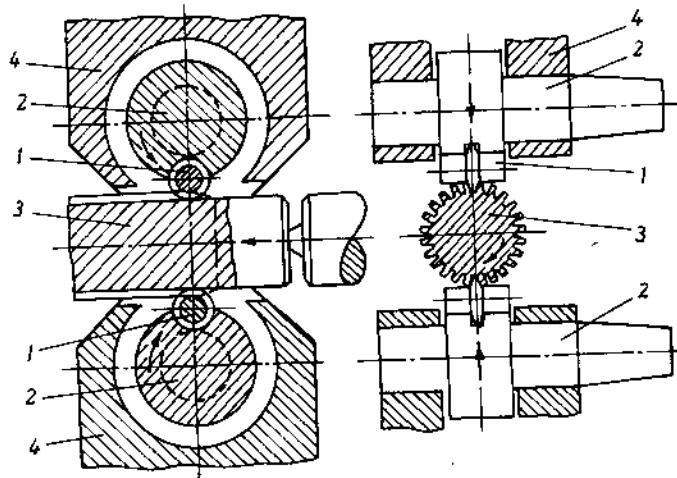
phép tạo được vành răng ngay mà không cần phải có gia công cơ bổ sung.

Tùy thuộc vào sơ đồ động học tác động giữa phôi và dụng cụ, các phương pháp cán được chia ra: cán dọc và cán ngang.



Hình 20.2. Sơ đồ dập hướng kính bánh răng trụ
1- 2- các chày dập chính; 3- phôi;
4- các chày dập phụ; 5- chốt của chày.

Hình 20.3 là sơ đồ của phương pháp cán dọc do hăng "Crop" của Cộng hoà Liên bang Đức giới thiệu. Ở đây răng trên phôi 3 được hình thành nhờ đầu cán 4 có nhiều con lăn 1. Đầu cán 4 được lắp trên trục chính 2 của máy. Đầu



Hình 20.3. Sơ đồ cán dọc bánh răng
1- con lăn; 2- trục chính của máy (trục gá con lăn);
3- phôi; 4- thân đầu cán.

cán thực hiện chuyển động quay liên tục, còn các con lăn trên đầu cán ăn vào phôi và lăn tự do nhờ lực ma sát. Trục quay của các con lăn song song với trục quay của đầu cán nhưng vuông góc với trục quay của phôi. Trong quá trình tạo hình vành răng, trục cán quay nhiều vòng khi phôi quay một vòng. Ngoài ra, trong khi cán phôi còn thực hiện chuyển động dọc trục để tạo vành răng trên toàn bộ chiều dài theo yêu cầu.

Vì chuyển động của dụng cụ (các con lăn) trùng với phương của răng, cho nên phương pháp cán này được gọi là cán dọc.

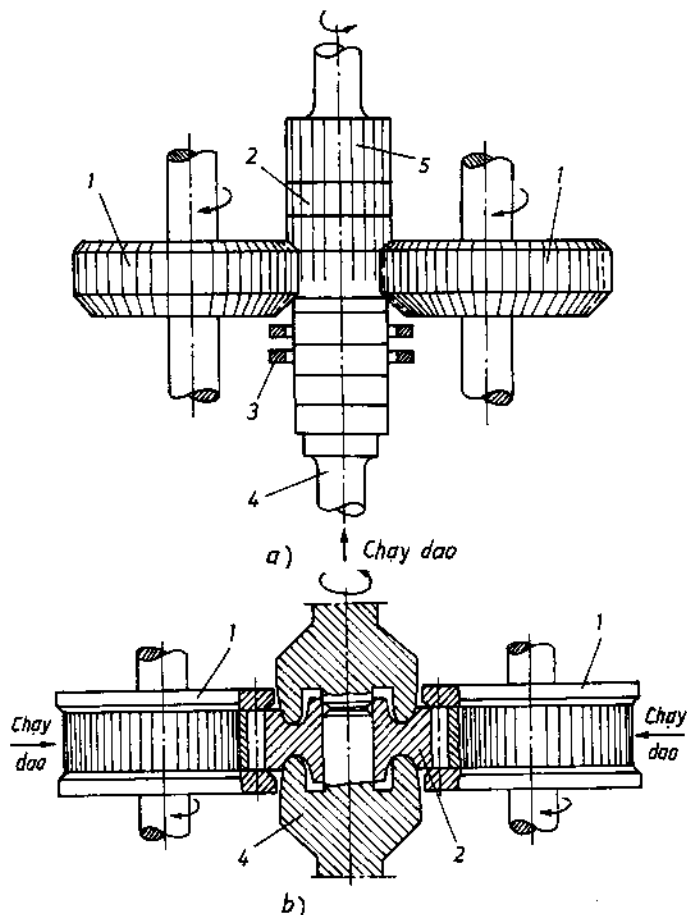
Để cho trục gá phôi không bị võng do tác dụng của lực cán, người ta đặt hai đầu cán đối diện nhau. Trong trường hợp này các đầu cán quay ngược chiều nhau. Các con lăn nằm đối diện nhau và lần lượt tác động đến phôi, làm cho kim loại biến dạng và đẩy kim loại từ chân prophin răng tới đỉnh prophin răng.

Gần đây, trong thực tế người ta sử dụng rộng rãi phương pháp cán ngang (hình 20.4). Sử dụng phương pháp này có thể chế tạo được cả bánh răng trụ và bánh răng côn. Sơ đồ tác động giữa dụng cụ và phôi gần giống như sơ đồ phay lăn răng. Ở đây, dụng cụ tác động đến phôi không phải theo toàn bộ prophin răng mà theo từng phần riêng biệt.

Cũng như phay lăn răng, khi cán ngang prophin răng được hình thành

nhờ chuyển động bao hình giữa dụng cụ và phôi.

Hình 20.4a là sơ đồ cán ngang với chạy dao hướng trục của phôi. Trong quá trình cán, các trục cán 1 quay liên tục theo một chiều nhất định, còn các phôi 2 và bánh răng mẫu 5 được gá trên trục chính 4 thực hiện chuyển động quay liên tục (quay bao hình với các trục cán) và chạy dao hướng trục. Trước khi tiếp xúc với các trục cán, phôi được nung nóng nhờ các vòng nung cảm ứng 3.



Hình 20.4. Sơ đồ cán ngang bánh răng
a- chạy dao hướng trục của phôi; b- chạy dao hướng kính của các trục cán; 1- trục cán; 2- phôi; 3- vòng nung cảm ứng; 4- trục chính của máy; 5- bánh răng mẫu.

Hình 20.4b là sơ đồ cán ngang với chạy dao hướng kính của các trục cán. Phôi 2 được gá trên trục chính 4 và thực hiện chuyển động quay liên tục, còn hai trục cán 1 vừa quay (cùng theo một chiều) vừa thực hiện lượng chạy dao hướng kính để cán toàn bộ chiều sâu của rãnh răng.

Đường kính phôi d_p (mm) được xác định xuất phát từ điều kiện: thể tích phần kim loại của dây răng (từ đường kính đáy đến đường kính phôi) bằng thể tích phần kim loại của đầu răng. Có nghĩa là:

$$F_1 b = F_2 b \quad (20.1)$$

Ở đây: F_1 - diện tích (mm^2) mặt cắt ngang của rãnh chân răng;

F_2 - diện tích (mm^2) mặt cắt ngang của đầu răng.

Chiều dài b theo tiết diện của chân răng và đầu răng là như nhau, do đó: $F_1 = F_2$.

Từ đẳng thức này có thể tính đường kính lý thuyết của phôi d_p trước khi cán:

$$d_p = d - 0,14 m \quad (20.2)$$

Ở đây: d - đường kính vòng chia của bánh răng gia công (mm);

m - môđun bánh răng (mm).

Tốc độ góc của các trục cán và phôi trong quá trình cán phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{\omega_p}{\omega_c} = \frac{z_c}{z_p} \quad (20.3)$$

Ở đây:

ω_p, ω_c - tốc độ góc (radian) của phôi và trục cán;

z_c, z_p - số răng của trục cán và của phôi gia công.

Phương pháp cán răng nói chung (cán dọc và cán ngang) cho phép nâng cao năng suất gia công, giảm giá thành sản phẩm, giảm tiêu hao nguyên vật liệu, đồng thời nâng cao độ bền và độ chống mòn của lớp bề mặt răng.

Sơ đồ cán trên hình 20.4a làm việc với chế độ như sau: tốc độ quay của phôi 30 vòng/phút, lượng dao chạy dọc của phôi $6 \div 8 \text{ mm/giây}$, nhiệt độ biến dạng lúc đầu $1050 \div 1100^\circ\text{C}$, lúc kết thúc $850 \div 950^\circ\text{C}$.

Sơ đồ cán trên hình 20.4b làm việc với chế độ như sau: tốc độ quay của trục cán 8 vòng/phút, lượng chạy dao hướng kính của trục cán $0,2 \div 0,6 \text{ mm/giây}$, nhiệt độ biến dạng lúc đầu $1150 \div 1200^\circ\text{C}$, lúc kết thúc $800 \div 850^\circ\text{C}$.

Quy trình công nghệ chế tạo bánh răng của máy kéo (số răng $z = 28$, môđun $m = 7 \text{ mm}$) gồm các nguyên công sau:

- Dập phôi.
- Ủ phôi.
- Tiện ngoài phôi.

- Khoét lỗ;
- Chuốt lỗ.
- Chuốt then hoa.
- Cán vành răng.
- Tiện lại mặt đầu của vành răng.
- Phay tinh răng.
- Vê tròn đầu răng.
- Nhiệt luyện bánh răng
- Mài lỗ.

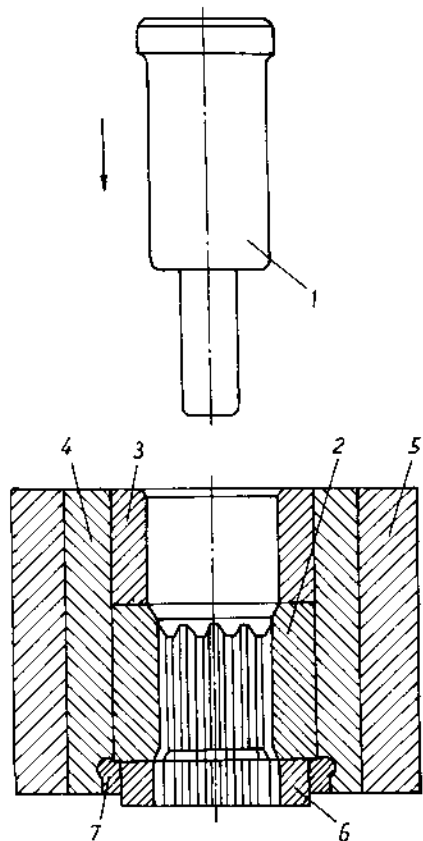
Như vậy, cán răng trong trường hợp này chỉ là một nguyên công tạo răng thô. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khác, bánh răng sau khi cán không cần phải gia công cơ bổ sung.

20.5. ÉP BÁNH RĂNG

Khi gia công bằng các phương pháp ép, bề mặt vành răng được hình thành ngay sau khi dụng cụ tiếp xúc với phôi. Sở dĩ đạt được kết quả như vậy là nhờ biên dạng khép kín của dụng cụ và nó tác động đến tất cả mọi phía của phôi cùng lúc.

Hình 20.5 là sơ đồ ép bánh răng trụ.

Phôi gia công sau khi nung nóng được đặt trong bạc 3, bạc 3 được đặt trên cối ép 2, cối ép 2 và bạc 3 được lắp trong ống trung gian 4, ống trung gian 4 được lắp trong thân cối ép 5. Ở phía dưới cối ép có lắp vòng đỡ 6 và vòng chặn 7. Như vậy, quá trình ép được hoàn thành khi chày ép 1 đi xuống và mặt gò của chày ép chạm vào mặt đầu trên của cối ép.



Hình 20.5. Sơ đồ ép bánh răng
1- chày ép; 2- cối ép; 3- bạc lót;
4- ống đỡ trung gian; 5- thân cối ép;
6- vòng đỡ; 7- vòng chặn.

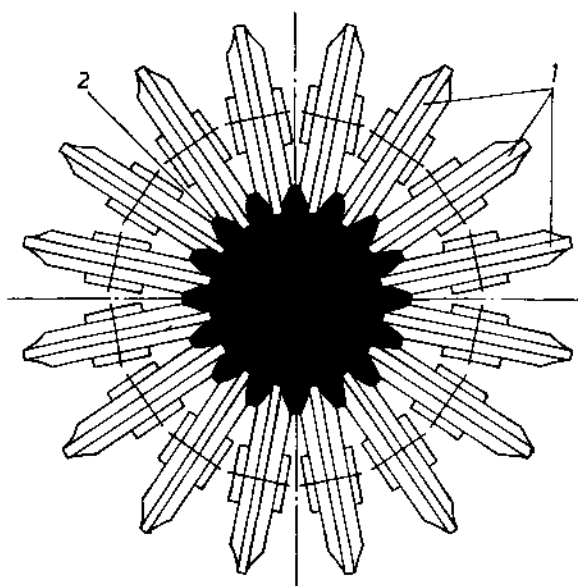
Chày ép 1 có kết cấu gồm 3 phần: phần đầu nhỏ dùng để đột lỗ bánh răng; phần giữa dùng để ép bánh răng, còn phần trên cùng dùng để định cỡ chuyển động của chày ép với cối ép.

Độ bóng mặt răng sau khi ép đạt cấp 9, còn độ sai lệch kích thước của vành răng so với cối ép là 0,1 mm.

Hình 20.6 là sơ đồ ép bánh răng qua các con lăn. Số lượng các con lăn đúng bằng số răng của bánh răng cần ép 2, còn prophin của con lăn là prophin của rãnh răng.

Trong trường hợp này ma sát trượt được thay bằng ma sát lăn (của các con lăn), do đó điều kiện tiếp xúc của phôi và dụng cụ thay đổi so với cối ép cứng của sơ đồ trên hình 20.5.

Nhược điểm của cối ép bằng con lăn là kết cấu phức tạp, lực ép nhỏ, khó điều chỉnh để đạt độ chính xác của vành răng. Vì vậy, phương pháp này chỉ dùng để ép các bánh răng có số răng nhỏ từ vật liệu kim loại màu.



Hình 20.6. Sơ đồ ép bánh răng bằng các con lăn
1- các con lăn; 2- bánh răng cần ép.

CHƯƠNG 21

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG DẬP THỂ TÍCH

21.1. CHỌN PHƯƠNG ÁN CÔNG NGHỆ

Khi chọn phương án công nghệ chế tạo bánh răng bằng dập thể tích cần phải chú ý đến đặc điểm kết cấu và điều kiện kỹ thuật của sản phẩm.

Điều kiện cơ bản của việc chọn dập thể tích bánh răng thay cho phay lăn răng là các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Vì vậy, khi chọn qui trình này hay qui trình khác đều phải đánh giá hiệu quả kinh tế mà hiệu quả kinh tế lại phụ thuộc vào năng suất ở các nguyên công chủ yếu, giá thành chế tạo cối dập, khối lượng gia công cơ phôi trước khi dập.

Thiết kế qui trình công nghệ trong từng trường hợp cụ thể phải đi sau thiết kế bản vẽ bánh răng từ quan điểm tính công nghệ và quan điểm giảm số lượng nguyên công.

Xây dựng bản vẽ phôi được thực hiện sau khi phân tích đặc điểm kết cấu của chi tiết (bánh răng). Đầu tiên, cần phải chọn các bề mặt hình thành trực tiếp bằng dập thể tích mà không cần phải qua gia công cơ bổ sung. Lượng dư của các bề mặt cần gia công cơ phụ thuộc vào phương pháp gia công cơ và độ nhám bề mặt. Rõ ràng là để giảm tiêu hao nguyên vật liệu cần giảm khối lượng gia công cơ và giữ lớp kim loại biến dạng trên mặt răng (bằng cách hót một lượng dư tối thiểu).

Cần lưu ý rằng, trên bề mặt bánh răng dập luôn luôn xuất hiện lớp hư hỏng bề mặt, lớp này cần được hót đi, do đó lượng dư cho nguyên công sau khi dập thường lớn hơn lượng dư sau khi phay.

Tiến trình công nghệ phụ thuộc vào hình dáng bề ngoài của bánh răng. Do đó, qui trình công nghệ chế tạo bánh răng trụ, răng côn và bánh răng dạng đĩa có khác nhau. Các qui trình công nghệ này có thể được chia ra các nhóm sau đây:

- Các bánh răng trụ và răng côn không có gò. Tất cả các bề mặt của chúng cần được gia công cơ.
- Các bánh răng có phần gò không gia công. Gia công cơ ở các bánh

răng này được thực hiện đối với lỗ, mặt đầu vành răng và các gờ.

- Các bánh răng dạng đĩa. Gia công cơ ở bánh răng loại này được thực hiện đối với các mặt đầu của gờ và lỗ.

- Các trục răng. Gia công cơ được thực hiện đối với các cổ trục và các mặt đầu vành răng.

Sau khi thực hiện tất cả các nguyên công, bánh răng phải đạt được độ chính xác và tính chất cơ lý theo yêu cầu.

Các bước công nghệ khi chế tạo bánh răng bằng dập thể tích cũng tương tự như khi chế tạo bánh răng bằng các phương pháp khác.

Khi lập qui trình công nghệ cần xác định kích thước và hình dáng phôi, chọn các bước dập, xác định đặc tính và công suất của thiết bị, xác định chế độ nung và nhiệt luyện. Xác định chính xác kích thước phôi ban đầu là điều kiện quan trọng để có phôi bánh răng theo yêu cầu. Thể tích kim loại của phôi ban đầu bao gồm thể tích kim loại của phôi bánh răng, thể tích kim loại để tạo thành lớp ba via và phần kim loại bị cháy khi nung.

Thể tích kim loại cần thiết để tạo thành bavia V_b được xác định theo công thức sau:

$$V_b = K_1 \cdot P \cdot S_b \quad (21.1)$$

Ở đây: S_b - diện tích mặt cắt ngang của lớp bavia (mm^2);

P - chu vi phôi bánh răng theo mặt phân khuôn (mm);

K_1 - hệ số tính đến mức độ điền đầy kim loại trong rãnh tạo bavia ($K_1 = 0,6$).

Sau khi xác định được thể tích toàn phần V của phôi ban đầu, cần xác định kích thước của phôi (đường kính và chiều dài).

Đường kính D của phôi ban đầu được tính theo công thức:

$$D = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V}{K_2}} \quad (21.2)$$

Ở đây: V - thể tích toàn phần của phôi ban đầu (mm^3);

K_2 - hệ số ($K_2 = 1,5 + 2,5$).

Khi có đường kính D ta xác định diện tích mặt cắt ngang F .

Sau đó tính chiều dài của phôi L :

$$L = \frac{V}{F} \quad (21.3)$$

Một bước quan trọng khi lập qui trình công nghệ dập bánh răng là chọn loại thiết bị thích hợp. Loại thiết bị có ảnh hưởng quyết định đến năng suất gia công, tiêu hao năng lượng, độ chính xác của phôi và tuổi bền của dụng cụ.

Ở các nước Tây Âu thường sử dụng các loại máy ép trục vít ma sát có lực ép từ 200 đến 500 tấn. Năng suất của các máy này đạt $200 \div 800$ chiếc/giờ. Phôi ban đầu cho các máy này không có thể tích chính xác, bởi vì hành trình của dụng cụ không cố định mà nó phụ thuộc vào lực xuất hiện trong quá trình biến dạng.

Gần đây người ta sử dụng máy ép trục vít ma sát có lực ép lớn (1250 tấn) và năng lượng va đập cực đại có thể đạt 42.000 kG.M.

Một loại thiết bị khác được dùng để dập bánh răng là các máy rèn búa và đập búa thủy lực. Ví dụ, một số hãng của Nhật Bản đã dùng các loại máy này để dập bánh răng côn.

Nhược điểm của các loại máy búa là không điền đầy lượng kim loại cần thiết trong một lần va đập của búa.

Ở Cộng hoà Liên bang Nga, dập bánh răng được thực hiện trên máy ép tay biên. Máy ép tay biên khác các máy rèn búa và đập búa ở chỗ là trục ép có hành trình cố định, do đó có thể ép bánh răng trong một hành trình làm việc. Tốc độ biến dạng ban đầu của phôi thấp. Tại thời điểm biến dạng ban đầu của phôi, tốc độ chuyển động của trục ép khoảng $0,5 \div 0,8$ mm/giây, 25 lần nhỏ hơn tốc độ va đập của búa vào phôi.

Công thức tính lực tạo hình phôi bánh răng bằng các phương pháp nói chung có dạng.

$$Q = p.F \quad (21.4)$$

Ở đây: F- hình chiếu của diện tích tiếp xúc của phôi bánh răng trên mặt phẳng phân khuôn (mm^2);

p- áp lực riêng khi phôi biến dạng (kG/mm^2)

Áp lực riêng p được tính theo công thức lý thuyết như sau:

$$p = \sigma_1 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (21.5)$$

Ở đây: σ_1 - giới hạn chảy của vật liệu bánh răng ứng với chế độ nhiệt khi dập (kG/mm^2);

K_3 - hệ số tính đến tốc độ biến dạng (máy ép tay biên: $K_3 = 1,1 \div 1,3$; máy dập ma sát: $K_3 = 1,3 \div 1,5$; máy rèn búa và máy dập búa: $K_3 = 2 \div 3$);

K_4 - hệ số tính đến phân bố không đều của ứng suất, phụ thuộc vào hình dáng của phôi ($K_4 = 1,2 \div 1,5$);

K_5 - hệ số tính đến trọng lượng của phôi (phôi có trọng lượng 20 kg: $K_5 = 0,75$; phôi có trọng lượng 5 kg: $K_5 = 0,9$);

K_6 - hệ số tính đến sơ đồ trạng thái ứng suất.

Hệ số K_6 được xác định theo công thức:

$$K_6 = 1 + \frac{\mu \cdot D}{3h} = \frac{H \cdot d}{D^2} \quad (21.6)$$

ở đây: D , H - đường kính và chiều cao của phôi khi có bavaria (mm);

d , h - đường kính và chiều cao của phôi khi không có bavaria (mm);

μ - hệ số ma sát giữa vật liệu biến dạng và thành khuôn (cối).

21.2. MÁC THÉP VÀ CHUẨN BỊ PHÔI DẬP

21.2.1. Mác thép

Thành phần hoá học của thép xác định các chỉ tiêu chất lượng của bánh răng như: độ cứng, độ thấm tôi và kích thước hạt. Các tính chất này quyết định tính gia công của vật liệu, mức độ biến dạng của nó khi nhiệt luyện và độ bền mỏi của răng.

Để chế tạo các bánh răng nhỏ người ta thường dùng thép cacbon (thép không hợp kim) 40, 45, 50 và thép hợp kim 40X, 45X, 35XHMA... còn để chế tạo các bánh răng lớn người ta dùng thép thấm cacbon 15, 20 và thép hợp kim thấm cacbon 15X, 20X, 12XH3A, 20XΦ, 18XΓT, v.v.

Ở Cộng hoà liên bang Đức người ta đã sử dụng thép cacbon có $0,6 \div 0,9$ % cacbon với lượng mangan và silic thấp.

Còn ở Anh, ở Pháp và ở Mỹ người ta đã sử dụng thép kết cấu hợp kim cao. Tiêu chuẩn của Anh qui định thép thấm cacbon có chứa $3 \div 4,5\%$ Ni; $0,75 \div 1,5\%$ Cr, $0,1 \div 0,3\%$ Mo.

21.2.2. Chuẩn bị phôi bánh răng

Độ chính xác của phôi bánh răng phụ thuộc vào độ chính xác của phôi ban đầu. Để giảm sai số kích thước của phôi bánh răng cần phải

giảm sai số thể tích của phôi ban đầu. Sai lệch trọng lượng của phôi ban đầu không quá 1%. Trọng lượng của phôi ban đầu cao hơn tính toán sẽ làm cho kích thước chiều cao của phôi bánh răng tăng.

Vì vậy, để định lượng chính xác phôi ban đầu, trước khi cắt phôi thành nên phân loại chúng theo đường kính.

Cắt phôi được thực hiện trên các máy cắt có củ chặn chiều dài. Độ chính xác kích thước của phôi phụ thuộc vào độ chính xác gá củ chặn. Sau khi cắt, phôi được kiểm tra theo trọng lượng và được làm sạch bằng phương pháp phun bi hoặc phun cát. Làm sạch phôi có tác dụng tăng độ bóng bề mặt để giảm vết cháy khi nung nóng.

Nhiệt độ nung để hình thành biến dạng dẻo là một yếu tố quan trọng xác định cơ tính của sản phẩm (bánh răng dập).

Nhiệt độ nung có các mức sau đây: mức thấp ($500 \div 700^{\circ}\text{C}$); mức trung bình ($900 \div 1000^{\circ}\text{C}$) và mức cao ($1200 \div 1250^{\circ}$).

Nhiệt độ nung cao không có lợi, nó ảnh hưởng xấu đến tuổi bền của dụng cụ. Do đó, chọn nhiệt độ nung vừa đủ sẽ làm tăng tính chất cơ lý của phôi và tăng tuổi bền của dụng cụ. Tuy nhiên, nhiệt độ nung phải đảm bảo được tính biến dạng dẻo của vật liệu. Kinh nghiệm thực tế cho thấy đối với thép 20 và thép 30, tính biến dạng dẻo cao nhất đạt được ở nhiệt độ nung $\geq 900^{\circ}\text{C}$. Như vậy, nhiệt độ nung tối ưu nên chọn trong khoảng $1000 \div 1100^{\circ}\text{C}$.

