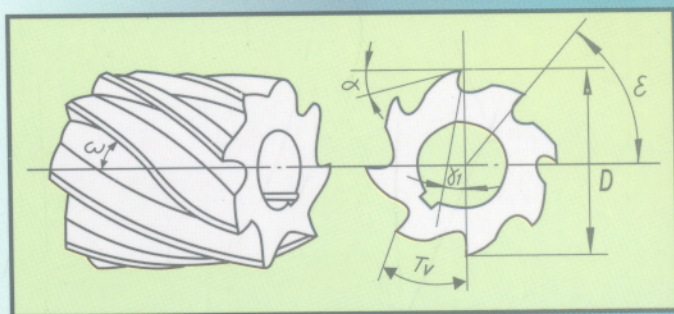


GS.TSKH. BÀNH TIẾN LONG
PGS.TS. TRẦN THẾ LỤC
PGS.TS. TRẦN SĨ TÚY

Thiết kế DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

GS. TSKH. BÀNH TIẾN LONG
PGS. TS TRẦN THẾ LỤC (chủ biên)
PGS.TS TRẦN SỸ TUY

THIẾT KẾ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP

(Giáo trình cho sinh viên cơ khí)

In lần thứ nhất



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI 2005

LỜI NÓI ĐẦU

Trong công nghiệp cơ khí, để có một cụm thiết bị hay một đơn vị thiết bị, máy móc hoàn chỉnh, cần những chi tiết máy có hình dạng và kích thước khác nhau làm từ những vật liệu khác nhau lắp ráp lại. Giai đoạn đầu, những chi tiết máy chỉ là những phôi thô có hình dạng thích hợp. Qua nhiều quá trình công nghệ khác nhau như: tiện, phay, bào, khoan, khoét, doa, cắt ren, cắt răng, mài, v...v., chúng trở thành những chi tiết máy hoàn chỉnh. Để thực hiện các quá trình công nghệ nêu trên, còn phải sử dụng hệ thống dụng cụ (dụng cụ cắt, dao cắt), đồ gá và máy công cụ.

Ví dụ, để chế tạo các chi tiết tròn xoay, cần dụng cụ cắt là dao tiện và máy tiện. Để đạt được độ chính xác cao thì cần mài; dụng cụ được dùng là đá mài. Để có những bộ bánh răng truyền động trong máy thì phải có dụng cụ cắt răng, muốn có rãnh thích hợp thì phải phay bằng dao phay rãnh then, v...v.

Tất cả các dụng cụ tham gia vào quá trình chế tạo các sản phẩm nêu trên và các dụng cụ cầm tay như búa nguội, kìm nguội, chày vẩy (tuốcnơvít) hoặc các dụng cụ làm việc theo nguyên lý tạo hình bằng biến dạng dẻo (khuôn mẫu, chày, cối, v...v.) được gọi chung là **dụng cụ công nghiệp**.

Nội dung của giáo trình "Thiết kế dụng cụ công nghiệp" này chỉ giới hạn trong phạm vi thiết kế những dụng cụ tham gia tạo hình có phôi những chi tiết thông dụng thường gặp. Những dụng cụ này gọi chung là **dụng cụ cắt**.

Những bộ phận cơ bản của dụng cụ cắt là:

- Phần cắt (phần làm việc của dụng cụ cắt).
- Phần thân (phần chuôi) - phần để kẹp chặt dụng cụ vào máy.

Tùy từng đặc điểm công nghệ và từng nguyên công mà mỗi loại dụng cụ cắt có yêu cầu kỹ thuật khác nhau. Ví dụ, phần thân, đặc biệt là phần chuôi, ngoài yêu cầu của phần cắt trong công nghệ CNC, CAM thì còn có yêu cầu độ chính xác đặc biệt cao để lắp vào các ổ dao trên máy CNC. Về mặt kích cỡ chúng đã được tiêu chuẩn hoá để thuận tiện trong chế tạo và sử dụng. Trong giáo trình này chúng ta tập trung nghiên cứu phần quan trọng nhất của dụng cụ cắt, đó là **phần cắt**.

Để kịp thời có tài liệu phục vụ đào tạo và nghiên cứu trong lĩnh vực cơ khí ở giai đoạn mới, chúng tôi biên soạn cuốn sách "Thiết kế dụng cụ công nghiệp" này.

Sách được biên soạn trên cơ sở tham khảo một số tài liệu xuất bản trong nước trước đây và sử dụng các nội dung mới, hiện đại từ các tài liệu trong lĩnh vực này của các nước tiên tiến trên thế giới. Trong sách cũng đã dành một chương để giới thiệu những kiến thức cơ bản ứng dụng tin học trong thiết kế dụng cụ công nghiệp.

Sách dùng cho sinh viên ngành cơ khí thuộc các hệ đào tạo khác nhau trong các

trường đại học, cao đẳng, đồng thời có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ nghiên cứu, cán bộ kỹ thuật ở các viện, các cơ sở sản xuất và các trường kỹ thuật nghiệp vụ khác.

Trong quá trình hoàn thành bản thảo, chúng tôi đã nhận được sự giúp đỡ, động viên và góp ý của các cán bộ giảng dạy, các nhà khoa học trong và ngoài nước. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó.

Chắc rằng tài liệu này còn nhiều thiếu sót, chúng tôi rất trân trọng cảm ơn và mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc và đồng nghiệp. Thư góp ý xin gửi theo địa chỉ: Bộ môn Gia công vật liệu và dụng cụ công nghiệp - Khoa Cơ khí - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Tel: 04.8692007.

Các tác giả

CHƯƠNG 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT THIẾT KẾ DỤNG CỤ CẮT

1.1. Cơ sở lý thuyết tạo hình bề mặt.

Dụng cụ cắt được dùng để chế tạo các chi tiết khác nhau. Để làm được điều đó, lưỡi cắt của dụng cụ lần lượt hoặc liên tục ăn sâu vào vật liệu của phôi và cắt các phần kim loại dư ra khỏi chi tiết dưới dạng phoi cắt.

Do đó, khi gia công bằng cắt, hình dạng chi tiết là yếu tố quyết định hình dạng và kích thước phần cắt của dụng cụ cũng như các chuyển động tương đối giữa dụng cụ và chi tiết.

Muốn cho lưỡi cắt của dụng cụ hình thành được bề mặt gia công thì nó phải nằm trên mặt tiếp tuyến và luôn luôn tiếp xúc với bề mặt chi tiết trong suốt quá trình gia công.

Mặt tiếp xúc được gọi là mặt khối thủy của dụng cụ.

Có thể hình dung chi tiết và dụng cụ như một cặp cơ cấu gồm hai khâu đối tiếp luôn luôn tiếp xúc với nhau trong suốt quá trình gia công.

Quỹ đạo chuyển động tương đối của mỗi điểm của lưỡi cắt so với phôi là kết quả chuyển động tổng hợp do dụng cụ và chi tiết thực hiện trên máy.

Các chuyển động được truyền cho dụng cụ và chi tiết trong quá trình cắt chính là sơ đồ động học tạo hình của quá trình cắt. Không nên nhầm lẫn sơ đồ động học tạo hình khi cắt và sơ đồ động học của máy.

Sơ đồ động học không bao gồm các chuyển động chạy không của máy, như đưa dao vào, rút dao ra, v.v.v.

Ví dụ, khi tiện mặt trụ ngoài, sơ đồ động học tạo hình chỉ gồm chuyển động quay tròn của chi tiết, chuyển động tịnh tiến dọc trục của dao. Trong khi đó, ở sơ đồ động học của máy còn phải đảm bảo chuyển động chạy dao ngang là chuyển động để đưa dụng cụ vào vị trí cần thiết để có thể đạt được đường kính đã cho của chi tiết.

Việc nghiên cứu sơ đồ động học tạo hình có ý nghĩa rất quan trọng trong việc gia công kim loại vì các thông số hình học phần cắt của dụng cụ, chế độ cắt, năng suất lao động, sự mài mòn, tuổi bền của dụng cụ ứng với phương pháp gia công đã chọn phụ thuộc rất nhiều vào nó.

Hiện nay trong công nghiệp sử dụng rất nhiều sơ đồ động học tạo hình khi cắt và tương ứng với chúng là các chủng loại máy cắt và dụng cụ cắt khác nhau.

Để đơn giản các chuyển động của máy cắt, người ta thường dùng sơ đồ động học tạo hình dựa trên sự tổ hợp hai chuyển động cơ bản của phôi và dụng cụ: chuyển động thẳng và chuyển động quay tròn.

Độ phức tạp của sơ đồ động học tạo hình phụ thuộc vào số lượng các chuyển động thành phần và đặc trưng tổ hợp.

Theo quan điểm này, người ta chia ra các nhóm như sau:

Nhóm 1 chuyển động: I. một chuyển động thẳng.

II. một chuyển động quay.

Nhóm 2 chuyển động: III. hai chuyển động thẳng.

IV. hai chuyển động quay.

V. một chuyển động thẳng và một chuyển động quay.

Nhóm 3 chuyển động: VI. hai chuyển động thẳng và một chuyển động quay.

VII. một chuyển động thẳng và hai chuyển động quay.

VIII. ba chuyển động quay.

Về nguyên lý có thể tổ hợp nhiều yếu tố chuyển động hơn nhưng trong thực tiễn ứng dụng, điều đó bị giới hạn bởi độ phức tạp của tổ hợp và khó khăn trong việc chế tạo các thiết bị tương ứng.

1.2. Động học tạo hình bề mặt chi tiết

Khi tạo hình hoặc khi xác định bề mặt khởi thủy của một bề mặt tương thích cho bề mặt thứ hai (ví dụ, bề mặt chi tiết tương thích bề mặt dụng cụ) thì cần phải nghiên cứu các phương án khác nhau của sự tổ hợp các chuyển động của đầu vào đối với đầu ra (chi tiết đối với dụng cụ).

Có thể định nghĩa sơ đồ động học tạo hình như sau:

Sơ đồ tập hợp tất cả các chuyển động của bề mặt định trước đối với vật thể cần tạo hình mà các chuyển động đó cần để xác định bề mặt khởi thủy của vật thể tạo hình gọi là sơ đồ động học tạo hình.

Ví dụ, sơ đồ tập hợp tất cả các chuyển động của bề mặt chi tiết (dụng cụ) đối với dụng cụ (chi tiết) gọi là sơ đồ động học tạo hình khi cắt.

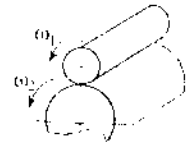
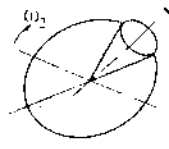
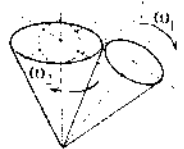
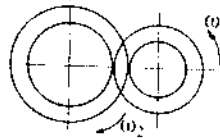
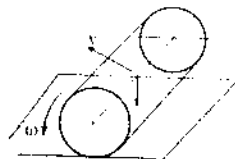
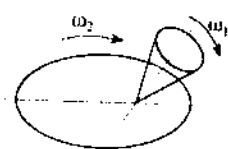
Trong trường hợp chung thì sơ đồ động học tạo hình không đồng nhất với sơ đồ động học gia công. Khi gia công định hình chúng thường trùng nhau, còn khi gia công bao hình thì không trùng nhau.

Bảng 1.1 giới thiệu các sơ đồ tạo hình bề mặt, chủ yếu là sơ đồ tổng hợp của hai chuyển động đều: tịnh tiến thẳng và quay tròn.

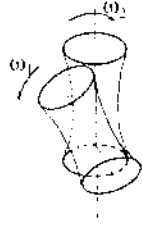
Bảng 1.1. Các sơ đồ tạo hình bề mặt chủ yếu là tổng hợp của 2 chuyển động đều: tịnh tiến thẳng và quay.

Loại sơ đồ	Kiểu sơ đồ	Các chuyển động thành phần của chi tiết gia công và dụng cụ khi tạo hình	Chuyển động tổng hợp tức thời	Chuyển động tương đối với sự trợ giúp của cặp bề mặt	Sơ đồ vị trí tương hỗ của cặp bề mặt	Cặp bề mặt	
						Dụng cụ	Vật gia công
I	1	Tịnh tiến	Tịnh tiến			Đường thẳng	Đường thẳng
	2	Quay	Quay				
	3	Xoắn vít	Xoắn vít				

Tiếp bảng 1.1

Loại sơ đồ	Kiểu sơ đồ	Các chuyển động thành phần của chi tiết gia công và dụng cụ khi tạo hình	Chuyển động tổng hợp tức thời	Chuyển động tương đối với sự trợ giúp của cặp bề mặt	Sơ đồ vị trí tương hỗ của cặp bề mặt	Cặp bề mặt	
II	1	Quay và tịnh tiến với vận tốc vuông góc với trục quay	Quay	Sự lách của trụ theo mặt phẳng		Mặt phẳng	Trụ
						Trụ	Mặt phẳng
	2	2 chuyển động quay quanh trục song song	Quay	Sự lách của trụ theo trụ		Trụ	Trụ
	3	2 chuyển động quay quanh trục cắt nhau	Quay	Sự lách của mặt côn theo mặt phẳng		Mặt phẳng	Côn
	4	2 chuyển động quay quanh trục cắt nhau	Quay	Sự lách của mặt côn theo mặt côn		Côn	Côn
	5	Bộ đôi quay	Tịnh tiến	Sự trượt của vòng theo vòng		Vòng (vành)	Vòng
III	1	Quay và tịnh tiến vận tốc có hướng tạo thành góc với trục quay	Xoắn vít	Sự lách với sự trượt của trụ theo mặt phẳng		Mặt phẳng trụ	Trụ
							Mặt phẳng
	2	2 chuyển động quay quanh trục chéo nhau (góc hợp thành giữa trục quay và trục của đường vít. Trục của vít tức thời và trục quay thứ hai là hai đường chéo nhau)	Xoắn vít	Sự lách và sự trượt của mặt côn theo mặt phẳng		Côn	Mặt phẳng
						Mặt phẳng	Côn

Tiếp bảng 1.1

Loại sơ đồ	Kiểu sơ đồ	Các chuyển động thành phần của chi tiết gia công và dụng cụ khi tạo hình	Chuyển động tổng hợp tức thời	Chuyển động tương đối với sự trợ giúp của cặp bề mặt	Sơ đồ vị trí tương hỗ của cặp bề mặt	Cặp bề mặt	
III	3	2 chuyển động quay quanh trục chéo nhau	Xoắn vít	Sự lắc và sự trượt của mặt hypeboloit với mặt hypeboloit		Hypec-boloit	Hypec-boloit

Theo quan điểm tạo hình thì người ta không quan tâm đến việc trên máy đã đạt được chuyển động cần thiết bằng những chuyển động nào của bán thành phẩm hoặc của dụng cụ (ví dụ, khoan lỗ trên máy khoan hoặc trên máy tiện).

Từ các chuyển động của bề mặt chi tiết (đầu vào) đối với vật thể tạo hình (dụng cụ) khi xác định bề mặt khởi thủy của nó, có thể thiết lập được nhiều sơ đồ động học tạo hình khác nhau.

Trong thực tế các sơ đồ được xây dựng nhiều nhất dựa trên các *chuyển động tịnh tiến thẳng* và *chuyển động quay* và tổ hợp của chúng.

Phần lớn hiện nay tồn tại các sơ đồ tổ hợp của hai chuyển động đều. Việc tổ hợp nhiều chuyển động hơn ít tồn tại vì quá phức tạp và đến nay lý thuyết về chúng vẫn còn ít.

1.2.1. Nhóm bậc 0

Tập hợp các sơ đồ động học tạo hình khi tạo hình (bề mặt khởi thủy) của vật thể (dụng cụ) trùng với bề mặt nguyên gốc đầu vào (chi tiết).

Ví dụ: khi cắt ren bằng tarô, khi chuốt, khi đột lỗ, lúc này chuyển động tương hỗ gọi là chuyển động "tự trượt", "theo nhau", "bám nhau",... và để xác định bề mặt khởi thủy thì không cần quan tâm đến chuyển động này.

1.2.2. Nhóm bậc 1

Nhóm sơ đồ tạo hình mà chuyển động tương hỗ của vật thể được tạo hình (dụng cụ) đối với mặt đã tồn tại (chi tiết) là chuyển động tịnh tiến, quay hoặc xoắn vít.

Sơ đồ được đặc trưng ở chỗ là khi đó các cặp bề mặt (axoid) của *phần tử quay* và *đứng yên trùng nhau* và *tạo thành đường thẳng*.

Kiểu thứ nhất: chứa chuyển động thẳng đều. Theo sơ đồ này để tạo hình cho các loại dụng cụ chuốt ngoài các bề mặt tròn xoay, tiện bằng dao tiện định hình tiếp tuyến có phương chạy dao thẳng.

Kiểu thứ hai: chứa chuyển động quay, để tạo hình các loại dụng cụ hoặc các loại

bề mặt (dao phay định hình để phay các bề mặt trụ, bề mặt xoắn vít hoặc bề mặt tròn xoay).

Kiểu thứ ba: khi phay bánh răng có răng thẳng bằng dao phay lăn răng. Thực ra kiểu thứ nhất là trường hợp đặc biệt của kiểu thứ ba khi trục quay ở vô cùng.

1.2.3. Nhóm bậc 2

Nhóm sơ đồ động học khi mà chuyển động tương hỗ của cặp tạo hình (dụng cụ và chi tiết) là chuyển động quay tức thời hay tịnh tiến thẳng.

Ở đây có 4 kiểu sơ đồ (trong bảng) và các cặp động học (liên kết) của cặp động học (dụng cụ và chi tiết) lần theo nhau không có sự trượt. Chuyển động tịnh tiến tức thời là chuyển động tổng hợp của hai chuyển động quay quanh hai trục song song có các *vận tốc góc* và *hướng* giống nhau.

Các cặp bề mặt (liên kết) được tạo bằng các bề mặt sau:

- + Trụ - phẳng.
- + Trụ - trụ (hai trục).
- + Côn - phẳng.
- + Côn - côn (hai côn).

Ví dụ, gia công bánh răng bằng dao xọc răng hoặc dao răng lược... Ở các sơ đồ động học này các cặp bề mặt có thể đổi chỗ cho nhau (dụng cụ - chi tiết). Ví dụ như ở sơ đồ trụ - mặt phẳng có thể dụng cụ là dao xọc răng hình đĩa, chi tiết là thanh răng và ngược lại.

Ở nhóm bậc hai chứa kiểu sơ đồ khi mà chuyển động tức thời là kết quả của hai chuyển động quay quanh các trục song song hay ngoài nhau. Chuyển động tịnh tiến có thể coi là trường hợp đặc biệt của chuyển động quay và có thể xem mặt phẳng là hình trụ có bán kính vô cùng lớn.

1.2.4. Nhóm bậc 3

Nhóm chứa các sơ đồ nơi mà các chuyển động tương hỗ là chuyển động xoắn vít tức thời.

Trong nhóm này thì các cặp bề mặt *tự lăn theo nhau có sự trượt*.

Các cặp bề mặt gồm:

- + Trụ - phẳng.
- + Côn - phẳng.
- + Hai mặt hypecboloit.

Chuyển động *xoắn vít tổng hợp tức thời* là tổng hợp của hai chuyển động quay quanh các trục ngoài nhau và có thể hình dung nó như là sự lăn bề mặt hypecboloit theo hypecboloit có gần sự trượt. Đây là trường hợp tổng quát nhất. Ví dụ, phay bánh răng bằng dao phay lăn răng.

1.3. Mật khối thủy K của dụng cụ cắt

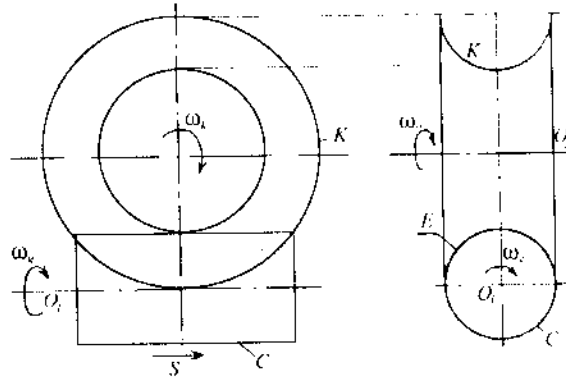
Dụng cụ cắt có thể xem như một vật thể giới hạn bởi bề mặt khối thủy K, trên đó phân bố các lưỡi cắt có profin thích hợp để trực tiếp hình thành bề mặt chi tiết.

Ví dụ, dao phay là một vật thể tròn xoay giới hạn bởi bề tròn xoay K, trong quá trình gia công nó luôn tiếp tuyến với bề mặt gia công của chi tiết. Sau khi tạo mặt trước, rãnh thoát phoi và mặt sau thì vật thể đó trở thành dụng cụ cắt.

Như vậy bề mặt khối thủy K của dụng cụ trong quá trình gia công phải luôn tiếp xúc với bề mặt của chi tiết.

1.3.1. Phương pháp xác định mật khối thủy K của dụng cụ - mặt bao của họ mặt chi tiết C.

Trong quá trình gia công thì bề mặt chi tiết C thực hiện các chuyển động tương đối đối với dụng cụ và hình thành một họ những vị trí kế tiếp nhau (họ mặt C). Mật khối thủy K của dụng cụ là bề mặt tiếp xúc với họ mặt C đó trong quá trình chuyển động tạo hình. Do đó mật khối thủy K của dụng cụ chính là mặt bao của họ mặt chi tiết C. Hai mặt C và K tiếp xúc với nhau theo một đường E gọi là đường đặc tính. Nói cách khác đường đặc tính E là đường tiếp xúc của cặp động học C và K. Ví dụ, xác định bề mặt khối thủy K của dụng cụ gia công mặt trụ tròn C (hình 1.1)



Hình 1.1. Xác định mật khối thủy K và đường đặc tính E bằng hình vẽ.

Sơ đồ gia công là:

+ Chuyển động quay của chi tiết quanh trục O_1 của nó ω_1 .

+ Chuyển động tịnh tiến dọc trục $O_1 - S$.

Dụng cụ quay quanh trục O_2 vuông góc với trục O_1 . Mật khối thủy K là mặt bao của họ bề mặt chi tiết C khi nó chuyển động tương đối so với dụng cụ (vừa quay quanh trục O_1 vừa quay quanh trục O_2). Mặt K sẽ là mặt cong lõm, được hình thành bằng cách quay đường đặc tính E (cung tròn) quanh trục O_2 . Nếu dùng bề mặt khối thủy như thế làm bề mặt dụng cụ (đá mài) thì với sơ đồ cắt như hình 1.1 sẽ gia công được bề mặt trụ tròn xoay của chi tiết C.

1.3.2. Phương pháp giải tích xác định mật khối thủy K

Nếu họ bề mặt cho dưới dạng phương trình tổng quát $F(x, y, z, t)=0$ với t là tham số của họ (tham số chuyển động) thì mặt bao sẽ là nghiệm của phương trình:

$$\left. \begin{aligned} F(x, y, z, t) &= 0 \\ \frac{\partial F(x, y, z, t)}{\partial t} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

Họ bề mặt có dạng thông số:

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(u, v, t) \\ y &= f_2(u, v, t) \\ z &= f_3(u, v, t) \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Trong đó: u, v - thông số bề mặt.

t - tham số của họ

thì phương trình mặt bao được xác định bởi hệ:

$$\begin{aligned} x &= f_1(u, v, t) \\ y &= f_2(u, v, t) \\ z &= f_3(u, v, t) \end{aligned} \quad \text{và} \quad \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial z}{\partial u} \\ \frac{\partial x}{\partial v} & \frac{\partial y}{\partial v} & \frac{\partial z}{\partial v} \\ \frac{\partial x}{\partial t} & \frac{\partial y}{\partial t} & \frac{\partial z}{\partial t} \end{vmatrix} = 0 \quad (1.3)$$

1.3.3. Phương pháp động học xác định mặt khởi thủy K

Để tìm mặt bao (mặt khởi thủy K) có thể dùng phương pháp động học. Khi cho hai bề mặt bất kỳ chuyển động (hình 1.2) thì tại các điểm tiếp xúc, vectơ tốc độ chuyển động tương đối $\vec{V}$ và vectơ với pháp tuyến bề mặt $\vec{N}$ phải vuông góc với nhau, vì vectơ $\vec{V}$ hướng theo phương tiếp tuyến chung của hai bề mặt

Như vậy, nếu mặt chỉ tiết C chuyển động trong không gian thì đường đặc tính của mặt bao K sẽ là đường tập hợp của tất cả các đường tiếp xúc mà tại đó vectơ vận tốc $\vec{V}$ thẳng góc với vectơ pháp tuyến $\vec{N}$.

Điều kiện tiếp xúc được biểu thị bằng phương trình:

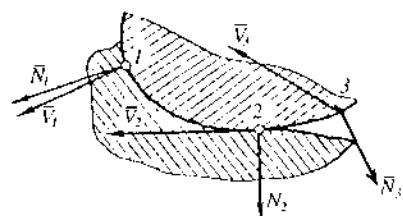
$$\vec{N} \cdot \vec{V} = 0 \quad (1.4)$$

Điều kiện tiếp xúc cho phép tìm được điểm tiếp xúc của cặp bề mặt tiếp xúc tại bất kỳ thời điểm nào.

Tập hợp tất cả các điểm tiếp xúc đó, xét trong hệ tọa độ gắn với chi tiết, là bề mặt chỉ tiết C.

Tập hợp tất cả các điểm tiếp xúc đó, xét trong hệ tọa độ gắn với dụng cụ, là bề mặt khởi thủy của dụng cụ K.

Khi xác định mặt bao - mặt khởi thủy K - của bề mặt chuyển động C, chuyển động của C có thể phân tích thành nhiều thành phần. Việc phân tích đó sẽ hợp lý nếu có



Hình 1.2 Điều kiện tiếp xúc động học của hai bề mặt

một trong những thành phần đó gây ra sự trượt của bản thân C và như vậy sẽ làm cho bài toán trở nên đơn giản hơn.

Ví dụ:

Xác định đường đặc tính của một mặt phẳng có chuyển động xoắn vít (hình 1.3).

Góc giữa trục của chuyển động vít và mặt phẳng P là φ .

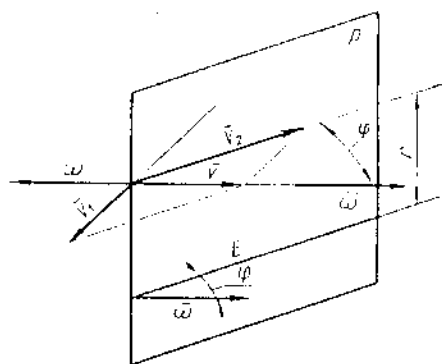
Chuyển động xoắn vít của mặt phẳng P được phân tích thành hai chuyển động:

Chuyển động tịnh tiến với vận tốc $\vec{V}$ và chuyển động quay với vận tốc góc $\vec{\omega}$.

Chuyển động với vận tốc $\vec{V}$ có thể phân tích thành hai thành phần:

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 \quad (1.5)$$

$\vec{V}_1$ hướng thẳng góc với $\vec{V}$ còn $\vec{V}_2$ nằm trong mặt phẳng P.



Hình 1.3. Xác định đường đặc tính khi mặt phẳng có chuyển động xoắn vít

Sự chuyển động theo vector $\vec{V}_2$ dẫn đến sự trượt của mặt phẳng P do đó khi xác định đường đặc tính không cần chú ý đến nó.

Độ lớn của vector $\vec{V}_1$ được tính theo công thức: $V_1 = V \cdot \tan \varphi$.

Chuyển động theo vector $\vec{V}_1$ có thể hình dung là sự quay của hệ thống với vector tốc độ góc $\vec{\omega}$.

$$\text{Khoảng cách giữa chúng là: } r = \frac{V_1}{\omega} = \frac{V \cdot \tan \varphi}{\omega} = h \cdot \tan \varphi \quad (1.6)$$

Ở đây h là thông số của chuyển động xoắn vít.

Cho vector vận tốc góc ω của mặt phẳng P bằng một trong các vector của cặp quay.

Như vậy chuyển động xoắn vít dẫn đến một chuyển động quay. Đường đặc tính E trong trường hợp này sẽ thẳng góc với hình chiếu của trục quay trên mặt phẳng P, nghĩa là những đường thẳng cách hình chiếu của trục chuyển động xoắn vít một khoảng r và làm với nó một góc φ .

Kết quả là chuyển động xoắn vít của những đường đặc tính cùng với mặt phẳng P tạo ra một mặt bao - bề mặt xoắn vít thân khai có bán kính hình trụ cơ sở là r.

1.4. Những điều kiện để tạo hình đúng bề mặt chi tiết

Trong lúc gia công, đôi khi có trường hợp không thể chế tạo chính xác được bề mặt cần gia công.

Làm rõ những điều kiện tạo đúng bề mặt chi tiết là điều quan trọng bậc nhất để cho phép gia công bằng cắt.

1.4.1. Điều kiện cần

Điều kiện cần để tạo được bề mặt mong muốn là *tồn tại bề mặt khởi thủy K của dụng cụ cắt ứng với bề mặt chi tiết đã cho.*

Muốn vậy trong quá trình gia công, các điểm trên bề mặt chi tiết có ít nhất một lần tiếp xúc với các điểm của bề mặt khởi thủy của dụng cụ, nghĩa là cần tồn tại các điểm tiếp xúc chung của hai bề mặt.

Như đã nói ở trên, tại các điểm tiếp xúc đó, pháp tuyến chung phải thẳng góc với vectơ của chuyển động tương đối nghĩa là: $\vec{N} \cdot \vec{V} = 0$.

Đối với bề mặt chi tiết đã cho, vectơ pháp tuyến tại các điểm của bề mặt là hoàn toàn xác định. Không thể thay đổi vị trí của

pháp tuyến $\vec{N}$ nếu không thay đổi hình dạng chi tiết.

Bởi vậy ở sơ đồ gia công đã chọn, tức là biết các chuyển động của chi tiết và dụng cụ, thì việc thay đổi hướng và tốc độ của chuyển động tương đối giữa cặp bề mặt đó sẽ đảm bảo $\vec{N} \cdot \vec{V} = 0$.

Ví dụ, khảo sát sơ đồ gia công mặt phẳng P, nếu cho mặt C quay quanh trục cố định nằm trên mặt phẳng P thì khi đó tốc độ quay của một điểm bất kỳ của mặt cắt C quanh

trục sẽ vuông góc với mặt phẳng P, tốc độ $\vec{V}$ sẽ

song song với pháp tuyến $\vec{N}$ của mặt phẳng chi tiết. Điều kiện $\vec{N} \cdot \vec{V} = 0$ không thỏa mãn do đó không tồn tại mặt khởi thủy K của dụng cụ và việc gia công mặt phẳng P trong điều kiện như trên là không thực hiện được (hình 1.4a).

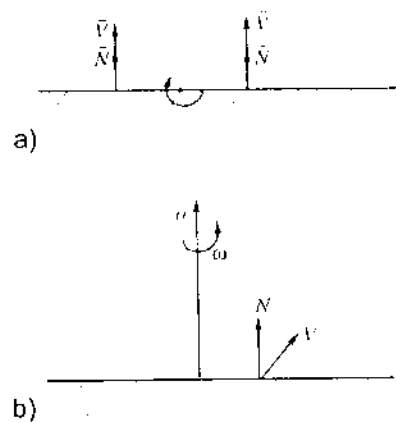
Nếu chọn trục quay thẳng góc với mặt phẳng P thì đương nhiên tại tất cả các điểm của mặt phẳng P vectơ pháp tuyến luôn vuông góc với vectơ tốc độ cắt. Điều đó có nghĩa là mặt khởi thủy K tồn tại và trùng với mặt P (hình 1.4b).

Sơ đồ gia công trên được dùng để gia công mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu.

1.4.2. Điều kiện đủ

Điều kiện đủ để gia công đúng bề mặt chi tiết là: *sự tiếp xúc của cặp bề mặt động học (mặt khởi thủy K của dụng cụ và bề mặt chi tiết gia công) không xảy ra hiện tượng cắt lẹm.*

Sự tiếp xúc giữa bề mặt chi tiết C và bề mặt khởi thủy K có thể là tiếp xúc ngoài hoặc tiếp xúc trong.



Hình 1.4. Điều kiện cần

Khi tiếp xúc ngoài (hình 1.5a), mặt khới thủy K của dụng cụ 2 nằm ngoài thân chi tiết 1. Khi đó không có sự cắt lẹm của dụng cụ vào thân chi tiết.

Khi tiếp xúc trong (hình 1.5b), mặt khới thủy của dụng cụ 2 có bán kính cong lớn hơn bán kính cong của chi tiết 1, do đó có hiện tượng cắt lẹm. Như vậy việc tạo đúng hình dáng của chi tiết là không thể thực hiện được.

Hãy khảo sát quá trình mài mặt côn trong bằng đá mài tròn (hình 1.6a). Sự tiếp xúc của bề mặt tạo hình K với mặt côn của lỗ C xảy ra dọc theo đường sinh - đường đặc tính.

Tại tiết diện II - II thẳng góc với đường đặc tính xảy ra sự tiếp xúc giữa hai bề mặt. Trong các tiết diện đó bán kính cong của đá mài tròn luôn giữ nguyên không đổi, trong lúc đó bán kính cong của mặt côn giảm dần khi tiến về phía đỉnh côn. Từ đáy mặt côn đến điểm m' bán kính cong của mặt côn, trong khu vực đó có sự tiếp xúc ngoài giữa hai bề mặt và việc tạo mặt côn bằng đá mài tròn thực hiện thuận lợi. Từ điểm m' đến đỉnh côn, bán kính cong của đá mài lớn hơn bán kính cong của mặt côn và do đó có hiện tượng cắt lẹm nên việc gia công vùng đó bằng đá mài tròn như trên là không thực hiện được.

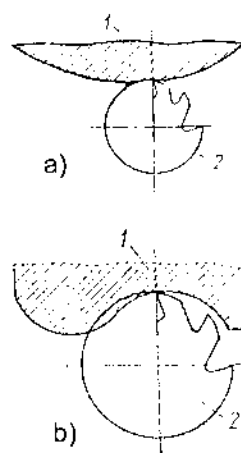
Tại điểm giới hạn M, bán kính cong của mặt côn trong tiết diện II-II bằng bán kính R của đá mài tròn:

$$\rho = \frac{r}{\cos \varepsilon} = R$$

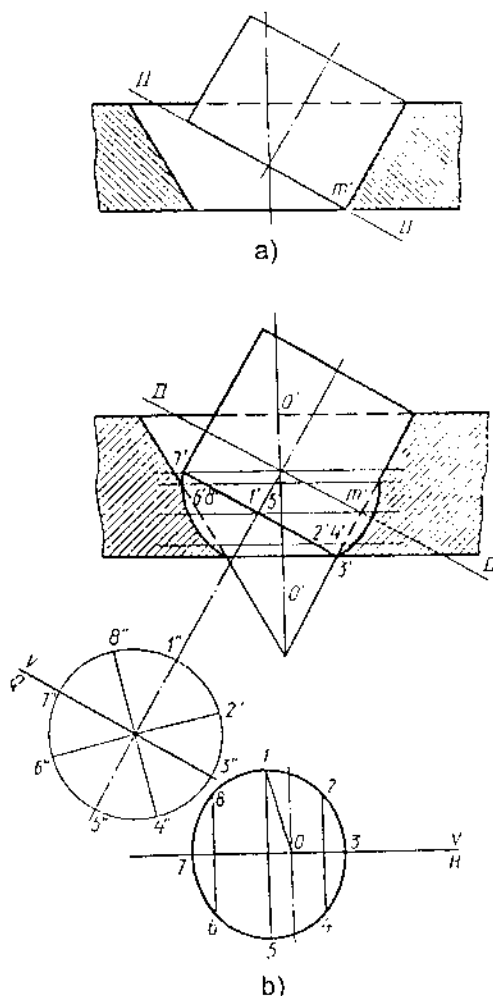
Ở đây: 2ε - góc ở đỉnh của mặt côn.

r - bán kính cong của điểm m' quay quanh trục côn.

Khi tiếp tục cho đá mài đi vượt quá giới hạn của tiết diện



Hình 1.5. Các dạng tiếp xúc của các bề mặt đối tiếp.
1. chi tiết; 2. dụng cụ.



Hình 1.6. Sơ đồ hình thành mặt côn bằng mặt trụ.

II-II thì khi gia công đá mài tròn sẽ cắt lẹm mặt côn chi tiết (hình 1.6b) như tại một số đoạn bề mặt vượt qua m' .

Như vậy, để gia công đúng bề mặt chi tiết như bản vẽ thì bề mặt khởi thủy của dụng cụ K không được cắt lẹm vào bề mặt của chi tiết.

Điều kiện thứ ba để tạo hình đúng là trên bề mặt chi tiết không được có những mặt chuyển tiếp.

Chi tiết có thể gồm nhiều mặt nối tiếp, mặt khởi thủy K của dụng cụ do đó cũng gồm nhiều mặt tương ứng để hình thành các bề mặt của chi tiết. Các phần lân cận của mặt khởi thủy K của dụng cụ có thể cắt nhau, nối tiếp nhau hoặc tách rời nhau. Khi các phần của mặt khởi thủy cắt nhau thì chúng không thể cắt hết phần kim loại dành cho từng phần được, do đó bề mặt chi tiết được cắt bằng các phần của bề mặt khởi thủy cắt nhau sẽ không được thực hiện và sẽ có mặt chuyển tiếp để nối các phần bề mặt lân cận của chi tiết.

Điều đó được chứng minh bằng ví dụ sau: Dùng dao phay ngón gia công mặt trụ quay (hình 1.7a), gồm một phần hình trụ C_1 và mặt đầu C_2 . Khi dao phay quay tròn quanh trục của nó, các lưỡi cắt tạo ra mặt khởi thủy K_1 còn chi tiết quay chậm quanh trục của nó.

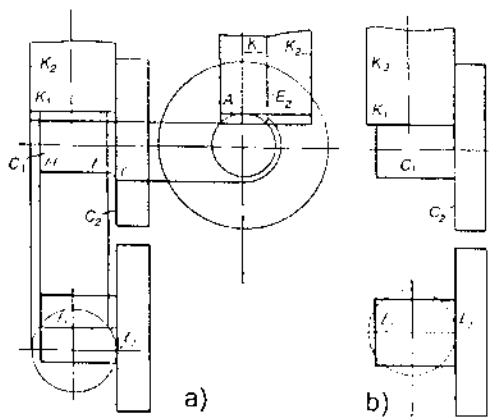
Trục chi tiết và trục dụng cụ vuông góc với nhau và cách nhau một khoảng k. Khi đó mặt khởi thủy tiếp xúc với mặt trụ C_1 là K_1 với đường đặc tính E_1 quay quanh trục dụng cụ, còn phần mặt khởi thủy của mặt phẳng C_2 là K_2 có đường đặc tính E_2 cũng quay quanh trục dụng cụ. Các mặt K_1 và K_2 cắt nhau theo vòng tròn A do đó không thể có phần nối tiếp giữa hai phần đó được. Kết quả là trên thân chi tiết sẽ hình thành một mặt chuyển tiếp.

Đường đặc tính E_1 quay xung quanh trục của chi tiết chỉ hình thành mặt trụ C_1 trên đoạn ME của profin, còn đường đặc tính E_2 chỉ tạo mặt phẳng C_2 đến điểm C của profin. Giữa hai điểm E và C có một đường cong chuyển tiếp.

Nếu để trục dụng cụ cắt trục chi tiết (hình 1.7b) thì phần lân cận giữa K_1 và K_2 sẽ tiếp nhau. Các đường đặc tính E_1 và E_2 sẽ không tách nhau do đó đảm bảo gia công đúng các bề mặt C_1 và C_2 mà không có chuyển tiếp.

Độ chính xác đạt được của bề mặt chi tiết gia công phụ thuộc vào độ chính xác của bề mặt khởi thủy, nghĩa là độ chính xác chế tạo các kích thước tương ứng của dụng cụ.

Để đạt được độ chính xác chi tiết sau khi gia công nằm trong phạm vi dung sai cho phép của nó thì dụng cụ phải có dung sai chế tạo hẹp hơn nhiều.



Hình 1.7. Sơ đồ gia công mặt quay bằng dao phay ngón

Đó là vì sai số chế tạo chi tiết ngoài dụng cụ còn phụ thuộc vào sai số của máy, đồ gá, vị trí chuẩn của chi tiết, v...v.

Thông thường thì dung sai các kích thước của dụng cụ trực tiếp ảnh hưởng đến hình dáng và kích thước bề mặt gia công nằm trong giới hạn $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ dung sai của kích thước tương ứng của chi tiết.

CHƯƠNG 2

THIẾT KẾ CÁC LOẠI DỤNG CỤ GIA CÔNG CÁC BỀ MẶT TRÒN XOAY TRÊN MÁY TIỆN

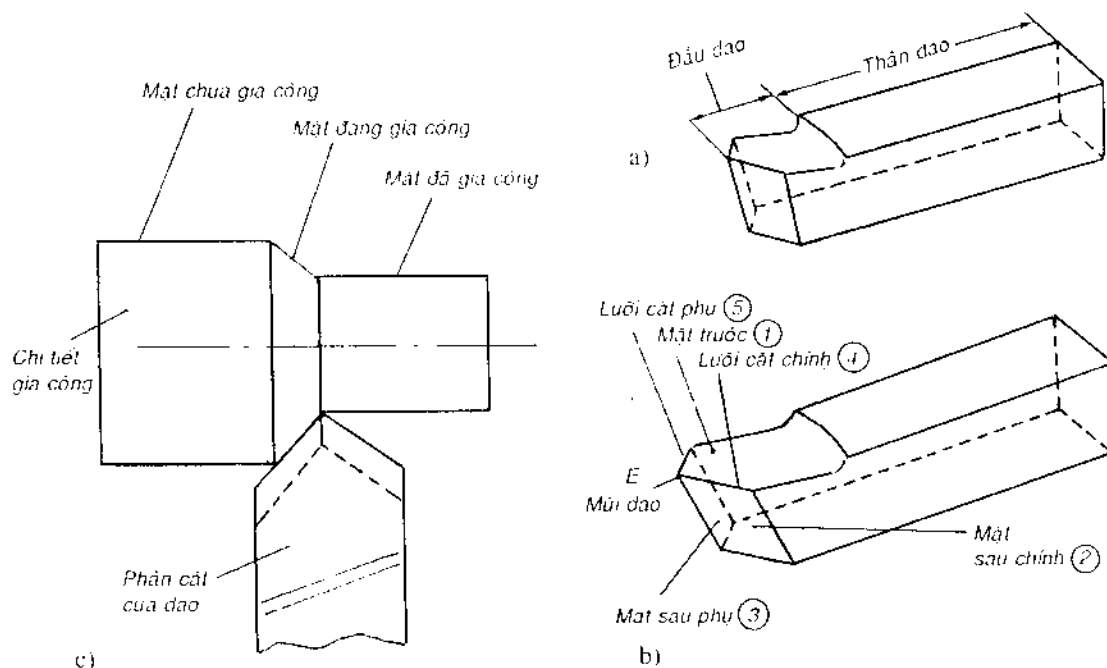
2.1. Dụng cụ cắt đơn và dụng cụ cắt tiêu chuẩn (TCVN 3011-79 ÷ 3025-79)

2.1.1. Công dụng và phân loại

Dụng cụ cắt đơn được dùng phổ biến trong quá trình gia công cắt gọt trên máy tiện vạn năng, máy tiện tự động, máy bào, máy xọc và có thể được dùng trên các máy chuyên dùng khác.

Vì vậy dụng cụ cắt đơn có nhiều dạng và kết cấu khác nhau tùy theo công dụng của chúng và đã được tiêu chuẩn hoá, thường được chia ra các loại sau:

- Theo loại máy sử dụng: dao tiện, dao bào, dao xọc, v.v.
- Theo dạng gia công: dao tiện ngoài, dao xén mặt đầu, dao cắt đứt, dao tiện lỗ, dao tiện ren, v.v.
- Theo cách gá dao: dao hướng kính, dao tiếp tuyến.
- Theo tính chất gia công: dao cắt thô, dao cắt tinh, ...
- Theo kết cấu thân dao: thân dao hình chữ nhật, thân dao hình vuông, hình tròn...



Hình 2.1. Dao cắt đơn.

a) Các bộ phận của dao; b) Thông số đầu dao; c) Các bề mặt trên chi tiết

- Theo kết cấu đầu dao: dao đầu thẳng, dao đầu cong.
- Theo hướng chạy dao: dao phải, dao trái, ...
- Theo loại vật liệu dụng cụ: dao thép gió, dao hợp kim cứng, ...
- Theo phương pháp chế tạo dao: dao đầu liền, dao hàn mảnh dao, dao kẹp mảnh dao...

Dụng cụ cắt đơn (dao cắt đơn) có thể được coi như một vật thể hình học gồm hai phần: phần cắt (đầu dao) và thân dao (hình 2.1a). Dạng và kích thước phần thân dao được chế tạo theo tiêu chuẩn và được dùng để kẹp chặt dao vào bàn dao của máy. Phần cắt của dao được chế tạo với thông số hình học xác định.

2.1.2. Thông số hình học phần cắt của dụng cụ

Phần cắt của dụng cụ cắt đơn (hình 2.1b) và của các loại dụng cụ cắt được tạo thành bởi mặt trước ① (phoi thoát theo mặt trước), mặt sau chính ② đối diện với mặt đang gia công và mặt sau phụ ③ đối diện với mặt đã gia công của chi tiết (hình 2.1c).

- Lưỡi cắt chính ④ là giao tuyến của mặt trước ① và mặt sau chính ②.
- Lưỡi cắt phụ ⑤ là giao tuyến của mặt trước ① và mặt sau phụ ③.
- Giao điểm của lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ là mũi dao E.

2.1.2.1. Các chuyển động khi cắt

Để xác định các mặt phẳng tọa độ cần phải dựa vào các chuyển động khi cắt. Trong quá trình cắt dao và chi tiết cần phải thực hiện các chuyển động sau:

- Chuyển động cắt chính M_c với tốc độ cắt chính là $\bar{V}_c$, là chuyển động cắt chủ yếu để tạo ra phoi (trên máy tiện là chuyển động quay được truyền cho chi tiết).
- Chuyển động chạy dao dọc M_r với tốc độ $\bar{V}_r$ là chuyển động để cắt hết toàn bộ bề mặt chi tiết (trên máy tiện là chuyển động song song với trục chính của máy - trục chi tiết).
- Chuyển động chạy dao ngang với tốc độ $\bar{V}_n$ là chuyển động tịnh tiến theo phương vuông góc với trục chính máy tiện (trục chi tiết).
- Chuyển động tổng hợp M_c , chuyển động cắt với tốc độ $\bar{V}_c$ là chuyển động tổng hợp của chuyển động cắt chính $\bar{V}_c$ và chuyển động chạy dao dọc $\bar{V}_r$ (chuyển động tạo hình mặt trụ ngoài hoặc mặt trụ trong trên máy tiện); hoặc là chuyển động tổng hợp của chuyển động cắt chính $\bar{V}_c$ với chuyển động chạy dao ngang $\bar{V}_n$ (chuyển động tạo hình mặt phẳng đầu trên máy tiện).

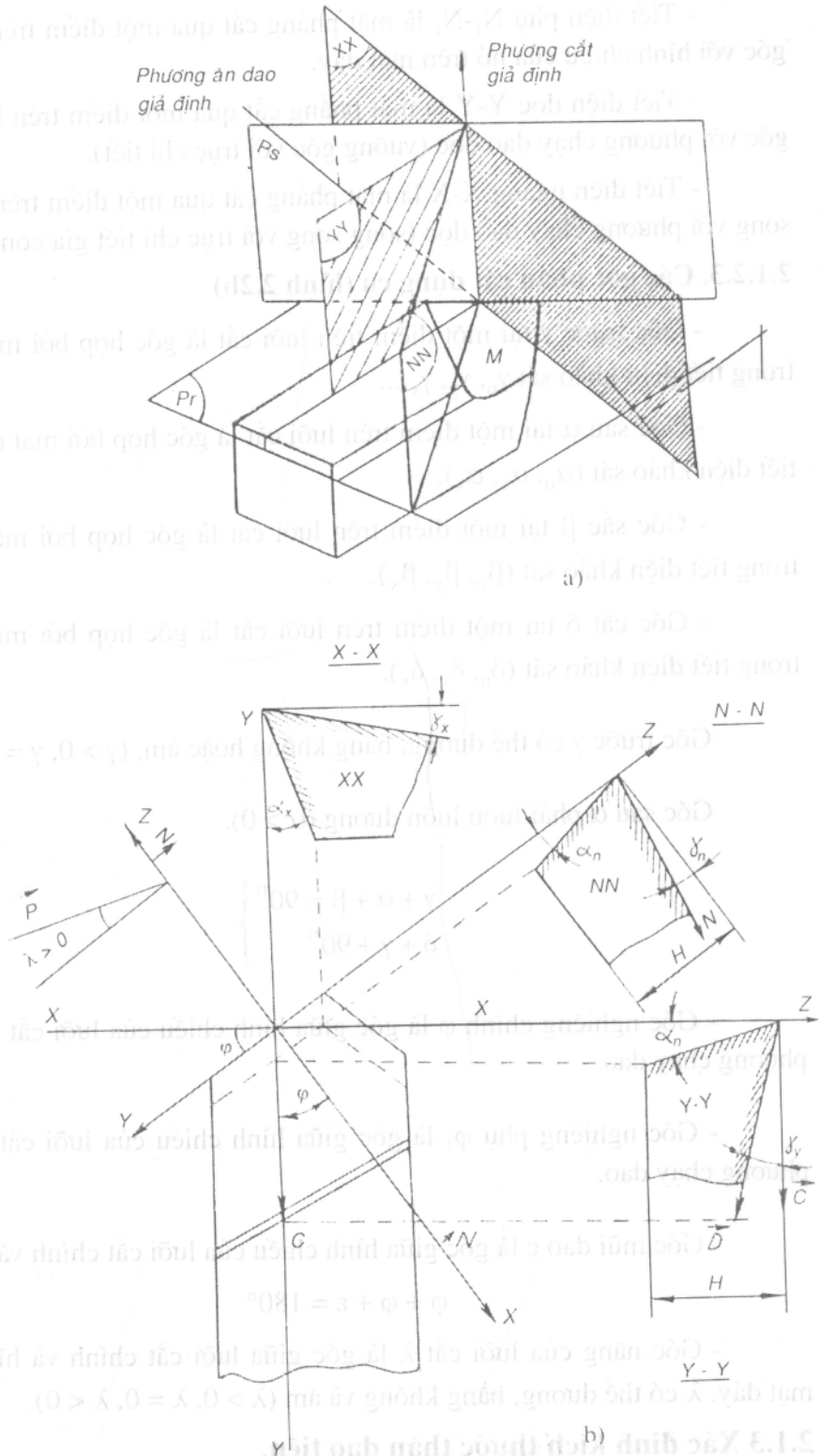
Thông số hình học phần cắt của dụng cụ ở trạng thái tĩnh (phần cắt được xem như là một vật thể hình học) được xác định như khi không có chuyển động chạy dao M_r ($\bar{V}_r = 0$). Trong trường hợp đó $\bar{V}_c$ được xác định như là chuyển động cắt chính $\bar{V}_c$ ($\bar{V}_c = \bar{V}_c$).

2.1.2.2. Các mặt phẳng tọa độ và các tiết diện

Mặt phẳng đáy P_r (hình 2.2a) tại một điểm trên lưỡi cắt M là mặt phẳng đi qua điểm đó và vuông góc với vector tốc độ cắt $\vec{V}_c$, ở trạng thái tĩnh $\vec{V}_r = 0$, mặt đáy vuông góc với $\vec{V}_c$.

Mặt phẳng cắt P_s (hình 2.2a) tại một điểm trên lưỡi cắt chính M là mặt phẳng đi qua điểm đó và tiếp tuyến với mặt đang gia công của chi tiết - tức là mặt phẳng chứa vector tốc độ cắt và tiếp tuyến với lưỡi cắt tại điểm M . Do đó mặt cắt và mặt đáy luôn vuông góc với nhau.

Để khảo sát thông số phần cắt dụng cụ tại một điểm trên lưỡi cắt, phần cắt được cắt bởi các mặt phẳng tiết diện.



Hình 2.2. Các mặt phẳng tọa độ và tiết diện.

a) Các mặt phẳng tọa độ ở trạng thái tĩnh.

- Tiết diện b) Các góc ở phần cắt của dụng cụ cắt đơn trong các tiết diện N-N, Y-Y và X-X.

chính N-N (hình 2.2b) là mặt phẳng cắt qua một điểm của lưỡi cắt và vuông góc với hình chiếu lưỡi cắt chính trên mặt đáy.

- Tiết diện phụ N_1-N_1 là mặt phẳng cắt qua một điểm trên lưỡi cắt phụ và vuông góc với hình chiếu của nó trên mặt đáy.

- Tiết diện dọc Y-Y là mặt phẳng cắt qua một điểm trên lưỡi cắt chính và vuông góc với phương chạy dao dọc (vuông góc với trục chi tiết).

- Tiết diện ngang X-X là mặt phẳng cắt qua một điểm trên lưỡi cắt chính và song song với phương chạy dao dọc (song song với trục chi tiết gia công).

2.1.2.3. Các góc phần cắt dụng cụ (hình 2.2b)

- Góc trước γ tại một điểm trên lưỡi cắt là góc hợp bởi mặt trước và mặt đáy do trong tiết diện khảo sát $\gamma_n, \gamma_y, \gamma_x, \dots$

- Góc sau α tại một điểm trên lưỡi cắt là góc hợp bởi mặt cắt và mặt sau do trong tiết diện khảo sát $(\alpha_n, \alpha_y, \alpha_x)$.

- Góc sắc β tại một điểm trên lưỡi cắt là góc hợp bởi mặt trước và mặt sau do trong tiết diện khảo sát $(\beta_n, \beta_y, \beta_x)$.

- Góc cắt δ tại một điểm trên lưỡi cắt là góc hợp bởi mặt trước và mặt cắt do trong tiết diện khảo sát $(\delta_n, \delta_y, \delta_x)$.

Góc trước γ có thể dương, bằng không hoặc âm, ($\gamma > 0, \gamma = 0, \gamma < 0$).

Góc sau α phải luôn luôn dương ($\alpha > 0$).

$$\left. \begin{aligned} \gamma + \alpha + \beta &= 90^\circ \\ \delta + \gamma + 90^\circ & \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

- Góc nghiêng chính φ là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt chính trên mặt đáy và phương chạy dao.

- Góc nghiêng phụ φ_1 là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt phụ trên mặt đáy và phương chạy dao.

- Góc mũi dao ε là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt chính và phụ trên mặt đáy.

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ \quad (2.2)$$

- Góc nâng của lưỡi cắt λ là góc giữa lưỡi cắt chính và hình chiếu của nó trên mặt đáy. λ có thể dương, bằng không và âm ($\lambda > 0, \lambda = 0, \lambda < 0$).

2.1.3 Xác định kích thước thân dao tiện.

Kích thước thân dao tiện được xác định ở tiết diện ngang của thân dao theo thành phần lực cắt chính P_z và khoảng cách l từ điểm đặt lực đến mặt tựa (hình 2.3).

Lực cắt chính P_z có thể được xác định theo công thức:

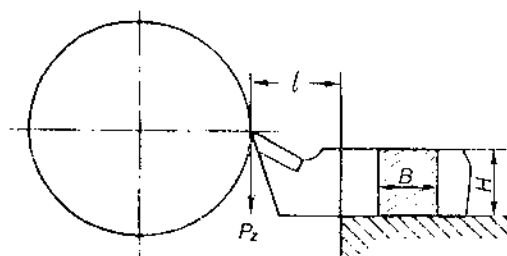
$$P_z = p \cdot f \quad (2.3)$$

Trong đó:

p - lực cắt đơn vị, $\frac{N}{mm^2}$.

f - diện tích cắt, mm^2 .

Để đảm bảo sức bền thân dao, mômen uốn do lực P_z gây ra phải nhỏ hơn mômen uốn cho phép của tiết diện thân dao:



Hình 2.3 Xác định kích thước thân dao tiện.

$$M_u \leq [M_u] \quad (2.3)$$

$$M_u = P_z \cdot l \quad (2.4)$$

$$[M_u] = W \cdot [\sigma_u]$$

$$P_z \cdot l \leq W \cdot [\sigma_u]$$

W - momen chống uốn của tiết diện thân dao, W có thể được xác định như sau:

- Thân dao hình chữ nhật $B \times H$:

$$W = \frac{BH^2}{6}$$

- Thân dao hình vuông $B \times B$:

$$W = \frac{B^3}{6}$$

- Thân dao hình tròn đường kính d :

$$W = \frac{d^3}{10}$$

$[\sigma_u]$ - ứng suất uốn cho phép của vật liệu thân dao, thường lấy $[\sigma_u] = 200 \div 250 \frac{N}{mm^2}$.

Từ đó suy ra các công thức xác định kích thước tiết diện thân dao:

$$\left. \begin{array}{l} \text{- Hình chữ nhật: } BH^2 = \frac{6 \cdot f \cdot p \cdot l}{[\sigma_u]} \\ \text{- Hình vuông: } B^3 = \frac{6 \cdot f \cdot p \cdot l}{[\sigma_u]} \\ \text{- Hình tròn: } d^3 = \frac{10 \cdot f \cdot p \cdot l}{[\sigma_u]} \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

Trong thực tế, ngoài lực P_z còn các lực P_y , P_x tác dụng lên phần cắt của dụng cụ. Trị số lực P_y và P_x có thể được lấy gần đúng như sau: $P_y = (0,4 \div 0,5)P_z$; $P_x = (0,3 \div 0,4)P_z$ (với $\varphi = 45^\circ$ và $\lambda = 0$).

Tiết diện thân dao tiện đã được tiêu chuẩn hóa (TCVN 3011-79 ÷ 3025-79) và kích thước α của chúng nằm trong một phạm vi khá lớn. Sau khi tính toán sức bền, kích thước thân dao được chọn về phía lớn hơn theo tiêu chuẩn để đảm bảo an toàn trong quá trình cắt.

Tiết diện thân dao có thể được chọn theo tiết diện lớp kim loại bị cắt (bảng 2.1) hoặc theo chiều cao tâm máy (bảng 2.2).

Bảng 2.1: Chọn tiết diện thân dao theo diện tích lớp cắt

Kích thước dao tiện, mm		Mảnh dao hợp kim cứng		Mảnh dao thép gió	
Chữ nhật	Vuông	Diện tích cắt lớn nhất, mm	Chiều sâu cắt lớn nhất, mm	Diện tích cắt lớn nhất, mm	Chiều sâu cắt lớn nhất, mm
10 x 16	12	-	-	1,5	3
12 x 20	16	-	-	2,5	4
16 x 25	20	4	6	4	5
20 x 30	25	8	10	6	6
25 x 40	30	18	13	9	7
30 x 45	40	25	18	16	8
40 x 60	50	40	25	25	12
50 x 80	65	60	36	-	-
Số liệu trên nên dùng khi gia công thép có độ cứng trung bình ($\sigma_b = 750 \text{ N/mm}^2$) bằng dao tiện ngoài có góc $\phi = 45^\circ$.					

Bảng 2.2: Chọn tiết diện thân dao theo chiều cao tâm máy tiện

Gá dao	Chiều cao tâm, mm				
	150	180 - 200	260	300	350 - 400
	Kích thước của dao, mm				
Trong đầu gá 4 dao	12 x 20	12 x 20	16 x 25	20 x 30	25 x 40
Trong bàn dao	12 x 20	16 x 25	20 x 30	20 x 30	25 x 40
Kích thước của thân dao tiết diện vuông lấy tương tự như ở bảng 2.1					

Chiều dài L của dao tiện theo tiêu chuẩn quy định phụ thuộc vào tiết diện ngang thân dao.

2.2 Thiết kế dao tiện định hình gia công các bề mặt tròn xoay trên máy tiện.

2.2.1 Công dụng, phân loại và phạm vi sử dụng.

Dao tiện định hình được dùng để gia công các bề mặt định hình tròn xoay trong sản xuất hàng loạt lớn, hàng khối trên các máy tiện tự động, bán tự động.... Gia công bằng dao tiện định hình so với dao tiện đơn thường có những ưu điểm sau:

- Đảm bảo độ đồng nhất profin chi tiết trong quá trình gia công vì không phụ thuộc tay nghề công nhân mà chỉ phụ thuộc vào độ chính xác khi thiết kế và chế tạo dao tiện định hình.

- Năng suất cao vì giảm được thời gian máy, thời gian phụ.

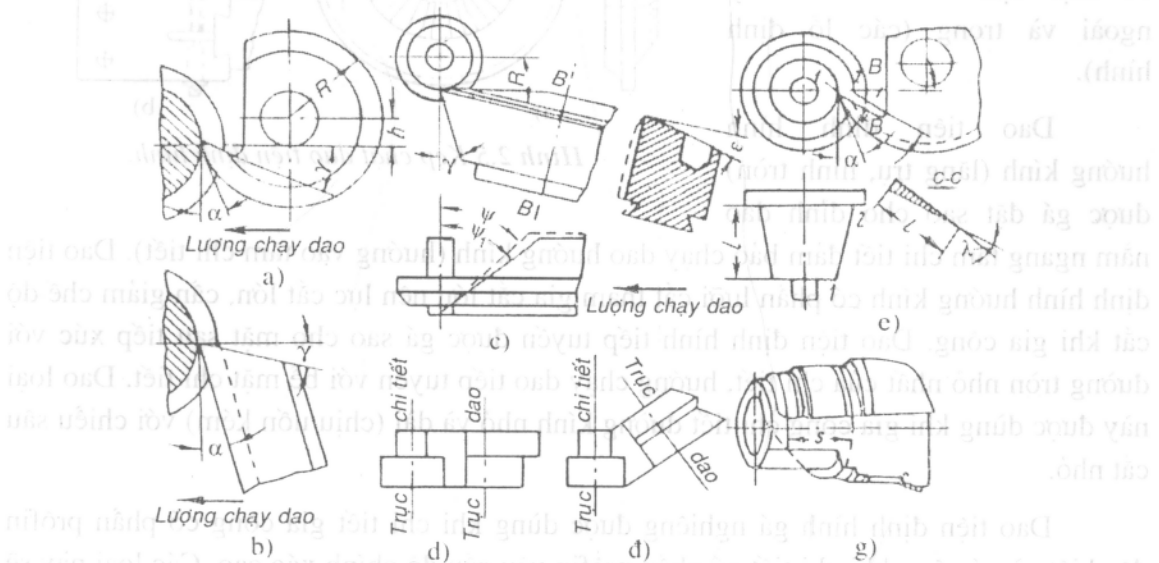
- Tuổi thọ của dao lớn vì mài lại được nhiều lần.

- Số lượng phế phẩm ít.

- Mài sắc lại đơn giản vì mài sắc lại theo mặt trước là mặt phẳng.

Tuy nhiên thiết kế và chế tạo dao tiện định hình phức tạp hơn nhiều so với dao tiện đơn thông thường cho nên dao tiện định hình được dùng chủ yếu trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

Tùy theo cách phân loại, trong thực tế dao tiện định hình được phân thành các loại sau (hình 2.4):



Hình 2.4 Các loại dao tiện định hình.

a) Theo hình dạng dao:

- Dao hình tròn (đĩa) (hình 2.4a).

- Dao hình lăng trụ (hình 2.4b).

b) Theo cách gá dao

- Dao hướng kính (hình 2.4a.b).

- Dao tiếp tuyến (hình 2.4c).
- c) Theo vị trí của đường tâm chi tiết, tâm lỗ dao và chuẩn kẹp.
 - Dao gá thẳng (hình 2.4d).
 - Dao gá nghiêng (hình 2.4đ).
- d) Theo vị trí mặt trước:
 - Dao mặt trước không nâng $\lambda = 0$ (h.2.4a.b).
 - Dao mặt trước nâng gá nâng $\lambda > 0$ (hình 2.4e).
- e) Theo dạng bề mặt sau định hình:
 - Mặt tròn xoay (hình 2.4a).
 - Mặt sau xoắn (hình 2.4g).

Dao tiện định hình lăng trụ được kẹp chặt bằng mang cá và vít giữ dùng để tiện các bề mặt ngoài định hình tròn xoay. Dao tiện định hình hình tròn được lắp vào trục gá và chống xoay bằng các khóa mặt đầu hoặc bằng chốt (hình 2.5a).

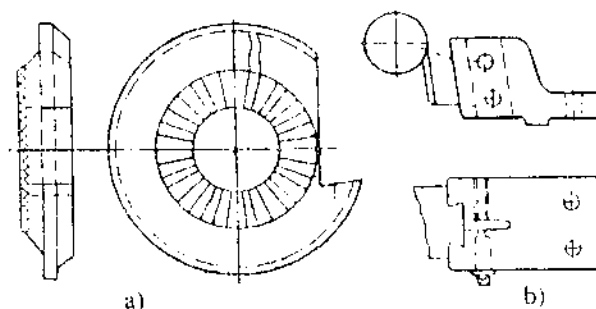
Dao tiện định hình hình tròn được dùng để gia công các bề mặt định hình tròn xoay ngoài và trong (các lỗ định hình).

Dao tiện định hình hướng kính (lăng trụ, hình tròn) được gá đặt sao cho đỉnh dao

nằm ngang tâm chi tiết đảm bảo chạy dao hướng kính (hướng vào tâm chi tiết). Dao tiện định hình hướng kính có phần lưỡi cắt tham gia cắt lớn nên lực cắt lớn, cần giảm chế độ cắt khi gia công. Dao tiện định hình tiếp tuyến được gá sao cho mặt sau tiếp xúc với đường tròn nhỏ nhất của chi tiết, hướng chạy dao tiếp tuyến với bề mặt chi tiết. Dao loại này được dùng khi gia công chi tiết đường kính nhỏ và dài (chịu uốn kém) với chiều sâu cắt nhỏ.

Dao tiện định hình gá nghiêng được dùng khi chi tiết gia công có phần profile đặc biệt và gá nâng khi chi tiết có phần profile yêu cầu độ chính xác cao. Các loại này sẽ được tính toán đặc biệt khi thiết kế.

Dao tiện định hình lăng trụ được kẹp chặt cứng vững hơn dao hình tròn. Góc sau ở dao tiện định hình lăng trụ có thể chọn được lớn hơn, gia công chi tiết đạt độ chính xác cao hơn so với dao hình tròn. Dao tiện định hình hình tròn dễ chế tạo hơn dao hình lăng trụ (mặt sau tròn xoay dễ chế tạo hơn mặt lăng trụ).



Hình 2.5 Kẹp chặt dao tiện định hình.

2.2.2 Mặt trước, mặt sau và kết cấu dao tiện định hình.

Để mài sắc lại dễ dàng đơn giản, mặt trước của dao tiện định hình các loại được chọn là mặt phẳng. Mặt sau của dao tiện định hình hình tròn là mặt tròn xoay định hình, có profin trong tiết diện hướng kính được thiết kế dựa vào profin của chi tiết gia công, góc trước và góc sau của dao. Mặt sau của dao tiện định hình lăng trụ là mặt kẻ (mặt lăng trụ) mà đường chuẩn được xác định dựa vào profin chi tiết, góc trước và góc sau của dao.

Kích thước kết cấu của dao tiện định hình được xác định dựa vào chiều sâu lớn nhất $t_{\max}$ và chiều dài L của profin chi tiết.

Các kích thước kết cấu dao tiện định hình hình tròn được trình bày trên hình 2.6 và dao tiện định hình lăng trụ - trên hình 2.7.

Đối với dao tiện định hình hình tròn gá thẳng (trục phôi và trục dao song song), đường kính của dao khi tiện ngoài $D_c = 10 \div 120\text{mm}$, khi tiện trong $D_c \leq 0,75 d_{ci}$ (d_{ci} - đường kính lỗ chi tiết gia công). Dao tiện có đường kính nhỏ hơn 30mm được chế tạo liền cán, đường kính lớn hơn 30mm được chế tạo cán rời (có lỗ gá để lắp trục gá). Đường kính ngoài của dao tiện cho phép nhỏ nhất có lỗ gá lắp trục gá:

$$D_{\min} \geq 1,5d_0 + 2t + 6\text{mm}.$$

Trong đó:

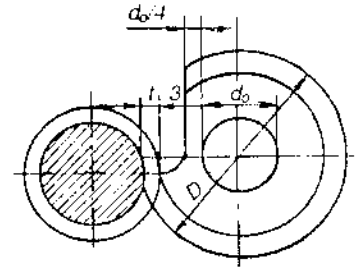
d_0 - đường kính lỗ gá.

t - chiều sâu profin dao.

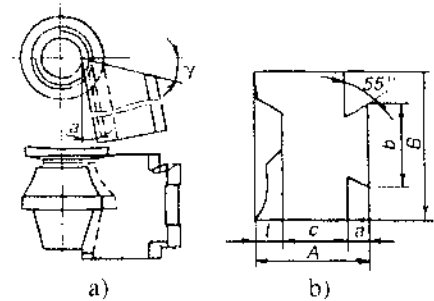
Đường kính ngoài D_c và lỗ d_0 nên dùng theo bảng 2.3.

Để lắp dao tiện định hình hình tròn dễ dàng và nâng cao độ cứng vững kẹp chặt, trên mặt đầu của dao được chế tạo có các răng khía mặt đầu (hình 2.8). Số răng khía Z thường lấy $z = 34$ và theo phương hướng kính.

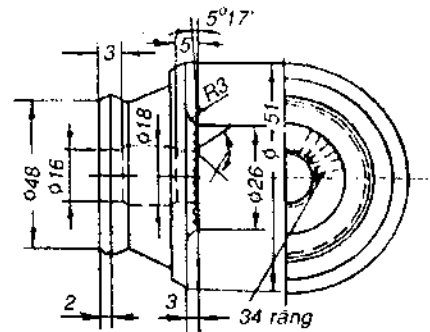
Chiều dài của dao hình lăng trụ được lấy khoảng $75 \div 100\text{mm}$; chiều rộng B được lấy phụ thuộc vào chiều dài profin chi tiết.



Hình 2.6 Kích thước kết cấu dao tiện định hình hình tròn.



Hình 2.7 Dao tiện định hình hình lăng trụ
a) góc đặt đối với chi tiết;
b) các kích thước cơ bản.



Hình 2.8 Kẹp chặt dao tiện định hình hình tròn.

Bảng 2.3 Đường kính D_e và d_0 , mm

D_e	30	40 ÷ 50	60 ÷ 75	90
d_0	13	16	22	27

2.2.3. Thiết kế dao tiện định hình hướng kính

Để xác định prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình có thể áp dụng các phương pháp khác nhau (đồ thị, đồ thị giải tích, giải tích, ...).

Thông thường prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình được tính toán dựa vào sơ đồ gia công (sơ đồ tính). Sơ đồ tính toán biểu diễn vị trí cuối cùng (gia công xong) của dao tiện định hình và chi tiết gia công với điểm gốc prôfin (điểm cơ sở). Điểm gốc prôfin (điểm cơ sở) là điểm prôfin chi tiết và lưỡi cắt trùng nhau nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua trục chi tiết, điểm I (I', I), hình 2.9. Thông thường điểm cơ sở được chọn là điểm prôfin chi tiết có bán kính nhỏ nhất $r_1 = r_{\min}$.

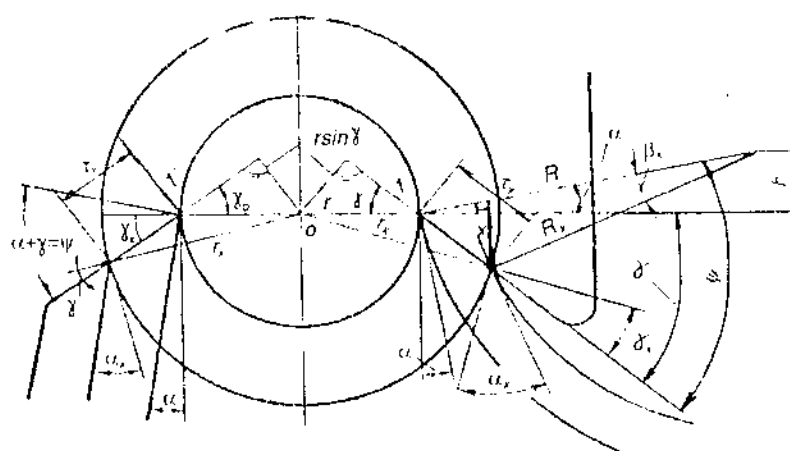
2.2.3.1. Góc trước, góc sau tại các điểm khác nhau trên lưỡi cắt dao tiện định hình

Sơ đồ xác định góc trước và góc sau tại các điểm trên lưỡi cắt dao tiện định hình được diễn tả trên hình 2.9.

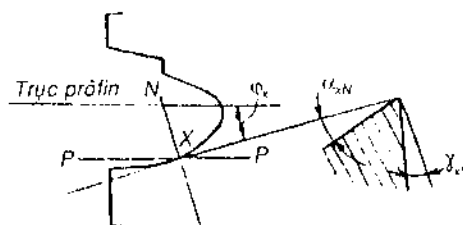
Tại các điểm cơ sở (I', I) góc trước γ và góc sau α được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công và điều kiện gia công.

Đối với dao hình tròn, muốn tạo được góc sau ở điểm cơ sở, tâm dao phải đặt cao hơn tâm chi tiết một đoạn là h so với mặt phẳng nằm ngang, h được gọi là chiều cao gá dao và được xác định như sau (hình 2.9a):

a) Dao hình tròn



b) Dao lăng trụ



Hình 2.9 Sơ đồ xác định góc sau, góc trước tại các điểm trên lưỡi cắt dao tiện định hình.

$$h = R \cdot \sin \alpha \quad (2.6)$$

Trong đó: R - bán kính dao hình tròn tại điểm cơ sở, được chọn phụ thuộc vào chiều sâu lớn nhất của profil chi tiết. Nếu điểm cơ sở được chọn là điểm có bán kính chi tiết nhỏ nhất thì R là bán kính lớn nhất của dao.

Góc sau của dao tiện định hình lăng trụ được tạo thành do gá đặt (hình 2.9b).

Quan hệ giữa góc trước γ ở điểm cơ sở và góc trước γ_x tại điểm bất kỳ trên lưỡi cắt tương ứng với bán kính chi tiết r_x (hình 2.9b) do trong mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết p-p (hình 2.9b) được xác định như sau:

$$\sin \gamma_x = \frac{r_l}{r_x} \sin \gamma$$

$$\gamma_x = \arcsin \left(\frac{r_l}{r_x} \sin \gamma \right) \quad (2.7)$$

Góc sau α_x được xác định như sau:

- Đối với dao lăng trụ:

$$\alpha_x = \psi - \gamma_x \quad (2.8)$$

$$\psi = \gamma + \alpha \quad (2.9)$$

- Đối với dao hình tròn:

$$\alpha_x = \psi - \gamma_x + \beta_x \quad (2.10)$$

$$\operatorname{tg} \beta_x = \frac{\tau_x \cdot \sin \psi}{R - \tau_x \cos \psi}$$

$$\tau_x = r_x \cos \gamma_x - r_l \cos \gamma$$

$$\operatorname{tg} \beta_x = \frac{(r_x \cos \gamma_x - r_l \cos \gamma) \sin \psi}{R - (r_x \cos \gamma_x - r_l \cos \gamma) \cos \psi}$$

$$\beta_x = \operatorname{arctg} \left[\frac{(r_x \cos \gamma_x - r_l \cos \gamma) \sin \psi}{R - (r_x \cos \gamma_x - r_l \cos \gamma) \cos \psi} \right] \quad (2.11)$$

Qua các công thức (2.7), (2.8) và (2.11) ta thấy rằng: góc trước và góc sau tại các điểm khác nhau trên lưỡi cắt dao tiện định hình không bằng nhau. Tại các điểm trên lưỡi cắt càng xa tâm chi tiết (r_x càng lớn) thì góc sau α_x càng lớn, góc trước γ_x ngược lại càng nhỏ.

Vì vậy để đảm bảo góc sau tại các điểm trên lưỡi cắt không quá nhỏ, điểm cơ sở khi thiết kế dao tiện định hình thường được chọn trùng với điểm của chi tiết có bán kính nhỏ nhất, điểm gần tâm chi tiết nhất.

Góc sau α tại điểm cơ sở thường được chọn đối với dao hình tròn trong khoảng $\alpha = 10^\circ \div 12^\circ$; đối với dao hình lăng trụ có thể chọn lớn hơn: $\alpha = 12^\circ \div 15^\circ$.

Góc trước γ phụ thuộc chủ yếu vào vật liệu gia công, có thể được chọn như sau:

- Gia công nhôm đồng: $\gamma = 25 \div 30^\circ$
- Gia công thép (phụ thuộc vào độ cứng): $\gamma = 5 \div 20^\circ$.
- Gia công đồng đỏ, đồng thau: $\gamma = 0 \div 5^\circ$.
- Gia công gang: $\gamma = 0 \div 10^\circ$.

2.2.3.2. Xác định prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình hướng kính gá thẳng

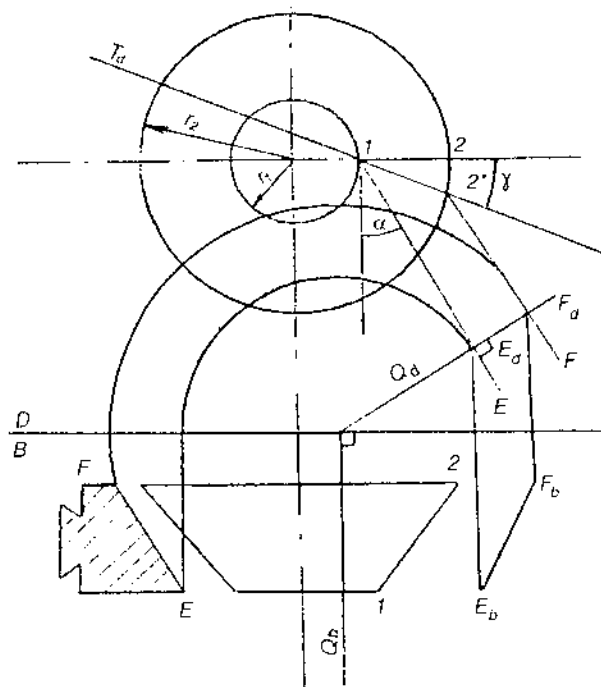
Prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình có thể được xác định bằng đồ thị, tính toán theo sơ đồ (đồ thị - giải tích), v.v...

a) Phương pháp đồ thị.

Theo đồ thị hình 2.10, prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình lăng trụ được xác định là hình chiếu của lưỡi cắt theo phương song song với mặt sau lên mặt phẳng vuông góc với mặt sau, có nghĩa là prôfin lưỡi cắt ở tiết diện pháp tuyến với mặt sau (tiết diện thẳng của mặt sau). Đối với dao hình tròn, prôfin lưỡi cắt là giao tuyến mặt sau với mặt phẳng chứa trục - tiết diện hướng kính (tiết diện thẳng của mặt sau) - các kích thước của prôfin ở các tiết diện trên cần thiết để chế tạo dao. Ngoài ra còn xác định kích thước prôfin lưỡi cắt theo mặt trước (ở tiết diện mặt trước) để kiểm tra lưỡi cắt dao. Để thiết kế dao tiện định hình cần phải biết và lựa chọn các thông số sau:

- Prôfin chi tiết gia công cho trước.
- Lựa chọn γ và α tại điểm cơ sở.
- Sơ đồ tính được trình bày ở vị trí cuối cùng của dao khi gia công xong chi tiết.

Trong quá trình cắt, dao tiện định hình chuyển động tịnh tiến vào tâm chi tiết và cắt lớp kim loại xác định. Ở thời điểm kết thúc gia công chuyển động chạy dao dừng lại. Tại thời điểm đó lưỡi cắt dao tiện nằm trên bề mặt chi tiết đã gia công. Do đó lưỡi cắt dao tiện định hình là giao tuyến của bề mặt chi tiết gia công và mặt trước của dao, đồng thời là giao tuyến của mặt trước và mặt sau. Vì vậy mặt sau của dao tiện định hình lăng trụ là mặt kẻ (được tạo thành do các đường thẳng chuyển động song song với nó và luôn



Hình 2.10 Xác định prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình lăng trụ bằng đồ thị.

ngiêng một góc α so với phương thẳng đứng dựa trên đường chuẩn là prôfin lưới cắt). Đối với dao hình tròn, mặt sau là mặt tròn xoay và đường sinh chính là prôfin lưới cắt.

Trên hình 2.10, bằng phương pháp vẽ xác định được prôfin lưới cắt dao tiện định hình lăng trụ. Mặt phẳng D vuông góc với trục chi tiết, mặt phẳng B song song với phương chạy dao (mặt phẳng nằm ngang song song với mặt phẳng chứa trục chi tiết), B vuông góc D. Trong hệ thống mặt phẳng chiếu đã chọn, chi tiết cho trước là một hình nón cụt (hình 2.10). Qua điểm cơ sở I (1,1') đã chọn trên chi tiết vẽ mặt trước T, giả sử $\lambda = 0$, thì mặt trước trên hình chiếu đứng là đường thẳng T_0 hợp với phương nằm ngang qua điểm I một góc γ (góc trước tại điểm cơ sở). Để xác định lưới cắt có thể dùng phương pháp tiết diện - cắt bằng các mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết.

Tiết diện I-I - cắt bề mặt chi tiết qua điểm I và theo vòng tròn bán kính r_1 và tiết diện II-II, cắt bề mặt chi tiết qua điểm II(2,2') và theo vòng tròn bán kính r_2 . Các vòng tròn đó có trị số thực trên mặt phẳng D (hình 2.10). Mặt phẳng trước T cắt bề mặt chi tiết theo đường 1-2". Điểm 2" là giao điểm của vòng tròn bán kính r_2 với đường 1-2", sẽ là điểm của lưới cắt cần tìm.

Qua điểm 1 và 2" của lưới cắt vẽ các đường sinh mặt sau 1-E và 2"-F nghiêng một góc α với phương thẳng đứng. Các đường sinh đó tạo nên mặt sau của dao tiện được thiết kế. Để xác định prôfin của lưỡi dao tiện định hình trong tiết diện vuông góc với mặt sau ta vẽ mặt phẳng Q vuông góc với mặt sau (vuông góc với 1E và 2"F) cắt 1E và 2"F tại hai điểm E_0 và F_0 tương ứng (hình 2.10). Gập mặt Q với B, ta được EF là prôfin thực của dao trong tiết diện vuông góc với mặt sau.

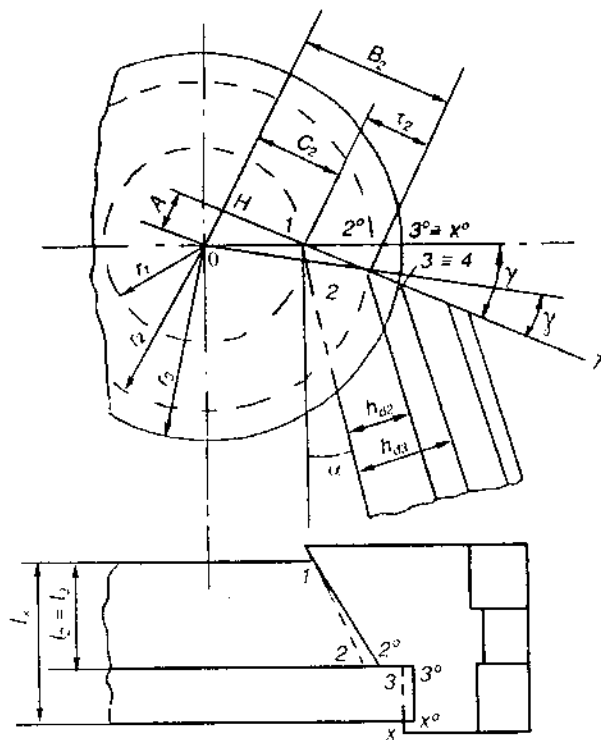
b) Phương pháp tính toán.

Dựa vào sơ đồ tính để xác định prôfin lưới cắt của dao tiện định hình.

1. Dao tiện lăng trụ.

Giả sử chi tiết có prôfin và kích thước đã biết như trên hình 2.11.

Chọn điểm I (1,1') làm điểm cơ sở để xác định prôfin lưới cắt. Qua điểm I trên hình chiếu đứng vẽ mặt trước T hợp với phương nằm ngang một góc γ . Mặt trước T cắt các vòng tròn có bán kính $r_1, r_2, r_3, \dots(r_n) \dots$ tại các điểm 1, 2, 3,...(x)... trên lưới cắt dao. Khoảng cách từ điểm 1 đến các điểm 2, 3, ... (x)... là $\tau_2, \tau_3, \dots(\tau_x) \dots$ là $\tau_2, \tau_3, \dots(\tau_x) \dots$



Hình 2.11 Sơ đồ tính toán prôfin dao lăng trụ

chiều cao prôfin lưỡi cắt theo mặt trước. Từ các điểm 2, 3,...(x)... trên lưỡi cắt dao hạ các đoạn thẳng vuông góc với mặt sau ứng với điểm 1 được các đoạn $h_{d2}, h_{d3}, \dots(h_{dx})\dots$. Đó chính là chiều cao prôfin lưỡi cắt trong tiết diện vuông góc với mặt sau. Các điểm 1, 2, 3,...(x)... trên lưỡi cắt của dao gia công các vòng tròn có bán kính $r_1, r_2, r_3, \dots(r_x)\dots$ ứng với các điểm 1, 2'', 3''...(x'')... của prôfin chi tiết.

Trên hình chiếu bằng, chiều rộng prôfin các điểm 2, 3, ...(x)... là khoảng cách từ điểm 1 đến các điểm đó theo phương song song với trục: $l_1, l_2, l_3, \dots(l_x)\dots$. Các chiều rộng đó bằng chiều rộng prôfin chi tiết tương ứng: $l_{2''}, l_{3''}, \dots l_{x''}\dots$.

Theo sơ đồ hình 2.10 có thể tính chiều cao prôfin h_d của lưỡi cắt như sau:

$$h_{d2} = \tau_2 \cdot \cos(\gamma + \alpha) \quad (2.12)$$

$$\tau_2 = r_2 \cos \gamma_2 - r_1 \cos \gamma$$

$$\gamma_2 = \arcsin \left(\frac{r_1}{r_2} \sin \gamma \right)$$

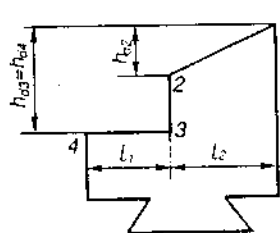
Với điểm (x) bất kỳ ứng với bán kính (r_x):

$$h_{dx} = \tau_x \cdot \cos(\gamma + \alpha) \quad (2.13)$$

$$\tau_x = r_x \cos \gamma_x - r_1 \cos \gamma$$

$$\gamma_x = \arcsin \left(\frac{r_1}{r_x} \sin \gamma \right)$$

Sau khi tính được chiều cao prôfin, $h_{d1}, h_{d2}, \dots h_{dx}\dots$ kết hợp với chiều rộng prôfin $l_1, l_2, \dots l_x\dots$ thì prôfin lưỡi cắt trong tiết diện vuông góc với mặt sau hoàn toàn được xác định (hình 2.12).



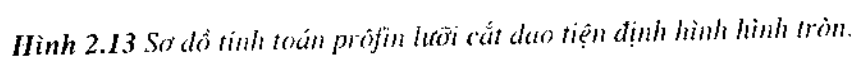
Hình 2.12 Prôfin lưỡi cắt dao lăng trụ trong tiết diện vuông góc với mặt sau.

2) Dao tiện định hình hình tròn tiện ngoài.

Giả thiết chi tiết định hình được cho như trên hình 2.13. Bán kính R của dao tại điểm cơ sở 1, góc trước γ và góc sau α đã được chọn phụ thuộc vào chiều sâu prôfin chi tiết, vật liệu gia công, v...v.

- Sơ đồ tính toán (hình 2.13) biểu diễn vị trí cuối cùng (gia công xong) của dao và chi tiết.

Dựa vào sơ đồ tính xác định kích thước prôfin lưỡi cắt của dao hình tròn trong tiết diện đi qua trục dao (vuông góc với mặt sau của dao), tức là xác định khoảng cách từ điểm 1 (điểm cơ sở) đến các điểm khác của lưỡi cắt theo phương hướng kính của dao: $h_{d2} = R - R_2$; $h_{d1} = R - R_1 \dots$. Do đó để xác định được h_{d1} cần xác định các bán kính R_i của dao theo các thông số đã biết. Từ sơ đồ tính hình 2.13, bán kính R_i của dao được xác định như sau:



$$\operatorname{tg} \psi_i = \frac{H}{E - \tau_i}; \quad E = R \cdot \cos(\gamma + \alpha); \quad \tau_i = r_i \cdot \cos \gamma_i - r_1 \cdot \cos \gamma$$

H - chiều cao mài dao.

τ_i - chiều cao prôfin theo mặt trước.

r_i - bán kính chi tiết của điểm cơ sở I.

r_i - bán kính chi tiết của điểm khảo sát i.

$$\operatorname{tg} \psi_i = \frac{R \cdot \sin(\gamma + \alpha)}{R \cdot \cos(\gamma + \alpha) - [r_i \cdot \cos \gamma_i - r_i \cdot \cos \gamma]} \quad (2.15)$$

Sau khi xác định được R_i , chiều cao prôfin lưỡi cắt trong tiết diện hướng kính được xác định. Chiều rộng l_i bằng chiều rộng l_{j0} của prôfin chi tiết theo phương trục, $l_i = l_{j0}$ (khoảng cách từ điểm cơ sở đến điểm đang xét theo phương trục).

3) Dao tiện định hình tiện trong (tiện lỗ).

Hình 2.14 trình bày sơ đồ dao tiện định hình hình tròn và chi tiết gia công ở vị trí cuối cùng (đã gia công xong). Tương tự như dao tiện ngoài, dựa vào sơ đồ tính xác định prôfin lưỡi cắt dao trong tiết diện hướng kính (tiết diện qua trục dao).

Dựa vào prôfin chi tiết, vật liệu gia công và yêu cầu kỹ thuật các kích thước kết cấu và thông số hình học được chọn theo tiêu chuẩn.

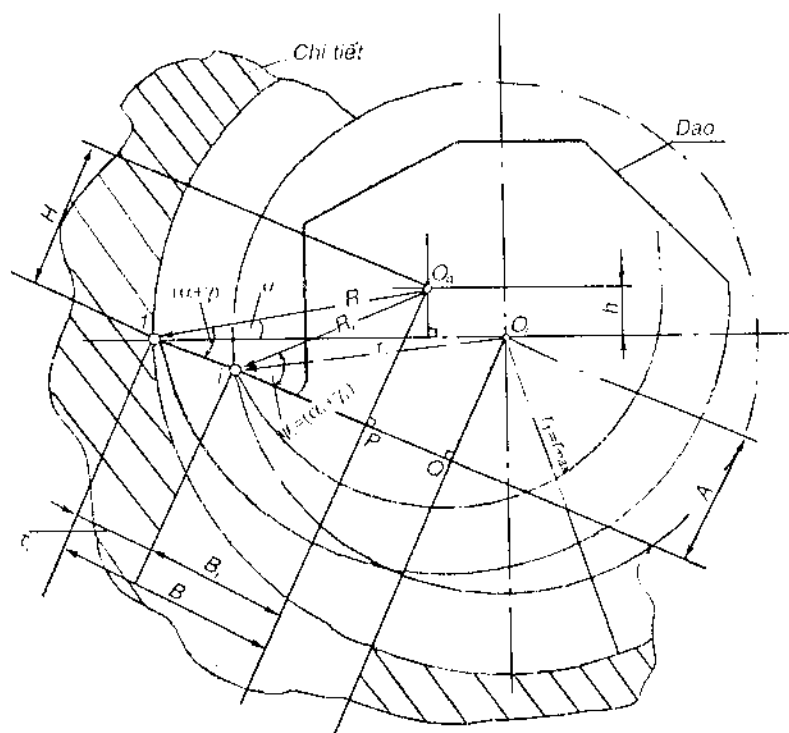
Điểm cơ sở I(1,1'), điểm gốc prôfin nên chọn đối với dao hình tròn tiện trong là điểm xa tâm chi tiết nhất - có r_i là lớn nhất (điểm 1, hình 2.14).

- Góc trước γ và góc sau α tại điểm cơ sở được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công.

- Bán kính dao tại điểm cơ sở được chọn theo bán kính nhỏ nhất của chi tiết ($r_{\min}$).

$$R = (0,75 \div 0,8) r_{\min} \quad (2.16a)$$

Theo sơ đồ tính (hình 2.14) các điểm prôfin chi tiết là 1, 2⁰, 3⁰, 4⁰, ... i⁰... Từ điểm 1 vẽ mặt trước với góc trước là γ , vẽ vòng tròn bán kính R tâm O_d với chiều cao gá



Hình 2.14 Sơ đồ tính prôfin dao tiện định hình tiện trong.

dao:

$$h = R \cdot \sin \alpha$$

- Các điểm 1, 2, 3, ..., i, ... là các điểm trên lưỡi cắt dao.

Tương tự như dao tiện ngoài, chiều cao prôfin lưỡi cắt trong tiết diện hướng kính $h_{di} = R - R_i$. Do đó để xác định h_{di} cần phải xác định R_i . Các kích thước R_i được tính như sau (hình 2.14):

$$R_i = \frac{H}{\sin \psi_i} \quad (2.16b)$$

$$H = R \cdot \sin(\gamma + \alpha); \quad \operatorname{tg} \psi_i = \frac{H}{B_i}; \quad B_i = B - \tau_i$$

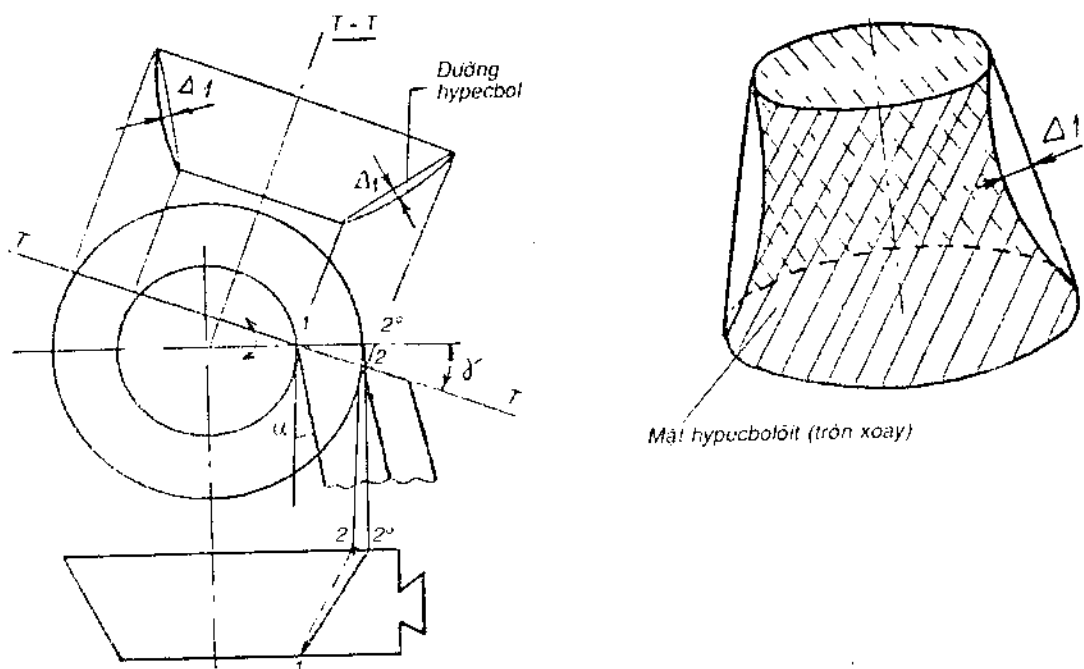
$$B = R \cdot \cos(\gamma + \alpha); \quad \tau_i = r_1 \cdot \cos \gamma - r_i \cdot \cos \gamma_i; \quad \gamma_i = \arcsin \left(\frac{r_1}{r_i} \sin \gamma \right)$$

Thay các giá trị tính được vào công thức (2.16b) ta tính được bán kính dao tại điểm i là R_i . Chiều rộng prôfin lưỡi cắt $l_1, l_2, \dots, l_i$ bằng chiều rộng prôfin chi tiết. Do đó sau khi bán kính R_i được xác định thì prôfin lưỡi cắt của dao tiện định hình tiện trong cũng được xác định.

2.2.4 Sai số khi gia công bằng dao tiện định hình

Khi gia công bằng dao tiện định hình prôfin chi tiết không chính xác do nhiều nguyên nhân gây ra. Khảo sát các sai số trong phần này được giới hạn do thiết kế và phương pháp chế tạo dao gây ra.

2.2.4.1 Khảo sát sai số khi gia công chi tiết bằng dao tiện định hình hình lăng trụ (hình 2.15)



Hình 2.15. Sai số prôfin chi tiết khi tiện định hình

Trên hình 2.15 trình bày sơ đồ gia công bằng dao tiện định hình lăng trụ. Để dễ khảo sát coi như bề mặt chi tiết có dạng côn (hình 2.15). (Nếu bề mặt phức tạp, nó có thể được coi như nhiều mặt côn ngắn hợp lại).

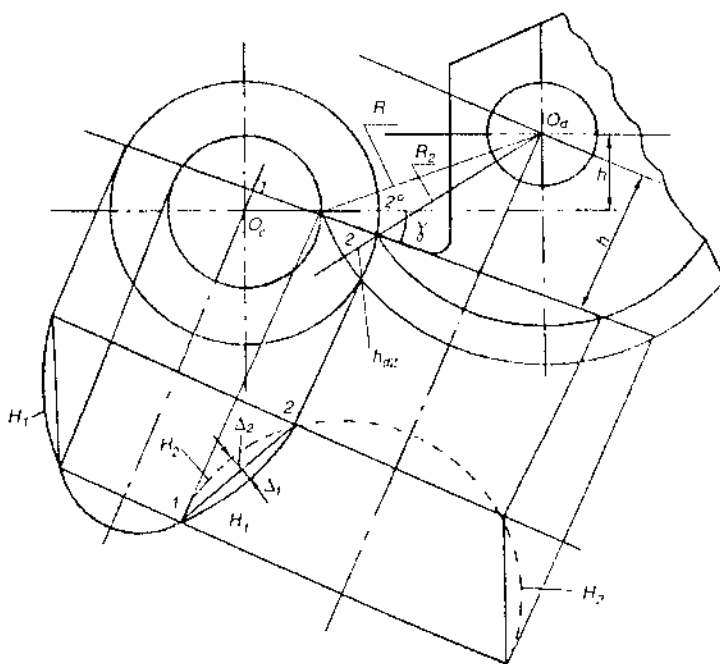
Đường sinh mặt côn - prôfin chi tiết là $\overline{1-2^0}$, lưỡi cắt dao tiện định hình khi thiết kế là $\overline{1-2}$. Khi thiết kế để đơn giản tính toán, tính chiều cao prôfin lưỡi cắt tại điểm 2 (h_{d2} và nối 1-2 thành đoạn thẳng $\overline{1-2}$ như là lưỡi cắt dao. Có nghĩa là, để gia công bề mặt côn chi tiết có đường sinh là $\overline{1-2^0}$ thì lưỡi cắt được thiết kế là đoạn thẳng $\overline{1-2}$.

Khi gia công, chi tiết quay quanh trục của nó và lưỡi cắt 1-2 sẽ cắt ra bề mặt chi tiết. Trong chuyển động tương đối bề mặt chi tiết được coi như do đoạn thẳng $\overline{1-2}$ nằm trong mặt trước T - T quay quanh trục chi tiết tạo thành. Vì có góc trước γ (hình 2.15) nên mặt trước T - T không qua trục chi tiết (trục quay). Do đó lưỡi cắt đoạn thẳng $\overline{1-2}$ nằm trong mặt phẳng không chứa trục quay khi quay quanh trục sẽ tạo thành mặt hypecbôlôit tròn xoay và do đó gây ra sai số Δ_1 so với mặt côn yêu cầu (hình 2.15). Trị số Δ_1 phụ thuộc vào kích thước chi tiết và góc trước γ .

Sai số Δ_1 có thể được khắc phục bằng hai biện pháp sau:

- Lưỡi cắt 1-2 được thiết kế không phải là đoạn thẳng $\overline{1-2}$ mà là đường cong giao tuyến của mặt trước T-T với mặt côn chi tiết (đường cong hyperbôl). Biện pháp này tính toán phức tạp và thực tế khó thực hiện nên không được dùng khi thiết kế.

- Biện pháp thứ hai là nâng mặt trước lên một góc λ sao cho điểm 2 trùng với điểm 2^0 . Như vậy



Hình 2.16 sai số prôfin do tiện bằng dao hình tròn gây ra

lưỡi cắt $\overline{1-2}$ là đoạn thẳng nằm trong mặt trước của dao (có góc trước γ), đồng thời nằm trong mặt phẳng chứa trục chi tiết (trục quay) nên khi cắt lưỡi cắt sẽ cắt ra mặt côn chính xác. Biện pháp này được dùng để thiết kế dao tiện định hình gá nâng (mục 2.2.5).

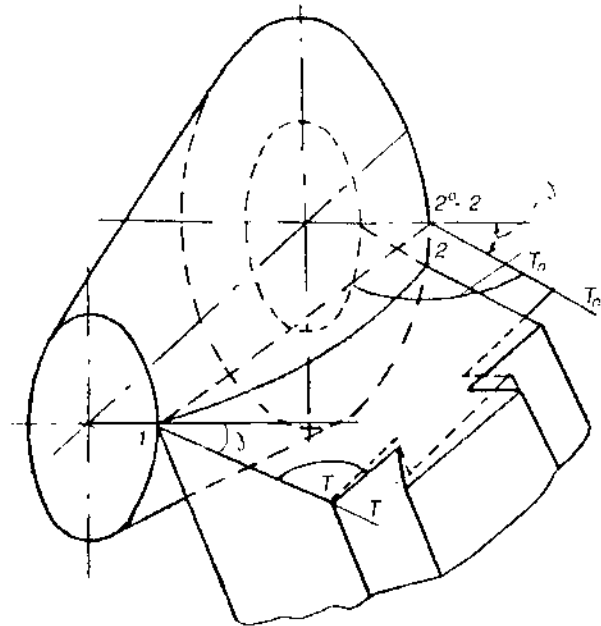
2.2.4.2 Khảo sát sai số khi gia công bằng dao tiện định hình hình tròn (hình 2.16)

Khi thiết kế, prôfin dao tiện định hình được xác định trong tiết diện hướng kính, lưỡi cắt 1-2 là đoạn thẳng và chiều cao prôfin trong tiết diện hướng kính được tính toán $hd_2 = R - R_2$.

Mặt sau (mặt tròn xoay) được chế tạo là mặt côn có bán kính là R và R_2 . Khi tạo hình mặt trước là mặt phẳng (theo thiết kế) cách trục dao một khoảng là $H = R \cdot \sin(\gamma + \alpha)$. Do đó lưỡi cắt 1-2 là giao tuyến của mặt trước và mặt sau không phải là đường thẳng mà là đường cong hyperbol H_2 (hình 2.16). Lưỡi cắt gia công đúng bề mặt còn là đường hyperbol H_1 khi thiết kế đã thay bằng đường thẳng $\overline{1-2}$ và gây ra sai số Δ_1 . Lưỡi cắt dao hình tròn lại là đường cong H_2 , nên sẽ gây thêm sai số Δ_2 . Do đó khi tiện bằng dao hình tròn, chi tiết có sai số prôfin là:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (2.17)$$

Sai số Δ_2 do chế tạo dao hình tròn gây ra. Sai số này không tránh được, còn sai số Δ_1 có thể tránh được giống như dao tiện lạng trụ khi thiết kế dao gá nâng.



Hình 2.17 Sơ đồ gá nâng.

T - mặt trước chưa nâng.

T_n - mặt trước đã nâng một góc λ .

2.2.5 Thiết kế dao tiện định hình hướng kính gá nâng

2.2.5.1. Xác định góc nâng λ khi gá nâng

Sai số prôfin Δ_1 có thể tránh được bằng cách nâng lưỡi cắt lên một góc λ để điểm 2 của lưỡi cắt trùng với điểm $2''$ của prôfin chi tiết (hình 2.17).

Sau khi đã nâng kích thước prôfin lưỡi cắt thay đổi và phải tính toán theo sơ đồ gá nâng. Nâng lưỡi cắt (mặt trước) được thực hiện như sau: tại điểm cơ sở I (1,1') - cắt mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết. Mặt phẳng đó cắt mặt trước T theo giao tuyến 1 - T (hình 2.17) làm với phương nằm ngang một góc γ . Xoay mặt trước T quanh 1 - T sao cho điểm 2 lên trùng với điểm $2''$.

Đoạn 1-2 sau khi xoay nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm chi tiết, đồng thời nằm trên mặt trước mới T_n . Giao tuyến mặt trước đã nâng T_n và mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết qua điểm $2 \equiv 2''$ là đường thẳng $\overline{2-T_n}$ làm với đường thẳng nằm

ngang đi qua tâm chi tiết một góc bằng góc γ ở điểm 1 (hình 2.17). Như vậy mặt trước T được nâng lên thành mặt mới T_n với góc nâng λ được xác định như sau (hình 2.18):

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{(r_2 - r_1) \cdot \sin \gamma}{l_3} \quad (2.18)$$

Gá nâng chỉ đảm bảo chính xác phần còn nâng 1-2 còn các phần khác vẫn tồn tại sai số. Vì vậy đối với chi tiết có phần còn yêu cầu độ chính xác cao thì mới thiết kế dao gá nâng.

2.2.5.2 Tính toán profin dao tiện định hình gá nâng λ

Profin lưới cắt của dao tiện định hình gá nâng, cũng như dao gá thẳng được xác định dựa vào sơ đồ tính toán.

Sơ đồ tính toán được diễn tả dao và chi tiết ở vị trí cuối cùng sau khi đã chọn điểm cơ sở và đoạn cơ sở nằm ngang tâm chi tiết 1-2, góc trước γ và góc sau α (hình 2.19). Tương tự như dao gá thẳng, điểm 1 là điểm cơ sở để tính toán. Điểm 2 nằm ngang tâm chi tiết

nên đoạn $\overline{1-2}$ (đoạn cơ sở) kéo dài sẽ nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm chi tiết. Vì vậy sơ đồ tính dao gá nâng còn gọi là dao tiện định hình có đoạn cơ sở nằm ngang tâm chi tiết trong mặt phẳng nằm ngang.

Từ điểm cơ sở 1 ta sẽ tính chiều cao prôfin h_{ui} của tất cả các điểm trên lưới cắt so với điểm 1 theo phương vuông góc với mặt sau.

Chiều cao prôfin h_0 của các điểm được tính như sau theo sơ đồ hình 2.19:

Điểm 2: $h_{12} = (r_2 - r_1) \cdot \cos \alpha$ (2.19)

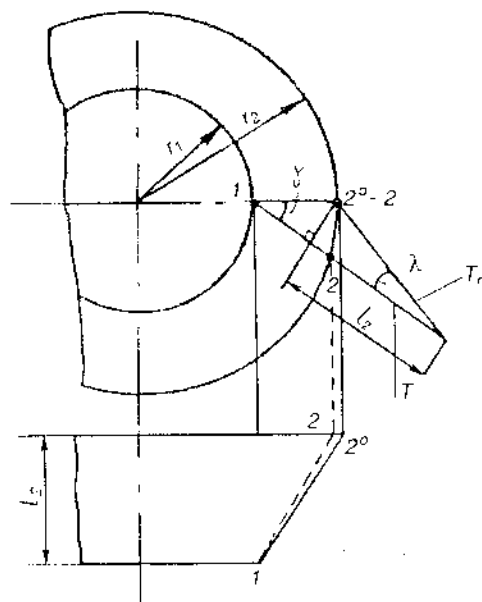
Điểm 3: $\mathbf{h}_{d2} + \mathbf{a}; \quad \mathbf{a} = \overline{(2-3)} \cos(\gamma + \alpha)$

Đoạn $(\overline{2-3})$ được tính như τ_3 ở dao tiện lạng trụ gá thẳng:

$$\overline{(2-3)} = r_3 \cdot \cos \gamma_3 - r_2 \cdot \cos \gamma$$

(Điểm 2 được coi như điểm cơ sở để tính điểm 3).

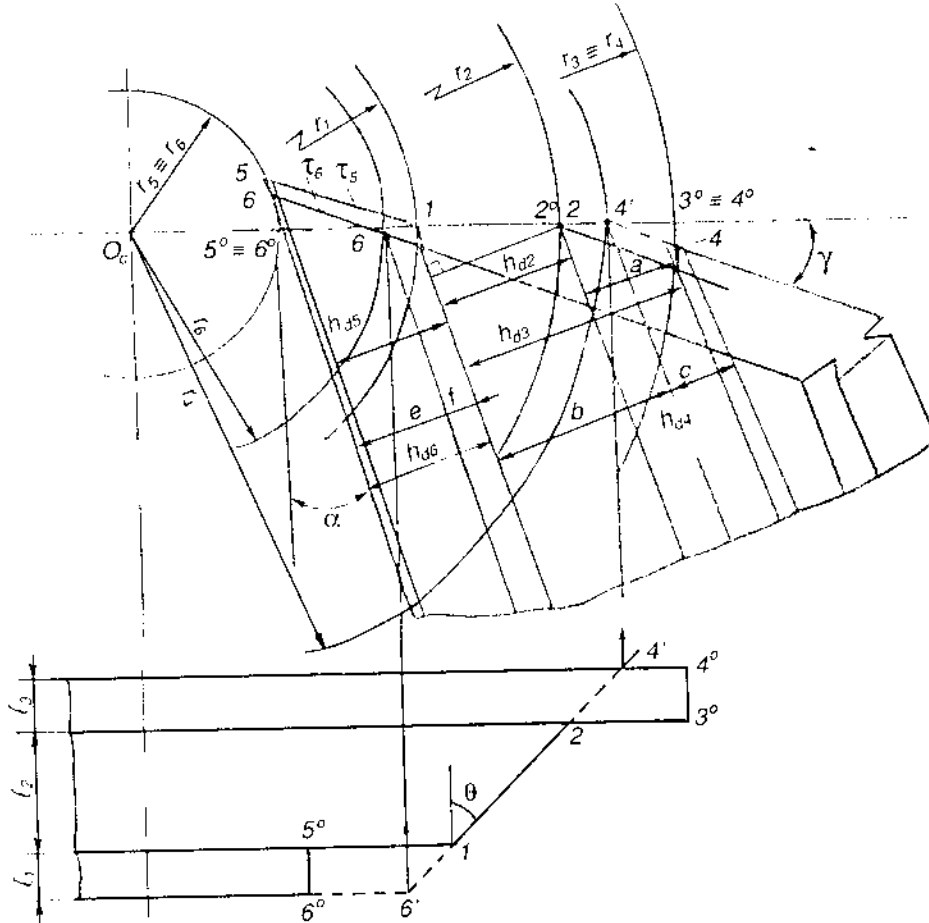
Điểm 4: để xác định chiều cao profile dao ở điểm 4, h_{4-1} , hãy tìm điểm cơ sở để xác định điểm 4. Cắt qua điểm 4° bằng mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết. Mặt phẳng này cắt đoạn cơ sở $\overline{1-2}$ kéo dài tại điểm 4'. Điểm 4' là điểm cùng nằm trên mặt trước kéo dài, trong mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết và trong mặt phẳng nằm ngang qua tâm chi tiết. Do đó điểm 4' là điểm cơ sở để tính điểm 4 của dao. Từ điểm 4'



Hình 2.18. Xác định góc nâng λ

kẻ mặt trước có góc trước γ , cắt vòng tròn r_4 tại điểm 4. Điểm 4 chính là điểm của lưới cắt cắt vòng tròn r_4 của chi tiết. Chiều cao h_{d4} được tính như sau (hình 2.19):

$$\begin{aligned} h_{d4} &= b + c \quad ; \quad b = (r_4 - r_1) \cdot \cos \alpha \\ r_4 &= r_2 + l_3 \cdot \tan \theta \quad ; \quad \theta = \frac{1}{2} \text{ góc côn} \\ C &= (\overline{4'-4}) \cos(\alpha + \gamma) \quad ; \quad (\overline{4'-4}) = \tau_4 = r_4 \cdot \cos \gamma_4 - r_4' \cdot \cos \gamma \\ h_{d4} &= (r_2 + l_3 \cdot \tan \theta - r_1) \cdot \cos \alpha + (r_4 \cdot \cos \gamma_4 - r_4' \cdot \cos \gamma) \cdot \cos(\gamma + \alpha) \end{aligned} \quad (2.20)$$



Hình 2.19 Sơ đồ tính toán profile lưới cắt dao tiện định hình lăng trụ gá năng

Điểm 5: tương tự như điểm 3, điểm cơ sở nằm ngang tâm chi tiết và trên mặt trước với điểm 5 là điểm 1. Từ điểm 1 vẽ mặt trước với góc trước γ , cắt vòng tròn bán kính r_5 tại điểm 5 (hình 2.19). Chiều cao h_{d5} được tính như sau:

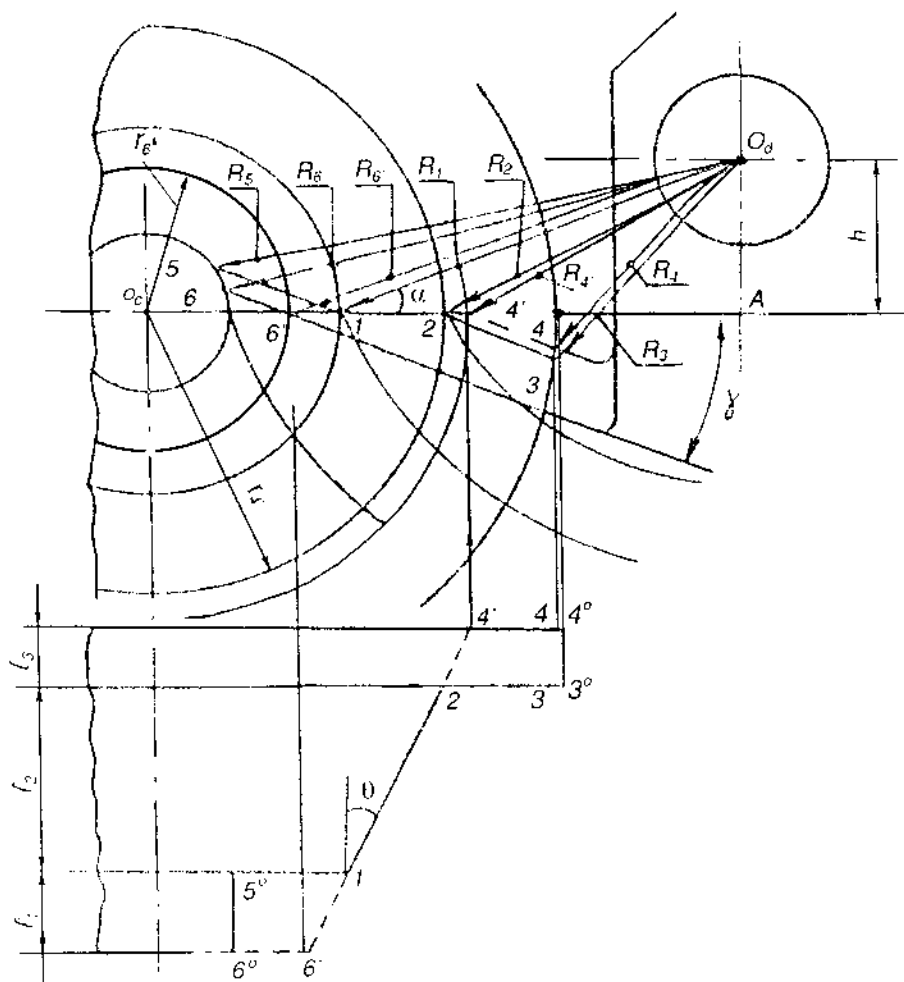
$$\begin{aligned} h_{d5} &= (\overline{1-5}) \cos(\gamma + \alpha) \quad ; \quad (\overline{1-5}) = \tau_5 = r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5 \\ \gamma_5 &= \arcsin \left(\frac{r_1}{r_5} \sin \gamma \right) \end{aligned}$$

Do đó:

$$h_{u5} = (r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5) \cdot \cos(\gamma + \alpha) \quad (2.21)$$

Điểm 6: tương tự như điểm 4. Đoạn $\overline{1-2}$ kéo dài cắt mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết qua điểm $6''$ tại điểm $6'$. $6'$ cùng nằm trên mặt trước và mặt phẳng nằm ngang tâm chi tiết. Từ $6'$ vẽ mặt trước với góc trước γ cắt vòng tròn r_6 tại điểm 6. Điểm 6 là của lưới cắt gia công vòng tròn r_6 của chi tiết. Chiều cao prôfin dao h_{u6} được tính như sau:

$$\begin{aligned} h_{u6} &= e + f & r_6' &= r_1 - l_1 \cdot \operatorname{tg} \theta \\ e &= \tau_6 \cdot \cos(\gamma + \alpha) & \tau_6 &= r_6' \cdot \cos \gamma - r_6 \cdot \cos \gamma_6 \\ \gamma_6 &= \arcsin\left(\frac{r_6'}{r_6} \sin \gamma\right) & f &= (r_1 - r_6) \cdot \cos \alpha \\ h_{u6} &= [(r_1 - l_1 \cdot \operatorname{tg} \theta) \cdot \cos \gamma - r_6 \cdot \cos \gamma_6] \cdot \cos(\gamma + \alpha) + (r_1 - r_6) \cdot \cos \alpha \quad (2.22) \end{aligned}$$



Hình 2.20 Sơ đồ xác định prôfin dao hình tròn gá năng.

Dao tiện định hình hình tròn gá nâng cũng được tính toán tương tự như dao hình lăng trụ. Hình 2.20 trình bày sơ đồ tính toán prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình hình tròn gá nâng.

- Chọn điểm 1 làm điểm cơ sở, có đoạn cơ sở $\overline{1-2}$. Để xác định prôfin lưỡi cắt trong tiết diện hướng kính của dao cần phải xác định bán kính của dao tại các điểm lưỡi cắt. $R_2, R_3, R_4, \dots$, để gia công các vòng tròn tương ứng với các điểm $2^0, 3^0, 4^0, \dots$ của prôfin chi tiết, tức là các vòng tròn $r_2, r_3, r_4, \dots$, của chi tiết.

Tương tự như khi thiết kế dao tiện không gá nâng (gá thẳng, hướng kính), bán kính dao tại điểm cơ sở R , góc trước γ và góc sau α được chọn trước. Từ đó chiều cao gá dao được xác định (hình 2.20):

$$h = R \cdot \sin \alpha$$

Bán kính của các điểm prôfin lưỡi cắt dao được xác định theo sơ đồ hình 2.20.

- Điểm 2: xác định R_2 (hình 2.21).

$$R = \frac{h}{\sin \alpha_2} \quad (2.23)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{h}{(\overline{2-A})} = \frac{h}{(\overline{1-A}) - (\overline{1-2})};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{R \cdot \sin \alpha}{R \cdot \cos \alpha - (r_2 - r_1)}; \quad \alpha_2 = \arctg \left(\frac{R \cdot \sin \alpha}{R \cdot \cos \alpha + r_1 - r_2} \right) \quad (2.24)$$

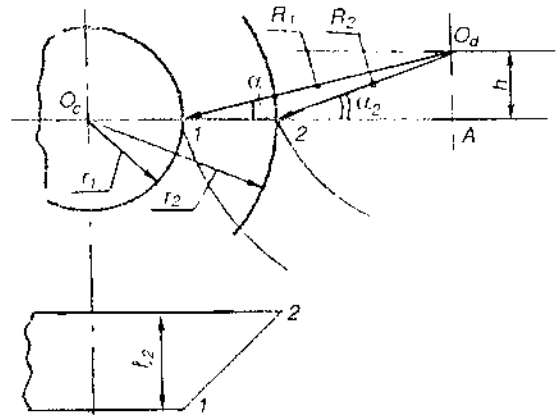
- Điểm 3: xác định R_3 , theo sơ đồ hình 2.22. Điểm cơ sở để tính điểm 3 là điểm 2 (như dao hình lăng trụ gá nâng). Từ đó cách tính R_2 giống như dao hình tròn gá không nâng.

$$R_3 = \frac{H}{\sin \psi_3} \quad (2.25)$$

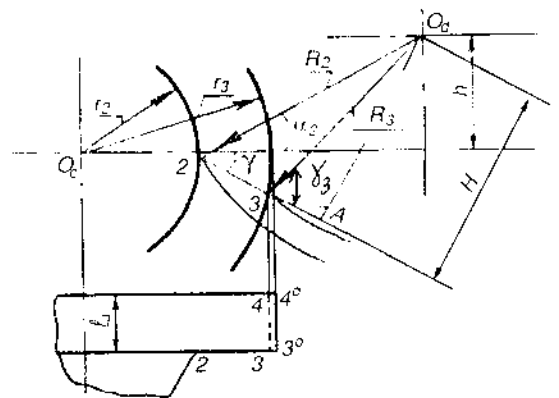
$$H = R_2 \cdot \sin(\gamma + \alpha_2)$$

$$\operatorname{tg} \psi_3 = \frac{H}{\overline{3-A}}$$

$$(\overline{3-A}) = (\overline{2-A}) - (\overline{2-3})$$



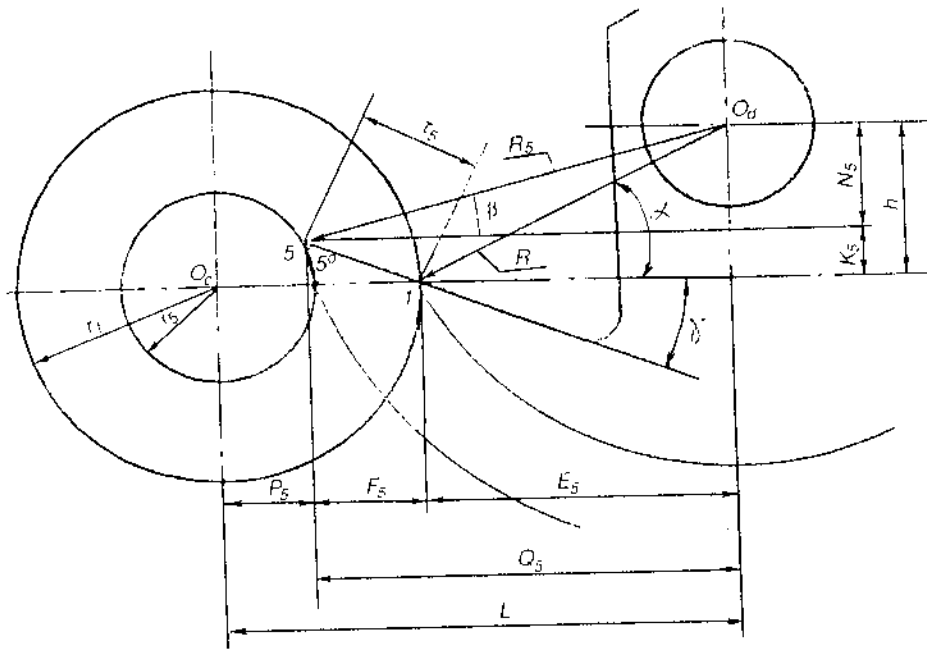
Hình 2.21 Sơ đồ xác định bán kính R_2 của điểm 2 trên prôfin lưỡi cắt dao.



Hình 2.22 Sơ đồ xác định bán kính prôfin lưỡi cắt dao tại điểm 3.

- Điểm 5: xác định bán kính R_5 của điểm 5 trên lưỡi cắt dao theo sơ đồ hình

2.24.



Hình 2.24 Sơ đồ xác định bán kính R_5 của điểm 5 trên profile lưỡi cắt dao.

Điểm 1 và điểm 5'' trên profile chi tiết cùng nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết, do đó điểm 1 là điểm cơ sở để xác định điểm 5 trên lưỡi cắt dao gia công vòng tròn có bán kính r_5 ứng với điểm 5'' trên profile chi tiết. Từ điểm 1 kẻ mặt trước với góc trước γ cắt vòng tròn bán kính r_5 của chi tiết tại điểm 5. Điểm 5 là điểm của lưỡi cắt dao gia công vòng tròn bán kính r_5 . Bán kính dao R_5 của điểm 5 được tính toán theo sơ đồ hình 2.24.

$$R_5 = \frac{N_5}{\sin \beta} \quad (2.30)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{N_5}{Q_5} \quad ; \quad Q_5 = L - P_5 \quad ; \quad L = R \cdot \cos \alpha + r_1$$

$$\begin{aligned} P_5 &= r_1 - F_5 & ; & & F_5 &= \tau_5 \cdot \cos \gamma & ; & & N_5 &= h - K_5 & ; \\ h &= R \cdot \sin \alpha & ; & & K_5 &= \tau_5 \cdot \sin \gamma & ; & & \tau_5 &= r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5 \end{aligned}$$

$$N_5 = R \cdot \sin \alpha - (r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5) \sin \gamma_5 \quad (2.31)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{R \cdot \sin \alpha - (r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5) \sin \gamma}{r_1 + R \cdot \cos \alpha - [r_1 - (r_1 \cdot \cos \gamma - r_5 \cdot \cos \gamma_5) \cos \gamma]} \quad (2.32)$$

Thay các giá trị tìm được từ (2.31) và (2.32) vào công thức (2.30) xác định được bán kính R_5 .

- Điểm 6: xác định bán kính R_6 của điểm 6 trên lưỡi cắt chính. Theo sơ đồ hình 2.20.

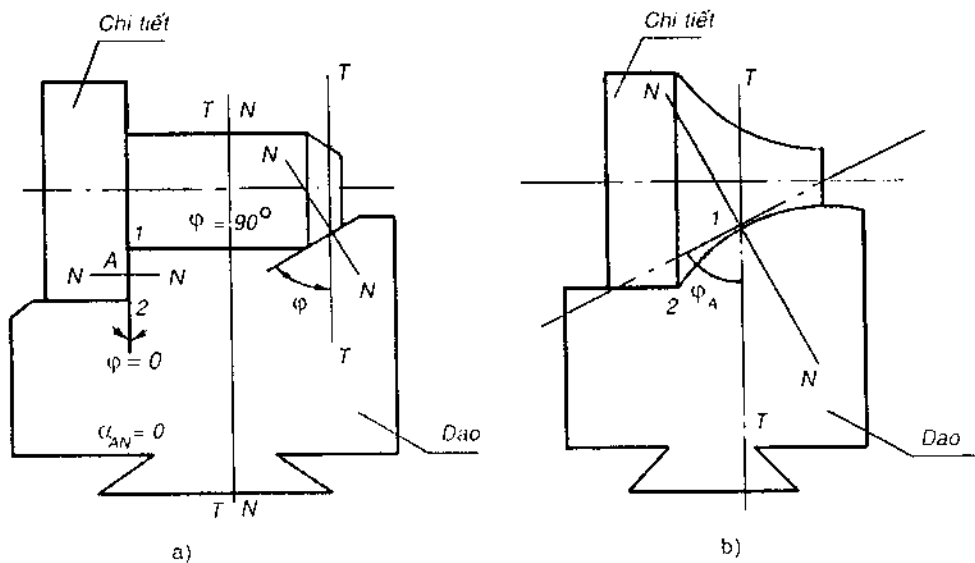
Đoạn cơ sở $\overline{1-2}$ kéo dài cắt mặt phẳng vuông góc với trục qua điểm 6'' của prôfin chi tiết tại điểm 6'. Từ điểm 6' kẻ mặt trước với góc trước γ , cắt vòng tròn r_6 tại điểm 6. Điểm 6 là điểm của lưỡi cắt dao sẽ gia công vòng tròn r_6 ứng với điểm 6'' trên prôfin chi tiết. Để xác định R_6 (hình 2.20) cần xác định bán kính chi tiết (r_6) của điểm cơ sở 6', tính toán tương tự như ở các điểm 4 và 5 khi tính R_4 và R_5 :

$$r_{6'} = r + l_t \cdot \lg \theta \quad (2.33)$$

2.2.6. Thiết kế dao tiện định hình gá nghiêng

2.2.6.1. Góc sau trong tiết diện pháp tuyến α_N tại một điểm trên lưỡi cắt dao tiện định hình

Góc sau tại các điểm khác nhau trên lưỡi cắt dao tiện định hình khảo sát ở phần 2.2.3.1 là góc sau đo trong tiết diện vuông góc với trục chi tiết (vuông góc với chuẩn kẹp dao lăng trụ hoặc vuông góc với trục dao hình tròn), tiết diện T - T trên hình 2.25. Góc sau được chọn theo tiêu chuẩn ở điểm cơ sở để tính toán phụ thuộc vào vật liệu gia công và yêu cầu kỹ thuật của bề mặt chi tiết. Ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cắt là góc sau đo trong tiết diện pháp tuyến với lưỡi cắt α_N . Tại điểm bất kỳ trên lưỡi cắt, để có thể cắt được thuận lợi, góc sau trong pháp tuyến N-N, α_N phải lớn hơn giá trị nhỏ nhất cho phép $[\alpha_N]_{\min} = 3^\circ \div 5^\circ$.



Hình 2.25 Các tiết diện T-T và N-N khi khảo sát góc sau tại các điểm trên lưỡi cắt dao tiện định hình.

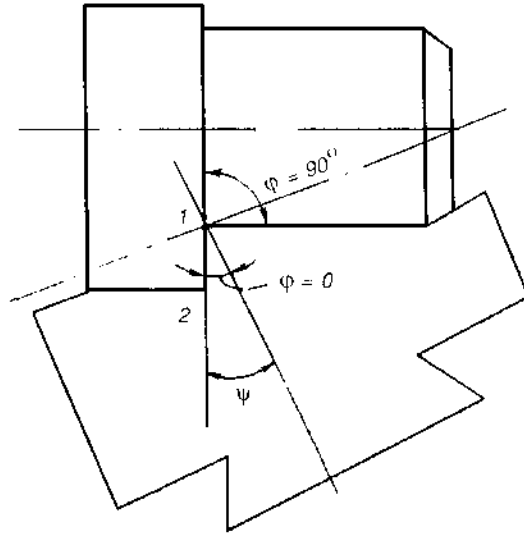
Trong trường hợp ở một đoạn nào đó của lưỡi cắt góc sau $\alpha_N = 0$ hoặc $\alpha_N < [\alpha_N]$ (ví dụ, đoạn $\overline{1-2}$ của lưỡi cắt trên hình 2.25a), để tạo được góc sau $\alpha_N > [\alpha_N] > 0$ thì dao tiện định hình được thiết kế gá nghiêng. Phương vuông góc với chuẩn kẹp hoặc trục

dao - phương chạy dao - không vuông góc với trục chi tiết mà nghiêng một góc ψ với phương vuông góc với trục chi tiết (hình 2.26).

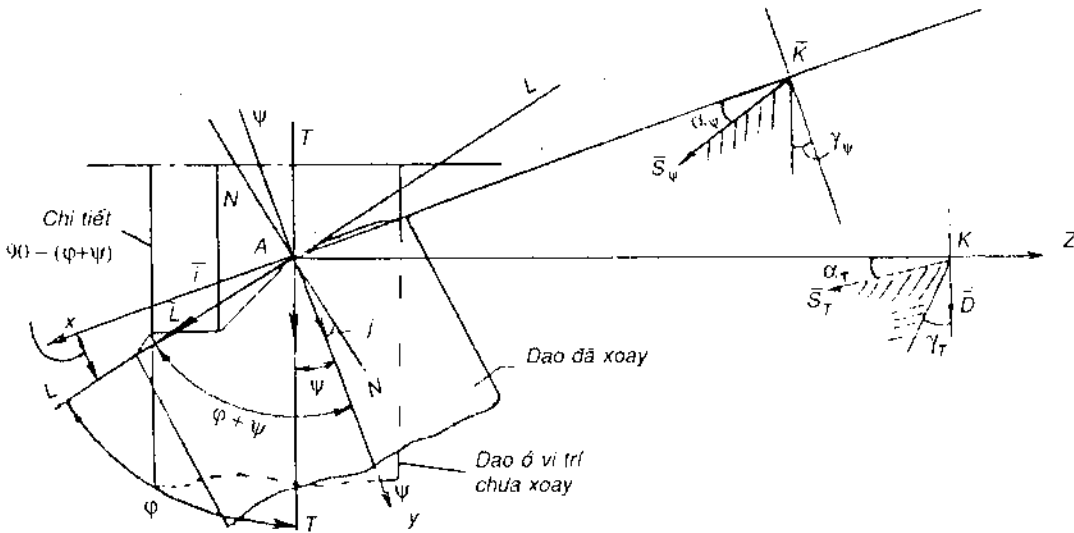
Góc nghiêng ψ (góc xoay dao) được xác định dựa vào quan hệ giữa các góc sau trong các tiết diện T - T, ψ - ψ và N - N, sao cho đảm bảo điều kiện $\alpha_N > [\alpha_N]_{\min}$.

Để xác định quan hệ góc sau trong các tiết diện khác nhau tại một điểm trên lưỡi cắt cần khảo sát dao tiện định hình khi gia công chi tiết có profile bất kỳ (hình 2.27).

Tại điểm A bất kỳ vẽ tiếp tuyến L - L với lưỡi cắt dao (với prôfin chi tiết). Góc nghiêng của tiếp tuyến với prôfin tại điểm A và mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết T - T là φ được gọi là góc prôfin chi tiết (góc prôfin lưỡi cắt).



Hình 2.26 Dao tiện định hình gá nghiêng.



Hình 2.27 Sơ đồ xác định quan hệ giữa các góc α_r , α_s , α_p trong các tiết diện khác nhau.

Quan hệ giữa các góc sau tại điểm A trong các tiết diện khác nhau α_T trong tiết diện T - T, α_ψ trong tiết diện $\psi - \psi$ và α_N trong tiết diện N - N có thể được xác định bằng giải tích vector.

Đặt hệ trục tọa độ Oxyz (hình 2.27) có tâm O trùng với điểm A, trục oy trùng với phương $\psi\psi$ và trục Ox vuông góc Oy (Ox làm với phương tiếp tuyến L - L một góc là $90^\circ - (\varphi + \psi)$; Oz vuông góc Ox và Oy. Tại điểm A đặt các vectơ sau (hình 2.27):

- Vector $\vec{L}$ nằm trong mặt phẳng tiếp tuyến với mặt sau tại điểm A và tiếp tuyến với lưới cắt dao.

- Vector $\vec{S}_\psi$ tiếp tuyến với giao tuyến mặt sau và tiết diện $\psi - \psi$.

- Vector $\vec{S}_T$ tiếp tuyến với giao tuyến mặt sau và tiết diện T - T.

- i, J, K là các vector đơn vị trên các trục Ox, Oy và Oz.

Các vector $\vec{S}_\psi$, $\vec{L}$ và $\vec{S}_T$ có thể được xác định như sau:

$$\vec{L} = i.\sin(\varphi + \psi) + j.\cos(\varphi + \psi)$$

$$\vec{S}_\psi = j.\sin\alpha_\psi - K.\cos\alpha_\psi$$

$$\vec{S}_T = \vec{D}.\sin\alpha_T - K.\cos\alpha_T$$

$$\vec{D} = i.\sin\psi + j.\cos\psi$$

Thay $\vec{D}$ vào $\vec{S}_T$ ta được:

$$\vec{S}_T = i.\sin\varphi.\sin\alpha_T + j.\cos\varphi.\sin\alpha_T - K.\cos\alpha_T$$

Ba vector $\vec{L}$, $\vec{S}_\psi$ và $\vec{S}_T$ là ba vector đồng phẳng vì chúng cùng nằm trong mặt phẳng tiếp tuyến với mặt sau tại A. Do đó tích tổng hợp của chúng bằng không:

$$\left(\vec{L}, \vec{S}_\psi, \vec{S}_T \right) = 0 \Rightarrow \begin{vmatrix} \sin(\varphi + \psi) & \cos(\varphi + \psi) & 0 \\ 0 & \sin\alpha_\psi & -\cos\alpha_\psi \\ \sin\psi.\sin\alpha_T & \cos\psi.\cos\alpha_T & -\cos\alpha_T \end{vmatrix} = 0$$

Từ đó ta có:

$$\operatorname{tg}\alpha_\psi = \operatorname{tg}\alpha_T \frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi + \psi)} \quad (2.34)$$

Trong tiết diện N - N có nghĩa là $(\varphi + \psi) = 90^\circ$:

$$\operatorname{tg}\alpha_N = \operatorname{tg}\alpha_T.\sin\varphi \quad (2.35)$$

Bằng cách tương tự, quan hệ giữa các góc trước γ_T và γ_ψ được xác định như sau:

$$\operatorname{tg}\gamma_T = \operatorname{tg}\gamma_\psi.\cos\psi \quad (2.36)$$

Góc xoay ψ được xác định sao cho $\alpha_N > [\alpha_N]$. Khi chọn góc sau trong tiết diện vuông góc với chuẩn kẹp (hoặc vuông góc với trục dao) tiết diện $\psi - \psi$ thì $\alpha = \alpha_\psi$. Từ các công thức (2.34) và (2.35) ta có:

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha_\psi}{\operatorname{tg}\alpha_N} = \frac{1}{\sin(\varphi + \psi)}$$

$$\sin(\varphi + \psi) = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\operatorname{tg} \alpha_\psi} \quad (2.37)$$

Để xác định góc quay ψ , ta lấy $\alpha_N = [\alpha_N]$:

$$\sin(\varphi + \psi) = \frac{\operatorname{tg} [\alpha_N]}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.38)$$

Trong đó:

α - chọn theo tiêu chuẩn như đối với các loại dao tiện định hình, $[\alpha_N] = 3^\circ \div 5^\circ$.

φ - góc nghiêng prôfin chi tiết (prôfin lưỡi cắt).

2.2.6.2. Tính toán prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình gá nghiêng

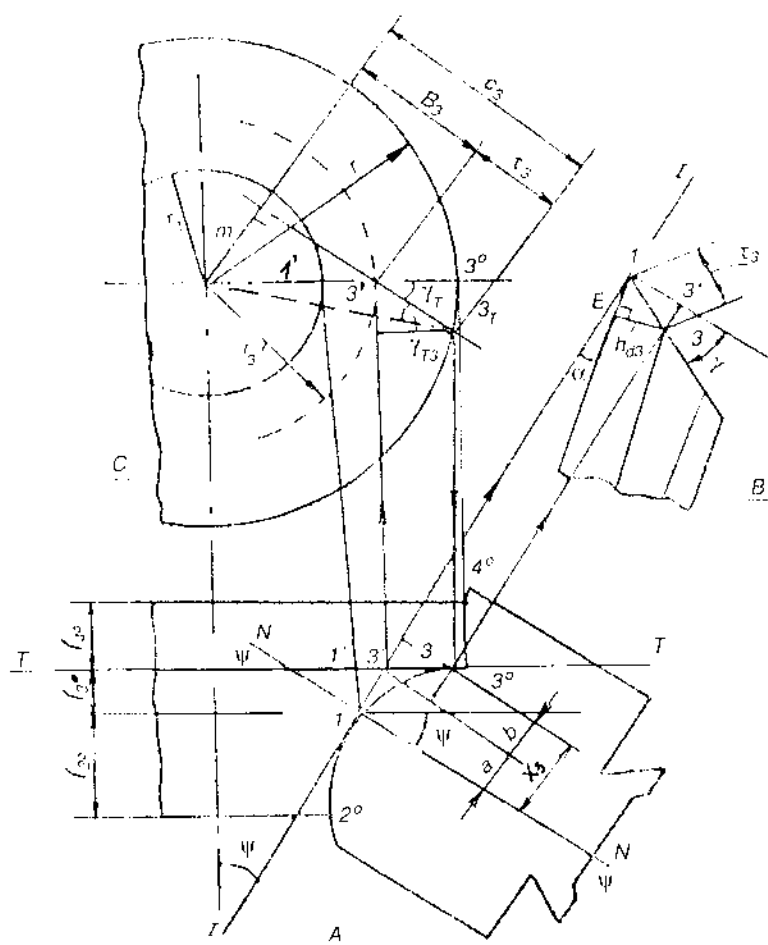
Để tránh góc sau α_N ở những điểm góc prôfin φ bé, có giá trị nhỏ hơn giá trị cho phép: $\alpha_N < [\alpha_N]$,

dao tiện định hình được thiết kế gá nghiêng. Trục đối xứng của dao gá nghiêng hợp với phương vuông góc với trục chi tiết một góc ψ , phương chạy dao hợp với trục chi tiết một góc là $90^\circ - \psi$ (hình 2.28).

Chi tiết có prôfin như trên hình 2.28. Các điểm 1, 2⁰, 3⁰, 4⁰ của prôfin chi tiết ứng với các bán kính r_1 , r_2 , r_3 , r_4 .

Đoạn prôfin chi tiết 1-3⁰ có góc φ

nhỏ hơn góc α_N trong đoạn ấy quá nhỏ hoặc bằng không (ở điểm 3) nên phải thiết kế dao gá nghiêng. Sau khi tính theo công thức (2.38) xác định được góc xoay ψ (gá nghiêng một góc ψ), dựng sơ đồ tính như hình 2.28.



Hình 2.28 Sơ đồ tính, xác định prôfin dao tiện định hình gá nghiêng

Chọn điểm 1 làm điểm cơ sở vẽ tiếp tuyến với prôfin tại điểm 1, pháp tuyến với tiếp tuyến tại điểm 1 là $N - N \equiv \psi - \psi$. Mặt phẳng NN là mặt phẳng đối xứng của dao gá nghiêng và là mặt phẳng vuông góc với chuẩn kẹp (hoặc vuông góc với trục của dao hình tròn). Hình chiếu theo tiếp tuyến với prôfin ở điểm 1 là các tiết diện vuông góc với chuẩn kẹp (hình chiếu B). Ở hình chiếu này prôfin của lưỡi cắt dao cần được xác định để chế tạo dao (tương tự như hình chiếu đứng ở sơ đồ dao gá thẳng).

Tiếp tuyến I-I được kéo dài và lấy điểm cơ sở 1 trên hình chiếu B. Từ điểm 1 kẻ mặt trước với góc trước γ , mặt sau với góc sau α (đã được chọn). Tiếp tuyến I - I được gọi là đường cơ sở tưởng tượng. Các mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết tại các điểm của lưỡi cắt dao tương ứng với các điểm prôfin chi tiết sẽ cắt đường cơ sở tưởng tượng tại các điểm tương ứng nằm trong mặt phẳng nằm ngang đi qua tâm chi tiết. Các điểm đó (ví dụ, điểm 3') được coi như là điểm cơ sở để tính điểm tương ứng của lưỡi cắt (ví dụ, điểm 3) gia công vòng tròn có bán kính tương ứng với điểm của prôfin chi tiết (ví dụ, điểm 3'' bán kính r_3). Từ đó xác định được điểm 3 của dao tiện trên hình chiếu B. Do đó, vẽ sơ đồ tính toán dao tiện định hình gá nghiêng được thực hiện như sau:

Vẽ hình chiếu bằng A và hình chiếu đứng C của chi tiết gia công đã cho (hình 2.28). Chọn điểm cơ sở I (1, 1'), vẽ tiếp tuyến với prôfin chi tiết tại điểm cơ sở 1 được đường cơ sở tưởng tượng I-I. Từ điểm bất kỳ 3'' trên prôfin chi tiết vẽ mặt phẳng vuông góc với trục chi tiết (mặt phẳng T - T) cắt đường cơ sở tưởng tượng tại điểm 3' trên bề mặt chi tiết có bán kính là r_3 . Từ điểm 3' trên hình chiếu C, vẽ mặt trước với góc trước γ_1 (góc trước trong tiết diện T - T theo công thức (2.36) cắt vòng tròn bán kính r_3 tại điểm 3_T. Điểm 3_T là điểm của lưỡi cắt cắt vòng tròn bán kính ứng với điểm 3'' trên prôfin chi tiết. Từ 3_T hạ xuống hình chiếu A được điểm 3 trên lưỡi cắt của dao ở hình chiếu A. Từ điểm A kẻ song song với đường cơ sở tưởng tượng I - I cắt mặt trước trên hình chiếu B ở điểm 3 - điểm của lưỡi cắt trong tiết diện vuông góc với chuẩn kẹp (trục của dao hình tròn). Từ điểm 3 hạ đường thẳng vuông góc với mặt sau tại điểm 1 được đoạn $\overline{3-E}$ (trên hình chiếu B). $\overline{3-E}$ là chiều cao prôfin h_{33} theo phương vuông góc với mặt sau của điểm 3. τ_3 là chiều cao prôfin dao theo mặt trước của điểm 3. Theo sơ đồ chiều cao h_{31} và chiều rộng x_3 của điểm 3 theo phương của đường cơ sở tưởng tượng được xác định như sau (hình 2.28):

- Tính x_3 :

$$x_3 = a + b \quad (2.39)$$

$$a = \frac{l_{3''}}{\cos \psi} \quad (2.40)$$

$$b = (\overline{3' - 3}) \cdot \sin \psi \quad ; \quad (\overline{3' - 3}) = (\overline{3' - 3_T}) \cos \gamma_T$$

$$(\overline{3' - 3_T}) = r_3 \cdot \cos \gamma_{T3} - r_{3'} \cdot \cos \gamma_T$$

$$r_{3'} = r_1 + (\overline{1' - 3'}) \quad ; \quad (\overline{1' - 3'}) = l_{3''} \cdot \operatorname{tg} \psi \quad ; \quad \sin \gamma_{T3} = \frac{r_3 \cdot \sin \gamma_T}{r_3}$$

$$\gamma_{T3} = \arcsin\left(\frac{r_3}{r_3} \cdot \sin \gamma_T\right) = \arcsin\left(\frac{r_1 + l_{3''} \cdot \operatorname{tg} \psi}{r_3} \cdot \sin \gamma_T\right)$$

Thay các giá trị vào công thức tính b ta được:

$$b = \left\{ r_3 \cdot \cos \left[\arcsin \left(\frac{r_1 + l_{3''} \cdot \operatorname{tg} \psi}{r_3} \cdot \sin \gamma_T \right) \right] - (r_1 + l_{3''} \cdot \operatorname{tg} \psi) \cdot \cos \gamma_T \right\} \cdot \cos \gamma_T \cdot \sin \psi \quad (2.41)$$

Thay a từ (2.40) và b từ (2.41) vào (2.39) ta tính được x_3 .

