

Chương 9

GIA CÔNG BÁNH RĂNG

Bánh răng, bánh vít là những chi tiết dùng để truyền lực và chuyển động nhờ ăn khớp mà ta thường thấy trong các loại máy móc. Sử dụng bánh răng có thể truyền được chuyển động quay giữa các trục song song nhau, chéo nhau hoặc vuông góc với nhau.

Gia công bánh răng là một công việc khó vì vừa phải đảm bảo cho được các chỉ tiêu kỹ thuật vừa phải kinh tế. Chọn phương pháp gia công bánh 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.

Có nhiều phương pháp gia công bánh răng, bánh vít nhưng ở chương này chỉ trình bày phương pháp gia công bánh răng bằng cắt gọt.

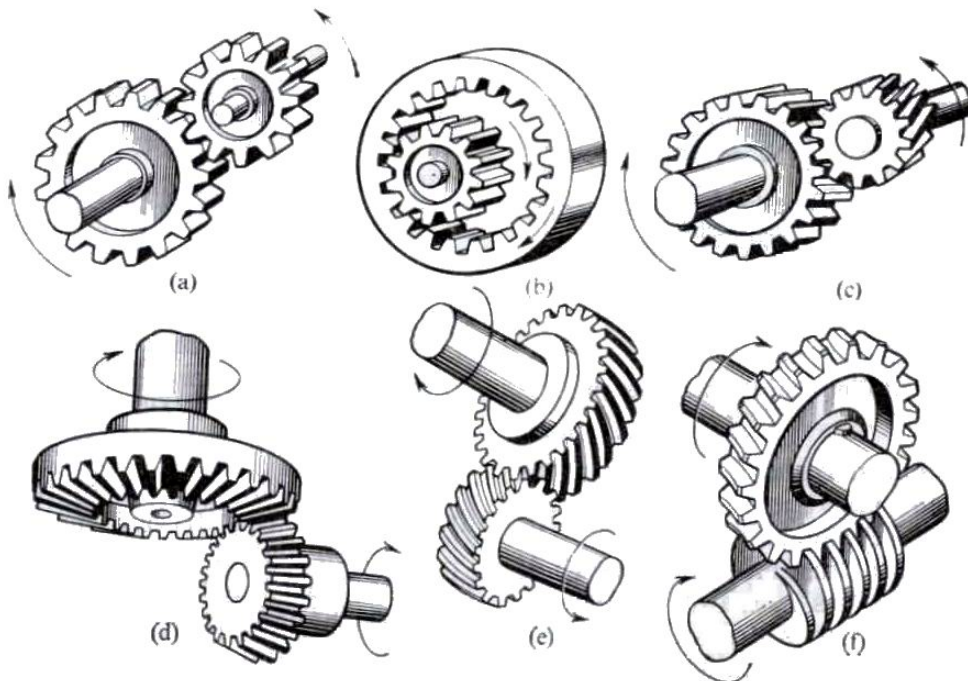
9.1- PHÂN LOẠI

Dựa vào mặt kết cấu, bánh răng được chia làm 3 loại:

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

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

- Bánh răng trụ và côn không có máy, và có máy, lỗ trơn và lỗ then hoa.
- Bánh răng bậc lỗ trơn và lỗ then hoa.
- Bánh răng trụ, bánh răng côn và bánh vít dạng đĩa.
- Trụ răng trụ và trụ răng côn.



Hình 9.1- Các bộ truyền bánh răng, bánh vít

9.2- ĐỘ CHÍNH XÁC

Độ chính xác của bánh răng, bánh vít được đánh giá theo tiêu chuẩn Nhà nước TCVN, tiêu chuẩn này quy định 12 cấp chính xác khác nhau từ 1 ÷ 12, trong đó cấp 1 là chính xác nhất, cấp 12 là kém chính xác nhất. Thông thường, trong thực tế chỉ dùng các cấp chính xác 3 ÷ 11.

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

- **Độ chính xác động học:** độ chính xác này được đánh giá bằng sai số góc quay của bánh răng, bánh vít sau một vòng. Sai số này là do sai số của hệ thống công nghệ gây ra.

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 ...

- **Độ ổn định khi làm việc:** độ ổn định khi làm việc được đánh giá bằng sai số chu kỳ tức là giá trị trung bình của sai số truyền động bằng tỷ số giữa sai lệch lớn nhất và số răng bánh răng.

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, rung động và tiếng ồn của bộ truyền.

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

- **Độ chính xác tiếp xúc:** độ chính xác tiếp xúc được đánh giá bằng vết tiếp xúc (diện tích và hình dáng) của prôfin răng theo chiều dài, chiều cao và được biểu diễn bằng %.

Độ chính xác tiếp xúc 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 này rất quan trọng đối với các bộ truyền có tải trọng lớn và tốc độ thấp.

- **Độ chính xác khe hở mặt bên:** khe hở mặt bên là khe hở giữa các cạnh răng trong bộ truyền (bánh răng càng lớn thì khe hở mặt bên càng lớn).

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. Ví dụ, với các bộ truyền có tính đến góc quay cần có khe hở mặt bên nhỏ, còn với các bánh răng trong các turbin tốc độ cao lại cần có khe hở mặt bên lớn.

Xuất phát từ đó, người ta quy 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 sử dụng rộng rãi nhất.

9.3- VẬT LIỆU CHẾ TẠO

Việc chọn vật liệu để chế tạo bánh răng phụ thuộc vào điều kiện làm việc của chúng. Mỗi một loại vật liệu đều thỏa mãn những yêu cầu riêng, đặc biệt là dùng cho chế tạo ô tô, máy kéo, máy bay, các máy công cụ...

- Các bánh răng truyền lực thường được chế tạo bằng thép hợp kim Crôm như 15Cr, 15CrA, 20CrA, 40Cr, 45Cr; Crôm - Niken và Crôm - Môlipden như 40CrNi, 35CrMoA, 18CrMnTi.

- Các bánh răng chịu tải trọng trung bình và nhỏ được chế tạo bằng thép C chất lượng tốt như C40, C45 và gang.

- Các bánh răng làm việc với tốc độ cao mà không gây tiếng ồn được làm từ chất dẻo, vải ép, da ép.

- Với tiến bộ của ngành luyện kim, ngày nay người ta có thể chế tạo bánh răng từ vật liệu kim loại bột.

9.4- PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO PHÔI

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 cùng các yếu tố khác.

- Trong sản xuất lớn, phôi bánh răng thép thường là phôi rèn.

- Trong sản xuất nhỏ, đơn chiếc người ta thường dùng phôi thanh.

- Bánh răng, bánh vít có kích thước quá lớn, phôi được chế tạo bằng phương pháp đúc. Những bánh răng, bánh vít có đường kính lỗ > 25 mm và chiều dài lỗ nhỏ hơn hai lần đường kính thì người ta tạo lỗ khi rèn hoặc đúc.

- Với bánh răng được chế tạo từ kim loại bột thì phôi chính là kim loại bột.

9.5- NHIỆT LUYỆN

Do yêu cầu làm việc, răng bánh răng phải có độ cứng và độ bền, còn lõi bánh răng thì yêu cầu phải dẻo, dai để đảm bảo độ bền uốn của răng khi chịu tải va đập, vì vậy cần phải có chế độ nhiệt luyện thích hợp.

- Đối với nhóm bánh răng có độ rắn của mặt răng $HB \leq 350$, việc gia công chính xác bánh răng sau khi đã nhiệt luyện vì độ rắn tương đối thấp. Lúc này không cần phải qua các nguyên công chỉnh sửa đất tiền như mài, mài nghiền...

Chế độ nhiệt luyện thường là tôi cải thiện (thép C chất lượng tốt, thép hợp kim); thường hoá (thép C chất lượng thường CT51, CT61 hoặc thép C chất lượng tốt).

- Đối với nhóm bánh răng có độ rắn của mặt răng $HB \geq 350$, bánh răng được gia công trước rồi mới nhiệt luyện. Lúc này bánh răng có độ bền cao, khả năng tải lớn nhưng cần phải gia công lại sau nhiệt luyện để khắc phục những biến dạng do nhiệt luyện gây ra.

Với bánh răng có môđun và kích thước nhỏ thường được tôi thể tích. Tuy

nhiên, phương pháp này làm tăng độ bền nhưng lại làm giảm độ dẻo, dai của lõi răng nên bây giờ thường dùng thấm than, thấm Ni, thấm Cyanua thay cho tôi thể tích.

Với bánh răng có môđun và kích thước lớn thường dùng tôi cao tần. Tôi cao tần tức là dùng dòng điện có tần số cao (có thể lên đến 20.000 Hz) để đốt nóng bề mặt rồi làm nguội nhanh, lúc này lõi bánh răng chưa kịp nóng nên vẫn đảm bảo được độ dẻo, dai ban đầu còn bề mặt răng thì độ bền, độ cứng được tăng lên rất cao, độ bóng bề mặt không giảm nhiều, biến dạng bé... Tuy nhiên, tôi cao tần có giá thành rất cao nên thường chỉ dùng trong sản xuất hàng loạt lớn, hàng khối. Ngoài ra, người ta còn dùng các phương pháp gia công bề mặt răng bằng năng lượng cao như tia laser, plasma...

9.6- YÊU CẦU KỸ THUẬT

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

- Độ không đồng tâm giữa mặt lỗ và đường tròn cơ sở (vòng chia) nằm trong khoảng $0,05 \div 0,1$ mm.
- Độ không vuông góc giữa mặt đầu và tâm lỗ nằm trong khoảng $0,01 \div 0,015$ mm trên 100 mm đường kính.
- Mặt lỗ và các cổ trục của trục răng được gia công đạt độ chính xác cấp 7, độ nhám bề mặt $Ra = 1,25 \div 0,63$.
- Các bề mặt khác được gia công đạt cấp chính xác 8 ÷ 10, độ nhám bề mặt $Rz = 40 \div 10$.
- Sau nhiệt luyện đạt độ cứng 55 ÷ 60 HRC, chiều sâu thấm C là 1 ÷ 2 mm; các bề mặt không gia công độ cứng thường đạt 180 ÷ 280 HB.

9.7- TÍNH CÔNG NGHỆ TRONG KẾT CẤU

Khi thiết kế bánh răng phải chú ý đến kết cấu bề mặt như:

- Hình dáng lỗ phải đơn giản vì nếu phức tạp ta phải dùng máy Rovônve hoặc máy bán tự động để gia công, sẽ không kinh tế.
- Mặt ngoài của bánh răng phải đơn giản, bánh răng có tính công nghệ cao nhất là khi hình dáng mặt ngoài phẳng, không có mayơ.
- Nếu bánh răng cần có mayơ thì nên để mayơ nằm về một phía lúc đó ta có thể gá được hai chi tiết cùng một lúc để gia công, tăng được năng suất.
- Bề dày của mặt bên phải đủ để tránh biến dạng khi nhiệt luyện.
- Hình dáng, kích thước các rãnh (nếu có) phải thuận tiện cho việc thoát dao.
- Kết cấu bánh răng phải tạo điều kiện cho việc gia công bằng nhiều dao cùng một lúc.
- Các bánh răng bạc nên có cùng một môđun để thuận tiện cho việc gia công, giảm được thời gian thay dao, tăng năng suất.

9.8- CHUẨN ĐỊNH VỊ

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

- Khi gia công bánh răng có lỗ, dù là bánh răng trụ, côn, bánh vít thì chuẩn tinh thống nhất là mặt lỗ. Ngoài lỗ ra, người ta còn chọn thêm mặt đầu làm chuẩn, lúc đó mặt lỗ và mặt đầu phải gia công trong một lần gá để đảm bảo độ vuông góc giữa mặt đầu và tâm lỗ.

Trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ, ở nguyên công đầu tiên người ta thường dùng một mặt đầu và mặt ngoài của bánh răng làm chuẩn thô. Sau khi nhiệt luyện, khi cần mài lại lỗ người ta phải dùng vành răng để định vị bằng vòng lăn.

Như vậy, trong những trường hợp gia công bánh răng có lỗ, chuẩn định vị có thể là tất cả các bề mặt.

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

9.9- QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ TRƯỚC KHI CẮT RĂNG

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

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

Ngoài ra, nếu cần còn có thêm các nguyên công như khoan lỗ, phay rãnh then, then hoa trên trục răng hoặc làm ren...

- Khi sản lượng nhỏ, việc gia công phôi trước khi cắt răng được thực hiện trên máy tiện. Lỗ bánh răng cần phải doa vì yêu cầu phải có độ chính xác cao.

- Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, thường dùng phương pháp chuốt để gia công lỗ, kể cả lỗ có rãnh then, then hoa. Trong trường hợp này, trước khi chuốt thường được khoan hoặc khoét trên máy khoan đứng; các nguyên công khác chỉ được gia công sau khi chuốt lỗ bởi vì phương pháp chuốt có thể đạt được độ chính xác kích thước rất cao nhưng độ chính xác về vị trí tương quan của mặt lỗ với mặt khác lại khá thấp.

Các mặt ngoài được gia công trên máy tiện bán tự động hoặc trên dây chuyền tự động.

- Trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ, thường gia công chuẩn bị trước khi cắt răng trên các máy tiện và các máy ro-vônve.

- Các bánh răng có đường kính > 500 mm thường được gia công chuẩn bị trước khi cắt răng trên máy tiện đứng.

9.10- CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG RĂNG

Bánh răng là chi tiết quan trọng, có độ bền và tuổi thọ cao. Thông thường, răng của bánh răng có biên dạng là đường thân khai.

Về nguyên lý tạo răng, có thể chia thành hai phương pháp gia công là phương pháp định hình và phương pháp bao hình.

- **Phương pháp định hình** là phương pháp cắt răng mà dụng cụ cắt có biên dạng lưỡi cắt là rãnh răng. Quá trình cắt răng không liên tục, khi cắt thì cắt từng rãnh răng một, sau đó phân độ để gia công tiếp rãnh răng khác.

- **Phương pháp bao hình** là phương pháp cắt răng mà dụng cụ cắt không cần có biên dạng lưỡi cắt là rãnh răng. Quá trình cắt răng diễn ra liên tục, khi cắt dụng cụ cắt sẽ lăn tương đối trên vành của bánh răng gia công và khi đó quỹ tích các đường bao của dụng cụ cắt là pôfin thân khai của răng bánh răng gia công.

9.10.1- Gia công bánh răng trụ

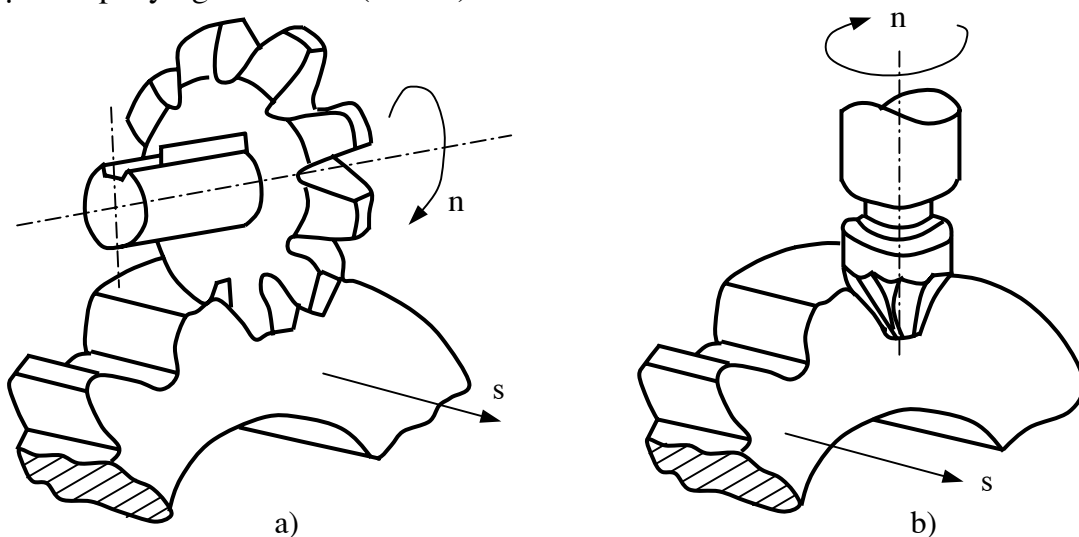
a) Gia công theo phương pháp định hình

① Phay định hình

Phay răng bằng phương pháp định hình được tiến hành bằng dao phay định hình mà pôfin của nó phù hợp với pôfin của rãnh răng.