21.3. DẬP BÁNH RĂNG CÔN THẲNG

Quy trình công nghệ dập bánh răng côn răng thẳng phụ thuộc vào kết cấu của chi tiết và thiết bị sử dụng.

Khi sử dụng máy rèn búa cơ khí, quy trình công nghệ bao gồm các nguyên công:

- Cắt phôi đạt kích thước và làm sạch phôi.
- Nung phôi bằng dòng điện cao tần.
- Dập thô vành răng.
- Dập tinh vành răng (hiệu chỉnh).
- Đốt lỗ và cắt bavia.
- Nhiệt luyện.
- Làm sạch gỉ sắt.

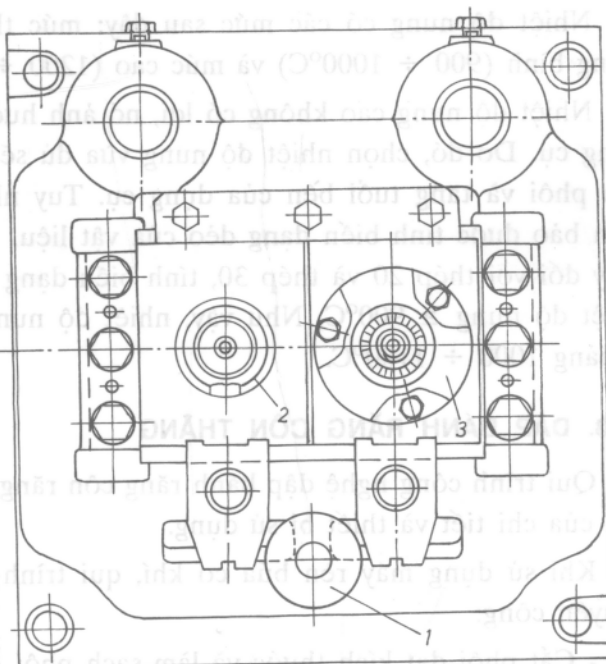
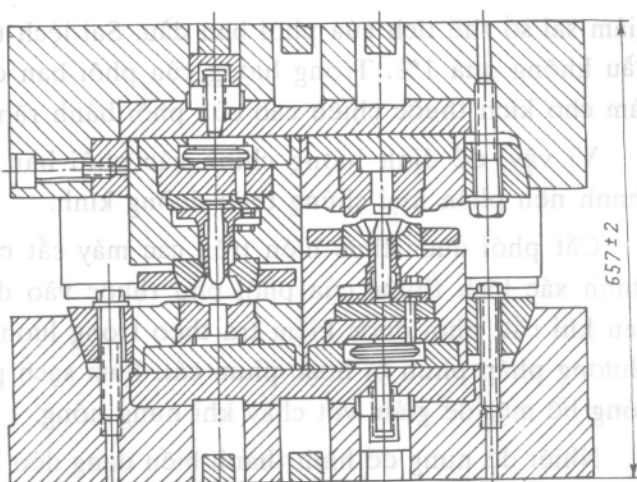
- Kiểm tra khuyết tật của bánh răng.

Quá trình tạo hình vành răng được thực hiện trong 3 bước: chồn, dập thô, dập tinh.

Hình 21.1 là đồ gá dập bánh răng côn hành tinh của xe ô tô Zin 150.

Đồ gá có 3 vị trí: vị trí 1 chồn phôi (tương ứng với sơ đồ trên hình 21.2a), vị trí dập thô (tương ứng với sơ đồ trên hình 21.2b), vị trí 3 dập tinh (tương ứng với sơ đồ trên hình 21.2c).

Đột lỗ và tạo hình vành răng đồng thời không phải là phương pháp tối ưu. Điều này được giải thích như sau: khi biến dạng, kim loại chảy về hướng có sức cản nhỏ nhất, có nghĩa là về phía lỗ, do đó kim loại sẽ không được điền đầy vào prophin của cối dập.

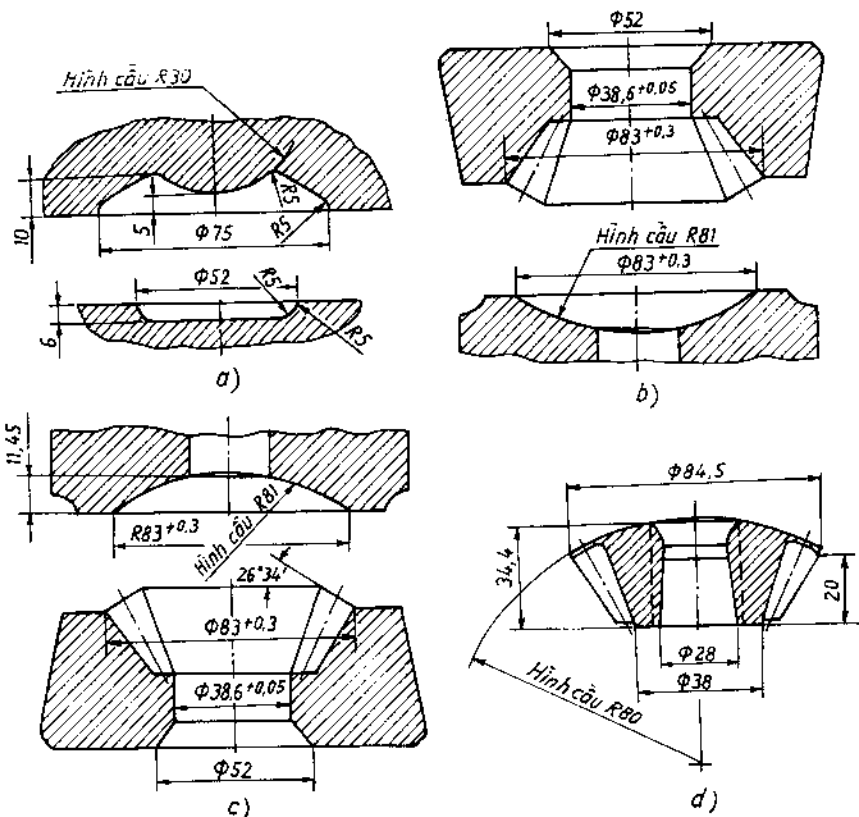


Hình 21.1. Đồ gá dập bánh răng côn trên máy rèn búa cơ khí
1- chồn; 2- dập thô; 3- dập tinh.

Ở Mỹ khi dập bánh răng côn của chạc vi sai máy kéo người ta lại dùng phương án công nghệ khác. Phương án công nghệ đó là: sau khi cắt lớp bavia, phôi được nhiệt luyện, rửa axit và làm sạch, tiếp theo đó phôi được nung trong lò lần thứ hai đạt nhiệt độ $650 \div 850^{\circ}\text{C}$ rồi thực hiện

hai bước hiệu chỉnh răng trên máy ép. Tuy nhiên, phương pháp công nghệ này giảm tuổi bền của dụng cụ (của chày và cối đập). Tuổi bền của dụng cụ trong trường hợp này chỉ cho phép gia công $50 \div 100$ chi tiết.

Để tăng tuổi bền của dụng cụ và để giảm lực biến dạng, ở khuôn hiệu chỉnh sơ bộ người ta làm những lỗ sâu (gọi là khâu bù) ở phía mặt đầu lớn đối diện với mỗi răng của phôi. Như vậy, khi hiệu chỉnh, kim loại thừa không tạo thành bavaria mà được điền đầy vào các lỗ sâu này. Nhờ đó mà tuổi bền của dụng cụ tăng lên đáng kể.



Hình 21.2. Các bước dập bánh răng côn

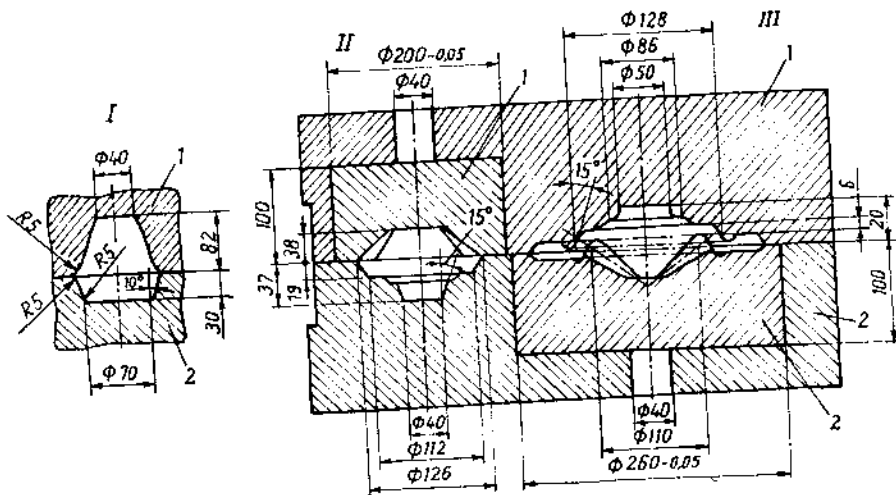
a- chồn phôi; b- dập thô vành răng; c- dập tinh vành răng; d- bản vẽ phôi bánh răng.

Hình 21.3 là sơ đồ dập bánh răng côn trong 3 bước trên máy rèn búa.

Ở bước thứ I, phôi được chồn bằng các khuôn trên 1 khuôn dưới 2 để tạo dáng sơ bộ. Sau đó phôi được đưa sang bộ khuôn thứ hai (bước thứ II) để dập thô, còn dập tinh được thực hiện ở bước thứ III.

Sau khi dập cần cắt bavaria, rồi nhiệt luyện, làm sạch và hiệu chỉnh phôi.

Tách các nguyên công tạo hình ra như vậy cho phép nâng cao độ chính xác và độ bóng mặt răng.



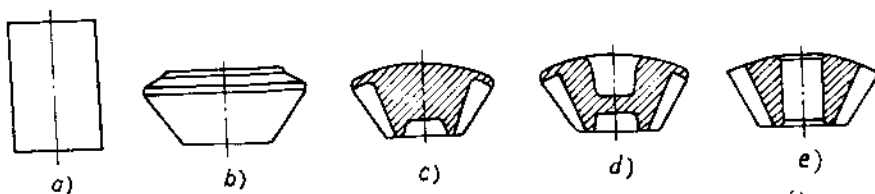
Hình 21.3. Sơ đồ dập bánh răng côn trên máy búa
I, II, III - các bước dập phôi; 1, 2 - đầu búa cùng khuôn trên và dưới.

Hình 21.4 là sơ đồ các bước dập bánh răng côn trên máy dập ma sát.

Quá trình tạo hình bánh răng được thực hiện qua hai nguyên công: nguyên công thô và nguyên công tinh.

Nguyên công thô gồm hai bước: bước thứ nhất (hình 21.4b) tạo dáng phôi chưa có răng, bước thứ hai (hình 21.4c) tạo vành răng và định dấu lỗ.

Nguyên công tinh cũng gồm hai bước: bước thứ nhất dập tinh vành răng (hình 21.4d) và tạo dáng lỗ, bước thứ hai: đột lỗ và cắt lớp rìa (hình 21.4e).

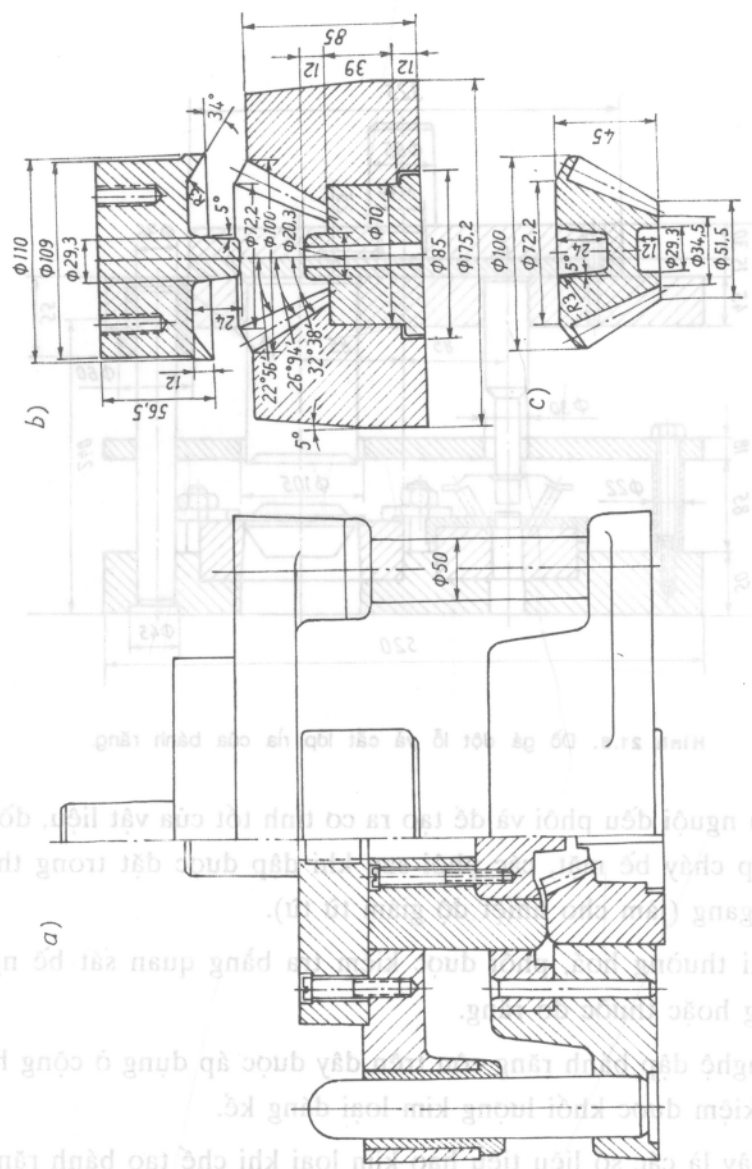


Hình 21.4. Các bước tạo hình bánh răng côn trên máy ép ma sát.
a- phôi b, c- phôi sau hai bước dập thứ nhất và thứ hai;
d, e- phôi sau khi dập tinh và cắt lớp rìa.

Hình 21.5 là đồ gá dập bánh răng côn trên máy dập ma sát. Trong trường hợp này chày và cối được lắp trong các chi tiết chuyên dùng, vì vậy chúng có thể thay đổi từ bước dập thô sang bước dập tinh một cách dễ dàng (hình 21.5a).

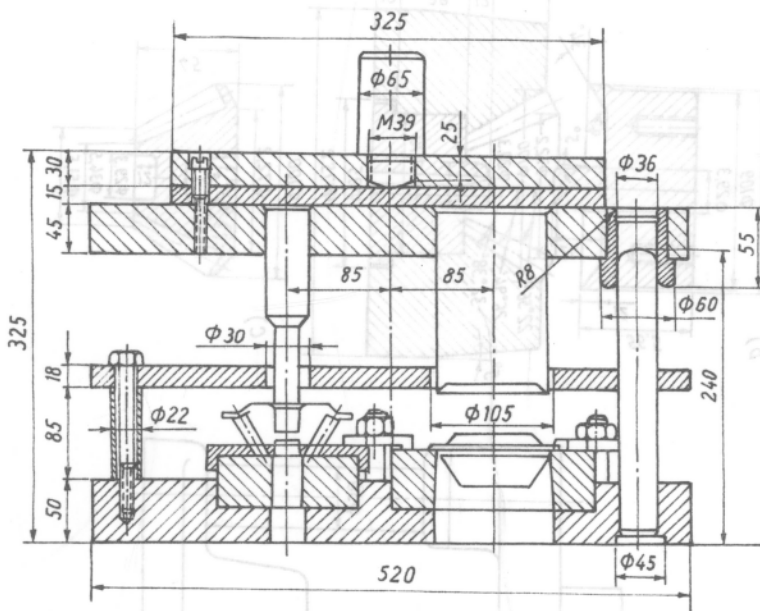
Về nguyên tắc, để tạo hình sơ bộ có thể dùng cối gia công tính nhưng đã bị mòn, không còn độ chính xác ban đầu.

Sau khi dập, các phôi được chuyển qua máy dập lệch tâm để đột lỗ và cắt lồi (hình 21.6). Ở đây, bước thứ nhất là đột lỗ, còn bước thứ hai là cắt lồi.



Hình 21.5. Đồ gá dập bánh răng côn trên máy dập ma sát
a- bản vẽ lắp; b- bản vẽ chày và cối; c- bản vẽ phôi.

Sau khi đập, các phôi được chuyển qua máy đập lệch tâm để đột lỗ và cắt lớp rìa (hình 21.6). Ở đây, bước thứ nhất là đột lỗ, còn bước thứ hai là cắt lớp rìa.



Để làm nguội đều phôi và để tạo ra cơ tính tốt của vật liệu, đồng thời để giảm lớp cháy bề mặt, các phôi sau khi dập được đặt trong thùng có chứa phôi gang (làm cho nhiệt độ giảm từ từ).

Công nghệ dập bánh răng côn trên dây được áp dụng ở cộng hoà Séc và đã tiết kiệm được khối lượng kim loại đáng kể.

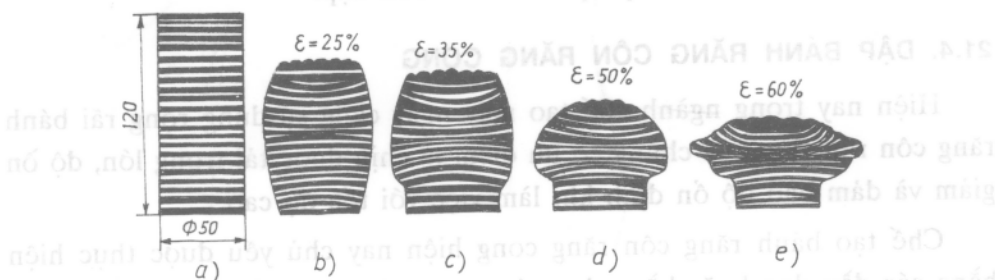
Dưới đây là các số liệu tiêu hao kim loại khi chế tạo bánh răng hành tinh (số răng $z = 10$, môđun $m=8$) bằng phương pháp cắt gọt và phương pháp dập.

	Cắt gọt	Dập
Trọng lượng phôi ban đầu (kg)	3,26	1,39
Trọng lượng phôi dập (kg)	2,96	1,30
Trọng lượng chi tiết (kg)	0,92	0,92
Lượng kim loại mất mát khi dập (kg)	0,3 (9,2%)	0,09 (6,4%)
Lượng kim loại mất mát khi gia công cơ (kg)	2,04 (68,95%)	0,38 (29,2%)
Tổng số lượng kim loại mất mát (kg)	2,34 (71,77%)	0,47 (33,8%)

So sánh các số liệu trên đây cho thấy ứng dụng phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo cho phép tiết kiệm mỗi chi tiết 1,87 kg, có nghĩa là chỉ có 43% lượng kim loại so với phương pháp cắt gọt.

Cần nhớ rằng, chất lượng của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập, cấu trúc và cơ tính của kim loại phụ thuộc vào hướng chảy của vật liệu trong quá trình biến dạng.

Hình 21.7 là thứ tự các bước tạo hình phôi bánh răng mà qua đó có thể thấy hướng chảy của kim loại.

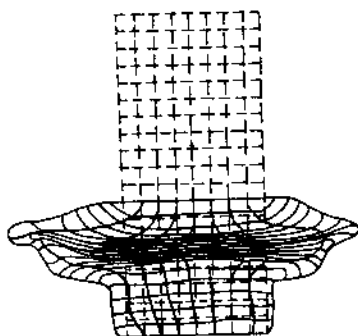


Hình 21.7. Đặc tính chảy kim loại ở các giai đoạn tạo hình phôi bánh răng.

Phôi ban đầu là phôi thanh có đường kính 50 mm và chiều dài 120 mm (hình 21.7a). Dựa theo hướng thay đổi của các thớ (trước lúc biến dạng chúng song song với nhau) có thể kết luận về đặc tính chảy của kim loại trong quá trình tạo hình phôi bánh răng. Khi phôi bị ép 25% (hình 21.7b) xuất hiện độ tang trống và ở mặt đầu phía trên xuất hiện dấu hiệu của rãnh răng trong tương lai. Sau khi bị ép 35% (hình 21.7c) rãnh răng được ăn sâu xuống và xuất hiện sự phân chia kim loại ra vành răng và gờ bánh răng, phần trên của phôi có dạng hình côn. Khi bị ép 50% (hình

21.7d) chiều cao của rãnh răng đạt giá trị gần cực đại và các mặt côn của phôi được vẽ tròn. Tạo hình vành răng và các yếu tố khác của phôi được thực hiện sau khi nó bị ép 60% (hình 21.7e).

Hình 21.8 là sơ đồ thay đổi hình dáng ban đầu của lưới tọa độ khi chồn (dập hoặc ép) phôi, nó cho phép quan sát đặc tính chảy của các lớp kim loại nằm song song và vuông góc với đường tâm dọc của phôi.



Hình 21.8. Thay đổi lưới tọa độ trên phôi hình trụ khi dập bánh răng côn.

Ta thấy, tất cả các lớp kim loại đều thay đổi. Biến dạng của gờ bánh răng ít hơn so với vành răng. Các lớp kim loại của vành răng nằm gần đường tâm bị biến dạng ít hơn so với các lớp kim loại nằm ở mép ngoài của vành răng. Nhưng nói chung sự thay đổi của lưới kim loại xảy ra đều đặn. Do đó, khi tạo hình bánh răng bằng phôi hình trụ, hình dạng của phôi thay đổi đều, tạo ra sự chảy kim loại đều đặn và chính xác vào prophin của khuôn dập.

21.4. DẬP BÁNH RĂNG CÔN RĂNG CONG

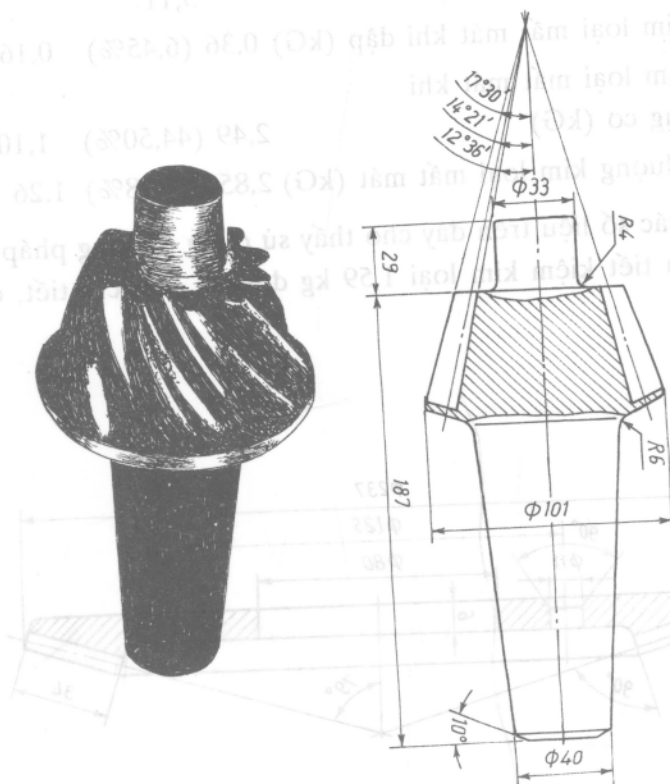
Hiện nay trong ngành chế tạo máy ngày càng sử dụng rộng rãi bánh răng côn răng cong vì chúng có ưu điểm là chịu được tải trọng lớn, độ ồn giảm và đảm bảo độ ổn định khi làm việc với tốc độ cao.

Chế tạo bánh răng côn răng cong hiện nay chủ yếu được thực hiện bằng các đầu dao hoặc bằng dao phay trục vít côn. Để thực hiện nguyên công này cần phải có số lượng lớn các máy cắt răng. Ở đây lượng kim loại chuyển thành phôi chiếm khoảng 40%. Vì vậy, tìm kiếm các phương pháp chế tạo bánh răng côn răng cong bằng biến dạng dẻo là một nhiệm vụ cấp thiết.

Ở cộng hoà Séc, ngoài phương pháp dập bánh răng côn thẳng người ta còn dập bánh răng côn răng cong. Ví dụ, ở một số nhà máy đã ứng dụng phương pháp dập để chế tạo bánh răng côn răng cong chủ động của ô tô tải (hình 21.9).

Phôi ban đầu là phôi cán tròn, có đường kính 60 mm.

Phôi được cắt trên máy cắt có lực cắt 350 tấn, trọng lượng của nó 4,37 kg với dung sai $\pm 0,4\text{kg}$. Tạo hình sơ bộ được thực hiện bằng đập vuốt phần đuôi.



Hình 21.9. Phôi bánh răng côn răng cong (bánh nhỏ) ($Z = 11$; $m = 7,35$; chiều xoắn trái; góc nâng của răng $31^{\circ}26'$).