- Tính toán h_{d3} :

$$h_{d3} = \tau_3 \cdot \cos(\gamma + \alpha) \quad (2.42)$$

$$\tau_3 = \frac{(1 - 3^*)}{\cos \gamma}; \quad (1 - 3^*) = (3 - 3') \cdot \cos \psi; \quad \tau_3 = \frac{(3 - 3') \cdot \cos \psi}{\cos \gamma}$$

$3 - 3'$ đã tính ở trên, thay giá trị τ_3 vào (2.42) ta tính được h_{d3} .

Các điểm khác trên prôfin lưỡi cắt cũng được tính tương tự như điểm 3.

Sau khi xác định được các kích thước chiều cao theo mặt trước τ , chiều cao prôfin theo phương vuông góc với mặt sau h_d và chiều rộng theo phương song song với chuẩn kẹp x_d thì prôfin dao gá nghiêng được xác định hoàn toàn giống như dao gá thẳng.

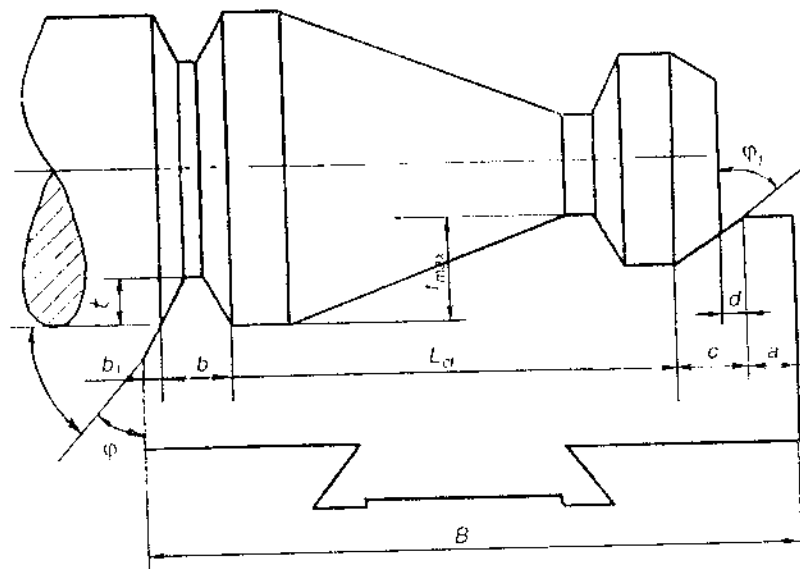
2.2.7 Chiều rộng B của dao tiện định hình (hình 2.29)

Chiều rộng B của dao tiện định hình ngoài phần gia công đúng chiều dài prôfin chỉ tiết L_{cl} cần tính thêm phần phụ để vát mép mặt đầu và cắt đứt.

Trên hình 2.29 trình bày sơ đồ xác định chiều rộng B của dao tiện định hình.

Đầu tự do để tăng sức bền.

tăng chịu mòn của dao, làm thêm kích thước $a = 2 \div 5 \text{ mm}$, chỉ tiết có vát mép $\varphi_1 = 30^\circ \div 45^\circ$; kích thước c bằng chiều rộng vát mép cộng thêm phần $d = 1 \div 1,5 \text{ mm}$. Nếu chỉ tiết không vát mép thì $\varphi_1 = 15^\circ \div 20^\circ$ và $c = 1 \div 3 \text{ mm}$. Phần tạo rãnh cắt đứt được xác định theo các kích thước sau:



Hình 2.29 Chiều rộng B của dao tiện định hình

- Chiều rộng $b = 3 \div 8 \text{ mm}$.
- Chiều sâu phần cắt đứt $t < t_{\text{má}}$.
- Chiều rộng phụ $b_1 = 0,5 \div 1 \text{ mm}$.

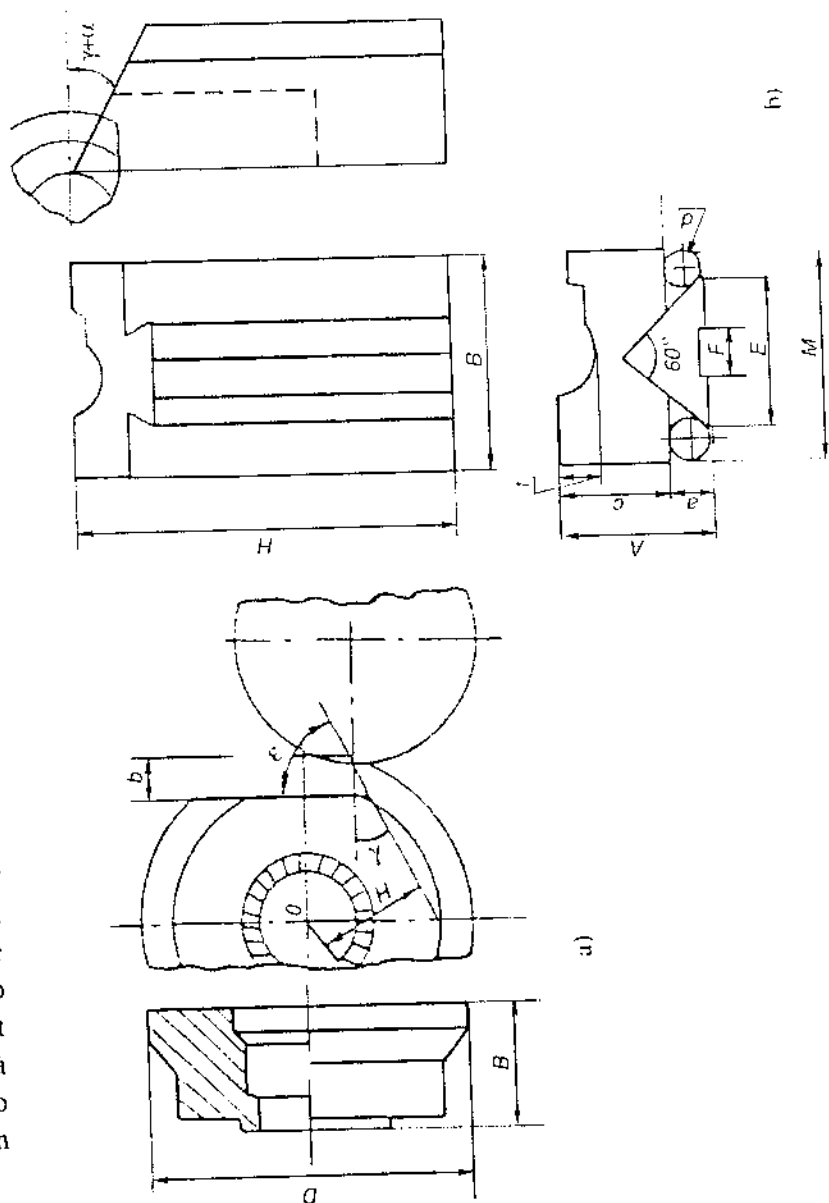
Chiều rộng toàn bộ dao (hình 2.29):

$$B = L_{\text{ct}} + b_1 + b + c + a \quad (2.43)$$

2.2.8. Dạng và kích thước kết cấu của dao tiện định hình

Dạng và kích thước kết cấu của dao tiện định hình lăng trụ và hình tròn được trình bày trên hình 2.30. Dao lăng trụ được kẹp chặt vào cơ cấu kẹp dao bằng rãnh mang cá. Kích thước kết cấu được tiêu chuẩn hoá và được chọn phụ thuộc chiều sâu t_{max} của prôfin chi tiết gia công. Dao tiện định hình hình tròn được kẹp chặt trên trục gá dao, được chống xoay và điều chỉnh bằng răng khía mặt đầu hoặc chốt.

Dao lăng trụ khi mòn được mài lại theo mặt trước đảm bảo góc trước và góc sau: $\gamma + \alpha$ có nghĩa là mài mặt trước bằng các mặt phẳng song song. Dao tiện định hình hình tròn khi mòn cũng được mài theo mặt trước (mặt phẳng) đảm bảo góc γ và α ở điểm cơ sở. Có nghĩa là mặt trước được mài luôn tiếp tuyến với mặt trụ bán kính là H (chiều cao mài dao, hình 2.30a).



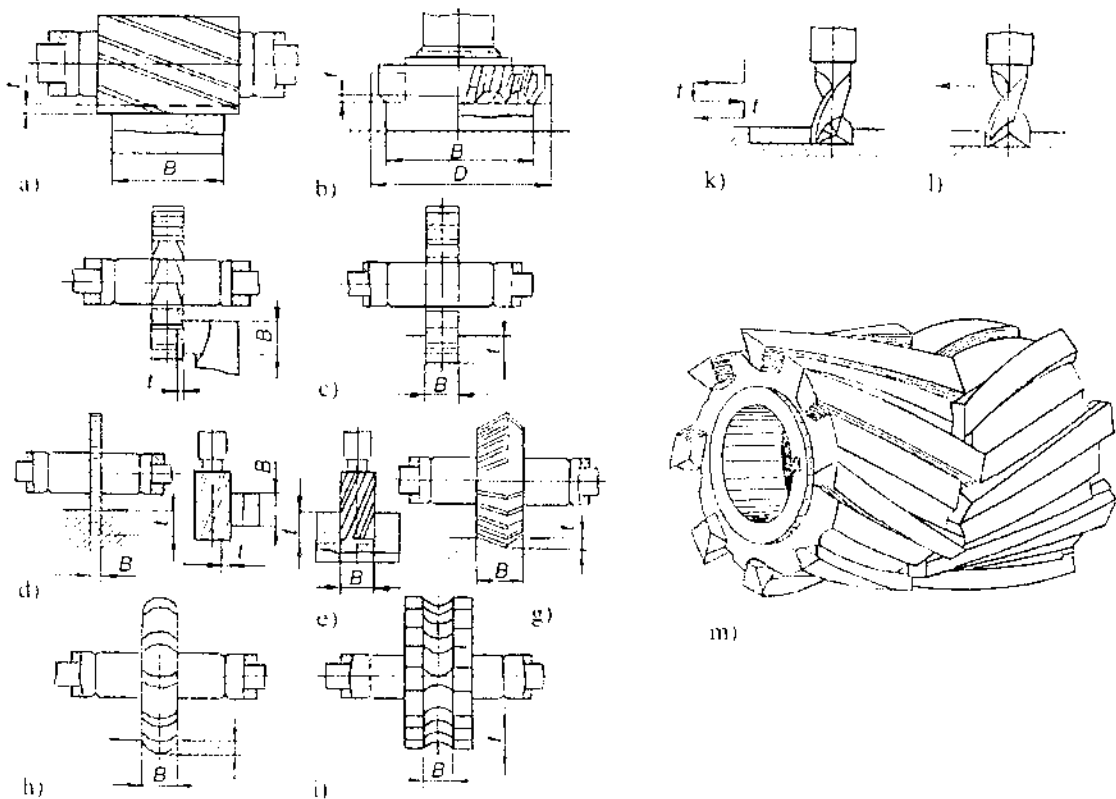
Hình 2.30 Dạng chung của dao tiện định hình: a) hình tròn và b) lăng trụ.

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ CÁC LOẠI DAO PHAY

3.1. Giới thiệu và phân loại các kiểu dao phay

Phay là một trong các phương pháp gia công thông dụng nhất. Về mặt năng suất, phay cao hơn bào, còn trong sản xuất hàng loạt lớn, năng suất phay chỉ thấp hơn chuốt ngoài. Động học của quá trình phay được đặc trưng bằng chuyển động quay nhanh của dụng cụ quanh trục của nó và chuyển động chạy dao từ từ. Chuyển động chạy dao khi phay có thể là chuyển động tịnh tiến qua lại, chuyển động quay hoặc chuyển động xoắn vít.



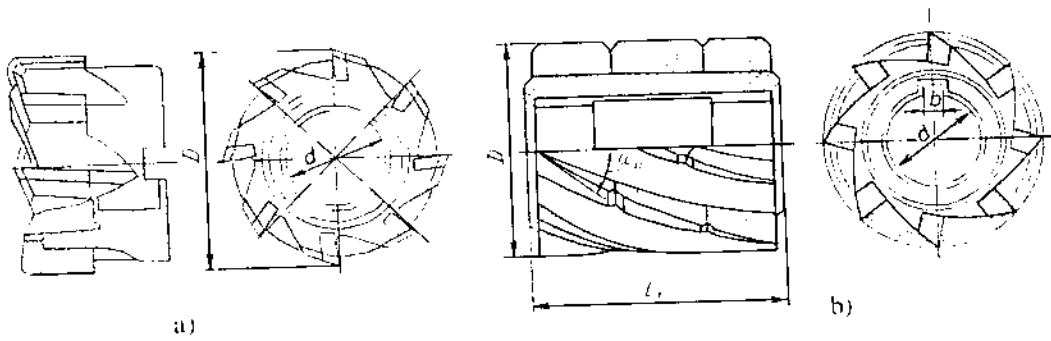
Hình 3.1 Các dạng dao phay và sơ đồ làm việc.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a) Dao phay hình trụ. | b) Dao phay mặt đầu. |
| c) Dao phay đĩa. | d) Dao phay cắt đứt và cắt rãnh. |
| e) Dao phay ngón. | g) Dao phay góc. |
| h) Dao phay định hình có profile lõm. | i) Dao phay định hình có profile lồi. |
| k) Dao phay rãnh then. | m) Dao phay hình trụ ghép đôi. |

Dao phay là loại dụng cụ phổ biến nhất trong công nghiệp gia công kim loại. Máy phay chiếm khoảng 18% tổng số máy cắt kim loại. Trong một số ngành sản xuất, tỷ lệ này lên tới 50 ÷ 60% tổng số máy của nhà máy.

Dao phay có rất nhiều kiểu, nhiều dạng và có ưu điểm lớn là gia công được các bề mặt định hình của chi tiết mà không yêu cầu gá đặt phức tạp và không đòi hỏi thợ bậc cao.

Dao phay, ngoài tính vạn năng cao còn có tính chuyên dùng, đạt năng suất cao, điều này ảnh hưởng đến kết cấu dao phay. Ngoài các kiểu máy phay vạn năng, còn có các máy phay chuyên dùng: máy phay ren, máy phay răng, máy phay trục then hoa, máy phay rãnh mũi khoan, v...v.



Hình 3.2 Dao phay gắn mảnh hợp kim cứng.

a) Dao phay mặt đầu; b) Dao phay hình trụ.

Sau đây là kết cấu các loại dao phay (hình 3.1, 3.2 và 3.3) và phân loại của chúng:

Theo kết cấu của răng:

- Dao phay răng nhọn (hình 3.3e).
- Dao phay hót lưng (hình 3.3g).

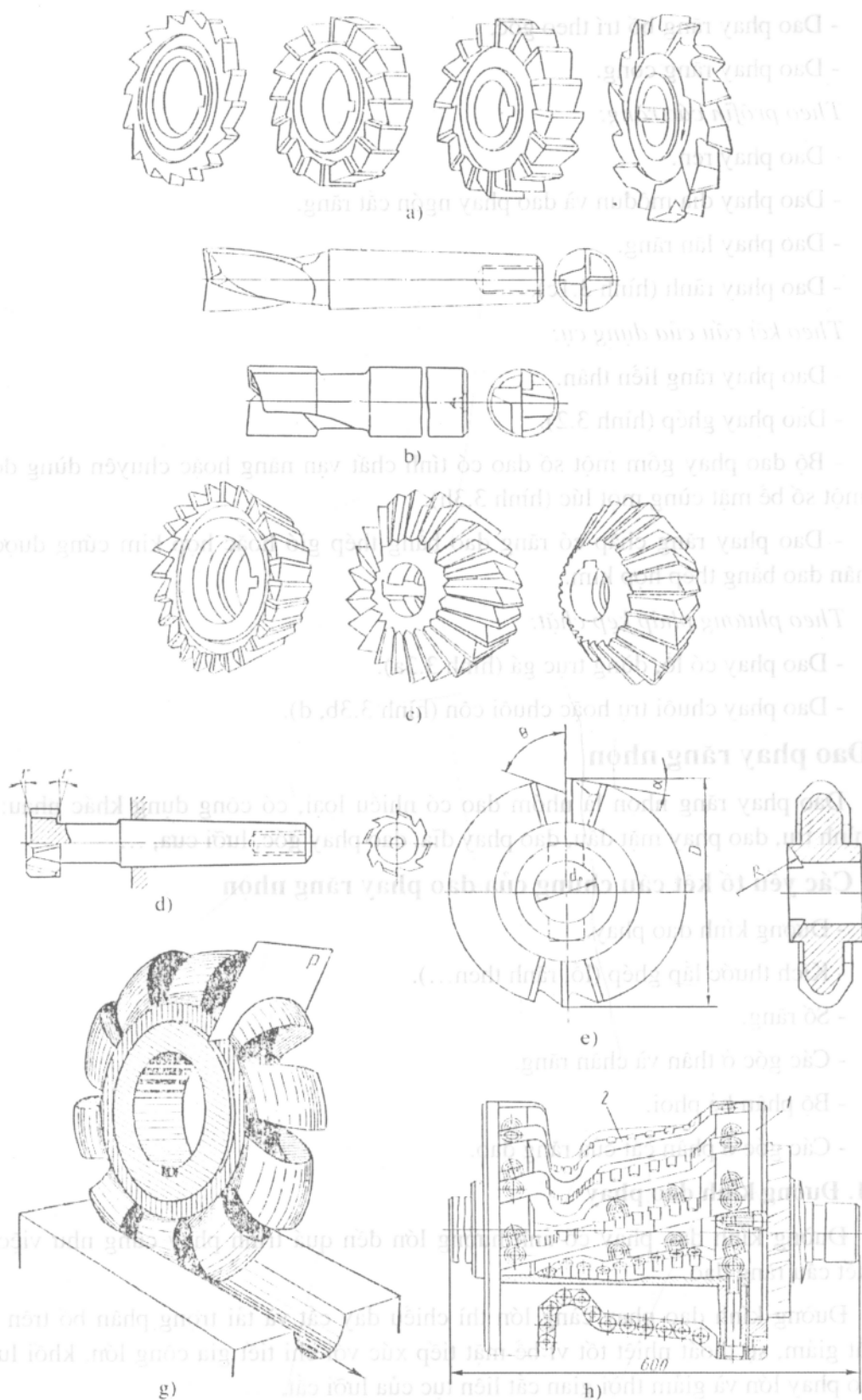
Theo cách phân bố của các răng so với trục dao:

- Dao phay trụ có răng nằm trên mặt trụ (hình 3.1a).
- Dao phay góc có các răng phân bố trên mặt côn (hình 3.1g và 3.3c).
- Dao phay mặt đầu có các răng nằm trên mặt phẳng thẳng góc với trục dao (hình 3.1b).
- Dao phay định hình có các răng phân bố trên bề mặt có đường sinh cong (hình 3.3g).

Các dao phay có răng phân bố trên mặt trụ, mặt côn và trên mặt đầu là những loại dao thường được dùng nhất.

Theo dạng răng:

- Dao phay răng thẳng.
- Dao phay răng xoắn.



Hình 3.3 Các loại dao phay.

- a) Dao phay đĩa. b) Dao phay rãnh then. c) Dao phay góc.
d) Dao phay rãnh chữ T. e) Dao phay định hình hớt lưng. f) Dao phay định hình hớt lưng.
g) Dao phay định hình hớt lưng. h) Bộ dao phay định hình.

- Dao phay răng bố trí theo góc.
- Dao phay răng cong.

Theo profile các răng:

- Dao phay ren.
- Dao phay đĩa môđun và dao phay ngón cắt răng.
- Dao phay lăn răng.
- Dao phay rãnh (hình 3.1c).

Theo kết cấu của dụng cụ:

- Dao phay răng liền thân.
- Dao phay ghép (hình 3.2).
- Bộ dao phay gồm một số dao có tính chất vạn năng hoặc chuyên dùng để gia công một số bề mặt cùng một lúc (hình 3.3h).

- Dao phay răng chấp có răng dao bằng thép gió hoặc hợp kim cứng được lắp trên thân dao bằng thép hợp kim.

Theo phương pháp kẹp chặt:

- Dao phay có lỗ, dùng trục gá (hình 3.3a).
- Dao phay chuỗi trụ hoặc chuỗi côn (hình 3.3b, d).

3.2. Dao phay răng nhọn

Dao phay răng nhọn là nhóm dao có nhiều loại, có công dụng khác nhau: dao phay hình trụ, dao phay mặt đầu, dao phay đĩa, dao phay góc, lưỡi cưa, ...

3.2.1. Các yếu tố kết cấu chung của dao phay răng nhọn

- Đường kính dao phay.
- Kích thước lắp ghép (lỗ, rãnh then...).
- Số răng.
- Các góc ở thân và chân răng.
- Bộ phận bẻ phoi.
- Các góc ở phần cắt của răng dao.

3.2.1.1. Đường kính dao phay

Đường kính dao phay có ảnh hưởng lớn đến quá trình phay cũng như việc lựa chọn kết cấu răng dao.

Đường kính dao phay càng lớn thì chiều dày cắt và tải trọng phân bố trên mỗi lưỡi cắt giảm, sự thoát nhiệt tốt vì bề mặt tiếp xúc với chi tiết gia công lớn, khối lượng của dao phay lớn và giảm thời gian cắt liên tục của lưỡi cắt.

Tất cả các điều nói trên làm tăng tuổi bền của dao và ảnh hưởng tốt đến năng suất.

Về mặt thiết kế, dao phay có đường kính lớn có nhiều ưu điểm giúp người thiết kế dễ lựa chọn các yếu tố kết cấu: số răng, kích thước và hình dáng của răng và rãnh chứa phoi, chiều dày thân dao, đường kính lỗ... Nhờ số răng lớn, đường kính trục gá lớn, dao phay làm việc êm và ổn định hơn, ít rung động nên đạt bề mặt chất lượng tốt hơn. Tuy nhiên đường kính dao phay lớn thì tiêu hao vật liệu làm dao tăng, do đó giá thành của dụng cụ tăng, mặt khác tăng thời gian ăn vào của dao phay làm giảm năng suất gia công. Do đó cần lựa chọn đường kính ngoài của dao phay hợp lý.

Đường kính ngoài của dao phay có thể tính theo công thức sau:

$$D = d + 2m + 2H$$

Trong đó:

d - đường kính lỗ để lắp trục gá dao, mm.

m - chiều dày thân dao phay, mm.

H - chiều cao răng dao, mm.

Khi chọn đường kính dao phay, cần đảm bảo chiều dày thân dao, nên đường kính đáy rãnh răng có thể được xác định như sau:

$$D_1 = d + 2m = (1,6 \div 2,5)d$$

Trong đó:

D_1 - đường kính đáy rãnh, mm.

d - đường kính lỗ, mm.

Khi D_1 không đủ lớn, thân dao thường bị nứt ở chỗ rãnh then. Giá trị của D_1 ở dao phay góc thường được chọn theo bảng 3.1.

Bảng 3.1 Giá trị D_1 chọn theo d .

d	13	16	22	27	32	40
D_1	24	28	35	40	50	60

Để giảm số loại dao phay theo đường kính, thường trong tiêu chuẩn và thực tế người ta quy định chọn theo dãy số sau đây: 40, 50, 60, 75, 90, 110, 130, 150, 175, 200, 250, 300, 350 và 400.

Dãy đường kính này có tính chất ngẫu nhiên, không liên hệ với máy phay.

Hiện nay, có đề nghị thay dãy kích thước trên bằng dãy khác.

Người ta thiết lập nó theo một cấp số nhân có công bội φ bằng công bội cấp số vòng quay của máy, nghĩa là:

$$D_2 = D_1\varphi; D_3 = D_2\varphi = D_1\varphi^2; \dots; D_z = D_{z-1}\varphi = D_1\varphi^{z-1}.$$

75% số máy phay có công bội $\varphi = 1,26$, khoảng 15% có công bội $\varphi = 1,41$ và 10% có công bội $\varphi = 1,58$. Do đó tốt nhất lấy công bội $\varphi = 1,26$ để xác định đường kính dao phay vì giữa $\varphi = 1,26$, $\varphi = 1,41$ và $\varphi = 1,58$ có quan hệ sau: $1,58 = 1,26^2$;

$1,26^3 = 1,41^2 = 2$ nên dây kích thước với $\varphi = 1,26$ cũng sẽ phù hợp với các máy mà cấp số vòng quay có công bội $\varphi = 1,41$ và $1,58$.

Như vậy, việc sử dụng dây cơ bản với $\varphi = 1,26$ có khả năng giảm số lượng kích thước đường kính dao phay.

Bảng 3.2 giới thiệu hai dãy số kích thước đường kính dao phay với $\varphi = 1,26 = \sqrt[10]{10}$ và $\varphi = 1,58 = \sqrt[5]{10}$.

Bảng 3.2 Đường kính dao phay, mm.

Dùng để làm dụng cụ

1,26	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	62	80	100
1,58	-	4	-	6	-	10	-	16	-	25	-	40	-	62	-	100
1,26	125		160		200		250		320		400		500		630	
1,58	-		160		-		250		-		400		-		630	
+ Dây trên dùng cho dao phay trụ, dao phay mặt đầu, dao phay đĩa, dao phay rãnh và dao phay trụ đứng.																
+ Dây dưới dùng cho dao phay cắt rãnh, cắt đứt trong phạm vi đường kính đến 160.																

Dãy kích thước mới có các ưu điểm sau:

- Giảm được số kích thước đến 30%.
- Đảm bảo nhận được trên máy tốc độ cắt chọn trước bằng cách chọn tương ứng số vòng quay của trục chính mà sai lệch của tốc độ nhận được so với tốc độ cắt hợp lý là không đáng kể (10 ÷ 12%).

3.2.1.2. Kích thước lắp ghép

Đối với các dao phay cán lắp, kích thước lắp ghép có thể là đường kính lỗ, kích thước rãnh then hoặc vành vòng của lỗ. Ở trên ta đã nói đến các yếu tố đó.

Đường kính lỗ dao phay d phụ thuộc vào kết cấu và đường kính dao phay, D, chiều sâu của lớp kim loại bị cắt và vật liệu gia công. Ở dao phay răng nhọn (kể cả dao phay răng cháp bằng thép gió hoặc hợp kim cứng) có thể chọn đường kính d của lỗ theo bảng 3.3.

Bảng 3.3 Đường kính lỗ d và đường kính dao phay D, mm.

Đường kính lỗ d	16	22	27	32	40	50	60
Đường kính dao phay D	40	50÷62	62	80÷100	100÷125	125÷160	160÷200

Đối với dao phay răng nhỏ để gia công tinh, kích thước lỗ có thể lấy nhỏ hơn đối với dao phay răng lớn.

Đối với dao phay gắn hợp kim cứng, thường làm việc ở tốc độ cắt cao nên kích thước lỗ phải lấy lớn hơn so với dao phay thép gió.

Dao phay gắn hợp kim cứng có kích thước là 250÷630 mm, ngoài lỗ 60 mm còn có gờ lõm để lắp trên trục chính của máy. Có hai phương án:

- Đường kính phần gờ lõm là 128,57 mm cho tất cả các loại đường kính.

- Đường kính phần gờ lồi là 221,44 mm cho dao phay từ 400÷630 mm.

3.2.1.3. Số răng

Khi tất cả các điều kiện khác như nhau, thì số răng của dao phay có ảnh hưởng đến quá trình cắt. Nếu số răng tăng lên, công và nhiệt lượng khi cắt tăng lên do đó làm giảm tuổi bền của dao và dẫn đến phải giảm tốc độ cắt.

Khi dao phay có số răng lớn (răng dao nhỏ) khó đảm bảo không gian chứa phoi, số lần mài sắc lại ít hơn, chế tạo và sử dụng càng đắt hơn. Nói cách khác, khi số răng lớn, khó lựa chọn được hình dáng hình học của dao hợp lý (về phương diện độ bền, số lần mài lại, không gian chứa phoi). Loại này chủ yếu được dùng để gia công tinh.

Số răng dao phay chọn phụ thuộc vào đường kính dao, dạng răng, kích thước của răng và rãnh, tính chất gia công (thô, tinh).

Số răng dao phay răng nhọn chọn chuẩn để dễ đo kiểm tra đường kính ngoài. Trong tiêu chuẩn, số răng được chọn theo đường kính.

Khi chọn số răng dao cần chú ý đến điều kiện cân bằng khi cắt.

* Đối với dao phay răng thẳng - để đảm bảo cắt tốt, số răng đồng thời tham gia cắt không được ít hơn hai răng, nghĩa là:

$$Z = \frac{360^\circ \zeta}{\varphi} \quad ; \quad \zeta = \frac{\varphi}{\varepsilon}$$

Trong đó:

ζ - số răng đồng thời tham gia cắt và là hệ số cân bằng (hình 3.4).

φ - góc tiếp xúc, $\cos \varphi = 1 - \frac{t}{R}$ với t là chiều sâu cắt khi phay và R là bán kính của dao.

$$\varepsilon - \text{góc giữa hai răng, } \varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}$$

Cần chú ý rằng, không phải bao giờ cũng đạt được điều kiện phay êm khi D và Z cho trước vì chiều sâu cắt t thường nhỏ [$t = 0,5(1 - \cos \varphi)$] nhất là đối với dao phay răng nhỏ.

* Đối với dao phay răng xoắn, tiết diện phoi thay đổi dọc theo chiều dài lưỡi cắt. Nếu chọn thích hợp các điều kiện cắt, tổng số tiết diện phoi trên các răng làm việc sẽ không đổi dù cho mỗi răng cắt có tiết diện thay đổi, đó là trường hợp phay cân bằng, nhờ đó lực cắt P và mômen xoắn sẽ không đổi và dao phay sẽ làm việc êm.

Theo sơ đồ trên hình 3.4a, b, diện tích cắt của các răng đồng thời tham gia cắt có thể được xác định như sau:

Vì phân diện tích cắt được tính từ biểu thức:

$$d_{\pi} = \frac{D \cdot S_Z}{2 \sin \omega} \sin \psi d\psi$$

Trong đó: ψ - góc tiếp xúc tức thời.

Sau khi lấy tích phân theo ψ ta được diện tích cắt của một răng:

$$f_i = \frac{D}{2} \frac{S_z}{\sin \omega} (\sin \psi_1 - \cos \psi_2)$$

Trong đó: ψ_1 và ψ_2 - góc tiếp xúc tức thời của điểm cuối và điểm đầu của răng xoắn của dao phay trong cung tiếp xúc.

Tổng diện tích của các răng đồng thời tham gia cắt:

$$F = \sum_{i=1}^{Z_0} f_i; \quad F = \frac{D}{2} \frac{S_z}{\sin \omega} \sum_{i=1}^{Z_0} (\cos \psi_1 - \cos \psi_2)$$

Trong đó:

Z_0 - số răng đồng thời tham gia cắt.

D - Đường kính

của dao phay.

ω - góc nghiêng của răng xoắn.

Vì D , S_z và ω không đổi nên để cân bằng chỉ phụ thuộc vào tổng

$$\sum_{i=1}^{Z_0} (\cos \psi_1 - \cos \psi_2)$$

Hình 3.4b là hình khai triển cung tiếp xúc của dao phay có bốn răng đồng thời tham gia cắt.

Các góc của mỗi răng lần lượt là:

ψ_1^I, ψ_2^I cho răng đầu;

ψ_1^{II}, ψ_2^{II} cho răng thứ 2;

$\psi_1^{III}, \psi_2^{III}$ cho răng thứ 3;

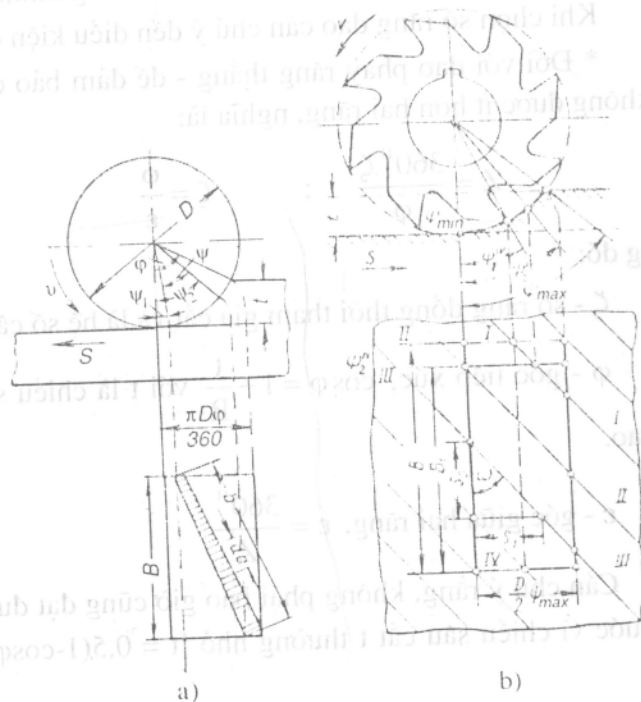
ψ_1^{IV}, ψ_2^{IV} cho răng thứ 4.

Theo hình 3.4 ta có:

$$\psi_1^{II} = \psi_1^{III} = \psi_1^{IV} = \psi_{\min} = 0 \quad \text{và} \quad \psi_2^I = \psi_2^{II} = \psi_2^{III} = \psi_{\max} = \varphi$$

Do đó:

$$\sum_{i=1}^{Z_0} (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) = 3 (\cos \psi_{\min} - \cos \psi_{\max}) + (\cos \psi_1^I - \cos \psi_2^{IV}) \quad (*)$$



Hình 3.4 Điều kiện phay cân bằng của dao phay hình trụ răng xoắn.

Ta giả thiết rằng tại mỗi thời điểm đã cho, dao cần cắt đi đúng 3 tiết diện phoi. Mỗi tiết diện đó ứng với một tiết diện do mặt răng cắt với chiều sâu phay t và góc tiếp xúc là: $(\cos \psi_{\max} - \cos \psi_{\min}) = \varphi - 0 = \varphi$.

Từ công thức trên, ta thấy khi phần trong dấu ngoặc thứ hai của (*) bằng 0 thì đạt được điều nói trên, có nghĩa là nếu ψ_1^I luôn luôn bằng ψ_2^{IV} với góc quay bất kỳ của dao. Như thế nghĩa là vết của răng I cần phải kéo dài đến khi nào phần cuối của nó ở trên cùng đường thẳng với phần cuối của răng IV. Khi đó góc quay của răng I và IV bằng nhau.

Việc kéo dài vết của răng I dẫn đến làm tăng chiều rộng phay từ B_1 đến B . Chiều rộng phay B có đặc điểm là khi khai triển nó sẽ bằng một số nguyên lần trị số bước của răng dao phay theo chiều trục S_0 .

Ví dụ là 3 lần, trong đó $S_0 = \frac{B}{\xi}$ với ξ là hệ số phay cân bằng. Vì

$$S_0 = S_T \cot g \omega = \frac{\pi D}{Z} \cot g \omega \quad \text{với } S_T \text{ là bước răng theo mặt đầu nên:}$$

$$\xi = \frac{B.Z}{\pi.D.\cot g \omega} \quad (3.1)$$

Như vậy đối với dao phay hình trụ răng xoắn, hệ số phay cân bằng phụ thuộc vào đường kính dao phay, số răng dao, góc nghiêng ω và chiều rộng phay.

Khi $\xi = 1, 2, 3, \dots$ thì quá trình phay hoàn toàn cân bằng.

Thông thường chiều rộng phay đã cho trên bản vẽ, do đó khi cho trước đường kính dao phay thì hệ số phay cân bằng hợp lý được xác định trên cơ sở lựa chọn số răng và góc nghiêng của răng ω đối với trục.

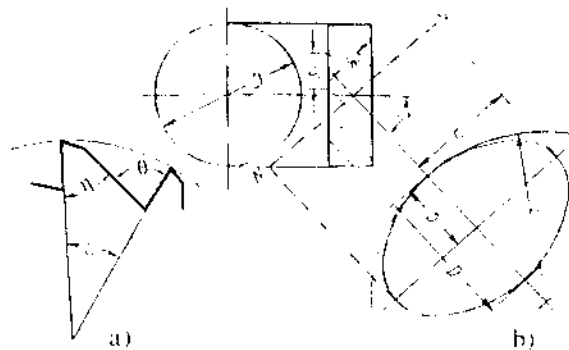
Thực tế chứng tỏ rằng tăng góc ω có lợi hơn tăng số răng và điều kiện làm việc của dao được tốt hơn.

Cần chú ý là trong thực tế, không phải bao giờ cũng đảm bảo được các điều kiện để đạt được phay hoàn toàn cân bằng vì phải dùng các dao phay tiêu chuẩn (có D , Z và ω xác định) mà không tính cho những trường hợp cụ thể.

3.2.1.4. Các góc ở răng và rãnh răng (hình 3.5)

Độ bền của răng, không gian chứa phoi cũng như chiều rộng răng, số răng, chiều sâu của răng được thể hiện qua góc η và θ^0 .

- Đối với dao phay răng liên răng nhọn, thường góc $\eta \geq 47^\circ - 52^\circ$,



Hình 3.5 Các góc ở răng và rãnh răng.

chỉ trong trường hợp đặc biệt mới lấy $\eta = 30 \div 40''$ (như ở dao phay trụ đứng, dao cắt rãnh...).

- Góc rãnh răng, đối với phần lớn dao phay (trừ dao phay răng nghiêng) chính là góc của dao phay bậc 2 để gia công nó, do đó để giảm số loại dao phay bậc 2 đó, thường $\theta = 45 \div 100''$ (cách nhau $5''$).

Việc chọn góc θ phụ thuộc vào đường kính dao, số răng, dạng răng và kích thước răng.

Ta có $\eta = \theta - \varepsilon$ trong đó:

$$\varepsilon = \frac{360''}{Z} \quad (3.2)$$

Quan hệ đó cũng đúng với dao phay có góc trước. Đối với dao phay có rãnh xoắn, góc η phải xét trong mặt phẳng N - N thẳng góc với răng xoắn. Ta có:

$$\eta = \theta - \varepsilon_i$$

Trong đó ε_i là góc giữa các răng với số răng là Z_{td} (tương đương), với dao phay có bán kính R_{td} , tương ứng bán kính với bán kính cong của elip theo phương của trục nhỏ.

$$R_{td} = \frac{a^2}{b} = \frac{R}{\cos^3 \omega}$$

và số răng lúc đó:

$$Z_{td} = \frac{Z}{\cos^3 \omega} \quad (3.3)$$

Khi thiết kế dao phay mới hoặc kiểm tra các bản vẽ cần kiểm tra góc η theo công thức trên.

Để tránh khỏi gãy răng răng, góc η không được lấy nhỏ hơn các giá trị nói trên.

3.2.1.5. Dạng răng và rãnh (hình 3.6)

Việc chọn số răng dao phay có ảnh hưởng lớn đến dạng răng, kích thước của răng và rãnh.

Phần lớn các dạng dụng cụ bị gãy không phải do độ bền kém mà do phoi bị kẹt và chèn nhau trong rãnh. Do đó khi thiết kế dao cần đặc biệt chú ý đến các yếu tố như chiều cao răng, bán kính đáy rãnh, độ nhẵn của rãnh, hình dạng lưng răng. Những yếu tố đó có ảnh hưởng đến kích thước của rãnh thoát phoi.

Hình dạng của răng và rãnh phải:

- Đảm bảo độ bền của răng.
- Có không gian chứa phoi lớn nhất.
- Đảm bảo phoi thoát tốt nhất.
- Cho phép có số lần mài sắc lại lớn nhất.

- Tránh nứt
khi nhiệt luyện.

* Dạng
lưng răng hình
thang (hình 3.6a)
được dùng nhiều
hơn cả, thường
dùng cho dao phay
gia công tinh (cắt
lượng dư bé). Khi

mài lại là mài theo mặt sau nên chiều cao răng và rãnh sẽ giảm nhỏ, đồng thời sẽ làm
tăng chiều rộng p đỉnh răng.

Để tăng số lần mài sắc lại, có thể tăng chiều cao răng nhưng như vậy sẽ làm
giảm độ bền của răng dao.

Chiều cao răng thường có thể lấy bằng $0,5 \div 0,65$ bước vòng.

Để tránh các vết nứt khi nhiệt luyện, đáy rãnh có bán kính lượn $r = 0,5 \div 2\text{mm}$.

Góc α có được bằng cách mài đỉnh răng. Chiều rộng đỉnh răng $p = 0,5 \div 2\text{mm}$.

* Dạng răng (hình 3.6b) thường dùng cho dao phay răng lớn. Nếu xem răng như
một tấm có độ bền đều thì dạng lưng răng phải là đường parabol, trong thực tế thường
thay bằng cung tròn bán kính R .

Chiều cao răng $h = 0,3 \div 0,45$ bước vòng.

Lưng răng có bán kính $R = 0,3 \div 0,45$ đường kính dao phay. Chọn R sao cho tiếp
tuyến với vòng R đó tại điểm chuyển tiếp từ R đến cạnh viền tạo một góc α_1 lớn hơn α
từ $10 \div 15^\circ$ để đảm bảo khi mài sắc lại ít làm thay đổi chiều rộng mặt sau f .

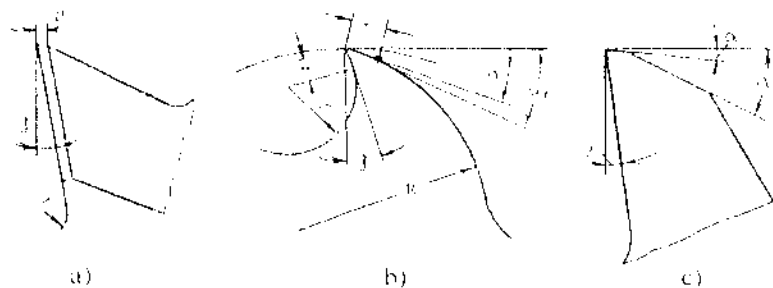
Bán kính cung lượn r nên chọn càng lớn càng tốt để thoát và chứa phoi tốt. Tuy
nhiên giá trị r bị hạn chế bởi chiều cao răng h cũng như đoạn thẳng l trên mặt trước của
dao. Thường thì $r = 0,4 \div 0,75$ chiều cao răng (trị số lớn thường dùng cho dao phay có
đường kính nhỏ).

Rãnh của dao phay loại này được gia công nhờ một dao phay được thiết kế
chuyên dụng.

Dạng răng cung tròn đảm bảo mài lại mặt trước nhiều lần đồng thời có đủ không
gian chứa phoi.

* Dạng răng (hình 3.6c) thường được dùng phổ biến hơn dạng răng ở hình 3.6b
và cũng được dùng cho dao phay răng lớn.

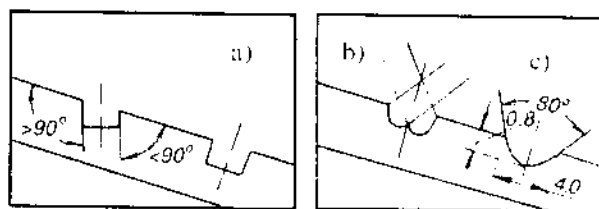
Đỉnh răng có 2 góc: α - góc sau, α_1 - góc vát lưng răng (α_1 thường lấy giá trị từ
 $20 \div 30^\circ$) được tạo nên bằng cách phay 2 lần bằng dao phay góc mà không cần dao phay
chuyên dùng.



Hình 3.6 Các dạng răng nhọn.

Chiều cao răng và bán kính lượn chọn tương tự như dao phay có lưng răng là cung tròn.

Đối với dao phay hình trụ răng xoắn với góc nghiêng ω bé, đôi khi người ta tạo các rãnh chia phoi trên các răng theo thứ tự xen kẽ.



Hình 3.7 Các rãnh chia phoi.

Dạng rãnh trên hình 3.7a không tốt vì góc ở 2 bên rãnh chia phoi khác nhau.

Dạng rãnh trên hình 3.7b tốt hơn nhưng phải phay 2 lần.

Dạng rãnh trên hình 3.7c tốt nhất vì chế tạo dễ và tạo độ nhẵn bề mặt gia công cao.

Nhược điểm của rãnh chia phoi là phần cắt của răng sau nằm đối diện với rãnh bề phoi của răng trước chịu tải trọng cao gấp đôi so với các phần lưỡi cắt khác, do đó sẽ bị mòn nhanh.

Hiện nay người ta thường làm góc nghiêng ω lớn nên không nhất thiết phải có rãnh chia phoi.

3.2.2. Thông số hình học phần cắt của dao phay

3.2.2.1. Góc sau α

Góc sau có tác dụng làm giảm ma sát khi cắt giữa mặt sau của dao và mặt gia công.

* Khi không yêu cầu đạt độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao thì góc sau α chọn như sau:

- Dao phay răng nhỏ $\alpha = 16^\circ$.
- Dao phay răng lớn $\alpha = 12^\circ$.
- Dao phay đĩa, dao phay rãnh, cửa đĩa $\alpha = 20^\circ$.
- Dao phay rãnh then hoa $\alpha = 30^\circ$.

Giá trị góc sau lớn là không tốt vì sẽ làm lưỡi cắt của răng yếu đi, mặt khác khi làm việc sẽ bị mài mòn nhanh và giảm kích thước đường kính.

* Khi cần độ nhẵn bề mặt $R_a = 2,5 \div 1,25 \mu m$ và độ chính xác không thấp hơn cấp 3 thì ở dao gắn hợp kim cứng $\alpha = 5 \div 8^\circ$. Đối với các dao phay có thêm lưỡi cắt phụ thì $\alpha_1 = 4 \div 8^\circ$. Đối với dao phay mặt đầu có góc φ_1 thì $\alpha_1 = 6 \div 10^\circ$.

3.2.2.2. Góc trước γ

Góc trước có tác dụng làm thay đổi biến dạng dẻo của phoi. Việc chọn góc trước tùy thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu gia công, đặc tính cắt và sức bền của vật liệu làm dao. Giá trị góc trước có thể được chọn theo bảng 3.4.

Bảng 3.4 Giá trị của góc γ_N (góc trước trong tiết diện pháp tuyến)

Vật liệu gia công	Dao phay thép gió	Dao phay hợp kim cứng
$\sigma_b \leq 60 \text{ kG/mm}^2$	20°	15°
$\sigma_b = 60 \div 100 \text{ kG/mm}^2$	15°	$5^\circ \div (-5^\circ)$
$\sigma_b > 60 \text{ kG/mm}^2$	$12^\circ \div 10^\circ$	$(-10^\circ) \div (-15^\circ)$
Gang (tùy theo độ cứng)	$5^\circ \div 15^\circ$	$5^\circ \div (-5^\circ)$

3.2.2.3. Góc nghiêng chính φ

Cũng như ở dao tiện, góc φ xác định tỷ lệ giữa chiều dày và chiều rộng lớp cắt theo chiều sâu cắt và lượng chạy dao. Giảm φ chiều dày cắt giảm và chiều rộng cắt tăng lên làm cho điều kiện thoát nhiệt ở vùng cắt được tốt hơn giúp tăng tuổi bền của dao và do đó có thể tăng lượng chạy dao. Tuy nhiên khi φ giảm thì lực hướng kính và lực chiều trục tăng.

Khi chiều sâu cắt không vượt quá 3 mm và hệ thống máy - dao - chi tiết - đồ gá đủ độ cứng vững nên chọn φ nhỏ ($\varphi \approx 20^\circ$).

Khi chiều sâu cắt lớn $t \geq 6 \text{ mm}$ nên dùng 2 góc $\varphi = 40 \div 60^\circ$ và $\varphi_0 = 20^\circ$ tạo lưỡi chuyển tiếp. Lưỡi chuyển tiếp làm tăng chiều dài lưỡi cắt và đảm bảo sức bền của răng dao (có thể lấy $\varphi_0 = \varphi / 2$).

Khi dao cắt hai mặt thẳng góc thì $\varphi = 90^\circ$ (dao phay mặt đầu, dao phay đĩa hai mặt). Để tăng tuổi bền ở đỉnh răng, nên vát ở đỉnh một góc 45° với chiều dài $(0,5 \div 1,5) \text{ mm}$ để tạo ra lưỡi chuyển tiếp.

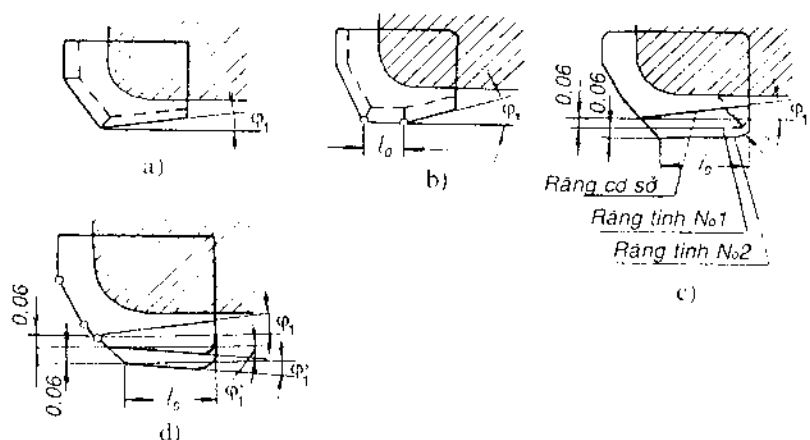
3.2.2.4. Góc nghiêng phụ φ_1 (hình 3.8)

Giảm góc nghiêng phụ làm tăng được độ nhẵn bề mặt.

Ví dụ ở dao phay mặt đầu (hình 3.8a).

Khi gia công thô $\varphi_1 = 2 \div 3^\circ$.

Khi gia công tinh, để tăng lượng chạy dao thường dùng dạng ở



Hình 3.8 Hình thành các lưỡi cắt phụ ở dao phay

hình 3.8b với $\varphi_1 = 0$ trên chiều dài $l_0 = 4 \div 6$ lần trị số lượng chạy dao vòng, tiếp đó là $\varphi_1 = 2 \div 3^\circ$.

Để đạt độ nhẵn bề mặt của gia công, có thể làm như trên hình 3.8c. Tạo một (khi $D < 250$ mm) hoặc hai (khi $D > 250$ mm) răng cắt tinh. Các răng này cao hơn những răng khác khoảng $0,04 \pm 0,06$ mm. Chiều dài của răng cắt tinh l_n phải lấy lớn hơn lượng chạy dao vòng để cắt hết các vết gia công của dao cắt thô để lại.

Khi gia công gang - ở răng cắt tinh $\varphi_1 = 0$

Khi gia công thép - ở răng cắt tinh $\varphi_1 = 6' \div 12'$

Còn ở răng cắt thô, $\varphi_1 = 2 \div 3''$.

3.2.2.5. Góc nâng của lưỡi cắt chính λ

λ là góc giữa vectơ tốc độ cắt ở điểm đang xét và pháp tuyến N với lưỡi cắt chính cũng tại điểm đó do trong mặt phẳng cắt.

Các dao phay mặt đầu, dao phay đĩa, dao phay hai hoặc ba mặt đều có góc λ .

Đối với dao phay hình trụ răng xoắn (hoặc nghiêng) góc $\lambda = \omega$ góc xoắn.

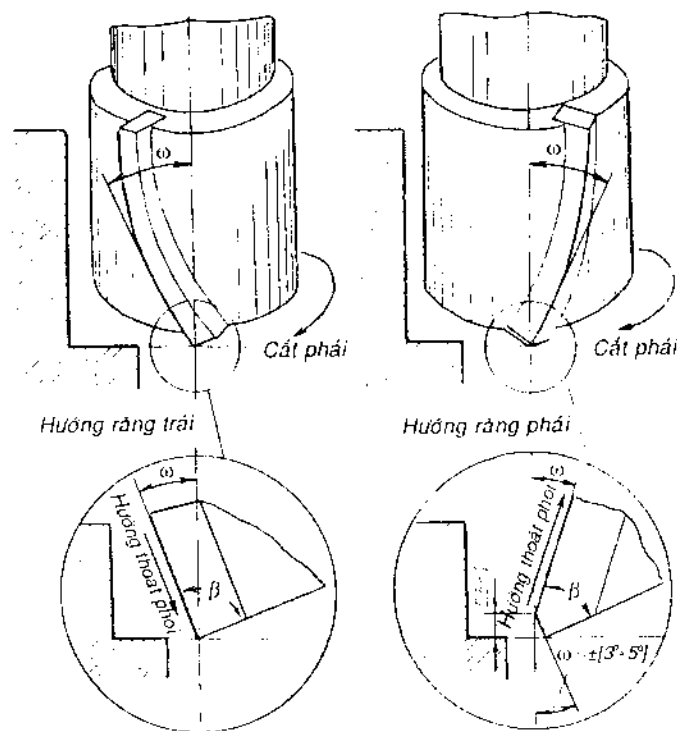
Góc λ làm tăng độ bền của dao. Khi $\lambda > 0''$ tiếp xúc đầu trên của răng dao và phôi ở xa đỉnh răng do đó đảm bảo dao không bị sút mẻ.

Do đó, đối với dao phay gắn hợp kim cứng $\lambda = 12 \div 15''$, đối với dao phay mặt đầu bằng thép gió $\lambda \approx 10''$.

3.2.2.6. Góc nghiêng của rãnh xoắn ω

Răng xoắn hướng phoi theo một phía do đó phoi thoát dễ, khi cắt thì răng ít bị mài mòn. Dao răng xoắn có số răng đồng thời tham gia cắt nhiều hơn so với dao phay răng thẳng do đó ít gây rung động, đảm bảo độ nhẵn bề mặt gia công. Tuy nhiên khi dao có góc xoắn sẽ xuất hiện lực chiều trục P_w . Lực này tùy thuộc vào hướng quay của dao (phải, trái) và hướng răng (phải, trái) mà có thể hướng vào trục chính của máy phay hoặc theo chiều ngược lại.

Trục chính của máy phay có độ cứng



Hình 3.9. Hướng xoắn của răng dao phay

vững cao hơn so với bạc đỡ phía đối diện, nên trong trường hợp có thể nên chọn chiều quay của dao và hướng răng của dao sao cho lực chiều trục P_z hướng về phía ụ trục chính.

Khi gia công rãnh kín và mặt gờ, nếu dao phay có hướng răng và hướng cắt ngược hướng (ví dụ, răng nghiêng trái, cắt phải) phoi thoát theo phía mặt đầu của dao phay (hình 3.9a) sẽ bị kẹt lại và ép giữa các răng, nên dễ gây ra gãy và mẻ răng.

Để tránh hiện tượng đó cần làm hướng răng và hướng cắt cùng chiều (hình 3.9b) (ví dụ, răng nghiêng phải và hướng cắt phải, phoi sẽ thoát lên phía trên).

Ngoài ra, lúc đó cũng cần chú ý đến độ bền ở đỉnh răng mặt đầu vì khi ω lớn thì đỉnh răng sẽ kém bền. Lúc đó người ta thường vát một góc âm $3'' \div 5''$ trên chiều dài $0,5 \div 2$ mm. Khi làm việc nặng, góc vát có giá trị âm, còn khi làm việc nhẹ có thể lấy góc vát dương.

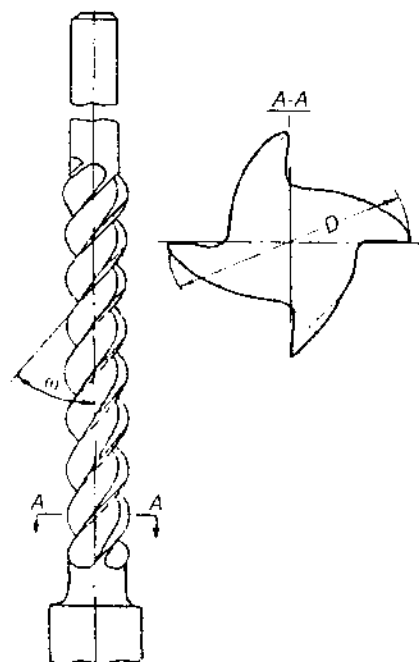
Khi gia công bề mặt hờ, phoi thoát ra khỏi vùng cắt không bị cản trở, khi đó cho phép hướng cắt và hướng răng ngược nhau.

Góc ω có ảnh hưởng lớn đến tuổi bền của dao phay. Trước đây người ta cho rằng khi tăng ω thì tuổi bền của dao giảm. Trong thực tế không như vậy, người ta thường dùng dao có góc ω lớn ($\omega = 55 \div 60^\circ$).

Trên hình 3.10 trình bày dao phay hình trụ có góc nghiêng $\omega = 45^\circ$, dao phay này dùng gia công những mặt phẳng có lượng dư lớn trên máy phay ngang.

Để giảm rung động, người ta làm cổ trục trên dao phay và khi làm việc sẽ lắp tâm ụ sau máy vào cổ trục đó. Dao phay có góc nghiêng lớn có một số ưu điểm đặc biệt là cắt nhẹ hơn, phoi thoát dễ hơn, năng suất và tuổi bền cao hơn. Những ưu điểm đó thể hiện tương đương đối với dao phay bằng thép gió cũng như dao phay gắn hợp kim cứng.

Qua thí nghiệm ta thấy rằng: nếu tăng góc nghiêng 10° đến 60° thì tuổi bền dao tăng $3 \div 5$ lần. Khi gia công vật liệu cứng, ảnh hưởng của ω càng lớn hơn. Trong phạm vi tốc độ cắt từ $70 \div 240$ m/ph, tuổi bền của dao phay trụ dạng chuỗi cũng tăng khi tăng ω . Sự khác nhau về trị số của góc trước trong phạm vi $10^\circ \div 15^\circ$ ảnh hưởng ít hơn đến tuổi bền ($10 \div 50\%$), trong khi đó khi tăng góc ω ở tất cả các trị số của góc trước, tuổi bền của dao phay sẽ tăng lên nhiều (đến 3 lần).



Hình 3.10 Dao phay trụ dạng chuỗi có góc ω lớn để gia công mặt phẳng

Số dĩ tăng ω , tuổi bền tăng nhiều là vì tải trọng trên một đơn vị chiều dài lưỡi cắt và lực cắt đơn vị giảm xuống do phoi thoát ra dễ dàng. Để kiểm tra điều này người ta đã làm nhiều thí nghiệm xác định ảnh hưởng của lượng chạy dao tới tuổi bền ứng với những góc nghiêng khác nhau. Lượng chạy dao được chọn không đổi hoặc thay đổi tăng lên (đến 0.2 mm/răng). Khi lượng chạy dao tăng hai lần thì tuổi bền cũng vẫn tiếp tục tăng do tăng góc nghiêng với mức độ như khi cho lượng chạy dao cố định. Vậy kết luận quan trọng là: mặc dù năng suất tăng hai lần (vì lượng chạy dao tăng hai lần), tuổi bền của dụng cụ vẫn tăng 2 ÷ 3 lần nếu tăng góc nghiêng của răng.

Ảnh hưởng của góc nghiêng đến tuổi bền lớn đến nỗi tăng lượng chạy dao lên 2 lần mà không làm giảm tuổi bền như khi dùng những kết cấu dao phay khác. Điều đó cho phép trong trường hợp cần thiết, có thể giảm số răng trên dụng cụ cắt mà năng suất vẫn không giảm.

Nhiều công trình nghiên cứu đã chứng tỏ rằng: một trong những nhân tố cơ bản để tăng tuổi bền dao phay là tăng góc nghiêng ω của răng dao, tức là tăng góc trước thực tế trong quá trình cắt.

Góc trước thực tế trong quá trình cắt γ_ϕ có thể thay đổi trong mặt phẳng thoát phoi mà không phải ở mặt phẳng NN thẳng góc với lưỡi cắt chính γ_N . Hướng thoát phoi là do góc nghiêng của lưỡi cắt λ (ω) quyết định, ngoài ra nếu tăng góc nghiêng ω của răng thì hiệu số giữa γ_ϕ và γ_N tăng lên rất nhanh như ở bảng 3.5 và theo công thức sau:

$$\sin \gamma_\phi = \sin^2 \omega + \frac{\cos^2 \omega \cdot \operatorname{tg} \gamma_N}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \omega + \operatorname{tg}^2 \gamma_N}} \quad (3.4)$$

Bảng 3.5. Trị số góc trước thực tế (độ)

Góc nghiêng của răng	Khi $\gamma_N = 5$	Khi $\gamma_N = 10$	Khi $\gamma_N = 15$
5°	5°	10°	15°
10°	6°30'	11°20'	16°10'
20°	11°	15°10'	19°20'
30°	17°50'	21°20'	24°50'
40°	27°	29°30'	32°
50°	37°30'	39°15'	41°
60°	49°30'	50°30'	51°30'

Phân tích công thức và bảng 3.5 cho kết luận có ý nghĩa rất thực tế: khi tăng góc nghiêng của răng thì góc trước thực tế không ngừng tăng lên, ngoài ra cường độ tăng đặc biệt càng rõ khi γ_N nhỏ. Khi ω lớn ($\omega = 40^\circ \div 60^\circ$) góc trước thực tế sẽ thay đổi trong khoảng không lớn ($2^\circ \div 5^\circ$) và góc trước γ_N sẽ thay đổi từ $5^\circ \div 15^\circ$. Vì thế đối với những dao phay ω lớn có thể chọn γ_N không lớn. Do đó lưỡi cắt của dao sẽ bền hơn đảm bảo

thoát nhiệt tốt ra khỏi vùng cắt và làm tăng tuổi bền dao phay. Cần chú ý rằng đối với một số vật liệu (ví dụ, thép chịu nhiệt) yêu cầu phải có góc trước hợp lý với một trị số lớn, và điều đó dẫn đến lưỡi cắt của răng bị yếu đi rõ rệt. Song dựa trên cơ sở đã trình bày ở trên ta thấy rằng góc trước thực tế có thể đạt được một trị số lớn mà lưỡi cắt bị yếu đi rất ít. Muốn vậy, phải chọn $\gamma_N = 5''$ nhưng lại tăng góc ω đến $40'' \div 50''$. Có thể dùng những trị số sau đây của góc nghiêng răng cho những kiểu dao phay khác nhau:

Dao phay hình trụ lắp chuỗi $45'' \div 60''$.

Dao phay trụ dạng chuỗi $30'' \div 60''$.

Dao phay đĩa ba và hai mặt $15'' \div 20''$.

Dao phay hình trụ răng nhỏ $25'' \div 30''$.

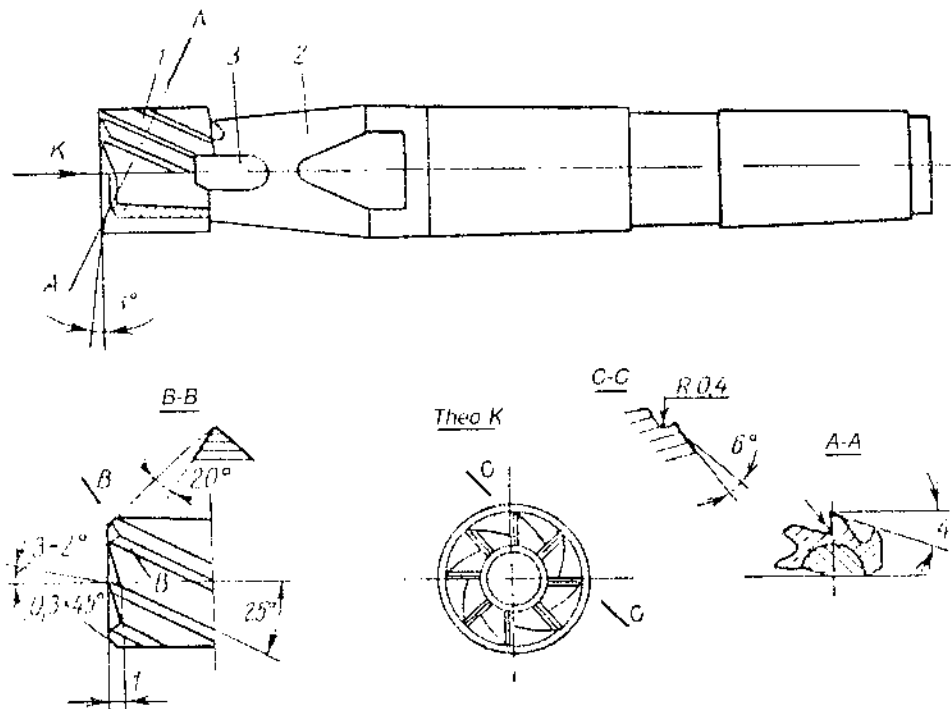
Dao phay mặt đầu răng nhỏ $25'' \div 30''$.

3.2.3 Đặc điểm kết cấu của dao phay răng nhọn bằng hợp kim cứng

3.2.3.1 Dao phay nguyên (liền) khối

Dao phay trụ dạng chuỗi có răng ở mặt đầu là loại dụng cụ nguyên khối hợp kim cứng được sử dụng rộng rãi. Thường được chế tạo từ T5K10, T15K6 ... trong các khuôn ép. Sau khi thiêu kết, chỉ cần đánh bóng lỗ, mài sắc và mài bóng răng dao. Phần kẹp chặt là trục gá 2 trên đó lắp và hàn phần làm việc của dao 1 (hình 3.11).

Để cho chắc chắn hơn, người ta làm lỗ còn và then mặt đầu 3. Thường dao phay loại này được chế tạo với kích thước $6 \div 22\text{mm}$. Profil răng (trong tiết diện pháp tuyến) có dạng cong với bán kính $0,7D$, góc nghiêng của răng $\omega = 25''$.



Hình 3.11 Dao phay liền khối từ hợp kim cứng

Số răng Z chọn tùy thuộc vào đường kính dao phay, vật liệu gia công và chiều sâu của rãnh, $Z = 3 \div 8$.

Dao phay hợp kim cứng cho năng suất cao hơn dao phay thép gió từ $2 \div 3$ lần, mặt khác tuổi bền cũng cao hơn.

Tốc độ cắt nằm trong khoảng từ $65 \div 225$ m/ph và lượng chạy dao $200 \div 1200$ mm/ph.

Để tăng năng suất cao hơn nữa, các máy phay phải có số vòng quay của trục chính cao hơn ($5000 \div 8000$) vòng/phút và lượng chạy dao ($3000 \div 5000$) mm/ph.

Ưu điểm cơ bản của loại dao trên là kích thước bé, răng lớn, dạng răng xoắn vít, rãnh thoát phoi lớn, góc nghiêng ϕ của răng lớn đảm bảo thoát phoi tốt. Việc tạo ra các thông số hình học bằng cách ép và thiêu kết cho phép giảm được thời gian gia công đến mức tối thiểu nên tiết kiệm được vật liệu làm dao và chi phí chế tạo dao.

Ngoài dao phay trụ hợp kim cứng, phương pháp này còn cho phép chế tạo những loại khác, ví dụ, dao phay đĩa ba mặt, dao phay rãnh, dao phay côn (ở dạng xoắn côn), dao phay định hình...v.v. Những dao phay này đều có những ưu điểm trên.

3.2.3.2. Dao phay gắn mảnh hợp kim cứng xoắn

Trên cơ sở số liệu nhận được trong điều kiện phòng thí nghiệm cũng như trong các nhà máy cơ khí về dùng loại dao trên, người ta đã chế tạo những mảnh hợp kim cứng xoắn có kết cấu đặc biệt.

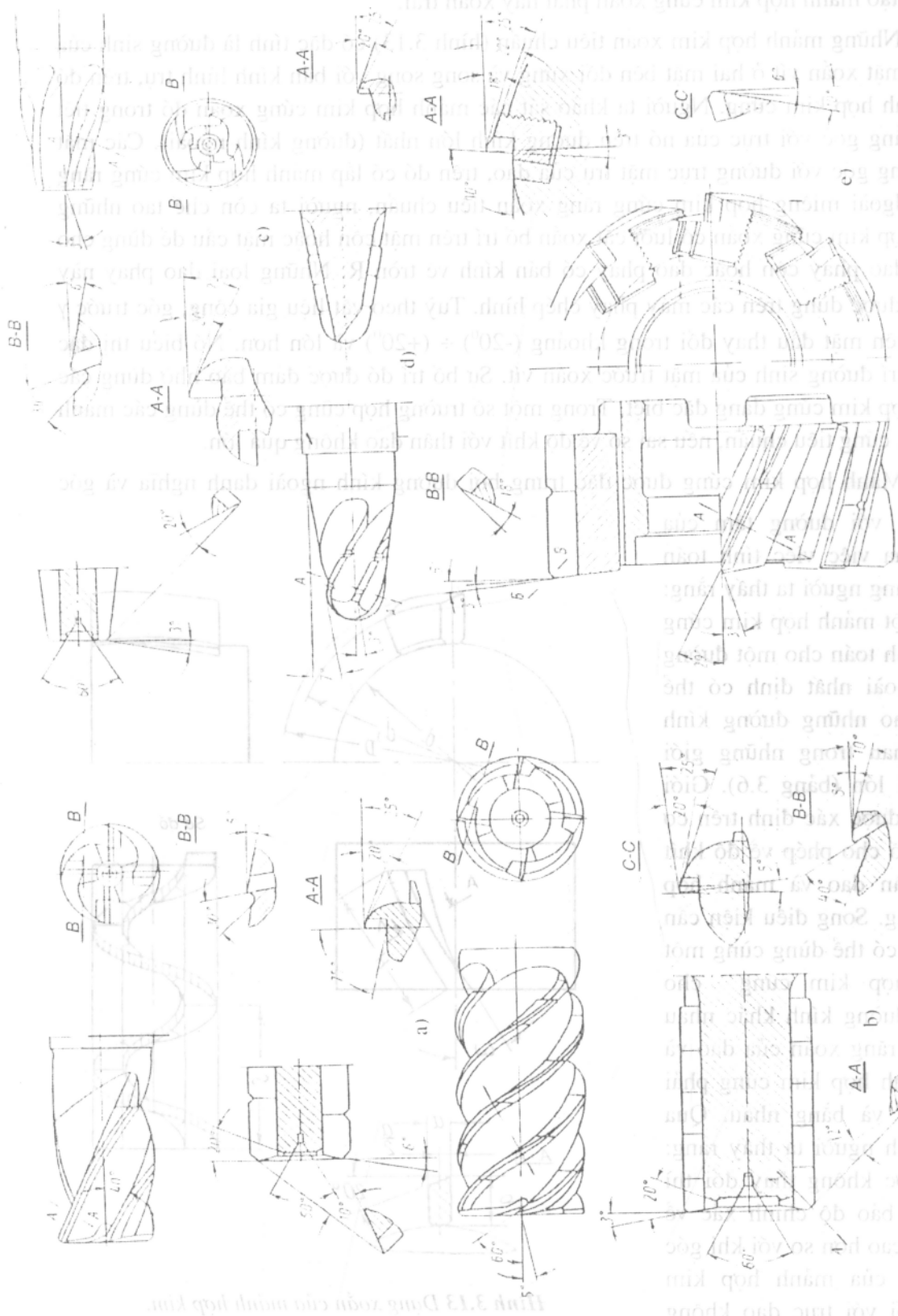
Những mảnh hợp kim cứng xoắn có ý nghĩa rất lớn. Việc chế tạo được chúng cho phép giải quyết ngay được vấn đề dùng dao phay trụ hợp kim cứng cắt được ở tốc độ cao (cắt cao tốc). Những dao phay hợp kim cứng răng xoắn được sử dụng tốt không những để gia công kim loại đen và kim loại màu mà còn dùng gia công hợp kim và thép khó gia công (thép chịu nhiệt, thép không gỉ, thép tôi, v.v.). Một số loại dao phay nói trên được trình bày trên hình 3.12.

Những ưu điểm cơ bản của dao phay gắn hợp kim cứng là có năng suất và tuổi bền cao. Ví dụ, trên máy phay thông thường, không được cải tiến, khi dùng dao hợp kim cứng năng suất sẽ tăng $3 \div 5$ lần, đồng thời tuổi bền cũng tăng lên $2 \div 6$ lần so với dao phay bằng thép gió.

Kết cấu của những miếng răng xoắn cho phép chế tạo chúng không chỉ bằng hợp kim cứng mà còn bằng cả sành sứ nữa.

Mảnh hợp kim cứng trên hình 3.13 là đoạn răng xoắn giới hạn bởi đỉnh và hai mặt bên là những mặt xoắn vít có cùng một bước. Mặt đáy mảnh hợp kim cứng răng xoắn là một mặt trụ. Hai mặt đầu là những mặt phẳng. Tỷ số giữa chiều cao và chiều rộng đáy lấy bằng $2 \div 5$ lần hoặc lớn hơn.

Chỗ tiếp giáp giữa các mảnh hợp kim cứng gắn trên dao phay tạo thành những rãnh bẻ phoi, những rãnh này bố trí theo thứ tự xen kẽ. Để đạt được điều đó, ngoài những mảnh hợp kim cứng tiêu chuẩn, người ta còn chế tạo các mảnh hợp kim cứng chiều dài ngắn hơn, những mảnh này cũng cho phép ghép được cả bộ mảnh hợp kim

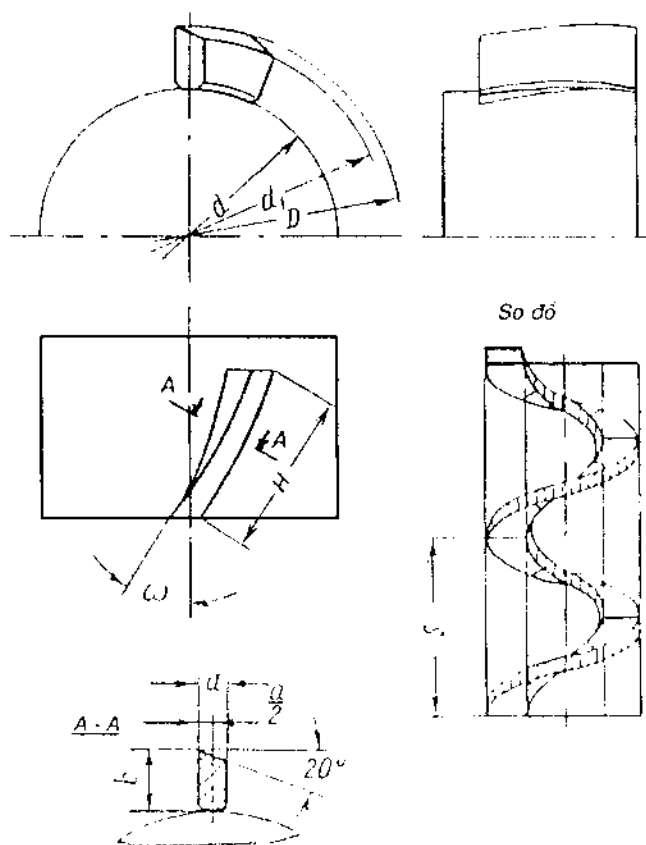


Hình 3.12 Các kiểu dao phay gắn mảnh hợp kim cứng xoắn vít

cứng trên những dao phay răng xoắn dài. Tùy theo hướng của răng xoắn trên dao phay mà chế tạo mảnh hợp kim cứng xoắn phải hay xoắn trái.

Những mảnh hợp kim xoắn tiêu chuẩn (hình 3.13) có đặc tính là đường sinh của các bề mặt xoắn vít ở hai mặt bên đối xứng và song song với bán kính hình trụ, trên đó lắp mảnh hợp kim cứng. Người ta khảo sát các mảnh hợp kim cứng xoắn đó trong tiết diện thẳng góc với trục của nó trên đường kính lớn nhất (đường kính ngoài). Các mặt đầu thẳng góc với đường trục mặt trụ của dao, trên đó có lắp mảnh hợp kim cứng răng xoắn. Ngoài miếng hợp kim cứng răng xoắn tiêu chuẩn, người ta còn chế tạo những mảnh hợp kim cứng xoắn có lưỡi cắt xoắn bố trí trên mặt côn hoặc mặt cầu để dùng cho những dao phay côn hoặc dao phay có bán kính vẽ tròn R . Những loại dao phay này thường được dùng trên các máy phay chép hình. Tùy theo vật liệu gia công, góc trước γ ở tiết diện mặt đầu thay đổi trong khoảng $(-20^\circ) \div (+20^\circ)$ và lớn hơn. Nó biểu thị đặc tính vị trí đường sinh của mặt trước xoắn vít. Sự bố trí đó được đảm bảo nhờ dùng các mảnh hợp kim cứng dạng đặc biệt. Trong một số trường hợp cũng có thể dùng các mảnh hợp kim cứng tiêu chuẩn, nếu sai số về độ khít với thân dao không quá lớn.

Mảnh hợp kim cứng được đặc trưng bởi đường kính ngoài danh nghĩa và góc nghiêng với đường tâm của dao. Qua việc tính toán và sử dụng người ta thấy rằng: cùng một mảnh hợp kim cứng được tính toán cho một đường kính ngoài nhất định có thể dùng cho những đường kính khác nhau trong những giới hạn khá lớn (bảng 3.6). Giới hạn đó được xác định trên cơ sở sai số cho phép về độ khít giữa thân dao và mảnh hợp kim cứng. Song điều kiện cần thiết để có thể dùng cùng một mảnh hợp kim cứng cho những đường kính khác nhau là bước răng xoắn của dao và của mảnh hợp kim cứng phải cố định và bằng nhau. Qua phân tích người ta thấy rằng: nếu bước không thay đổi thì sẽ đảm bảo độ chính xác về độ khít cao hơn so với khi góc nghiêng của mảnh hợp kim cứng đối với trục dao không thay đổi.



Hình 3.13 Dạng xoắn của mảnh hợp kim.

Bảng 3.6 Các kích thước của mảnh hợp kim xoắn

Đường kính dao phay, mm		Đường kính danh nghĩa của mảnh hợp kim cứng, mm		Góc nghiêng đối với trục dao, độ	Chiều cao b, mm	Chiều dày a, mm	Độ dài l, mm
D_0	Sai lệch dương, âm	Đường kính ngoài D	Đường kính trong d				
15	5	15	8	20 - 45	4	2	15
20	5	20	8	20 - 45	6	2,5	20
30	10	30	14	20 - 60	8	4	28
50	10	50	32	20 - 60	9	4,5	28
75	15	75	55	20 - 60	10	5	32
100	20	100	80	20 - 60	10	5	34
150	30	150	130	20 - 60	10	5	34

Khi bước không thay đổi thì góc nghiêng ω_c trên đường kính ngoài D_c của dao phay khác với góc nghiêng ω ở đường kính danh nghĩa D của mảnh hợp kim cứng răng xoắn và được tính theo công thức:

$$\cotg \omega_c = \cotg \omega \cdot \frac{D}{D_c} \quad (3.5)$$

Những mảnh hợp kim cứng xoắn được chế tạo có góc nghiêng trong phạm vi rộng từ $20''$ ÷ $60''$. Tùy theo mặt hàng đặc biệt, góc nghiêng có thể lấy đến $70''$ (dùng cho thép và hợp kim khó gia công). Mảnh hợp kim cứng xoắn có đặc tính là chiều dài bé và chiều dày cố định trên toàn bộ chiều dài, kết cấu đó là để giảm đến mức tối đa độ biến dạng của chúng trong thời gian thiêu kết.

Để nâng cao độ bền của mảnh hợp kim răng xoắn và độ đặc của khối hợp kim cứng thiêu kết, khi ép người ta cho phối từ hai phía ở trong khuôn ép. Những khuôn ép đảm bảo những mảnh hợp kim cứng có dạng xoắn vít mà không phải gia công thêm. Các mảnh hợp kim cứng xoắn đảm bảo trên suốt chiều dài ở đường kính lớn nhất có góc trước, góc sau và bước xoắn của lưỡi cắt không đổi.

Ở trên ta đã nhận xét rằng theo tất cả các chỉ tiêu sử dụng, dùng dao phay có răng xoắn lớn là hợp lý hơn cả. Do đó phần lớn các trường hợp người ta chế tạo những mảnh hợp kim cứng có góc xoắn lớn.

Dao phay trụ dạng chuỗi gắn những mảnh hợp kim thẳng đặt nghiêng một góc không lớn và góc trước âm, bởi vì nếu góc trước dương sẽ gây ra nứt và sút mẻ do hợp kim cứng có độ bền thấp. Điều đó có thể giải thích là do thông số hình học trên toàn bộ chiều dài của lưỡi cắt không cố định và do rung động. Qua các thí nghiệm ta thấy rằng đối với răng xoắn vít, khi có góc trước γ dương sẽ đảm bảo quá trình cắt tốt hơn, không có rung động và không sút mẻ. Điều đó đặc biệt quan trọng đối với dao phay trụ dạng chuỗi khi làm việc với độ nhô lớn trên các máy phay có độ cứng vững thấp. Như vậy là

mặt đầu góc trước dương hoặc âm đều có ảnh hưởng tới tuổi bền như nhau, nhưng chọn góc trước dương có lợi hơn vì quá trình cắt tốt hơn.

Các mảnh hợp kim cứng răng xoắn đã sản xuất cho phép chế tạo các loại dao phay khác nhau (dao phay trụ, v.v...) có đường kính từ $10 \div 200$ mm và lớn hơn với góc nghiêng từ $20^\circ \div 60^\circ$ và có thể lên đến 70° trong trường hợp đặc biệt.

Số răng của dao phay gắn mảnh hợp kim cứng răng xoắn có thể chọn ít hơn so với những dao gắn mảnh hợp kim cứng răng thẳng nhờ điều kiện thoát phoi tốt hơn. Khi gia công với lượng dư nhỏ cũng như đối với những vật liệu khó gia công, nên dùng những dao phay có số răng lớn. Khi làm việc trong điều kiện nặng, ví dụ, khi gia công rãnh sâu thì số răng của dao phay có thể giảm xuống. Trên hình 3.12 trình bày dao phay hàn những mảnh hợp kim cứng: dao phay trụ dạng chuỗi (hình 3.12a, b) dao phay côn dạng chuỗi với góc nghiêng của răng $40^\circ \div 60^\circ$ (hình 3.12c) dùng để gia công thô các bánh răng (ví dụ, bánh răng chữ nhân) và dao phay trụ có bán kính vờ tròn (hình 3.12d). Những dao phay có kết cấu ghép được trình bày trên hình 3.12e chúng được chế tạo bắt đầu từ đường kính $40 \div 50$ mm trở lên. Răng tiết diện hình chữ nhật được kẹp chặt bằng các răng khía và chêm phẳng. Ở thân dao phay làm rãnh nghiêng một góc so với trục. Những mảnh hợp kim cứng răng xoắn được hàn với thân lưỡi dao. Dĩ nhiên việc kẹp chặt các răng có thể thực hiện bằng các phương pháp khác nữa.

Tất cả các loại hợp kim cứng đều có thể dùng làm vật liệu phân cắt, đặc biệt là các loại T15K6, T14K8, BK8, BK6, BK4....

Các dao phay gắn mảnh hợp kim cứng răng xoắn cũng có thể dùng tốt trên dây chuyền tự động.

3.2.3.3. Dao phay mặt đầu

Trong tất cả các loại dao phay gắn hợp kim cứng thì dao phay mặt đầu được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp gia công kim loại. So với dao phay hình trụ, dao phay mặt đầu có góc tiếp xúc với chi tiết gia công lớn hơn nhiều bởi vì có nhiều răng tham gia cắt cùng một lúc. Nhờ đó biến động về tải trọng nhỏ, dẫn đến tăng độ cân bằng khi phay. Độ dài của mỗi lưỡi cắt ở dao phay mặt đầu nhỏ hơn dao phay hình trụ. Vì thế đối với dao phay trụ các lưỡi cắt thường chóng hỏng do các mảnh hợp kim cứng dễ bị mẻ cũng như việc mài sắc các răng rất phức tạp và mất nhiều thời gian. Dao phay mặt đầu có năng suất lớn hơn, đòi hỏi ít năng lượng hơn khi phay cũng như ít tốn các mảnh hợp kim cứng hơn. Vì thế trong mọi trường hợp, nếu có thể thì nên chuyển sang sử dụng dao phay mặt đầu. Ví dụ, nên dùng dao phay mặt đầu ngay cả trên các máy phay ngang. Muốn vậy người ta kẹp chặt dao phay vào trục chính máy, còn chi tiết được đặt ở đồ gá sao cho mặt phẳng gia công được bố trí thẳng góc với trục dao phay.

Số loại dao phay mặt đầu gắn hợp kim cứng khá nhiều trong khoảng kích thước giới hạn của nó. Ví như các dao phay tiêu chuẩn được chế tạo có đường kính từ 100 đến 630 mm.

Khi thiết kế dao phay mặt đầu, ta cần chú ý việc chọn các yếu tố kết cấu sau: số răng, độ nhô ra của răng, các kích thước tiết diện ngang của răng, các kích thước của mảnh hợp kim cứng, thông số hình học phân cắt của răng.

Việc lựa chọn số răng phụ thuộc vào nhiều nguyên nhân, trong đó phải kể đến đường kính dao phay, thể tích không gian giữa các răng để chứa phoi, kích thước dao và các chi tiết kẹp chặt chúng. Ngoài các yếu tố kết cấu, điều kiện sử dụng dao phay cũng có ảnh hưởng đến việc chọn số răng dao phay như độ cân bằng khi phay, trị số lực cắt, công suất tiêu thụ. Về phương diện nâng cao năng suất (theo thời gian máy), chọn số răng lớn có lợi hơn. Trong trường hợp đó, nếu công suất máy không cho phép dùng dao phay với số răng lớn thì nên giảm số vòng quay thay cho việc giảm số răng. Lực cắt và công suất tiêu thụ khi phay cũng thay đổi tỉ lệ với số lượng răng. Khi công suất không đủ nên giảm bớt số vòng quay thay cho việc giảm số răng, bởi vì tốc độ cắt và tuổi bền sẽ thay đổi không đáng kể tùy thuộc theo số răng.

Độ cân bằng khi phay được đảm bảo nếu trong quá trình cắt có ít nhất là hai răng đồng thời tham gia cắt. Khi dao phay bố trí đối xứng đối với chi tiết gia công, điều kiện đó là:

$$B \geq D \sin \frac{360^\circ}{z} \quad (3.6)$$

Trong đó B - chiều rộng của bề mặt gia công.

D - đường kính của dao phay.

Khi $D = (1,4 \div 1,6) B$ thì số răng bé nhất là $8 \div 10$.

Ở bất kỳ kết cấu lắp nào, các kích thước răng dao và các chi tiết kẹp chặt cũng làm cản trở việc tăng số răng, vì chúng cũng cần chiếm một chỗ nhất định. Các răng dao và chi tiết kẹp chặt bố trí càng gọn bao nhiêu và chi tiết kẹp chặt càng nhỏ thì số răng trên dao phay càng bố trí được nhiều. Như vậy ở dao phay mặt đầu số răng phụ thuộc rất nhiều vào kiểu kẹp chặt răng dao.

Khoảng không gian giữa các răng để chứa phoi đặc trưng chủ yếu vào sự nhô ra của các răng so với mặt đầu. Tăng độ nhô thì khoảng không gian chứa phoi sẽ tăng lên, nhưng đồng thời dễ sinh ra rung động, có thể làm sút mẻ và thậm chí gây các mảnh hợp kim cứng. Trị số độ nhô ra của răng bao gồm chiều sâu phay và khoảng không gian hình thành phoi (trong khoảng $10 \div 25\text{mm}$ cho dao phay đường kính từ $100 \div 1000\text{mm}$). Trị số độ nhô không thể lấy lớn hơn chiều cao tiết diện răng dao. Khi cần có độ nhô ra lớn (ví dụ, phay lượng dư lớn) thì cần có các ụ tỳ cho phần nhô ra của dao trên mặt đầu. Nhờ đó dao sẽ vững chắc và tránh được rung động.

Đối với các dao phay tiêu chuẩn thì số răng, tiết diện răng dao, trị số độ nhô ra và số liệu mảnh hợp kim cứng được quy định như trong bảng 3.7.

Kích thước của mảnh hợp kim cứng được chọn trên cơ sở kích thước tiết diện dao, trị số độ nhô và lượng dư trừ để mài sắc lại.

Để nâng cao chất lượng mối hàn và tạo được mặt tựa cho mảnh hợp kim cứng vững chắc nên lấy tỉ số giữa chiều dày H và chiều dày của mảnh hợp kim cứng tối thiểu nằm trong giới hạn $2,5 \div 3$.

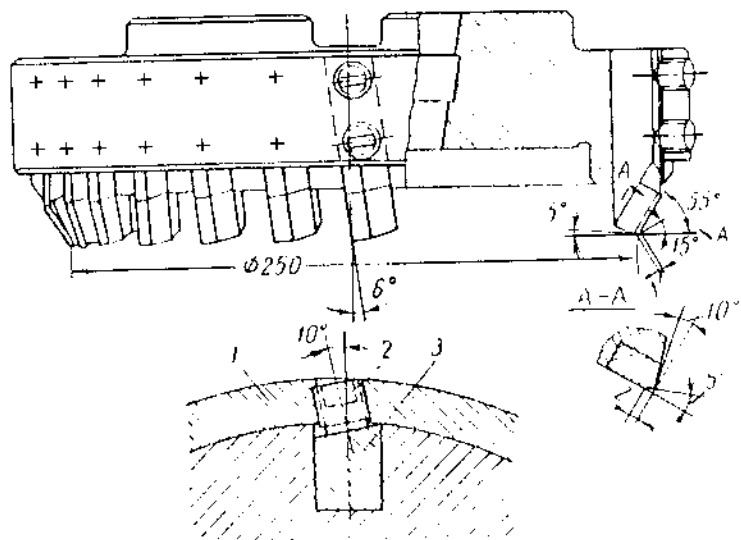
Bảng 3.7 Các yếu tố của dao phay mặt đầu

Đường kính dao phay, mm	100	125	160	200	250	320	400	500	630
Số răng	8	8	10	12	14	18	20	26	30
Tiết diện răng dao, mm	12×18	14×20	14×20	14×20	16×28	16×28	18×32	18×32	18×32
Trị số độ nhô	10	12	12	12	15	15	17	17	17
Nº mảnh hợp kim cứng	2003	2005	2005	2005	2007	2007	2009	2009	2009

Trong trường hợp ngược lại, có thể xảy ra hiện tượng phá vỡ lưỡi cắt, do thân dao bị móp. Trong thực tế các loại dao phay mặt đầu được dùng chủ yếu khác nhau là ở kết cấu kẹp chặt răng dao. Trong chương "Các phương pháp kẹp chặt răng của các dụng cụ kết cấu ghép", đã nghiên cứu những yêu cầu đối với kết cấu ghép cũng như những ưu điểm và khuyết điểm của các loại kẹp chặt chủ yếu. Dưới đây sẽ khảo sát một số kết cấu dao phay dùng trong công nghiệp.

Trên hình 3.14 trình bày kết cấu dao phay cho phép lắp được nhiều răng dao (ví dụ, đối với dao phay $D = 150\text{mm}$ có $Z = 16$; đối với $D = 250\text{mm}$ có $Z = 24$ và $D = 350\text{mm}$ có $Z=32$).

Các rãnh lắp dao ở trong thân được làm hỏ, điều đó giúp cho chế tạo thân dao dễ dàng hơn. Trên thân lắp vòng 1, qua vòng đó có vít 2 để kẹp chặt răng dao 3.



Hình 3.14 Dao phay mặt đầu răng ghép có số răng lớn.

Người ta dùng hai nhóm dao phay mặt đầu cho các kim loại đen:

- Đối với công việc nhẹ, dao có thân hình trụ và đường kính từ $80 \div 250\text{mm}$ (hình 3.15a).
- Đối với công việc nặng, dao có thân côn và đường kính từ $100 \div 630\text{mm}$ (hình 3.15b).

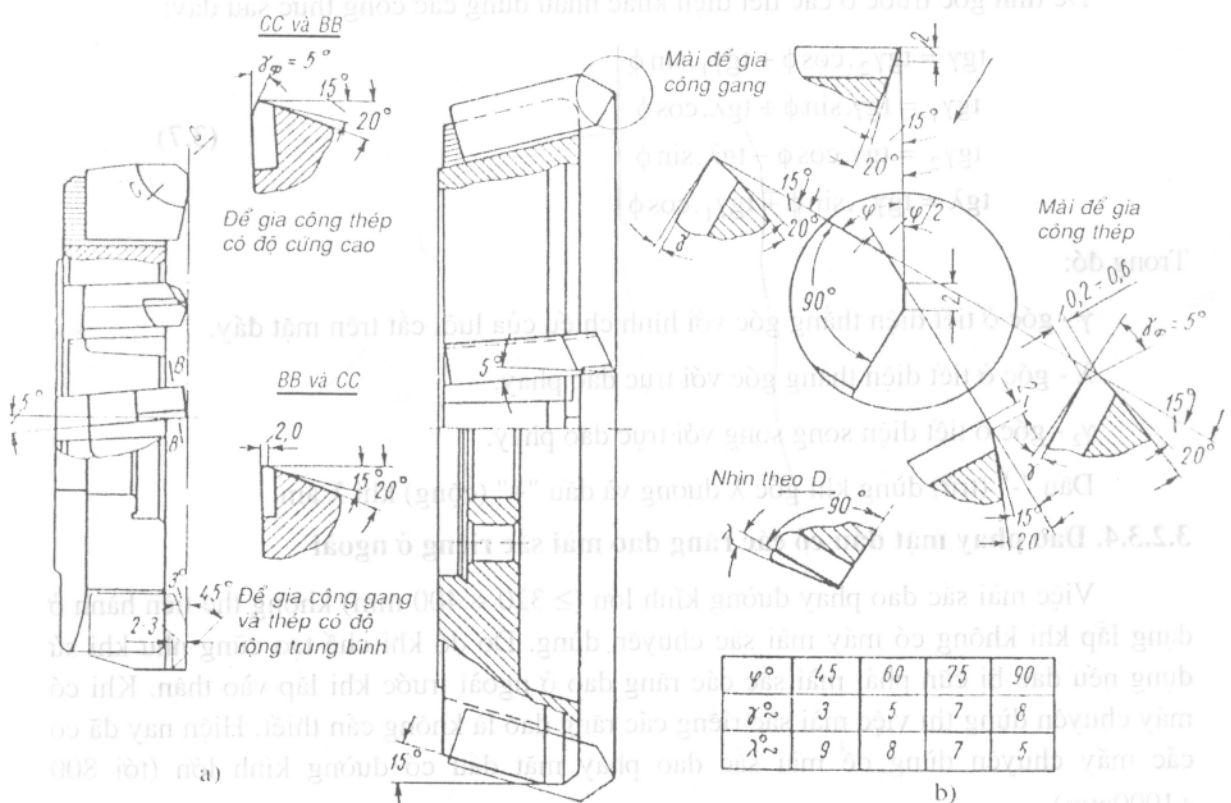
Thân dao hình trụ chế tạo đơn giản, nhưng thân dao hình côn lại tạo ra những thuận lợi nhất định khi mài sắc lại dao phay.

Các răng dao được kẹp chặt bằng các răng khía dọc và các chêm phẳng. Số răng dao tăng đến $1,5 \div 2$ lần, trị số độ nhô của răng cũng được tăng lên mà không giảm độ cứng vững của răng dao.

Khả năng dùng một thân như nhau để gia công gang cũng như thép khi chọn thích ứng các thông số hình học phần cắt của răng và phân bố các rãnh ở thân là ưu điểm lớn của dao phay. Muốn vậy góc nghiêng của rãnh λ phải chọn dương trong giới hạn $5^\circ \div 8^\circ$. Nếu ta cần những trị số khác của góc λ thì có thể bằng cách thay đổi góc đặt mảnh hợp kim cứng trong thân răng dao. Trong đó, cũng cần chú ý đến trị số góc trước γ , nếu nó cũng phải thay đổi theo các điều kiện phay.

Chọn góc trước γ phụ thuộc vào vật liệu gia công trong giới hạn từ $5^\circ \div 10^\circ$ (cho vật liệu mềm) tới $-10^\circ \div 20^\circ$ (cho vật liệu tôi và vật liệu rất bền).

Từ đó thấy rằng, những dao phay chế tạo ở các nhà máy chế tạo dụng cụ cần phải có tính vạn năng rộng. Có thể đạt được điều đó bằng cách mài mặt trước theo góc γ và góc γ_ϕ (hình 3.15).



Hình 3.15 Các thành phần kết cấu cơ bản của dao phay mặt đầu.

Sau khi đặt vào thân, góc trước chính làm bằng $5^\circ \div 8^\circ$, còn góc trước γ_ϕ trên cạnh vát $f = 0,1 \div 0,6$ mm đạt được trị số cần thiết bằng mài sắc.

Với kết cấu như vậy có thể đảm bảo góc trước trong khoảng $5^\circ \div -10^\circ$. Khi cần chọn trị số góc trước khác vượt khỏi giới hạn các trị số đã cho, phải thay đổi các góc đặt

mảnh hợp kim cứng trong thân răng dao. Bảng 3.8 cho số liệu để chọn các góc γ và λ đối với 3 nhóm vật liệu gia công, trong đó nhóm II là nhóm cơ bản. Góc nghiêng chính φ cho 3 nhóm có thể lấy trong khoảng $45^\circ \div 90^\circ$.

Bảng 3.8 Chọn góc γ và λ .

Nhóm	Các góc	Phạm vi sử dụng
I	$\gamma = +10^\circ \div 50^\circ$ $\lambda = -5^\circ \div 0^\circ$	Để gia công các loại thép không gỉ, chịu nóng, chịu axit và các loại thép đặc biệt khác
II	$\gamma = +5^\circ \div (-10^\circ)$ $\lambda = -5^\circ \div 8^\circ$	Để gia công thép mềm và gang
III	$\gamma = -10^\circ \div 20^\circ$ $\lambda = +5^\circ \div 15^\circ$	Để gia công thép đã tôi và thép có độ bền cao.

Để tính góc trước ở các tiết diện khác nhau dùng các công thức sau đây:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma &= \operatorname{tg} \gamma_2 \cdot \cos \phi + \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \phi \\ \operatorname{tg} \gamma_1 &= \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \phi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \phi \\ \operatorname{tg} \gamma_2 &= \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \phi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \phi \\ \operatorname{tg} \lambda &= \operatorname{tg} \gamma_2 \cdot \sin \phi \mp \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \cos \phi \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Trong đó:

γ - góc ở tiết diện thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt trên mặt đáy.

λ - góc ở tiết diện thẳng góc với trục dao phay.

γ_2 - góc ở tiết diện song song với trục dao phay.

Dấu "-" (trừ) dùng khi góc λ dương và dấu "+" (cộng) khi λ âm.

3.2.3.4. Dao phay mặt đầu có các răng dao mài sắc riêng ở ngoài

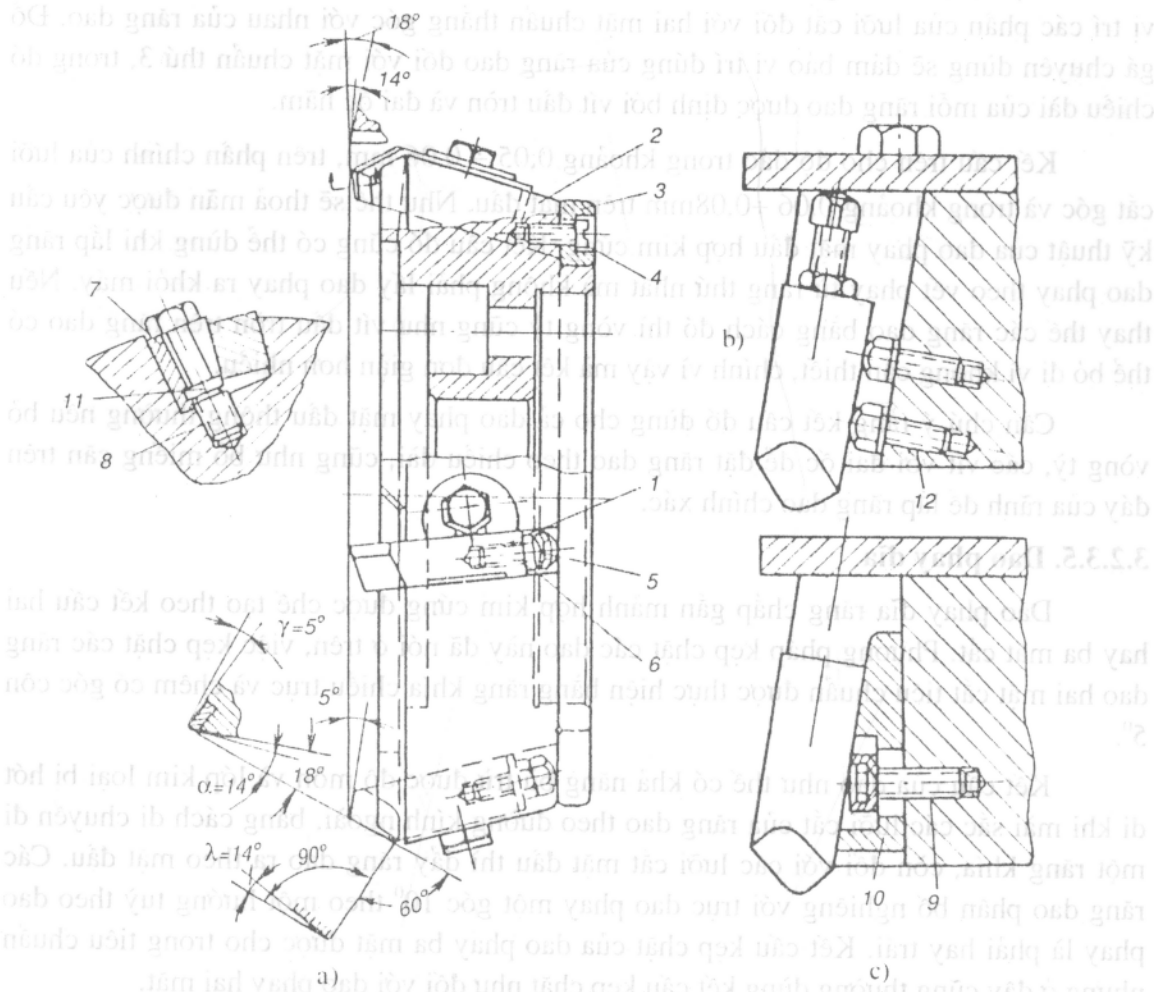
Việc mài sắc dao phay đường kính lớn ($\geq 320 \div 400$ mm) không thể tiến hành ở dạng lắp khi không có máy mài sắc chuyên dùng. Do đó khi chế tạo cũng như khi sử dụng nếu dao bị cùn phải mài sắc các răng dao ở ngoài trước khi lắp vào thân. Khi có máy chuyên dùng thì việc mài sắc riêng các răng dao là không cần thiết. Hiện nay đã có các máy chuyên dùng để mài sắc dao phay mặt đầu có đường kính lớn (tới $800 \div 1000$ mm).

Các máy này tương đối gọn, kết cấu đơn giản có thể mài sắc các răng dao theo chu vi mặt đầu và lưỡi cắt góc, bố trí nghiêng với những góc khác nhau. Nguyên công mài sắc răng dao, khi lắp với thân không tốn nhiều thời gian đồng thời dễ dàng đảm bảo được hình dáng và kích thước của các răng trong giới hạn dung sai. Khi mài riêng các răng dao trên máy vạn năng, thông số hình học phần cắt được kiểm tra bằng thước và đồ gá đo đơn giản.

Trong thực tế người ta dùng phổ biến phương pháp đặt các răng dao theo vết phay trên bề mặt gia công do một răng dao đã được rà chính xác và kẹp chặt tạo nên. Sau khi tạo thành vết, mỗi răng dao tiếp theo được lắp theo vết phay. Nhờ đó lắp được các răng dao vào thân mà không phải tháo dao phay ra khỏi máy. Nếu lắp cẩn thận các răng dao thì phương pháp này sẽ đảm bảo độ đảo cho phép nhỏ nhất của tất cả các lưỡi cắt trên mỗi răng với điều kiện các thông số hình học khi mài sắc ở ngoài phải đúng. Cần chú ý rằng, cách lắp răng dao theo phương pháp phay đòi hỏi công nhân phải có tay nghề thành thạo.

Theo kiểu này, dao phay có thể có nhiều kết cấu khác nhau. Trong một số kết cấu dao phay, răng dao được lắp chính xác vào thân bằng cách điều chỉnh chúng theo phương hướng kính và hướng trục nhờ các chi tiết điều chỉnh thêm (chêm, cữ, v...v.). Điều đó làm cho kết cấu dao phay cũng như các điều kiện sử dụng nó càng thêm phức tạp. Việc lắp và điều chỉnh các răng dao đòi hỏi phải lấy dao phay ra khỏi máy và do đó sẽ mất nhiều thời gian.

Có thể đạt được kết quả khả quan nhưng không làm cho kết cấu dao phay phức tạp mà chỉ cần một số chi tiết gia công chính xác, hình 3.16. Để dao phay đảm bảo được vị trí chính xác các phần cắt của răng dao đối với trục dao phay cần hạn chế dung sai ở



Hình 3.16 Kết cấu dao phay có răng dao mài sắc ở ngoài thân dao.

một mặt bên và đáy rãnh trên thân 2 và ở các mặt lắp ghép của răng dao 1. Ở mặt đầu răng dao có lỗ ren để vặn vít đầu tròn. Chiều dài của răng dao từ đỉnh đến đầu được điều chỉnh bằng vít 5, vít đó được giữ chặt ở vị trí đã cho nhờ đai ốc 6. Đầu vít tỳ vào vòng tựa 3, vòng đó được xiết chặt ở mặt đầu sau của thân dao bằng vít 4. Để chế tạo mặt chuẩn của đáy rãnh dễ dàng, dùng miếng căn 10 (hình 3.16c) được xiết chặt vào đáy rãnh bằng vít 9. Miếng căn đó là một trong các mặt chuẩn. Có thể thay miếng căn trong mỗi rãnh bằng hai vít điều chỉnh 12 có đầu tròn. Mặt chuẩn của răng dao được tỳ ở trên các đầu tròn (hình 3.16a). Mặt bên và vòng tựa là hai mặt chuẩn khác. Mặt phẳng của phần tiếp giáp với thân phải thật phẳng góc với trục dao phay, bằng cách mài mặt phẳng của vòng và mặt đầu phía sau của thân.

Răng của dao có tiết diện chữ nhật được kẹp chặt nhờ bạc 7 có vát một góc 5". Bạc được cắt xẻ (trên hình 3.16a biểu thị phần không gạch chéo) để có thể đưa vai 11 của vít 8 vào lỗ. Khi vặn vít 8 bạc hạ xuống dưới và ép chặt răng dao với các mặt chuẩn của rãnh. Dùng vai 11 để có thể lấy răng dao ra khỏi rãnh mà không phải tháo hết vít và lấy bạc ra. Muốn vậy, chỉ cần tháo vít ra một ít thì vai 11 đẩy bạc lên và do đó làm lỏng và tháo răng dao ra.

Việc mài các răng dao được tiến hành ở ngoài thân dao trên đồ gá đảm bảo đúng vị trí các phân của lưỡi cắt đối với hai mặt chuẩn thẳng góc với nhau của răng dao. Đồ gá chuyên dùng sẽ đảm bảo vị trí đúng của răng dao đối với mặt chuẩn thứ 3, trong đó chiều dài của mỗi răng dao được định bởi vít đầu tròn và đai ốc hãm.

Kết cấu trên cho độ đảo trong khoảng $0,05 \div 0,06$ mm, trên phần chính của lưỡi cắt góc và trong khoảng $0,06 \div 0,08$ mm trên mặt đầu. Như thế sẽ thỏa mãn được yêu cầu kỹ thuật của dao phay mặt đầu hợp kim cứng. Kết cấu đó cũng có thể dùng khi lắp răng dao phay theo vết phay từ răng thứ nhất mà không phải lấy dao phay ra khỏi máy. Nếu thay thế các răng dao bằng cách đó thì vòng tỳ cũng như vít đầu tròn trên răng dao có thể bỏ đi vì không cần thiết, chính vì vậy mà kết cấu đơn giản hơn nhiều.

Cần chú ý rằng kết cấu đó dùng cho cả dao phay mặt đầu thông thường nếu bỏ vòng tỳ, các vít với đai ốc để đặt răng dao theo chiều dài, cũng như bỏ miếng căn trên đáy của rãnh để lắp răng dao chính xác.

3.2.3.5. Dao phay đĩa

Dao phay đĩa răng chấp gấn mảnh hợp kim cứng được chế tạo theo kết cấu hai hay ba mặt cắt. Phương pháp kẹp chặt các dao này đã nói ở trên, việc kẹp chặt các răng dao hai mặt cắt tiêu chuẩn được thực hiện bằng răng khóa chiều trục và chêm có góc còn 5".

Kết cấu của dao như thế có khả năng bù trừ được độ mòn và lớp kim loại bị hớt đi khi mài sắc các lưỡi cắt của răng dao theo đường kính ngoài, bằng cách di chuyển đi một răng khóa, còn đối với các lưỡi cắt mặt đầu thì đẩy răng dao ra theo mặt đầu. Các răng dao phân bố nghiêng với trục dao phay một góc 10" theo một hướng tùy theo dao phay là phải hay trái. Kết cấu kẹp chặt của dao phay ba mặt được cho trong tiêu chuẩn nhưng ở đây cũng thường dùng kết cấu kẹp chặt như đối với dao phay hai mặt.

Thông số hình học các phần cắt của răng lấy như sau: góc trước γ khi gia công thép phụ thuộc vào giới hạn bền từ $-5^\circ \div -15^\circ$, gia công gang $+5^\circ$; góc sau theo đường kính ngoài và mặt phẳng thẳng góc với lưỡi cắt mặt đầu khi gia công thép lấy $20^\circ \div 25^\circ$, khi gia công gang $10^\circ \div 15^\circ$. Góc nghiêng của răng lấy 10° , góc lẹm vào $\varphi_1 = 2^\circ \div 5^\circ$. Đối với các rãnh cần kích thước đúng, góc φ_1 chọn phụ thuộc vào dung sai chiều rộng rãnh.

3.2.4. Dao phay răng nhọn thép gió

3.2.4.1. Dao phay trụ và dao phay mặt đầu

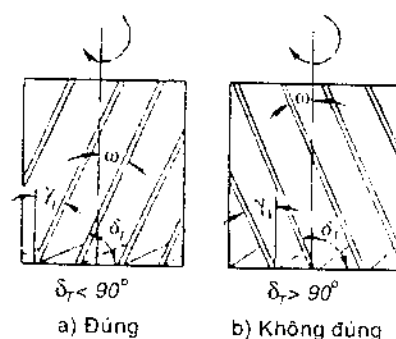
Dao phay trụ và dao phay mặt đầu được chế tạo liền có răng nhỏ với góc nghiêng $\omega = 25^\circ \div 30^\circ$ và răng lớn với góc $\omega = 34^\circ \div 40^\circ$. Dao phay răng nhỏ dùng để gia công tinh khi lượng dư nhỏ, góc trước ở các răng mặt đầu γ_1 bằng góc nghiêng của răng xoắn ω (hình 3.17), do đó tăng góc ω thì γ_1 cũng tăng.

Nếu đối với dao phay trụ cần chọn lượng cắt ngược với hướng xoắn của răng thì đối với dao phay mặt đầu, do có răng ở trên mặt đầu nên hướng cắt và hướng xoắn vít phải trùng nhau (hình 3.17). Nếu ngược lại thì góc cắt của các lưỡi cắt mặt đầu δ_1 sẽ lớn hơn 90° , đây là điều không cho phép đối với dao phay thép gió.

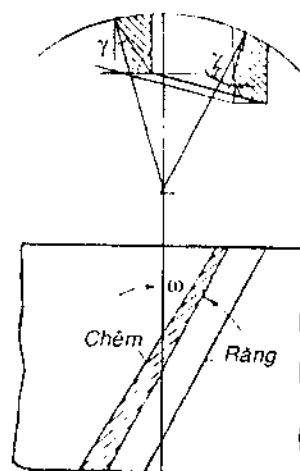
Dao phay trụ răng lớn chỉ được chế tạo bằng phương pháp ghép, gồm hai loại: loại đơn và loại chấp nhiều con. Những dao phay đơn thường có góc nghiêng bé $\omega = 20^\circ$

vì nếu ω lớn thì khi chiều dài của dao lớn sẽ khó mài các răng dao theo đường xoắn, trong điều kiện các trị số góc trước ở các mặt đầu dao phay không khác nhau lắm. Nếu góc trước có trị số dương thì ở một mặt đầu là dương còn đầu kia là âm (hình 3.18). Để có thể đặt được các răng dao thì rãnh ở thân dao làm nghiêng, còn mặt xoắn nhận được bằng cách mài răng dao theo mặt trước. Để tiết kiệm vật liệu cắt, răng dao làm theo tiết diện hình chữ nhật. Ta dùng chêm dọc phẳng có góc nghiêng 3° để kẹp chặt răng dao. Để có thể tăng răng dao theo đường kính, nhằm mục đích bù trừ và đảm bảo độ nhô của răng dao trong giới hạn tiêu chuẩn, các rãnh của răng dao và thân dao đầu có răng khía dọc.

Dao phay chấp nhiều con được chế tạo có chiều dài không lớn hơn $40 \div 50$ mm, điều đó cho phép tăng góc nghiêng của răng lên đến 45° . Để



Hình 3.17 Chọn hướng răng xoắn cho dao có răng trên mặt đầu.



Hình 3.18 Sự thay đổi trị số góc trước ở dao phay trụ răng chấp.

tránh ảnh hưởng có hại của lực chiều trục sinh ra do các răng bố trí theo mặt xoắn, dao phay làm việc theo từng bộ gồm một hoặc nhiều cặp. Trong mỗi cặp, một dao có hướng xoắn phải còn dao kia có hướng xoắn trái. Khi cần thiết có thể dùng một số lẻ các dao phay, nhưng trong trường hợp đó tổng hợp lực chiều trục phải hướng vào trục chính vì trục chính cứng vững hơn.

Dao phay mặt đầu răng chấp thép gió được chế tạo với đường kính $80 \div 630$ mm. Các kết cấu kẹp chặt răng dao với thân trong tiêu chuẩn chưa được quy định nên có thể chọn bất kỳ. Các kiểu kẹp chặt chính đã được nói ở trên, tuy nhiên tùy theo kiểu kẹp chặt mà chọn các yếu tố như số lượng răng dao, chiều dài răng nhô ra khỏi thân, v...v.

3.2.4.2. Dao phay trụ dạng chuỗi

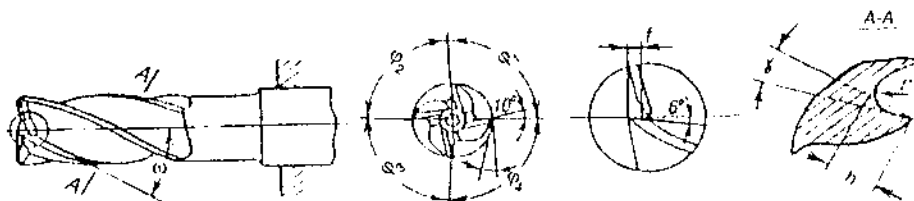
Mặc dù dao phay trụ dạng chuỗi hợp kim cứng chiếm một vị trí nhất định trong công nghiệp, dao phay trụ dạng chuỗi bằng thép gió vẫn được rộng rãi trong thực tế. Chúng được dùng để gia công những rãnh lõm, những mặt gờ và những mặt phẳng thẳng góc với nhau và đặc biệt để gia công những rãnh sâu trong các chi tiết hộp bằng thép hoặc gang. Trong trường hợp gia công rãnh sâu, chúng được chế tạo với đường kính đến $80 \div 100$ mm có chiều dài phần làm việc từ $100 \div 150$ mm trở lên.

Dao phay trụ dạng chuỗi có một số khuyết điểm sau: góc nghiêng của răng nhỏ ($\omega = 20^\circ$), rãnh giữa các răng trên mặt trụ cũng như trên mặt đầu nhỏ và số răng nhiều. Việc chọn góc nghiêng nhỏ không phải chỉ do không đánh giá đúng ảnh hưởng của góc đó đến điều kiện làm việc của dao phay, mà còn do sợ làm yếu các răng mặt đầu có góc trước γ_T bằng góc nghiêng của răng ω .

Thực tế cho thấy rằng các dao phay tiêu chuẩn có khuynh hướng bị kẹt phoi trong rãnh giữa các răng, do điều kiện thoát phoi không tốt và do thể tích các rãnh chứa phoi không đủ. Do các điều kiện hạn chế thoát phoi của dao phay nên cần gia công với lượng chạy dao thấp và chia lượng dư gia công ra một số bước nhỏ.

Để khắc phục những khuyết điểm trên có các biện pháp sau đây:

- Tăng góc nghiêng của các răng.
- Giảm số răng.
- Tăng thể tích rãnh chứa phoi.
- Dùng răng dạng cong (hình 3.19).



Hình 3.19 Kết cấu dao phay trụ dạng chuỗi răng xoắn.

Các bước răng không đều nhau sẽ khử được rung động sinh ra trong quá trình phay. Các bước xoắn không đều nhau sẽ làm cho chiều dày lớp cắt ở mỗi răng khác nhau. Nhờ đó tải trọng ở mỗi răng sẽ thay đổi dẫn đến làm giảm hần rung động và làm cho dao phay làm việc êm hơn, đặc biệt khi phay rãnh sâu.

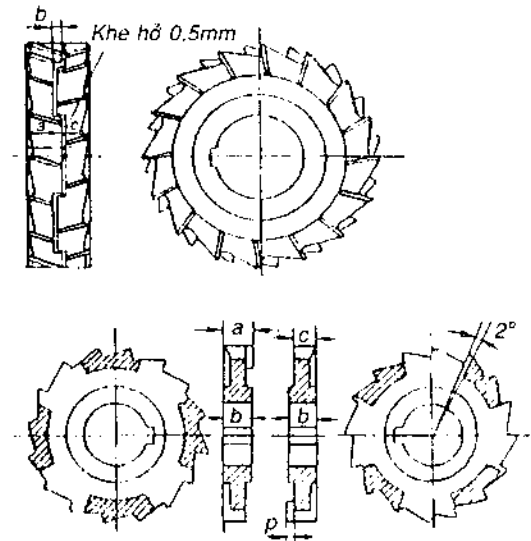
3.1.4.3. Dao phay đĩa

Dao phay đĩa răng liền gồm có: dao phay rãnh, dao phay 3 mặt hoặc 2 mặt, dao phay 3 mặt có hướng răng thay đổi.

Các loại dao phay rãnh dùng để phay những rãnh không sâu. Để giảm bớt ma sát người ta làm lõm vào với góc $\varphi_1 = 1^{\circ}30' \div 2^{\circ}$ trên toàn bộ dao phay nhưng chưa lại một viên vòng ở mặt đầu rộng $1 \div 1,5$ mm. Viên vòng là để đảm bảo kích thước chính xác của rãnh và để có thể kiểm tra chiều dày của dao phay.

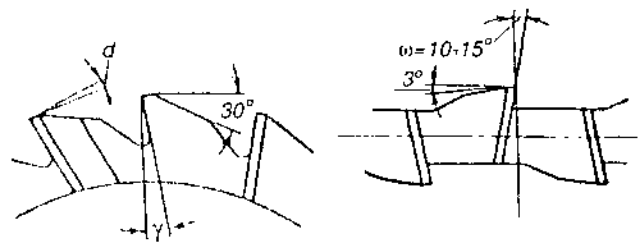
Trong quá trình mài sắc lại, chiều dày của dao phay sẽ giảm đi do có độ lõm vào, song điều đó không ảnh hưởng đến kích thước của rãnh, một là vì độ giảm bé, hai là được bù trừ bằng dung sai (về phía cộng) và độ lay rộng luôn xảy ra khi phay rãnh.

Dao phay đĩa 3 mặt răng nhỏ là loại dụng cụ tương đối tốt để gia công rãnh, bởi vì các răng hai mặt bên cho phép phay những rãnh sâu hơn, ngoài ra còn đạt được các độ nhẵn cao ở hai mặt bên. Đôi khi những dao phay đó được chế tạo có độ lõm vào một ít giống như dao phay rãnh. Dao phay như thế làm việc sẽ nhẹ hơn. Khuyết điểm đáng kể của dao phay đĩa 3 mặt là chiều dày dao phay sẽ bị hụt ngay từ lần mài sắc đầu tiên. Để phục hồi lại kích thước ban đầu, người ta dùng dao phay điều chỉnh (hình 3.20), dao phay điều chỉnh gồm có hai nửa



Hình 3.20 Kết cấu dao phay rãnh điều chỉnh.

a và c có chiều dày b bằng nhau ghép lại. Trên hai nửa, các răng có hướng thay đổi nằm trên đường kính ngoài và trên một mặt đầu. Giữa hai nửa mặt dao đặt vòng đệm có chiều dày tương ứng. Hai nửa dao ghép với nhau nhờ khoá gồm rãnh và gờ nổi chiều cao p xen kẽ với nhau (thường có 4). Giữa rãnh và gờ có độ hở 2° ,



Hình 3.21 Dao phay đĩa ba mặt có các răng hướng chéo nhau.

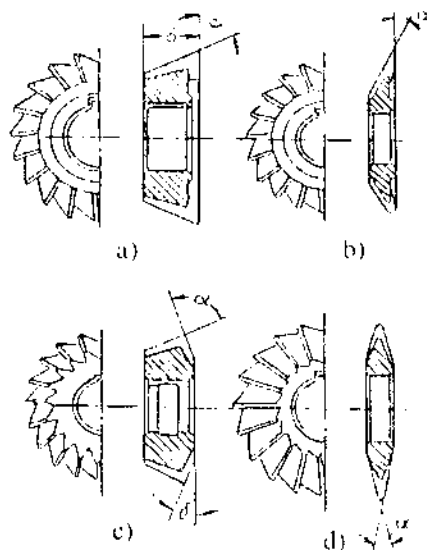
giữa nửa dao cũng có độ hở 0,5 mm. Để tránh các đường vạch để lại trên bề mặt gia công người ta làm các răng chéo lẫn nhau. Xét về mặt kết cấu răng, loại dao phay này không khác gì loại dao phay 3 mặt thông thường.

Để cải thiện điều kiện cắt và nâng cao năng suất, nguyên lý dùng răng xoắn áp dụng cho cả dao phay đĩa ba mặt. Song người ta thay răng xoắn bằng răng nghiêng có góc $\omega = 15^\circ \div 20^\circ$ với hướng chéo nhau (hình 3.21). Nhờ vậy mà các lực chiếu trục sẽ khử lẫn nhau và do đó dao phay làm việc êm hơn. Mỗi răng chỉ làm việc một bên, do đó bên lưỡi không cắt sẽ được vát song song với mặt đầu. Dao phay loại này có số răng ít hơn so với dao phay 3 mặt thông thường, nên ngoài kết cấu răng được bền còn cho phép làm được rãnh to để chứa phoi. Điều đó cho phép tăng lượng chạy dao trên một răng và lượng dư gia công, đồng thời vẫn đảm bảo nâng cao năng suất mặc dù mỗi răng chỉ làm việc có một bên.

Dao phay đĩa 3 mặt được dùng không phải chỉ để gia công rãnh mà còn dùng để gia công các mặt phẳng, ví dụ, chúng được dùng rộng rãi khi chế tạo dụng cụ cắt, khi phay đầu vuông và dẹt của dụng cụ dạng chuỗi. Dao phay đĩa 3 mặt còn được chế tạo theo kiểu răng chấp bằng thép gió. Răng chấp (góc 5°) dạng chêm (góc côn 5°) có những răng khía hướng kính.

Để bù trừ độ mòn và phục hồi kích thước chiều dày của dao phay có thể chuyển dịch răng chấp lên một vài răng khía theo chiều trục. Độ mòn cũng như lượng kim loại mài đi theo đường kính ngoài của dao không có gì để bù trừ được. Do đó, đối với răng chấp mới phải có độ nhô ra khá lớn bởi vì đó là thông số duy nhất để bù trừ kích thước theo đường kính. Các răng chấp được đặt nghiêng với trục một góc $\omega = 8^\circ$, đối với dao phay hẹp (chiều dày dưới 15 mm) và $\omega = 15^\circ$ đối với những dao phay có chiều rộng lớn hơn. Đối với loại dao phay hẹp làm góc nghiêng nhỏ để dao khỏi bị yếu. Hướng của răng thay đổi lần lượt ngược nhau, do đó mỗi răng chỉ cắt một phía nhọn, còn phía kia thì vát song song với mặt đầu. Dao phay ba mặt ghép thường được ghép hai con lại và cũng như ghép theo bộ với những dao phay răng nhọn khác. Trong các trường hợp đó những dao phay 3 mặt thường được thay thế bằng dao phay hai mặt.

Dao phay góc chỉ được chế tạo liền và được dùng chủ yếu trong sản xuất dụng cụ để phay rãnh thoát phoi của các loại dụng cụ khác nhau. Các loại dao phay một góc (hình 3.22a) được chế tạo có góc côn α trong khoảng $55^\circ \div 90^\circ$, mỗi loại cách nhau 5° . Để phay các rãnh ở các dao phay hớt lưng răng thẳng người ta dùng loại dao phay một góc có các góc côn α bằng 18° , 25° và 30° (hình 3.22b).



Hình 3.22 Dao phay góc.

Đối với những dao phay hớt lưng răng xoắn, dao phay phải có dạng đối xứng với các góc côn α như trên hình 1.15d. Dao phay hai góc (hình 3.22c) được chế tạo có góc α chung trong khoảng $55^\circ \div 100^\circ$, mỗi loại cách nhau 5° và một trong các góc δ (nhỏ) lấy trong giới hạn $15^\circ \div 25^\circ$ tùy theo tổng số góc chung.

Các răng của dao phay một góc phân bố trên mặt côn và trên mặt đầu. Các răng trên mặt côn làm việc là chính, các răng trên bề mặt chỉ làm sạch bề mặt gia công. Để tránh các vết nứt ở rãnh các dao sinh ra do nhiệt luyện, các đỉnh của dao phay góc cần phải lượn tròn với bán kính đã cho trong bản vẽ.

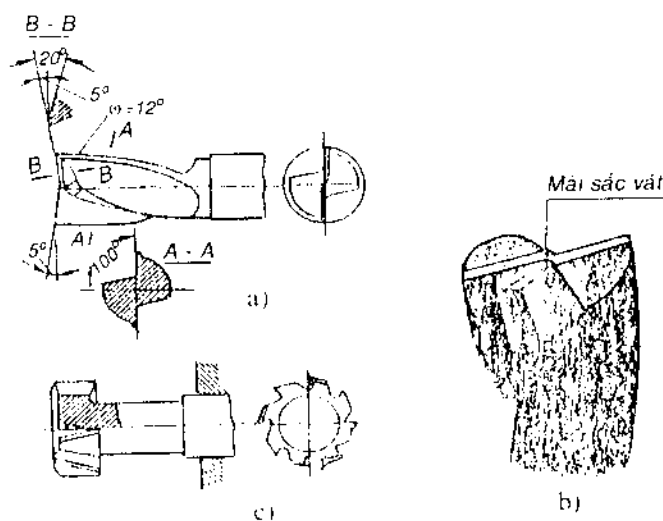
Những dao phay góc kích thước nhỏ được chế tạo hàng những dao phay trụ, chuỗi trụ hay chuỗi côn.

3.2.4.4. Dao phay rãnh then

Đôi khi người ta dùng dao phay trụ dạng chuỗi để phay các rãnh then và rãnh chính xác, song như thế là không hợp lý bởi vì dao phay trụ dạng chuỗi sau lần mài sắc thứ nhất sẽ bị hút kích thước theo mặt trụ và sau đó không thể dùng để gia công các rãnh chính xác được nữa. Vì vậy để gia công các rãnh đó người ta dùng dao phay rãnh then có những răng mặt đầu lớn (hình 3.23a). Trong trường hợp này, hầu như chỉ có răng mặt đầu tham gia cắt

thời và các răng đó sẽ được mài sắc lại khi mòn. Nhờ thế mà kích thước phần hình trụ của dao phay được giữ hầu như không đổi. Đặc điểm làm việc của dao phay này là ở chỗ rãnh then được phay trong vài lượt cắt qua lại. Do độ đảo của trục chính và của dao phay và do dao bị đẩy khi thay đổi hướng chạy dao mà hướng cắt không thay đổi nên chiều rộng rãnh phay sẽ lớn hơn kích thước đã cho trong bản vẽ. Để khắc phục điều đó người ta chế tạo đường kính dao phay với sai lệch âm. Để đảm bảo độ cứng vững, chiều dài làm việc lấy khoảng $1,8 \div 2,7$ lần đường kính, còn chiều dày lõi khoảng $0,35 \div 0,4$ đường kính dao phay. Để răng liền hơn và tăng không gian chứa phoi người ta lấy số răng là 2, tức là số răng ít nhất. Các răng phân bố trên đường kính phải đảm bảo cho dao phay có độ đồng tâm tốt để gia công được then trong phạm vi dung sai.

Những dao phay tiêu chuẩn được chế tạo với răng thẳng hoặc răng xoắn với góc nghiêng $12^\circ \div 15^\circ$. Hướng các răng phải trùng với hướng cắt. Những chỉ tiêu làm việc



Hình 3.23 Dao phay rãnh then (a), mài vát dao phay rãnh then (b), dao phay rãnh chữ T (c).

của dao phay răng xoắn tốt hơn so với răng thẳng nhưng góc nghiêng phải làm lớn hơn tiêu chuẩn hiện dùng. Để cắt vào kim loại tốt hơn và để tránh cho dao phay ăn khỏi bị lệch, mặt đầu được mài lồi vào với góc $5''$. Ngoài ra, những răng mặt đầu còn được mài theo mặt phẳng vát thêm một góc $20''$. Giống như mũi khoan răng xoắn, lưỡi cắt ngang phải mài hết đi (hình 3.23b) để tránh có vết lồi ở giữa răng phay. Ngoài ra, để giảm ma sát theo mặt trụ, lưng của mỗi răng được làm thấp xuống khoảng $0.5 \div 2.5\text{mm}$ tùy theo kích thước của dao phay.

Người ta còn chế tạo dao phay răng then gắn mảnh hợp kim cứng. Đặc điểm của loại dao phay này là vị trí hai mảnh hợp kim cứng, một mảnh đặt vào quá tâm còn mảnh kia đặt cách tâm một đoạn. Dao phay có kết cấu như vậy một mặt làm cho việc chế tạo đơn giản, mặt khác làm cho quá trình phay ở vùng không thuận lợi nhất tức là ở chỗ lồi được tốt hơn.

Để gia công những hợp kim nhôm, người ta dùng dao phay một răng có profile dạng lưỡi liềm. Loại dao phay này vẫn làm việc dễ dàng với số vòng quay lớn hơn $15 \div 17$ nghìn vg/ph mà không bị kẹt phoi, trong khi đó dao phay nhiều lưỡi hoàn toàn không làm việc được với điều kiện đó.

3.2.4.5. Dao phay răng chữ T và dao phay răng then bán nguyệt

Kết cấu của loại dao phay này cũng giống như dao phay đĩa cắt răng. Các kích thước của chúng cũng theo tiêu chuẩn Nhà nước. Dao phay răng chữ T và dao phay các răng then bán nguyệt làm việc trong điều kiện nặng và thường bị gãy. Những nguyên nhân chính gây ra gãy là:

- Rung động sinh ra do dao phay thuận và nghịch cùng một lúc.
- Lượng cắt vào và pháp vào kim loại của răng lớn.
- Kẹt phoi.

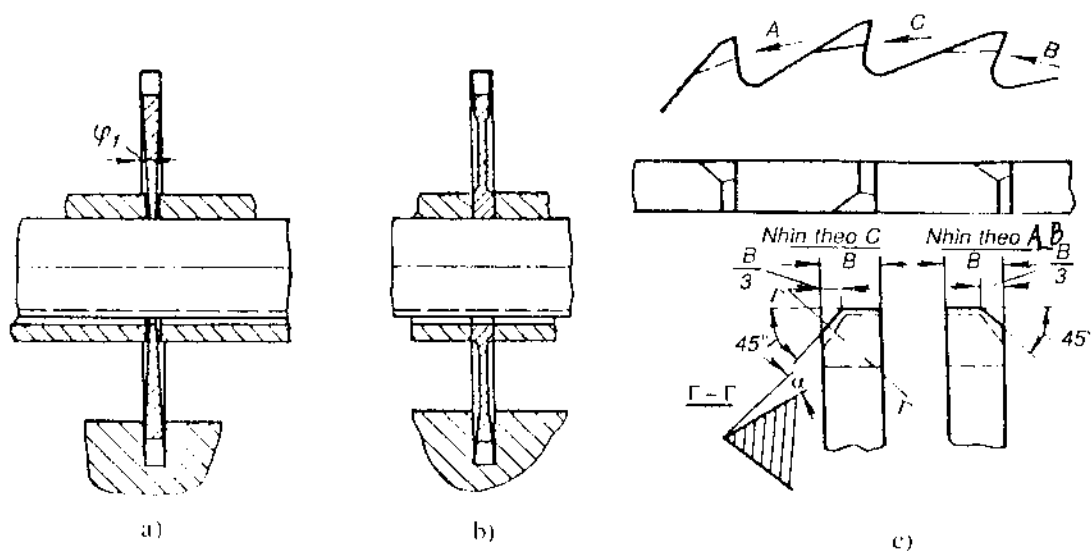
Những đặc điểm này đặc biệt thể hiện rõ ở dao phay răng thẳng. Do đó, phải thay bằng dao phay răng xoắn hoặc răng nghiêng hướng chéo lần lượt từng răng một. Để tạo điều kiện cắt dễ dàng, các dao phay này được chế tạo có độ lồi vào một góc $\varphi_1 = 1''30' \div 2''$, để chứa lại một cạnh viên ở đỉnh dài $0.5 \div 1\text{ mm}$, đồng thời mài vát bỏ đi một phần răng với góc vát $30''$, rộng 0.2 mm cách từng răng một.

3.2.4.6. Dao phay cắt đứt hoặc cửa đĩa

Loại dao này dùng để cắt các thép thanh có profile khác nhau, chúng được chế tạo theo kiểu nguyên khối hay kiểu ghép-răng chấp hay ghép cung răng. Đĩa cửa răng liền theo tiêu chuẩn có đường kính từ $60 \div 200\text{ mm}$ và chiều dày $1 \div 5\text{ mm}$. Các cửa đĩa làm việc trong điều kiện tương đối xấu. Những nguyên nhân đó là: số răng nhiều, dạng răng răng không tốt, không gian chứa phoi nhỏ. Do răng giữa các răng làm phoi không thoát được nên không những làm các răng bị sứt mẻ mà còn làm gãy toàn bộ lưỡi cửa đĩa. Nhược điểm đó còn do các điều kiện làm việc không thuận lợi và chiều dày mỏng của lưỡi cửa đĩa. Số răng lưỡi cửa đĩa chọn phụ thuộc vào tính chất công việc, loại vật liệu gia công, độ cứng vững của hệ thống công nghệ (Máy - Gá - Dao - Chi tiết) M.G.D.C.

Cần chú ý rằng đối với lưỡi của đĩa nên giảm số răng hơn là giảm rãnh thoát phoi. Trong hệ thống tổ chức quản lý dụng cụ, cần thiết phải có các lưỡi của có số răng khác nhau cho mỗi loại đường kính từ 2 ÷ 4 nhóm. Theo tiêu chuẩn quy định hai nhóm số răng, một nhóm với $Z = 36 \div 60$ cho kim loại đen và nhóm khác với $Z = 18 \div 30$ cho kim loại nhẹ và hợp kim.

Để giảm ma sát và làm việc tốt, các lưỡi của đĩa làm góc vát lõm vào φ_1 trong khoảng $15' \div 30'$, có thể làm theo hai cách: làm mỏng dần lưỡi của đĩa đến vòng lỗ (hình 3.24a) hoặc chỉ làm mỏng dần một đoạn nhỏ (hình 3.24b). Kết cấu sau đảm bảo độ cứng vững và bền hơn, khả năng đảm bảo không làm rộng rãnh và kẹp chặt trên trục gá tốt hơn. Trong trường hợp này, các vòng đệm tiếp xúc theo mặt phẳng, còn trong trường hợp đầu chỉ tiếp xúc theo đường (theo vòng tròn). Để nâng cao độ bền lưỡi của đĩa nên làm vành gờ có đường kính bằng 1,6 đường kính lỗ lưỡi của và chiều dày lớn hơn chiều dày lưỡi của 1,5 ÷ 2 lần. Cũng với mục đích trên còn nên áp dụng kiểu mài sắc theo bậc với những phương án khác nhau. Ví dụ, chia tất cả các răng thành ba nhóm. Trên răng thứ nhất của mỗi nhóm vát phía phải, trên răng thứ hai thì vát phía trái còn trên răng thứ ba thì giữ nguyên. Trên hình 3.24c trình bày kiểu mài sắc hai răng thay đổi kế tiếp nhau.



Hình 3.24 Dao phay cắt rãnh (lưỡi của).

Theo tiêu chuẩn nhà nước, mỗi răng được mài vát hai bên (phải và trái). Mặt vát với góc 45° trên một đoạn có chiều dài bằng $1/3$ hoặc $1/5$ chiều dày dao phay. Tất cả những biện pháp về phân bố tải trọng trên các răng đó đã cải thiện được điều kiện cắt và giữ cho lưỡi của không bị kẹt phoi và bị gãy.

Dạng của răng và thể tích của rãnh có ý nghĩa lớn về phương diện khắc phục hiện tượng kẹt phoi trong rãnh. Dạng răng cong (hoặc dạng gãy) hợp lý hơn so với dạng răng hình thang. Dạng cong đó rất tốt về mặt độ bền của răng, thể tích rãnh thoát phoi và số lần mài sắc lại. Chiều cao h và bán kính lượn r của rãnh không được nhỏ hơn các trị

số sau đây: $h = (0,42 \div 0,46)$ bước vòng, $r = (0,55 \div 0,60)$ chiều cao răng, bán kính cung vòng tròn lưng răng $R = (0,42 \div 0,46)$ đường kính của lưỡi cưa đĩa.

Khi cắt phôi đường kính lớn bằng những lưỡi cưa đĩa thông thường thì thể tích của rãnh không đủ để chứa phoi, vì thế nên phải giảm lượng chạy dao xuống. Để tránh điều đó, tốt nhất dùng các lưỡi cưa đĩa có các răng phụ ở mặt đầu. Những răng đó đôi khi chỉ dùng đưa phoi ra khỏi rãnh nhưng đa số trường hợp cũng dùng để cắt kim loại.

Hiện nay người ta ít dùng các lưỡi cưa đĩa răng chấp bởi vì chúng không được thuận tiện về phương diện kết cấu cũng như về sử dụng so với lưỡi cưa đĩa chấp cung răng. Các cung răng trình bày trên hình 3.25 được lắp trên vành của đĩa và được kẹp chặt bằng 3 hoặc 4 đinh tán. Đinh tán được dùng để đảm bảo cho các cung răng không bị bẻ sang hai bên. Mỗi cung răng gồm 4, 6 hoặc 8 răng. Cung răng có bước lớn (4 răng) dùng để cắt các vật liệu đặc, kích thước lớn. Đối với vật liệu đặc, tiết diện nhỏ, prôfin khác nhau (thanh, ống, tấm) và độ cứng cao cần dùng những cung răng bước nhỏ (6 hoặc 8 răng) bởi vì những lưỡi cưa đĩa bước lớn khi làm việc sẽ sinh ra va đập.

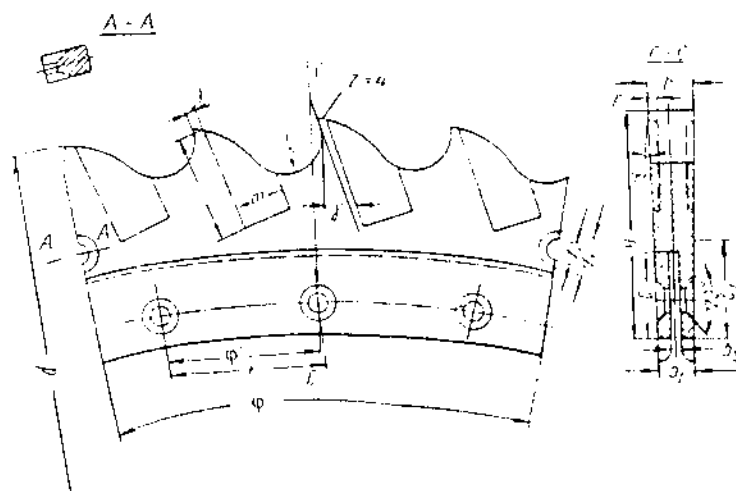
Trong thực tế thường gặp hai kiểu bố trí đinh tán để xiết cung răng vào đĩa:

- Bố trí đinh tán đối xứng.

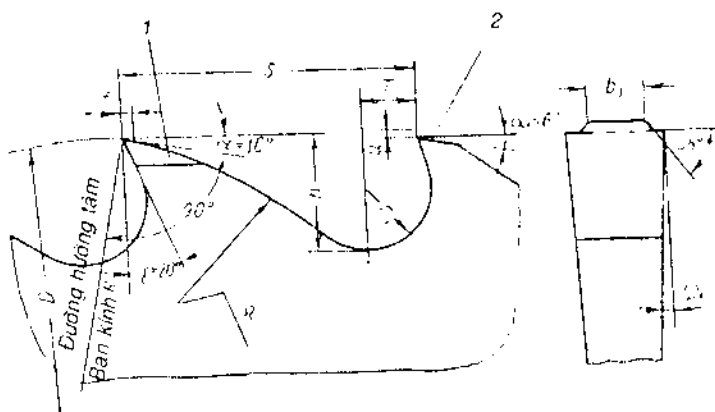
- Bố trí đinh tán không đối xứng.

Kiểu không đối xứng sẽ tăng được độ kẹp chặt phần trước của cung răng là phần làm việc nặng nhất và làm cho việc đặt các cung răng vào lưỡi cưa khi lắp được dễ dàng.

Để tránh ma sát trong quá trình làm việc, kích thước cung răng trên đường kính ngoài được làm dày hơn ở phần chân. Góc lõm vào φ_1 lấy bằng khoảng $2^{\circ}15' \div 2^{\circ}30'$. Ngoài ra để giảm ma sát và dẫn dung dịch trơn nguội dễ



Hình 3.25 Kết cấu các cung răng dùng cho lưỡi cưa đĩa.



Hình 3.26 Prôfin cung răng.

dàng mỗi răng ở hai mặt bên có làm rãnh lõm $m \times e$ với chiều sâu $p = 0,5\text{mm}$.

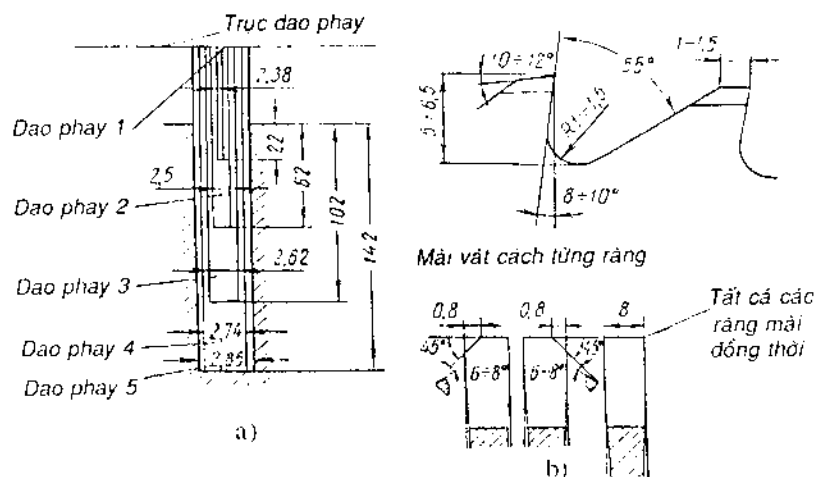
Dạng răng là yếu tố kết cấu quan trọng nhất của cung răng (hình 3.26). Prôfin của răng cần phải đảm bảo độ bền, sự thoát nhiệt tốt và các thông số hình học đúng. Dạng đường cong của răng đảm bảo được các yêu cầu trên được tạo ra bằng cách chọn lưng răng theo một cung tròn bán kính $R = (1,05 \div 1,1)$ bước của răng, có tính đến việc đảm bảo đủ chiều cao của răng và đường kính lượn tròn của rãnh răng. Rãnh răng phải đảm bảo việc hình thành và thoát phoi đúng, phải đảm bảo không gian đủ để chứa phoi. Lựa chọn góc trước γ phụ thuộc vào vật liệu gia công và lấy trong khoảng $\gamma = 0 \div 25^\circ$. Góc sau $\alpha = 12 \div 16^\circ$. Đối với những dao được chế tạo ở các nhà máy dụng cụ, góc trước lấy bằng 20° . Để đảm bảo thoát phoi tốt, mặt trước làm theo cung tròn có bán kính bằng khoảng 0,6 chiều cao răng, còn chiều cao răng lấy bằng 0,4 bước răng.