* **Răng thẳng:**

Dao phay định hình dùng để gia công bánh răng là dao phay đĩa môđun (hình a) hoặc dao phay ngón môđun (hình b).



Hình 9.2- Gia công bánh răng trụ bằng dao phay định hình

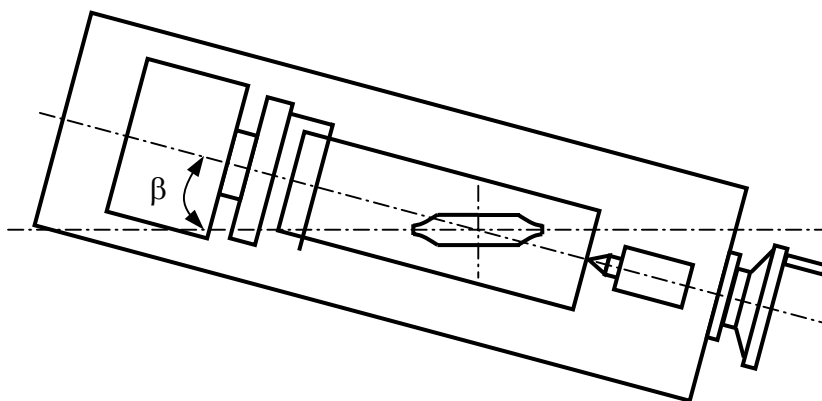
Phương pháp này được sử dụng nhiều trên máy phay vạn năng có trang bị dụng cụ phân độ. Khi gia công, chi tiết được gá vào ụ phân độ, dao được gá sao cho đường kính ngoài (dao phay đĩa môđun) hoặc mặt đầu (dao phay ngón) trùng với đường sinh cao nhất của chi tiết. Sau đó, điều chỉnh dao ở độ cao sao cho rãnh răng có chiều sâu theo yêu cầu (tùy theo môđun răng gia công). Tiến hành gia công.

Gia công xong một răng thì dùng đầu phân độ để quay chi tiết một góc $360^{\circ}/z$ (với z là số răng cần gia công) rồi tiếp tục gia công răng tiếp theo, cứ thế cho đến hết.

*** Răng nghiêng:**

Khi phay bánh răng trụ răng nghiêng, việc gá dao và chi tiết cũng như phân độ để cắt hết các răng giống như với răng thẳng, chỉ khác một điều là phải quay bàn máy đi một góc β phù hợp với góc nghiêng của răng.

Để tạo được răng nghiêng cần thực hiện đồng bộ chạy dao của bàn máy và chuyển động quay của đầu phân độ bằng cách nối trục vitme bàn máy thông qua bộ bánh răng thay thế với trục truyền động của đầu phân độ.

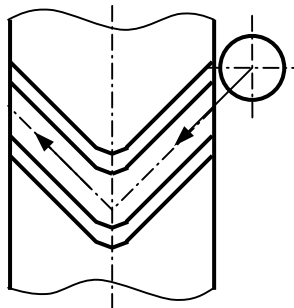


Hình 9.3- Sơ đồ gia công bánh trụ răng nghiêng

Khi quay bàn máy cần chú ý chiều nghiêng của răng trên chi tiết: đối với răng nghiêng trái thì bàn máy quay theo chiều đồng hồ khi nhìn từ trên xuống (như hình bên) và khi răng nghiêng phải thì quay bàn máy ngược chiều đồng hồ.

*** Răng chữ V:**

Phương pháp phay định hình cũng có thể gia công được bánh răng trụ răng hình chữ V liên tục có góc nhọn.



Hình 9.4- Phay bánh răng trụ chữ V bằng dao phay ngón

Cắt loại răng liên tục góc vê tròn này được thực hiện bằng dao phay ngón trên máy phay vạn năng có cơ cấu phân độ và đảo chiều quay của bánh răng trong quá trình chạy dao dọc (tương tự như răng nghiêng nhưng phải làm hai lần) hoặc gia công trên máy bán tự động chuyên dùng. Góc nhọn được vê tròn có bán kính đúng bằng bán kính của dao phay ngón.

ĐẶC ĐIỂM CỦA PHAY ĐỊNH HÌNH:

- Đạt độ chính xác thấp (cấp 7, 8); khó khăn trong việc điều chỉnh chính xác vị trí tương đối giữa dao và vật. Năng suất thấp nhưng lại tương đối đơn giản.
- Thường là sản xuất bánh răng cho bộ truyền tốc độ thấp (< 5 m/s). Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, đối với những bánh răng có môđun lớn, phương pháp này chỉ dùng để gia công phá.
- Dao phải có biên dạng rãnh răng, tuy nhiên rãnh răng lại thay đổi theo môđun và số răng. Do vậy, để đảm bảo tính kinh tế, dao phay định hình được sản xuất theo bộ 8, 15 hoặc 26 con với cùng môđun và góc ăn khớp. Mỗi dao dùng để sản xuất một loại bánh răng trong phạm vi số răng nhất định và có hình dáng răng gần đúng.

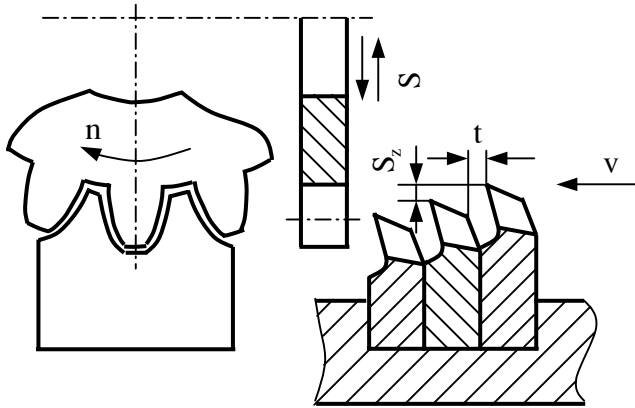
② Bào định hình

Bào răng định hình được thực hiện trên máy bào răng với dao định hình cũng có profin giống profin rãnh răng hoặc dao thông thường với dưỡng. Khi gia công các rãnh răng thì cũng dùng đầu phân 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.

③ Chuốt định hình

Gia công bánh răng bằng phương pháp chuốt định hình cho năng suất và độ chính xác cao, thường dùng ở dạng sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.



Hình 9.5- Sơ đồ chuốt răng bánh răng

Theo phương pháp này, dao chuốt có profin giống profin của rãnh răng. Có thể chuốt một rãnh hoặc nhiều rãnh cùng một lúc. Sau mỗi hành trình của dao, một hoặc một số rãnh răng được gia công, muốn gia công các rãnh khác thì chi tiết được quay đi một góc nhờ cơ cấu phân độ.

Phương pháp chuốt toàn bộ các rãnh cùng một lúc rất ít được

sử dụng vì lúc đó kết cấu dao rất phức tạp, khả năng thoát phoi kém, lực cắt lớn.

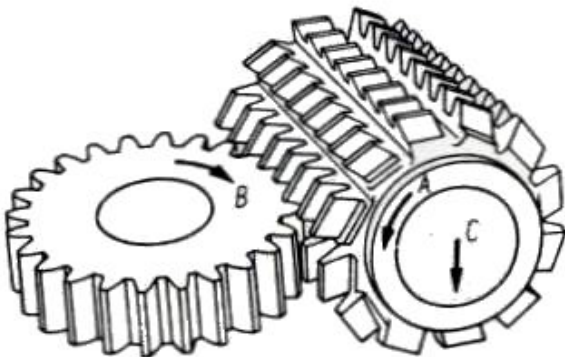
Dụng cụ cắt là một bộ dao định hình với từng nấc được lắp vào đầu chuốt. Lượng nâng của mỗi lưỡi cắt phụ thuộc vào chiều dày lớp phoi được cắt S_z , loại vật liệu bánh răng và tốc độ cắt v , lượng nâng này được chọn như với dao chuốt thường.

Lớp vật liệu phải cắt được phân chia theo tổng số các lưỡi cắt của dụng cụ, nên tuổi thọ, tuổi bền của dao lớn. Song chi phí cho dụng cụ rất lớn nên chuốt chỉ dùng cho sản xuất lớn, bánh răng có môđun lớn và bánh răng không gia công nhiệt không mài.

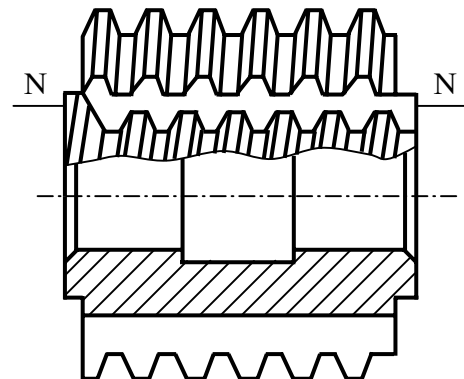
b) Gia công theo phương pháp bao hình

① Phay lăn răng

Phay lăn răng là phương pháp phay bánh răng theo nguyên lý bao hình.



Hình 9.6- Sơ đồ phay lăn răng.



Hình 9.7- Dao phay lăn dạng trục vít

Đây là phương pháp sản xuất răng phổ biến nhất hiện nay, cho năng suất và độ chính xác cao (có thể đạt cấp 4, 5).

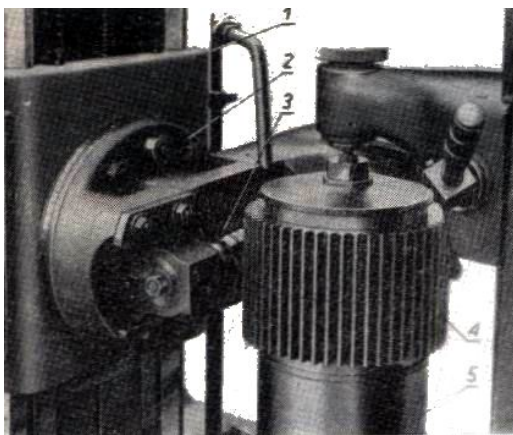
Dụng cụ để phay lăn răng là dao phay lăn dạng trục vít thân khai mà profin của nó ở mặt pháp tuyến N-N là thanh răng cơ bản.

Máy để gia công răng theo phương pháp phay bao hình là máy phay lăn răng trục thẳng đứng, trên đó dao với chi tiết thực hiện sự ăn khớp của bộ truyền trục vít.

Sự ăn dao của dao phay lăn là liên tục, tất cả các răng của bánh răng được gia công đồng thời nên máy không cần thiết bị đổi chiều phức tạp, không cần cơ cấu phân độ, do vậy tất cả thời gian phục vụ có liên quan đến công việc đó bị loại trừ, nâng cao được năng suất.

*** Răng thẳng:**

Chuyển động bao hình được thực hiện dựa trên nguyên lý ăn khớp giữa dao và phôi

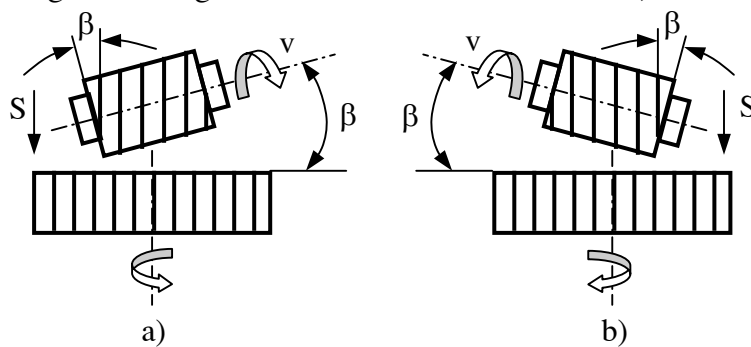


Hình 9.8- Sơ đồ phay lăn răng thẳng.

Đó là các chuyển động quay của dao và phôi, đồng thời dao còn có chuyển động tịnh tiến dọc trục của phôi nhằm cắt hết chiều dày của bánh răng.

Trước khi cắt, dao phay lăn còn có chuyển động hướng kính sao cho vòng lăn của dao tiếp xúc với vòng lăn của phôi, điều này nhằm để đạt được chiều sâu của rãnh răng cần cắt.

Mối liên hệ giữa vòng quay của dao và bánh răng gia công được thực hiện nhờ các bánh răng thay thế của máy: khi phôi quay $1/z$ vòng thì dao quay $1/k$ vòng (z : số răng bánh răng cần cắt; k : số đầu mối của dao).



Hình 9.9- Sơ đồ bố trí dao khi phay lăn răng thẳng

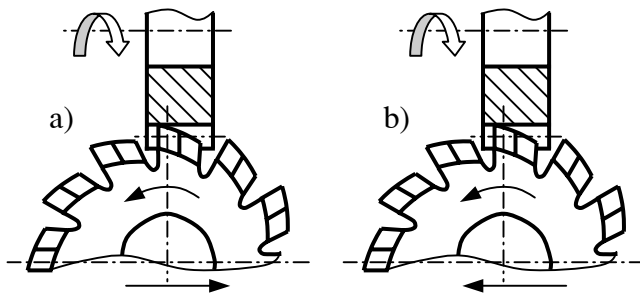
- a) Gá dao nghiêng hướng phải.
- b) Gá dao nghiêng hướng trái.

Khi phay bánh răng thẳng, trục dao phải đặt nghiêng so với trục chi tiết một góc đúng bằng góc nâng của đường xoắn vít trên trục chia của dao.

Dao phay được gá theo hướng nghiêng phải hay trái tùy theo hướng nghiêng của răng dao.

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

Cho đến nay, hầu hết các máy phay lăn đều làm việc bằng phương pháp phay nghịch (a) vì cắt êm, ít gây va đập, ít làm gãy vỡ dao.

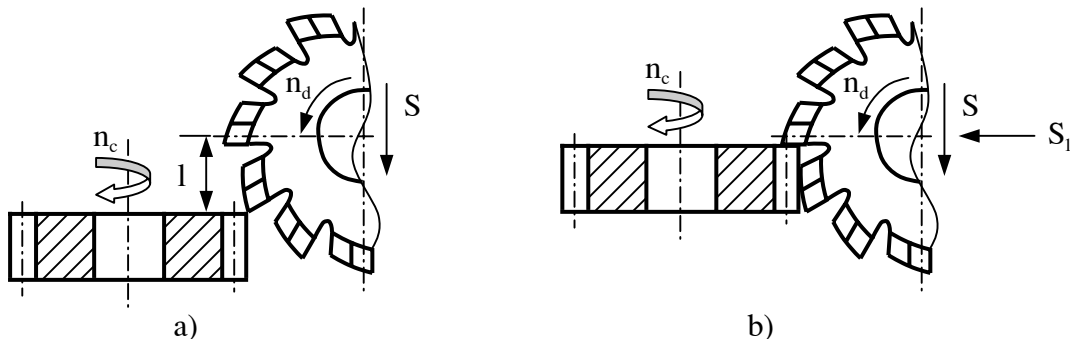


Hình 9.10- Sơ đồ cắt khi phay lăn răng.