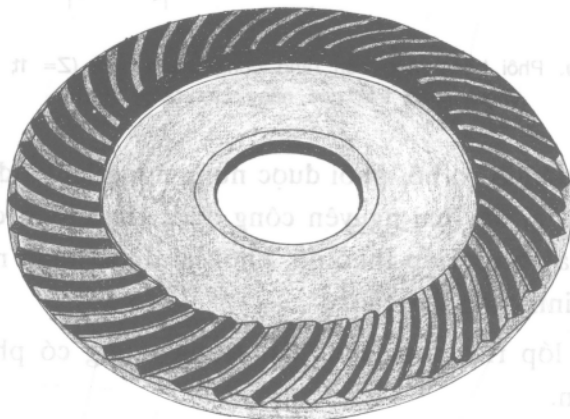
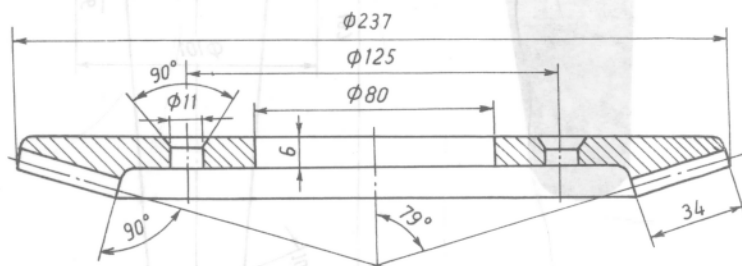
Sau bước tạo hình sơ bộ, phôi được nung nóng lại và được chuyển tới máy đập ma sát, tại đây hai nguyên công được thực hiện để đạt các kích thước cơ bản của phôi. Tiếp theo đó, phôi lại được nung nóng đạt 900°C và được hiệu chỉnh răng lần cuối.

Sau khi cắt lớp rì, phôi được đặt trong thùng có phoi gang để hạ nhiệt độ dần dần.

Dưới đây là các số liệu so sánh kim loại (vật liệu) khi chế tạo bánh răng côn răng cong nói trên ($z = 11$; $m = 7,35$).

	Cắt gọt	Dập
Trọng lượng phôi ban đầu (kG)	5,96	4,37
Trọng lượng phôi dập (kG)	5,60	4,21
Trọng lượng chi tiết (kG)	3,11	3,11
Lượng kim loại mất mát khi dập (kG)	0,36 (6,45%)	0,16 (3,66%)
Lượng kim loại mất mát khi gia công cơ (kG)	2,49 (44,50%)	1,10 (26,2%)
Tổng số lượng kim loại mất mát (kG)	2,85 (47,78%)	1,26 (28,90%)

So sánh các số liệu trên đây cho thấy sử dụng phương pháp biến dạng dẻo cho phép tiết kiệm kim loại 1,59 kg đối với mỗi chi tiết, có ý nghĩa là 26,67%.

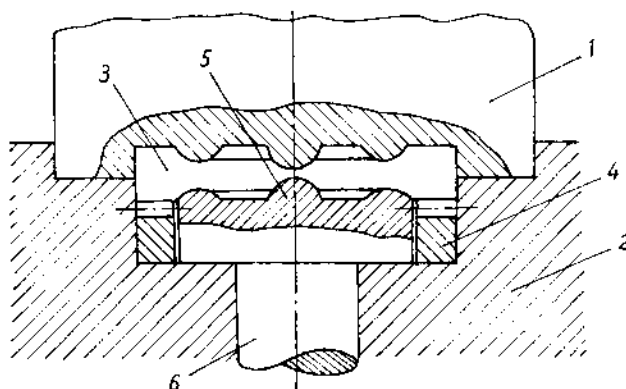


Hình 21.10. Phôi bánh răng côn dạng đĩa răng cong ($z = 45$; $m = 3,5$; răng chiều xoắn phải; góc nâng của răng $17^{\circ}30'$).

Qui trình công nghệ chế tạo bánh răng côn dạng đĩa răng cong cũng được tiến hành tương tự. Tuy nhiên, do bánh răng côn loại này có kích thước lớn, cho nên phải dùng máy dập cỡ lớn ($1000 \div 4000$ tấn).

Hình 21.10 là bản vẽ và hình chụp phối của bánh răng côn dạng đĩa răng cong.

Bằng phương pháp dập có thể gia công được bánh răng dạng đĩa răng cong (hình 21.11). Trong trường hợp này cối vành răng 4 nằm ở dưới (lắp trong đế 2) có kết cấu dạng đĩa, ở phần cối vành răng có lắp miếng lót 5, miếng lót này được đặt trên trục dẩy 6 để dẩy bánh



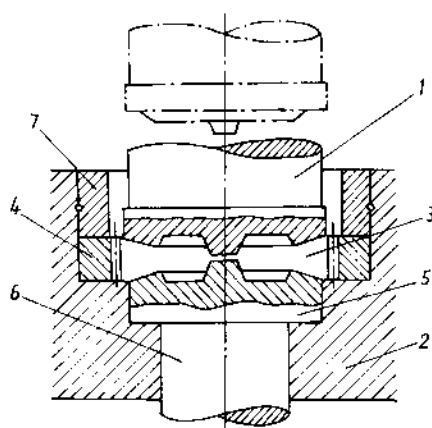
Hình 21.11. Sơ đồ khuôn dập bánh răng dạng đĩa răng cong
1- chày dập; 2- đế dưới; 3- bánh răng;
4- cối vành răng; 5- miếng lót; 6- trục dẩy.

răng 3 ra ngoài sau khi được chày dập 1 tác động và tạo hình vành răng.

21.5. DẬP BÁNH RĂNG TRỤ

Bánh răng trụ có thể được chế tạo bằng phương pháp dập mặt đầu (hình 21.12).

Khuôn dập bánh răng trụ gồm cối vành răng 4, cối vành răng 4 được đặt trong đế 2. Trong đế 2 có lắp trục dẩy 6, phía trên trục dẩy 6 có đặt miếng lót 5 để tạo hình phần lõi của bánh răng. Sau khi bánh răng 3 được dập bằng chày dập 1, trục dẩy 6 cùng miếng lót 5 đẩy bánh răng ra khỏi cối dập vành răng 4. Bạc định vị 7 có tác dụng cố định cối vành răng 4.



Hình 21.12. Sơ đồ khuôn dập bánh răng trụ
1- chày dập; 2- đế dưới; 3- bánh răng;
4- cối vành răng; 5- miếng lót; 6- trục dẩy;
7- bạc định vị cối vành răng.

Ứng dụng phương pháp dập có thể chế tạo được các bánh răng liên khối (blocs bánh răng) với các vành răng trụ - răng côn hoặc vành răng trụ thẳng - răng nghiêng v.v. Hình 21.13 là các blocs bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập. Các blocs bánh răng này có môđun m và số răng z khác nhau.

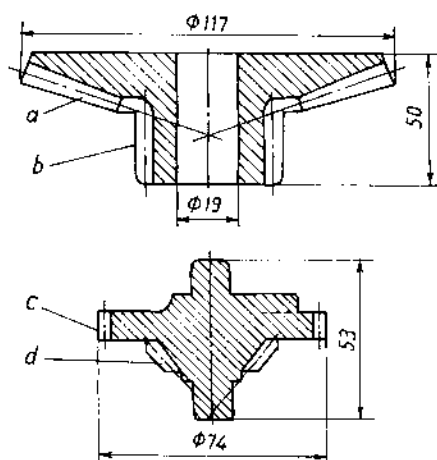
Quy trình công nghệ chế tạo các blocs bánh răng trên đây cũng giống như quy trình công nghệ chế tạo bánh răng côn hoặc bánh răng thẳng có một vành răng. Tuy nhiên, kết cấu của khuôn không hoàn toàn giống nhau mà ở nửa khuôn trên (hay còn gọi là chày dập) có prophin vành răng để dập một vành răng, còn nửa khuôn dưới có prophin vành răng và mặt phân khuôn là mặt giới hạn giữa hai vành răng.

Hình 21.14 là đồ gá dập blocs bánh răng trụ (có m và z khác nhau). Vì hai vành răng có số răng z và môđun m khác nhau cho nên nguyên công tạo hình bánh răng chỉ được thực hiện trong một hành trình của chày dập.

Xét từ quan điểm kinh tế - kỹ thuật thì các bánh răng dập phải thoả mãn được các yêu cầu sau đây:

- Bánh răng phải được dập theo hình dáng và kích thước với lượng dư gia công cơ nhỏ nhất.
- Prophin răng phải có đủ độ chính xác sao cho khi gia công tinh chỉ cần thực hiện nguyên công cà răng.
- Vẽ tròn đầu răng phải được thực hiện trong quá trình dập.

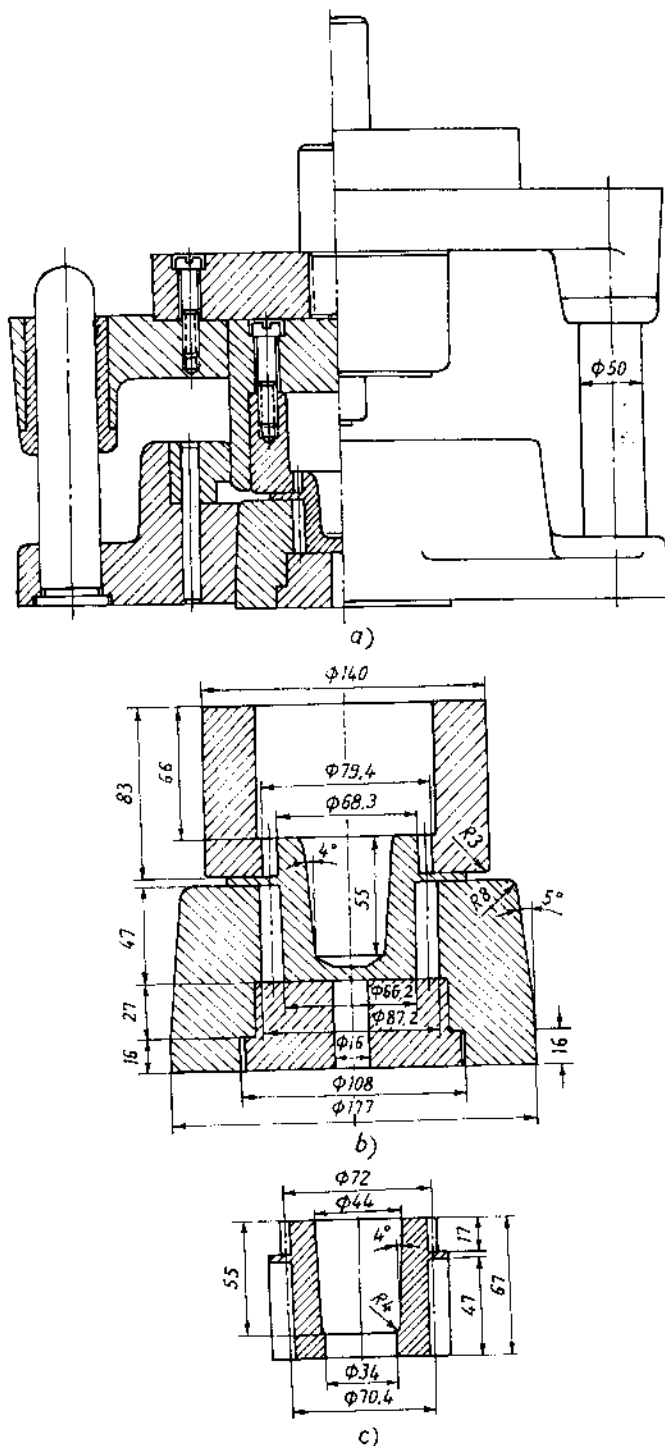
Để xác định độ chính xác của bánh răng dập người ta làm thí nghiệm như sau: dập một bánh răng trụ có gờ. Sau đó chọn vành răng làm chuẩn để mài lỗ (hoặc chuốt lỗ), sau khi gia công lỗ bánh răng được cà và được nhiệt luyện. Độ chính xác của bánh răng được đánh giá bằng các chỉ tiêu của độ chính xác động học (sai số tích lũy bước vòng) và độ ổn định khi



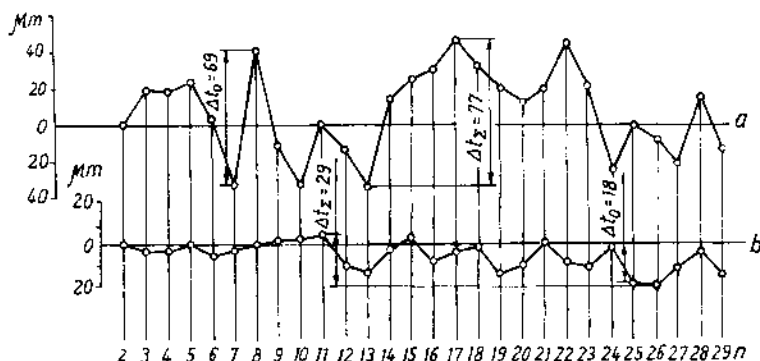
Hình 21.13. Các blocs bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập
a) $m=3,5$; $z=33$; b) $m=3$; $z=14$;
c) $m=2$; $z=35$; d) $m=4$; $z=10$.

làm việc (sai số bước cơ sở và sai số chu kỳ). Để tăng độ chính xác kiểm tra cần sử dụng trục gá khi cà răng. Kiểm tra sai số tích lũy bước vòng Δt_2 , sai số bước vòng Δt_0 và sai số chu kỳ f được bắt đầu từ cùng một răng nào đó. Hình 21.15 là kết quả đo các bước vòng và bước cơ sở, còn hình 21.16 là sơ đồ sai số chu kỳ f .

Trên cơ sở phân tích các số liệu ở trên có thể kết luận rằng độ chính xác theo bước của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập đạt cấp 10-12 (theo tiêu chuẩn của Đức DIN 3962).



Hình 21.14. Đồ gá dập block bánh răng trụ có hai vành răng
a- bản vẽ lắp; b- bản vẽ nửa khuôn trên và nửa khuôn dưới;
c- phôi bánh răng.



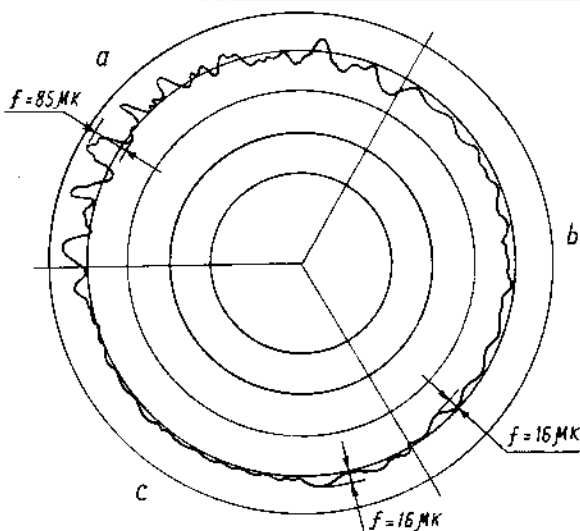
Hình 21.15. Kết quả đo sai số của bánh răng
a- sau khi dập; b- sau khi cà; Δt_x - sai số tích lũy bước vòng;
 Δt_0 - sai số bước vòng; n- số thứ tự răng.

Bánh răng dập được gia công tinh bằng phương pháp cà có độ đảo hướng kính và sai số bước cơ sở giảm đáng kể (bảng 21.1).

Bảng 21.1. Sai số của bánh răng trước và sau khi cà

Các bánh răng được nghiên cứu	Độ đảo hướng kính của vành răng		Sai số bước cơ sở	
	Sau khi dập	Sau khi cà	Sau khi dập	Sau khi cà
1	0,76	0,044	0,046	0,010
2	0,144	0,084	0,050	0,018
3	0,146	0,066	0,064	0,036

Để đánh giá độ chính xác của bánh răng sau khi nhiệt luyện người ta nhiệt luyện các bánh răng (vật liệu thép 20 MnCr5) sau khi dập và cà đạt độ cứng HRC60. Kết quả thực nghiệm cho thấy biến dạng sau nhiệt luyện của bánh răng dập không phải lúc nào cũng xảy ra và trong tất cả các trường hợp biến dạng của bánh răng dập luôn luôn nhỏ hơn biến dạng của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp phay.



Hình 21.16. Sơ đồ sai số chu kỳ
a- sau khi dập; b- sau khi cà răng;
c- sau khi nhiệt luyện.

Tuy nhiên, độ đảo hướng kính vành răng và sai số bước cơ sở sau nhiệt luyện đều tăng lên so với sau khi cà răng (bảng 21.2).

Bảng 21.2. Độ đảo hướng kính vành răng và sai số bước cơ sở sau khi cà răng và sau nhiệt luyện

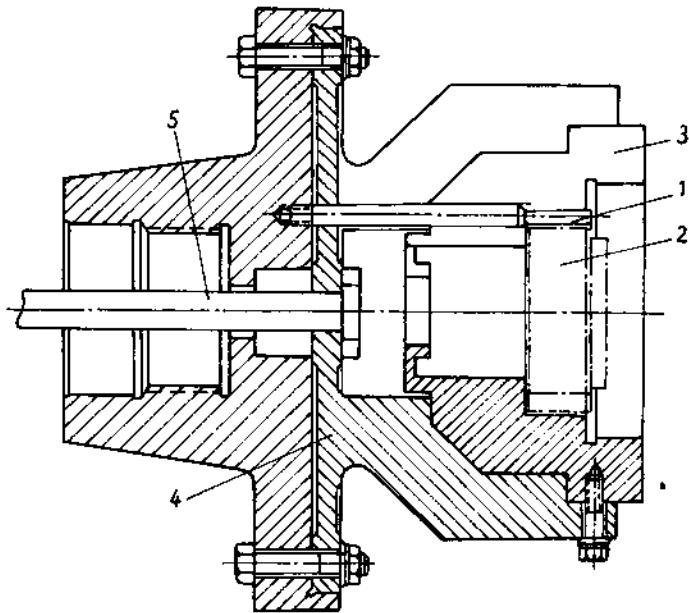
Các bánh răng được nghiên cứu	Độ đảo hướng kính vành răng		Sai số bước cơ sở	
	Sau khi cà răng	Sau khi nhiệt luyện	Sau khi cà răng	Sau khi nhiệt luyện
1	0,041	0,052	0,010	0,024
2	0,080	0,082	0,019	0,040
3	0,066	0,100	0,038	0,042

21.6. GIA CÔNG CƠ PHÔI CÓ RĂNG SAU KHI DẬP

Bánh răng là một chi tiết quan trọng trong nhiều loại máy và cơ cấu khác nhau, vì vậy việc chế tạo chúng, đặc biệt là quá trình tạo hình răng, nhiệt luyện và gia công tinh phải được chú ý thật cẩn thận. Chất lượng bánh răng xấu là nguyên nhân gây ra tiếng ồn và rung động, dẫn đến hiện tượng gãy răng, giảm công suất truyền động và nhiều khuyết tật khác, cuối cùng là giảm chất lượng máy.

Trong tất cả các trường hợp, các bánh răng phải có lỗ được gia công đạt độ chính xác cao để cố định trục quay.

Trong những trường hợp khi mà bánh răng cần nhiệt luyện, phải gia công tinh lỗ trước, sau đó lấy lỗ làm chuẩn để gia công tinh răng. Như vậy, độ chính xác của



Minh 21.17. Mâm cặp mangan để gia công lỗ bánh răng trụ
1- con lăn; 2- bánh răng; 3- chấu kẹp; 4- mangan; 5- đòn rút

bánh răng phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của lỗ chuẩn.

Trong thực tế, để gia công lỗ người ta sử dụng nhiều loại mâm cặp khác nhau. Chuẩn để gia công lỗ là vành răng với 3 con lăn được đặt cách nhau 120°C (hình 21.17).

Bánh răng gia công 2 được gá trên ba con lăn 1 và được kẹp chặt bằng các chấu kẹp 3 khi đòn rút 5 dịch chuyển về bên trái, làm biến dạng màng 4.

Con lăn 1 có đường kính d phải được tỳ lên đường kính chia, có nghĩa là trên các điểm A và B (hình 21.18) nếu:

$$\widehat{CAD} = \alpha + \varphi \quad (21.7)$$

Ở đây: α - góc áp lực;

φ - góc giữa tâm đối xứng của rãnh và bán kính đi qua điểm trên mặt răng.

Góc φ được xác định theo công thức:

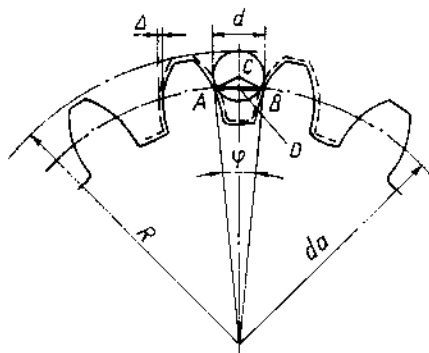
$$\varphi = \frac{360^\circ C}{4z} \quad (21.8)$$

Đường kính $d = 2AC$, còn $AB = \frac{\pi m}{2}$; $AD = \frac{\pi m}{4}$ và $AC = AD \cos(\alpha + \varphi)$.

Như vậy, đường kính của con lăn d được xác định theo công thức sau:

$$d = \frac{m\pi}{2\cos(\alpha + \varphi)} \quad (21.9)$$

Khi gia công lỗ dùng chuẩn là vành răng gá trên ba con lăn thì tâm lỗ và tâm đường kính chia sẽ hoàn toàn trùng nhau. Để gia công lỗ của bánh răng côn thẳng người ta dùng đồ gá năng suất cao có cơ cấu kẹp chặt kết hợp cơ - điện (hình 21.19).



Hình 21.18. Sơ đồ tính đường kính con lăn để định vị bánh răng trụ khi gia công lỗ.

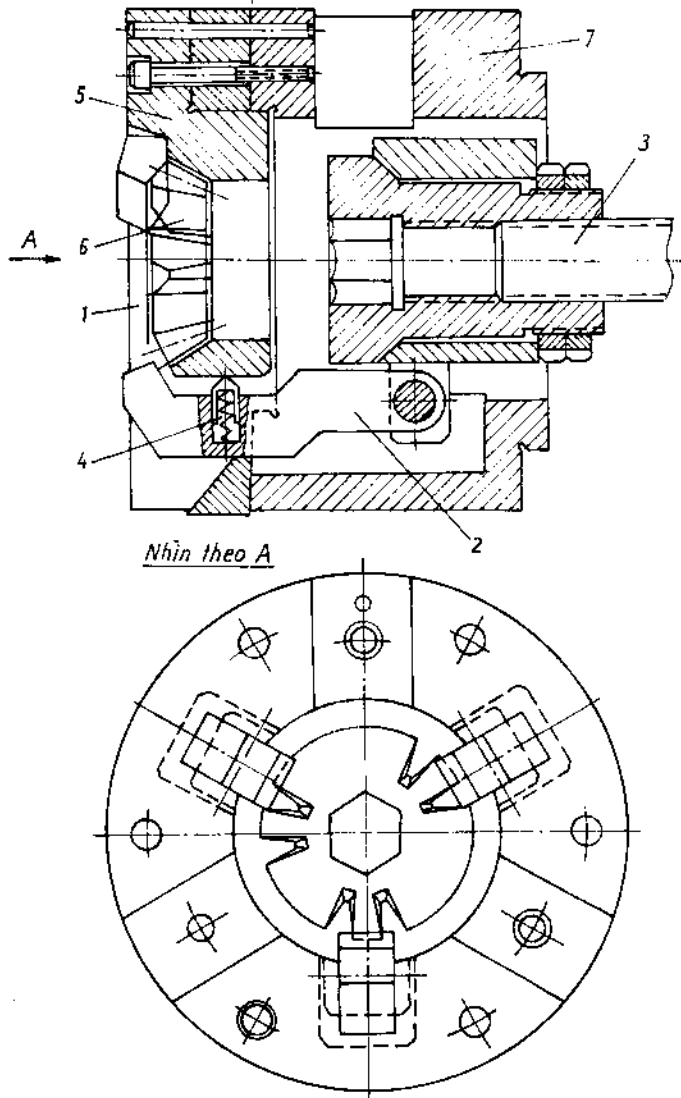
Bánh răng gia công 6 được gá trên ba chốt tỳ của ống lót 5, ống lót 5 được lắp trên thân đồ gá 7.

Kẹp chặt bánh răng gia công được thực hiện bằng truyền động điện nhờ đòn rút 3 được nối với khớp nối 1 có hình dáng giống như hình dáng của

mặt đầu của bánh răng gia công. Các tay gạt 2 có lò xo 4 để đẩy bánh răng gia công ra ngoài sau khi đã tiện xong lỗ.

Lỗ gia công được dùng để tiện gò, tiện mặt đầu và các yếu tố khác của bánh răng gia công.

Nếu theo điều kiện làm việc của bánh răng trong máy, các răng không cần có độ chính xác cao thì chúng không cần phải gia công cơ bổ sung. Nếu có yêu cầu tăng độ chính xác của vành răng thì dùng lỗ làm chuẩn để gia công vành răng trên các máy cắt răng thông thường.



Hình 21.19. Đồ gá gia công lỗ bánh răng côn thẳng
1- khớp nối; 2- tay gạt; 3- đòn rút; 4- lò xo; 5- ống lót có 3 chốt tỳ; 6- bánh răng gia công; 7- thân đồ gá.

Tuy nhiên, phương pháp gia công tinh vành răng hợp lý nhất là cà răng hoặc mài răng (nếu bánh răng cần nhiệt luyện).

Cà răng hoặc mài răng đều được thực hiện bằng các biện pháp thông

thường sau khi lỗ đã được gia công.