Để việc chế tạo và mài sắc được thuận lợi, việc lượn tròn rãnh răng không bắt đầu ngay ở đỉnh mà thấp hơn một ít ($1,5 \div 2\text{ mm}$), song nếu cho lượn tròn ngay ở điểm cao nhất của răng thì việc mài sắc và thoát phoi sẽ tốt hơn. Để làm việc dễ dàng, các răng liền nhau của cung răng có các dạng mài sắc khác nhau. Đối với một răng người ta mài vát hai bên đối xứng một góc 45° trên chiều dài $1/3$ chiều dày của cung răng. Răng 2 được mài thấp hơn răng trước một trị số $u = 0,5 \div 0,8\text{ mm}$. Việc mài sắc như thế được tiến hành sau khi đã lắp các cung răng, có nghĩa là ở dạng lắp. Do đó các cung răng dự trữ thay thế cung cấp cho người tiêu thụ là các cung răng chưa được mài sắc.

3.4.2.7. Dao phay cắt rãnh

Dao phay cắt rãnh (rãnh then hoa...) về kết cấu gần giống như dao phay cắt đứt răng liền. Chúng được dùng để cắt những rãnh không sâu của những chi tiết mỏng, những ống mỏng, v...v. Do đó số răng của dao phay cắt rãnh lấy lớn hơn nhiều so với dao phay cắt đứt.

Ví dụ, một nhóm dao phay đường kính từ $40 \div 75\text{ mm}$ có số răng khoảng $72 \div 108$ răng, nhóm khác có $50 \div 72$ răng. Dao phay được chế tạo có chiều dày tăng dần khi đi từ ngoài hướng vào tâm hoặc không làm tăng dần chiều dày và có góc lõm vào từ $1^\circ 30' \div 5^\circ$.



Hình 3.27 Sơ đồ phay rãnh sâu bằng bộ 5 dao phay cắt rãnh.

Để nâng cao tuổi bền dao người ta mài các răng đến nhọn mà không chứa cạnh viên. Trong trường hợp cần thiết để mài sắc và kiểm tra độ đảo được dễ dàng, cho phép chứa lại một cạnh viên không quá $0,03 \div 0,05$ mm.

Trong thực tế khi gặp những trường hợp gia công các rãnh sâu, chiều rộng bé và dung sai nhỏ thì phải thiết kế dao phay đặc biệt.

Ví dụ, khi phay rãnh dài 1200 mm, nằm trên hình trụ đường kính khoảng $800 \div 1000$ mm, không thể dùng một dao phay để cắt rãnh sâu 142 mm và rộng 2,85 mm trong một lượt cắt được. Vì vậy có thể dùng 5 dao phay có đường kính và chiều dày khác nhau tăng lên theo sơ đồ gia công như trên hình 3.27a.

Vì có độ lay rộng trong mỗi lần cắt, chiều dày của dao phay lấy sai lệch âm đối với dao phay số 1 và số 4 là 0,05 mm và với dao phay số 5 là 0,03 mm. Để gia công rãnh đó người ta đã dùng những dao phay như trong bảng 3.9.

Để tăng sức bền, chiều dày của tất cả các dao phay thô ($N^o 1 \div N^o 4$) người ta mài vát cách từng răng một (hình 3.27b), chỉ dao phay cuối cùng có chiều dày đầy đủ. Đối với những dao phay đó có yêu cầu cao hơn về độ đảo mặt đầu của phân cắt ($< 0,02$ mm) độ không song song của các mặt đầu ($< 0,01$ mm), độ đảo hướng kính của các răng: ($< 0,05$ mm).

Phương pháp nói trên cho phép phay được chiều rộng rãnh trong phạm vi dung sai 0,05 mm và độ thẳng của nó trên toàn bộ chiều dài $< 0,1$ mm.

Bảng 3.9. Bộ dao phay 5 chiếc để phay rãnh ở hình 3.27

Số thứ tự	Đường kính dao phay, mm	Chiều dày, mm	Số răng, z
1	140	2,38	40
2	220	2,50	60
3	300	2,62	70
4	380	2,74	80
5	380	2,89	80

3.3 Dao phay hót lưng.

3.3.1 Các kiểu dao phay

Dao phay hót lưng được dùng rất phổ biến, nhất là khi gia công các chi tiết định hình. Một số loại dao phay hót lưng đã được tiêu chuẩn hoá: dao phay rãnh lồi và lõm, dao phay đĩa môđun, dao phay lăn răng, dao phay lăn trục then hoa, v.v...

Dao phay hót lưng chia làm hai nhóm:

- Nhóm không mài hót lưng, như dao phay đĩa môđun (prôfin không mài), v.v...
- Nhóm có mài hót lưng, như dao phay lăn răng, dao phay lăn trục then hoa (mài prôfin), v.v...

3.3.2. Đặc điểm kết cấu của dao phay hót lưng

Dao phay hót lưng đảm bảo được profile lưỡi cắt không đổi và đồng nhất trong quá trình sử dụng sau khi mài sắc lại theo mặt trước, do đó được sử dụng chủ yếu để gia công các bề mặt định hình.

Nhóm có profile không mài có nhược điểm:

- Số răng dao ít.

- Độ đảo tâm ở đỉnh dao lớn (khoảng $0,04 \div 0,12$ mm) do không có nguyên công mài tròn đỉnh dao. Mặt khác khi mài sắc lại theo mặt trước sẽ làm tăng thêm độ đảo tâm. Số lượng răng ít nên khi phay không cân bằng, cộng thêm độ đảo tâm của các răng lớn nên chất lượng bề mặt thấp hơn nhiều so với dao phay răng nhọn. Vì vậy trong một số trường hợp người ta có khuynh hướng thay thế chúng bằng dao phay răng nhọn để tăng tuổi bền của dao và độ nhẵn bề mặt gia công.

3.3.3. Đường cong hót lưng dao phay

3.3.3.1. Đường cong hót lưng dao phay phải đảm bảo sao cho chiều cao profile dao và

góc sau α không

đổi sau mỗi lần

mài sắc lại theo

mặt trước.

Phương trình độ

cực tổng quát của

đường cong có

dạng (như ở hình

3.28):

$$\rho = \rho(\theta) \quad (3.8)$$

Tại điểm i

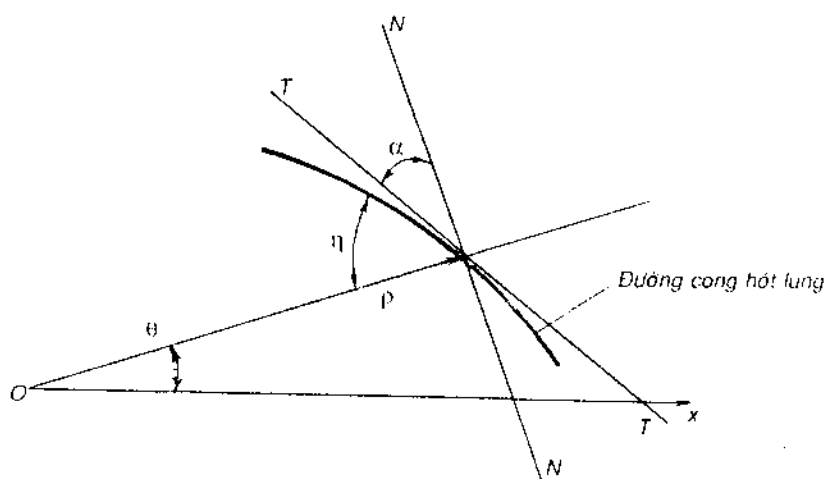
bất kỳ trên đường

cong ứng với góc

quay θ và bán

kính ρ , vẽ T-T là đường tiếp tuyến với đường cong hót lưng; N-N vuông góc với bán

kính ρ (tiếp tuyến vòng tròn bán kính ρ):



Hình 3.28 Đường cong hót lưng.

$$\alpha + \eta = \frac{\pi}{2} \quad (3.9)$$

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{\rho}{\rho'} = \cotg \alpha = \frac{\rho}{d\rho/d\theta} = \frac{\rho d\theta}{d\rho}$$

$$\rho d\theta = d\rho \cotg \alpha \quad (3.10)$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \cotg \alpha d\theta ; \quad \alpha = \text{const} \text{ nên } \cotg \alpha = \text{const}$$

Đặt $\cot \alpha = m$ ta có:

$$\frac{dp}{p} = m.d\theta \quad (3.11)$$

Tích phân hai vế phương trình (3.11) ta được:

$$\int \frac{dp}{p} = m \int d\theta$$

$$\ln p = m\theta + C$$

Đặt $C = \ln(k.R_c)$

Trong đó: C - hằng số tích phân.

R_c - bán kính ngoài của dao phay.

$$\ln p - \ln(k.R_c) = m\theta$$

$$\ln\left(\frac{p}{k.R_c}\right) = m\theta$$

$$\frac{p}{k.R_c} = e^{m\theta} \Rightarrow p = k.R_c \cdot e^{m\theta}$$

$$p = A \cdot e^{m\theta} \quad (3.12)$$

Đường cong (3.12) là đường cong logarit.

Tại gốc ban đầu $\theta = 0$ điểm khảo sát trùng với đỉnh răng dao phay $p = R_c$.

Do đó khi $\theta = 0$ thì $k = 1$ và $A = R_c$. Khi đó đường cong có dạng:

$$p = R_c \cdot e^{m\theta} \quad (3.13)$$

Trong đó: R_c - bán kính tương ứng với đỉnh răng.

Đường cong logarit khó chế tạo (cam hớt lưng) ứng với mỗi đường kính dao phay phải có một cam hớt lưng riêng. Do đó trong thực tế đường cong logarit được thay bằng đường cong Acsimet.

3.3.3.2. Phương trình đường cong hớt lưng là đường xoắn Acsimet (hình 3.29)

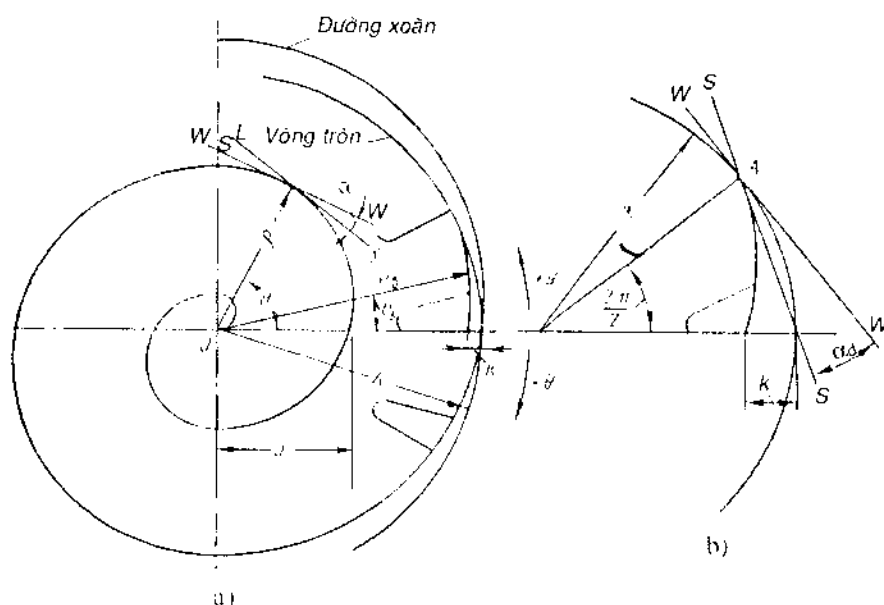
Phương trình đường xoắn Acsimet trong hệ tọa độ cực có dạng:

$$p = b \cdot \theta \quad (3.14)$$

Trong đó:

b - hệ số không đổi đặc trưng cho đường xoắn Acsimet.

Từ công thức (3.14) ta thấy số gia của bán kính p tỷ lệ thuận với số gia của góc quay θ . Bước của đường xoắn vít Acsimet là không đổi, vì vậy dễ chế tạo cam hớt lưng. Ngoài ra cam Acsimet có tính vạn năng hơn, nghĩa là có thể dùng để tạo đường cong Acsimet hớt lưng trên các dao phay có đường kính khác nhau.



Hình 3.29 Đường cong hút lừng đường xoắn Acsimet.

Từ phương trình (3.14), khi góc $\theta = 2\pi$, nếu bán kính vectơ $\rho = a$ thì $b = \frac{a}{2\pi}$ và phương trình đường xoắn có thể viết dưới dạng:

$$\rho = \frac{a}{2\pi} \theta \quad (3.15)$$

Đối với một răng dao phay, phương trình đường xoắn Acsimet ở đỉnh răng có thể viết dưới dạng:

$$\rho_d = R - \frac{a}{2\pi} \theta \quad (3.16)$$

Trong đó: R - bán kính lớn nhất của dao phay.

Góc sau α là góc giữa tiếp tuyến với đường xoắn S-S và tiếp tuyến với vòng tròn W-W tại điểm khảo sát A (hình 3.29b). Góc sau α được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d\rho}{\rho d\theta} \quad \text{vì} \quad \frac{d\rho}{d\theta} = \frac{a}{2\pi}$$

$$\text{nên:} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{2\pi\rho} = \frac{1}{\theta} \quad \text{hay} \quad \cot \alpha = \theta \quad (3.17)$$

3.3.3.3. Lượng hút lừng K và góc sau ở đỉnh răng α_d

Lượng nâng của đường xoắn Acsimet:

$$a = K \cdot Z \quad (3.18)$$

Trong đó: K - lượng nâng của đường xoắn ứng với một răng và được gọi là lượng hót lưng.

Z - số răng dao phay

Từ đó ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K.Z}{2\pi\rho} \quad (3.19)$$

Góc sau ở đỉnh răng α_d ứng với $\rho = R_c$, được xác định:

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{K.Z}{2\pi R_c} = \frac{K.Z}{\pi D_c} \quad (3.20)$$

Trong đó:

R_c - bán kính đỉnh dao phay.

D_c - đường kính đỉnh dao.

α_d - góc sau ở đỉnh răng.

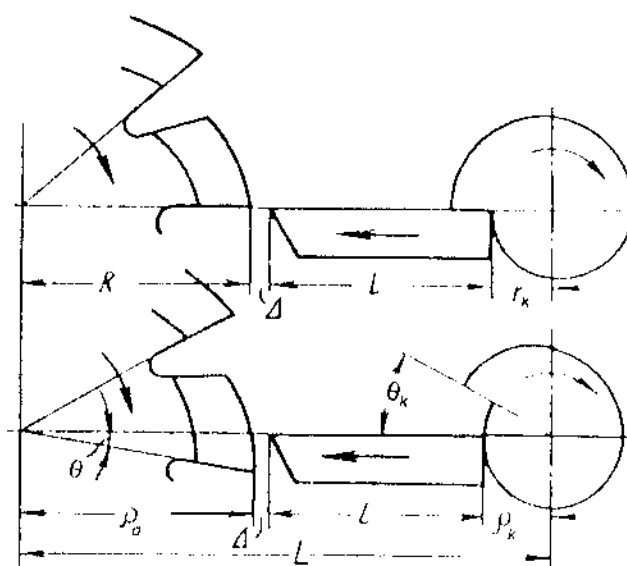
K - lượng hót lưng.

Trong thực tế giá trị lượng hót lưng $K = 0,5 \div 12$ mm. Trên các cam hót lưng người ta ghi rõ trị số hót lưng K . Dây kích thước của cam thường được xác định theo cấp số nhân nhằm giảm số lượng cam.

Để hót lưng răng dao, chuyển động tịnh tiến của bàn dao được thực hiện nhờ cam có trị số lượng nâng ứng với một vòng quay của cam, tương ứng với dao phay quay một góc là $\frac{360^\circ}{Z}$.

Sau khi chọn góc sau ở đỉnh α_d sẽ tính được lượng hót lưng K và chọn cam tương ứng. Trong nhiều trường hợp trị số K tính ra phải được quy

tròn đến giá trị gần nhất của cam. Do quy tròn nên góc α_d không còn đúng như góc α_d đã chọn, vì vậy trên bản vẽ chế tạo người ta không ghi giá trị của α_d mà chỉ ghi lượng hót lưng K .



Hình 3.30. Quan hệ giữa lượng hót lưng và lượng nâng của cam

3.3.4. Quan hệ giữa trị số hót lưng của dao phay và lượng nâng của cam

Sơ đồ nguyên lý làm việc của cam khi hót lưng dao phay được trình bày trên hình 3.30.

Ở thời điểm ban đầu khoảng cách tâm giữa dao phay và cam là:

$$L = R + l + r_k + \Delta \quad (3.21)$$

Trong đó:

l - chiều dài dao tiện hót lưng.

R - bán kính của dao được hót lưng.

r_k - bán kính nhỏ nhất của cam.

Δ - lượng rút dao tiện ra khỏi dao phay.

Khi dao quay một góc θ nào đó ứng với góc quay của cam θ_k , khoảng cách L tức thời được xác định như sau:

$$L = \rho_d + l + \rho_k + \Delta \quad (3.22)$$

Trong đó:

ρ_d - bán kính vectơ điểm tiếp xúc của đường cong hót lưng trên đỉnh dao.

ρ_k - bán kính vectơ điểm tiếp xúc giữa cam và dao tiện.

Cân bằng hai phương trình (3.21) và (3.22) ta được:

$$\rho_k = R + r_k - \rho_d \quad (3.23)$$

Khi dao phay quay một góc $\theta = \frac{2\pi}{Z}$ (tương ứng với một bước vòng) thì cam quay được một góc $\theta_k = 2\pi$.

$$\text{Do đó:} \quad \frac{\theta}{\theta_k} = \frac{1}{Z} \quad (3.24)$$

Trong đó:

θ_k - góc quay của cam

$$\text{Từ đó:} \quad \theta = \frac{\theta_k}{Z} \quad (3.25)$$

Sau khi cam quay một góc θ , bán kính của đường cong hót lưng ρ_d được xác định như sau:

$$\rho_d = R - \frac{a}{2\pi} \theta \quad (3.26)$$

Thay (3.24) và (3.25) vào (3.23) ta xác định được phương trình cam như sau:

$$\rho_k = R + r_k - (R - \frac{a}{2\pi} \theta)$$

$$\rho_k = R - r_k - R + \frac{KZ}{2\pi} \cdot \frac{\theta_k}{Z}$$

$$\rho_k = r_k + \frac{K}{2\pi} \theta_k \quad (3.27)$$

Từ công thức (3.27) ta thấy rằng đối với cam Acsimet thì trị số lượng nâng sau một vòng quay của cam bằng lượng hớt lưng của đường cong hớt lưng răng dao phay. Kích thước của cam đường xoắn Acsimet không phụ thuộc vào đường kính dao phay và được xác định chỉ bằng trị số của lượng hớt lưng K. Đó là đặc tính của đường cong hớt lưng Acsimet khác với các đường xoắn khác (như đường xoắn logarit...).

3.3.5. Xác định góc sau

Từ công thức xác định góc sau $\cotg \alpha = \theta$, trị số góc sau α_2 ở điểm 2 (ρ_2, θ_2) nếu biết được góc sau ở điểm 1 (ρ_1, θ_1) (hình 3.31). Các góc được khảo sát trong tiết diện vuông góc với trục dao phay.

Từ công thức (3.17) ta có :

$$\begin{aligned} \cotg \alpha_1 &= \theta_1 \text{ và } \cotg \alpha_2 = \theta_2 \\ \cotg \alpha_1 - \cotg \alpha_2 &= \theta_1 - \theta_2 = \varphi \\ \cotg \alpha_2 &= \cotg \alpha_1 - \varphi \end{aligned} \quad (3.28)$$

Trong đó $\varphi = \theta_1 - \theta_2$ là góc quay bán kính vectơ khi chuyển từ vị trí này sang vị trí khác.

Giả thiết góc sau ở đỉnh răng đã cho $\alpha_d = \alpha_1 = 15^\circ$ thì góc sau α_2 ở điểm cuối lưng khi cho chiều rộng răng bằng 2/3 bước vòng của răng và số răng $Z = 10$, được xác định bằng cách sau đây:

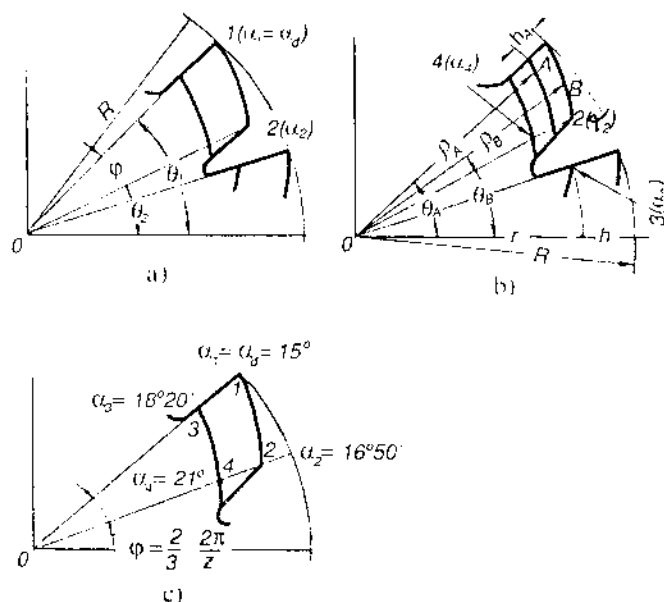
$$\varphi = \frac{2\pi}{Z} \cdot \frac{2}{4} = 0,42$$

$$\begin{aligned} \cotg \alpha_2 &= \cotg \alpha_1 - \varphi = \\ &= 3,73 - 0,42 = 3,31 \end{aligned}$$

ta có: $\alpha_2 = 16^\circ 50'$.

Chiều cao prôfin răng dao phay cần phải được

giữ không đổi sau mỗi lần mài sắc lại. Để đảm bảo được điều đó thì tất cả các đường cong hớt lưng đi qua các điểm khác nhau nằm giữa đỉnh và đáy trong mọi tiết diện



Hình 3.31. Xác định góc sau ở những điểm khác nhau của dao phay

hướng kính đều có khoảng cách đến đường cong đỉnh răng như nhau (hình 3.31b). Những đường đó được gọi là những đường Cônkhôit của đường xoắn Acsimet.

Phương trình đường xoắn Acsimet ở đỉnh răng dao phay có dạng:

$$\rho_d = R - \frac{a}{2\pi} \theta_d \quad (3.29)$$

Đối với một điểm bất kỳ của đường cong (với bán kính ρ_A cách đường cong đỉnh răng một khoảng là h_A), phương trình có thể viết:

$$\rho_A = \rho_d - h_A = R - \frac{a}{2\pi} \theta_d - h_A \quad (3.30)$$

Phương trình của đường cong ở chân rãnh :

$$\rho_i = \rho_d - h$$

$$\rho_i = R - \frac{a}{2\pi} \theta_d - h$$

$$\rho_i = r - \frac{a}{2\pi} \theta_d \quad (3.31)$$

Bán kính $r = R - h$ là bán kính vòng tròn đó qua điểm 3 (hình 3.31c) ở đáy rãnh, cách đỉnh răng một đoạn là h (chiều cao profil).

Góc sau α_A ở điểm bất kỳ A được xác định tương tự như góc sau ở đỉnh α_d :

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{d\rho_d}{\rho_d \cdot d\theta} ; \quad \operatorname{tg} \alpha_A = \frac{d\rho_A}{\rho_A \cdot d\theta_A} = \frac{d(\rho_d - h_A)}{(\rho_d - h_A) d\theta_A}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_A}{\operatorname{tg} \alpha_d} = \frac{\rho_d}{\rho_A} = \frac{\rho_d}{\rho_d - h_A}$$

$$\text{Từ đó rút ra: } \operatorname{tg} \alpha_A = \frac{\rho_d}{\rho_A} \operatorname{tg} \alpha_d \quad (3.32)$$

Ví dụ, góc sau ở đỉnh $\alpha_d = 15^\circ$, số răng dao phay $Z = 10$, chiều cao profil $h = 7$, bán kính dao phay $R = 35$ mm, thì góc sau α_3 ở điểm 3 nằm trên đường cong ở chân rãnh cách đỉnh một khoảng h có bán kính là $r = R - h$ sẽ bằng:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{R}{r} \operatorname{tg} \alpha_d = \frac{35}{28} \operatorname{tg} 15^\circ = 0,334$$

$$\text{và } \alpha_3 \approx 18^\circ 20'$$

Góc sau α_4 ở giao điểm 4 của đường thẳng hướng tâm đi qua điểm cuối cùng của lưng răng 2 và đường cong hót lưng thấp nhất (ở đáy rãnh), có thể được xác định như sau: $\operatorname{tg} \alpha_4 = \cotg \alpha_3 - \varphi$

Với các giá trị đã cho tính được $\alpha_4 \approx 21^\circ$.

Qua các giá trị góc sau ở các điểm được tính toán như trên hình 3.31c thì góc sau ở đỉnh α_1 là nhỏ nhất, các góc sau ở các điểm khác nhau có giá trị khác nhau và lớn hơn giá trị đã chọn ở đỉnh với bán kính ngoài R_c . Do đó đường xoắn Acsimet là đường cong hốt lung đảm bảo góc sau dương ở tất cả các điểm trên prôfin lưỡi cắt.

Các góc sau α trình bày ở trên được xác định trong mặt phẳng vuông góc với trục dao phay (mặt phẳng P-P, hình 3.32a). Góc sau ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cắt là góc

sau α_n được xác định trong tiết diện pháp tuyến với lưỡi cắt (mặt phẳng N-N trên hình 3.32a) và khi thiết kế dao phay còn cần phải biết quan hệ giữa các góc sau trong các tiết diện khác nhau.

Tại điểm x trên lưỡi cắt có bán kính ρ_x (hình 3.32a) góc sau α thường được khảo sát trong các tiết diện sau (hình 3.32).

Tiết diện P-P - mặt phẳng tiết diện vuông góc với đường tâm lỗ dao phay α_x .

Tiết diện O-O - mặt phẳng tiết diện song song với đường tâm lỗ dao α_0 .

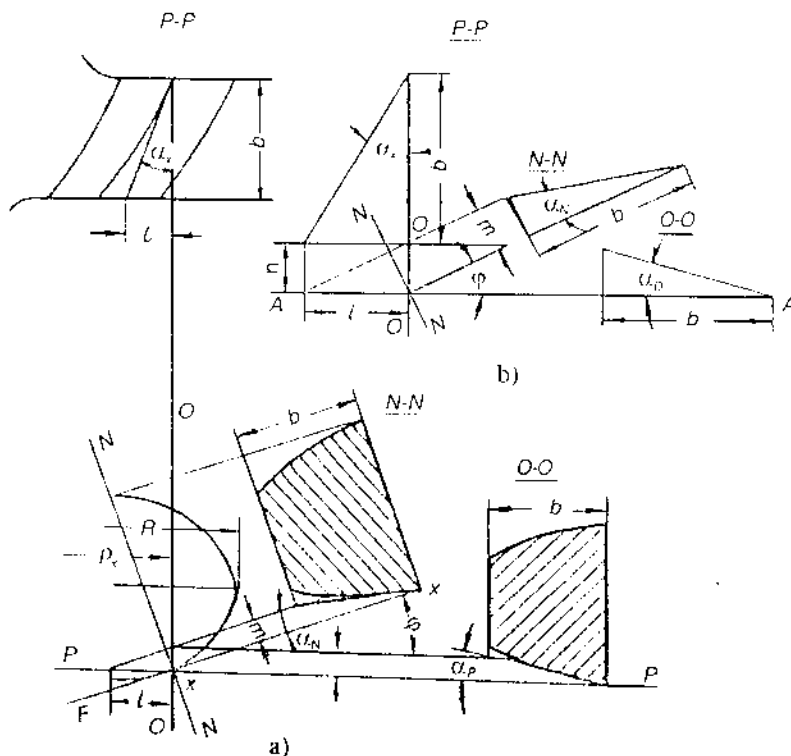
Tiết diện N-N - mặt phẳng tiết diện vuông góc với tiếp tuyến prôfin lưỡi cắt α_n .

Từ công thức (3.32) ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{R}{\rho_A} \operatorname{tg} \alpha_0$$

Từ hình 3.32b góc sau α_0 được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{n}{b}; \quad n = l \operatorname{tg} \varphi; \quad b = \frac{l}{\operatorname{tg} \alpha_x}$$



Hình 3.32. Xác định góc sau ở các tiết diện khác nhau tại một điểm bất kỳ x (ρ_x) trên lưỡi cắt

Thay các trị số vào công thức tính $\text{tg}\alpha_0$, ta được:

$$\begin{aligned}\text{tg}\alpha_0 &= \text{tg}\alpha_x \cdot \text{tg}\varphi \\ \text{tg}\alpha_0 &= \frac{R}{\rho_x} \text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\alpha_d\end{aligned}\quad (3.33)$$

Trong đó:

R - bán kính đỉnh dao phay.

ρ_x - bán kính tại điểm khảo sát trên lưỡi cắt x .

φ - góc giữa tiếp tuyến với lưỡi cắt và phương vuông góc với trục dao (góc prôfin lưỡi cắt tại điểm khảo sát).

α_d - góc sau tại điểm của lưỡi cắt có bán kính R (điểm ở đỉnh dao) đo trong tiết diện vuông góc với trục (P-P).

Góc sau α_N được xác định như sau (hình 3.32b)

$$\begin{aligned}\text{tg}\alpha_N &= \text{tg}\alpha_x \cdot \sin\varphi \\ \text{tg}\alpha_N &= \frac{R}{\rho_x} \sin\varphi \cdot \text{tg}\alpha_d\end{aligned}\quad (3.34)$$

Trong quá trình cắt góc sau α_N phải lớn hơn giá trị nhỏ nhất cho phép $[\alpha_N]_{\min}$.

$[\alpha_N]_{\min}$ thông thường khoảng từ $2^\circ \div 3^\circ$, chỉ trong trường hợp đặc biệt $[\alpha_N]$ mới giảm xuống $1^\circ \div 1.5^\circ$. Theo công thức (3.34) nếu góc $\varphi = 0$ hoặc quá nhỏ ($< 5^\circ$) thì góc α_N sẽ rất nhỏ hoặc bằng không mặc dù α_d lớn. Dựa vào các điều kiện trên để có thể tìm được góc sau α_d hợp lý với góc prôfin φ quá nhỏ.

$$\text{tg}\alpha_d = \frac{\rho_x \text{tg}[\alpha_N]}{R \cdot \sin\varphi}\quad (3.35)$$

Sau khi tính được góc α_d , chọn được lượng hót lưng K thích hợp và chọn cam thích hợp.

Thông thường góc sau ở đỉnh được chọn theo tiêu chuẩn $\alpha_N = 8^\circ \div 15^\circ$, hay dùng nhất là $\alpha_N = 10^\circ \div 12^\circ$.

3.3.6. Hót lưng nghiêng

Trong thực tế thường gặp các dao phay mà prôfin của lưỡi cắt có những đoạn góc prôfin $\varphi = 0$ và do đó góc $\alpha_N = 0$. Các đoạn đó của lưỡi cắt nếu hót lưng hướng kính (phương chuyển động tịnh tiến vuông góc với trục dao phay) thì không cắt được vì $\alpha_N = 0 < [\alpha_N]$. Đối với các dao phay như vậy, để $\alpha_N > 0$ thì phải hót lưng nghiêng theo một góc τ so với phương vuông góc với trục dao (hình 3.33). Chuyển động tịnh tiến khi hót lưng (tiền hót lưng) theo phương τ . Hót lưng nghiêng được thực hiện bằng một số phương pháp như sau:

- Dùng một lần chuyển dao riêng biệt (hình 3.34a).

- Hót lung nghiêng một lần cả phần đỉnh và phần bên (hình 3.34b).

- Hót lung mặt bên và mặt trụ riêng biệt (hình 3.34b).

Tùy theo prôfin lưỡi cắt mà lựa chọn phương pháp nào là tốt nhất.

Trên hình 3.35a lưỡi cắt dao phay có góc prôfin φ , đường nét đứt là prôfin dịch chuyển khi hót lung đến răng kế cạnh. Lượng hót lung theo phương τ là S quan hệ với lượng hót lung theo phương hướng kính K theo công thức sau:

$$S = \frac{K \cdot \sin \varphi}{\sin(\varphi + \tau)} \quad (3.36)$$

Trong đó K là lượng hót lung theo phương hướng kính, $K = \frac{\pi D}{Z} \operatorname{tg} \alpha_d$.

Trong công thức (3.36) và τ đều chưa biết.

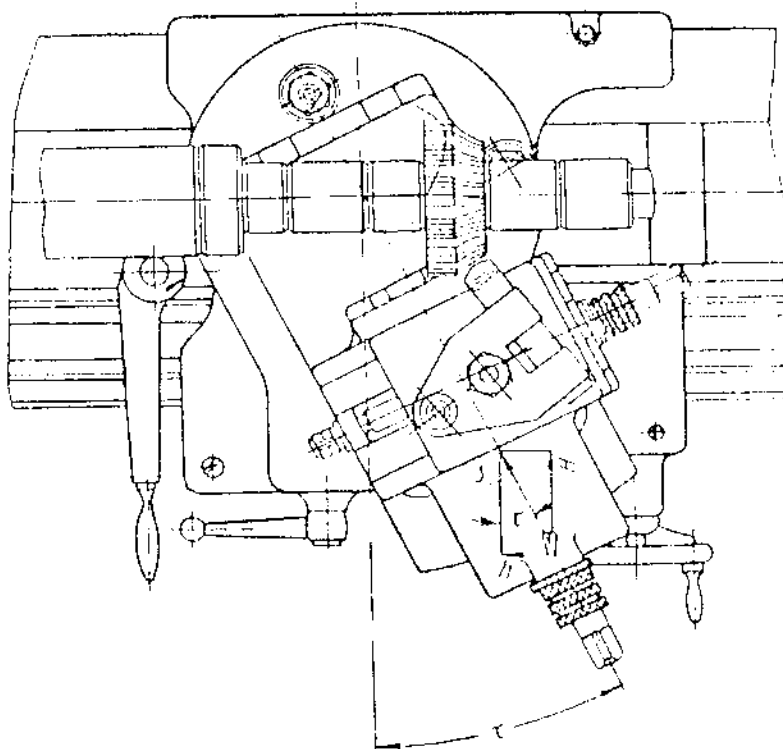
Quan hệ giữa góc α_N và α_d khi hót lung nghiêng được xác định từ (3.35) như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{R}{\rho_x} \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \sin(\varphi + \tau) \quad (3.37)$$

Để an toàn có thể chọn điểm có góc sau nhỏ nhất - điểm ở đỉnh răng $\rho_x = R$, để xác định góc quay τ .

$$\sin(\varphi + \tau) = \frac{[\operatorname{tg} \alpha_N]}{\operatorname{tg} \alpha_d} \quad (3.38)$$

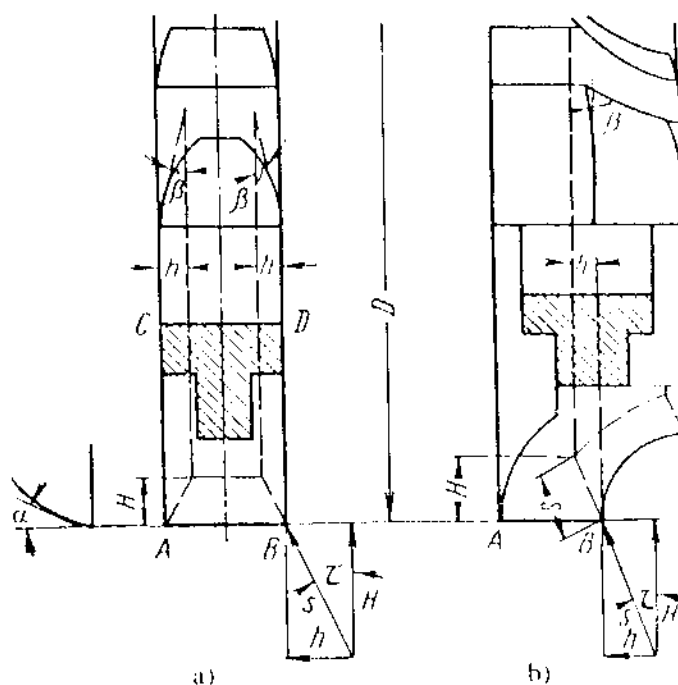
$$[\alpha_N] = 3 \div 4''; \quad \alpha_d = 10 \div 12''$$



Hình 3.33. Vị trí bàn dao khi hót lung nghiêng

Từ (3.38) tính được góc nghiêng τ , đồng thời tính được lượng hót lưng nghiêng S theo công thức (3.36).

Khi lượng hót lưng nghiêng sẽ làm cho chiều rộng prôfin thay đổi trong quá trình mài sắc lại. Sự thay đổi đó phụ thuộc vào dạng của prôfin. Ví dụ, khi hót lưng răng dao phay có prôfin đối xứng được thực hiện bằng ba dao (hình 3.35b) thì lượng giảm chiều rộng Δb ở đỉnh răng khi mài sắc lại đến nửa bước vòng được xác định như sau:



Hình 3.34. Prôfin cần phải hót lưng nghiêng

$$\frac{\Delta b}{2} = (K - K_d) \operatorname{tg} \varphi \quad (3.39)$$

Trong đó: Δb - lượng giảm chiều rộng ở đỉnh (lượng thu hẹp).

K_d - trị số hót lưng ở đỉnh khi hót lưng nghiêng.

K - lượng hót lưng hướng kính.

Trị số K được xác định từ (3.36)

$$K = \frac{S \cdot \sin(\varphi + \tau)}{\sin \varphi} \quad (3.40)$$

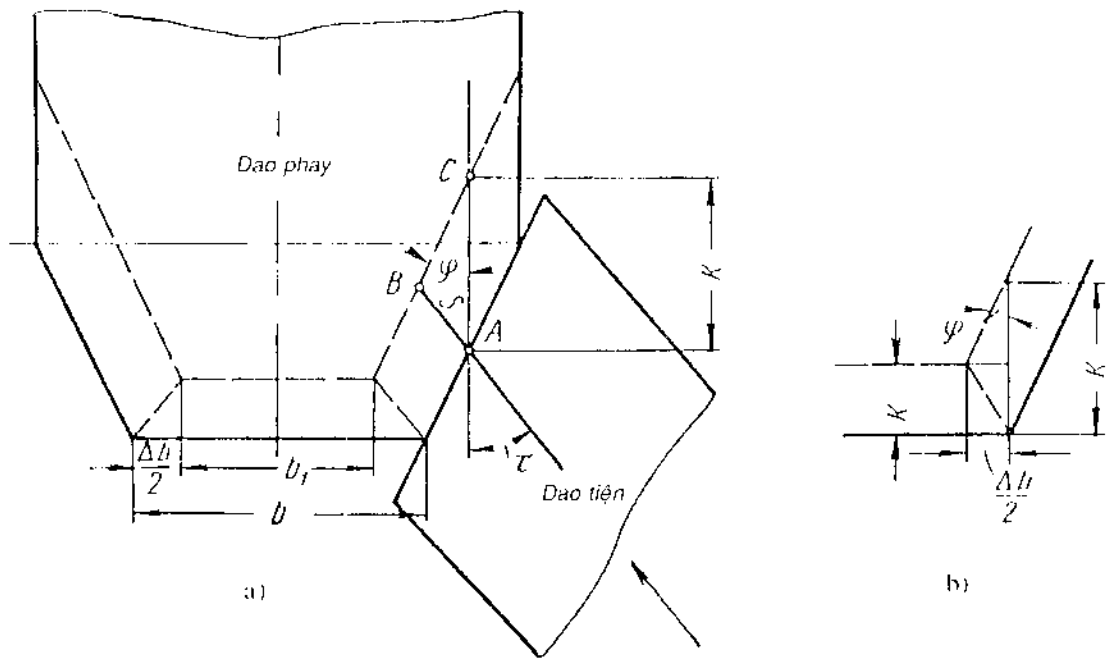
Thay (3.40) vào (3.39) ta được :

$$\frac{\Delta b}{2} = \frac{S \cdot \sin(\varphi + \tau)}{\cos \varphi} - K_d \operatorname{tg} \varphi \quad (3.41)$$

Khi đó chiều rộng b_1 của răng (lưỡi cắt) dao ở đỉnh là :

$$b_1 = b - \Delta b \quad (3.42)$$

Vì vậy hót lưng nghiêng chỉ dùng chủ yếu đối với các dao phay gia công thô.



Hình 3.35. Xác định quan hệ giữa lượng hớt lưng nghiêng S và lượng hớt lưng hướng kính K và K_d

3.3.7. Các yếu tố kết cấu của dao phay

Các yếu tố kết cấu của dao phay cần xác định là đường kính ngoài, đường kính lỗ gá, chiều dài, số răng, góc và dạng răng răng.

Đường kính ngoài : $D = D_1 + 2H$ (hình 3.36)

Trong đó: D_1 - đường kính vòng tròn đáy rãnh.

H - chiều cao răng (hình 3.36a).

Đường kính D_1 thường được lấy khoảng $(2 \div 1.6)$ lần đường kính lỗ gá d (hệ số lớn ứng với dao phay đường kính nhỏ, hệ số nhỏ ứng với dao phay đường kính lớn).

Chiều cao răng H được xác định như sau:

$$H = h + k + r$$

Trong đó: h - chiều cao prôfin chi tiết gia công cộng thêm $1 \div 2\text{mm}$.

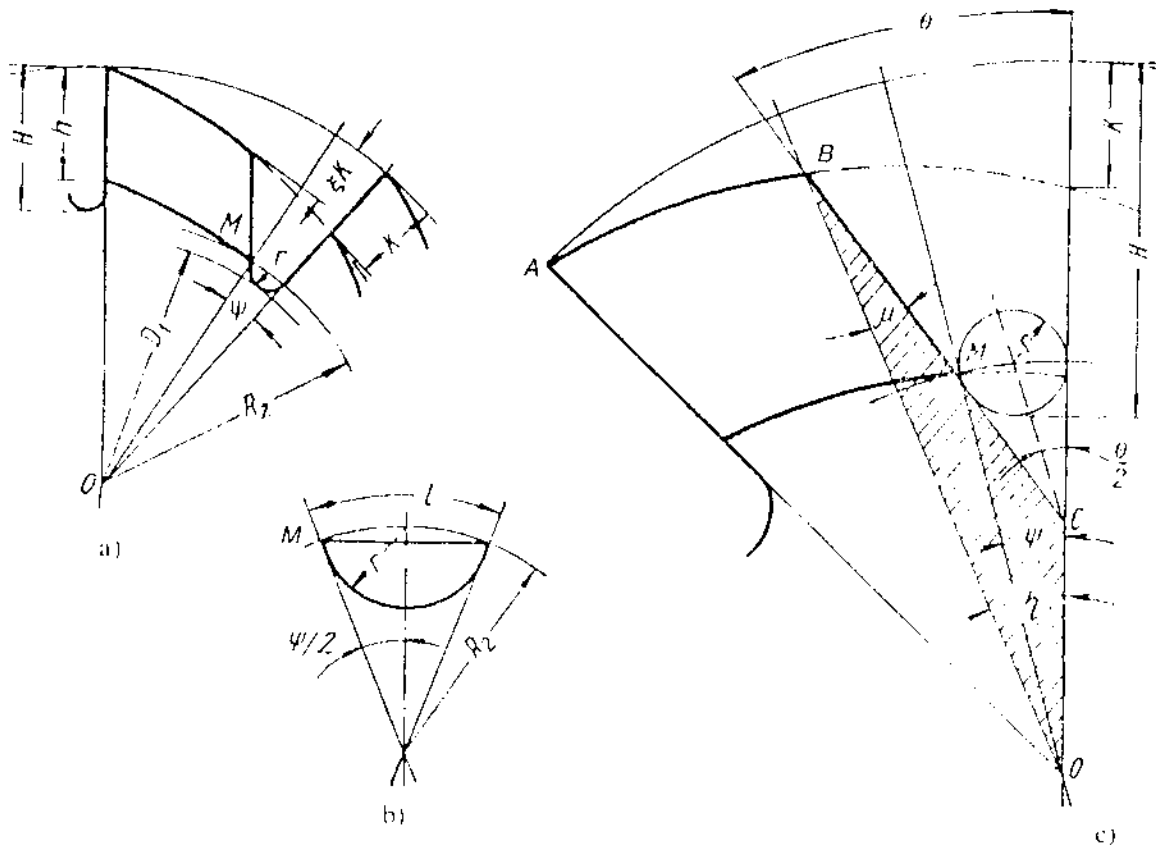
k - lượng hớt lưng .

r - bán kính đáy rãnh (hình 3.36b).

Phần lượn tròn bắt đầu từ điểm hớt lưng cuối cùng M . Tâm của vòng tròn lượn bán kính r nằm ở giữa cung I có góc tâm là φ . Bán kính r có thể được xác định theo công thức:

$$r = R_2 \cdot \sin \frac{\psi}{2} \text{ (theo dây cung)}$$

$$\text{hoặc } r = \frac{l}{2} = 0,017 \cdot \frac{R_2 \cdot \psi}{2} \text{ (theo cung } \psi, \text{ cung } \psi \text{ đo bằng độ).}$$



Hình 3.36. Xác định các yếu tố kết cấu của dao phay hớt lưng

Bán kính R_2 đi qua điểm M (hình 3.36b) được tính theo công thức:

$$R_2 = 0,5D - h - \xi \cdot K.$$

Trong đó ξ - hệ số tính đến trị số hớt lưng ở điểm dao tiện thoát ra khỏi lưng răng ($\xi = 4/5$, v.v...).

Thông thường bán kính đáy răng thường lấy khoảng từ $(1 \div 5)$ mm tùy theo kích thước và kiểu dao phay và phụ thuộc vào dạng hớt lưng (mài hoặc không mài hớt lưng). So với dao phay răng nhọn, số kích thước đường kính dao phay hớt lưng nhiều hơn do đặc điểm và kết cấu của chúng (số răng ít, chiều cao răng lớn...). Theo tiêu chuẩn: dao phay hớt lưng có đường kính từ 40 mm đến 120 mm với khoảng cách là 5 mm và tiếp đến 230 mm, với khoảng cách từ $10 \div 15$ mm.

- Đường kính lỗ d được chọn trên cơ sở đảm bảo sức bền và độ cứng vững của trục gá, ngoài ra còn phụ thuộc vào chiều cao profin. Ví dụ, đường kính lỗ được dùng cho dao phay đĩa môđun như ở bảng 3.10.

Bảng 3.10. Đường kính lỗ của dao phay môđun, mm

Đường kính lỗ d	16	22	27	32	40	50
Đường kính dao phay D	40 ÷ 50	55 ÷ 65	65 ÷ 70	70 ÷ 130	130 ÷ 195	195 ÷ 230

- Chiều dài dao phay hớt lưng được chọn phụ thuộc vào chiều rộng prôfin chi tiết. Do đó, cùng một đường kính có thể có một nhóm dao phay có chiều dài khác nhau.

- Số răng Z được chọn phải đảm bảo sức bền răng dao, đủ không gian thoát phoi và khả năng mài sắc lại nhiều lần. Để đảm bảo sức bền chiều rộng răng có thể được chọn trong khoảng $0,8 \div 1$ chiều cao răng H. Thông thường số răng dao phay hớt lưng được chọn (ngược với dao phay răng nhọn) càng giảm khi đường kính dao phay càng lớn. Điều này có thể được giải thích vì chiều cao prôfin - tức là chiều cao răng - tăng nhanh hơn nhiều so với đường kính dao phay. Ví dụ khảo sát khi chọn số răng đối với dao phay đĩa môđun (bảng 3.11).

Bảng 3.11. Chọn số răng dao phay đĩa môđun

Môđun m mm	Chiều cao prôfin h, mm	Chiều cao răng H, mm	Đường kính dao phay D, mm	Số răng Z	Tỷ số $\frac{D}{h}$	Tỷ số $\frac{D}{H}$
1	2,25	6,5	50	14	22,7	7,7
16	36	38	170	10	4,7	4,5

Các số liệu trên cho thấy rằng chiều cao prôfin h tăng lên 16 lần, chiều cao H tăng lên 5,9 lần, trong khi đó đường kính tăng lên 3,4 lần. Nếu đường kính dao phay cũng tăng lên theo tỷ lệ chiều cao thì đường kính dao phay phải khoảng 300 mm. Với kích thước này đường kính quá lớn đối với máy phay. Vì thế phải chọn đường kính dao phay nhỏ và do đó số răng phải giảm nhỏ.

Số răng đối với dao phay không mài có thể được chọn theo bảng 3.12.

Bảng 3.12. Chọn số răng dao phay không mài

Số răng Z	18	16	14	12	11	10	9	8
Đường kính dao phay , mm	40	40 ÷ 45	50 ÷ 55	60 ÷ 75	80 ÷ 105	110 ÷ 125	130 ÷ 140	150 ÷ 230

Không phải với tất cả dao phay hớt lưng có số răng giảm khi đường kính tăng lên. Đối với những dao phay để gia công các chi tiết có chiều cao prôfin bé, chiều cao prôfin thay đổi rất ít hoặc hầu như không đổi khi kích thước của chi tiết lớn lên như dao phay ren hình lược, dao phay rãnh nhỏ và không sâu, ở chúng chiều cao răng thay đổi ít khi đường kính tăng lên. Với các loại dao phay này, số răng sẽ được chọn tăng lên khi tăng đường kính.

3.3.8. Góc rãnh giữa các răng (hình 3.36c)

Góc rãnh giữa các răng θ được xác định theo công thức sau:

$$\theta = \mu + \eta \quad (3.43)$$

Để đảm bảo sức bền răng sau khi mài sắc lại nhiều lần, phía lưng răng làm nghiêng một góc μ so với đường thẳng hướng tâm đi qua điểm cuối cùng ở đỉnh răng hót lưng. Góc μ được chọn khoảng $15'' \div 20''$. Điều đó đảm bảo sức bền răng khi mài sắc đến lần cuối. Góc η được chọn phụ thuộc vào góc ψ (quan hệ giữa các góc trên dao phay và trên cam hót lưng) và chiều dày phần lưng răng AB (hình 3.36c).

Để tránh hiện tượng đỉnh răng bị chen đập do dao vào muộn và tạo thành gờ do dao rút ra sớm khỏi lưng răng dao phay cần thiết phải có thêm các góc φ_1 và φ_2 (hình 3.37). Như vậy điểm bắt đầu hành trình làm việc của dao tiện trùng với đường O - I và điểm cuối cùng trùng với đường O - IV tạo thành góc φ_2 với đường O - III. Trị số φ_1 và φ_2 thường được chọn nhỏ $(\varphi_1 + \varphi_2) = 1''30' \div 2''$.

Góc $A = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2$ ứng với hành trình làm việc của dao; góc C ứng với hành trình chạy không của dao.

Tỷ số $\frac{A}{C}$ phụ thuộc vào đặc tính của cam. Trong thực tế thường gặp cam $60''$ và cam $90''$ có nghĩa là $\frac{A+C}{C} = 6$ hoặc bằng 4.

Cam $90''$ dùng để hót lưng dao phay có chiều rộng rãnh lớn (thường đối với các dao phay cần mài hót lưng để đảm bảo thoát đá được dễ dàng hoặc đối với dao phay cắt ra lượng phoi lớn).

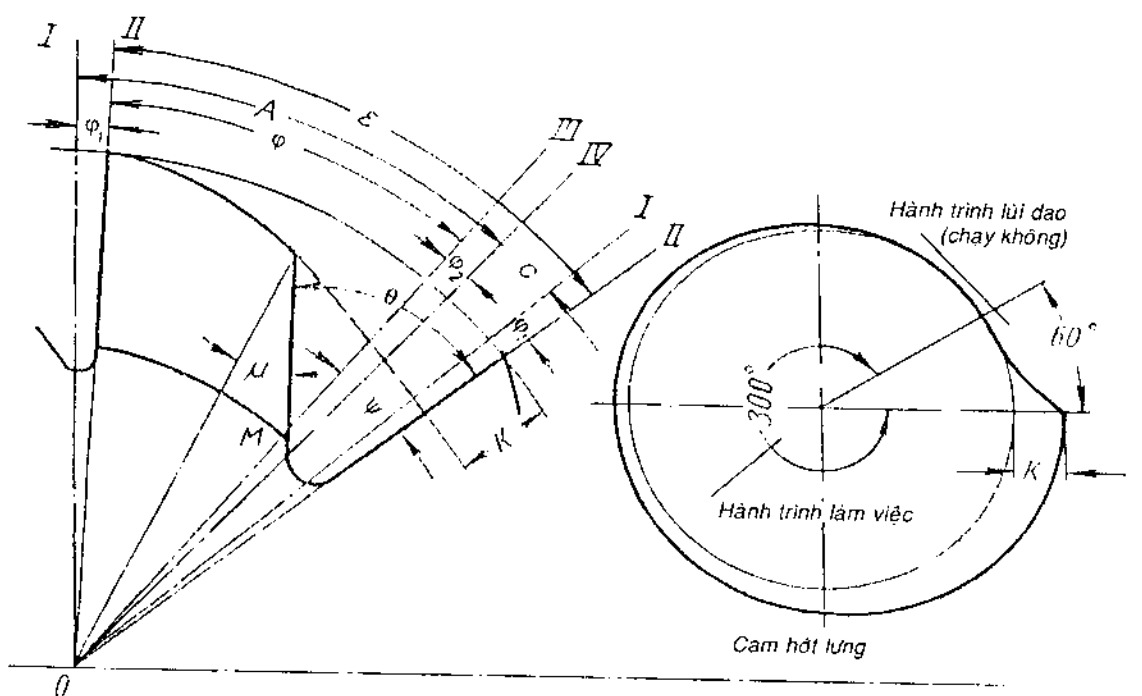
Các cam $60''$ được sử dụng rộng rãi trong thực tế cho các loại dao phay dạng rãnh thông thường.

Khi hót lưng một vòng quay của cam tương ứng với dao phay quay một góc bằng $(A + C)$, trong đó ứng với hành trình làm việc (A) là $300''$ hoặc $270''$ và ứng với hành trình chạy không (lùi dao - C) là $60''$ hoặc $90''$. Do đó

$$A = \left(\frac{5}{6} \text{ hoặc } \frac{3}{4} \right) \varepsilon; C = \left(\frac{1}{6} \text{ hoặc } \frac{1}{4} \right) \varepsilon \quad (3.44)$$

$$\varphi = A - B; B = \varphi_1 + \varphi_2; \psi = \varepsilon - \varphi \quad (3.45)$$

Sau khi tính toán trị số góc θ được chọn theo dãy kích thước góc thường dùng cho dao phay rãnh (dao phay góc): $\theta = 18'', 22'', 25'', 30''$ và trong trường hợp đặc biệt lấy $\theta = 45''$. Khi tính toán sơ bộ có thể lấy chiều rộng răng bằng $0,65 \div 0,7$ và chiều rộng rãnh bằng $0,35 \div 0,3$ bước vòng.

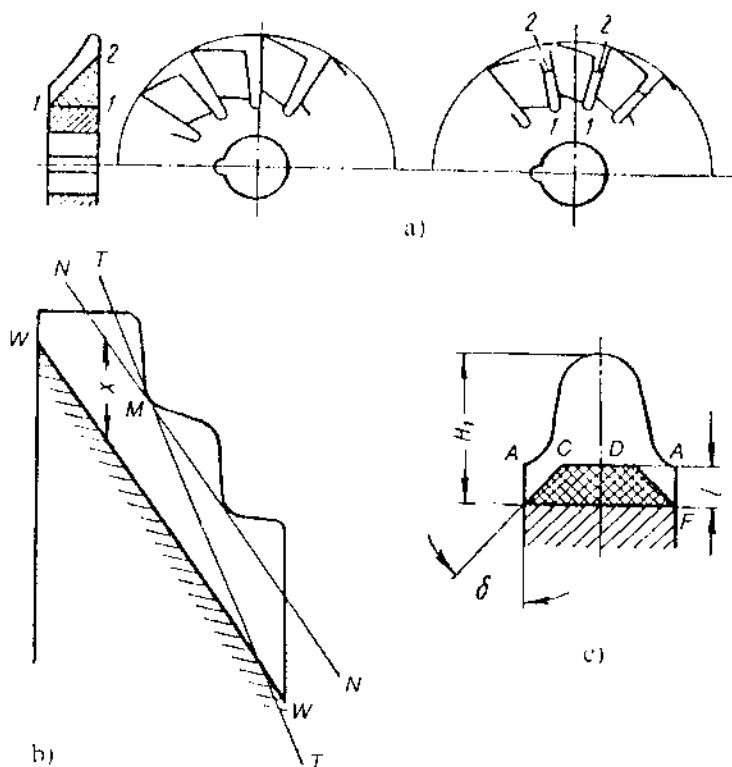


Hình 3.37. Quan hệ giữa các thông số trên dao phay và trên cam hút lưng.

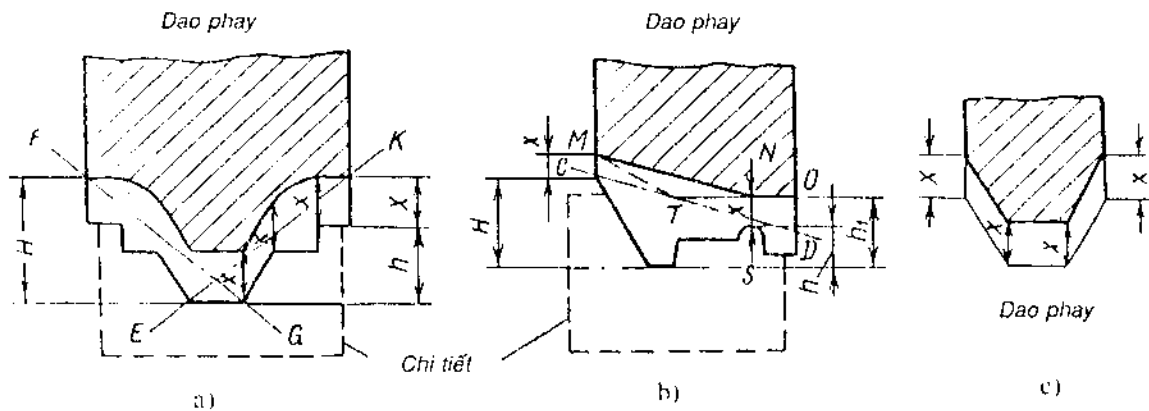
3.3.9 Dạng đáy rãnh.

Khi prôfin đối xứng, chiều cao prôfin lớn và chiều dài dao phay nhỏ thì đáy rãnh thường được chế tạo song song với trục dao. Trong một số trường hợp để đảm bảo độ cứng vững răng, đáy rãnh được chế tạo nghiêng một góc hoặc một số góc so với trục dao (hình 3.38a, b, c).

Đối với các prôfin đặc biệt đáy rãnh có thể được chế tạo đặc biệt như trên hình 3.39.



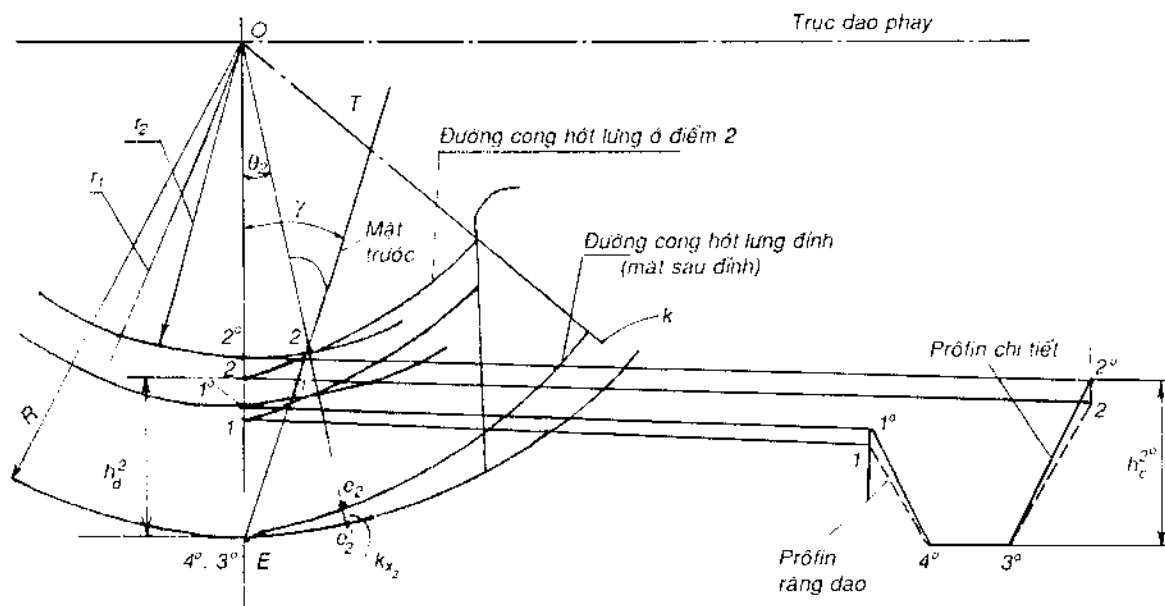
Hình 3.38. Các dạng cơ bản của đáy rãnh răng dao phay hút lưng



Hình 3.39. Dạng đáy rãnh giữa các răng có profile đặc biệt

3.3.10. Dao phay định hình hót lưng có góc trước $\gamma > 0$

Dao phay hót lưng phần lớn được chế tạo có góc trước $\gamma > 0$. Khi $\gamma = 0$ thì profile lưỡi cắt trong tiết diện chiều trục đồng nhất với profile chi tiết được gia công. Nếu $\gamma > 0$ thì profile dao trong tiết diện chiều trục không giống như profile chi tiết vì thế phải tính toán lại profile lưỡi cắt trong tiết diện chiều trục. Dao phay có $\gamma > 0$ cắt nhẹ hơn, vì thế chúng cũng được dùng nhiều. Để tính toán profile dao khi $\gamma > 0$ có thể dùng sơ đồ như trên hình 3.40.



Hình 3.40 Sơ đồ tính toán profile dao khi $\gamma > 0$

Profile chi tiết trên hình 3.40 được biểu diễn bởi các điểm $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, 4^\circ$. Trên hai hình chiếu (hình chiếu theo phương vuông góc với trục dao - bên phải và hình chiếu theo phương trục dao - bên trái). Chiều cao chi tiết, ví dụ, ứng với điểm 2° là $h_c^{2^\circ}$:

$$h_c^{2''} = \overline{E2''} = R - r_2$$

Trong đó R là bán kính đỉnh dao lớn nhất và r_2 bán kính ứng với điểm 2''.

Nếu $\gamma = 0$, mặt trước đi qua tâm O. (Mặt phẳng EO), điểm 2' của dao trên mặt trước (lưỡi cắt) gia công điểm 2'' trên prôfin chỉ tiết trùng với điểm 2'' trên prôfin chỉ tiết và chiều cao prôfin dao trong tiết diện chiều trục $\overline{E2}$ trùng với chiều cao prôfin chỉ tiết h_c . Khi $\gamma > 0$ (hình 3.40), mặt trước của dao (lưỡi cắt) không nằm trong mặt phẳng EO mà nằm trong mặt phẳng ET hợp với EO một góc γ . Điểm 2' trên lưỡi cắt dao khi gia công điểm 2'' trên prôfin chỉ tiết nằm trên vòng tròn bán kính r_2 và nằm trên mặt trước. Vậy điểm 2' trên lưỡi cắt dao khi có $\gamma > 0$ là giao điểm của vòng tròn bán kính r_2 và mặt ET (điểm 2' trên hình 3.40). Từ điểm 2' vẽ đường cong hót lưng Acsimet song với đường cong hót lưng ở đỉnh (điểm E). Chiều cao prôfin răng dao trong tiết diện qua trục khi $\gamma > 0$ là $\overline{2'-e_2}$, nằm trong mặt phẳng chiều trục $e_2-2'-O$. Để thiết kế dao phay định hình khi $\gamma > 0$ cần phải tính chiều cao prôfin dao ở tất cả các điểm tương ứng với các điểm trên prôfin chỉ tiết. Từ sơ đồ tính trên hình 3.40 ta có:

$$\begin{aligned} h_d^2 &= \overline{e_2 - 2'} = \overline{E2} \\ \overline{e_2 - 2'} &= \overline{e_2' - 2'} - Kx_2 \\ \overline{e_2' - 2'} &= R - r_2 = \overline{E - 2''} = h_c^{2''} \\ h_d^2 &= h_c^{2''} - \overline{2 - 2''} = h_c^{2''} - Kx_2 \\ Kx_2 &= \frac{K.Z}{360^\circ} \cdot \theta_x \end{aligned} \quad (3.46)$$

Từ tam giác OE2' ta có:

$$\begin{aligned} \frac{r_2}{\sin \gamma} &= \frac{R}{\sin(\gamma + \theta_x)} \\ \theta_x &= \arcsin\left(\frac{R}{r_2} \cdot \sin \gamma\right) - \gamma \end{aligned} \quad (3.47)$$

Từ (3.47) tính được θ_x tại điểm bất kỳ 2'' của chỉ tiết ứng với bán kính r_2 . Thay θ_x vào (3.46) tính được Kx_2 . Thay Kx_2 vào (3.45) tính được chiều cao prôfin răng dao phay trong tiết diện hướng kính khi $\gamma > 0$ ứng với các điểm của prôfin chỉ tiết. Trên hình 3.40 đường nét đứt biểu diễn prôfin dao trong tiết diện hướng kính so với prôfin chỉ tiết 1°, 2°, 3°, 4° (hình chiếu bên phải) khi $\gamma > 0$.

Dao phay định hình hót lưng $\gamma > 0$ sau khi tính toán prôfin cũng chỉ đảm bảo được độ chính xác khi dao chưa mài lại. Sau khi mài sắc lại prôfin lưỡi cắt sẽ không đảm bảo được chính xác mà có sai số. Sai số prôfin phụ thuộc vào hai nguyên nhân:

- Phương pháp mài sắc dao.

- Phương pháp gá dao khi hót lưng.

Từ hình 3.41a, góc trước γ được xác định theo công thức:

$$\sin \gamma = \frac{r_0}{R_n} \quad (3.48)$$

Trong đó r_0 - bán kính vòng tròn phụ.

R_n - bán kính vòng tròn ngoài dao phay đã mài sắc lại.

Khi mài sắc lại có thể giữ γ hoặc r_0 không đổi. Trong trường hợp thứ nhất (giữ γ không đổi) thì bán kính r_0 sẽ giảm. Trường hợp thứ hai (giữ r_0 không đổi) thì góc trước γ sẽ tăng lên. Các phương pháp mài trên là nguồn gốc gây ra sai số prôfin của chi tiết. Qua tính toán ta thấy rằng sai số sẽ giảm dần trong quá trình mài sắc lại dao phay với góc trước không đổi.

Khi tiện hót lưng có thể đặt dao theo ba phương pháp như trên hình 3.41:

a) Mặt trước dao tiện trùng với mặt trước dao phay. Dao tiện có $\gamma = 0$.

b) Mặt trước dao tiện trùng với mặt trước dao phay. Dao tiện có góc trước γ bằng góc trước dao phay.

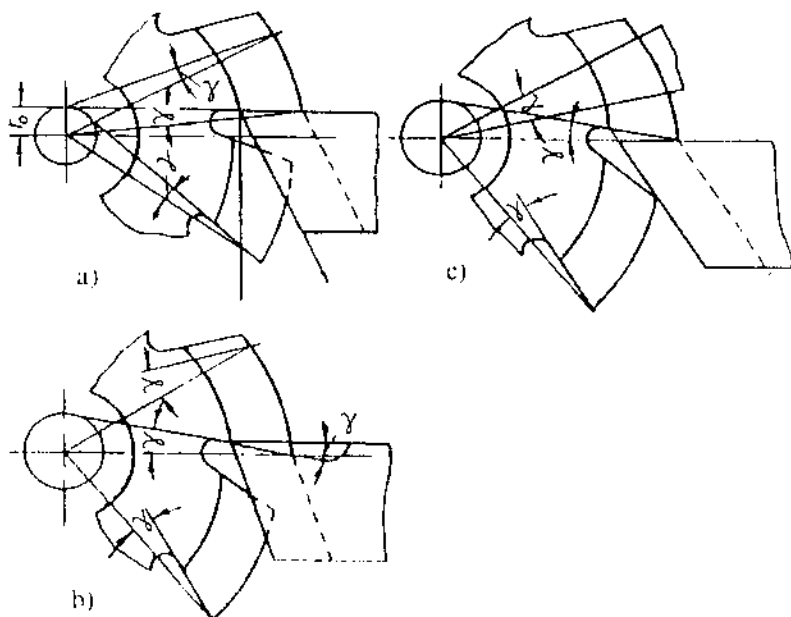
c) Mặt trước của dao tiện không trùng với mặt trước dao phay. Mặt trước dao tiện đi qua tâm dao và $\gamma = 0$.

Hót lưng theo phương pháp thứ ba là đơn giản hơn cả vì gá đặt dao dễ dàng hơn.

Phương pháp thứ hai đảm bảo chính xác hơn cả. Sai số prôfin chi tiết có thể tránh được nếu mỗi lần

mài sắc lại có góc trước mới tương ứng với đường kính dao phay mài sắc lại. Mỗi lần mài sắc lại đường kính dao phay giảm tỷ lệ thuận với độ giảm góc trước.

Đối với dao phay định hình có $\gamma = 0$, prôfin chi tiết không phụ thuộc vào dạng đường cong hót lưng và không thay đổi sau mỗi lần mài sắc lại. Ngược lại dao phay có $\gamma > 0$ sẽ gây ra sai số sau mỗi lần mài sắc lại và sai số đó phụ thuộc phương pháp gá dao khi hót lưng. Nếu phương pháp thứ ba (hình 3.41.c) đảm bảo cho tất cả các điểm của

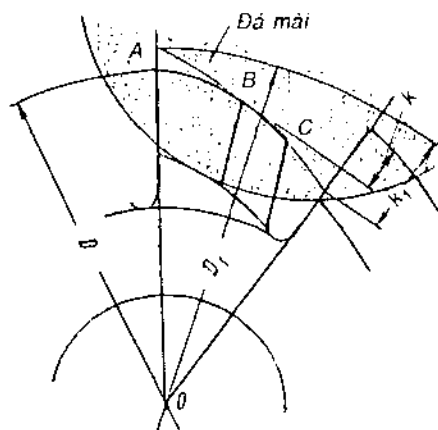


Hình 3.41. Các phương pháp hót lưng dao phay có $\gamma > 0$

prôfin dao phay có đường cong hót lưng là đường xoắn Acsimet, thì hai phương pháp trên (3.41.a và 3.41.b) chỉ đảm bảo đường xoắn Acsimet ở đỉnh dao. Đối với tất cả các điểm còn lại đường cong hót lưng có dạng khác. Từ đó suy ra rằng độ chính xác prôfin chi tiết khi gia công bằng dao phay định hình hót lưng có $\gamma > 0$ phụ thuộc vào dạng đường cong hót lưng. Do đó đối với những dao phay định hình hót lưng $\gamma > 0$ có thể tìm được đường cong hót lưng sao cho với đường cong đó khi mài sắc lại dao phay không ảnh hưởng đến độ chính xác của prôfin chi tiết. Dựa vào đường cong đó ta tìm được đường cong cam hót lưng tương ứng dùng để hót lưng dao phay có góc trước $\gamma > 0$. Tuy nhiên, trên thực tế, các chi tiết phay định hình thường không yêu cầu cao về độ chính xác; do đó sai số khi mài sắc lại đối với dao phay định hình hót lưng có $\gamma > 0$ có thể chấp nhận được.

3.3.11. Dao phay hót lưng hai lần

Đối với dao phay có prôfin mài (mài hót lưng) số răng được chọn nhỏ hơn loại không mài prôfin để khoảng cách giữa các răng lớn. Song không thể giảm số răng mà tránh được đá không chạm phải răng tiếp theo khi mài hót lưng. Trong trường hợp đó, không mài hót lưng trên toàn bộ chiều rộng răng mà chỉ mài một phần phía trước, còn phần còn lại phía sau không mài (hình 3.42). Trong quá trình sử dụng dao phay chỉ mài sắc lại đến hết phần chiều rộng được mài hót lưng. Để tránh phần lõi yên ngựa ở đỉnh và hai bên ở chỗ tiếp giáp giữa phần mài và phần không mài, phần không mài phải hạ thấp xuống, do đó các đường cong hót lưng khi tiện và khi mài không song song với nhau. Để lưng phần không mài thấp hơn, lượng hót lưng khi tiện k_1 (trên hình 3.42) phải lớn hơn lượng hót lưng khi mài k ($k_1 > k$).



Hình 3.42. Dao phay hót lưng hai lần:
 k_1 - tiện hót lưng.
 k - mài hót lưng.

Với hai lượng hót lưng như vậy ($k_1 > k$) sẽ tránh được phần lõi yên ngựa ở lưng răng. Bậc yên ngựa đó ảnh hưởng xấu đến sức bền răng dao. Khi tiện lượng hót lưng k_1 thường lấy lớn hơn lượng hót lưng k khi mài (1,5 ÷ 1,75) lần: $k_1 > (1,5 \div 1,75)k$.

Thông thường chiều rộng phần mài được chọn khoảng $(\frac{1}{2} \div \frac{2}{3})$ bước răng. Có nghĩa là, góc ở tâm chẵn cung AB (hình 3.42) bằng khoảng $(\frac{1}{2} \div \frac{2}{3}) \frac{2\pi}{Z}$. Mài hót lưng dao phay thường chỉ thực hiện đối với trường hợp yêu cầu độ chính xác cao của prôfin lưỡi cắt (chi tiết gia công) và prôfin không quá phức tạp. Vì khi mài hót lưng phải sửa prôfin đá mài chính xác dựa vào prôfin của răng dao phay trong tiết diện chiều trục.

CHƯƠNG 4

THIẾT KẾ CÁC DỤNG CỤ GIA CÔNG LỖ

Tuỳ theo yêu cầu kỹ thuật của các chi tiết và quy trình công nghệ người ta dùng các dụng cụ khác nhau để gia công lỗ: mũi khoan, dao tiện lỗ, mũi khoét, mũi doa, dao chuốt trong, dao tiện kim cương, đá mài, đầu mài khôn, ...

Dưới đây lần lượt khảo sát một số loại dụng cụ thường gặp:

4.1. Mũi khoan

4.1.1 Công dụng và phân loại

a) Công dụng

Mũi khoan (với một, hai hoặc nhiều lưỡi cắt) được dùng để:

- Tạo lỗ trên chi tiết chưa có lỗ.
- Mở rộng lỗ đã có sẵn (lỗ sau khi đúc, rèn, dập hoặc lỗ đã được khoan sơ bộ).
- Tạo những lỗ có bề mặt định hình (lỗ tâm, ...).

b) Phân loại

Các loại mũi khoan thường gặp là: mũi khoan xoắn vít, mũi khoan tâm, mũi khoan lỗ sâu, đầu khoan vành.

Mũi khoan xoắn (còn gọi là mũi khoan ruột gà) là mũi khoan được dùng rộng rãi hơn cả. Nó được dùng để tạo các loại lỗ có đường kính đến 80 mm, đạt độ chính xác cấp 4, cấp 5, độ nhẵn bề mặt $R_a = 12,5 \div 0,8 \mu\text{m}$ với các trường hợp sau:

- Không yêu cầu gia công thêm sau khi khoan.
- Cần mở rộng sau khi khoan, khoét, doa.
- Cần tạo ren sau khi khoan.

Theo tiêu chuẩn, mũi khoan xoắn chia ra các nhóm sau:

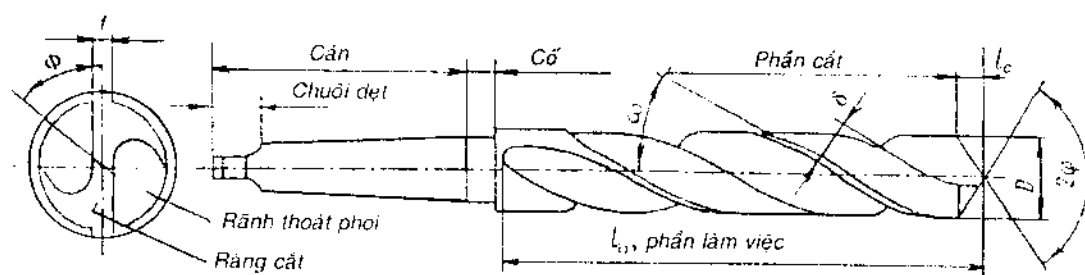
- Mũi khoan dài chuôi trụ.
- Mũi khoan ngắn chuôi trụ.
- Mũi khoan trái chuôi trụ dùng trên máy tự động.
- Mũi khoan chuôi trụ có phần làm việc ngắn.
- Mũi khoan chuôi côn.
- Mũi khoan chuôi côn 4 cạnh.

Sự khác nhau của các kiểu mũi khoan chủ yếu ở kết cấu phần chuôi và chiều dài phần cắt. Mũi khoan có thể có rãnh xoắn hoặc rãnh thẳng.

4.1.2 Các yếu tố kết cấu của mũi khoan rãnh xoắn

4.1.2.1 Góc ở đỉnh 2ϕ

Góc nghiêng chính ϕ là thông số chủ yếu của mũi khoan, quyết định năng suất và tuổi bền của mũi khoan (hình 4.1).



Hình 4.1. Kết cấu mũi khoan tiêu chuẩn.

Cùng với góc nghiêng của rãnh xoắn ω , góc nghiêng của lưỡi cắt ngang ψ thì giá trị của φ xác định góc trước γ do trong mặt phẳng thẳng góc với lưỡi cắt chính của mũi khoan.

Góc φ ảnh hưởng đến các thành phần lực cắt, chiều dài lưỡi cắt, tiết diện phôi cắt (như khi tiện).

Khi φ tăng thì lực chiều trục P_0 , P_x tăng, còn P_z giảm (mômen xoắn giảm).

Khi giảm φ từ 70° đến 45° thì lực chiều trục P_0 giảm $40 \div 50\%$, còn mômen xoắn P_z tăng lên $25 \div 30\%$.

Khi góc φ giảm độ nhọn ở đỉnh mũi khoan tăng lên cho phép mũi khoan dễ đi sâu vào bề mặt gia công, mặt khác chiều dài lưỡi cắt tăng nên thoát nhiệt tốt hơn, đồng thời chiều dày phôi giảm xuống còn chiều rộng của nó tăng lên.

Từ sự phân tích trên ta thấy nên sử dụng rộng rãi các mũi khoan có góc φ bé.

Tuy nhiên thực tế thường ít dùng mũi khoan có góc φ bé vì độ bền của nó bị giảm thấp.

Thường người ta căn cứ vào vật liệu gia công để chọn giá trị của góc ở đỉnh φ (bảng 4.1).

Bảng 4.1. Chọn góc φ theo vật liệu gia công

Vật liệu gia công	Góc φ (độ)
Thép $\sigma_b = 400 \div 1400 \text{ N/mm}^2$	$58 \div 60$
Thép tấm	62
Thép không gỉ	$58 \div 60$
Thép mangan (Mn)	$58 \div 60$
Gang HB = 130 ÷ 220	$58 \div 60$
Đồng	62
Đồng thau, đồng thanh mềm	65
Nhôm, dural, Silumin, babit	$65 \div 70$
Nhôm tấm, tấm ghép	$50 \div 55$
Các hợp kim nhẹ	$58 \div 65$
Vật đúc bằng kim loại màu	$58 \div 60$

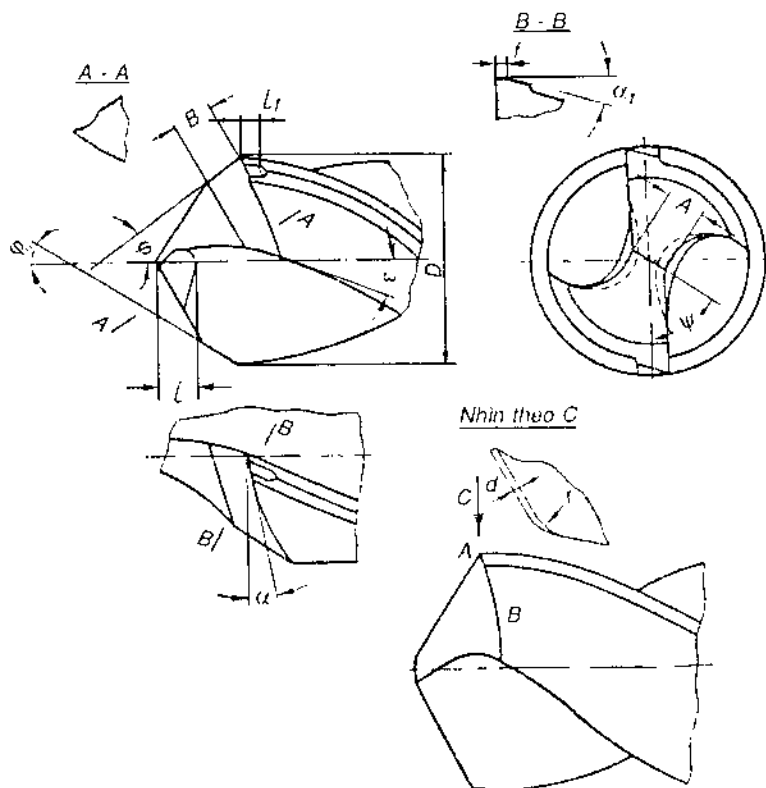
Để giảm sự mài mòn ở phần lưỡi cắt (ứng với đường kính lớn nhất của mũi khoan) có thể làm thêm lưỡi chuyển tiếp bằng cách mài mũi khoan theo 2 góc φ và φ_0 (hình 4.2).

Góc φ_0 chọn khoảng $35 \div 37^\circ$. Chiều dày lưỡi chuyển tiếp lấy bằng $0,18 \div 0,22$ lần đường kính mũi khoan.

Làm như vậy có tác dụng làm giảm nhiệt khi cắt và tăng tuổi bền của mũi khoan nên cho phép tăng được tốc độ cắt khi khoan khoảng $25 \div 30\%$.

Đặc biệt mũi khoan nên có 2 góc φ như trên khi gia công gang với các mũi khoan có đường kính $10 \div 12\text{mm}$.

Khi kích thước đường kính mũi khoan nhỏ hơn thì không nên mài 2 góc như trên mà nên vê tròn lưỡi cắt ứng với đường kính lớn nhất một đoạn dài từ $2 \div 6\text{ mm}$ với bán kính vòng tròn $0,3 \div 1,2\text{ mm}$ tùy theo đường kính. Bằng cách đó cho phép tăng được tuổi bền mũi khoan.



Hình 4.2. Phân cắt mũi khoan mài kép - góc φ và φ_0 .

4.1.2.2. Góc nghiêng của rãnh xoắn

Góc nghiêng ω của rãnh xoắn được tính theo đường kính ngoài của mũi khoan.

$$\text{Ta có: } \tan \omega = \frac{\pi D}{S_k}$$

Trong đó: S_k - bước của rãnh xoắn.

D - đường kính ngoài của mũi khoan.

Khi góc ω tăng, góc trước ứng với đường kính ngoài tăng, làm giảm biến dạng của phoi khi cắt khiến cho quá trình cắt được dễ dàng hơn.

Thực nghiệm cho thấy khi góc nghiêng ω tăng đến $25 \div 30^\circ$, mômen xoắn và lực chạy dao giảm nhanh. Tuy nhiên nếu tiếp tục tăng ω (đến 45°) thì sự giảm đó ít đi và

trong thực tế coi như không đổi.

Dạng phoi và sự thoát phoi phụ thuộc nhiều vào trị số của góc nghiêng ω . Khi ω nhỏ, phoi có dạng dài dài, khó dịch chuyển trong rãnh, có thể bị tắc trong rãnh làm gây mũi khoan. Khi ω lớn phoi có dạng dây xoắn, dễ thoát theo rãnh.

Xét về mặt tạo phoi và thoát phoi, khi khoan thép góc ω hợp lý nên chọn từ $34 \div 40^\circ$. Tuy nhiên nếu ω lớn sẽ làm yếu phần cắt của mũi khoan ứng với đường kính ngoài. Vì vậy để nâng cao độ bền của mũi khoan tiêu chuẩn, chủ yếu dùng gia công kim loại đen, góc ω nên chọn không vượt quá 35° .

Với cùng một góc nghiêng ω , nếu đường kính bé thì độ bền của mũi khoan sẽ giảm nhanh. Vì vậy nên chọn giá trị của góc ω theo bảng 4.2.

Bảng 4.2. Trị số góc nghiêng ω của rãnh xoắn đối với mũi khoan tiêu chuẩn.

Đường kính mũi khoan (mm)	0,25 ÷ 1	1 ÷ 1,4	1,45 ÷ 1,5	1,55 ÷ 1,3	3,1 ÷ 4	4,2 ÷ 6	6,2 ÷ 8,2
Góc ω (độ)	19	22	23	24	25	26	27
Đường kính mũi khoan (mm)	8,5 ÷ 11,5	11,6 ÷ 16,5	16,5 ÷ 22	22,5 ÷ 33	33,5 ÷ 44	44,5 ÷ 80	-
Góc ω (độ)	28	29	30	31	32	33	-

Việc lựa chọn góc ω còn phụ thuộc vật liệu gia công:

- Khi gia công nhôm, đồng đỏ: $\omega = 35 \div 45^\circ$.
- Khi gia công alumin, đồng làm điện cực $\omega = 40^\circ$.
- Khi gia công đồng thau, đồng thanh $\omega = 8 \div 12^\circ$.
- Khi gia công thép và gang có độ cứng cao hoặc đã qua nhiệt luyện ($HB = 300 \div 350$, $\sigma_b = 1400 \div 1500 \text{ N/mm}^2$). Để tăng độ bền của phần cắt và đảm bảo thoát nhiệt tối nên chọn $\omega = 10 \div 15^\circ$.

- Khi khoan những tấm ghép hoặc các lá kim loại dẻo (nhôm, đồng thau, thép) mũi khoan tiêu chuẩn thường dễ bị tắc và gãy khi ra khỏi lỗ. Khi đó thường dùng mũi khoan có rãnh thẳng ($\omega = 0$) hoặc $\omega = 10 \div 12^\circ$.

Khi khoan trên máy tự động, đặc biệt khi chi tiết quay mà mũi khoan đứng yên, đôi khi người ta dùng mũi khoan có góc ω thay đổi. Góc ω thay đổi sẽ tạo nên góc trước cần thiết trên phần cắt (thích hợp với vật liệu gia công) và cải thiện việc thoát phoi theo rãnh. Điều này đặc biệt quan trọng khi khoan lỗ sâu.

Dạng thứ nhất, (ω phía đầu nhỏ hơn ω phía đuôi) dùng khi gia công nhôm và đồng đỏ.

Dạng thứ hai, (ω phía đầu lớn hơn ω phía đuôi) dùng khi gia công đồng làm điện cực và khi khoan lỗ có chiều sâu bằng hoặc lớn hơn 5 lần đường kính mũi khoan.

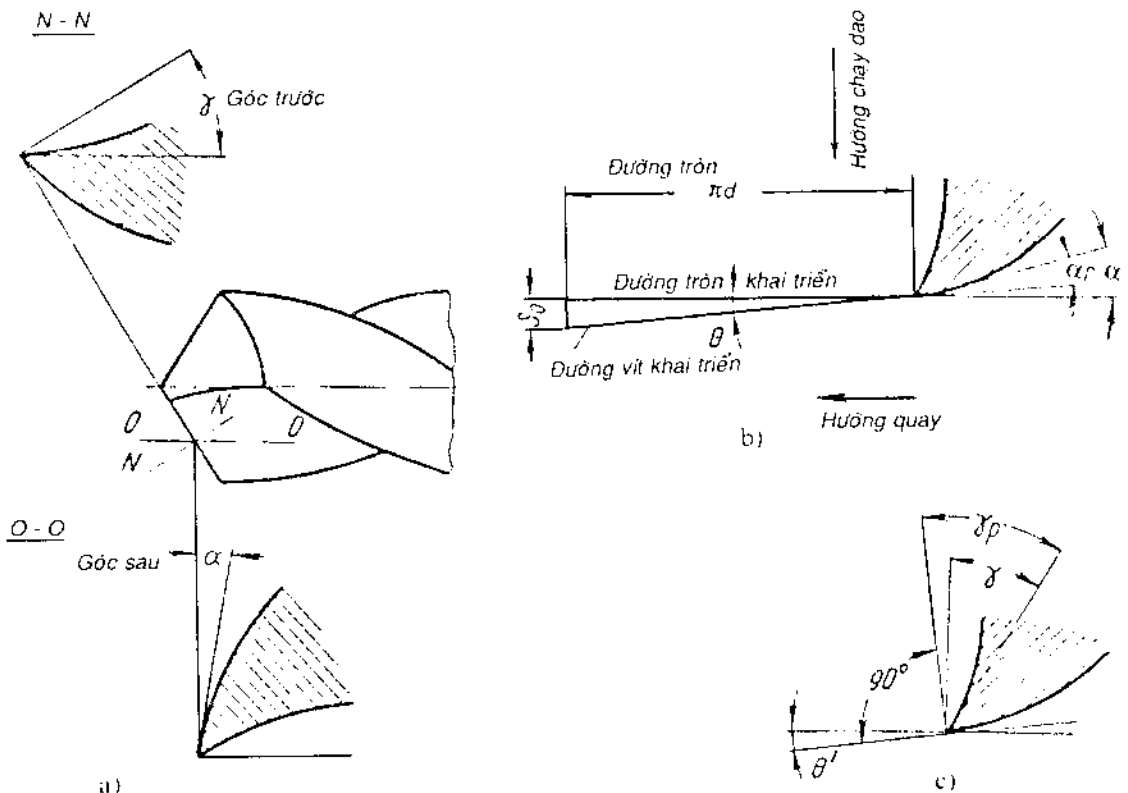
Mũi khoan rãnh xoắn thường làm rãnh hướng phải, mũi khoan có hướng rãnh trái ít dùng; chỉ khi làm việc trên các máy tự động trong điều kiện làm việc buộc dao quay theo chiều trái.

4.1.2.3. Các góc của lưỡi cắt

Góc trước γ và góc sau α của mũi khoan (α và γ là các góc mài sắc) được xác định như sau:

Góc sau α (trong mặt phẳng đo) là góc giữa tiếp tuyến với vết của mặt sau, tại một điểm xác định của lưỡi cắt và tiếp tuyến cũng tại điểm đó với vòng tròn tạo thành khi quay lưỡi cắt quanh trục của mũi khoan.

Góc trước γ (trong mặt phẳng đo) là góc giữa tiếp tuyến với vết của mặt trước tại một điểm xác định và đường pháp tuyến cũng tại điểm đó với vòng tròn tạo thành khi quay lưỡi cắt quanh trục của mũi khoan (hình 4.3).



Hình 4.3 Góc trước γ và góc sau α của mũi khoan

Trong quá trình gia công, mũi khoan quay và dịch chuyển dọc theo trục của chi tiết. Do đó quỹ đạo cắt tại một điểm bất kỳ của lưỡi cắt là một đường xoắn vít có bước bằng trị số của lượng chạy dao.

Trên hình 4.3 a, b, c cho hình khai triển đường xoắn vít với một điểm đang xét

trên lưỡi cắt và những tiết diện khác nhau của α_p và γ_p tương ứng trong quá trình cắt.

Những góc này khác với các góc mài sắc của mũi khoan α và γ do có góc nghiêng của quỹ đạo θ .

Những mặt phẳng đo của α , α_p và γ , γ_p có thể lấy khác nhau.

Đối với α và α_p mặt phẳng đo đi qua một điểm xác định tiếp tuyến với mặt trụ có trục trùng với trục của mũi khoan.

Đối với γ và γ_p , mặt phẳng đo đi qua một điểm xác định, thẳng góc với lưỡi cắt.

Giữa α và α_p có quan hệ sau:

$$\alpha = \alpha_p + \theta$$

Trong đó: θ - góc giữa quỹ đạo thực (đường xoắn vít) và quỹ đạo quy ước (vòng tròn).

Góc θ_x đối với một điểm x bất kỳ ứng với đường kính d_x được tính theo công thức:

$$\operatorname{tg} \theta_x = \frac{S}{\pi \cdot d_x}$$

Trong đó: S - lượng chạy dao sau 1 vòng quay mũi khoan.

Góc θ tăng khi lượng chạy dao tăng hoặc đường kính giảm.

Bảng 4.3. Trị số của góc θ và θ_N

Đường kính mũi khoan (mm)	Lượng chạy dao (vòng/ph)	Góc θ		Góc θ_N ở lõi
		Ở ngoài cùng	Ở lõi	
5	0,2	44'	1°18'	4°58'
50	0,8	18'	2°19'	2°38'

Từ bảng 4.3 có thể thấy trong tiết diện thẳng góc với lưỡi cắt θ_N tăng lên không đáng kể so với θ .

Vì vậy khi xét các góc trong quá trình cắt, không cần tính đến ảnh hưởng của lượng chạy dao.

Từ đó có thể thay thế mặt cắt xoắn vít bằng một hypecboloit tạo nên do lưỡi cắt quay quanh trục mũi khoan.

Góc trước, γ . Để xác định góc trước cần biết vị trí của mặt phẳng tiếp tuyến với mặt trước và mặt cắt (hình 4.4).

Mặt phẳng thứ nhất được xác định bởi 2 đường thẳng, một đường là lưỡi cắt AB của mũi khoan (hoặc tiếp tuyến với lưỡi cắt nếu lưỡi cắt là đường cong), còn đường thẳng kia xE là tiếp tuyến với đường xoắn vít tại 1 điểm x trên lưỡi cắt (đường xoắn vít này là giao tuyến khác của mặt trụ với mặt xoắn vít của rãnh mũi khoan).

Đường thẳng xE nghiêng một góc ω_x với trục mũi khoan trong mặt phẳng T, tiếp tuyến với mặt trụ tại điểm x đã cho.

Góc ω_x được tính từ công thức đã biết:

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{r_x}{R} \operatorname{tg} \omega$$

Trong đó:

ω - góc nghiêng của rãnh xoắn vít (ở $D_{\max}$ cùng với bán kính R).

R - bán kính mũi khoan.

r_x - bán kính vòng tròn đi qua điểm x.

Trên hình 4.4 vị trí của mặt phẳng T trùng với mặt chiếu đứng V; vị trí của mặt phẳng T xác định bởi góc μ_x giữa r_x và hình chiếu của lưỡi cắt (hoặc tiếp tuyến với lưỡi cắt qua điểm đã cho) trên mặt phẳng thẳng góc với trục mũi khoan.

Vị trí của mặt phẳng cắt tại điểm x được xác định bởi hai đường thẳng, một trong hai đường đó là lưỡi cắt AB còn đường kia là đường thẳng xH tiếp tuyến với mặt cắt tại điểm x của lưỡi cắt, nghĩa là tiếp tuyến với vòng tròn tạo thành khi điểm x quay quanh trục của mũi khoan.

Đường thẳng xH cũng nằm trong mặt phẳng T.

Góc trước γ_{N_x} tại điểm x trong tiết diện NN thẳng góc với cạnh cắt được xác định bởi biểu thức (do Rodin P. R đề xuất) sau:

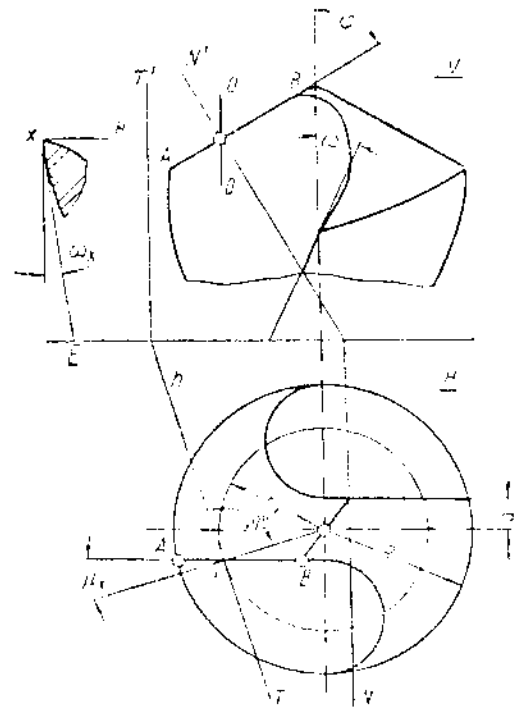
$$\operatorname{tg} \gamma_{N_x} = \frac{(1 - \sin^2 \mu_x \sin^2 \phi) \operatorname{tg} \omega_x}{\sin \phi \cdot \cos \mu_x} - \cos \phi \cdot \operatorname{tg} \mu_x$$

$$\text{Ở đây: } \sin \mu_x = \frac{a_x}{r_x}$$

Trong đó: a_x ở dạng tổng quát là khoảng cách từ trục mũi khoan đến tiếp tuyến của hình chiếu lưỡi cắt trên mặt phẳng thẳng góc với trục mũi khoan (nếu lưỡi cắt là đường cong).

Đối với mũi khoan tiêu chuẩn: $a_x = 0,5$ đường kính lõi.

Từ công thức trên ta thấy góc γ_{N_x} phụ thuộc vào góc nghiêng chính ϕ , góc



Hình 4.4 Xác định góc trước.

ngiêng của rãnh xoắn ω và khoảng cách từ lưỡi cắt tới trục đối xứng của rãnh mũi khoan (0,5 đường kính lõi mũi khoan).

Đối với mũi khoan có lưỡi cắt đặt trên trục đối xứng của rãnh nghĩa là $a_x = 0$ công thức sẽ có dạng:

$$\operatorname{tg} \gamma_{N_x} = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi}$$

Trong các tài liệu khác, người ta dùng công thức có dạng sau:

$$\operatorname{tg} \gamma_{N_x} = \frac{\operatorname{tg} \omega_x \cdot \cos \mu}{\sin \varphi - \operatorname{tg} \omega_x \cdot \cos \varphi \cdot \sin \mu}$$

Sự khác nhau của các công thức trên là do khi thiết lập chúng, người ta lấy các mặt phẳng khác nhau để xác định góc trước.

Ở công thức dưới, γ_{N_x} được xem là góc giữa mặt phẳng tiếp xúc với mặt trước tại điểm đã cho và mặt phẳng đi qua lưỡi cắt song song với trục mũi khoan.

Cần lưu ý rằng, mặt phẳng thứ hai này trong trường hợp tổng quát không thể thẳng góc với mặt phẳng cắt tại điểm bất kỳ trên lưỡi cắt. Vì vậy không thể lấy nó làm một trong những mặt phẳng để xác định góc γ_{N_x} .

Bảng 4.4a Trị số của góc trước γ_{N_x}

$\frac{r_x}{R}$	μ_x	ω_x	γ_{N_x}	$\frac{r_x}{R}$	μ_x	ω_x	γ_{N_x}
1	8°30'	30°	30°25'	0,4	22°	13°	3°15'
0,8	10°50'	24°50'	23°25'	0,2	48°30'	6°35'	-24°5'
0,6	14°30'	19°06'	14°45'	0,183	55°		

Bảng 4.4a cho trị số của γ_{N_x} đối với mũi khoan có $\omega = 30^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $2\varphi = 0,15D$ (2a bằng đường kính lõi).

Từ bảng 4.4a ta thấy góc trước dọc theo lưỡi cắt thay đổi rất lớn ứng với đường kính ngoài cùng D của mũi khoan, khi $\omega = 30^\circ$ góc trước có trị số dương $\gamma_N = 30^\circ$, ở lõi góc trước có trị số âm (-24°5').

Góc trước thay đổi nhiều là một nhược điểm lớn của mũi khoan rãnh xoắn. Nó làm cho lưỡi cắt mòn nhanh và không đều. Ứng với đường kính ngoài của mũi khoan tốc độ cắt là lớn nhất do đó lượng nhiệt sinh ra là nhiều nhất, trong khi đó ở góc sắc β nhỏ khiến nhiệt không thể thoát nhanh được vì phần chuyển tiếp từ hình côn tới hình trụ bị mòn nhanh và nhiều nhất.

Góc trước lớn ứng với đường kính ngoài của mũi khoan thông dụng nhiều khi không thích hợp với vật liệu gia công (thép và gang có độ cứng lớn $HRC \geq 40$).

Góc trước âm ở lõi làm cho điều kiện làm việc của mũi khoan khó khăn. Trong thực tế nó không cắt mà ép lên vật liệu làm tăng lực chiều trục.

Theo các kết quả thí nghiệm, $50 \div 60\%$ tổng lực chiều trục là do lưỡi cắt ngang tạo ra.

Do mũi khoan tiêu chuẩn có những nhược điểm nói trên nên phải tìm những biện pháp cải thiện kết cấu của chúng bằng cách mài bổ sung hoặc thiết kế dạng rãnh mũi khoan sao cho góc trước ít thay đổi trên chiều dài lưỡi cắt.

Những phương pháp cải tiến góc trước mũi khoan:

Theo những công thức ở trên, các góc φ , ω và μ có ảnh hưởng tới γ_N .

Bằng cách tính toán có thể vạch ra ảnh hưởng của từng góc và cần phải thay đổi hình dáng của lưỡi cắt sao cho cải tiến được góc trước trên suốt chiều dài lưỡi cắt. Khi góc φ giảm, góc trước γ_N ở phần ngoài tăng lên, đồng thời góc trước thay đổi rất rõ rệt từ vòng ngoài vào trong lõi.

Bằng cách vạch ra sự thay đổi của góc γ_N với những góc ω khác nhau (ví dụ, 15° , 30° và 45°) và khoảng dịch chuyển $2a$ (ví dụ, 0,5; 0,2; 0,15 đường kính mũi khoan), có thể xác định rằng khi góc φ giảm góc γ_N ở phần ngoài cùng luôn luôn tăng không phụ thuộc vào góc ω và trị số $2a$.

Sự tăng của đường kính lõi bao giờ cũng làm giảm góc γ_N ở tất cả các điểm trên lưỡi cắt.

Phân tích ảnh hưởng của các góc φ , ω và trị số $2a$ đối với góc γ_N có thể đề ra những phương án cải tiến kết cấu mũi khoan như sau:

1) Với $\omega = 30^\circ$ và lượng dịch chuyển $2a = 0,15D$.

Khi lấy $\varphi = 90^\circ$ góc γ_N sẽ thay đổi từ 30° đến 3° . Trong khi đó đối với mũi khoan tiêu chuẩn, γ_N thay đổi từ 30° tới -30° . Từ đây ta thấy rằng có thể cải tiến góc γ_N ở phần lõi mũi khoan bằng cách tăng góc φ tới 90° (hình 4.4). Tuy nhiên khi mài mũi khoan theo mặt côn thì đồng thời góc γ_N ở lưỡi cắt ngang giảm xuống. Để cải tiến góc γ_N trên lưỡi cắt ngang nên xẻ rãnh nghiêng 5° và chiều rộng 1,5 mm (hình 4.4) làm như vậy sẽ nhận được những góc có trị số xấp xỉ bằng 0 trên lưỡi cắt ngang.

Khi $\varphi = 90^\circ$ thì ở những đoạn nối tiếp giữa lưỡi cắt và lưỡi cắt ngang khó đảm bảo được góc sau thích hợp mà không làm giảm độ bền của phần này. Vì vậy nên chọn góc φ một cách hợp lý trong khoảng $80 \div 85^\circ$.

Góc sau cần thiết trên lưỡi cắt có thể nhận được bằng cách mài không theo mặt côn mà theo mặt phẳng. Trong quá trình cắt, để tránh sự chà sát giữa mặt sau của mũi khoan với mặt cắt, cần thiết phải mài theo hai mặt phẳng. Mũi khoan mài như vậy đảm bảo cho góc sau và góc trước dọc theo lưỡi cắt ít thay đổi so với mũi khoan tiêu chuẩn.

2) Cải tiến kết cấu mũi khoan.

Có thể thực hiện điều này bằng cách thay đổi dạng của hình chiếu lưỡi cắt trên mặt phẳng thẳng góc với trục mũi khoan. Điều đó đạt được bằng cách thay đổi góc μ , khi thay đổi trị số a tại mỗi điểm của lưỡi cắt theo công thức sau (hình 4.5):

$$\sin \mu_x = \frac{a}{r_x}$$

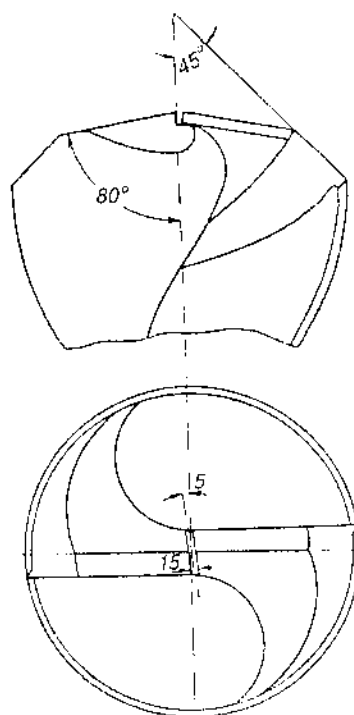
Trong đó: a - trị số khoảng cách từ tiếp tuyến với hình chiếu của lưỡi cắt tới trục đối xứng của rãnh mũi khoan.

Dựa theo công thức xác định góc trước γ_{Nx} có thể lập đồ thị biểu diễn sự thay đổi của góc μ_x tùy thuộc vào trị số dịch chuyển $2a$ đối với mũi khoan có $\varphi = 60^\circ$ và $\omega = 30^\circ$.

Nếu coi trị số hợp lý của góc trước là 20° , có thể tìm thấy trị số dịch chuyển $2a$ ứng với các trị số $\frac{r_x}{R}$ khác nhau, bảng 4.4b.

Bảng 4.4b Trị số dịch chuyển $2a$.

$\frac{r_x}{R}$	0,43	0,55	0,73	0,83	0,95
$2a$	-0,07	0	0,15	0,3	0,5
Tính theo đơn vị là đường kính D					



Hình 4.5 Hình dạng của lưỡi cắt.

Theo những trị số $2a$ tìm được tại những điểm có $\frac{r_x}{R}$ khác nhau có thể vẽ nên hình dạng của lưỡi cắt (hình 4.5). Khi vẽ cần biết rằng tiếp tuyến tại một điểm đã cho trên lưỡi cắt xác định bởi trị số $\frac{r_x}{R}$ đồng thời tiếp xúc với vòng tròn có bán kính tương ứng a .

Dựa theo kết quả khi vẽ hình dạng lưỡi cắt có góc trước không đổi với những trị số khác nhau của ω , φ có thể xác định được những dạng của lưỡi cắt với:

- $\varphi = 60^\circ$ $\omega = 15^\circ$ có dạng lõm.
- $\varphi = 60^\circ$ $\omega = 25^\circ$ và 30° dạng lồi.
- $\varphi = 45^\circ$ $\omega = 30^\circ$ dạng gần như thẳng.

Từ đây ta thấy khi tăng ω và φ thì sẽ làm tăng độ lồi của lưỡi cắt. Mũi khoan có góc trước không thay đổi sẽ làm cho góc sau dọc theo lưỡi cắt ít thay đổi.

Sự thuận tiện của kết cấu này là ở chỗ, việc chế tạo và mài sắc nó trong quá trình sử dụng không có gì khác với mũi khoan tiêu chuẩn. Hình dạng tương ứng với lưỡi cắt sẽ đạt được khi phay bằng dao phay chuyên dùng. Những thí nghiệm tiến hành ở một viện nghiên cứu của Nga chứng tỏ rằng tuổi bền của những mũi khoan này tăng tới hai lần so với mũi khoan quy chuẩn.

3) Cải tiến góc trước.

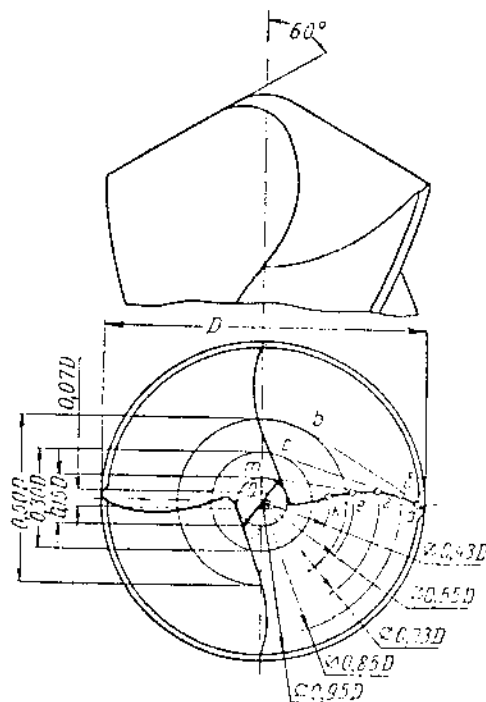
Cải tiến góc trước cũng có thể đạt được bằng cách mài vát mặt trước. Một trong những phương pháp đó như sau:

Mũi khoan chế tạo với góc ω lớn và có dạng rãnh thay đổi như trình bày trên hình 4.7 bằng đường đậm BPB' thay cho dạng rãnh thông thường (đường đứt APA').

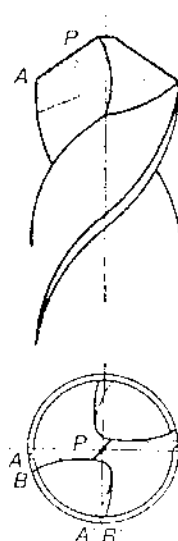
Để chế tạo rãnh đó cần có dao phay chuyên dùng. Để làm góc trước ở mọi điểm bằng nhau, mặt trước cần mài vát ở phía ngoài. Cần mài đoạn BP tới trùng với vị trí của phần thẳng AP (mặt gạch chéo). Góc trước giữ được trị số không đổi từ A đến P và chỉ từ điểm P mới bắt đầu giảm dần theo hướng vào lõi. Phương pháp này không thuận tiện bằng phương pháp thứ hai vì yêu cầu phải mài vát thêm mặt trước trong quá trình sử dụng.

4) Để làm giảm độ mòn có thể cắt cạnh vát nhỏ trên mặt trước dọc theo lưỡi cắt, ở vành ngoài cạnh vát có chiều rộng lớn nhất, bằng nửa lượng chạy dao sau một vòng quay của mũi khoan và giảm dần tới không theo hướng vào lõi.

Tất cả các phương pháp có liên quan tới sự thay đổi dạng mặt trước bằng cách mài vát đều mắc phải nhược điểm là trong quá trình sử dụng, sau một, hai hay ba lần mài mặt sau cần có nguyên công bổ sung (mài vát lại). Xét về mặt đó, phương pháp thứ hai là thuận tiện hơn cả.



Hình 4.6 Cải tiến góc trước bằng cách thay đổi dạng của lưỡi cắt theo hướng ngang.



Hình 4.7 Cải tiến góc trước bằng cách thay đổi mặt vát mặt trước.

Góc sau, α

Định nghĩa góc sau đã được giới thiệu ở trên. Trong mặt phẳng đo hoặc là mặt phẳng N-N (hình 4.3a) thẳng góc với lưỡi cắt là góc α_N hoặc là mặt O-O hướng dọc theo trục mũi khoan là góc α_0 .

Nếu bỏ qua chiều dày lõi mũi khoan, giữa α_N và α_0 có thể có quan hệ gần đúng như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \varphi$$

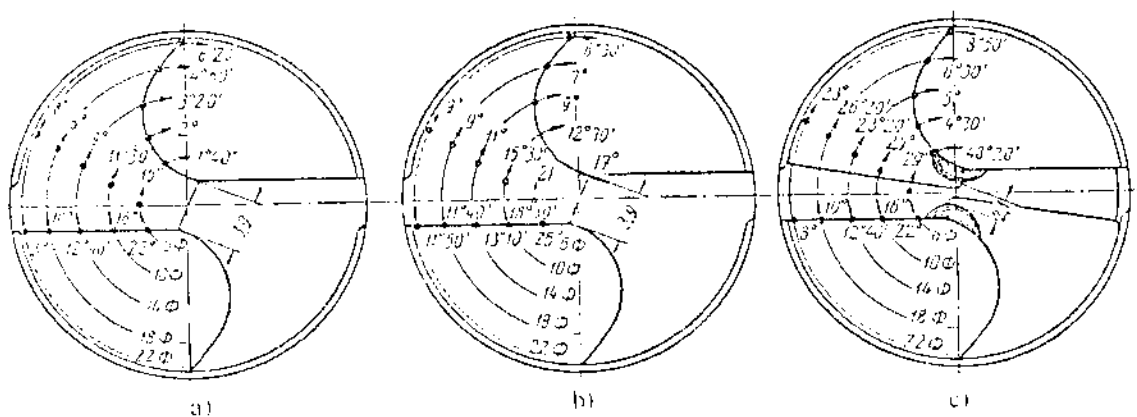
Để cho giá trị của góc sắc ít thay đổi trên suốt chiều dài lưỡi cắt, đồng thời để đảm bảo giá trị của góc sau trong quá trình cắt cần phải mài sao cho góc sau thay đổi dọc theo lưỡi cắt. Ứng với đường kính ngoài giá trị đo từ $8 \div 14''$ còn ở lõi từ $20 \div 25''$ tùy thuộc vào đường kính mũi khoan.

Để cho mũi khoan bền, đối với mũi khoan nhỏ cần làm góc nghiêng của lưỡi cắt ngang nhỏ hơn so với mũi khoan lớn, vì vậy góc sau ở vòng ngoài của mũi khoan nhỏ hơn so với mũi khoan lớn.

Bảng 4.5 Trị số góc sau α ở vòng ngoài và góc nghiêng φ của lưỡi cắt ngang.

Đường kính mũi khoan (mm)	Góc α (độ)	Góc φ (độ)	Đường kính mũi khoan (mm)	Góc α (độ)	Góc φ (độ)
2,0 ÷ 3,5	14	47	7,1 ÷ 11	9	50
3,5 ÷ 5	11	48	11,1 ÷ 18	8	52
5,1 ÷ 7	9	49	18,5 ÷ 80	8	55

Góc sau không những chỉ thay đổi dọc theo lưỡi cắt mà còn theo hướng dáng của bề mặt hót lưng (hình 4.8). Đối với mũi khoan mài theo mặt côn các góc đó thay đổi đủ nhiều và đạt đến các trị số nhỏ ở cuối mặt hót lưng.



Hình 4.8 Sự thay đổi của góc sau α ứng với các cách mài khác nhau.

Những trị số đó của góc sau làm tăng độ mòn của mũi khoan, đặc biệt khi gia công gang. Mũi khoan mài theo mặt xoắn vít làm cho góc sau thay đổi thoả đáng hơn (hình 4.8b). Tuy nhiên lưỡi cắt ngang của nó yếu đi rất nhiều và sinh ra những vết nứt

khí gia công vật liệu cứng cũng như khi tăng lượng chạy dao.

Có thể đạt được kết quả tốt đặc biệt khi gia công gang, nhờ cách mài mà đặc điểm của nó là sự tạo thành mặt sau trên lưỡi cắt theo mặt phẳng (hình 4.8c). Theo cách mài đó khi khoan gang có thể tăng tuổi bền mũi khoan lên 30% so với mũi khoan tiêu chuẩn.

Lưỡi cắt ngang là giao tuyến giữa hai mặt tạo thành khi mài sắc mũi khoan (hình 4.9). Nó được đặc trưng bởi một đoạn dài và bởi góc ψ gồm giữa trục đối xứng của mũi khoan và phương hình chiếu lưỡi cắt ngang trên mặt phẳng thẳng góc với trục mũi khoan. Lưỡi cắt ngang có dạng một đường cong không gian, nhưng hình chiếu của nó được quy ước là đường thẳng.

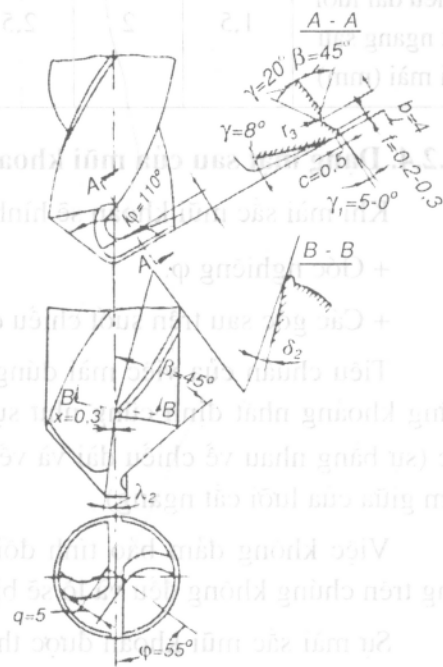
Lưỡi cắt ngang là một trong những yếu tố bất lợi của mũi khoan. Góc trước của lưỡi cắt ngang gần như không thay đổi, không phụ thuộc vào việc chọn góc nghiêng ω của rãnh xoắn, nghĩa là đối với tất cả các mũi khoan nó đều bất tiện như nhau trong quá trình cắt. Đối với những mũi khoan quy chuẩn khi $\varphi = 60^\circ$, $\omega = 30^\circ$, $2a = 0,15D$ thì góc $\gamma = -55^\circ 10'$ tại những điểm nối tiếp của lưỡi cắt và lưỡi cắt ngang và $\gamma = -57^\circ$ tại một điểm đi qua trục mũi khoan. Khi tăng góc ψ thì trị số tuyệt đối của góc trước tăng lên.

Vì có góc cắt lớn nên lưỡi cắt ngang không cắt mà chỉ nạo và đè nén vật liệu. Dựa vào các thí nghiệm, người ta thấy gần 65% lực chiều trục và gần 15% mômen xoắn bị tiêu hao do lưỡi cắt ngang sinh ra. Từ đó ta thấy chỉ cải tiến phần nào hình dạng lưỡi cắt ngang cũng đủ tạo điều kiện làm việc cho mũi khoan tốt hơn.

Cần phải lưu ý rằng góc ψ có liên quan mật thiết với góc sau ở vòng ngoài mũi khoan. Với cùng một góc ψ , ứng với một vị trí nhất định của bề mặt tạo thành mặt sau của mũi khoan ở cả hai mé có một vị trí hoàn toàn xác định của góc φ , do đó chiều dài của lưỡi cắt ngang. Quan hệ đó cho phép sử dụng góc ψ làm một trong những tiêu chuẩn đánh giá sự đúng đắn của việc mài mũi khoan.

Bảng 4.5 cho một số trị số góc ψ ứng với đường kính khác nhau phụ thuộc vào góc sau α và góc ngoài.

Ảnh hưởng xấu của lưỡi cắt ngang trong quá trình cắt có thể giảm đi bằng cách mài vát nó. Trong thực tế ta gặp những phương pháp mài vát khác nhau có tác dụng nâng cao một cách hiệu quả năng suất của mũi khoan cũng như tuổi bền của nó. Nguyên công này nhằm mục đích, một mặt cải tiến góc trước ở lưỡi cắt ngang và mặt khác làm cho lưỡi cắt ngang ngắn bớt lại. Mài vát đặc biệt cần thiết đối với những mũi



Hình 4.9 Mài vát lưỡi cắt ngang.

khoan bị mài ngắn đi. Ở đây lõi của chúng tăng rất nhiều do sự tăng bề dày lõi từ phần cắt tới phần cán (độ côn của lõi cũng như đối với mũi khoan có đường kính lớn). Nhờ mài vát, lực chiều trục giảm đi và cải thiện quá trình hình thành phoi. Hình 4.9 đề xuất một cách mài vát lưỡi cắt ngang. Phía bên trái và bên phải lưỡi cắt ngang cán cắt bỏ vật liệu để hình thành rãnh lõm. Các số liệu để mài vát cho trong bảng 4.6.

Khi mài vát như vậy, góc trước trong vùng lưỡi cắt ngang được cải thiện. Ưu điểm của cách mài vát này là ở chỗ: tùy theo yêu cầu cần thiết có thể làm ngắn hoặc để nguyên lưỡi cắt ngang, ngoài ra mài vát không làm yếu lưỡi cắt ngang. Kinh nghiệm chứng tỏ rằng mài vát kiểu này làm giảm lực chiều trục đến 35 ÷ 40%, mômen xoắn giảm 10% và cho phép nâng cao tốc độ cắt đến 45% (ví dụ, đối với mũi khoan có đường kính 22 mm, khi gia công thép crôm niken có $\sigma_p = 55 \text{ kG/mm}^2$).

Hình 4.9 trình bày kiểu mài vát mũi khoan áp dụng ở nhà máy chế tạo ô tô Goocki.

Một phương pháp khác nhằm cải tiến mũi khoan là: trên đỉnh mũi khoan xẻ rãnh thẳng góc với hướng lưỡi cắt. Xẻ rãnh bằng đá mài có chiều rộng 1,5 ÷ 2,5 mm tùy theo kích thước mũi khoan.

Bảng 4.6 Số liệu mài vát mũi khoan.

Đường kính mũi khoan (mm)	12÷15	15÷20	20÷25	25÷30	30÷40	40÷50	50÷60	60÷70	70÷80
Chiều dài đoạn vát (mm)	3	4	5	6	7	9	11	13	15
Chiều dài lưỡi cắt ngang sau khi mài (mm)	1,5	2	2,5	3	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5

4.1.2.4. Dạng mặt sau của mũi khoan

Khi mài sắc mũi khoan sẽ hình thành những yếu tố hình học sau đây:

- + Góc nghiêng φ .
- + Các góc sau trên suốt chiều dài lưỡi cắt.

Tiêu chuẩn của việc mài đúng là sự đảm bảo những trị số của các góc đó trong những khoảng nhất định cũng như sự đối xứng về vị trí của những lưỡi cắt theo chiều trục (sự bằng nhau về chiều dài và về các góc φ của hai lưỡi cắt, trục mũi khoan đi qua điểm giữa của lưỡi cắt ngang).

Việc không đảm bảo tính đối xứng của các lưỡi cắt sẽ dẫn tới sự phân bố tải trọng trên chúng không đều và lỗ sẽ bị rộng.

Sự mài sắc mũi khoan được thực hiện do chuyển động tương đối giữa đá mài và mũi khoan nhờ kết cấu động học của máy tạo thành.

Mặt sau là một hình bao của những vị trí lần lượt tiếp xúc với mũi khoan của mặt phẳng đá mài tương đối với mũi khoan đó.

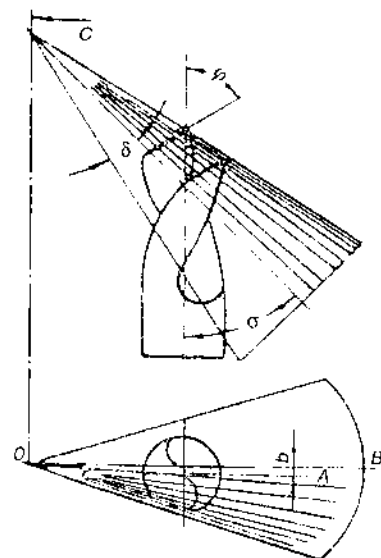
Trong thực tế ta gặp một số phương pháp mài sắc như sau:

1. Theo mặt côn.
2. Theo mặt trục.
3. Theo mặt xoắn vít.
4. Theo hai mặt phẳng.

Hãy xét phương pháp thứ nhất làm ví dụ.

Phương pháp này dùng phổ biến hơn cả trong công nghiệp. Mặt sau của mũi khoan là một phần của mặt côn với góc côn δ (hình 4.10) mặt côn này trong thực tế không tồn tại, vì được hình thành nhờ động học và kết cấu máy.

Trục của mặt côn tương đương làm với trục mũi khoan một góc σ và cách trục này một khoảng a . Trên hình chiếu bằng trục OB (của mặt côn) song song với trục mũi khoan OA . Những trục này cách nhau một khoảng b . Các góc δ , σ và các khoảng cách a , b có thể có những trị số khác nhau tùy kiểu máy và các thông số hình học của phần cắt mũi khoan. Những trị số phổ biến là: góc $\delta = 13^\circ \div 15^\circ$; $\sigma = 45^\circ$ hoặc 20° ; $a = (1,8 \div 1,9)D$; $b = (0,07 \div 0,05)D$. Trong đó D là đường kính mũi khoan.



Hình 4.10 Mài mặt sau mũi khoan theo sơ đồ mặt côn.

Theo phương pháp thứ hai thì mặt sau của mũi khoan là một phần của mặt trụ tương đương, trục của nó làm với trục mũi khoan một góc nghiêng chính φ . Trên hình chiếu bằng, trục của hình trụ và của mũi khoan cũng cách nhau một khoảng.

Mài mặt sau mũi khoan theo mặt xoắn vít có thể thực hiện bởi mặt côn hoặc đầu của đá mài. Trong trường hợp thứ nhất, mặt sau mũi khoan được tạo thành theo mặt xoắn vít không khai triển được, còn trường hợp thứ hai theo mặt vít thân khai. Ưu điểm của phương pháp ba là sự liên tục của quá trình mài, cho phép thực hiện trên các máy mài theo chu kỳ tự động.

Phương pháp thứ tư dựa trên sự hình thành mặt sau theo hai mặt phẳng. Cách mài này đơn giản về mặt công nghệ, thiết bị và đảm bảo được kết quả tốt. Nó đặc biệt nên dùng đối với những mũi khoan có gán mảnh hợp kim cứng.

4.1.2.5. Dạng rãnh

Có các yêu cầu sau đối với dạng rãnh mũi khoan:

- a) Độ bền của mũi khoan.
- b) Sự phân bố hợp lý kim loại trên toàn tiết diện để tránh bị nứt khi nhiệt luyện.
- c) Đủ không gian để chứa phoi.

d) Sự hình thành đúng đắn của phoi trên lưỡi cắt và thoát phoi ra khỏi rãnh dễ dàng.

Những yếu tố cơ bản của dạng rãnh là chiều dày lưỡi, chiều rộng rãnh, dạng lưỡi cắt, các đường cong nối tiếp.

Đường kính lưỡi d_0 chọn tùy theo kích thước mũi khoan. Để nhằm mục đích nâng cao độ bền, đường kính lưỡi của mũi khoan nhỏ quy định tương đối lớn, cụ thể là: đối với mũi khoan có đường $D = 0,25 \div 1,25$ mm thì đường kính lưỡi $d_0 = (0,28 \div 0,2)D$; với $D = 1,5 \div 12$ mm thì $d_0 = (0,19 \div 0,15)D$ và $D = 13 \div 80$ mm thì $d_0 = (0,145 \div 0,125)D$.

Để nâng cao độ bền của mũi khoan, người ta làm đường kính lưỡi tăng dần về phía chuôi. Đối với mũi khoan làm bằng thép cacbon dụng cụ; lượng tăng của chiều dày bằng $1,4 \div 1,5$ mm còn đối với mũi khoan bằng thép gió $1,6 \div 1,8$ mm trên mỗi đoạn chiều dài 100 mm. Chiều rộng của rãnh thường lấy bằng chiều rộng của me. Tuy nhiên đối với mũi khoan bằng thép gió, chọn chiều rộng rãnh lớn hơn chiều rộng của me một chút là hợp lý (ví dụ, lớn hơn một lượng bằng $1/128$ chu vi vòng ngoài của mũi khoan). Lưỡi cắt của mũi khoan tiêu chuẩn có dạng thẳng để dễ kiểm tra sự đúng đắn khi mài mũi khoan.

Để tránh nứt khi nhiệt luyện cũng như để thoát phoi được dễ dàng, profin của rãnh cần có những cung lượn đều đặn nối liền các đường cong kế tiếp.

4.1.2.6 Cạnh viên

Để giảm bớt ma sát giữa mũi khoan với mặt gia công và để giảm bớt nhiệt sinh ra, ta hớt me trên suốt chiều dài và chỉ để lại cạnh viên nhỏ ở lưỡi cắt. Cạnh viên chủ yếu để định hướng mũi khoan trong quá trình cắt và nó cũng đóng vai trò lưỡi cắt dù chỉ trên chiều dài bằng 0,5 lượng chạy dao. Chiều rộng của cạnh viên phải nhỏ nhất vì nếu không sẽ xuất hiện ma sát giữa cạnh viên với bề mặt gia công (trong phạm vi $0,2 \div 2$ mm đối với mũi khoan có đường kính từ $1 \div 50$ mm).

Đoạn chuyển tiếp giữa lưỡi cắt và phần sửa đúng là chỗ làm việc nhiều nhất vì tốc độ cắt ở vòng ngoài là lớn nhất và nhiệt sinh ra ở đó trong quá trình cắt cũng lớn nhất.

Đoạn chuyển tiếp là chỗ yếu nhất thường không đảm bảo thoát nhiệt tốt, vì vậy ở đó thường bị dính những mảnh nhỏ của vật liệu gia công do nóng chảy ở nhiệt độ cao. Do đó ma sát càng tăng và nhiệt sinh ra càng nhiều. Điều đó dẫn tới sự mòn nhanh và đoạn chuyển tiếp bị phá hoại.

Mũi khoan có đường kính $0,25 \div 0,5$ mm không làm cạnh viên. Để giảm ảnh hưởng xấu của cạnh viên trong quá trình khoan, nên hớt lưng nó ở phần cắt trên chiều dài $1,5 \div 4$ mm đối với mũi khoan đường kính $12 \div 80$ mm. Hớt lưng tiến hành theo góc $\alpha_1 = 6 \div 8^\circ$ và để lại một vát nhỏ trong khoảng $0,1 \div 0,3$ mm (xem hình 4.9, mặt cắt BB).

Mài đường kính ngoài mũi khoan thực hiện với độ sai lệch về phía âm so với kích thước danh nghĩa trong khoảng từ $-0,015$ tới $-0,074$ đối với kích thước mũi khoan từ $0,5 \div 80$ mm. Cả hai cạnh viên phải cùng nằm trên cùng một mặt tròn xoay có trục trùng với trục mũi khoan.

Độ sai lệch kép (về cả hai phía) của độ trùng trục (độ đảo) cho phép đối với các mũi khoan như sau:

- Với chuôi trụ đường kính $3 \div 20$ mm là 0,08 mm.
- Với chuôi côn đường kính tới 20 mm là 0,12 mm.
- Với chuôi côn đường kính $20 \div 50$ mm là 0,15 mm.
- Với chuôi côn đường kính lớn hơn 50 mm là 0,18 mm.

Độ đảo được kiểm tra ở chỗ bắt đầu phần sửa đúng khi đã kẹp phần chuôi.

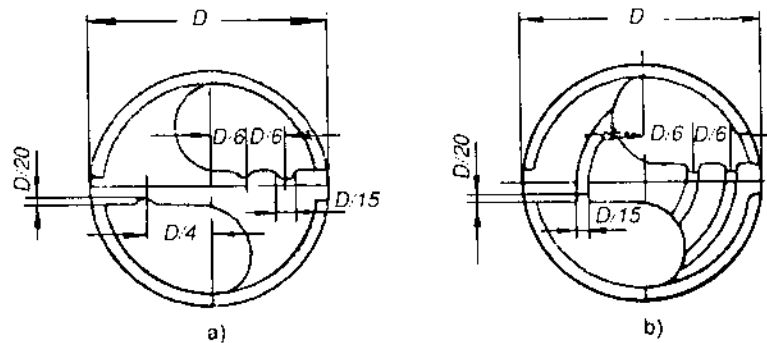
Để giảm nhẹ công việc cắt (giảm ma sát và nhiệt), người ta chế tạo mũi khoan có kích thước phần sửa đúng giảm dần độ côn ngược trên phần sửa đúng của mũi khoan, nghĩa là đường kính mũi khoan ở phần chuôi nhỏ hơn ở phần cắt. Độ côn ngược đó đối với mũi khoan đóng vai trò như góc nghiêng phụ của dao tiện, dao phay và các dụng cụ khác. Độ côn trên mỗi 100 mm chiều dài lấy theo tiêu chuẩn trong phạm vi sau:

Đường kính mũi khoan, mm:	$1 \div 6$	$6 \div 18$	lớn hơn 18
Độ côn ngược:	$0,03 \div 0,08$	$0,04 \div 0,1$	$0,05 \div 0,12$

Đối với mũi khoan chuôi trụ, độ côn đó có thể làm trên suốt chiều dài mũi khoan, điều đó quan trọng đối với đường kính dao khi mài vô tâm.

Trong quá trình sử dụng, độ côn thường bị mất do cạnh viền bị mòn quá nhiều. Điều đó xảy ra đặc biệt đối với mũi khoan bằng thép cacbon, thép hợp kim hoặc thép gió có thành phần hợp kim ít.

Để tránh bị tiếp xúc mài mòn mãnh liệt hơn nữa và làm kẹt mũi khoan trong lỗ, cần phải làm lại độ côn bằng cách mài mũi khoan theo đường kính ngoài.



Hình 4.11 Kết cấu bề phoi trên lưỡi cắt mũi khoan.

Đường kính bị nhỏ đi do việc tạo ra độ côn ngược ở

các lần mài sắc tiếp theo sau không có ảnh hưởng gì quan trọng đối với kích thước của lỗ vì có độ đảo của mũi khoan làm tăng kích thước mũi khoan.

4.1.2.7 Kết cấu bề phoi

Để giảm nhẹ công việc cắt đặc biệt khi làm công việc nặng, ví dụ, khi khoan lỗ sâu với đường kính mũi khoan từ 12 mm trở lên, nên làm các rãnh bề phoi (hình 4.11a). Những rãnh này chia phoi nhỏ ra, làm thoát phoi ra khỏi rãnh được dễ dàng, làm giảm nhiệt sinh ra và cho phép nâng cao chế độ cắt mà không làm giảm tuổi bền mũi khoan.

Rãnh bẻ phoi được chế tạo trên mặt trước dọc theo toàn bộ phần cắt của mũi khoan. Để tránh bỏ sót lại những gờ trên bề mặt gia công, các rãnh đó trên hai lưỡi cắt phải nằm lệch nhau. Rãnh bẻ phoi làm theo góc $4 \div 8^\circ$ tùy thuộc vào góc nghiêng của rãnh xoắn và đường kính mũi khoan (các đường xoắn của rãnh mũi khoan và rãnh bẻ phoi không được trùng nhau).

Để tránh cho phoi khỏi bị kẹt rãnh bẻ phoi có dạng hình bán nguyệt.

Một kết cấu bẻ phoi khác (hình 4.11b) đặt trên mặt sau. Kết cấu này nên dùng đối với mũi khoan nhỏ và khi gia công vật liệu dẻo. Người ta tạo rãnh bẻ phoi bằng đá mài trên máy mài dụng cụ.

4.1.3. Các kiểu mũi khoan

4.1.3.1. Mũi khoan được làm nguội từ phía trong.

Để nâng cao năng suất và tuổi bền của mũi khoan rãnh xoắn cần dùng phương pháp dẫn dung dịch làm nguội trực tiếp tới vùng cắt. Dung dịch làm nguội được đưa vào dưới áp suất không nhỏ hơn $12 \div 15 \text{ atm}$ và với khối lượng không nhỏ hơn 12 l/ph . Nhờ làm lạnh nhiều mà một lượng lớn nhiệt thoát ra khỏi vùng cắt làm giảm nhiệt độ cắt và cho phép nâng cao tốc độ cắt tới 40% khi khoan bằng mũi khoan thép gió. Sự truyền dẫn dung dịch trơn nguội vào vùng cắt làm cho phoi khỏi bị tắc và không đọng lại ở rãnh mũi khoan. Phoi thép dưới tác dụng của dòng chất lỏng mạnh và ổn định sẽ bị vỡ ra từng phần và thoát ra khỏi rãnh một cách tự do. Để dẫn dung dịch làm nguội theo phía trong, trên phần ngoài của mỗi me phay một rãnh xoắn và gắn vào đó một ống bằng đồng hoặc bằng đồng thau. Dung dịch được dẫn theo lỗ ở phần chuôi hoặc cổ mũi khoan vào ống.

Liên Xô trước đây đã nghiên cứu thành công một kết cấu mới của mũi khoan, trong đó lỗ trên me nhận được bằng cách cán và xoắn. Trên phôi hình trụ khoan hai lỗ trong đó đặt hai ống bằng hợp kim có nhiệt độ chảy thấp hơn nhiệt độ tôi của thép gió (sắt, photpho, đồng...) hoặc đổ đầy cát mịn và khô vào lỗ. Sau khi hàn tiếp xúc phần cắt bằng thép gió và phần chuôi bằng thép ít cacbon, tiến hành cán và xoắn mũi khoan. Vì hai lỗ khoan trước đã bị lấp kín nên không bị kim loại lấp đầy khi cán và xoắn mà chỉ bị thay đổi hình dạng (theo dạng tam giác). Khi đốt nóng lúc tôi, các chất trong lỗ sẽ chảy hoặc rơi ra khỏi lỗ. Mũi khoan có những lỗ như vậy đảm bảo dẫn chất làm nguội vào vùng cắt đạt kết quả tốt, làm tăng tuổi bền lên vài lần so với mũi khoan tiêu chuẩn.

4.1.3.2. Mũi khoan gắn mảnh hợp kim cứng

Mũi khoan gắn mảnh hợp kim cứng được dùng rất phổ biến để gia công gang. Nó đảm bảo nâng cao năng suất tới hai lần so với mũi khoan bằng thép gió. Tính chất cơ lý của hợp kim cứng yêu cầu phải tạo điều kiện làm việc cho hệ thống máy - dao - đồ gá - chi tiết có độ cứng vững và độ chống rung cần thiết. Nếu không tuân theo những điều kiện đó thì mảnh hợp kim cứng sẽ bị mẻ hoặc bị bật ra khỏi rãnh của thân dao. Để nâng cao độ cứng vững và chống rung của thân dao, một là làm lõi lớn tới 0,25 đường kính mũi khoan, hai là chiều dài phần làm việc của mũi khoan phải lấy nhỏ hơn khá nhiều so với chiều dài mũi khoan thép gió. Ví dụ, đối với mũi khoan làm việc không có bạc dẫn:

$$l_0 = l + (1,5 \div 2)d$$

Trong đó: l_0 - chiều dài phần làm việc.

l - chiều sâu khoan.

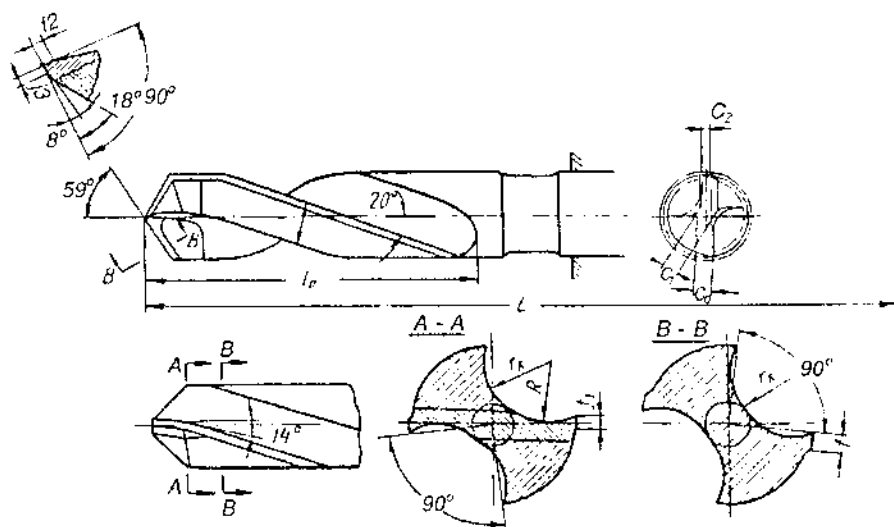
$(1,5 \div 2)d$ - đoạn dự trữ để mài sắc lại mũi khoan.

Sự giảm chiều dài mũi khoan (tới $20 \div 35\%$) cũng còn do lượng dự trữ để mài sắc lại mũi khoan chỉ giới hạn trong phạm vi chiều dài mảnh hợp kim. Khi làm việc có bạc dẫn, chiều dài mũi khoan gắn hợp kim cứng cũng lấy như đối với mũi khoan bằng thép gió.

Đường kính lõi tăng dần theo hướng chuôi dao cũng nằm trong phạm vi như đối với mũi khoan thép gió ($1,4 \div 1,8$ mm trên 100 mm chiều dài).

Hình 4.12 giới thiệu các thông số hình học của phần cắt mũi khoan dùng để gia công gang.

Góc nghiêng của rãnh xoắn lấy bằng 20° , mảnh hợp kim cứng cũng nghiêng đối với trục một góc 6° , góc sau ở vòng ngoài trên mảnh dao là $10 \div 12^\circ$. Còn trên thân là $18 \div 20^\circ$. Góc ở



Hình 4.12 Mũi khoan gắn mảnh hợp kim cứng.

đỉnh là $118 \div 120^\circ$, góc ở cạnh chuyển tiếp bằng 75° trên chiều dài 0,2 đường kính mũi khoan. Độ côn ngược ở phần sửa đúng có ý nghĩa quan trọng đối với khả năng làm việc của mũi khoan. Nó được quy định theo chiều dài của mảnh hợp kim đường kính mũi khoan như sau:

Đường kính mũi khoan, mm:	$10 \div 15''$	$15 \div 25$	Lớn hơn 25
Độ côn ngược, mm:	$0,03 \div 0,05$	$0,05 \div 0,08$	$0,08 \div 0,12$

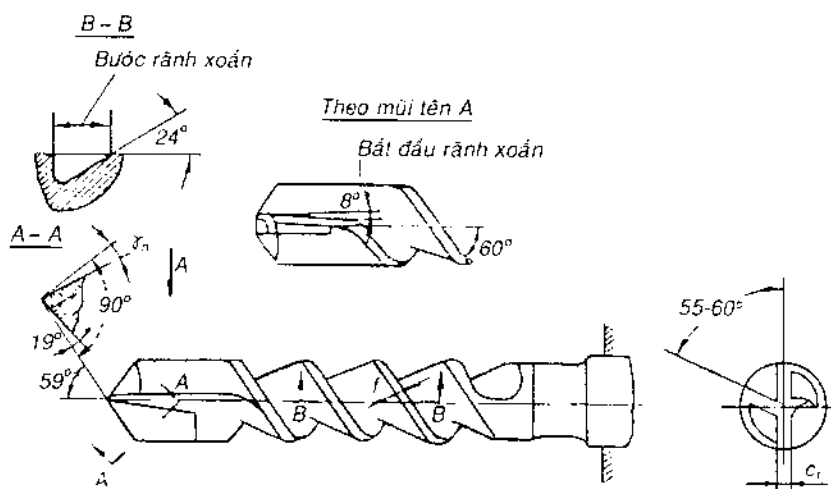
Những trị số trên cho thấy độ côn ở đây khá lớn so với mũi khoan thép gió. Nếu độ côn không đủ sẽ làm cho mũi khoan bị kẹt trong lỗ và làm gãy mảnh hợp kim.

Thân dao có dạng hình trụ với đường kính bé hơn $0,2 \div 0,3$ mm so với đường kính nhỏ nhất của mũi khoan ở cuối mảnh hợp kim. Nếu lấy trị số này lớn quá có thể làm phoi bị kẹt vào giữa thân mũi khoan và bề mặt của lỗ.

Để làm giảm lực chiều trục và tải trọng trên thân dao, cần mài vát lưỡi cắt ngang của mũi khoan hợp kim cứng tới kích thước trong khoảng $1,8 \div 3,5$ mm tùy theo đường kính mũi khoan.

Góc nghiêng của rãnh xoắn trên thân dao lấy bằng 20° khi gia công lỗ không sâu (không lớn hơn 2,5 lần đường kính). Đối với mũi khoan dùng để gia công những lỗ sâu hơn thì nên tăng góc nghiêng tới 60° . Trong trường hợp này phần sửa đúng đóng vai trò máng dẫn phoi (hình 4.13).

Để nâng cao độ cứng vững và độ chống rung cần đảm bảo chặt dung sai trên phần đuôi côn. Nếu lắp không tốt phần côn của mũi khoan vào lỗ trục chính của máy thì mảnh hợp kim dễ bị mẻ hoặc gãy.



Hình 4.13 Mũi khoan với góc nghiêng của rãnh xoắn lớn.

Phần làm việc của thân cần phải qua nhiệt luyện đạt độ cứng HRC $56 \div 62$. Thông thường, nguyên công này tiến hành cùng một lúc với việc gắn mảnh hợp kim. Mảnh dao làm bằng hợp kim cứng nhãn hiệu BK8 và những nhãn hiệu khác trong nhóm BK.

Những phương án kết cấu khác của mũi khoan dùng để gia công thép hiện nay chưa đạt kết quả tốt do hiệu quả của nó thấp và không kinh tế.

Khi gia công thép 45, mũi khoan gắn hợp kim cứng không thể làm việc với lượng chạy dao lớn như tính toán cho mũi khoan thép gió vì độ bền của hợp kim cứng thấp và thân dao yếu do phải xẻ rãnh để gắn mảnh dao. Khuyết điểm đó có thể bù đắp được vì hàng loạt nguyên nhân do dao cũng như do máy quyết định.