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

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

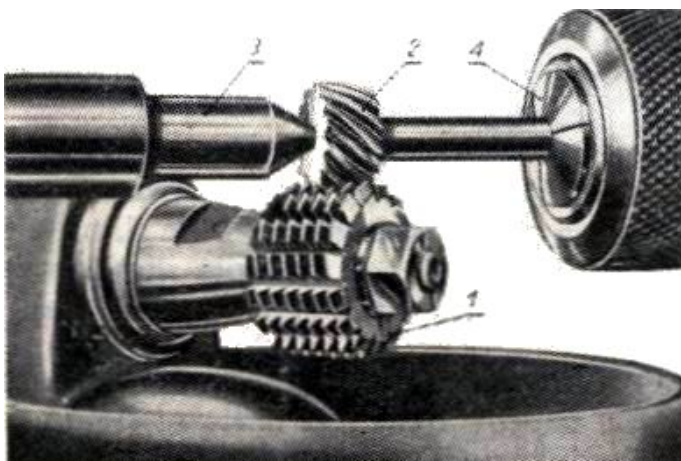
Khi cắt răng, có thể tiến dao theo hai cách: tiến dao hướng trục hoặc tiến dao theo hướng kính rồi mới tiến theo hướng trục bánh răng (có thể rút ngắn được hành trình phụ l).



Hình 9.11- Các phương pháp tiến dao khi phay lăn răng
a) Tiến dao hướng trục; b) Tiến dao hướng kính và hướng trục

*** Răng nghiêng:**

Bánh răng nghiêng phay bằng phương pháp phay lăn tương tự như với răng thẳng.



Hình 9.12- Sơ đồ phay lăn bánh răng nghiêng.

“+” khi dao và chi tiết ngược chiều nghiêng.

“-” khi dao và chi tiết cùng chiều nghiêng.

Với các máy phay lăn được cải biến cho phương pháp phay thuận (b), dao có vị trí đầu tiên là ở dưới vật và chạy dao từ dưới lên, phương pháp này cho phép nâng cao tốc độ cắt lên 20 ÷ 40% và lượng chạy dao lên 80%.

Nhưng để đảm bảo cho đoạn xoắn vít của dao ở vùng cắt trùng với phương răng chi tiết gia công phải gá trục dao làm với mặt đầu chi tiết một góc sao cho:

$$\omega = \beta_0 \pm \gamma_d$$

với, β_0 : góc nghiêng trên vòng chia của răng bánh răng gia công.

γ_d : góc nâng ở vòng chia của dao.

Như vậy, nếu dao chạy thẳng đứng được một đoạn L bằng bước xoắn của răng nghiêng thì chuyển động quay bàn máy mang chi tiết gia công phải quay **nhANH THÊM** (nếu răng dao và hướng bánh răng gia công cùng chiều) hoặc **chẬM ĐI** (nếu răng dao và hướng bánh răng gia công ngược chiều) vừa đúng một vòng (tương ứng với tổng số răng Z_c cần gia công). Nếu như chuyển động của bàn máy được nhanh thêm (hay chậm đi) chỉ bằng một bước răng thì dao phay phải dịch đi một quãng đường S' :

$$S' = \frac{L}{Z_c} = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot \cot g\beta}{Z_c}$$

Sau khi bàn máy quay một vòng thì dao phay dịch chuyển được một đoạn S_{ht} ; trong khi đó, sự quay của bàn máy được nhanh thêm (hay chậm đi) một góc tương ứng với số răng ΔZ :

$$\Delta Z = \frac{S_{ht}}{S'} = \frac{Z_c \cdot S_{ht}}{\pi \cdot D_0 \cdot \cot g\beta} \quad (S_{ht}: \text{lượng chạy dao hướng trục})$$

Do đó, bánh chia phải được điều chỉnh thành:

$$\begin{aligned} Z' &= Z_c \pm \Delta Z \\ &= Z_c \pm \frac{Z_c \cdot S_{ht}}{\pi \cdot D_0 \cdot \cot g\beta} \\ Z' &= Z_c \left(1 \pm \frac{S_{ht} \cdot \operatorname{tg}\beta}{\pi \cdot D_0} \right) \end{aligned}$$

Vậy, khi phay lăn răng nghiêng cần đảm bảo tỷ số truyền giữa dao và chi tiết là:

$$i = \frac{n_d}{n_c} = \frac{Z'}{Z_d} = \frac{Z_c}{Z_d} \cdot \left(1 \pm \frac{S_{ht} \cdot \operatorname{tg}\beta}{\pi \cdot D_0} \right)$$

CHẾ ĐỘ CẮT KHI PHAY LĂN:

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

- *Tốc độ cắt V*: Với dao phay lăn thép gió dùng cắt thép thì có thể dùng $V = 15 \div 30$ m/ph; với dao hợp kim cứng cho phép cắt với $V = 60 \div 70$ m/ph hoặc cao hơn.

- *Lượng chạy dao S*: Lượng chạy dao dọc trục có ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt. Để nâng cao độ chính xác gia công có thể chọn lượng chạy dao lớn khi gia công thô, thường khoảng $S = 0,8 \div 1,8$ mm/vg đối với thép và $S = 1 \div 2,3$ mm/vg. Khi gia công tinh cần chọn lượng chạy dao nhỏ (bị giới hạn bởi độ nhám và độ sóng bề mặt), khoảng $S = 1 \div 2$ mm/vg đối với thép và $S = 1,2 \div 2,2$ mm/vg đối với gang.

ĐẶC ĐIỂM CỦA PHAY LĂN RĂNG:

- Phương pháp này có tính vạn năng cao, sử dụng một dao để gia công nhiều loại bánh răng có số răng khác nhau.

- Năng suất gia công cao.

- Độ chính xác gia công thấp hơn so với xọc răng.

- Cần khoảng thoát dao lớn nên không thể gia công các loại bánh răng bạc.

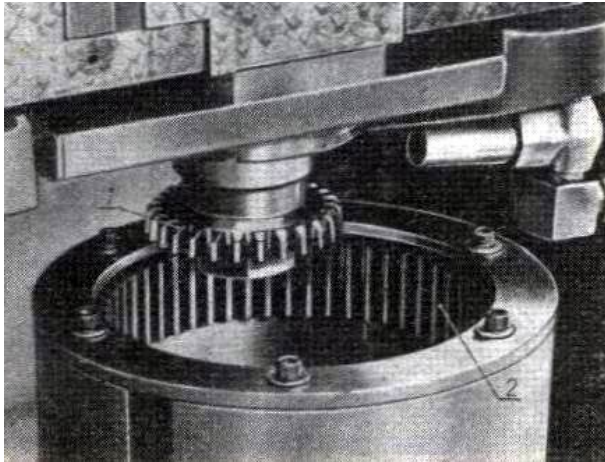
- Dao phức tạp, khó chế tạo.

② Xọc răng

Xọc răng là một phương pháp cắt bao hình, ở đây dao xọc có dạng bánh răng (hình chấu) hay dao có dạng thanh răng (hình lược).

* Xọc răng bằng dao xọc dạng bánh răng:

Phương pháp này có thể gia công bánh răng thẳng, răng nghiêng, bánh răng bậc mà khoảng cách giữa các bậc nhỏ và đặc biệt để sản xuất bánh răng ăn khớp trong.



Hình 9.14- Sơ đồ xọc bánh răng trong.

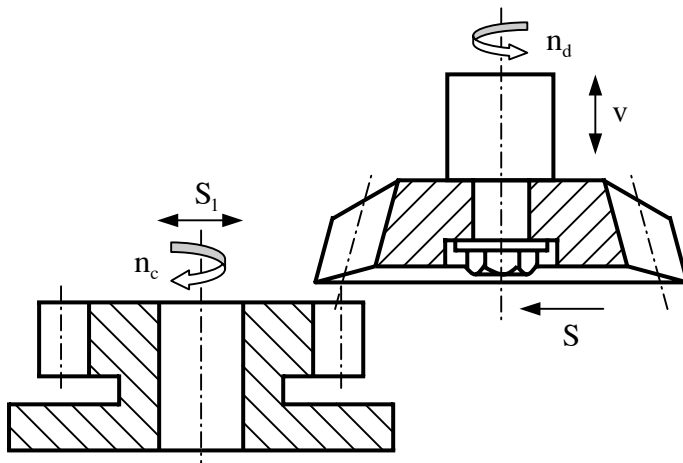
bánh răng tương tự ăn khớp không có khe hở.

Tốc độ vòng của dụng cụ cắt và chi tiết gia công phải tuân theo tỷ số:

$$\frac{n_c}{n_d} = \frac{Z_d}{Z_c}$$

trong đó, n_c, n_d là số vòng quay của chi tiết gia công và dụng cụ cắt

Z_c, Z_d là số răng của chi tiết gia công và dụng cụ cắt.



Hình 9.15- Sơ đồ xọc răng bằng dao xọc bánh răng.

Dao thực hiện chuyển động lên xuống v để cắt gọt, chuyển động này là thẳng khi gia công răng thẳng và là chuyển động xoắn khi gia công răng nghiêng. Khi dao đi xuống là thực hiện tách phoi và khi chuyển động trở lại là hành trình chạy không. Chi tiết có chuyển động ra vào để dao không cào vào mặt đã gia công trong khi chạy không.

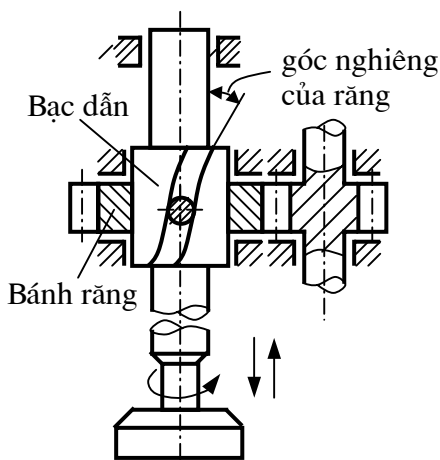
Về bản chất, dụng cụ cắt là một bánh răng mà mặt đầu được tạo thành mặt trước còn các mặt bên tạo thành các mặt sau của lưỡi cắt. Trong quá trình gia công, dụng cụ cắt chuyển động cắt theo hướng dọc trục của bánh răng và cùng với chi tiết có chuyển động quay cưỡng bức.

Khoảng cách trục của dụng cụ cắt và chi tiết gia công đúng bằng khoảng cách tâm của cặp

Xọc răng bằng dao xọc dạng bánh răng là dựa trên nguyên tắc chuyển động tương hỗ giữa dao và chi tiết. Dao xọc và chi tiết gia công được quay cưỡng bức xung quanh trục của chúng theo hướng ngược nhau khi gia công bánh răng ăn khớp ngoài và cùng hướng khi gia công bánh răng ăn khớp trong.

Khi gia công, không thể ngay một lúc cắt hết chiều sâu rãnh răng bánh răng được mà phải từ từ tiến dao hướng kính. Khi tiến dao hướng kính lần đầu, chi tiết quay một cung tương ứng với thời gian tiến dao, rồi sau đó lại quay thêm ít ra là một vòng nữa để dao cắt hết chiều cao răng của cả vòng răng, việc đó được thực hiện nhờ cam trên máy. Tiếp đó, dao lại tiến theo hướng kính và chi tiết cũng quay một cung tương ứng, rồi chi tiết lại quay thêm một vòng nữa để cắt hết chiều cao răng với lượng tiến dao hướng kính này. Cứ thế cho đến khi dao tiến theo hướng kính một lượng bằng chiều cao răng cần gia công thì thôi. Tiến dao hướng kính 1, 2 hay 3 lần là phụ thuộc vào môđun răng cần cắt.

Tốc độ cắt khi xọc răng phải được chọn hợp lý, nó phụ thuộc vào vật liệu gia công, yêu cầu kỹ thuật, điều kiện cắt. Tốc độ cắt khi xọc có thể tính theo số hành trình kép của đầu xọc, thông thường khoảng $400 \div 1000$ htk/ph.



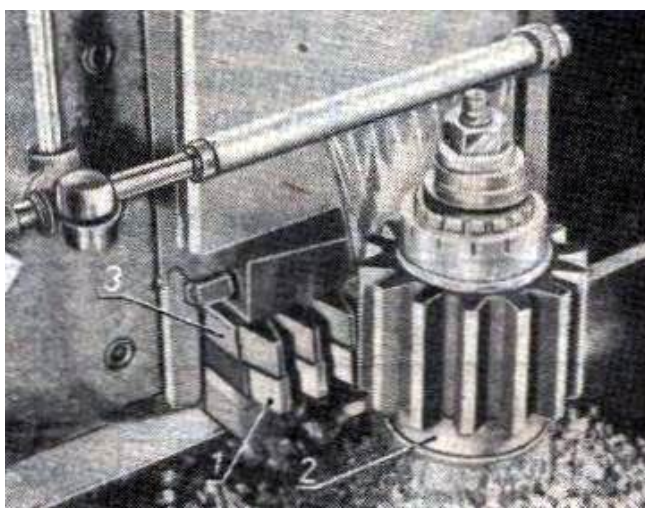
Hình 9.16- Sơ đồ xọc răng nghiêng

Thông thường, dùng phương pháp xọc để gia công bánh răng thẳng. Tuy nhiên, cũng có thể xọc được bánh răng nghiêng khi dao có răng nghiêng cùng với bạc dẫn nghiêng tương ứng. Hướng nghiêng của răng dao xọc có thể là phải hay trái, dao nghiêng phải được dùng để gia công răng nghiêng trái và ngược lại.

Khi xọc răng nghiêng, ngoài các chuyển động như xọc răng thẳng, phôi còn có thêm chuyển động quay tương ứng với góc nghiêng của răng.

*** Xọc răng bằng dao xọc dạng thanh răng:**

Phương pháp này dựa trên nguyên tắc ăn khớp của bánh răng và thanh răng. Dao

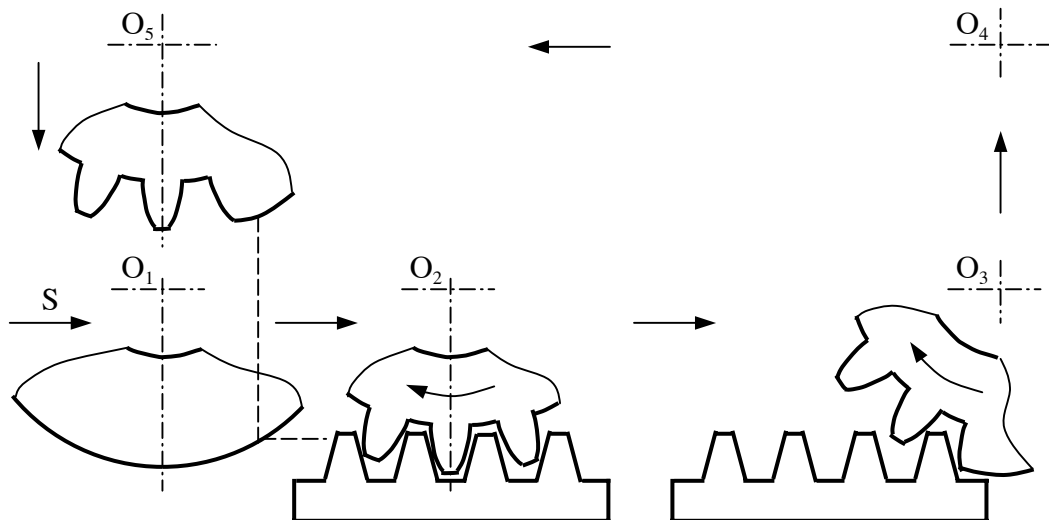


Hình 9.17- Sơ đồ xọc răng bằng dao răng thẳng.

có dạng thanh răng với profin hình thang thực hiện chuyển động cắt theo hướng vuông góc với mặt đầu của bánh răng gia công.