Gia công tinh vành răng sau khi dập có thể được thực hiện bằng phương pháp chuốt (hình 21.20). Phương pháp này đạt năng suất cao hơn so với phương pháp cà răng hoặc mài răng.

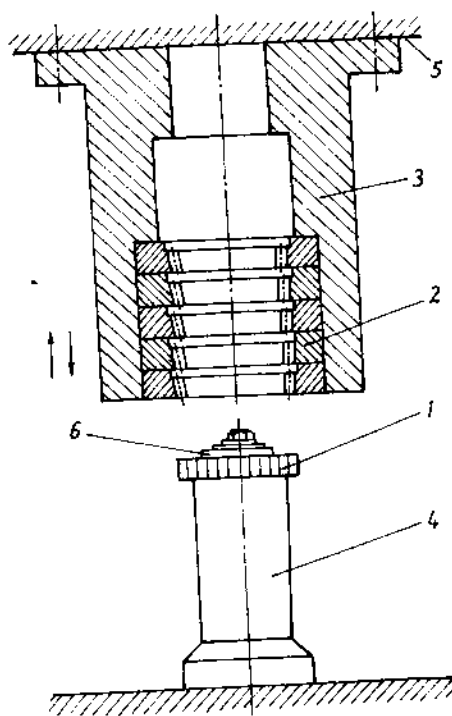
Bánh răng gia công 1 được gá trên đế 4 và được kẹp chặt bằng đòn rút thông qua vòng đệm 6 ở mặt đầu. Dao chuốt 2 gồm 5 đoạn có đường kính tăng dần được lắp trong ống 3, ống 3 được kẹp chặt trên giá lắp dao 5. Như vậy, khi giá lắp 5 cùng ống lót 3 dịch chuyển xuống phía dưới, quá trình chuốt được thực hiện.

Khi chuốt bánh răng có môđun $m = 3 \text{ mm}$, bề rộng vành răng $b = 40 \text{ mm}$, thời gian gia công là 15 giây. Đồ gá trên đây cho phép gia công nhiều bánh răng cùng lúc.

Ưu điểm của phương pháp là dụng cụ đơn giản, không cần chuyển động bao hình và chuyển động phân độ phức tạp, quá trình gia công đơn giản, không cần cán bộ có trình độ tay nghề cao.

Chuốt răng còn có ưu điểm là không cần gia công lỗ chuẩn. Sau khi chuốt, vành răng đạt độ chính xác cao, nó được dùng làm chuẩn để gia công tinh lỗ. Như vậy, độ chính xác tương quan giữa lỗ và vành răng đạt giá trị cao nhất.

Trong những trường hợp bánh răng cần đạt độ chính xác, độ cứng và độ chống mòn của lớp bề mặt, nên dùng qui trình công nghệ như sau: dập nóng và hiệu chỉnh nguội. Do đó, cần phải hoàn thiện các phương pháp tạo hình bằng biến dạng dẻo để có vành răng sau khi dập không cần phải gia công cơ bổ sung.



Hình 21.20. Sơ đồ chuốt phối bánh răng
1- bánh răng gia công; 2- dao chuốt;
3- ống lắp dao chuốt; 4- đế gá phối;
5- giá lắp dao; 6- vòng đệm.

CHƯƠNG 22

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG DẬP HƯỚNG KÍNH

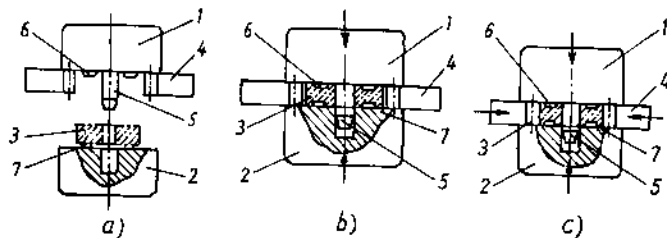
22.1. SƠ ĐỒ TẠO HÌNH, ĐẶC ĐIỂM KẾT CẤU CỦA DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

Dập hướng kính là phương pháp gia công mới, được dùng để chế tạo bánh răng, bánh xích và các loại chi tiết khác có bề mặt răng. Để thực hiện phương pháp này phải chế tạo dụng cụ đặc biệt cho phép tác động cơ khí tới chi tiết gia công tạo ra nhiều hướng chảy kim loại và tạo hình vành răng trong một hành trình làm việc của máy. Điều này cho phép sử dụng các phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo theo thứ tự: hiệu chỉnh, chèn và ép hướng kính.

Các chi tiết chính của dụng cụ khi dập hướng kính là các chày chính, các chày phụ và trục đột (hình 22.1).

Quá trình dập hướng kính được thực hiện theo ba bước:

Bước thứ nhất: gá phôi 3 trên chày chính 2 (chày chính 2 có các gờ 7 để tạo hình mặt đầu của bánh răng).



Hình 22.1. Sơ đồ làm việc của dụng cụ khí dập hướng kính
a- vị trí ban đầu; b- phôi được chèn bằng các chày chính và được đột lỗ bằng trục đột; c- các chày phụ ép phôi theo phương hướng kính; 1, 2- các chày chính; 3- phôi; 4- các chày phụ; 5- trục đột; 6, 7- các phần gờ trên các chày chính để tạo hình mặt đầu của bánh răng.

Bước thứ hai: phôi 3 được chèn (dập) bằng các chày chính 1, 2 và lỗ được đột bằng chày đột 5, các mặt đầu được tạo hình bằng các phần gờ 6 và 7.

Bước thứ ba: Các chày phụ 4 ép phôi theo phương hướng kính để tạo hình vành răng.

Chuyển động hướng kính của các chày phụ và chuyển động đối hướng

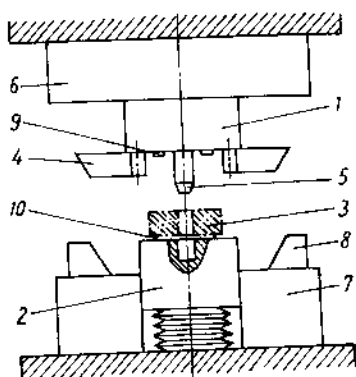
(hai chiều đối ngược nhau) của các chày chính được giới hạn bằng các củ chặn cứng. Vì vậy, dễ dàng thực hiện được các điều kiện tạo hình vành răng.

Để tạo ra chuyển động hướng kính của các chày phụ có thể dùng cơ cấu chêm dưới dạng mặt nghiêng ở đầu chày phụ 4 (hình 22.2) và các củ tỳ có bề mặt côn 8 được lắp trên đế 7 của đồ gá. Chày chính phía trên 1 được lắp trên đế trên 6, còn chày chính phía dưới 2 được gá trên đế dưới 7. Khi chày chính 1 đi xuống, phôi 3 bị chèn lại, trục đột 5 đột lỗ bánh răng, các phần gờ 9 và 10 tạo hình mặt đầu của bánh răng, còn các chày phụ 4 dịch chuyển hướng kính nhờ mặt côn của chày và củ tỳ côn 8 để tạo hình vành răng.

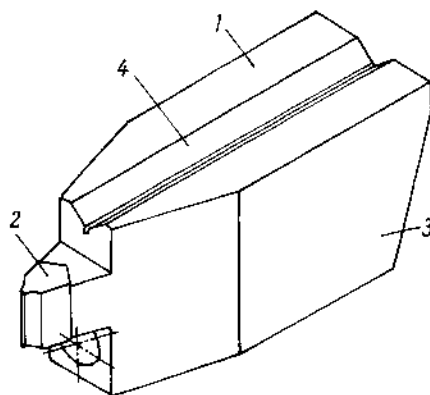
Chày phụ (hình 22.3) có kết cấu gồm thân 1 và đầu 2. Đầu 2 được kẹp chặt với thân 1 bằng vít. Khi chày tiến sâu vào phôi theo máng dẫn hướng 4, đầu 2 được giữ chặt ở vị trí cần thiết nhờ mặt côn 3 của chày.

Vít kẹp (không thể hiện trên hình) chỉ có tác dụng giữ cho thân 1 và đầu 2 của chày liền khối khi chày lùi về vị trí ban đầu.

Khi môđun m của bánh răng gia công thay đổi chỉ cần thay đổi đầu 2 của chày. Vật liệu chế tạo đầu có thể là thép gió P18 hoặc hợp kim cứng. Phần của đầu 2 ăn sâu vào phôi có prophin giống như prophin của rãnh răng.



Hình 22.2. Đồ gá lắp cơ cấu chêm để tạo chuyển động hướng kính
1, 2- các chày chính; 3- phôi; 4- các chày phụ; 5- trục đột; 6, 7- đế trên và đế dưới; 8- củ tỳ côn; 9, 10- các phần gờ trên chày chính để tạo hình mặt đầu của bánh răng.



Hình 22.3. Chày phụ để dập hướng kính
1- thân; 2- đầu; 3- mặt côn; 4- máng dẫn hướng chuyển động của chày.

22.2. CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH VÀNH RĂNG VÀ LỖ

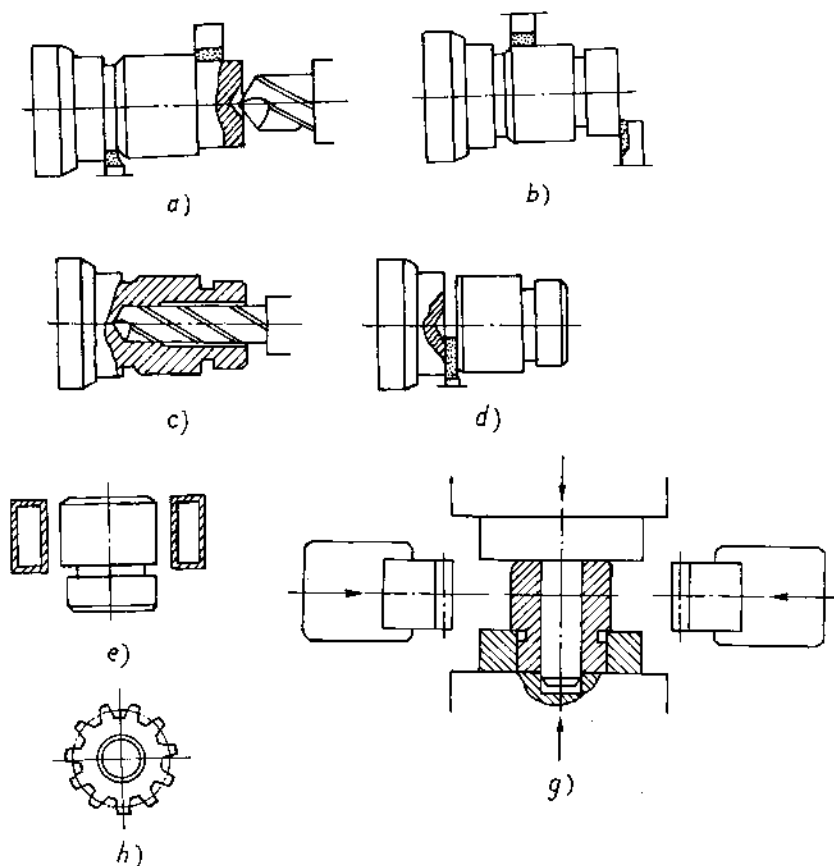
Trong qui trình công nghệ chế tạo bánh răng bằng phương pháp biến dạng dẻo có thể ứng dụng các nguyên công chuẩn bị phôi tương tự như khi phay lăn răng hoặc xọc răng.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy, phương pháp dập hướng kính được ứng dụng chỉ có hiệu quả đối với các bánh răng có số răng $z = 25 \div 30$.

Qui trình công nghệ chế tạo bánh răng bằng dập hướng kính gồm nhiều nguyên công, nhưng để tiện quan sát có thể chia các nguyên công này ra hai giai đoạn chính (hình 22.4):

- *Giai đoạn 1:* gồm các nguyên công gia công cơ để tạo hình dáng và kích thước của phôi (hình 22.4a, b, c, d).

- *Giai đoạn 2:* gồm các nguyên công như nung nóng, trực tiếp tạo



Hình 22.4. Qui trình công nghệ chế tạo bánh răng bằng phương pháp dập hướng kính
a, b, c, d- giai đoạn 1; e, g, h- giai đoạn 2.

hình vành răng, đột lỗ (hình 22.4e, g, h) và các nguyên công gia công cơ bổ sung (chuốt rãnh then, khoan các lỗ nhỏ v.v...)

Các nguyên công ở giai đoạn 1 hoàn toàn giống các nguyên công khi chuẩn bị phôi để chế tạo bánh răng bằng phương pháp cắt gọt.

Ở đây, hình dáng của chi tiết là yếu tố chính để xác định số lượng và thứ tự các nguyên công. Trước khi dập, lỗ của phôi có thể được gia công hoặc không.

Khi phay lăn răng hoặc xọc răng, độ chính xác gia công phụ thuộc vào độ chính xác của phương pháp và độ chính xác của mặt chuẩn định vị. Nhưng khi dập, độ chính xác gia công không phụ thuộc nhiều lắm vào độ chính xác của phôi (bao gồm cả các mặt chuẩn định vị) trước khi dập.

Dưới đây ta nghiên cứu qui trình công nghệ chế tạo bánh răng bằng phương pháp dập hướng kính.

Bánh răng chủ động của bộ truyền động trong máy khởi động điện có số răng $z = 11$; môđun $m = 3$, góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$, đường kính vòng chia $d = 33_{-0,1}^{+0,1}$, chiều cao đầu răng $h' = 3,5$ mm, chiều cao răng $h = 5,55$ mm, chiều dày răng theo cung chia $S = 5,5$ mm, chiều rộng răng $b = 25$ mm, độ chính xác cấp 9, vật liệu: thép 15XP.

Qui trình công nghệ chế tạo bánh răng nói trên gồm hai giai đoạn.

1- *Giai đoạn thứ nhất*. Chuẩn bị phôi:

- Tiện đường kính ngoài, xém mặt đầu, tiện gờ, khoan và khoét lỗ.
- Rửa sạch phôi.
- Kiểm tra phôi.

2. *Giai đoạn thứ hai*. Tạo hình biến dạng vành răng.

- Dập hướng kính để tạo hình vành răng và hiệu chỉnh lỗ.
- Phay mặt nghiêng trên răng.
- Nhiệt luyện.
- Mài lỗ và đường kính ngoài của gờ.
- Rửa sạch, sấy khô và kiểm tra.

Quá trình tạo hình vành răng được thực hiện trong trạng thái phôi được nung nóng. Tùy thuộc vào hình dáng của bánh răng, có thể dùng một trong hai phương pháp dập hướng kính.

Ở phương pháp thứ nhất, tạo hình vành răng được thực hiện đồng thời với tạo hình (hiệu chỉnh) lỗ, còn ở phương pháp thứ hai lỗ bánh răng được giữ nguyên (hình dáng và kích thước không thay đổi).

Phương pháp thứ nhất được dùng để chế tạo các bánh răng có số răng nhỏ, đường kính của vành răng và đường kính của lỗ khác nhau không nhiều.

Khi dập bánh răng dạng đĩa có tỷ lệ của đường kính vành răng và của lỗ trong khoảng $5 \div 10$ thì chỉ cần làm biến dạng vành răng mà không cần làm biến dạng toàn bộ phần vật liệu ở phía trong vành răng. Vì vậy, trong trường hợp này phôi chỉ cần được nung nóng và biến dạng ở phần ngoài, còn lỗ và phần vật liệu xung quanh nó không cần nung nóng và không cần làm biến dạng.

Đường kính phôi d_p trước khi dập được xác định theo công thức:

$$d_p = D_i - (D_e - D_i) \quad (22.1)$$

Ở đây: D_i - đường kính đáy răng (mm);

D_e - đường kính đỉnh răng (mm).

Khi đó, trọng lượng phôi G được tính như sau:

$$G = \frac{\pi}{4}(d_p^2 - d^2) b \cdot \gamma \quad (22.2)$$

Ở đây:

d_p - đường kính phôi (mm);

d - đường kính vòng chia của bánh răng (mm);

b - chiều dày phôi, bằng chiều dày vành răng (mm);

γ - trọng lượng riêng của vật liệu bánh răng.

22.3. ĐẶC TÍNH CHÁY CỦA KIM LOẠI VÀ LỰC TÁC DỤNG KHI DẬP HƯỚNG KÍNH

Về bản chất, dập hướng kính là quá trình tác động của dụng cụ tới kim loại để tạo ra trạng thái ứng suất mà trong đó các điều kiện chảy của kim loại vào không gian tự do được hình thành nhờ các chày dập.

Khi trục đột tiến vào lỗ phôi thì ở vùng trung tâm của phôi xảy ra hiện tượng chảy kim loại theo phương hướng kính. Khi phôi bị chèn giữa hai chày dập chính ở phía trên và phía dưới, hiện tượng chảy kim loại bị

giới hạn ở hai phía trên và dưới, có nghĩa là theo phương dọc trục. Khi các chày dập phụ dịch chuyển theo phương hướng kính, kim loại chảy theo hướng từ tâm ra ngoài để hình thành prophin răng.

Quá trình biến dạng này có đặc điểm: tất cả các thành phần ứng suất chính σ_1 , σ_2 và σ_3 đều là ứng suất nén và sơ đồ trạng thái biến dạng có hai biến dạng nén ϵ_1 , ϵ_3 và một biến dạng kéo ϵ_2 (hình 22.5).

Để thiết kế dụng cụ và chọn máy dập phải xác định lực cần thiết để làm biến dạng kim loại khi dập

hướng kính. Giá trị lực Q do các chày dập chính và chày dập phụ tạo ra được tính theo công thức:

$$Q = p.F \quad (22.3)$$

Ở đây: p - áp lực riêng của kim loại lên chày dập (kg/mm^2);

F - diện tích, tiếp xúc của chày dập với kim loại biến dạng (mm^2).

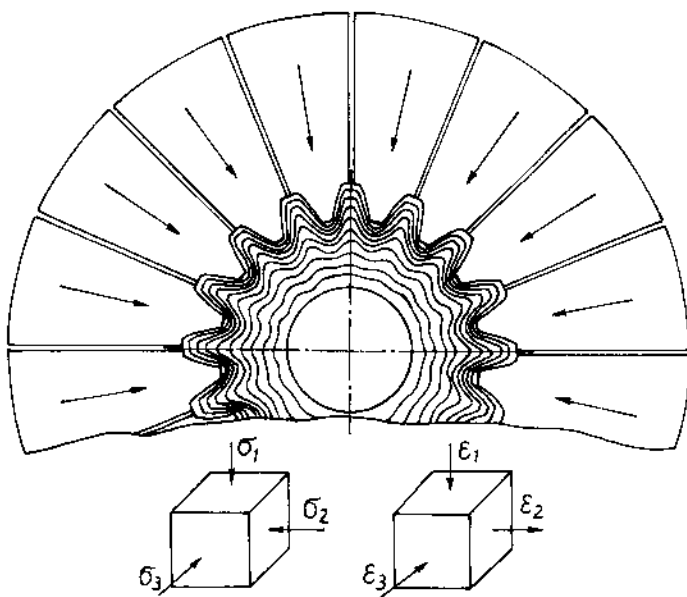
Áp lực riêng p được xác định theo công thức sau (không tính đến ma sát ngoài):

$$p = 3\sigma_s \quad (22.4)$$

Ở đây: σ_s - Ứng suất ($\sigma_s = \sigma_1 - \sigma_3$ khi $\sigma_2 = \sigma_3$).

Lực Q_1 cần thiết để ép phôi theo phương hướng kính được xác định theo công thức:

$$Q_1 = Q_0.K.tg\alpha \quad (22.5)$$



Hình 22.5. Sơ đồ biến dạng và đặc tính chảy của kim loại khi dập hướng kính.

Ở đây: K- số lượng chày đập phụ;

α - góc nghiêng của bề mặt chêm của chày đập phụ (độ);

Q_o - lực tác động của mỗi chày đập phụ (kG).

Lực Q_o được tính như sau:

$$Q_o = p.b.t \quad (22.6)$$

Ở đây: b- chiều dày của vành răng (mm);

t- chiều rộng của rãnh răng hay chiều rộng của đầu chày đập (mm).

Khi đó lực Q_1 được xác định theo công thức:

$$Q_1 = pbt.K.tg\alpha \quad (22.7)$$

Lực Q_2 cần thiết để chồn phối theo phương hướng trục:

$$Q_2 = p.F_o \quad (22.8)$$

Ở đây: F_o - bề mặt kim loại tham gia vào biến dạng dẻo khi tạo hình vành răng. Bề mặt này được xác định như diện tích của hình vành khuyên có đường kính ngoài bằng đường kính vòng chia d của bánh răng, còn đường kính trong bằng đường kính d_o (là giới hạn của kim loại bị biến dạng khi tạo hình vành răng), có nghĩa là:

$$F_o = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_o^2) \quad (22.9)$$

Đường kính d_o được tính theo công thức:

$$d_o = D_i - 2h \quad (22.10)$$

Ở đây: D_i - đường kính đáy của vành răng (mm);

h- chiều cao của răng (mm).

Khi đó, lực Q_2 được tính theo công thức:

$$Q_2 = \frac{\pi}{4} p(d^2 - d_o^2)$$

Như vậy, tổng hợp lực Q cần thiết để thực hiện nguyên công đập hướng kính là:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (22.11)$$

Hay:

$$Q = p \left[b.t.k.tg\alpha + \frac{\pi}{4} (d^2 - d_o^2) \right] \quad (22.12)$$

DỤNG CỤ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG BIẾN DẠNG ĐỀ

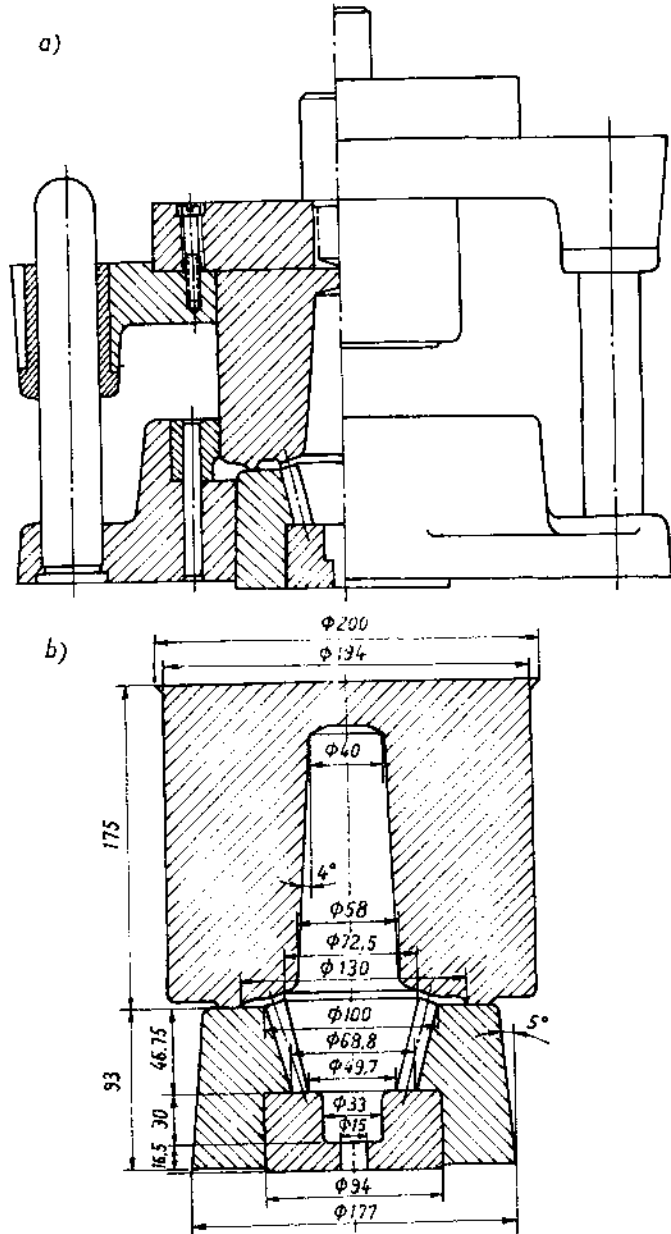
23.1. ĐỒ GÁ DẬP BÁNH RĂNG

Đồ gá dập bánh răng có hai đế chính (đế trên và đế dưới) được lắp trực tiếp với các cơ cấu truyền động của máy.

Hình 23.1 là đồ gá dập bánh răng côn răng cong trên máy dập ma sát.

Nguyên lý của đồ gá này cũng giống như đồ gá dập bánh răng côn răng cong trên máy dập búa.

Trong trường hợp này cối vành răng nằm ở nửa khuôn dưới. Đồ gá này có tính vạn năng cao, bởi vì khi thay đổi cối vành răng ta có thể dập được các bánh răng có môđun và kích thước khác nhau.



Hình 23.1. Đồ gá dập bánh răng côn răng cong trên máy dập ma sát

a- bản vẽ lắp; b- bản vẽ của chày dập và cối dập.

Vì máy dập ma sát không có hành trình cứng theo chiều cao, cho nên trên máy này có thể dùng khuôn kín. Ví dụ, khuôn kín dập bánh răng hình trụ.