Giá thành cao của mũi khoan hợp kim cứng, số lần mài sắc lại cho phép không lớn so với mũi khoan thép gió, chất lượng không ổn định, mũi khoan thường bị gãy, v...v. làm cản trở việc sử dụng những mũi khoan hợp kim cứng trong công nghiệp. Những mũi khoan gắn hợp kim cứng để khoan thép chỉ có thể sánh với mũi khoan thép gió khi làm việc ở tốc độ cao (>120 m/ph) mà không xảy ra sự cố bất ngờ.

Mũi khoan để gia công thép 45 và 40X cũng có kích thước như mũi khoan để gia công gang. Chúng có những chỗ khác nhau là: góc nghiêng của rãnh xoắn trên dao lấy bằng 14° , góc trước trên cạnh vát chiều rộng $0,8 \div 1,0$ mm bằng 0° , góc sau trên cạnh vát chiều rộng $1 \div 1,2$ mm bằng 8° . Để đặt mảnh hợp kim, người ta xẻ rãnh và do đó làm

thân dao bị yếu nhất là đối với những mũi khoan nhỏ. Để làm tăng độ bền, nên uốn lại me cắt ở phần đầu (uốn trong trạng thái nóng) để tạo ra mặt trước có góc nghiêng nhỏ từ $5 \div 10^\circ$. Hình dạng rãnh đóng một vai trò lớn trong công tác của mũi khoan. Khi khoan với tốc độ cao, một khối lượng lớn phoi thoát ra khỏi lỗ rất nhanh. Nếu dạng rãnh không đúng phoi sẽ bị ép lại và không tránh khỏi gây ra sự cố.

Thực nghiệm đã chứng tỏ rằng, đối với những mũi khoan để gia công thép, hình dạng rãnh thông thường dùng không thích hợp vì những điều kiện làm việc đặc biệt của mũi khoan.

Rãnh cần được đánh bóng cẩn thận, làm sâu hơn và có chỗ lượn tốt hơn để phoi thoát ra dịch chuyển được dễ dàng.

Khoan thép với tốc độ nhanh đạt kết quả tốt hơn nếu dùng nhiều dung dịch trơn nguội (không ít hơn $12 \div 15$ lít/phút) và áp suất lớn (không ít hơn $12 \div 15$ atm).

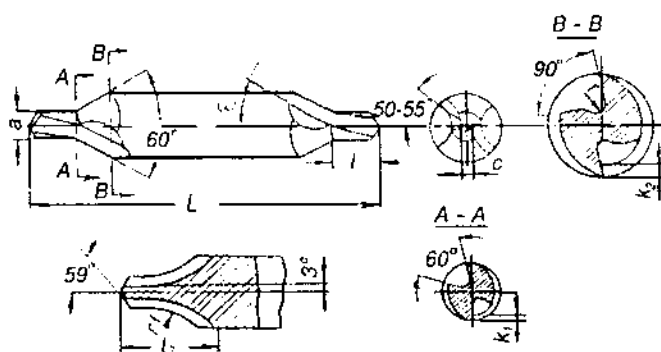
Để tạo lỗ ở mặt đầu, người ta dùng mũi khoan tâm.

Có 3 loại mũi khoan tâm:

- + Loại đơn giản;
- + Loại tổ hợp;
- + Loại tổ hợp có côn bảo vệ.

Về mặt kết cấu, mũi khoan tâm loại đơn giản không khác với mũi khoan rãnh xoắn.

Mũi khoan tâm tổ hợp (hình 4.14) có phần cắt cả 2 đầu để tận dụng được vật liệu. Rãnh làm hoặc thẳng hoặc nghiêng (đôi khi là rãnh xoắn) với góc nghiêng $\omega = 5 \div 8^\circ$.



Hình 4.14. Mũi khoan tâm tổ hợp.

Góc ở đỉnh của phần cắt $\varphi = 50 \div 60^\circ$, góc của lưỡi cắt ngang $\psi = 50 \div 55^\circ$. Độ côn lấy $0,05 \div 0,10$ trên suốt chiều dài mũi khoan. Chiều dày lõi $d_0 = (0,25 \div 17)D$ và tăng dần về phía chuôi theo góc 3° . Góc trước $\gamma = 5 \div 6^\circ$. Việc mài sắc mũi khoan tổ hợp thực hiện giống như mũi khoan rãnh xoắn. Góc sau α ở vòng ngoài cùng của phần cắt bằng 8° , phần sửa đúng và phần côn được hớt lưng không để lại cạnh viền.

Để hớt lưng được đều và để tránh ma sát giữa bề mặt gia công với phần chuyển tiếp (từ phần trụ tới phần côn), người ta thực hiện hớt lưng tiếp theo góc nghiêng $10 \div 12^\circ$ so với trục mũi khoan.

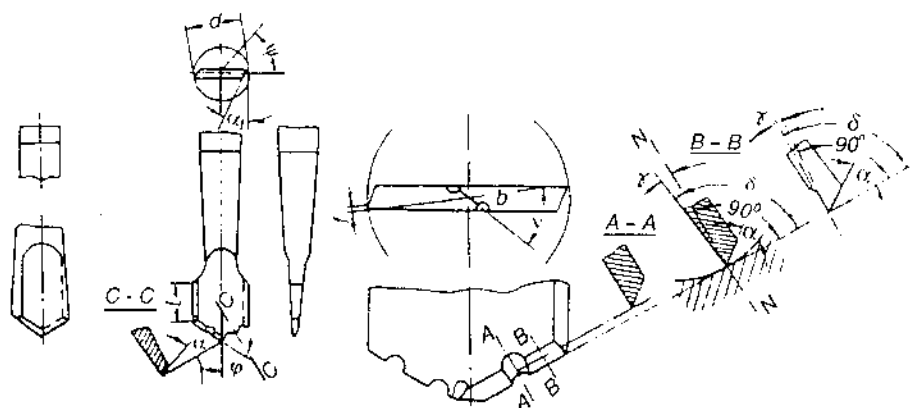
Cam hớt lưng được tính toán với điều kiện nhận được góc sau không lớn hơn $2^\circ \div 2^\circ 30'$.

Bán kính lượn của rãnh (đường thoát dao phay) $R = 10 \div 23 \text{ mm}$. Bán kính đáy rãnh $\rho = 0,2 \div 1,3 \text{ mm}$. Phần côn làm theo góc 60° , góc côn bảo vệ bằng 120° . Nhiệm vụ của nó là bảo vệ cho mũi tâm khỏi bị va đập và bị bẩn.

Chỗ yếu nhất của mũi khoan tâm là đoạn chuyển tiếp từ phần trụ tới phần côn. Để tăng sức bền nên làm phần chuyển tiếp có bán kính lượn $0,5 \div 1,0 \text{ mm}$ hoặc làm một vành nổi. Vành cũng có tác dụng giữ dầu trong mũi tâm nhờ tạo ra rãnh lõm trên chi tiết.

4.1.3.3 Mũi khoan dẹt

Phần cắt của những mũi khoan này có dạng tấm, trên đó có những yếu tố cắt (hình 4.15). Loại này được dùng trong những trường hợp yêu cầu dụng cụ cắt cứng vững, ví dụ, khi gia công vật rèn hoặc đúc có độ cứng lớn, cũng như dùng cho những lỗ có bậc và lỗ định hình. Đối với đường kính lớn, mũi khoan dẹt thường làm lắp phần cắt vào chuôi riêng.



Hình 4.15 Mũi khoan dẹt.

Góc ở đỉnh φ chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công. Đối với mũi khoan thông dụng, $\varphi = 59 \div 60^\circ$. Góc của lưỡi cắt ngang ψ phụ thuộc vào trị số các góc φ và α đã chọn, thông thường $\psi = 55^\circ$. Để giảm ma sát, nên làm phần sửa đúng có góc bên sườn $\varphi_1 = 5 \div 8^\circ$ và độ côn trong khoảng $0,05 \div 0,1 \text{ mm}$ trên suốt chiều dài mũi khoan. Để khoan được dễ dàng, trên lưỡi cắt nên làm rãnh bẻ phoi (hình 4.15). Những rãnh này đặt không đối xứng so với trục mũi khoan và có mài mặt sau. Chiều rộng của rãnh $2 \div 3 \text{ mm}$, khoảng cách giữa chúng $8 \div 12 \text{ mm}$. Càng xa phần cắt rãnh càng cần mở rộng ra. Mặt trước của mũi khoan nhô ra phía trước so với đường pháp tuyến NN, và góc trước có trị số âm. Vì vậy, mũi khoan dẹt làm việc trong điều kiện khó khăn hơn so với mũi khoan rãnh xoắn. Để cải thiện quá trình cắt, trên mặt trước có làm rãnh lõm. Như thế góc γ sẽ lớn hơn hay bằng không. Nếu rãnh lõm sâu, lưỡi cắt bị yếu và độ bền của mũi khoan giảm xuống. Góc sau α chọn trong khoảng $10 \div 20^\circ$. Đối với vật liệu dẻo và mềm, nên lấy trị số α lớn hơn so với vật liệu giòn và cứng.

4.1.3.4 Mũi khoan sâu

Mũi khoan để khoan lỗ có chiều sâu lớn hơn 5 lần đường kính trở lên ta gọi là

mũi khoan sâu.

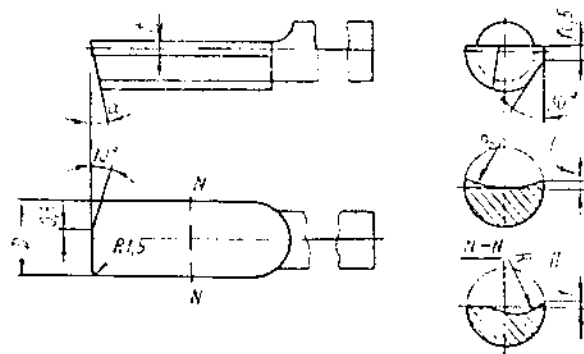
Mũi khoan sâu dùng để khoan lỗ đặc và khoan theo vành. Khoan vành nghĩa là không phải toàn bộ kim loại trong lỗ đều biến thành phoi. Ở trong tâm của phoi còn lại một thanh tròn; tùy theo kích thước của nó, thanh tròn được lấy ra nhờ bẻ gãy hoặc xén mặt.

Việc gia công tiến hành trên máy tiện - khoan, thường là phôi quay và dao không quay mà dịch chuyển tịnh tiến, đôi khi cả phôi và dao đều quay. Khi khoan sâu, cần đạt những yêu cầu sau đây:

Độ thẳng của trục lỗ, độ đồng tâm của lỗ đối với mặt ngoài, độ trụ của lỗ trên suốt chiều dài, độ nhẵn và độ chính xác gia công (trong khoảng cấp chính xác 2 ÷ 3). Mũi khoan có khoảng đường kính rất rộng từ 6 ÷ 400 mm. Trong thực tế, thường gặp những kết cấu mũi khoan khác nhau tùy theo kích thước và các yêu cầu kỹ thuật đối với chi tiết gia công.

Hình 4.16 trình bày mũi khoan có dạng tròn cắt vát đi khoảng 1/2 đường kính. Để khỏi bị tắc, mặt trước làm cao hơn tâm một khoảng $f = 0,2 \div 0,5$ mm tùy theo kích thước mũi khoan. Lưỡi cắt chính thẳng góc với trục mũi khoan, còn lưỡi cắt phụ vát đi theo góc 10° . Chỗ bắt đầu bị vát ở lưỡi phụ nằm cách trục mũi khoan một đoạn 0,5 mm. Đỉnh lưỡi cắt có bán kính lượn bằng $1 \div 1,5$ mm. Dọc theo toàn bộ chiều dài phần công tác có làm cạnh vát theo góc $15 \div 30^\circ$. Góc sau bằng $8 \div 10^\circ$. Độ côn của mũi khoan lấy trong khoảng $0,03 \div 0,05$ mm trên 100 mm chiều dài. Đôi khi trên mặt trước mũi khoan có làm rãnh lõm (tiết diện N-N).

Theo tính chất làm việc, mũi khoan này giống như dao tiện lỗ, vì vậy khi khoan cần có bạc dẫn hoặc dùng khi chi tiết có lỗ khoan sơ bộ trước để đảm bảo đủ bề mặt tựa. Mũi khoan làm việc trong điều kiện khó khăn vì có góc cắt lớn (90°), thoát phoi và dẫn dung dịch làm nguội gặp khó khăn. Mũi khoan cũng có khuyết điểm là không đảm bảo được trục hình dọc của lỗ do dụng cụ bị xiên.



Hình 4.16 Mũi khoan sâu có thân vát theo hướng dọc.

Hình 4.17 trình bày mũi khoan gồm 2 phần:

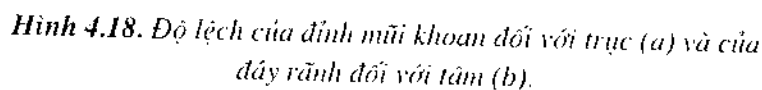
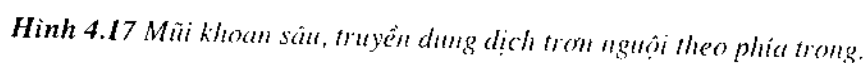
- + Phần làm việc bằng thép gió, chiều dài 60 ÷ 150 mm và phần kẹp chặt bằng thép cacbon, phần này là một ống dài có rãnh thông suốt, ở cuối ống có bạc để kẹp mũi khoan vào mâm cặp.

- + Phần làm việc có lỗ tròn hoặc lỗ theo dạng lưỡi liềm (với góc $130 \div 140^\circ$) để dẫn dung dịch làm nguội tới lưỡi cắt. Dung dịch sẽ cùng với phoi thoát ra theo rãnh. Góc

Nếu giảm góc θ , độ cứng vững của kẹp dao và áp suất của dung dịch đi vào sẽ tăng lên, nhưng ma sát của phoi vào thành tăng lên và xuất hiện nguy cơ phoi bị kẹt trong rãnh. Góc θ nên lấy trong khoảng $100^\circ \div 120^\circ$.

Đề đình

trong quá trình cắt. Độ lệch có ảnh hưởng lớn đến công tác của mũi khoan (sự xiên của mũi khoan, tuổi bền của nó, chất lượng bề mặt gia công, v...v.). Độ lệch đó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố liên quan tới kết cấu và sự mài sắc mũi khoan, cũng như phụ thuộc vào tính chất vật liệu gia công. Thường



Trong những điều kiện đó, phần sữa đúng có cạnh vát f sẽ chịu áp lực nhỏ nhất, vì thành phần lực cắt tác dụng thẳng góc với trục mũi khoan lên lưỡi cắt N sẽ lớn hơn lên lưỡi cắt W ($P_N > P_W$).

Cạnh sửa đúng không có khả năng ăn sâu vào kim loại mà chỉ cắt những chỗ gờ còn sót lại. Điều đó gây ra độ xiên của mũi khoan và làm rộng lỗ cũng như nâng cao tuổi bền của mũi khoan.

Mặt trụ của thân mũi khoan hoặc cạnh vát dẫn hướng sẽ tiếp nhận áp lực lớn hơn chút ít trên cạnh vát đối diện f .

Để giảm ma sát, trên phần làm việc của mũi khoan làm độ côn khoảng $0,1 \div 0,3$ mm trên 100 mm chiều dài đối với mũi khoan có đường kính từ 5 tới 40 mm. Để giảm bề mặt tiếp xúc và tăng hiệu quả của dung dịch làm nguội, làm mát vát và để lại cạnh viền có chiều rộng nhỏ. Cạnh viền f để làm bóng và sửa đúng lỗ, chọn trong khoảng $0,4 \div 0,6$ mm. Khi trị số f lớn, mũi khoan dễ bị kẹt. Đối diện với cạnh viền f nhất thiết phải có mặt tựa hình trụ. Các cạnh viền còn lại dùng để định hướng, kích thước của chúng chọn theo kết cấu có tính đến chiều rộng cạnh vát. Chiều sâu của cạnh vát thường lấy $0,15 \div 0,25$ mm.

Đáy rãnh căn bố trí thấp hơn tâm (một đoạn $h = 0,05 \div 0,18$ mm), nếu không mũi khoan sẽ không làm việc được và có thể bị đẩy ra hoặc bị gãy. Nếu bố trí đỉnh nằm thấp hơn tâm thì khoan sẽ có lỗi còn lại trong lỗ (hình 4.18).

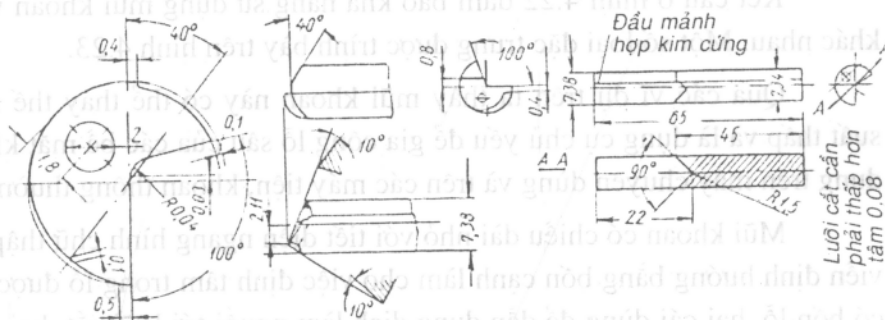
Đường kính lõi càng lớn khi đỉnh mũi khoan nằm càng thấp. Để dễ bề lõi, đường kính lõi không được quá 0,03 đường kính lỗ. Góc trước làm trong khoảng $5 \div 8^\circ$, góc sau trên cạnh N khoảng $8 \div 10^\circ$, còn trên cạnh W bằng $12 \div 20^\circ$, góc ở đỉnh $2\phi = 120 \div 130^\circ$.

Trên mặt trước làm cơ cấu bề phoi, chiều cao của nó tùy thuộc vào lượng chạy dao sau một vòng quay và độ dẻo của vật liệu gia công.

Chiều cao đó có thể bằng $17s$, trong đó s là lượng chạy dao tính bằng mm. Cơ cấu bề phoi cần khoét sâu vào theo góc $6 \div 8^\circ$ để dễ bề hơn và đảm bảo hướng thoát phoi.

Người ta đã thử dùng hợp kim cứng cho mũi khoan đường kính $7,5 \div 13$ mm. Đầu hợp kim cứng có làm rãnh bề phoi và có chốt góc gắn với phần thân dao ngắn bằng thép cacbon theo mặt đầu.

Thân dao lại hàn với ống. Các thông số hình học của phần cắt mũi khoan trình bày trên hình 4.19.



Hình 4.19 Mũi khoan có đầu hợp kim cứng

Khuyết điểm cơ bản của mũi khoan này là chỉ có một mũi cắt nên năng suất của nó bị giảm. Mũi khoan rãnh xoắn thông thường có lỗ dẫn dung dịch, mặc dù có hai lưỡi cắt cũng không thể đảm bảo được năng suất cao vì phải thường xuyên rút mũi khoan ra

khỏi lỗ để thoát phoi.

Hình 4.20 giới thiệu kết cấu mũi khoan rãnh xoắn để khoan sâu. Mũi khoan này có 4 cạnh viền và có mương dẫn để dẫn dung dịch làm nguội; trên phần chuôi có khoan một lỗ ở cuối rãnh xoắn. Qua những lỗ đó phoi được thoát ra ngoài. Mũi khoan này tuy có tốc độ cao nhưng không đảm bảo độ nhẵn bóng bề mặt gia công và không cho mũi khoan xiên một cách tự do.

Độ xiên của mũi khoan có liên quan với sự mài sắc không đúng của mũi khoan nhiều lưỡi và sự tồn tại của lưỡi cắt ngang. Có thể làm giảm bớt hoặc hoàn toàn khắc phục ảnh hưởng xấu của lưỡi cắt ngang bằng các cách sau:

a) Dọc theo mũi khoan khoan một lỗ đường kính lớn hơn đường kính lưỡi cắt ngang. Mũi khoan này thoát phoi phía trong và tạo thành lõi.

b) Khoan một lỗ tâm không thông ẩn trong một rãnh xoắn và có chỗ vát để bẻ gãy lõi sinh ra và đưa lõi qua lỗ ra ngoài.

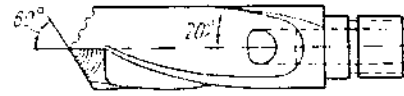
c) Thay một lưỡi cắt ngang bằng 2 lưỡi cắt được kim loại khi khoan. Hình 4.21 trình bày kết cấu mũi khoan đã được dùng tốt trong thực tế để gia công lỗ sâu có đường kính từ $20 \div 80$ mm.

Kết cấu ở hình 4.22 đảm bảo khả năng sử dụng mũi khoan vào những công việc khác nhau. Một số loại đặc trưng được trình bày trên hình 4.23.

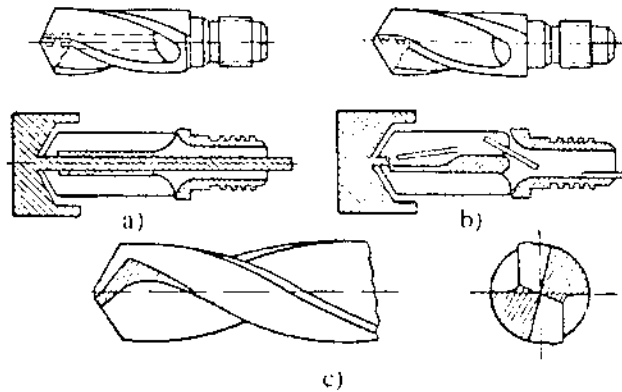
Qua các ví dụ trên ta thấy mũi khoan này có thể thay thế mũi khoan dẹt năng suất thấp và là dụng cụ chủ yếu để gia công lỗ sâu của các bề mặt kín. Kết cấu có thể áp dụng trên máy chuyên dùng và trên các máy tiện, khoan thông thường.

Mũi khoan có chiều dài nhỏ với tiết diện ngang hình chữ thập được thay hai cạnh viền định hướng bằng bốn cạnh làm cho việc định tâm trong lỗ được tốt hơn. Mũi khoan có bốn lỗ, hai cái dùng để dẫn dung dịch làm nguội tới lưỡi cắt, hai cái kia dùng để chia phoi ra.

Mũi khoan có hai lưỡi cắt chính, hai lưỡi cắt phụ, một lưỡi cắt ngang. Góc trước hình thành do có độ nghiêng của mặt trước so với trục mũi khoan lấy bằng $9 \div 14^\circ$. Mặt sau cũng có dạng như mũi khoan rãnh xoắn, được mài sắc trên máy mài sắc mũi khoan

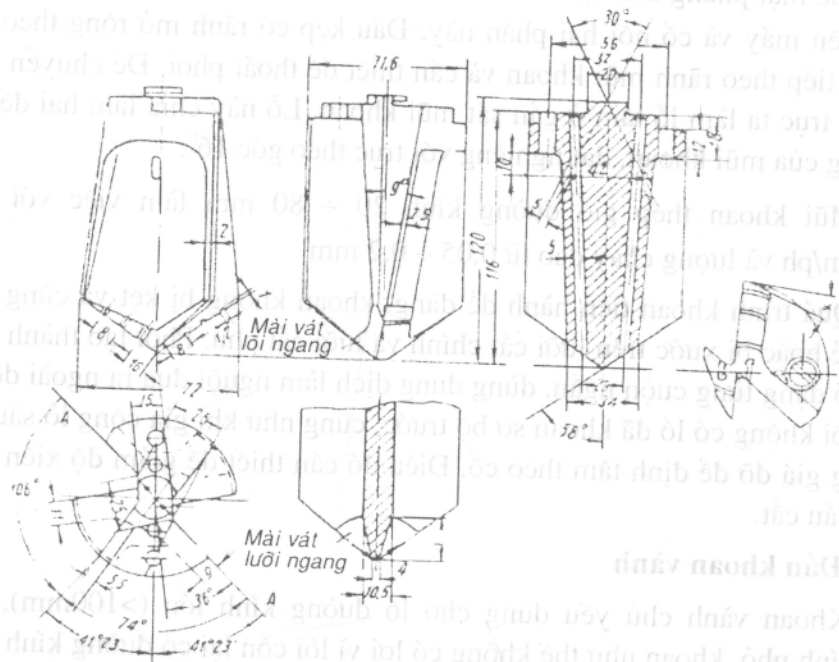


Hình 4.20 Mũi khoan để khoan sâu có đường kính lớn.



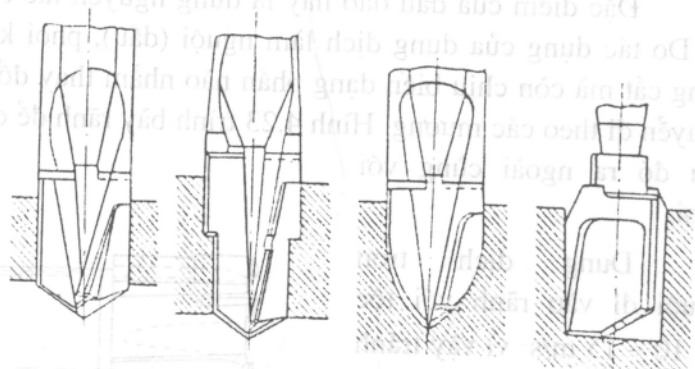
Hình 4.21 Các kết cấu cải tiến của mũi khoan để khoan sâu.

thông dụng. Góc sau đo trên chu vi (vòng ngoài cùng) trong tiết diện hình trụ bằng 60° . Góc của phần cắt $\varphi = 58 \div 60^\circ$.



Hình 4.22 Mũi khoan để khoan sâu có hai lưỡi cắt chính và hai lưỡi cắt phụ.

Đường kính lõi tăng dần về phía chuôi từ $4 \div 5,4$ mm trên 100 mm chiều dài. Trị số của nó ở gần chuôi bằng 0,2 đường kính mũi khoan. Do có mũi khoan có chiều dài nhỏ nên độ côn ngược lấy tới 0,3 mm trên 100 mm dài. Do đó tạo điều kiện cho công tác được dễ dàng, nâng cao tuổi thọ của mũi khoan và bảo vệ mũi khoan không bị kẹt, nhất là khi khoan lỗ sâu.



Hình 4.23 Các loại mũi khoan sâu.

Trên lưỡi cắt chính làm các cơ cấu bẻ phoi bố trí trên các vòng đồng tâm theo thứ tự xen kẽ. Số rãnh bẻ phoi nên chọn lớn nhất trong điều kiện có thể nhằm đảm bảo chia nhỏ phoi được nhanh nhất và nhiều nhất.

Mũi khoan được kẹp chặt nhờ hai vít. Để giữ được độ đồng tâm của mũi khoan đối với trục ta làm một đoạn cổ định hướng nhỏ cắm vào lỗ của trục, mômen xoắn được

truyền nhờ có chốt lồi ra và cắm chặt vào rãnh của trục. Các mặt phẳng tựa tiếp xúc của chốt là mặt phẳng bên ngoài của chốt trên trục và các mặt phẳng dưới của chốt trên mũi khoan. Các mặt phẳng còn lại đều có khe hở. Trục gồm có đầu để kẹp mũi khoan, chuôi để kẹp trên máy và cổ nối hai phần này. Đầu kẹp có rãnh mở rộng theo góc $15 \div 20^\circ$, rãnh này tiếp theo rãnh mũi khoan và cần thiết để thoát phoi. Để chuyển dung dịch làm nguội tới trục ta làm lỗ tâm ở gần sát mũi khoan. Lỗ này chia làm hai để nối với các lỗ tương ứng của mũi khoan, đặt nghiêng với trục theo góc 16° .

Mũi khoan thép gió đường kính $20 \div 80$ mm làm việc với tốc độ cắt từ $24 \div 30$ m/ph và lượng chạy dao từ $0,05 \div 0,2$ mm.

Quá trình khoan tiến hành dễ dàng, khoan không bị kẹt và cũng không có hiện tượng mẻ hoặc bị xước trên lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ. Phoi tạo thành trong quá trình khoan có dạng từng cuộn ngắn, dùng dung dịch làm nguội đưa ra ngoài dễ dàng. Khi gia công phôi không có lỗ đã khoan sơ bộ trước, cũng như khi gia công lỗ sâu trên máy tiện, cần dùng giá đỡ để định tâm theo cổ. Điều đó cần thiết để giảm độ xiên của mũi khoan lúc bắt đầu cắt.

4.1.3.5. Đầu khoan vành

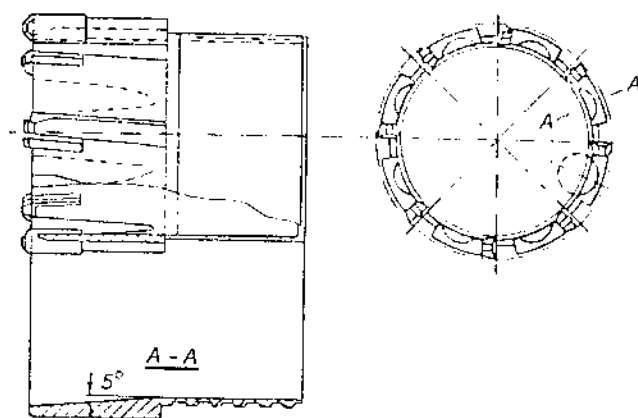
Khoan vành chủ yếu dùng cho lỗ đường kính lớn (>100 mm). Đối với lỗ có đường kính nhỏ, khoan như thế không có lợi vì lõi còn lại có đường kính nhỏ và vì chiều rộng của dao lớn nên nhiều kim loại biến thành phoi. Tuy nhiên hiện nay nhiều nhà máy đã áp dụng có kết quả những đầu khoan có thành mỏng, tránh được các khuyết điểm này. Những mũi khoan đó dùng cho lỗ có đường kính từ 30 mm. Hình 4.23 trình bày đầu có thành mỏng gắn hợp kim cứng.

Đặc điểm của đầu dao này là dùng nguyên tắc cưỡng bức đưa phoi dây ra khỏi lỗ. Do tác dụng của dung dịch làm nguội (dầu), phoi không những chỉ bị đưa ra khỏi vùng cắt mà còn chịu biến dạng phần nào nhằm thay đổi hướng và vị trí của nó để tiện chuyển đi theo các mương. Hình 4.23 trình bày rãnh để dẫn dung dịch trơn nguội vào và sau đó ra ngoài cùng với phoi.

Dung dịch trơn nguội đi vào rãnh với tốc độ $10 \div 15$ m/s vì vậy tránh được hiện tượng phoi bị chà sát giữa các bề của lỗ và lõi.

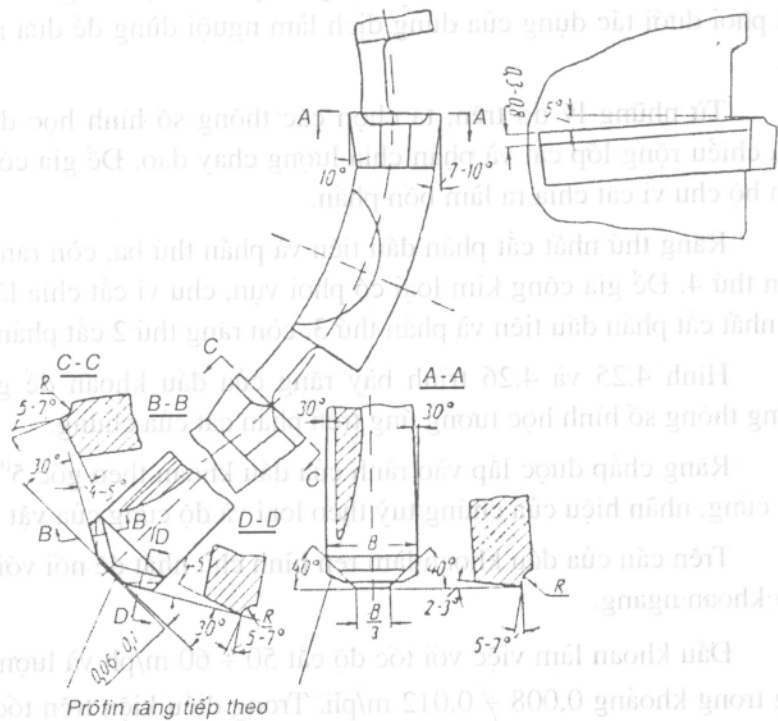
Để đảm bảo trượt tốt hơn, bề mặt rãnh cần đánh bóng cẩn thận.

Khác với các đầu dao thông thường, ở đây khi đi vào trong lỗ đã khoan trước, giữa đầu khoan và lỗ



Hình 4.24 Đầu khoan vành.

có khe hở nhỏ ($0,1 \div 0,15 \text{ mm}$). Điều đó thích hợp với việc bôi trơn mặt ngoài của đầu dao, nhằm khắc phục ma sát và để đầu dao không bị tắc trong lỗ cũng như đảm bảo dụng cụ được định hướng tốt, đảm bảo độ thẳng và độ đồng tâm của lỗ đã khoan. Đặc điểm về kết cấu còn ở chỗ các rãnh dọc được sắp xếp bắt đầu từ mỗi răng ở mặt bên của đầu dao.

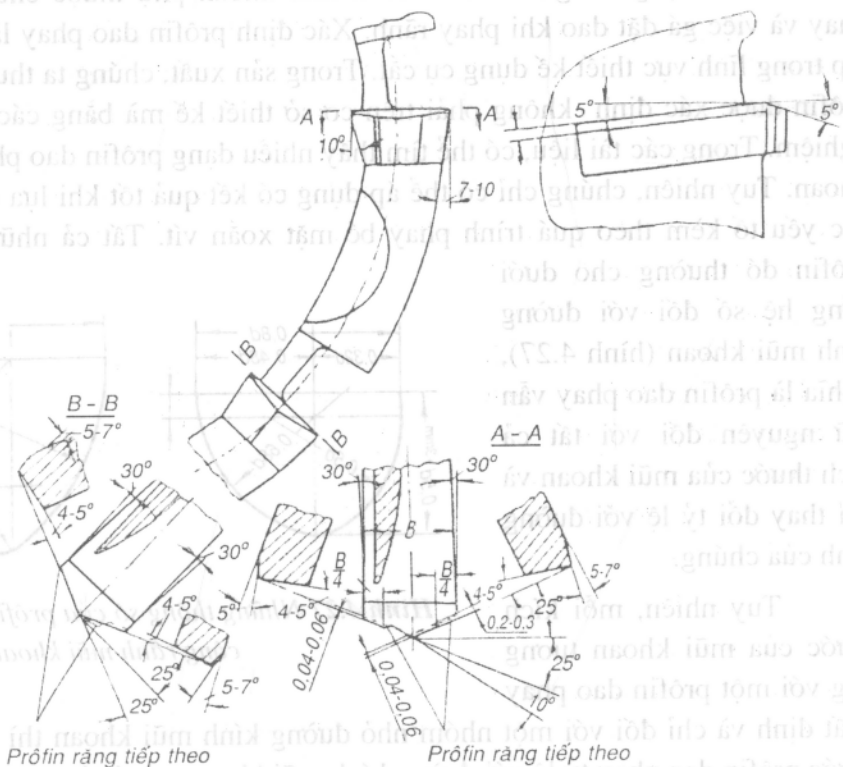


Hình 4.25 Răng của đầu khoan để gia công thô

Do đó mỗi răng có thể coi như một mũi khoan riêng biệt, cho phép cắt không phải toàn bộ chiều rộng lớp cắt mà chỉ một phần nhất định.

Số răng chọn chuẩn từ $6 \div 12$ trong khoảng đường kính của đầu khoan từ $30 \div 150 \text{ mm}$.

Các thông số hình học trên phần cắt của răng



Hình 4.26. Răng của đầu khoan để gia công tinh.

chọn sao cho có thể đảm bảo đủ lượng chạy dao, độ thẳng của lỗ và khả năng biết dạng của phoi dưới tác dụng của dung dịch làm nguội dùng để đưa nhanh phoi ra khỏi vùng cắt.

Từ những lý do trên, ta chọn các thông số hình học dựa trên nguyên tắc phân chia chiều rộng lớp cắt và phân chia lượng chạy dao. Để gia công kim loại có phoi dày, toàn bộ chu vi cắt chia ra làm bốn phần.

Răng thứ nhất cắt phần đầu tiên và phần thứ ba, còn răng hai cắt phần thứ hai và phần thứ 4. Để gia công kim loại có phoi vụn, chu vi cắt chia làm 3 phần, trong đó răng thứ nhất cắt phần đầu tiên và phần thứ 3, còn răng thứ 2 cắt phần thứ 2.

Hình 4.25 và 4.26 trình bày răng của đầu khoan để gia công thô và tinh với những thông số hình học tương ứng trên phần cắt của chúng.

Răng chấp được lắp vào rãnh của đầu khoan theo góc 5° . Răng có gắn mảnh hợp kim cứng, nhãn hiệu của chúng tùy theo loại và độ cứng của vật liệu gia công.

Trên cán của đầu khoan làm ren hình chữ nhật để nối với ống đặt trong đồ gá của máy khoan ngang.

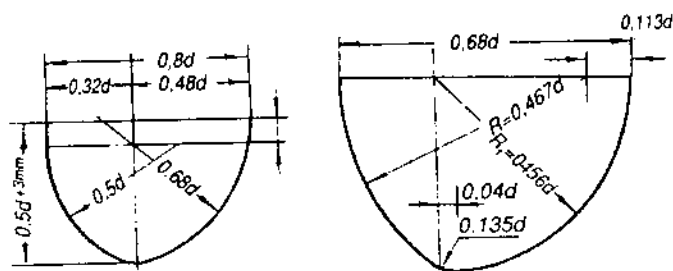
Đầu khoan làm việc với tốc độ cắt $50 \div 60$ m/ph và lượng chạy dao trên mỗi cặp răng trong khoảng $0,008 \div 0,012$ m/ph. Trong điều kiện trên tốc độ của dòng dung dịch làm nguội ở gần răng cần lấy bằng $15 \div 22$ m/s.

4.1.4. Thiết kế prôfin dao phay để gia công rãnh mũi khoan.

Hình dạng đúng của rãnh xoắn mũi khoan phụ thuộc chủ yếu vào prôfin dao phay và việc gá đặt dao khi phay rãnh. Xác định prôfin dao phay là một nhiệm vụ phức tạp trong lĩnh vực thiết kế dụng cụ cắt. Trong sản xuất, chúng ta thường gặp dao phay có prôfin được xác định không phải trên cơ sở thiết kế mà bằng cách chọn và bằng thực nghiệm. Trong các tài liệu, có thể tìm thấy nhiều dạng prôfin dao phay để phay rãnh mũi khoan. Tuy nhiên, chúng chỉ có thể áp dụng có kết quả tốt khi lựa chọn đúng đắn tất cả các yếu tố kèm theo quá trình phay bề mặt xoắn vít. Tất cả những thông số của các prôfin đó thường cho dưới dạng hệ số đối với đường kính mũi khoan (hình 4.27), nghĩa là prôfin dao phay vẫn giữ nguyên đối với tất cả kích thước của mũi khoan và chỉ thay đổi tỷ lệ với đường kính của chúng.

Tuy nhiên, mỗi kích thước của mũi khoan tương ứng với một prôfin dao phay nhất định và chỉ đối với một nhóm nhỏ đường kính mũi khoan thì mới có thể cho kích thước prôfin dao phay tỷ lệ với đường kính mũi khoan mà thôi.

Một điều quan trọng là hiện nay góc nghiêng ω của rãnh xoắn chọn khác nhau



Hình 4.27 Những thông số của prôfin dao phay để gia công rãnh mũi khoan.

trong khoảng $19 \div 33''$ tùy thuộc vào đường kính của mũi khoan, còn trước kia đối với tất cả các đường kính mũi khoan, khi tính toán người ta đều lấy bước của rãnh xoắn bằng bảy lần đường kính mũi khoan, nghĩa là góc $\omega = 24''15'$.

Ngoài ra, prôfin dao phay trình bày ở các tài liệu đều không nói rằng trong những điều kiện nào thì chúng đảm bảo nhận được hình dạng đúng của rãnh mũi khoan (chọn góc và điểm giao nhau giữa 3 trục: trục mũi khoan, trục dao phay và trục prôfin dao phay, v...v.). Khi định ra những prôfin khác nhau của dao phay cho một đường kính bất kỳ nào đó của mũi khoan, có thể thấy rằng các prôfin đó khác nhau, nhưng tất cả đều ít nhiều đảm bảo dạng cần thiết của rãnh. Từ đây cần thấy rằng biến dạng của rãnh không chỉ phụ thuộc vào prôfin dao phay mà còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nữa, trong đó chủ yếu là việc gá đặt dao phay tương ứng với mũi khoan.

Như vậy, để có được dạng chính xác của rãnh mũi khoan, cần biết tất cả các yếu tố ảnh hưởng tới prôfin dao phay cũng như vị trí của nó tương ứng với mũi khoan khi phay rãnh.

4.1.4.1. Những thông số để thiết kế prôfin dao phay

Để vẽ prôfin dao phay, cần biết những thông số ban đầu của mũi khoan:

1. Đường kính ngoài D .
2. Góc ở đỉnh φ .
3. Dạng rãnh.
4. Góc nghiêng của rãnh xoắn ω .

Dạng rãnh xác định bởi:

+ Hình dạng của lưỡi cắt, quyết định bởi góc nghiêng của nó đối với trục mũi khoan.

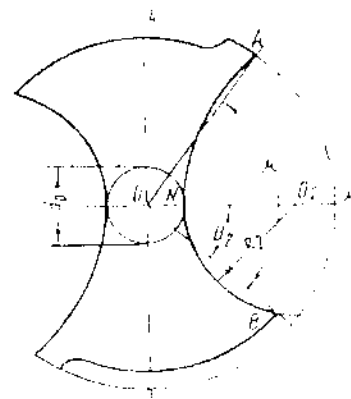
+ Bước của rãnh xoắn.

+ Chiều rộng của rãnh xoắn.

+ Đường kính (chiều dày) của lõi d_0 .

Dạng rãnh cho trong tiết diện mặt đầu, tức là tiết diện thẳng góc với trục mũi khoan. Đối với mũi khoan thông dụng, dạng lưỡi cắt thường coi là thẳng trên đoạn côn của phần cắt, còn trong tiết diện mặt đầu, nó có dạng cong. Tất nhiên dạng lưỡi cắt trên đoạn côn cũng có thể cho ở dạng cong.

Chiều rộng của rãnh thường lấy bằng chiều rộng me cắt, hoặc lớn hơn chiều rộng me cắt $1/128$ vòng tròn như đôi khi người ta vẫn lấy đối với mũi khoan bằng thép gió, nghĩa là góc ở tâm (hình 4.28) đi qua điểm B của lưng me cắt $\mu = 90^\circ$ hay $92,8^\circ$.



Hình 4.28 Những thông số của prôfin rãnh mũi khoan.

$$d_{0m} = d_0 + 0,008D \cdot \cotg \varphi$$

1. Góc giao nhau 0 giữa 3 trục: trục mũ khoan, trục dao phay và trục trục dao phay (góc gá đặt dao phay).

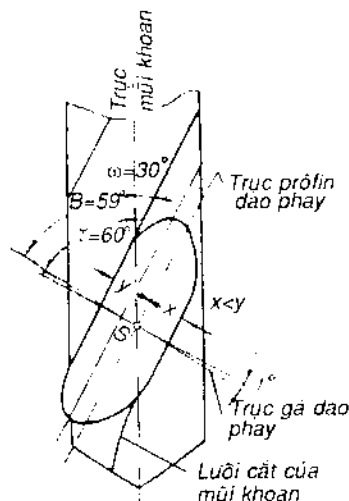
3. Đường kính dao phay.

Góc θ chọn nhỏ hơn góc phay $T=(90^\circ-\omega)$ khoảng $1 \div 2^\circ$, nghĩa là $\theta=90^\circ-\omega-(1 \div 2^\circ)$, chọn như thế nhằm đảm bảo bề mặt gia công nhẵn hơn và tránh cho dao phay khỏi cắt lẹm vào rãnh đã gia công xong.

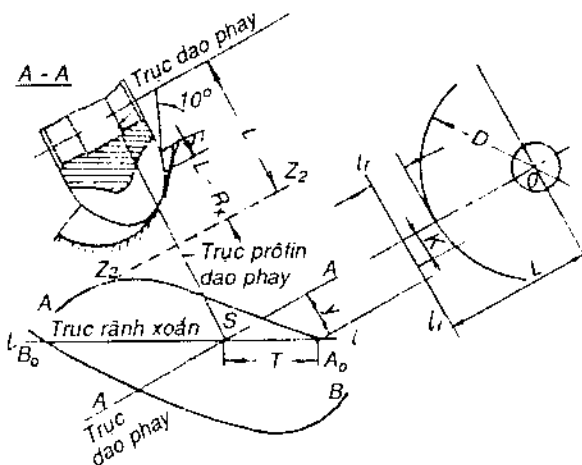
Vị trí của điểm S đặc trưng cho độ nghiêng theo chiều ngang của dao phay khi phay rãnh mũi khoan (hình 4.29). Nó có ảnh hưởng lớn tới prôfin dao phay. Dịch trục dao phay nghiêng đối với trục mũi khoan một góc θ về phía bên phải hoặc bên trái dọc theo trục mũi khoan, sẽ nhận được những tỷ số khác nhau giữa trị số của các đoạn x và y. Những khoảng cách x và y xác định vị trí của rãnh mũi khoan đối với giao điểm S của các trục khi thiết kế prôfin dao phay. Khi giảm x, chiều rộng dao phay giảm, đoạn prôfin dao phay tương ứng với lưỡi cắt của mũi khoan sẽ dốc hơn và bị mòn nhiều hơn do góc sau ở các lưỡi bên của răng dao phay bị nhỏ.

Hình dạng đó rất ít thích hợp với dao phay hớt lưng.

Khi tăng x, chiều rộng dao phay tăng, đoạn profile quan trọng chủ yếu sẽ thoải



Hình 4.29 Vị trí giao điểm S của trục mũi khoan, trục dao phay và trục profin dao phay.



Hình 4.30 Xác định vị trí giao điểm S của trục mũi khoan, trục dao phay và trục profin dao phay.

hơn và ở các cạnh bên của dao phay góc sau được cải thiện tốt hơn.

Khi vẽ mỗi prôfin dao phay, có tính đến vị trí xác định của điểm S, cần đảm bảo vị trí này một cách chính xác trong khi phay rãnh mũi khoan.

Vị trí của điểm S cũng có thể xác định bởi trị số của khoảng cách T (hình 4.30) từ điểm S tới điểm A_0 , là giao điểm của trục mũi khoan với đường xoắn AA ở điểm cuối của rãnh, tương ứng với lưỡi cắt:

$$T = \frac{K}{\sin \theta}$$

Trong đó: K - khoảng cách giữa hình chiếu trục gá dao phay và đường thẳng song song với nó đi qua điểm A_0 .

Khi đó chọn đường kính dao phay không những cần dựa vào các điều kiện thiết kế mà còn cần dựa vào kích thước chung của vị trí gá dao phay trên máy, dựa vào các đặc điểm kết cấu của dao phay, v...v.

Trước hết cần cho trước đường kính lỗ không những với điều kiện thiết kế mà còn dựa vào kích thước chung của vị trí gá dao phay trên máy, dựa vào đặc điểm kết cấu của dao phay, v...v.

Trước hết cần cho trước đường kính lỗ với điều kiện đảm bảo độ cứng vững và độ bền của trục gá. Biết đường kính lỗ, có thể xác định đường kính gờ của dao phay. Cũng cần phải tính đến độ hở giữa đường kính gờ và mũi khoan ở thời điểm khi dao phay đã được mài sắc lại nhiều lần nhất và tính đến lượng dư trữ đường kính dao phay để mài lại.

Cả 3 thông số: góc gá đặt θ , vị trí điểm S và đường kính dao phay có liên quan mật thiết với nhau. Nếu trong quá trình vẽ tìm được giải pháp hợp lý thì với giải pháp đó, cả 3 thông số sẽ có những trị số xác định.

4.1.4.2. Các phương pháp thiết kế

Trong thực tế thường gặp những phương pháp thiết kế prôfin dao phay khác nhau để phay rãnh mũi khoan. Những phương pháp được chú ý nhiều nhất là phương pháp không những chỉ cho phép vẽ được prôfin này hay prôfin khác mà còn cho phép phân tích ảnh hưởng của mỗi thông số ban đầu tới prôfin và các kích thước kết cấu của dao phay. Những phương pháp đó chủ yếu là phương pháp vẽ thuần túy hoặc kết hợp với việc tính toán một số yếu tố phụ. Tất cả các cách thứ dùng phương pháp tính để thiết kế prôfin dao phay đối với những chi tiết có rãnh xoắn (mũi khoan, mũi khoét, dao phay hình trụ) cho đến nay vẫn chưa đem lại kết quả, đặc biệt là đối với việc vẽ prôfin phần rãnh không tham gia vào quá trình cắt, cũng như trong việc phân tích ảnh hưởng của những thông số ban đầu tới prôfin dao.

Dưới đây xét phương pháp vẽ và những bổ sung để cải tiến phương pháp đó.

Đối với rãnh thẳng, prôfin của nó trùng với prôfin của dao phay. Khi phay rãnh thẳng, sự tạo thành hình dạng của nó được thực hiện đồng thời trên tất cả những điểm prôfin trong tiết diện đi qua mặt trước dao phay, thẳng góc với hướng chạy dao (khi $\gamma = 0$). Do đó, tất cả các điểm tiếp xúc của dao phay và mũi khoan cũng đều nằm trong mặt phẳng ấy. Những điểm đó là điểm tạo hình và đường tiếp xúc (ăn khớp) cùng nằm trong một mặt phẳng.

Khi phay rãnh xoắn có thể thấy vấn đề hoàn toàn khác. Ở đây các prôfin dao phay và rãnh mũi khoan không trùng nhau trong bất kỳ một mặt phẳng nào thẳng góc với trục dao phay. Những điểm khác nhau của prôfin dao phay tiếp xúc với mặt xoắn của rãnh tại những điểm khác nhau trên bề mặt rãnh mũi khoan. Do đó những điểm tạo hình của dao phay không nằm trong một mặt phẳng mà nằm trong nhiều mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay, và đường tiếp xúc (ăn khớp) là đường cong không gian.

Đặc điểm của dao phay gia công rãnh xoắn là sự tồn tại ba đoạn khác nhau của prôfin:

- a) Đoạn cắt, đồng thời là đoạn tạo hình.
- b) Đoạn cắt không tham gia vào việc tạo rãnh.
- c) Đoạn dự trữ, chỉ bắt đầu làm việc khi tăng đường kính của phôi hoặc tăng chiều sâu rãnh theo dung sai về chiều sâu của nó.

Prôfin dao phay là một tập hợp tất cả các điểm cắt và những điểm tạo hình nằm trong những mặt phẳng khác nhau. Khi chế tạo dao phay và những dụng cụ bậc 2 (đường dao diện) để gia công dao phay, prôfin cần phải cho trước chỉ trong một mặt phẳng, vì vậy phải đưa tất cả các mặt phẳng trong đó có điểm tạo hình trùng với một mặt phẳng trong đó xác định prôfin dao phay (mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay).

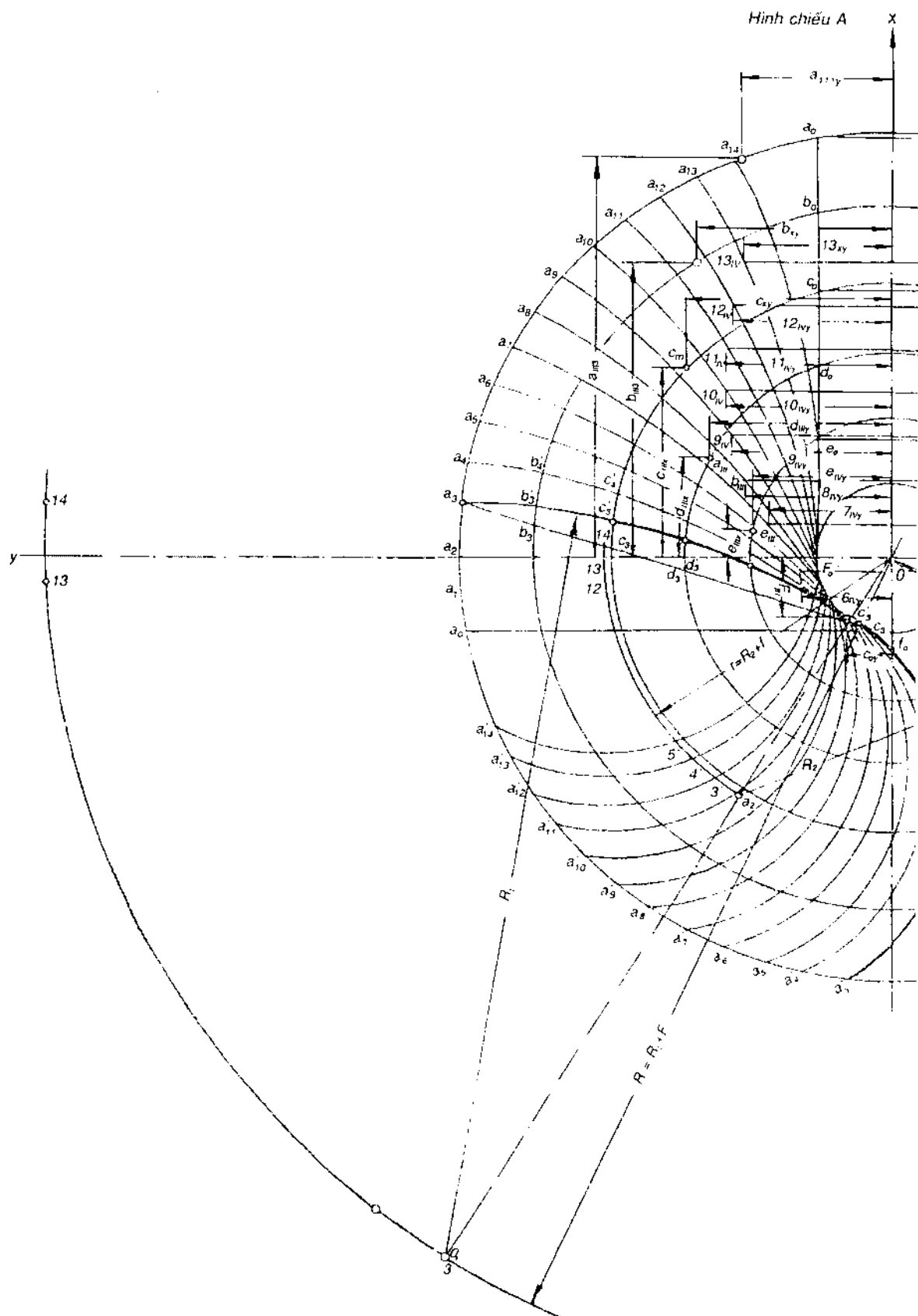
4.1.4.3. Thiết kế prôfin theo phương pháp vẽ

Phương pháp vẽ dựa trên lập luận sau đây: xét mũi khoan với rãnh đã có sẵn, trong đó đặt dao phay ở vị trí làm việc cắt mặt xoắn của rãnh dao phay bằng những mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay.

Trong mỗi tiết diện nhận được một đường cong (vết của giao tuyến mặt xoắn vít với mặt phẳng cắt) và một vòng tròn của dao phay. Prôfin dao phay có thể coi như bao gồm những điểm tạo hình nằm trên những vòng tròn tương ứng, nói cách khác, dao phay có thể coi như một loạt đĩa mỏng ghép lại với nhau, trên mỗi một vòng đĩa có một điểm tạo hình. Mỗi đường cong của tiết diện mũi khoan có một điểm tiếp xúc với vòng tương ứng của dao phay. Tất cả những điểm tiếp xúc của mũi khoan và dao phay nằm trong những mặt cắt đã cho, hình thành nên đường tiếp xúc và bán kính của những vòng dao phay, trên đó có những điểm tạo hình tương ứng xác định đường tiếp xúc của vòng tròn. Biết bán kính các vòng tròn của dao phay có thể theo đó mà xác định prôfin dao phay. Như vậy việc xác định prôfin dao phay dẫn tới việc vẽ những đường cong của các mặt cắt rãnh mũi khoan và vẽ những vòng dao phay tiếp xúc với những đường cong tương ứng.

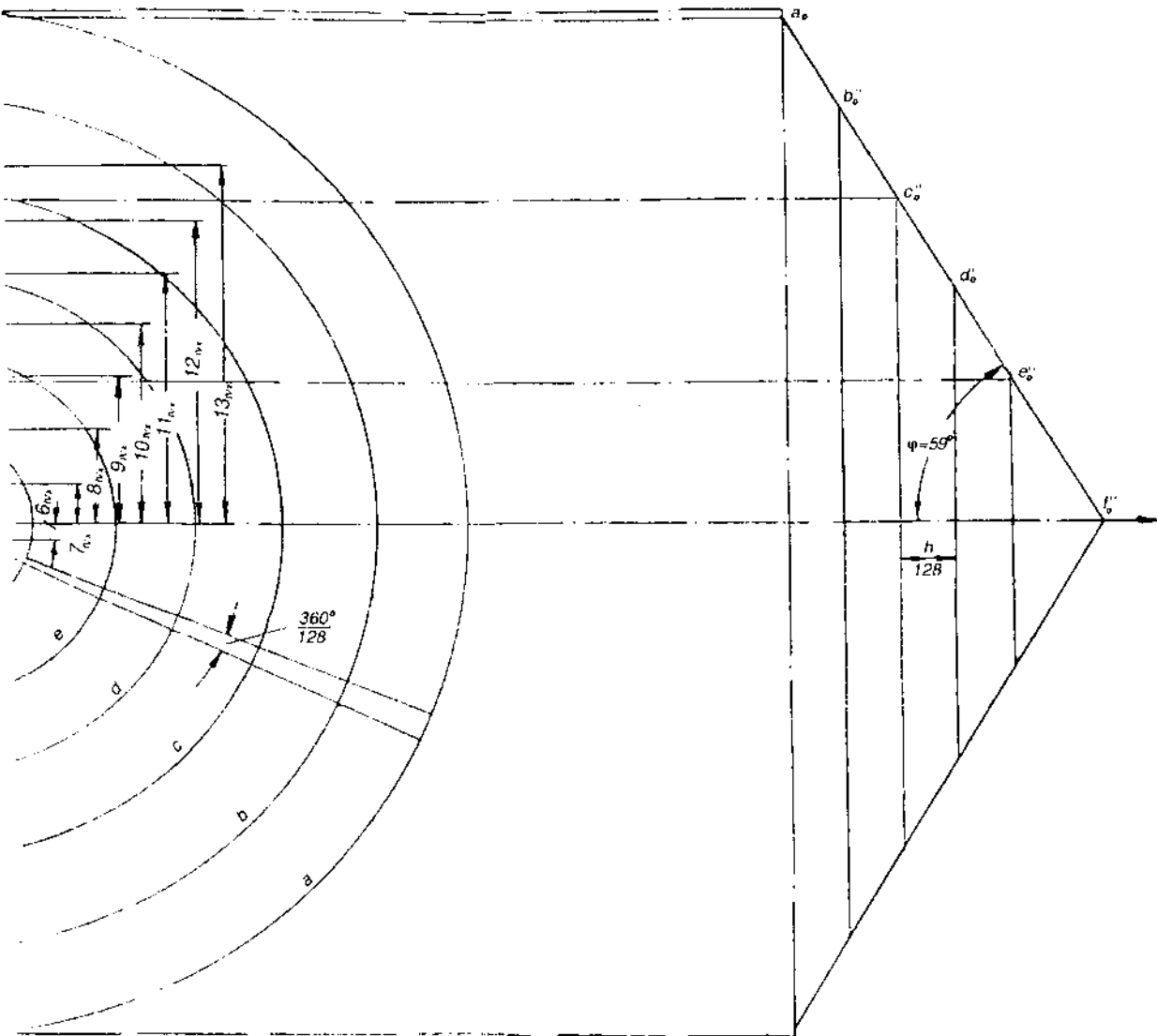
Việc thiết kế prôfin dao phay bao gồm những giai đoạn sau đây:

1. Xác định prôfin rãnh mũi khoan trong tiết diện mặt đầu, nghĩa là trong tiết diện thẳng góc với trục mũi khoan.
2. Vẽ những đường xoắn của bề mặt rãnh mũi khoan.
3. Vẽ những đường cong của bề mặt rãnh mũi khoan trong các tiết diện thẳng góc với trục dao phay.

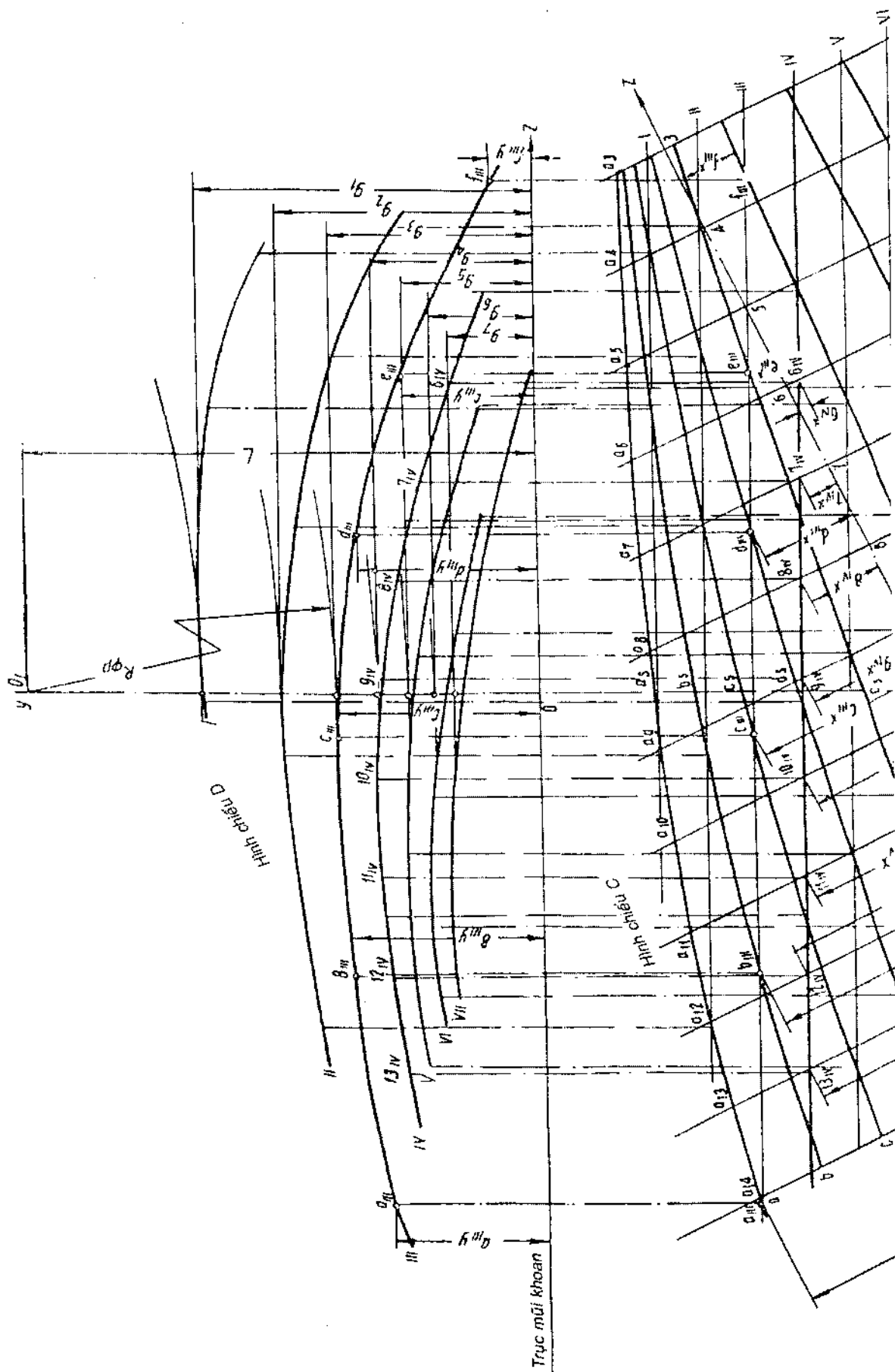


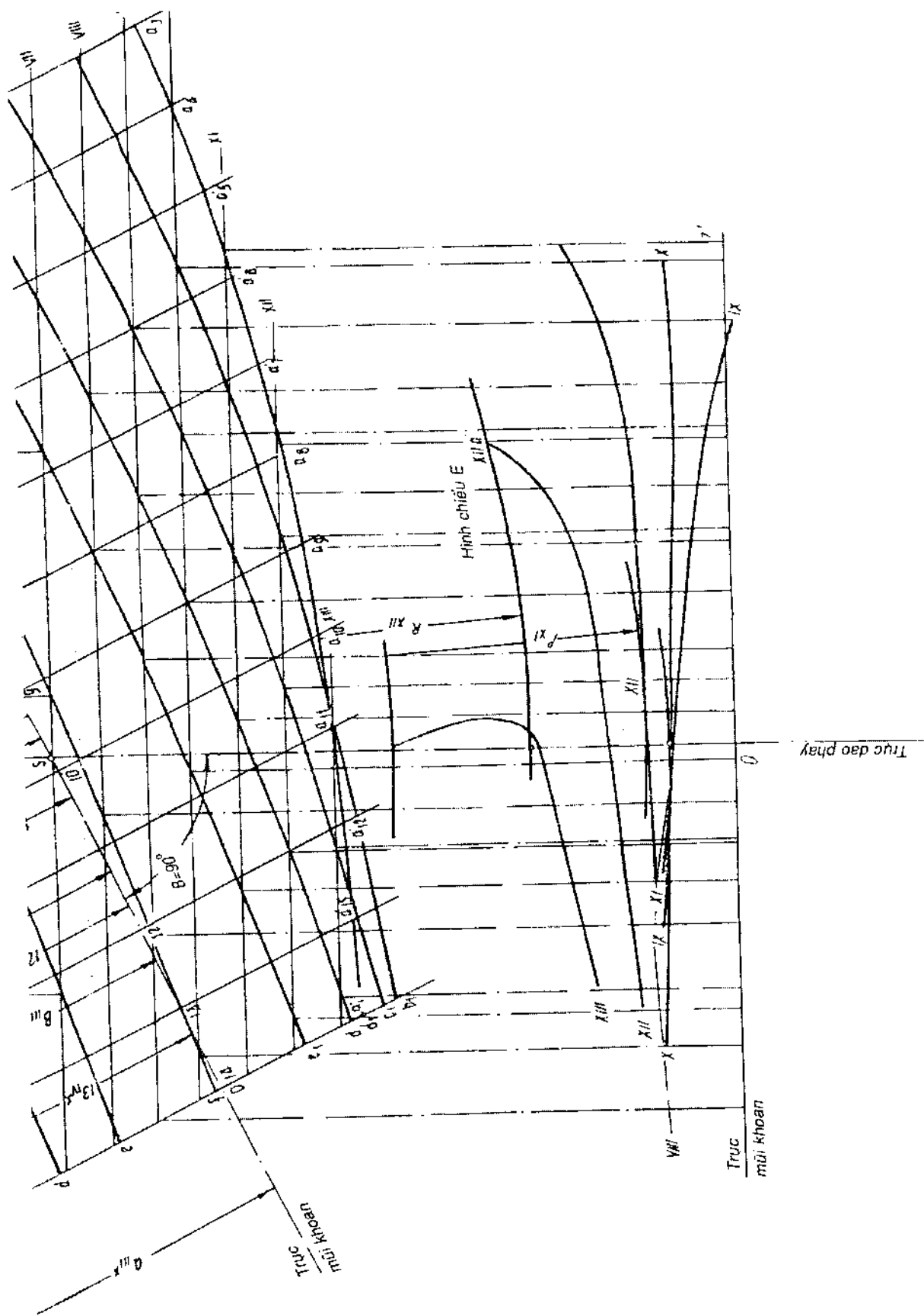
Hình 4.31. Xác định profin đac.

Hình chiếu B



ty để gia công rãnh xoắn mũi khoan, (hình chiếu A và B)





Hình 4.32. Xác định profile dao phay để gia công rãnh xoắn mũi khoan (hình chiếu C, D, E)

4. Xác định bán kính của những vòng dao phay tiếp xúc với đường cong ở những tiết diện của rãnh mũi khoan (cũng trong những mặt phẳng đó), hình 4.31.

5. Xác định đường cong prôfin dao phay (hình 4.32).

Sau đây là các giai đoạn thiết kế prôfin. Việc vẽ thực hiện với tỷ lệ phóng đại lớn, trong đó có tính đến không những đường kính mũi khoan mà cả đường kính dao phay, có kích thước lớn hơn của mũi khoan rất nhiều, thông thường người ta làm như sau:

Đường kính quy ước của mũi khoan lấy bằng 200 mm hoặc 300 mm không phụ thuộc vào kích thước thực của nó.

Tỷ lệ dựng hình bằng đường kính quy ước chia cho kích thước thực của mũi khoan. Ngoài ra nó còn liên quan tới tỷ lệ của những vòng đồng tâm.

1) Xác định prôfin rãnh mũi khoan trong tiết diện mặt đầu. Prôfin rãnh mũi khoan trên đoạn côn của phần cắt, vì vậy khi thiết kế cần biết prôfin trên tiết diện mặt đầu. Cắt phần côn (lưỡi cắt) (hình 4.31) bằng hàng loạt mặt phẳng, thẳng góc với trục mũi khoan và cách nhau $1/128$ bước của mặt xoắn vít. Chiếu những điểm $a''_0, b''_0, c''_0, \dots, v$, lên lưỡi cắt thẳng a_0f_0 . Khi dựng hình cần biết rằng đoạn $a''_0g''_0$ trên hình chiếu B là đoạn thẳng nhỏ hơn bán kính vòng ngoài của mũi khoan. Điểm a chiếu tới điểm a''_0 nằm gần trục mũi khoan hơn, vì lưỡi cắt a_0f_0 không trùng với trục Ox mà dịch chuyển so với trục đó một đoạn bằng bán kính lõi. Qua những điểm $a_0, b_0, c_0, \dots, v$, vẽ những vòng tròn.

Để tiện cho việc vẽ, trên hình chiếu A quay đoạn thẳng a_0f_0 một góc 90° . Chia vòng tròn làm 64 phần, hoặc từ điểm a_0 tới a_{16} làm 16 phần. Khi chuyển từ hình côn tới hình trụ, cạnh thẳng sẽ chuyển thành đường cong đều. Khi quay mũi khoan $1/128$ vòng tròn, dao phay tiến vào thân mũi khoan $1/128$ bước. Điểm b_3 của đoạn thẳng a_1f_1 trên vòng b sẽ chiếm vị trí mới b_3 , cách điểm b_3 một khoảng bằng $1/128$ vòng tròn. Tương tự như vậy, tất cả các điểm khác $c_1, d_1, \dots, v$, của đoạn thẳng sẽ dịch tới các điểm $c_1, d_1, \dots, v$, trên những vòng tròn tương ứng. Nối những điểm nhận được bằng một đường cong đều.

Để dễ dựng hình, nên vẽ riêng góc $130^\circ/128$. Đường cong nhận được bằng cách vẽ lưa có thể thay bằng cung tròn bán kính R_1 . Tuy nhiên để giảm sai số nên sử dụng trực tiếp đường cong nhận được.

Phần phụ của prôfin phải chọn sao cho rãnh mũi khoan có thể đảm bảo đủ không gian chứa phoi, phân bố đúng đắn kim loại trên toàn tiết diện mặt đầu với quan điểm bảo đảm mômen quán tính cực đại có thể của tiết diện, tránh bị nứt khi nhiệt luyện mũi khoan và đường cong prôfin được nối đều đặn. Hình dạng rãnh thoả mãn những yêu cầu đó có thể nhận được theo cách dựng sau: nối điểm O_1 (3) (tâm bán kính R_1) với tâm mũi khoan O và quy ước rằng tâm O_2 , bán kính R_2 của phần cong phụ sẽ nằm trên đường O_1O . Cung tròn bán kính R_2 tiếp xúc với vòng lõi và cắt vòng ngoài mũi khoan tại điểm a'_3 , cách điểm a_3 một khoảng bằng $\frac{1}{4}$ (hoặc $\frac{1}{4} + \frac{1}{128}$) vòng tròn đó.

Trong trường hợp nếu đoạn cong chính của prôfin không thay bằng cung tròn có bán kính R_1 thì việc vẽ đoạn cong phụ sẽ tiến hành với giả thiết rằng tâm vòng R_2 đặt trên đoạn thẳng hướng tâm, đi qua điểm cuối N của đoạn cong chính AN, nằm trên vòng lồi (hình 4.28).

Để xác định điểm B, vẽ từ đường AO một góc $u = 90^\circ$ (hoặc $92,8^\circ$).

Sau khi xác định toàn bộ prôfin rãnh mũi khoan, tiến hành vẽ nó đối với tất cả các vị trí $a_3a'_3, a_4a'_4, a_5a'_5, \dots v$, trên hình chiếu.

2) Dụng những đường xoắn của bề mặt rãnh mũi khoan. Việc dụng đường xoắn tiến hành theo phương pháp thông thường (hình 4.32, hình chiếu C).

Cắt trục mũi khoan bằng những mặt phẳng 1, 2, 3, 4, $\dots v$, thẳng góc với nó và cách nhau một khoảng $1/64$ (hoặc $1/128$) bước của bề mặt xoắn. Để dụng đường xoắn a, chiếu từ hình chiếu A (hình 4.31) các điểm $a_3, a_4, a_5, \dots v$, ứng với những đường 3, 4, 5, $\dots v$ trên hình chiếu C, sẽ nhận được những điểm $a_3, a_4, a_5, \dots v$, tương ứng. Khi nối những điểm đó bằng một đường cong đều sẽ có đường xoắn a. Tương tự như vậy, tìm những đường xoắn khác b, c, d, e, f ở phần chính của prôfin và e_1, d_1, a_1, c_1, b_1 ở phần phụ.

Như vậy từ cách dựng hình ta thấy rằng những đường thẳng 3, 4, 5, $\dots v$, trên hình chiếu C xác định những vị trí lần lượt của các mặt rãnh xoắn khi dịch chuyển chúng $1/64$ bước.

Mỗi sự dịch chuyển như vậy tương ứng với đường cong $a_3a'_3, a_4a'_4, a_5a'_5, \dots v$, nhận được khi quay prôfin của rãnh một góc $\frac{360^\circ}{61}$ xung quanh tâm O.

3) Dụng những đường cong trên các tiết diện của bề mặt rãnh mũi khoan khi cắt chúng bởi những mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay. Trước khi bắt đầu dụng những đường cong của tiết diện, cần biết vị trí của trục dao phay, vị trí này được xác định bởi góc giữa các trục dao phay và trục prôfin dao phay.

Ở đây lấy $\theta = 90^\circ - \omega - 1$ và lấy điểm S ở vị trí đối xứng nghĩa là khi $x = y$ (hình 4.29).

Cắt mặt xoắn vít (hình chiếu C) bằng những mặt phẳng I, II, III, $\dots v$, cách đều nhau một khoảng tùy ý và thẳng góc với trục dao phay. Ở những rãnh xoắn bên ngoài nên lấy số mặt cắt nhiều hơn vì tại những chỗ đó thường có hiện tượng cắt lẹm của dao phay vào mặt rãnh xoắn.

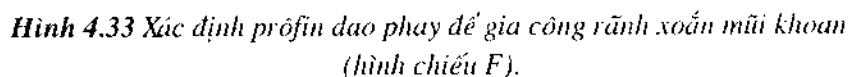
Số mặt cắt càng nhiều càng có khả năng xác định một cách chính xác prôfin tại những vị trí quan trọng.

Cũng với mục đích làm tăng độ chính xác, có thể vẽ cả những đường xoắn đối với các vòng tròn có đường kính lớn hơn đường kính ngoài mũi khoan (khoảng $20 \div 30\%$).

Những mặt phẳng I, II, III, $\dots v$, cho những đường cong là vết của giao tuyến các mặt phẳng đó với rãnh xoắn của mũi khoan trên hình chiếu D đối với phần chính và

Ta hãy xét việc dựng một đường cong là vết của giao tuyến mặt phẳng 3 làm ví dụ. Mặt phẳng đó cắt đường xoắn tại điểm a_{III} , b_{III} , c_{III} , $v...v$, tìm vị trí những điểm đó trên hình chiếu D. Những điểm cần tìm đó phải nằm trên đường thẳng kẻ từ a_{III} , b_{III} , c_{III} , $v...v$ và song song với trục dao phay. Để xác định khoảng cách $a_{III}y$ từ điểm a_{III} tới trục mũi khoan ta nhìn vào hình chiếu A (hình 4.29). Theo đường thẳng dựng trên hình chiếu C cũng như trên hình chiếu A, điểm a_{III} đều có cùng một khoảng cách $a_{III}x$ đến trục mũi khoan. Khoảng cách của điểm a_{III} trên hình chiếu A tới trục thẳng đứng là $a_{III}y$. Đoạn này cũng bằng khoảng cách $a_{III}y$ của điểm a_{III} tới trục mũi khoan trên hình chiếu D. Cũng tương tự như vậy, tìm những điểm khác như b_{III} , c_{III} , d_{III} , $v...v$ thuộc về đường cong vết giao tuyến mặt phẳng III với những đường xoắn tương ứng. Cuối cùng, nối những điểm đã tìm được bằng đường cong đều.

Khoảng cách L (hình 4.32) của tâm tới trục mũi khoan phụ thuộc vào hàng loạt yếu tố sẽ được xét ở sau. Nếu đặt dao phay vào rãnh xoắn và cắt nó bởi những mặt phẳng I, II, III, ..., V, thẳng góc với trục dao, sẽ nhận được một loạt các vòng tròn đồng tâm) O_1 . Những vòng tròn này tiếp xúc với những đường cong tương ứng là vết của giao tuyến rãnh với những mặt phẳng đó. Bán kính mỗi



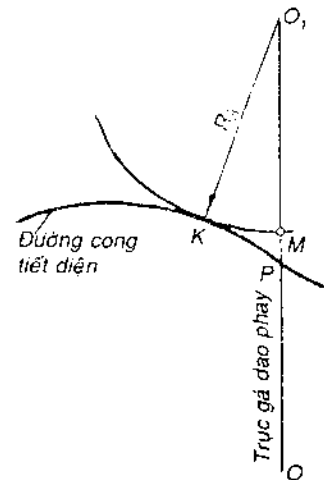
vòng xác định khoảng cách từ điểm khởi thủy của prôfin tới trục của dao phay trong tiết diện tương ứng, ví dụ, trong mặt phẳng III. Để tránh làm rối bản vẽ, không cần vạch những đường đồng tâm. Để xác định bán kính của nó, chỉ cần tìm điểm tiếp xúc của mỗi vòng tròn với đường cong trên tiết diện bề mặt rãnh. Như vậy sẽ biết các bán kính của dao phay cũng như những đoạn $g_1, g_2, g_3, \dots$, biểu diễn khoảng cách của những điểm tiếp xúc tương ứng tới hình chiếu trục mũi khoan (hình 4.33).

Để tìm những điểm của prôfin dao phay được nhanh chóng ta có thể dùng giấy can, trên đó vẽ những vòng đồng tâm như sẽ chỉ rõ sau khi mô tả phương pháp vẽ và tính.

Để thuyết minh, trên hình 4.34 thử dựng một điểm prôfin dao phay. Vòng tròn tâm O_1 tiếp xúc với đường cong của tiết diện tại điểm K. Vẽ tiếp vòng tròn cho đến khi cắt trục dao O_1 , được điểm M. Như vậy khoảng O_1M xác định một điểm prôfin dao phay, còn khoảng cách O_1P thì xác định một điểm của prôfin rãnh (hình elip) mũi khoan trong tiết diện thẳng góc với trục mũi khoan và đi qua trục dao phay. Đối với phần phụ của prôfin rãnh mũi khoan trong những mặt phẳng VII, VIII, XI, $\dots$ (hình 4.32), khi dựng những vòng tròn tiếp xúc trên hình chiếu E, cần đặt tâm dao phay O_1 sao cho khoảng cách của nó tới trục mũi khoan cũng bằng khoảng cách đó trên hình chiếu D. Cần chú ý rằng việc dựng hình chiếu E khó khăn hơn dựng hình chiếu D, vì ở đây dạng của những đường cong không đều và vì vậy khó vẽ được những vòng tiếp xúc với chúng.

Những khó khăn có thể gặp phải khi dựng những đường cong và đường tiếp xúc: thông thường thì biên dạng những đường cong trên hình chiếu D cho phép vẽ những đường tròn tiếp xúc với chúng, trong khi đó trên hình chiếu E không phải tất cả các đường cong đều có khả năng đó. Trong ví dụ này, không vẽ được vòng tròn tiếp xúc với đường cong XIII, còn đường cong XII chỉ cho phép vẽ trong điều kiện đường kính dao phay giảm đi rất nhiều. Đối với những tiết diện đó các bán kính của vòng tròn tiếp xúc cần phải xác định bằng cách khác.

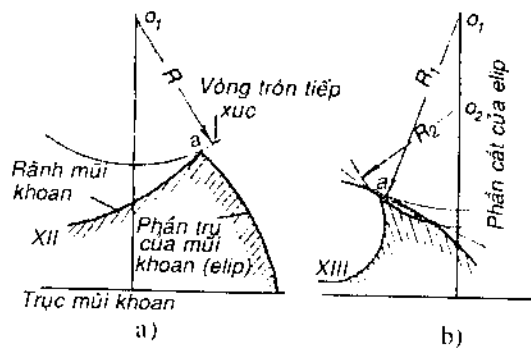
Để tránh hiện tượng cắt lẹm, vòng tiếp xúc với đường cong ở tiết diện XII cần phải vẽ hoặc cao hơn điểm a' hoặc đi qua điểm a' , nhưng trong bất kỳ trường hợp nào cũng không được thấp hơn điểm a' . Trong trường hợp thứ nhất sẽ giảm chiều rộng rãnh mũi khoan, điều đó là không nên. Trong trường hợp thứ hai, chiều rộng rãnh không đổi vì điểm ngoài a_{12} trên phần phụ của prôfin sẽ được tạo thành bởi điểm nằm trên vòng tròn bán kính R_{XII} của dao phay. Như vậy là đối với những đường cong không vẽ được vòng tiếp xúc thì cần thiết phải vẽ những vòng đó đi qua điểm cao nhất của đường cong. Khi đó, cần thiết phải kiểm tra những điểm đó trên hình chiếu E xem có thực sự tương ứng với những điểm trên giao tuyến của mặt phẳng



Hình 4.34 Xác định bán kính vòng tròn dao phay tiếp xúc với đường cong trên tiết diện rãnh mũi khoan.

cho trước với đường xoắn vít ngoài cùng trên hình chiếu D không. Điều đó thực sự xảy ra đối với những đường cong XII và XIII trong ví dụ đang xét. Do việc dựng hình như vậy, phần phụ của prôfin rãnh giữa những mặt cắt XI và XII có thể có hình dáng không đúng. Với mục đích làm tăng độ chính xác về dạng prôfin rãnh đối với những đoạn đó, nên vẽ nhiều mặt phẳng cắt để xác định những điểm phụ của prôfin dao phay.

Cũng cần thiết tiến hành kiểm tra với bán kính của dao phay đã chọn xem có xảy ra hiện tượng cắt vào thân (elip) mũi khoan hay không. Hình clip của mũi khoan bắt đầu từ những điểm phía trên của tiết diện XII và XIII. Ở đây có thể xảy ra hai trường hợp. Trường hợp thứ nhất (hình 4.35a) khi tâm của dao phay O_1 nằm ở bên trái so với điểm cao nhất a của prôfin rãnh, vòng tròn tiếp xúc đi qua điểm a hoàn toàn không lấn vào thân mũi khoan và không có hiện tượng cắt lẹm. Trong trường hợp thứ hai (hình 4.35b), khi vẽ vòng tròn đi qua một điểm, ta thấy nó cắt phần mũi khoan và lượng cắt lẹm vào càng lớn khi khoảng cách từ tâm tới hình chiếu của trục mũi khoan càng nhỏ. Có thể nhận thấy điều đó trên hình 4.35b, trong đó O_1 và O_2 là tâm của dao phay, còn R_1 và R_2 là bán kính của các vòng tròn. Khi có hiện tượng cắt lẹm thì cần chọn bán kính sao cho nó tiếp xúc với điểm cao nhất của elip mũi khoan, như thể hiện tượng cắt lẹm được khắc phục.



Hình 4.35 Kiểm tra hiện tượng cắt lẹm vào thân mũi khoan với bán kính đã cho của dao phay.

Như đã nói ở trên, đường cong của prôfin dao phay phụ thuộc vào nhiều yếu tố, khi thay đổi những yếu tố đó prôfin dao phay cũng sẽ thay đổi. Nếu cho trước hình dạng rãnh xoắn của mũi khoan, với những thông số nhất định (D , W , φ , d_0 cũng như chiều rộng rãnh) thì ứng với mỗi trị số góc giao nhau giữa các trục mũi khoan và dao phay sẽ có những đường cong hoàn toàn xác định của tiết diện rãnh mũi khoan (hình chiếu D và E trên hình 4.32). Tuy nhiên đối với mỗi trường hợp như thế mặc dù biến dạng của các đường cong không đổi vẫn có thể dựng khá nhiều prôfin dao phay. Biên dạng của những prôfin đó phụ thuộc vào đường kính dao phay hoàn toàn xác định và vào vị trí nhất định của trục dao, nghĩa là điểm S (tỷ số x/y theo hình 4.29). Với mỗi đường kính dao phay chọn trước, không được quy định vị trí tùy tiện của điểm S vì vị trí đó phụ thuộc vào điều kiện tiếp xúc đồng thời của mỗi đường cong của tiết diện rãnh mũi khoan, với một vòng tròn nhất định của dao phay trong mỗi mặt phẳng thẳng góc với trục dao; hơn nữa sự tiếp xúc đồng thời được thực hiện theo đường cong không gian. Tuy nhiên không phải bao giờ đường kính đã cho của dao phay cũng có thể đảm bảo sự tiếp xúc đồng thời và liên tục của các prôfin. Vì vậy khi thiết kế prôfin, cần tìm vị trí hợp lý của điểm S, việc đó thường đòi hỏi khá nhiều thời gian.

Xác định đường cong prôfin dao phay.

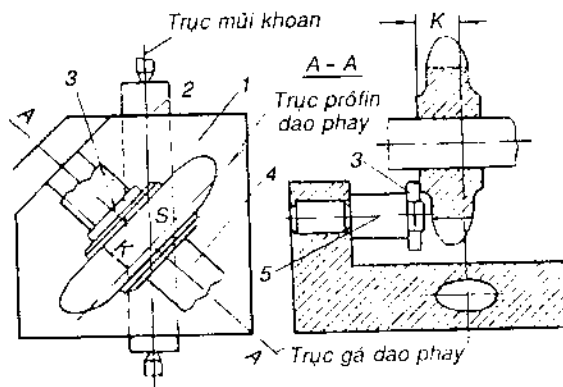
Để xác định các điểm của đường cong prôfin dao phay trên hình chiếu F (hình 4.36), kẻ đường thẳng (là hình chiếu của trục mũi khoan) và vẽ những đường thẳng khác thẳng góc với nó. Khoảng cách giữa các đường thẳng này phải lấy bằng khoảng cách giữa các mặt phẳng I, II, III, v...v. Lấy từ hình chiếu trục mũi khoan những đoạn $g_1, g_2, g_3, v...v$ trên những đường thẳng tương ứng và nối những điểm nhận được bằng một đường cong đều. Đường cong đó chính là prôfin cần tìm của dao phay.

Để tiện cho việc chế tạo đường, có thể thay đường cong bằng các cung tròn R_1, R_2 và một đường tiếp xúc với cung tròn R_2 , đường này nghiêng một góc α với đường thẳng đứng (thường lấy 10°) (hình 4.30 và hình 4.33). Sở dĩ kẻ đường thẳng tiếp tuyến vì đoạn prôfin này không tham gia vào việc tạo hình dáng mũi khoan. Những điểm tạo hình cuối cùng của prôfin dao phay nằm thấp hơn đoạn thẳng nghiêng 10° đó. Trong trường hợp này, điểm tạo hình cuối cùng nằm vào khoảng mặt phẳng XII. Đường thẳng nghiêng 10° của prôfin cần kẻ sao cho trong bất kỳ trường hợp nào nó cũng không chen vào mũi khoan.

Cần thiết phải so sánh prôfin dao phay nhận được với prôfin rãnh mũi khoan trong tiết diện đi qua trục OO (hình chiếu C, hình 4.32). Để dựng đường cong tiết diện, trên hình chiếu D và E cần đánh dấu những giao điểm của các đường cong I, II, III, v...v với trục dao phay (chính xác hơn là với hình chiếu của đường thẳng góc với trục mũi khoan kẻ từ tâm O) và đặt những khoảng cách của các điểm đó với hình chiếu của trục mũi khoan vào những mặt phẳng tương ứng I, II, III, v...v của hình chiếu F (hình 4.33), các khoảng cách này tính từ hình chiếu của trục mũi khoan.

Nối những điểm nhận được bằng một đường cong đều. Cần chú ý rằng đôi khi có thể có đường cong bị trục dao phay cắt 2 lần, ví dụ, đường XIII (hình chiếu E). Điều đó chứng tỏ rằng ở đây có hiện tượng rãnh bị lẹm sâu vào.

Để hoàn thiện bản vẽ, cần phải dựng hình elip tương ứng với vòng ngoài và vòng lõi của mũi khoan. Để dựng hình elip ngoài của mũi khoan (hình 4.32) về phía ngoài những đường xoắn vít (không phụ thuộc phạm vi rãnh) ta chọn dọc trên đường kéo dài của trục gá một số điểm phụ cách nhau những khoảng tùy ý. Trên hình chiếu F (hình 4.33) cũng với khoảng cách như thế kẻ những đường thẳng góc với hình chiếu trục mũi khoan về phía bên phải tiết diện I và về phía bên trái tiết diện XIII. Chiều những điểm đã chọn đó từ hình chiếu C sang vòng tròn ngoài của mũi khoan trên hình chiếu A (hình 4.30), sẽ nhận được các tung độ tương ứng. Đặt những tung độ đó từ hình chiếu mũi khoan lên những đường thẳng phụ đã chọn trên hình chiếu F.



Hình 4.36. Gá dao phay để phay rãnh xoắn mũi khoan.

Nội những điểm này, nhận được các đoạn elip ngoài của mũi khoan ở bên trái và bên phải.

Dựng elip lõi cũng tiến hành tương tự như vậy, chỉ khác là ở đây cần sử dụng vòng tròn của lõi khi xác định các tung độ. Như đã thấy trên các hình chiếu của lõi đi qua tiết diện VII, vì vậy dựng lõi sao cho tâm của nó nằm trên giao tuyến của hình chiếu trục mũi khoan với mặt phẳng VII. Hình elip lõi bao giờ cũng phải tiếp xúc với prôfin rãnh mũi khoan, trong khi đó nó chỉ tiếp xúc với prôfin dao phay trong trường hợp điểm S nằm trên giao tuyến của trục dao phay và đường xoắn vít tương ứng với đường kính lõi.

4.1.4.4. Gá đặt dao phay để phay rãnh xoắn mũi khoan

Để phay rãnh, dùng dao phay hót lưng hoặc dao phay răng nhọn. Vị trí của điểm S có thể đánh dấu bằng cách vạch trên một răng. Đối diện với vạch đó cần đặt một cái rà tâm nhọn khi gá đặt bàn máy. Hình 4.36 trình bày đồ gá để gia công dao phay. Vị trí điểm S được đặc trưng bởi lượng K. Lượng K này được đánh dấu trên đường của prôfin dao phay bằng 1 vạch. Đồ gá gồm bạc 1 lồng trên phôi mẫu. Dao phay lắp trên trục gá 4. Kích thước K được đảm bảo nhờ vòng đệm 3 lồng trên trục gá 5. Việc đặt trục gá 4 của dao phay với trục 5 thực hiện được nhờ cái rà tâm. Sau khi gá dao phay, rút bạc 1 ra và thay mẫu 2 bằng phôi.

4.1.4.5. Phương pháp thiết kế prôfin bằng đồ họa và giải tích

Phương pháp này do giáo sư V. M. Vôrôbev nghiên cứu dựa trên cơ sở đã trình bày ở phần trên. Đặc điểm của nó là việc dựng hình ít phức tạp hơn nhờ sử dụng các thang phụ cũng như dùng các tính toán giải tích thay cho việc dựng bằng hình vẽ. Theo phương pháp này việc dựng prôfin dao phay không những được nhanh chóng đúng đắn mà còn có thể phân tích được ảnh hưởng của tất cả thông số tới prôfin. Nó cho phép tìm được prôfin dao phay một cách nhanh chóng, đảm bảo hình thành đầy đủ toàn bộ prôfin rãnh xoắn mũi khoan.

Phương pháp đồ thị và giải tích bao gồm các giai đoạn thiết kế sau đây:

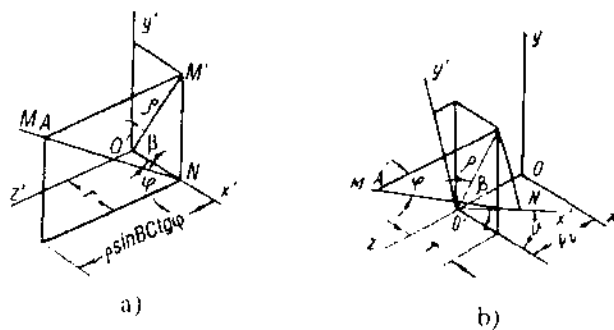
1) Xác định bằng giải tích đường cong của bề mặt xoắn vít của rãnh trong tiết diện mặt đầu.

2) Dựng những đường cong của bề mặt rãnh trong các tiết diện thẳng góc với trục dao phay.

3) Dựng prôfin dao phay.

Khi thiết kế theo phương pháp này các thông số đã cho cũng giống như trong phương pháp đồ họa.

a) Để nâng cao độ chính xác tạo hình phần chủ



Hình 4.37 Xác định tọa độ các điểm trên phần prôfin chủ yếu của rãnh mũi khoan trong tiết diện mặt đầu.

yếu của profin rãnh mũi khoan tại tiết diện mặt đầu, ta xác định tọa độ các điểm của đường cong đó bằng phương pháp tính.

Để xác định các phương trình cần thiết, đặt hai hệ tọa độ vuông góc sau đây:

- Hệ di động $x'y'z'$ (hình 4.37a).

Đường sinh của bề mặt xoắn rãnh mũi khoan được nghiên cứu trong hệ này.

- Hệ cố định trong khoảng không gian xy (hình 4.37b).

Hệ tọa độ thứ nhất (di động) cùng với đường sinh thực hiện chuyển động xoắn vít đối với hệ tọa độ thứ hai (cố định). Trục của hệ di động $O'z'$ trùng với trục Oz của hệ cố định và trục của rãnh mũi khoan. Cả hai hệ cùng có chung một hướng.

Thiết lập phương trình đường sinh của mặt xoắn trong hệ di động, sau đó chuyển sang hệ cố định. Để làm việc đó ta quay trục $O'x'$ và $O'y'$ tương đối với trục Oz đi một góc v và chuyển gốc tọa độ theo trục Oz 1 đoạn p_v (trong đó $p = \frac{H}{2\pi}$ là thông số của mặt xoắn vít).

Tọa độ một điểm bất kỳ của đường sinh trong hệ $x'y'z'$ được xác định như sau (MN song song với mặt phẳng $x'O'y'$ và cách mặt đó một khoảng bằng r):

$$x' = r = \rho \cos \beta;$$

$$y' = \rho \sin \beta;$$

$$z' = \rho \sin \beta \cot \varphi.$$

Trong đó:

φ - góc nghiêng của đường sinh đối với trục $O'z'$ hoặc đối với mũi khoan, đó là góc nghiêng chính, ví dụ $\varphi = 59^\circ$.

β - góc nghiêng giữa trục $O'x'$ và bán kính vectơ ρ của hình chiếu 1 điểm đã cho trên mặt phẳng $y'O'x'$.

Tọa độ một điểm bất kỳ của đường sinh trong hệ tọa độ xyz được biểu thị như sau:

$$x = \rho \cos(\beta + v)$$

$$y = \rho \sin(\beta + v)$$

$$z = \rho \cos \beta \cot \varphi + p_v$$

Các thông số β và v xác định vị trí của điểm trên mặt xoắn vít. Phương trình đường cong trên tiết diện mặt đầu mũi khoan tìm được bằng cách kết hợp giải phương trình của mặt xoắn vít và phương trình của mặt phẳng cắt đã cho.

Mặt cắt này xác định bởi khoảng cách của nó tới gốc tọa độ (theo dọc trục Oz). Nếu ký hiệu khoảng cách đó là e , thì để xác định đường cong chủ yếu trên tiết diện mặt đầu, tương ứng với lưỡi cắt, ta sẽ dùng các công thức sau đây:

$$x = \rho \cos(\beta + v)$$

$$y = \rho \sin(\beta + v)$$

$$v = \frac{e - \rho \sin \beta \cot \varphi}{\rho}$$

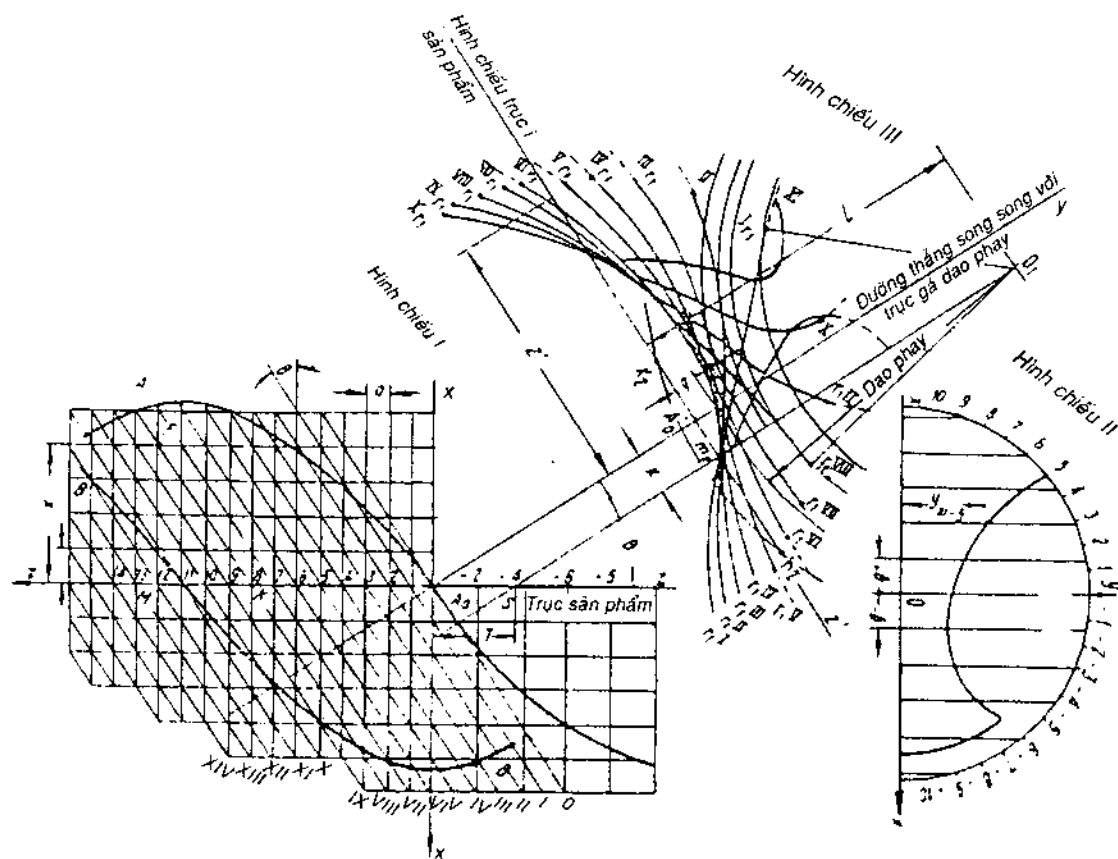
Đối với mũi khoan, lấy $e = 0$.

Để xác định tọa độ các điểm của đường cong trên tiết diện mặt đầu từ công thức $\cos \beta = \frac{r}{\rho}$ (từ công thức thứ nhất của phương trình mặt xoắn vít), có thể tính được trị số các góc β khi cho một loạt giá trị của ρ . Đưa những trị số này vào công thức tìm được trị số v . Sau đó, xác định tọa độ điểm của đường cong bằng cách thay các trị số của ρ , β , v trong các công thức của đường cong trên tiết diện mặt đầu.

Để thiết kế đầy đủ prôfin, nên kéo dài đường cong trên tiết diện mặt đầu ra khỏi phạm vi lưỡi cắt, nghĩa là thực hiện dựng hình với kích thước lớn hơn đường kính mũi khoan một chút ($20 \div 30\%$).

Để nâng cao độ chính xác của đường cong trên tiết diện mặt đầu, không nên thay nó bằng cung tròn. Phần còn lại của prôfin trên tiết diện mặt đầu cũng tìm theo phương pháp như đã trình bày ở trên.

b) Dựng những đường cong của bề mặt rãnh mũi khoan trong các tiết diện thẳng góc với trục dao phay. Để giảm nhẹ công việc và nâng cao độ chính xác, có thể tìm đường cong đó mà không cần dựng những đường xoắn vít của rãnh bằng cách sử dụng lưới giao tuyến của các mặt phẳng (hình 4.38).



Hình 4.38 Dựng những đường cong của bề mặt rãnh mũi khoan trong các tiết diện thẳng góc với trục dao phay.

Trên hình chiếu I trình bày 2 đường xoắn của rãnh ứng với mặt ngoài của mũi khoan: A-A đối với phần chủ yếu của profin và B-B đối với phần phụ. Hai đường đó giới hạn rãnh mũi khoan, cần chú ý rằng khi thiết kế không cần vẽ hình chiếu I, ở đây sẽ vẽ lên hình 4.38 là để thuyết minh về phương pháp mà thôi. Chọn điểm A_0 làm gốc toạ độ, trục Oz hướng theo mũi khoan. Cắt rãnh bằng những mặt phẳng 1, 2, 3, v...v, thẳng góc với trục mũi khoan và cách nhau một khoảng a bằng $\frac{H}{64}$ hoặc $\frac{H}{128}$, trong đó H là bước của xoắn vít. Những đường thẳng 1, 2, 3, v...v, là những vết của tiết diện mặt đầu.

Qua điểm A_0 , kẻ những đường thẳng song song với trục dao phay và làm với trục mũi khoan một góc θ . Để nâng cao độ chính xác khi dựng hình ta dùng giải tích để xác định những hoành độ các đường cong của tiết diện rãnh mũi khoan khi cắt chúng bằng những mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay.

Hoành độ của điểm bất kỳ (ví dụ, điểm F) trên giao tuyến của các mặt phẳng trong hệ toạ độ xOz (hình chiếu I) xác định theo công thức:

$$x = MF = MK \cdot \cotg \theta = (MA_0 - KA_0) \cdot \cotg \theta$$

Khoảng cách từ gốc toạ độ A_0 tới một mặt đầu bất kỳ (1, 2, 3, v...v.) bằng $a \cdot n$ trong đó n là số hiệu của tiết diện. Khoảng cách từ gốc toạ độ A_0 tới một mặt cắt bất kỳ (I, II, III, v...v.) đo dọc theo trục Oz là $a \cdot N$, trong đó N là số hiệu của tiết diện. Trong trường hợp này $MA_0 = a \cdot n$, $KA_0 = a \cdot N$. Do đó:

$$x = a \cdot \cotg \theta (n - N) = b(n - N)$$

Trong đó a là khoảng cách giữa các tiết diện mặt đầu.

Trị số $b = a \cdot \cotg \theta$ là hằng số đối với tất cả các điểm của mặt xoắn vít.

Theo công thức trên lập được bảng các trị số của hoành độ trong mặt phẳng xOy (bảng 4.7).

Bảng 4.7 cần thiết để xác định tung độ các đường cong tiết diện.

Bảng 4.7 Các trị số hoành độ trong mặt phẳng

N ^o tiết diện	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0	0	-b	-2b	-3b	-4b	-5b	-6b	-7b	-8b
1	b	0	-b	-2b	-3b	-4b	-5b	-6b	-7b
2	2b	b	0	-b	-2b	-3b	-4b	-5b	-6b
3	3b	2b	b	0	-b	-2b	-3b	-4b	-5b
4	4b	3b	2b	b	0	-b	-2b	-3b	-4b
5	5b	4b	3b	2b	b	0	-b	-2b	-3b
6	6b	5b	4b	3b	2b	b	0	-b	-2b
7	7b	6b	5b	4b	3b	2b	b	0	-b
8	8b	7b	6b	5b	4b	3b	2b	b	0
9	9b	8b	7b	6b	5b	4b	3b	2b	b
10	10b	9b	8b	7b	6b	5b	4b	3b	2b
v.v...									v.v...

Trên hình chiếu II, kẻ những đường thẳng về cả hai phía đối với trục yy và cách trục những khoảng tương ứng $b, 2b, 3b, \dots$. Những đường thẳng này là hình chiếu những giao tuyến của các mặt phẳng 1, 2, 3 với các mặt phẳng I, II, III, $\dots$ trên mặt phẳng xOy.

Để xác định hoành độ các điểm trên giao tuyến các mặt phẳng của những đường cong tiết diện rãnh trong hệ phẳng y'O'z' cần phải tính lại hoành độ x khi chuyển từ hệ toạ độ xOy sang hệ toạ độ y'O'z' (hình chiếu III, hình 4.38).

Hoành độ z của điểm F trong hệ y'O'z' được xác định như là tổng các hình chiếu của đoạn FM và MA₀ theo hướng thẳng góc với hình chiếu trục dao phay:

$$z' = a.n.\sin\theta + x.\cos\theta = a.n.\sin\theta + a.\cot\varphi(n - N).\cos\theta$$

(ở chỗ $\cot\varphi$ đúng ra là $\cot\theta$).

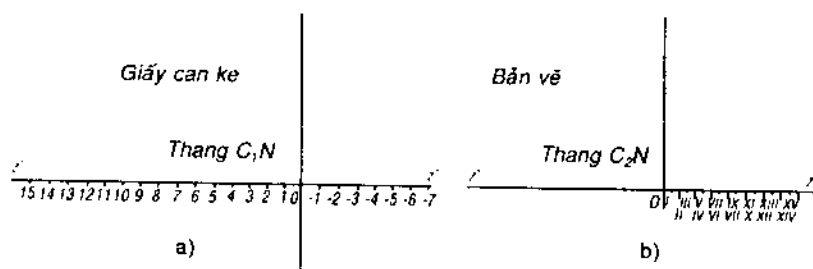
hoặc
$$z' = \frac{a}{\sin\theta}n - \frac{a.\cos^2\theta}{\sin\theta}N = C_1n - C_2N$$

Đối với mỗi trường hợp thiết kế prôfin, các hệ số C_1 và C_2 là những hằng số.

Sự tính toán hoành độ z' và việc áp dụng chúng khi dựng đường cong cần tìm của các tiết diện đòi hỏi nhiều công sức và có khả năng xuất hiện nhiều sai số phụ, vì vậy ở đây nên theo phương pháp vẽ nhờ hai thang tính toán.

Đặt các trị số C_1n lên giấy can (hình 4.39a) còn các trị số C_2N đặt lên bản vẽ (hình 4.39b), các hoành độ z' nhận được bằng cách trừ sau khi đặt các thang này trùng lên nhau. Trên tờ giấy can theo thang C_1n , ta đặt các tung độ tương ứng của các đường cong tiết diện lên trên những đường thẳng vuông góc với trục z'x'.

Để xác định các tung độ, trên giấy can vẽ riêng prôfin của tiết diện mặt đầu mũi khoan (hình 4.40a) và vẽ riêng trên giấy thường vòng tròn đường kính bằng đường kính mũi khoan (hình 4.40b). Cả hai bản vẽ đều cùng một tỷ lệ. Trên vòng tròn vẽ lưới các trị số b và vẽ cả hai phía đối với tâm O, chia ra những vạch cách nhau $\frac{\pi.D}{m}$, trong đó D - đường kính mũi khoan, m - số vạch chia (ví dụ, $m = 64$). Những điểm đặt từ 0, ngược chiều kim đồng hồ mang ký hiệu 1, 2, 3, $\dots$, còn theo chiều kim đồng hồ: -1, -2, -3, $\dots$.



Hình 4.39 Các thang phụ xác định hoành độ các điểm trên đường cong của tiết diện rãnh mũi khoan.

Để tránh sai sót khi dựng hình, cần nhớ rằng trên hình 4.38 và 4.40 dùng các số để ký hiệu các vạch chia, bằng $\frac{\pi.D}{m}$, trong khi đó thì những đường thẳng kẻ song song với trục Oy cách trục này và cách nhau những khoảng tương ứng $b, 2b, 3b, \dots v$, là hình chiếu trên mặt phẳng xOy của những giao tuyến giữa các mặt đầu 1, 2, 3, $\dots v$ với các mặt phẳng I, II, III, $\dots v$, thẳng góc với trục dao phay. Khi đặt tờ giấy can lên thì những đường cong profin rãnh mũi khoan nằm trên các mặt phẳng 1, 2, 3, $\dots v$, sẽ đi qua những điểm chia 1, 2, 3, $\dots v$, ghi trên vòng ngoài của mũi khoan. Đặt tờ can lên bản vẽ sao cho điểm M (chỉ trên hình 4.41) trùng với vạch chia tương ứng trên vòng tròn 1, 2, 3, $\dots v$, ví dụ, trên hình chiếu II, điểm M của bản can trùng với điểm 5 của bản vẽ, ứng với các tiết diện mặt đầu $n = 5$. Giao điểm của đường cong với hoành độ $x = 2b = b(n-N)$ xác định tung độ $y_{III,5}$ của tiết diện rãnh trong mặt phẳng III-III. Dùng compa đo tung độ đó và đặt trực tiếp lên bản vẽ có thang C_2N (hình 4.39b).

Bây giờ chuyển sang cách dựng các đường cong của rãnh mũi khoan trong các tiết diện thẳng góc với trục dao phay.

Tiến hành dựng trên tờ giấy vẽ (hình 4.39b). Sau khi dựng bản vẽ sẽ có dạng của hình chiếu III, như đã trình bày trên hình 4.38.

Trên tờ giấy vẽ, kẻ trục toạ độ O'y' và O'z', trong đó z'z' là hình chiếu trục mũi khoan trên mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay.

Trục z'z' được bố trí song song với trục dọc của bản vẽ. Để tiện dựng hình, góc toạ độ O' (A'_0) bố trí lệch về phía bên phải khoảng $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ chiều dài tờ giấy. Tính các giá trị C_2N và đặt trục theo trục z'z' về phía bên phải gốc O'. Ký hiệu của các vạch là I, II, III, $\dots v$, và có ghi dấu (dấu tương ứng với hướng về phía bên trái điểm O').

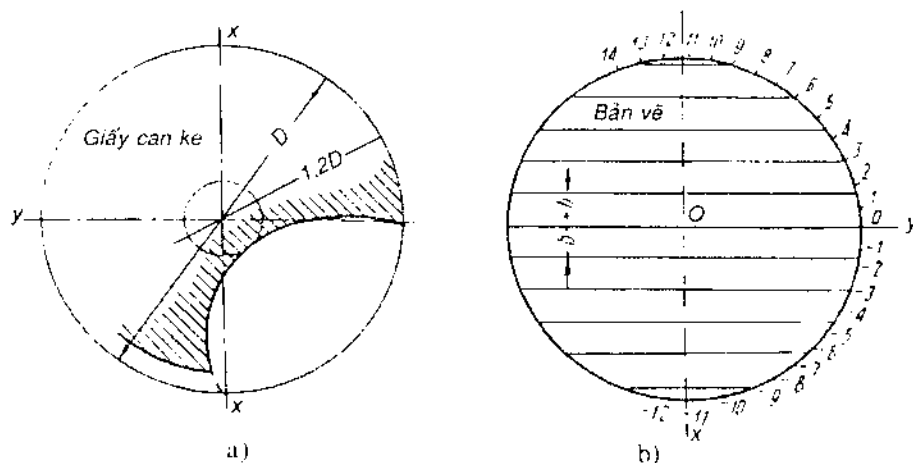
Trên tờ can (hình 4.39a), kẻ các trục toạ độ O'y' và O'z'. Đặt các giá trị C_1n theo hướng từ phải qua trái đối với O' dọc theo trục z'z'. Ký hiệu của các vạch là các số 1, 2, 3, $\dots v$.

Để làm ví dụ xét cách xác định một điểm của đường cong trong tiết diện III ($N = 3$). Đặt bản can (hình 4.39a) lên bản vẽ (hình 4.39b) để cho trục z'z' của hai bản trùng nhau. Sau đó ta dịch bản can dọc trục cho tới khi điểm III trên bản vẽ trùng với điểm O' trên bản can. Tại vị trí này bản can và bản vẽ sẽ đứng yên cho đến khi ta dựng xong đường cong trong tiết diện III.

Để dựng tung độ, sử dụng hình 4.40a (bản can) và hình 4.40b (bản vẽ). Các tung độ nằm trên các đường thẳng song song với trục yy và cách trục những khoảng $x = b(n - N)$.

Trong công thức, N là hằng số bằng 3, do đó khi tính tung độ chỉ cần thay đổi n, nghĩa là thay đổi số hiệu của tiết diện mặt đầu. Chọn các trị số $n = 1, 2, 3, \dots v$, cho tới khi x lớn hơn nửa đường kính mũi khoan. Đối với mỗi trị số n ta tìm được tung độ theo phương pháp đã mô tả ở trên, đo bằng compa và đặt vào bản vẽ cơ sở (hình 4.38) trên đó dùng phương pháp can trên bản can, sẽ định được vị trí của điểm tung độ. Tiến hành như vậy đối với tất cả mọi điểm trên đường đã cho. Các điểm trên mọi đường của tiết

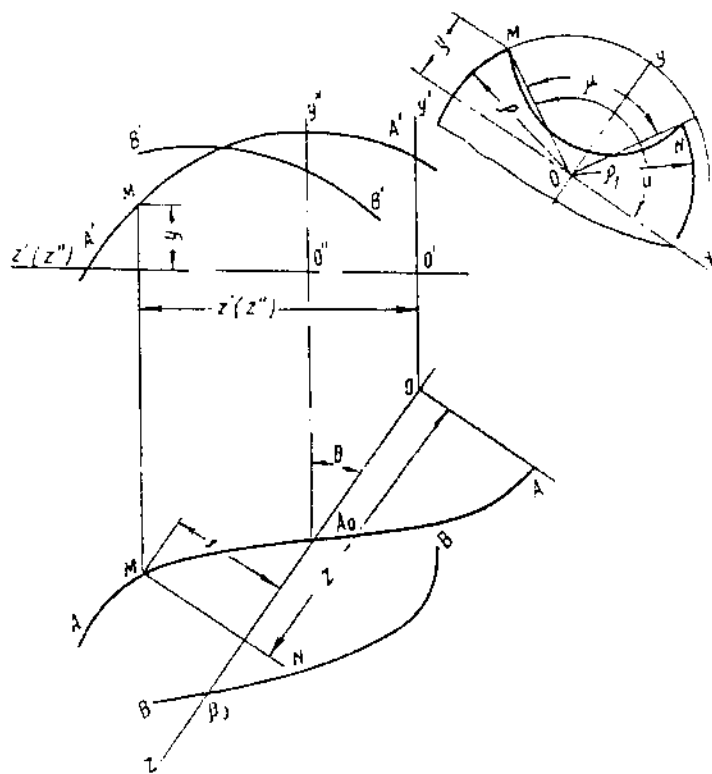
diện rãnh mũi khoan thẳng góc với trục dao phay, đều được xác định một cách tương tự. Để có được prôfin đúng của dao phay, đối với mỗi đường cong tiết diện, nên dựng thêm đủ chỉ một điểm trên mỗi đầu cùng của đường cong ở những đoạn phía ngoài mặt ngoài cùng của rãnh. Có thể lấy những điểm đó trên hình trụ có đường sinh lớn hơn đường kính mũi khoan $20 \div 30\%$ là đủ.



Hình 4.40 Các vòng tròn phụ để xác định tung độ của đường cong tiết diện rãnh mũi khoan.

Những đường cong nhận được là những giao tuyến của rãnh xoắn với các mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay. Những đường này được đưa về một mặt phẳng.

Sau khi dựng xong tất cả những đường cong tiết diện ở hình chiếu phía trên (hình 4.41), còn cần dựng những đường $A'A'$ và $B'B'$, đó là những hình chiếu trên mặt phẳng $y'O'z'$ của các đường xoắn vít AA và BB của rãnh, ứng với đường kính ngoài của mũi khoan (hình 4.38 và 4.39).



Hình 4.41 Xác định tọa độ các điểm trên những đường cong giới hạn prôfin rãnh mũi khoan.

Phương trình của những đường cong AA và BB trong hệ tọa độ được biểu diễn theo công thức sau:

Đối với đường cong AA:

$$x = \rho \cdot \cos u$$

$$x = \rho \cdot \sin u$$

$$z = \rho \cdot u$$

Đối với đường cong BB:

$$x = \rho \cdot \cos(u - \mu)$$

$$x = \rho \cdot \sin(u - \mu)$$

$$z = \rho \cdot u$$

Để chuyển từ hệ tọa độ xyz sang hệ tọa độ x'y'z', dùng những công thức chuyển trục sau đây (trục O'y' trùng với trục Oy):

$$x = x \cdot \sin \theta + z \cdot \cos \theta$$

$$z = x \cdot \cos \theta + z \cdot \sin \theta$$

Như vậy phương trình của các đường cong A'A' và B'B' của rãnh xoắn trên hình 4.41 sẽ là:

Đối với đường cong A'A'

$$y' = \rho \cdot \sin u$$

Đối với đường cong B'B'

$$y = \rho_1 \cdot \sin(u - \mu)$$

Các hoành độ z' ứng với mỗi đường cong được xác định theo công thức:

Đối với đường cong A'A'

Đối với đường cong B'B'

$$z' = \rho \cdot u \cdot \sin \theta - \rho \cdot \cos u \cdot \cos \theta - \rho \cdot \frac{\pi}{2} \sin \theta \quad ; \quad z' = \rho \cdot u \cdot \sin \theta - \rho_1 \cdot \cos(u - \mu) \cdot \cos \theta - \rho \cdot \frac{\pi}{2} \sin \theta$$

Các công thức trên có thêm thành phần $-\rho \frac{\pi}{2} \sin \theta$ vì góc tọa độ đặt tại điểm A₀ (A₀ ở hình chiếu dưới).

ρ và ρ_1 là bán kính của các vòng tròn ứng với những đường xoắn AA và BB trong hình chiếu phía trên. Góc μ nằm giữa các bán kính kẻ qua điểm M và N (hình 4.41). Các trị số μ , ρ và ρ_1 đều đã biết trước. Nếu cho góc u các trị số khác nhau (ví dụ, từ $\frac{\pi}{2}$ đến π) thì có thể dựng được những đường cong A'A' và B'B'.

Các điểm nút (ký hiệu trên hình 4.38 là r₁) của giao tuyến giữa rãnh mũi khoan và các mặt phẳng thẳng góc với trục dao phay được đưa về một mặt phẳng, tập hợp những điểm nút đó tạo thành đường cong A'A' và B'B'.

c) Dựng profile dao phay.

Như đã trình bày ở trên, những đường cong trên bề mặt xoắn vít của rãnh mũi khoan và những vòng tròn tương ứng của dao phay trong các tiết diện thẳng góc với trục dao tiếp xúc với nhau theo đường cong không gian.

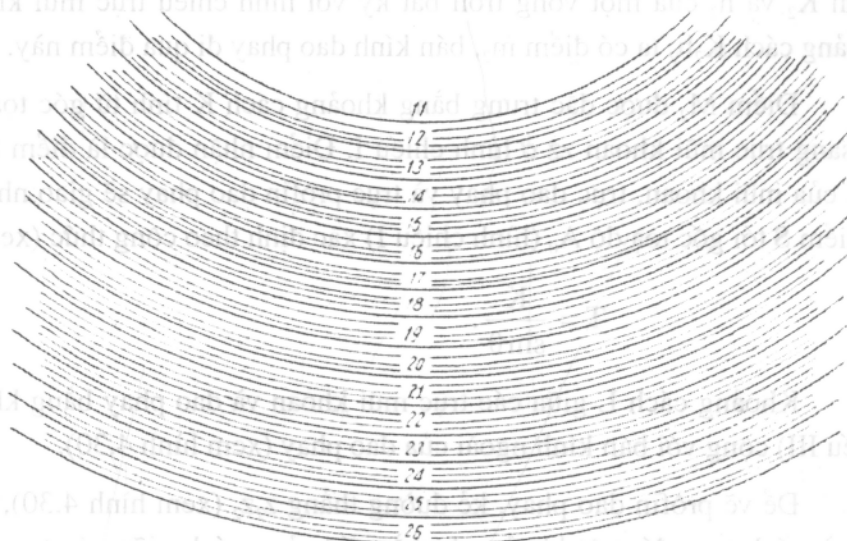
Profin cần tìm của dao phay sẽ chỉ tạo thành bề mặt xoắn vít cho trước của rãnh nếu trong mọi tiết diện, thẳng góc với trục dao phay, đều có sự tiếp xúc của những đường cong rãnh với các vòng tròn dao phay. Sự tiếp xúc phải xảy ra lần lượt và liên tục. Với đường kính cho trước của dao phay thì vị trí của trục dao, đặc trưng bởi điểm S, không thể chọn tùy ý được mà hoàn toàn xác định. Từ đây ta thấy rằng đường kính dao phay và vị trí của điểm S liên quan chặt chẽ với nhau. Đối với mỗi đường xoắn cho trước của rãnh mũi khoan thì sự lựa chọn hợp lý trị số của chúng tùy thuộc vào góc θ , góc giao nhau giữa các trục, ứng với mỗi góc θ không phải chỉ có một profin dao phay mà là nhiều profin khác nhau. Về mặt này việc lựa chọn các tiết diện đầu và cuối đóng vai trò đáng kể. Khi thiết kế có thể xảy ra trường hợp không đảm bảo được sự tiếp xúc của đường cong tiết diện rãnh với vòng tròn ở tiết diện đầu, ví dụ như tiết diện thứ nhất, cũng như ở tiết diện cuối, ví dụ như tiết diện thứ bảy. Trong trường hợp đó, ta sẽ nhận được những điểm tiếp xúc trong các tiết diện giới hạn khác, ví dụ II-III đối với điểm tiếp xúc đầu tiên và VIII-X đối với điểm cuối bằng cách dịch tờ giấy can có những vòng tròn đồng tâm (hình 4.42).

Dạng profin dao phay khác nhau tùy theo việc chọn tiết diện nào làm tiết diện đầu và cuối.

Để dễ chọn đường kính hợp lý của dao phay, nên dùng tờ giấy can có vẽ những vòng tròn đồng tâm, trong đó đường kính lớn nhất lấy lớn hơn đường kính dao phay đã chọn chừng $30 \div 40\%$. Lượng dự trữ đó cần thiết trong trường hợp phải chọn đường kính lớn hơn so với đường kính đã giả thiết. Đường kính nhỏ nhất phải bằng hoặc nhỏ hơn đường kính của gờ dao phay. Những vòng tròn vẽ theo tỷ lệ như đã lấy đối với toàn bộ việc dựng hình.

Trên tờ giấy can vạch những vòng tròn trung gian cách đều nhau (ví dụ 2,5mm). Trên tất cả các vòng tròn đều có ghi đường kính của chúng, hình 4.42.

Do vẽ theo tỷ lệ lớn hơn nên tâm



Hình 4.42 Dựng những vòng tròn đồng tâm.

các vòng tròn thường vượt ra ngoài phạm vi tờ can, tuy nhiên điều đó không gây khó khăn gì thêm khi thiết kế. Để xác định bán kính các vòng tròn tiếp xúc với các đường trên tiết diện rãnh (xem hình chiếu II, hình 4.38) sao cho đảm bảo thực hiện được những điều kiện sau đây:

- Vòng tròn dao phay có đường kính bằng đường kính gờ dao phay (có tính đến độ hở, lượng dư trừ để mài sắc lại) không được tiếp xúc và không cắt một đường cong nào của tiết diện rãnh, kể cả các đường xoắn A'A' và B'B'. Vòng tròn này phải nằm cách hình chiếu trục mũi khoan một khoảng bằng $R_0 + r$, trong đó R_0 là bán kính của nó và r là bán kính mũi khoan.

- Vòng tròn có bán kính lớn hơn bán kính gờ dao phay phải tiếp xúc với I trong những đường cong tạo bởi các tiết diện đầu I, II, II...v...v. tại điểm r_1 , điểm này thuộc về hình trụ ngoài của mũi khoan, ví dụ, trong trường hợp này sự tiếp xúc xảy ra trong tiết diện I tại điểm r_1 .

- Đồng thời một vòng tròn khác nào đó phải tiếp xúc cũng tại điểm r_1 với đường cong ở một trong các tiết diện sau cùng VII, VIII, v...v..

Thỏa mãn được những điều kiện đó thường là đủ để đảm bảo sự tiếp xúc giữa những vòng tròn trung gian với những đường cong tương ứng của prôfin rãnh mũi khoan. Khi dựng hình, nếu đường tiếp xúc đi qua toàn bộ bề mặt rãnh xoắn một cách lần lượt và liên tục thì điều đó chứng tỏ prôfin đã cho của dao phay có khả năng gia công đầy đủ toàn bộ rãnh mũi khoan. Vòng tròn có đường kính đã chọn lớn nhất sẽ là đường kính ngoài của dao phay.

Nếu tâm O_1 của dao phay nằm trong phạm vi bản vẽ thì từ O_1 kẻ đường thẳng góc với hình chiếu trục mũi khoan $z'z'$ (hình 4.38). Nếu O_1 nằm ngoài bản vẽ, ta tìm giao điểm K_2 và h_2 của một vòng tròn bất kỳ với hình chiếu trục mũi khoan $z'z'$. Chia đôi khoảng cách K_2h_2 ta có điểm m_2 , bán kính dao phay đi qua điểm này.

Điểm M_2 được đặc trưng bằng khoảng cách K tính từ gốc tọa độ A'_0 . Đưa điểm đó sang trục mũi khoan zz ở hình chiếu I. Điểm nhận được là điểm S, qua điểm đó các trục của mũi khoan, trục dao phay và trục prôfin dao phay sẽ giao nhau. Khoảng cách T từ điểm S tới gốc tọa độ A_0 (hình chiếu I) xác định theo công thức (xem hình 4.38):

$$T = \frac{K}{\sin \theta}.$$

Khoảng cách L giữa các trục mũi khoan và dao phay bằng khoảng cách q (hình chiếu III) cộng với bán kính ngoài của dao phay (xem hình 4.30).

Để vẽ prôfin dao phay, kẻ đường thẳng z_2z_2 (xem hình 4.30), song song với trục gá và cách trục đó một khoảng L , bằng khoảng cách giữa các trục của mũi khoan và dao phay. Trong trường hợp đó, khoảng cách từ trục mũi khoan tới mỗi điểm của prôfin trong các tiết diện khác nhau sẽ bằng hiệu số $L - R_x$ (trong đó R_x - bán kính của vòng

tròn tiếp xúc, ứng với tiết diện mà ta xét). Trên đường thẳng z_2z_2 đặt các đoạn có chiều dài ($\arccos \theta$) bằng khoảng cách giữa các mặt phẳng I, II, III, v.v... và kẻ qua các điểm chia đó những đường thẳng vuông góc với trục z_2z_2 . Trên những đường thẳng này đặt các trị số $L - R_x$. Sau khi đặt các điểm này, nối chúng bằng một đường cong đều: đường cong đó chính là prôfin dao phay. Bán kính các vòng tròn tiếp xúc xác định bằng cách đo trực tiếp trên bản vẽ. Nếu có một số đường cong không tiếp xúc với vòng tròn đồng tâm nào đó, thì bán kính của vòng tròn tiếp xúc với đường cong được xác định bằng cách nội suy. Để vẽ hình đáng được nhanh, có thể dùng compa để đặt trực tiếp các trị số $L - R_x$. Như vậy việc vẽ sẽ tương tự như đã xét trên kia (xem hình 4.42).

Xác định prôfin dưỡng cho dao phay.

Về mặt lý thuyết thì đối với mỗi kích thước mũi khoan cần phải có 1 dao phay riêng. Như vậy trong sản xuất cần có nhiều loại dao phay cũng như dưỡng và dao tiện để chế tạo những dao phay đó.

Trong thực tế người ta dùng 1 con dao phay cho mỗi nhóm mũi khoan nhất định có đường kính khác nhau. Ví dụ, tất cả các mũi khoan có đường kính từ 0,25 tới 52 mm chia ra làm 10 nhóm, trong sản xuất chuyên môn hóa mỗi nhóm được chế tạo trên một kiểu máy nhất định. Mỗi nhóm lại chia ra các nhóm nhỏ như trong bảng 4.8.

Đối với mỗi nhóm nhỏ, ta thiết kế 1 prôfin dao phay có bán kính quy ước 200 mm và xác định mọi kích thước cần thiết cho dưỡng. Chọn đường kính không thay đổi của mũi khoan bằng 200 mm là nhằm: một là với kích thước đó, bản vẽ đủ sáng sủa và gọn gàng; hai là, tỷ lệ vẽ sẽ tỷ lệ nghịch với đường kính mũi khoan, nghĩa là đối với mũi khoan bé thì tỷ lệ đó lớn còn đối với mũi khoan to thì tỷ lệ đó nhỏ. Điều đó thuận tiện cho việc dựng hình và đảm bảo độ chính xác thống nhất đối với các kích thước lớn và nhỏ của mũi khoan.

Sau đó, đối với mỗi nhóm nhỏ làm một dưỡng chung. Bảng 4.8 cho số lượng prôfin dao phay ứng với những mũi khoan có đường kính quy ước 200 mm và số lượng dưỡng cần thiết cho mỗi nhóm.

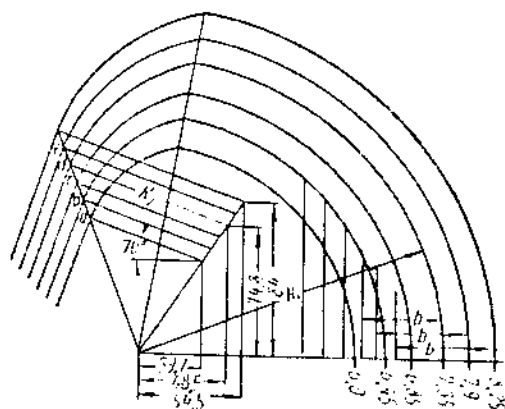
Như đã thấy trong bảng 4.8, đối với toàn bộ khoảng đường kính mũi khoan từ 0,25 đến 52 mm dù sao cũng cần có một số lớn prôfin dao phay (ít nhất là 24). Có thể giải thích điều đó do sự thay đổi kích thước prôfin dao phay không tỷ lệ với đường kính mũi khoan, vì góc nghiêng của rãnh xoắn không phải là một hằng số đối với mọi kích thước của các mũi khoan mà thay đổi trong khoảng từ 10° đến 33° .

Việc xác định các kích thước prôfin của dưỡng tiến hành như sau: để có tỷ lệ lấy trị số số học trung bình (tính toán) của đường kính mỗi nhóm nhỏ và chia cho 200.

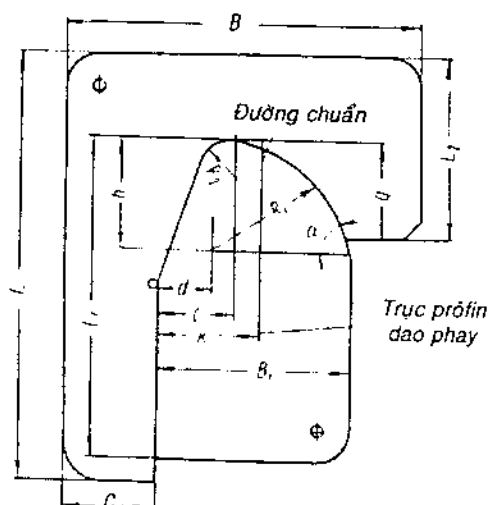
Kích thước của dưỡng được xác định bằng cách lấy các yếu tố của prôfin dao phay cho mũi khoan 200 mm nhân với tỷ lệ tìm được.

Bảng 4.8 Sự phân chia mũi khoan theo nhóm

Số nhóm	Đường kính mũi khoan theo các nhóm, mm	Đường kính mũi khoan theo các nhóm, mm	Số lần dựng prôfin dao phay và đường đối với mũi khoan đường kính 200 mm
I	2	3	4
I	0,25 ÷ 0,50	0,25 ÷ 0,31 0,32 ÷ 0,40 0,41 ÷ 0,51	3 nhóm nhỏ Một lần dựng, 3 đường
II	0,50 ÷ 1,0	0,51 ÷ 0,69 0,70 ÷ 0,86 0,87 ÷ 1,00	3 nhóm nhỏ Một lần dựng, 3 đường
III	1,00 ÷ 1,5	1,01 ÷ 1,25 1,26 ÷ 1,50	2 nhóm nhỏ 2 lần dựng, 2 + 2 đường
IV	1,50 ÷ 3,0	6 nhóm nhỏ cách nhau 0,25mm	2 lần dựng, 6 + 6 đường
V	3,00 ÷ 6,0	11 nhóm nhỏ cách nhau 0,3 và 0,2mm (ở cuối nhóm cách nhau 0,3; 0,5; 0,8)	2 + 2 lần dựng, 11 + 11 đường
VI	6 ÷ 10	8 nhóm nhỏ cách nhau 0,5mm	2 + 2 lần dựng, 8 + 8 đường
VII	10 ÷ 15	10 nhóm nhỏ cách nhau 0,5mm	2 lần dựng, 10 + 10 đường
VIII	15 ÷ 24	18 nhóm nhỏ cách nhau 0,5mm	2 lần dựng, 18 + 18 đường
IX	24 ÷ 39	15 nhóm nhỏ cách nhau 1mm	2 + 2 lần dựng, 14 + 15 đường
X	39 ÷ 52	13 nhóm nhỏ cách nhau 1mm	2 lần dựng, 13 đường



Hình 4.43 Vẽ các kích thước của đường cho mũi khoan có đường kính từ 6 tới 8,5mm.



Hình 4.44 Các kích thước của đường đo và đường kiểm cho dao phay rãnh mũi khoan.

Giả sử cần xác định kích thước prôfin đường đối với mỗi nhóm nhỏ mũi khoan từ 0,25 tới 0,31 mm. Ta dựng hình với đường kính trung bình của nhóm này, nghĩa là các mũi khoan từ 0,25 đến 0,5 mm, prôfin dao phay có tỷ lệ sao cho khi dựng hình đường

kính mũi khoan sẽ lấy bằng 200 mm. Do đó ta có đường kính trung bình để dựng hình là 0,375 mm, tỷ lệ để dựng theo mũi khoan 200 mm bằng 533. Sau khi dựng xong mũi khoan 200 mm chuyển sang xác định kích thước đường cho nhóm nhỏ $0,25 \div 0,31$ mm. Đường kính trung bình của nhóm nhỏ là 0,28 mm, tỷ lệ 0,0014.

Từ đó, bằng cách lấy các kích thước prôfin dao phay nhận được khi dựng hình cho mũi khoan 200 mm đem nhân lại với tỷ lệ 0,0014, sẽ nhận được các kích thước prôfin của đường đối với khoảng đường kính mũi khoan từ 0,25 tới 0,31 mm.

Hình 4.43 trình bày cách vẽ các kích thước của đường cho mũi khoan $6 \div 8,5$ mm.

Chế tạo đường theo sơ đồ này rất đơn giản nhờ tính tỷ lệ của tất cả các kích thước. Trong trường hợp này có thể sử dụng máy phóng hình. Tỷ lệ chuyển kích thước của đường là thông số theo đó chế tạo mẫu chép hình của máy phóng.

Bảng 4.9 cho các kích thước đường đo và đường kiểm dùng cho dao phay rãnh mũi khoan (hình 4.44).

Bảng 4.9. Đường đo và đường kiểm dùng cho dao phay rãnh mũi khoan (hình 4.44)

Đường kính mũi khoan, mm	B_1	R_1	R_2	d	c	k	h	g
3 - 3,3	3,53	2,16	0,68	1,37	1,95	2,18	2,07	2,1
3,3 - 3,5	3,72	2,33	0,73	1,39	2,02	2,27	2,23	2,3
3,5 - 3,8	3,93	2,50	0,79	1,43	2,10	2,37	2,39	2,4
3,8 - 4,0	4,12	2,67	0,84	1,45	2,15	2,45	2,56	2,6
4,0 - 4,3	4,15	2,47	1,05	1,68	2,30	2,55	2,39	2,4
4,3 - 4,5	4,34	2,62	1,11	1,72	2,48	2,65	2,54	2,6
4,5 - 4,8	4,53	2,77	1,17	1,76	2,45	2,74	2,69	2,7
4,8 - 5,0	4,72	2,92	1,24	1,80	2,53	2,84	2,83	2,9
5,0 - 5,3	5,41	3,07	1,30	2,34	3,11	2,93	2,98	3,0
5,3 - 5,5	5,60	3,22	1,36	2,38	3,18	3,52	3,12	3,2
5,5 - 6,0	5,87	3,43	1,45	2,44	3,30	3,66	3,32	3,3
6,0 - 6,5	6,32	3,80	2,08	2,52	4,02	4,02	3,78	3,8
6,5 - 7,0	6,70	4,10	2,25	2,60	4,22	4,22	4,08	4,1
7,0 - 7,5	7,08	4,40	2,42	2,68	4,42	4,42	4,38	4,4
7,5 - 8,0	7,97	4,71	2,58	3,26	5,12	5,12	4,68	4,7
8,0 - 8,5	8,63	5,33	2,75	3,30	4,23	4,23	5,23	5,25
8,5 - 9,0	9,03	5,66	2,91	3,37	4,42	4,42	5,55	5,65
9,0 - 9,5	9,43	5,98	3,08	3,45	4,62	4,62	5,87	5,90
9,5 - 10,0	9,83	6,30	3,25	3,53	4,82	4,82	6,19	6,20
10,0 - 10,5	7,84	6,15	1,33	1,69	3,07	5,38	5,95	5,8
10,5 - 11,0	8,18	6,45	1,40	1,73	3,18	5,60	6,24	6,1
11,0 - 11,5	8,51	6,75	1,46	1,76	3,27	5,80	6,53	6,4
11,5 - 12,0	8,86	7,05	1,53	1,81	3,39	6,03	6,82	6,7
12,0 - 12,5	9,19	7,35	1,59	1,84	3,49	6,25	7,11	7,0
12,5 - 13,0	9,52	7,65	1,66	1,87	3,59	6,45	7,40	7,3
13,0 - 13,5	9,86	7,95	1,72	1,91	3,69	6,67	7,69	7,6
13,5 - 14,0	10,21	8,25	1,79	1,96	3,81	6,90	7,98	7,8
14,0 - 14,5	10,54	8,55	1,85	1,99	3,91	7,12	8,27	8,1
14,5 - 15,0	10,87	8,85	1,92	2,02	4,01	7,33	8,56	8,4
15,0 - 15,5	11,93	8,44	1,83	3,49	4,02	5,28	8,43	6,4
15,5 - 16,0	12,79	8,72	1,89	3,57	4,12	5,42	8,70	6,6
16,0 - 16,5	12,65	9,00	1,95	3,65	4,22	5,56	8,98	6,8

Tiếp bảng 4.9

Đường kính mũi khoan, mm	B_1	R_1	R_2	d	c	k	h	g
16,5 - 17,0	13,00	9,27	2,01	3,73	4,32	5,70	9,26	7,0
17,0 - 17,5	13,40	9,55	2,07	3,85	4,45	5,87	9,53	7,2
17,5 - 18,0	13,73	9,83	2,13	3,90	4,52	5,98	9,81	7,4
18,0 - 18,5	14,08	10,10	2,19	3,98	4,62	6,12	10,08	7,6
18,5 - 19,0	14,43	10,38	2,25	4,05	4,71	6,26	10,36	7,8
19,0 - 19,5	14,48	10,66	2,31	4,14	4,81	6,40	10,64	8,0
19,5 - 20,0	15,16	10,94	2,37	4,22	4,91	6,54	10,91	8,2
20,0 - 20,5	15,51	11,21	2,43	4,30	5,01	6,68	11,91	8,4
20,5 - 21,0	15,87	11,49	2,49	4,38	5,11	6,82	11,47	8,6
21,0 - 21,5	16,24	11,77	2,55	4,47	5,21	6,96	11,74	8,8
21,5 - 22,0	16,59	12,04	2,61	4,55	5,31	7,10	12,02	9,0
22,0 - 22,5	16,95	12,32	2,67	4,63	5,41	7,24	12,30	9,2
22,5 - 23,0	17,31	12,60	2,73	4,71	5,51	7,38	12,57	9,4
23,0 - 23,5	17,66	12,87	2,79	4,79	5,60	7,52	12,85	9,6
23,5 - 24,0	18,81	13,95	2,85	4,86	5,70	7,66	13,13	9,8
24 - 25	18,66	14,08	3,40	4,58	6,32	10,68	13,95	9,8
25 - 26	19,19	14,56	3,54	4,63	6,54	11,08	14,52	10,2
26 - 27	20,12	15,24	3,68	4,88	6,76	11,48	15,08	10,6
27 - 28	20,84	15,81	3,82	5,03	6,98	11,88	15,65	11,0
28 - 29	21,41	15,53	4,27	5,88	7,33	12,48	15,44	11,4
29 - 30	22,12	16,03	4,42	6,04	7,54	12,88	15,98	11,8
30 - 31	22,83	16,63	4,57	6,20	7,76	13,28	16,52	12,2
31 - 32	23,55	17,17	4,73	6,38	7,99	13,69	17,06	12,6
32 - 33	24,27	17,72	4,88	6,55	8,21	14,09	17,61	13,0
33 - 34	24,98	18,26	5,02	6,72	8,43	14,49	18,15	13,4
34 - 35	25,70	18,80	5,17	6,90	8,66	14,90	18,69	13,8
35 - 36	26,42	19,35	5,32	7,07	8,88	15,30	19,23	14,2
36 - 37	28,13	19,89	5,48	8,24	10,10	15,70	19,77	14,6
37 - 38	28,85	20,44	5,62	8,41	10,32	16,10	20,31	15,0
38 - 39	27,83	18,83	7,01	9,00	11,16	17,70	18,62	15,4
39 - 40	29,32	20,34	8,43	8,98	12,44	19,60	19,83	16,6
40 - 41	30,21	20,85	8,71	9,36	12,91	20,25	20,33	17,0
41 - 42	30,91	21,37	8,92	9,54	13,17	20,70	20,83	17,4
42 - 43	31,61	21,89	9,14	9,72	13,44	21,14	21,33	17,8

Tiếp bảng 4.9

Đường kính mũi khoan, mm	B_1	R_1	R_2	d	c	k	h	g
43 – 44	32,30	22,40	9,35	9,90	13,71	21,69	21,83	18,2
44 – 45	32,98	22,90	9,56	10,08	13,97	22,04	22,33	18,6
45 – 46	32,39	22,29	9,10	10,10	13,4	21,7	21,88	19,1
46 – 47	33,18	22,78	9,30	10,40	13,77	22,25	22,36	19,5
47 – 48	33,88	23,27	9,50	10,61	14,05	22,70	22,84	20,0
48 – 49	34,48	23,76	9,70	10,72	14,26	23,10	23,32	20,4
49 – 50	35,12	24,25	9,90	10,93	14,52	23,55	23,80	20,8
50 – 51	35,88	24,74	10,10	11,14	14,80	24,0	24,28	21,2
51 – 52	36,57	25,23	10,30	11,34	15,07	24,45	24,76	21,6
52,5 – 53,5	37,88	25,25	10,92	-	15,05	18,82	24,74	22,1
53,5 – 54,5	38,55	25,70	11,12	-	15,30	19,14	25,21	22,5
54,5 – 55,5	39,23	26,18	11,33	-	15,55	19,47	25,61	23,0
55,5 – 56,5	39,90	26,66	11,54	-	15,79	19,78	26,14	23,4
56,5 – 57,5	40,58	27,13	11,74	-	16,04	20,10	26,61	23,8
57,5 – 58,5	41,26	27,61	11,95	-	16,28	20,41	27,07	24,2
58,5 – 60,5	42,61	28,56	12,36	-	16,77	21,04	28,01	25,0
61,5 – 62,5	43,47	28,59	12,90	-	17,37	21,63	28,08	25,9
64,5 – 65,5	45,48	29,98	13,52	-	18,12	22,59	29,44	27,1
67,5 – 68,5	47,48	31,36	14,14	-	18,86	23,57	30,80	28,4
69,5 – 70,5	48,81	32,28	14,56	-	19,35	24,17	31,71	29,2
71,5 – 72,5	49,96	31,82	14,11	-	19,17	24,79	31,55	30,3
74,5 – 75,5	51,96	33,15	14,70	-	19,89	25,69	32,87	31,6
77,5 – 78,5	53,96	34,48	15,29	-	20,60	26,63	34,18	32,8
79,5 – 80,5	55,91	35,36	15,68	-	21,08	27,26	35,06	33,7

4.2. Mũi khoét

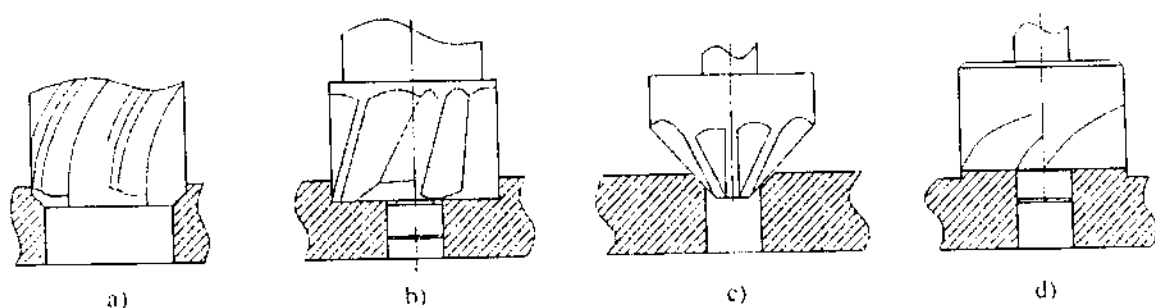
4.2.1. Công dụng và các kiểu mũi khoét

Mũi khoét được dùng phổ biến trong ngành chế tạo máy, đặc biệt trong sản xuất hàng loạt lớn, hàng khối để:

- Tăng đường kính lỗ sau khi đã khoan, đục, rèn hoặc dập, hình 4.45a.
- Khoét sâu lỗ trụ đồng thời khoả bằng mặt đáy lỗ, hình 4.45b.
- Khoả bề mặt côn hoặc mặt bích (hình 4.45c, d).