Chuyển động bao hình được thực hiện bởi bánh răng gia công gá trên bàn quay, đồng thời dịch chuyển tâm dọc theo phương của dao. Vì chiều dài của dao thường chỉ có $3 \div 8$ răng nên nó chỉ cắt cùng một lúc một số răng của bánh răng

và việc gia công chỉ được tiến hành trên một cung nhỏ.



Hình 9.18- Sơ đồ xọc răng bằng dao dạng thanh răng

Ban đầu, bàn máy mang vật gia công chạy dao ngang tiến dần tới dụng cụ cắt, đạt chiều sâu rãnh răng. Sau đó, gia công răng bắt đầu ở vị trí biên của O_1 . Khi gia công xong một phần răng, dao ra khỏi sự ăn khớp với vật gia công, lúc đó vật ở vị trí O_3 , chuyển động S của bàn máy được dừng và chuyển động lăn cũng dừng. Bánh răng gia công được di chuyển từ O_3 đến O_4 và nhờ trục vít bàn máy mang vật gia công đến vị trí O_5 . Quay cặp bánh răng chia độ đi một số bước xác định và chu trình làm việc lặp lại cho đến khi tất cả răng được gia công.

Phương pháp này dùng để gia công chính xác bánh răng thẳng, nghiêng, bánh răng chữ V. Dao thanh răng chế tạo đơn giản và rẻ tiền hơn so với dao xọc dạng bánh răng, tuy nhiên máy để xọc răng bằng dao dạng thanh răng lại rất phức tạp, cho nên phương pháp này ít được sử dụng hơn phương pháp xọc bằng dao dạng bánh răng.

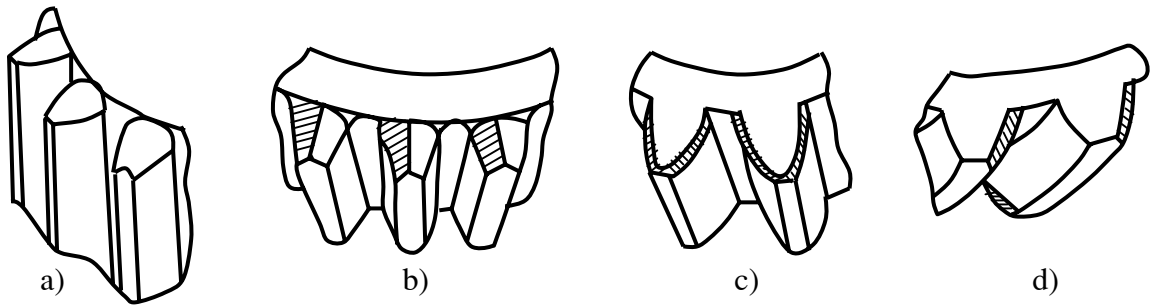
ĐẶC ĐIỂM CỦA XOC RĂNG:

- Phương pháp này đạt được độ chính xác tương đối cao do dao dễ chế tạo chính xác. Độ bóng bề mặt tốt vì phôi được cắt liên tục theo chiều dài của răng
- Là phương pháp duy nhất có thể gia công bánh răng có khoảng cách bậc nhỏ, bánh răng trong.
- Do có chuyển động tịnh tiến khứ hồi nên phát sinh lực quán tính, sẽ gây va đập, vì thế không tăng được vận tốc cắt nên năng suất không cao.
- Khi cắt răng nghiêng thì dao khó chế tạo và cần có bạc dẫn chuyên dùng.

c) 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 ở các bánh răng di trượt, đồng thời để làm cùn cạnh sắc và tẩy hết bavias 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.



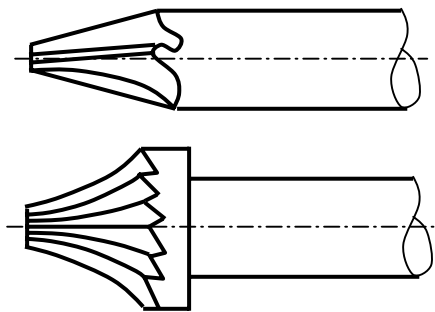
Hình 9.19- Các hình dạng mặt đầu răng

Các dạng mặt đầu răng được gia công như hình trên:

- Vê tròn đầu răng dùng khi bánh răng vừa quay vừa di trượt.
- Vát nhọn đầu răng dùng khi bánh răng không quay mà di trượt.
- Vát cạnh hai phía dùng khi bánh răng quay với tốc độ thấp mà di trượt.
- Vát cạnh một phía thường dùng với bánh răng trụ răng nghiêng.

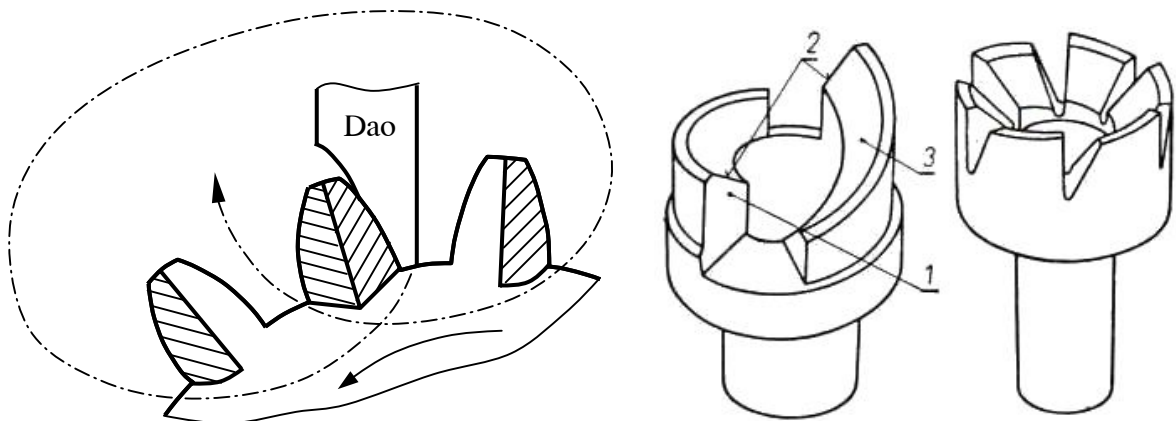
Việc gia công đầu răng có thể được gia công bằng các cách sau:

- *Phương pháp thủ công*: dùng dũa tay để gia công đầu răng. Phương pháp này đơn giản, năng suất thấp, độ chính xác không cao, không đồng đều giữa các răng.
- *Dùng máy chuyên dùng với dao phay ngón (định hình hoặc hình côn)*:



Khi cắt, các loại dao này có chuyển động theo một cung tròn 180° cắt từ cạnh bên này sang cạnh bên kia của một đầu răng, còn bánh răng được gia công thì đứng yên. Cắt xong một răng, dao được nâng lên, sau khi phân độ xong, dao trở lại vị trí làm việc để cắt răng tiếp theo. Phương pháp này cắt không liên tục nên năng suất thấp.

- *Dùng máy chuyên dùng với dao phay định hình chuyên dùng*:



Khi cắt, cả dao và chi tiết đều chuyển động. Giữa hai chuyển động này có xích truyền động cưỡng bức. Quỹ đạo tương đối của dao so với chi tiết là một đường epixicloid. Đầu răng gia công được có dạng vát nhọn chứ không tròn. Phương pháp này cắt liên tục do vậy năng suất đạt cao.

c) Gia công tinh bánh răng trụ

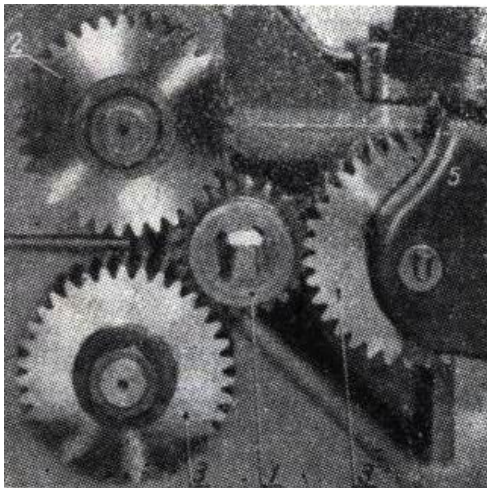
Có thể chia gia công tinh bánh răng ra làm hai loại:

- Loại 1: Gia công không có phoi như phương pháp chạy rà bánh răng.
- Loại 2: Gia công có phoi như cà răng, mài răng, nghiền răng, khôn răng.

① Chạy rà bánh răng

Phương pháp chạy rà bánh răng được thực hiện khi hai bánh răng gia công ăn khớp với một hoặc ba bánh răng mẫu đã được tôi có độ cứng và chính xác cao hơn.

Trong quá trình gia công, nhờ áp lực P của bánh răng mẫu tác dụng lên bánh răng gia công mà các nhấp nhô trên bề mặt răng của nó bị nén xuống và được là phẳng.



Hình 9.20- Sơ đồ chạy rà bánh răng trụ bằng 3 bánh mẫu

Bánh răng cần chạy rà 1 quay do bánh mẫu 2 tác động và truyền chuyển động cho hai bánh mẫu 3.

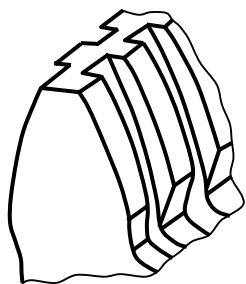
Để chạy rà đều cần phải quay theo hai chiều với số vòng quay giống nhau từ $3 \div 25$ vòng. Áp lực P được chọn khoảng $5 \div 10$ at. Thời gian chạy rà từ $10 \div 30$ giây với bánh răng có môđun $m = 2 \div 5$.

Phương pháp này được thực hiện nhờ biến dạng dẻo của bề mặt răng, vì vậy vật liệu phoi phải có độ giãn dài tương đối $> 9\%$ và độ cứng $HB < 380$. Chạy rà cho phép

giảm tiêu hao dụng cụ, năng suất cao. Thường gia công bánh răng không nhiệt luyện.

② Cà răng

Cà răng là phương pháp gia công tinh bánh răng cho những bánh răng không cứng lắm như các bánh răng không tôi hoặc sau khi đã qua xêmentit hoá, trước khi tôi. Cà răng có thể gia công được bánh răng thẳng, răng nghiêng, răng trong hay ngoài.



Hình 9.21- Dao cà răng dạng bánh răng

Dao cà răng có dạng bánh răng hoặc thanh răng, trên profin của các răng người ta xẻ các rãnh song song với mặt đầu răng để tạo ra các lưỡi cắt. Dao cà răng được tôi cứng, cho ăn khớp không có khe hở với bánh răng gia công.

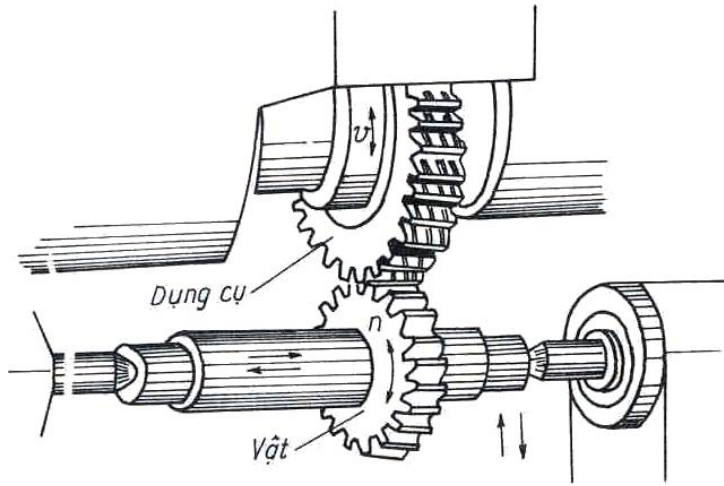
Quá trình cắt xảy ra khi dao cà trượt và lăn trên mặt răng của bánh răng gia công. Để cà bánh răng trụ răng thẳng thì dao cà phải có răng nghiêng 15° khi cà thép và 10° khi cà gang. Ngược lại khi cà bánh răng trụ răng nghiêng thì dao cà phải có răng thẳng hoặc răng nghiêng nhưng phải khác với góc nghiêng trên bánh răng gia công.

Cà răng cho phép sửa sai số hình dáng và nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt (có thể đạt $Ra = 0,63 \div 0,16$); gia công được các bánh răng có đường kính $6 \div 1200$ mm với môđun từ $m = 0,01 \div 12$ mm, lượng dư khoảng $0,25 \div 0,1$ mm.

*** Các loại dao cà răng:**

- Cà răng bằng dao cà dạng bánh răng:

Phương pháp này được sử dụng phổ biến vì nó có thể cà được những bánh răng có kích thước bất kỳ, cả bánh răng trong và ngoài, nó còn sửa được sai số bước răng.



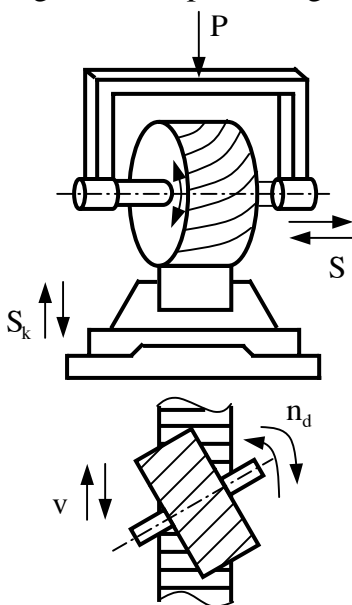
Hình 9.22- Cà răng bằng dao cà dạng bánh răng.

Để tạo sự cắt gọt tốt cho dao cà, **trục dao cà và trục chi tiết phải được đặt chéo nhau một góc $\varphi = 5 \div 15^\circ$** , nhờ vậy hiện tượng trượt không chỉ xảy ra theo biên dạng mà theo cả hướng răng. Chính thành phần vận tốc trượt theo hướng răng làm cho các lưỡi cắt tạo lên bề mặt răng chi tiết tách ra một lớp phoi mỏng.

Khi gia công, chỉ có dao nhận được chuyển động từ động cơ, còn chi tiết (được gá trên hai mũi tâm) quay theo dao. Để cà được cả hai phía của răng, chuyển động quay của bánh cà phải được đổi chiều thuận nghịch. Chi tiết gia công có chuyển động chạy dao tịnh tiến qua lại để cắt hết chiều dài rãnh răng và sau mỗi hành trình còn có chuyển động tiến thẳng đứng đến dao cà để cắt hết chiều sâu cắt.

- Cà răng bằng dao cà dạng thanh răng:

Dao cà dạng thanh răng được ghép từ nhiều mảnh răng lại với nhau. Dụng cụ cà thanh răng thẳng có thể cà được răng của bánh răng thẳng, bánh răng nghiêng theo hướng phải hoặc trái một góc $< 30^\circ$. Khi cần cà bánh răng nghiêng có góc nghiêng $> 30^\circ$ thì phải dùng dao cà thanh răng có răng nghiêng.