Ở một số nhà máy của Nhật Bản, bánh răng côn được dập trên máy búa khí nén. Khi dập trên máy búa khí nén, tốc độ thay đổi hình dáng kim loại xảy ra nhanh hơn khi sử dụng các máy dập khác. Kim loại tiếp xúc với nửa khuôn trên có tốc độ chảy nhanh hơn so với kim loại tiếp xúc với nửa khuôn dưới. Nhiệt độ được truyền từ phôi tới nửa khuôn trên thấp hơn so với nhiệt độ được truyền từ phôi tới nửa khuôn dưới. Do đó, nửa khuôn trên có tuổi bền cao hơn.

Qua phân tích ở trên ta thấy để nâng cao tuổi bền của dụng cụ nên thiết kế vành răng ở chày dập (phía trên), còn cối dập có hình dáng đơn giản hơn nằm ở phía dưới (hình 23.2).

Ở bề mặt của cối dập tạo thành gờ bánh răng cần thiết kể với độ nghiêng β . Độ nghiêng này thường chọn $7 \div 10^\circ$.

Chiều cao bavia h_3 (mm) được xác định theo công thức thực nghiệm sau đây:

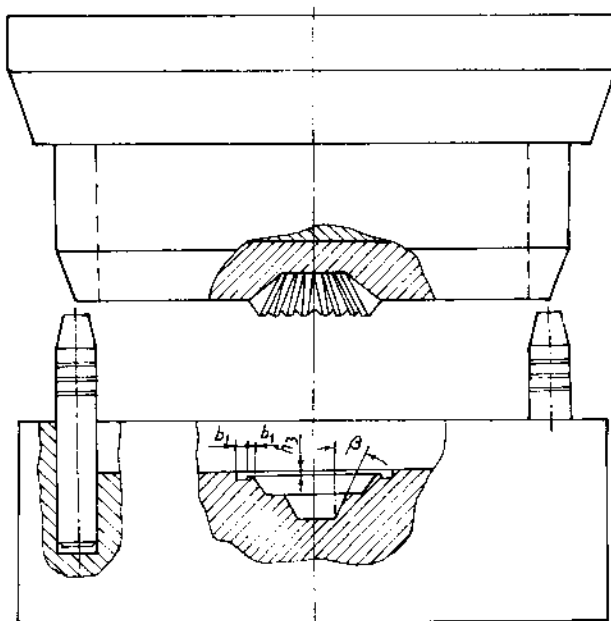
$$h_3 = 0,16\sqrt{F} - 0,18 \quad (23.1)$$

Ở đây: F - diện tích hình chiếu của phôi trên bề mặt phân khuôn (mm^2).

Chiều rộng b của bavia được tính theo công thức gần đúng:

$$b = h_3 + 5 \quad (23.2)$$

Cũng như các khuôn dập thông thường khác, việc điều chỉnh lượng kim loại chảy được đảm bảo bằng rãnh có bề rộng b_1 (rãnh chứa kim loại thừa).



Hình 23.2. Đồ gá dập bánh răng côn trên máy dập khí nén.

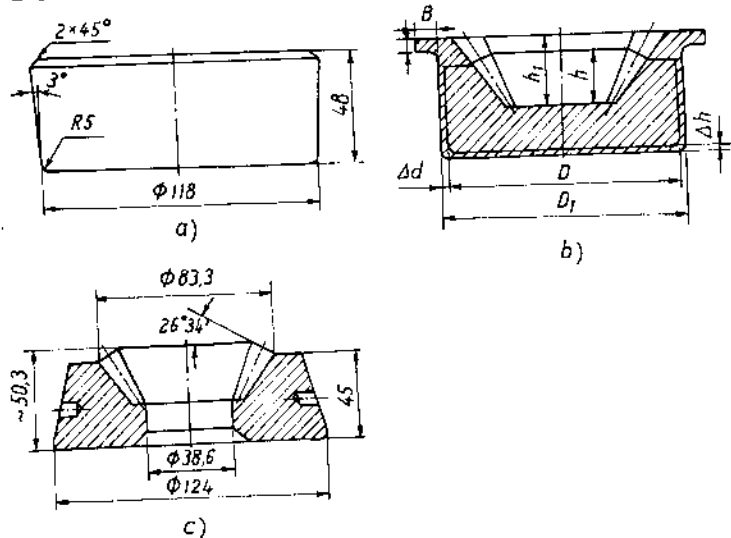
23.2. CHẾ TẠO CỐI VÀNH RĂNG BẰNG DẬP NÓNG

Chất lượng của vành răng gia công trước hết phụ thuộc vào độ chính xác của cối vành răng. Độ bền và độ chống mòn của cối vành răng có ảnh hưởng lớn đến độ ổn định và năng suất gia công bánh răng. Cối vành răng là chi tiết quan trọng và đắt tiền nhất của đồ gá dập bánh răng và việc chế tạo nó là một quá trình phức tạp nhất.

Để chế tạo cối vành răng có thể dùng các phương pháp tạo hình sau đây:

- Cắt răng bằng phương pháp xọc, bào hoặc bằng dụng cụ hạt mài.
- Dập.
- Cắt răng bằng phương pháp tia lửa điện và điện hoá.

Trong ba phương pháp trên đây thì phương pháp tạo hình cối vành răng bằng dập nóng (đến nhiệt độ rền) là đơn giản và rẻ tiền nhất. Tuy nhiên, độ chính xác chép hình không cao, do đó sau khi dập nóng, cối vành răng cần được



Hình 23.3. Thứ tự các bước gia công cối vành răng bằng phương pháp dập nóng

- a- phôi b- phôi sau khi dập vành răng;
c- cối vành răng sau khi gia công tinh.

gia công cơ bổ sung. Hình 23.3 là thứ tự các bước của qui trình chế tạo cối vành răng bằng phương pháp dập nóng.

Sau khi dập vành răng (hình 23.3b) cần gia công cơ bổ sung. Lượng dư để gia công đường kính D là $\Delta d = 3 \div 4$ mm (lượng dư một phía), còn lượng dư gia công mặt đầu $\Delta h = 4 \div 6$ mm.

Chiều sâu h_1 (sau khi dập vành răng) phải lớn hơn chiều sâu h (sau khi gia công tinh) khoảng $6 \div 8$ mm.

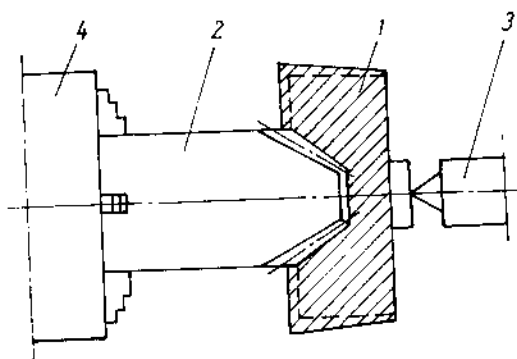
Ở phần trên của phôi sau khi dập có bavaria, kích thước của nó có giá trị như sau: chiều rộng $b = 10 \div 15 \text{ mm}$; chiều dày $c = 4 \div 6 \text{ mm}$.

Phôi trước khi dập (hình 23.3a) được nung nóng tới giới hạn trên của nhiệt độ rèn ($1150 \div 1200^\circ\text{C}$). Tuy nhiên, thường nung nóng phôi tới nhiệt độ thấp hơn ($900 \div 950^\circ\text{C}$). Sau khi phôi đạt được nhiệt độ cần thiết, nó được đưa nhanh ra khỏi lò để chuyển sang đồ gá dập nóng.

Trước khi dập, chày dập - dụng cụ phải được nung nóng đạt nhiệt độ $300 \div 350^\circ\text{C}$. Khi dập phải chọn số lần va đập ít nhất, bởi vì số va đập càng ít thì độ chính xác của cối vành răng càng cao. Sau khi nguội, cối vành răng được ram hoặc tôi cải thiện, tiếp theo đó nó được làm sạch bằng phun bi hoặc phun cát.

Bước gia công cơ sở sung có thể được thực hiện trên máy tiện (hình 23.4).

Cối vành răng 1 (chi tiết gia công) được gá trên trục gá có răng 2 và được chống tâm bằng mũi tâm sau 3. Trục gá 2 được kẹp chặt trên mâm cặp 4 của máy tiện. Sau khi gia công xong, cần sửa nguội vành răng để đạt độ chính xác prophin và độ bóng bề mặt cần thiết.



Hình 23.4. Sơ đồ gia công cối vành răng trên máy tiện

1- cối vành răng; 2- trục gá có răng;
3- mũi tâm sau; 4- mâm cặp.

Nguyên công cuối cùng của công nghệ chế tạo vành răng là nhiệt luyện. Chế độ nhiệt luyện phụ thuộc vào mác thép và môđun bánh răng. Nếu chọn chế độ nhiệt luyện hợp lý thì giới hạn bền của vật liệu (thép 3X2B8) có thể đạt $160 \div 180 \text{ kG/mm}^2$. Sau khi nhiệt luyện, cối vành răng được đánh bóng cẩn thận để đạt độ bóng yêu cầu.

Đôi khi người ta chế tạo cối vành răng trên đồ gá mà chính đồ gá đó lại được dùng để gia công bánh răng. Ví dụ, đồ gá để chế tạo cối vành răng trên máy dập 1500 tấn của Nga lại được dùng để dập bánh răng của ô tô tải ГАЗ-51 (hình 23.5a). Hình 23.5b là chày dập - dụng cụ để chế tạo cối vành răng. Đồ gá này có tính vạn năng cao. Khi cần gia công các

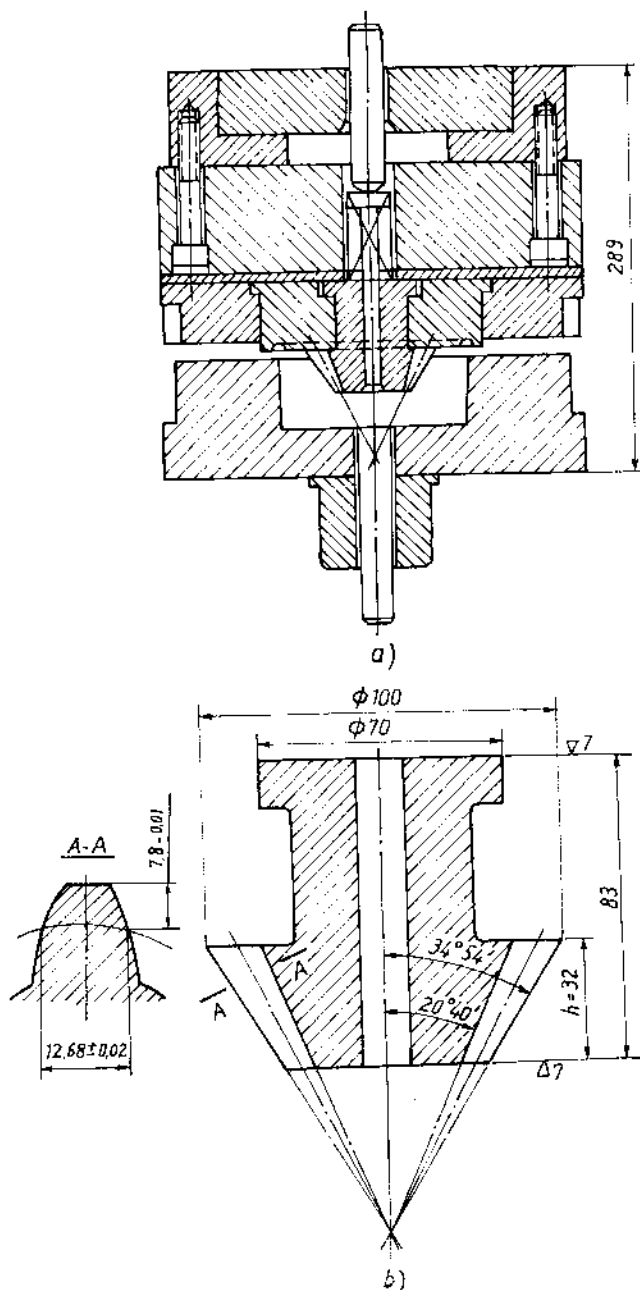
cối vành răng có kích thước khác thì thay đổi chiều cao của đồ gá được thực hiện bằng cách thay đổi chiều dày các miếng đệm nằm giữa thân đồ gá và vòng cách phía trên.

Chày dập - dụng cụ của đồ gá được kẹp chặt với vòng cách phía trên.

Cối vành răng được chế tạo từ thép hợp kim 5XHT.

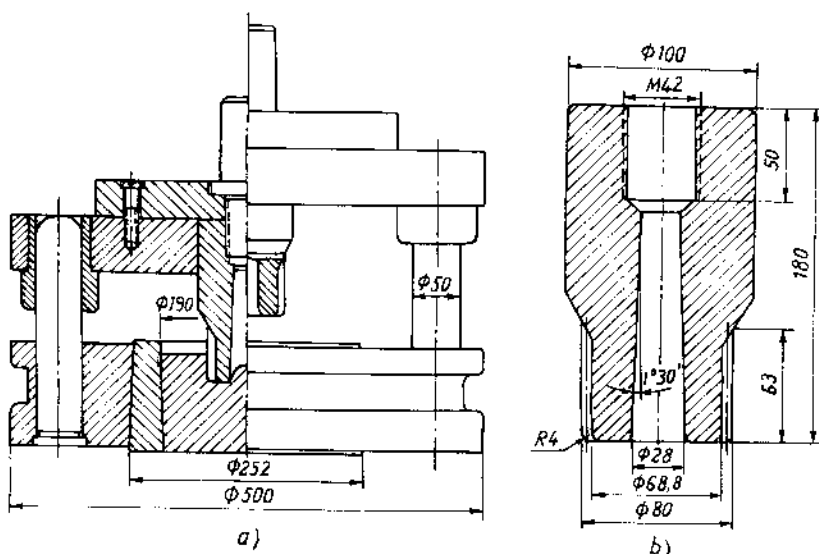
Để lấy sản phẩm (cối vành răng) ra khỏi chày dập - dụng cụ phía trên và cối dập phía dưới, trên đồ gá có hai chốt đẩy lắp ở trên và ở dưới của chày dập - dụng cụ và cối dập.

Ngoài máy dập cơ khí, để chế tạo cối vành răng người ta còn dùng máy trục vít ma sát. Đồ gá được sử dụng trên các máy dập (cơ khí hoặc trục vít ma sát) đều giống



Hình 23.5. Đồ gá để dập cối vành răng côn thẳng trên máy dập 1500 tấn
a- bản vẽ lắp; b- chày dập - dụng cụ.

nhau. Hình 23.6 là đồ gá dập cối vành răng (trên máy dập trục vít ma sát 450 tấn) để chế tạo bánh răng trụ. Chày dập - dụng cụ được chế tạo từ thép poldi - 212 hoặc thép HPSC và nhiệt luyện đạt độ cứng $HRC160 \div 180$.



Hình 23.6. Đồ gá dập cối vành răng trụ trên máy dập trục vít ma sát
a- bản vẽ lắp; b- chày dập - dụng cụ.

Các răng của chày dập - dụng cụ phải được thiết kế sao cho chúng có 2% lượng dư cho co rút kim loại của phôi và để lại lượng dư cho gia công cơ hồ sung.

Để dập cối vành răng côn cong trên máy dập trục vít ma sát người ta dùng đồ gá gồm hai phần riêng biệt (hình 23.7).

Chày dập - dụng cụ được chế tạo bằng phương pháp thông thường. Răng của nó phải có 2% lượng dư theo chiều dày để kim loại co rút khi gia công. Phần dưới của đồ gá gồm vòng cách (trong đó có đặt phôi), để quay có mặt trên để gá phôi và đế tĩnh. Để quay được đặt trên các viên bi, các viên bi này được lắp trên đế tĩnh. Đế tĩnh được kẹp chặt trên bàn máy bằng các bulông thông qua phần gờ được hàn vào phần dưới của nó (của đế tĩnh).

Quá trình dập cối vành răng được thực hiện trong 2 ÷ 3 hành trình của chày dập - dụng cụ trên máy dập trục vít ma sát 100 tấn.

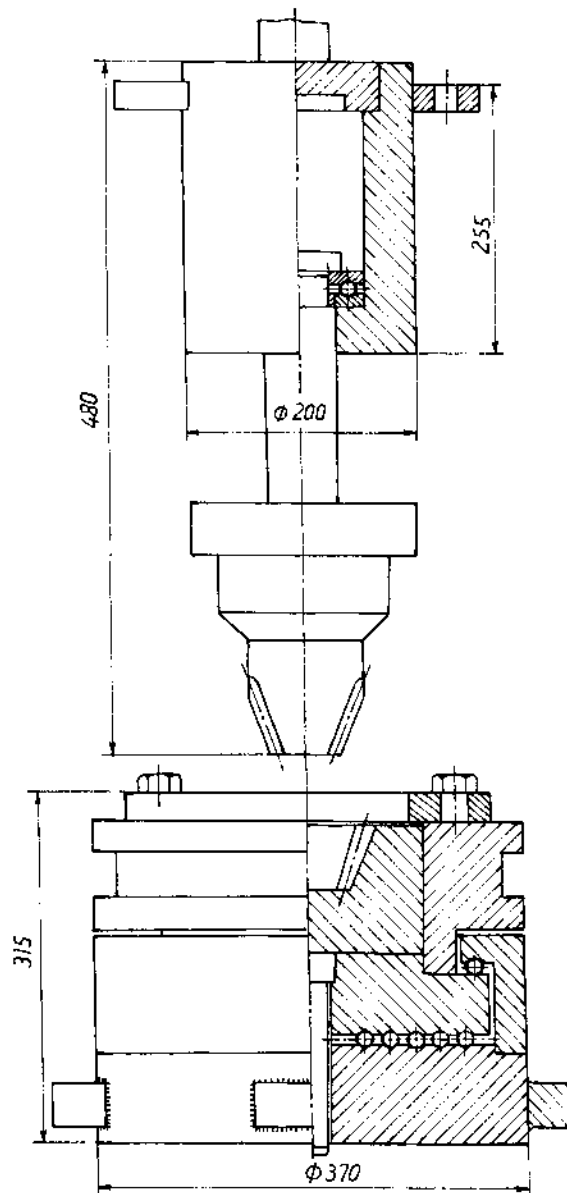
Phôi trước khi dập được nung nóng đạt nhiệt độ 950°C và được gá vào vòng cách rồi kẹp chặt bằng các bulông. Sau khi phôi được kẹp chặt

thì bắt đầu mở máy để thực hiện hành trình đập. Phôi được gá trên đế quay, do đó nó có thể xoay xung quanh trục thẳng đứng và tạo ra đường xoắn vít trên răng của chày đập - dụng cụ.

Sau khi hoàn thành quá trình tạo hình, cối vành răng được đẩy ra nhờ chốt đẩy từ phía dưới. Tiếp theo đó, cối vành răng được làm nguội, làm sạch rồi lại được nung nóng tới nhiệt độ 900°C để hiệu chỉnh lại bằng chày đập - dụng cụ. Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện trên máy đập trục vít ma sát 250 tấn trong một hành trình làm việc của máy.

Quá trình gia công cơ bổ sung được tiến hành như sau:

Cối đập vành răng cùng chày đập - dụng cụ được gá trên mâm cặp 3 chấu của máy tiện và được định tâm bằng đuôi trụ của chày đập - dụng cụ. Dùng dao tiện mặt ngoài, mặt đầu của cối đập, sau đó tháo chày đập - dụng cụ ra và quay đầu để tiện mặt đầu kia của cối đập vành răng.



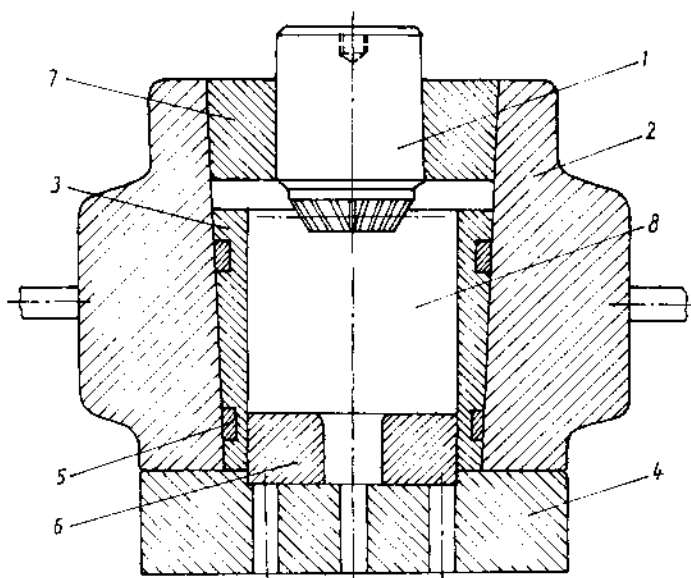
Hình 23.7. Đồ gá đập cối vành răng côn cong trên máy đập trục vít ma sát.

Sau khi gia công cơ xong, cối dập vành răng được làm sạch và được đánh bóng mặt răng. Như vậy, cối dập vành răng có thể dùng để dập bánh răng còn cong.

23.3. CHẾ TẠO CỐI VÀNH RĂNG BẰNG DẬP NGUỘI

Gần đây, trong thực tế sản xuất, để chế tạo cối dập có hình dáng phức tạp người ta đã dùng phương pháp dập nguội. Phương pháp này cho phép giảm chu kỳ sản xuất dụng cụ, giảm khối lượng gia công và giá thành sản phẩm.

Như ta đã biết, tính mềm dẻo của kim loại nguội nhỏ hơn hàng chục lần so với kim loại nóng. Vì vậy, khi chày dập - dụng cụ ăn sâu vào phôi nguội, nó sẽ được bịt kín bằng kim loại mạnh hơn, do đó prophin của chày dập - dụng cụ sẽ được chép lại tốt hơn. Quá trình tạo hình cối



Hình 23.8. Đồ gá dập nguội cối vành răng còn
1- chày dập - dụng cụ; 2- thân; 3- bạc côn; 4- đế;
5- lò xo; 6- tấm lót; 7- bạc dẫn hướng; 8- phôi.

vành răng được thực hiện ở nhiệt độ tự nhiên, cho nên hình dáng và kích thước của nó được giữ nguyên (vì không có biến dạng do nhiệt độ gây ra).

Độ chính xác của sản phẩm cao còn nhờ vào nguyên nhân khác, đó là không cần có kích thước bổ sung cho chày dập - dụng cụ vì hiện tượng co rút kim loại do nhiệt độ gây ra.

Và cuối cùng, tạo hình cối vành răng bằng dập nguội cho phép đạt chất lượng và độ bóng bề mặt cao hơn so với phương pháp dập nóng.

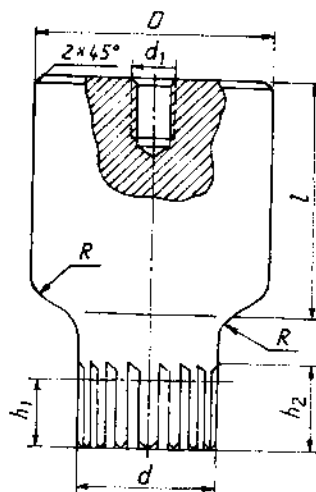
Hình 23.8 là đồ gá dập nguội cối vành răng còn.

Đồ gá gồm chày dập - dụng cụ 1, thân 2, trong thân 2 có lắp bạc côn

3, tấm lót 6, lò xo 5 và hướng dẫn 7. Toàn bộ thân cùng các chi tiết bên trong được lắp trên đế 4, đế 4 được kẹp chặt trên bàn máy. Khi chày đập - dụng cụ 1 đi xuống, phôi 8 bị biến dạng để tạo thành vành răng có prophin giống như prophin của chày đập - dụng cụ.

Giai đoạn quan trọng trong công nghệ đập nguội là thiết kế và chế tạo chày đập - dụng cụ. Nó là một chi tiết phải chịu tải trọng lớn khi làm việc (khoảng 300 kG/mm^2).

Thép để chế tạo chày đập - dụng cụ phải có độ cứng và độ bền cao và biến dạng nhỏ nhất khi nhiệt luyện. Đó là các thép hợp kim X12M và X12. Tỷ lệ kích thước của chày đập - dụng cụ (hình 23.9) được chọn theo bảng 23.1.



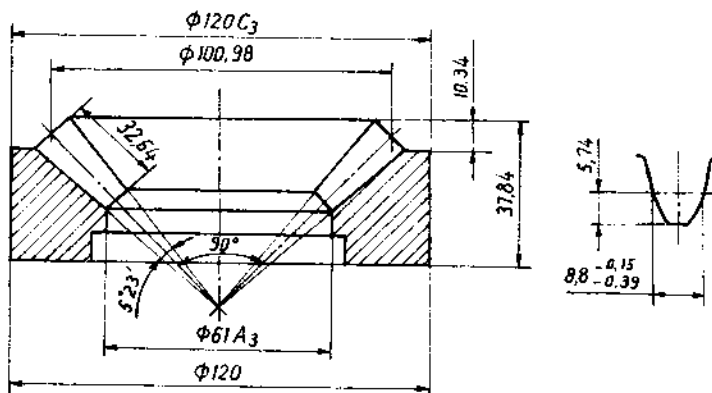
Hình 23.9. Chày đập - dụng cụ để chế tạo cối vành răng thẳng
 h_1 - chiều sâu ấn vào phôi

Bảng 23.1. Kích thước của chày đập - dụng cụ

Đường kính phần làm việc d	Đường kính phần dẫn hướng D	Chiều dài phần làm việc h_2	Chiều dài phần dẫn hướng l	Bán kính phần chuyển tiếp R	Đường kính lỗ ren d_1
30 - 50 50 - 80 > 80	1,5d 1,2d d	$(1,15 - 1,25)h_2$	$h_2 + 0,4D + 5$	$(0,15 - 0,25)d$ 0,1d -	M10 M12 M16

Kết cấu của cối vành răng rất đa dạng, nó phụ thuộc vào kích thước của cối và đặc điểm của quá trình đập.