Tùy theo ứng dụng, kết cấu của mũi khoét có nhiều kiểu:

- Mũi khoét chuỗi côn liền ($D = 25 \div 80 \text{ mm}$).
- Mũi khoét răng liền thân, răng hàn hoặc răng chấp kẹp chặt bằng cơ khí.



Hình 4.45 Công dụng của mũi khoét.

4.2.2. Các thành phần kết cấu của mũi khoét

Mũi khoét đã được tiêu chuẩn hoá, các thành phần kết cấu chủ yếu của mũi khoét là: số rãnh, phần cắt và phần sửa đúng, các góc cắt và góc nghiêng của rãnh thoát phoi, góc nghiêng của lưỡi cắt chính, profin rãnh và phần kẹp chặt.

Trong quy trình công nghệ gia công lỗ, mũi khoét chiếm vị trí trung gian giữa mũi khoan và doa. Nó giống như mũi khoan nhưng có nhiều rãnh cắt hơn, nhờ đó đảm bảo tốt định hướng khi làm việc và độ nhẵn bóng cao của bề mặt gia công so với mũi khoan. Mũi khoét không gia công được lỗ chưa có trước nên không cần làm đỉnh nhọn với lưỡi cắt ngang, như vậy sẽ đảm bảo cho mũi khoét có điều kiện cắt tốt hơn trên suốt dọc lưỡi cắt.

4.2.2.1. Số rãnh

Mũi khoét được chế tạo với ba hoặc bốn rãnh. Trong trường hợp cần cắt lượng dư lớn, thường dùng mũi khoét có ba, thậm chí chỉ có hai rãnh nhằm mục đích tăng khoảng không gian chứa phoi. Mũi khoét có đường kính nhỏ hoặc trung bình ($10 \div 32 \text{ mm}$) thường làm 3 rãnh, có đường kính lớn (từ 58 mm trở lên) làm sáu rãnh.

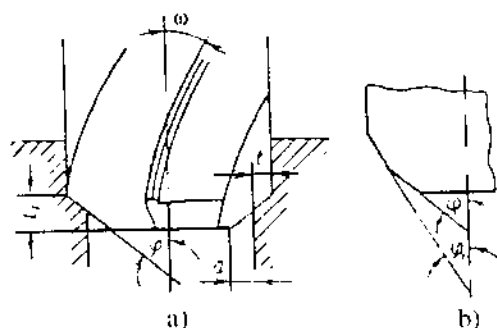
Mũi khoét gán hợp kim cứng thường làm ba hoặc bốn rãnh.

4.2.2.2. Phần cắt

Phần cắt dùng để cắt toàn bộ lượng dư, vì vậy chiều dài phần cắt l_1 chọn tùy theo chiều sâu cắt (hình 4.46):

$$l_1 = (t + a) \cot \varphi$$

Trong đó: φ - góc nghiêng chính.



Hình 4.46 Các yếu tố phân cắt mũi khoét.

a - đoạn phụ để cho mũi khoét dễ đưa vào lỗ. $a = (0,5 \div 1,0)t$.

Góc φ có ảnh hưởng lớn đến hình dáng phoi và sự thoát phoi, đặc biệt khi gia công kim loại có phoi dày. Việc chọn góc φ dựa vào các số liệu thực nghiệm.

Khi gia công thép, thường chọn $\varphi = 60^\circ$. Để nâng cao tuổi bền nên làm thêm lưỡi chuyển tiếp có góc $\varphi_1 = 30^\circ$ trên đoạn dài $3t$ (hình 4.46b).

Ở mũi khoét chế tạo hàng loạt, chiều dài lưỡi chuyển tiếp lấy bằng $0,3 \div 0,5$ mm đối với các kích thước nhỏ và $0,5 \div 1$ mm đối với kích thước lớn. Khi gia công gang, góc $\varphi = 60^\circ$ (đôi khi lấy 45°) và không có lưỡi chuyển tiếp. Mũi khoét gán mảnh hợp kim cứng cũng lấy $\varphi = 60^\circ$, ngoài ra chỉ có mũi khoét gán mảnh hợp kim cứng nhóm TK mới làm lưỡi cắt chuyển tiếp.

4.2.2.3. Phần sửa đúng

Phần sửa đúng nhằm đảm bảo đạt kích thước cần thiết của lỗ định hướng mũi khoét trong quá trình gia công và dùng để dự trữ khi mài lại phần cắt. Trên phần phụ có làm cạnh viền chiều rộng $0,8 \div 2,0$ mm, đối với mũi khoét đường kính lớn là từ $10 \div 80$ mm. Công dụng của nó cũng như của mũi khoan. Tăng chiều rộng cạnh viền thường có hiện tượng dính phoi vào cạnh viền, ảnh hưởng xấu tới quá trình cắt.

Độ đảo của cạnh viền có ảnh hưởng xấu đến quá trình cắt của mũi khoét, vì vậy độ đảo ấy không được vượt quá $0,04 \div 0,06$ mm.

Để cắt được dễ dàng và tránh cho mũi khoét không bị kẹt trong lỗ, phần sửa đúng làm có độ côn ngược, nghĩa là đường kính phần làm việc của mũi khoét ở gần chuôi d_1 nhỏ hơn đường kính ở phần cắt khoảng $0,04 \div 0,08$ mm trên chiều dài 100 mm đối với mũi khoét đường kính dưới 18 mm và $0,05 \div 0,1$ mm đối với mũi khoét đường kính trên 18 mm.

Đối với mũi khoét hợp kim cứng, độ côn ngược vào khoảng $0,05 \div 0,08$ mm trên chiều dài mảnh hợp kim tùy theo kích thước thực tế của đường kính mũi khoét. Đường kính của thân lấy bằng đường kính kích thực ở cuối phần cắt hoặc ít hơn khoảng $0,01 \div 0,02$ mm. Độ côn ngược đóng vai trò quan trọng như góc nghiêng phụ φ_1 ở dao tiện. Trong quá trình sử dụng cần chú ý sao cho phần sửa đúng không bị mất độ côn.

Mũi khoét thông dụng với góc $\varphi = 60^\circ$, có cạnh nhỏ và độ côn hợp lý, trong thời gian làm việc có thể xuất hiện rung động khá lớn. Những thí nghiệm ở một số máy loại trừ sự rung động đó bằng cách tăng chiều rộng của cạnh viền tuy đạt kết quả tốt nhưng bị dính nhiều phoi trên cạnh viền. Trong những trường hợp đó, làm lưỡi cắt chuyển tiếp (cạnh vát) trong khoảng $2 \div 3^\circ$ để thay cho việc tăng chiều rộng cạnh viền là hợp lý hơn. Lưỡi cắt đó (cạnh vát) làm cho dao có thể bị kẹt chút ít trong lỗ nhưng khử được rung động.

4.2.2.4. Các góc cắt

Quỹ đạo của một điểm trên mũi khoét là một đường xoắn vít, vì vậy khi xét các góc cắt đúng ra phải lưu ý đến mặt phẳng cắt, tiếp xúc với đường xoắn vít. Tuy nhiên vì lượng chạy dao nhỏ, góc quỹ đạo thực (đường xoắn vít) và quỹ đạo quy ước (vòng tròn) nhỏ đến mức có thể bỏ qua và xem mặt phẳng cắt như là tiếp tuyến tại một điểm đã cho

của lưỡi cắt với mặt côn, tạo thành khi quay lưỡi cắt quanh trục của dao (nghĩa là không tính đến lượng chạy dao).

Như vậy tương tự như mũi khoan, các góc cắt của mũi khoét có thể được xác định như sau:

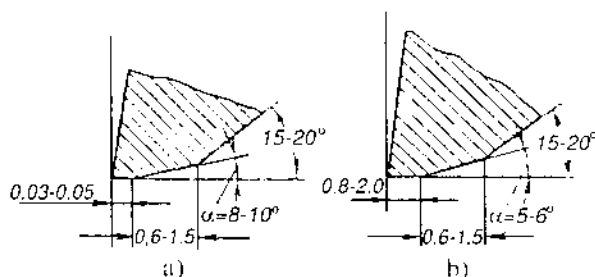
Góc sau α (trong mặt phẳng đo) là góc gồm giữa tiếp tuyến với vết của mặt sau tại một điểm đã cho trên lưỡi cắt và đường tiếp tuyến tại điểm đó với vòng tròn, tạo thành khi quay lưỡi cắt quanh trục của dao.

Góc trước γ (trong mặt phẳng đo) là góc gồm giữa tiếp tuyến với vết của mặt trước tại điểm đã cho trên lưỡi cắt và đường pháp tuyến tại điểm đó với vòng tròn, tạo thành trong khi quay lưỡi cắt quanh trục của mũi khoét.

Tương tự như mũi khoan, mặt phẳng đo góc sau là mặt phẳng đi qua điểm đã cho, tiếp xúc với mặt trụ có trục trùng với trục mũi khoét. Tuy nhiên trên bản vẽ chế tạo, góc sau quy định cho trong mặt phẳng đi qua một điểm đã cho, thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt trên mặt phẳng đáy, nghĩa là trong mặt phẳng mà ta xét góc trước.

Góc sau có ảnh hưởng lớn tới tuổi bền của dụng cụ. Góc sau thường lấy ở phần cắt cũng như phần sửa đúng của mũi khoét, trong khoảng $8 \div 10^\circ$ (hình 4.47a). Đôi khi trên phần sửa đúng lấy nhỏ đến $5 \div 6^\circ$ (hình 4.47b).

Mặt sau có thể tạo thành một cách hợp lý theo hai góc: góc $\alpha = 8 \div 10^\circ$ trên một đoạn nhỏ chiều dài $0,6 \div 1,5$ mm tùy theo đường kính mũi khoét, phần còn lại làm góc $\alpha_1 = 15 \div 20^\circ$.



Hình 4.47 Các dạng răng của mũi khoét.

Dạng mặt sau này áp dụng với các mũi khoét răng chấp cũng như mũi khoét gấn hợp kim cứng hoặc mũi khoét có kết cấu lắp. Để dễ mài mặt sau và mài bóng răng, đối với mũi khoét hợp kim cứng nên làm mặt sau có ba góc, ví dụ, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha_1 = 12^\circ$ và $\alpha_2 = 15^\circ$. Trong trường hợp đó, khi sử dụng chỉ mài sắc và mài bóng răng theo góc α . Răng trên phần cắt được mài nhọn hoặc có cạnh viền nhỏ, chiều rộng $0,03 \div 0,05$ mm, nhằm mục đích kiểm tra độ đảo của răng trên phần cắt được dễ dàng. Đối với mũi khoét bằng thép gió và đặc biệt mũi khoét hợp kim cứng, độ đảo của lưỡi cắt chính có một ý nghĩa lớn tới quá trình làm việc của dao. Độ đảo, đo theo phương thẳng góc với lưỡi cắt chính, không được quá $0,05 \div 0,06$ mm. Khi mài toàn bộ kích thước của một hoặc vài răng có thể bị giảm, vì vậy để kiểm tra được độ đảo, ta để lại cạnh viền nhỏ nhất trong phạm vi có thể được ($0,03 \div 0,05$ mm).

Góc trước có ảnh hưởng tới quá trình cắt. Tăng góc trước thì lực cắt và mômen xoắn giảm. Góc trước được chọn theo vật liệu gia công; đối với thép cacbon và thép hợp kim có độ cứng trung bình, góc trước lấy khoảng $8^\circ \div 12^\circ$, gang có độ cứng $HB \leq 200$,

lấy khoảng $6^\circ \div 10^\circ$ kim loại nhẹ và kim loại màu khoảng $25^\circ \div 30^\circ$. Đối với mũi khoét chế tạo theo phương pháp sản xuất hàng loạt, góc trước đo trong mặt phẳng thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt trên mặt đáy, góc trước lấy bằng 20° đối với thép gió và 8° đối với thép hợp kim cứng. Trong trường hợp cần có trị số khác của góc trước, cần mài sắc lại mũi khoét theo mặt trước. Đường kính mũi khoét, kết cấu của nó và loại vật liệu làm ra nó cũng có ảnh hưởng tới việc chọn góc trước. Đối với mũi khoét có kích thước nhỏ, cũng như mũi khoét có kết cấu lắp, để tránh làm yếu lưỡi cắt, nên giảm góc trước (tương tự như góc nghiêng ω của răng xoắn). Đối với mũi khoét gắn mảnh hợp kim cứng, để nâng cao độ bền của lưỡi cắt, cần chọn góc trước nhỏ so với mũi khoét bằng thép gió.

Xác định các góc trong các mặt phẳng khác nhau.

Khi thiết kế và chế tạo mũi khoét, tương tự như với dao tiện, cần dùng đến những góc cắt, đo trong các mặt phẳng (hình 4.48) sau:

1-1- thẳng góc với hướng chạy dao ($\alpha_1; \gamma_1$);

2-2- song song với hướng chạy dao, tiếp xúc tại điểm đã cho với mặt trục có vòng tròn đáy, hình thành khi quay (không có chạy dao) điểm đó ($\alpha_2; \gamma_2$);

N-N- pháp tuyến với hình chiếu của lưỡi cắt ($\alpha_N; \gamma_N$) trên mặt phẳng đáy;

R-R-pháp tuyến của lưỡi cắt ($\alpha_R; \gamma_R$).

Quan hệ giữa các góc cắt trong những mặt phẳng khác nhau được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \operatorname{tg} \gamma_N \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$$

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \operatorname{tg} \gamma_N \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi$$

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_1 \cos \varphi + \operatorname{tg} \gamma_2 \sin \varphi$$

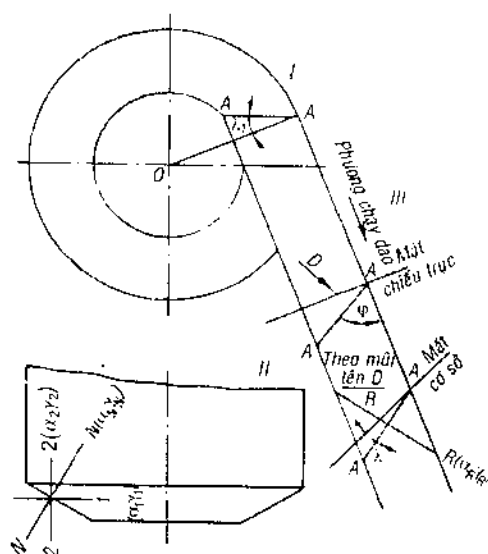
$$\operatorname{tg} \gamma_R = \operatorname{tg} \gamma_N \cos \lambda$$

$$\cotg \alpha_1 = \cotg \alpha_N \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$$

$$\cotg \alpha_2 = \cotg \alpha_N \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi$$

$$\cotg \alpha_N = \cotg \alpha_1 \cos \varphi + \cotg \alpha_2 \sin \varphi$$

$$\cotg \alpha_R = \cotg \gamma \cos \lambda$$



Hình 4.48. Quan hệ giữa các thông số hình học của mũi khoét trong các mặt cắt khác nhau.

Khi sử dụng các công thức có góc λ cần phải giữ đúng các dấu của tang (tg).

Góc λ xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \gamma_2 \cos \varphi - \operatorname{tg} \gamma_1 \sin \varphi$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \cot \gamma_2 \cos \varphi - \cot \gamma_1 \sin \varphi$$

Các góc trước và sau luôn luôn xác định trong mặt phẳng thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt trên mặt phẳng đáy, nghĩa là trên mặt phẳng $NN(\alpha_N; \gamma_N)$ chỉ số N không cần ghi.

4.2.2.5 Góc nghiêng của rãnh.

Mũi khoét chế tạo có các dạng rãnh thẳng, rãnh nghiêng và xoắn. Mũi khoét rãnh thẳng dễ chế tạo và đảm bảo làm việc tốt khi lựa chọn đúng thông số hình học khác. Rãnh thẳng dùng rất phổ biến đối với mũi khoét gán mảnh hợp kim cứng để gia công vật liệu cứng, kể cả thép đã tôi.

Mũi khoét thường chế tạo có rãnh xoắn. Rãnh xoắn thích hợp với việc thoát phoi về phía chuôi sau khi phoi hình thành ở vùng cắt. Để tạo thành góc trước dương, hướng của rãnh phải trùng với hướng cắt. Góc nghiêng ω của rãnh phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công. Đối với những vật liệu dẻo và mềm, vì phoi cuộn nhiều hơn và thể tích phoi lớn hơn, cần chọn ω lớn hơn so với khi khoét vật liệu giòn và cứng.

Để làm cho lưỡi cắt khỏe, nên chọn góc ω khác nhau tùy thuộc vào đường kính mũi khoét. Đối với mũi khoét thông dụng, góc nghiêng của rãnh xoắn chọn trong khoảng $10^\circ \div 25^\circ$.

Cần chú ý rằng góc ω bằng góc trước trong tiết diện song song với trục mũi khoét, tức là $\omega = \gamma_2$.

4.2.2.6. Góc nghiêng của lưỡi cắt chính.

Góc nghiêng của lưỡi cắt λ (trong mặt phẳng đo) là góc gồm lưỡi cắt chính và mặt phẳng đáy IV hoặc mặt song song với nó đi qua điểm đã cho (hình 4.48). Góc λ đo trong mặt phẳng đi qua điểm đã cho, thẳng góc với mặt phẳng đáy. Mặt phẳng đáy đi qua điểm đã cho đó và trục của mũi khoét, thẳng góc với mặt đầu của mũi khoét.

Thông thường trên bản vẽ chế tạo, góc λ cho trong hình chiếu I (nhìn từ mặt đầu) và ký hiệu là λ_1 . Quan hệ giữa góc λ và hình chiếu λ_1 của nó biểu diễn bằng công thức được xác định khi xét hình chiếu I-IV trên hình 4.48.

$$\operatorname{tg} \lambda_1 = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi}$$

Góc λ_1 có thể dương (răng lõm vào trong), âm (răng lồi ra ngoài) hoặc bằng không (răng hướng theo đường thẳng hướng kính).

Đối với mũi khoét, cần phân biệt góc trước γ_1 và góc nghiêng của lưỡi cắt λ_1 (hình 4.49). Những góc đó không bằng nhau vì chúng đo trong các mặt phẳng khác nhau. Góc γ_1 nằm trong tiết diện thẳng góc với trục của mũi khoét, còn góc λ_1 nằm

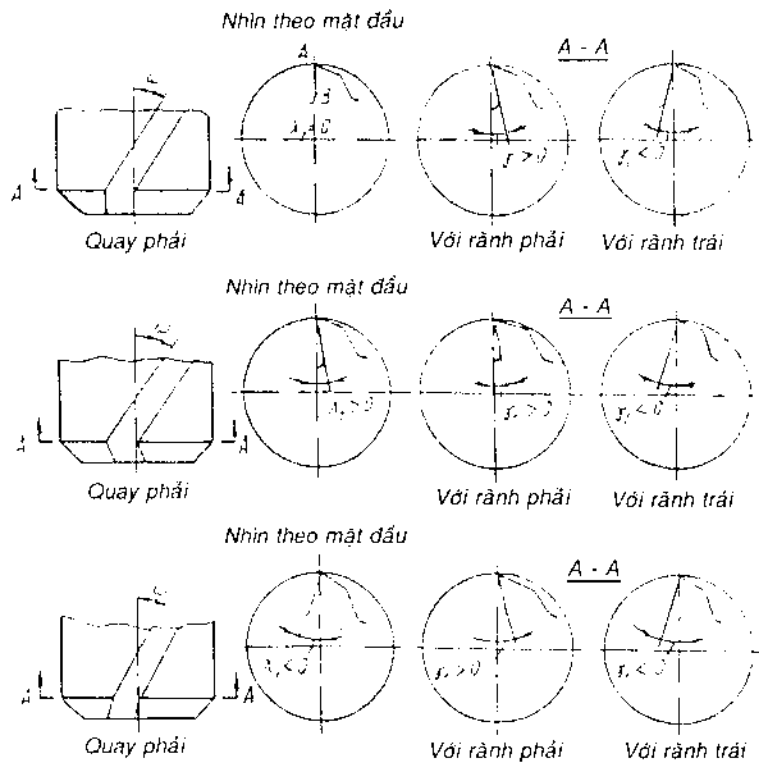
trong hình chiếu (hình 4.48) (nhìn từ mặt đầu). Trong tiết diện AA (hình 4.49) đi qua đoạn đầu của phần cắt, góc γ_1 thay đổi trị số tùy theo hướng góc nghiêng của lưỡi cắt λ_1 và góc nghiêng của rãnh xoắn ω . Sự thay đổi đó có thể trình bày bằng cách vẽ theo 3 phương án (hình

4.49). Trong cả 3 phương án đó, chiều quay của mũi khoét quy định là chiều phải khi nhìn từ phía chuôi, trong đó hướng của rãnh xoắn có thể phải hoặc trái. Trong trường hợp thứ nhất $\lambda_1 = 0$, nghĩa là lưỡi cắt AB hướng theo bán kính của mũi khoét; γ_1 lúc đó có trị số dương khi rãnh phải và âm khi rãnh trái. Trong trường hợp thứ hai thì góc λ_1 dương, góc γ lúc này có trị số dương khi rãnh phải và lớn hơn γ_1

trong trường hợp thứ nhất. Khi rãnh trái góc λ_1 thường có trị số âm, tuy nhiên với những trị số nhất định của các góc thì γ_1 có thể bằng không hoặc thậm chí là dương.

Về trị số tuyệt đối, γ_1 luôn nhỏ hơn γ_1 trong trường hợp thứ nhất. Trong trường hợp thứ ba, góc λ_1 có trị số âm. Khi rãnh phải, góc γ_1 có trị số dương nhỏ hơn γ_1 trong trường hợp thứ nhất. Những phương án trình bày ở trên cho thấy góc λ có ảnh hưởng tới hình dạng mặt trước của mũi khoét trong tiết diện mặt đầu của phần sửa đúng, nghĩa là làm thay đổi trị số và hướng của góc trước γ_1 . Khi chiều quay của mũi khoét và hướng của rãnh xoắn giống nhau (ví dụ, phải và phải) góc trước γ_1 luôn luôn dương, còn khi khác nhau (ví dụ phải và trái) góc trước γ_1 sẽ có giá trị âm với tất cả các trị số λ_1 (cũng tức là λ). Có thể có trường hợp ngoại lệ, khi chiều quay của mũi khoét và hướng của rãnh xoắn khác nhau và khi $\lambda_1 < 0$, trong những trường hợp đó góc γ_1 có thể bằng không thậm chí là dương tùy theo các trị số của các thông số khác.

Góc nghiêng λ của lưỡi cắt (và do đó, góc λ_1) là những thông số quan trọng nhất đối với việc thoát phoi trong vùng cắt. Cùng với góc trước γ_N , nó xác định hướng thoát phoi, hướng này phụ thuộc ít hơn vào trị số và hướng góc nghiêng của rãnh xoắn ω .



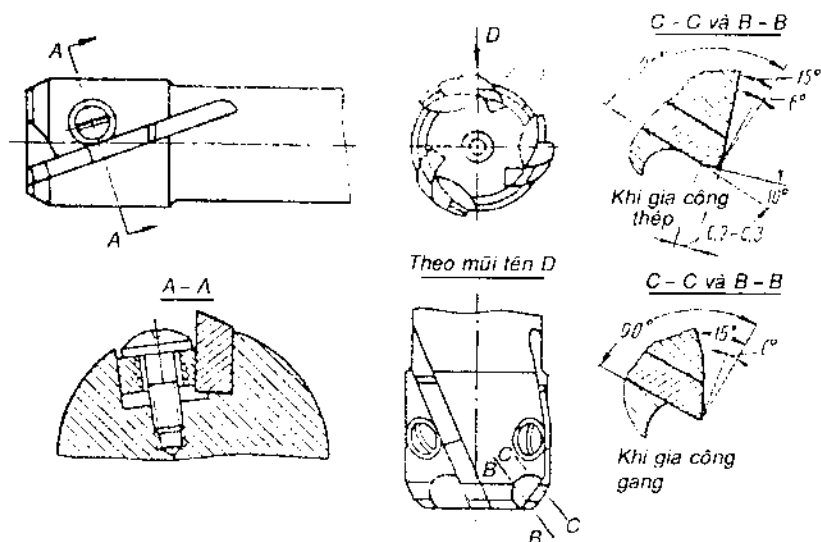
Hình 4.49. Sự thay đổi góc trước γ_1 tùy theo góc nghiêng của lưỡi cắt λ và góc của rãnh xoắn ω .

Thí nghiệm chỉ ra rằng với cùng một góc ω , phoi có thể dịch chuyển theo hướng này hay hướng khác, tùy theo góc λ và γ_N . Việc chọn góc λ có liên quan tới những yếu tố khác nhau mà ta sẽ xét tới ở dưới.

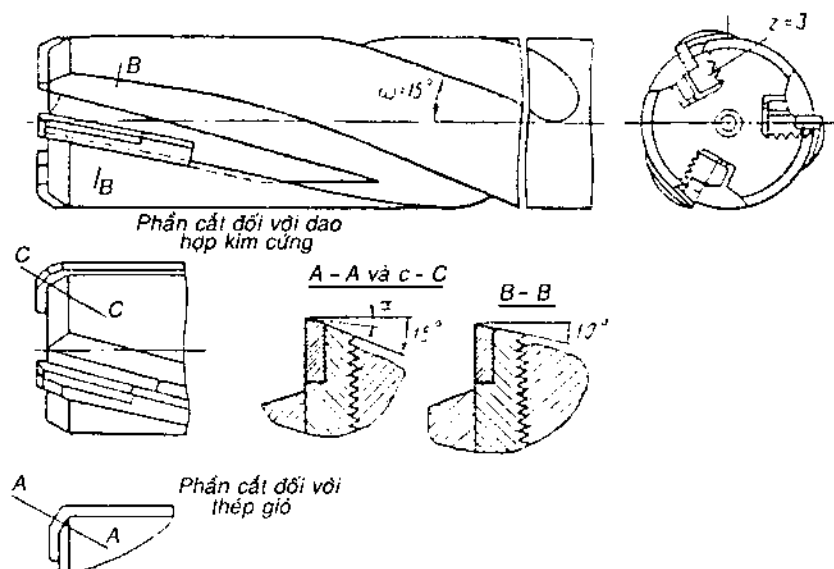
Khi góc λ_1 có giá trị âm, phoi hướng về phía mặt chưa gia công, tức là theo hướng chạy dao (hướng xuống dưới).

Đối với những lỗ thông, mũi khoét có góc λ_1 âm là hợp lý. Trong trường hợp đó, rãnh trên phần sửa đúng không có tác dụng và có thể không cần làm.

Nhờ phoi thoát về phía trước của phần cắt, mặt đã gia công sẽ nhẵn hơn do không bị phoi làm xước. Ngoài ra trên phần sửa đúng không làm rãnh sẽ nâng cao được độ bền của thân. Đứng về mặt thoát phoi ra khỏi vùng cắt, dùng góc λ_1 âm (trong khoảng $15 \div 25^\circ$) và hướng rãnh trái và chiều quay phải của mũi khoét (hình 4.50) là hợp lý. Nhưng kết cấu đó của mũi khoét chỉ có thể dùng với lỗ thông và điều đó hạn chế phạm vi sử dụng của nó. Góc λ_1 dương (đặc biệt khi lượng chạy dao lớn) làm tăng mômen xoắn lên một chút so



Hình 4.50 Mũi khoét với hướng rãnh trái.



Hình 4.51. Mũi khoét với hướng rãnh phải

với góc λ_1 âm. Góc λ_1 dương làm tăng độ bền của lưỡi cắt ở phần làm việc nặng nhất của chúng (đoạn chuyển tiếp của phần cắt và phần sửa đúng). Khi λ_1 dương phoi thoát ra theo hướng mặt đã gia công, nghĩa là ngược với hướng chạy dao (hướng lên trên). Vì vậy mũi khoét cần có rãnh thoát phoi (hình 4.50). Khi góc λ_1 và λ_N dương, phoi sẽ dễ thoát ra từ vùng cắt và sẽ dễ dàng thoát khỏi rãnh theo hướng về phía chuôi dao (hướng lên trên).

Để có khả năng sử dụng rộng rãi, nên dùng mũi khoét thông dụng, nghĩa là đối với những lỗ thông và lỗ không thông, những mũi khoét đó phải có góc λ_1 dương (trong khoảng $10 \div 15^\circ$) với hướng răng phải của mũi khoét.

Đối với mũi khoét hợp kim cứng, cần lấy góc λ_1 dương hoặc bằng không.

Từ những quan hệ đã trình bày ở trên giữa góc $\gamma_N, \lambda, \varphi, \gamma_1, \gamma_2$, ta thấy chúng chỉ được xác định trong các điều kiện nhất định, nghĩa là một vài góc trong số các góc đó cần phải cho trước. Ví dụ, muốn xác định γ_1 và γ_2 cần biết các góc $\gamma_N, \lambda, \varphi$, còn để xác định γ_N, λ cần biết $\varphi, \gamma_1, \gamma_2$. Thường khi tính toán những thông số hình học đó, cần cho trước các góc $\gamma_N, \lambda, \varphi$.

Khi mài sắc lại thì trị số λ giảm đi. Đối với mũi khoét mới cần chọn λ sao cho sau khi mài sắc lại mũi khoét tới mức cho phép, góc đó vẫn còn lớn hơn hoặc bằng không. Vì vậy khi chọn λ cũng cần phải tính đến chiều cao làm việc của răng.

Nhằm mục đích tận dụng thân dao của mũi khoét lắp răng đối với những vật liệu gia công khác nhau, việc bố trí các rãnh để đặt mảnh dao cần tính toán sao cho những thông số hình học của phần cắt thỏa mãn điều kiện gia công tới mức có thể được. Trong trường hợp đó, việc bố trí các rãnh trong thân dao phải đảm bảo thay đổi được các thông số hình học của phần cắt (khác với các trị số đã cho) nhờ sự mài sắc thêm răng theo mặt

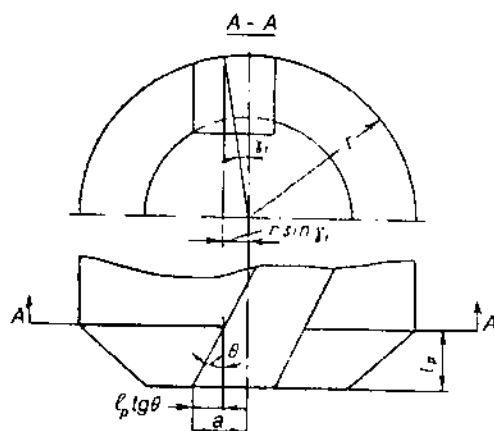
trước (với dạng cạnh vát $2 \div 4$ mm). Để phục vụ cho việc tính toán đó, ta dùng những công thức xác định các góc γ_1 và γ_2 , cũng như góc đặt mảnh dao θ (hình 4.52).

Giả sử, đối với mũi khoét gắn hợp kim cứng, cho biết $\gamma_N = 5^\circ, \varphi = 60^\circ$ và $\lambda_1 = 12^\circ$, tìm các góc $\lambda, \gamma_1, \gamma_2$:

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \lambda_1 \sin \varphi; \lambda = 10^\circ 30';$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \operatorname{tg} \gamma_N \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi; \gamma_1 = -6^\circ 40';$$

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \operatorname{tg} \gamma_N \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi; \gamma_2 \approx 9^\circ 30';$$



Hình 4.52. Xác định góc đặt mảnh dao

Góc đặt mảnh dao được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \gamma_2 \cos \gamma_1; \theta = 9^\circ 25'$$

Vì góc ω của rãnh xoắn (γ_2) và θ khác nhau rất ít nên thường lấy θ nhỏ hơn $1 \div 2^\circ$ so với ω của rãnh xoắn. Theo tiêu chuẩn góc nghiêng của rãnh xoắn $\omega = 20^\circ$ đối với mũi khoét bằng thép gió với $z = 3$; $\omega = 13^\circ$; với $z = 4$, đối với mũi khoét hợp kim cứng lấy $\omega = 15^\circ$ và 10° .

Để đảm bảo được các trị số góc đã tính toán, cần xác định lượng dịch chuyển của rãnh gần mảnh dao so với trục trong tiết diện mặt đầu của mũi khoét theo công thức (hình 4.52):

$$a = r \cdot \sin \gamma + l_p \cdot \operatorname{tg} \theta$$

Trong đó: l_p – chiều dài phần cắt.

4.2.2.7. Prôfin rãnh

Mũi khoét cắt một lượng phoi khá lớn vì vậy prôfin rãnh đóng một vai trò quan trọng cho quá trình thoát phoi. Trong thực tế có hai dạng rãnh phổ biến sau đây: dạng rãnh cho mũi khoét ba rãnh và dạng rãnh cho mũi khoét bốn rãnh (hình 4.53).

Dạng thứ nhất (đối với đường kính $d = 10 \div 32$ mm) được đặc trưng bởi các thông số sau đây:

+ Đường kính lõi:

$$d_0 = (0,5 \div 0,45)d;$$

+ Chiều rộng me:

$$p = (0,48 \div 0,45)d;$$

+ Chiều cao cạnh viền:

$$t = (0,03 \div 0,25)d;$$

+ Chiều rộng cạnh viền:

$$f = (0,1 \div 0,5)d.$$

Dạng thứ hai (đối với đường kính $10 \div 80$ mm) được đặc trưng bởi những thông số sau:

+ Chiều sâu rãnh:

$$h = (0,25 \div 0,1)d;$$

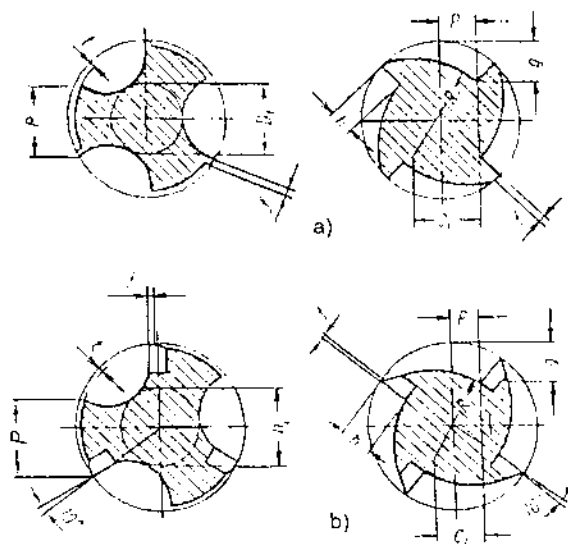
+ Bán kính đáy rãnh:

$$l = (1,2 \div 0,7)d;$$

+ Khoảng cách từ tâm bán kính R_1 tới trục dao phay: $C_1 = (0,7 \div 0,4)d$;

+ Lượng dịch chuyển theo chiều cao của trục mũi khoét và trục dao phay:

$$P = (0,22 \div 0,27)d;$$



Hình 4.53. Các prôfin mũi khoét.

+ Lượng dịch chuyển ngang của hai trục đó: $g = 0,21d$;

+ Chiều rộng cạnh viên: $f = (0,1 \div 0,3)d$.

Những trị số trên cho trong tiết diện thẳng góc với phương của rãnh xoắn.

Dạng đáy mũi khoét chế tạo theo đường cong đòi hỏi phải dùng dao phay chuyên dùng. Nếu không có dao phay đó có thể thay bằng mũi khoét có đáy là đường gấp khúc. Trong trường hợp đó phải phay rãnh theo hai bước: dùng dao phay góc với hình dáng $0 = 110^\circ$ và dao phay hình trụ, đặt theo góc 30° so với đường tiếp tuyến của vòng tròn đi qua đỉnh me.

Trên hình 4.53b trình bày profin rãnh mũi khoét gắn mảnh hợp kim cứng. Các kích thước profin cũng lấy trong khoảng như đối với mũi khoét bằng thép gió.

4.2.3. Dung sai của đường kính mũi khoét.

Mũi khoét được chế tạo theo hai loại: loại N°1 để gia công sơ bộ lỗ trước khi doa; loại N°2 để gia công tinh lỗ. Trong cả hai trường hợp dung sai của đường kính mũi khoét được tính toán với điều kiện gia công lỗ theo cấp chính xác 4 (A_4). Các trị số sai lệch ghi trên bảng 4.10

Bảng 4.10. Các kích thước sai lệch của mũi khoét tính bằng μm (hình 4.54)

Đường kính, mm	Mũi khoét N°1		Mũi khoét N°2	
	Trên	Dưới	Trên	Dưới
Từ 10 đến 18	-210	-245	+70	+35
Trên 18 đến 30	-215	-290	+85	+40
Trên 30 đến 50	-290	-340	+100	+60
Trên 50 đến 80	-350	-410	+120	+60
Trên 80 đến 120	-420	-490	+140	+70

Hình 4.54 trình bày sơ đồ bố trí dung sai của lỗ gia công của đường kính mũi khoét N°2, đường kính thân mũi khoét (lắp ghép $\frac{A_1}{B_1}$) và của đường kính lỗ bạc dẫn (lắp ghép $\frac{A_1}{B_1}$). Tương tự như vậy, có thể dựng nên sơ đồ như thế đối với mũi khoét N°1.

4.2.4. Mũi khoét hợp kim cứng (hình 4.55)

Trên hình 4.55 trình bày một trong những mũi khoét hợp kim cứng dùng để gia công thép và gang có độ cứng trung bình. Các thông số kết cấu và hình học của nó được chọn trên cơ sở các số liệu đã trình bày ở trên. Để làm ví dụ, dưới đây ta xét kết cấu của mũi khoét hợp kim cứng dùng để gia công lỗ trong các chi tiết bằng thép tôi khi dùng mũi khoét hợp kim cứng nhóm TK. Một số yếu tố kết cấu và hình học cũng có thể dùng cho mũi khoét thông dụng gắn mảnh hợp kim cứng như bằng thép gió.

Hình 4.56 trình bày mũi khoét với các kích thước làm việc.

Góc trước γ nên lấy âm, bằng 15° , để thích hợp với hướng thoát phoi về phía trước theo phương chạy dao và làm tăng độ bền của lưỡi cắt. Để tránh cho mảnh hợp kim cứng khỏi bị mẻ, trên mặt trước của phần cắt sửa đúng làm cạnh vát phụ với góc âm 10° .

Góc sau hợp lý lấy bằng 10° trên phần cắt cũng như phần sửa đúng.

Góc nghiêng chính $\varphi = 60^\circ$; ở lưỡi chuyển tiếp không làm góc $\varphi_1 = 30^\circ$ như đối với mũi khoét thông dụng, mà làm $\varphi_1 = 15^\circ$.

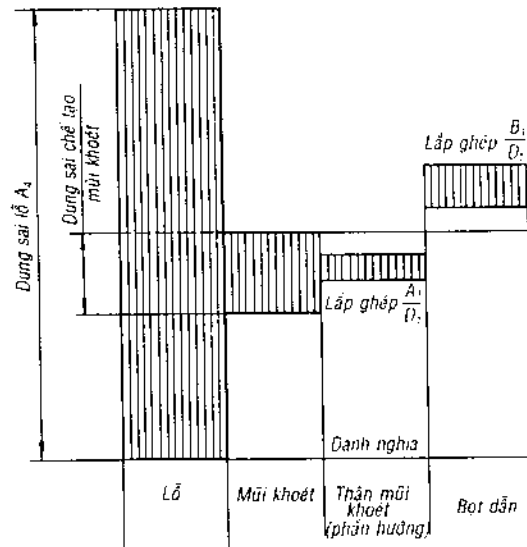
Khi gia công, việc định hướng mũi khoét được thực hiện nhờ cạnh viền của phần sửa đúng. Khi gia công có bạc dẫn, ta thấy bạc bị mòn nhanh và răng bị hư hỏng. Để khắc phục điều đó, mũi khoét cần có đoạn dẫn hướng sau với đường kính lớn hơn (khoảng $2 \div 3\text{mm}$) đường kính phần sửa đúng một ít, nhờ đó phần sửa đúng không tiếp xúc với bạc dẫn.

Ngoài ra, chiều dài phần cắt mũi khoét lấy bằng chiều dài mảnh hợp kim cứng, vì vậy trên thân dao không có cạnh viền dẫn hướng, ở mũi khoét thông thường những cạnh viền đó bị mòn nhanh. Cần biết rằng khi chọn góc λ (hình 4.57a) nhỏ hơn không thì góc trước γ trên cạnh chuyển tiếp tăng lên và ảnh hưởng xấu tới độ bền của lưỡi cắt mũi khoét. Vì vậy cần phải làm tăng góc γ_0 . Góc trước γ_0 trên cạnh chuyển tiếp tính theo công thức:

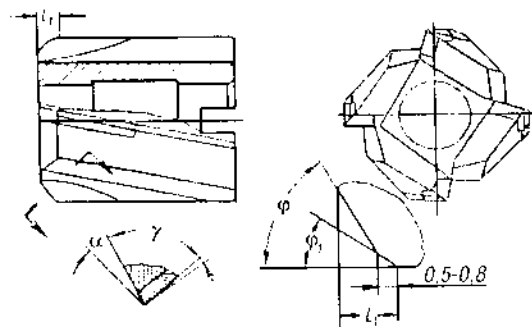
$$\text{tg } \gamma_0 = \text{tg } \gamma_N \cos \theta - \text{tg } \lambda \sin \theta$$

$$\theta = \varphi - \varphi_0$$

Để đảm bảo độ bền của lưỡi cắt ngang và lưỡi cắt chính như nhau, cần phải có



Hình 4.54. Sơ đồ bố trí dung sai theo đường kính của mũi khoét N 2.

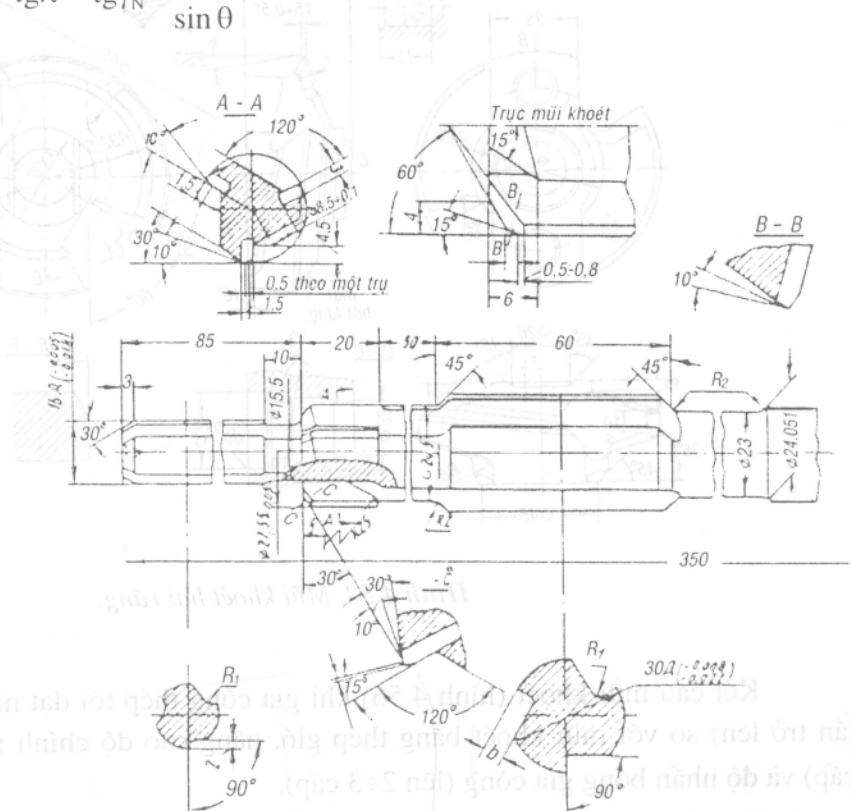


Hình 4.55. Mũi khoét hợp kim cứng để gia công thép và gang có độ cứng trung bình.

$\gamma_0 = \gamma_N$, như vậy công thức có thể viết dưới dạng sau:

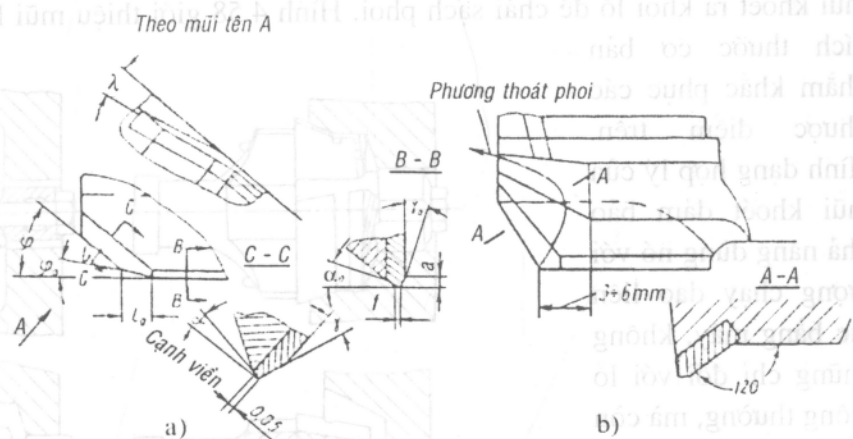
$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \gamma_N \frac{\cos \theta - 1}{\sin \theta}$$

Ví dụ,
khi $\gamma_N = -5^\circ$; $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_0 = 15^\circ$,
góc λ sẽ bằng $+6^\circ 23'$. Vì góc λ
dương ít có lợi,
ta cho trước góc
nhỏ nhất cho
phép $\lambda = 0$, với
cùng những trị
số của γ_N , φ , φ_0
như trên, ta sẽ
nhận được $\lambda =$
 $-10^\circ 45'$, hoàn
toàn thích hợp
khi gia công
thép tôi.



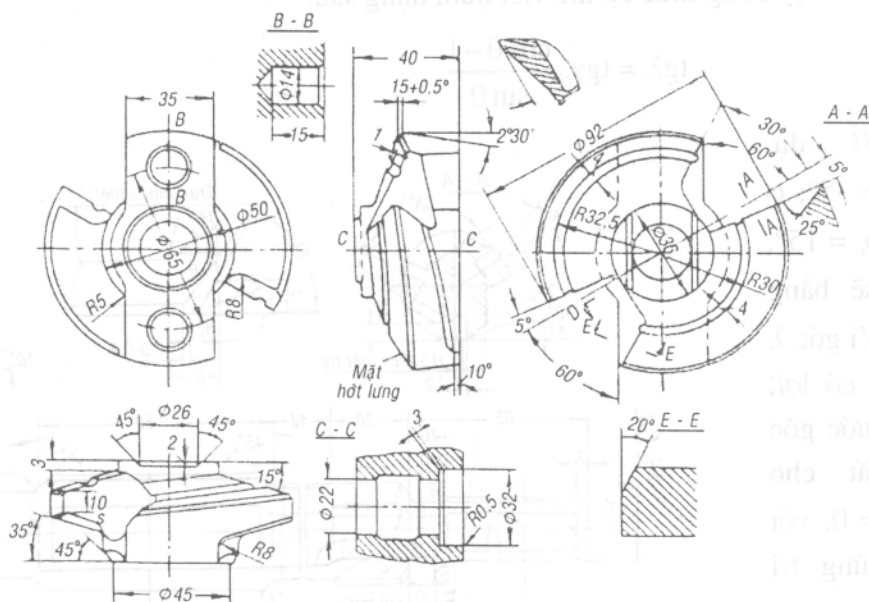
Hình 4.56. Kết cấu mũi khoét để gia công thép tôi

Để phoi
thoát ra theo
hướng chạy
dao được tốt
hơn nên làm
lưng răng ở
phần cắt
nghiêng với
trục một góc
 30° và có góc
nghiêng của
rãnh 120°
(hình 4.57b).
Kết cấu này
ngoài việc



Hình 4.57. Các yếu tố của phần cắt mũi khoét để gia công thép tôi.

buộc phoi thoát ra, còn thích hợp để đưa dung dịch làm nguội tới lưỡi cắt. Trong trường
hợp này ta có thể thay rãnh xoắn bằng rãnh thẳng để việc chế tạo mũi khoét được đơn
giản hơn.

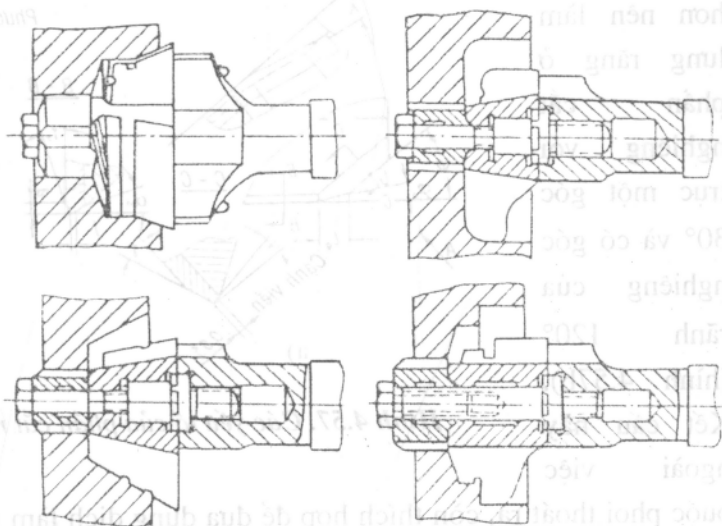


Hình 4.58. Mũi khoét hai răng.

Kết cấu mũi khoét (hình 4.56) khi gia công thép tôi đạt năng suất cao hơn (từ 3 lần trở lên) so với mũi khoét bằng thép gió, nâng cao độ chính xác gia công (lên một cấp) và độ nhẵn bóng gia công (lên 2÷3 cấp).

4.2.5. Mũi khoét hai răng

Mũi khoét tiêu chuẩn có nhiều nhược điểm, đặc biệt là thoát phoi ra khỏi lỗ không tốt và không gian chứa phoi của rãnh nhỏ. Do đó khi gia công thường phải rút mũi khoét ra khỏi lỗ để chải sạch phoi. Hình 4.58 giới thiệu mũi khoét có hai răng với kích thước cơ bản nhằm khắc phục các nhược điểm trên. Hình dạng hợp lý của mũi khoét đảm bảo khả năng dùng nó với lượng chạy dao liên tục bằng máy, không những chỉ đối với lỗ thông thường, mà còn cả với lỗ sâu (từ 2000 ÷ 4000 mm). Kiểu mũi khoét này có thể chế tạo với đường kính từ 28 đến 300 mm. Các mũi khoét



Hình 4.59. Các phương án khác nhau của mũi khoét hai răng

sử dụng tốt với những lỗ sâu có đường kính 150 mm và chiều dài tới 4000 mm, đã được khoan sơ bộ trước và những lỗ có đường kính 100 mm, chiều dài 2000 mm trong vật liệu đặc. Các mũi khoét đó dùng để khoét các lỗ thông và lỗ không thông: lỗ hình trụ, lỗ có bậc, lỗ côn, lỗ định hình v.v... Hình 4.59 trình bày một vài trường hợp áp dụng của chúng. Ở đây lỗ trước khi khoét đã được gia công sơ bộ bằng mũi khoan. Kết cấu đó cũng cho phép gia công trong vật liệu đặc nhờ mũi khoét tổ hợp, có ghép một đoạn mũi khoan ngắn (hình 4.60). Mũi khoét cũng có thể gia công với bạc dẫn.

Mũi khoét có hai răng ghép cắt được lượng dư lớn, bằng nửa hiệu số đường kính ngoài của mũi khoét và đường kính lỗ đã khoan sơ bộ, ví dụ, 30 mm trên hình 4.61. Mũi khoét tiêu chuẩn không thể gia công với lượng dư như vậy.

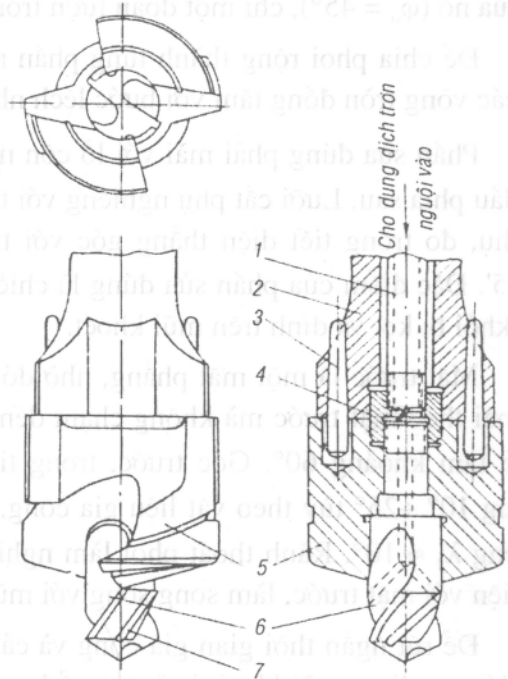
Để khoan sơ bộ lỗ trong vật liệu đặc, ta dùng mũi khoan có đường kính bằng $0,4 \div 0,5$ lần đường kính lỗ sau khi khoét.

Mũi khoét hai răng cũng có thể gắn mảnh hợp kim cứng ở mặt trước, tuy nhiên kết cấu đó ít có lợi vì số lần mài sắc lại được ít hơn so với mũi khoét bằng thép gió.

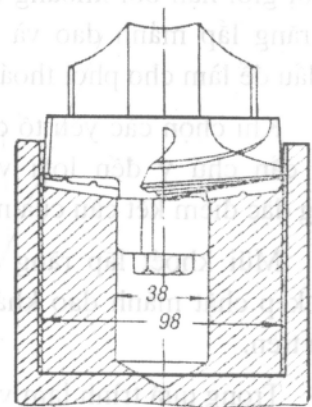
Mũi khoét hai răng dạng lắp chuỗi được kẹp trên trục gá côngxôn, trục gá có gờ lắp vào chỗ lõm của mũi khoét (hình 4.61).

Định tâm mũi khoét được thực hiện theo đường kính nhờ đầu nhọn của trục gá, và theo hướng trục nhờ mặt sau, tựa vào mặt đầu của gờ trục gá. Trên đầu nhọn của trục gá đặt ngỗng trục hướng có thể thay đổi được, ngỗng trục được kẹp chặt nhờ ốc. Mômen xoắn được truyền qua hai chốt, phần còn của các chốt đó được ép vào trục gá, còn phần trụ được đưa vào lỗ của mũi khoét với khe hở. Để tránh cho ngỗng trục dẫn hướng khỏi bị quay, mặt đầu mũi khoét làm rộng rãnh lõm và trên bạc có đoạn lồi tương ứng.

Để tạo ra khoảng không gian đủ chứa phoi và khả năng gia công lỗ sâu, trục gá chế tạo với



Hình 4.60 Mũi khoét hai răng lắp thêm mũi khoan.



Hình 4.61. Sơ đồ gia công của mũi khoét hai răng.

đường kính nhỏ hơn nhiều so với đường kính của mũi khoét.

Trong quá trình sử dụng, cần chú ý cho lưỡi chuyển tiếp giữ được hình dạng đã cho của nó ($\varphi_0 = 45^\circ$), chỉ một đoạn lượn tròn nhỏ của góc đó là cần phải mài sắc lại.

Để chia phoi rộng thành từng phần nhỏ, trên mặt sau làm rãnh chia phoi, bố trí trên các vòng tròn đồng tâm với bước lệch nhau.

Phần sửa đúng phải mài với lỗ côn nhỏ (với góc $\varphi = 20' \div 2^\circ 30'$) theo hướng tới mặt đầu phía sau. Lưỡi cắt phụ nghiêng với trục một góc $\omega = 75 \div 80^\circ$. Góc sau trên lưỡi cắt phụ, đo trong tiết diện thẳng góc với trục mũi khoét, có trị số nhỏ trong khoảng $0 \div 45'$. Đặc điểm của phần sửa đúng là chiều dài nhỏ và không có cạnh viền, tránh cho phoi khỏi bị kẹt và dính trên mũi khoét.

Mặt trước là một mặt phẳng, nhờ đó mũi khoét được mài sắc rất dễ dàng, vì chỉ cần mài theo mặt trước mà không chạm đến mặt sau. Việc mài cho phép trong phạm vi góc ở tâm khoảng 60° . Góc trước, trong tiết diện thẳng góc với trục mũi khoét, chọn trong khoảng $10^\circ \div 25^\circ$ tùy theo vật liệu gia công. Để thoát phoi được tốt lưỡi cắt làm có góc nghiêng $\lambda_1 \approx 10^\circ$. Rãnh thoát phoi làm nghiêng với trục mũi khoét. Phần sau của rãnh, đối diện với mặt trước, làm song song với mũi khoét.

Để rút ngắn thời gian gia công và cải thiện quá trình cắt khi khoan lỗ có đường kính lớn, ta dùng mũi khoét hai răng tổ hợp. Kết cấu mũi khoét như thế hoàn toàn thay thế được mũi khoan lớn, vì vậy khi có thể được ta không dùng mũi khoan tiêu chuẩn mà dùng mũi khoét tổ hợp.

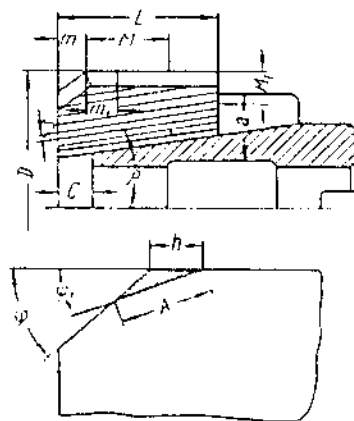
4.2.6. Mũi khoét lắp răng

Mũi khoét kiểu này chế tạo khi làm chuỗi côn với đường kính từ $40 \div 75$ mm hoặc từ $45 \div 100$ mm khi làm cán lắp. Số răng của mũi khoét có đường kính từ 70 mm trở xuống thường lấy bằng 4, còn lớn hơn 70 mm thì lấy bằng 6. Số răng bị giới hạn bởi khoảng thân vừa đủ cần thiết giữa răng lắp mảnh dao và rãnh thoát phoi trên mặt đầu để làm cho phoi thoát được dễ dàng.

Khi chọn các yếu tố cắt của mũi khoét lắp răng, cần chú ý đến loại vật liệu của răng và những đặc điểm kết cấu của mũi khoét.

Mũi khoét lắp răng dùng những phương pháp kẹp chặt mảnh dao khác nhau như đã trình bày ở trên.

Trong quá trình làm việc, răng mũi khoét bị mòn một lượng h ở đoạn chuyển tiếp (hình 4.62) hình thành bởi giao tuyến giữa mặt sau của phần cắt và mặt trụ của cạnh viền. Độ mòn này gần như theo góc $\frac{\varphi}{2}$. Trên cơ sở đó, nên mài sắc với góc phụ $\varphi_0 = \frac{\varphi}{2}$



Hình 4.62. Xác định trị các trị số mảnh dao của mũi khoét khi mài sắc lại.

trên cạnh chiều hình vát, bằng $0,8 \div 1,2$ mm (hình 4.62).

Để phục hồi khả năng cắt của mũi khoét, cần tiến hành mài mảnh dao một lượng h theo mặt sau. Như vậy đường kính mũi khoét vẫn không thay đổi. Khi mài sắc, kích thước đoạn nhô ra C của lưỡi trên mặt đầu giảm dần, và ta không tận dụng được vật liệu của mũi khoét. Vì vậy, kết cấu kẹp chặt mảnh dao cần được tính toán, để trong điều kiện có thể, giữ cho kích thước C không thay đổi.

Mũi khoét lắp rãnh cho phép mài dao theo chiều trục và theo chiều cao tới các trị số giới hạn M và M_1 ; sau giới hạn đó việc kẹp chặt mảnh dao không còn chắc chắn và không đảm bảo được độ bền. Trong thực tế người ta quy định những trị số đó như sau:

$$M = L - (32 + m)$$

$$M_1 = a - 6S$$

Trong đó:

L - chiều dài mảnh dao.

m - chiều dài cạnh ở góc.

a - chiều sâu rãnh đặt mảnh dao ở mặt đầu phía trước.

S - bước rãnh dọc.

Khi xét các yếu tố kết cấu và hình học ở trên, ta đã lưu ý đến đặc điểm của việc thiết kế mũi khoét lắp rãnh.

4.2.7. Kẹp chặt mũi khoét

Mũi khoét tiêu chuẩn đường kính từ 10 đến 36 mm có chuôi côn, còn với đường kính từ 25 mm trở lên dùng lỗ để lắp dao vào trục gá. Trục gá cũng có chuôi côn.

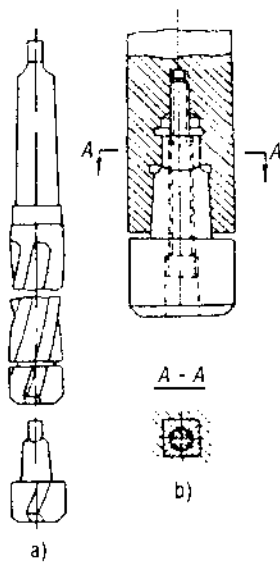
Dưới đây mô tả các kiểu kẹp chặt tiêu chuẩn cho mũi khoét chuôi theo tiêu chuẩn côn mooc đảm bảo định tâm tốt, giảm rung động và tăng chất lượng bề mặt gia công. Do có rung động, mũi khoét hợp kim cứng lắp cán không thể đảm bảo được tốc độ cao so với mũi khoét chuôi liễn.

Trong quá trình sử dụng chiều dài phân trụ của mũi khoét giảm đi do dao bị mòn và do việc mài sắc lại. Để tăng số lần mài sắc lại, nên khoan lỗ ở mặt đầu của mũi khoét hoặc tăng chiều dài phần trước lỗ côn ở mũi khoét lắp cán (tới chỗ khoét lõm trong) khoảng $30 \div 50\%$ so với kích thước tiêu chuẩn của mũi khoét. Kết cấu như vậy cũng đảm bảo kẹp chặt dao chắc chắn trên trục gá, kể cả khi mũi khoét đã qua nhiều lần mài lại.

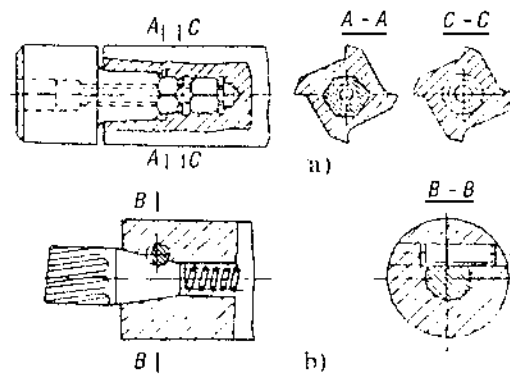
Đối với mũi khoét tiêu chuẩn, việc sử dụng vật liệu là không hợp lý. Để khắc phục khuyết điểm đó, cần dùng mũi khoét có đầu thay đổi (hình 4.63). Sau khi đầu dao đã bị mòn hoàn toàn, cần thay bằng đầu mới: đầu dao lắp lên thân bằng thép gió (nguyên con hoặc có hàn chuôi bằng thép hợp kim) hoặc gắn hợp kim cứng. Mũi khoét như vậy đảm bảo sử dụng tốt với bạc dẫn (ví dụ, trên máy tổ hợp), cũng như khi gia công

lỗ sâu. Thân dao dày đảm bảo định hướng tốt khi làm việc. Đầu dao có chuỗi côn ngắn. Đầu và thân được nối với nhau bằng những phương pháp khác nhau.

Trong kết cấu của mũi khoét, đã được trình bày trên hình 4.63 đầu dao có hình vuông và thân dao cũng có lỗ vuông. Thân dao có rãnh suốt để dễ lấy đầu ra. Đầu dao được kẹp chặt bằng ốc chạy suốt qua thân.



Hình 4.63 Mũi khoét có đầu thay đổi

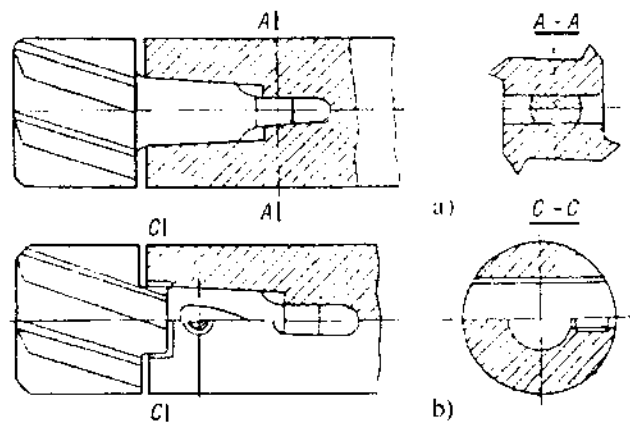


Hình 4.64 Kẹp chặt đầu thay đổi của mũi khoét nhờ hình lục lăng (a) và chốt (b)

Trong kết cấu trình bày trên hình 4.64a dùng hình lục lăng thay cho hình vuông. Việc chế tạo hình lục lăng đơn giản hơn hình vuông. Ốc vặn vào đai ốc đặt trong lỗ lục lăng của thân; đai ốc được giữ khỏi bị rơi nhờ một vòng lò xo hở, đặt trong rãnh lõm (để dễ tháo cần làm lỗ thông).

Mũi khoét được kẹp chặt (hình 4.64) nhờ có chốt đặt trong lỗ ở thân và đầu dao. Để dễ tháo đầu dao, ta đặt lò xo tựa vào đầu mặt côn của dao.

Việc kẹp chặt dao, trình bày trên hình 4.65 thực hiện theo hai phương án nhờ đầu dẹt của chuỗi dao, đặt trong rãnh tương ứng và gờ chữ nhật ở đầu lớn của côn và vít định vị.



Hình 4.65 Kẹp chặt đầu thay đổi của mũi khoét nhờ đầu dẹt của chuỗi (a) và gờ chữ nhật (b).

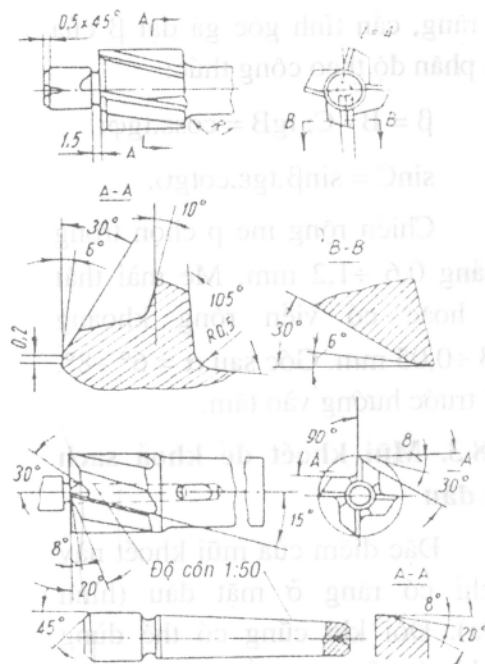
4.2.8 Các loại mũi khoét khác

4.2.8.1 Mũi khoét lỗ trụ chìm.

Mũi khoét lỗ trụ chìm dùng để gia công những lỗ chìm của đầu hình trụ hoặc đầu vít.

Kết cấu của chúng không khác gì nhau trừ đường kính của mũi khoét và phân định hướng. Đặc điểm của mũi khoét kiểu này là có đoạn định hướng trên mặt đầu của phần cắt dùng để định hướng mũi khoét khi làm việc và đảm bảo độ đồng trục của lỗ chìm và lỗ bắt vít. Đoạn định hướng chế tạo liền với thân mũi khoét hoặc làm rời để thay đổi được. Kết cấu rời tốt hơn vì cho phép tăng số lần mài sắc, làm cho việc mài sắc được dễ dàng và cho phép sử dụng một mũi khoét cho một khoảng thay đổi của đường kính lỗ.

Kết cấu của những mũi khoét này không khác với kết cấu của mũi khoét để gia công lỗ. Số răng lấy bằng 4. Phần làm việc của mũi khoét trình bày trên hình 4.66. Góc nghiêng của rãnh xoắn $\omega = 10 \div 15^\circ$, góc khoét ở mặt đầu bằng $8 \div 10^\circ$, góc sau trên phần sửa đúng $\alpha = 8 \div 10^\circ$, trên chiều rộng me $1 \div 1,5$ mm, với cạnh viền 0,2 mm. Me có đoạn nghiêng phụ với góc $\alpha_1 = 25 \div 30^\circ$. Góc nghiêng của lưỡi cắt $\lambda = 10^\circ$.



Hình 4.66 Mũi khoét để gia công lỗ trụ chìm

4.2.8.2 Mũi khoét có lỗ côn chìm (mũi khoét vát)

Để gia công lỗ tâm người ta dùng mũi khoét vát một răng đơn giản (hình 4.67a), mũi khoét vát côn và xoắn (hình 4.67b), mũi khoét tâm (hình 4.67c), mũi khoét tâm có đầu côn bảo vệ (hình 4.67d). Góc 2φ phổ biến của lỗ tâm là 60° , đôi khi có thể là 75° , 90° và 120° . Để gia công lỗ côn ta dùng mũi khoét vát côn (hình 4.68) có góc $2\varphi = 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ và 120° và với đường kính từ 12 đến 60 mm với số răng tương ứng từ 4 tới 12. Để giảm nhẹ điều kiện cắt, cách một răng lại vát một đoạn chiều dài $l = 1,5 \div 5$ mm. Chiều dày lõi trên mặt đầu lấy bằng $0,1d$, còn đường kính đầu cắt vát $d_1 = (0,15 \div 0,18)d$. Trong đó d là đường kính mũi khoét vát. Góc đáy ν chọn trong phạm vi $90 \div 75^\circ$ tùy thuộc vào số răng và góc thân răng η và được xác định theo công thức:

$$\nu = \eta + \varepsilon$$

trong đó:

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{z}$$

Để tránh làm yếu răng, góc η không được lấy nhỏ hơn $30^\circ \div 40^\circ$. Kết quả tính toán góc ν sẽ được quy tròn theo dãy số quy chuẩn về góc của dao phay góc. Để giữ cho chiều rộng me không đổi trên suốt chiều dài răng, cần tính góc gá đặt β của đầu phân độ theo công thức:

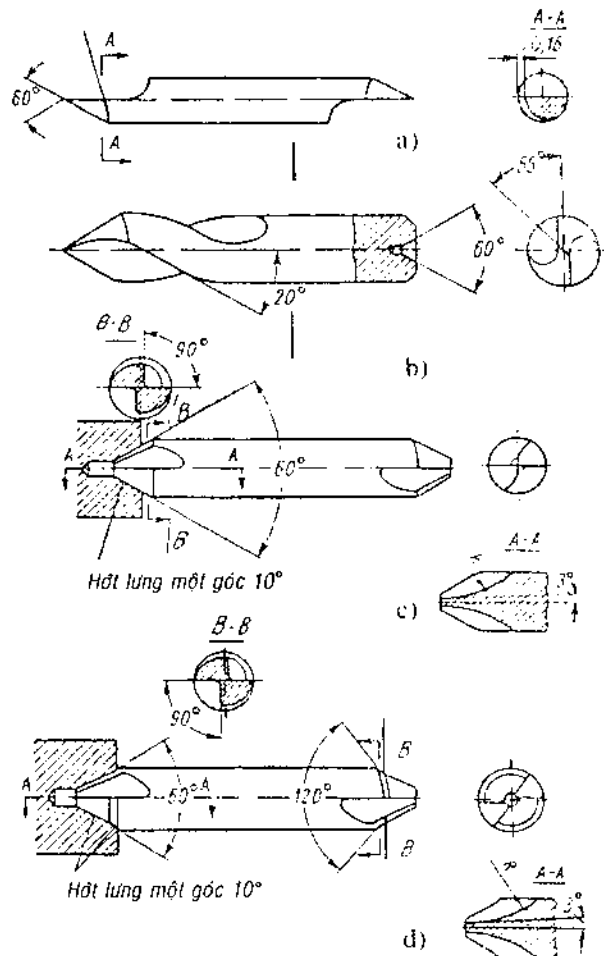
$$\beta = B - C; \operatorname{tg} B = \cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

$$\sin C = \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \cot \nu.$$

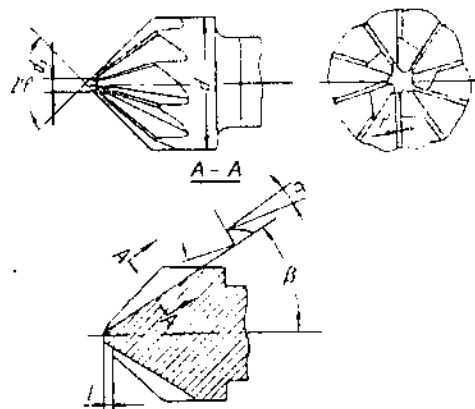
Chiều rộng me p chọn trong khoảng $0,6 \div 1,2$ mm. Me mài thật sắc hoặc có viền rộng khoảng $0,03 \div 0,05$ mm. Góc sau $\alpha = 6^\circ \div 8^\circ$. Mặt trước hướng vào tâm.

4.2.8.3. Mũi khoét để khoan sạch mặt đầu

Đặc điểm của mũi khoét này là chỉ có răng ở mặt đầu (hình 4.69a). Đôi khi cũng có thể dùng mũi khoét có răng xoắn trên mặt trụ. Mũi khoét chế tạo với chuỗi lắp hoặc có chuỗi liền hoặc lắp vào mâm cặp thay nhanh (hình 4.69b). Loại lắp vào mâm cặp đôi khi có răng ở cả hai đầu. Răng đầu thứ hai được sử dụng sau khi răng đầu thứ nhất bị mòn. Răng của mũi khoét thường làm bằng hợp kim cứng, đặc biệt đối với gang. Để đảm bảo độ đồng tâm của trục giữa lỗ và mặt gia công, mũi khoét có làm đoạn định tâm giống như ở mũi khoét để gia công lỗ trụ chìm. Đoạn định tâm làm liền với trục gá hoặc làm rời để thay đổi được. Mũi khoét được kẹp chặt trên trục gá bằng vít. Đường kính phổ biến của mũi khoét này nằm trong khoảng $14 \div 40$ mm. Vì điều kiện làm việc nặng nề, số răng không nên chọn lớn, thường lấy chẵn bằng $2 \div 6$. Để phoi thoát tốt hơn, cạnh cắt



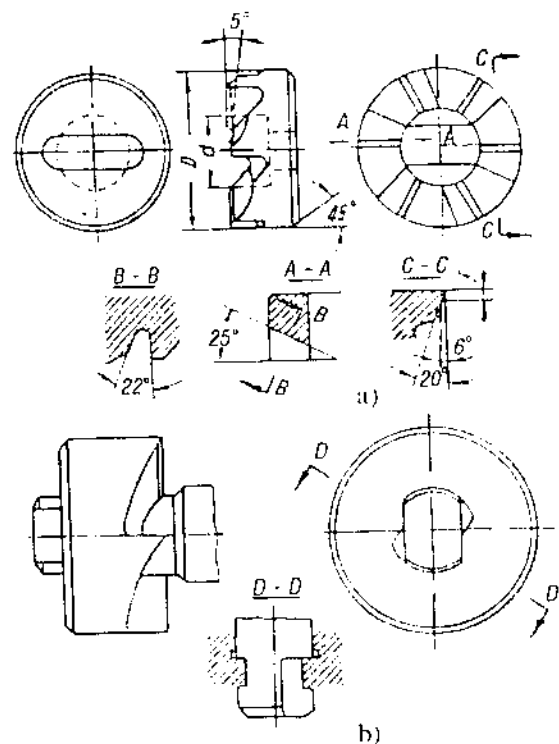
Hình 4.67. Mũi khoét lỗ tâm.



Hình 4.68. Mũi khoét vát côn.

thường bố trí song song với trục đối xứng của mũi khoét.

Để giảm nhẹ công việc khi gia công những mặt lớn, trên mũi khoét nên làm rãnh bẻ phoi (theo sơ đồ xen kẽ). Mũi khoét đường kính lớn thường làm răng lắp. Kết cấu kẹp chặt mũi khoét được trình bày trên hình 4.69b đáng được chú ý khi phải khoét những lỗ gia công không thuận tiện hoặc không gia công được từ trên xuống. Mũi khoét này có lỗ với hai mặt song song và ở phần cuối trục gá có tiết diện định hình. Kết cấu này đảm bảo độ thẳng góc của mặt đầu các răng đối với trục, kể cả khi có khe hở nhỏ giữa mũi khoét và trục gá.



Hình 4.69. Mũi khoét khoả sạch mặt đầu

4.3. Mũi doa

4.3.1. Công dụng và phân loại

Mũi doa dùng để gia công những lỗ chính xác. Tùy theo yêu cầu công nghệ, khi gia công lỗ bằng mũi doa có thể đạt độ chính xác từ cấp 4 tới cấp 1 và độ nhẵn bóng bề mặt gia công từ cấp 6 đến cấp 10.

Mũi doa được dùng sau khi gia công lỗ sơ bộ bằng mũi khoét, dao tiện lỗ hoặc mũi khoan và có thể dùng để gia công tinh hoặc thô.

Sự làm việc đúng đắn của mũi doa tùy thuộc vào kết cấu và chất lượng chế tạo chúng, cũng như vào điều kiện sử dụng chế độ cắt, việc làm nguội, lượng dư để doa, chất lượng mài sắc hoặc mài bóng lưỡi cắt và các yếu tố khác nữa.

Trong thực tế thường gặp nhiều kiểu mũi doa khác nhau. Chúng chia ra thành nhóm tùy theo tính chất sử dụng, hình dạng lỗ gia công, cách kẹp chặt dao, kết cấu của răng, sự điều chỉnh kích thước và vật liệu làm dao.

Mũi doa gồm các nhóm sau:

- 1) Mũi doa tay chuỗi trụ;
- 2) Mũi doa máy chuỗi trụ liền và chuỗi lắp;
- 3) Mũi doa máy chuỗi trụ liền và chuỗi lắp với răng chấp;
- 4) Mũi doa tăng để doa tay;
- 5) Mũi doa máy gắn hợp kim cứng với chuỗi liền và chuỗi chấp;
- 6) Mũi doa máy chấp răng gắn hợp kim cứng;
- 7) Mũi doa côn để gia công lỗ chốt côn;

- 8) Mũi doa côn để gia công lỗ trước khi làm ren côn;
- 9) Mũi doa côn để gia công lỗ côn mooc;
- 10) Mũi doa côn để gia công lỗ côn hệ mét;
- 11) Mũi doa côn có độ côn 1:30;
- 12) Mũi doa kích thước nhỏ có chuôi trụ lớn;
- 13) Mũi doa thép tấm.

4.3.2 Mũi doa trụ

Những yếu tố kết cấu cơ bản của mũi doa là: phần cắt, phần sửa đúng, số răng, hướng của răng, các góc cắt, bước không đều của răng, prôfin của rãnh và phần kẹp chặt.

4.3.2.1. Phần cắt

Góc φ của phần cắt mũi doa, cũng như góc nghiêng chính của dao tiện, quyết định hình dạng phoi và tỷ số giữa các thành phần của lực cắt.

Với cùng lượng dư gia công và lượng chạy dao, khi thay đổi góc φ , quan hệ giữa chiều rộng và chiều dày phoi thay đổi. Từ đó ta thấy hình dạng phoi có ảnh hưởng tới điều kiện thoát của nó, tới độ mòn của mũi doa và chất lượng bề mặt gia công.

Sự thay đổi tỷ số giữa các thành phần lực cắt, hay sự thay đổi hướng tâm nói riêng, có ảnh hưởng tới độ biến dạng đàn hồi của bề mặt gia công và làm cho kích thước lỗ doa thay đổi. Góc φ nhỏ cũng ảnh hưởng cho việc đưa mũi doa vào và ra khỏi lỗ dễ dàng. Điều kiện này đặc biệt quan trọng đối với những mũi doa làm việc trong điều kiện nặng nề, những mũi doa thép tấm, chẳng hạn, khi lắp các kết cấu thép (cầu, nhà, v.v...). Dùng mũi doa thép tấm có góc φ lớn, chạy dao bằng tay khi doa ở trên máy khoan hơi hoặc khoan điện, có thể làm gãy răng khi mũi doa ra khỏi lỗ.

Trên cơ sở thực nghiệm khi gia công thép 45 dùng góc φ nhỏ ($\varphi = 5^\circ$) thì mũi doa chủ yếu bị mòn theo mặt sau, trong khi đó với góc $\varphi = 45^\circ$, độ mòn xuất hiện theo cạnh viền của phần sửa đúng trên một đoạn rất dài (5÷8 mm) kể từ phần cắt. Tính chất thay đổi của độ mòn được giải thích bởi sự thay đổi thành phần hướng tâm của lực cắt. Khi góc φ lớn, độ mòn theo mặt sau được thu lại rất nhiều, cũng có chỗ mẻ nhỏ trên cạnh viền và còn thấy độ mòn của mặt trước có dạng rãnh lõm dọc theo cạnh viền. Sau một thời gian ngắn gia công, lưỡi cắt bị mòn nhanh. Những đoạn cạnh viền trên phần sửa đúng nằm kề gần phần cắt bắt đầu tham gia vào công việc cắt mỗi lúc một nhiều và rốt cục lại chúng không chỉ đóng vai trò của phần sửa đúng, mà còn làm việc cắt chủ yếu thay thế cho lưỡi cắt chính đã bị cùn. Do cạnh viền bị mòn nhanh trên một đoạn dài và có những rãnh lõm sâu, việc mài sắc lại mũi doa gặp rất nhiều khó khăn và đôi khi không thực hiện được. Điều đó cũng liên quan tới việc sử dụng không hợp lý chiều dài làm việc của mũi doa. Độ nhẵn bóng bề mặt gia công khi dùng mũi doa có góc $\varphi = 20^\circ$, 30° và 40° có phần nào kém hơn khi doa với góc $\varphi = 15^\circ$.

Theo số liệu thực nghiệm, độ lay rộng, độ côn và độ ôvan của lỗ với các góc $\varphi = 15^\circ \div 45^\circ$ nằm trong khoảng dung sai của lỗ, trong đó mũi doa có $\varphi = 15^\circ$ đảm bảo

chất lượng của lỗ tốt hơn.

Qua việc xét ảnh hưởng của góc φ đối với sự làm việc của mũi doa, có lưu ý đến các chỉ tiêu công nghệ (chất lượng bề mặt và lượng lay rộng của lỗ) và điều kiện sử dụng (tuổi bền và tuổi thọ của mũi doa, mức độ ít phức tạp khi mài sắc), có thể đi tới kết luận rằng: góc φ hợp lý đối với mũi doa máy, khi gia công thép và những vật liệu dẻo khác là $\varphi = 15^\circ$. Đối với vật liệu giòn, ví dụ như gang, góc φ lấy trong khoảng $3^\circ \div 5^\circ$.

Mũi doa cần có đoạn dẫn hướng lớn hơn khi đi vào lỗ gia công, vì vậy phần cắt của chúng phải làm dài hơn so với mũi doa máy, cụ thể là $\varphi = 0,5^\circ \div 1,5^\circ$. Mũi doa thép tẩm dầu trên máy khoan tay bằng hơi hoặc bằng điện cũng có góc $\varphi = 1,5^\circ \div 3^\circ$. Để dễ đưa mũi doa vào lỗ, đường kính nhỏ của phần cắt làm bé hơn đường kính mũi doa $1,3 \div 1,4$ lần lượng dư để doa.

Ngoài ra, ở cuối phần cắt làm cạnh vát 45° để bảo vệ răng mũi doa khỏi bị mẻ do lượng dư lớn lên hoặc do những khuyết tật trong lỗ. Chỗ chuyển tiếp từ phần cắt tới phần sửa đúng cần vẽ tròn.

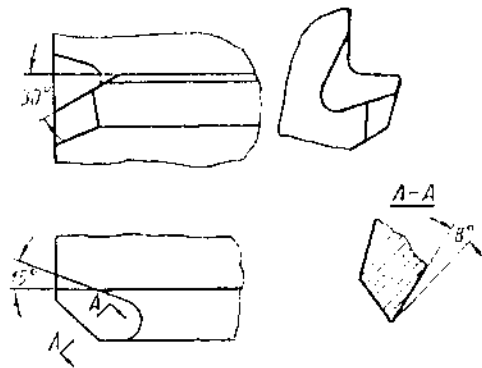
Để gia công vật liệu dẻo nên vát răng ở phần cắt. Răng trên phần cắt (hình 4.70) vát đi một góc 30° so với trục, còn rãnh thì làm lõm sâu xuống một góc tới 8° . Để răng khỏi bị yếu do mài vát như vậy, phải tăng chiều rộng của rãnh răng bằng cách giảm số răng xuống.

Ở nhà máy chế tạo hạng nặng thường sử dụng phổ biến kết cấu mũi doa có phần cắt thay đổi [1], kết cấu có dạng hai bậc trụ l_2 và

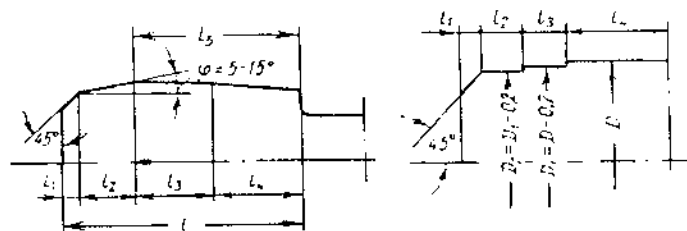
l_3 (hình 4.71) chiều rộng bậc khoảng 2 – 4 mm tùy theo kích thước mũi doa. Đường kính các bậc trụ nhỏ hơn so với đường kính danh nghĩa của mũi doa 0,2 và 0,4 mm. Ở mặt đầu cạnh vát 45° có chiều dài $l_1 = 2\text{mm}$ và mài sắc với góc sau 10° (như ở mũi khoét). Đoạn l_4 là phần sửa đúng có dạng mặt trụ. Mũi doa không làm côn nhỏ dần về phía đuôi vì vậy phần sửa đúng lấy ngắn hơn so với mũi doa thường.

4.3.2.2 Phần sửa đúng

Phần này dùng để định hướng mũi doa trong quá trình gia công và để dự trữ khi mài sắc lại. Ngoài ra nó đảm bảo hình dạng của lỗ, kích thước chính xác và độ nhẵn bóng cần thiết của bề mặt gia công. Phần sửa đúng của mũi doa máy thường có dạng đoạn trụ ngắn để sửa đúng lỗ và một đoạn côn nhỏ dần về phía đuôi. Độ côn nhằm



Hình 4.70 Vát me của phần cắt mũi doa.



Hình 4.71. Phần cắt của mũi doa có dạng hai bậc trụ.

giảm ma sát giữa mũi doa và bề mặt lỗ gia công và để phòng sự lay rộng của lỗ của phần sửa đúng ở phần cuối chuôi.

Đối với mũi doa máy, khi kẹp cứng độ côn lấy khoảng $0,04 \div 0,06$ mm, khi kẹp lỏng được, hoặc tuỳ động khoảng $0,08 \div 0,1$ mm, đối với mũi doa tay $0,01 \div 0,015$ mm.

Do độ côn rất nhỏ như vậy, người ta thường không làm đoạn trụ ở mũi doa tay, mà làm côn ngay từ sau phần cắt. Nếu lỗ có yêu cầu đặc biệt về độ chính xác của kích thước và độ nhẵn bóng bề mặt gia công thì nên dùng mũi doa không có độ côn. Khi tăng chiều dài của phần sửa đúng, điều kiện làm việc càng nặng nề hơn và kẹt mũi doa trong lỗ, vì vậy nên dùng mũi doa ngắn với chiều dài phần sửa đúng khoảng $(0,25 \div 0,3)$ đường kính mũi doa. Ngoài ra, mũi doa ngắn còn tiết kiệm được kim loại và giảm được độ cong vênh khi tôi.

Nếu giảm chiều dài phần sửa đúng và bỏ phần côn đi, mũi doa làm việc có hiệu quả tốt. Về độ chính xác, độ nhẵn bóng bề mặt và tuổi thọ, không những không kém so với mũi doa thường mà còn tốt hơn, đặc biệt là khi làm việc trên máy đã mòn. Bỏ phần côn còn làm giảm được độ lay rộng của lỗ.

Về mặt này đáng chú ý là mũi doa có đường kính từ 12 tới 60 mm, chế tạo theo dạng đĩa, chiều dài bằng 0,2 đường kính. Về hình dạng, mũi doa này giống như dao phay rãnh răng nhọn. Mũi doa hầu như chỉ có 3 phần sửa đúng mà không có phần cắt. Chiều rộng cạnh viền trên răng khoảng $0,8 \div 1,2$ mm, góc sau không mài sắc mà mài theo vòng tròn. Chiều dày nhỏ của mũi doa cho phép không cần làm côn. Số răng của mũi doa là 8, chiều cao răng khoảng $1/2$ đường kính mũi doa, bước răng không đều. Góc trước lấy khoảng $5 \div 7^\circ$.

Khi làm việc, mũi doa cần có đoạn định hướng, đoạn này nằm ở phần trên của trục gá dao.

Trong quá trình làm việc, sau khi cạnh vát đã được vẽ tròn mũi doa coi như bị mòn và cần mài lại bằng cách mài theo mặt đầu trên máy mài phẳng tới khi hết đoạn vẽ tròn. Những mũi doa này rẻ tiền, đảm bảo yêu cầu về độ nhẵn bóng và độ chính xác như mũi doa thường. Cần đặc biệt chú ý đến độ đảo hướng kính của răng trên tất cả các kiểu mũi doa. Độ đảo đó được đo bắt đầu ở chỗ phần sửa đúng, so với trục của chuôi hoặc với trục của lỗ ở dao lắp chuôi, không được vượt quá 0,02 mm đối với mũi doa mài và 0,01 mm đối với mũi doa mài bóng.

4.3.2.3. Số răng

Số răng thường lấy chẵn để có thể đo đường kính bằng panme. Có thể xác định số răng tùy thuộc vào đường kính và công dụng củ mũi doa.

Đối với mũi doa tay và máy, người ta dùng các số răng sau:

Đường kính, mm	3÷10	11÷19	20÷30	32÷45	46÷50
Số răng	6	8	10	12	14

Mũi doa thép tấm đường kính dưới 50mm thường làm 4 răng.

Mũi doa lắp răng có số răng nhỏ hơn vì cần có chỗ rộng để phân bố các răng và yếu tố kẹp chặt theo vòng tròn của thân mũi doa.

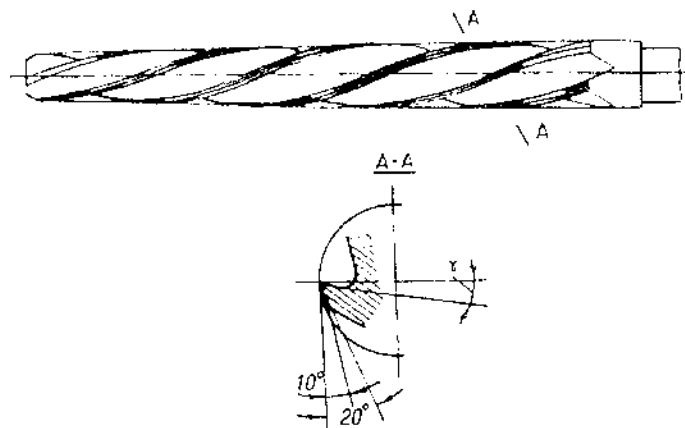
4.3.2.4. Hướng của răng

Mũi doa thường có răng thẳng hay nghiêng so với trục hoặc có răng xoắn. Mũi doa răng xoắn đảm bảo bề mặt gia công nhẵn hơn và tuổi bền cao hơn. Mũi doa răng thẳng và nghiêng có kết cấu đúng cũng gia công lỗ thoả mãn yêu cầu về độ chính xác và chất lượng gia công. Việc chế tạo, mài sắc và kiểm tra loại mũi doa này đơn giản hơn nhiều so với mũi doa răng xoắn.

Để gia công lỗ có rãnh dọc hoặc lỗ không liên tục theo chiều dài cần dùng mũi doa có răng xoắn, chiều dài răng làm ngược với chiều quay để đề phòng cho mũi doa khỏi bị tự hãm chặt lại và khỏi bị kẹt cũng như để dễ tháo chuôi dao ra khỏi trục chính.

Góc nghiêng của rãnh ω chọn tùy theo vật liệu gia công: đối với gang xám hoặc thép cứng khoảng $7 \div 8^\circ$, đối với gang rèn và thép khoảng $12 \div 20^\circ$, đối với nhôm và hợp kim nhẹ khoảng $35 \div 45^\circ$.

Mũi doa thép tấm (hình 4.72) chỉ làm rãnh có góc xoắn lớn vì rãnh thẳng hoặc góc xoắn nhỏ làm cho mũi doa dễ bị kẹt trong lỗ, góc ω hợp lý với mũi doa này là $25 \div 30^\circ$.



Hình 4.72 Mũi doa thép tấm.

4.3.2.5. Góc sau và góc trước của phần cắt

Góc sau và góc trước của phần cắt chọn tùy theo công dụng của mũi doa và vật liệu gia công. Tăng góc sau α sẽ làm điều kiện cắt dễ nhưng vì góc sắc giảm và răng bị yếu nên điều kiện thoát nhiệt xấu và làm tăng độ mòn của lưỡi cắt. Khi gia công thép 45, mũi doa có góc sau tăng tới $15 \div 20^\circ$ làm cho bề mặt gia công nhẵn hơn ở giai đoạn làm việc đầu so với mũi doa có $\alpha = 8^\circ$, nhưng tuổi bền của nó giảm khoảng 3 lần. Điều đó có thể giải thích như sau: khi mặt sau đã bị mòn một đoạn nhỏ thì sẽ gây ra mòn mãnh liệt ở đoạn viền trên chiều dài $4 \div 5$ mm, cũng như trên lưỡi cắt chính làm lưỡi cắt bị vênh tròn.

Do bị mòn như vậy, mũi doa bắt đầu gây ra những vạch trên bề mặt lỗ và có thể làm mẻ răng từ chỗ chuyển tiếp từ phần cắt sang phần sửa đúng.

Việc mài sắc lại mũi doa đã bị mòn nhiều gặp nhiều khó khăn, đôi khi không làm được. Vì các lý do đó, cần chọn góc α trên phần cắt nhỏ khoảng $5 \div 8^\circ$. Đối với mũi

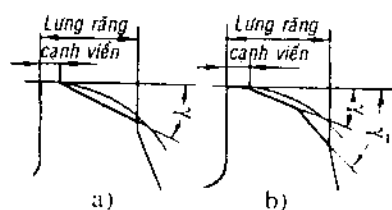
doa tinh, góc α chọn nhỏ hơn so với mũi doa thô.

Răng trên phần cắt được mài thật sắc, còn trên phần sửa đúng để lại cạnh viền nhỏ f (hình 4.73a) và góc α thường lấy như phần cắt.

Mũi doa tự điều chỉnh được nên mài sắc theo hai góc: $\alpha = 6 \div 8^\circ$ và $\alpha_1 = 15 \div 20^\circ$ (hình 4.73b). Đối với mũi doa thép tấm đôi khi cũng làm như vậy.

Góc trước γ của mũi doa lấy bằng 0, nghĩa là mặt trước hướng vào tâm.

Tăng tốc độ cắt (ví dụ, 4 m/ph), lưỡi cắt chống bị mẻ và dễ bị hỏng, làm giảm rõ rệt chất lượng bề mặt gia công. Góc γ dương trong khoảng $5 \div 10^\circ$ dùng khi gia công kim loại dẻo, nhằm tránh cho phoi khỏi bị dính trên lưỡi cắt. Khi gia công thép, nếu có yêu cầu đặc biệt về độ nhẵn bóng bề mặt gia công, có thể lấy γ đến 10° nhưng trong trường hợp đó tốc độ cắt không quá 2 m/ph.



Hình 4.73 Hình dạng me của phần cắt và phần sửa đúng mũi doa.

Góc γ âm khi gia công thép 45 sẽ làm giảm độ nhẵn bóng bề mặt gia công vì xuất hiện lẹo dao lớn, gấn chặt vào mặt trước, cũng như phoi bị dính trên một đoạn dài của cạnh viền. Kinh nghiệm và thực tế ở các nhà máy cho thấy góc trước hợp lý của mũi doa là $\gamma = 0^\circ$.

Mũi doa thép tấm không những chỉ cắt lượng dư gia công đã định mà do các tấm đặt bị lệch nhau, nó còn phải cắt thêm một lớp kim loại nữa, về mặt này mũi doa làm việc như mũi khoét. Do đó đối với mũi doa thép tấm, góc trước dương trong khoảng $12 \div 15^\circ$ (đo trong tiết diện pháp tuyến) là hợp lý. Quan hệ giữa góc γ_N trong tiết diện pháp tuyến và γ_T trong tiết diện mặt đầu (đối với điểm nằm trên chu vi) được biểu thị qua công thức:

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_T \cdot \cos \omega$$

trong đó: ω - góc nghiêng của rãnh xoắn mũi doa.

4.3.2.6. Cạnh viền

Cạnh viền đảm bảo định hướng mũi doa trong lỗ, có tác dụng ép chặt và làm nhẵn bề mặt gia công, sửa đúng lỗ theo kích thước, làm cho việc kiểm tra mũi doa theo đường kính được dễ dàng. Đối với mũi doa này, chiều rộng cạnh viền lấy bằng $0,05 \div 0,3 \text{ mm}$ tùy theo kích thước mũi doa (từ 5 đến 50 mm).

Mặc dù khi giảm chiều rộng cạnh viền, độ nhẵn bề mặt gia công tốt hơn nhưng không nên làm thế vì tuổi bền của mũi doa giảm xuống rất nhiều do sự xuất hiện những vết lõm trên suốt chiều dài cạnh viền. Cũng không nên tăng chiều rộng cạnh viền vì sẽ làm giảm độ nhẵn bề mặt gia công.

Khi gia công vật liệu dẻo, để tránh hiện tượng dính phoi cần giảm chiều rộng

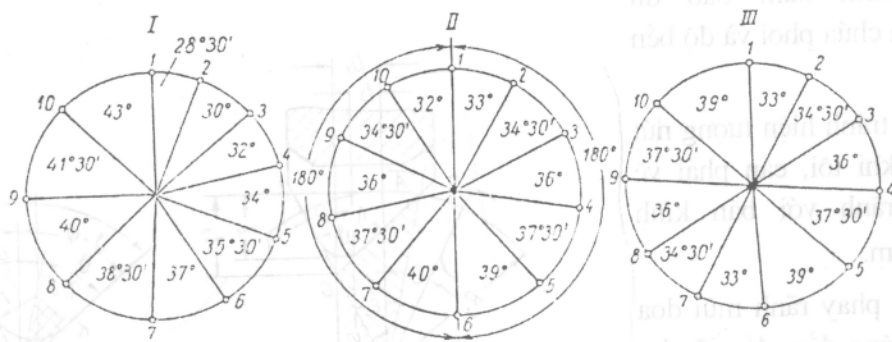
cạnh viền tới $0,05 \div 0,08$ mm. Cũng có thể mài sắc hoặc mài bóng cạnh viền theo góc $30' \div 1^{\circ}30'$ bằng đá mài đặc biệt hoặc bằng các thanh mài trên máy hay trên đồ gá mài bóng.

Đối với mũi doa tay, cũng như mũi doa máy có lưỡi cắt mạ crôm, chiều rộng cạnh viền có thể giảm tới $0,15 \div 0,18$ mm. Mũi doa thép tấm thường làm cạnh viền rộng $0,2 \div 0,3$ mm.

4.3.2.7. Sự phân bố không đều của răng theo vòng tròn

Sự phân bố như vậy nhằm mục đích đề phòng sự xuất hiện trong lỗ doa những vạch dọc tương ứng với bước răng.

Nguyên nhân gây ra vạch dọc là sự thay đổi theo chu kỳ răng của mũi doa, do sự không đồng nhất của vật liệu gia công, do ở những chỗ cứng hoặc mềm, v...v. Gặp những đoạn như vậy, mũi doa bị nén lại, do răng có bước đều sẽ khoét sâu vào bề mặt gia công và để lại những vạch dọc. Với bước răng không đều, ở mỗi thời điểm các răng sẽ nằm ở vị trí mới, kết quả là khử được những vạch dọc sinh ra.. Sự không đều của bước răng có thể đạt được bằng những phương pháp khác nhau, trong đó phổ biến nhất là sự phân bố đều của răng theo nửa vòng tròn ở hình 4.74. Sự phân bố này vừa đơn giản khi chế tạo vừa thuận tiện để đo đường kính mũi doa bằng panme (hoặc đồng hồ so).

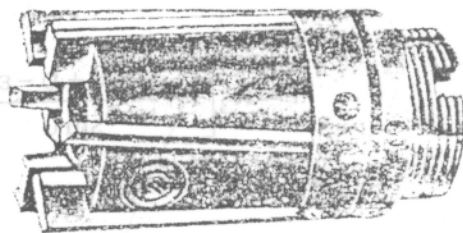


Hình 4.74 Các phương án phân bố không đều răng theo vòng tròn.

Những số liệu về sự không đồng đều của bước răng đối với mũi doa có $z=10$ được trình bày trên hình 4.74. Không nhất thiết phải đảm bảo độ chính xác của vạch chia trên hình vẽ. Tuy nhiên góc quay có độ chính xác tới phút là do dùng đĩa phân độ có 49 lỗ.

Thông thường, nên thực hiện việc chia bằng cách đếm số vạch chia (số lỗ) trên đĩa, số vạch chia đó bao giờ cũng là một số nguyên.

Sự không đều của bước răng cũng có thể thực hiện được bằng cách chế tạo những rãnh nghiêng với trục, trong đó cứ hai răng kế tiếp nhau có góc nghiêng khác nhau (hình 4.75). Phương pháp này dùng cho những kết cấu mũi doa lắp răng. Một số nhà máy đã áp dụng có kết quả mũi doa

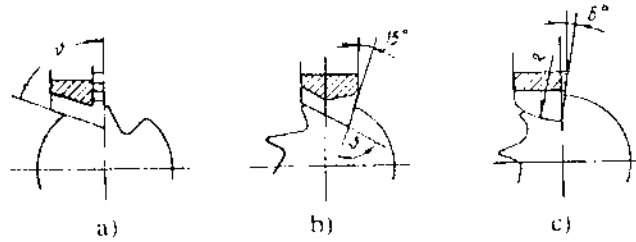


Hình 4.75 Mũi doa ghép răng nghiêng có góc nghiêng thay đổi.

có bước răng đều. Ngoài ra, những công trình thực nghiệm chứng tỏ rằng mũi doa có bước răng đều đảm bảo độ nhẵn bóng bề mặt gia công không kém hơn mũi doa có bước khác nhau. Tuy nhiên vấn đề này vẫn chưa được giải quyết dứt khoát vì mũi doa làm việc ở những điều kiện hết sức khác nhau và cần phải thử trong các điều kiện đó.

4.3.2.8. Dạng rãnh

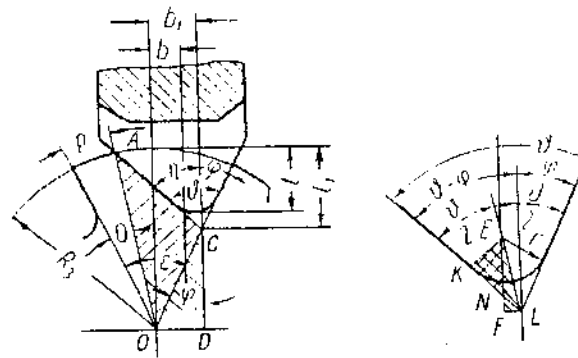
Hình dạng rãnh thoát phoi của mũi doa không quan trọng như đối với mũi khoan tarô và có thể gia công rãnh bằng dao phay một góc hoặc hai góc.



Hình 4.76 Hình dạng rãnh mũi doa.

Dùng dao phay một góc (hình 4.76a) mặt trước của mũi doa không được nhẵn và làm cho những răng ở mặt đầu của dao phay chóng bị mòn. Dùng dao phay một góc để phay mũi doa xoắn sẽ gây ra hiện tượng cắt răng. Dao phay hai góc (hình 4.76b) khắc phục được những thiếu sót đó. Đối với mũi doa có kích thước lớn và trung bình nên phay rãnh bằng dao phay lưng cong (theo bán kính R, hình 4.76c). Profile đảm bảo đủ không gian chứa phoi và độ bền của răng.

Để tránh hiện tượng nứt xuất hiện khi tôi, cần phải vẽ tròn đáy rãnh với bán kính $0,3 \div 0,8 \text{ mm}$.



Hình 4.77 Xác định các thông số để phay rãnh có bước vòng không đều.

Khi phay rãnh mũi doa có bước không đều, để giữ cho chiều rộng của me đồng nhất, cần thay đổi chiều sâu của rãnh và khoảng cách giữa các trục mũi doa và dao phay đối với từng rãnh. Những trị số đó tính theo công thức rút ra từ các tam giác có gạch chéo trên hình 4.77:

$$t = R_3 \left[1 - \frac{\sin(\theta + \nu - \epsilon)}{\sin \nu} \cos \varphi \right] - r \left[\frac{\cos\left(\frac{\nu}{2} - \varphi\right)}{\sin \frac{\nu}{2}} - 1 \right]$$

$$b = \left[\frac{R_3 \cdot \sin(\theta + \nu - \epsilon) \sin \varphi}{\sin \nu} \right] - r \left[\frac{\sin\left(\frac{\nu}{2} - \varphi\right)}{\sin \frac{\nu}{2}} \right]$$

trong đó: R - bán kính phôi (để lượng dư $0,15 \div 0,4$ mm cho mài).

Để làm đơn giản nguyên công này, nên dùng dao phay đặc biệt để gia công răng mũi doa mà không qua gia công rãnh (hình 4.78a). Trong trường hợp đó, chiều rộng me được giữ nguyên mà không cần thay đổi chiều sâu phay.

Các kích thước cần thiết được ký hiệu trên profile dương bằng những chữ cái (hình 4.78b). Khuyết điểm của loại dao phay này là sau khi gia công, lượng răng bị nhỏ ra một đoạn là a, đoạn này không vượt quá $0,1 \div 0,2$ mm (hình 4.78c). Phương pháp này chỉ dùng để phay những mũi doa răng thẳng. Có thể phay dao phay định hình bằng hai dao phay (hình 4.78d). Kích thước me được điều chỉnh nhờ vòng trung gian.

4.3.2.9. Phần kẹp chặt

Phần kẹp chặt của mũi doa có phần khác nhau tùy theo công dụng của nó.

Đối với mũi doa tay, phần kẹp chặt gồm có cổ ngắn, chuôi hình trụ và đầu vuông. Cổ làm việc mài phần cắt và phần chuôi được dễ dàng, đầu vuông để kẹp chặt vào tay quay còn chuôi dùng để định hướng mũi doa khi doa những lỗ sâu.

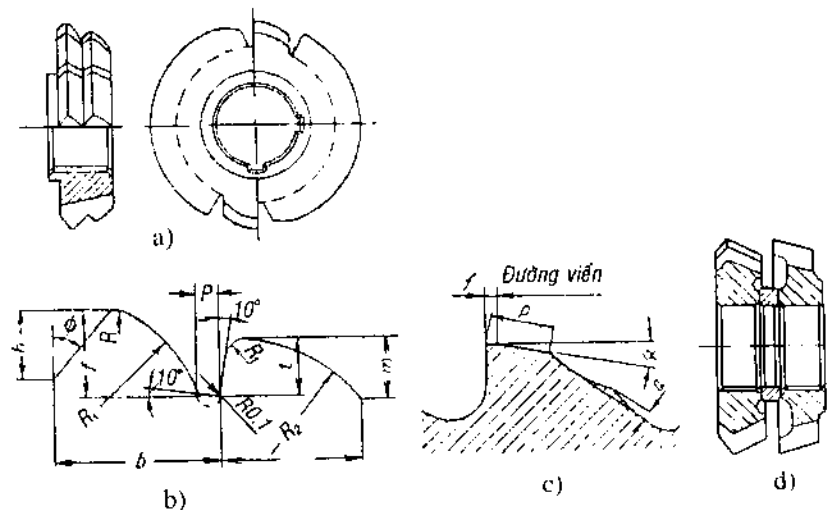
Đường kính chuôi làm nhỏ hơn đường kính mũi doa $0,03 \div 0,08$ mm, còn chiều dài chuôi xấp xỉ như phần cắt.

Phần kẹp của mũi doa máy có ba dạng sau:

- Dạng trụ, chỉ dùng cho mũi doa nhỏ đường kính từ $10 \div 12$ mm.
- Dạng côn Mooc.
- Dạng vuông (ít dùng).

Mũi doa máy có cổ dài để đưa mũi doa vào khi gia công lỗ sâu. Mũi doa lắp chuôi có lỗ côn với độ côn 1:30.

Khi doa trên máy, để lỗ gia công được đúng, cần thiết làm cho trục lỗ và trục mũi doa trùng nhau. Điều đó có thể đạt được với điều kiện là trục của rãnh kẹp chặt mũi doa nằm trên cùng một đường thẳng với trục quay của máy. Tuy



Hình 4.78 Dao phay chuyên dùng để phay rãnh mũi doa có bước vòng không đều.

nhiên điều kiện này không phải bao giờ cũng được đảm bảo. Do độ mòn của sống trượt trên thân máy, cũng như do mặt tựa khi quay của đầu máy, ví dụ như ở máy ro-vôn-ne, trục chính nằm lệch so với trục rãnh của dao (trong mặt phẳng đứng).

Sự không trùng trục có thể do khi quay và khi kẹp chặt đầu máy lúc cơ cấu tựa đã bị mòn (không trùng trục trong mặt phẳng ngang). Trong trường hợp đó trục của dao bị lệch sang bên một góc. Sự không chính xác của lỗ gia công không những tùy thuộc vào tình trạng máy mà còn tùy thuộc (mặc dù ít hơn) vào cơ cấu kẹp. Trục của chi tiết và dao không trùng nhau sẽ làm cho lỗ có đường kính lớn hơn đường kính cần thiết và đôi khi còn làm sai hình dạng lỗ, ví dụ, lỗ bị côn, bị loe rộng ra ở phần mặt đầu phía trước.

Để đạt được lỗ chính xác, người ta kẹp chặt mũi doa trên trục lắc được hoặc trục gá tùy động. Nhờ kẹp chặt có khớp, khi đi vào lỗ, mũi doa có khả năng thay đổi hướng và tự do đi theo hướng của lỗ đã gia công sơ bộ trước. Với cách kẹp chặt như thế, tải trọng được phân bố đều và các răng cắt một lớp kim loại như nhau về mọi phía.

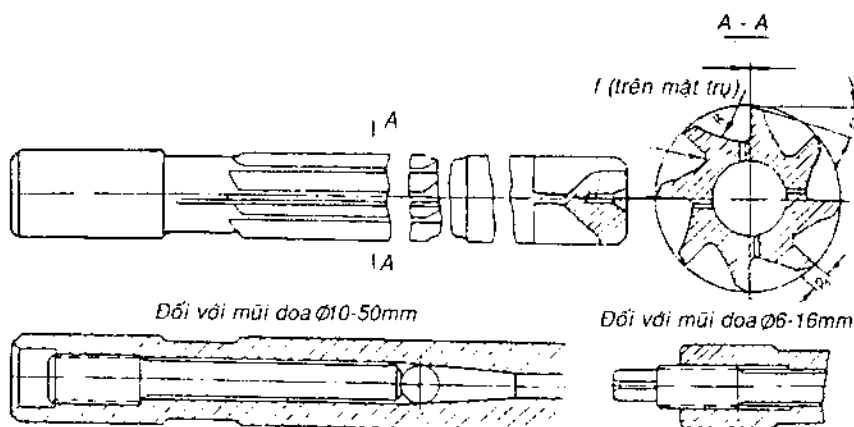
Trong thực tế gặp rất nhiều kiểu kết cấu trục gá lắc của mũi doa. Yêu cầu chủ yếu đối với các trục gá đó là khả năng lắc được theo mọi hướng, cũng như có thể dịch được một chút theo hướng song song với chính bản thân nó. Để tránh làm cho phần đầu của lỗ bị loe rộng ra, độ lắc chỉ được phép làm trong phạm vi nhỏ.

Vì có sai số của máy và sai số khi kẹp chặt chi tiết, mũi doa khi gia công lỗ thường bị nghiêng đi một chút. Do đó, kích thước lỗ nhận được lớn hơn đường kính mũi doa. Ngoài ra, bề mặt lỗ ở mặt đầu phía trước có thể bị các răng ở gần chuôi làm hư hại. Để khắc phục những sai sót đó mũi doa có trục gá lắc hoặc tùy động phải làm độ côn trên phần sửa đúng lớn hơn ở mũi doa máy thông thường.

4.3.2.10 Mũi doa tăng.

Mũi doa tăng dùng trong công việc sửa chữa, ví dụ như máy kéo, ô tô, máy nông nghiệp, v.v... (hình 4.79).

Khi bề mặt lắp ghép của chi tiết (trục và lỗ) bị mòn, thông thường người ta theo trục đã được sửa mà doa lỗ đạt đến kích thước cần thiết. Để đạt được mục đích đó, cho phép nối rộng kích thước mũi doa trong một phạm vi nhất định. Trên mũi doa làm một lỗ sâu không thông, dọc



Hình 4.79 Mũi doa tăng.

theo răng xẻ từ 3 đến 6 răng tùy theo đường kính mũi doa (từ 6 tới 50 mm). Số răng lấy lớn hơn số răng 2 lần. Ở bên trong, đặt viên bi cầu trên phần côn của lỗ, viên bi chịu tác dụng của một thanh, dịch chuyển được bằng then dọc theo mũi doa.

Khi vận ren, then đó tỳ vào viên bi, bi dịch chuyển làm tăng đường kính mũi doa nhờ có răng xẻ. Lượng điều chỉnh mũi doa theo đường kính (so với kích thước danh nghĩa) không được nhỏ hơn các trị số sau đây tính bằng mm:

6 - 10	+ 0,15	20 - 30	+ 0,40
10 - 20	+ 0,25	30 - 50	+ 0,50

So với kích thước danh nghĩa của mũi doa, ta thấy:

- Đường kính chỗ bắt đầu phần cắt nhỏ hơn $0,4 \div 0,7$ mm
- Đường kính mặt đầu phía trước của đoạn dẫn hướng nhỏ hơn $0,2 \div 0,3$ mm
- Đường kính chỗ cuối phần sửa đúng nhỏ hơn $0,015 \div 0,020$ mm tùy theo kích thước mũi doa. Mũi doa với răng thẳng hoặc răng xoắn với góc nghiêng $5^\circ \div 8^\circ$. Hướng của răng phải ngược hướng với hướng cắt. Bước của mũi doa làm không đều trong những khoảng giống như ở mũi doa tay.

4.3.2.11. Mũi doa hợp kim cứng

Mũi doa máy gắn mảnh hợp kim cứng có chuỗi trụ với đường kính $6 \div 9$ mm, chuỗi côn với đường kính $10 \div 32$ mm và chuỗi lắp với đường kính $34 \div 50$ mm. Các kích thước chung được quy định theo tiêu chuẩn. Mũi doa hợp kim cứng có chiều dài phân làm việc nhỏ hơn mũi doa bằng thép gió, vì chiều dài phân làm việc lấy bằng chiều dài mảnh hợp kim; mảnh hợp kim cứng không thể làm dài được do những quy định thống nhất về công nghệ chế tạo chúng. Việc làm giảm chiều dài sẽ làm tăng độ chống rung của mũi doa. Vì độ bền của những mảnh hợp kim cứng kém, nên số lần mài sắc lại được phép ít hơn so với dụng cụ bằng thép, vì vậy việc giảm chiều dài phân làm việc phù hợp với việc tận dụng hợp lý hợp kim cứng. Thực tế chứng tỏ những mũi doa đó gia công lỗ đạt kết quả tốt.

Số răng của mũi doa máy lấy từ 4 tới 10 trong khoảng đường kính từ $6 \div 50$ mm, đối với mũi doa lắp răng từ 6 - 8 trong khoảng đường kính từ $52 \div 75$ mm.

Các thông số kết cấu và hình học của phần cắt lấy như sau:

Góc trước bằng 0, nhưng trên đỉnh răng làm cạnh vát nhỏ ($0,2 \div 0,3$ mm), có trị số góc - 5° nhằm mục đích làm tăng độ bền của lưỡi cắt.

Góc sau làm hai mặt; trên cạnh viền, chiều rộng $0,3 - 0,5$ mm lấy bằng $5^\circ \div 6^\circ$, trên phần còn lại của mảnh dao lấy $10^\circ \div 12^\circ$. Bề mặt của thân dao (với dao gắn mảnh hợp kim) hoặc bề mặt răng lắp (với kết cấu lắp răng) cắt vát đi theo góc $16^\circ \div 20^\circ$.

Góc nghiêng chính ϕ thường lấy bằng 15° , ở mặt đầu mài cạnh vát 45° .

Đôi khi để làm cho đoạn chuyển tiếp từ phần cắt sang phần sửa đúng được đều đặn hơn, làm tăng độ nhẵn bề mặt gia công, người ta chế tạo phần cắt với 3 lưỡi cắt theo các góc

45°, 15° và 2° (trên chiều dài 1,5 ÷ 2 mm).

Để khử những vạch dọc trên bề mặt gia công, làm rãnh theo một góc nghiêng nhỏ (3° ÷ 5°) là hợp lý. Hướng của rãnh cần phải ngược với hướng cắt.

Việc làm nhỏ thân dao về phía chuôi (độ côn) đóng vai trò quan trọng đối với mũi doa hợp kim cứng. Nếu không có độ côn, mảnh hợp kim sẽ cọ sát vào bề mặt gia công trên suốt chiều dài, do đó không những mũi cắt bị mòn nhanh, mà còn bị mẻ. Vì vậy độ côn của mũi doa hợp kim cứng lấy khá lớn đối với mũi doa bằng thép, cụ thể lấy bằng 0,1mm trên chiều dài mảnh hợp kim 15 mm. Để định hướng được tốt hơn trong lỗ gia công, phần trụ của mũi doa lấy trong khoảng 8 ÷ 10 mm.

Để gia công những lỗ sâu có đường kính nhỏ (7 ÷ 20 mm) dùng mũi doa hợp kim cứng ngắn có 3 răng và phân định hướng phía trước bằng gỗ có thớ cứng là hợp lý. Mũi doa làm việc tốt theo nguyên tắc chuốt với chế độ cắt cao và làm lạnh một cách ổn định. Khi gia công thép, dùng mũi doa hợp kim cứng T15K6 với những thông số hình học sau đây: góc nghiêng chính $\varphi = 75^\circ$, góc trước $\gamma = 0$, góc sau trên mảnh dao $\alpha = 3^\circ$.

Đối với kim loại cứng, có $\sigma = 90 \text{ kG/mm}^2$, khi gia công lỗ đường kính nhỏ, dùng mũi doa không phay rãnh; mảnh dao phải gắn vào rãnh trên đỉnh tiết diện ba mặt của thân dao sao cho góc trước là âm. Góc sau chọn trong khoảng 6° ÷ 8°. Độ côn của mũi doa làm theo góc 2°.

Các hợp kim cứng được dùng trong việc chế tạo mũi doa là do có độ chống mài mòn cao. Chúng cho phép nâng cao tốc độ cắt vài lần so với mũi doa bằng thép.

4.3.2.12. Mũi doa lắp rãnh

Về mặt kết cấu, mũi doa có răng liền không được hợp lý vì không có khả năng phục hồi kích thước theo đường kính sau khi bị mòn. Tuổi bền của những mũi doa đó nhỏ và không tận dụng được vật liệu.

Trong sản xuất cần hạn chế việc dùng những mũi doa đó và chuyển sang sử dụng loại có răng lắp. Sau khi bị mòn và được mài sắc lại mũi doa có thể điều chỉnh theo kích thước cần thiết.

Mỗi mũi doa, có kết cấu điều chỉnh được, chỉ dùng cho một kích thước nhất định. Dùng một mũi doa để gia công những đường kính khác nhau là không hợp lý, vì trị số điều chỉnh mũi dao chỉ được tính toán để bù trừ cho trị số của độ mòn hoặc để gá đặt kích thước theo đường kính tùy thuộc vào điều kiện gia công, cũng như để bù trừ lượng lay rộng theo đường kính. Lượng điều chỉnh cho phép trong khoảng 1 ÷ 2 mm tùy theo đường kính mũi doa.

Thân dao có thể làm theo hình trụ hoặc hình đa diện với số mặt bằng số răng. Hình trụ là một vật thể tròn xoay nên dễ chế tạo hơn. Ngoài ra, nó còn là chuẩn đo để đảm bảo việc kiểm tra chính xác sự bố trí của rãnh và lưỡi dao. Vì vậy, mũi doa có thân hình đa diện hiện nay không dùng nữa.

Để tăng khoảng không gian chứa phoi ở chỗ tạo thành nhiều phoi nhất, nên khoét sâu xuống kể từ chỗ bắt đầu mặt bèn, chiều sâu khoét giảm dần cho tới đoạn côn của phần cắt.

Lưỡi cắt của mũi doa lắp răng nghiêng một góc $\omega = 12^\circ \div 15^\circ$ so với trục hoặc đôi khi song song với trục. Để tránh mũi doa bị tự động giữ chặt và kẹt trong lỗ, hướng của lưỡi dao (thường là hướng trái) cần phải ngược với hướng cắt.

Đối với mũi doa lắp răng, cũng cần phân bố răng không đều theo vòng tròn chu vi. Các trị số cũng lấy như mũi doa răng liền. Ở đây cũng có thể thực hiện sự phân bố không đều đó bằng cách lắp lưỡi dao trong rãnh có hướng của góc nghiêng ω thay đổi với từng cặp răng kế nhau.

Không có một kết cấu mũi doa nào, ngay cả khi được chế tạo cẩn thận, có thể đảm bảo lắp và điều chỉnh đúng các răng theo một đường kính. Ngoài ra, về mặt kinh tế, điều đó không hợp lý vì nó làm cho dụng cụ đắt thêm một cách không cần thiết. Cần biết rằng, không một mũi doa nào có thể mang sử dụng nếu không qua mài sơ bộ theo đường kính trước khi mài sắc các răng.

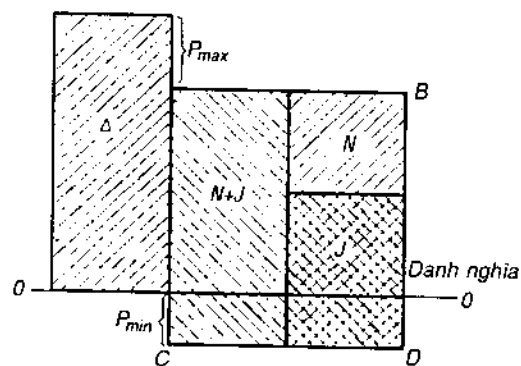
4.3.3. Dung sai của đường kính mũi doa

Mũi doa là dụng cụ có tuổi thọ thấp, vì thế cần đặc biệt chú ý tới việc quy định hợp lý dung sai đường kính mũi doa. Nếu quy định không đúng dung sai thì có thể không tận dụng được dụng cụ tương đối đắt tiền này, làm tăng giá thành chế tạo và mài sắc lại mà nhiều khi cũng không đảm bảo được kích thước của lỗ gia công.

Nghiên cứu hệ thống dung sai của mũi doa là một nhiệm vụ phức tạp, điều đó là do sự phức tạp của quy trình công nghệ gia công lỗ. Hình dạng đúng của lỗ, độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt không những tùy thuộc vào mũi doa mà còn tùy thuộc vào nhiều yếu tố khác, trong đó cần chú ý: kích thước lỗ (đường kính, chiều dài, chiều dày của thành) loại vật liệu gia công, gia công sơ bộ trước khi doa (chế độ cắt, dung dịch làm nguội, sự kẹp cứng hoặc tự động của mũi doa), yêu cầu đối với lỗ doa (độ chính xác, độ nhẵn bề mặt), qua đó hiểu rõ tại sao trong thực tế, cũng như trong điều kiện thí nghiệm, nhận được những kết quả mâu thuẫn với nhau về mặt quy định dung sai theo đường kính. Từ đó có thể nhận thấy rằng những số liệu trong sách vở và trong các tài liệu hướng dẫn của nhà máy chỉ là những số liệu ước lượng, ít có thể sử dụng trong các điều kiện cụ thể.

Mũi doa cấp chính xác 1 ít gặp trong ngành chế tạo máy. Lỗ có cấp chính xác 4 chủ yếu dùng mũi khoét hoặc dao tiện lỗ, ít dùng doa. Vì vậy, khi nghiên cứu hệ thống dung sai cần lấy cơ sở là lỗ cấp chính xác 2 - 3, hơn nữa số lượng cách lắp ghép trong các cấp chính xác này là nhiều nhất (13 trong số 22).

Khi nghiên cứu hệ thống dung sai của mũi doa cần xuất phát từ những điều kiện cơ bản dưới đây:



Hình 4.80 Sơ đồ bố trí dung sai của đường kính mũi doa.

1) Mũi doa cần cho phép số lần mài sắc lại lớn nhất có thể được, nghĩa là có lượng dự trữ nhất định cho độ mòn.

2) Trong phạm vi dự trữ đó, lỗ gia công phải đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác của kích thước và độ nhẵn bề mặt.

3) Mũi doa cần có dung sai chế tạo sao cho khi mài tròn hoặc mài bóng không gặp khó khăn gì đặc biệt.

Từ đó thấy rằng việc nghiên cứu hệ thống dung sai bao gồm việc xác định đúng đắn giới hạn trên và dưới của mũi doa mới và giới hạn của mũi doa đã bị mòn.

Hình 4.80 trình bày sơ đồ bố trí dung sai của mũi doa. Trên sơ đồ này dùng các ký hiệu sau đây:

Δ - dung sai của lỗ gia công.

AB - giới hạn trên của đường kính mũi doa.

CD - Giới hạn dưới của đường kính mũi doa.

N - dung sai chế tạo.

J - lượng dự trữ độ mòn trong quá trình sử dụng.

$P_{\max}$ - lượng lay rộng lớn nhất của lỗ.

$P_{\min}$ - lượng lay rộng nhỏ nhất của lỗ.

Khi quy định hệ thống dung sai, điều khó khăn nhất là xác định giới hạn trên của mũi doa. Theo sơ đồ hình 4.81, quy định trong quá trình gia công, kích thước của lỗ tăng lên so với kích thước thực của mũi doa, cũng giống như mũi khoan và mũi khoét. Vì vậy, để tránh phế phẩm, cần thiết phải hạ thấp giới hạn trên của đường kính mũi doa so với giới hạn trên của đường kính lỗ. Lượng lay rộng của lỗ cho phép xác định giới hạn dưới của đường kính mũi doa đã mòn thấp hơn giới hạn dưới của đường kính lỗ. Làm như vậy là nhằm làm tăng lượng dự trữ mài mòn.

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lượng lay rộng, ví dụ như các yếu tố kết cấu và hình học của mũi doa, đường kính lỗ, phương pháp kẹp chặt mũi doa, lượng dư để doa, tình trạng máy, v...v.

Do tính phức tạp của quá trình doa, nguyên nhân gây ra lượng lay rộng của lỗ vẫn chưa được giải thích đầy đủ. Trong các công trình nghiên cứu về quá trình doa, nhiều nguyên nhân đã được nêu ra và những nguyên nhân đó thường mâu thuẫn với nhau. Trước hết cần lưu ý rằng, lượng lay rộng lỗ không những chỉ là dương mà có cả giá trị âm, nghĩa là sau khi doa lỗ sẽ có đường kính nhỏ hơn đường kính mũi doa. Lượng lay rộng âm (co rút) sinh ra, ví dụ như khi gia công vật liệu đã tôi có độ bền cao, $\sigma_{\text{ti}} = 160 \div 180 \text{ kG/mm}^2$ và dùng mũi doa có góc trước âm tới $\gamma = -15^\circ$. Hiện tượng đó cũng thường gặp khi gia công kim loại có độ dẻo và độ dai lớn, đặc biệt trong trường hợp mũi doa kém sắc. Điều đó có thể giải thích như sau: vật liệu và hợp kim dai khi doa thường có độ đàn hồi rất lớn, do đó khi lưỡi cắt đi qua, một phần vật liệu bị ép lại sẽ trở về vị trí của nó, kết quả là vật liệu không bị

cắt đi hoàn toàn. Ở đây cũng hoàn toàn tương tự như khi chuốt. Xuất phát từ những nguyên nhân đó, trong một số ngành công nghiệp ở Liên Xô cũng như ở các nước khác (ví dụ, hệ Anh BSA) đã quy định giới hạn trên của mũi doa bằng hoặc gần bằng giới hạn trên của lỗ. Nhờ đó có được lượng dư trừ lớn về mài mòn và nâng cao tuổi thọ của mũi doa. Tuy nhiên hệ thống đó không loại trừ được khả năng làm lỗ lớn hơn đường kính cần thiết do đó có lượng lay rộng (dương) khi gia công bằng mũi doa có kích thước lớn nhất.

Trong thực tế, thường gặp hơn cả là những hệ thống có xét đến việc giảm đường kính lớn nhất của mũi doa so với giới hạn trên. Trị số giảm đó lấy khác nhau tùy theo những điều kiện gia công cụ thể. Ví dụ như hệ thống của Đức (DIN) và quy chuẩn giữa các ngành của Nga - ВНИИ thì trị số đó lấy bằng $1/3$ dung sai của lỗ chính xác cấp 2 và 3.

Một số nhà nghiên cứu giải thích sự xuất hiện lượng lay rộng dương là do lẹo dao và tác dụng mài của phoi. Lẹo dao chủ yếu hình thành trên đoạn chuyển tiếp từ phần cắt tới phần sửa đúng và cả trên phần sửa đúng. Quá trình doa thích hợp với việc hình thành lẹo dao vì tốc độ cắt thấp. Sự hình thành lẹo dao càng tăng khi các lưỡi cắt càng bị mòn (ở đây có vấn đề cần phải nghiên cứu thêm vì lẹo dao theo lý thuyết chỉ hình thành ở tốc độ cắt trung bình, khi cắt tốc độ thấp và cao nói chung không có lẹo dao).

Hiện tượng dính những mảnh phoi ở trên cạnh viên của phần sửa đúng cũng có thể có một ý nghĩa lớn, nó làm cho lỗ bị rộng ra. Điều đó đặc biệt thấy rõ khi dùng dầu làm nguội, dầu quện vào phoi tạo thành chất giống như bột mài nghiền. Khi dùng emunxi, hiện tượng lay rộng của lỗ giảm đi. Khi độ sắc của lưỡi cắt giảm đi thì ảnh hưởng của việc mài đó tăng lên khi tăng tốc độ cắt và lượng chạy dao, độ mòn của lưỡi cắt tăng lên làm tăng lượng lay rộng. Lẹo dao và tác dụng mài của những mảnh phoi nhỏ và cả bụi kim loại không phải luôn luôn xuất hiện trong quá trình doa, trong khi đó lượng lay rộng dương vẫn tồn tại. Có thể thấy một cách đúng đắn hơn rằng nguyên nhân cơ bản gây ra lượng lay rộng của lỗ là sự không đồng trục mũi doa với trục chính của máy cũng như với trục của lỗ gia công sơ bộ. Độ đảo của lưỡi cắt, việc lựa chọn góc trước và đặc biệt là chất làm nguội đều có ảnh hưởng tới lượng lay rộng.

Thực nghiệm cho thấy rằng, với một vật liệu gia công, có một dung dịch làm nguội nhất định đảm bảo lượng lay rộng là nhỏ nhất. Ngược lại, thay đổi dung dịch làm nguội có thể có những trị số của lượng lay rộng khác nhau khi gia công bằng cùng một mũi doa. Có một quan hệ không thay đổi giữa lượng dư của lỗ, lực cắt và độ nhẵn bóng bề mặt gia công. Lượng lay rộng nhỏ sẽ làm tăng độ nhẵn gia công, nhưng lực cắt tăng lên. Khi gia công không dùng dung dịch làm nguội thì lượng dư lay rộng là lớn nhất đối với tất cả các loại vật liệu, ngoài ra mũi doa có thể bị kẹt, chóng mòn và thậm chí gãy răng. Khi gia công thép và gang nên dùng dung dịch 10% emunxon, có thêm 5% sunfofrêzôn và 0,3% muối canxi.

Bảng 4.11 trình bày các số liệu để chọn các yếu tố của dung sai mũi doa, trong đó cấp chính xác 1 đến 3 thì trị số giảm thấp lấy bằng $1/3$, còn cấp chính xác là 4 lấy bằng $1/4$. Các trị số dùng trong bảng đối với mũi doa để gia công theo hệ thống lỗ.

Tương tự như vậy cũng có thể xác định các trị số của các yếu tố, khi sử dụng mũi doa theo hệ thống trục.

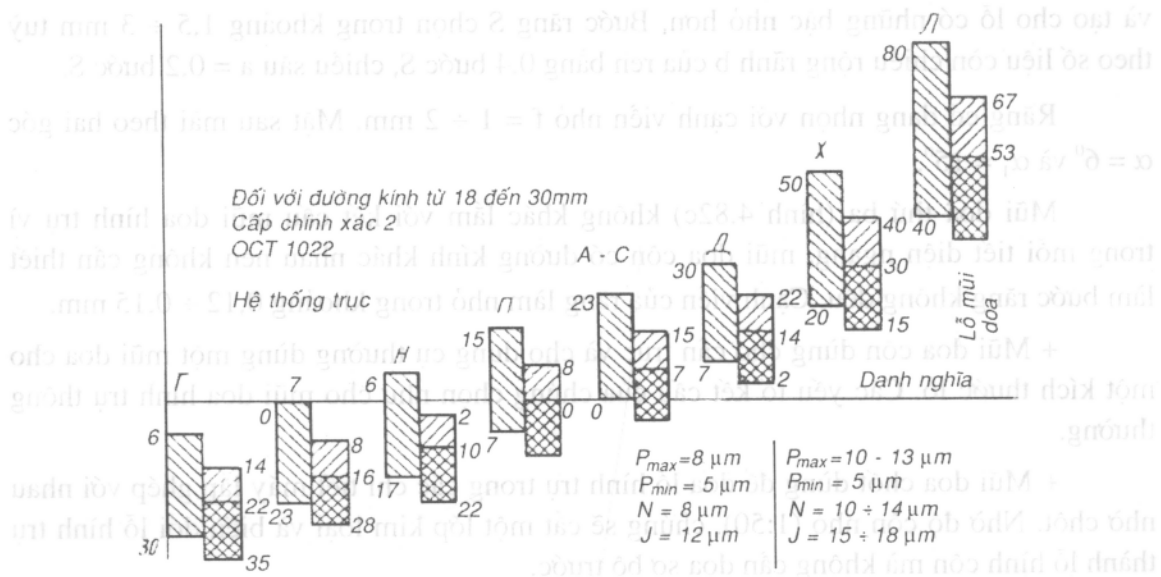
Hình 4.81 trình bày ví dụ sơ đồ dung sai của mũi doa đối với các lắp ghép khác nhau theo hệ thống trục.

các trị số dung sai chế tạo của mũi doa trong bảng 4.11 hoàn toàn có thể đạt được bằng cách mài bóng và trong một số trường hợp cả bằng mài tròn. Ngoài ra, các trị số đó cũng đảm bảo lượng dự trữ về độ mài mòn của mũi doa, khi đó cần chú ý rằng, kích thước thực tế của mũi doa mới luôn luôn lớn hơn nhiều so với kích thước giới hạn dưới.

Các nhà máy dụng cụ sản xuất những mũi doa có ba kích thước, các kích thước này đã được tính toán nhằm thoả mãn số lượng lắp ghép nhiều nhất bằng cách mài lại theo đường kính ngay ở nơi tiêu thụ (nơi sử dụng). Tiêu chuẩn quy định các sai lệch giới hạn và dung sai chế tạo của ba mũi doa và có chỉ dẫn việc dùng mũi doa nào ứng với một lắp ghép nhất định.

Bảng 4.11 Các yếu tố của dung sai tính bằng μm

Cấp chính xác	Các yếu tố của dung sai		Đường kính lỗ, mm							
	Tên	Ký hiệu	Lớn hơn 1 đến 3	Lớn hơn 3 đến 6	Lớn hơn 6 đến 10	Lớn hơn 10 đến 18	Lớn hơn 18 đến 30	Lớn hơn 30 đến 50	Lớn hơn 50 đến 80	Lớn hơn 80 đến 120
1	Giới hạn trên của lỗ	A_1	6	8	9	11	13	15	18	21
	Lượng lay rộng lớn nhất	$P_{\max}$	2	3	3	4	4	5	6	7
	Lượng lay rộng nhỏ nhất	$P_{\min}$	2	2	3	4	4	5	6	7
	Độ không chính xác khi chế tạo	N	2	3	3	4	5	5	6	7
	Độ mòn	J	4	4	6	7	8	10	12	14
2	Giới hạn trên của lỗ	A_1	10	13	16	19	23	27	30	35
	Lượng lay rộng lớn nhất	$P_{\max}$	4	5	6	7	8	9	10	12
	Lượng lay rộng nhỏ nhất	$P_{\min}$	3	4	4	5	5	6	7	8
	Độ không chính xác khi chế tạo	N	3	4	5	6	8	9	10	12
	Độ mòn	J	6	8	9	11	12	15	17	19
3	Giới hạn trên của lỗ	A_1	20	25	30	35	45	50	50	60
	Lượng lay rộng lớn nhất	$P_{\max}$	7	8	10	12	15	17	17	20
	Lượng lay rộng nhỏ nhất	$P_{\min}$	3	4	4	5	5	6	7	8
	Độ không chính xác khi chế tạo	N	7	9	10	12	15	18	18	20
	Độ mòn	J	9	12	14	16	20	21	22	28
4	Giới hạn trên của lỗ	A_1	60	80	100	120	140	170	200	230
	Lượng lay rộng lớn nhất	$P_{\max}$	15	20	25	30	35	43	50	58
	Lượng lay rộng nhỏ nhất	$P_{\min}$	3	4	4	5	5	6	7	8
	Độ không chính xác khi chế tạo	N	12	15	18	20	25	30	35	40
	Độ mòn	J	36	49	61	75	85	103	122	140

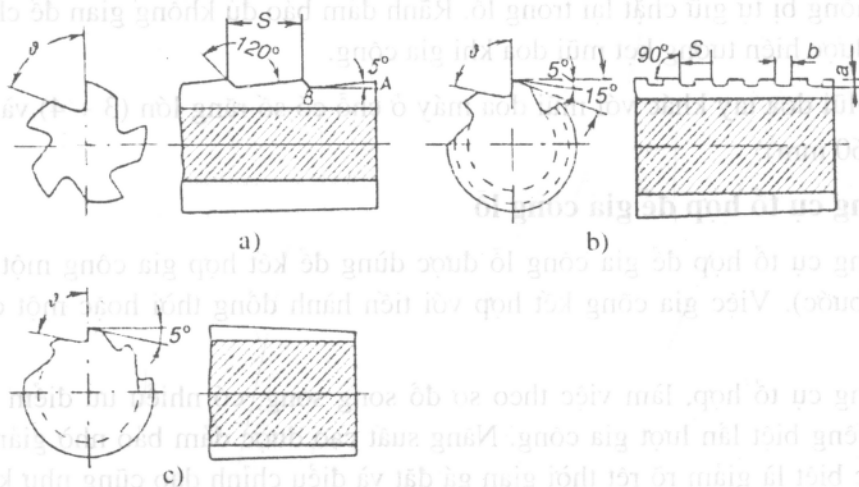


Hình 4.81 Sơ đồ bố trí dung sai của đường kính mũi doa đối với các lắp ghép theo hệ thống trục.

4.3.4. Mũi doa côn

Mũi doa côn dùng để gia công lỗ tròn thành lỗ côn hoặc để sử dụng đúng lỗ côn đã được gia công trước bằng các dụng cụ khác. Sau đây là một số mũi doa côn.

+ Mũi doa côn dùng để gia công lỗ côn Mooc (hình 4.82) được chế tạo theo từng bộ hai hoặc ba chiếc. Chiếc thứ nhất có dạng mũi khoét, có ren với góc nghiêng bằng góc nghiêng của côn Mooc (hình 4.82a) hướng của ren trùng với hướng cắt. Mũi doa này gia công lỗ hình trụ thành lỗ có bậc. Ở mỗi bậc, điểm dưới A có đường kính lớn hơn điểm trên B. Đường thẳng nghiêng làm với trục mũi doa một góc 5° . Răng mũi doa có hót lưng. Số răng từ 3 đến 8 tùy theo số hiệu của côn. Mỗi phần gờ chỉ làm việc trên một đoạn nhỏ ở góc, giống như dao tiện lỗ có lưỡi cắt ở đầu.



Hình 4.82 Mũi doa côn để gia công côn Mooc.

Mũi doa thứ hai (hình 4.82b) làm ren vuông trái (khi cắt phải), dùng để bẻ phôi

và tạo cho lỗ có những bậc nhỏ hơn. Bước răng S chọn trong khoảng $1,5 \div 3$ mm tùy theo số liệu còn chiều rộng rãnh b của ren bằng $0,4$ bước S , chiều sâu $a = 0,2$ bước S .

Răng có dạng nhọn với cạnh viền nhỏ $f = 1 \div 2$ mm. Mặt sau mài theo hai góc $\alpha = 6^\circ$ và $\alpha_1 = 15^\circ$.

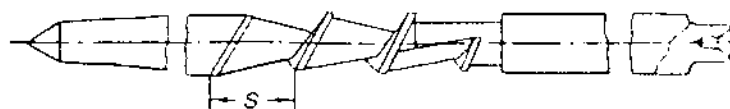
Mũi doa thứ ba (hình 4.82c) không khác lắm với kết cấu mũi doa hình trụ vì trong mỗi tiết diện ngang, mũi doa còn có đường kính khác nhau nên không cần thiết làm bước răng không đều. Cạnh viền của răng làm nhỏ trong khoảng $0,12 \div 0,15$ mm.

+ Mũi doa còn dùng cho cần trục và cho dụng cụ thường dùng một mũi doa cho một kích thước lỗ. Các yếu tố kết cấu của chúng chọn như cho mũi doa hình trụ thông thường.

+ Mũi doa chốt dùng để doa lỗ hình trụ trong các chi tiết máy lắp ghép với nhau nhờ chốt. Nhờ độ côn nhỏ (1:50), chúng sẽ cắt một lớp kim loại và biến đổi lỗ hình trụ thành lỗ hình côn mà không cần doa sơ bộ trước.

Đường kính của mặt đầu phía trước được tính toán sao cho sau khi doa xong, mũi doa nhô ra khỏi lỗ khoảng $1,5 \div 4$ mm. Để tăng số lần mài sắc lại, phần cắt làm dài hơn chiều dài tiêu chuẩn của chốt. Số răng chọn từ $4 \div 6$. Mũi doa đường kính từ $5 \div 8$ mm có làm lỗ tâm ngoài. Mũi doa có đường kính nhỏ hơn 3 mm làm dạng 3 hoặc 5 mặt thay cho rãnh, gân của các mặt đó tạo thành lưỡi cắt.

+ Mũi doa chốt xoắn (hình 4.83) có tuổi bền lớn hơn và cho phép cắt ở tốc độ cao. Hướng của răng xoắn ngược với hướng cắt, vì thế mũi



Hình 4.83 Mũi doa chốt xoắn.

doa này không bị tự giữ chặt lại trong lỗ. Rãnh đảm bảo đủ không gian để chứa phoi, vì vậy tránh được hiện tượng kẹt mũi doa khi gia công.

+ Mũi doa tay khác với mũi doa máy ở chỗ có số răng lớn ($3 \div 4$) và bước S lớn hơn ($12 \div 60$ mm).

4.3.5. Dụng cụ tổ hợp để gia công lỗ

Dụng cụ tổ hợp để gia công lỗ được dùng để kết hợp gia công một số nguyên công (hai bước). Việc gia công kết hợp với tiến hành đồng thời hoặc một chu kỳ làm việc.