Hình 9.23- Cà bằng dao thanh răng

Dao cà thanh răng được kẹp trên bàn máy có chuyển động tịnh tiến qua lại, bánh răng gia công được lắp tự do trên trục và ăn khớp với dao dưới một áp lực nên nó sẽ quay thuận nghịch theo sự đi lại của dao.

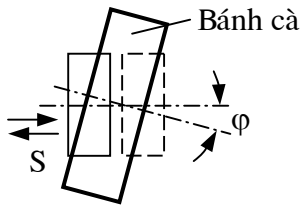
Ngoài các chuyển động trên, chi tiết gia công còn phải chạy dao S để cắt hết chiều dày răng và sau mỗi hành trình kẹp, dao tiến một lượng S_k để lấy hết lượng dư cần cắt.

Dao cà dạng thanh răng tuy có độ bền lớn nhưng ít được dùng vì dao khó chế tạo chính xác và đắt tiền so với dao cà dạng bánh răng.

*** Các phương pháp cà răng:**

- Cà răng theo phương pháp chạy dao song song:

Phương pháp này, bánh răng gia công sẽ dịch chuyển song song theo trục của nó. Sau mỗi hành trình, bánh răng có chạy dao hướng kính tới bánh cà.



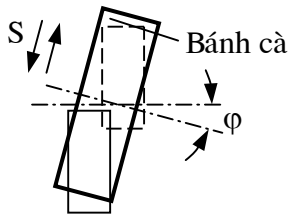
Để nâng cao độ bóng của mặt răng, khi gia công gần xong không cần chạy dao hướng kính nữa.

Tiết diện trung bình của bánh cà cần phải chạy ra khỏi mép ngoài của bánh răng gia công để thực hiện sửa đúng. Vì vậy, chiều dài hành trình của bàn máy cần phải bằng bề rộng của bánh răng cộng thêm một môđun nữa.

Cà theo phương pháp này tuy chỉ cần dao mỏng nhưng hành trình đi lại phải dài và số hành trình phải nhiều nên năng suất gia công thấp.

- Cà răng theo phương pháp chạy dao vuông góc:

Phương pháp này, bánh răng gia công sẽ dịch chuyển vuông góc với trục của dao.

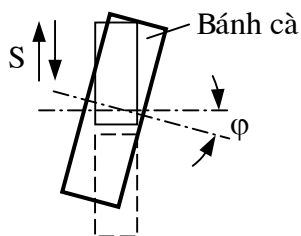


Quá trình cắt hoàn thành sau một hành trình kép của bàn máy và không có chạy dao hướng kính.

Cà theo phương pháp này thì dao phải dày nhưng hành trình đi lại ngắn và số hành trình ít nên năng suất gia công cao.

- Cà răng theo phương pháp chạy dao tiếp tuyến:

Phương pháp này, bánh răng gia công sẽ dịch chuyển vuông góc với trục của nó. Khoảng cách giữa trục dao và trục chi tiết không thay đổi.



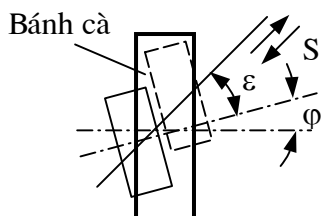
Quá trình cắt được hoàn thành sau một hành trình kép của bàn máy và không có chạy dao hướng kính.

Chiều rộng của dao yêu cầu phải lớn hơn so với chiều rộng của bánh răng cần gia công. Để cà hết các vết ở rãnh và sườn của răng thì bánh cà cần phải có dịch chuyển nhỏ theo chiều trục của nó.

Phương pháp này thường dùng để gia công bánh răng có vành hẹp, vành kín.

- Cà răng theo phương pháp chạy dao theo đường chéo:

Phương pháp này chạy dao theo đường chéo tạo thành một góc với trục của bánh răng gia công.



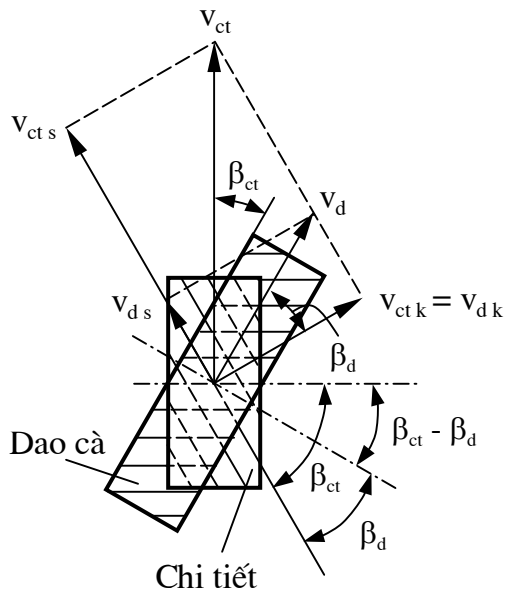
Ưu điểm của phương pháp này là chiều dài hành trình làm việc ngắn, nâng cao năng suất (điều hoà được hai phương pháp cà song song và vuông góc). Hơn nữa, điểm giao nhau của hai trục liên tục thay đổi trong quá trình gia công nên độ mòn của bánh cà theo chiều dài răng đều đặn hơn, nâng cao được tuổi bền của bánh cà.

Cà theo phương pháp này có độ nhẵn bề mặt của răng thấp hơn một ít so với phương pháp cà song song với cùng một chế độ cắt.

*** Chế độ cắt khi cà răng:**

- Tốc độ cắt:

Tốc độ cắt khi cà luôn luôn thay đổi từ chân răng. Tốc độ cắt ở chân và ở đỉnh lớn hơn ở vùng vòng chia nhưng sự chênh lệch ấy có thể bỏ qua được nên thường lấy tốc độ cắt ở vòng chia làm đại diện.



Hình 9.24- Sơ đồ tính toán tốc độ cắt

Mặt khác, $v_{ctk} = v_{dk}$ (do ăn khớp)

mà: $v_{ctk} = v_{ct} \cdot \cos \beta_{ct}$

$v_{dk} = v_d \cdot \cos \beta_d$

nên: $v_d \cdot \cos \beta_d = v_{ct} \cdot \cos \beta_{ct}$

Suy ra: $v_{ct} = v_d \cdot \frac{\cos \beta_d}{\cos \beta_{ct}}$

Do vậy, ta tìm được mối liên hệ giữa tốc độ trượt và tốc độ vòng của dao:

$$v_{cà} = v_d \cdot \left(\cos \beta_d \cdot \frac{\sin \beta_{ct}}{\cos \beta_{ct}} \pm \sin \beta_d \right)$$

$$= v_d \cdot \frac{\sin(\beta_{ct} \pm \beta_d)}{\cos \beta_{ct}}$$

$$v_{cà} = v_d \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \beta_{ct}}$$

với: $\gamma = \beta_{ct} \pm \beta_d$ là góc nghiêng giữa trục dao và trục chi tiết gia công.

$v_d = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{1000}$ (m/ph): tốc độ vòng của dao với số vòng quay của dao n_d (v/ph).

Vậy, tốc độ cắt khi cà sẽ là: $v_{cà} = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{1000} \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \beta_{ct}}$ (m/ph)

Tốc độ cắt chính là tốc độ trượt:

$$v_{cà} = v_{ct s} \pm v_{d s}$$

trong đó, $v_{ct s}$: tốc độ vòng của chi tiết.

$v_{d s}$: tốc độ vòng của dao.

“+”: khi phương của răng bánh cà và răng gia công cùng chiều.

“-”: khi phương của răng bánh cà và răng gia công ngược chiều (trên hình là ngược chiều).

Từ hình ta có:

$$v_{ct s} = v_{ct} \cdot \sin \beta_{ct}$$

$$v_{d s} = v_d \cdot \sin \beta_d$$

với β_{ct} : góc nghiêng răng chi tiết.

β_d : góc nghiêng răng dao.

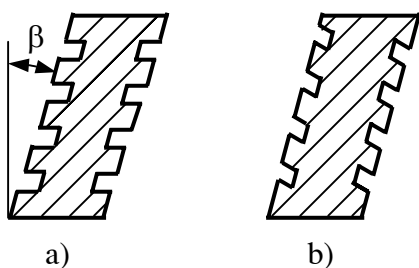
- *Lượng chạy dao:*

Lượng chạy dao được chọn tùy theo phương pháp cà. Nói chung, lượng chạy dao dọc được chọn khoảng $S_d = 0,2 \div 0,6$ (mm/ vòng quay của dao) và lượng chạy dao hướng kính $S_0 = 0,02 \div 0,06$ (mm/ hành trình kép).

* **Đặc điểm cần chú ý khi cà răng:**

- Dao cà phải có số răng lớn hơn nhiều so với số răng của chi tiết và không nên bằng bội số của số răng chi tiết gia công để khỏi in dập theo chu kỳ các sai số cục bộ của dao lên chi tiết mà sẽ phân bố đều cho tất cả các răng.

- Kết cấu của dao cà răng có các rãnh thoát phoi và chính các rãnh thoát phoi này sẽ tạo thành lưới cắt cạo lên bề mặt chi tiết để tách phoi. Dao cà có hai dạng rãnh thoát phoi như sau:



Hình 9.25- Rãnh thoát phoi trên dao cà

Loại rãnh thoát phoi (a) có góc trước ở hai bên ở hai bên khác nhau và khác 0.

Loại rãnh thoát phoi (b) tốt hơn vì tạo ra được lưới cắt cạo mà ở hai bên ở hai bên đều có góc trước bằng nhau và bằng 0.

- Để có thể cà được răng thì trục của dao cà và trục của bánh răng gia công phải tạo với nhau một góc $\gamma = \beta_{ct} \pm \beta_d$ (β_{ct} và β_d là góc nghiêng của răng chi tiết và răng dao cà ở vòng chia) lúc đó mới có sự trượt của răng dao cà trên răng gia công. Khi góc γ mà tăng thì chiều dài trượt qua một răng và tốc độ cắt sẽ tăng nhưng đồng thời tác dụng dẫn hướng của chuyển động tương đối các răng của dao cà và bánh răng bị cà sẽ giảm đi, như vậy công tác của dao cà không được đều đặn và độ bóng bề mặt răng cà sẽ giảm đi. Nếu giảm góc γ thì độ bóng bề mặt cao nhưng năng suất lại thấp.

③ **Mài răng**

Mài răng là phương pháp gia công tinh bánh răng có khả năng đạt độ chính xác cấp 4 ÷ 6; độ nhám bề mặt đạt từ $Ra = 1,25 \div 0,32$; thường dùng cho các bánh răng sau khi nhiệt luyện có môđun $m = 2 \div 10$ mm.

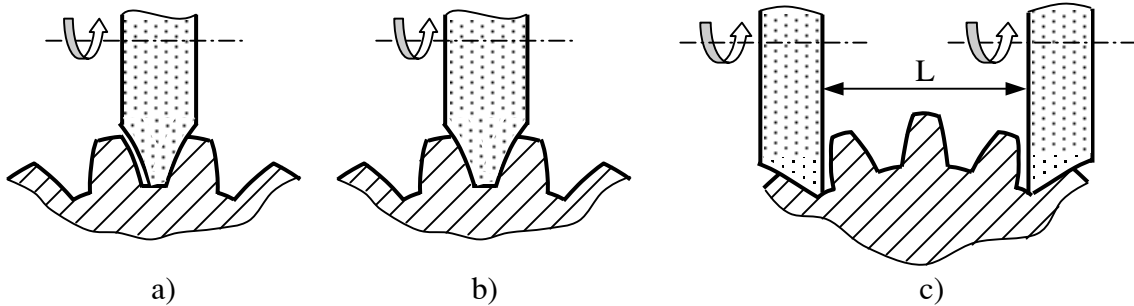
Mài răng có năng suất rất thấp và giá thành cao nên chỉ dùng khi cần thiết như gia công những dụng cụ cắt bánh răng, các bánh răng mẫu, bánh răng trong máy có yêu cầu kỹ thuật cao...

Mài răng được thực hiện theo hai nguyên lý cơ bản: định hình và bao hình bằng một hoặc hai đá.

* **Mài răng theo phương pháp định hình:**

Mài răng theo phương pháp định hình được thực hiện nhờ đá mài có profin giống như profin rãnh răng. Trong quá trình gia công, đá mài thực hiện chuyển động cắt quay tròn, ngoài ra đá còn có thêm chuyển động dọc theo trục của bánh răng để cắt hết chiều dày răng. Cắt từ răng này sang răng khác nhờ sự phân độ chi tiết gia công.

Phương pháp này cũng tương tự như phay bánh răng bằng dao phay môđun định hình. Có thể mài mỗi lần một bên răng hoặc cả hai mặt bên răng cùng một lúc bằng một hoặc hai đá.



Hình 9.26- Sơ đồ mài răng bằng đá mài định hình

Mài một mặt bên răng (a) cho năng suất thấp. Mài hai mặt bên răng bằng một dao (b) thì dạng prôfin đá phụ thuộc vào môđun, tổng số răng và góc ăn khớp; phương pháp này có độ chính xác thấp. Mài hai mặt bên răng bằng hai dao (c) cho độ chính xác cao và hiệu quả hơn. Hai đá mài được đặt cách nhau một khoảng L, giá trị L phụ thuộc vào tổng số răng.

Khi mài định hình, tất cả các sai số hình dạng của đá từ ban đầu cũng như bị mài mòn trong quá trình mài sẽ trực tiếp gây ra sai số cho vật mài. Vì vậy, đá mài cần được sửa chính xác theo dưỡng hoặc bằng bộ phận sửa đá tự động sau khi gia công xong một răng.

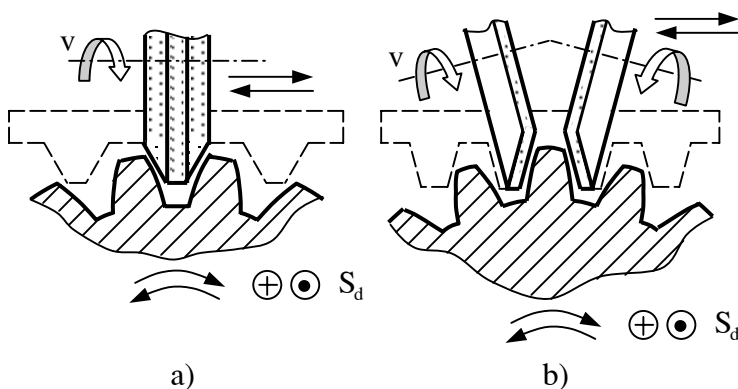
Khi mài định hình, thường chọn tốc độ quay của đá $v = 30 \div 35$ (m/ s); tốc độ tiến đá $v_t = 8 \div 16$ (m/ ph). Lượng dư khoảng $z = 0,2 \div 0,3$ (mm) và chia làm 3, 4 bước.

*** Mài răng theo phương pháp bao hình:**

Mài răng theo phương pháp bao hình đạt độ chính xác cao hơn và ứng dụng rộng rãi hơn so với mài định hình. Phương pháp này dựa theo nguyên lý ăn khớp của thanh răng với bánh răng mà thanh răng có cùng môđun và góc ăn khớp với bánh răng gia công. Khi mài răng bao hình thường dùng các loại đá như sau:

- Mài răng bằng đá có prôfin hình thang của một răng thanh răng:

Với kiểu đá mài này, mặt làm việc của đá có hình côn. Đá mài tiếp xúc với bánh răng gia công chỉ ở một điểm.