Hình 23.10 là cối vành răng được chế tạo bằng đập



Hình 23.10. Cối vành răng được chế tạo bằng đập nguội
($z = 18$, $m = 5,5$)

người dùng cho chế tạo bánh răng côn. Kết cấu của nó được tính toán cho máy dập thủy lực có bàn dưới di động.

23.4. VẬT LIỆU CHẾ TẠO KHUÔN DẬP BÁNH RĂNG

Chi phí chủ yếu của chế tạo bánh răng bằng các phương pháp dập tạo hình là chi phí chế tạo dụng cụ mà trong đó vật liệu chiếm một tỷ lệ lớn. Vì vậy, chọn vật liệu hợp lý cho phép giảm chi phí dụng cụ, nâng cao năng suất và chất lượng gia công.

Trước đây, vật liệu chủ yếu để chế tạo khuôn dập (chày dập và cối dập) là thép 3X2B8 hoặc 4X8B2. Tuy nhiên, sự phát triển mạnh mẽ của phương pháp dập nóng kim loại đòi hỏi phải chế tạo ra nhiều loại vật liệu mới (bảng 23.2) để đáp ứng nhu cầu sản xuất.

Bảng 23.2. Thành phần hoá học của thép chế tạo khuôn dập nóng của Nga,

Mác thép	Thành phần hoá học %					
	C	Si	Cr	W	V	Mo
3X2B8Φ	0,30-0,40	0,15-0,4	2,2-2,7	7,5-9,0	0,2-0,5	-
4X8B2	0,35-0,45	0,15-0,35	7,0-9,0	2,0-3,0	-	-
4X5B4ΦCM	0,35-0,45	0,6-1,0	4,0-5,0	3,5-4,2	0,3-0,6	0,4-0,6
4X2B5ΦM	0,30-0,40	0,15-0,35	2,0-3,0	4,5-5,5	0,6-1,0	0,6-1,0
4X3B2Φ2M2	0,35-0,45	0,15-0,35	3,0-0,37	2,0-2,7	1,5-2,0	2,0-2,5
4X5B2ΦC	0,35-0,45	0,8-1,2	4,5-5,5	1,6-2,4	0,6-2,4	-
<i>Ghi chú:</i> Lượng Mangan trong tất cả các loại thép là 0,15 - 0,4%, còn trong thép 4X3B2Φ2M2 là 0,3 - 0,5%; photpho và lưu huỳnh trong tất cả các loại thép là 0,03%.						

Ở Mỹ, người ta cũng dùng những vật liệu (thép) có thành phần hoá học tương tự (bảng 23.3).

Đối với mỗi loại thép có chế độ nhiệt luyện riêng. Chọn chế độ nhiệt luyện hợp lý cho phép nâng cao tuổi bền nhiệt của thép đồng thời nâng cao độ bền và độ dai của nó. Ví dụ, tăng nhiệt độ tôi thép 3X2B8 lên 40°C (từ 1125°C đến 1165°C) làm cho độ bền của nó giảm 15% còn độ dai va đập giảm 25 ÷ 30%.

Chế độ nhiệt luyện của thép có thể được chọn theo bảng 23.4. Khi nhiệt độ nung nóng thép tăng lên thì cơ tính giảm nhưng tuổi bền nhiệt lại tăng.

Bảng 23.3. Thành phần hoá học của thép chế tạo khuôn dập nóng của Mỹ

Ký hiệu	Thành phần hoá học %				
	C	Cr	W	Mo	V
H11	0,35	5	-	1,5	0,4
H12	0,35	5	1,5	1,5	0,4
H13	0,35	5	-	1,5	1,0
H14	0,40	5	5	-	-
H15	0,40	5	-	5	-
H16	0,55	7	7	-	-
H20	0,35	2	9		
H21	0,35	12	9		
H22	0,35	3	11		
H23	0,30	4	12		
H24	0,45	4	15		
H25	0,25	4	15	-	
H26	0,50	4	18	-	1
H41	0,65	4	1,5	8	1
H42	0,60	4	6	5	2
H43	0,60	4	-	-	2

Bảng 23.4. Chế độ nhiệt luyện thép chế tạo khuôn dập

Mác thép	Nhiệt độ nhiệt luyện °C	Độ cứng HRC	Nhiệt độ tôi cải thiện °C	Độ cứng sau khi tôi cải thiện HRC
3X2B8Φ	1100-1140	54-56	640 - 650 600-625	45-46 48-50
4X5B2ΦC	1060-1080	54	600-610 560-570	45-46 48-50
Loại 4X5MΦC	1040-1060	54	600-610 550-560	45-46 48-50
4X3B5M3Φ (3II 471)	1120-1140	54-56	675-630 625-630	45-46 48-50
Loại 3X2B8Φ	1140-1160	56-58	660-670 625-640	45-46 48-50
4X2B5ΦM	1050-1080	54-56	650 620	45-46 48-50
3X4B2M2Φ (3II 470)	1080-1100	54	640-650 590-600	45-46 48-50
4X3B2Φ2M2	1080-1100	54	650-660 600	45-46 48-50

Thực tế cho thấy, tuổi bền cao nhất khi thép được nhiệt luyện đạt độ cứng HRC $45 \div 50$. Khi độ cứng tăng lên đến HRC $52 \div 54$ thì tính đàn hồi và độ dai của thép giảm, do đó có thể làm cho khuôn bị hỏng vì gãy. Khi độ cứng HRC < 45 thì tính đàn hồi của thép tăng nhưng giảm giới hạn bền, do đó giảm tuổi bền của dụng cụ.

Để nhiệt luyện khuôn, cần phải nung nóng nó với tốc độ tăng nhiệt thấp nhất để giảm sự chênh lệch của nhiệt độ ở lớp bề mặt và ở bên trong nhằm loại trừ khả năng xuất hiện ứng suất dư.

23.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO TUỔI BỀN CỦA KHUÔN DẬP

Tuổi bền của khuôn dập (chày dập và cối dập) vành răng có nghĩa là số phôi được gia công bằng khuôn dập đó, phụ thuộc vào phương pháp chế tạo nó.

Thực tế cho thấy, khuôn dập vành răng được chế tạo bằng phương pháp biến dạng dẻo (dập) có tuổi bền cao hơn $30 \div 40\%$ so với tuổi bền của khuôn dập vành răng được chế tạo bằng phay hoặc xọc.

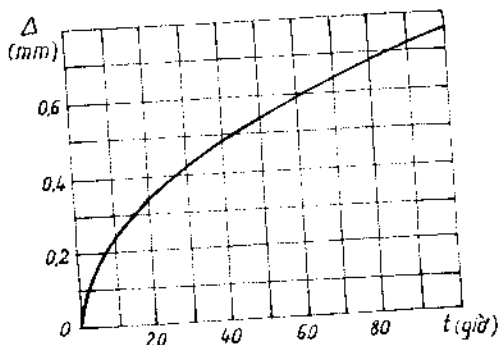
Để nâng cao tuổi bền của dụng cụ (khuôn dập) có thể dùng các phương pháp sau đây:

1. Thẩm Nitơ

Thẩm nitơ là quá trình làm tăng lượng nitơ trên bề mặt dụng cụ.

Khi nung nóng dụng cụ trong môi trường có chứa nhiều nitơ, ví dụ trong môi trường amôniac, do liên kết hoá học của nitơ và các yếu tố hợp kim trên lớp bề mặt của dụng cụ, độ cứng của bề mặt tăng lên rõ rệt.

Nếu quá trình thẩm nitơ xảy ra ở nhiệt độ $500 \div 550^{\circ}\text{C}$ thì độ cứng của bề mặt dụng cụ $H_v = 1020 \div 1050$. Chiều dày của lớp thẩm nitơ phụ thuộc vào thời gian nung (hình 23.11). Ta thấy, chiều dày lớp thẩm nitơ gần như tỷ lệ thuận với thời gian nung. Do đó, nếu giữ thời gian lâu thì kích thước của dụng cụ thay đổi nhiều.



Hình 23.11. Quan hệ giữa chiều sâu của lớp thẩm nitơ và thời gian nung.

Từ kết luận này ta thấy chỉ nên giữ thời gian nung nhất định để đạt chiều sâu lớp thấm tối $\leq 0,1$ mm.

2. Thấm Xianua

Thấm xianua là quá trình làm tăng lượng nitơ và cacbon trên lớp bề mặt của dụng cụ. Thấm xianua cho phép nâng cao độ cứng của lớp bề mặt, nhờ đó mà tuổi bền của dụng cụ cũng tăng lên. Phương pháp được dùng để nâng cao tuổi bền của dụng cụ bằng thép gió và thép hợp kim crôm.

Thấm xianua có giá thành cao hơn thấm nitơ, nhưng quá trình thấm xianua xảy ra nhanh hơn.

Chiều sâu lớp thấm xianua phụ thuộc vào điều kiện sử dụng của dụng cụ và được chọn trong khoảng $0,02 \div 0,075$ mm. Độ cứng của bề mặt khi thấm Xianua đạt $Hv = 100 \div 1100$.

3. Mạ Crôm

Bề mặt được mạ Crôm không những tăng tính chống mòn của dụng cụ mà còn cải thiện điều kiện biến dạng dẻo.

Khi mạ crôm, trên lớp bề mặt của dụng cụ tạo ra một lớp kim loại mới hoàn toàn.

Mạ crôm có thể được dùng cho bất kỳ loại thép nào, tuy nhiên với lượng nguyên tố hợp kim tăng thì độ bám dính của crôm với bề mặt dụng cụ giảm.

Bề mặt dụng cụ trước khi mạ crôm phải được rửa sạch và đánh bóng.

Khi chiều sâu lớp crôm khoảng $0,02 \div 0,05$ mm thì không cần phải gia công cơ bổ sung, còn khi chiều dày lớp crôm $0,2 \div 0,5$ mm thì sau khi mạ crôm phải được mài tinh.

CHƯƠNG 24

CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM VÀ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG BIẾN DẠNG ĐÈO

Các phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo không chỉ nâng cao hiệu quả kinh tế (vì tiết kiệm vật liệu) và năng suất lao động, mà còn nâng cao chất lượng sản phẩm và đạt được những tính chất cơ lý tốt hơn so với các phương pháp cắt gọt khác.

24.1. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG DẬP

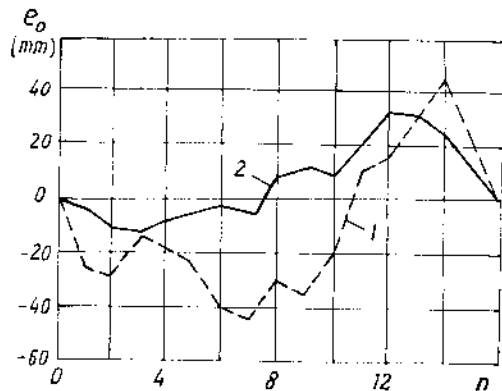
Độ chính xác của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: thiết bị, độ chính xác và tuổi bền của dụng cụ, độ chính xác kích thước của phôi và điều kiện nung nóng.

Độ chính xác của dụng cụ phải cao hơn độ chính xác của bánh răng ít nhất là một cấp.

Dụng cụ phải được điều chỉnh sao cho độ lệch tâm của chày dập và cối dập nhỏ nhất, còn tâm của áp lực dập phải trùng với tâm đối xứng của sản phẩm.

Độ chính xác của bánh răng phụ thuộc vào nhiệt độ nung nóng của phôi trước khi dập. Ở nhiệt độ thấp, quá trình tạo hình bánh răng rất khó khăn. Trong trường hợp này cần có lực dập lớn, nhưng lực dập lớn sẽ làm cho dụng cụ biến dạng, do đó giảm độ chính xác của sản phẩm.

Ngược lại, nếu nhiệt độ nung nóng của phôi trước khi dập cao, quá trình chảy dẻo kim loại xảy ra dễ hơn, do đó phần lớn kim loại có thể



Hình 24.1. Độ đảo hướng kính của bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập và bảo
1- bằng phương pháp dập; 2- bằng phương pháp bảo;
 e_o - độ đảo hướng kính, n - số răng răng.

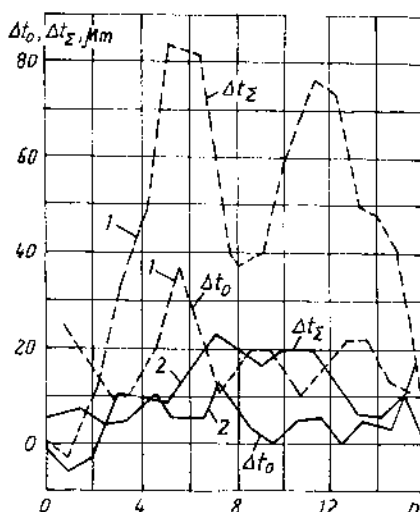
chuyển thành bavaria và như vậy không còn đủ kim loại để tạo hình vành răng.

Độ chính xác của bánh răng còn phụ thuộc vào thể tích kim loại của phôi. Nếu thể tích kim loại của phôi lớn hơn yêu cầu, lượng kim loại thừa sẽ dính vào chày dập và cối dập (dính vào khuôn), còn nếu thể tích kim loại của phôi bé, sẽ không có đủ lượng kim loại để tạo hình vành răng.

Hình 24.1 là độ đảo hướng kính của bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập và bào ($z = 16$, $m = 5,5$ mm, $\alpha = 22^\circ 5'$; $\varphi_1 = 58^\circ$). Ta thấy, độ đảo hướng kính e_o của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập nhỏ hơn so với e_o của phương pháp bào.

Hình 24.2 là sai số bước vòng Δt_o và sai số tích lũy bước vòng (Δt_Σ) của bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập và phương pháp bào.

Sơ đồ hình 24.2 cho ta thấy sai số bước vòng Δt_o của bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập là $40 \mu\text{m}$, còn sai số tích lũy bước vòng Δt_Σ là $90 \mu\text{m}$. Trong khi đó ở bánh răng được chế tạo bằng phương pháp bào, các sai số tương ứng (Δt_o và Δt_Σ) là 13 và $24 \mu\text{m}$. Như vậy, hai loại sai số này (Δt_o và Δt_Σ) của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp bào thấp hơn so với Δt_o và Δt_Σ của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập.



Hình 24.2. Sai số bước vòng Δt_o và sai số tích lũy bước vòng Δt_Σ của bánh răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập và phương pháp bào.

Δt_o - số bước vòng; Δt_Σ - sai số tích lũy bước vòng; 1- bằng phương pháp dập; 2- bằng phương pháp bào; n- số răng răng.

24.2. TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA BÁNH RĂNG ĐƯỢC CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP DẬP

Nhiệt độ nung nóng phôi thấp ($700 \div 750^\circ\text{C}$) cho phép tăng độ bền của bánh răng, có nghĩa là làm thay đổi cơ tính của sản phẩm so với nhiệt

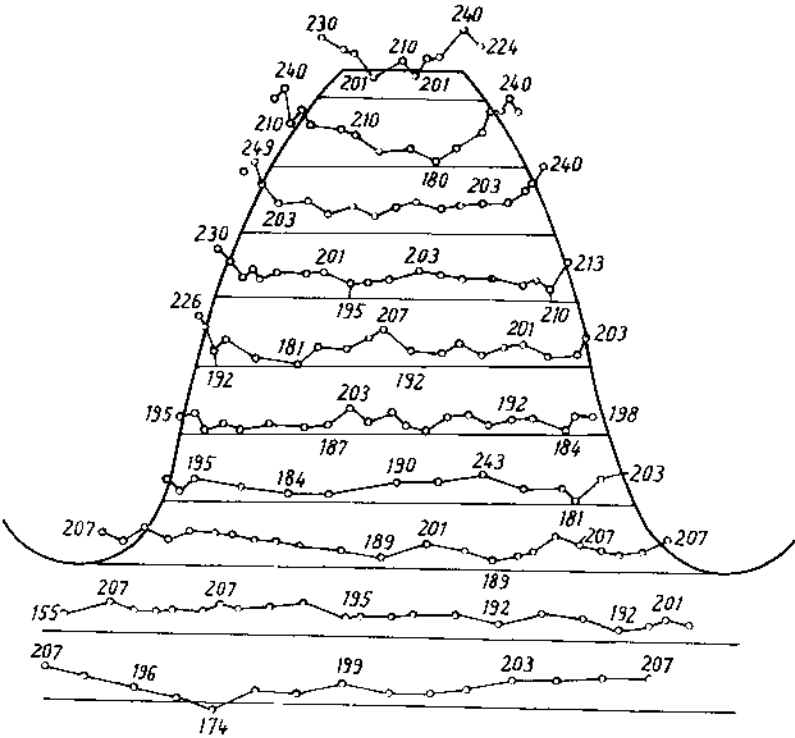
độ nung nóng cao hơn ($900 \div 950^{\circ}\text{C}$). Bảng 24.1 là cơ tính của phôi bánh răng được dập ở nhiệt độ thấp ($700 \div 750^{\circ}\text{C}$).

Bảng 24.1. Cơ tính của phôi bánh răng được dập ở nhiệt độ thấp ($700 \div 750^{\circ}\text{C}$)

Cơ tính	Thay đổi cơ tính so với phôi dập ở nhiệt độ $900 \div 950^{\circ}\text{C}$	
	Với lượng cacbon $C \leq 0,4\%$	Với lượng cacbon $C > 0,4\%$
Giới hạn độ bền kéo σ_B	+30	+10
Giới hạn chảy khi kéo σ_S	+30	+30
Độ cứng HB	+40	+10
Độ giãn dài tương đối δ_5	-40	-10

Ghi chú: Giá trị cơ tính được xác định sau khi phôi được nhiệt luyện

Sơ đồ phân bố độ cứng tế vi của tiết diện cắt ngang của răng côn thẳng được chế tạo bằng phương pháp dập (hình 24.3) cho thấy ở phần ngoài mặt răng độ cứng tế vi có giá trị cao hơn ở phần lõi của răng. Đây chính là kết quả của quá trình biến dạng dẻo của kim loại và nó làm tăng độ bền mặt răng.



Hình 24.3. Độ cứng tế vi (theo Vikesy) của tiết diện cắt ngang của răng côn thẳng.

24.3. HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG BẰNG BIẾN DẠNG ĐÈO

Ưu điểm chính của tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo là năng suất cao. Theo số liệu của các nhà máy ở cộng hoà Séc thì khi dập bánh răng hành tinh trên máy dập ma sát 450 tấn năng suất gia công có thể đạt $130 \div 195$ chi tiết trong một giờ.

Phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo được sử dụng khi cần nâng cao độ bền và tính chống mòn của chi tiết.

Trong những trường hợp khi mà chất lượng của răng không quan trọng người ta cũng dùng phương pháp gia công bằng biến dạng dẻo vì lý do giá thành.

Giá thành của phôi bánh răng phụ thuộc vào sản lượng của nó. Theo kinh nghiệm của các nhà máy ở Đức thì sử dụng phương pháp tạo hình bánh răng bằng biến dạng dẻo chỉ có hiệu quả kinh tế khi gia công từ 500 chi tiết trở lên.

Khi chế tạo bánh răng vi sai bằng phương pháp dập mà không phải gia công cơ bổ sung, giá thành giảm được $9 \div 12\%$ so với các phương pháp cắt gọt khác.

Khi chế tạo bánh răng trụ bằng phương pháp dập, có vành răng nhỏ, ($z = 15$, $m = 5$ mm), giá thành giảm được 32% so với các phương pháp cắt gọt khác.

Chi phí vật liệu khi chế tạo các bánh răng hành tinh bằng phương pháp dập giảm được 33%, còn khi chế tạo trục răng giảm được 25%. Tuy nhiên, không phải lúc nào bánh răng được chế tạo bằng các phương pháp dập cũng rẻ hơn bánh răng được chế tạo bằng các phương pháp cắt gọt. Ví dụ, bánh răng trụ có chiều rộng $b = 50$ mm sau khi dập, răng răng có sai số lớn. Sai số này là do chiều cao quá lớn của cối dập gây ra (bởi vì chế tạo cối dập có chiều cao lớn với độ chính xác cao rất khó). Phôi được chế tạo bằng cối dập như vậy có lượng dư mặt răng lớn, làm cho giá thành tăng.

Do đó, đối với bánh răng có chiều rộng vành răng lớn không nên tạo hình răng bằng phương pháp biến dạng dẻo.

PHỤ LỤC

PL.1. Môđun bánh răng theo các hệ kích thước khác nhau

m, (mm)	DP, "	CP, "	m, (mm)	DP, "	CP, "	m, (mm)	DP, "	CP, "
0,3	-	-	2,25	-	-	9,601	-	$\sqrt[3]{16}$
0,35	-	-	2,309	11	-	10	-	-
0,4	-	-	2,5	-	-	10,106	-	$\sqrt[1]{4}$
0,45	-	-	2,527	-	5/6	10,16	2,5	-
0,5	-	-	2,54	10	-	10,612	-	$\sqrt[5]{16}$
0,505	-	3/80	2,75	-	-	11	-	-
0,529	48	-	2,822	9	-	11,117	-	$\sqrt[3]{80}$
0,55	-	-	3	-	-	11,289	2,25	-
0,6	-	-	3,032	-	3/8	11,622	-	$\sqrt[7]{16}$
0,635	40	-	3,175	8	-	12	-	-
0,7	-	-	(3,25)	-	-	12,128	-	$\sqrt[1]{2}$
0,706	36	-	3,5	-	-	12,7	2	-
0,794	32	-	(3,75)	-	-	13,138	-	$\sqrt[5]{8}$
0,8	-	-	4	-	-	14	-	-
0,847	30	-	4,043	-	1/2	14,149	-	$\sqrt[3]{4}$
0,9	-	-	4,233	6	-	14,514	1,75	-
0,907	28	-	(4,25)	-	-	15,16	-	$\sqrt[7]{8}$
0,977	26	-	4,5	-	-	16	-	-
1	-	-	4,548	-	9/16	16,17	-	2
1,011	-	1/8	5	-	-	16,933	1,5	-
1,016	25	-	5,053	-	5/8	18	-	-
1,058	24	-	5,08	5	-	20	-	-
1,125	-	-	5,5	-	-	20,32	1,25	-
1,155	22	-	5,559	-	11/16	22	-	-
1,25	-	-	6	-	-	24,255	-	3
1,270	20	-	6,064	-	3/4	25	-	-
1,337	19	-	6,35	4	-	25,4	1	-
1,375	-	-	(6,6)	-	-	28	-	-
1,411	18	-	6,569	-	13/16	32	-	-
1,494	17	-	7	-	-	33,867	0,75	-
1,5	-	-	7,074	-	7/8	36	-	-
1,516	-	3/16	7,257	3,5	-	40	-	-
1,588	16	-	7,58	-	15/16	45	-	-
1,693	15	-	8	-	-	50	-	-
1,75	-	-	8,085	-	1	50,8	0,5	-
1,814	14	-	8,467	3	-	55	-	-
1,954	13	-	8,59	-	$\sqrt[1]{16}$	60	-	-
2	-	-	9	-	-	70	-	-
2,021	-	1/4	9,096	-	$\sqrt[1]{8}$	80	-	-
2,117	12	-	9,236	2,75	-	90	-	-
						100	-	-

Ghi chú: 1- Ký hiệu: m- môđun theo hệ mét; DP - hệ pít; CP - hệ Anh
2. Công thức chuyển đổi: $m = \frac{25,4}{DP} = 8,08 \text{ CP}$; $CP = \frac{m}{8,09} = \frac{3,14}{DP}$; $DP = \frac{25,4}{m}$