Dụng cụ tổ hợp, làm việc theo sơ đồ song song, có nhiều ưu điểm hơn so với từng dao riêng biệt lần lượt gia công. Năng suất cao được đảm bảo nhờ giảm thời gian máy và đặc biệt là giảm rõ rệt thời gian gá đặt và điều chỉnh dao cũng như khi thay đổi tốc độ và lượng chạy dao. Sai số về độ đồng tâm của các mặt gia công là điều không thể tránh khỏi khi gia công lần lượt bằng các dụng cụ khác nhau và khi gá đặt chi tiết trên máy. Đối với dụng cụ tổ hợp thì sai số đó hầu như không tồn tại. Dụng cụ tổ hợp còn có

ưu điểm quan trọng nữa là đảm bảo được độ thẳng giữa mặt đầu và trục của lỗ cũng như độ chính xác về khoảng cách giữa hai hoặc nhiều mặt đầu.

Dụng cụ tổ hợp được dùng có kết quả với lượng chạy dao theo nhiều trục để gia công những bề mặt không song song với trục của lỗ (ví dụ: xén mặt đầu, rãnh; khoét rãnh .v...v).

Cũng cần kể đến ở đây sự đơn giản khi điều chỉnh và gá đặt trên máy, về khả năng sử dụng công nhân bậc thấp cũng như sự đơn giản khi kiểm tra các chi tiết gia công.

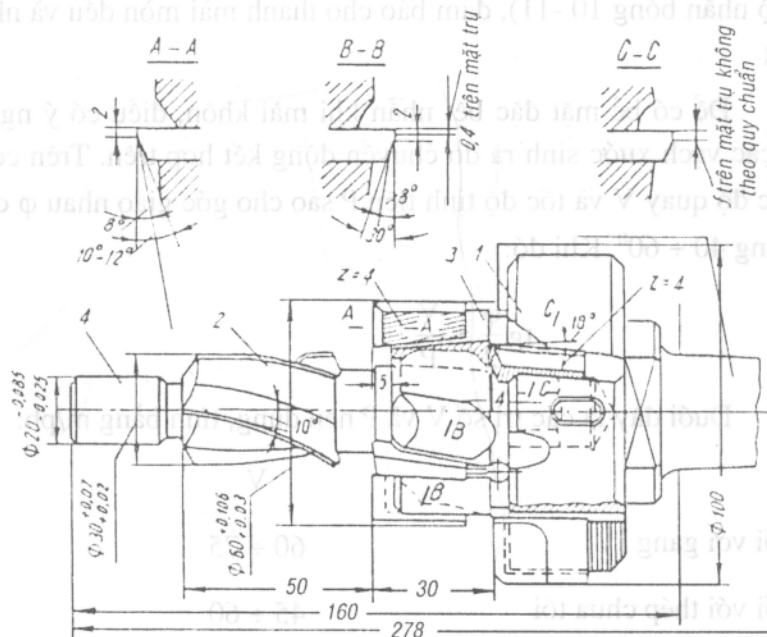
Dụng cụ tổ hợp thường làm theo hai phương án. Chúng dùng để gia công hai hay nhiều mặt phẳng của các dụng cụ cùng tên, ví dụ khoan, khoét hoặc doa, v...v. Những dao cùng tên chỉ khác nhau về kích thước.

Dụng cụ tổ hợp cũng có thể dùng cho các dạng gia công khác nhau, ví dụ, đồng thời khoan và khoét hoặc tiện lỗ và doa .v...v.

Dụng cụ tổ hợp được chế tạo nguyên khối hoặc với răng lắp. Vì chế tạo phức tạp nên nó đắt hơn các dụng cụ thông thường nhiều. Nhưng tính theo lượng tiêu hao cho một đơn vị sản phẩm thì dùng dụng cụ tổ hợp vẫn có lợi. Vì lẽ đó nó được dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

Dụng cụ tổ hợp được sử dụng trên các máy khác nhau: máy khoan, máy ro-vôn-vê, máy tự động và bán tự động, máy doa, máy tổ hợp và máy chuyên dùng.

Hình 4.84 trình bày kết cấu và các kích thước cơ bản của dụng cụ tổ hợp gồm có mũi khoét lắp răng 1 để cắt mặt đầu, mũi khoét 2 để gia công lỗ $\phi 30$ mm, mũi khoét lắp răng 3 để gia công lỗ $\phi 60$ mm và đoạn định tâm thay đổi 4 có đường kính 20 mm.



Hình 4.84 Kết cấu của dụng cụ tổ hợp để gia công lỗ có bạc và khoả sạch mặt đầu.

4.4 Đầu mài khôn

Mài khôn được dùng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo máy kéo, máy bay, máy công cụ và trong các ngành công nghiệp khác khi chế tạo blốc xylanh của động cơ, chế tạo bánh răng, chế tạo các xylanh truyền dẫn thủy lực, v...v.

Khi gia công lần cuối các mặt trụ, chủ yếu là các lỗ thông và phẳng, đường kính từ 10 ÷ 1500 mm, thì mài khôn là một trong những phương pháp có năng suất cao nhất, chính xác và tiết kiệm nhất. Mài khôn ít dùng để gia công các lỗ có rãnh cũng như những lỗ không thông. Nó hầu như không dùng để gia công các mặt ngoài.

Quá trình mài khôn được thực hiện nhờ đầu mài khôn có lắp thanh mài (hay phiến mài) trên máy mài chuyên dùng kiểu đứng hoặc nằm ngang. Đầu mài khôn có hai chuyển động tương đối là chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến. Sự kết hợp hai chuyển động của đầu mài khôn đảm bảo chất lượng cao của bề mặt gia công (khoảng cấp chính xác 2 và $1\frac{1}{2}$ về hình dạng và kích thước lỗ, đôi khi có thể đạt cấp chính xác 1 và độ nhẵn bóng 10 - 11), đảm bảo cho thanh mài mòn đều và những ưu điểm khác về sử dụng.

Để có bề mặt đặc biệt nhẵn khi mài khôn, điều có ý nghĩa quan trọng là hướng của các vạch xước sinh ra do chuyển động kết hợp trên. Trên cơ sở thực tế, nên chọn tỷ lệ tốc độ quay V và tốc độ tịnh tiến P sao cho góc giao nhau φ của vạch xước nằm trong khoảng 40 ÷ 60°. Khi đó:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{V}{P}$$

Dưới đây là các trị số V và P nên dùng, tính bằng m/ph:

	V	P
+ Đối với gang	60 ÷ 75	15 ÷ 20
+ Đối với thép chưa tôi	45 ÷ 60	10 ÷ 12
+ Đối với thép đã tôi	18 ÷ 28	5 ÷ 10

Trên những máy công cụ kiểu nằm ngang dùng để gia công những phôi dài, còn có chuyển động quay phụ của phôi nữa. Điều đó cần thiết để tránh cho lỗ khỏi bị ôvan do áp lực của đầu mài đè vào một phía trên bề mặt phôi dưới tác dụng của trọng lượng bản thân đầu mài. Các máy công cụ kiểu đứng có một hoặc nhiều trục chính dùng để gia công lỗ có chiều sâu nhỏ. Đặc trưng của mài khôn là lớp kim loại hớt đi sau một bước của đầu mài rất nhỏ, trong khoảng 0,3 ÷ 0,5 μm . Điều đó phụ thuộc rất nhiều vào áp lực riêng của thanh mài trên bề mặt lỗ, độ cứng của thanh mài cũng như các yếu tố sử dụng khác. Trong toàn bộ quá trình gia công lỗ bằng mài khôn, lớp kim loại được hớt đi tương đối nhỏ. Lượng dư tính theo đường kính khi gia công lần cuối (với lỗ từ

18 ÷ 500 mm) chọn trong khoảng 0,02 ÷ 0,2 mm đối với gang và 0,01 ÷ 0,07 mm đối với thép.

Mài khôn dùng chủ yếu để gia công gang và thép (chưa tôi hoặc đã tôi), ít dùng để gia công hợp kim nhôm và manhê, đồng đỏ, latông vì thanh mài chóng bị lỳ.

Khi gia công gang, dùng vật liệu hạt mài là cacbit silic xanh và khi gia công thép, dùng côrun điện trắng, chất dính kết kêramic, một số nhà máy cũng đã dùng có kết quả chất dính kết bakelit iditôn, nhất là đối với phôi bằng thép đã tôi.

Cần chú ý rằng chất dính kết kêramit có nhiều khuyết điểm so với bakelit iditôn vì những hạt giòn rất dễ tróc ra nên bề mặt gia công thường có vach và các vết xước. Điều đó buộc ta phải giảm áp lực riêng lên thanh mài và phải chọn thanh mài có độ cứng thấp. Điều thứ nhất sẽ dẫn tới làm giảm năng suất của quá trình gia công, còn điều thứ hai sẽ làm tăng hao phí về thanh mài. Ngoài ra, khi dùng chất kết dính kêramic, bắt buộc phải gia công hai lần (thô và tinh) trong khi đó dùng các chất dính kết hữu cơ có thể chỉ cần gia công một lần. Chọn độ hạt và độ cứng tùy theo vật liệu gia công. Để gia công sơ bộ, chọn độ hạt 180 ÷ 220 và độ cứng CM2 - M1 để gia công lần cuối, chọn độ hạt M28 - M20 và độ cứng C2 - CT2. Kim loại dẻo, độ cứng thấp thì cần chọn độ hạt của thanh mài nhỏ hơn. Trong trường hợp dùng mài khôn để gia công sơ bộ thay cho các phương pháp gia công khác, chọn độ hạt lớn hơn nhiều, ví dụ, khi gia công gang, đồng đỏ dùng hạt N^o46 ÷ 60, thép: N^o60 ÷ 80, hợp kim nhôm: N^o280, hợp kim manhê: N^o180.

Các thanh mài bố trí song song với trục trên mặt trụ ngoài của đầu mài. Kích thước các thanh mài đã được tiêu chuẩn hoá. Khi chọn thanh, thường lấy sao cho chiều dài gần bằng 1/3 đến 1/4 chiều dài lỗ gia công. Các thanh có chiều dài lớn không nên dùng vì chúng không có khả năng sửa chữa những sai số về hình dạng của lỗ theo phương dọc do gia công cơ để lại. Đối với lỗ sâu, chiều dài tổng cộng của các thanh phải bằng 3 ÷ 4 lần đường kính lỗ. Trong trường hợp đó, trên chiều dài phần làm việc của đầu mài bố trí một số thanh. Để đảm bảo chất lượng cao của lỗ, các thanh mài cần phải tiếp xúc với bề mặt gia công trên chiều dài lớn nhất có thể được.

Tăng số lượng các thanh mài thì năng suất của quá trình mài khôn tăng lên, vì vậy cần chọn số lượng thanh mài nhiều đến mức mà về mặt kết cấu và sử dụng của dụng cụ có thể cho phép được. Đầu mài có đường kính nhỏ không phải bao giờ cũng cho phép bố trí được một số lớn thanh mài. Trong trường hợp này, cần hạn chế đến mức ít nhất chỗ lắp những thanh dẫn hướng bằng tectôlit. Nếu đầu mài phẳng để gia công với độ nhẵn bề mặt thấp hơn $\nabla 10$ thì có thể không dùng những thanh dẫn hướng đó.

Số lượng thanh mài có thể nằm trong khoảng sau đây:

Đối với đường kính 8 ÷ 75 mm: 3 ÷ 6 thanh; đối với đường kính 75 ÷ 200 mm: 9 ÷ 12 thanh; đối với đường kính 200 ÷ 500 mm: 15 ÷ 36 thanh trở lên.

Đầu mài khôn được kẹp chặt trên trục chính của máy nhờ khớp nối. Việc định tâm do đó tốt hơn, đặc biệt là nếu các trục của lỗ gia công và của trục chính không trùng nhau. Khi tăng tốc độ quay của đầu mài, phải yêu cầu về độ trùng trục của trục chính và

lỗ gia công một cách chặt chẽ hơn để tránh lỗ bị lay rộng. Trong những trường hợp đó, kẹp cứng đầu mài là hợp lý hơn dùng khớp nối.

Trong quá trình mài khôn đôi khi xuất hiện rung động, ví dụ, khi gia công thép chưa tôi bằng thanh mài có độ hạt lớn hơn với tốc độ quay của đầu mài từ 40 m/ph trở lên. Để giảm bớt hoặc khử hẳn rung động, cần phải nâng cao độ cứng của vũng của đầu mài bằng cách giảm các khe hở ở các rãnh lắp thân có các thanh mài, dùng kẹp cứng giữa đầu mài và trục chính thay cho khớp nối hoặc tháo bớt đi 2 ÷ 3 thanh mài và thay vào đó bằng các thanh tectolit. Biện pháp sau cùng này có thể làm giảm độ chính xác và độ nhẵn của lỗ, ngoài ra còn làm giảm lượng kim loại hớt đi khi gia công. Tuy nhiên nếu không làm như vậy thì quá trình mài khôn không thể tiến hành được vì có rung động.

Khi mài, cần tưới dung dịch làm nguội khá nhiều (đến 100 l/ph). Ngoài tác dụng bôi trơn làm nguội, dung dịch còn cuốn sạch phoi bụi khỏi bề mặt gia công.

Dung dịch làm nguội chủ yếu là dầu hoả. Khi mài khôn thép chưa tôi, thường thấy những mảnh nhỏ kim loại dính trên bề mặt làm việc của thanh mài, làm cho lỗ bị xước. Để khắc phục điều đó, nên pha thêm 2% dầu thực vật N^o2 và dầu hoả. Khi gia công phôi bằng thép tôi hoặc gang không nên pha thêm dầu vì nó làm cho thanh mài chóng bị mất khả năng cắt gọt. Quá trình mài khôn chủ yếu dùng để gia công tinh lỗ. Tuy nhiên nó có thể áp dụng có kết quả để gia công sơ bộ hoặc để thay cho tiện lỗ bán tinh, khoét, mài lỗ hoặc dùng sau khi đã tiến hành một trong những nguyên công đó (ví dụ, đối với lỗ sâu). Ưu điểm căn bản của phương pháp gia công đó là khả năng cắt được lượng dư lớn, năng suất, độ chính xác về hình dạng và kích thước cũng như độ nhẵn của bề mặt gia công cao. Các chỉ tiêu về độ chính xác và độ nhẵn còn đạt được cao hơn nữa nếu dùng mài khôn cho những lỗ đã gia công sơ bộ bằng tiện, khoét hoặc mài. Khi đó lỗ gia công sơ bộ phải đạt được độ chính xác thấp hơn cấp 3, 4 và độ nhẵn không thấp hơn cấp 4, 5.

Lượng dư để mài khôn phụ thuộc vào đường kính và chiều dài lỗ, tính chất cơ lý của vật liệu gia công, yêu cầu về độ chính xác và độ nhẵn gia công, chế độ gia công, v...v. Lượng dư theo đường kính nằm trong khoảng 0,15 ÷ 0,4 mm, đôi khi tới 0,8 mm [1].

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới quá trình mài khôn là độ cứng của các thanh mài và áp lực riêng của chúng lên bề mặt của lỗ gia công [2].

Tăng áp lực riêng và độ cứng của các thanh mài, năng suất gia công sẽ tăng đồng thời giảm chi phí cho quá trình mài khôn. Việc chọn trị số áp lực riêng và độ cứng mài tùy thuộc vào các điều kiện gia công trong mỗi trường hợp cụ thể (yêu cầu độ chính xác gia công, tính chất và mức độ mài mòn, sự tróc các hạt khỏi thanh, độ nhẵn và độ nhấp nhô của bề mặt gia công, v...v.). Tăng áp lực riêng, độ chính xác mài khôn sẽ giảm xuống do biến dạng và sự nung nóng phôi tăng lên, điều đó đặc biệt có ý nghĩa đối với những phôi có thành mỏng. Quá trình mài khôn thường tiến hành theo hai nguyên công. Khi gia công thô thì toàn bộ lớp kim loại cần cắt và lớp kim loại được cắt đi sau một bước là chủ yếu. Chiều cao nhấp nhô lấy làm tiêu chuẩn không được lớn hơn lượng dư để khi gia công tinh. Trên cơ sở đó, quy định trị số áp lực riêng, cụ thể là với nguyên

công thô là trong khoảng $4 \div 5 \text{ kG/mm}^2$, đối với gia công tinh là khoảng $1 \div 3 \text{ kG/mm}^2$. Khi quá trình mài khôn tiến hành mạnh mẽ hơn thì trị số áp lực riêng tăng lên tới $7 \div 12 \text{ kG/mm}^2$. Kích thước tổng diện tích tiếp xúc của tất cả các thanh mài với bề mặt gia công cũng như các kích thước tiết diện của các thanh mài có ảnh hưởng tới hiệu quả của quá trình mài khôn. Tăng diện tích tiếp xúc sẽ nâng cao được tuổi bền thanh mài và cho phép gia công được lượng dư lớn. Tăng tiết diện ngang của các thanh mài cũng có khả năng làm tăng tuổi bền và làm cho việc sử dụng chúng được tốt hơn. Song việc chọn diện tích làm việc lớn của các thanh mài bằng cách tăng số lượng và chiều rộng của chúng hoặc tăng chiều cao làm việc có thể làm giảm độ cứng vững của các bộ phận đầu mài. Điều đó sẽ làm cho thanh mài bị mòn rất nhanh và làm tróc các hạt mài, làm gãy thanh mài và gây khó khăn cho việc sửa chữa những sai hỏng về hình dạng của lỗ. Ngoài ra, khi chiều cao tăng lên thì việc định hướng phần kẹp thanh mài trong rãnh của thân đầu mài sẽ khó khăn hơn, làm cho thanh mài có thể bị quay và sinh ra rung động. Để có thể tăng chiều cao làm việc của thanh mài mà không làm giảm độ cứng vững của đầu mài, người ta cải tiến một số bộ phận của nó. Trong các kết cấu thường dùng của đầu mài có đoạn côn nối đầu kẹp của thanh ra những tấm đệm trung gian, những tấm đệm đó gây khó khăn cho việc tăng chiều cao làm việc của thanh mài và diện tích có ích của chúng.

Có thể gá phần kẹp cùng các thanh mài một cách trực tiếp trên phần côn, không cần qua tấm đệm mà không có hại gì tới kết cấu và việc sử dụng đầu mài, điều đó cho phép tăng được chiều cao làm việc của thanh mài, không làm giảm độ cứng vững của phần kẹp, và phần định hướng của chúng trong rãnh của thân không bị xấu đi. Điều đó có thể thực hiện được bằng cách dùng phần côn có tiết diện hình chữ thập thay cho tiết diện đặc. Những gờ hẹp của hình chữ thập trong các rãnh tương ứng của phần kẹp các thanh mài.

Trong thực tế có nhiều kết cấu đầu mài khôn khác nhau, tuy nhiên hầu hết các đầu mài đều có hai phần là phần làm việc và phần nối. Trong phần làm việc có bố trí các thanh mài, phần nối dùng để kẹp chặt phần làm việc trên trục chính của máy nhờ khớp nối. Trong phần nối có cơ cấu nối các thanh mài sau khi bị mòn, để hút lượng dư gia công cũng như tăng đường kính lỗ.

Đối với một số kết cấu, cần xét đến những đặc điểm của lỗ gia công (ví dụ, kích thước lớn của lỗ theo đường kính và chiều dài lỗ thông và lỗ không thông, lỗ có rãnh then hoặc các rãnh khác, v...v.).

Các kết cấu đầu mài khôn cần thoả mãn các điều kiện sau đây:

- a) Đảm bảo độ chính xác về hình dạng và kích thước của lỗ gia công.
- b) Đảm bảo đầu mài không bị ép lại khi gặp những mảnh cứng trên bề mặt gia công.
- c) Đầu mài có khả năng tự lựa khi trục của lỗ và của trục chính không trùng nhau.
- d) Thanh mài có khả năng tự lựa nhằm đảm bảo sự tiếp xúc của chúng trên suốt chiều dài lỗ để sửa được hình dạng của lỗ và để bù trừ khi các thanh mài bị mòn không đều.

d) Có khả năng tự động nén các thanh mài lại khi đầu mài đi vào và đi ra khỏi lỗ.

e) Có khả năng điều chỉnh nhỏ và thuận tiện lượng chạy dao hướng kính của thanh mài.

Khi thiết kế, cần chú ý tới công dụng của đầu mài (dùng đối với lỗ thông hoặc lỗ không thông, lỗ ngắn hoặc dài, đường kính lỗ, tính chất gia công, loại vật liệu gia công, kiểu máy, yêu cầu về độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt, v...v.).

Trong đầu mài khôn, bao giờ cũng phải tính đến các cơ cấu điều chỉnh lượng nổi rộng của thanh mài. Sự điều chỉnh có thể bằng tay hay tự động bằng thuỷ lực từ hệ thống thuỷ lực chung của máy, hoặc bằng cơ khí nhờ quay cơ cấu phân độ một số vạch chia cần thiết.

Điều chỉnh bằng thuỷ lực đảm bảo áp lực riêng lên bề mặt gia công là không đổi và đảm bảo năng suất cao.

Phương pháp định vị các thanh mài có ảnh hưởng căn bản tới sự làm việc của đầu mài. Trong đa số các trường hợp, điều chỉnh đó được thực hiện nhờ đoạn côn tựa dùng để nối các thanh.

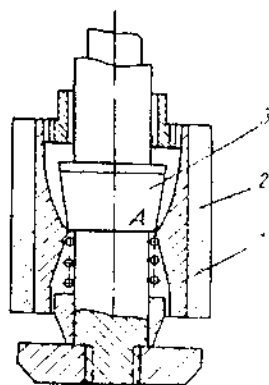
Trong thực tế gặp các đầu mài có một hoặc hai đoạn côn, hai đoạn côn này có thể cùng chiều hoặc ngược chiều nhau.

Hình 4.85 giới thiệu cơ cấu có một đoạn côn. Phần kẹp 1 cùng với các thanh mài 2 tựa lên bề mặt gia công trên một đoạn chiều dài rất nhỏ của nó (về mặt lý thuyết, trên một điểm A của hình côn 3). Các thanh mài bị nén lại ở đầu bằng lò xo đặc biệt.

Kết cấu này cho phép thanh mài lắc tự do xung quanh điểm A. Điều đó đảm bảo việc tự định vị của thanh mài trong lỗ và khử được sự mòn không đều của chúng. Trong toàn bộ quá trình mài khôn, các thanh mài nằm ở vị trí trung bình. Đầu mài khôn có một đoạn côn có ưu điểm là kết cấu đơn giản và sử dụng thuận tiện. Tuy nhiên khi gia công các chi tiết ngắn, hình dạng của lỗ bị sai lệch (lay rộng) do vị trí các thanh không được vững chắc.

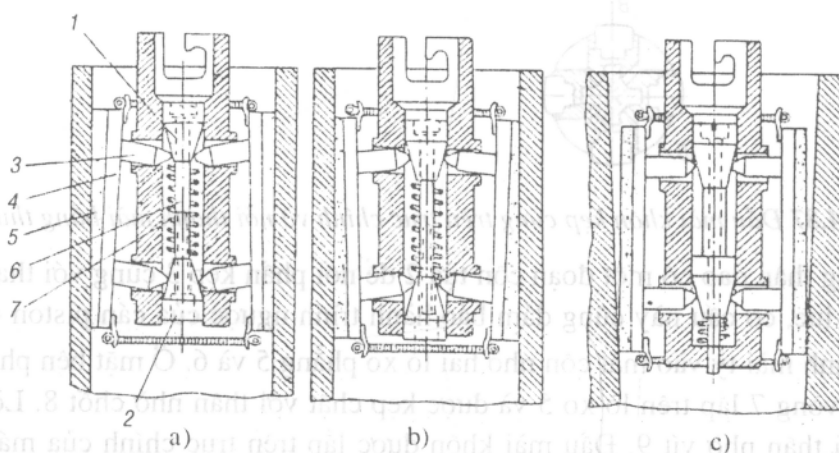
Hình 4.86a trình bày kết cấu của hai đoạn côn 1 và 2 tỳ vào chốt 3, các chốt này truyền áp lực lên phần kẹp 4, cùng với các thanh mài 5. Việc nối các thanh theo đường kính được thực hiện bằng cách đưa hai đoạn côn gần lại. Các đoạn côn liên hệ với nhau bởi thanh 6, một đầu của thanh này nối với đoạn côn dưới bằng ren. Khi tháo ren của thanh, các hình côn sẽ bị nối ra theo chiều trục dưới tác dụng của lò xo 7, do đó phần kẹp cùng với thanh mài sẽ dịch dần vào tâm của đầu mài khôn. Kết cấu này đảm bảo cho vị trí vững bền của các thanh và khả năng tự định vị của chúng trong quá trình làm việc.

Việc tự định vị của các thanh mài được thực hiện nhờ các đoạn côn, các đầu dưới của thanh mài sẽ bị nối ra, còn khi hạ xuống thì các đầu trên sẽ bị nối ra. Nhờ đó mà các thanh mài thường xuyên tiếp xúc với bề mặt gia công trên suốt chiều dài, thậm chí cả



Hình 4.85 Nối rộng phần kẹp của thanh mài nhờ một đoạn côn.

trong trường hợp chúng bị mòn không đều hoặc khi lỗ có độ côn. Ví dụ, trên hình 4.86a lỗ bị côn ở phần dưới, tại chỗ các thanh mài bị mòn nhiều hơn ở phần trên. Tuy nhiên các thanh mài cũng tiếp xúc chặt chẽ trên toàn bộ chiều dài của chúng. Áp lực của bề mặt gia công trên thanh mài có hướng thẳng góc với bề mặt tiếp xúc và các chốt trượt theo mặt côn sẽ được định hướng xuống phía dưới bởi các đầu của chúng trong trường hợp thứ nhất (hình 4.86a), còn trường hợp thứ hai hướng lên trên (hình 4.86b), ở đây lỗ bị côn ở phần trên, tại đó độ mòn các thanh sẽ lớn hơn. Cơ cấu với hai đoạn côn khác chiều có đặc điểm là kết cấu phức tạp và không cho phép sử dụng thủy lực để nối các thanh. Trong nền công nghiệp của Liên Xô, các cơ cấu đó hầu như không được áp dụng, trong khi đó nó được sử dụng ở nước ngoài.



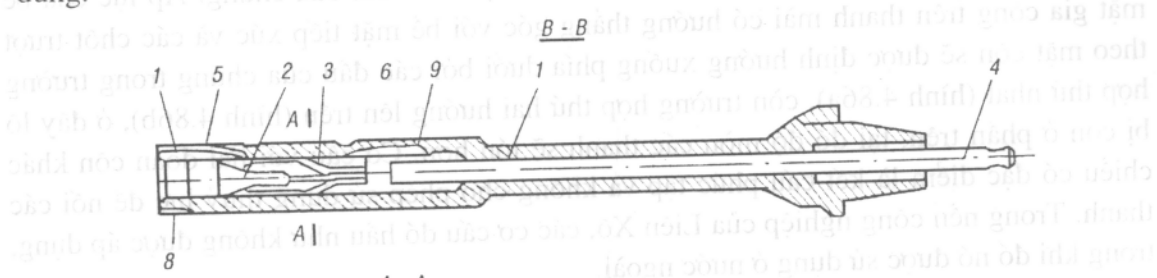
Hình 4.86 Nối các phần kẹp cùng với thanh mài nhờ hai đoạn côn.

Đầu mài khôn với hai đoạn côn cùng hướng về một phía (hình 4.86c) được sử dụng rộng rãi hơn cả. Chúng đảm bảo việc gá đặt các thanh được cứng vững, bộ phận dịch chuyển hướng kính các thanh mài tương đối đơn giản (chỉ nhờ sự dịch chuyển theo chiều trục của các đoạn côn), đảm bảo độ chính xác cao ở các đoạn cuối của lỗ gia công cũng như có thể sử dụng thủy lực để nối các thanh. Tuy nhiên, khuyết điểm căn bản của chúng là các thanh mài chỉ tiếp xúc với bề mặt gia công trên một đoạn nhỏ (đặc biệt là khi lỗ bị côn) và tạo ra khe hở giữa các bề mặt tiếp xúc (hình 4.86c). Vì đầu mài khôn có khả năng tự định vị nên việc sửa lỗ côn của lỗ chi tiết gặp nhiều khó khăn. Độ côn của lỗ làm cho các thanh mài bị mòn không đều.

Việc kẹp chặt đầu mài trên trục chính của lỗ thường được thực hiện nhờ hai khớp nối, một khớp đặt trên đầu mài, khớp kia đặt trong mâm cặp. Đôi khi cả hai được đặt trên đầu mài. Cũng có những kết cấu có một khớp nối. Thường người ta kẹp cứng chi tiết gia công trên máy khi dùng hai khớp nối. Khi có một khớp nối, sự tự định vị của đầu mài sẽ gặp khó khăn và cần phải bổ sung bằng cách khác, ví dụ, nhờ bộ phận tuý động cho chi tiết gia công.

Trong trường hợp chi tiết yêu cầu cao về độ thẳng góc giữa mặt đầu và trục của lỗ, đầu mài cần phải kẹp cứng, còn chi tiết kẹp tuý động. Phương pháp này thường áp dụng khi mài các chi tiết ngắn.

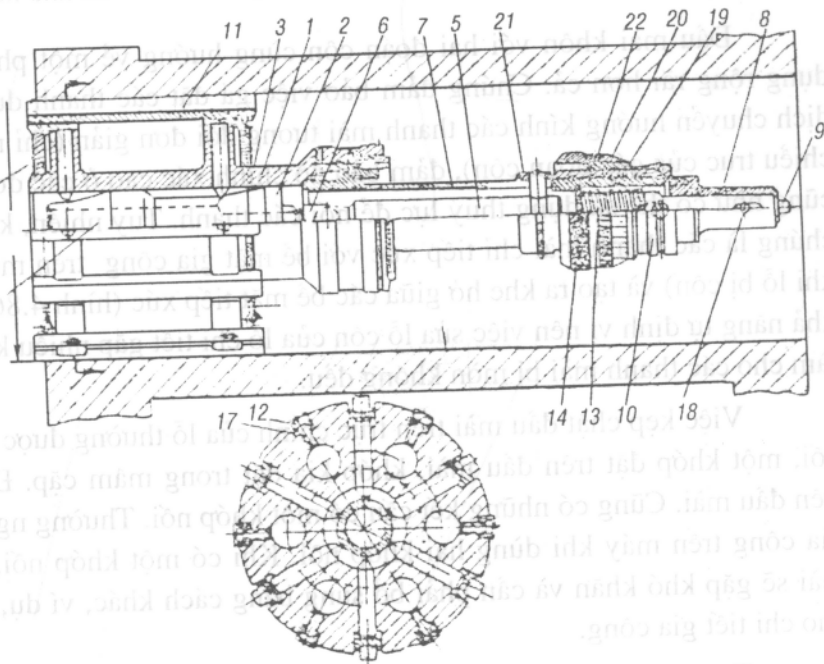
Ta hãy xem một số kết cấu điển hình của đầu mài khôn. Đầu mài khôn có đường kính 28 mm (hình 4.87) dùng để mài khôn lỗ của bánh răng trên máy mài khôn kiểu đứng.



Hình 4.87 Đầu mài khôn kẹp cứng trên trục chính và nối thanh mài bằng thủy lực.

Trong thân dao có một đoạn côn tựa 2 để nối phần kẹp 3 cùng với thanh mài nhờ cơ cấu thủy lực, cơ cấu này cũng đảm bảo hành trình ngược của cán piston 4. Phần kẹp cùng với thanh mài tỳ vào mặt côn nhờ hai lò xo phẳng 5 và 6. Ở mặt bên phía trước của đầu mài có vòng 7 lắp trên lò xo 5 và được kẹp chặt với thân nhờ chốt 8. Lò xo 6 được kẹp chặt với thân nhờ vít 9. Đầu mài khôn được lắp trên trục chính của máy nhờ đoạn côn cuối thân

và được kẹp cứng không dùng khớp nối. Vì vậy, ta cần sử dụng cơ cấu tự động cho phôi. Kẹp cứng không đảm bảo được cho đầu mài tự định vị theo lỗ. Khi có rãnh then trong lỗ, cần tăng chiều rộng của thanh mài. Đầu mài khôn có kết cấu đơn giản và sử dụng thuận tiện.

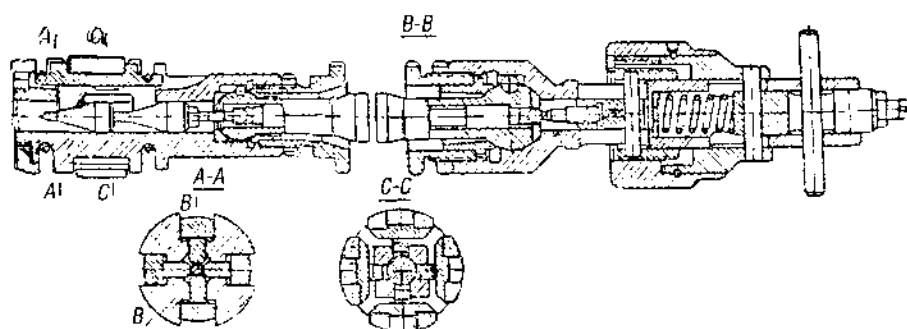


Hình 4.88 Đầu mài khôn cho lỗ có đường kính lớn, nối các thanh mài bằng thủy lực và có cơ cấu bù trừ độ mòn của chúng.

Hình 4.88 trình bày kết cấu điển hình của đầu mài khôn dùng cho những lỗ lớn. Trong thân 1 lồng thanh 2 có hai đoạn côn 3 và 4. Thanh được nối với cán piston dưới 5 nhờ khớp nối 6. Một đầu trục gá 7 nối với thân bằng khớp cầu, còn đầu kia nối với phần cuối chuỗi 8 (bằng ren). Khi có áp lực (truyền từ hệ thống thủy lực), cán piston 9 sẽ làm dịch chuyển cơ cấu bù trừ độ mòn (thông qua chốt 10), cũng như cán piston dưới và thanh có cán phần côn. Phần kẹp 11 cùng với thanh mài được nối ra nhờ vít 12 tựa trên bề mặt côn. Khi kết thúc công việc, lò xo 13 tựa vào vòng đệm 14 sẽ đẩy đoạn côn và dưới tác dụng của lò xo 15 và 16, phần kẹp thanh mài sẽ rời khỏi bề mặt gia công. Đầu mài khôn có đoạn dẫn hướng 17 bằng tectolit. Đầu mài được kẹp chặt trong mâm cặp bằng chốt 18. Do có hai khớp nối, đầu mài khôn có khả năng tự định vị được trong lỗ gia công. Điều đó quan trọng đối với lỗ có kích thước lớn, vì do kích thước và trọng lượng lớn của phôi, ta khó làm cho nó tự động được.

Để bù trừ độ mòn, dùng cơ cấu có thân 19 đặt trên phần chuỗi, vòng 20 và bạc 21. Vòng được lồng lên trên thân và được kẹp chặt nhờ vít 22. Khi quay vòng đi một hoặc vài vạch chia ghi trên bề mặt gia công của nó, bạc sẽ dịch chuyển về bên trái theo đường ren, kéo cán piston dưới và thanh có các đoạn côn, các đoạn côn này sẽ rời phần kẹp thanh mài một lượng để bù trừ cho độ mòn của thanh.

Hình 4.89 giới thiệu đầu mài có đường kính 60 mm để gia công lỗ bánh răng. Nó có hai khớp nối để tạo khả năng tự định vị theo lỗ gia công. Nhờ thanh có hai đoạn côn, phần kẹp thanh mài được nối ra khi dịch chuyển cán piston trên về bên trái do tác dụng của hệ thống thủy lực.

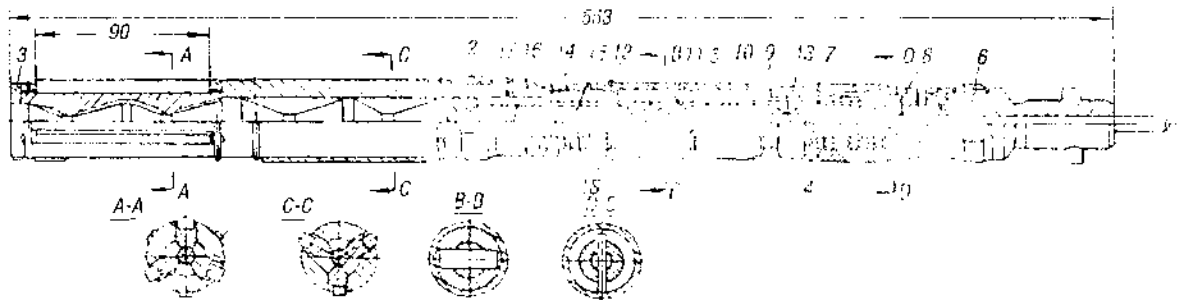


Hình 4.89. Đầu mài khôn cho lỗ đường kính trung bình dùng thủy lực để nối các thanh và có cơ cấu bù trừ độ mòn.

Vì lỗ có rãnh then hoa, chiều rộng các thanh mài phải chọn sao cho đảm bảo được sự tiếp xúc của các thanh cùng một lúc với các đoạn của lỗ giữa hai rãnh trong quá trình làm việc. Phần trục có đoạn dẫn hướng để tránh làm hỏng bề mặt gia công của lỗ và của thanh mài khi đầu mài đi vào lỗ. Để việc kẹp chặt của đầu mài trong mâm cặp thay đổi được nhanh, người ta làm chốt ở phần sau. Phần trước và phần sau của đầu mài liên hệ với nhau bởi hai khớp nối, kết cấu của nó đã được mô tả ở trên. Đầu mài có cơ cấu bù trừ độ mòn của các thanh, kết cấu của cơ cấu này không khác lắm so với cơ cấu của đầu mài trên hình 4.88.

Đầu mài trên hình 4.90 dùng để mài khôn các lỗ sâu không thông. Các thanh mài được bố trí theo hai dãy càng gần mặt đầu phía trước càng tốt. Hai đoạn côn liên

với thanh tác dụng lên trên mỗi phần kẹp thanh mài. Ở mặt đầu phía trước, giữa các thanh, có then 1 để dẫn hướng. Hai miếng dẫn hướng 2 cũng làm nhiệm vụ đó. Các thanh mài trên mỗi phần kẹp bố trí lệch nhau như trên các mặt cắt A-A và B-B ở hình 4.89.



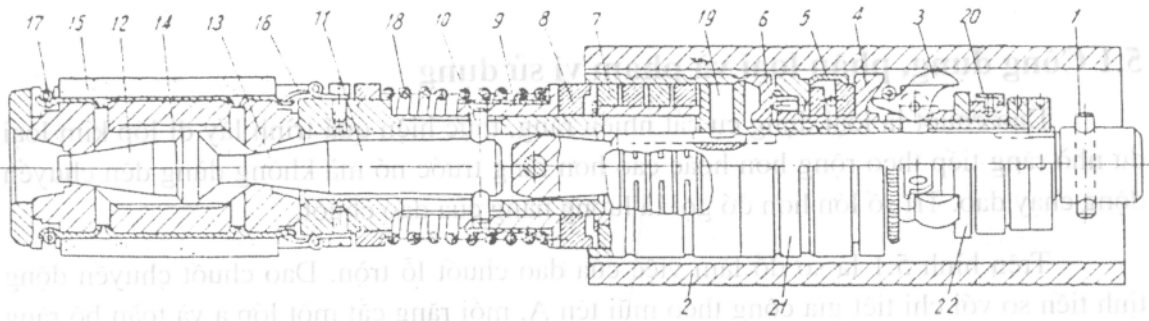
Hình 4.90. Đầu mài khôn để gia công lỗ không thông.

Thân 3 nối với trục gá 4 nhờ khớp nối thông qua chốt 5. Trục gá được nối liền bằng gờ hãm với trục then hoa có khớp cầu thu hai.

Trong trục then hoa có độ côn, nhờ hệ thống thủy lực, trục này tác dụng lên cán piston trên 6 và đai ốc 7. Cán piston và đai ốc nối với nhau bởi chốt 8. Đai ốc truyền lực trên phần côn qua vòng 10, bạc ren 11 và chốt 12 để nối phần kẹp thanh mài. Nhờ hệ thống thủy lực, các phần côn dịch chuyển đó rất nhỏ so với toàn bộ hành trình của đoạn côn. Khi sử dụng hết hành trình của chốt, ta tháo ren của đai ốc 7 và đầu mài lại tiếp tục chuẩn bị làm việc. Then 13 dùng để để phòng bạc ren 9 bị xoay. Lò xo 14 buộc các đoạn côn phải dịch chuyển về vị trí ban đầu sau khi kết thúc công việc của hệ thống thủy lực. Lò xo 14, đặt trên cán piston dưới 15, cũng được bố trí giữa bạc dưới 11 và vòng 16, vòng này kẹp chặt trên cán piston dưới 15 nhờ vít 17. Lò xo vòng 18 dùng để giữ cho vòng 16 khỏi bị rơi ra.

Hình 4.91 giới thiệu phần mài khôn tự động nối phần kẹp thanh mài. Đầu mài dùng để mài khôn lỗ có đường kính 62 mm, ở bloc 6 xanh của động cơ ô tô. Đầu mài kẹp chặt trong mâm cặp nhờ chốt 1; nhờ có khớp nối cầu, mâm cặp đảm bảo gá đặt được đầu mài theo trục của lỗ gia công. Để tự động nối phần kẹp thân mài ta đặt bạc dẫn hướng 2 ở phía trên bloc xilanh. Bạc được tôi và mài nghiền ở phía trong. Khi đầu mài đi vào trong bạc, cam 3 quay xung quanh trục của nó, đẩy bạc về bên trái, bạc này sẽ làm dịch chuyển ổ tựa 5, bạc 6, bộ phận giảm chấn 7, tâm chấn 8 bạc 9, và qua chốt 10 làm dịch chuyển thanh 11 với hai đoạn côn 12 và 13. Các đoạn côn sẽ nối phần kẹp 14 cùng với thanh mài 15. Dưới tác dụng của lò xo phẳng 16 và 17, phần kẹp luôn luôn bị ép về phía trục của đầu mài. Hành trình nối của thanh với các đoạn côn được thực hiện nhờ lò xo 18. Để tránh quay trong quá trình mài khôn, ta dùng các ổ tựa 19 và 20 đặt ở mặt đầu của chi tiết quay 21 và 22. Điều đó nhằm ngăn cho bề mặt trong lỗ dẫn 2 khỏi bị mòn. Để bù trừ cho độ mòn của các thanh mài, người ta đã tính đến khả năng dịch chuyển thêm của thanh với các đoạn côn về bên trái; việc dịch chuyển được thực hiện bằng tay theo chu kỳ tùy mức độ cần thiết. Dịch chuyển bằng tay tiến hành 17 quay bạc 6, bạc

tác dụng lên chốt 19, bộ phận giảm chấn 7, tấm chắn 8 và chốt 10. Để giữ cho thanh mài khỏi bị hư hại khi đi vào và đi ra khỏi lỗ và để tránh nguy hiểm cho sự tiếp xúc giữa các chi tiết của đầu mài với bề mặt gia công, ta đặt các đoạn dẫn hướng bằng tectolit.



Hình 4.91. Đầu mài khôn tự động

Khi mài khôn, cần phải kiểm tra độ chính xác của lỗ gia công trong quá trình làm việc bằng cách dùng các bộ phận đặt trực tiếp trên đầu mài và trên máy hoặc đặt ở bên ngoài.

Các bộ phận này sẽ tự động kết thúc quá trình gia công:

- 1) Sau một thời gian nhất định (hoặc sau một số hành trình kép của đầu mài).
- 2) Khi các thanh mài đã được nổi tới kích thước cho trước.
- 3) Khi đã đạt độ chính xác của lỗ do thử bằng calíp đặc biệt; khi đi vào trong lỗ, calíp sẽ đóng tiếp xúc điện của xích điều khiển.
- 4) Khi đã nhận được độ chính xác cần thiết của lỗ do việc kiểm tra được tiến hành theo chu kỳ (sau mỗi hành trình kép của đầu mài) nhờ có bộ phận đặt ở ngoài của đầu mài.
- 5) Khi nhận được độ chính xác cần thiết của lỗ, kiểm tra bằng bộ phận đặt trong đầu mài và làm việc bằng khí nén.

Trong thực tế, người ta xác nhận rằng các bộ phận thuộc nhóm thứ nhất và thứ hai, kiểm tra kích thước lỗ bằng cách gián tiếp, không cho kết quả khách quan vì cần thiết phải theo đúng khoảng dung sai hẹp của lượng dư gia công và khoảng dao động lớn về độ mòn của các thanh mài. Các bộ phận thuộc nhóm thứ ba và thứ tư không đảm bảo kiểm tra được theo toàn bộ chiều dài lỗ, mà chỉ trên một đoạn dài khoảng $10 \div 40$ mm từ mặt đầu trên tới mặt đầu dưới của chi tiết gia công. Ưu điểm của các bộ phận thuộc nhóm thứ 5 là khả năng tiến hành kiểm tra lỗ trên suốt chiều dài trong toàn bộ quá trình gia công. Các bộ phận này chia ra: bộ phận khí ép và khí ép tiếp xúc. Bộ phận khí ép đảm bảo làm việc không có độ mòn và biến dạng, nhưng không cho phép kiểm tra lỗ có rãnh then hoặc có lỗ khác xuyên ngang, v.v... Ngoài ra, vòi khí nén dễ bị bụi đá mài và bụi kim loại làm bẩn. Bộ phận khí nén tiếp xúc cho phép kiểm tra không phải bằng tia không khí mà bằng hai lá cân kiểm tra, bố trí trên một đường kính và có khả năng dịch chuyển dọc theo trục. Để có được các chỉ số đúng và chắc chắn, calíp phải có khả năng tự định vị được theo trục của lỗ, không phụ thuộc vào vị trí của đầu mài khôn.

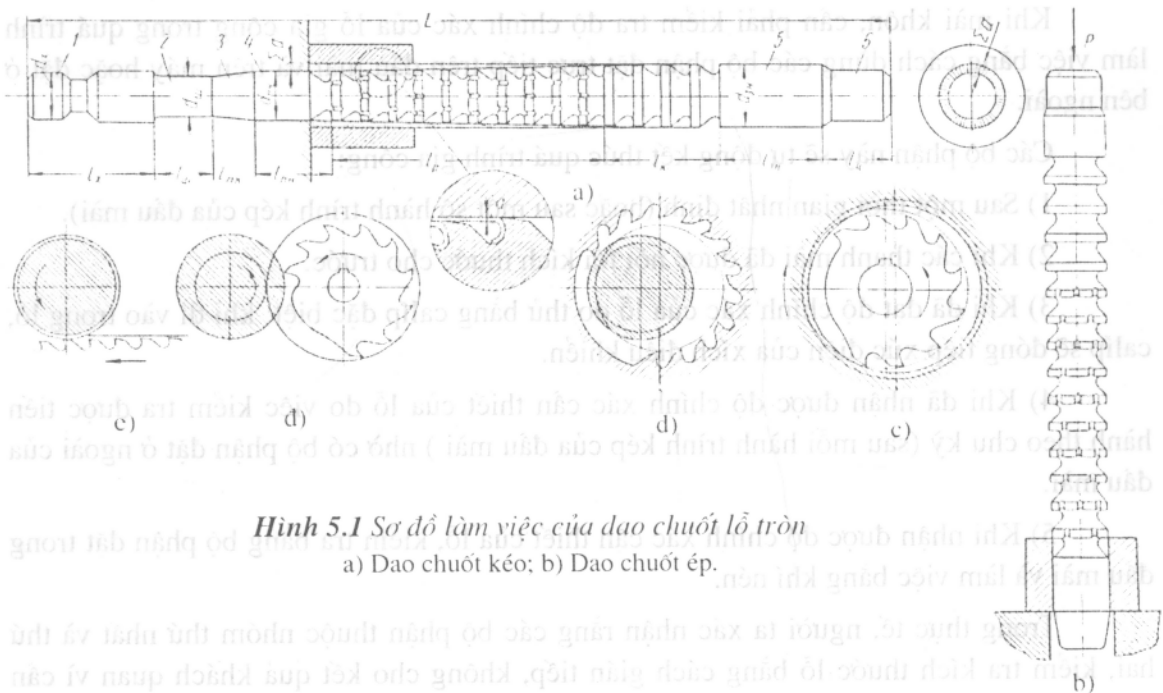
CHƯƠNG 5

THIẾT KẾ DAO CHUỐT

5.1 Công dụng, phân loại và phạm vi sử dụng

Dao chuốt là loại dụng cụ cắt nhiều răng, thực hiện quá trình lấy đi lớp kim loại dư nhờ răng tiếp theo rộng hơn hoặc cao hơn răng trước nó mà không dùng đến chuyển động chạy dao. Trị số lớn hơn đó gọi là lượng nâng của dao chuốt.

Trên hình 5.1 là sơ đồ làm việc của dao chuốt lỗ tròn. Dao chuốt chuyển động tịnh tiến so với chi tiết gia công theo mũi tên A, mỗi răng cắt một lớp a và toàn bộ răng cắt chiều dày Σa (lượng dư gia công một bên).



Hình 5.1 Sơ đồ làm việc của dao chuốt lỗ tròn

a) Dao chuốt kéo; b) Dao chuốt ép.

Chiều dày cắt a được đo theo phương vuông góc với bề mặt gia công. Ngoài ra, trong quá trình chuốt, phoi hoàn toàn nằm trong rãnh giữa các răng và chỉ thoát ra ngoài khi răng dao ra khỏi chi tiết.

Dao chuốt được sử dụng rộng rãi chủ yếu trong sản xuất hàng loạt và hàng khối nhờ những đặc điểm sau:

1. Năng suất cao mặc dù tốc độ làm việc (tốc độ cắt) thấp, thông thường $v=3\div 8$ m/ph. Vì:

- Tổng chiều dài lưỡi cắt tham gia cắt lớn. Ví dụ, khi chuốt lỗ có đường kính 30 mm, nếu có 5 răng đồng thời tham gia cắt thì tổng chiều dài lưỡi cắt khoảng 470 mm.

Nếu cũng chi tiết đó gia công bằng mũi khoét 4 răng với lượng dư là 1,5 mm cho một bên thì tổng chiều dài lưỡi cắt của mũi khoét tham gia cắt chỉ khoảng 7 mm. Vì thế năng suất dao chuốt sẽ vượt xa năng suất mũi khoét mặc dù mũi khoét làm việc với tốc độ $v = 20 \div 30$ m/ph.

- Trên dao chuốt có liên tiếp các răng cắt thô, cắt tinh và sửa đúng, nhờ đó mà một nguyên công chuốt có thể thay thế cho hai hoặc ba nguyên công riêng biệt: khoét, doa thô, doa tinh lỗ.

- Trong thời gian cắt mỗi răng dao liên tục tiếp xúc với bề mặt gia công. Trong khi đó, ở phương pháp gia công khác: phay, bào... quá trình gia công cắt là không liên tục.

2. Đạt được độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao mà không yêu cầu thợ bậc cao.

3. Tuổi bền giữa hai lần mài sắc và tuổi thọ dao cao, nhờ đó dao chuốt có thể gia công hàng vài nghìn chi tiết.

Từ những ưu điểm nói trên, dao chuốt là loại dụng cụ cắt rất kinh tế, nghĩa là giá thành của dụng cụ tính trong giá thành chung của sản phẩm tương đối thấp.

Hiện nay, dao chuốt đã thay thế cho các dạng gia công khác trong sản xuất hàng loạt và hàng khối như khoét và doa lỗ đã khoan, lỗ đã rèn hoặc đúc, phay, bào (các mặt phẳng, mặt định hình); xọc lỗ thông (then hoa, tam giác, định hình); các bánh răng (bánh răng trong, bánh răng côn, thanh răng, bánh răng ngoài...).

Hiện nay có 2 dạng dao chuốt:

- Dao chuốt trong để chuốt các loại lỗ (đường bao khép kín).

- Dao chuốt ngoài để chuốt các bề mặt hở (đường bao không khép kín).

Dao chuốt thường làm việc với chuyển động cắt thẳng, ngoài ra còn có trường hợp làm việc với chuyển động cắt vòng.

Hình 5.2a là sơ đồ chuốt, trong đó chuyển động tương đối giữa dụng cụ và chi tiết là chuyển động tịnh tiến khứ hồi để gia công lỗ và mặt ngoài.

Hình 5.2b là sơ đồ chuốt liên tục, ở đây chi tiết có chuyển động tương đối so với dao chuốt đứng yên.

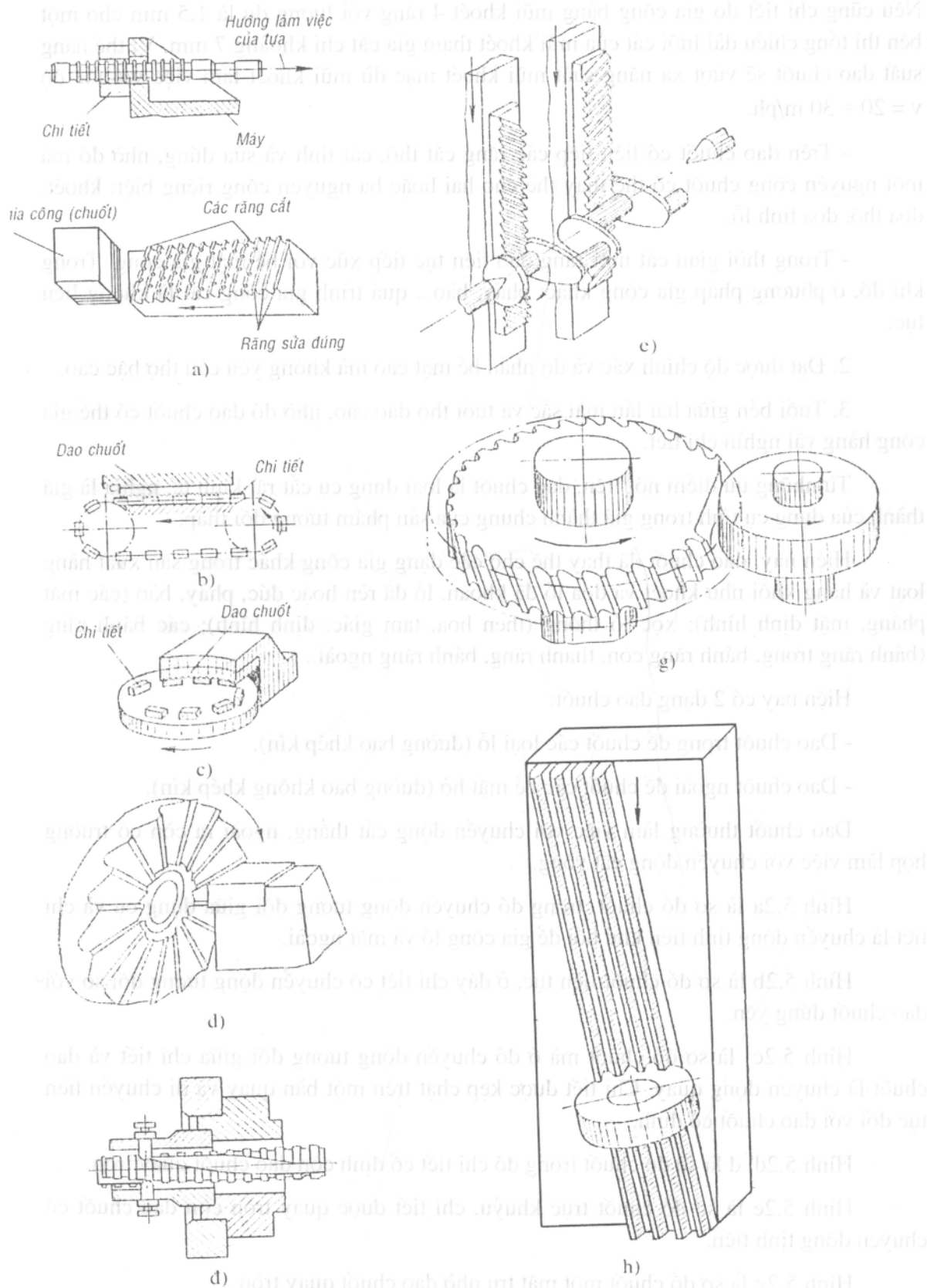
Hình 5.2c là sơ đồ chuốt mà ở đó chuyển động tương đối giữa chi tiết và dao chuốt là chuyển động quay. Chi tiết được kẹp chặt trên một bàn quay và di chuyển liên tục đối với dao chuốt cố định.

Hình 5.2d, đ là sơ đồ chuốt trong đó chi tiết cố định còn dao chuốt quay tròn.

Hình 5.2e là sơ đồ chuốt trục khuỷu, chi tiết được quay tròn còn dao chuốt có chuyển động tịnh tiến.

Hình 5.2g là sơ đồ chuốt một mặt trụ nhờ dao chuốt quay tròn.

Hình 5.2h là sơ đồ chuốt bánh răng thẳng và nghiêng.



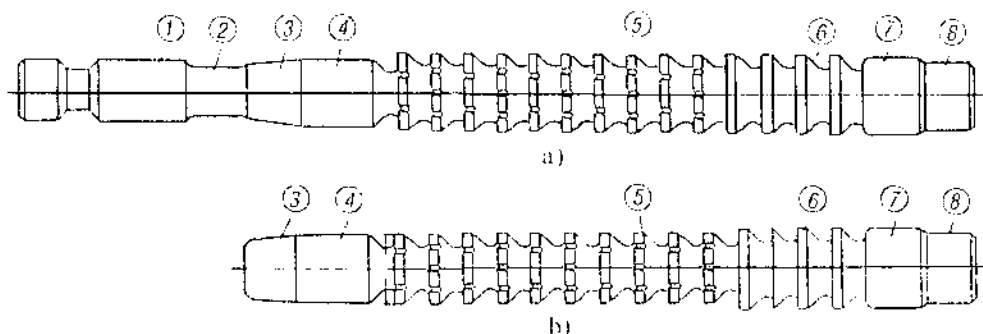
Hình 5.2 Các sơ đồ chuốt.

Dưới đây nghiên cứu các kết cấu của dao chuốt có chuyển động cắt thẳng là loại được ứng dụng rộng rãi trong chế tạo máy.

Dao chuốt còn được chia thành dao chuốt kéo – khi lực tác dụng vào đầu dao và kéo dao chuốt đi chuyển, hình 5.3a, dao chuốt nén – khi lực tác dụng vào chuôi dao để đẩy dao đi, hình 5.3b.

Về mặt kết cấu, dao chuốt kéo tương tự như dao chuốt nén nên ở đây chỉ giới thiệu tỉ mỉ dao chuốt kéo.

Độ nhẵn bề mặt đạt được sau khi chuốt $R_a = 3,2 \div 0,4 \mu m$.



Hình 5.3 Các bộ phận chủ yếu của dao chuốt kéo và nén.

a) Dao chuốt kéo; b) Dao chuốt nén.

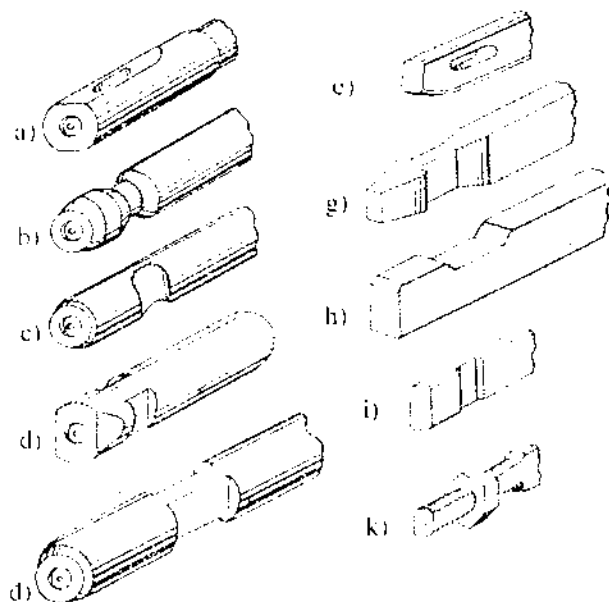
1. Đầu dao; 2. Cổ dao; 3. Côn chuyển tiếp; 4. Phần định hướng trước; 5. Phần cắt; 6. Phần sửa đúng; 7. Phần định hướng sau; 8. Phần đỡ.

5.2. Các bộ phận của dao chuốt (hình 5.3)

5.2.1. Phần đầu kẹp dao

Các kiểu kích thước cơ bản của dao chuốt đã được tiêu chuẩn hoá (hình 5.4). Mỗi kiểu đầu kẹp dao đều có công dụng riêng.

Hình 5.5 chỉ dẫn cách kẹp đầu dao trong đầu kẹp nhanh. Khi lắp dao chuốt vào đầu kẹp, bạc 1 di chuyển đến vị trí tận cùng bên trái, nhờ độ vát ở phần chuôi dao, các chốt 2 đi ra và làm cho dao chuốt có thể lắp vào đầu kẹp được. Khi tiếp tục đẩy dao chuốt vào, các chốt đi vào rãnh 3 sau đó đẩy ống bạc bao ngoài sang vị trí tận cùng như hình vẽ và như thế dao chuốt đã được xiết chặt bằng các chốt.



Hình 5.4 Các kiểu đầu kẹp dao.

Dao chuốt ép cũng như dao chuốt ngoài không có phần đầu kẹp dao. Đường kính đầu dao thường làm nhỏ hơn đường kính lỗ của chi tiết trước khi chuốt ít nhất 0,3mm để đưa dao chuốt vào chi tiết dễ dàng. Kích thước này đã tiêu chuẩn hoá hoặc phải chọn theo kích thước phù hợp với kích thước đầu kẹp dao trên máy sử dụng.

Nếu lỗ của đầu kẹp có dung sai A_1 thì đầu dao chuốt làm theo dung sai X_1 .

Chiều dài phần đầu dao lấy tùy thuộc vào kích thước đầu kẹp của máy.

5.2.2. Phần cổ và phần côn chuyển tiếp

Phần cổ (2) và phần côn chuyển tiếp (3) (hình 5.3) nối đầu kẹp dao với phần làm việc của dao chuốt.

Chiều dài của phần cổ và phần côn phải đảm bảo nối được dao chuốt với đầu kẹp của máy chuốt. Chiều dài nhỏ nhất của cổ dao được tính theo công thức:

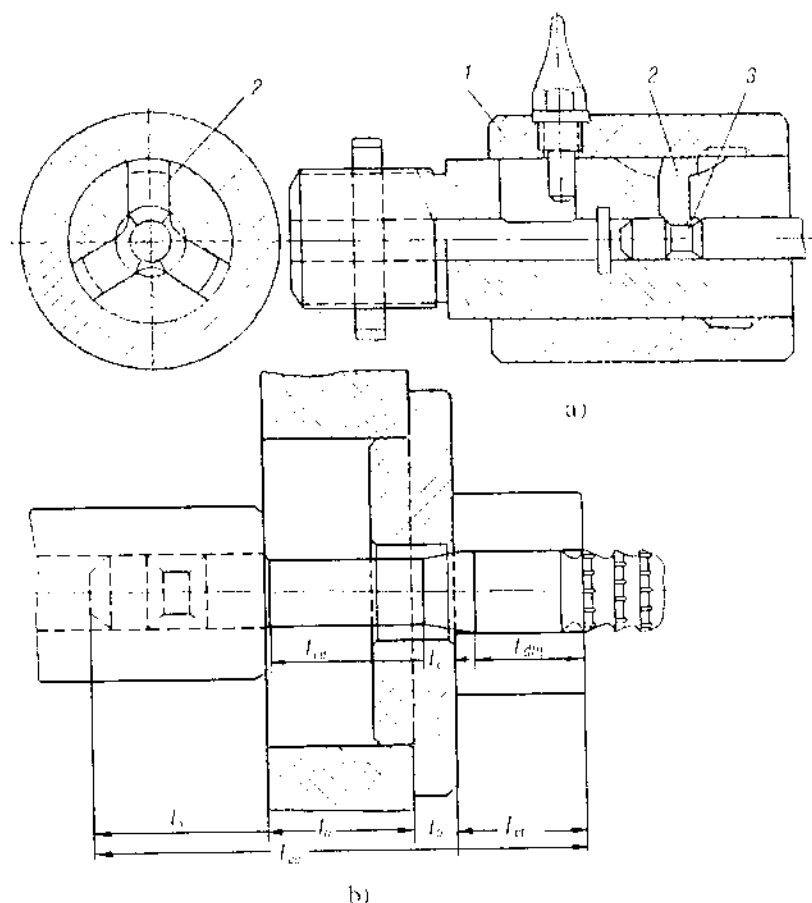
$$L_{\min} = l_m + l_b + l_{ct} - (l_c + l_{dh}) \quad (5.1)$$

Trong đó: l_m – chiều dài thành máy.

l_b – chiều dài bạc đỡ.

l_{ct} – chiều dài chi tiết.

l_{dh} – chiều dài phần định hướng trước.



Hình 5.5 Cách kẹp dao chuốt trong đầu kẹp nhanh.

Chiều dài cổ dao $l_{cđm}$ sau khi tính toán thường được tăng thêm $5 \div 30$ mm để dễ dàng thao tác khi kẹp.

Đường kính cổ dao $d_{cđ}$ thường lấy nhỏ hơn đường kính đầu kẹp $0,3 \div 1$ mm. Với dung sai theo C_s và được gia công đạt độ nhẵn $R_a = 2,5 \mu m$, trên đó ghi nhãn của dao chuốt.

Trên bản vẽ dao chuốt thường cho kích thước từ đầu kẹp đến răng thứ nhất là tổng các kích thước $l_{cđ}, l_m, l_b, l_{ct}$. Kích thước chiều dài phần cổ dao được xem là kích thước tự do.

Phần côn chuyển tiếp l_c nhằm giúp cho việc đưa chi tiết vào phần định hướng trước dễ dàng. Chiều dài $l_c = 10 \div 20$ mm tùy theo đường kính của dao chuốt.

5.2.3. Phần định hướng trước (4) (hình 5.3)

Phần định hướng trước có tác dụng định vị chi tiết, làm cho chi tiết đồng tâm với dao chuốt, nhờ đó có thể cắt được lượng dư đều trên chu vi lỗ. Ngoài ra nó còn giúp khử độ nghiêng của chi tiết để tránh làm gãy các răng đầu cũng như toàn bộ dao chuốt.

Chiều dài phần định hướng trước được tính từ cuối phần côn chuyển tiếp đến răng đầu trên của dao chuốt.

Thường l_c lấy bằng chiều dài lỗ chuốt nhưng không nhỏ hơn 40 mm. Nếu chiều dài lỗ chuốt $l_{cđ}$ lớn thì có thể lấy chiều dài phần định hướng trước bằng 0,75 chiều dài lỗ chuốt.

Đường kính phần định hướng trước lấy bằng đường kính của lỗ trước khi chuốt với dung sai L .

5.2.4. Phần định hướng sau (7) (hình 5.3)

Phần định hướng sau đảm bảo cho chi tiết không bị nghiêng ở thời điểm các răng cuối cùng của dao chuốt ra khỏi chi tiết, nhằm đảm bảo độ nhẵn bề mặt đã gia công và tránh gãy các răng dao sửa đúng.

Chiều dài phần định hướng sau lấy theo bảng 5.1.

Bảng 5.1 Chiều dài phần định hướng sau (mm).

Chiều dài lỗ chuốt	đến 25	25 ÷ 30	30 ÷ 40	40 ÷ 50	50 ÷ 70	70 ÷ 100	>100
Chiều dài phần định hướng sau	20	25	30	35	45	50 ÷ 65	70

5.3. Lực cắt khi chuốt và tính toán dao chuốt theo độ bền

Lực cắt khi chuốt phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố: tính chất vật liệu gia công, chiều dày và chiều rộng lớp cắt, thông số hình học của phần cắt dao chuốt, độ cùn của răng, tính chất dung dịch làm nguội, v...v.

Lực cắt tổng cộng sinh ra khi chuốt có thể phân tích thành các phân lực, trong đó P_z là lực chủ yếu hướng dọc theo trục dao chuốt (dọc theo chuyển động cắt). Lực P_y hướng thẳng góc với trục dao chuốt, trong trường hợp gia công lỗ sẽ cân bằng nhau và không tác dụng vào dao chuốt, còn trong trường hợp chuốt ngoài, lực P_y sẽ tác dụng vào thân dao chuốt và đầu trượt của máy. Lực P_x chỉ có đối với những dao chuốt ngoài răng nghiêng và cũng tác dụng vào thân dao chuốt.

Các lực P_x , P_y tương đối nhỏ, làm việc theo lực nén vật liệu dao chuốt và có thể không cần chú ý đến trong quá trình tính toán thông thường và độ bền. Vì vậy ta sẽ chỉ khảo sát thành phần lực cắt chủ yếu khi chuốt - lực P_z . Lực P_z được xác định theo công thức sau đây:

$$P_z = p \cdot f \cdot Z_{\max} \quad (5.2)$$

Trong đó: p - lực cắt đơn vị, N/mm^2 .

f - diện tích lớp cắt của 1 răng dao chuốt, $f = b \cdot a$, mm^2 .

b - chiều rộng lớp cắt bằng ba chiều dài lưỡi cắt của một răng tham gia cắt, mm .

a - lượng nâng 1 răng, mm .

L - chiều dài bề mặt chuốt không có rãnh khoét, mm .

t - bước răng dao chuốt, mm .

$Z_{\max}$ - số răng dao chuốt lớn nhất có thể tiếp xúc với chi tiết gia công và được xác định theo công thức:

$$Z_{\max} = \frac{L}{t} + 1 \quad (5.3)$$

Ở đây chú ý trị số $Z_{\max}$ lấy số nguyên, phần lẻ bỏ đi. Nếu chi tiết có rãnh khoét thì số răng làm việc cùng một lúc được xác định bằng phương pháp đồ tạo bằng cách trượt bản can vẽ các răng của dao chuốt trên hình vẽ lỗ chuốt. Lỗ chuốt và bước răng phải vẽ chính xác với cùng tỷ lệ phóng đại.

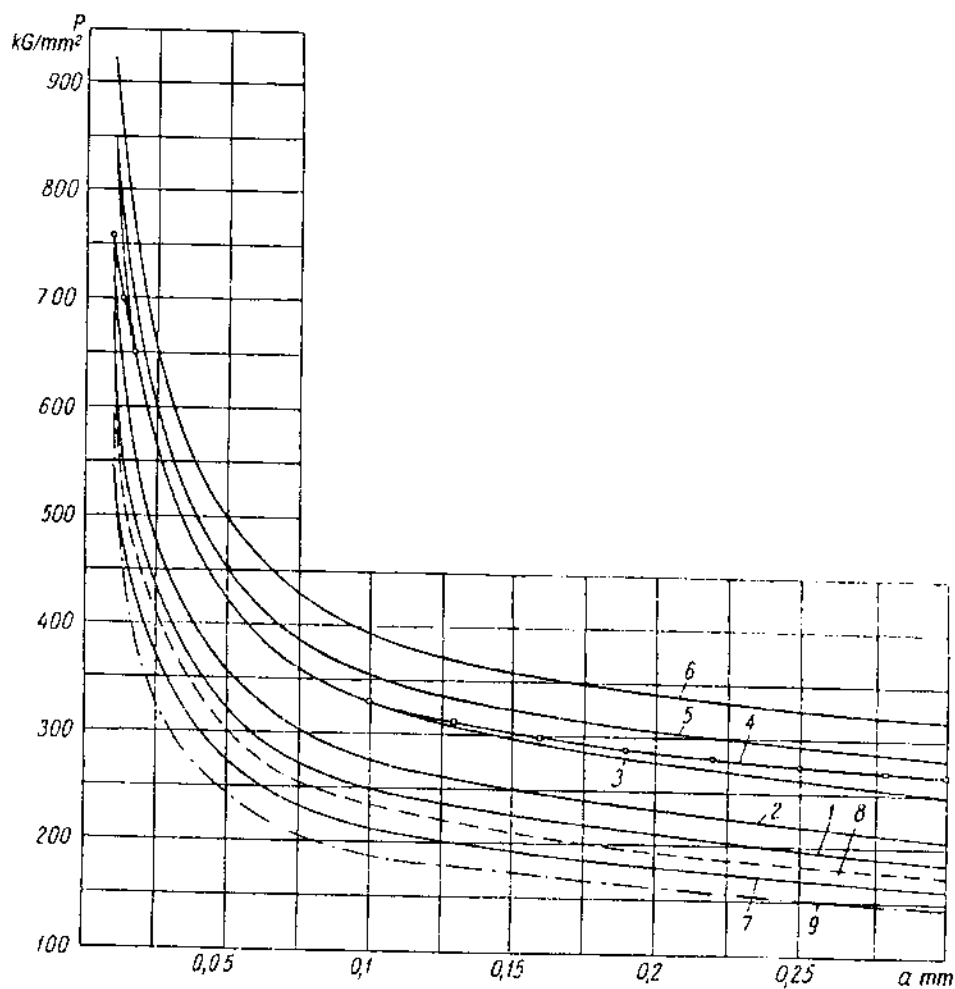
Như vậy là lực cắt khi chuốt trong trường hợp chung được xác định theo công thức:

$$P_z = p \cdot b \cdot a \cdot Z_{\max} \quad (N/mm^2) \quad (5.4)$$

Lực cắt đơn vị (N/mm^2) khi chuốt cũng theo một quy luật chung như khi cắt kim loại, cụ thể là: chiều dài lớp cắt kim loại càng giảm thì lực cắt đơn vị càng tăng. Hệ thức thực nghiệm $p = f(a)$ đối với các vật liệu khác nhau dùng trong chế tạo cơ khí được biểu thị trên biểu đồ hình 5.6.

Trị số lực cắt đơn vị trên biểu đồ ứng với điều kiện sử dụng bình thường, có nghĩa là với góc trước và góc sau được chọn với dung dịch bôi trơn làm nguội thông thường và khi lượng mòn chủ yếu của răng trên mặt sau của dao chuốt gia công lỗ không quá 0,3 mm và của dao chuốt ngoài không quá 0,5 mm .

Từ biểu đồ hình 5.6 này rút ra một kết luận rất quan trọng về thiết kế dao chuốt là: để giảm lực chuốt nên thiết kế dao chuốt cắt lớp kim loại dày hơn. Con đường phát triển công nghệ thiết kế dao chuốt chính là đi theo xu hướng dùng các sơ đồ cắt cho phép dao chuốt lấy đi lớp kim loại dày hơn.



Hình 5.6 Lực cắt đơn vị tính bằng kG/mm^2 khi chuốt tùy theo trị số lượng năng cho một răng a , mm đối với các vật liệu khác nhau.

- | | | |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| Đối với thép cacbon: | 1. HB $\leq$ 197; | 2. HB 198 + 229; |
| | 3. HB > 229; | |
| Đối với thép hợp kim: | 4. HB $\leq$ 197; | 5. HB 198 + 229; |
| | 6. HB > 229; | |
| Đối với gang xám: | 7. HB $\leq$ 180; | 8. HB > 180; |
| | 9. Gang rèn. | |

Độ bền kéo dao chuốt được kiểm theo công thức sau:

$$\sigma = \frac{P_c}{F} \quad (N/mm^2) \quad (5.5)$$

Trong đó: F – diện tích tiết diện yếu nhất của dao chuốt, mm^2 .
 σ – ứng suất cho phép, N/mm^2 .

P_z – lực cắt khi chuốt.

Tiết diện yếu nhất của dao chuốt có thể nằm ở phần đầu dao. Nếu phần đầu làm bằng thép 40X hàn hay dao chuốt bằng thép XBI thì ứng suất cho phép $\sigma = 250 \text{ N/mm}^2$. Nếu dao chuốt chế tạo bằng thép gió P9 hay P18 thì ứng suất cho phép $\sigma = 300 \text{ N/mm}^2$. Tiết diện yếu nhất cũng có thể ở đáy rãnh răng thứ nhất. Trong trường hợp này đối với dao chuốt bằng thép P9 hay P18 với đường kính đến 20mm, ứng suất cho phép $\sigma = 400 \text{ N/mm}^2$, với đường kính trên 20mm, ứng suất cho phép $\sigma = 350 \text{ N/mm}^2$. Đối với dao chuốt bằng thép XBI hay P9, P18 khi tải trọng không đối xứng, ứng suất cho phép là $\sigma = 300 \text{ N/mm}^2$. Tính toán độ bền phải tiến hành theo cả hai tiết diện yếu nhất ở trên.

Trong các định mức về chế độ cắt và thời gian cho các công việc chuốt thì lực chuốt được xác định theo công thức:

$$P = F \cdot \Sigma b (N) \quad (5.6)$$

Trong đó: $F = p \cdot a$ là lực cắt trên 1mm chiều dài lưỡi cắt, N/mm;

Σb – chiều dài tổng cộng lớn nhất của các lưỡi cắt đồng thời tham gia cắt.

Đối với các lỗ tròn, nhiều cạnh... tiết diện ngang của phần định hướng sau có thể lấy đồng nhất với tiết diện ngang của lỗ nhưng cũng có thể lấy tròn theo lỗ chuốt. Ví dụ, ở dao chuốt lỗ then hoa, thường phần định hướng sau có tiết diện tròn.

Đối với lỗ không đối xứng, tiết diện chữ nhật,..., thì phải làm tiết diện phần định hướng sau phải đồng nhất với tiết diện của lỗ.

Đối với dao chuốt rãnh then, thường không làm phần định hướng sau vì chi tiết gia công đã được định vị trên bạc đỡ đảm bảo chi tiết không bị xiên.

Các dao chuốt ngoài do được kẹp trên bàn máy chuốt nên thường cũng không có phần định hướng sau.

Phần định hướng sau được chế tạo với dung sai theo lắp ghép X. Nếu dao chuốt có đường kính và chiều dài lớn thường có thêm phần kích thước làm cổ đỡ có đường kính ứng với đường kính giá đỡ.

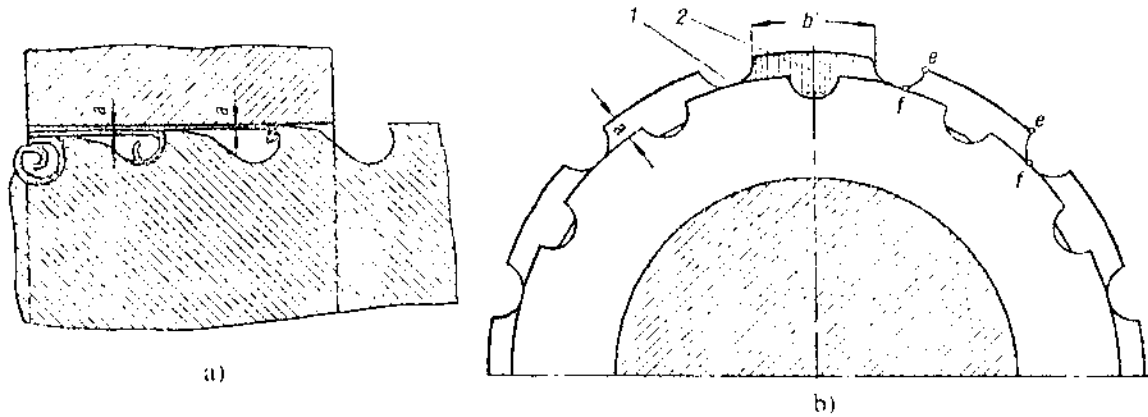
Đối với dao chuốt ép, không có đầu kẹp dao, để đưa dao chuốt ép vào lỗ chi tiết được dễ dàng, ở đầu trước của dao thường được làm côn góc 15° , chiều dài từ 4 ÷ 20 mm tùy thuộc vào đường kính dao chuốt. Bán kính cong ở mặt đầu dao chuốt ép thường từ 2 ÷ 5 mm. Các kích thước phần định hướng trước và sau giống như ở dao chuốt kéo. Chiều dài phần định hướng sau dao chuốt ép lấy từ 5 ÷ 10 mm lớn hơn chiều dài lỗ chuốt để đảm bảo các răng dao chuốt ép hoàn toàn ra khỏi lỗ chuốt trước khi mặt đầu của trục ép tác dụng trên dao chuốt ép chạm vào chi tiết gia công. Khi làm việc dao chuốt ép thường được giữ ở mặt đầu cuối bằng mũi tâm lò xo hay bạc di động nối với trục chính của máy ép.

Dao chuốt lỗ thường hai đầu có lỗ tâm dùng làm chuẩn trong quá trình chế tạo và

mài sắc lại dao, vì vậy bề mặt côn 60° của lỗ tâm cần được chế tạo chính xác về hình dáng và có côn bảo vệ. Độ nhẵn bề mặt thường phải đạt $R_a = 1,25\mu\text{m}$.

5.4. Các sơ đồ cắt lớp kim loại và các dạng dao chuốt

Sơ đồ cắt các lớp kim loại (kích thước các lớp cắt được chọn) và thứ tự cắt chúng trên các đoạn profil gia công có ảnh hưởng lớn đến kết cấu phân cắt và tuổi bền của dao chuốt.



Hình 5.7 Sơ đồ làm việc của dao chuốt cắt đơn.

Hiện nay khi chuốt thường dùng hai sơ đồ cắt chủ yếu sau đây:

1) Sơ đồ cắt đơn (bình thường) trình bày trên hình 5.7a, b. Trong đó mỗi răng cắt của dao chuốt lấy đi một lớp kim loại chiều dày a nhờ lượng nâng của răng sau cao hơn răng trước.

2) Sơ đồ cắt nhóm, trong đó tất cả các răng cắt chia ra thành các nhóm hai răng một hay nhiều hơn, có đường kính hay chiều cao bằng nhau trong cùng một nhóm và cắt một lớp kim loại chung chiều dày a nhờ chiều rộng của răng sau lớn hơn răng trước trong cùng một nhóm.

5.4.1. Dao chuốt cắt đơn

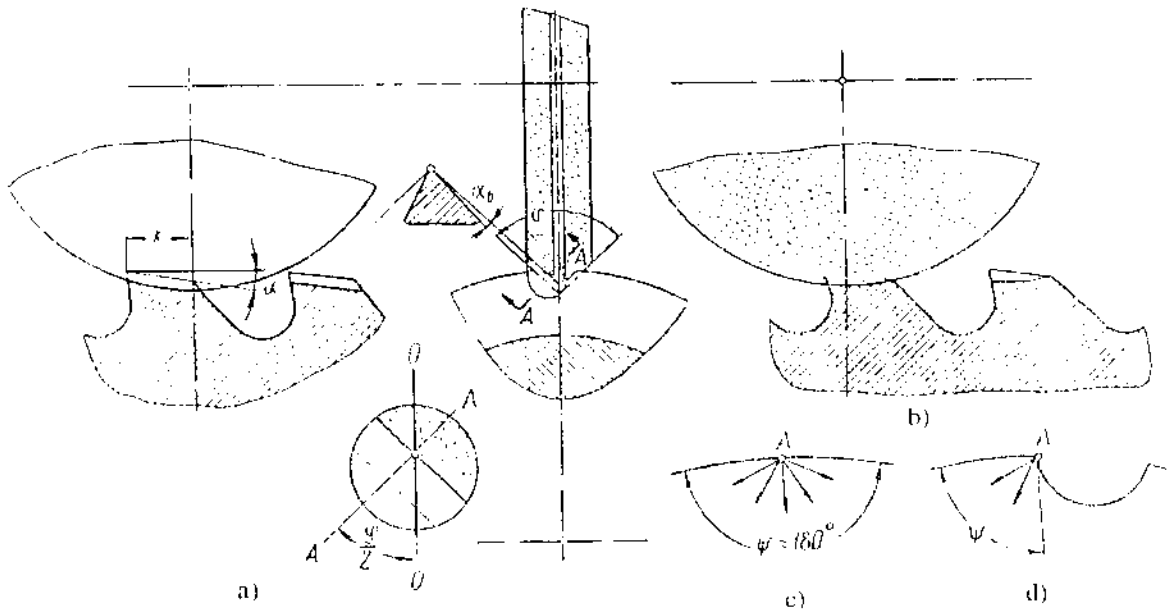
Khi làm việc theo sơ đồ cắt đơn, lớp kim loại lấy đi là một hình trụ rỗng có chiều dày thành bằng lượng nâng một răng và có chiều dài bằng chiều dài lỗ được chuốt.

Dù chiều dày của lớp cắt lớn hoặc nhỏ thì việc thoát phoi ở dạng hình trụ trên mặt trước của dao chuốt cũng như việc chứa phoi trong các rãnh của răng là rất khó, trong một số trường hợp không thể thực hiện được. Để thoát phoi dễ dàng, trên các lưỡi cắt của các răng cạnh nhau, người ta làm các rãnh chia phoi Γ theo thứ tự xen kẽ (hình 5.7b) khi đó lớp cắt được chia thành những đoạn phoi có chiều rộng b' , tương đối dễ dàng thoát ra theo mặt trước của răng dao chuốt và nằm gọn trong rãnh giữa các răng.

Do có rãnh chia phoi nên ở các răng của dao chuốt hình thành những lưỡi cắt phụ ef và cũng tham gia vào quá trình cắt, đồng thời rãnh chia phoi cũng sinh ra những hiện tượng không tốt đối với dao chuốt cắt đơn:

+ Một là lớp kim loại lấy đi có hình như trình bày ở hình 5.7b, trong đó phần lớp cắt 2 bị dày lên do rãnh chia phoi của răng trước nó. Như vậy trên phoi có cạnh gờ cứng làm cho phoi cuộn lại với một lực lớn hơn và không chặt, đường kính lỗ rỗng tăng lên do đó để chứa được phoi cần rãnh có thể tích lớn hơn.

+ Hai là độ mòn lớn nhất của răng dao chuốt thường ở các góc, ở chỗ giao tuyến giữa lưỡi cắt và rãnh chia phoi, nghĩa là rãnh dao chuốt là nơi làm mòn dao chuốt nhiều nhất.



Hình 5.8 Kết cấu rãnh chu a phoi ở dao chuốt cắt đơn.

Độ mòn của dao chuốt trên các góc của lưỡi cắt tăng nhanh đối với sơ đồ cắt đơn được giải thích như sau: rãnh chia phoi được tạo thành trên các răng dao chuốt bằng đá mài có mặt phẳng trùng với trục của dao chuốt (hình 5.8a). Để tạo thành góc sau ở các mặt bên, trục đá mài phải lệch đi so với mặt trước của răng một trị số k sao cho đáy của rãnh chia phoi gần như song song với mặt sau của răng. Khi đó trị số góc sau mặt bên của điểm C nào đó trên lưỡi cắt phụ thuộc vào mặt cắt AA, có thể được xác định theo công thức sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \quad (5.7)$$

ở đây: α - góc của răng trong tiết diện qua tâm OO' .

φ - góc profil của rãnh chia phoi.

Ví dụ, nếu $\alpha = 2^\circ 30'$, $\varphi = 60^\circ$ thì $\alpha_b = 0^\circ 39'$.

Trị số góc sau như vậy hoàn toàn không đủ và là nguyên nhân làm cho các góc

nhọn bị mòn nhiều. Ngoài ra, trên lưỡi cắt các phần tử kim loại bị dính lại càng làm tăng thêm độ mòn các góc và làm giảm chất lượng bề mặt chuốt.

Trong thực tế các dao chuốt cắt đơn không có được góc sau trên rãnh chia phoi dù là với trị số nhỏ như được xác định trên hình 5.8a vì các nguyên nhân sau đây:

Thứ nhất là đá mài do công nhân sửa bằng tay nên thường có profil bán nguyệt. Dạng rãnh chia phoi được hình thành như trình bày ở hình 5.8b nói chung không tạo được góc sau ở các mặt bên.

Thứ hai là trong thực tế sản xuất, trục đá mài thường không dịch nhiều so với mặt trước của răng (hình 5.8b) do sợ va chạm vào lưỡi cắt của răng tiếp theo. Như vậy trên các lưỡi cắt phụ đã tạo thành các góc sau âm càng làm cho các góc nhọn mòn nhiều. Trong sản xuất thực tế rất khó kiểm tra việc gia công chính xác các rãnh chia phoi.

Thứ ba là khi cắt rãnh chia phoi, đá mài rất chóng mòn dẫn tới làm biến dạng rãnh chia phoi và giảm góc sau trên lưỡi cắt bên.

Thêm vào đó, các đầu nhọn là nơi tập trung nhiệt sinh ra trên các răng của dao chuốt trong quá trình cắt. Khi không có các rãnh chia phoi (hình 5.8d) nhiệt ở điểm A (hình 5.8c) truyền vào thân dao chuốt theo hướng nằm giữa góc $\psi = 180^\circ$. Nếu có rãnh chia phoi (hình 5.8d) thì nhiệt chỉ có thể thoát trong giới hạn góc ψ nhỏ hơn 180° rất nhiều. Vì lẽ đó trên các đầu nhọn việc thoát nhiệt yếu hơn dẫn đến chúng chóng mòn hơn.

Các đầu nhọn trên lưỡi cắt dao chuốt mòn nhanh còn do nguyên nhân nữa là trong quá trình mài rãnh chia phoi bằng đá có chất dính kết cao su ở các đầu nhọn thường bị ủ lại và mất độ cứng.

Để nâng cao tuổi thọ dao chuốt, các rãnh chia phoi nên làm theo dạng có góc profil lớn tối đa, không nhỏ hơn 90° . Trong trường hợp đó ta không chỉ tăng được góc sau trên các lưỡi cắt phụ mà còn làm giảm đầu nhọn nối liền với khối kim loại chủ yếu của dao chuốt do tăng góc ψ khiến cho việc thoát nhiệt sinh ra trong quá trình cắt ở đầu nhọn tốt hơn. Trị số góc ψ không được nhỏ hơn 100° . Không nên dùng rãnh chia phoi có dạng bán nguyệt hay chữ nhật vì với dạng đó, góc sau ở lưỡi cắt phụ bằng 0 và góc ψ bị giảm hẳn.

Chiều rộng của phoi càng lớn, phoi càng khó cuốn và càng khó làm đầy rãnh giữa các răng, đặc biệt khi lưỡi cắt có dạng cong, ví dụ như dao chuốt lỗ tròn. Vì vậy chiều rộng lớp cắt không được vượt quá một trị số nhất định.

Số lượng rãnh chia phoi đối với dao chuốt đường kính đến 100 mm phải chọn sao cho chiều rộng của lưỡi cắt $b = (1 \div 1,3) \cdot \sqrt{d}$. Đối với dao chuốt có $d > 100$ mm, $b = 10 \div 12$ mm. Chiều rộng lớp cắt có thể lấy đến $b = 1,5 \cdot \sqrt{d}$, nhưng không quá $12 \div 14$ mm. Số rãnh chia phoi phải là một số chẵn để có thể dùng panme đo đường kính của dao chuốt được.

Vì dao chuốt cắt đơn khi làm việc lưỡi cắt của mỗi răng cắt đi một lớp phoi bằng toàn bộ chiều dài của mình có trừ đi các rãnh chia phoi, nên chiều rộng của phoi rất lớn. Do đó chiều dày lớp cắt, tức lượng nâng của một răng, phải lấy nhỏ và đó là đặc điểm của dao chuốt cắt đơn.

Trong bảng 5.2 cho các số liệu thường dùng về lượng nâng của các răng khi dao chuốt cắt đơn đối với các loại vật liệu gia công và các kết cấu của dao chuốt.

Bảng 5.2 Trị số lượng nâng nên dùng đối với dao chuốt cắt đơn (tính bằng mm).

Tên dao chuốt	Kim loại gia công	
	Thép	Gang
Chuốt tròn	$0,015 \div 0,04$	$0,03 \div 0,10$
Chuốt lỗ then hoa, lỗ thân khai, lỗ khía tam giác, chuốt rãnh ngoài	$0,03 \div 0,10$	$0,05 \div 0,12$
Chuốt lỗ vuông và lỗ 6 cạnh	$0,03 \div 0,15$	$0,05 \div 0,20$
Chuốt rãnh then	$0,05 \div 0,12$	$0,05 \div 0,20$

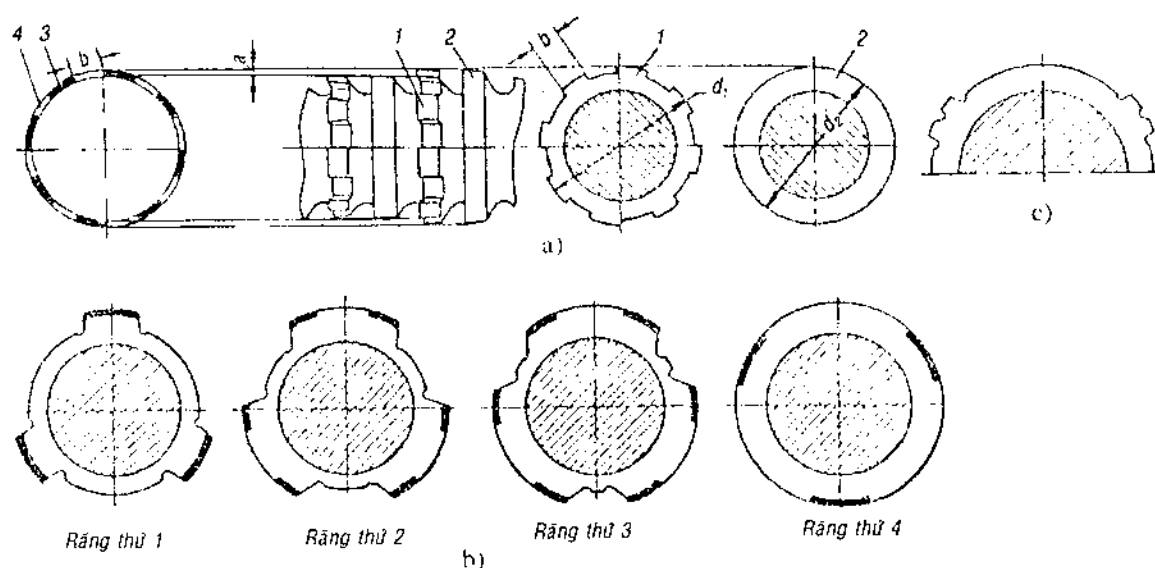
Để nâng độ nhẵn và độ chính xác bề mặt gia công, trên dao chuốt ngoài các răng thô còn có một số răng cắt tinh có lượng nâng nhỏ hơn. Một – hai răng cắt tinh cuối cùng làm việc với lượng nâng $0,01 \div 0,005$ mm và không có rãnh chia phoi. Vì dao chuốt cắt đơn có lượng nâng của răng nhỏ nên thường dài hơn dao chuốt cắt nhóm. Ngoài ra tuổi bền thấp hơn so với dao chuốt cắt nhóm vì dạng rãnh chia phoi không được hợp lý và có đường gân trên phoi như trình bày trên hình 5.8b làm cho phoi khó thoát trên mặt trước và khó cuốn chặt.

5.4.2 Dao chuốt cắt nhóm

Như đã nói ở trên, dao chuốt cắt nhóm có răng phân chia theo từng nhóm hai, ba răng hoặc nhiều hơn. Ta nghiên cứu một ví dụ về cách làm việc của nhóm 2 răng, cắt một lớp cắt tổng cộng a (hình 5.9a), lưỡi cắt của răng thứ nhất có các rãnh, do đó chiều dài lưỡi cắt và ứng với nó là chiều rộng lớp cắt giảm đi hai lần và sẽ bằng $\Sigma b = \frac{\pi d_1}{2}$. Các lớp cắt 3 tô đen, cắt bằng răng này được trình bày trên hình 5.9a. Răng thứ 2 không có lượng nâng và có đường kính danh nghĩa bằng đường kính của răng thứ nhất. Răng thứ 2 không có cạnh vát lõm và cắt được lớp 4 do răng thứ nhất để lại, có cùng chiều rộng Σb . Đường kính thực của răng thứ 2 trong nhóm làm nhỏ hơn đường kính răng thứ nhất $0,02 \div 0,04$ có nghĩa là:

$$d_2 = d_1 - (0,02 \div 0,04) \text{ mm}$$

Để trong trường hợp vật liệu có biến dạng đàn hồi sau khi răng thứ nhất trong nhóm cắt, cũng như trong trường hợp đường kính răng thứ nhất bị giảm nhỏ khi mài sắc lại, răng thứ 2 sẽ không cắt các lớp trên đoạn lưỡi cắt của răng thứ nhất và do đó không sinh ra phoi liên.



Hình 5.9 Sơ đồ làm việc của dao chuốt cắt nhóm

a) sơ đồ xen kẽ; b,c) sơ đồ tiến tiến

Nhóm tiếp theo gồm hai răng cũng có tổng lượng nâng a và làm việc giống như nhóm thứ 1 và, v...v.

Nếu như mỗi một răng của dao chuốt cắt đơn hoặc cắt nhóm lấy đi các lớp có diện tích bằng nhau:

$$f = \pi \cdot d \cdot a_0 = \frac{\pi d}{Z_r} a_r \quad (5.8)$$

thì $a_r = Z_r \cdot a_0 \quad (5.9)$

Trong đó: a_0 và a_r – lượng nâng của sơ đồ cắt đơn và cắt nhóm

Z_r - số răng trong nhóm

Như vậy là chiều dày của lớp cắt khi các răng trong nhóm làm việc sẽ lớn gấp 2, 3, 4... lần so với khi một răng làm việc tùy theo số răng trong nhóm. Như đã biết, khi chiều dày lớp cắt tăng, lực cắt đơn vị p (N/mm^2) sẽ giảm, do đó với cùng một diện tích lớp cắt bằng nhau của một răng dao chuốt, dao chuốt cắt nhóm sẽ làm việc với lực chuốt P_z nhỏ hơn, hay ngược lại với cùng một lực cắt P_z , mỗi dao chuốt cắt nhóm có thể cắt được một diện tích lớn hơn dao chuốt cắt đơn. Đó là một trong những ưu điểm chủ yếu của dao chuốt cắt nhóm.

Vì vậy nếu các dao chuốt cắt tròn cắt đơn khi gia công thép có lượng nâng một răng tối đa là 0,04 mm (xem bảng 5.2) thì đối với dao chuốt cắt nhóm lượng nâng đó thường là tối thiểu, mà lượng nâng tối đa đạt tới 0,15 ÷ 0,25 mm trên một nhóm răng.

Khi chuốt các bề mặt sau khi đúc hoặc đập với lượng nâng lớn các lưỡi cắt của dao chuốt cắt nhóm cắt phần kim loại ở độ sâu dưới lớp vỏ, nhờ đó chúng được bảo vệ

tốt hơn trong quá trình cắt. Cụ thể, chúng ít bị tác dụng của tạp chất trên bề mặt kim loại.

Quá trình sử dụng dao chuốt cắt nhóm chứng tỏ chiều dài của chúng có thể rút ngắn khoảng 30% và có tuổi bền gấp đôi dao chuốt cắt đơn.

Trong sơ đồ lớp cắt xen kẽ, răng thứ nhất của nhóm có các đoạn lưỡi cắt như trình bày ở trên hình 5.9a và chỉ cắt một phần chu vi lỗ. Răng tiếp theo không có lượng năng, có lưỡi cắt liền và cắt phần còn lại của lớp phoi. Nếu trong nhóm có nhiều hơn hai răng thì trên mỗi răng tiếp theo trừ răng cuối cùng, có các đoạn lưỡi cắt lệch đi so với các đoạn lưỡi cắt của răng trước nó. Trong sơ đồ này ở các lưỡi cắt phụ của các răng trong nhóm không có góc sau, làm cho lưỡi cắt này làm việc trong điều kiện không thuận lợi. Ngoài ra, các rãnh giữa các đoạn cắt của răng thứ nhất trong nhóm mài đi rất khó: trục đá mài vuông góc với trục dao chuốt và vì thế có khả năng làm ảnh hưởng đến lưỡi cắt của răng bên cạnh.

Trên hình 5.9b trình bày sơ đồ cắt của dao chuốt cắt nhóm còn gọi là sơ đồ “tiên tiến”. Nếu nhóm có số răng lớn hơn 2 như trình bày trên hình 5.9b thì lớp cắt được lấy đi nhờ chiều rộng lưỡi cắt của răng tiếp theo so với răng trước nó. Kết cấu này về cơ bản cũng có những khuyết điểm như kết cấu dao chuốt có sơ đồ cắt xen kẽ và chế tạo phức tạp hơn.

Ngoài ra, trên lưỡi cắt rộng của dao chuốt “tiên tiến” thường làm rãnh chia phoi nhỏ có kết cấu như ở dao chuốt cắt đơn (hình 5.8c). Các rãnh chia phoi này sẽ là nơi sinh ra độ mòn lớn như ở dao chuốt cắt đơn. Do chiều dày lớp cắt lớn, góc nhọn trên các rãnh chia phoi đôi khi bị sứt mẻ.

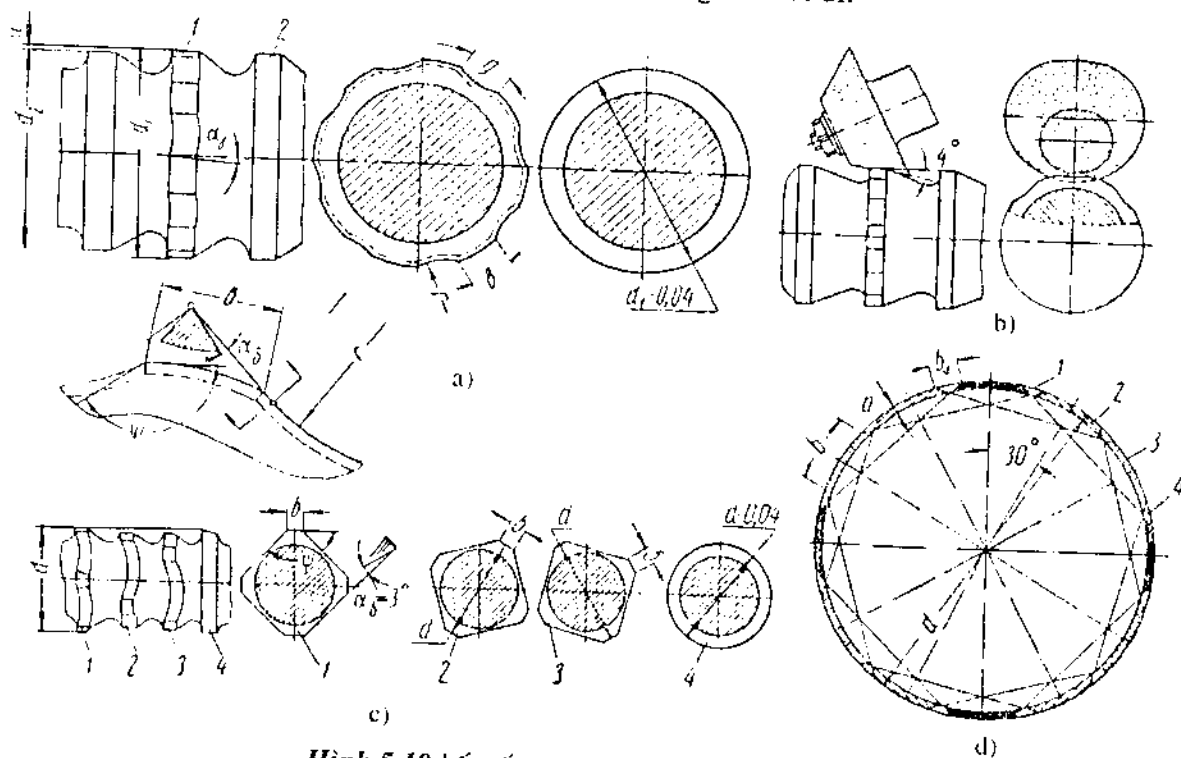
Một dạng dao chuốt cắt nhóm khác được gọi là dao chuốt cắt thay đổi. Các dao chuốt này còn được gọi là dao chuốt cắt nhóm có rãnh vát lõm tròn. Thực chất kết cấu của chúng như sau:

Việc chia phoi được thực hiện do các rãnh vát lõm tròn rộng (hình 5.10a) trên các răng đầu của nhóm 1 bằng đá mài, trục đá mài nằm trong mặt phẳng qua tâm dao chuốt (hình 5.10b). Khi đó đường sinh của mặt côn đá mài làm với trục dao chuốt một góc $\alpha = 4 \div 6^\circ$. Răng cuối cùng của nhóm 2 có profin tròn vện, như ở dao chuốt cắt nhóm khác, không có rãnh chia phoi và có đường kính $d_2 = d_1 \div 0.04 \text{ mm}$ (hình 5.10a). Kết cấu này so với các dao chuốt kết cấu khác có ưu điểm sau đây:

1. Loại trừ được khả năng làm hỏng răng bên cạnh khi gia công các rãnh chia phoi
2. Trên các lưỡi cắt phụ của răng có góc sau đạt yêu cầu.
3. Lưỡi cắt phụ nối tiếp lưỡi cắt chính dưới một góc ψ lớn làm cho việc thoát nhiệt ở các đầu nhọn dễ dàng hơn và do đó làm tăng tuổi bền dao chuốt.
4. Khác với dao chuốt cắt đơn cắt ra phoi có đường gân cứng vững, các dao chuốt

loại này và các dao chuốt cắt nhôm khác cắt ra các lớp phoi tiết diện chữ nhật, không có đường gân cứng.

5. Dạng phoi hợp lý cho phép cuốn chặt hơn và do đó yêu cầu không gian chứa phoi tương đối nhỏ hơn. Từ đó đối với chiều dài lỗ chuốt cho trước, bước răng và chiều dài phần làm việc của dao chuốt có thể giảm bớt đi.



Hình 5.10 kết cấu răng dao chuốt cắt nhôm
a,b) có rãnh vát lõm tròn; c,d) chuốt nhiều cạnh

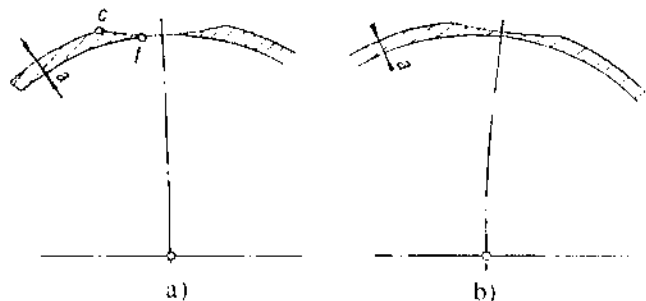
Dao chuốt cắt nhôm có vết lõm tròn thường làm hai hay ba răng trong một nhóm. Khi chuốt các lỗ sâu và lực của máy chuốt không đủ, cần thiết phải dùng các dao chuốt có số răng trong 1 nhóm lớn hơn $4 \div 5$ răng. Khi đó chiều rộng và chiều sâu của rãnh vát lõm tương đối lớn, làm cho khó chế tạo, dễ bị cháy và làm yếu tiết diện dao chuốt. Vì thế cho nên trong trường hợp cần thiết phải có số răng trong nhóm lớn hơn 3, tốt nhất là nên dùng dao chuốt mà thường được gọi là dao chuốt nhiều cạnh.

Như đã thấy rõ trong hình 5.10c, trình bày nhóm gồm 4 răng của dao chuốt nhiều cạnh, ở đây vết lõm tròn được thay thế bằng các cạnh thẳng, tạo thành lưỡi cắt phụ có góc sau ở mặt bên $\alpha_b = 3^\circ$ bằng góc sau ở lưỡi cắt chính. Trong trường hợp này các cạnh của các răng bên quay lệch so le nhau một góc 30° , nhờ thế ta nhận được sơ đồ cắt trình bày trên hình 5.10d.

Khi lượng nâng chung của nhóm răng là a , mỗi một răng phải có một lớp phoi rộng $\frac{\pi d}{4}$. Vì ba răng đầu của nhóm mỗi răng cắt bằng 4 đoạn (cạnh) nên chiều rộng một đoạn sẽ là $b = \frac{\pi d}{16}$. Răng cuối cùng như thấy rõ trên hình 5.10d cắt bằng 12 đoạn (trên

hình vẽ là những đoạn không gạch) và do đó chiều rộng mỗi đoạn của răng thứ tư phải bằng $b_4 = \frac{\pi d}{48}$.

Những dao chuốt này cũng có những ưu điểm như dao chuốt vát lõm tròn. Ngoài ra, như đã nói ở trên chế tạo chúng đơn giản hơn vì cạnh vát không sâu bằng vát lõm tròn và có dạng thẳng bằng cách mài qua một lượt.



Hình 5.11 Sự phân chia chưa tốt phoi bằng vát lõm tròn

Song cũng cần nói rằng dao chuốt cắt nhóm có vát lõm tròn cũng như có cạnh vát không phải lúc nào cũng có thể thực hiện được hướng nâng của răng lớn, ngay cả khi kết cấu của dao chuốt nói chung không làm trở ngại đối với những lượng nâng như thế. Vấn đề là ở chỗ, nếu lượng nâng một răng lớn, còn chiều sâu của rãnh lõm tròn hay của phần vát tương đối nhỏ, lúc đó lưỡi cắt phụ e.f (hình 5.11a) dài đến mức độ tính chất của quá trình cắt lớp phoi thay đổi: rộng ra nhiều, cuộn xoắn lại khó hơn, lưỡi cắt cạnh điểm f nhỏ cắt lớp phoi rất mỏng.

Nếu tiếp tục tăng lượng nâng, rãnh vát lõm sẽ không chia phoi được nữa và phoi thoát ra là một hình trụ liền, điều đó tất nhiên không cho phép. Vì vậy, khi thiết kế dao chuốt cắt nhóm lượng nâng của răng phải chọn cho phù hợp với khả năng chiều sâu rãnh vát lõm của dao chuốt đã cho.

Ngoài những kiểu kết cấu răng khác nhau của dao chuốt trụ cắt nhóm đã khảo sát ở trên dùng cho dao chuốt rãnh then hoa, rãnh then và dao chuốt ngoài còn dùng những kiểu kết cấu răng khác nhau sẽ được nói đến ở các chương sau.

Ngày nay dao chuốt cắt nhóm có rãnh lõm tròn và có nhiều cạnh được xem như là những kết cấu dao chuốt chủ yếu để gia công lỗ tròn. Việc sử dụng các dao chốt cắt đơn ngày càng hạn chế.

5.5. Những phương pháp chủ yếu tạo bề mặt bằng chuốt

Kết cấu dao chuốt được xác định không chỉ bằng sơ đồ cắt lớp phoi mà còn bằng phương pháp tạo bề mặt khi chuốt. Hiện nay có những phương pháp tạo profin bề mặt khi chuốt có chuyển động cắt là chuyển động thẳng: phương pháp theo lớp đồng dạng, phương pháp ăn dần, phương pháp tổ hợp.

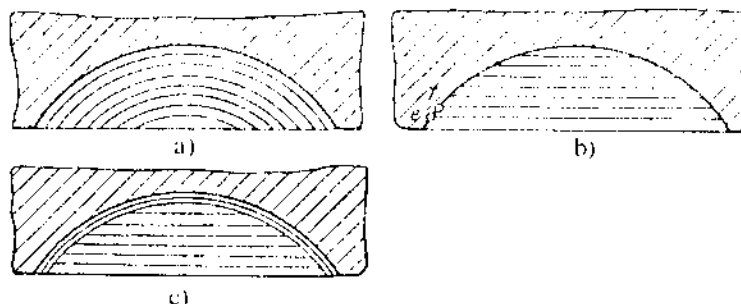
Trong phương pháp theo lớp đồng dạng, các răng dao chuốt có dạng giống như dạng profin (tiết diện ngang) của bề mặt đã gia công xong bằng phương pháp chuốt, như thấy rõ trên hình 5.12a, ở đây trình bày sơ đồ chuốt rãnh bán nguyệt. Các răng thô không tham gia vào việc hình thành cuối cùng profin bề mặt gia công và chỉ lấy đi một

khối kim loại chủ yếu. Việc hình thành cuối cùng prôfin do răng cuối cùng và các răng sửa đúng thực hiện.

Song khi gia công các prôfin phức tạp dùng phương pháp theo lớp đồng dạng không hợp lý, bởi vì chế tạo hình dáng phức tạp khác nhau đối với mỗi răng của dao chuốt rất khó khăn. Vì thế phương pháp này hiện nay chỉ dùng để gia công các bề mặt đơn giản như: các mặt phẳng, các lỗ trụ và đôi khi các lỗ vuông, lỗ chữ nhật và lỗ 6 cạnh.

Trên hình 5.12b là sơ đồ chuốt rãnh bán nguyệt đó bằng phương pháp ăn dần. Như thấy rõ trên sơ đồ này tất cả các răng dao chuốt có prôfin giống như prôfin của từng

đoạn chi tiết đã gia công xong. Trong đó các răng có chiều cao khác nhau ứng với lượng nâng của chúng. Ở đây mỗi một răng đều tham gia vào việc hình thành prôfin chuốt, do đó prôfin của chi tiết nhận được như là



Hình 5.12. Các phương pháp tạo bề mặt bằng nguyên công chuốt

tổng số các lát cắt liên tiếp bằng các lưỡi cắt phụ c.f của mỗi một răng.

Khi chế tạo dao chuốt làm việc theo phương pháp ăn dần các răng được gia công bằng đá mài cùng một prôfin đi suốt qua, do đó việc chế tạo những dao chuốt này đơn giản hơn nhiều so với các dao chuốt làm việc theo phương pháp cắt lớp đồng dạng.

Khi dùng phương pháp chuốt ăn dần đôi khi sinh ra các vết dọc do chế tạo dao chuốt không chính xác, do độ lệch nhiều hay ít của từng răng một so với trục của dao chuốt hay rãnh chuốt và cũng do góc sau không đủ trên các lưỡi cắt phụ c.f. Vì vậy trong sản xuất, đôi khi do yêu cầu độ nhẵn bề mặt cao người ta dùng phương pháp tổ hợp để tạo ra bề mặt chuốt, nghĩa là tạo prôfin sơ bộ bằng phương pháp chuốt ăn dần, còn lại 2-3 răng cắt cuối cùng và các răng sửa đúng được làm theo toàn bộ prôfin có lượng nâng và cắt lớp phoi cuối cùng trên toàn bộ đường biên của bề mặt gia công. Nghĩa là làm việc theo phương pháp cắt lớp đồng dạng (h.5.12c). Bằng cách đó người ta đã khử được các vết dọc nói trên.

Nếu dao chuốt làm việc với chuyển động cắt theo vòng tròn thì các lớp cắt có dạng phức tạp và do đó việc tạo thành bề mặt chuốt cũng phức tạp hơn so với chuyển động chuốt thẳng.

5.6. Phần làm việc của dao chuốt

Như đã nói ở trên, phần làm việc của dao chuốt gồm các răng cắt thô, răng cắt tinh, răng sửa đúng, ngoài ra khi cần còn có phần ép nhẵn.

5.6.1. Răng cắt thô

Răng này có nhiệm vụ cắt đi phần lớn lượng dư, chỉ để lại cho các răng cắt tinh một lượng dư tối thiểu (sẽ nói đến ở sau).

5.6.1.1. Số răng cắt thô

Số răng cắt thô được tính theo công thức:

$$Z_{\text{thô}} = \frac{A - A_{\text{tinh}}}{2} + 1 \quad (5.10)$$

Trong đó: A - lượng dư tổng cộng cho một bên của nguyên công chuốt, mm.

A_{tinh} - lượng dư một bên để lại cho các răng cắt tinh, mm.

a - lượng nâng của một răng, mm.

Số 1 thêm vào là do răng đầu tiên của dao chuốt không có lượng nâng, kích thước bằng kích thước phần định hướng trước, với mục đích để cho răng thứ nhất không bị quá tải do lượng dư không đều, do các tạp chất lẫn vào kim loại.

Đối với dao chuốt cắt nhóm, khi số răng trong nhóm là Z_r và lượng nâng của nhóm là a_r thì số răng cắt thô được tính theo công thức.

$$Z_{\text{thô}} = \frac{Z_r (A - A_{\text{tinh}})}{a_r} + 0.5Z_r \quad (5.11)$$

Vì nhóm răng thứ nhất của loại dao chuốt này thường chịu tải và làm việc với lượng nâng $0,5a_r$.

Hình dạng các răng cắt thô phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Có thông số hình học của răng dao đảm bảo tuổi bền tối đa.
- Có được số lần mài sắc lại là tối đa.
- Rãnh giữa các răng phải có hình dáng và kích thước sao cho phoi dễ thoát theo mặt trước, cuốn xoắn đều đặn và nằm gọn trong rãnh.
- Răng phải đảm bảo sức bền, không bị gãy do tác dụng của lực cắt khi chuốt.

5.6.1.2. Thông số hình học phần cắt của răng cắt thô:

Góc trước γ như đã biết, giá trị của góc trước chọn theo tính chất của vật liệu gia công. Khi góc trước càng lớn thì lực cắt càng giảm sẽ làm tăng độ nhẵn của bề mặt gia công và tăng tuổi bền của dao chuốt.

Bảng 5.3 cho giá trị của góc trước γ khi cắt các loại vật liệu khác nhau.

Bảng 5.3 Giá trị góc γ theo vật liệu gia công.

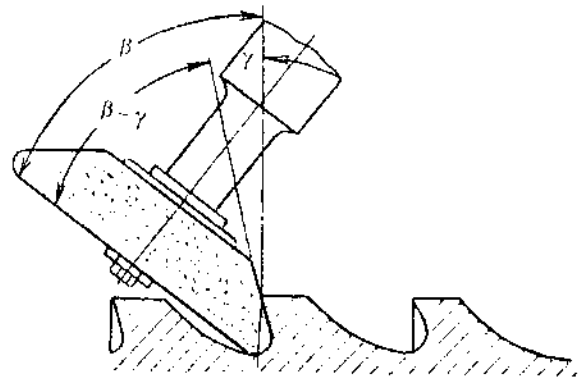
Vật liệu gia công	Độ cứng HB	Góc trước γ (độ)
Thép	< 197	$16 \div 18$
	$198 \div 229$	15
	≥ 229	12
Gang xám	≤ 180	8
	> 180	5
Gang rèn	-	10
Nhôm, đồng đỏ, hợp kim babit	-	25

Thực nghiệm chứng tỏ rằng: ở các răng các lưỡi cắt sắc nhọn khi $\gamma \leq 5^\circ$ thì lỗ được chuốt ra có hiện tượng co lại (giảm đường kính), nghĩa là đường kính giảm đi so với đường kính răng cuối cùng của dao. Ngược lại khi $\gamma \geq 15^\circ$ thì đường kính lỗ sau chuốt tăng lên (đôi khi đến 0,09 mm) nghĩa là bằng đường kính của răng cắt cuối cùng. Do đường kính lỗ chuốt tăng lên nên các răng sửa đúng ít bị ma sát hơn nên tuổi bền của dao tăng lên.

Như vậy khi tăng góc trước của răng cắt thô thì sẽ làm tăng tuổi bền của dao chuốt.

Tuy nhiên khi răng dao chuốt bị cùn, hiện tượng nói trên không đúng nữa.

Việc tăng góc trước của dao chuốt không phải lúc nào cũng thực hiện được, nhất là khi dao chuốt có đường kính bé vì giữa đường kính đá để mài mặt trước của dao chuốt và giá trị góc trước có quan hệ sau (hình 5.13):



Hình 5.13 Mài sắc dao chuốt lỗ.

$$D_d = \frac{D \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma} \quad (5.12)$$

Trong đó: D_d - đường kính đá mài, mm.

D - đường kính rãnh răng thứ nhất của dao chuốt, mm.

β - góc giữa trục dao chuốt và trục đá mài, (độ)

γ - góc trước của dao chuốt, (độ)

Đối với dao chuốt có lượng nâng của răng ($a=S_z$) bé (≤ 0.02 mm) thì việc giảm góc γ trong thực tế không ảnh hưởng đến lực cắt, vì khi đó quá trình cắt chỉ thực hiện ở phần bán kính cong của lưỡi cắt.

Góc sau α của các răng cắt thô thường bị hạn chế do:

- Nếu góc sau chọn lớn thì khi mài sắc lại dao chông bị mất kích thước.

- Nếu góc sau quá nhỏ, nhất là đối với các răng sửa đúng, sẽ làm tăng ma sát giữa mặt sau của răng dao chuốt với bề mặt đã gia công làm độ nhẵn bề mặt giảm, lực chuốt tăng. Vì thế theo thực nghiệm thì góc sau ở các răng cắt thô đối với:

- Dao chuốt trong (lỗ tròn, then hoa, rãnh then,...): $\alpha = 3^\circ$.

- Dao chuốt ngoài: $\alpha = 3 \div 4^\circ$.

Góc sau trên các dao chuốt ngoài lớn hơn, vì ở các dao chuốt ngoài có cơ cấu điều chỉnh các phân đoạn răng theo chiều cao, cho phép bù trừ được sự giảm kích thước làm việc sau khi mài lại. Trong những điều kiện như vậy có thể lấy $\alpha = 10^\circ$ đối với dao chuốt ngoài.

Trên mặt sau của răng cắt thô cho phép để lại cạnh viền $f \leq 0,05 \text{ mm}$ ($\alpha = 0$).

Sai lệch cho phép của góc sau là $\pm 30'$

5.6.1.3. Bước của răng cắt thô

Bước của răng dao chuốt là khoảng cách giữa các đỉnh răng cạnh nhau đo dọc theo trục dao.

Nếu bước răng dao chuốt càng lớn thì chiều dài dao càng dài, giá thành dao càng cao và thời gian gia công càng tăng.

Vì vậy, nên cố gắng sao cho bước càng nhỏ càng tốt nhưng phải đảm bảo kích thước rãnh giữa hai răng đủ chứa phoi.

Để đảm bảo dao chuốt làm việc êm, không rung động, chất lượng bề mặt đạt được cao, trong quá trình cắt cần có 4 ÷ 5 răng dao cùng tham gia cắt một lúc.

Đối với chi tiết có chiều dài ngắn, số răng đồng thời tham gia cắt không được ít hơn 2 răng, còn đối với chi tiết dài, 8 răng.

Chọn bước răng cắt thô của dao chuốt theo quan hệ sau:

$$\text{Dao chuốt cắt đơn: } t = (1,25 \div 1,5) \sqrt{L} \quad (5.13)$$

$$\text{Dao chuốt cắt nhóm: } t = (1,45 \div 1,9) \sqrt{L} \quad (5.14)$$

Trong đó: L - chiều dài lỗ chuốt, mm.

Từ các công thức trên, ta thấy dao chuốt cắt nhóm có bước lớn hơn dao chuốt cắt đơn, tuy nhiên do chiều dày cắt lớn hơn nhiều lần nên những dao chuốt cắt nhóm vẫn ngắn hơn dao chuốt cắt đơn.

Thường trong tiêu chuẩn cho các bước của dao chuốt như sau: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 18, 20, 22, 25 mm.

Sau khi tính bước dao chuốt và lấy tròn theo tiêu chuẩn thì số răng đồng thời tham gia cắt Z được tính từ biểu thức sau:

$$Z = \frac{L}{t} \quad (5.15)$$

Trong đó: L - chiều dài chi tiết, mm.

t - bước răng dao được chọn, mm.

Phần nguyên của Z là số răng nhỏ nhất $Z_{\min}$ tiếp xúc với chi tiết còn $Z_{\min} + 1$ là số răng lớn nhất.

5.6.1.4. Rãnh thoát phoi

Rãnh thoát phoi một mặt tạo ra mặt trước của răng dao, mặt khác để chứa phoi cắt ra.

Kích thước của rãnh thoát phoi một mặt phụ thuộc vào chiều dài của bề mặt được chuốt và chiều dày phoi cắt ra (lượng nâng của răng). Mặt khác phải đảm bảo tiết diện ngang của dao chuốt để đảm bảo sức bền của dao khi làm việc.

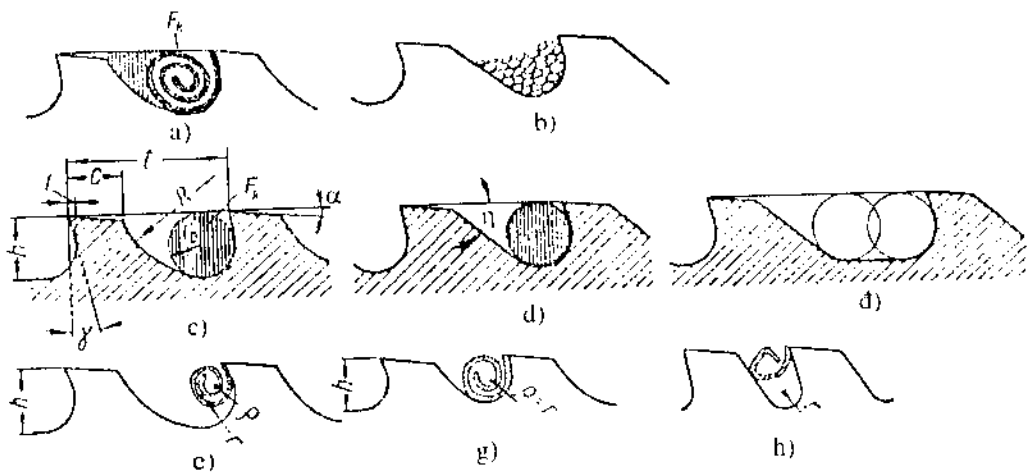
Như vậy, kích thước rãnh thoát phoi của các răng cắt thô của dao chuốt trong là một hàm của chiều dài bề mặt chuốt (bước dao chuốt) lượng nâng của răng và đường kính dao chuốt.

Kết cấu của dao chuốt ngoài thường không là hạn chế bởi độ bền và độ cứng vững do đó kích thước rãnh thoát phoi chỉ phụ thuộc vào chiều dài bề mặt trước và lượng nâng của răng.

Ngoài các yếu tố quyết định kích thước rãnh thoát phoi nói trên, rãnh thoát phoi phải có hình dạng thích hợp đảm bảo được phoi cuốn chặt với thể tích bé nhất.

* Dạng của rãnh thoát phoi:

Phoi cắt từ vật liệu mềm thì cuộn, xoắn hơi khác vòng tròn một ít, hơi dài về phía lưng răng (hình 5.14a), khi cắt vật liệu giòn: gang, đồng đen.... phoi cắt ra là phoi vụn nên ít chặt hơn phoi cuộn, tuy nhiên phoi vụn có thể chứa đầy toàn bộ phần làm việc của rãnh so với phoi cuộn (hình 5.14b).



Hình 5.14 Các dạng rãnh thoát phoi khi chuốt (a, b); các dạng rãnh thoát phoi (các răng dao chuốt) (c, d, đ; hình thành phoi khi $p = R$ (e) khi $p \geq R$ (g) và khi R không đủ (h).

Dạng rãnh răng dao chuốt được xác định từ các kích thước sau:

t - bước răng.

C - chiều rộng mặt sau, đo dọc theo trục dao chuốt do góc sau nhỏ.

η - góc lưng răng đối với dao chuốt lưng răng thẳng.

r - bán kính cung chuyển tiếp giữa mặt trước và lưng răng.

Bảng 5.4 cho kích thước rãnh thoát phoi thường gặp.

Bảng 5.4 Kích thước các răng thô (mm) hình 5.14c

Bước t	Chiều sâu rãnh h	Chiều rộng mặt sau C	Bán kính đáy rãnh r	Bán kính lưng R
4,5	2	1,5	1	2,5
6	2	2	1	
	2,5		1,25	
8	2,5	3	1,25	5
	3		1,5	
10	3	4	1,5	7
	4		2	
12	3	4	1,5	8
	4		2	
	5		2,5	
14	3	4	1,5	10
	4		2,0	
	5		2,5	
	6		3	
16	4	4,5	2	12
	5		2,5	
	6		3	
	7		3,5	
18	5	6	2,5	12
	6		3	
	7		3,5	
20	6	6	3	14
	7		3,5	
	9		4,5	
22	6	6	3	16
	7		3,5	
	9		4,5	
25	10	8	5	

Các kích thước này được tính theo các công thức gần đúng sau:

$$\left. \begin{aligned} h &= (0,45 \div 0,38)t \\ C &= (0,35 \div 0,3)t \\ R &= (0,65 \div 0,7)t \\ r &= 0,5h \end{aligned} \right\} \quad (5.16)$$

Các công thức (5.16) là tính cho các rãnh có chiều sâu lớn nhất.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy, dạng rãnh thoát phoi có lưng răng dạng cung tròn là tốt nhất (hình 5.14c), dạng này đảm bảo sự chuyển tiếp đều đặn giữa đáy rãnh và lưng răng giúp cho sự cuốn phoi tốt và tăng được thể tích rãnh mà không giảm lưng răng và do đó tăng số lần mài sắc lại dao.

Khi chuốt vật liệu giòn còn thể dùng dạng rãnh thoát phoi có lưng thẳng (hình 5.14d).

Đối với dao chuốt có bước lớn để gia công các lỗ dài nên sử dụng rãnh có đáy là một đường thẳng (hình 5.14d).

Như đã biết, khi lượng nâng a càng lớn thì bán kính cuộn phoi ρ càng lớn. Khi chiều sâu h của rãnh và bán kính đáy rãnh r khá lớn thì ban đầu phoi được cuốn tự do thành nhiều vòng cho đến khi phoi chạm vào đáy rãnh. Sau đó phoi bắt đầu cuộn chặt và lấp đầy không gian làm việc của rãnh.

Dạng tạo thành phoi như vậy gọi là dạng cuốn tự do, khi $\rho < r$. Nếu $\rho > r$ thì rãnh sẽ hạn chế sự trượt của phoi theo mặt trước và đáy rãnh do đó tạo ra vòng phoi có bán kính $\rho = r$.

Các vòng phoi tiếp theo sẽ tạo thành bên trong vòng phoi thứ nhất và dần dần lấp đầy không gian chứa rãnh.

Dạng tạo thành phoi như thế gọi là dạng cưỡng bức.

Phoi được hình thành cưỡng bức lấp đầy và chặt thể tích làm việc của rãnh hơn phoi cuốn tự do.

Do đó với dạng phoi cưỡng bức ta có thể giảm kích thước rãnh thoát phoi, giảm bước răng và do đó dễ tiết kiệm được chiều dài dao hơn.

Khi bán kính đáy rãnh r quá nhỏ, phoi hình thành sẽ tỳ vào lưng răng, gây vụn và lấp đầy rãnh thoát phoi (hình 5.14h) dẫn đến có thể làm hỏng bề mặt chuốt, gây răng dao.

Bảng 5.5 đây cho các bán kính đáy $r = 0,5h$ tương ứng với các lượng nâng a giới hạn sao cho phoi chuốt ra cuộn tròn bình thường.

Có thể xảy ra trường hợp phoi cuộn rất đúng, nhưng do chiều dài phoi quá lớn không cho phép chúng nằm gọn hoàn toàn trong rãnh, lúc này sau khi phoi đã cuốn đầy rãnh, sẽ xảy ra hiện tượng kẹt dao trong lỗ gia công hoặc dao bị gãy.

Bảng 5.5 Lượng năng giới hạn để phoi cuộn tròn (ứng với thép).

Chiều rộng lớp cắt b (mm)	Lượng năng rãnh giới hạn (mm) ứng với chiều sâu rãnh thoát phoi h (mm)				
	3	4	5	6	7
3	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
đến $1,2\sqrt{d}$	0,10	0,15	0,20	0,3	0,3
đến $1,5\sqrt{d}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25

Để tránh hiện tượng trên cần tính sao cho rãnh thoát phoi đủ chứa thể tích phoi cắt ra.

Diện tích rãnh chứa phoi trong tiết diện chiều trục của dao lấy gần đúng bằng diện tích vòng tròn F_k với bán kính $r = \frac{h}{2}$ do đó $F_k = \frac{\pi h^2}{4}$.

Diện tích phoi cắt ra trong tiết diện chiều trục: $F_c = a.L$

Trong đó: a - chiều dày cắt,

L - chiều dài của chi tiết chuốt.

Vì giữa các vòng phoi có khe hở nên đương nhiên diện tích lớp cắt F_c phải nhỏ hơn F_k .

Gọi $K = \frac{F_k}{F_c}$ là hệ số diện đầy rãnh thì như vậy $K = \frac{\pi h^2}{4aL} = \frac{0,785h^2}{a.L}$.

Nếu cho trước K và L thì chiều cao của rãnh cần để chứa đủ phoi là:

$$h \geq 1,13 \sqrt{K.a.L} \quad (5.17)$$

Trong đó: L - chiều dài rãnh,

a - chiều rộng rãnh.

Nếu chiều sâu h của rãnh đã chọn theo các điều kiện nào đó thì có thể tính lượng năng a cho phép đối với rãnh đã chọn:

$$a \leq \frac{0,785h^2}{KL} \quad (5.18)$$

Chú ý: Trong sơ đồ chuốt đơn, do có rãnh chia phoi nên phoi cắt ra có gân làm cho phoi khó cuộn nên đòi hỏi thể tích rãnh chứa phoi lớn.

Vì thế đối với dao cắt đơn thì khi tất cả các điều kiện khác như nhau, hệ số diện đầy rãnh K lấy lớn hơn khoảng 25% so với dao chuốt nhóm.

Ngoài ra, nếu tăng lượng nâng của răng a thì ở dao chuốt đơn hệ số K sẽ tăng, còn ở dao chuốt nhóm, K sẽ giảm.

Khi gia công vật liệu giòn K lấy nhỏ hơn với khi gia công vật liệu dẻo.

Khi tăng bước răng, hệ số K giảm vì đối với dao chuốt có bước lớn thì rãnh thoát phoi có thể tích dự trữ lớn hơn.

Chiều rộng phoi càng lớn, phoi càng khó cuộn. Vì thế đối với chiều rộng phoi lớn hệ số K phải lấy lớn hơn.

Bảng 5.6 cho hệ số điền đầy rãnh K ứng với dao chuốt cắt nhóm.

Bảng 5.6 Hệ số điền đầy rãnh K của dao chuốt cắt nhóm.

Bước răng t(mm)	Hệ số điền đầy rãnh K ứng với lượng nâng a của răng (mm)		
	0,5	0,05 – 0,1	> 0,1
4,5-8	3,3	3,0	2,5
10-14	3,0	2,7	2,2
16-25	2,8	2,5	2,0

Nhìn chung, chiều sâu rãnh phải đảm bảo để dao chuốt có độ bền và độ cứng vững nên chiều sâu rãnh lớn nhất không được vượt quá giá trị cho sau đây:

$$h = 0,17d$$

Trong đó: d - đường kính lỗ chuốt.

5.6.1.5. Tính toán các răng cắt thô của dao chuốt

Các số liệu ban đầu để tính toán dao chuốt nói chung là:

- Kích thước và hình dạng của chi tiết gia công, kích thước bề mặt cần chuốt (chiều dài, đường kính, chiều rộng, chiều sâu,...).
- Lượng dư chuốt và hình dáng lượng dư bố trí trên chi tiết.
- Tính chất của bề mặt gia công trước khi chuốt: đúc, rèn, gia công cơ khí,...
- Kích thước và dung sai bề mặt, độ nhẵn cần đạt được sau khi gia công.
- Lực kéo của máy chuốt, kiểu đầu kẹp, kích thước lỗ kẹp chi tiết,...

Từ đó thì việc tính toán, thiết kế răng cắt thô của dao chuốt như sau:

* *Dao chuốt cắt đơn:*

- Từ chiều dài đã cho của chi tiết cần chuốt, tính bước răng dao chuốt, sau đó kiểm tra số răng tối thiểu đồng thời tham gia cắt. Khi số răng không đủ thì phải thay đổi bước răng cho phù hợp.

- Ứng với bước đã chọn, theo bảng 5.4. ta tìm kích thước của rãnh thoát phoi với chiều sâu h lớn nhất, sau đó theo hệ thức $h = 0,17d$ để kiểm tra độ cứng vững của dao chuốt. Nếu không thỏa mãn, chọn kích thước rãnh khác liền kề nhỏ hơn và kiểm tra lại.

- Theo bảng 5.5 chọn lượng nâng ứng với kiểu dao chuốt và vật liệu gia công.

- Theo bảng 5.6 chọn hệ số điền đầy rãnh K và kiểm tra xem kích thước rãnh có đủ để chứa phoi không.

Riêng đối với dao chuốt cắt đơn hệ số K trong bảng 5.6 phải tăng thêm 25%.

Theo đồ thị hình 5.6 xác định lực cắt đơn vị p , từ đó tính lực cắt P_z và so sánh với lực kéo cho phép của máy P_c và lực P_n (P_n là lực bền cho phép của dao chuốt ở tiết diện rãnh phoi đầu trên).

Nếu $P_z > P_c$ hay P_n thì dao chuốt phải được tính toán theo lực nhỏ nhất trong các lực đó.

Khi tính toán lại hoặc phải tăng bước răng (giảm số răng đồng thời tham gia cắt) hoặc phải giảm lượng nâng của các răng.

Sau khi đã chọn xong trị số bước răng và lượng nâng, xác định được số răng cắt thô và từ đó xác định chiều dài phần cắt thô của dao chuốt.

- Chọn trị số của góc trước và góc sau của răng cắt thô.

Bảng 5.7 Lực kéo danh nghĩa P_c và chiều dài hành trình lớn nhất của các máy chuốt
(do Liên Xô chế tạo)

Kiểu máy	Lực kéo danh nghĩa P_c , tấn	Hành trình lớn nhất mm
Máy chuốt ngang		
7510, 7510M	10	1400
7A510	10	1250
7520, 7A520	20	1600
7530M	30	1800
7540	40	2000
7551	70	2000
7552	100	2000
Máy chuốt đứng		
7705, 7705A, 7705B	5	600
7A705B	5	800
7710	10	1350
7A710	10	1200
7B710, 7710B, 7A710Д	10	1000
7720	20	1600
7B720, 7720B, 7A720Д	20	1250

* *Dao chuốt cắt nhóm:*

Có nhiều phương án tính toán và kết cấu, vì có thể tổ hợp nhiều cách khác nhau: để chọn lượng nâng a , số răng trong nhóm z_r , bước răng t và chiều sâu rãnh thoát phoi h .

Từ các phương án đó chọn phương án nào có kết cấu hợp lý: chiều dài dao chuốt nhỏ nhất, làm việc với độ êm cao, dễ chế tạo.

Việc chọn sơ bộ bước răng và các kích thước của rãnh thoát phoi, ví dụ như chiều sâu rãnh h , được thực hiện như đối với dao chuốt cắt đơn. Sau đó xác định số răng trong nhóm Z_r . Đối với các điều kiện chuốt bình thường số lượng này lấy bằng hai. Đối với dao chuốt có vát lõm tròn, lượng nâng của nhóm răng lấy tối đa trong giới hạn $0,1 \div 0,2$ mm. Trị số lượng nâng a đã chọn trước hết phải được kiểm tra so với chiều sâu của vát lõm tròn hay vát thẳng.

Bảng 5.8 Lực cắt trên 1mm chiều dài lưỡi cắt dao chuốt (tính bằng kg/mm).

Lượng nâng răng mm	Vật liệu gia công							
	Thép cacbon			Thép hợp kim			Gang	
	HB ≤ 197	HB 197-229	HB > 229	HB ≤ 197	HB 197-229	HB > 229	Gang xám HB < 180	Gang rèn HB > 180
0.02	9,5	10,5	12,5	12,6	13,6	15,8	8,1	8,9
0.03	12,3	13,6	16,1	15,7	16,9	18,6	10,4	11,6
0.04	14,3	15,8	18,7	18,4	19,8	21,8	12,1	13,4
0.05	16,3	18,1	21,6	20,7	22,2	24,5	14,0	15,5
0.06	17,7	19,5	23,2	23,8	25,5		15,1	16,6
0.07	19,6	21,7	25,8	26,0	28,2	31,2	16,7	18,4
0.08	21,3	23,5	28,0	28,0	30,2	33,5	18,0	20,0
0.09	23,1	25,5	30,4	30,4	32,8	36,2	19,5	21,6
0.10	24,7	27,3	32,5	32,8	35,4	39,0	20,7	23,6
0.11	26,6	29,4	35,0	35,1	38,1	42,0	22,6	25,4
0.12	28,5	31,5	37,5	37,8	40,7	45,0	24,3	26,8
0.13	30,4	33,6	39,8	40,3	43,4	48,0	25,8	28,5
0.14	32,4	35,7	42,5	42,3	45,7	50,5	27,3	30,3
0.15	34,2	37,9	45,0	44,5	48,0	53,0	29,0	32,1
0.16	36,0	39,8	47,2	47,1	51,0	56,0	30,5	33,6
0.18	39,5	43,6	52,0	52,5	56,5	62,5	33,4	37,0
0.20	42,7	47,3	56,2	57,6	60,2	68,5	36,0	40,2
0.22	45,6	50,3	60,0	62,0	66,7	73,8	38,5	42,7
0.24	48,0	53,1	63,2	66,2	70,9	78,6	41,0	45,1
0.25	49,5	54,5	65,0	68,0	73,0	81,0	42,1	46,5
0.26	51,0	56,1	66,6	70,6	75,3	83,4	42,9	47,7
0.28	54,0	58,8	70,0	74,4	79,8	88,3	45,5	50,0
0.30	56,4	61,5	73,0	78,5	84,5	93,3	47,6	52,2

5.6.2. Răng cắt thô, răng sửa đúng và chiều dài của dao chuốt.

Các răng cắt thô, sau khi cắt thường để lại các khuyết tật: xước, hàn, ... trên bề mặt chuốt. Chiều sâu các khuyết tật này gần bằng lượng nâng của răng dao.

Vì thế giữa các răng cắt thô và răng sửa đúng người ta thường làm một số răng cắt tinh để cắt hết các khuyết tật bề mặt do các răng cắt thô để lại.

Độ nhám bề mặt chuốt chủ yếu là do các răng cắt tinh quyết định.

Ngoài ra nhờ có các răng cắt tinh, lực chuốt giảm đều khi chuyển từ các răng cắt thô đến răng sửa đúng, điều đó làm giảm độ rung khi chuốt nên sẽ làm tăng được độ nhẵn bề mặt.

Đoạn cắt tinh của dao chuốt nhóm có thể làm việc theo phương pháp cắt đơn hoặc cắt nhóm. Còn ở dao chuốt đơn - chỉ theo phương pháp cắt đơn.

Lượng dư một bên cho các răng cắt tinh và số răng cắt tinh hay số nhóm răng cắt tinh được chọn theo bảng 5.9.

Bảng 5.9 Số răng và phân đoạn trên phần tinh của dao chuốt

Lượng nâng phân đoạn thô 2α , mm	Lượng nâng phân đoạn bán tinh	Độ nhẵn bề mặt gia công $R_a=10 \div 5\mu m$					Độ nhẵn bề mặt gia công $R_a=2,5 \div 1,25\mu m$				
		Lượng dư hai bên cho phần tinh, mm	Dao chuốt tròn		Dao chuốt then hoa		Lượng dư hai bên cho phần tinh, mm	Dao chuốt tròn		Dao chuốt then hoa	
			Số phân đoạn tinh	Số răng ngoài phân đoạn	Số phân đoạn tinh	Số răng ngoài phân đoạn		Số phân đoạn tinh	Số răng ngoài phân đoạn	Số phân đoạn tinh	Số răng ngoài phân đoạn
Đến 0,1		-	-	-	-	-	0,05-0,07	1	1-2	1	1-2
0,11 ÷ 0,20	(0,4 + 0,6)2a	0,06-0,08	1	0-2	1	0-2	0,07-0,13	1-2	3	1-2	2-3
0,21 ÷ 0,4		0,11-0,16	2	0-3	2	0-2	0,13-0,2	2	3-5	2-3	2-3
0,41 ÷ 0,6		0,11-0,16	2	0-3	2-3	0-2	0,2-0,32	2-3	3-5	2-3	2-3

Giữa các phân đoạn răng cắt thô và răng cắt tinh của dao chuốt có một răng bán tinh trung gian hoặc là 1 ÷ 2 nhóm răng có lượng nâng bằng 0,4 ÷ 0,6 lượng nâng răng cắt thô. Lượng nâng răng cắt tinh được làm thay đổi, giảm dần, từ nhóm này đến nhóm khác 1,5 ÷ 2 lần. Trong đó lượng nâng trên răng cắt tinh thứ nhất và trên 1-2 răng cắt tinh cuối cùng không vượt quá 0,02 đối với bề mặt gia công đạt độ nhẵn $R_a = 10 \div 5 \mu m$

và 0,01 đối với bề mặt gia công đạt $R_a = 2,5 \div 1,25 \mu\text{m}$.

Bước răng cắt tinh ở dao chuốt cắt đơn thường được lấy bằng bước răng cắt thô.

Để giảm chiều dài dao chuốt và tăng độ nhẵn bề mặt gia công, bước của các răng sửa đúng ở các dao chuốt có bước răng cắt thô $\geq 10 \text{ mm}$ được làm nhỏ lại và bước càng nhỏ nếu chiều dài chuốt càng nhỏ. Trị số bước giảm cho trong bảng 5.10.

Bảng 5.10 Trị số bước giảm nhỏ của răng tinh và răng sửa đúng

Bước răng, mm		Chiều dài bề mặt chuốt, mm	Bước răng, mm		Chiều dài bề mặt chuốt, mm
Thô	Tinh và sửa đúng		Thô	Tinh và sửa đúng	
10	8	Đến 45	18	12	Đến 80
12	9	> 45		14	Trên 80
	10		20	16	Đến 110
14	10	≤ 65	22	14	Trên 110
	12	> 65		16	Đến 110
16	12		25	16	Trên 110

Đối với chi tiết gia công đạt cấp chính xác 2 ÷ 3 lấy 5 răng sửa đúng, cấp chính xác 4 lấy 3 ÷ 4 răng và cấp chính xác 5 lấy 2 ÷ 3 răng.