Hình 9.27- Mài răng bằng đá mài có prôfin hình thang

Theo phương pháp này, có thể mài bằng một đá có prôfin hình thang của một răng thanh răng (a) hoặc cũng có thể dùng hai đá đĩa đặt nghiêng một góc sao cho hai mặt côn của hai đá tạo ra prôfin hình thang của một răng thanh răng (b).

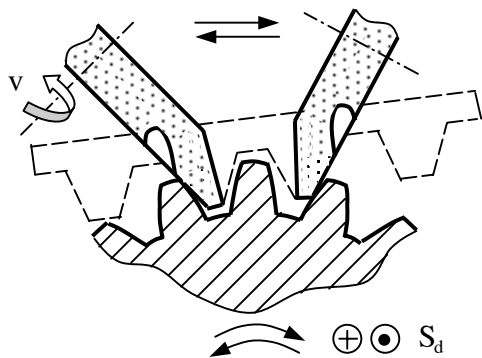
- *Mài răng bằng hai đá đĩa nghiêng góc bằng góc ăn khớp:*

Hai đá mài đĩa được đặt một góc bằng góc ăn khớp sao cho đá tạo ra với mặt bên của răng một thanh răng tương tự mà bánh răng gia công được lăn theo thanh răng này (hình 9.24).

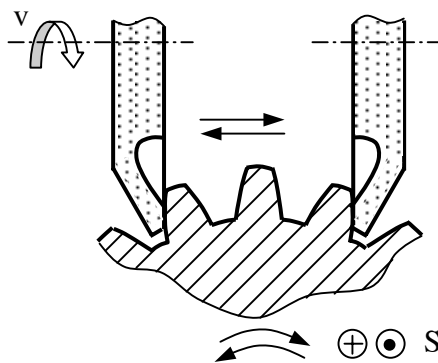
Đá có mặt côn và vì thế chỉ mài được bằng mép của mặt đầu. Mặt làm việc của đá là mặt phẳng nên tiếp xúc giữa đá và mặt răng bánh răng là tiếp xúc đường.

- *Mài răng bằng hai đá đĩa có trục quay vuông góc với trục bánh răng:*

Hai đá mài đĩa được đặt song song và có trục quay vuông góc với trục bánh răng gia công (hình 9.25).



Hình 9.28- *Mài răng bằng hai đá đĩa nghiêng một góc bằng góc ăn khớp*

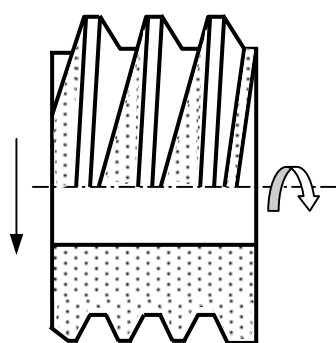


Hình 9.29- *Mài răng bằng hai đá đĩa có trục quay vuông góc với trục bánh răng*

Với các phương pháp mài bao hình bằng đá mài hình côn và đá mài đĩa như trên cần có các chuyển động sau: chuyển động quay của đá mài v ; chuyển động đi lại tịnh tiến của bánh răng gia công hay u mài theo hướng vuông góc với trục bánh răng phù hợp với sự quay của bánh răng; chuyển động tương đối của đá dọc theo bánh răng S_d ; sự quay của bánh răng đi một bước sau khi kết thúc gia công một răng.

- *Mài răng bằng đá mài dạng trục vít:*

Mài bánh răng bằng đá mài trục vít có năng suất cao do quá trình gia công liên tục và đồng thời trên một số răng. Ta có thể gia công bánh răng trụ hay răng nghiêng.



Hình 9.30- *Đá mài trục vít*

Đá mài được chế tạo theo dạng trục vít có một hoặc hai đầu mối, đường kính đá khoảng $300 \div 400$ mm.

Chuyển động quay của đá tạo nên chuyển động cắt gọt với tốc độ $22 \div 32$ mm/s. Chuyển động này cùng với chuyển động quay của bánh răng tạo thành các chuyển động bao hình như phay lăn răng. Ngoài ra, còn có chuyển động của đá dọc theo trục hoặc theo hướng của răng (nếu răng nghiêng) để mài hết chiều dày của răng; chuyển động hướng kính của đá để mài hết chiều sâu của răng.

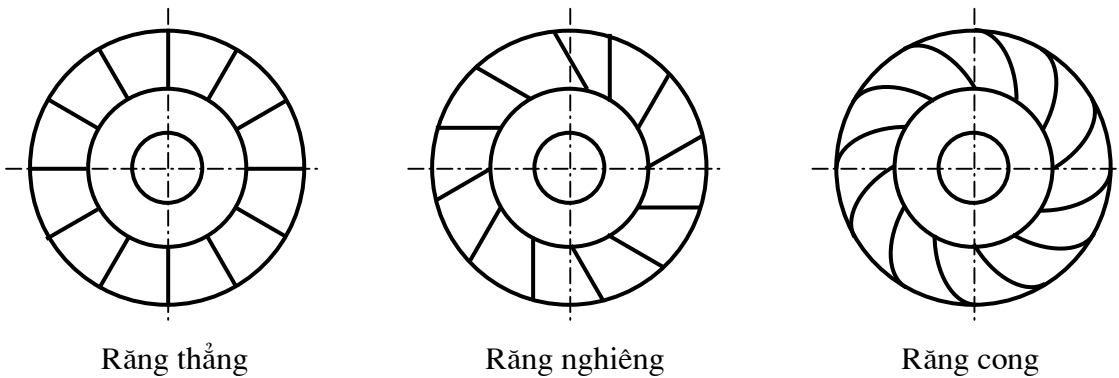
Gia công bằng đá mài trục vít có thể đạt độ chính xác cấp $4 \div 5$; độ nhám bề mặt $Ra = 1,25 \div 0,16$; thời gian gia công ngắn. Nhưng nhược điểm là việc sửa đá mài lâu và phức tạp, thoát nhiệt kém nên ảnh hưởng đến chất lượng mặt răng.

9.10.2- Gia công bánh răng côn

Gia công bánh răng côn thuộc loại công việc khó trong sản xuất. Tùy theo yêu cầu sử dụng mà bánh răng côn có nhiều loại khác nhau:

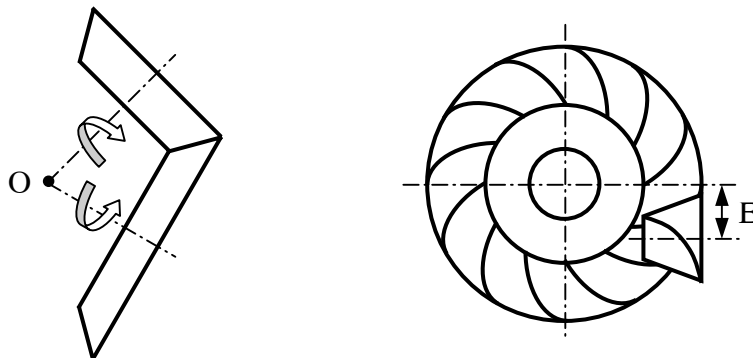
* Nếu căn cứ vào hướng răng thì chia bánh răng côn thành:

- Răng thẳng.
- Răng nghiêng.
- Răng xoắn (cong).
 - + Răng cong cung tròn.
 - + Răng cong thân khai.
 - + Răng cong epixicloid.



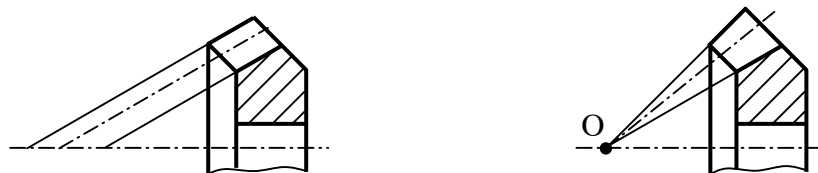
Hình 9.31- Các loại bánh răng côn.

* Nếu căn cứ vào vị trí tương quan giữa hai trục quay có thể chia bánh răng côn thành loại có hai trục giao nhau (vuông góc hoặc không vuông góc) và loại có trục chéo nhau.



Hình 9.32- Sơ đồ vị trí trục của truyền động bánh răng côn.

* Nếu dựa vào chiều cao răng có thể chia bánh răng côn thành: loại răng có chiều cao đều và loại răng có chiều cao thay đổi.



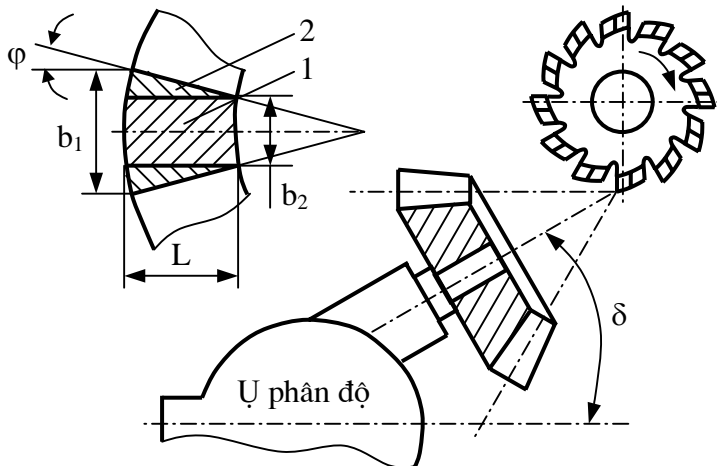
Hình 9.33- Các dạng chiều cao răng của bánh răng côn.

a) Gia công bánh răng côn răng thẳng

① Phương pháp định hình

*** Phay định hình:**

Theo phương pháp này thì dụng cụ cắt có profin giống như profin của rãnh răng được gia công, trong trường hợp này là dao phay môđun (đĩa và ngón). Công việc gia công sẽ được thực hiện trên máy phay vạn năng có ụ phân độ.



Hình 9.34- Sơ đồ phay bánh răng côn răng thẳng bằng dao phay đĩa định hình.

Chi tiết được gá vào ụ phân độ đã nghiêng đi một góc phù hợp với góc côn ở chân răng. Mỗi một rãnh răng được phay qua 3 bước:

- Phay phần vật liệu 1 của rãnh, chiều rộng này tối đa bằng chiều rộng đầu nhỏ của rãnh răng.
- Phay tiếp phần vật liệu 2 bằng cách quay bánh răng đi một góc φ.

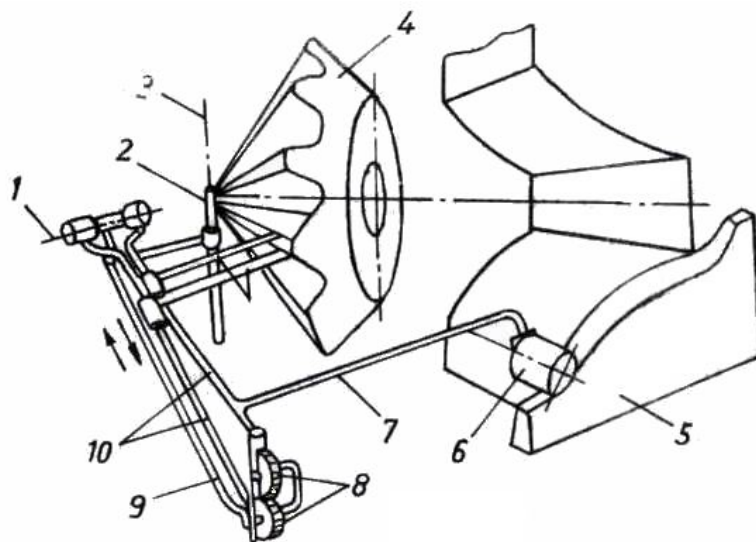
- Phay phần còn lại bằng cách quay bánh răng một góc φ về phía ngược lại.

Góc nghiêng δ của trục ụ chia độ được xác định căn cứ vào góc côn chân răng trên bản vẽ. Còn góc xoay φ của bánh răng được tính bằng:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{b_1 - b_2}{2.L}$$

Phương pháp này thường dùng trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ để gia công các bánh răng có cấp chính xác 9 ÷ 11; gia công các bánh răng có môđun lớn.

*** Bào theo dưỡng:**



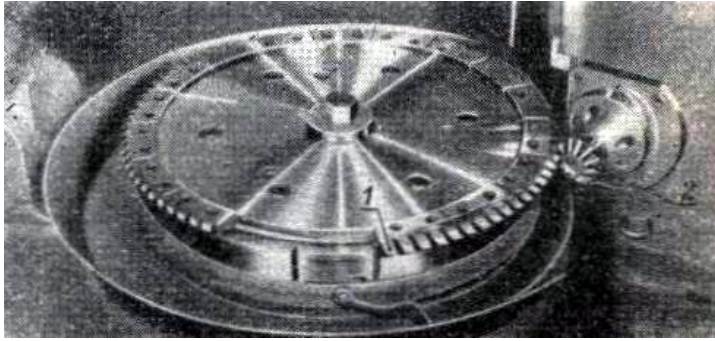
Hình 9.35- Sơ đồ bào răng theo dưỡng.

Sử dụng phương pháp này để gia công bánh răng côn răng thẳng có đường kính và môđun lớn.

Dưỡng có bề mặt làm việc tương đương mặt thân khai của mặt bên răng gia công.

Phương pháp này rất thích hợp với các nhà máy chế tạo máy hạng nặng.

*** Chuốt định hình:**



Hình 9.36- Sơ đồ chuốt bánh răng côn răng thẳng.

Trong ngành ô tô, gần đây thường dùng phương pháp chuốt định hình với dao chuốt hình tròn để cắt các bánh răng côn có môđun nhỏ và trung bình trên máy chuốt răng chuyên dùng.

Phương pháp này thường sử dụng trong sản xuất loạt

lớn, hàng khối vì năng suất rất cao nhưng biên dạng chỉ gần là thân khai.

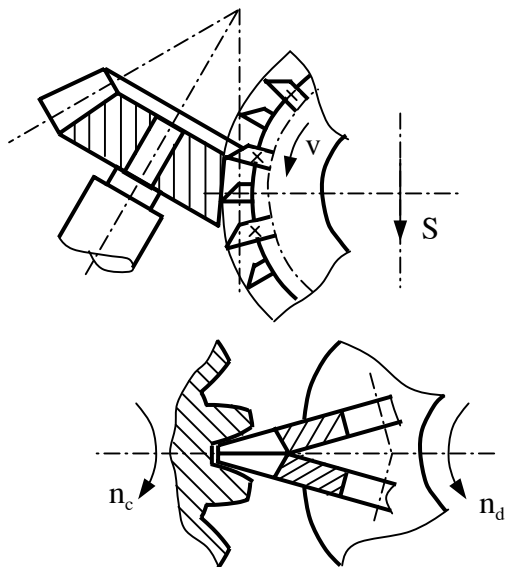
② Phương pháp bao hình

Khi gia công bánh răng côn theo phương pháp bao hình thì răng được tạo nên bởi sự lăn của côn chia bánh răng theo mặt phẳng chia của bánh dẹt sinh. Bánh dẹt sinh được coi là bánh răng côn có góc đỉnh của côn chia là 180^0 . Prófin răng được tạo nên bằng sự lăn tương đối của dụng cụ cắt và bánh răng gia công.