**PL.2. Chiều dài khoảng pháp tuyến chung của bánh răng trụ
răng thẳng với môđun $m = 1\text{mm}$; $\alpha = 20^\circ\text{C}$; $X = 0$**

z	z_n^*	W_1 (mm)	z_n^*	W_1 (mm)	z_n^*	W_1 (mm)	z	z_n^*	W_1 (mm)	z_n^*	W_1 (mm)	z_n^*	W_1 (mm)
8	1	1,58811	2	4,54024	-	-	23	2	4,75031	3	7,70244	4	10,65457
9	1	1,60211	2	4,55424	-	-	24	2	4,76432	3	7,73045	4	10,68258
10	1	1,61612	2	4,56825	-	-	25	2	4,77832	3	7,73045	4	10,68258
11	1	1,63012	2	4,58225	-	-	26	2	4,79233	3	7,74446	4	10,69659
12	1	1,64413	2	4,59626	3	7,54839	27	2	4,80633	3	7,75846	4	10,71059
13	1	1,65813	2	4,61026	3	7,56239	28	3	7,77247	4	10,72460	5	13,67673
14	1	1,67214	2	4,62427	3	7,57640	29	3	7,78647	4	10,73860	5	13,69074
15	1	1,68614	2	4,63827	3	7,59040	30	3	7,80048	4	10,75261	5	13,70474
16	1	1,70015	2	4,65228	3	7,60441	31	3	7,81448	4	10,76661	5	13,71874
17	1	1,71415	2	4,66628	3	7,61841	32	3	7,82849	4	10,78062	5	13,73275
18	1	1,72816	2	4,68029	3	7,63242	33	3	7,84249	4	10,79462	5	3,74675
19	2	4,69429	3	7,646342	4	10,59855	34	3	7,85650	4	10,83863	5	13,76076
20	2	4,70830	3	7,66043	4	10,61256	35	3	7,87051	4	10,82264	5	13,77477
21	2	4,72230	3	7,67443	4	10,62656	36	3	7,88451	4	10,83664	5	13,78877
22	2	4,73631	3	7,68844	4	10,64057	37	4	10,85065	5	13,80278	6	16,75491
38	4	10,86465	5	13,81678	6	16,76892	63	6	17,1904	7	20,07117	8	23,02330
39	4	10,87866	5	13,83079	6	16,78292	64	7	20,08517	8	23,03730	9	25,98943
40	4	10,89266	5	13,84479	6	16,79692	65	7	20,09918	8	23,05131	9	26,00344
41	4	10,90667	5	13,85880	6	16,81093	66	7	20,11318	8	23,06531	9	26,01744
42	4	10,92067	5	13,87280	6	16,82493	67	7	20,12719	8	23,07932	9	26,03145
43	4	10,93468	5	13,88681	6	16,83894	68	7	20,14120	8	23,09333	9	26,04546
44	4	10,94868	5	13,90081	6	16,85294	69	7	20,15520	8	23,10733	9	26,05946
45	4	10,96269	5	13,91482	6	16,86695	70	7	20,16921	8	23,12134	9	26,07347
46	5	13,92882	6	16,88095	7	19,83308	71	7	20,18321	8	23,13534	9	26,08747
47	5	13,94283	6	16,89496	7	19,84709	72	7	20,19722	8	23,14935	9	26,10148
48	5	13,95683	6	16,90896	7	19,86109	73	8	23,16335	9	26,11548	10	29,06761
49	5	13,97084	6	16,92297	7	19,87510	74	8	23,17736	9	26,12949	10	29,08162
50	5	13,98484	6	16,93697	7	19,88910	75	8	23,19136	9	26,14349	10	29,09562
51	5	13,99885	6	16,95098	7	19,90311	76	8	23,20537	9	26,15750	10	29,10963
52	5	14,01285	6	16,96498	7	19,91711	77	8	23,21937	9	36,17150	10	29,12363
53	5	14,02686	6	16,97899	7	19,93112	78	8	23,23338	9	26,18551	10	29,13764
54	5	14,04086	6	16,99299	7	19,94512	79	8	23,24738	9	26,19951	10	29,15164
55	6	17,00700	7	19,95913	8	22,91126	80	8	23,26139	9	26,21352	10	29,16565
56	6	17,02100	7	19,97313	8	22,92527	81	8	23,27539	9	26,22752	10	29,17965
57	6	17,03501	7	19,98713	8	22,93927	82	9	26,24153	10	29,19366	11	32,14579
58	6	17,04901	7	20,00114	8	22,95327	83	9	26,25553	10	29,20766	11	32,15979
59	6	17,06302	7	20,01515	8	22,96728	84	9	26,26954	10	29,22167	11	32,17380
60	6	17,07702	7	20,02915	8	22,98128	85	9	26,28354	10	29,23567	11	32,18780
61	6	17,09103	7	20,04316	8	22,99529	62	6	17,10503	7	20,05716	8	23,00929

Ghi chú : * - số răng để đo chiều dài khoảng pháp tuyến chung z_n

- z - số răng của bánh răng

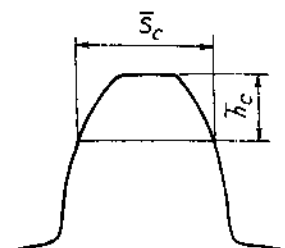
- W_1 - chiều dài khoảng pháp tuyến chung

- X - hệ số dịch chỉnh

- Chiều dài khoảng pháp tuyến chung W của bánh răng có $m \neq 1$: $W = W_1 \cdot m$

- Đối với bánh răng dịch chỉnh, chiều dài khoảng pháp tuyến chung $W_2 = W + 0,684 \cdot X \cdot m$

PL.3. Chiều dày răng theo dây cung S_c và khoảng cách từ dây cung tới vòng tròn chia h_c khi $m = 1$ (đối với bánh răng dịch chính) và $\alpha = 20^\circ$



x	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_c^*$	x	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_c^*$	x	$\bar{s}_c^*$	$\bar{h}_c^*$
-0,50	1,0657	0,1940	-0,16	1,2842	0,2337	0,18	1,5028	0,2735
-0,49	1,0721	0,1951	-0,15	1,2906	0,2349	0,19	1,5092	0,2747
-0,48	1,0785	0,1963	-0,14	1,2971	0,2361	0,20	1,5156	0,2758
-0,47	1,0850	0,1975	-0,13	1,3035	0,2372	0,21	1,5220	0,2770
-0,46	1,0914	0,1986	-0,12	1,3099	0,2384	0,22	1,5285	0,2782
-0,45	1,0978	0,1998	-0,11	1,3164	0,2396	0,23	1,5349	0,2793
-0,44	1,1042	0,2010	-0,10	1,3228	0,2408	0,24	1,5413	0,2805
-0,43	1,1107	0,2021	-0,09	1,3292	0,2419	0,25	1,5477	0,2817
-0,42	1,1171	0,2033	-0,08	1,3356	0,2431	0,26	1,5542	0,2828
-0,41	1,1235	0,2045	-0,07	1,342	0,2443	0,27	1,5606	0,2840
-0,40	1,1299	0,2057	-0,06	1,3485	0,2454	0,28	1,5670	0,2852
-0,39	1,1364	0,2068	-0,05	1,3549	0,2466	0,29	1,5735	0,2864
-0,38	1,1428	0,2080	-0,04	1,3614	0,2478	0,30	1,5799	0,2875
-0,37	1,1492	0,2092	-0,03	1,3678	0,2409	0,31	1,5863	0,2287
-0,36	1,1557	0,2103	-0,02	1,3742	0,2501	0,32	1,5927	0,2899
-0,35	1,1621	0,2115	-0,01	1,3806	0,2513	0,33	1,5992	0,2910
-0,34	1,1685	0,2127	-0,00	1,3870	0,2524	0,34	1,6056	0,2922
-0,33	1,1749	0,2138	0,01	1,3935	0,2536	0,35	1,6120	0,2934
-0,32	1,1814	0,2150	0,02	1,3999	0,2548	0,36	1,6185	0,2945
-0,31	1,1878	0,2162	0,03	1,4063	0,2559	0,37	1,6249	0,2957
-0,30	1,1942	0,2174	0,04	1,4128	0,2571	0,38	1,6313	0,2969
-0,29	1,2007	0,2185	0,05	1,4192	0,2583	0,39	1,6377	0,2981
-0,28	1,2071	0,2197	0,6	1,4256	0,2594	0,40	1,6442	0,2992
-0,27	1,2135	0,2209	0,07	1,4320	0,2606	0,41	1,6506	0,3004
-0,26	1,2199	0,2220	0,08	1,4385	0,2618	0,42	1,6570	0,3016
-0,25	1,2264	0,2232	0,09	1,4449	0,2630	0,43	1,6635	0,3027
-0,24	1,2328	0,2244	0,10	1,4513	0,2641	0,44	1,6699	0,3039
-0,23	1,2392	0,2255	0,11	1,4578	0,2653	0,45	1,6763	0,3051
-0,22	1,2457	0,2267	0,15	1,4642	0,2665	0,46	1,6827	0,3062
-0,21	1,2521	0,2279	0,13	1,4706	0,2676	0,47	1,6892	0,3074
-0,20	1,2585	0,2291	0,14	1,4770	0,2688	0,48	1,6956	0,3086
-0,19	1,2649	0,2302	0,15	1,4835	0,2700	0,49	1,7020	0,3098
-0,18	1,2714	0,2314	0,16	1,4899	0,2711	0,50	1,7084	0,3109
-0,17	1,2778	0,2326	0,17	1,4963	0,2723			

Ghi chú: Chiều dày răng theo dây cung đối với $m \neq 1$: $\bar{s}_c = \bar{s}_c^* \cdot m$, còn khoảng cách từ dây cung tới vòng tròn ngoài: $\bar{h}_c = \frac{d_a - d}{2} - \bar{h}_c^* \cdot m$
(ở đây: d_a và d - đường kính vòng đỉnh và đường kính vòng chia).

PL.4. Kích thước theo con lăn để kiểm tra bánh răng ăn khớp trong với môđun $m = 1 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$, $x = 0$;

R_2 - khoảng cách từ tâm bánh răng tới tâm con lăn (mm);

M_1 - Khoảng cách từ tâm bánh răng tới đường sinh gần nhất của con lăn (mm);

M_2 - Khoảng cách giữa hai đường sinh gần nhất của hai con lăn khi bánh răng có số răng chẵn (mm);

M_3 - Khoảng cách giữa hai đường sinh gần nhất của hai con lăn khi răng có số răng lẻ (mm);

d_p - đường kính của con lăn ($d_p = 1,5m$)

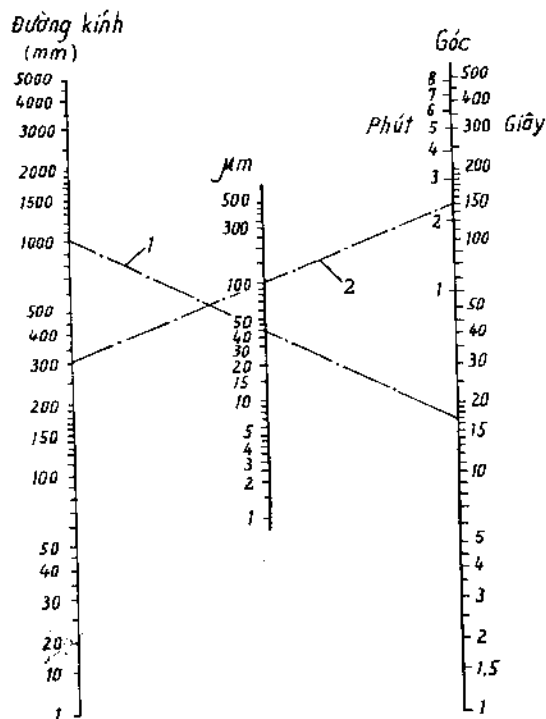
Số răng z	R_2	M_1	M_2	M_3	Số răng z	R_2	M_1	M_2	M_3
20	9,9645	9,2145	18,4290	-	53	26,4647	25,7147	-	51,4061
21	10,4645	9,7145	-	19,3704	54	26,9647	26,2147	52,4294	-
22	10,9645	10,2145	20,4290	-	55	27,4647	26,7147	-	53,4069
23	11,4646	1,7146	-	21,3758	56	27,9647	27,2147	54,4294	-
24	11,9645	11,2145	22,4290	-	57	28,4648	27,7148	-	55,4080
25	12,4645	11,7145	-	23,3799	58	28,9648	27,2148	56,4296	-
26	12,9645	12,2145	24,4290	-	59	29,4650	28,7150	-	57,4094
27	13,4646	12,7146	-	25,3837	60	29,9647	29,2147	58,4294	-
28	13,9645	13,2145	26,4290	-	61	30,4648	29,7148	-	59,4094
29	14,4646	13,7146	-	27,3866	62	30,9648	30,2148	60,4296	-
30	14,9646	14,2146	28,4292	-	63	31,4648	30,7148	-	61,4100
31	15,4647	14,7147	-	29,3897	64	31,9648	31,2148	62,4296	-
32	15,9647	15,2147	30,4294	-	65	32,4648	31,7148	-	63,4108
33	16,4646	15,7146	-	31,3920	66	32,9648	32,2148	64,4296	-
34	16,9645	16,2145	32,4290	-	67	33,4647	32,7147	-	65,4113
35	17,4646	16,7146	-	33,3939	68	33,9648	33,2148	66,4296	-
36	17,9646	17,2146	34,4292	-	69	34,4648	33,7148	-	67,4117
37	18,4646	17,7146	-	35,3960	70	34,9648	34,2148	68,4296	-
38	18,9646	18,2146	36,4292	-	71	35,4648	34,7148	-	69,4127
39	19,4647	18,7147	-	37,3979	72	35,9648	35,2148	70,4296	-
40	19,9648	19,2148	38,4296	-	73	36,4650	35,7150	-	71,4131
41	20,4648	19,7148	-	39,3996	74	36,9650	36,2150	72,4300	-
42	20,9647	20,2147	40,4294	-	75	37,4649	36,7149	-	73,4133
43	21,4647	20,7147	-	41,4006	76	37,9649	37,2149	74,4298	-
44	21,9646	21,2146	42,4292	-	77	38,4648	37,7148	-	75,4134
45	22,4646	21,7146	-	43,4018	78	38,9647	38,2147	76,4294	-
46	22,9645	22,2145	44,4290	-	79	39,4647	38,7147	-	77,4137
47	23,4645	22,7145	-	45,4027	80	39,9646	39,2146	78,4292	-
48	23,9647	23,2147	46,4294	-	81	40,4647	39,7147	-	79,4139
49	24,4646	23,7146	-	47,4042	82	40,9647	40,2147	80,4294	-
50	24,9647	24,2147	48,4294	-	83	41,4645	40,7145	-	81,4140
51	25,4649	24,7149	-	49,4057	84	41,9645	41,2145	82,4290	-
52	25,9647	25,2147	50,4294	-	85	42,4645	41,7145	-	86,4145

Chú ý: Đối với các bánh răng có môđun $m \neq 1$ cần lấy số liệu trong bảng nhân với môđun m . Ví dụ: Khi $z = 30$ và $m = 5 \text{ mm}$ thì $M_2 = 28,4292 \cdot 5 = 142,1460 \text{ mm}$.

PL.5. Góc ăn khớp α_i ở mặt đầu khi góc nghiêng β của răng theo hình trụ chia và góc ăn khớp pháp tuyến $\alpha = 20^\circ$

β°	α_i°	β°	α_i°	β°	α_i°	β°	α_i°
0	20,000	12	20,4103	24	21,7231	36	24,2226
1	20,0028	13	20,4820	25	21,8802	37	24,5007
2	20,0112	14	20,5617	26	22,0457	38	24,7915
3	20,0252	15	20,6400	27	22,2197	39	25,0957
4	20,0450	16	20,7386	28	22,4025	40	25,4138
5	20,0703	17	20,8068	29	22,5945	41	25,7464
6	20,1014	18	20,9419	30	22,7958	42	26,0942
7	20,1382	19	20,0538	31	23,0070	43	26,4580
8	20,1802	20	20,1728	32	23,2283	44	26,8384
9	20,2202	21	21,2991	33	23,4601	45	27,2363
10	20,2836	22	21,4327	34	23,7028		
11	20,3439	23	21,5740	35	23,9568		

PL.6. Sơ đồ chuyển đổi sai lệch kích thước sang sai lệch góc



Ví dụ 1: Sai số 40 μm của đường kính $d = 1000$ mm chuyển sang sai số góc là $16,5''$ (theo đường 1)

Ví dụ 2: Sai số $140''$ của đường kính $d = 300$ mm chuyển sang số kích thước là $102 \mu\text{m}$.

PL.7. Các số nhân đơn giản để chọn bánh răng thay thế

51=3x17	116=2x2x23	176=2 ⁴ x11
52=2x2x13	117=3x3x13	177=3x59
54=2x3 ³	118=2x59	178=2x89
55=5x11	119=7x17	180=2x2x3x3x5
56=2 ³ x7	120=2 ³ x3x5	182=2x7x13
57=3x19	121=11x11	183=3x61
58=2x29	122=2x61	184=2 ³ x23
60=2x2x3x5	123=3x41	185=5x37
62=2x31	124=2x2x31	186=2x3x31
63=3x3x7	125=5 ³	187=11x17
64=2 ⁶	126=2x3x3x7	188=2x2x47
65=5x13	128=2 ⁷	198=3 ³ x7
66=2x3x11	129=3x43	190=2x5x19
68=2x2x17	130=2x5x13	192=2 ⁶ x3
69=3x23	132=2x2x3x11	194=2x97
70=2x5x7	133=7x19	195=3x5x13
72=2 ³ x3 ²	134=2x67	196=2x2x7x7
74=2x37	135=3 ³ x5	198=2x3x11
75=3x5x5	136=2 ³ x17	200=2 ³ x5x5
76=2x2x19	138=2x3x23	201=3x67
77=7x11	140=2x2x5x7	202=2x101
78=2x3x13	141=3x47	203=7x29
80=2 ⁴ x5	142=2x71	204=2x2x3x17
81=3 ⁴	143=11x13	205=5x41
82=2x41	144=2 ⁴ x3x3	206=2x103
84=2x2x3x7	145=5x29	207=3x3x23
85=5x17	146=2x73	208=2 ⁴ x13
86=2x43	147=3x7x7	209=11x19
87=3x29	148=2x2x38	210=2x3x5x7
88=2 ³ x11	150=2x3x5x5	212=2x2x53
90=2x3x3x5	152=2 ³ x19	213=3x71
91=7x13	153=3x3x17	214=2x107
92=2x2x23	154=2x7x11	215=5x43
93=3x31	155=5x31	216=2 ³ x3 ³
94=2x47	156=2x2x3x13	217=7x31
95=5x19	158=2x79	218=2x109
96=2 ⁵ x3	159=3x53	219=3x73
98=2x7x7	160=2 ⁵ x5	220=2x2x5x11
99=3x3x11	161=7x23	221=13x17
100=2x2x5x5	162=2x3 ⁴	222=2x3x37
102=2x3x17	164=2x2x41	224=2 ⁵ x7
104=2 ³ x13	165=3x5x11	225=3x3x5x5
105=3x5x7	166=2x83	226=2x113
106=2x53	168=2 ³ x3x7	228=2x2x3x19
108=2x2x3 ³	169=13x13	230=2x5x23
110=2x5x11	170=2x5x17	231=3x7x11
111=3x37	171=3 ² x19	232=2 ³ x29
112=2 ⁴ x7	172=2x2x43	234=2x3x3x13
114=2x3x19	174=2x3x29	235=5x47
115=5x23	175=5x5x7	

PL.8. Dung sai của sai số tích lũy bước vòng F_p (μm)

Cấp chính xác	Môđun (mm)	Đường kính vòng chia									
		≤ 50	50-125	125-280	280-500	500-630	630-1000	1000-1600	1600-2500	2500-4000	4000-6300
5	1-16	22	25	30	34	40	50	63	100	120	150
6	1-16	34	40	45	63	63	80	100	160	190	240
7	1-25	48	55	67	80	90	110	140	200	260	330
8	1-56	67	80	95	110	125	160	200	320	380	480

PL.9. Dung sai độ đảo hướng kính của vành răng F_r (μm)

Cấp chính xác	Môđun (mm)	Đường kính vòng chia (mm)								
		≤ 50	50- 125	125- 280	280- 500	500- 1000	1000- 1600	1600- 2500	2500- 400	400- 6300
3	1-2	5	7	9	11	12	13	-	-	-
	2-3,55	6	7	9	11	12	14	15	-	-
	3,55-6	6	8	10	12	14	15	16	18	-
	6-10	-	9	10	13	15	17	18	20	22
4	1-2	8	10	13	17	19	21	-	-	-
	2-3,55	9	11	14	18	20	22	24	-	-
	3,55-6	10	12	15	19	22	24	26	28	-
	6-10	-	13	16	20	24	26	28	30	34
5	1-2	13	17	21	28	30	32	-	-	-
	2-3,55	14	18	22	28	32	34	38	-	-
	3,55-6	15	19	24	30	34	38	40	45	-
	6-10	-	20	26	32	38	42	45	48	53
6	10-16	-	24	30	36	42	48	53	56	60
	1-2	21	26	34	42	48	50	-	-	-
	2-3,55	22	28	36	45	50	53	60	-	-
	3,55-6	24	30	38	48	53	60	63	70	-
7	6-10	-	34	40	50	60	67	70	80	85
	10-16	-	38	45	56	67	75	85	90	100
	16-25	-	-	75	90	105	120	140	150	160
	1-2	30	38	48	63	70	-	-	-	-
8	2-3,55	32	40	50	63	70	75	85	-	-
	3,55-6	34	42	53	67	75	85	90	100	-
	6-10	-	48	60	70	85	95	100	110	120
	10-16	-	53	67	80	90	110	120	125	140
9	16-25	-	-	75	90	105	120	140	150	160
	1-2	38	48	60	75	85	90	-	-	-
	2-3,55	40	50	63	80	90	95	110	-	-
	3,55-6	42	53	67	85	100	105	120	125	-
10	6-10	-	60	70	90	110	120	130	140	150
	10-16	-	67	90	100	120	130	150	160	170
	16-25	-	-	95	110	130	150	170	180	190
	25-40	-	-	110	130	150	170	190	210	220
11	40-56	-	-	160	200	220	240	280	300	360
	1-2	48	60	75	95	110	-	-	-	-
	2-3,55	50	63	80	100	110	120	-	-	-
	3,55-6	53	67	85	105	120	130	140	-	-
12	6-10	-	75	90	110	130	150	160	170	-
	10-16	-	85	100	120	140	170	180	200	220
	16-25	-	-	120	140	160	180	210	240	260
	25-40	-	-	140	170	180	210	240	270	320
13	40-56	-	-	200	250	270	300	340	380	480
	1-2	60	70	85	120	130	-	-	-	-
	2-3,55	63	75	100	125	140	150	-	-	-
	3,55-6	67	80	105	130	160	170	180	-	-
14	6-10	-	90	110	170	190	200	220	-	-
	10-16	-	105	125	150	180	210	240	250	280
	16-25	-	-	150	170	200	230	260	300	320
	25-40	-	-	180	210	230	260	300	340	400
15	40-56	-	-	250	320	340	380	420	480	560
	1-2	75	90	120	150	170	-	-	-	-
	2-3,55	80	95	125	150	180	190	-	-	-
	3,55-6	85	105	130	160	200	210	220	-	-
16	6-10	-	110	140	170	210	240	250	280	-
	10-16	-	130	160	190	220	260	300	380	940
	16-25	-	-	180	220	250	280	340	380	400
	25-40	-	-	220	260	300	320	380	420	500
17	40-56	-	-	-	320	340	380	420	480	560

PL.10. Dung sai của sai số bao hình F_v và dao động của chiều dài khoảng pháp tuyến chung V_w (F_{vw}) (μm)

Cấp chính xác	Ký hiệu sai số	Môđun m (mm)	Đường kính vòng chia (mm)								
			≤ 50	50-125	125-280	280-500	500-1000	1000-1600	1600-2500	2500-4000	4000-6300
3	$V_w(F_v^c W)$	1-10	3 3	5 5	7 7	10 10	14 14	19 19	26 26	38 -	56 -
4	$V_w(F_v^c W)$	1-10	5 5	7 7	11 11	16 16	22 22	30 30	42 42	60 -	90 -
5	$V_w(F_v^c W)$	1-16	7 7	11 11	17 17	26 26	35 36	48 48	67 67	95 -	140 -
6	$V_w(F_v^c W)$	1-16	14 11	17 17	26 26	40 40	56 56	75 75	105 105	150 -	220 -
7	$V_w(F_v^c W)$	1-25	15 15	24 24	36 36	56 56	80 80	105 105	150 150	210 -	300 -
8	$V_w(F_v^c W)$	1-56	19 19	30 30	45 45	70 70	100 100	130 130	190 190	260 -	380 -

PL.11. Dung sai của sai lệch khoảng cách tâm khi bánh răng quay một vòng F_i " (μm)

Cấp chính xác	Môđun m (mm)	Đường kính vòng chia (mm)					
		≤ 50	50-125	125-280	280-500	500-1000	1000-1600
5	1-2	18	24	30	40	42	45
	2-3,55	20	25	30	40	45	48
	3,55-6	21	26	34	42	48	53
	6-10	-	28	36	45	53	60
	10-26	-	34	42	50	60	67
6	1-2	30	36	48	60	67	70
	2-3,55	30	40	50	63	70	75
	3,55-6	34	42	53	67	75	85
	6-10	-	48	56	70	85	95
	10-26	-	53	63	80	95	105
7	1-2	42	53	67	90	95	105
	2-3,55	45	56	70	90	100	105
	3,55-6	48	60	75	95	105	120
	6-10	-	67	85	100	120	130
	10-26	-	75	95	110	125	160
8	1-2	53	67	85	105	120	130
	2-3,55	56	70	90	110	125	140
	3,55-6	60	75	95	120	140	150
	6-10	-	85	100	130	150	170
	10-26	-	95	110	140	170	170
9	1-2	67	85	105	130	150	170
	2-3,55	70	90	110	140	150	170
	3,55-6	75	95	120	150	170	190
	6-10	-	105	130	150	150	210
	10-26	-	120	140	170	200	240
10	1-2	85	100	120	170	180	(210)
	2-3,55	90	105	140	175	200	(210)
	3,55-6	95	110	150	180	220	(240)
	6-10	-	130	150	200	240	(260)
	10-26	-	150	170	210	290	(300)
11	1-2	105	130	170	210	240	(250)
	2-3,55	110	130	170	210	250	(260)
	3,55-6	120	150	180	220	280	(300)
	6-10	-	150	200	240	300	(340)
	10-26	-	180	220	260	300	(360)

PL.12. Sai lệch giới hạn của bước $\pm f_{pt}$ (μm)