Để giảm rung động và tăng độ nhẵn bề mặt, bước của răng cắt tinh và răng sửa đúng ở dao chuốt tròn đôi khi được làm không đều trong giới hạn $\pm (0,5 \div 1,5) \text{ mm}$.

* Góc trước γ của răng cắt tinh và răng sửa đúng được lấy như ở răng cắt thô. Đối với các dao chuốt chính xác - để tăng tuổi bền kích thước của chúng - thì góc trước nên giảm đến 5° khi lượng nâng $a = 0,02 \text{ mm}$, khi gia công thép và bằng 0° khi gia công gang.

Trên hình 5.15a là 2 răng dao chuốt chồng lên nhau với góc sau và bán kính cong ρ như nhau, nhưng có các góc trước khác nhau $\gamma > 0$ và $\gamma = 0$.

Khi $\gamma = 0$ thì tiếp điểm a của bán kính lượn với mặt sau nằm cao hơn tiếp điểm b khi $\gamma > 0$.

Vì vậy lượng giảm kích thước răng $\Delta R_a < \Delta R_b$.

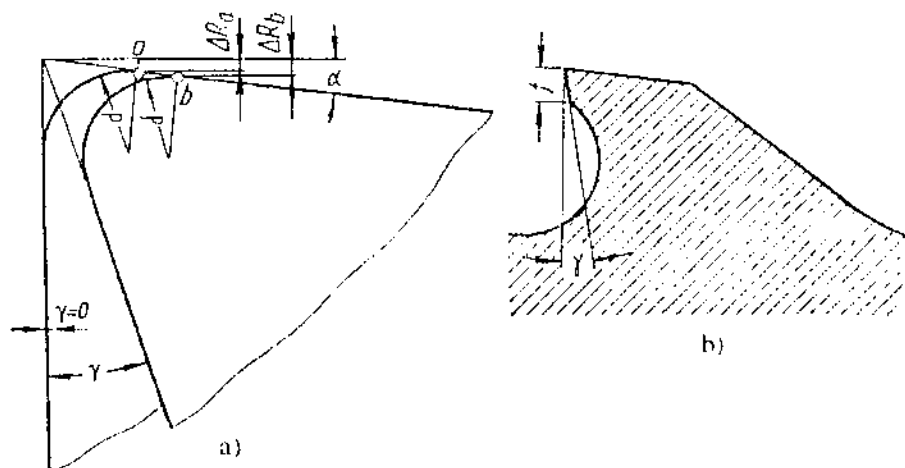
Có thể thực hiện việc giảm góc trước trên suốt mặt trước hay chỉ trên một mặt nền rộng 1mm như cho trên hình 5.15b.

Với dạng mặt trước như thế, việc mài sắc lại răng dao với góc độ lớn. Khi dao chuốt mòn và chuyển các răng cắt tinh thành các răng cắt thô trở nên dễ dàng hơn.

Góc sau của các răng tinh thường lấy theo các trị số sau đây:

Đối với dao chuốt tròn, then hoa, rãnh then và dao chuốt ngoài không điều chỉnh: $\alpha = 2''$, cũng với các dao chuốt trên, ở răng sửa đúng $\alpha = 1''$.

Đối với các dao chuốt ngoài chọn góc sau của răng cắt và răng sửa đúng: $\alpha = 3 \div 4''$. Dung sai các góc sau $30'$.



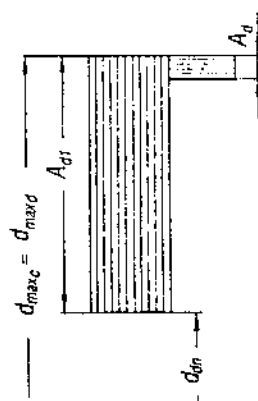
Hình 5.15. Góc trước của răng cắt trụ và răng sửa đúng.

a) Ảnh hưởng của góc trước đến độ giảm đường kính dao chuốt; b) Làm giảm góc trước

Ở răng cắt tinh cho phép để lại một đường viền trên mặt sau không quá 0,05mm.

Gần đây, người ta có làm trên răng sửa đúng một đường viền với góc $\alpha = 0$ có chiều rộng thay đổi trên mặt sau của răng bắt đầu từ 0,2 mm ở răng sửa đúng thứ nhất và 1,2 mm ở răng sửa đúng cuối cùng. Nhưng hiện nay, người ta đã chứng minh rằng đường viền rộng với góc $\alpha = 0$ sẽ dẫn đến chóng mòn răng, làm các phần tử kim loại dính trên các đường viền và làm giảm hẳn độ nhẵn bề mặt gia công, do đó trên các răng đó chỉ nên có một đường viền rộng 0,2 ÷ 0,3 mm.

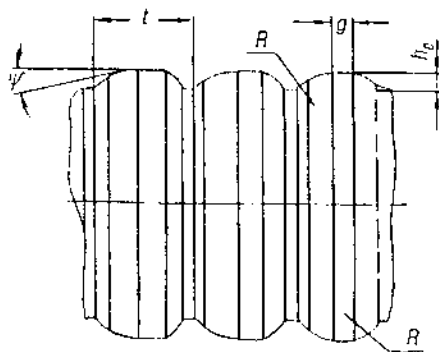
Trong quá trình mài sắc lại dao chuốt, khi lớp kim loại lấy đi tăng dần lên thì các răng cắt tinh sẽ chuyển thành các răng cắt thô, còn răng sửa đúng đầu tiên sẽ trở thành răng cắt tinh. Vì vậy tuổi bền toàn bộ của dao chuốt phụ thuộc vào tuổi bền tổng cộng của các răng cắt và vào tuổi bền kích thước của các răng sửa đúng. Dao chuốt có thể mất khả năng làm việc khi bề mặt của các răng thô đã bị mài hết, cũng như khi các răng sửa đúng không đảm bảo đúng kích thước yêu cầu của bề mặt chi tiết gia công nữa.



Hình 5.16 Sơ đồ dung sai đường kính răng sửa đúng

Để nâng cao tuổi bền kích thước của dao chuốt, kích thước tối đa của răng sửa đúng $d_{\max}$ (hình 5.16) lấy bằng kích thước giới hạn lớn nhất của bề mặt chi tiết chuốt $d_{\max}$ với dung sai âm. Trị số dung sai cho ở phần sau. Kích thước cuối cùng của các răng sửa đúng của dao chuốt thường được xác định bằng thực nghiệm bằng cách chuốt thử chi tiết. Nếu nhận được đường kính lỗ chuốt lớn hơn kích thước răng sửa đúng phải giảm đi một cách tương ứng bằng cách mài bóng.

Để nhận được bề mặt lỗ nhẵn và sáng như gương trong các bạc, thép, nhôm, đồng, babit, v...v, đôi khi trên dao chuốt, ngoài răng sửa đúng người ta còn làm các răng cà nhẵn. Các răng này không cắt ra phoi mà chỉ ép và nén chặt bề mặt. Thông thường trong trường hợp này, ngoài biến dạng dư còn có biến dạng đàn hồi do đó đường kính lỗ nhận được trên chi tiết nhỏ hơn đường kính các răng cà nhẵn.



Hình 5.17 *Profin răng cà nhẵn*

Một ví dụ về profin răng cà nhẵn được trình bày trên hình 5.17.

Hiện nay có nhiều đề nghị về thay đổi kết cấu phần sửa đúng dao chuốt, nhằm mục đích tăng tuổi bền kích thước răng sửa đúng như: thêm các răng dự trữ có các yếu tố của răng cà nhẵn và dần dần sẽ tham gia làm việc trong quá trình các răng sửa đúng bị mòn, dùng các răng sửa đúng thay đổi, làm ở dạng các vòng răng riêng biệt lắp vào cuối của dao chuốt, dùng phần sửa đúng đàn hồi lắp vào phần côn, v...v. Song tất cả những kết cấu đó đòi hỏi chế tạo rất chính xác và cẩn thận trong quá trình sử dụng. Vì thế hiện nay chúng chưa được áp dụng rộng rãi trong sản xuất.

5.6.3. Chiều dài toàn bộ dao chuốt

Chiều dài toàn bộ dao chuốt là tổng số chiều dài các phần hợp thành: phần chuôi, cổ, côn chuyển tiếp, phần định hướng trước, phần đoạn răng cắt thô, răng cắt tinh, răng sửa đúng và phần định hướng sau. Chiều dài toàn bộ dao chuốt phải đáp ứng được những yêu cầu sau đây:

1. Không được vượt quá chiều dài hành trình tối đa của máy chuốt cho trong lý lịch máy (xem bảng 5.14).
2. Phải phù hợp với khả năng chế tạo của xí nghiệp - ứng với khoảng cách tâm tối đa của máy tiện, máy mài, máy mài sắc, hành trình các máy phay, kích thước các lò tôi và ram, v...v.
3. Dao chuốt quá dài có thể dẫn đến biến dạng lớn khi nhiệt luyện và sẽ trở nên không cứng vững khi gia công trên các máy, gặp nhiều khó khăn và đôi khi không có khả năng gia công được, vì thế ứng với mỗi đường kính dao chuốt phải có chiều dài nhất định.

4. Phải đảm bảo sử dụng dao chuốt thuận tiện

Thực tế thiết kế và sử dụng dao chuốt đã chọn được chiều dài giới hạn dao chuốt hợp lý tùy theo kích thước tiết diện ngang của chúng. Những chiều dài giới hạn của dao chuốt được chỉ dẫn trong bảng các 5.11, 5.12 và được xem như là các kích thước tham khảo.

Dao chuốt ép trong quá trình sử dụng làm việc chịu lực nén dọc theo trục vì thế để tránh sinh ra biến dạng uốn dọc, chiều dài của chúng có thể lấy tương đối nhỏ. Trong thực tế chiều dài đó được chọn tùy theo đường kính chuốt ép và không được vượt quá 10d, d là kích thước danh nghĩa của dao chuốt ép.

Bảng 5.11 Chiều dài giới hạn dao chuốt gia công được trên các mũi tâm

Đường kính dao chuốt	Từ 12 đến 15	Từ 15 đến 20	Từ 20 đến 25	Từ 25 đến 30	Từ 30 đến 50	Từ 50 và lớn hơn
Chiều dài dao chuốt	700	800	1000	1200	1300	1500

Bảng 5.12 Chiều dài giới hạn dao chuốt phẳng và rãnh then

Kích thước nhỏ nhất của tiết diện ngang dao chuốt	5	Từ 5 đến 8	Từ 8 đến 12	Từ 12 đến 18	Từ 18 đến 22	Từ 22 và lớn hơn
Chiều dài dao chuốt	500	750	1000	1200	1300	1500

Khi thiết kế chiều dài dao chuốt nếu nhận được giá trị quá lớn thì phải tính toán lại để giảm chiều dài đến kích thước giới hạn cho phép. Nếu điều đó không thể làm được thì phải dùng một bộ dao chuốt gồm 2, 3 chiếc và lớn hơn nữa thay cho một dao chuốt.

Tính toán dao chuốt làm việc theo bộ về nguyên lý cũng tiến hành như dao chuốt bộ một con. Trong điều kiện đó phải cố gắng làm sao cho chiều dài dao chuốt cuối cùng, là con dao chính xác và đắt tiền nhất, có thể ngắn nhất.

5.6.4. Dung sai kích thước dao chuốt

Trong tiêu chuẩn về các kích thước cơ bản của dao chuốt tròn và các loại khác tương tự đã cho các dung sai sau đây:

+ Sai lệch lớn nhất của đường kính tính toán răng thô được xác định tùy thuộc vào lượng nâng của răng và không được vượt quá trị số cho trong bảng 5.13. Thông thường cho phép làm giảm ở các răng riêng biệt một trị số bằng 2/3 lượng nâng của răng với điều kiện phân bố đều lượng nâng đó trên các răng tiếp theo từ các răng tính

+ Dung sai đường kính răng sửa đúng và đường kính răng cắt tinh không được vượt quá các trị số cho trong bảng 5.14.

+ Dung sai chiều dài toàn bộ dao chuốt không được vượt quá ± 3 mm đối với chiều dài dao chuốt đến 1000 mm và ± 5 mm đối với chiều dài dao chuốt trên 1000 mm.

Bảng 5.13 Dung sai đường kính tính toán của răng thô

Kích thước danh nghĩa dao chuốt	Dung sai khi lượng nâng các răng 2a (theo đường kính, mm)		
	Đến 0,05	Từ 0,05 đến 0,08	Từ 0,08
Đến 80	-0,008	-0,010	-0,015
Từ 80	- 0,012	-0,015	-0,020

Bảng 5.14 Dung sai đường kính răng sửa đúng A_d của dao chuốt trụ

Đường kính danh nghĩa dao chuốt, mm	Cấp chính xác lỗ		
	Λ	A_{2a}	A_1
	Dung sai A_d (μm)		
Đến 18	5	7	8
Từ 18 đến 30	5	8	10
Từ 30 - 50	7	10	12
50 - 80	8	12	15
80-120	10	14	18
120-150	12	16	20

+ Độ đảo hướng kính ở các răng cắt tinh và sửa đúng và phân định hướng sau không được vượt quá giá trị tuyệt đối của dung sai cho đường kính tương ứng, ngoài ra độ đảo tất cả các răng chỉ có thể về một phía.

+ Dung sai chiều sâu rãnh thoát phoi cho phép không quá $\pm 0,3$ mm đối với chiều sâu rãnh đến 4 mm và $\pm 0,5$ đối với chiều sâu rãnh lớn hơn 4 mm.

5.7. Dao chuốt lỗ then hoa

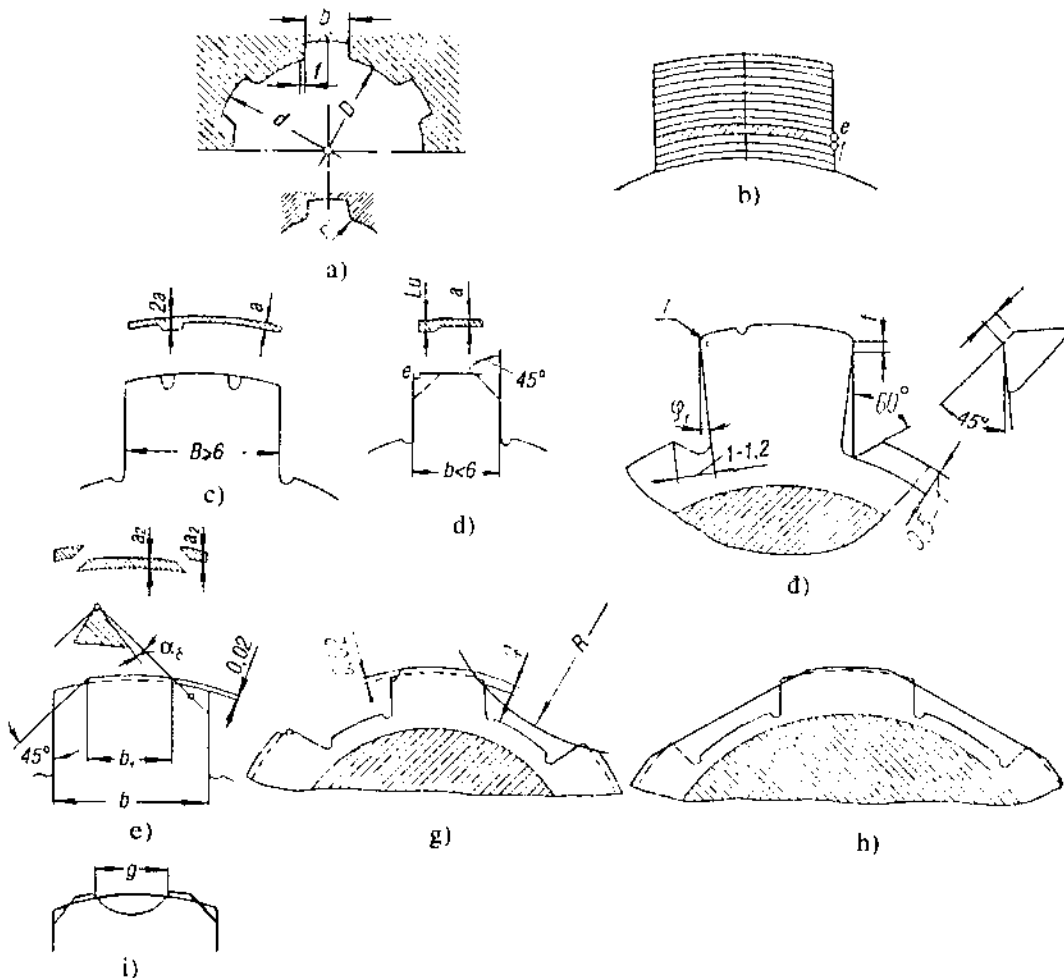
Dao chuốt then hoa là một loại dao chuốt trong dùng để gia công lỗ có profin. Một trong các profin đó được trình bày trên hình 5.18. Profin đó được đặc trưng bởi đường kính ngoài D và đường kính trong d , chiều rộng rãnh then hoa b và số rãnh n . Trong nhiều trường hợp ở đáy rãnh then hoa có cạnh vát f hay có bán kính lượn r . Những vấn đề cơ bản về tính toán và thiết kế dao chuốt đề cập ở chương trên hoàn toàn có thể áp dụng cho dao chuốt then hoa. Vì thế trong chương này chỉ đề cập đến những vấn đề đặc biệt riêng cho loại dao chuốt này.

Lỗ then hoa hình thành bằng phương pháp chuốt ăn dần được trình bày trên hình 5.18b, trong đó các mặt bên của profin gia công được hình thành dần bằng các cạnh cắt phụ ef.

5.7.1. Răng cắt thô của dao chuốt lỗ then hoa

Khi chuốt các lỗ then hoa cũng như khi chuốt các lỗ trụ, hiện nay người ta dùng các dao cắt đơn và cắt nhóm với các dạng khác nhau với hai cạnh vát (các rãnh vát lõm tròn và các cạnh vát theo kiểu đa giác).

Trong sơ đồ cắt đơn mỗi một răng cắt của dao chuốt đều có lượng nâng, việc chia phoi cắt ở rãnh then chiều rộng $b \geq 6\text{mm}$ cũng giống như ở dao chuốt tròn cắt đơn bằng các rãnh chia phoi nằm trên răng theo thứ tự xen kẽ. Sơ đồ chia phoi này có tất cả các nhược điểm như đã nói ở trên đối với dao chuốt tròn. Ví dụ như khi lượng nâng bằng a , lớp phoi cắt sẽ có gân cứng $2a$ bố trí không đối xứng, làm cho việc cuộn phoi khó hẳn lên. Ngoài ra do độ ngót phoi rộng ra chẹt vào rãnh làm giảm độ nhẵn bề mặt gia công.



Hình 5.18 Các yếu tố kết cấu và sơ đồ làm việc của dao chuốt lỗ then hoa

a) Lỗ then hoa; b) phương pháp ăn dần để tạo cạnh bên của rãnh then; c, d) dao chuốt cắt đơn; e, f) dao chuốt cắt nhóm; g) dao chuốt có lõm vát tròn; h) dao chuốt có lõm vát thẳng.

Đối với rãnh then chiều rộng b nhỏ hơn 6 mm. Việc chia phoi được thực hiện bằng cách làm vát góc răng một góc 45° trên các răng cạnh nhau theo thứ tự xen kẽ.

Trong trường hợp đó phoi cũng bị đẩy lên một lớp không đối xứng $2a$ làm cho việc thoát phoi trong góc e gặp khó khăn và lưỡi cắt ở điểm đó chóng mòn.

Trong sơ đồ cắt nhóm, kiểu bố trí thay đổi các răng cắt của dao chuốt then hoa được chọn sao cho đảm bảo việc chia phoi với lượng nâng của răng lớn nhất, ví dụ như trong trường hợp dùng răng với vát lõm tròn khi số then hoa lớn - vát lõm tròn rất nhỏ làm cho lượng nâng của răng giảm, mặc dù theo các điều kiện chuốt khác, độ bền của dao chuốt và khả năng chứa phoi trong rãnh có thể lấy trị số lượng nâng lớn hơn.

Xuất phát từ điều kiện có thể nhận được lượng nâng của nhóm răng tối đa đến $0,4 \text{ mm}$ có thể kết cấu răng thô dao chuốt then hoa cắt nhóm như sau:

Đối với dao chuốt có 1 đến 3 răng then hoa và có số lượng răng then hoa từ 10 và lớn hơn, đối với đường kính dao chuốt nhỏ thì nên dùng kết cấu có 2 cạnh vát. Mỗi nhóm răng thô có 2 răng. Răng thứ nhất có vát 45° ở hai bên răng then hoa, để lại lưỡi cắt chính có chiều rộng $b_1 > b/2$. Trong đó trên các mặt vát góc có α_n khá lớn. Lớp phoi hẹp tiết diện chữ nhật a_1 cắt bằng răng này dễ dàng thoát ra theo mặt trước mà không chạm đến hai cạnh bên của rãnh đã được chuốt bằng răng trước đó rộng hơn.

Răng thứ hai trong nhóm có lưỡi cắt còn nguyên chiều dài sẽ lấy đi hai lớp phoi chiều dày bằng nhau $a_2 = a_1$ được thoát ra từ hai bề mặt bên răng. Đường kính răng thứ hai nhỏ hơn đường kính răng thứ nhất $0,01 \text{ mm}$.

Như vậy là đối với kết cấu răng này ta có được việc chia phoi tốt và phoi thoát dễ dàng trong điều kiện rãnh chia phoi có góc sau tốt. Ngoài ra các dao chuốt này thường không bị vấn đề chia phoi làm hạn chế lượng nâng a . Về khía cạnh này các kết cấu răng có vát lõm tròn hay vát thẳng có tính công nghệ tốt hơn và do đó phải sử dụng chúng trong tất cả mọi trường hợp nếu đáp ứng được điều kiện lượng nâng và chia phoi tốt.

Dao chuốt có vát lõm tròn nên dùng cho lỗ có 6 đến 8 rãnh then. Kết cấu các răng của chúng được trình bày trên hình 5.18g giống như kết cấu đã được mô tả ở trên, nhưng cạnh vát ở đây thay bằng vát lõm tròn. Các dao chuốt này phải được kiểm tra chiều sâu q của rãnh vát có đủ để đảm bảo hoàn toàn việc chia phoi $q > 2a$ không. Đối với trường hợp 4 rãnh then các vát lõm tròn sẽ rất sâu, mài chúng mất nhiều thời gian và có thể sinh ra các vết cháy trên lưỡi cắt. Vì thế trong trường hợp này để chia phoi nên dùng cạnh vát thẳng theo nguyên lý dao chuốt nhiều cạnh (hình 5.18h). Vát thẳng cũng áp dụng hợp lý cho dao chuốt đường kính lớn hơn $30 \div 40 \text{ mm}$ với 6 rãnh then. Kết cấu răng có cạnh vát thẳng cũng tương tự như kết cấu có hai cạnh vát góc. Sự khác nhau giữa cạnh vát thẳng và vát góc là ở chỗ vát góc hai bên, đáy giữa các răng nằm ở các mặt phẳng khác nhau, do đó phải mài từng bên một. Cạnh vát thẳng nằm trên cùng một mặt phẳng và mài được ngay trong một lượt. Để giảm ma sát ở các bề mặt bên dao chuốt tiếp xúc với rãnh gia công chi tiết, trên các mặt phẳng này người ta làm góc nghiêng phụ $\varphi_1 = 1^\circ 30'$ chứa lại một đường viền thẳng $f = 0,8 \div 1 \text{ mm}$. Góc φ_1 làm trên các răng có chiều cao không nhỏ hơn $1,2 \div 1,3 \text{ mm}$.

Để nâng cao tuổi bền ở răng thô dao chuốt cắt đơn cũng như răng thứ hai của nhóm trong dao chuốt cắt nhóm nên làm trên các góc răng lưỡi cắt chuyển tiếp theo dạng cung tròn bán kính $0,25 \div 0,3$ mm hay cạnh vát $f \times 45^\circ$ và rộng $0,2 \div 0,3$ mm. Những cung lượn tròn hay vát đó cũng có thể làm ở các răng hiệu chỉnh hay sửa đúng nếu các kết cấu của chi tiết chuốt cho phép. Ở đáy răng then hoa được làm các rãnh dọc có profin 60° chiều rộng $1 \div 1,2$ mm và chiều sâu $0,5 \div 1$ mm để thoát đá khi mài các mặt bên của rãnh then hoa. Ở đáy rãnh then hoa không có vát cạnh được vẽ tròn với bán kính $0,3 \div 0,4$ mm.

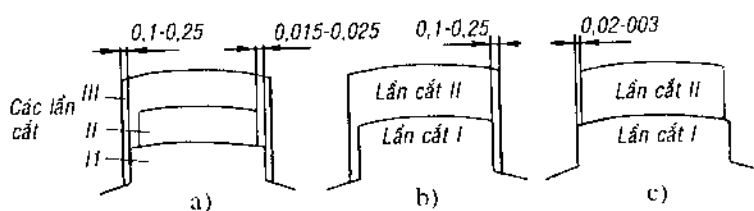
Khi chiều rộng rãnh then hoa ≥ 18 mm, việc chia phoi nếu chỉ được thực hiện nhờ góc vát, vát lõm tròn và vát thẳng thì sẽ không đủ. Để chia phoi thêm phải dùng rãnh vát lõm tròn nằm ở giữa rãnh then hoa với chiều rộng $g = 7 \div 10$ mm (hình 5.18i).

5.7.2. Các răng cắt tinh và răng sửa đúng

Những vấn đề tổng quát về thiết kế phân đoạn tinh và sửa đúng của dao chuốt then hoa đã được khảo sát ở trên. Trong bảng 5.9 cho lượng dư của phân đoạn tinh và số răng tinh hay số nhóm răng tinh dao chuốt.

Đối với dao chuốt làm việc theo bộ, khi dung sai chiều rộng rãnh then $\leq 0,06$ mm, kích thước đúng của chiều rộng rãnh then được đảm bảo bằng dao chuốt cuối cùng của bộ dao chuốt đó cắt lớp kim loại không chỉ theo hình trụ mà còn theo hai mặt bên của rãnh

then hoa. Sơ đồ các lượng dư do răng sửa đúng của các dao chuốt lượt thứ nhất để lại được trình bày trên hình 5.19. Lượng dư trên các cạnh bên của rãnh then được cắt bằng một vài răng



Hình 5.19 Sơ đồ phân bố dung sai do các răng sửa đúng của dao chuốt lượt thứ nhất để lại.

cắt bằng một vài răng đầu tiên của dao chuốt cuối cùng với lượng nâng $a = 0,12 \div 0,13$ mm.

Nếu dung sai chiều rộng rãnh then lớn hơn 0,06 mm, các răng của mỗi dao chuốt kế tiếp làm hẹp hơn răng của dao chuốt trước nó một lượng $0,004 \div 0,006$ mm và sẽ không chạm vào các mặt bên rãnh then hoa đã gia công trước.

5.7.3. Bộ dao chuốt lỗ then hoa

Tùy theo chiều dài lỗ chuốt và các điều kiện khác có thể dùng các dạng dao chuốt lỗ then hoa chủ yếu sau đây. Nếu chiều dài lỗ ngắn dùng dao chuốt tổ hợp đồng thời gia công tinh lỗ trụ, rãnh góc vát. Khi chiều dài của lỗ gia công lớn, dao chuốt tổ hợp như thế sẽ rất dài, chế tạo và sử dụng phức tạp vì vậy trong các trường hợp đó người ta dùng hai dao chuốt riêng biệt cho các lỗ hình trụ và cho các rãnh then hoa với góc vát.

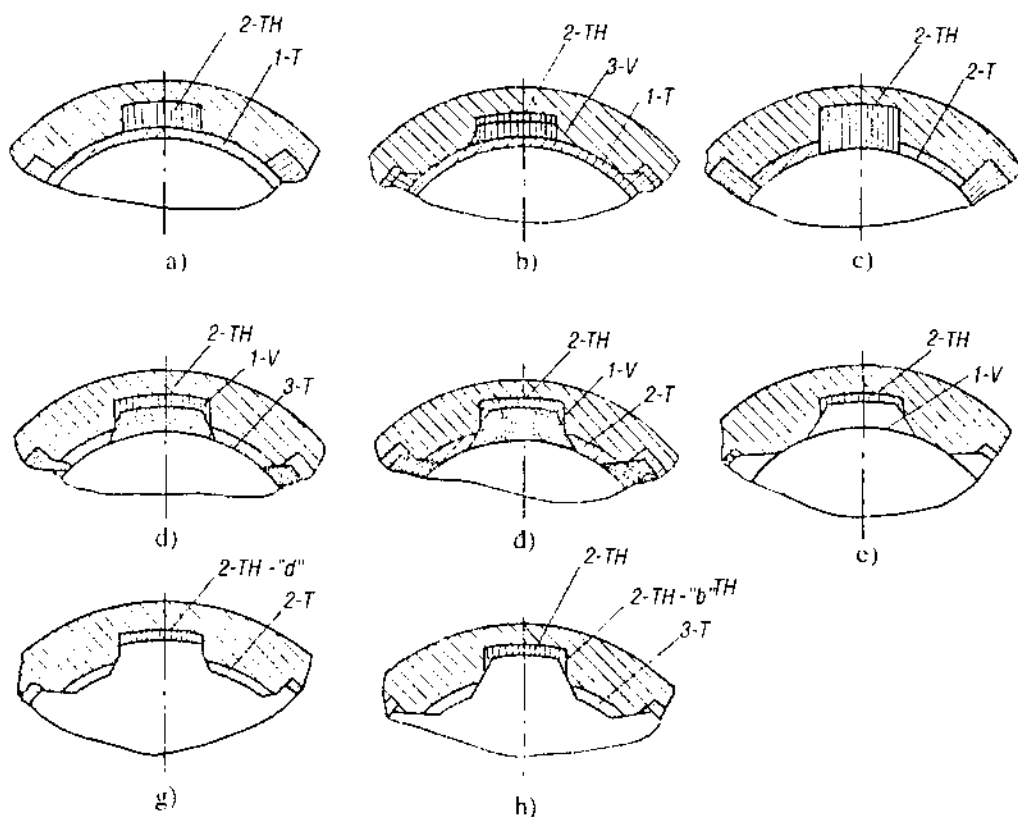
Thường nên dùng các lưỡi chuốt riêng biệt để chuốt các lỗ đục và rèn thô, trong đó dao chuốt mòn nhanh hơn nhiều so với dao chuốt then hoa. Nếu trong trường hợp đó mà dùng dao chuốt tổ hợp thì chúng sẽ hỏng khi tuổi bền kích thước đang còn.

Khi chuốt các lỗ then hoa rất dài với các rãnh sâu có thể dùng một bộ dao chuốt tròn và hai hay nhiều dao chuốt then hoa.

Trên hình 5.20 trình bày các sơ đồ trình tự cắt lượng dư khác nhau theo số liệu của Viện NHTA khi gia công lỗ then hoa bằng dao chuốt tổ hợp (hình 5.20a,d) và bằng một bộ dao chuốt như trên hình 5.20e,h. Chữ số chỉ trình tự vị trí răng trên dao chuốt tròn (T), then hoa (TH) và vát cạnh (v).

Trên dao chuốt tổ hợp (hình 5.20a) chỉ có các răng tròn và răng then hoa, ngoài ra lúc đầu răng tròn làm việc sau đó là răng then hoa. Các lưỡi cắt ở đáy rãnh then hoa được vẽ tròn như ở đáy răng then hoa của dao chuốt. Trên hình 5.20b là các răng vát góc cuối cùng.

Dao chuốt (hình 5.20c) lúc đầu cắt vào rãnh then trong lỗ sau đó mới gia công phần giữa các rãnh bằng các răng tròn nhờ đó cho phép các răng tròn làm việc với lượng nâng lớn hơn và nói chung cho phép làm dao chuốt ngắn hơn.



Hình 5.20 Sơ đồ trình tự cắt lượng dư khi gia công lỗ then hoa bằng dao chuốt tổ hợp (a, d) và bằng bộ dao chuốt (e, h)

Dao chuốt theo hình 5.20d làm việc giống như dao chuốt trên, nhưng lúc đầu rãnh được cắt bằng các răng vát cao làm việc như răng then hoa. Các dao chuốt theo hình 5.20c và d có thể sử dụng để chuốt các lỗ ≥ 28 mm.

Dao chuốt theo hình 5.20đ, giống như hai dao chuốt trên, có tính công nghệ tốt hơn vì giảm được khả năng đá mài chạm vào răng chuốt lỗ tròn khi mài răng then hoa và răng vát góc. Các dao chuốt này có thể áp dụng cho chiều dài chuốt ≥ 45 mm.

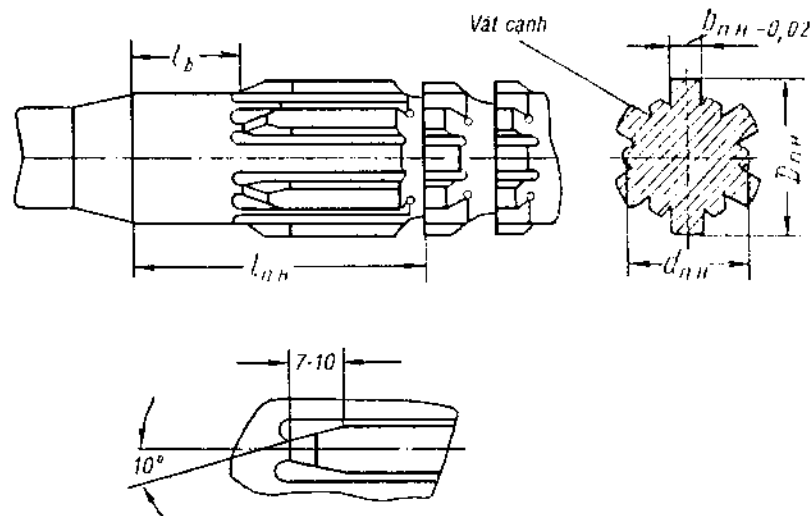
Dao chuốt kiểu cho trên hình 5.20e, b được áp dụng khi làm việc bằng bộ dao chuốt.

Dao chuốt theo hình 5.20e dùng cho chuốt lần thứ nhất có để lại lượng dư trên lỗ trụ cho chuốt lần 2 khi lỗ, rãnh then hoa và cạnh vát được chuốt đồng thời cùng một lúc. Làm như vậy để đảm bảo độ đồng tâm của lỗ và rãnh then.

Dao chuốt theo hình 5.20g để chuốt lần cuối cùng với sơ đồ gia công rãnh then hoa theo hình 5.19c. Dao này gia công lỗ và rãnh then hoa theo hình trụ mà không cắt vào các mặt bên đã gia công bằng dao chuốt trước.

Dao chuốt theo hình 5.20h làm việc tương tự như dao chuốt trên, nhưng ngoài ra còn có các răng III-b cắt các lớp phoi trên các mặt bên của rãnh then hoa theo hình 5.19 a và b.

Ở các dao chuốt gia công các rãnh then hoa bằng chuốt lượt 2 và lượt 3 theo hình 5.20g và h. Phần định hướng trước có các răng then hoa được trình bày trên hình 5.21 với các kích thước sau: đường kính



Hình 5.21 Phần định hướng trước của dao chuốt lỗ then hoa lượt thứ hai.

trong d_{nh} bằng đường kính trong của lỗ then hoa $d_{n,III}$ với dung sai theo X_3 hay khi yêu cầu cao hơn theo đường kính ngoài D_{nh} lấy bằng đường răng sửa đúng D_k của dao chuốt trước nó, trừ đi $0,1 \div 0,3$ mm, có nghĩa là $D_{nh} = D_k - (0,1 \div 0,3)$ mm. Để dễ lắp chi tiết vào rãnh then của phần hướng, các răng then hoa được vát góc theo dạng được trình bày trên hình 5.21.

Phần định hướng sau là hình trụ không có răng then hoa. Chiều dài cả hai phần định hướng được chọn như ở các dao chuốt trong khác.

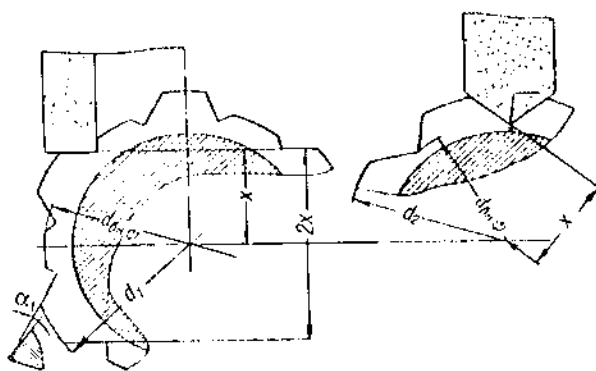
5.7.4. Các răng vát của dao chuốt lỗ then hoa

Từ các sơ đồ trình tự cắt lượng dư khi gia công lỗ then hoa ta thấy rõ các răng cắt vát có thể nằm ở đoạn đầu trên dao chuốt tổ hợp (hình 5.20d) hay ở đoạn cuối dao chuốt (hình 5.20 d,đ) còn đối với bộ dao chuốt - ở phần đầu của dao chuốt lượt thứ nhất như trên hình 5.20d,e. Trong trường hợp này khi các răng cắt vát nằm ở đoạn đầu của dao chuốt, chúng sẽ cắt một phần lượng dư mà các răng then hoa phải cắt, do đó làm dao chuốt ngắn lại.

Các răng cắt vát nằm ở phần đầu ở dao chuốt lượt thứ nhất và cắt một phần lượng dư rãnh then hoa, nên thiết kế như các răng then hoa của dao chuốt đó với sơ đồ cắt đơn hay với một trong các sơ đồ cắt nhóm (có vát lõm tròn hay vát thẳng) có hai răng trong một nhóm.

Khi thiết kế dao chuốt lượt thứ nhất phải chú ý sao cho đoạn thẳng của rãnh then hoa nằm phía trên cạnh vát có đủ chiều dài để định vị chi tiết theo các mặt bên của rãnh then trong lượt chuốt thứ hai.

Kiểm tra các răng cắt vát theo kích thước $2x$ (hình 5.22) kích thước này được xác định bằng tính toán. Dạng răng theo hình 5.22a ưu điểm hơn vì để gia công chúng không đòi hỏi profile đá mài chính xác, điều chỉnh máy và kiểm tra kích thước $2x$ đơn giản hơn, đá mài ít có khả năng chạm vào răng then hoa khi mài các răng cắt vát. Để giảm khả năng chạm đá mài người ta thường tăng bước giữa răng cắt vát cuối cùng và răng then hoa đầu tiên. Khi số lượng then hoa lớn và đường kính dao chuốt nhỏ phải sử dụng dạng răng cắt vát theo hình 5.22b.



Hình 5.22 Các răng cắt vát của dao chuốt then hoa

Để tạo được góc sau α_1 có trị số nhỏ trên các lưỡi cắt phụ của răng cắt vát và để giảm khả năng dính kim loại trên các bề mặt bên của răng đó, khi mài chúng người ta nâng đầu tâm sau của máy lên một trị số $0,15 \div 0,2$ trên 100 mm chiều dài dao chuốt.

5.7.5. Dung sai cho dao chuốt lỗ then hoa

Dung sai cho dao chuốt then hoa được qui định trong tiêu chuẩn nhà nước, theo tiêu chuẩn này dao chuốt được chế tạo để gia công các lỗ then hoa lắp ghép với trục, định tâm theo một trong các yếu tố sau đây: theo đường kính trong, theo đường kính ngoài và theo các mặt bên của then hoa. Trong tiêu chuẩn có các bảng dung sai cho các yếu tố sau đây của dao chuốt:

- Sai lệch lớn nhất của đường kính các răng thô tính toán phụ thuộc vào đường kính ngoài của dao chuốt và lượng nâng của răng, đường kính và lượng nâng càng tăng thì sai lệch cho phép càng lớn.

- Dung sai và sai lệch giới hạn trên của đường kính ngoài tính toán các răng tinh và sửa đúng của dao chuốt cho mỗi ghép định tâm theo đường kính ngoài, phụ thuộc vào đường kính ngoài của dao chuốt và vào cấp chính xác của lỗ then hoa theo đường kính ngoài A hay là A_1 .

- Dung sai đường kính trong tính toán của các răng sửa đúng của dao chuốt cho mỗi ghép định tâm theo đường kính trong phụ thuộc vào đường kính ngoài của dao chuốt và cấp chính xác lỗ trong - A, A_{2n} , A_3 .

- Sai số tích lũy giới hạn bước then hoa theo vòng tròn phụ thuộc vào đường kính dao chuốt và dung sai chiều rộng rãnh then hoa.

- Dung sai chiều dày răng then hoa của phần sửa đúng của dao chuốt cũng phụ thuộc vào đường kính ngoài của dao chuốt và chiều rộng rãnh then hoa.

Ngoài ra trong tiêu chuẩn còn qui định các dung sai kích thước của dao chuốt sau đây: độ xoắn vặn của các cạnh bên răng then hoa, độ đảo hướng kính của các răng sửa đúng và răng tinh theo đường kính ngoài, độ lệch tâm của hình trụ trong dao chuốt so với hình trụ ngoài và các dung sai khác.

5.8. Dao chuốt lỗ then hoa thân khai

Cùng với mối ghép then hoa dạng hình chữ nhật hiện nay trong ngành chế tạo máy người ta sử dụng rộng rãi mối ghép có dạng thân khai. Tiết diện ngang của trục có răng dạng thân khai giống như dạng bánh răng thân khai. Mối ghép thân khai được làm với các môđun $m = 1 \div 10 \text{ mm}$, với đường kính ngoài $D = 12 \div 400 \text{ mm}$ và với số răng $z = 11 \div 50$.

Mối ghép thân khai có thể định vị theo các mặt bên của răng, hoặc theo đường kính đỉnh răng (hình 5.23).

Các kích thước mối ghép thân khai và ứng với chúng các kích thước danh nghĩa của dao chuốt thân khai được xác định theo tiêu chuẩn bằng các thông số chủ yếu sau đây:

Góc profin $\alpha_n = 30^\circ$, bước trên vòng tròn chia $t = \pi m$, chiều sâu răng $h_3 = m$, khe hở hướng kính $c = 0,2 \text{ mm}$, chiều cao cạnh vát $f = 0,1 \text{ mm}$, độ dịch chuyển dạng khởi thủy của thanh răng:

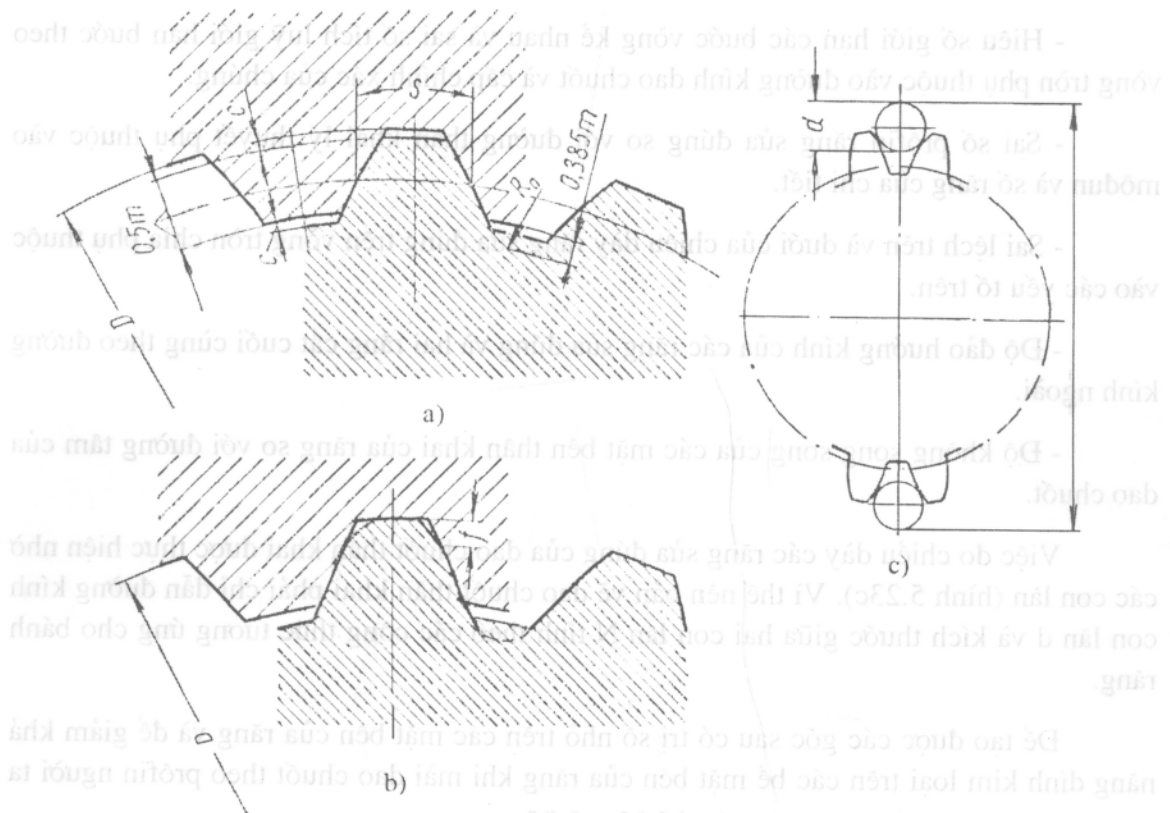
$$x = \frac{D - m(z + 1)}{2} \quad (5.19)$$

Chiều rộng danh nghĩa của rãnh theo vòng tròn chia:

$$\delta = \frac{\pi m}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (5.20)$$

Nếu răng có bán kính lượn $R = 0,47 \text{ mm}$, thì khe hở hướng kính $C = 0,385 \text{ mm}$.

Kích thước các răng sửa đúng của các dao chuốt thân khai tinh và điều kiện kỹ thuật cho các dao chuốt đó được quy định trong tiêu chuẩn áp dụng cho các dao chuốt có đường kính ngoài danh nghĩa đến 150 mm với môđun đến 5 mm.



Hình 5.23 Mối ghép then hoa thân khai.

a) Định tâm theo mặt bên; b) Định tâm theo hình trụ đỉnh răng; c) Đo các răng sửa đúng của dao chuốt.

Profin dao chuốt thân khai được tính toán theo các trình tự và các công thức giống như khi tính profin bánh răng thân khai.

Giống như các dao chuốt khác, dao chuốt thân khai có thể làm việc theo sơ đồ cắt đơn hay cắt nhóm. Các dao chuốt có môđun đến 2,5 mm làm việc theo sơ đồ cắt đơn với các lượng nâng răng chỉ dẫn trong bảng 5.5. Dao chuốt có môđun lớn hơn có thể làm việc theo sơ đồ cắt nhóm, ngoài ra trong trường hợp đó hợp lý nhất là dùng kết cấu răng làm việc theo nhóm hai răng trong đó răng đầu có cạnh vát hay vát lõm tròn.

Tùy theo cấp chính xác của lỗ gia công và phương pháp định tâm của mối ghép - theo các bề mặt bên của răng thân khai hay theo đường kính ngoài - các dao chuốt được chế tạo với 5 cấp chính xác.

Điều kiện kỹ thuật trong tiêu chuẩn cho dao chuốt thân khai đã qui định dung sai các kích thước dao chuốt sau đây:

- Sai lệch lớn nhất của đường kính các răng cắt tính toán phụ thuộc vào đường kính dao chuốt và lượng nâng của răng.
- Sai lệch trên và sai lệch dưới của đường kính ngoài các răng sửa đúng và đường kính ngoài của hai răng cắt kể với chúng phụ thuộc vào đường kính dao chuốt, kiểu lắp ghép và cấp chính xác của dao chuốt.
- Hiệu số giới hạn các bước vòng kế nhau và sai số tích lũy giới hạn bước theo vòng tròn phụ thuộc vào đường kính dao chuốt và cấp chính xác của chúng.
- Sai số profile răng sửa đúng so với đường thân khai lý thuyết phụ thuộc vào môđun và số răng của chi tiết.
- Sai lệch trên và dưới của chiều dày răng sửa đúng trên vòng tròn chia phụ thuộc vào các yếu tố trên.
- Độ đảo hướng kính của các răng sửa đúng và hai răng cắt cuối cùng theo đường kính ngoài.
- Độ không song song của các mặt bên thân khai của răng so với đường tâm của dao chuốt.

Việc đo chiều dày các răng sửa đúng của dao chuốt thân khai được thực hiện nhờ các con lăn (hình 5.23c). Vì thế nên bản vẽ dao chuốt thân khai phải chỉ dẫn đường kính con lăn d và kích thước giữa hai con lăn N tính theo các công thức tương ứng cho bánh răng.

Để tạo được các góc sau có trị số nhỏ trên các mặt bên của răng và để giảm khả năng dính kim loại trên các bề mặt bên của răng khi mài dao chuốt theo profile người ta nâng đầu tâm sau của máy một trị số $0,02 \div 0,05$ mm.

Trong trường hợp không có gá để sửa đá mài theo profile thân khai người ta sửa đá theo một cung tròn thay thế cho đường thân khai. Trong trường hợp đó trên bản vẽ phải cho trị số bán kính cung tròn thay thế đường thân khai và tọa độ tâm của cung tròn.

5.9. Dao chuốt ngoài

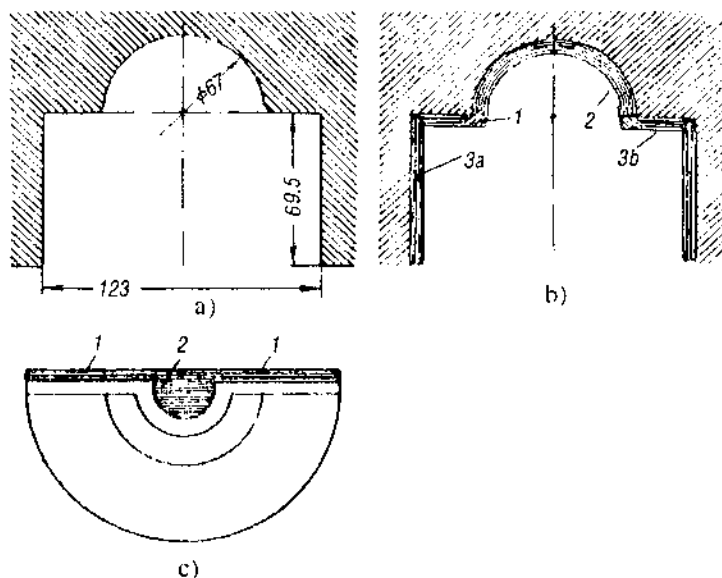
5.9.1. Khái niệm chung

Các bề mặt được gia công bằng dao chuốt ngoài có thể chia ra các dạng chủ yếu sau đây:

1. Các mặt phẳng rộng và hẹp nằm song song hay dưới các góc khác nhau, ví dụ như dưới góc vuông.
2. Các bề mặt trụ lõm và lồi với các đường sinh thẳng.

3. Các bề mặt hình trụ với các đường sinh cong bất kỳ.

Trên hình 5.24a trình bày một prôfin lỗ gia công cho ổ lăn trong khối động cơ của ô tô, còn trên hình 2.24b là sơ đồ phân bố và trình tự cắt lượng dư (chỉ dẫn bằng số) trên các bề mặt chuốt. Ở đây các bề mặt 1, 3a, 3b là mặt phẳng nằm dưới các góc khác nhau, còn bề mặt 2 là hình trụ có đường sinh theo cung tròn. Khi chuốt ngoài cũng như khi chuốt trong, việc hình thành các bề mặt gia công có thể thực hiện bằng



Hình 5.24 Sơ đồ làm việc của dao chuốt ngoài.

a, b) Phân bố và trình tự cắt lượng dư trên prôfin lỗ cho ổ lăn trong khối động cơ ô tô. Phương pháp đồng dạng ; c) Hình thành bề mặt lỗ 2 lắp van bằng phương pháp ăn dần.

phương pháp cắt lớp đồng dạng hay bằng phương pháp ăn dần. Ví dụ như tất cả các bề mặt trình bày trên hình 5.24b được gia công theo phương pháp cắt lớp đồng dạng. Trên hình 5.24c trình bày sơ đồ cắt lớp phôi khi chuốt thô mặt phẳng lắp lỗ cho van của động cơ ô tô. Ở đây mặt lỗ 2 được hình thành bằng phương pháp chuốt ăn dần.

Thông thường chuốt ngoài thường áp dụng cho các phôi đúc và rèn không cần phay phá hay bào phá (chuốt thô).

Trên hình 5.24b trình bày các bề mặt được chuốt thô với lượng dư khoảng 6 mm mỗi bên.

Vì việc điều chỉnh lại máy để chuốt lượt hai thường phức tạp, ngoài ra không phải lúc nào cũng có được một máy chuốt thứ hai và nếu có cũng không hợp lý, nên nếu lượng dư của chi tiết lớn thì đôi khi phải gia công thô bằng phay hoặc bào. Cũng không ít trường hợp như thế người ta dùng phương pháp chuốt chi tiết hai lượt.

Để gia công các bề mặt rộng - các mặt phẳng và các mặt trụ, cũng như trong trường hợp chiều dài dao chuốt lớn, người ta làm chúng theo kết cấu ghép. Điều đó cho phép trong nhiều trường hợp tạo được những kết cấu của dao chuốt có khả năng điều chỉnh được theo chiều cao răng.

Trên hình 5.25 trình bày bản vẽ dao chuốt để gia công prôfin trên hình 5.24b. Trên dao chuốt phân đoạn N°1 gia công cạnh vát và phân đoạn N°3 gia công các mặt phẳng góc có thể điều chỉnh được nhờ chêm K.

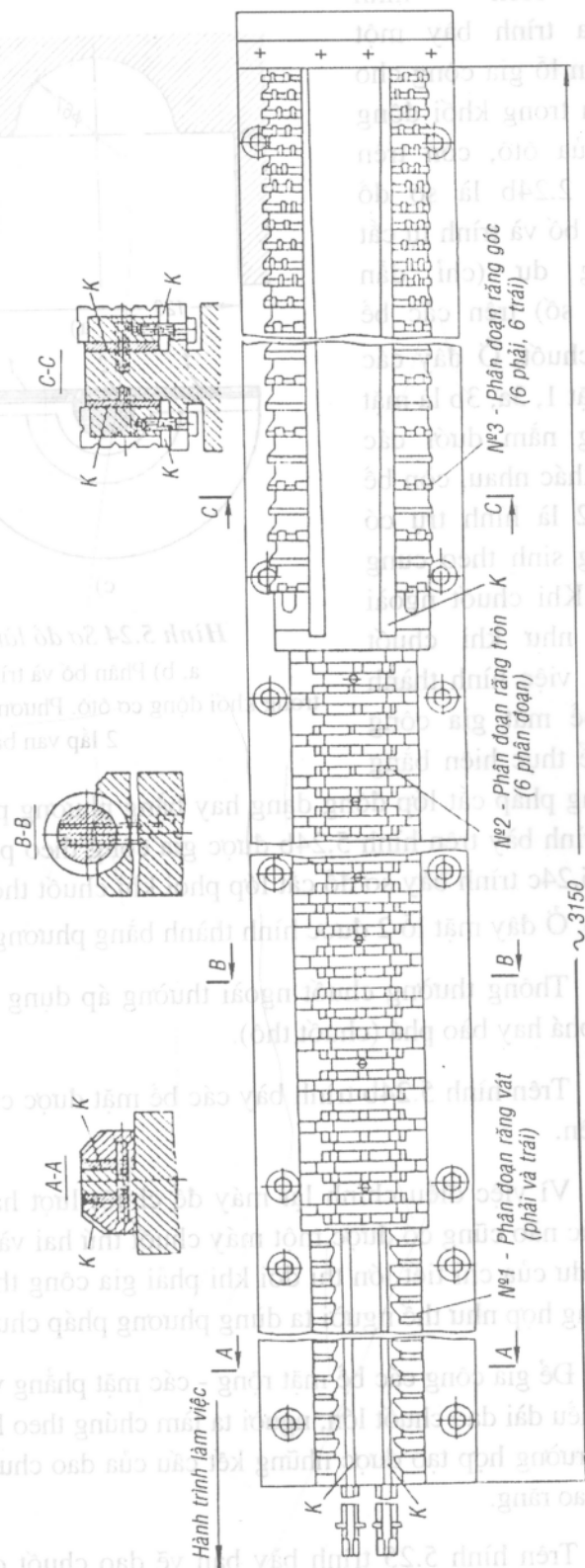
Các dao chuốt hay các phân đoạn riêng biệt của chúng điều chỉnh được theo chiều cao răng nên mài sắc không chỉ theo mặt trước giống như dao chuốt trong mà còn theo mặt sau nữa.

Như đã biết, các dụng cụ cắt kim loại hợp lý nhất là được mài sắc theo các bề mặt mà ở đó trong quá trình cắt có độ mòn lớn nhất, bởi vì trong trường hợp này lớp kim loại được lấy đi khi mài sắc là nhỏ nhất. Về phương diện này kết cấu dao chuốt, có thể điều chỉnh được theo chiều cao và có thể mài sắc theo mặt sau và mặt trước, được coi là hợp lý nhất.

Có nhiều loại dao chuốt, trong số đó có dao chuốt gia công các rãnh hẹp và gia công bề mặt trụ, nếu mài mặt sau sẽ bị mất kích thước và vì thế chỉ được mài theo mặt trước giống như các dao chuốt trong.

5.9.2. Sơ đồ cắt lớp kim loại

Tùy theo mài sắc các mặt nào của dao chuốt đã thiết kế mà chọn sơ đồ cắt lớp kim loại. Đôi khi nếu áp dụng sơ đồ cắt nhóm lớp kim loại thì các phân đoạn của dao chuốt kết cấu ghép sẽ ngắn đến nỗi (nhỏ hơn 80 mm) rất khó lắp vào thân của dao chuốt. Trong những trường hợp đó người ta dùng các sơ đồ cắt nào cho phép dao chuốt có chiều dài phân đoạn lớn hơn 80mm. Vì thế hiện nay đối với chuốt ngoài được dùng các sơ đồ cắt lớp kim loại sau đây:



Hình 5.25 Dao chuốt ngoài kết cấu ghép để chuốt lỗ cho ổ lăn trong động cơ ô tô.

5.9.2.1. Dao chuốt cắt đơn (có lượng nâng cho mỗi răng cắt)

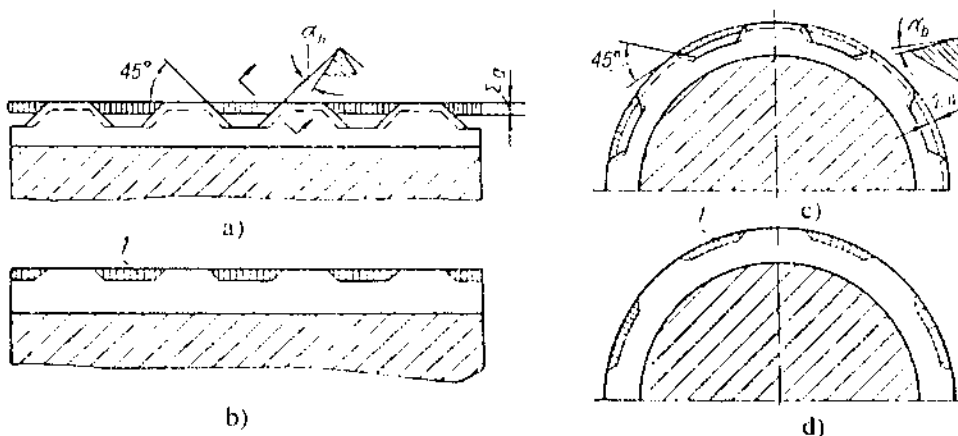
Dao chuốt cắt đơn (có lượng nâng cho mỗi răng cắt) được dùng để gia công các bề mặt hẹp khi không cần chia phoi (chuốt cạnh vát); để cho các phân đoạn tinh khi gia công profin bán nguyệt lõm với độ nhẵn bề mặt $Ra = 5 \div 2,5 \mu m$; khi chuốt tinh các rãnh hay mặt gờ, khi ở các góc của rãnh không cho phép có bán kính lượn hay vát cạnh; cho lượng dư không lớn khi phân đoạn tinh của dao chuốt, thiết kế trên cơ sở các sơ đồ cắt lớp kim loại khác, nhận được quá ngắn (ngắn hơn 80 mm) và không thể kẹp chặt trong thân được, cũng như trong tất cả các trường hợp khi áp dụng các sơ đồ cắt khác đã cho chiều dài dao chuốt lớn hơn.

5.9.2.2. Dao chuốt cắt nhóm có cạnh vát

Dao chuốt cắt nhóm có cạnh vát được áp dụng chủ yếu cho chuốt rãnh khi dao chuốt hay các phân đoạn của chúng có dạng dao chuốt rãnh then, cũng như để gia công các mặt phẳng không rộng (đến 25 mm). Trong trường hợp này ở hai góc răng thứ nhất của nhóm được làm vát như ở dao chuốt then hoa đã trình bày trên hình 5.18 e. Các dao chuốt này cũng chỉ được mài sắc theo mặt trước.

Sơ đồ cắt nhóm với các rãnh vát lõm tròn chủ yếu dùng cho các răng hình trụ của dao chuốt mà chỉ có thể mài lại theo mặt trước. Trong trường hợp mài sắc theo mặt sau các rãnh vát lõm tròn trở nên rất nhỏ không làm nhiệm vụ chia phoi được nữa và phải phục hồi chúng bằng cách mài, như vậy là không hợp lý.

Để chuốt các bề mặt rộng thì hợp lý nhất là dùng sơ đồ hình thang trong đó lượng dư được cắt bằng 2 - 3 phân đoạn của dao chuốt lắp nối tiếp nhau. Sơ đồ làm việc của dao chuốt hai phân đoạn để chuốt mặt phẳng được trình bày trên hình 5.26a, b và để chuốt mặt trụ - trên hình 5.26c, d. Trên các lưỡi cắt của răng phân đoạn thứ nhất (thô) được xẻ rãnh hình thang (h.5.26a, c) với góc profin 45° . Mỗi răng đều có lượng nâng.



Hình 5.26 Sơ đồ làm việc của dao chuốt có sơ đồ cắt răng hình thang.

Sau lượt cắt của phân đoạn thứ nhất lượng dư trên chi tiết Σa (hình 5.26a), được chia bởi các rãnh dọc. Các răng của phân đoạn thứ 2 (tinh) có lưỡi cắt liên (hình 5.26b, d) cũng có lượng nâng trên mỗi một răng. Chúng cắt các phần gờ trên chi tiết 1, do phân đoạn thô để lại và có thể cắt bằng răng tinh và răng sửa đúng.

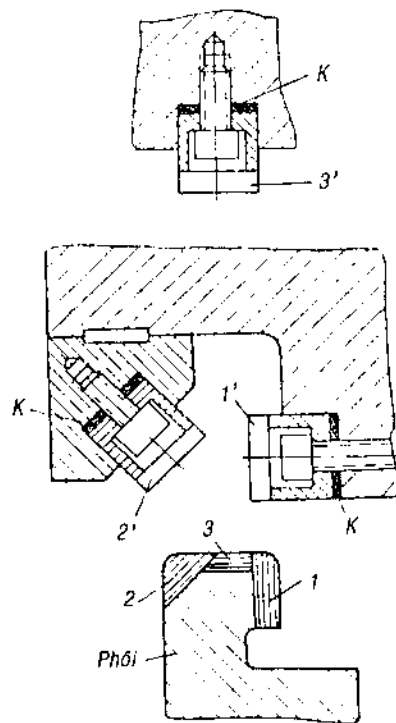
Bởi vì các rãnh trên phân đoạn thứ nhất có chiều sâu lớn hơn lượng dư nên trong trường hợp mài sắc theo mặt sau chúng vẫn tiếp tục làm nhiệm vụ chia phoi. Vì thế dao chuốt có sơ đồ hình thang cắt lớp phoi có thể mài sắc theo mặt trước và mặt sau và đó là một trong những ưu điểm cơ bản của chúng.

Nếu chiều rộng của chi tiết chuốt và lượng dư lớn thì áp dụng 2-3 phân đoạn thô, trên đó các rãnh tương ứng dịch chuyển so với rãnh của phân đoạn thứ nhất.

Để tạo được góc sau α_h trên các mặt bên của hình thang khi mài, phần cuối của dao chuốt phải được nâng lên và các rãnh hình thang được mài thẳng suốt.

Khi gia công các bề mặt giao nhau phức tạp phải dùng phương pháp chuốt riêng từng đoạn của prôfin chi tiết, đặc biệt nếu lực kéo của máy không đủ. Trên hình 5.27 trình bày prôfin chi tiết tạo bởi 3 mặt phẳng giao nhau.

Hợp lý nhất là trước hết nên chuốt đồng thời 2 mặt phẳng 1 và 2 bằng các phân đoạn dao chuốt 1' và 2', sau đó chuốt mặt phẳng 3 bằng phân đoạn 3'. Với trình tự gia công prôfin như thế, kết cấu dao chuốt sẽ đơn giản và dễ điều chỉnh các phân đoạn dao chuốt theo chiều cao nhờ dùng chêm côn K.



Hình 5.27 Chuốt các mặt giao nhau.

5.9.3. Kết cấu dao chuốt ngoài kiểu ghép

Các dao chuốt ngoài thường được thiết kế kết cấu ghép bằng những phân đoạn riêng biệt tương đối ngắn có thể lắp trên một thân chung. Thân này được ghép trên bàn trượt của máy. Kết cấu như thế cho phép tiết kiệm thép gió, chế tạo dao chuốt dễ dàng, điều chỉnh được kích thước theo chiều cao răng sau khi mài sắc và có thể thay thế các phân đoạn riêng biệt trong trường hợp răng bị gãy hay quá mòn.

Các phân đoạn phân lớn được chế tạo với chiều dài từ $100 \div 300$ mm và trong những trường hợp cá biệt người ta có thể dùng các phân đoạn với chiều dài lớn hơn. Chiều rộng các phân đoạn phải lớn hơn chiều rộng mặt chuốt từ $3 \div 6$ mm. Chiều cao của phân đoạn theo răng đầu tiên chủ yếu phụ thuộc vào chiều sâu rãnh thoát phoi và cách kẹp chặt phân đoạn cũng như phụ thuộc vào chiều rộng và chiều dài của chúng. Thông thường chiều cao này nằm trong khoảng $20 \div 30$ mm.

Kết cấu các răng dao chuốt về cơ bản giống như dao chuốt trong. Vì khi chuốt ngoài cả dao chuốt và chi tiết được kẹp chặt cố định và định vị độc lập đối với nhau, nên

quá trình chuốt có thể thực hiện ngay cả trong trường hợp nếu như chỉ có một răng tiếp xúc với chi tiết. Dĩ nhiên trong trường hợp này lực chuốt sẽ bị thay đổi khá nhiều. Vì thế phải cố gắng làm sao cho số răng tham gia cắt đồng thời đủ để đảm bảo cho chuốt được êm.

Khi gia công các bề mặt hở dao chuốt ngoài được chế tạo với các răng nghiêng (hình 5.28a) để tăng thêm độ êm khi chuốt và cho phép thoát phoi ra ngoài. Để có được độ êm hoàn toàn khi chuốt thì góc nghiêng của răng được xác định, như trong trường hợp phay cân bằng khi phay bằng dao phay trụ, xuất phát từ điều kiện là bước răng t đo theo hướng thẳng góc với hướng chuyển động cắt, chia chuẩn với chiều rộng bề mặt chuốt B theo một giá trị c (nguyên), nghĩa là:

$$C = \frac{B}{t}$$

Trên hình 5.28 là trường hợp cụ thể: $B = 2t$, thay $t = t_0 \text{ctg}\beta$.

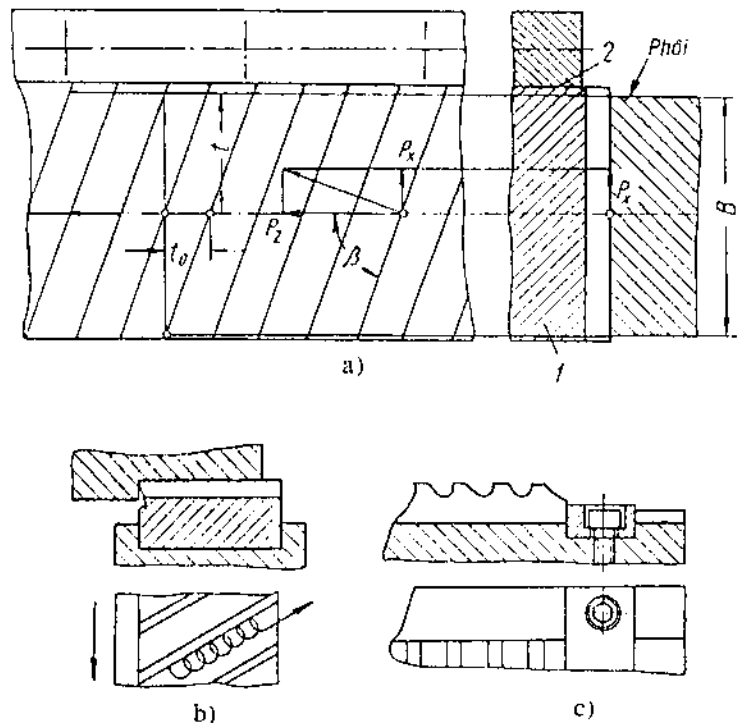
Trong đó: β - góc nghiêng của răng đối với trục dao chuốt.

t_0 - bước răng theo hướng trục dao chuốt.

Ta có:
$$\text{ctg}\beta = \frac{B}{Ct_0}$$

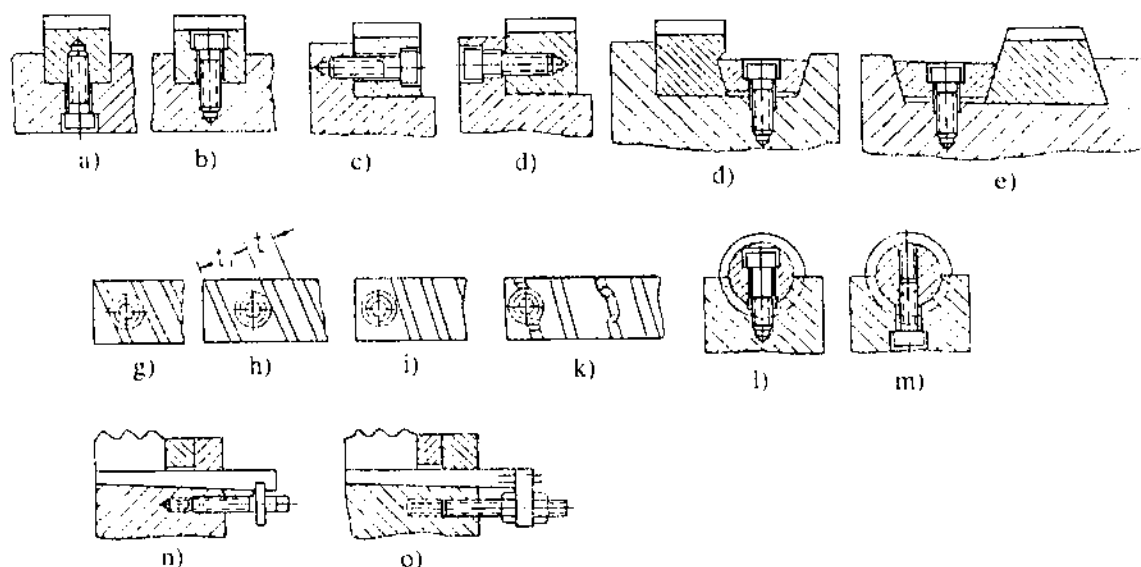
Trong thực tế trị số β lấy bằng $95^\circ, 80^\circ, 75^\circ$ và 70° . Trong trường hợp chuốt bề mặt chỉ hở một bên, hướng răng phải chọn sao cho phoi thoát ra ở bên mặt hở (hình 5.28b).

Dao chuốt răng nghiêng khi làm việc sẽ sinh ra lực P_x , có khuynh hướng đẩy phân đoạn chuốt theo chiều thẳng góc với trục. Hướng của răng phải chọn sao cho lực P_x ép phân đoạn dao chuốt 1 vào mặt chuẩn của thân 2 như trình bày trên hình 5.28a.



Hình 5.28 Các yếu tố kết cấu và sơ đồ làm việc của dao chuốt ngoài

Để chống lực P_c , phân đoạn cuối cùng phải được tỳ vào chốt cứng có kết cấu trình bày trên hình 5.28c. Các phương pháp kẹp chặt các phân đoạn vào thân được trình bày trên hình 5.29. Kẹp chặt theo hình 5.29a và 5.29d khi ren ở ngay trên phân đoạn nhỏ, gọn hơn khi xiết ren trên thân dao chuốt (h.5.29b và c) bởi vì như thế có thể lắp các phân đoạn với tiết diện ngang nhỏ, và vít không vượt quá lưỡi cắt của răng. Song kẹp chặt theo hình 5.29a và b đòi hỏi khi chế tạo lại các phân đoạn phải đảm bảo đúng khoảng cách giữa các lỗ ren, còn kẹp chặt theo hình 5.29a không cho phép lắp được các phân đoạn mà không cần tháo thân dao chuốt ra, đôi khi điều này rất dễ thực hiện.



Hình 5.29 Các phương pháp kẹp chặt và điều chỉnh các phân đoạn dao chuốt ngoài trong thân dao.

Kẹp chặt bằng các khối V trên hình 5.29e sẽ tăng tiết diện ngang của các phân đoạn lên và như vậy dẫn đến tiêu hao nhiều thép gió. Kẹp chặt theo hình 5.29d khắc phục được nhược điểm trên.

Vị trí các vít kẹp chặt ở hình chiếu bằng được thể hiện trên hình 5.29g, k. Ở dao chuốt cắt đơn kẹp chặt theo hình 5.29g làm cho lưỡi cắt bị gián đoạn. Vì thế nên đôi khi ở chỗ kẹp chặt, bước được làm lớn hơn (hình 5.29h). Kẹp chặt ở các đầu cuối phân đoạn (hình 5.29i) không nên làm vì sẽ làm tăng chiều dài dao chuốt. Dao chuốt cắt nhóm cho phép các vít kẹp chặt các phân đoạn không đi xuyên qua lưỡi cắt của răng (hình 5.29k).

Các phân đoạn có chiều rộng đến 60 mm được xiết bằng một dây vít, còn với chiều rộng lớn hơn - bằng hai dây vít.

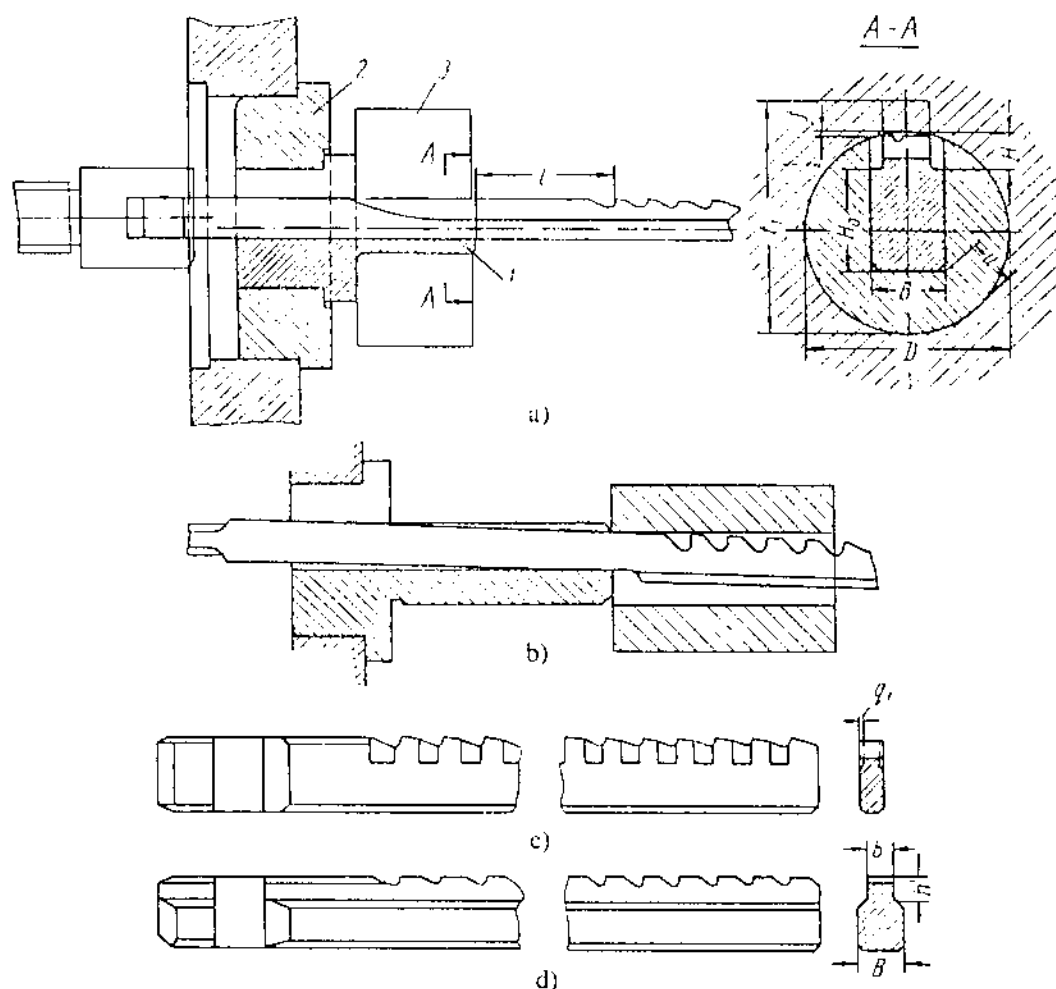
Trên hình 5.29l, m trình bày kết cấu kẹp chặt các phân đoạn gia công mặt trụ. Ở đây dao chuốt sau khi mòn có thể quay đi 180° trong ụ đỡ và như vậy tuổi bền sẽ được tăng lên gấp đôi.

Việc điều chỉnh các phân đoạn dao chuốt trong một bộ theo chiều cao răng được

thực hiện nhờ các chêm côn (hình 5.29n, o) điều chỉnh ra vào bằng đầu vít. Đầu dây của chêm côn thường nằm ở phía răng sửa đúng. Đầu mỏng của chêm côn nhỏ nhất là 2 mm.

5.10. Dao chuốt rãnh then

Dao chuốt rãnh then dùng để chuốt các rãnh then trong các lỗ trụ. Nguyên tắc làm việc của dao chuốt rãnh then được trình bày trên hình 5.30a. Người ta lắp vào lỗ của vòng đỡ 2 của máy chuốt ngang một trục gá dẫn hướng 1 dùng để định vị chi tiết chuốt 3; đuôi dao chuốt được xiết trong đầu kẹp của máy; khi dao chuốt đi qua sẽ tạo thành rãnh then trong chi tiết.



Hình 5.30 Các kết cấu của dao chuốt rãnh then

Theo nguyên lý làm việc, dao chuốt rãnh then đóng vai trò trung gian giữa dao chuốt trong và dao chuốt ngoài. Giống như dao chuốt trong, dao chuốt rãnh then có đuôi, mặt khác như dao chuốt ngoài, dao chuốt rãnh then chuốt một đường biên hình chữ nhật hờ, có vị trí xác định so với đường tâm của chi tiết, và không có phần định hướng trước và định hướng sau.

Dao chuốt rãnh then có thể làm việc theo một trong hai phương pháp.

Phương pháp thứ nhất thường áp dụng trong sản xuất hàng loạt, sau mỗi một hành trình dao chuốt được tháo ra khỏi máy để lắp chi tiết vào.

Ở phương pháp thứ hai việc lắp chi tiết được thực hiện khi dao chuốt lắp với máy. Trong trường hợp này đôi khi chuỗi dao chuốt có ren để gắn vào máy chặt hơn. Ngoài ra dao chuốt phải có thêm một đoạn l để có thể lắp chi tiết vào trục gá dẫn hướng (hình 5.30a). Chiều dài đoạn này có thể giảm bớt nếu vát đi ở phần dưới dao chuốt trên phần chiều dài trục gá dẫn hướng như trình bày trên hình 5.30b. Hạ dao chuốt xuống nhờ độ nhún của nó và có thể lắp chi tiết vào trục dẫn hướng mà không chạm vào phần cắt của dao chuốt.

Dao chuốt rãnh then được thiết kế có hai kiểu chủ yếu.

Kiểu một có tiết diện thân hình chữ nhật, có chiều rộng danh nghĩa bằng chiều rộng của rãnh then được chuốt (hình 5.30c), và kiểu có tiết diện thân dày hơn, có chiều rộng $B \approx b + (2 \div 6)$ trong đó b là chiều rộng rãnh then (hình 5.30d). Ngoài ra, trong sản xuất hàng khối, người ta dùng dao chuốt tổ hợp có tiết diện thân hình trụ, gia công lỗ và rãnh then trong cùng một lần cắt.

Tiết diện thân dao chuốt rãnh then phải đáp ứng các yêu cầu sau đây:

1. Độ bền ứng với các trị số nêu trong mục 5.3 (Lực cắt khi chuốt và tính toán độ bền của dao chuốt); trong đó tải trọng tác dụng trên dao chuốt phải được xem như không đối xứng.

2. Chiều cao vai h phải chọn sao cho khi mài các góc ở vai không chạm vào lỗ của chi tiết $h \approx 1,25h_1$, sơ bộ lấy $h \approx 1,25h_1$, trong đó h_1 là chiều sâu rãnh răng thứ nhất, ngoài ra phải cố gắng đạt: $H_n \geq B$ (hình 5.30a).

3. Trị số thành dày u (hình 5.30a) của trục gá định hướng không được nhỏ hơn $0,15D$, trong đó D - đường kính lỗ. Chiều cao thân dao chuốt H được làm cố định trên suốt chiều dài dao chuốt, còn chiều cao vai - thay đổi tùy theo chiều cao dao chuốt thay đổi. Đối với dao chuốt tiết diện chữ nhật trên các mặt bên có mài các rãnh chiều sâu $q = 0,05 \div 0,1$ mm (hình 5.30c) để giảm ma sát giữa thân dao chuốt và trục gá dẫn hướng. Chiều rộng thân dao chuốt được chế tạo với dung sai theo lắp ghép lỏng.

Việc tính toán kết cấu và hình dạng răng dao chuốt rãnh then thông thường giống như dao chuốt then hoa. Dao chuốt rãnh then có thể làm việc theo sơ đồ cắt đơn hay cắt nhóm. Sơ đồ hợp lý nhất là sơ đồ cắt nhóm với số răng trong nhóm là 2 và với 2 răng vát góc trên răng đầu tiên như trình bày trên hình 5.18c, ở đây răng sửa đúng cuối cùng thường làm với chiều dài bằng $1,5t$ (t - bước răng).

Khi xác định lượng dư chung cho dao chuốt rãnh then cần phải kể đến trị số cung cong f , có nghĩa là, chiều dày lớp cắt tổng cộng A như sau: $A = t_1 - D + f$ (xem hình 5.30a).

Để gia công hàng loạt chi tiết, dao chuốt rãnh then thường không chế tạo theo

bộ. Trong trường hợp cần thiết phải gia công các rãnh then bằng nhiều lần chuốt, người ta chỉ sử dụng một dao chuốt và các tấm đệm kích thước thay đổi giữa dao chuốt và đáy rãnh của trục gá dẫn hướng có kích thước thay đổi. Đối với sản xuất hàng khối người ta thường dùng dao chuốt theo bộ.

Giống như các dao chuốt ngoài, dao chuốt rãnh then có thể mài sắc mặt trước cũng như mặt sau của răng, bởi vì việc giảm kích thước răng theo chiều cao có thể bù trừ bằng cách tăng chiều dày tấm đệm căn lên. Để tăng số lần mài sắc lại dao chuốt, khi mài sắc chúng theo mặt sau, người ta cố gắng làm tăng chiều cao răng (chiều sâu của rãnh thoát phoi) lên hết mức.

CHƯƠNG 6

Trong ngành chế tạo máy các chi tiết có ren chiếm một khối lượng khá lớn trong các mối lắp ghép hoặc truyền động bằng ren. Các loại ren và profin ren đã được tiêu chuẩn hóa: ren hệ mét, ren tam giác, ren hình thang, ren ống, v.v..

Có nhiều phương pháp gia công ren với những dụng cụ khác nhau:

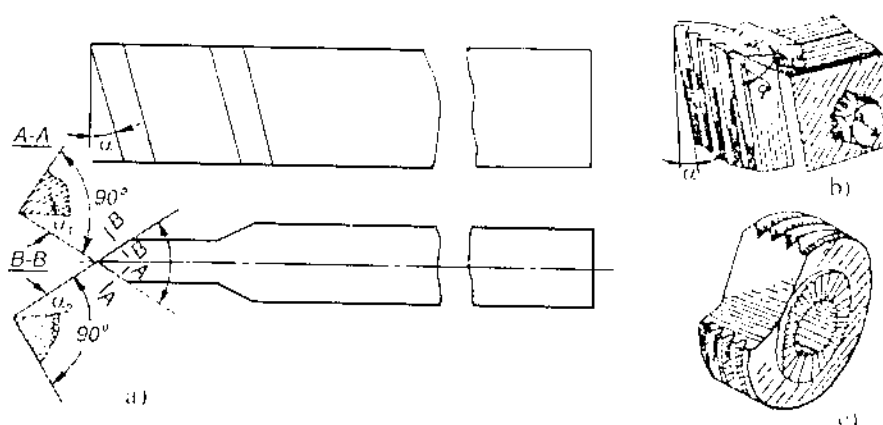
- Dụng cụ cắt ren bằng phương pháp cắt ra phôi: dao tiện ren, ta rô, bàn ren, dao phay ren, đá mài ren, v.v...

- Dụng cụ gia công ren bằng phương pháp biến dạng dẻo: cán ren bằng con lăn cán, bàn cán ren.

6.1. Dao tiên ren

6.1.1 Công dụng và phân loại

Dao tiện
ren được dùng
để cắt ren
ngoài, ren
trong các loại
trên máy tiện
ren vít vạn
năng hoặc
chuyên dùng.
Dao tiện ren
có nhiều loại.
Dao tiện ren
đơn (một răng
cắt), hình
6.1a, dao tiện



Hình 6.1 Các loại dao tiên ren

ren hình lược lăng trụ có nhiều răng, hình 6.1b và dao tiện ren hình lược hình tròn hình 6.1c. Dao tiện ren hình lược có thể coi như ghép nhiều con dao tiện ren đơn.

6.1.2 Dao tiên ren đơn

Dao tiện ren đơn giống như dao tiện đơn để cắt ren trên máy tiện ren vít vạn năng. Profil lưỡi cắt dao được thiết kế phải phù hợp với profil ren được cắt (ren tam giác, hình 6.2, ren vuông, ren hình thang, v.v...). Vật liệu phần cắt của dao được làm bằng thép gió hoặc hợp kim cứng.

Dao tiện ren đơn có hai lưỡi cắt chính (hình 6.2).

Khi cắt ren do có chuyển động chạy dao dọc nên giá trị các góc sau động (khi cắt) ở hai lưỡi cắt trái và phải thay đổi khác nhau.

- Góc sau ở lưỡi cắt trái: $\alpha_{1c} = \alpha_1 - \mu$ (6.1)

- Góc sau ở lưỡi cắt phải: $\alpha_{fc} = \alpha_f + \mu$ (6.2)

Trong đó: α_{lc} - góc sau ở lưỡi cắt bên trái khi cắt.
 α_l - góc sau ở lưỡi cắt bên trái ở trạng thái tĩnh (góc sau sau khi mài).
 α_{fc} - góc sau ở lưỡi cắt bên phải khi cắt.
 α_f - góc sau ở lưỡi cắt phải ở trạng thái tĩnh.
 μ - đại lượng thay đổi góc sau.

Góc μ có thể được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \mu = \operatorname{tg} \tau \cdot \cos \frac{\varepsilon}{2} \quad (6.2')$$

Trong đó: τ - góc nâng của ren.

ε - góc prôfin ren.

Trong thực tế nếu $\tau = 3^\circ \div 4^\circ$, $\varepsilon = 55^\circ \div 60^\circ$ thì giá trị μ nhỏ. Đối với ren hình thang và ren vuông, bước lớn thì giá trị góc μ khá lớn trong các trường hợp đó phải tính lại góc sau.

Góc trước γ được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công và có thể được chọn như dao tiện định hình, có thể coi dao tiện ren đơn như một dao tiện định hình.

Nếu chọn $\gamma \neq 0$ thì prôfin dao tiện ren phải được tính lại dựa vào prôfin ren của chi tiết. Cách tính giống như tính đối với dao tiện định hình lăng trụ hoặc hình tròn (hình 6.3).

Trên hình 6.3 có các thông số:

ε - góc prôfin ren trong tiết diện qua trục.

γ - góc trước.

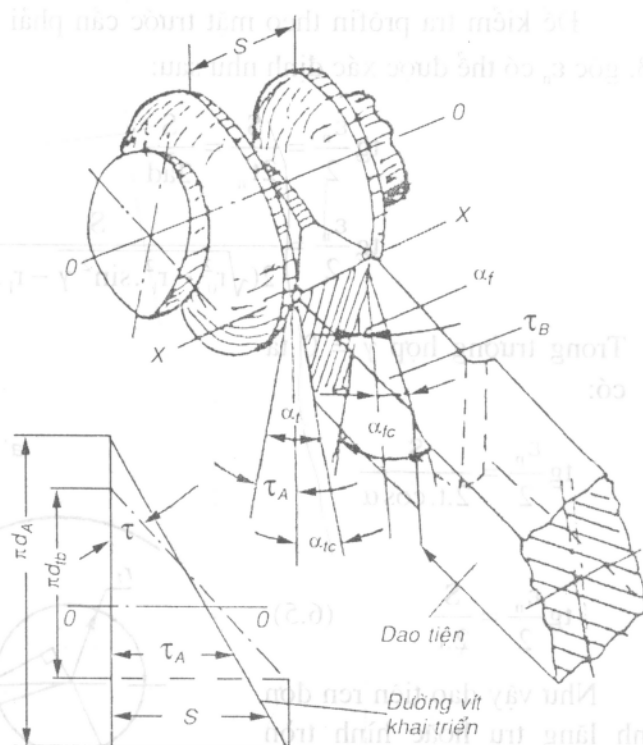
S - bước ren.

t - chiều sâu ren chi tiết trong tiết diện qua trục ren.

ε_p - góc prôfin dao tiện trong tiết diện vuông góc với mặt sau.

ε_n - góc prôfin dao tiện trong tiết diện mặt trước.

t_p - chiều cao prôfin dao trong tiết diện vuông góc với mặt sau.



Hình 6.2. Dao tiện ren đơn

Để đảm bảo cắt được ren có góc profin là $\frac{\varepsilon}{2}$ cần phải tính góc profin dao tiện ren ở tiết diện vuông góc với mặt sau dao để chế tạo được dao tiện ren. Theo hình 6.3 các thông số của dao tiện ren có thể được tính như sau:

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_p}{2} = \frac{S}{2t_p}; \quad t_p = \overline{ad} \cos(\gamma + \alpha)$$

$$\overline{ad} = \sqrt{r_0^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma} - r_1 \cdot \cos \gamma$$

Trong đó: r_0 – bán kính đỉnh ren.

r_1 – bán kính chân ren.

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_p}{2} = \frac{S}{2[\sqrt{r_0^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma} - r_1 \cdot \cos \gamma] \cdot \cos(\gamma + \alpha)} \quad (6.3)$$

Để kiểm tra profin theo mặt trước cần phải tính góc profin ε_n . Theo sơ đồ hình 6.3, góc ε_n có thể được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{S}{2t_n} = \frac{S}{2\overline{ad}}$$

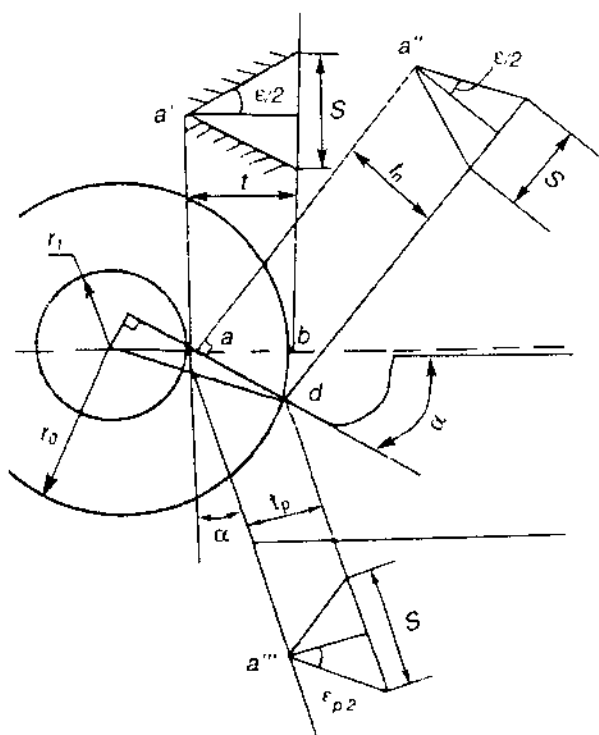
$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{S}{2(\sqrt{r_0^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma} - r_1 \cdot \cos \gamma)} \quad (6.4)$$

Trong trường hợp $\gamma = 0$ ta có:

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_p}{2} = \frac{S}{2 \cdot t \cdot \cos \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{S}{2 \cdot t} \quad (6.5)$$

Như vậy dao tiện ren đơn hình lăng trụ hoặc hình tròn (đĩa) được tính toán như dao tiện định hình hình lăng trụ hoặc hình tròn. Dao tiện ren hình lược (đĩa hoặc lăng trụ) có nhiều răng cắt nhờ có góc nghiêng φ ở phần côn cắt (hình 6.1b và c) nên tải trọng phân bố trên lưỡi cắt đều hơn. Vì vậy khi cắt bằng dao tiện răng lược có thể tăng năng suất cắt.



Hình 6.3 Sơ đồ tính toán profin dao tiện ren

Thông thường phần cắt có góc nghiêng φ (khoảng $1,5 \div 2,5$ vòng ren). Phần sửa đúng khoảng $4 \div 6$ vòng ren.

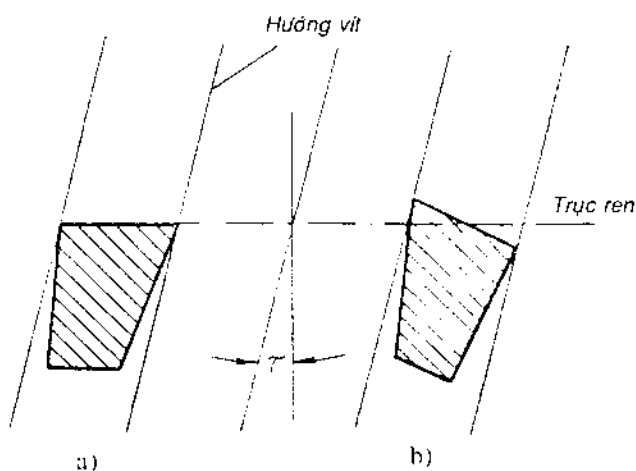
6.1.3 Dao tiện ren hình thang

Khi cắt ren hình thang hoặc tiện các trục vít dao tiện được gá đặt sao cho lưỡi cắt đỉnh nằm ở đáy rãnh theo chiều trục (tiết diện chiều trục, hình 6.4a) hoặc vuông góc với đường vít trung bình (tiết diện pháp tuyến hình 6.4b).

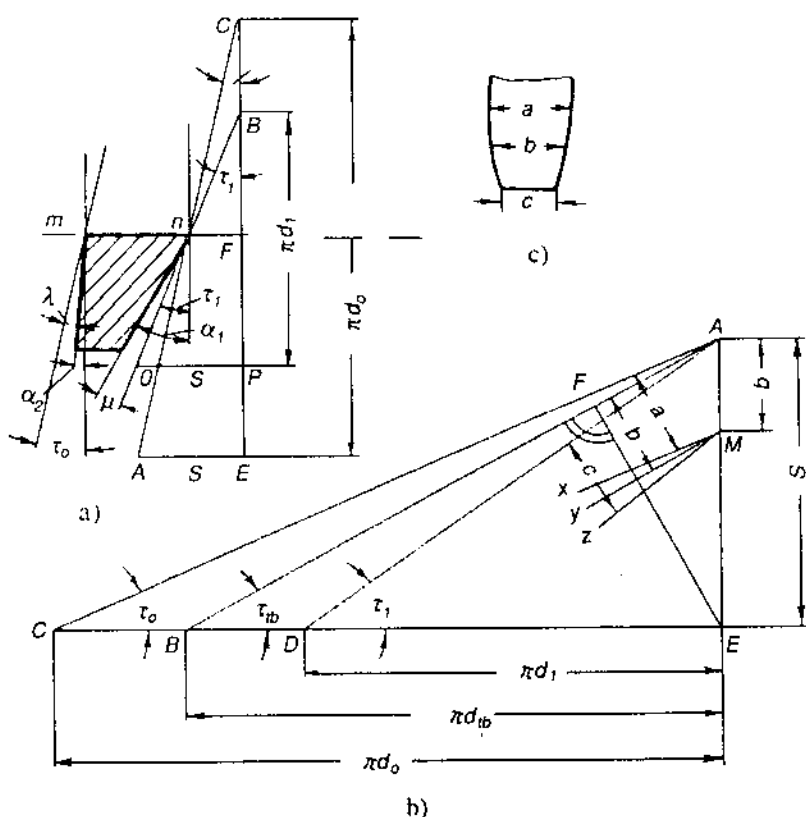
Trong trường hợp thứ nhất, các lưỡi cắt bên thẳng của dao tiện như là đường sinh của bề mặt xoắn vít acsimet nên việc chế tạo dao tiện đơn giản.

Nhược điểm của trường hợp này là góc sau α ở hai bên trong quá trình cắt thay đổi khác nhau và do đó điều kiện cắt của hai lưỡi bên không giống nhau. Đặc biệt cần chú ý là lưỡi cắt bên trái vì góc sau α_1 trong quá trình cắt giảm đi một lượng là μ công thức (6.1).

Trong trường hợp thứ hai, điều kiện cắt ở hai lưỡi trên như nhau, song thiết kế và chế tạo dao tiện phức tạp hơn vì profin lưỡi cắt không thể là đường thẳng và cần phải tính toán hiệu chỉnh. Trong trường hợp này thường được dùng để gia công sơ bộ vì chưa yêu cầu độ chính xác cao và chiều rộng profin



Hình 6.4 Gá đặt dao tiện khi cắt ren hình thang



Hình 6.5 Sơ đồ xác định các góc sau và chiều rộng dao tiện.

dao tiện ren ở đường kính trung bình được chế tạo nhỏ hơn chiều rộng lý thuyết một lượng khoảng $0,4 \div 0,5$ mm lượng dư cho nguyên công gia công lần cuối.

Để cải thiện điều kiện cắt, dao tiện cần phải có các góc sau α_1, α_2 ở hai lưỡi cắt bên (hai mặt sau bên). Giá trị của chúng phụ thuộc vào góc nâng của ren, mà các góc đó lại thay đổi dọc theo lưỡi cắt (hình 6.5a)

Tại khoảng cách bước ren S $\overline{AE} = \overline{OP}$ và tương ứng với các đường kính khác nhau d_0, d_1 có hai đường khai triển $\overline{AC}$ và $\overline{OB}$ của các đường vít tương ứng có góc nâng khác nhau τ_0 (đối với điểm ứng với đường kính ngoài d_0) và τ_1 (đối với điểm ứng với đường kính trong d_1).

Các mặt sau bên của dao tiện cần phải được phân bố phía trong hai đường đó. Ví dụ, đối với phía phải $\alpha_1 = \tau_1 + \mu$; đối với phía trái $\alpha_2 = \tau_0 - \lambda$; trong đó $\mu = 2^\circ \div 3^\circ$, $\lambda = 0 \div 3^\circ$.

Trên hình 6.5b trình bày cách xác định profin dao tiện khi làm việc theo phương pháp thứ 2. Các đường AC, AB và AD tương ứng với các đường vít ứng với các đường kính d_0, d_1, d_1 . Lưỡi cắt EF phân bố vuông góc với đường vít trung bình AB (hình 6.5b). Điểm M cách A một đoạn bằng b bằng chiều rộng rãnh giữa các đường vít, các đường thẳng M_x, M_y, M_z song song với các đường vít khai triển tương ứng. Các khoảng cách a, b, c là các chiều rộng dao tiện tại các điểm ứng với các đường kính khác nhau. Profin dao tiện nhận được là đường cong (hình 6.5c). Khi cắt ren hình thang và trục vít có góc nâng lớn, dao tiện được đặt sao cho các lưỡi cắt nằm trong tiết diện pháp tuyến với đường vít. Nếu trục vít là trục acsimet thì profin thẳng ở trong tiết diện chiều trục. Đối với ren acsimet profin của dao tiện ở tiết diện pháp tuyến phải là đường cong. Các lưỡi cắt phải là đường cong, do đó có sai lệch so với profin lý thuyết.

6.2. Tarô (TCVN 3090 – 79 ÷ 3092 – 79)

6.2.1 Công dụng và phân loại

Tarô được dùng để cắt hoặc sửa đúng ren trong. Tùy theo công dụng tarô có thể được phân ra các loại sau:

- Tarô tay (hình 6.6a) được dùng để cắt ren bằng tay, được chế tạo thành từng bộ gồm hai hoặc ba chiếc.
- Tarô máy được dùng để cắt ren trên máy tiện, máy khoan, máy tự động, máy chuyên dùng... (hình 6.6b).
- Tarô đai ốc được dùng để gia công đai ốc trên các máy chuyên dùng (hình 6.6 c,g) và có thể có đầu cong (hình 6.6d).
- Tarô gia công thô và tinh bàn ren (hình 6.6 e, h).
- Tarô dùng để gia công ren ống (hình 6.6k).

6.2.2 Các thành phần kết cấu của tarô

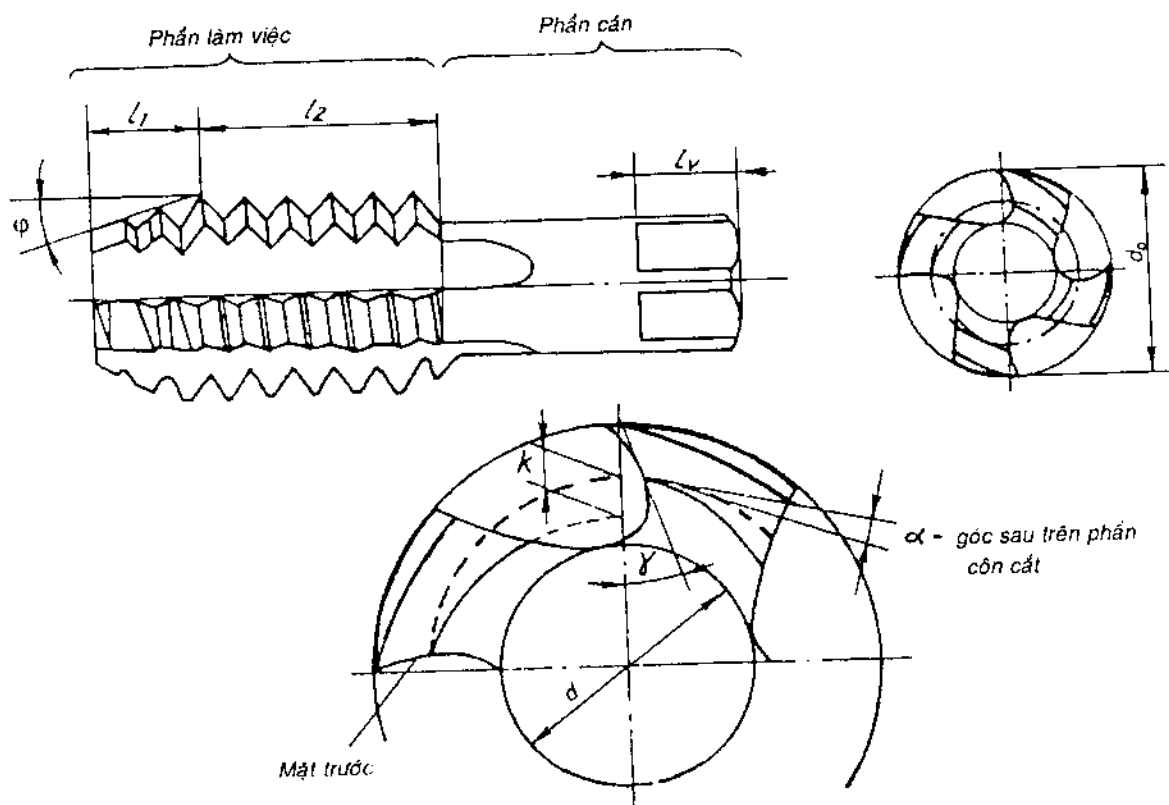
Các thành phần kết cấu và kích thước cơ bản của tarô đã được tiêu chuẩn hóa theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN).



6.2.2.1 Phần cắt

Chiều dài phân cắt có ảnh hưởng đến năng suất cắt, tuổi bền của tarô và độ chính xác của ren cắt. Tiết diện ngang của lớp cắt có thể được coi như có dạng hình thang với chiều dày lớp cắt là a' và chiều rộng là b (hình 6.8). Vì góc φ không lớn nên chiều dày cắt a có thể đo trong tiết diện vuông góc với trục tarô: $a' = a \cos \varphi$. Thông thường chiều dày cắt a trên toàn bộ phần cắt được xác định như nhau theo công thức:

Trong đó : p – số ren cắt trên phần cắt
 h - chiều cao thực tế ren



Hình 6.7 Thành phần kết cấu của tarô

Chiều cao h được xác định theo công thức:

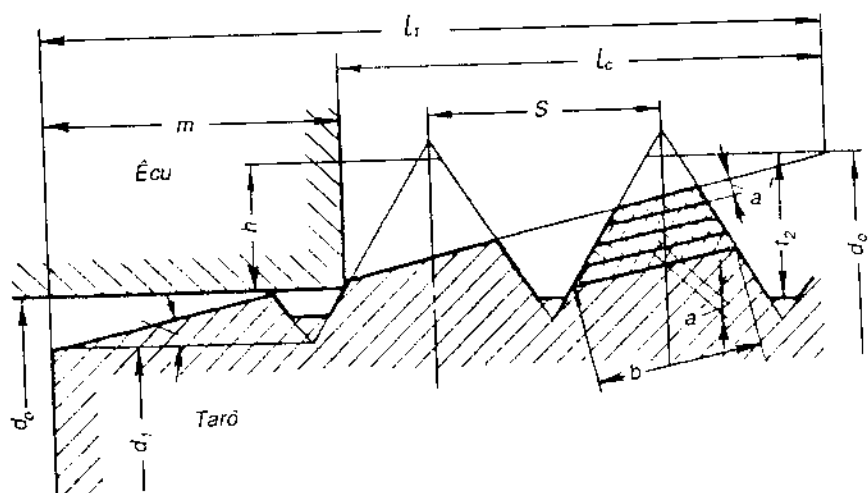
$$h = \frac{d_0 - d_c}{2} \quad (6.7)$$

Trong đó:

d_0 - đường kính ngoài của ren.

d_c - đường kính lỗ khoan trước khi tarô.
 d_c lớn hơn đường kính trong d_1 của ren, $d_c > d_1$.

Đại lượng h có thể được xác định như sau:



Hình 6.8. Phần côn cắt của tarô

$$h = l_c \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (6.8)$$

Trong đó l_c - chiều dài làm việc của phần côn cắt có thể được xác định theo công thức:

$$l_c = \frac{d_0 - d_c}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad (6.9)$$

Số ren phần côn cắt tham gia cắt p được xác định theo công thức:

$$p = \frac{l_c \cdot n}{S} \quad (6.10)$$

Trong đó: n – số răng tarô.

S – bước ren

Do đó:
$$a = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \varphi}{n} \quad (6.11)$$

Đường kính đầu mút phần côn cắt của tarô d_t cần chọn nhỏ hơn đường kính mũi khoan khoan lỗ trước khi tarô để dẫn hướng tốt tarô đi vào lỗ. Đường kính d_t tiện của tarô được chọn phụ thuộc vào lượng vào tự do của tarô vào lỗ khoan m .

Giá trị m có thể được xác định theo công thức $m = f \cdot l_1$

Trong đó $f = 0,3 \div 0,18$ đối với tarô từ 2 đến 30 mm. Đường kính đầu mút của tarô có thể được tính theo công thức

$$d_t = d_c - 2m \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (6.12)$$

$$d_t = d_c - 2f \cdot l_1 \operatorname{tg} \varphi$$

Chiều dài phần côn cắt:

$$l_1 = \frac{d_0 - d_t}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi} = \frac{d_0 - d_c}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot (1 - f)} \quad (6.13)$$

Trong đó d_0 lấy bằng giới hạn dưới của đường kính ngoài là giá trị nhỏ nhất của đường kính ngoài. Góc côn phần cắt được xác định dựa vào chiều dày cắt đã cho a . Từ công thức (6.11) ta có:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a \cdot n}{S} \quad (6.14)$$

Sự thay đổi góc φ không lớn, thường được chọn thống nhất cho các tarô cùng một loại. Ví dụ, đối với các loại tarô đai ốc có đường kính từ 2 ÷ 30 mm góc φ được chọn là $3^\circ 30'$.

Chiều dày cắt a không chọn nhỏ hơn bán kính vẽ tròn của lưỡi cắt. Đối với tarô thép gió bán kính đó khoảng 0,015mm. Theo tiêu chuẩn, đối với các loại tarô đai ốc phần côn cắt được chọn thống nhất bằng 12 bước ren cắt. Các loại tarô máy, đối với lỗ không thông l_1 được chọn bằng hai ren cắt. Đối với lỗ thông l_1 được chọn bằng 6 ren cắt (góc $\varphi = 6^\circ 30'$). Trong trường hợp dùng bộ hai tarô thì đối với tarô thô l_1 lấy bằng 6 ren

cắt còn tarô tinh lấy bằng hai ren cắt. Đối với tarô tay l_1 được chọn phụ thuộc vào dạng lỗ và số lượng tarô trong bộ. Với các lỗ thông, khi cắt bằng một tarô thì $l_1 = 8$ ren cắt, $\varphi = 5^\circ$. Khi cắt bằng hai tarô, tarô thô $l_1 = 6$ ren cắt, tarô tinh $l_1 = 2$ ren cắt. Trong trường hợp sử dụng bộ ba Ta-rô lỗ thông và không thông, nên dùng đối với tarô thô: $l_1 = 5$ ren cắt, tarô thứ hai $l_1 = 2,5$ và tarô tinh (thứ ba): $l_1 = 1,5$ ren cắt. Tarô có phần côn cắt ngắn được dùng phổ biến hơn so với loại phần cắt dài, vì có một số ưu điểm sau:

- 1) Giảm lực cắt đơn vị vì cắt một tiết diện lớp cắt lớn.
- 2) Giảm mômen xoắn trong tất cả các trường hợp trừ khi cắt đai ốc ngắn.
- 3) Giảm lực ma sát và chèn phoi tránh bị gãy vỡ.
- 4) Giảm thời gian máy khi cắt ren bằng tarô.
- 5) Tiết kiệm vật liệu dụng cụ và giảm giá thành chế tạo tarô.
- 6) Nhiệt luyện dễ hơn.

Phần cắt của tarô cần được chế tạo chính xác đảm bảo dẫn hướng tốt khi tarô đi vào lỗ cắt ren. Theo tiêu chuẩn, dao động hướng kính của các răng cắt không vượt quá $0,03 \div 0,04$ mm đối với tất cả các loại tarô có mài ren, không lớn hơn $0,06 \div 0,08$ mm đối với tarô máy và tarô đai ốc và không lớn hơn $0,08 \div 0,1$ đối với tarô tay không mài ren.

6.2.2.2 Phần sửa đúng của tarô

Phần sửa đúng l_2 (hình 6.7) của tarô có tác dụng sửa đúng ren và định hướng tarô, đồng thời cũng là phần dự trữ khi mài lại tarô.

Răng đầu tiên của phần sửa đúng có nhiệm vụ sửa đúng ren, phần còn lại có tác dụng định hướng tốt tarô khi đi vào lỗ. Để giảm ma sát khi làm việc, phần sửa đúng của tarô được chế tạo có độ côn ngược (đường kính nhỏ dần về phía cán) là $0,05 \div 0,01$ mm trên 100 mm chiều dài.

Sau khi mài lại nhiều lần, chiều dài phần sửa đúng không được nhỏ hơn các giá trị sau:

- Đối với ren bước lớn $l_2 \geq 0,5d_0$.
- Đối với ren bước nhỏ $l_2 \geq (1,2 \div 1)d_0$.
- Đối với Ta-rô đai ốc $l_2 \geq 0,6H$.

Trong đó: d_0 - đường kính ngoài tarô.

H - chiều cao đai ốc.

Chiều dài phần sửa đúng l_2 có ảnh hưởng đến mômen xoắn và định hướng của tarô. Chiều dài l_2 nhỏ mômen xoắn nhỏ hơn nhưng định hướng kém. Chiều dài phần sửa đúng l_2 đối với tarô tay và tarô máy có thể được chọn sơ bộ bằng $(6 \div 12)S$.

6.2.2.3 Số rãnh và dạng rãnh.

Số lượng rãnh của tarô có ảnh hưởng đến chiều dày cắt và mômen xoắn khi cắt. Số rãnh của tarô được chọn phụ thuộc vào đường kính tarô và vật liệu gia công. Số rãnh

của tarô có thể được chọn theo bảng 6.1

Bảng 6.1 Số rãnh của tarô chọn theo đường kính ngoài

Vật liệu gia công	Đường kính ngoài tarô (mm)						
	2 ÷ 6	8 ÷ 14	16 ÷ 20	22 ÷ 24	27 ÷ 30	33 ÷ 36	39 ÷ 52
Kim loại đen	2 ÷ 3	3	3	3	4	4	4 ÷ 6
Kim loại màu	2	2 ÷ 3	3	3	4	4	4 ÷ 6

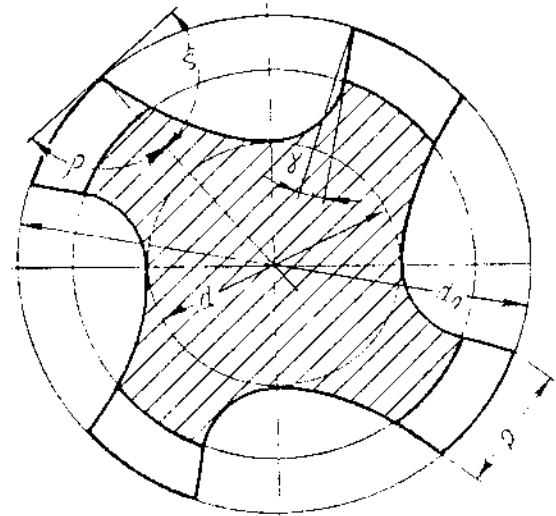
Prôfin rãnh của tarô phải được tính toán và lựa chọn sao cho đảm bảo không gian chứa phoi, thoát phoi tốt và không cắt lẹm vào ren. Khi quay tarô ngược lại không làm dính phoi hoặc kẹt phoi giữa bề mặt chi tiết gia công và tarô. Bề mặt rãnh phải trơn không có chỗ chuyển tiếp đột ngột gây ra nứt khi nhiệt luyện.

Các thông số cơ bản của prôfin rãnh tarô là (hình 6.9): số rãnh, đường kính lõi d , chiều rộng p , góc trước γ .

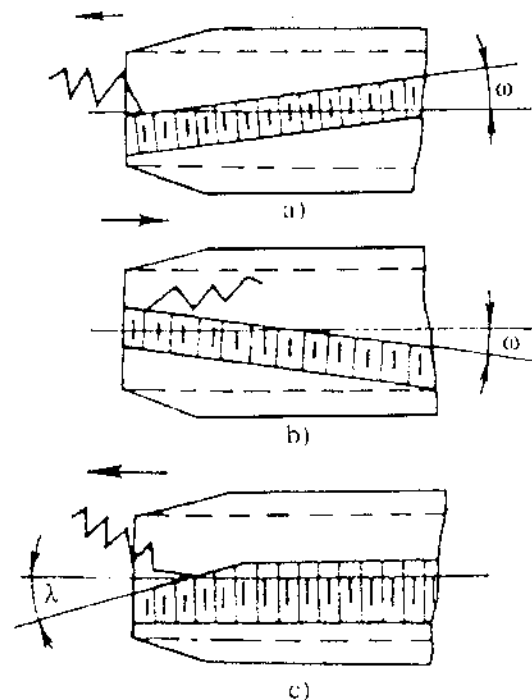
Góc ξ ở phần không làm việc của răng. Đối với tarô tiêu chuẩn để dễ chế tạo thường được làm rãnh thẳng. Khi gia công ren có độ chính xác cao như ren của bàn ren hay ren trong lỗ sâu để dễ thoát phoi tarô có thể được chế tạo rãnh xoắn (hình 6.10).

Để gia công ren trong lỗ sâu tarô được làm rãnh xoắn trái (hình 6.10a). Góc xoắn ω thường được chọn từ $10 \div 16^\circ$. Đối với tarô cắt kim loại màu có thể chọn $\omega = 25 \div 35^\circ$. Ở tarô rãnh thẳng để hướng phoi về phía đầu tarô khi gia công trong các lỗ thông thì phần còn cắt được mài nghiêng một góc $\lambda = 7 \div 10^\circ$ (hình 6.10c). Các kích thước p và d (hình 6.9) có thể được chọn theo bảng 6.2 phụ thuộc vào số rãnh của tarô.

Góc p (hình 6.9) cần được chọn



Hình 6.9 Prôfin rãnh tarô



Hình 6.10 Rãnh xoắn của tarô

lớn hơn 90° để lưỡi cắt phụ không cắt, do đó ξ có thể được chọn từ $82 \div 85^\circ$ tránh kẹt phoi khi quay ngược tarô.

Bảng 6.2 Chọn p và d theo số rãnh tarô

Ký hiệu	Số rãnh				
	2	3	4	5	6
Đường kính lõi d	$(0,36 \div 0,38)d_0$	$(0,38 \div 0,4)d_0$	$(0,42 \div 0,45)d_0$	$(0,5 \div 0,52)d_0$	$(0,52 \div 0,55)d_0$
Chiều rộng răng p	$(0,4 \div 0,45)d_0$	$(0,3 \div 0,32)d_0$	$(0,2 \div 0,22)d_0$	$(0,17 \div 0,2)d_0$	$(0,16 \div 0,18)d_0$
d_0 - đường kính ngoài tarô					

6.2.2.4 Các góc ở phần cắt

Góc trước γ được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công. Khi gia công gang, đồng thanh, thép cứng $\gamma = 0 \div 5^\circ$, thép cứng vừa $\gamma = 8 \div 10^\circ$, thép dẻo và dai $\gamma = 12 \div 15^\circ$, hợp kim nhẹ $\gamma = 20 \div 30^\circ$.

Góc sau α thường được tạo thành ở phần cắt l_1 bằng cách hót lưng theo đường kính ngoài (hình 6.7). Trị số góc sau α có thể được chọn phụ thuộc vào kiểu của tarô và vật liệu gia công. Đối với tarô máy và tarô đai ốc $\alpha = 8 \div 10^\circ$, tarô tay $\alpha = 6 \div 8^\circ$, khi cắt hợp kim nhẹ $\alpha = 5 \div 6^\circ$.

Lượng hót lưng K khi hót lưng phần còn cắt của tarô có thể được xác định phụ thuộc vào góc sau α , số lượng răng n và đường kính đầu nhỏ của tarô d_T (hình 6.8).

$$K = \frac{\pi d_T}{n} \operatorname{tg} \alpha \quad (6.15)$$

Đối với tarô đai ốc không mài profin ren cần phải được hót lưng theo đường kính ngoài ở phần sửa đúng nếu đường kính lớn hơn 10 mm.

Những tarô có đường kính lớn để giảm ma sát và định hướng tốt, phần sửa đúng thường được hót lưng khoảng $(1/2 \div 1/3)$ chiều rộng răng.

6.2.2.5. Dung sai các kích thước của tarô

Theo tiêu chuẩn tarô được chế tạo với cấp chính xác C, D, E, H. Cấp C, D áp dụng cho Tarô có mài profin ren; cấp E, H đối với tarô không mài profin ren.

Dung sai của tarô được quy định cho các thông số:

- Góc profin ren α ($\alpha/2$).
- Bước ren S .
- Đường kính ngoài d_0 .
- Đường kính trung bình d_m .
- Đường kính trong d_i .

1. Dung sai cho góc profin ren α được chọn như sau:

- Đối với cấp chính xác C, D: $S = 0,7 \div 5; \quad \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 35' \div \pm 15'$
- Đối với cấp chính xác E: $S = 0,2 \div 5; \quad \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 85' \div \pm 20'$

- Đối với cấp chính xác H: $S = 0,2 \div 5; \quad \delta \frac{\alpha}{2} = \pm 100' \div \pm 30'$

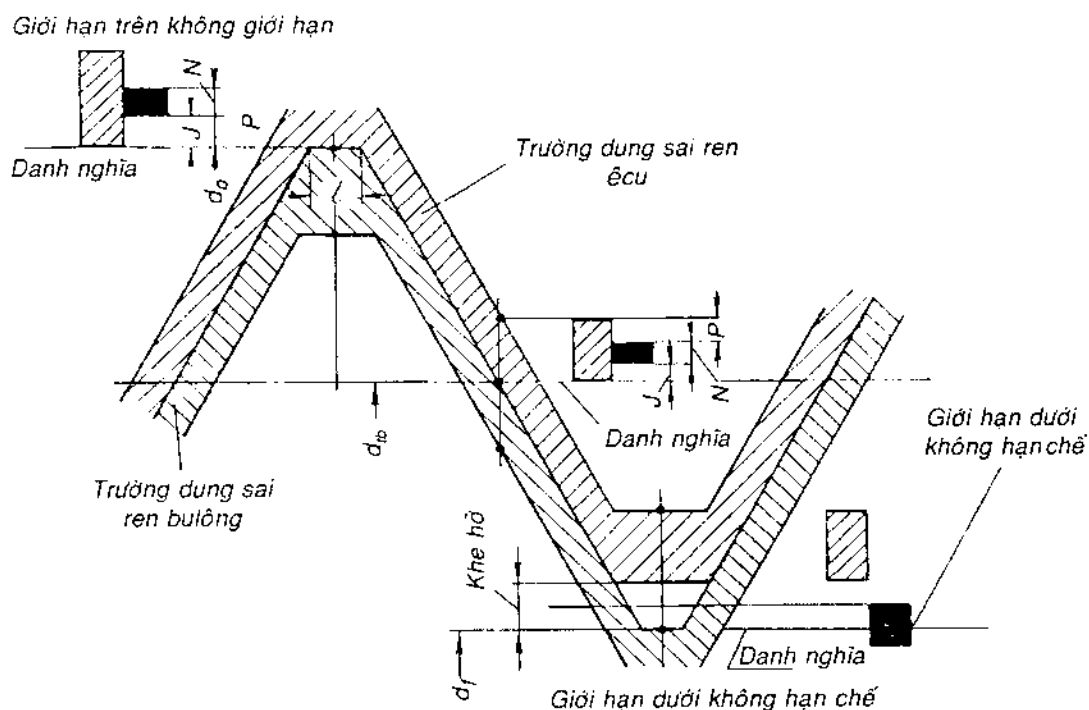
2. Dung sai cho bước ren S được quy định trên 25 mm, 10mm chiều dài hoặc trên 10 vòng ren.

- Đối với cấp chính xác C: $\delta S = \pm 0,10$ mm trên 25 mm chiều dài.
- Đối với cấp chính xác D: $\delta S = \pm 0,05$ mm trên 25 mm chiều dài.
- Đối với cấp chính xác E: $\delta S = \pm 0,05$ mm trên 25 mm chiều dài.
- Đối với cấp chính xác H: $\delta S = \pm 0,07$ mm trên 25 mm chiều dài.

3. Dung sai các đường kính.

Dung sai các đường kính ngoài, trung bình và trong được qui định dựa theo trường dung sai của ren đai ốc (êcu) được gia công bởi ta rô và bulông lắp ghép với đai ốc.

Hình 6.11 trình bày sơ đồ phân bố dung sai các đường kính của ren đai ốc, bu lông và tarô.



Hình 6.11 Phân bố dung sai các đường kính ren đai ốc, bulông và tarô.

Trên sơ đồ hình 6.1:

N - dung sai chế tạo tarô.

j - lượng dự trữ cho mòn tarô khi gia công và lượng giảm đường kính khi mài lại tarô.

p - lượng lay rộng khi cắt.

Đường kính trung bình d_b có tác dụng quyết định độ chính xác của tarô. Khoảng dung sai của đường kính trung bình của đai ốc luôn luôn nằm phía trên đường kính danh nghĩa để khi lắp vào bulông không bị kẹt (hình 6.11).

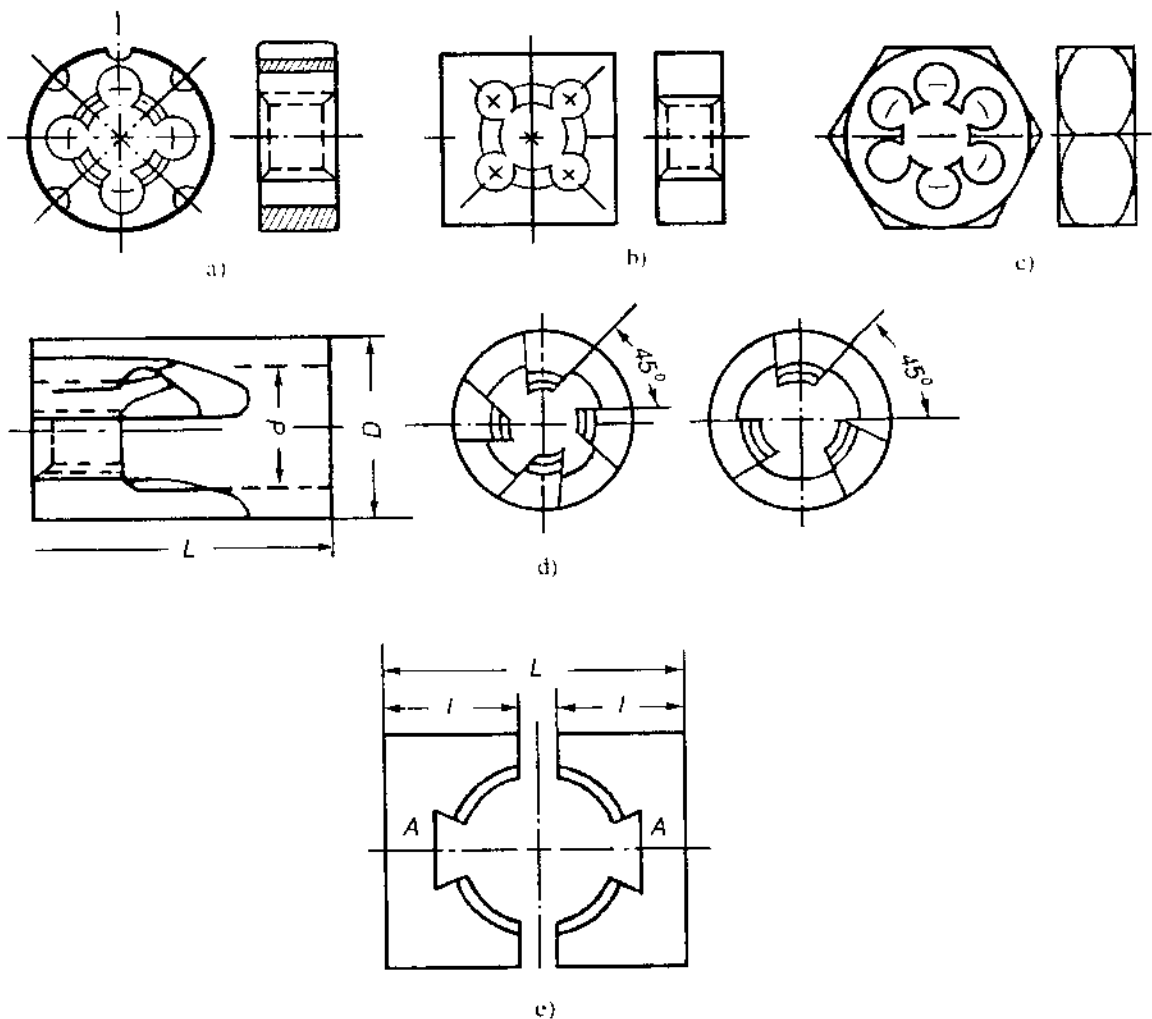
Dung sai đường kính ngoài của đai ốc (êcu) nằm trên đường kính danh nghĩa. Giới hạn trên của đường kính ngoài không qui định, vì vậy khoảng dung sai đường kính ngoài của tarô phải nằm trên đường kính danh nghĩa. Giới hạn trên của đường kính ngoài của tarô có thể không qui định, nhưng nếu vậy, đỉnh ren có thể bị nhọn, khi cắt chống bị mòn. Vì vậy giới hạn trên của tarô được chọn sao cho chiều rộng đỉnh ren thực tế bằng khoảng 0,6 chiều rộng đỉnh ren lý thuyết.

- Đường kính trong của tarô không tham gia cắt, vì vậy giới hạn trên của đường kính trong của tarô phải nhỏ hơn giới hạn dưới đường kính trong của êcu. Giới hạn trên của đường kính trong tarô có thể lấy lớn hơn đường kính danh nghĩa một lượng bằng $0,055S$ để cạo sạch được bavie ở các ren đã cắt.

6.3. Bàn ren

6.3.1. Công dụng và các loại.

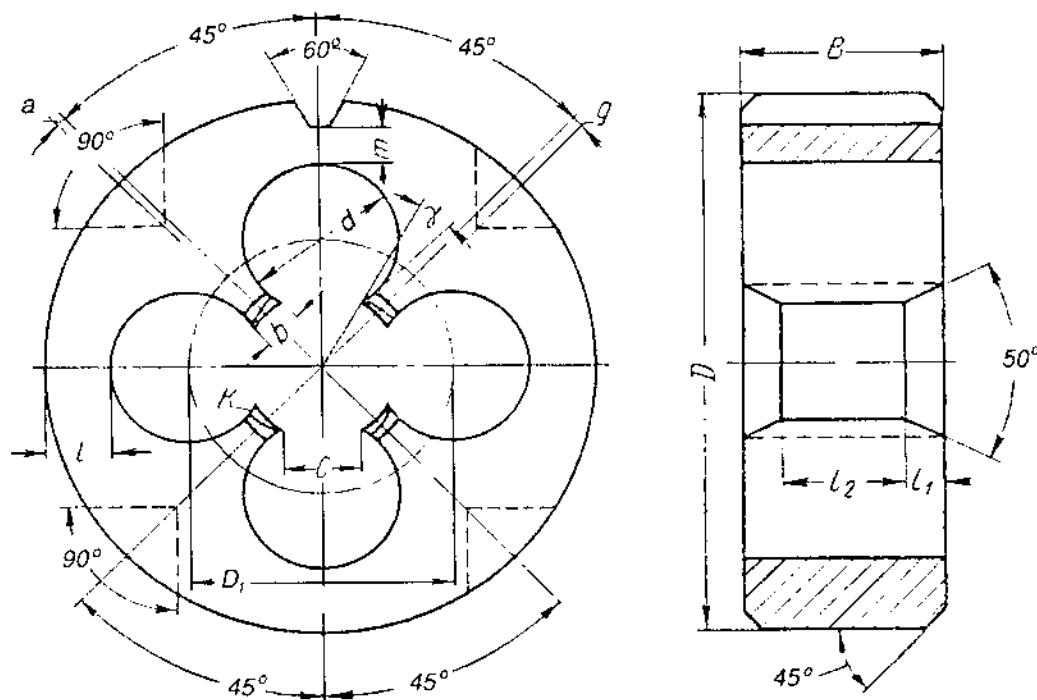
Bàn ren được dùng phổ biến để cắt ren ngoài bằng tay, trên các máy tiện ren vít vạn năng hoặc trên các máy tự động. Bàn ren có nhiều loại.



Hình 6.12. Các loại bàn ren

- ### 6.3.2. Kết cấu bàn ren tròn.

Các kích thước kết cấu bàn ren tròn đã được tiêu chuẩn hoá theo TCVN 3093-79. Bàn ren tròn là loại dụng cụ cắt ren không chính xác vì sau khi nhiệt luyện không mài được profil ren. Các thành phần kết cấu của bàn ren tròn được trình bày trên hình 6.13.



Hình 6.13. Các thành phần kết cấu bàn ren tròn

6.3.2.1. Đường kính ngoài D

Đường kính ngoài D được chọn phụ thuộc và kích thước ren và lỗ thoát phoi. D được chọn với giá trị nhỏ nhất cho phép, do đó mỗi giá trị của đường kính ngoài được chọn cho một phạm vi kích thước ren. Bảng 6.3 trình bày quan hệ giữa đường kính ngoài D của bàn ren và kích thước ren.

Bảng 6.3. Đường kính ngoài bàn ren và kích thước ren.

Đường kính ren d_n (mm)	Đường kính ngoài D (mm)	Đường kính ren d_0 (mm)	Đường kính ngoài D (mm)
1÷2,6	16	20÷25	55
3÷5	20	27÷36	65
6÷9	25	39÷42	75
10÷11	30	45÷52	90
12÷14	38	56÷60	105
16÷20	45	62	120

6.3.2.2. Chiều rộng bàn ren

Chiều rộng bàn ren B (hình 6.13) có ảnh hưởng đến độ sai lệch do biến dạng khi tải và khả năng định hướng của bàn ren khi làm việc. Chiều rộng B được chọn sao cho đủ số vòng ren trên hai phần cắt và phần sửa đúng, tránh có nhiều loại chiều rộng vì phải dùng nhiều bàn kẹp bàn ren. Thông thường chiều rộng B được chọn sao cho có $6 \div 9$ vòng ren ($3 \div 4$ vòng ren cho hai phần cắt và $3 \div 5$ vòng ren cho phần sửa đúng). Khi chọn chiều rộng bàn ren phải lấy tròn theo tiêu chuẩn và kích thước của chiều rộng bàn ren. Đối với ren bước nhỏ để đảm bảo số vòng ren không lớn quá $12 \div 16$, mặt đầu của bàn ren được khoét lõm vào.

6.3.2.3. Số lỗ thoát phoi n

Số lỗ thoát phoi n có thể được chọn phụ thuộc vào đường kính ren như trong bảng 6.4.

Bảng 6.4. Chọn số lượng lỗ thoát phoi theo đường kính ren.

Đường kính ren, mm	1÷5	5,5÷16	18÷27	30÷33	36÷48	52÷64
Số lỗ thoát phoi n	3	4	5	6	7	8

6.3.2.4. Phần cắt l_1 của bàn ren.

Bàn ren được chế tạo có phần cắt l_1 ở hai phía để tăng tuổi thọ của bàn ren. Phần cắt sẽ cắt hết lượng dư gia công. Góc nghiêng của phần cắt được chọn phụ thuộc chủ yếu vào bước ren. Góc φ nhỏ có nhiều răng tham gia cắt. Góc φ lớn bàn ren khó cắt vào chi tiết gia công khi làm việc. Bước ren càng lớn thì góc 2φ được chọn nhỏ. Khi bước ren S nhỏ số vòng ren ở trên một đơn vị chiều dài lớn hơn ở ren bước lớn, nên chọn góc 2φ lớn để giảm bớt số lưỡi cắt ở phần cắt làm cho tải trọng phân bố trên các lưỡi cắt đều hơn.

$$S < 2 \quad \rightarrow 2\varphi = 50^\circ$$

$$S = 2 \div 3 \quad \rightarrow 2\varphi = 40^\circ$$

$$S > 3 \quad \rightarrow 2\varphi = 30^\circ$$

Phần côn cắt của bàn ren được hót lung để tạo thành góc sau ở lưỡi cắt đỉnh ren.

6.3.2.5. Chiều rộng răng b và chiều rộng lỗ thoát phoi c (hình 6.13)

Chiều rộng b và c có ảnh hưởng đến sức bền và độ cứng vững của bàn ren. Khi chiều rộng b tăng thì bàn ren được định hướng và định tâm tốt khi làm việc, nhưng lực ma sát giữa bàn ren và chi tiết tăng. Mặt khác khi b lớn thì chiều rộng lỗ thoát phoi c giảm làm cho phoi khó thoát hơn.

Chiều rộng răng b và chiều rộng lỗ thoát phoi c có thể được chọn theo quan hệ sau:

$$\frac{b}{c} = 0,65 \div 0,7 \quad (6.16)$$

Trong trường hợp đặc biệt có thể lấy $\frac{b}{c} = 0,8$ nhưng không được chọn bằng 1.

6.3.2.6. Kích thước và vị trí lỗ thoát phoi.

Khi thiết kế bàn ren ngoài những kích thước kết cấu chung cần phải tính toán đường kính lỗ thoát thoi d và đường kính tâm lỗ thoát phoi D_1 , theo đường kính ngoài d_o , đường kính trong d_i của ren và góc trước γ .

Tuỳ theo dạng mặt trước cong (hình 6.14a) hoặc mặt trước phẳng (hình 6.14b) có thể tính được d và d_1 .

- Đối với mặt trước cong (hình 6.14a)

Theo hình 6.14a các thông số có thể được tính như sau:

$$\sin \omega = \frac{C_2}{d_1}; C_2 = C_1 - (0,2 \div 0,4) \text{ mm} \quad (6.17)$$

vì góc $\widehat{ABC} = \delta - \omega$ nên từ tam giác ABC ta có:

$$\frac{d}{2} = \frac{C_2}{2 \sin(\delta - \omega)} \quad (6.18)$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma_2; \gamma_2 = \gamma + (10^\circ \div 15^\circ)$$

Đường kính tâm lỗ thoát phoi D_1 được tính như sau :

$$\begin{aligned} \frac{D_1}{2} = \overline{OO_1} &= \overline{OA} + \overline{AO_1}; OA = \frac{d_1}{2} \cos \omega \\ \overline{AO_1} &= \frac{d}{2} \cos(\delta - \omega) \end{aligned} \quad (6.19)$$

$$\frac{D_1}{2} = \frac{d_1}{2} \cos \omega + \frac{d}{2} \cos(\delta - \omega) \quad (6.20)$$

Thay d từ (6.19) vào (6.20) ta được:

$$D_1 = d_1 [\cos \omega + \sin \omega \cotg(\delta - \omega)] \quad (6.21)$$

Đối với mặt trước phẳng từ hình 6.14b các kích thước có thể được xác định như sau:

$$\frac{d}{2} = \frac{d_1 / 2 \cdot \sin \omega + x \cdot \sin(\omega + \gamma)}{\cos(\omega + \gamma)} \quad (6.22)$$

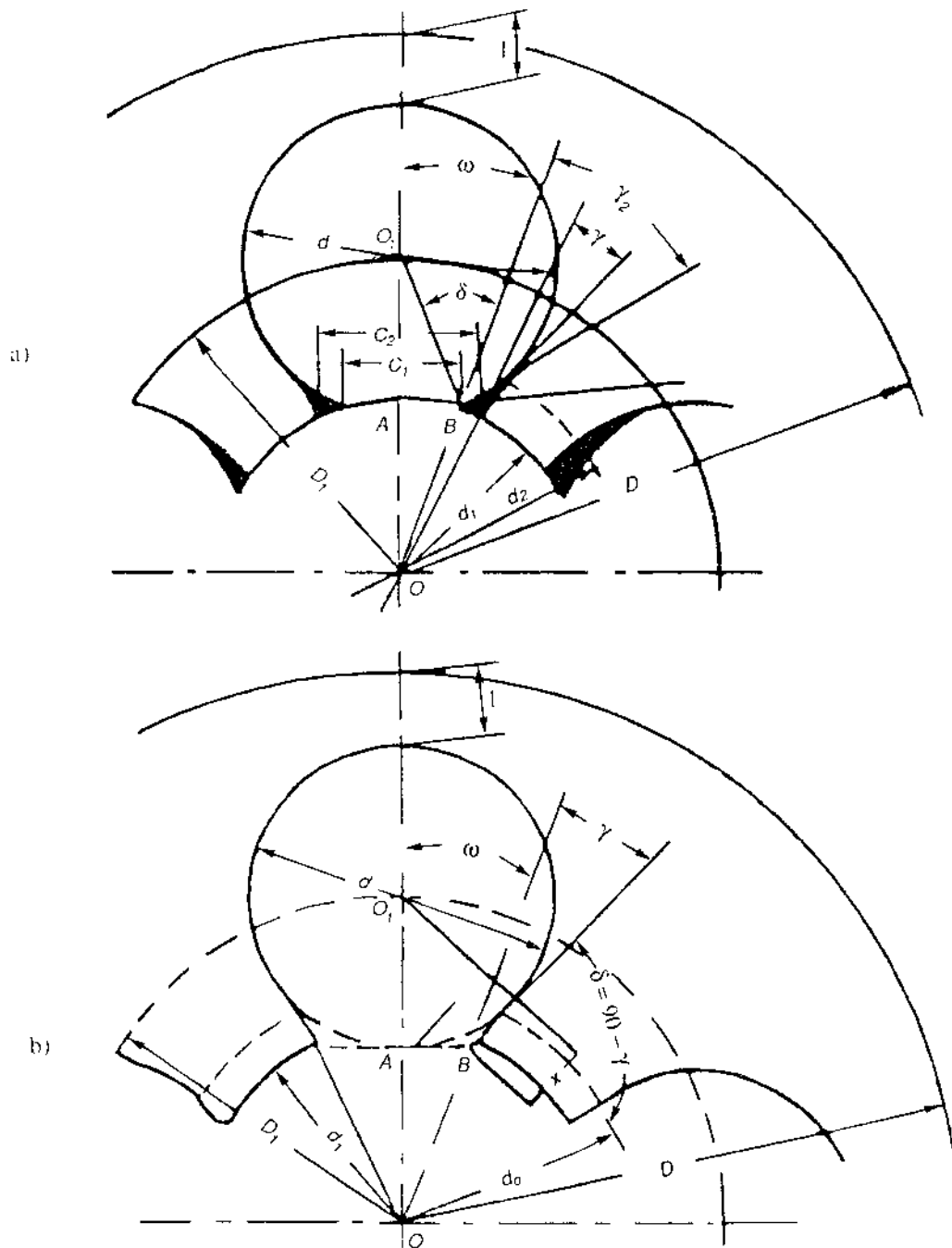
$$\frac{D_1}{2} = \frac{d_1}{2} \cos \omega + x \cos(\omega + \gamma) + \frac{d}{2} \sin(\omega + \gamma) \quad (6.23)$$

Trong đó: $x = (1,2 \div 1,3) S$

Sau khi tính d và D_1 cần phải kiểm tra lại kích thước l (kiểm tra lại sức bền bàn ren):

$$l = \frac{D}{2} - \frac{D_1}{2} - \frac{d}{2} \quad (6.24)$$

Giá trị l tính từ (6.14) phải lớn hơn $(0,15 \div 0,12) D$ đối với bàn ren có $3 \div 5$ lỗ thoát phoi và lớn hơn $(0,1 \div 0,09) D$ đối với bàn ren có $6 \div 8$ lỗ thoát phoi.



Hình 6.14. Các dạng mặt trước của bàn ren

6.3.3. Các góc ở phần cắt của bàn ren

Góc trước γ ở bàn ren được đo trong tiết diện vuông góc với trục bàn ren. Góc trước γ_N trong tiết diện pháp tuyến N-N và góc trước γ có quan hệ với nhau như sau:

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi \quad (6.25)$$

Góc trước γ được chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công. Khi cắt vật liệu cứng $\gamma = 10^\circ \div 12^\circ$; vật liệu cứng trung bình $\gamma = 25^\circ \div 30^\circ$, vật liệu mềm $\gamma = 20^\circ \div 25^\circ$.

Góc trước γ ở phần cắt và phần sửa đúng thường được chọn như nhau. Song để cắt dễ dàng hơn thì góc trước γ ở phần cắt có thể được chọn lớn hơn.

Góc sau α ở phần cắt của bàn ren có ảnh hưởng đến quá trình làm việc của bàn ren. Đối với các bàn ren tiêu chuẩn góc sau α được đo trong tiết diện vuông góc với trục bàn ren và có giá trị trong khoảng từ $6^\circ \div 9^\circ$. Góc sau α ở phần cắt được tạo thành do hót lưng phần côn cắt theo đường cong acsimet. Lượng hót lưng K sau một răng có thể được xác định như sau :

$$K = \frac{\pi \cdot d_1}{n} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (6.26)$$

Ở phần sửa đúng thì góc sau $\alpha = 0$ vì rất khó để có thể tạo được góc $\alpha > 0$ ở phần sửa đúng.

6.3.4. Dung sai các kích thước ren

Kiểm tra các kích thước ren của bàn ren rất khó khăn, do đó trong thực tế thường không thực hiện. Chất lượng của bàn ren được kiểm tra gián tiếp qua kiểm tra ren trên mẫu thử được cắt bởi bàn ren. Vì vậy, sai lệch các kích thước ren của bàn ren được qui định ở các tarô thô và tinh để cắt ren bàn ren. Sai lệch các kích thước ren của bàn ren được chọn để cắt ren với cấp chính xác 2. Các sai lệch cần có đối với các thông số ren là: góc prôfin, bước ren và các đường kính ngoài, trung bình và đường kính trong. Sai lệch nửa góc prôfin ren (thường âm) được qui định đối với tarô thô và tarô tinh phụ thuộc vào bước ren S như trong bảng 6.5.