Dụng cụ cắt có lưỡi cắt dạng hình thang, thực hiện chuyển động đến đỉnh đi lại theo hướng côn chia của bánh răng. Dụng cụ cắt được gá trên một đầu dao mà đầu dao này phải thực hiện chuyển động ăn khớp với bánh răng gia công.

*** Phay bao hình bằng hai dao phay đĩa:**

Phương pháp này có quá trình cắt được thực hiện bằng hai dao phay đĩa nhưng nghiêng về hai phía và cùng nằm trong một rãnh răng gia công. Dao có đường kính lớn, dạng răng chấp, mặt bên là cạnh của hình thang giống dạng răng của thanh răng. Các mảnh lưỡi cắt của dao này nằm xen giữa các mảnh lưỡi cắt của dao kia.



Hình 9.37- Phay bánh răng côn răng thẳng bằng hai dao phay đĩa bao hình

Trục chính của hai dao phay đĩa được đặt trên mặt đầu của một bàn trượt quay mà số vòng quay n_d của nó liên hệ với số vòng quay n_c của bánh răng tạo nên chuyển động lăn giữa lưỡi cắt và mặt bên của bánh răng gia công.

Các dao phay thực hiện chuyển động quay để cắt và có thêm chuyển động thẳng đứng để cắt hết chiều rộng răng (nếu đường kính của dao lớn hơn nhiều chiều rộng bánh răng thì không cần).

Sau khi gia công xong một rãnh, bàn quay (mang dao) quay đến vị trí ban đầu, vật gia công được quay đi một bước bằng dụng cụ chia độ và tiếp tục gia công.

Gia công bánh răng côn theo phương pháp này có năng suất cao (so với bào).

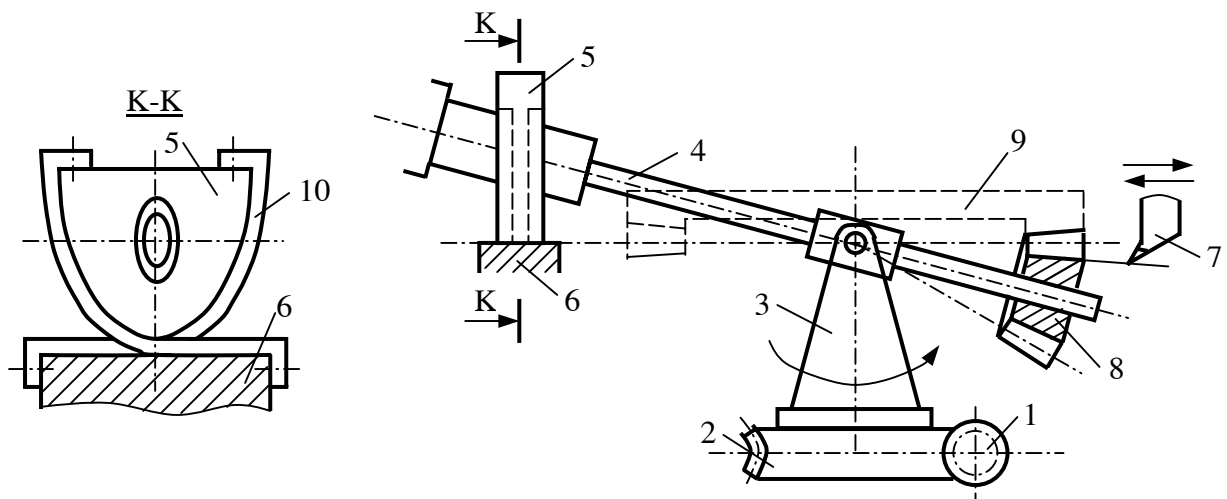
*** Bào răng bao hình:**

Bào răng bao hình thường được sử dụng để gia công các bánh răng côn có môđun nhỏ.

Phương pháp này có tính vạn năng cao, đảm bảo chất lượng gia công bằng dụng cụ đơn giản, rẻ tiền. Tuy nhiên, vì năng suất thấp, do đó nó chỉ được dùng trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

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 lưỡi cắt thẳng của dao là các phía của các răng kề nhau của bánh dẹt sinh.

Máy bào răng cổ điển Bilgram Reinecker được coi là loại máy bao hình gia công bánh răng lâu đời nhất. Hiện nay, tuy không còn được sử dụng để gia công nữa nhưng nhờ vào nó ta dễ nhận thực được nguyên lý gia công bánh răng côn răng thẳng bằng phương pháp bao hình.

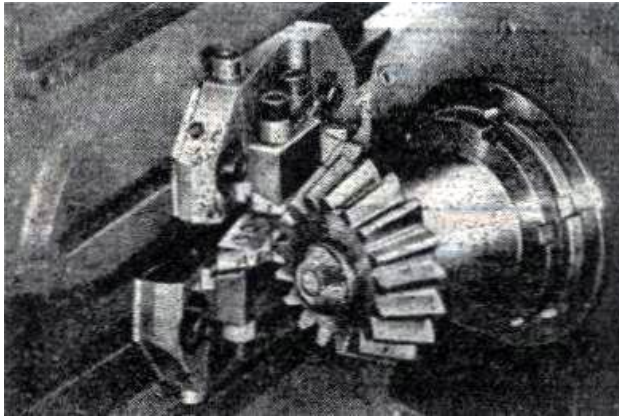


Hình 9.38- Sơ đồ nguyên lý của máy bào răng Bilgram Reinecker

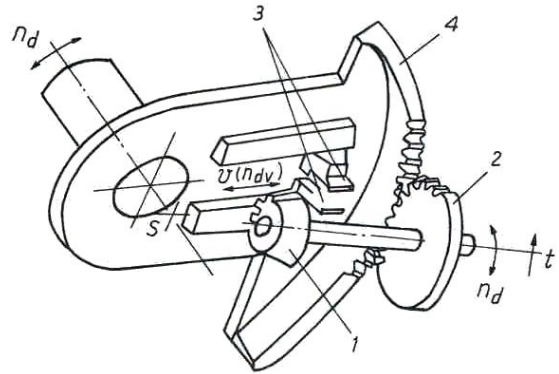
- Trục vít 1 truyền chuyển động quay cho giá 3 qua bánh vít 2, giá 3 mang cả trục 4 quay quanh tâm của nó. Cam 5 là một nửa hình elip được hai băng thép 10 giữ cho luôn luôn tiếp xúc với mặt phẳng 6 và chỉ có thể lăn không trượt trên đó. Cam 5 giữ vai trò như một mặt nón có góc đỉnh đúng bằng nón chia của bánh răng gia công 8. Khi trục 4 quay quanh trục của giá 3 buộc cam 5 phải lăn không trượt trên mặt 6 làm cho bánh răng gia công 8 vừa quay trục của nó vừa quay quanh trục của giá 3. Như vậy, bánh răng gia công 8 đã thực hiện đúng chuyển động ăn khớp với bánh dẹt sinh 9 tương đương đúng yên. Dao 7 chỉ có chuyển động tới lui để cắt gọt, quỹ đạo của lưỡi cắt chính là một cạnh răng của bánh dẹt sinh tương đương 9.

- Phương pháp này mỗi lần gia công được một cạnh bên của răng, gia công xong, người ta tiến hành phân độ để gia công tiếp cạnh bên của răng tiếp theo. Khi đã gia công xong cạnh bên của tất cả các răng, để gia công các cạnh bên đối diện của các răng, bánh răng gia công vẫn được gá đặt như cũ nhưng dao sẽ được thay bằng dao khác có lưỡi cắt ngược với lưỡi cắt ban đầu.

Vì mỗi lần chỉ cắt một bên cạnh răng nên bào một dao cho năng suất thấp. Do vậy để nâng cao năng suất, ngày nay người ta thường dùng *phương pháp bào bằng hai dao* với dao vừa có chuyển động cắt, vừa có chuyển động bao hình do giá dao lắc lư quay quanh trục của nó; còn chi tiết chỉ quay quanh trục của nó.



Hình 9.39- Sơ đồ bào bao hình bằng hai dao.



Hình 9.40- Kết cấu của đầu dao.

Khi cắt, mỗi dao cắt một cạnh bên của răng và hai dao luôn chạy ngược chiều nhau để khử quán tính. Giá dao (có bánh dẹt sinh tương tượng) chỉ quay lắc lư vì nếu quay toàn vòng thì cần thêm một bàn dao nữa, sẽ rất phức tạp.

b) Gia công bánh răng côn răng cong

Bánh răng côn răng cong được sử dụng nhiều vì những tính chất nổi trội như khả năng truyền mômen xoắn lớn, truyền động êm, ít ồn, hệ số trùng khớp cao, có thể đạt được tỷ số truyền lớn với không gian tương đối bé. Tuy nhiên, bánh răng côn răng cong lại có lực chiều trục lớn (hơn bánh răng côn răng thẳng).

Về mặt chế tạo bánh răng côn răng cong đòi hỏi phải có thiết bị phức tạp chuyên dùng nhưng do có thể cắt được liên tục nên năng suất đạt được cao.

Nếu trên bánh dẹt sinh có một vòng tròn bán kính R_a luôn luôn lăn không trượt với một vòng tròn bán kính r_s trên đầu dao thì quỹ đạo chuyển động tương đối của một lưỡi cắt sẽ ***vạch trên bánh dẹt sinh một đường cong***:

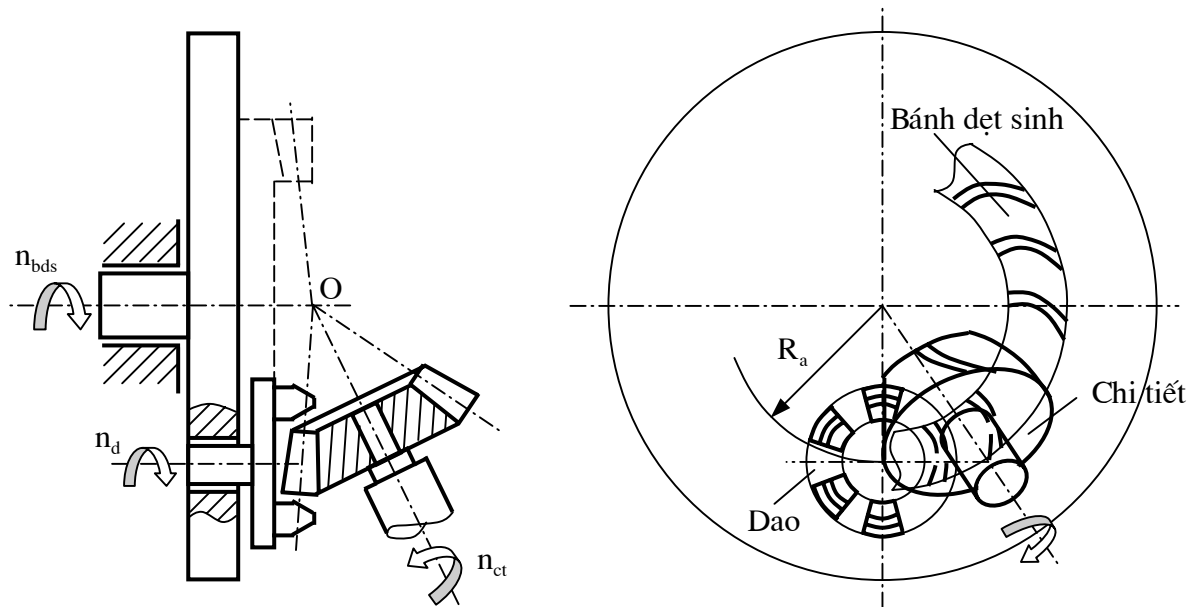
- Khi $r_s = 0$, ta có đường cung tròn, hay sẽ được bánh răng côn dạng cung tròn (còn gọi là răng hệ Gleason). Loại này có chiều cao răng thay đổi.

- Khi $r_s \neq 0$, ta có đường cong epixicloid, hay sẽ được bánh răng côn dạng epixicloid (còn gọi là răng hệ Mammano). Loại này có chiều cao răng không đổi.

- Khi $r_s = \infty$, ta có đường thân khai, hay sẽ được bánh răng côn dạng cung thân khai (còn gọi là răng hệ Klingelberg).

① Gia công bánh răng dạng cung tròn

Hiện nay, loại bánh răng côn dạng cung tròn được sử dụng phổ biến. Gia công loại này được thực hiện trên máy Gleason bằng phương pháp bao hình với đầu dao phay. Nguyên lý làm việc của máy dựa trên sự ăn khớp (hay lăn) giữa bánh dẹt sinh với bánh răng gia công.

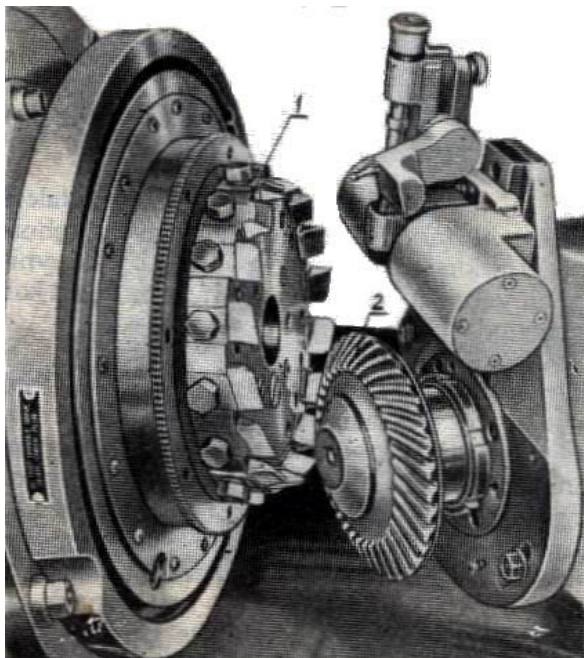


Hình 9.41- Sơ đồ gia công bánh răng côn răng dạng cung tròn

Khi gia công, đầu dao gồm nhiều dao có dạng hình thang được lắp trên một vòng tròn, thường được bố trí một lưỡi cắt phía ngoài, một lưỡi cắt trong liên tiếp nhau. Các lưỡi cắt đóng vai trò một răng của bánh dẹt sinh ở vị trí cắt.

Chi tiết được lắp trên trục chính máy và đỉnh nón chia của chi tiết được gá đặt trùng với đỉnh của bánh dẹt sinh.

Chuyển động quay của đầu dao và số dao trên đó không bị ràng buộc bởi một tỷ số truyền nào cả mà chỉ phụ thuộc vào các yếu tố cắt gọt.



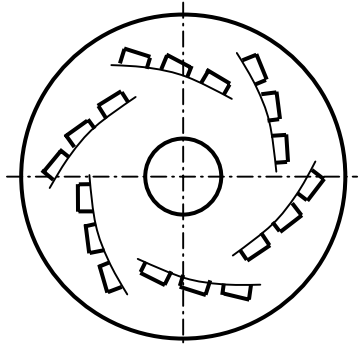
Hình 9.42- Gia công bánh răng côn cung tròn.

Trước lúc bắt đầu làm việc, vật được dịch chuyển hướng kính để lấy chiều sâu rãnh răng. Ngoài chuyển động quay quanh trục của mình để tạo vận tốc cắt, đầu dao còn được quay cùng với đĩa gá thực hiện chuyển động ăn khớp của bánh dẹt sinh với chi tiết gia công. Mặt phẳng đầu răng của dao phải tiếp xúc với mặt nón chân răng của chi tiết và lăn không trượt trên nhau, cho nên giữa chuyển động lác lư của đầu máy (chuyển động ăn khớp của bánh dẹt sinh) với chuyển động của chi tiết phải thoả mãn tỷ số truyền thích hợp.