Cấp chính xác	Môđun m (mm)	Đường kính vòng chia (mm)								
		≤ 50	50- 125	125 - 280	280 - 500	500 - 800	800 - 1600	1600 - 2500	2500 - 4000	4000 - 6300
5	1-2	6	7	7	8	9	9	-	-	-
	2-3,55	7	7	8	9	9	10	11	-	-
	3,55-6	8	8	9	9	10	11	12	13	-
	6-10	-	9	10	11	11	12	14	14	15
	10-26	-	11	12	12	13	14	15	16	17
6	1-2	10	11	12	12	13	14	-	-	-
	2-3,55	11	12	12	13	14	15	17	-	-
	3,55-6	12	13	13	14	15	17	18	20	-
	6-10	-	15	15	16	17	19	20	22	25
	10-26	-	18	18	20	21	22	24	25	28
7	1-2	14	15	16	17	19	20	-	-	-
	2-3,55	15	16	17	18	20	22	24	-	-
	3,55-6	17	18	19	20	22	24	26	28	-
	6-10	-	21	22	24	25	26	28	32	34
	10-26	-	25	26	28	30	32	34	36	40
	16-25	-	-	34	34	36	38	40	41	45
8	1-2	20	21	22	24	26	28	-	-	1-
	2-3,55	21	22	24	26	28	30	34	-	-
	3,55-6	24	25	26	28	30	34	36	40	-
	6-10	-	30	30	32	34	36	40	45	48
	10-26	-	34	36	38	42	45	48	50	53
	16-25	-	-	48	48	50	53	56	60	63
	25-40	-	-	63	63	67	67	71	75	80
	40-56	-	-	-	85	85	90	90	95	100
9	1-2	26	30	32	34	38	-	-	-	-
	2-3,55	30	32	34	38	40	45	-	-	-
	3,55-6	34	36	38	40	45	48	53	-	-
	6-10	-	42	45	48	50	53	56	63	-
	10-26	-	50	53	56	60	63	67	71	75
	16-25	-	-	67	71	71	75	80	85	90
	25-40	-	-	85	90	95	100	100	105	110
	40-56	-	-	-	120	125	125	130	130	140
10	1-2	38	40	45	48	53	-	-	-	-
	2-3,55	42	45	48	53	56	60	-	-	-
	3,55-6	45	50	53	56	60	67	71	-	-
	6-10	-	56	60	67	71	75	80	85	-
	10-26	-	60	71	75	80	85	90	95	105
	16-25	-	-	95	100	100	105	110	120	125
	25-40	-	-	120	125	130	130	140	150	160
	40-56	-	-	-	160	170	170	180	190	200

PL.13. Sai lệch giới hạn của bước ăn khớp $\pm f_{pb}$ (μm) và dung sai của sai số prophin răng f_f (μm)

Cấp chính xác	Môđun m(mm)	Ký hiệu sai số	Đường kính vòng chia (mm)								
			≤ 50	50-125	125-280	280-560	560-1000	1000-1600	1600-2500	2500-4000	4000-6300
3	1-2	f_{pb}	2	3	3	3	3	4	-	-	-
		f_f	3	4	4	4	5	6	-	-	-
3	2-3,55	f_{pb}	3	3	3	3	4	4	4	-	-
		f_f	4	4	4	4	5	6	8	-	-
	3,55-6	f_{pb}	3	3	3	4	4	4	5	5	-
		f_f	4	4	5	5	6	7	8	11	-
	6-10	f_{pb}	-	4	4	4	5	5	5	6	6
		f_f	-	5	5	5	6	7	9	11	16
4	1-2	f_{pb}	4	4	5	5	5	6	-	-	-
		f_f	5	5	5	6	7	9	-	-	-
	2-3,55	f_{pb}	4	5	5	5	6	6	7	-	-
		f_f	5	6	5	6	7	9	11	-	-
	3,55-6	f_{pb}	5	5	5	6	6	7	7	8	-
		f_f	5	6	6	7	7	10	12	16	-
	6-10	f_{pb}	-	6	6	6	7	7	8	9	10
		f_f	-	6	7	8	9	10	12	17	12
5	1-2	f_{pb}	6	6	7	8	9	9	-	-	-
		f_f	6	6	7	8	10	12	-	-	-
	2-3,55	f_{pb}	7	7	8	8	9	10	10	-	-
		f_f	6	7	7	9	10	13	16	-	-
	3,55-6	f_{pb}	8	8	9	9	10	10	11	13	-
		f_f	7	8	8	10	11	14	17	14	-
	6-10	f_{pb}	-	9	10	10	11	12	12	14	15
		f_f	-	9	10	11	12	15	18	25	34
	10-16	f_{pb}	-	11	11	12	13	14	14	15	17
		f_f	-	11	12	13	15	17	20	26	36
6	1-2	f_{pb}	10	11	11	12	13	14	-	-	-
		f_f	8	8	9	11	14	18	-	-	-
	2-3,55	f_{pb}	11	11	12	13	14	15	17	-	-
		f_f	8	9	10	12	15	19	25	-	-
	3,55-6	f_{pb}	12	12	13	14	15	16	18	20	-
		f_f	10	10	11	13	16	20	26	36	-

Tiếp PL.13.

Cấp chính xác	Môđun m(mm)	Ký hiệu sai số	Đường kính vòng chia (mm)								
			≤ 50	50- 125	125- 280	280- 560	560- 1000	1000- 1600	1600- 2500	2500- 4000	4000- 6300
6	6-10	f_{pb} f_f	- -	14 12	15 13	16 15	17 18	18 22	20 28	22 38	24 53
	10-16	f_{pb} f_f	- -	17 15	18 16	19 18	20 21	21 25	22 30	25 40	26 55
	1-2	f_{pb} f_f	14 10	15 11	16 12	17 15	19 20	21 26	- -	- -	- -
7	2-3,55	f_{pb} f_f	15 11	16 12	17 14	18 17	20 21	22 28	24 36	- -	- -
	3,55-6	f_{pb} f_f	17 13	18 14	19 16	20 19	22 24	24 30	26 38	28 53	- -
	6-10	f_{pb} f_f	- -	20 17	21 19	22 21	24 26	26 32	28 42	30 56	34 80
	10-16	f_{pb} f_f	- -	24 22	26 24	28 26	28 32	30 38	32 48	34 63	38 85
	16-25	f_{pb} f_f	- -	24 22	26 24	28 26	28 32	30 38	32 48	34 63	45 95
	1-2	f_{pb} f_f	19 13	20 14	22 17	24 22	26 28	30 38	- -	- -	- -
	2-3,55	f_{pb} f_f	21 15	22 16	24 19	26 24	28 30	30 40	34 56	- -	- -
	3,55-6	f_{pb} f_f	24 18	24 19	26 22	28 28	30 34	32 45	36 60	40 85	- -
	6-10	f_{pb} f_f	- -	28 25	30 28	32 32	34 40	36 46	40 63	42 90	48 125
	10-16	f_{pb} f_f	- -	34 32	36 36	38 40	40 48	42 56	45 71	50 95	53 130
8	16-25	f_{pb} f_f	- -	- -	45 48	48 53	48 60	50 67	53 85	56 110	63 140
	25-40	f_{pb} f_f	- -	- -	60 67	60 71	63 80	67 90	67 105	71 130	75 170
	40-56	f_{pb} f_f	- -	- -	- -	80 95	80 105	85 120	85 130	90 150	95 190

PL.14. Vết tiếp xúc

Cấp chính xác	3	4	5	6	7	8	9
Vết tiếp xúc % không nhỏ hơn							
theo chiều cao	65	60	55	50	45	30	20
theo chiều dài	95	90	80	70	60	40	25

PL.15. Dung sai của sai số phương của răng F_{β} (μm)

Cấp chính xác	Môđun m(mm)	Chiều rộng vành răng							
		≤ 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1250
3	1-10	5	6	8	10	12	13	17	19
4	1-10	6	8	10	12	14	17	21	24
5	1-16	8	10	12	16	18	22	26	30
6	1-16	10	12	16	19	24	28	34	38
7	1-25	12	16	20	24	28	34	42	48
8	1-56	20	25	32	38	45	55	-	-
9	1-56	32	40	50	60	75	90	-	-
10	1-56	50	63	80	105	120	140	-	-
11	1-56	80	100	125	160	190	220	-	-
12	1-56	125	160	200	240	300	360	-	-

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Trần Văn Định và các tác giả khác.
Công nghệ chế tạo máy. (trọn bộ 2 tập).
Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2001.
2. М.З. Мильштейн.
Нарезание зубчатых колес.
“Высшая школа”, М. 1972.
3. Г.Г. Овумян, Я.И. Адам.
Справочник зубореза.
“Машиностроение”, М. 1983.
4. Б.А. Тайц и другие.
Производство зубчатых колес. Справочник.
“Машиностроение”, М. 1990.
5. К.С. Колев.
Технология машиностроения.
“Высшая школа”, М. 1977.
6. И.М. Колесов.
Основы технологии машиностроения.
“Высшая школа”, М. 1999.
7. Л.И. Федоров.
Точная штамповка зубчатых колес.
Минск, 1967.
8. A. Dupont, A. Castell.
Travaux réalisés sur les Machines-Outils.
Paris, 1980.
9. E. Paul Decarmo, J.I. Black, Ronal A. Koser.
Materials and Processes in Manufacturing.
Eighth edition, Prentice-Hall International, 1997.
10. Steve F. Krar, Albert F. Check.
Technology of Machine Tools.
International Edition 1998.
11. **Machining Data Handbook. Volume 1 & Volume 2.**
3rd Edition. Machinability Data Center.
Institute of Advanced Manufacturing Sciences. Inc.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
<i>Phần I. Những vấn đề cơ bản về chế tạo bánh răng và bánh vít</i>	
<i>Chương 1. Khái niệm về truyền động bánh răng và bánh vít</i>	5
1.1. Phân loại và công dụng của truyền động bánh răng	5
1.1.1. Truyền động bằng bánh răng trụ	6
1.1.2. Truyền động bằng thanh răng	6
1.1.3. Truyền động bằng bánh răng côn	7
1.1.4. Truyền động bằng bánh vít	7
1.1.5. Truyền động xoắn vít	8
1.1.6. Các dạng truyền động bánh răng theo công dụng	8
1.1.7. Đặc tính của truyền động bánh răng	9
1.2. Thông số hình học của bánh răng	10
1.3. Dịch chỉnh bánh răng	20
1.4. Bánh răng trụ ăn khớp ngoài	23
1.5. Bánh răng trụ ăn khớp trong	27
1.6. Bánh răng côn	28
1.7. Trục vít và bánh vít	32
 <i>Chương 2. Độ chính xác của truyền động bánh răng và bánh vít</i>	 37
2.1. Khái niệm chung về độ chính xác của truyền động bánh răng và bánh vít	37
2.2. Độ chính xác của bánh răng trụ	38
2.3. Độ chính xác của bánh răng côn	40
2.4. Độ chính xác của trục vít và bánh vít	41
 <i>Chương 3. Chế tạo phôi bánh răng</i>	 42
3.1. Đúc	42
3.2. Cán	45
3.3. Chôn nóng trên máy tự động nhiều vị trí	45
3.4. Dập nguội thể tích	47
3.5. Ép kim loại bột	47
3.6. Cán nóng bánh răng trụ	48
3.7. Cán nóng bánh răng côn răng cong	49
3.8. Dập nóng bánh răng côn răng thẳng	50

3.9. Dập nóng bánh răng côn răng cong	51
Phần II. Chế tạo bánh răng và bánh vít bằng các phương pháp cắt gọt	
Chương 4. Chế tạo bánh răng trụ ăn khớp ngoài	53
4.1. Yêu cầu đối với bản vẽ bánh răng	53
4.2. Đặc điểm của công nghệ chế tạo bánh răng trụ	53
4.3. Tiến trình công nghệ chế tạo bánh răng trụ ăn khớp ngoài	58
4.4. Chuẩn công nghệ khi chế tạo bánh răng trụ ăn khớp ngoài	59
4.5. Gia công phôi bánh răng	60
4.5.1. Gia công phôi trục răng	60
4.5.2. Gia công phôi bánh răng có lỗ	60
4.5.3. Gia công phôi vành răng	61
4.6. Gia công răng	61
4.7. Gá phôi bánh răng trên các máy cắt răng	62
4.8. Gia công mặt đầu của răng	64
4.9. Gia công tinh mặt chuẩn sau nhiệt luyện	67
4.10. Các phương pháp tăng độ bền của bánh răng	69
4.11. Phục hồi bánh răng khi sửa chữa máy	70
4.12. Đặc điểm của chế tạo bánh răng có độ chính xác cao	71
Chương 5. Cắt răng trụ ăn khớp ngoài	72
5.1. Phay lăn răng bằng dao phay trục vít	72
5.2. Bào răng	84
5.3. Xọc răng	86
5.4. Cắt răng bằng dao phay môđun đĩa và dao phay môđun ngón	94
Chương 6. Gia công tinh răng trụ ăn khớp ngoài	97
6.1. Cà răng	97
6.1.1. Bản chất của cà răng	97
6.1.2. Máy cà răng	98
6.1.3. Dao cà răng	99
6.1.4. Các phương pháp cà răng	99
6.1.5. Chế độ cắt khi cà răng	101
6.2. Cán răng	102
6.3. Mài răng	105
6.4. Mài khôn răng	112
Chương 7. Chế tạo bánh răng trụ hình chữ V	114
7.1. Phân loại	114
	323

7.2. Qui trình công nghệ	114
7.3. Cát răng	115
Chương 8. Chế tạo bánh răng trụ ăn khớp trong	117
8.1. Phân loại	117
8.2. Chuẩn và phương pháp gia công bánh răng trụ ăn khớp trong	117
Chương 9. Chế tạo thanh răng	122
9.1. Đặc tính công nghệ của thanh răng	122
9.2. Qui trình công nghệ chế tạo thanh răng	122
9.3. Cát răng của thanh răng	123
Chương 10. Chế tạo bánh răng côn	124
10.1. Phân loại kết cấu của bánh răng côn	124
10.2. Yêu cầu kỹ thuật đối với phôi trước khi cắt răng và sau khi nhiệt luyện	125
10.3. Chọn mặt chuẩn	126
10.4. Xây dựng bản vẽ bánh răng côn cong	127
10.5. Tiến trình công nghệ gia công cơ bánh răng côn	129
Chương 11. Cắt răng côn thẳng	134
11.1. Các phương pháp cắt răng côn thẳng	134
11.1.1. Phương pháp định hình	134
11.1.2. Phương pháp bao hình	134
11.1.3. Phương pháp cắt răng theo đường	134
11.2. Cắt răng côn thẳng bằng các dao phay môđun đĩa	135
11.3. Cắt răng côn thẳng bằng hai dao bào răng	137
11.4. Cắt răng côn thẳng bằng hai dao phay đĩa	138
11.5. Chuốt răng côn thẳng	139
11.6. Cắt răng theo đường	141
11.7. Các máy cắt răng côn thẳng	143
11.8. Đồ gá gia công bánh răng côn thẳng	144
11.9. Dụng cụ cắt răng côn thẳng	148
11.10. Gia công mặt chuẩn sau nhiệt luyện	149
11.11. Chế độ cắt	153
11.12. Mài răng	158
11.13. Nghiền răng	160
Chương 12. Cắt răng côn cong	162
12.1. Nguyên lý hình thành mặt răng	162

12.2. Các phương pháp cắt răng	162
12.2.1. Cắt hai phía	162
12.2.2. Cắt một phía	162
12.2.3. Phương pháp gá cố định	164
12.3. Cắt thô răng bằng phương pháp tiến dao dọc trục và phương pháp bao hình	164
12.4. Cắt tinh răng bằng các phương pháp: chép hình, bao hình và tiến dao dọc trục	166
12.5. Phương pháp cắt tổ hợp	169
12.6. Cắt răng bằng đầu dao hợp kim cứng	170
12.7. Vát mép đầu răng	171
12.8. Máy cắt răng côn cong	173
12.9. Đầu dao cắt răng côn cong	176
12.10. Chế độ cắt	179
12.11. Nghiền răng côn cong	185
12.12. Mài răng côn cong	186
 <i>Chương 13. Điều chỉnh máy cắt răng</i>	189
13.1. Điều chỉnh máy phay lăn răng	189
13.2. Điều chỉnh máy xọc răng	196
13.3. Điều chỉnh máy cắt răng côn cong	203
 <i>Chương 14. Các phương pháp nâng cao năng suất cắt răng</i>	209
14.1. Giảm thời gian cơ bản	209
14.2. Giảm thời gian phụ	210
14.3. Tự động hoá các máy cắt răng	211
14.4. Tăng khả năng đứng nhiều máy	214
 <i>Chương 15. Nhiệt luyện bánh răng</i>	215
15.1. Quy trình nhiệt luyện	215
15.2. Nhiệt luyện phối để cải thiện tính cắt gọt	216
15.3. Nhiệt luyện bánh răng	216
15.3.1. Tôi thể tích	216
15.3.2. Tôi bề mặt	217
15.3.3. Gia công bề mặt bằng phương pháp nhiệt-hoá	220
15.4. Thiết bị nhiệt luyện bánh răng	221
15.5. Làm sạch bánh răng sau nhiệt luyện	222
15.6. Kiểm tra chất lượng của bánh răng sau nhiệt luyện	223

Chương 16. Kiểm tra bánh răng	224
16.1. Khái niệm chung	224
16.2. Kiểm tra các chỉ tiêu của độ chính xác động học	225
16.2.1. Kiểm tra sai số động học	225
16.2.2. Kiểm tra sai số tích lũy bước vòng	226
16.2.3. Kiểm tra độ đảo vòng chia	227
16.2.4. Kiểm tra sai lệch khoảng pháp tuyến chung	227
16.2.5. Kiểm tra tổng hợp ăn khớp hai bên	227
16.3. Kiểm tra các chỉ tiêu của độ ổn định khi làm việc	228
16.3.1. Kiểm tra sai số bước cơ sở	228
16.3.2. Kiểm tra sai số bước vòng	229
16.3.3. Kiểm tra sai số prophin của răng	230
16.4. Kiểm tra các chỉ tiêu của độ chính xác tiếp xúc	231
16.4.1. Kiểm tra sai số phương của răng	231
16.4.2. Kiểm tra vết tiếp xúc	232
16.5. Kiểm tra khe hở mật bên	232
16.5.1. Kiểm tra sai số của biên dạng khởi xuất	232
16.5.2. Kiểm tra sai số của chiều dày răng	233
Chương 17. Chế tạo trục vít và bánh vít	234
17.1. Phân loại qui trình công nghệ chế tạo trục vít và bánh vít	234
17.2. Yêu cầu đối với bản vẽ trục vít và bánh vít	236
17.3. Nguyên tắc chọn chuẩn, thiết bị và đồ gá khi gia công trục vít và bánh vít	237
17.4. Qui trình công nghệ và các phương án cắt văng của trục vít và bánh vít	239
Chương 18. Cắt răng trục vít và bánh vít hình trụ	240
18.1. Cắt răng trục vít hình trụ	240
18.1.1. Cắt răng trục vít hình trụ bằng dao định hình	240
18.1.2. Cắt răng trục vít bằng dao phay đĩa	241
18.1.3. Cắt răng trục vít bằng dao xoáy	241
18.1.4. Cán trục vít	242
18.1.5. Mài trục vít	243
18.2. Cắt răng bánh vít	244
Chương 19. Cắt răng trục vít và bánh vít lõm	246
19.1. Cắt răng trục vít lõm	246
19.2. Cắt răng bánh vít lõm	247

Phần III. Chế tạo bánh răng bằng các phương pháp biến dạng dẻo	
Chương 20. Tổng quan về các phương pháp chế tạo bánh răng bằng biến dạng dẻo	249
20.1. Khái niệm và phân loại	249
20.2. Dập thể tích bánh răng	255
20.3. Dập hướng kính bánh răng	256
20.4. Cán bánh răng	257
20.5. Ép bánh răng	261
Chương 21. Công nghệ chế tạo bánh răng bằng dập thể tích	263
21.1. Chọn phương án công nghệ	263
21.2. Mác thép và chuẩn bị phối dập	266
21.2.1. Mác thép	266
21.2.2. Chuẩn bị phối bánh răng	266
21.3. Dập bánh răng côn răng thẳng	267
21.4. Dập bánh răng côn răng cong	274
21.5. Dập bánh răng trụ	277
21.6. Gia công cơ phối có răng sau khi dập	281
Chương 22. Công nghệ chế tạo bánh răng bằng dập hướng kính	285
22.1. Sơ đồ tạo hình, đặc điểm kết cấu của dụng cụ và thiết bị	285
22.2. Công nghệ tạo hình vành răng có lỗ	287
22.3. Đặc tính chảy của kim loại và lực tác dụng khi dập hướng kính	289
Chương 23. Dụng cụ chế tạo bánh răng bằng biến dạng dẻo	292
23.1. Đồ gá dập bánh răng	292
23.2. Chế tạo cối vành răng bằng dập nóng	294
23.3. Chế tạo cối vành răng bằng dập nguội	299
23.4. Vật liệu chế tạo khuôn dập bánh răng	301
23.5. Các phương pháp nâng cao tuổi bền của khuôn dập	303
Chương 24. Chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế của phương pháp chế tạo bánh răng bằng biến dạng dẻo	305
24.1. Độ chính xác của bánh răng dập	305
24.2. Tính chất cơ lý của bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập	306
24.3. Hiệu quả kinh tế của phương pháp chế tạo bánh răng bằng biến dạng dẻo	308
Phụ lục	309
Tài liệu tham khảo	321
	327

CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO BÁNH RĂNG

Tác giả: GS. TS. TRẦN VĂN ĐỊCH

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS, TS TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa chế bản:

NGUYỄN DIỆU THUỶ

Trình bày và sửa chế bản:

TRẦN VĂN CẨM

Vẽ hình:

PHẠM VĂN TƯỚC

Vẽ bìa:

ĐỖ THỊNH

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội, 2006

In 700 cuốn, khổ 16 x 24cm. Tại Xi nghiệp in Thương mại

Giấy phép xuất bản số: 72-2005/CXB42-39KHKT do Cục Xuất bản cấp ngày 5/12/2006

In xong và nộp lưu chiểu tháng 1/2006.

TÌM ĐỌC SÁCH CÙNG CHUYÊN MỤC

TẬP THỂ TÁC GIẢ

- 1) **GS. TS. Trần Văn Địch, PGS. TS. Nguyễn Trọng Bình, PGS. TS. Nguyễn Thế Đạt, PGS. TS. Nguyễn Viết Tiếp, PGS. TS. Trần Xuân Việt.**
Công nghệ chế tạo máy. Nhà xuất bản KH & KT 2003.
- 2) **GS. TS. Trần Văn Địch, PGS. TS. Lê Văn Tiến, PGS. TS. Trần Xuân Việt.**
Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá. Nhà xuất bản KH & KT 2003.
- 3) **GS. TS. Trần Văn Địch, GVC Đinh Khắc Hiến.**
Kỹ thuật an toàn và môi trường. Nhà xuất bản KH & KT 2004.
- 4) **PGS. TS. Ngô Trí Phúc, GS. TS. Trần Văn Địch.**
Sổ tay sử dụng thép thế giới. Nhà xuất bản KH & KT 2003.
- 5) **GS. TS. Trần Văn Địch, PGS. TS. Trần Xuân Việt, TS. Nguyễn Trọng Doanh, Th.S. Lưu Văn Nhạng.**
Tự động hoá quá trình sản xuất. Nhà xuất bản KH & KT 2001.
- 6) **Ph. A. Barbasop.**
Công nghệ phay. Người dịch: Trần Văn Địch. Nhà xuất bản KH & KT 2001.
- 7) **GS. TS. Trần Văn Địch, Th.S. Lưu Văn Nhạng, Th.S. Nguyễn Thanh Mai.**
Sổ tay gia công cơ. Nhà xuất bản KH & KT 2002.
- 8) **GS. TS. Nguyễn Khắc Lộc, GS. TS. Trần Văn Địch, PGS. TS. Lê Văn Tiến và các tác giả khác.**
Cơ sở công nghệ chế tạo máy.
- 9) **GS. TSKH. Bành Tiến Long, PGS. TS. Trần Thế Lục, PGS. TS. Trần Sỹ Túy.**
Nguyên lý gia công vật liệu.

CÙNG MỘT TÁC GIẢ GS. TS. TRẦN VĂN ĐỊCH

- 10) Kỹ thuật tiện. Nhà xuất bản KH & KT 2002.
- 11) Đồ gá. Nhà xuất bản KH & KT 2004.
- 12) Thiết kế đồ án công nghệ chế tạo máy. Nhà xuất bản KH & KT 2004.
- 13) Công nghệ chế tạo bánh răng. Nhà xuất bản KH & KT 2003.
- 14) Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm. Nhà xuất bản KH & KT 2003.
- 15) Hệ thống sản xuất linh hoạt FMS & sản xuất tích hợp CIM. Nhà xuất bản KH & KT 2001.
- 16) Sổ tay dụng cụ cắt và dụng cụ phụ. Nhà xuất bản KH & KT 2004.
- 17) Gia công tinh bề mặt chi tiết máy. Nhà xuất bản KH & KT 2004.
- 18) Công nghệ CNC. Nhà xuất bản KH & KT 2000.
- 19) ATLAS đồ gá. Nhà xuất bản KH & KT 2004.

205386



46.000d