Dạng răng cung tròn là loại bánh răng côn duy nhất có thể tiến hành mài biên dạng được. Nguyên lý gia công khi mài cũng giống như khi cắt răng.

② Gia công bánh răng dạng epixicloid

Gia công răng côn dạng epixicloid được tiến hành trên máy Oerlikon với năng suất cao vì kết cấu máy và đầu dao cho phép gia công liên tục và đồng thời trên tất cả các răng bằng sự lăn của dao và chi tiết gia công như khi phay lăn răng bánh răng trụ.



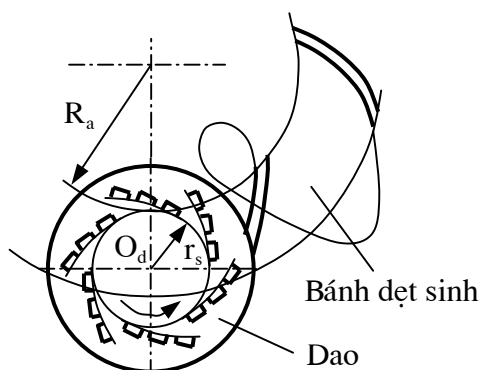
Hình 9.43- Sơ đồ bố trí dao.

Vì đường epixicloid là đường được tạo nên từ một điểm trên một vòng tròn lăn không trượt trên một đường cong, do đó để gia công răng có dạng đường epixicloid thì việc gá đặt giống như gia công răng dạng cung tròn chỉ khác ở việc bố trí các lưỡi cắt trên đầu dao quay.

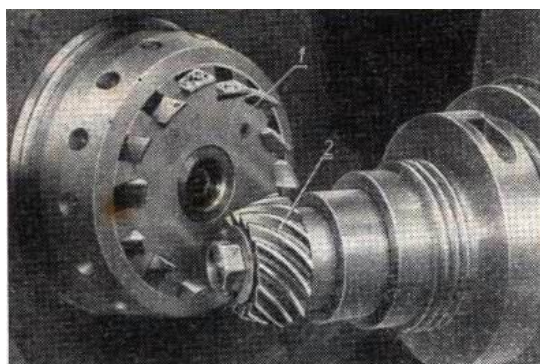
Các lưỡi cắt được bố trí trên đầu dao (là một đĩa phẳng) theo dạng đường Archimede, ứng với một đường Archimede là một dao (từ 3 ÷ 5 lưỡi cắt) tạo thành một răng thanh răng. Có thể dùng một dây dao

hoặc nhiều dây dao (thường từ 2 ÷ 9 dây).

Khi gia công, dụng cụ cắt và bánh răng gia công phải thực hiện sự ăn khớp của bánh răng côn với bánh dẹt sinh tưởng tượng.



Hình 9.44- Sơ đồ nguyên lý tạo hướng răng.



Hình 9.45- Gia công răng côn cung epixicloid.

Cũng giống như phương pháp gia công dạng cung tròn, bánh dẹt sinh được thay bằng đĩa gá quay với tốc độ n_d mà trên đó có đặt đầu dao phay quay với tốc độ v với tâm quay lệch so với tâm của đĩa gá.

Profin răng của bánh dẹt sinh chính là profin răng dao, nó có dạng hình thang và mặt bên của răng tạo ra đường xycloid kéo dài.

Góc của côn chia cũng tương tự như góc côn của chân răng và đỉnh răng, có nghĩa là với phương pháp này sẽ tạo ra răng có chiều cao không đổi.

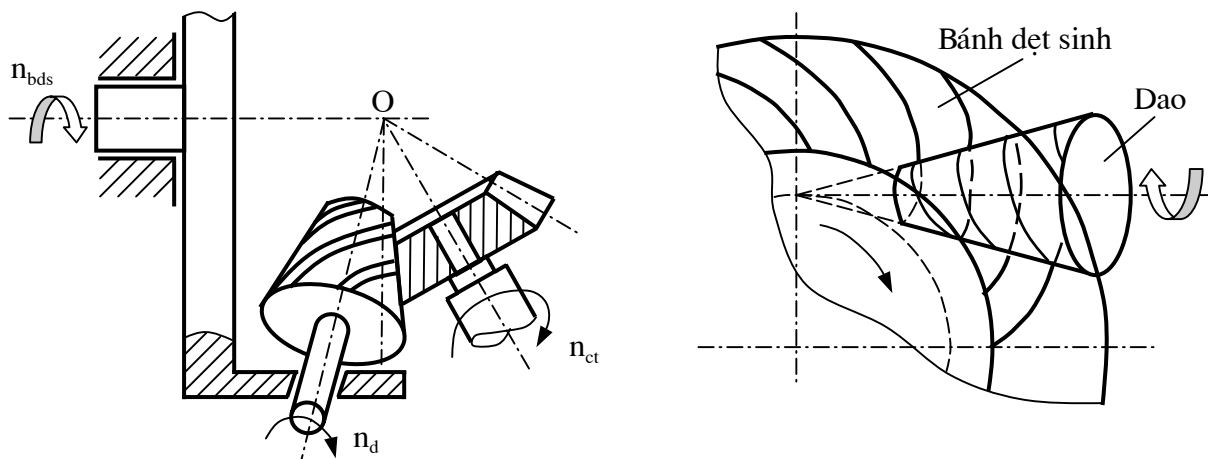
Trong quá trình gia công, ngoài chuyển động ăn khớp, đầu dao không quay độc lập như khi cắt răng dạng cung tròn mà có mối liên hệ với chuyển động quay của bánh răng gia công qua xích phân độ.

③ Gia công bánh răng dạng thân khai

Gia công bánh răng côn có răng dạng thân khai được thực hiện trên máy Klingelberg bằng một dao phay lăn đặc biệt.

Dao phay lăn có dạng côn, răng của dao được phân bố trên đường xoắn vít côn mà bước của nó trên đường côn chia là không đổi. Rãnh thoát phoi tạo nên mặt trước của dao, mặt bên và đỉnh răng được mài tạo thành góc sau như dao phay lăn trục vít.

Tuy bước của dao không đổi nhưng góc nâng của ren lại thay đổi, do đó mặt gia công không có biên dạng thân khai suốt cả chiều dài bánh răng mà biên dạng thực tế có dạng paloid. Vì thế, loại bánh răng này còn được gọi là bánh răng côn paloid.



Hình 9.46- Sơ đồ gia công bánh răng côn răng dạng thân khai

Phương pháp này dựa trên nguyên lý ăn khớp của dụng cụ và bánh dẹt sinh tương đương mà bánh này tạo nên với đĩa gá lắp lư của máy.

Dao được gá trên đĩa gá mà trục quay của nó trùng với trục quay của bánh dẹt sinh. Trục của bánh răng gia công và bánh dẹt sinh tương đương cắt nhau trong mặt phẳng chia của bánh dẹt sinh. Đường sinh nón chia của dao nằm trên mặt phẳng chia của bánh dẹt sinh. Dao lăn trên bánh dẹt sinh và thực hiện thêm chuyển động quay cùng đĩa gá xung quanh trục của nó.

Để lưỡi cắt tạo nên hình bao lên bánh răng gia công, giá mang đầu dao còn phải mang chuyển động quay chậm từ vị trí bắt đầu đến vị trí kết thúc với một góc quay gọi là góc bao hình.

Với mỗi trị số môđun pháp tuyến và với mỗi góc ăn khớp, khi gia công cần có một dao phay riêng. Như vậy, khi gia công một cặp bánh răng côn răng thân khai ăn khớp với nhau cần phải có hai dao, một dao xoắn phải để cắt bánh răng xoắn trái và một dao xoắn trái để cắt bánh răng xoắn phải.

Răng của bộ truyền được sản xuất có chiều dày bằng nhau, gia công liên tục.

9.10.3- Gia công bánh vít

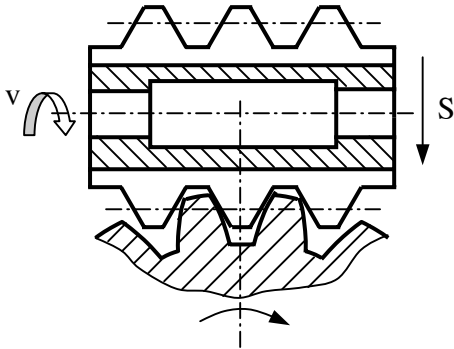
Khi gia công bánh vít, dụng cụ cắt trong mọi trường hợp đều đóng vai trò trục vít ăn khớp với bánh vít được cắt. Về mặt kết cấu, dụng cụ cắt hoàn toàn giống trục vít sẽ ăn khớp với bánh vít gia công khi làm việc, chỉ khác là đường kính ngoài của dụng cụ cắt lớn hơn đường kính ngoài của trục vít một lượng bằng khe hở hướng kính.

Gia công bánh vít được thực hiện trên máy phay lăn răng bằng dao phay lăn hoặc trên máy phay ngang bằng dao quay.

a) Gia công bánh vít bằng dao phay lăn

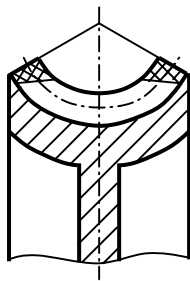
① Tiến dao hướng kính

Khi gia công bánh vít theo phương pháp tiến dao hướng kính, cần gá đặt sao cho đường kính của dao phay lăn nằm trong mặt phẳng đối xứng của bánh vít.



Hình 9.47- Lăn răng bánh vít bằng tiến dao hướng kính

Phương pháp này cho phép đạt năng suất cao vì hành trình ngắn nhưng có nhược điểm là độ nhám bề mặt thấp, bị cắt lẹm do góc nghiêng ở đỉnh chi tiết không giống góc xoắn của dao.

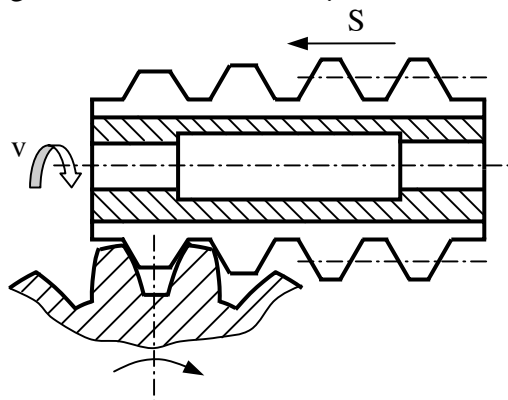


Vì có hiện tượng cắt lẹm nên khi góc nâng trục vít lớn hơn $6 \div 8^\circ$ thì không cho phép dùng phương pháp này để gia công lần cuối.

Trong thực tế, khi không có dao phay lăn bánh răng, lúc này bánh vít được gia công sẽ có sai số lớn (dao phay lăn có đường kính càng lớn so với trục vít thì sai số gia công bánh vít càng lớn).

② Tiến dao tiếp tuyến

Khi gia công bánh vít bằng phương pháp lăn tiến dao tiếp tuyến, đường tâm của dao lăn được gá đặt cách đường tâm của chi tiết một khoảng đúng bằng khoảng cách giữa tâm bánh vít và trục vít.



Hình 9.48- Lăn răng bánh vít bằng tiến dao tiếp tuyến

Về mặt kết cấu, dao phay lăn trong trường hợp này gồm hai phần:

- Phần đầu hình côn để khi cắt chiều sâu cắt tăng không quá đột ngột, góc côn thường $10 \div 15^\circ$.

- Phần sau có hình trụ để cắt tinh.

Khi cắt, dao quay tròn và tiến thẳng theo hướng tiếp tuyến với vòng lăn của bánh vít; còn chi tiết chỉ thực hiện chuyển động quay bao hình.

Số vòng quay của dao và chi tiết

chẳng những phải phù hợp với tỷ số truyền của cặp trục vít - bánh vít mà chi tiết còn có thêm chuyển động vi sai để bù lại lượng tiến dao theo hướng tiếp tuyến (giống như khi phay lăn răng bánh răng nghiêng).

Phương pháp này thường dùng để gia công bánh vít có môđun $m = 3 \div 12$ mm; lượng tiến dao tiếp tuyến $S = 1,1 \div 1,6$ mm/ vòng quay chi tiết. Nói chung, phương pháp này có năng suất thấp nhưng cũng thường được dùng vì dễ điều chỉnh khoảng cách tâm, độ bóng bề mặt răng cao và không có hiện tượng cắt lẹm.

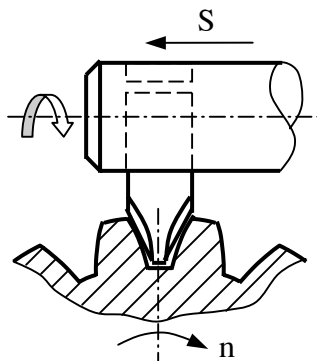
③ Tiến dao phối hợp

Phương pháp này phối hợp cả hai cách tiến dao trên nên khắc phục được nhược điểm của cả hai.

Với phương pháp này, ban đầu cắt thô bằng cách tiến dao hướng kính sẽ đạt được năng suất cao. Sau khi đạt được khoảng cách tâm của cặp ăn khớp trục vít - bánh vít thì bắt đầu tiến dao theo hướng tiếp tuyến để sửa đúng bề mặt gia công. Như vậy, chỉ cần dùng dao phay lăn hình trụ.

b) Gia công bánh vít bằng dao quay

Vì dao phay lăn quá đắt tiền nên trong sản xuất nhỏ người ta dùng dao quay. Lưỡi dao được gắn trên trục dao quay tạo thành dao phay lăn một lưỡi, biên dạng và kích thước của lưỡi dao phải giống hệt như một lưỡi của dao phay lăn tương ứng. Góc tạo thành bởi mặt trước của dao với đường tâm của trục dao phải bằng góc nâng của trục vít mà nó sẽ ăn khớp với bánh vít sau khi gia công.



Hình 9.49- Gia công bánh vít bằng dao quay một lưỡi

Khi cắt, dao có chuyển động quay tròn, chi tiết cũng có chuyển động quay tròn; hai chuyển động này theo một tỷ số truyền như bánh vít gia công xong ăn khớp với trục vít. Nghĩa là khi dao quay một vòng, chi tiết phải quay được Z_d răng, mà Z_d đúng bằng số đầu ren của trục vít.

Để lăn hết sườn răng còn phải có chuyển động chạy dao tiếp tuyến và chi tiết phải có chuyển động quay thêm tương ứng.

Trục dao gá cách đường tâm của chi tiết một khoảng đúng bằng khoảng cách giữa trục vít và bánh vít khi làm việc.

Ở đây chỉ cần một đường chuyển dao là cắt xong chi tiết. Khoảng chạy dao không lớn nhưng vì số lưỡi cắt quá ít (chỉ là 1) nên nếu muốn có độ nhám bề mặt biên dạng không quá lớn thì lượng chạy dao phải khá bé, vì vậy năng suất gia công sẽ thấp.

Để nâng cao năng suất và độ bóng bề mặt răng, người ta dùng hai hoặc ba dao. Các dao này được lắp trên cùng một đường xoắn bằng đường xoắn của trục vít ăn khớp với bánh vít cần gia công. Dao trước cắt thô còn dao sau sẽ cắt tinh. Các dao trước có thể làm thành bậc thang (không cần có biên dạng chính xác) để phân phối lượng dư cho hợp lý. Với nhóm dao như vậy, lượng chạy dao có thể lớn hơn.