Bảng 6.5. Sai lệch nửa góc $\frac{\alpha}{2}$ phụ thuộc bước ren

Bước ren S (mm)	0,35	0,5	0,75	1,0	1,25 ÷ 1,5	1,75
$\delta \frac{\alpha}{2}$ (phút)	± 55	± 35	± 27	± 27	± 20	-

- Dung sai bước ren được qui định cho tarô thô và tarô tinh cắt bàn ren:
 $\delta S = \pm 0,01 \text{ mm}$ trên chiều dài 10 vòng ren.

- Dung sai các đường kính ren.

Dung sai đường kính trung bình của ren bàn ren và tarô cắt bàn ren được trình bày trên hình 6.15.

Trên hình 6.15 trình bày sơ đồ phân bố dung sai và sai lệch của đường kính trung bình : AB – kích thước danh nghĩa và là giới hạn trên của đường kính trung bình bulông.

CD – sai lệch trên của đường kính trung bình ren của bàn ren.

EF – giới hạn trên đường kính trung bình ren của tarô tinh cắt bàn ren.

GH – giới hạn dưới của đường kính trung bình ren tarô tinh cắt ren bàn ren.

JK – giới hạn dưới đường kính trung bình ren của bàn ren.

LM – giới hạn dưới đường kính trung bình ren của tarô tinh đã mòn hết.

NO – giới hạn trên đường kính trung bình ren của ren tarô thô cắt bàn ren.

PQ – giới hạn dưới đường kính trung bình của ren tarô thô cắt bàn ren.

RS - giới hạn dưới đường kính trung bình ren bulông.

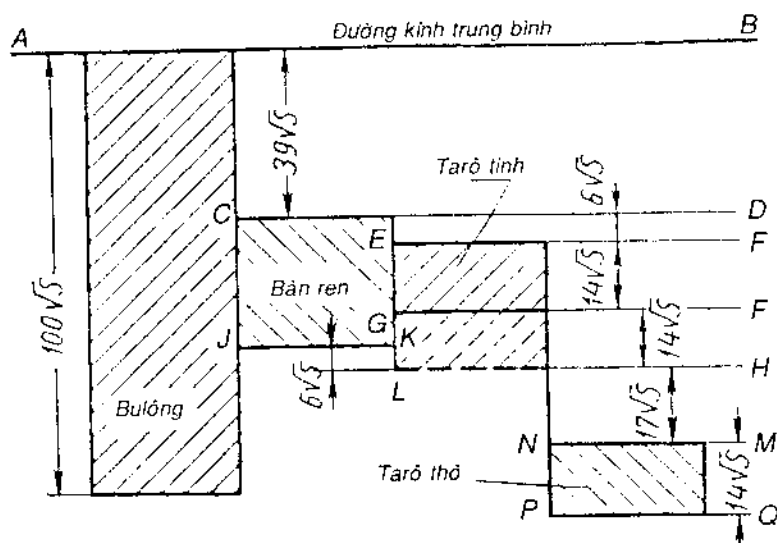
Dung sai đường kính ngoài ren bàn ren và của tarô cắt ren bàn ren được diễn tả trên hình 6.16.

Theo sơ đồ hình 6.16 biểu thị các sai lệch giới hạn và dung sai của đường kính ngoài của ren.

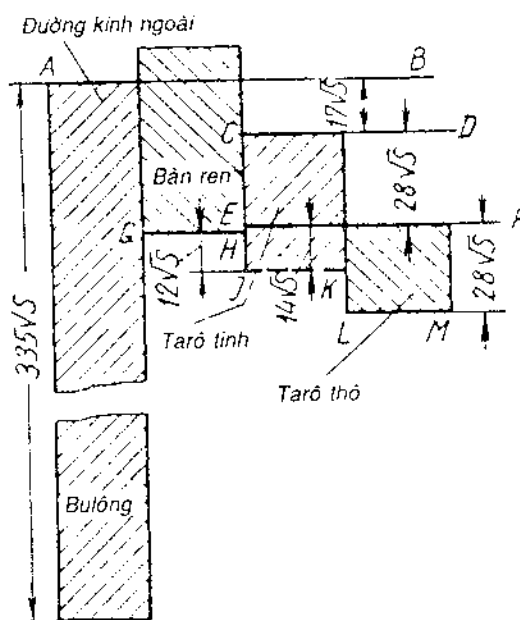
AB - đường kính danh nghĩa.

CD – giới hạn trên đường kính ngoài ren của tarô tinh cắt ren bàn ren.

EF – giới hạn dưới đường kính ngoài ren của tarô tinh mới cắt ren



Hình 6.15. Dung sai đường kính trung bình ren bàn ren và tarô cắt bàn ren



Hình 6.16. Dung sai đường kính ngoài ren của bàn ren và tarô cắt ren bàn ren

bàn ren và là sai lệch trên đối với tarô thô.

GH – sai lệch dưới đường kính ngoài ren bàn ren.

JK – sai lệch dưới đường kính ngoài của ren tarô tinh đã mòn hết.

LM – sai lệch dưới của tarô thô.

- Dung sai đường kính trong ren bàn ren và tarô cắt ren bàn ren được biểu thị trên hình 6.17.

Sơ đồ hình 6.17 biểu thị :

AB - đường kính trong danh nghĩa

CD – giới hạn trên đường kính trong của ren bàn ren

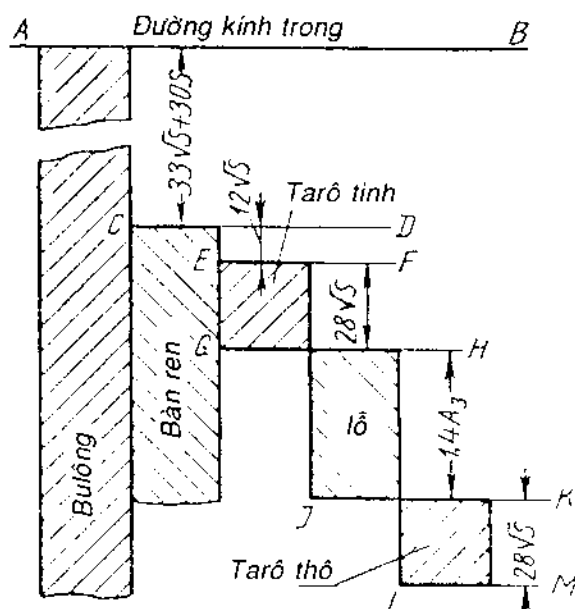
EF – Sai lệch trên đường kính trong của ren tarô tinh cắt ren bàn ren

GH – Sai lệch dưới đường kính trong của ren tarô tinh cắt ren bàn ren

JK – Sai lệch trên đường kính trong của ren tarô thô cắt ren bàn ren

LM – Sai lệch dưới đường kính trong của ren tarô thô cắt ren bàn ren.

Khi cắt ren, đường kính trong của tarô tinh không được cắt mà chỉ làm tinh bề mặt lỗ, do đó giới hạn dưới đường kính trong tarô tinh bằng giới hạn trên của lỗ khoan bằng $1,4A_3$. Khi cắt ren, tarô thô không cắt đường kính trong của bàn ren, do đó đáy ren của tarô thô không được tiếp xúc với mặt lỗ.

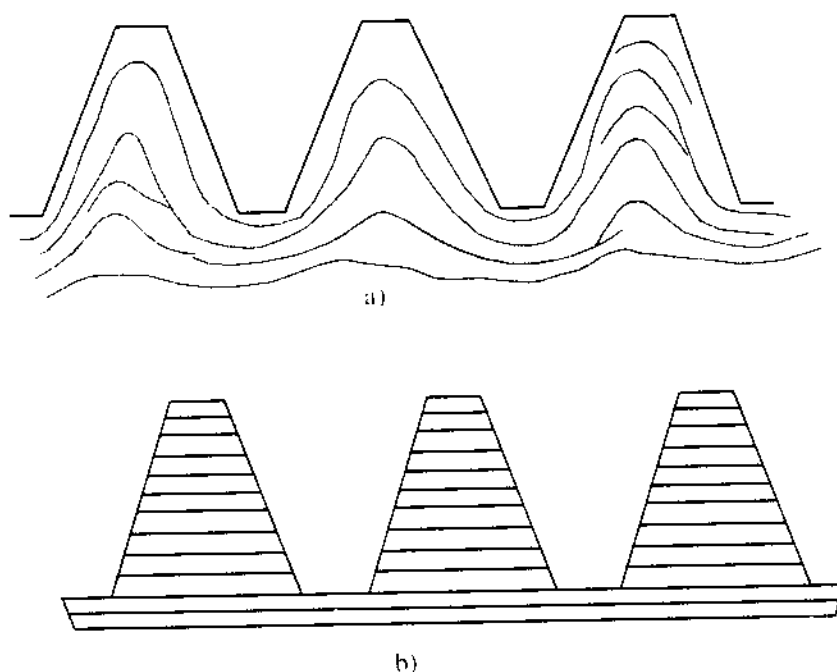


Hình 6.17. Sơ đồ phân bố dung sai đường kính trong ren bàn ren và tarô cắt ren bàn ren

6.4. Gia công ren bằng biến dạng dẻo

6.4.1. Quá trình cán ren

Cán ren là một phương pháp gia công ren bằng biến dạng dẻo được dùng trong sản xuất hàng loạt lớn. Do tác dụng của lực hướng kính khi cán các đường vít của ren dụng cụ sẽ làm biến dạng dẻo phôi cán và tạo thành ren trên chi tiết gia công. Bề mặt ren được gia công theo phương pháp này có độ cứng và độ bền cao do cấu trúc và các thớ kim loại ở trong ren cán khác với ren được cắt bằng các dụng cụ cắt khác. Hình 6.18 trình bày sơ đồ cấu trúc các thớ kim loại khi cán bulông (hình 6.18a) và khi cán ren (hình 6.18b).



Hình 6.18. Cấu trúc kim loại bên trong ren của bulông khi cán a) và khi cắt ren b).

Phương pháp cán ren cho năng suất cao và tiết kiệm được vật liệu gia công. Cán ren có nhiều phương pháp khác nhau vì thế dụng cụ cũng có nhiều loại khác nhau. Hai phương pháp cán ren thường gặp là cán ren bằng bàn cán ren phẳng (hình 6.19a) và bằng con lăn cán (hình 6.19b).

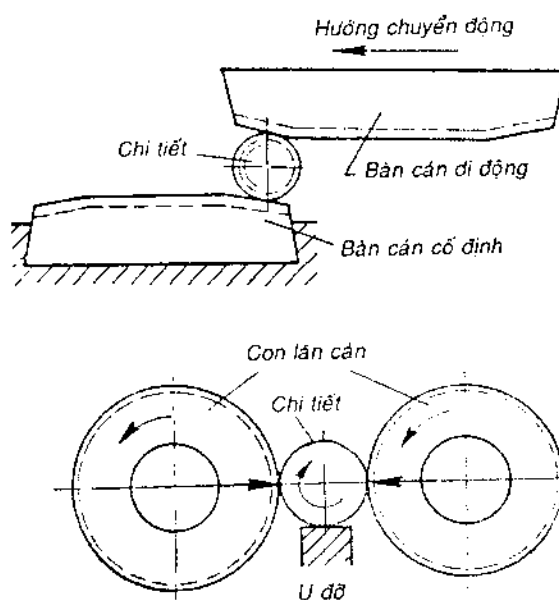
6.4.2. Dụng cụ cán ren

6.4.2.1. Bàn ren cán

Hình 6.20 trình bày các kích thước kết cấu của bàn cán ren phẳng.

Thành phần kết cấu của bàn cán ren gồm có :

- Phần cắt l_1 .
- Phần thoát l_3 .
- Phần sửa đúng (cán tinh) l_2 .



Hình 6.19. Các phương pháp cán ren:

a) Cán bằng bàn cán phẳng; b) Cán bằng con lăn cán.

Phần cắt l_1 thường được chọn như sau: $l_1 = 1,1\pi d_{TB}$.

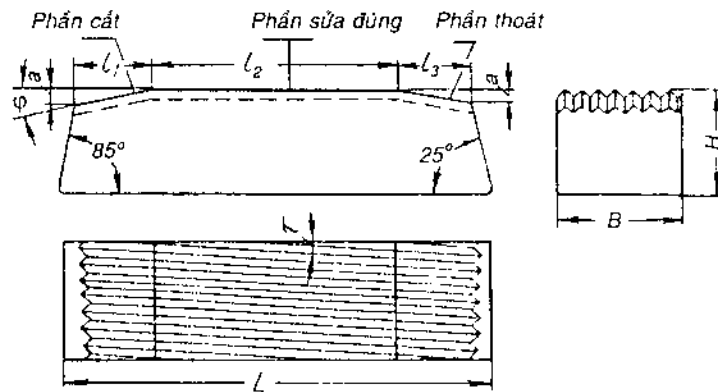
d_{TB} - đường kính trung bình của ren cán.

Hướng ren của hai bàn cán cố định và di động ngược nhau. Các đường ren trên bàn cán có góc nghiêng τ bằng góc nghiêng của ren chi tiết ở đường kính trung bình. Do đó :

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{S}{\pi d_{TB}} \quad (6.27)$$

Trong đó, S là bước của ren.

Sai lệch của góc nghiêng τ không trượt quá $1''$.



Hình 6.20. Bàn cán ren phẳng

Chiều dài L của bàn cán chuyển động lớn hơn L của bàn cán cố định khoảng $15 \div 25$ mm để chi tiết dễ rời khỏi bàn cán sau khi gia công.

Khi cán, hai bàn cán được điều chỉnh cho các đường ren ở hai bàn cán lệch nhau một đoạn bằng $\frac{S}{2}$. Nếu điều chỉnh không đúng ren chi tiết sẽ bị phá hủy trong quá trình cán.

Chiều rộng bàn cán B được chọn như sau :

$$B = 2l_0 + (2 \div 3)S \quad (6.28)$$

Trong đó l_0 là chiều dài phần ren cần cán của chi tiết.

- Chiều cao của bàn cán H được chọn bằng $25 \div 50$ mm phụ thuộc vào cơ cấu kẹp chặt bàn cán của máy.

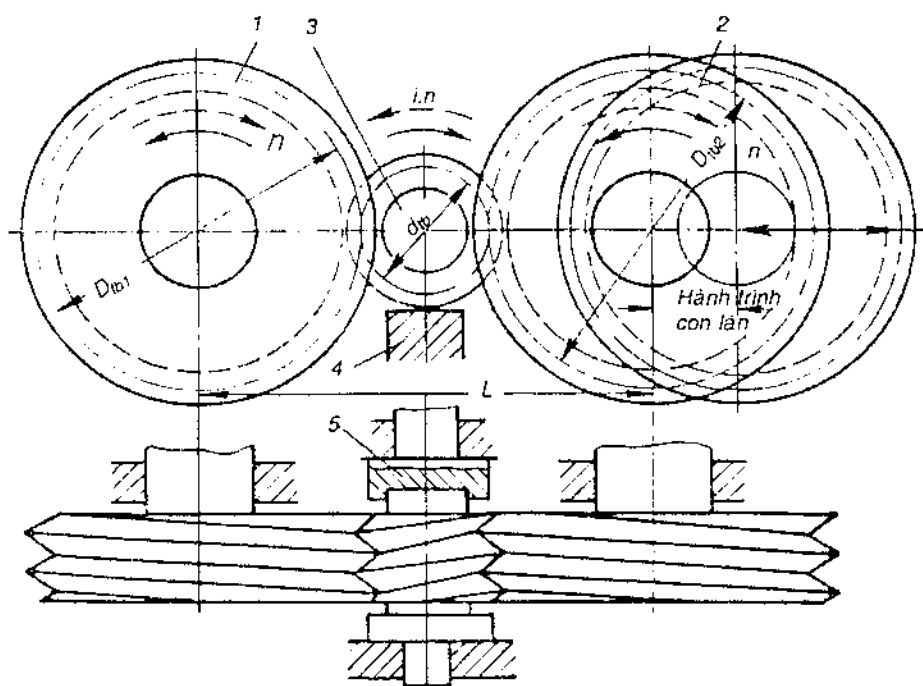
6.4.2.2. Con lăn cán

Cán ren bằng con lăn cán có nhiều ưu điểm hơn so với cán ren bằng bàn cán. Vì áp lực của con lăn cán lên chi tiết nhỏ hơn so với khi cán ren bằng bàn cán cho nên có thể cán ren trên các ống có thành mỏng. Profil ren của con lăn cán có thể được mài (mài ren) nên gia công ren đạt độ chính xác và nhẵn bóng cao hơn khi gia công bằng bàn cán ren. Gá đặt và điều chỉnh con lăn cán đơn giản hơn.

Cán ren bằng con lăn có hai phương pháp chính: cán ren bằng chạy dao hướng kính và tiếp tuyến.

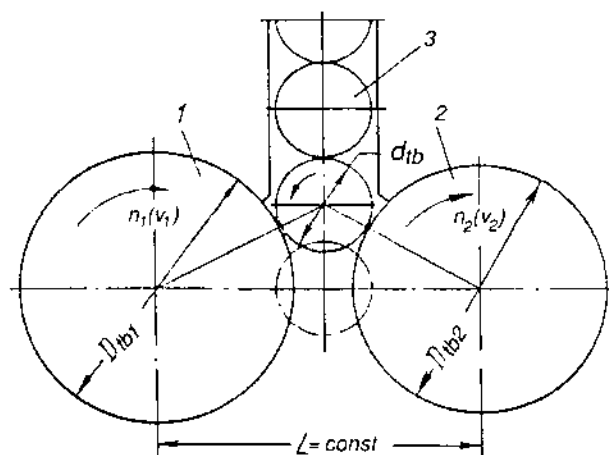
Cán ren bằng chạy dao hướng kính được thực hiện khi một con lăn cán có chuyển động hướng kính, chi tiết giữa hai con lăn sẽ được gia công, hình 6.21.

Để tránh hiện tượng tự trượt của phôi, tốc độ vòng của hai con lăn cán phải bằng nhau. Để tránh phôi bị đẩy lên khi cán, tâm của phôi được đặt cao hơn tâm chi tiết một lượng nhỏ khoảng $(0,1 \div 0,5)$ mm.



Hình 6.21. Cán ren bằng con lăn cán chạy dao lường kính.

Cán ren bằng chạy dao tiếp tuyến là quá trình cán ren được thực hiện khi phôi chạy tiếp tuyến giữa hai con lăn cán. Vị trí của hai con lăn cán được điều chỉnh cố định đối với mỗi loại ren và do tốc độ dài ở hai điểm tiếp xúc của hai con lăn với phôi khác nhau nên phôi sẽ chuyển động quay đi qua giữa hai con lăn cán (hình 6.22).



Hình 6.22. Cán ren bằng con lăn cán chạy dao tiếp tuyến

Điều kiện để phôi đi qua được giữa hai con lăn cán là :

$$\frac{V_1}{V_2} = 1,1 \div 1,25 \quad (6.29)$$

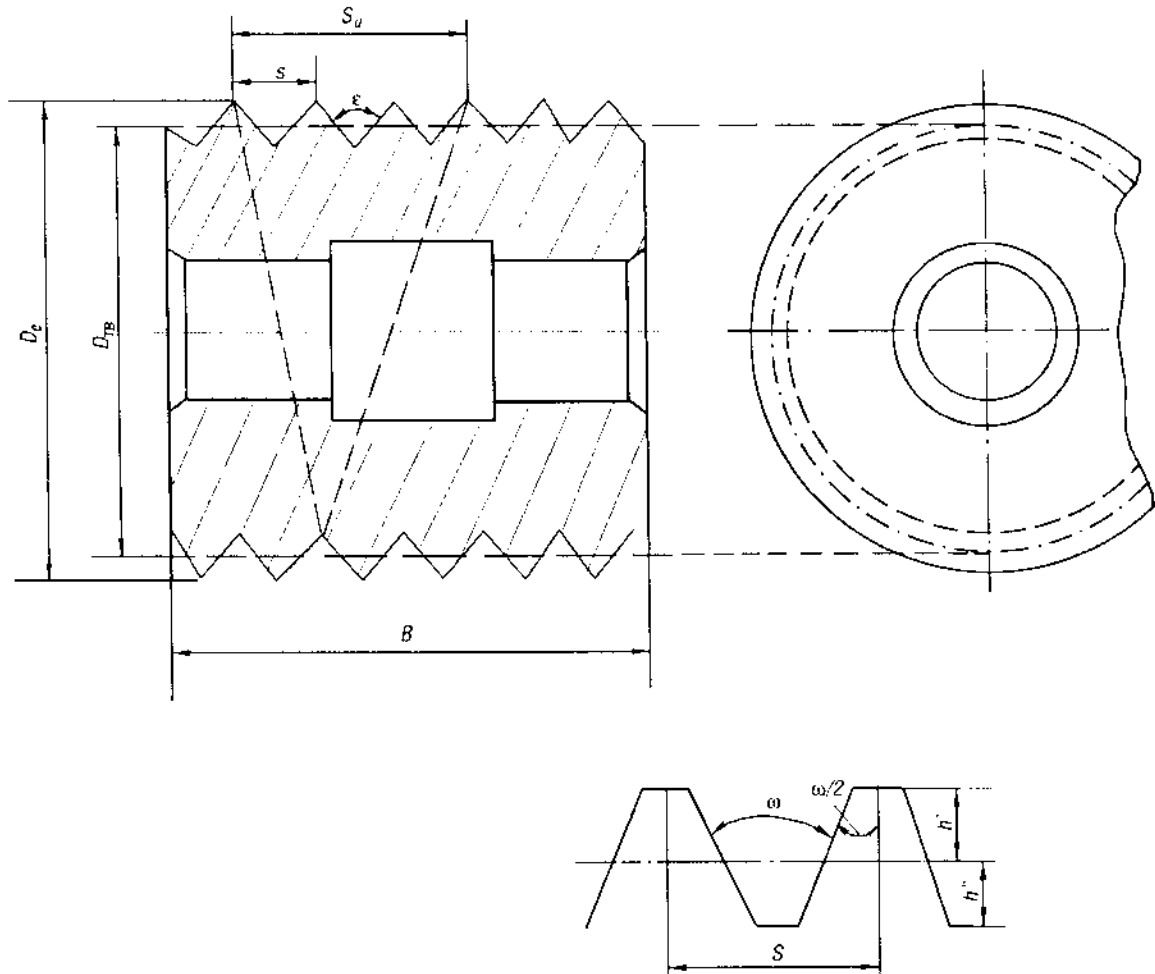
Trong đó: V_1 – tốc độ dài ở điểm tiếp xúc phôi với con lăn 1.

V_2 – tốc độ dài ở điểm tiếp xúc phôi với con lăn 2.

Nếu số vòng quay của hai con lăn như nhau $n_1 = n_2$ thì:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_{tb1}}{D_{tb2}} = 1,1 \div 1,25 \quad (6.30)$$

Trong đó D_{tb1} và D_{tb2} là đường kính trung bình của hai con lăn cán 1 và 2.



Hình 6.23. Kết cấu cơ bản của con lăn cán.

Điều kiện cơ bản để gia công đúng ren trên chi tiết là góc nâng của ren con lăn τ_u và của chi tiết τ phải bằng nhau:

$$\tau_u = \tau \quad (6.31)$$

$$\operatorname{tg} \tau_u = \frac{S_u}{\pi D_{TB}} \quad ; \quad \operatorname{tg} \tau = \frac{S}{\pi d_{TB}} \quad (6.32)$$

Trong đó : S_u - bước của con lăn cán.

S - bước của ren chi tiết.

D_{TB} - đường kính trung bình của con lăn cán.

d_{TB} - đường kính trung bình của ren chi tiết, hình 6.23.

Từ (6.31) ta có :

$$\operatorname{tg} \tau_u = \operatorname{tg} \tau \quad (6.33)$$

Từ (6.32) và (6.33) ta có :

$$\frac{S_u}{\pi D_{TB}} = \frac{S}{\pi d_{DT}} ;$$

$$D_{TB} = \frac{S_u}{S} \cdot d_{TB} = d_{TB} \cdot i$$

Trong đó i là số đầu mối của ren con lăn cán và i phải là số nguyên.

Đường kính con lăn cán lớn thì có lợi cho quá trình cán ren, song bị hạn chế bởi khoảng cách tâm của máy, cho nên D_{TB} thường được chọn như sau :

$$D_{TB} \leq L - d_{TB}$$

Trong đó L là khoảng cách tâm máy.

Chiều rộng B của con lăn cán được chọn lớn hơn chiều dài phôi cán hai, ba bước ren.

CHƯƠNG 7

THIẾT KẾ CÁC LOẠI DỤNG CỤ CẮT RĂNG

Các chi tiết răng trong thực tế được dùng nhiều để truyền chuyển động (các bánh răng thân khai, bánh răng xycloit, bánh xích, vành líp, v...v) và trong các mối lắp ghép (trục then hoa thẳng, then hoa thân khai, v...v).

Chế tạo các loại chi tiết này bằng cắt gọt được thực hiện bằng hai phương pháp chủ yếu: phương pháp định hình và bao hình.

7.1. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo phương pháp định hình

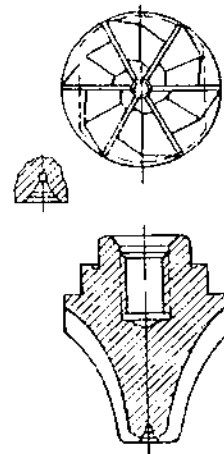
Khi gia công các chi tiết răng (bánh răng, trục then hoa) bằng phương pháp định hình, dụng cụ cắt được dùng là dao phay định hình, vì vậy thiết kế các loại dụng cụ cắt này giống như thiết kế dao phay định hình hót lưng (đã được trình bày trong chương 3).

Đối với các bánh răng profin thân khai vì có những đặc điểm riêng nên cần phải khảo sát và thiết kế để tiêu chuẩn hoá cho chế tạo và sử dụng khi gia công các bánh răng thân khai: dao phay đĩa môđun, dao phay vấu môđun.

7.1.1. Dao phay vấu môđun (hình 7.1)

Dao phay vấu (ngón) môđun được dùng để cắt bánh răng có môđun lớn ($m > 50 \text{ mm}$). Các bánh răng này thường không thể gia công được bằng các loại dụng cụ cắt khác.

Dao phay vấu môđun là một dao phay định hình, trục dao thẳng đứng và thường được lắp trên máy phay đứng. Profin của lưỡi cắt dao đồng nhất với profin rãnh bánh răng (dạng thân khai) gia công. Dao phay vấu có thể được dùng để gia công bánh răng nghiêng. Trong trường hợp này dao phay vấu làm việc theo phương pháp bao hình không tâm tích, môđun được chọn là môđun trong tiết diện pháp tuyến với bánh răng.



Hình 7.1 Dao phay vấu môđun

7.1.2. Thiết kế dao phay đĩa môđun.

Dao phay đĩa môđun là dao phay định hình hót lưng góc trước $\gamma=0$ (hình 7.2). Do đó profin lưỡi cắt của dao phay đĩa môđun được thiết kế trùng với profin rãnh răng bánh răng thân khai. Profin của rãnh bánh răng được xác định theo các số liệu ban đầu là môđun m , số răng Z và góc ăn khớp (góc profin) α . Trên cơ sở đó các thông số của bánh răng tiêu chuẩn được xác định:

- Bước răng $t = \pi \cdot m$
- Bán kính vòng chia: $r_c = \frac{mz}{2}$
- Chiều dày răng: $S = \frac{\pi m}{2}$

Thiết kế prôfin dao phay đĩa môđun là tính toán chuyển prôfin bánh răng thân khai (đường thân khai) trong hệ tọa độ độc cực đã cho sang hệ trục tọa độ vuông góc để các, mà gốc là tâm bánh răng và trục Oy là trục đối xứng của rãnh răng. Với kết quả tính toán đó việc chế tạo prôfin dao phay đĩa môđun sẽ chính xác và thuận lợi.

7.1.2.1. Đường thân khai vòng tròn.

Đường thân khai vòng tròn cơ sở bán kính r_0 là đường khai triển của vòng tròn đó. Nguyên lý hình thành đường thân khai của vòng tròn cơ sở như sau (hình 7.3):

Cho đường thẳng $\overline{x\bar{B}}$ lăn không trượt trên vòng tròn cơ sở bán kính r_0 . Ban đầu điểm x trùng với điểm A - điểm x sẽ vạch nên đường cong $\widehat{Ax}$. $\widehat{Ax}$ được gọi là đường thân khai vòng tròn cơ sở bán kính là r_x .

Góc α_x là góc áp lực của đường thân khai $\widehat{Ax}$ (góc giữa tiếp tuyến với đường thân khai tại điểm x đó và bán kính r_x).

Góc θ_x - góc thân khai - góc giữa bán kính r_x và bán kính tại điểm gốc của đường thân khai OA (hình 7.3).

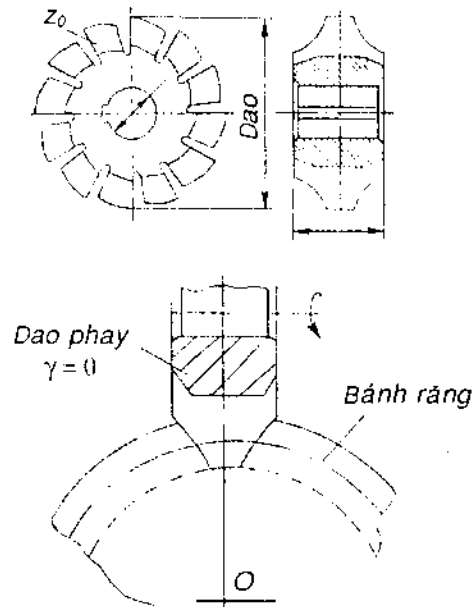
Theo các khái niệm và định nghĩa trên ta có các quan hệ sau:

$$\overline{x\bar{B}} = \overline{AB} \rightarrow r_0 \cdot \text{tg } \alpha_x = r_0 (\theta_x + \alpha_x) \rightarrow \text{tg } \alpha_x = (\theta_x + \alpha_x) \quad (7.1)$$

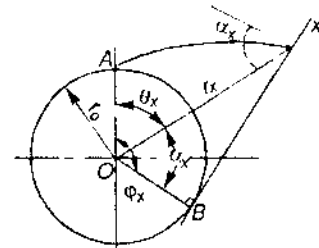
$$\theta_x = \text{tg } \alpha_x - \alpha_x = \text{inv} \alpha_x \quad (7.2)$$

Các phương trình (7.1) và (7.2) được gọi là phương trình tham số của đường thân khai trong hệ tọa độ độc cực. Đối với các bánh răng tiêu chuẩn (vòng chia trùng với vòng lăn). Khi r_x bằng r_c (r_c là bán kính vòng chia) thì góc áp lực tại điểm x của đường thân khai bằng góc áp lực tại điểm trên vòng chia $\alpha_x = \alpha_c$.

Khi thiết kế dụng cụ cắt răng thân khai góc áp lực (góc ăn khớp) trên vòng chia đối với bánh răng tiêu chuẩn được gọi là góc prôfin. Các mặt trụ hoặc mặt xoắn vít thân khai có thể được tạo thành từ đường thân khai.



Hình 7.2 Dao phay đĩa môđun a) và bánh răng và dao phay đĩa môđun b).

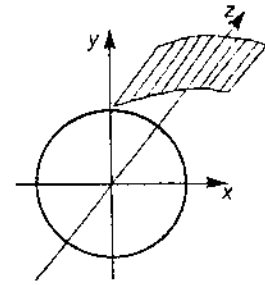


Hình 7.3. Sơ đồ nguyên lý tạo đường thân khai

Mặt trụ thân khai được tạo thành khi cho đường thân khai, nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục, chuyển động tịnh tiến dọc trục (hình 7.4).

Mặt xoắn vít thân khai được tạo thành khi cho đường thân khai, nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục chuyển động xoắn vít dọc trục.

- Chuyển động tịnh tiến dọc trục và chuyển động quay tròn quanh trục (chuyển động xoắn vít).



Hình 7.4. Tạo hình mặt trụ thân khai

7.1.2.2. Tính toán profin dao phay đĩa môđun

Hình 7.6. Trình bày sơ đồ tính toán profin dao phay đĩa môđun trong hệ tọa độ vuông góc Oxy – cũng chính là profin rãnh răng bánh răng thân khai. Vì dao phay đĩa môđun có góc trước $\gamma = 0$ cho nên profin được tính toán chính là profin trong tiết diện qua trục của dao.

Trên hình 7.6 là sơ đồ tính toán profin bánh răng thân khai có các ký hiệu:

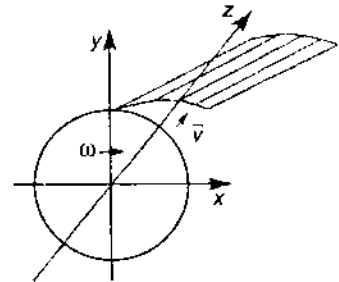
r_0 - bán kính vòng cơ sở.

r_c - bán kính vòng chia.

r_x - bán kính ứng với điểm M bất kỳ trên profin.

R_c - bán kính đỉnh răng.

R_i - bán kính chân răng.



Hình 7.5. Tạo mặt xoắn vít thân khai

Điểm M (x,y) bất kỳ trên profin thân khai có bán kính r_x được xác định bởi tọa độ x và y trong hệ tọa độ Oxy. Tọa độ x, y được xác định như sau:

$$\begin{cases} x = r_x \cdot \sin \delta_x = r_x \cdot \sin(\delta_0 + \theta_x) \\ y = r_x \cdot \cos \delta_x = r_x \cdot \cos(\delta_0 + \theta_x) \end{cases} \quad (7.3)$$

$$\theta_x = \text{inv } \alpha_x$$

$$\delta_0 = \delta_c = \text{inv } \alpha_c; \delta_c = \frac{S_c}{2r_c} = \frac{\pi \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot r_c}$$

$$\text{Thay } r_c = \frac{mZ}{2} \text{ ta được } \delta_c = \frac{\pi \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot \frac{mZ}{2}} = \frac{\pi}{2 \cdot Z}$$

$$\delta_0 = \frac{\pi}{2Z} - \text{inv } \alpha_c; (\delta_0 + \theta_x) = \frac{\pi}{2Z} - \text{inv } \alpha_c + \text{inv } \alpha_x$$

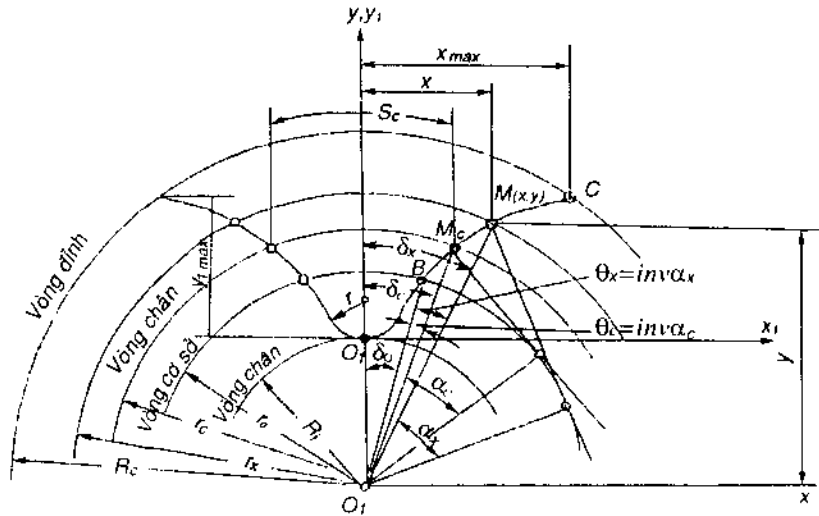
$$\begin{aligned}\delta_0 + \theta_x &= \frac{\pi}{2Z} - \text{inv}\alpha_c + \text{inv}\alpha_x \\ \cos\alpha_x &= \frac{r_0}{r_x}\end{aligned}\quad (7.4)$$

Trong đó: Z- số răng bánh răng gia công.

α_c - góc ăn khớp bánh răng trên vòng chia (bánh răng tiêu chuẩn $\alpha_c = 20^\circ$).

Profin của bánh răng được xác định khi cho r_x biến thiên từ r_0 đến bán kính lớn nhất của bánh răng R_c .

Trên đoạn cong chuyển tiếp từ $r_0 \rightarrow R_c$ (B đến O_1) không cần tính tọa độ các điểm. Để đơn giản từ điểm B (chân đường thân khai) kẻ đường thẳng nối tâm O (hoặc kéo dài cho tiếp tuyến với cung tròn bán kính r).



Hình 7.6. Sơ đồ tính profin thân khai của dao phay đĩa môđun.

Đối với bánh răng hiệu chỉnh “dương” hoặc “âm” vẫn áp dụng công thức (7.3) và (7.4) nhưng trong đó góc δ_c được thay thế bằng góc δ'_c tính bằng công thức (7.5).

$$\text{Khi } \delta_c = \frac{\pi}{2Z} \text{ thì } \delta'_c = \frac{\pi}{2Z} - \frac{2\xi \cdot \text{tg}\alpha}{Z} + \frac{\Delta S_c}{m \cdot Z} \quad (7.5)$$

Trong đó: ξ - hệ số dịch chỉnh dương hoặc âm.

ΔS_c - lượng giảm chiều dày răng trên vòng chia để tạo nên khe hở sườn răng khi ăn khớp.

Khi gia công bánh răng trụ thân khai xoắn, có thể dùng dao phay đĩa môđun như khi gia công bánh răng trụ thẳng nhưng để đảm bảo được độ chính xác nhất định, số răng bánh răng gia công Z được thay thế bằng số răng tương đương Z_w và được tính theo công thức sau:

$$Z_w = \frac{Z}{\cos^3 \beta} \quad (7.6)$$

Trong đó: Z - số răng của bánh răng xoắn được gia công.

β - góc nghiêng của răng xoắn.

m được xác định là môđun pháp tuyến.

7.1.2.3. Bộ dao phay đĩa môđun.

Trong công thức tính toán profin dao phay đĩa môđun (7.3) và (7.4). Toạ độ điểm profin x và y phụ thuộc không chỉ vào môđun m, góc ăn khớp α mà còn phụ thuộc vào số răng Z của bánh răng gia công. Điều này có nghĩa là một bánh răng có cùng môđun m và góc ăn khớp α nhưng số răng Z khác nhau thì profin răng khác nhau. Trong thực tế, bánh răng có cùng môđun m và góc ăn khớp α có thể có số răng khác nhau từ $Z_{\min} = 13$ răng đến $Z = \infty$. Với một môđun m và góc ăn khớp α trong thực tế có vô số bánh răng với số răng Z khác nhau. Như vậy để gia công chính xác bằng dao phay đĩa môđun thì một bánh răng với môđun m và góc ăn khớp α , số răng Z đòi hỏi có một dao phay đĩa môđun riêng. Điều này thực tế không thực hiện được vì như vậy một môđun m phải có vô số dao phay đĩa môđun. Do đó thực tế dao phay đĩa môđun được thiết kế và chế tạo theo bộ dao phay ứng với mỗi môđun. Mỗi dao phay có cùng môđun m sẽ gia công các bánh răng có số răng trong một khoảng nhất định. Thông thường dao phay có cùng môđun m được thiết kế và chế tạo một bộ 8 dao hoặc 15 dao. Một dao trong bộ được đánh số từ 1 đến 8 và gia công một số răng Z nhất định (bảng 7.1).

Bảng 7.1 Bộ dao phay đĩa môđun có môđun m.

Số hiệu dao N ^o .	Số răng bánh răng gia công Z	
	Bộ 15 dao	Bộ 8 dao
1	12	12÷13
1 $\frac{1}{2}$	13	
2	14	14÷16
2 $\frac{1}{2}$	15, 16	
3	17, 18	17÷20
3 $\frac{1}{2}$	19, 20	
4	21, 22	21÷25
4 $\frac{1}{2}$	23÷25	
5	26÷29	26÷34
5 $\frac{1}{2}$	30÷34	
6	35÷41	35÷54
6 $\frac{1}{2}$	42÷54	
7	55÷79	53 ÷ 134
7 $\frac{1}{2}$	79÷134	
8	135	135÷∞

7.2. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích

7.2.1. Khái niệm cơ bản.

Các chi tiết răng thường gặp trong thực tế gồm hai loại:

Loại thứ nhất: trong quá trình làm việc, các chi tiết có chuyển động ăn khớp để truyền chuyển động từ trục này sang trục khác (các loại bánh răng thân khai, bánh líp, bánh xích,...).

Loại thứ hai: không có chuyển động ăn khớp mà nằm trong các mối ghép cố định của hai chi tiết răng (các loại trục then hoa, v...v). Ngoài ra các chi tiết răng còn được phân biệt bởi profin mặt bên răng: profin thân khai (bánh răng thân khai) hoặc profin không thân khai (bánh líp, bánh răng nôvicôp, răng then hoa, v...v).

Nguyên lý cơ bản khi gia công các chi tiết răng theo phương pháp bao hình có tâm tích là chi tiết trong quá trình gia công được coi như có chuyển động ăn khớp răng với chi tiết răng khác (dụng cụ). Trên cơ sở đó, dựa vào các chuyển động trong quá trình ăn khớp, xác định được profin của dụng cụ trong quá trình gia công cắt profin chi tiết.

Hai chi tiết răng ăn khớp với nhau trong quá trình chuyển động, thì tại một thời điểm hai profin răng tiếp xúc với nhau tại một điểm trong tiết diện pháp tuyến với profin. Tại điểm tiếp xúc có tiếp tuyến chung và pháp tuyến chung. Điểm đó có chuyển động tương đối với tốc độ $\vec{V}$ được coi như là chuyển động quay tức thời quanh tâm quay tức thời P. Tập hợp tâm quay tức thời trong quá trình chuyển động hai chi tiết răng là tâm tích của hai chi tiết (phôi và dụng cụ). Tập hợp tất cả các điểm tiếp xúc trong quá trình ăn khớp là đường ăn khớp (đường tạo hình).

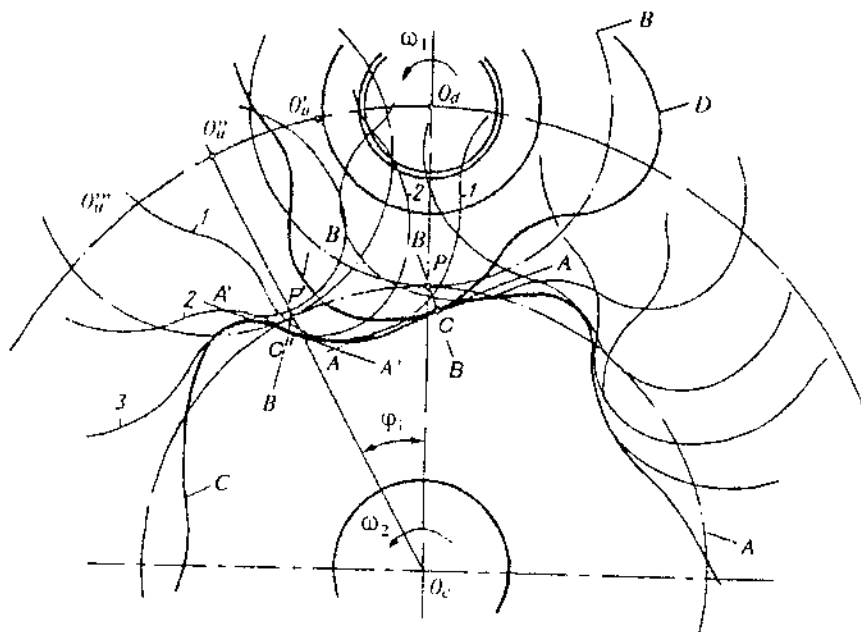
Như vậy, trong quá trình chuyển động, profin của mỗi chi tiết răng tạo nên một họ profin và profin của chi tiết này phải tiếp tuyến với họ profin chi tiết kia và ngược lại - đó chính là mặt bao của họ profin trong quá trình chuyển động. Trong quá trình gia công chi tiết luôn có chuyển động quay tròn, do đó tâm tích của chi tiết là vòng tròn tâm tích. Dụng cụ có thể chuyển động tịnh tiến hoặc quay tròn.

Dụng cụ chuyển động tịnh tiến – có đường thẳng tâm tích, nếu dụng cụ chuyển động quay tròn – có vòng tròn tâm tích.

Chuyển động ăn khớp của hai chi tiết răng chính là chuyển động lăn không trượt của hai đường tâm tích của hai chi tiết. Trong quá trình gia công, chuyển động ăn khớp là chuyển động tạo hình, tức là chuyển động lăn không trượt lên nhau của hai đường tâm tích dụng cụ và chi tiết.

Hình 7.7 mô tả quan hệ chuyển động tương đối giữa dụng cụ cắt và chi tiết răng cho trước. Trong quá trình gia công, chi tiết có profin C trong tiết diện vuông góc với trục được hình thành là đường bao của họ profin lưỡi cắt D của dụng cụ. Trong khi cắt, chi tiết (giả thiết đã có profin C) quay quanh tâm O_c và dụng cụ (giả thiết đã có profin D) quay quanh tâm O_d đang tiếp xúc với nhau (đang ăn khớp). Nếu giữ chi tiết cố định (đứng yên) thì trong chuyển động tương đối coi như dụng cụ D phải vừa quay quanh tâm O_d có bán kính $\overline{O_dP}$ đồng thời quay quanh tâm chi tiết O_c với bán kính quay là $\overline{O_dO_c}$.

và tốc độ quay là ω_2 . Vị trí các điểm tâm O_d trong quá trình chuyển động được xác định bởi góc quay φ_1 . Tại mỗi thời điểm ứng với góc φ_1 , prôfin chi tiết C và prôfin dụng cụ D sẽ tiếp xúc với nhau chỉ tại một điểm xác định - điểm đó gọi là điểm ăn khớp hay điểm tạo hình. Theo



Hình 7.7 nguyên lý gia công theo phương pháp bao hình (prôfin chi tiết C là đường bao của họ prôfin dụng cụ).

sơ đồ hình 7.7. thì tại thời điểm $\varphi_1 = 0$ điểm tiếp xúc là C, tại thời điểm thứ 2 - φ_1 , điểm tiếp xúc là C'. Các điểm C, C'... là các điểm tiếp xúc của hai prôfin. Tại điểm đó sẽ có tiếp tuyến chung $\overline{AA'}$ và pháp tuyến chung $\overline{BB'}$. Điểm C tiếp xúc đó có chuyển động tương đối là chuyển động quay tức thời quanh tâm quay tức thời P. P là điểm tiếp xúc của hai đường tâm tích. (2 vòng tròn tâm tích A và B).

Trên cơ sở các nguyên lý cơ bản trên, các điều kiện để có thể thiết kế được dụng cụ cắt theo nguyên lý bao hình có tâm tích là:

- Tại các điểm tiếp xúc của cặp prôfin đối tiếp C và D (chi tiết và dụng cụ) phải có tiếp tuyến chung AA và pháp tuyến chung BB. Pháp tuyến chung BB đó phải đi qua cực tạo hình (ăn khớp) P. Điều đó có nghĩa là, pháp tuyến với prôfin chi tiết tại điểm bất kỳ phải cắt đường tâm tích (lăn) của nó ít nhất tại một điểm.

Dụng cụ cắt làm việc theo nguyên lý bao hình có thể được thiết kế bằng phương pháp đồ thị (vẽ) hoặc giải tích tính toán. (Các phương pháp này sẽ trình bày cụ thể khi thiết kế các dụng cụ cắt chi tiết răng không thân khai).

7.2.2. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích gia công các bánh răng trụ thân khai (răng thẳng, xoắn).

Các bánh răng thân khai trong truyền động ăn khớp được với các chi tiết khác như thanh răng, trục vít và bánh răng... Với đặc điểm đó việc thiết kế các dụng cụ cắt răng thân khai làm việc theo nguyên lý bao hình có tâm tích đơn giản hơn. Các chi tiết ăn khớp với bánh răng thân khai trong quá trình truyền động có prôfin là bao hình của prôfin, bánh răng trong quá trình chuyển động (ăn khớp) và ngược lại, prôfin thân khai của bánh răng là bao hình của prôfin các chi tiết ăn khớp với nó trong quá trình chuyển

động ăn khớp. Vì vậy, trong trường hợp này dụng cụ cắt có kết cấu và profile của chi tiết ăn khớp với bánh răng thân khai trong quá trình chuyển động.

- Bánh răng ăn khớp với thanh răng – dụng cụ cắt như là thanh răng – dao hình lược cắt răng (hình 7.8a).

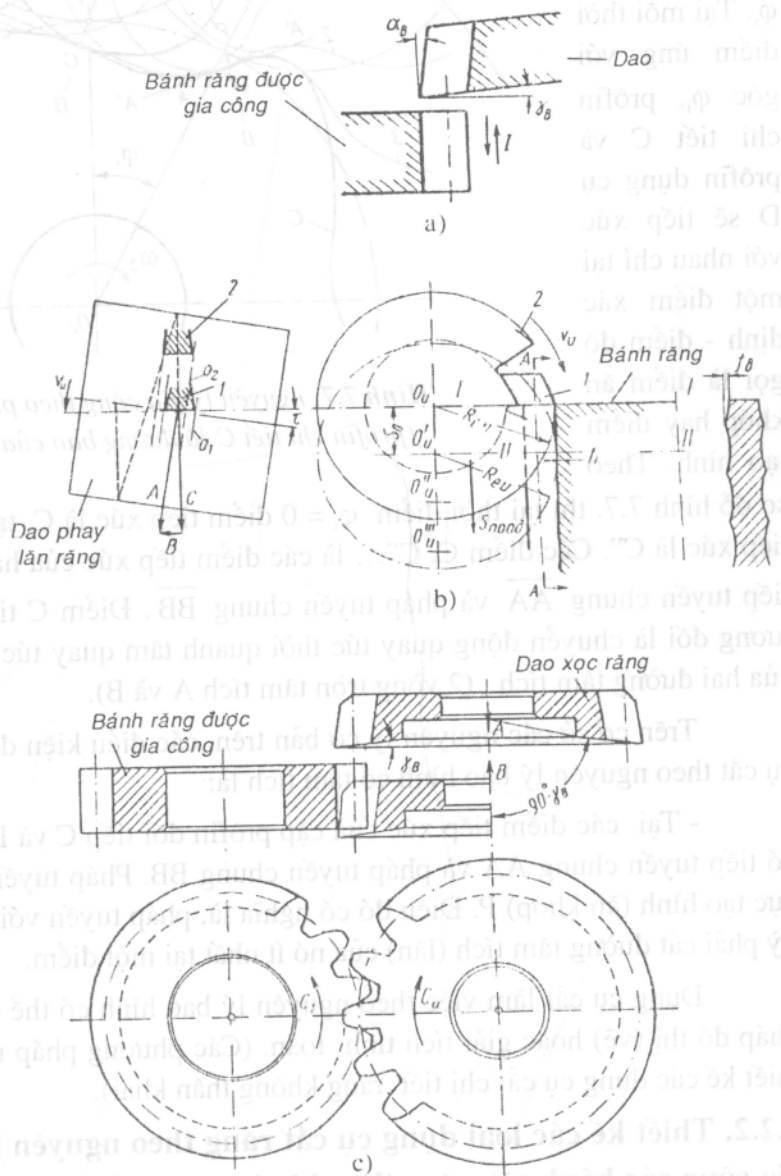
- Bánh răng ăn khớp với trục vít – dụng cụ cắt như là trục vít – dao phay lăn răng (hình 7.8b).

- Bánh răng ăn khớp với bánh răng – dụng cụ cắt như là bánh răng – dao xọc răng (hình 7.8c).

7.2.2.1. Các dạng mặt vít (trục vít) dùng trong thiết kế các loại dụng cụ cắt răng.

Các dạng mặt xoắn vít kẻ (trục vít) thường được dùng khi thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo phương pháp bao hình có tâm tích. Mặt xoắn vít kẻ là mặt xoắn vít do một đường sinh là đường thẳng chuyển động xoắn vít tạo thành. Cách hình thành các dạng mặt xoắn vít kẻ được trình bày trên hình 7.9.

Trục O_z của hệ trục tọa độ O_{xyz} là trục của chuyển động vít (chuyển động tịnh tiến theo phương trục O_z và chuyển động quay tròn quanh trục O_z) và là trục của trục vít (bề mặt xoắn vít). Mặt trụ tròn xoay có trục là O_z , bán kính r_o , được gọi là mặt



Hình 7.8 Các loại dụng cụ cắt bánh răng thân khai theo phương pháp bao hình:

- Dao hình lược cắt răng.
- Dao phay lăn răng.
- Dao xọc răng.

1) *Mặt vít convoluyt (hình 7.10.a).*

Mặt vít được biểu diễn bởi phương trình (7.10) được gọi là mặt xoắn vít hờ convoluyt. Mặt xoắn này có đặc điểm sau:

- Giao tuyến của mặt vít (7.10) với mặt phẳng chứa trục Oz là đường cong có dạng ($x = 0$ hoặc $y = 0$):

$$y = 0 \quad \text{ta có} \quad x = \frac{r_0}{\cos \varphi} \quad (7.11)$$

$$Z = P \cdot \varphi - r_0 \cdot \cot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Phương trình (7.11) biểu diễn phương trình tham số đường cong phẳng với φ là tham số.

- Giao tuyến của mặt vít công vóluyt với mặt phẳng vuông góc với rãnh vít hoặc đường vít (mặt phẳng tiếp tuyến với mặt trụ Oz). Ví dụ, với mặt phẳng $y = r_0$, (đường thẳng AB hình 7.10a) có phương trình là:

$$Z = P \cdot \varphi + x \cdot \cot \varepsilon \quad (7.12)$$

- Giao tuyến của mặt vít côngvóluyt với mặt phẳng vuông góc với trục Oz là đường cong (dạng đường thân khai kéo dài (hình 7.10a).

Từ phương trình (7.12), cho $Z=0$ ta có:

$$P\varphi + x \cdot \cot \varepsilon = 0 \quad (7.13)$$

Từ (7.9) có thể thấy:

$$|\vec{\rho}| = \overline{OM'} = \sqrt{r_0^2 + N'M'^2}$$

$$\rho = \sqrt{r_0^2 + (t \cdot \sin \varepsilon)^2}$$

Từ (7.13) rút ra: $t \cdot \cot \varepsilon = -P \cdot \varphi \rightarrow t = -\frac{P \cdot \varphi}{\cot \varepsilon}$

$$\rho = \sqrt{r_0^2 + \left(-\frac{P \cdot \varphi}{\cot \varepsilon} \cdot \sin \varepsilon\right)^2}$$

$$\text{đặt } k = P^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \varepsilon \Rightarrow \rho = \sqrt{r_0^2 + K\varphi^2} \quad (7.14)$$

2) *Mặt xoắn vít Acsimet (hình 7.10b).*

Trong phương trình mặt xoắn vít kẻ (7.10) khi cho $r_0 = 0$, nghĩa là đường thẳng AB cắt trục Oz và hợp với Oz một góc ε thì phương trình (7.10) có dạng sau (là dạng của mặt xoắn vít Acsimet):

$$\left. \begin{aligned} x &= t \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \varphi \\ y &= t \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \varphi \\ Z &= P \cdot \varphi + t \cdot \cot \varepsilon \end{aligned} \right\} \quad (7.15)$$

Mặt xoắn vít Acsimet có những đặc điểm sau:

- Giao tuyến của mặt vít Acsimet với mặt phẳng chứa trục Oz là đường thẳng cắt

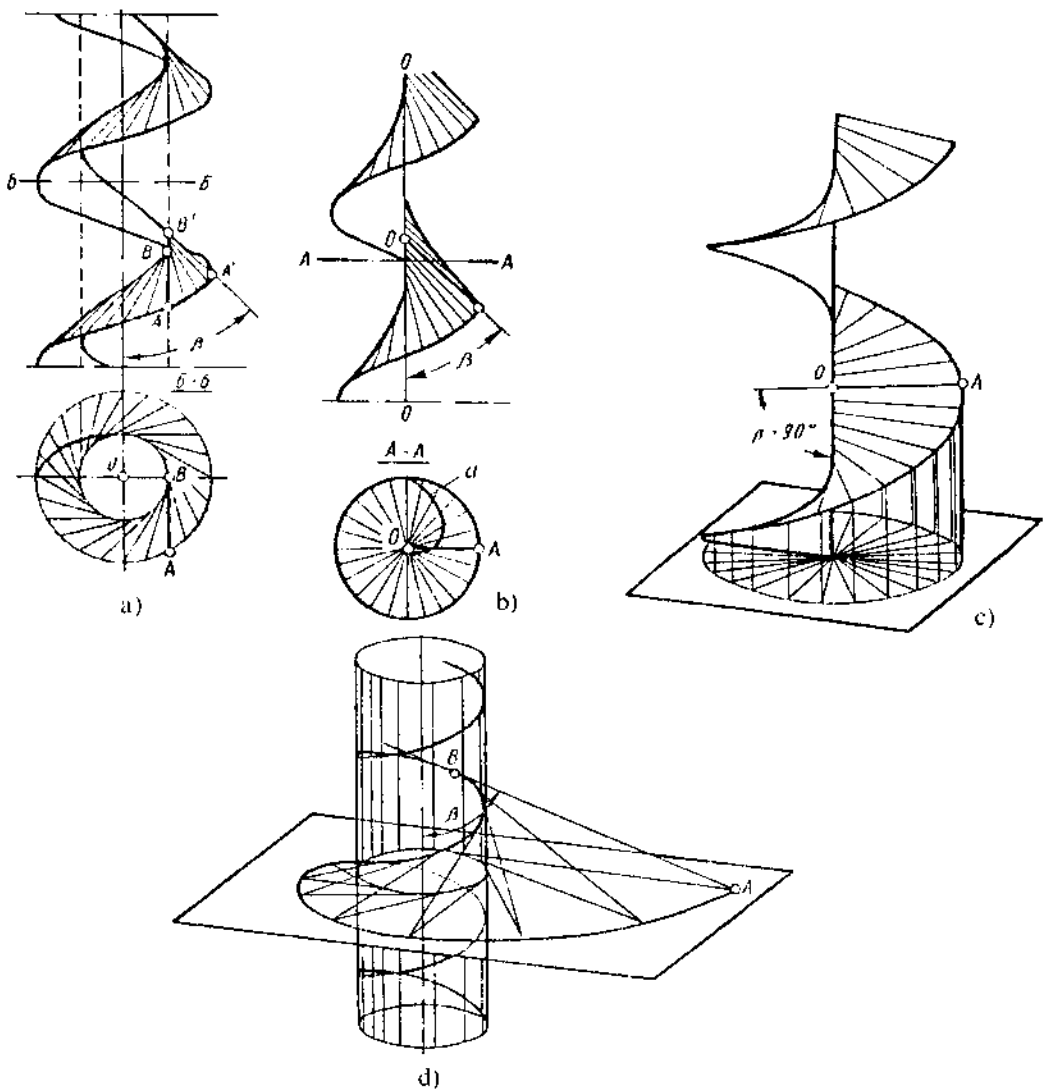
trục dưới một góc ε . Mặt phẳng chứa trục, ví dụ, mặt phẳng $x=0$ ($y=0$) sẽ cho giao tuyến là đường thẳng (OA trên hình 7.10.b).

$$Z = P \cdot \varphi + y \cot \varepsilon \quad (7.16)$$

- Giao tuyến của mặt vít Acsimet với mặt phẳng vuông góc với trục Oz ($z=0$) là đường cong Acsimet. Từ (7.15) cho $z=0$ ta có:

$$\rho = P \cdot \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \varphi \quad \text{đặt } P \cdot \operatorname{tg} \varepsilon = B \rightarrow \rho = B \cdot \varphi \quad (7.17)$$

Phương trình (7.17) là phương trình đường xoắn Acsimet trong hệ trục cực bán kính vectơ là $\vec{\rho}$, trong mặt phẳng yox . Góc $\varepsilon = 90^\circ$, có nghĩa là đường thẳng AB vuông góc với trục Oz thì mặt vít được tạo thành gọi là mặt vít thẳng helicôit (hình 7.10c).



Hình 7.10. Các dạng mặt xoắn vít:

- a) Mặt xoắn vít Cônvolvút.
- b) Mặt xoắn vít Acsimet.
- c) Mặt xoắn vít Hêlicôit thẳng.
- d) Mặt xoắn vít thân khai.

3) Mặt xoắn vít thân khai (hình 7.10.d).

Từ phương trình mặt xoắn vít kẻ (7.10) khi cho đường thẳng AB tiếp tuyến với mặt trụ bán kính r_0 và nghiêng với trục Oz một góc ε bằng góc nghiêng của đường vít trên hình trụ β ($\varepsilon = \beta$). Góc β được tính theo công thức (7.7) thì khi đường AB chuyển động vít theo qui luật trên, mặt vít được tạo thành là mặt vít thân khai được biểu diễn bởi phương trình (7.18). Cho $\varepsilon = \beta$ thì phương trình (7.10) có dạng:

$$\left. \begin{aligned} x &= r_0 \cdot \cos \varphi - t \sin \beta \cdot \sin \varphi \\ y &= r_0 \cdot \sin \varphi + t \sin \beta \cdot \cos \varphi \\ Z &= P \cdot \varphi + t \cdot \cos \beta \end{aligned} \right\} \quad (7.18)$$

Mặt xoắn vít thân khai có những đặc điểm sau:

- Giao tuyến của mặt xoắn vít thân khai với mặt phẳng tiếp tuyến với hình trụ cơ sở bán kính r_0 là đường thẳng nghiêng với trục Oz một góc β (mặt phẳng $x = r_0$ hoặc $y = r_0$). Cho $y = r_0$, φ là tham số. Giải phương trình (7.18) ta được:

$$\begin{aligned} r_0 &= r_0 \cdot \sin \varphi + t \sin \beta \cdot \cos \varphi \rightarrow r_0 = \frac{t \sin \beta \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \\ x &= \frac{t \sin \beta \cdot \cos \varphi}{1 \cdot \sin \varphi} \cos \varphi - t \sin \beta \cdot \sin \varphi \rightarrow x = t \cdot \sin \beta \\ Z &= P \cdot \varphi + x \cdot \cot \beta \end{aligned} \quad (7.19a)$$

- Giao tuyến của mặt xoắn vít thân khai với mặt phẳng vuông góc với trục Oz ($z = 0$) là đường thân khai. Vì thế mặt xoắn vít (7.18) được gọi là mặt xoắn vít thân khai.

Thay $z = 0$ vào phương trình (7.18) ta có:

$$t = -P\varphi / \cos \beta$$

Mặt khác trên hình 7.9 ta có:

$$\begin{aligned} \overline{NC} &= \overline{N'M'} = t \cdot \sin \varepsilon = t \cdot \sin \beta \\ \overline{N'M'} &= -\frac{P \cdot \varphi}{\cos \beta} \cdot \sin \beta - P \cdot \varphi \cdot \tan \beta \\ \overline{N'M'} &= r_0 \cdot \tan \theta \Rightarrow P \cdot \varphi = -r_0 \cdot \frac{\tan \theta}{\tan \beta} \end{aligned}$$

Giải (7.18) được kết quả:

$$x = r_0 (\cos \varphi + \tan \theta \cdot \sin \varphi)$$

$$y = r_0 (\cos \varphi + \tan \theta \cdot \cos \varphi)$$

Bán kính vectơ $\left| \vec{\rho} \right|$: $\rho^2 = x^2 + y^2$

$$\rho = \frac{r_0}{\cos \theta} \quad (7.19b)$$

Phương trình (7.19b) giống như phương trình biểu diễn đường thân khai (7.2).

Trong đó: r_0 - bán kính vòng tròn cơ sở.
 ρ - bán kính vector.
 θ - góc áp lực (góc α_r ở phương trình (7.2)).

Giao tuyến của mặt xoắn vít thân khai với mặt phẳng chứa trục z ($x=0$ hoặc $y=0$) là đường cong phẳng tương tự như với mặt vít côn vóluyt.

7.2.2.2. Thanh răng dụng cụ khởi thủy - dạng sinh của thanh răng dụng cụ

Các thông số cơ bản của bánh răng được xác định bởi kích thước cơ bản của thanh răng bánh răng khởi thủy. Tương tự như vậy các kích thước cơ bản của răng dụng cụ cắt răng được xác định bởi các thông số kích thước của thanh răng dụng cụ khởi thủy (dạng sinh của thanh răng dụng cụ).

Prôfin răng của thanh răng dụng cụ khởi thủy tương ứng với prôfin rãnh giữa các răng bánh răng gia công và khi cắt thì dụng cụ cắt ăn khớp không có khe hở với bánh răng gia công.

Vì vậy, prôfin răng của thanh răng dụng cụ khởi thủy được xác định như sau (hình 7.11):

1) Chiều cao đầu răng của thanh răng dụng cụ khởi thủy $h_d' = f' + c'$ (trong đó f' và c' là hệ số đầu răng và khe hở hướng kính):

$$f' = 1; c' = 0,25$$

$$\text{hoặc } f' = 0,8; c' = 0,3$$

2) Nếu thanh răng bánh răng vát đầu răng thì thanh răng dụng cụ khởi thủy ngược lại vát chân răng tương ứng với các kích thước h_{vd} ; α_{vd} và n_{vd} .

3) Góc prôfin của thanh răng dụng cụ khởi thủy α_d đúng bằng góc prôfin dạng sinh thanh răng bánh răng gia công α_d ($\alpha_d = \alpha_d$). Trong thực tế thiết kế cụ thể nhiều trường hợp các góc đó không bằng nhau.

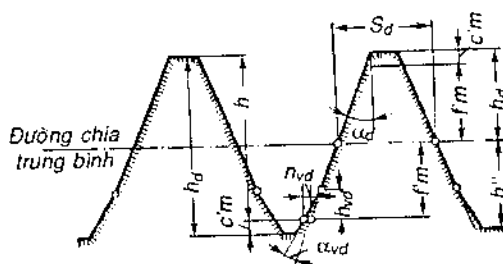
4) Chiều dày răng thanh răng trên đường chia S_d bằng chiều rộng rãnh của thanh răng bánh răng khởi thủy theo tiêu chuẩn:

$$S_d = \frac{\pi \cdot m}{2} \quad (7.20)$$

Trong thực tế khi chế tạo bánh răng phải có khe hở cạnh bên tức là phải giảm chiều dày răng bánh răng, do đó phải tăng chiều dày thanh răng dụng cụ ($S_d = \frac{\pi \cdot m}{2}$) một lượng là ΔS_d .

$$S_d = \frac{\pi m}{2} + \Delta S_d \quad (7.21)$$

Lượng tăng của chiều dày thanh răng dụng cụ ΔS_d được xác định phụ thuộc vào



Hình 7.11. Dạng răng thanh răng dụng cụ khởi thủy.

độ chính xác và môđun của bánh răng gia công, có thể được chọn theo bảng 7.2.

Nếu dụng cụ cắt răng thiết kế được dùng để cắt các răng bánh răng trước khi gia công lần cuối (trước khi cà răng hay mài răng) thì chiều dày răng thanh răng dụng cụ cần được xác định như sau:

$$S_d = \frac{\pi m}{2} - \Delta d \quad (7.22)$$

Trong đó Δd được chọn phụ thuộc vào lượng dư cho nguyên công sau.

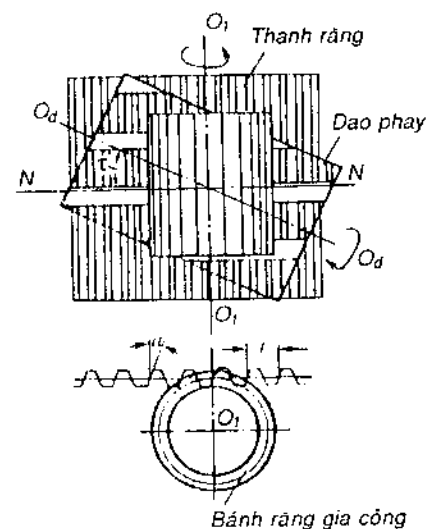
Bảng 7.2. Giá trị lượng tăng chiều dày răng thanh răng khởi thủy dụng cụ ΔS_d và dung sai chiều dày răng δS_d (mm)

Môđun m	Lượng tăng chiều dày ΔS_d	Dung sai chiều dày răng ΔS_d với cấp chính xác bánh răng		
		6	7	8
1,25 ÷ 2,5	0,127	0,025	0,030	0,040
2,75 ÷ 4	0,161	0,030	0,040	0,050
4,25 ÷ 6	0,175	0,030	0,040	0,050
6,5 ÷ 10	0,214	0,030	0,040	0,050
11 ÷ 16	0,247	0,040	0,050	0,060
18 ÷ 20	0,349	-	0,050	0,060

7.2.3. Thiết kế dao phay lăn răng

7.2.3.1. Nguyên lý làm việc

Dao phay lăn răng được thiết kế dựa theo nguyên lý ăn khớp của trục vít với bánh răng nghiêng (bánh vít) trong quá trình làm việc (truyền động). Trục vít được thiết kế có kết cấu như một dụng cụ để cắt bánh răng (dao phay lăn răng). Trong quá trình cắt răng bánh răng, dao phay lăn răng (trục vít) và phôi bánh răng được cung cấp các chuyển động tạo hình như các chuyển động trong quá trình ăn khớp truyền động trục vít – bánh vít. Chuyển động quay của dao phay lăn răng (trục vít) quanh trục của nó và chuyển động quay của phôi bánh răng quanh trục phôi với quan hệ như sau: trục vít (dao phay lăn răng) quay một vòng thì phôi bánh răng quay $1/Z_1$ vòng (Z_1 là số răng của bánh răng cần gia



Hình 7.12 Tạo hình profile răng dao phay, ăn khớp của bánh răng và dao phay cùng với thanh răng.

công). Chuyển động quay của dao quanh trục của nó đồng thời là chuyển động cắt chính. Dao phay lăn răng là một trục vít có xẻ rãnh dọc (thường là rãnh xoắn) tạo thành mặt trước có góc trước $\gamma = 0$ và rãnh thoát phoi, hớt lưng để tạo góc sau.

Để có ăn khớp đúng của cặp bánh răng nghiêng (trục vít được coi như một bánh răng nghiêng mà số răng bằng số đầu mối) thì các răng của chúng phải ăn khớp đúng với cùng một thanh răng không gian (thanh răng khởi thủy, hình 7.12). Có nghĩa là, các kích thước cơ bản của răng bánh răng, trục vít và thanh răng trong tiết diện pháp tuyến với hướng răng (bước t_n và góc prôfin α) phải bằng nhau:

$$t_n = t_i; \alpha_d = \alpha_i; m_d = m_i \quad (7.23)$$

Kích thước trong tiết diện chiều trục của dao phay tương tự như trục vít (hình 7.13) được xác định như sau:

$$t_{(1)} = \frac{t_n}{\cos \tau} \quad (7.24)$$

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{t_{(1)}}{\pi \cdot D_{th}} \quad (7.25)$$

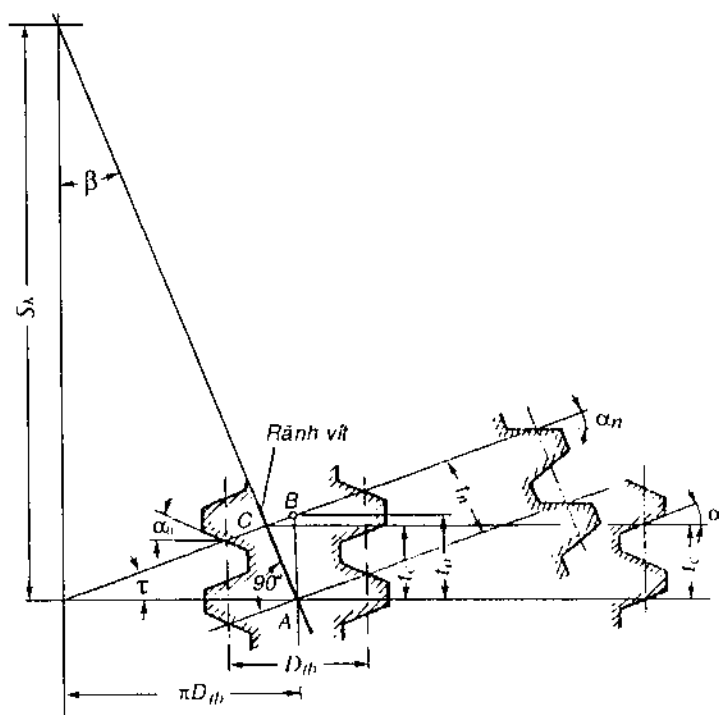
Trong đó: τ - góc nâng của đường vít ứng với hình trụ chia trung bình có đường kính D_{th} .

Từ (7.24) và (7.25) ta có:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{t_n}{\pi D_{th} \cdot \cos \tau}; \sin \tau = \frac{t_n}{\pi D_{th}} = \frac{m}{D_{th}} \quad (7.26)$$

7.2.3.2. Kết cấu dao phay lăn răng (hình 7.14)

- Đường kính ngoài dao phay D_c : dao phay có đường kính ngoài lớn khi cắt bánh răng sẽ tăng độ chính xác prôfin răng và tăng năng suất cắt gọt, cải thiện được điều kiện cắt. Song khi chọn đường kính dao phay lớn sẽ hao phí nhiều vật liệu làm dao và công chế tạo. Các kích thước các bộ phận kẹp chặt dao trên máy cũng bị hạn chế đường kính dao. Các kích thước đường kính dao phay đã được tiêu chuẩn



Hình 7.13. Kích thước prôfin dao phay và rãnh vít

hoá, do đó sau khi tính toán, đường kính dao phay phải được chọn lại theo tiêu chuẩn.

Khi tính toán đường kính dao phay D_c cần chú ý đến chiều sâu rãnh thoát phoi H_k , đường kính lỗ gá d và kích thước phần thân dao p (hình 7.14) sao cho:

$$D_c \geq 2.H_k + 2p + d$$

hoặc

$$D_c \geq 2 \left(t_1 - \frac{d}{2} + p + H_k \right) \quad (7.27)$$

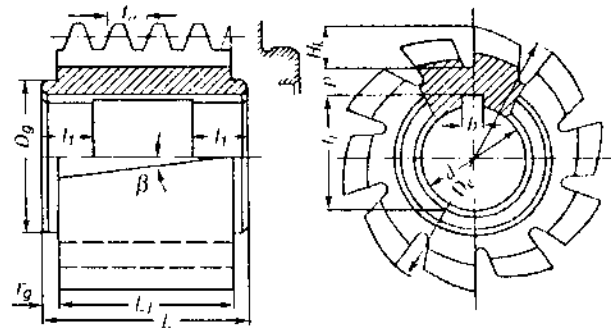
Trong đó:

t_1 - kích thước rãnh then.

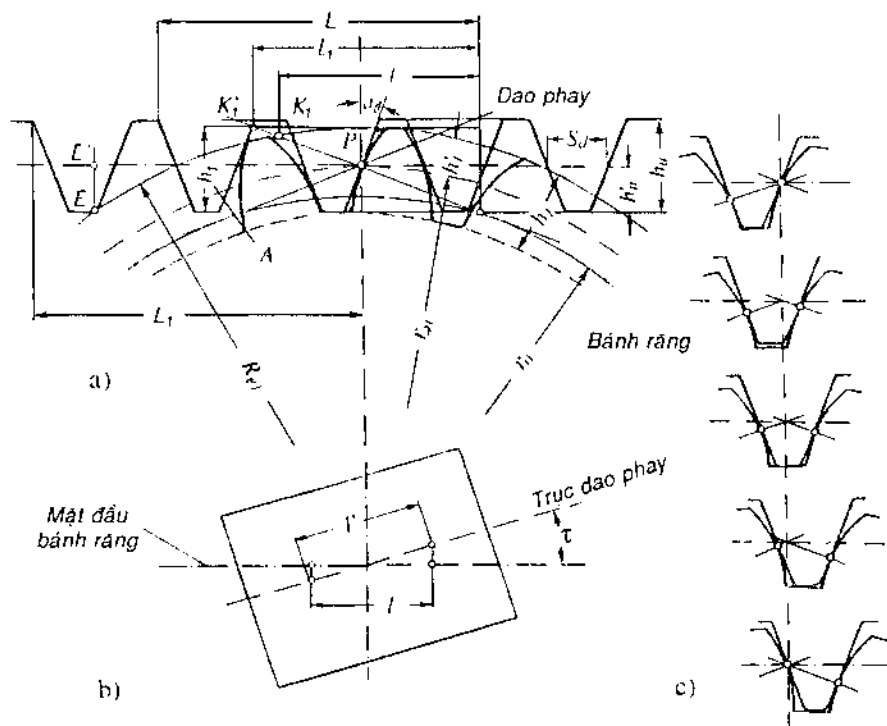
d - đường kính lỗ gá.

- Đường kính lỗ gá d :
đường kính lỗ gá d được dùng để định vị và kẹp chặt dao lên trục gá. Đường kính d càng lớn thì độ cứng vững khi làm việc tăng. Thông thường đường kính d được chọn theo đường kính ngoài D_c và tiêu chuẩn hoá.

$$d = (0,2 \div 0,45)D_c$$



Hình 7.14. Kích thước kết cấu dao phay lăn răng



Hình 7.15. Sơ đồ ăn khớp của dao phay lăn răng với bánh răng - xác định chiều dài làm việc l của dao phay

- Chiều dài dao phay L và chiều dài phần làm việc l sau khi tính toán được chọn theo tiêu chuẩn.

Chiều dài làm việc l của dao phay được xác định khi khảo sát quá trình ăn khớp (quá trình làm việc) của dao phay lăn răng với bánh răng gia công.

Khi gia công (khi ăn khớp) các lưỡi cắt của dao phay nằm trong rãnh bánh răng và tiếp xúc với prôfin lý thuyết của bánh răng (hình 7.15).

Các điểm tiếp xúc của hai prôfin (dao và bánh răng) phải nằm trên đường tạo hình (đường ăn khớp) đi qua cực tạo hình (ăn khớp) p . p là điểm tiếp xúc của hai tâm tích dao và chi tiết. Đối với cặp prôfin thân khai đường tạo hình (đường ăn khớp) phải tiếp tuyến với vòng tròn cơ sở bán kính r_0 .

Vị trí giới hạn của các điểm tạo hình (giới hạn gia công) được xác định bởi giao điểm của đường tạo hình với vòng đỉnh răng k_1 .

Prôfin dao phay lăn răng và prôfin bánh răng gia công sẽ tiếp xúc với nhau trên đoạn $\overline{k_1 k_2}$ của đường tạo hình. Hình chiếu $\overline{k_1 k_2}$ lên phương song song với tâm tích dao (đường lăn của thanh răng khởi thủy) và trên mặt đầu của bánh răng là chiều dài làm việc l của dao phay.

Từ hình 7.15. Chiều dài l được xác định như sau:

$$l = \sqrt{R_{e1}^2 - r_0^2} - \frac{r_{e1} \sin^2 \alpha_d - h_d}{\sin \alpha_d} \cdot \cos \alpha_d \quad (7.29)$$

Trong đó: R_{e1} - bán kính ngoài của bánh răng gia công.

r_0 - bán kính vòng tròn cơ sở bánh răng gia công.

r_{e1} - bán kính vòng tròn chia bánh răng.

h_d - chiều cao đầu răng của thanh răng khởi thủy dụng cụ.

α_d - góc prôfin răng.

Trong công thức (7.29), chiều dài l phụ thuộc vào vòng tròn đỉnh răng bánh răng gia công R_{e1} . Khi số răng Z_1 tăng thì l tăng, vị trí giới hạn điểm k_1 khi $Z_1 \rightarrow \infty$ tức là $R_{e1} \rightarrow \infty$, bánh răng trở thành thanh răng, khi đó l_1 (hình 7.15) được xác định như sau: $l_1 = h_1 \cdot \cotg \alpha_d$.

Các răng dao phay nằm bên trái điểm k_1 (hình 7.15) không tham gia tạo hình mà làm nhiệm vụ cắt sơ bộ rãnh phôi chuẩn bị cho các răng tạo hình cắt. Nếu dao phay không có các răng cắt sơ bộ thì răng đầu tiên của dao phay phải cắt một lớp kim loại lớn. Do đó, để tránh hiện tượng quá tải thì các răng dao phay phải đến điểm E (giao điểm của vòng tròn đỉnh răng và mặt trụ ngoài của dao phay). Khoảng cách từ điểm E đến cực tạo hình p là $\overline{E'P}$; $\overline{E'P}$ được xác định như sau:

$$\overline{E'P} = \sqrt{R_{e1}^2 - (R_{e1} - h_1)^2} = \sqrt{2(R_{e1} - h_1) \cdot h_1} \quad (7.30)$$

Do đó chiều dài của dao phay sẽ được tính dựa vào chiều dài làm việc l và chiều dày S_d của các răng cắt sơ bộ. Từ hình 7.15 chiều dài tối thiểu của dao phay có thể được xác định như sau:

$$L = h_1 \cdot \cot \alpha_d + 4h_1' \cdot \tan \alpha_d + 2 \cdot S_d$$

$$L \approx 2 \left[\frac{h_1}{\sin^2 \alpha_d} (1 + \sin^2 \alpha_d) + S_d \right] \quad (7.31)$$

Sau khi tính, chiều dài L của dao phay cần được chọn lại theo tiêu chuẩn. Tiêu chuẩn chiều dài L của dao phay thường được chọn theo môđun m . Hai phía của dao phay có vòng gờ với đường kính D_g . Chiều rộng của vòng gờ thường được chọn $l_g = (3 \div 5) \text{ mm}$. Vòng gờ được dùng để kiểm tra độ đảo của dao phay khi lắp trên máy phay lăn răng. Vì vậy có những yêu cầu kỹ thuật nhất định, chủ yếu là độ đồng tâm vòng gờ với các vòng ren của trục vít cơ bản đi qua các lưỡi cắt của dao phay lăn răng.

- Đường kính trung bình tính toán của dao phay D_{th} là đường kính qui ước được dùng để tính toán góc nâng của rãnh thoát phoi ω , góc nâng của đường vít τ và các trị số khác. Sau khi mài sắc lại đường kính ngoài dao phay D_e giảm, đường kính trung bình thực tế giảm và do đó giá trị góc nâng τ và ω có thay đổi.

Để giảm sai lệch các kích thước, khi thiết kế đường kính trung bình tính toán D_{th} được xác định ở tiết diện cách mặt trước một khoảng bằng $(0,1 \div 0,25)$ bước răng. Do đó, đường kính trung bình tính toán được xác định như sau:

$$D_{th} = D_e - 2h_d' - 2\sigma \cdot K.$$

Trong đó: K - lượng hút lưng (mm).

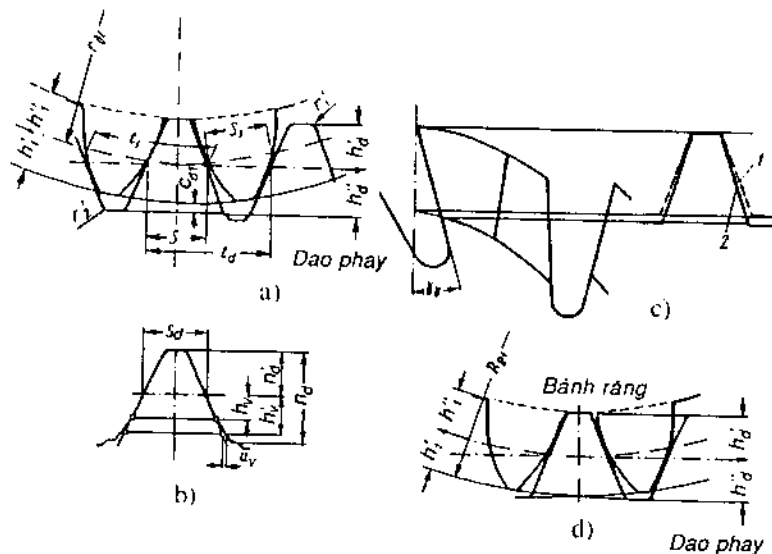
h_d' - chiều cao đầu răng của prôfin dao.

σ - hệ số $(0,1 \div 0,25)$ - thường lấy $\sigma = 0,15$.

- Các kích thước prôfin răng.

Các kích thước prôfin răng dao phay lăn răng trong tiết diện pháp tuyến với hướng đường vít bằng các kích thước dạng sinh thành răng khởi thủy, tức là bằng các kích thước prôfin răng bánh răng (hình 7.16).

- Góc prôfin răng dao phay α_d bằng góc prôfin dạng



Hình 7.16 Các kích thước prôfin răng dao phay

a) Góc trước bằng 0 ($\gamma = 0$); b) Cắt bánh răng có vát đỉnh răng;
c) Góc trước $\gamma = 0$; d) Cắt bánh răng môđun nhỏ.

sinh của răng bánh răng α_1 (vòng lăn trùng với vòng chia bánh răng).

$$\alpha_d = \alpha_1 \quad (7.31)$$

+ Bước răng t_n bằng bước răng t_1 của răng bánh răng:

$$t_n = t_1 \quad (7.32)$$

+ Chiều dày răng dao phay theo đường tâm tích S_d bằng chiều rộng rãnh bánh răng theo vòng lăn S_{bn} :

$$S_d = S_{bn} = t_1 - S_1 \quad (7.33)$$

- Chiều cao chân răng dao phay:

$$h_d'' = h_1' + C_{d1} \quad (7.34)$$

Ở đây: h_1' - chiều cao đầu răng bánh răng.

C_{d1} - khe hở hướng kính.

+ Chiều cao đầu răng răng dao phay h_d' bằng chiều cao chân răng của răng bánh răng h_1 : $h_d' = h_1$.

+ Chiều cao toàn bộ răng dao phay h_d :

$$h_d = h_d' + h_d'' = h_1' + C_{d1} + h_1'' = h_1 + C_{d1}$$

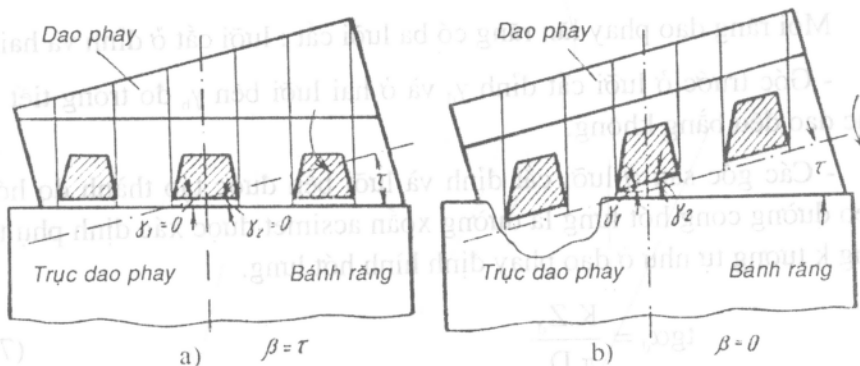
Đối với dao phay gia công các bánh răng có kích thước tiêu chuẩn:

$$h_1' = 1,25 \text{ m} ; C_{d1} = 0,25 \text{ m}; h_1'' = 1,25 \text{ m} ; h_1 = 2,5 \text{ m}$$

- Các rãnh dọc (thoát phoi) của dao phay

Để

góc trước ở hai lưỡi cắt bên bằng nhau trong quá trình cắt, rãnh dọc của dao phay (một phần của rãnh) vuông góc với đường vít của ren trục



Hình 7.17 Dao phay với rãnh xoắn vít a), dao phay với rãnh thẳng b).

vít trên hình trụ trung bình tính toán có nghĩa là trên mặt trụ trung bình tính toán góc nghiêng của rãnh xoắn dọc ω và góc nghiêng của đường vít τ bằng nhau.

Bước của rãnh xoắn dọc trên hình trụ trung bình tính toán S_k được xác định như sau:

$$S_k = \pi D_{\text{bt}} \cdot \cot \tau \quad (7.35)$$

$$\sin \tau = \frac{t_n}{\pi D} = \frac{t_l}{\pi D_{\text{dt}}}$$

$$\text{tg} \omega = \frac{\pi D_{\text{dt}}}{S_k}; \quad \sin \tau \cdot \text{tg} \omega = \frac{t_l}{S_k} \quad (7.36)$$

Vì $\tau = \omega$ và thường nhỏ hơn 6° nên có thể viết (7.36) dưới dạng:

$$\begin{aligned} \text{tg}^2 \omega &= \frac{t_l}{S_k} \\ \text{tg} \omega &= \sqrt{\frac{t_l}{S_k}} \end{aligned} \quad (7.37)$$

+ Mặt trước của răng dao phay thường được xác định sao cho góc trước tại các điểm trên lưỡi cắt dao trong tiết diện vuông góc với trục dao bằng không, $\gamma=0$. Vì vậy, mặt trước của dao phay (một phần rãnh xoắn) là mặt xoắn vít do một đường sinh thẳng vuông góc với trục dao chuyển động xoắn vít tạo thành.

Mặt xoắn đó là mặt xoắn vít thẳng – mặt xoắn vít helicôit.

+ Rãnh dọc của dao phay lăn răng có thể là rãnh thẳng song song với trục dao. Mặt trước của dao trong trường hợp này là mặt phẳng đi qua trục dao để tạo được góc trước tại các điểm trên lưỡi cắt luôn bằng không (hình 7.17b).

- Số răng của dao phay Z_d .

Số răng của dao phay và các kích thước kết cấu răng được chọn như đối với dao phay định hình hót lưng.

- Các góc ở phần cắt răng dao.

Mỗi răng dao phay lăn răng có ba lưỡi cắt : lưỡi cắt ở đỉnh và hai lưỡi bên.

- Góc trước ở lưỡi cắt đỉnh γ_d và ở hai lưỡi bên γ_b đo trong tiết diện vuông góc với trục dao đều bằng không.

- Các góc sau ở lưỡi cắt đỉnh và lưỡi bên được tạo thành do hót lưng các mặt sau theo đường cong hót lưng là đường xoắn acsimet được xác định phụ thuộc vào lượng hót lưng k tương tự như ở dao phay định hình hót lưng.

$$\text{tg} \alpha_d = \frac{K \cdot Z_d}{\pi D_c} \quad (7.38)$$

- Góc sau α_b tại điểm trên lưỡi cắt bên trong tiết diện vuông góc với trục dao được xác định như ở dao phay định hình hót lưng :

$$\text{tg} \alpha_b^x = \frac{K \cdot Z_d}{\pi D_x} \Rightarrow \text{tg} \alpha_b^x = \frac{D_c}{D_x} \cdot \text{tg} \alpha_d \quad (7.39)$$

Trong đó D_x là đường kính dao phay tại điểm khảo sát trên lưỡi cắt.

Góc sau trong tiết diện pháp tuyến với lưỡi cắt bên α_m có thể được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_m = \operatorname{tg} \alpha_b \cdot \sin \alpha_d \quad (7.40)$$

Trong đó : α_b - góc sau trong tiết diện vuông góc với trục dao.

α_d - góc profin lưỡi cắt răng dao phay.

7.2.3.3. Thiết kế profin răng dao phay lăn răng

a) Trục vít cơ bản

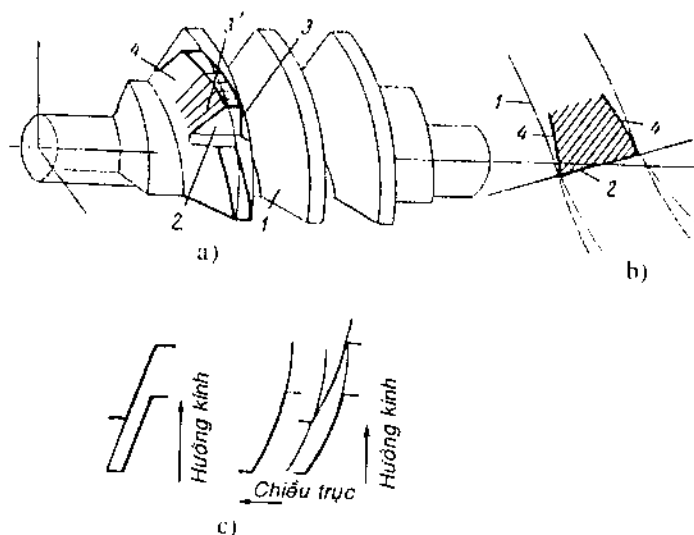
Bánh răng thân khai chỉ ăn khớp đúng, chính xác với trục vít thân khai. Các dạng trục vít khác không ăn khớp chính xác được với bánh răng thân khai. Vì vậy, để gia công chính xác bánh răng thân khai, các lưỡi cắt của dao phay lăn răng phải nằm trên bề mặt vít của trục vít thân khai có các kích thước profin tương ứng với các kích thước của bánh răng gia công. Trục vít, mà trên cơ sở của nó được dùng để thiết kế dao phay lăn, răng gọi là trục vít cơ bản. Trên hình 7.18 trình bày mặt vít của trục vít cơ bản và các lưỡi cắt của dao phay lăn răng.

Dao phay lăn răng được thiết kế trên cơ sở trục vít cơ bản có mặt vít cơ bản 1 (hình 7.18.a). Các lưỡi cắt 3 của dao phay là giao tuyến của mặt trước (rãnh dọc) 2 và mặt sau của răng dao 4. Để có góc sau mặt sau 4 của

răng dao được hình thành do hớt lưng hướng kính (hình 7.18.c) nên không thể trùng với mặt vít cơ bản 1 mà phải dịch đi một lượng so với mặt vít cơ bản. Vì vậy, sau mỗi lần mài sắc lại lưỡi cắt 3 của dao phay lăn răng (giao tuyến của mặt trước và mặt sau) sẽ dịch chuyển so với vị trí ban đầu – có nghĩa là lưỡi cắt sau khi mài sắc lại theo mặt trước 3 sẽ không nằm trên mặt vít cơ bản của trục vít thân khai nữa. Mặt khác trục vít cơ bản thân khai khó chế tạo (xem phần các mặt vít dùng trong thiết kế dao), cho nên dao phay lăn răng được thiết kế theo các phương pháp gần đúng (trục vít cơ bản không phải là trục vít thân khai).

b) Các phương pháp gần đúng khi thiết kế dao phay lăn răng.

Profin lưỡi cắt dao phay lăn răng được xác định theo hai phương pháp gần đúng:



Hình 7.18 Trục vít cơ bản và răng dao phay lăn răng

a) Profin răng dao phay.

b) Tạo thành mặt sau.

c) Hớt lưng hướng kính.

prôfin thẳng trong tiết diện qua trục và prôfin thẳng trong tiết diện pháp tuyến.

Phương pháp 1: prôfin thẳng trong tiết diện qua trục.

Ở phương pháp này prôfin cong ở tiết diện chứa trục của trục vít thân khai được thay bằng prôfin thẳng. Trục vít cơ bản là trục vít thân khai được thay bằng trục vít acsimet (hình 7.19).

Giao tuyến của trục vít thân khai với mặt phẳng đi qua trục là đường cong (hình 7.19.b). Để xác định đường cong giao tuyến đặt hệ trục tọa độ vuông góc Oxy. Trục Ox trùng với trục của trục vít và trục Oy qua giao điểm của đường cong prôfin với mặt trụ cơ sở bán kính r_0 của mặt vít thân khai. Hãy xét điểm bất kỳ k trên đường cong giao tuyến có tọa độ là x_k và y_k . x_k và y_k được xác định như sau:

$$x_k = \pm p \cdot \operatorname{inv} \alpha_k \quad (7.41)$$

Trong đó :

$$\cos \alpha_k = \frac{r_0}{y_k} \quad \text{và } p \text{ là}$$

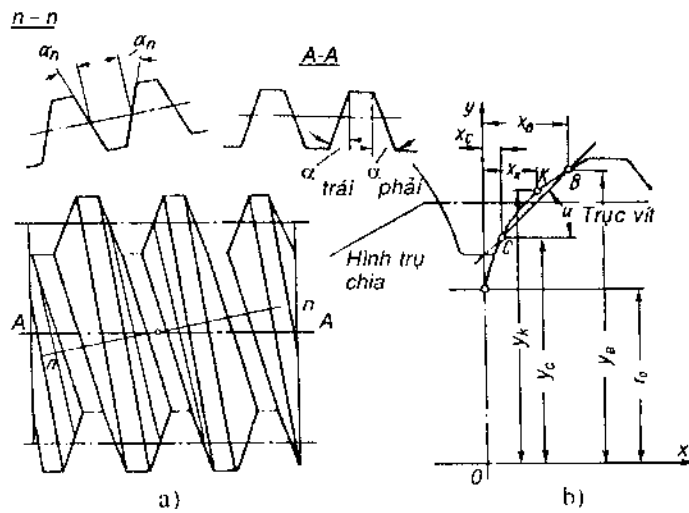
thông số của mặt vít .

$$p = \frac{t_0}{2\pi} = \frac{m}{2 \cos \tau} \quad (7.42)$$

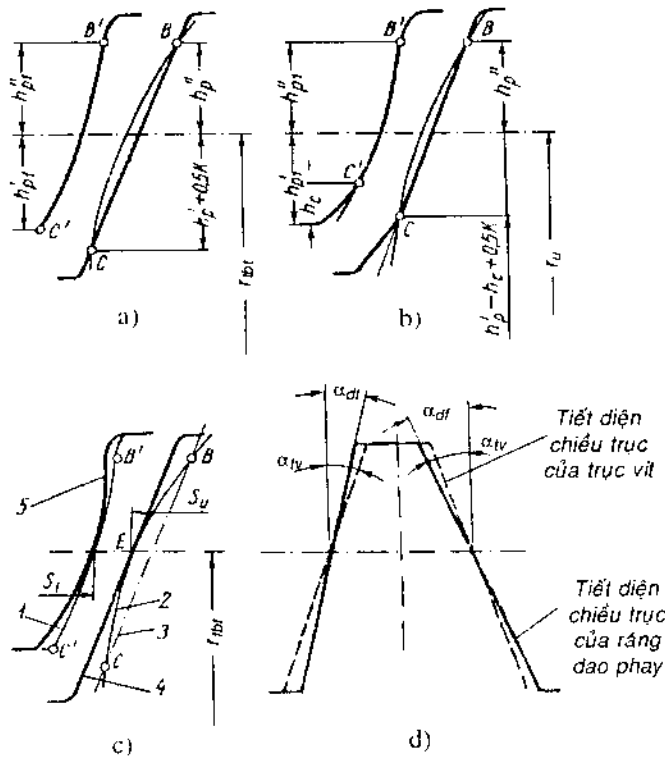
Dấu (+) ứng với mặt vít bên phải.

Dấu (-) ứng với mặt vít bên trái.

Khi thay trục vít thân khai bằng trục vít acsimet, đường sinh của trục vít acsimet sẽ đi qua hai điểm B và C của prôfin răng dao phay. Hai điểm này của lưới



Hình 7.19. Các phương pháp gần đúng xác định prôfin răng dao phay



Hình 7.20. Prôfin răng dao phay khi thay trục với thân khai bằng trục vít acsimet.

- a) không cắt đầu răng ở đỉnh ; b) có cắt đầu răng;
c) có vát ; d) prôfin trong tiết diện chiều trục.

cắt dao phay sẽ gia công hai điểm B' và C' ngoài cùng của đoạn profile thân khai răng bánh răng (hình 7.20a).

Để giảm sai số khi mài sắc lại dao phay, điểm B trên đầu răng được chọn trong tiết diện tính toán (hoặc trên mặt trước) còn điểm C được chọn từ kích thước của răng đã mài sắc lại một đoạn bằng 0,5 bước vòng tính từ tiết diện đầu. Do đó khoảng cách từ mặt trụ trung bình tính toán đến điểm B thì h_p'' bằng chiều cao làm việc của chân bánh răng h_{pl}'' :

$$h_p'' = h_{pl}'' \quad (7.43)$$

Khoảng cách từ hình trụ trung bình tính toán của dao đến điểm C h_p' bằng chiều cao đoạn làm việc của đầu răng bánh răng h_{pl}' , và lượng rơi của đường cong hớt lưng 0,5 K.

$$h_p' = h_{pl}' + 0,5K \quad (7.44)$$

Nếu đỉnh răng có vát thì h_{pl}'' giảm một lượng vát h_c ($h_{cmax} = 0,45.m$).

Toạ độ các điểm tính toán của profile răng dao phay:

$$x_B = p. \operatorname{inv} \alpha_B \quad y_B = r_{tbl} + h_p'' \quad (7.45)$$

$$x_c = p. \operatorname{inv} \alpha_c \quad y_c = r_{tbl} - (h_p'' + 0,5K)$$

Trong đó: $r_{tbl} = \frac{1}{2} D_{tbl}$

$$\cos \alpha_B = \frac{d_0}{2(r_{tbl} + h_p'')} \quad \cos \alpha_c = \frac{d_0}{2[r_{tbl} - (h_p'' + 0,5K)]}$$

Trong đó: d_0 - đường kính mặt trụ cơ sở của trục vít thân khai, có thể được xác định

theo công thức: $d_0 = \frac{m}{\cos \tau. \operatorname{tg} \tau_0}$

τ và τ_0 là góc nghiêng của đường vít trên mặt trụ trung bình tính toán và mặt trụ cơ sở. Quan hệ giữa τ và τ_0 có thể được xác định như sau:

$$\cos \tau_0 = \cos \tau \cdot \cos \alpha_p$$

Trong đó α_p là góc profile ứng với bán kính trung bình tính toán r_{tbl} .

Góc profile của trục vít acsimet thay thế đi qua điểm B và C (α_{iv}) theo hình 7.19 được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_{iv} = \frac{x_B - x_c}{y_B - y_c} \quad (7.46)$$

Thay các giá trị từ công thức (7.45) vào (7.46) ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha_{iv} = \frac{p(\operatorname{inv} \alpha_B - \operatorname{inv} \alpha_c)}{h_p'' + h_p' + 0,5K} \quad (7.47)$$

Thay các giá trị p từ công thức (7.42) và (7.47) được:

$$\operatorname{tg} \alpha_{iv} = \frac{\operatorname{inv} \alpha_B - \operatorname{inv} \alpha_c}{2 \cos \tau \left[\frac{h_p'' + h_p'}{m} + 0,5 \frac{K}{m} \right]} \quad (7.48)$$

Khi thay thế trục vít cơ bản thân khai bằng trục vít acsimet, từ công thức (7.48), góc pôfin α_{iv} của trục vít acsimet khác với góc pôfin α_B của trục vít thân khai..

Khi thay thế trục vít thân khai bằng trục vít acsimet chiều dày các răng S_d (hình 7.20c) phải được đảm bảo. Do đó đường thẳng thay thế pôfin thực tế không trùng với pôfin đi qua hai điểm tính toán B,C mà phải song song với nó và tiếp tuyến với đường cong giao tuyến chính xác $2 \widehat{BC}$ ở điểm E trên mặt trụ trung bình tính toán của dao phay - đường thẳng 4 (hình 7.20c). Dao phay như vậy có chiều dày chân và đầu răng dao tăng lên so với pôfin lý thuyết 2. Khi gia công bánh răng bằng dao phay như vậy không cắt được pôfin chính xác 1 mà tạo ra pôfin 5 (hình 7.20c) có cắt chân răng và đầu răng với độ cong lớn. Bánh răng có pôfin như vậy có lợi cho quá trình ăn khớp.

Thực tế với độ chính xác cho phép góc pôfin của trục vít acsimet α_{iv} có thể được xác định theo công thức sau:

$$\operatorname{cotg} \alpha_{iv} = \operatorname{cotg} \alpha_B \cos \tau \quad (7.49)$$

Để tạo được góc sau α , mặt sau của dao phay lăn răng được hót lưng là mặt xoắn vít khác với mặt xoắn vít của trục vít cơ bản. Góc sau α được xác định bởi lượng hót lưng k , số răng Z dao phay và bước của răng xoắn mặt trước. Độ sai lệch của mặt sau răng dao so với mặt xoắn vít của trục vít cơ sở phụ thuộc vào góc sau α .

- Góc pôfin của mặt sau răng dao phay trong tiết diện chiều trục (hình 7.20d) đối với dao phay răng xoắn phải được xác định như sau:

$$\text{- Lưỡi cắt phải: } \operatorname{cotg} \alpha_{dr} = \operatorname{cotg} \alpha_{TVI} - \frac{k \cdot Z_d}{S_k} \quad (7.50)$$

$$\text{- Lưỡi cắt trái: } \operatorname{cotg} \alpha_{dr} = \operatorname{cotg} \alpha_{TVI} + \frac{k \cdot Z_d}{S_k}$$

Đối với các dao xoắn trái, thành phần thứ 2 trong công thức (7.50) được đổi dấu.

Phương pháp 2: pôfin thẳng trong tiết diện pháp tuyến với rãnh răng.

Phương pháp này được thực hiện khi thay thế trục vít thân khai cơ bản bằng trục vít có pôfin thẳng trong tiết diện pháp tuyến với rãnh vít của trục vít – trục vít công vôi (xem mục 7.2.2.1).

Pôfin của trục vít ở phương pháp này được xác định theo hai cách khác nhau:

a) Pôfin thẳng tiết diện pháp tuyến được chọn bằng pôfin dạng sinh của bánh răng

gia công. Góc prôfin của răng dao phay α_d được chọn bằng góc prôfin dạng sinh của bánh răng.

b) Góc prôfin của răng dao phay trong tiết diện pháp tuyến α_d được chọn khác với góc prôfin dạng sinh của bánh răng gia công một lượng là $\Delta\alpha$.

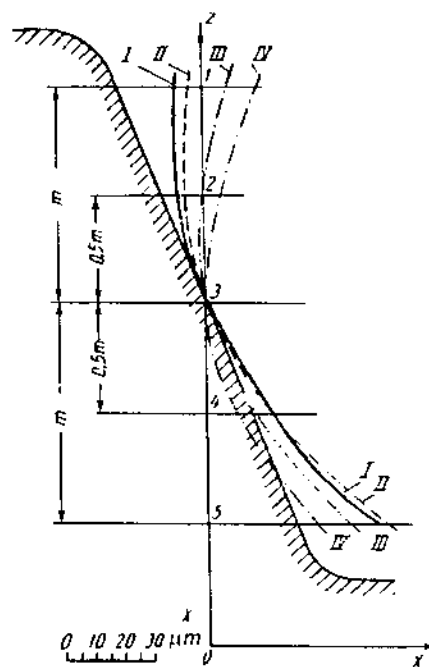
Khi góc xoắn của răng dao phay không lớn ($\tau < 3^\circ$) sự khác nhau giữa góc prôfin của lưỡi cắt và góc prôfin của trục vít thân khai không lớn, do đó có thể chọn $\alpha_d = \alpha_\alpha$. Khi góc xoắn của răng dao phay lớn ($\tau > 3^\circ$) góc prôfin của lưỡi cắt và góc prôfin trục vít thân khai khác nhau khá lớn. Để giảm sai số trong trường hợp này góc prôfin của dao phải được hiệu chỉnh một lượng là $\Delta\alpha$.

$$\alpha_d = \alpha_\alpha \pm \Delta\alpha \quad (7.51)$$

$\Delta\alpha$ được chọn tùy thuộc vào góc τ và chiều cao prôfin răng dao phay. Độ chính xác của các phương pháp gần đúng khi thiết kế dao phay lăn răng được mô tả trên hình 7.21. Với dao phay môđun $m = 12$ mm đường kính ngoài $D_e = 165$ mm; góc nghiêng $\tau = 5^\circ 12'$ cắt bánh răng có góc prôfin $\alpha_\alpha = 20^\circ$. Các prôfin biểu diễn trên hình 7.21 là prôfin trong tiết diện tiếp tuyến với hình trụ cơ sở của trục vít thân khai của dao phay.

Với dao phay có góc prôfin khác với góc prôfin của thanh răng khởi thủy $\alpha_d = \alpha_\alpha - \Delta\alpha = 20^\circ 03'$ (đường cong II), lưỡi cắt khác với prôfin trục vít thân khai ở đầu và chân răng. Khi giảm góc prôfin của răng dao $\alpha_d = \alpha_\alpha - \Delta\alpha$ ví dụ, $\alpha_d = 19^\circ 57'$ đường cong IV-IV (hình 7.21) khi cắt bánh răng tạo nên độ dày của đầu răng lớn hơn chân răng. Sử dụng phương pháp này sẽ cắt ra bánh răng không thuận lợi khi làm việc.

Nếu chọn $\alpha_d = \alpha_\alpha = 20^\circ$, prôfin III- I trên hình 7.21 có sai lệch prôfin đầu răng và chân răng gần như sau. Do đó, đối với dao phay góc nghiêng $\tau > 3^\circ$ có thể thiết kế theo phương pháp gần đúng prôfin thẳng trong tiết diện pháp tuyến với rãnh vít và lấy góc prôfin dao phay α_d bằng góc prôfin bánh răng gia công α_α ; $\alpha_d = \alpha_\alpha$ hoặc với góc $\alpha_d = \alpha_\alpha - \Delta\alpha$. $\Delta\alpha$ được chọn phụ thuộc vào góc nâng τ và chiều cao prôfin răng dao phay: $\tau = 6^\circ$, $\Delta\alpha = 4'$, $\tau = 7^\circ$, $\Delta\alpha = 6'$, $\tau < 6^\circ$, $\Delta\alpha = 3'$. Sai lệch nhỏ nhất là khi thiết kế dao phay có prôfin thẳng trong tiết diện chiều trục (đường cong prôfin II).



Hình 7.21. Độ chính xác prôfin khi thiết kế dao phay bằng các phương pháp gần đúng.

- I- prôfin thẳng ở tiết diện chiều trục.
- II- Prôfin thẳng ở tiết diện pháp tuyến: $\alpha_d = \alpha_\alpha + \Delta\alpha = 20^\circ 03'$.
- III. $\alpha_d = \alpha_\alpha = 20^\circ$.
- IV. $\alpha_d = \alpha_\alpha - \Delta\alpha = 19^\circ 57'$.

Sai lệch tăng khi tăng môđun và góc nâng τ , giá trị sai lệch khi thiết kế dao phay lăn răng bằng các phương pháp khác nhau có thể được xác định trong bảng 7.3.

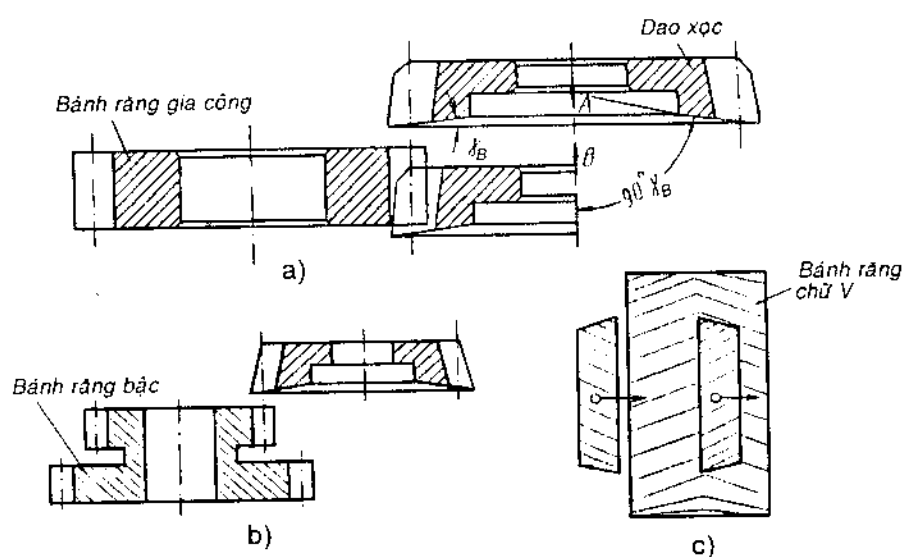
Bảng 7.3. Giá trị sai lệch khi thiết kế dao phay bằng các phương pháp gần đúng.

Modun	Phương pháp thiết kế		
	Tiết diện thẳng trong tiết diện chiều trục	Tiết diện thẳng ở tiết diện pháp	
		$\alpha_d = \alpha_n + \Delta\alpha$	$\alpha_d = \alpha_n = 20^0$
	Sai số prôfin (μm)		
3	1	2,0	2
5	4	4,2	6
8	11	11,4	16
10	16	16,5	22
12	27	28,0	34
14	41	40,5	52
16	53	55	72

7.2.4. Thiết kế dao xọc răng thân khai

7.2.4.1. Công dụng, phạm vi sử dụng và phân loại

Dao xọc răng thân khai được dùng để cắt bánh răng trụ thân khai răng thẳng, răng nghiêng, ăn khớp ngoài và trong (hình 7.22a), bánh răng bậc (hình 7.22.b), bánh răng chữ V (hình 7.22c). Dao xọc thường dùng có các loại sau (hình 7.23a, b, c, d, e).



Hình 7.22. Phạm vi sử dụng dao xọc

a) Cắt bánh răng thẳng và bậc; b) Cắt bánh răng chữ V.

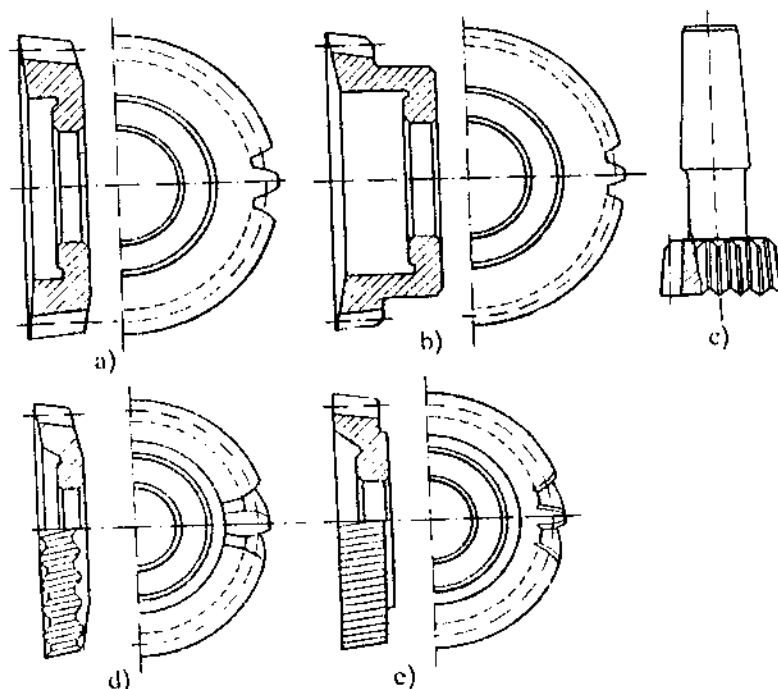
- Dao xọc hình đĩa cắt các bánh răng trụ răng thẳng (hình 7.22a).

- Dao xọc răng hình cốc – dùng cắt bánh răng có bậc (hình 7.22b).

- Dao xọc răng cán liền – dùng cắt bánh răng ăn khớp trong (hình 7.22c).

- Dao xọc răng nghiêng cắt bánh răng nghiêng (h.7.22d).

- Các cặp dao xọc răng nghiêng để cắt răng chữ V (h.7.22.e).



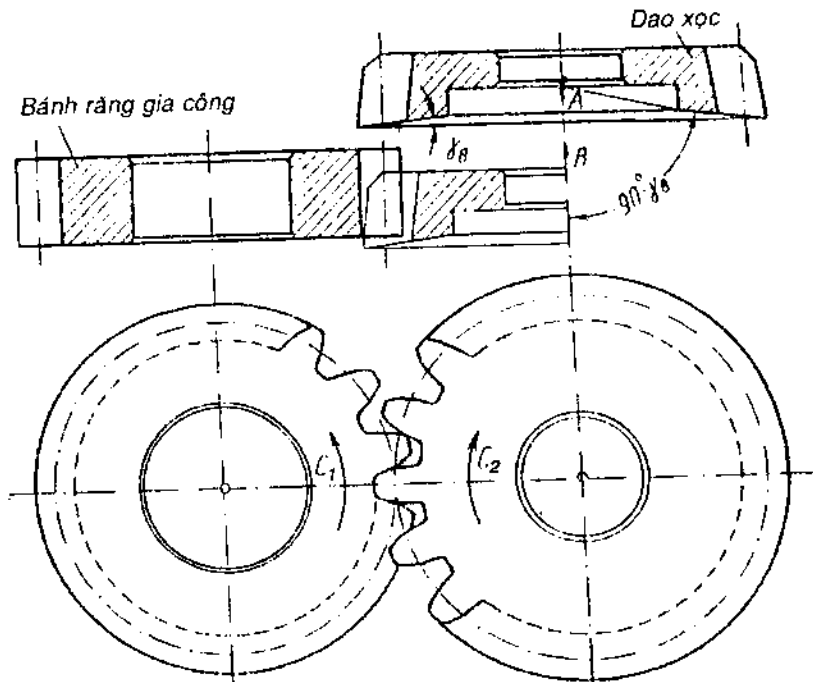
Hình 7.23. Các loại dao xọc

a) Dao xọc hình đĩa; b) Dao xọc hình cốc; c) Dao xọc cán liền xọc răng trong; d) Dao xọc răng nghiêng; e) Dao xọc cắt bánh răng chữ V.

7.2.4.2. Nguyên lý làm việc và kết cấu

Nguyên lý làm việc khi xọc răng là nhắc lại sự ăn khớp của hai bánh răng, trong đó có một bánh răng là dao xọc răng và một bánh răng là bánh răng cần gia công (hình 7.24).

Kết cấu của dao xọc được coi như một bánh răng gồm nhiều bánh răng dịch chỉnh có chiều dày vô cùng mỏng để tạo thành các góc cắt tương ứng.



Hình 7.24 Nguyên lý làm việc khi xọc răng:

A – chuyển động dao cắt xọc; B – chuyển động khử hồi dao xọc (chạy không); C_1 và C_2 – chuyển động quay của bánh răng và dao xọc (chuyển động tạo hình ăn khớp).

Để tạo thành góc sau ở lưỡi cắt đỉnh α_d và góc sau ở hai lưỡi cắt bên α_b , profil răng dao trong tiết diện vuông góc với trục được tạo thành bằng cách dịch chỉnh thanh răng khởi thủy một lượng dịch chỉnh $x = \xi_m$.

Trên hình 7.25 trình bày profil dao xọc răng tương ứng với dạng sinh của thanh răng khởi thủy ở ba tiết diện AA, BB và CC vuông góc với trục dao.

Ở tiết diện BB khoảng dịch chỉnh thanh răng bằng không $\xi_m = 0$. Bánh răng tương ứng ở tiết diện BB là bánh răng tiêu chuẩn không dịch chỉnh. Ở tiết diện AA (tiết diện mặt trước) lượng dịch chỉnh dương lớn nhất $x = +\xi_m$ và ở tiết diện CC (tiết diện cuối của dao) có lượng dịch chỉnh âm nhỏ nhất $x = -\xi_m$. Lượng dịch chỉnh của thanh răng khởi thủy (dao

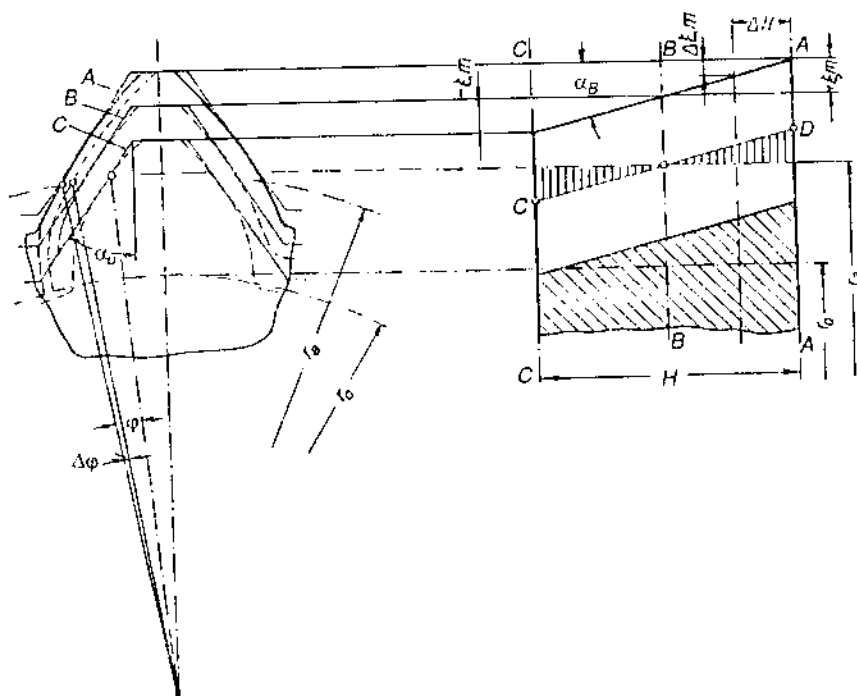
xọc răng) giảm dần từ tiết diện AA đến tiết diện CC và chính sự thay đổi đó tạo nên góc sau ở đỉnh răng α_d và góc sau của lưỡi cắt bên α_b .

Do đó, dao xọc răng có thể được tạo thành bằng cách tập hợp vô số bánh răng chiều dày nhỏ vô hạn ΔH

và lượng dịch chỉnh Δm trên cùng một trục ghép lại như sơ đồ hình 7.26. Mỗi bánh răng thành phần vô cùng mỏng đều được tạo thành do chuyển động bao hình của thanh răng khởi thủy có góc profil α_d và có dạng thân khai của vòng tròn cơ sở bán kính r_0 .

Đại lượng dịch chỉnh của profil khởi thủy thay đổi theo qui luật bậc nhất $\Delta \xi_m = C \cdot \Delta H$, thì góc quay của đường thân khai φ trong các tiết diện khác nhau theo chiều cao H của dao xọc cũng theo qui luật bậc nhất: $\Delta \varphi = c' \cdot \Delta H$. Do đó, có thể xem mặt bên của dao xọc được hình thành do đường thân khai nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục, chuyển động quay đều và tịnh tiến đều dọc trục tạo thành. Mặt đó là mặt xoắn vít thân khai. Mặt sau ở đỉnh răng là mặt côn. Mặt bên phía trái của dao xọc (hình 7.25) là mặt xoắn vít phải, còn phía phải là mặt xoắn vít trái.

Thông số của bề mặt xoắn vít đó có thể được xác định như sau:

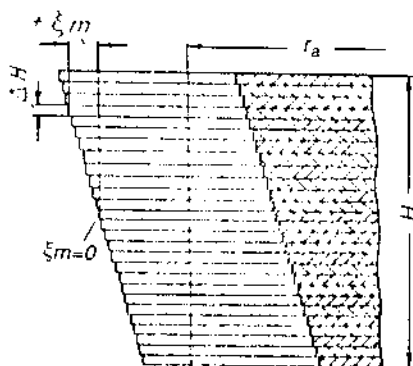


Hình 7.25 Kết cấu tạo xọc răng – tạo thành mặt bên là mặt xoắn vít thân khai.

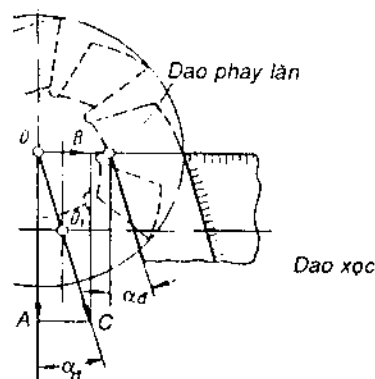
$$p = \frac{r_0}{\sin \alpha_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_v} = \frac{r_0}{\operatorname{tg} \omega_0} \quad (7.52)$$

Trong đó: r_0 - bán kính vòng tròn cơ sở.

ω_0 - góc nghiêng của đường vít trên hình trụ cơ sở. Góc ω_0 đúng bằng góc sau ở lưỡi cắt bên ở tiết diện theo hình trụ cơ sở r_0 .



Hình 7.26 Dao xọc tập hợp vô số bánh răng dịch chỉnh mỏng có chiều dày ΔH với lượng dịch chỉnh m .

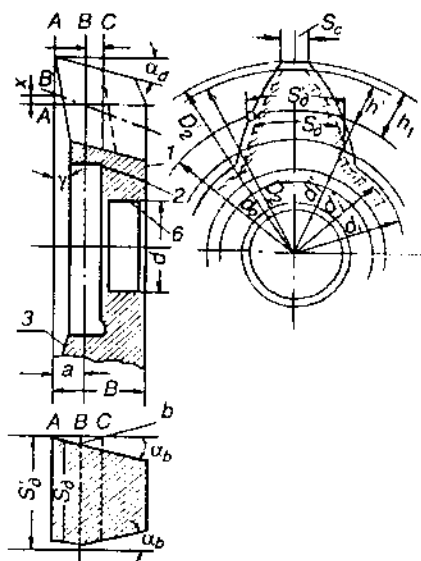


Hình 7.27 Dịch chỉnh thanh răng khởi thủy khi cắt răng dao xọc bằng dao phay lăn răng.

Dao xọc với lượng dịch chỉnh thanh răng khởi thủy thay đổi có thể được tạo thành khi cắt răng dao xọc bằng dao phay lăn răng trên máy phay lăn răng. Sơ đồ động học chạy dao của máy được chỉ dẫn như trên hình 7.27. Chạy dao thẳng đứng $\overline{OA}$ được thực hiện đồng thời với chạy dao ngang $\overline{OB}$ theo hướng vuông góc với nhau.

Lấy giá trị các lượng chạy dao đó sao cho phương chạy dao tổng hợp nghiêng với trục dao xọc một góc α_d (góc sau ở đỉnh răng) (hình 7.27).

Tiết diện BB (hình 7.28) có lượng dịch chỉnh thanh răng khởi thủy bằng 0: $x = 0$; $\xi_{s1} = 0$ được gọi là tiết diện khởi thủy của dao xọc. Khoảng cách từ tiết diện khởi thủy đến tiết diện mặt trước (tiết diện AA) là $a = + \xi_d m$ được gọi là khoảng cách khởi thủy. Ở tiết diện khởi thủy tất cả các kích thước răng dao xọc tương ứng bằng các kích thước của thanh răng khởi thủy của dao xọc. Profil thanh răng khởi thủy và dao xọc được trình bày trên hình



Hình 7.28. Tiết diện khởi thủy dao xọc.

7.25 ở các tiết diện AA, BB, CC (nét liền tương ứng với răng dao xọc).

- Kích thước prôfin răng dọc ở các tiết diện khác nhau được xác định từ kích thước prôfin ở tiết diện khởi thủy.

1. Tiết diện BB - các kích thước tương ứng với các kích thước bánh răng:

- Bước răng: $t = \pi m$ (7.53)

- Đường kính vòng chia: $d_{\partial} = m \cdot Z_d$ (7.54)

- Đường kính vòng cơ sở: $d_0 = d_{\partial} \cos \alpha_d$ (7.55)

α_d - góc prôfin răng dao xọc

Z_d - số rãnh dao xọc

- Chiều dày S_{∂} đo theo cung vòng chia:

$$S_{\partial} = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2} \quad (7.56)$$

- Chiều cao đầu răng $h'_d = 1,25m$

- Chiều cao chân răng $h''_h = 1,25m$

2. Tiết diện AA - ở tiết diện này tương ứng với bánh răng dịch chỉnh dương

- Lượng dịch chỉnh: $x = +\xi_d \cdot m$ (7.57)

- Khoảng cách khởi thủy: $a = \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_d} = \frac{\xi_d \cdot m}{\operatorname{tg} \alpha_d}$ (7.58)

ξ_d - hệ số dịch chỉnh dao.

α_d - góc sau ở lưỡi cắt đỉnh răng.

- Chiều dày răng trên vòng chia:

$$S'_{\partial} = S_{\partial} + 2a \cdot \operatorname{tg} \alpha_b \quad (7.59)$$

α_b - góc sau ở lưỡi cắt bên tại giao điểm của mặt trụ chia với lưỡi cắt nằm trên mặt bên (mặt vít thân khai) của dao xọc:

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \operatorname{tg} \alpha_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \quad (7.60)$$

Thay giá trị S_{∂} từ (7.56) và $\operatorname{tg} \alpha_b$ từ (7.60) vào S'_{∂} (7.59) ta có:

$$S'_{\partial} = \frac{\pi m}{2} + \frac{2\xi_d m}{\operatorname{tg} \alpha_d} \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

$$S'_{\partial} = m \cdot \left[\frac{\pi}{2} + 2\xi_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \right] \quad (7.61)$$

- Chiều cao đầu răng:

$$h'_d = m(f' + c') + a \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \quad (7.62)$$

- Chiều cao chân răng:

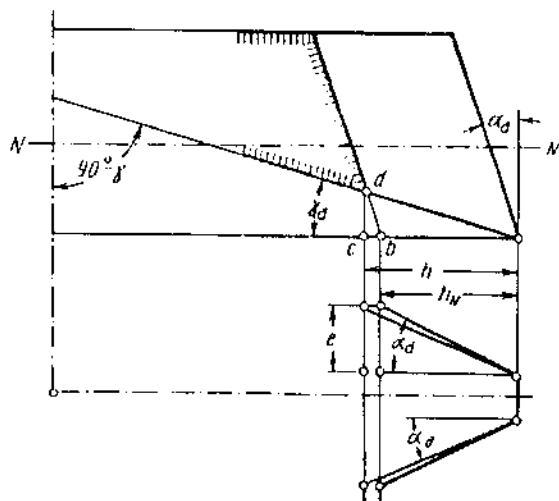
$$h''_d = m(f' + c') - a \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

với f và c' là hệ số chiều cao đầu răng và khe hở hướng kính.

7.2.4.3. Góc prôfin răng dao xọc

Nếu tăng số răng dao xọc lên vô cùng thì dao xọc trở thành thanh răng. Nếu dao xọc có góc trước và góc sau bằng không $\gamma_d = 0$; $\alpha_d = 0$ thì góc prôfin dao xọc trong tiết diện vuông góc với trục dao α_d bằng góc prôfin của bánh răng được cắt bởi dao xọc α_d . Vì góc trước và góc sau khác không ($\gamma \neq 0$; $\alpha \neq 0$) nên góc prôfin dao xọc cần được xác định lại để có thể gia công đúng bánh răng có góc prôfin răng là α_d .

Góc prôfin dao xọc có thể được xác định từ hình 7.29. Nếu dao xọc có $\gamma \neq 0$ thì hình chiếu của lưỡi cắt lên mặt đầu không trùng với prôfin dao xọc trong tiết diện NN vuông góc với trục tức là $\alpha_d \neq \alpha_d$.



Hình 7.29 Xác định góc prôfin dao xọc

Góc prôfin răng dao xọc cần phải tính toán sao cho khi lưỡi cắt trên

mặt trước xọc được răng bánh răng có góc prôfin là α_d .

Từ hình 7.29 ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{e}{h_N} = \frac{e}{h - bc}$$

$$\text{Từ } \triangle bcd \text{ và } \triangle acd: \quad \overline{cb} = \overline{cd} \cdot \operatorname{tg} \alpha_d = h \cdot \operatorname{tg} \gamma_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

$$\text{Do đó: } \operatorname{tg} \alpha_d = \frac{e}{h(1 - \operatorname{tg} \gamma_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d)} = \frac{e}{h} \cdot \left(\frac{1}{1 - \operatorname{tg} \gamma_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d} \right)$$

$$\frac{e}{h} = \operatorname{tg} \alpha_d \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_d = \frac{\operatorname{tg} \alpha_d}{1 - \operatorname{tg} \gamma_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d} \quad (7.63)$$

Do đó để cắt bánh răng có góc prôfin đã cho là α_d thì dao xọc phải được chế tạo với góc prôfin trong tiết diện vuông góc với trục là α_d ; $\alpha_d \neq \alpha_d$ (theo công thức (7.63)). Ví dụ: nếu góc prôfin bánh răng $\alpha_d = 20^\circ$; $\gamma_d = 5^\circ$ và $\alpha_d = 6^\circ$ thì góc prôfin dao xọc $\alpha_d = 20^\circ 10' 14.5''$. Mặt sau bên của dao xọc là mặt xoắn vít thân khai nên giao tuyến của nó với mặt phẳng vuông góc với trục là đường thân khai. Prôfin lưỡi cắt của dao xọc là giao tuyến của mặt sau bên với mặt trước là mặt côn với góc côn là $90^\circ - \gamma_d$ nên không phải là đường thân khai đúng. Mặt bên của dao xọc được tạo thành có thể coi như do

chuyển động bao hình của thanh răng khởi thủy có góc prôfin là α_d , do đó đường kính hình trụ cơ sở của dao xọc có thể được tính theo công thức:

$$d_0 = d_c \cdot \cos \alpha_d = m \cdot Z_d \cdot \cos \alpha_d \quad (7.64)$$

Trong đó d_c là đường kính hình trụ chia của dao xọc.

Góc prôfin α_c của hình chiếu lưỡi cắt lên mặt đầu bánh răng được cắt (mặt phẳng vuông góc với trục dao xọc) khác với góc prôfin mặt bên dao xọc α_d . Bằng chuyển động bao hình, hình chiếu lưỡi cắt đó tạo nên răng bánh răng.

Góc prôfin đó tham gia vào quá trình ăn khớp giữa dao xọc và bánh răng.

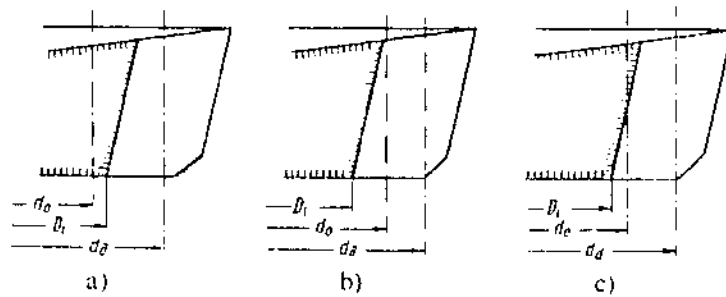
Ở tiết diện vuông góc với trục dao xọc bất kỳ nào cũng có chung một vòng tròn chia:

$$d_\theta = m \cdot Z_d \quad (7.65)$$

và cùng một vòng tròn cơ sở, nhưng đường kính vòng đỉnh răng và chân răng giảm liên tục từ mặt trước đến tiết diện cuối cùng của dao xọc. Dạng thân khai được xác định cùng một vòng tròn cơ sở bán kính r_0 (d_0). Do đó răng của dao xọc ở các tiết diện khác nhau

vuông góc với trục dao có prôfin được tạo bởi các phần khác nhau của cùng một đường thân khai.

Khi thiết kế dao xọc, vòng tròn cơ sở có thể được phân bố so với các vòng tròn chân răng có các trường hợp sau:



Hình 7.30 Vị trí vòng tròn cơ sở của răng dao xọc

Hình 7.30a: vòng tròn cơ sở ở tất cả các tiết diện của răng dao xọc đều nhỏ hơn vòng tròn chân răng dao xọc $r_0 < R_i$ ($d_0 < D_i$). Ở bất kỳ tiết diện nào của răng dao xọc prôfin của răng là các phần khác nhau của một đường thân khai hoàn toàn. Trường hợp này thường gặp khi thiết kế dao xọc với số răng của dao Z_d lớn.

Hình 7.30b: vòng tròn cơ sở ở tiết diện mặt trước lớn hơn vòng tròn chân răng ($d_0 > D_i$). Ở tiết diện đó phần prôfin không đúng thân khai nằm giữa vòng tròn cơ sở và vòng chân răng. Trường hợp này thường xảy ra khi thiết kế dao xọc có số răng Z_d nhỏ. Nếu phần này quá lớn sẽ xảy ra hiện tượng cắt lẹm đỉnh răng bánh răng gia công.

Hình 7.30c: trường hợp này nằm giữa hai trường hợp trên. Ở tiết diện mặt trước vòng tròn cơ sở nhỏ hơn vòng chân răng $d_0 < D_i$ và ở tiết diện cuối vòng tròn cơ sở lớn hơn vòng tròn chân răng $d_0 > D_i$ và ở tiết diện giữa, hai vòng tròn này bằng nhau $d_0 = D_i$. Trường hợp này thường xảy ra khi thiết kế dao xọc có số răng Z_d trung bình.

7.2.4.4. Các góc cắt của răng dao xọc

Mỗi răng của dao xọc có một lưỡi cắt đỉnh và hai lưỡi cắt bên, vì vậy cần phân biệt góc trước và góc sau ở lưỡi cắt đỉnh và lưỡi bên. Những góc này được xét trong các tiết diện khác nhau.

Theo tiêu chuẩn, để giảm sai số prôfin thì ở lưỡi cắt đỉnh góc trước $\gamma_d = 5^\circ$ và góc sau $\alpha_d = 6^\circ$ đo trong tiết diện đi qua trục dao. Góc sau ở lưỡi cắt đỉnh α_d quyết định mức độ dịch chỉnh thanh răng khởi thủy theo chiều cao của dao xọc, có ảnh hưởng đến trị số góc sau ở lưỡi cắt bên.

- Góc sau ở lưỡi cắt bên α_b được xác định tại giao điểm của hình trụ chia với lưỡi cắt dao xọc (hình 7.31).

Giao tuyến của mặt sau bên (mặt xoắn vít thân khai) với hình trụ chia bán kính r_d là đường xoắn vít có góc nghiêng ω_d . Góc nghiêng này đúng bằng góc sau α_b của lưỡi cắt bên đo trong tiết diện là hình trụ chia:

$$\alpha_b = \omega_d$$

Để xác định góc α_b , trải mặt nhận được trên mặt phẳng (hình 7.28) thì đường vít đó là đường thẳng nghiêng với trục dao xọc một góc $\beta_0 = \alpha_b$ góc đó được xác định như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \frac{b}{a} = \frac{S'_d - S_d}{2a} \quad (7.66)$$

Trong đó: a - khoảng cách khởi thủy.
 S_d - chiều dày răng theo vòng tròn chia.

Ở tiết diện khởi thủy:

$$S'_d = \frac{\pi m}{2} + \Delta S_d$$

Trong đó: S_d - chiều dày răng ở tiết diện mặt trước.

$$S'_d = \frac{\pi m}{2} + \Delta S_d + 2\xi_d \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

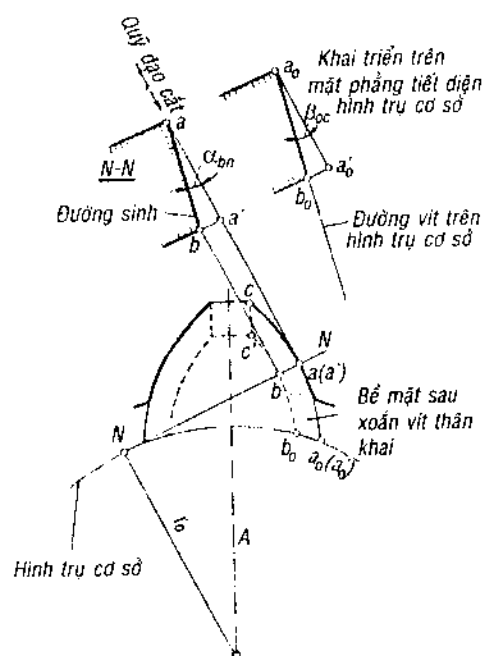
$\xi_d m = a \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$ thay vào công thức (7.66) ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \operatorname{tg} \alpha_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

Nếu $\alpha_d = 6^\circ$ và $\alpha_d = 20^\circ 10' 14''$ thì $\alpha_b = 2^\circ 12' 40''$

Ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cắt là góc sau trong tiết diện pháp tuyến với lưỡi cắt bên α_{bn} .

Từ hình 7.31 góc sau α_{bn} có thể được xác định là góc sau trong tiết diện pháp tuyến NN với tiếp tuyến prôfin lưỡi cắt tại điểm A. Mặt cắt NN sẽ tiếp tuyến với hình trụ



Hình 7.31 Xác định góc sau lưỡi cắt bên dao xọc

cơ sở (d_0). Trong không gian mặt phẳng đó mặt cắt bên (mặt xoắn trước thân khai) theo đường thẳng $\overline{ab}$ là đường sinh của mặt vít thân khai. Đường sinh ab đó có thể nhận được khi triển khai phần a_0b_0 của đường vít trên hình trụ cơ sở lên mặt phẳng NN. Do đó: $ab = a_0b_0$. Mặt khác $aa' = a_0a'_0 = B$ (chiều cao của dao xọc). Do đó $\alpha_{bn} = \beta_{oc}$ (góc nghiêng đường xoắn như trên hình trụ cơ sở).

$$\operatorname{tg} \alpha_{bn} = \operatorname{tg} \beta_{oc} \quad (7.68)$$

H là bước của mặt xoắn vít thân khai (mặt sau bên của dao xọc). Ta có:

$$\operatorname{tg} \alpha_{bn} = \operatorname{tg} \beta_{oc} = \frac{\pi d_0}{H} = \frac{\pi d_\partial}{H} \cdot \cos \alpha_d$$

Trong đó: d_∂ - đường kính vòng chia.

α_d - góc profin dao xọc.

Mặt khác, góc sau α_h trong tiết diện hình trụ chia được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \alpha_h = \frac{\pi d_\partial}{H}$$

Do đó:

$$\operatorname{tg} \alpha_{bn} = \operatorname{tg} \alpha_h \cdot \cos \alpha_d \quad (7.69)$$

Thay $\operatorname{tg} \alpha_h$ từ (7.68) vào (7.69) ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha_{bn} = \operatorname{tg} \alpha_d \sin \alpha_d \quad (7.70)$$

Vì góc sau ở đỉnh α_d và profin dao xọc α_d không đổi nên góc sau α_{bn} tại các điểm trên lưỡi cắt dao xọc cũng không đổi. Ví dụ, đối với dao xọc tiêu chuẩn $\alpha_d = 6^\circ$; $\alpha_d = 20^\circ 10' 14,5''$ thì $\alpha_{bn} = 2^\circ 4' 32''$.

Góc trước tại các điểm trên lưỡi cắt bên của dao xọc γ_b trong tiết diện chứa trục bằng góc trước ở đỉnh γ_d , theo tiêu chuẩn, $\gamma_d = 5^\circ$. Trong tiết diện pháp tuyến γ_{bn} ở điểm A bất kỳ được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \gamma_{bn} = \operatorname{tg} \gamma_b \cdot \sin \alpha_{dA} \quad (7.71)$$

Trong đó: α_{dA} - góc profin dao xọc tại điểm A:

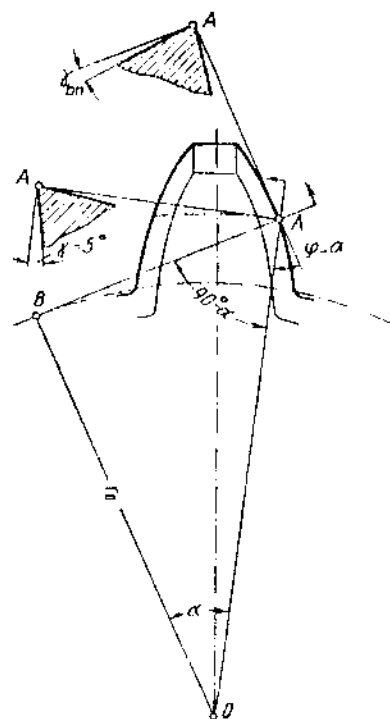
$$\cos \alpha_{dA} = \frac{r_0}{r_A}$$

Trong đó: r_A - bán kính dao xọc ở điểm A.

r_0 - bán kính vòng cơ sở.

7.2.4.5. Đường kính vòng chia của dao xọc d_∂

Lựa chọn đường kính vòng chia d_∂ của dao xọc ảnh hưởng đến độ cứng vững của dao xọc.



Hình 7.32 Xác định góc trước dao xọc

Đường kính vòng chia d_d của dao xọc bé thì dao xọc có độ cứng vững tốt. Đường kính vòng chia của dao xọc đã được tiêu chuẩn hoá và có thể được xác định theo công thức sau:

$$d_d = m \cdot Z_d \quad (7.22)$$

Trong đó: m - môđun dao xọc.

Z_d - số răng của dao xọc.

7.2.4.6. Xác định khoảng cách khởi thuỷ a của dao xọc

Từ công thức $a = \frac{\xi_{dmax} \cdot m}{\text{tg}\alpha_d}$ để xác định khoảng cách khởi thuỷ a cần phải xác

định hệ số dịch dao lớn nhất của dao xọc ξ_{dmax} . Nếu chọn a quá lớn thì chiều dài lưỡi cắt đỉnh dao ở tiết diện mặt trước S_{cd} quá nhỏ, chóng mòn ảnh hưởng đến quá trình cắt của dao xọc. Do đó lựa chọn ξ_{dmax} phải đảm bảo chiều dài lưỡi cắt đỉnh S_{cd} nhỏ nhất cho phép $[S_{cd}]$. Giá trị $[S_{cd}]$ có thể được xác định phụ thuộc vào môđun theo công thức sau:

$$S_{cd} = \sqrt{0,2594m - 0,0375} \quad (7.73)$$

Vì S_{cd} là hàm số của khoảng cách khởi thuỷ a : $S_{cd} = f(a)$ nên khi có được các trị số của $[S_{cd}]$ có thể xác định được khoảng cách khởi thuỷ a .

Từ quan hệ giữa S_{cd} và a giá trị S_{cd} có thể được tính như sau:

$$S_{cd} = R_{ed} \left(\frac{S_{\partial d}}{2r_{\partial d}} + \text{inv}\alpha_{\partial d} - \text{inv}\alpha_{ed} \right) \quad (7.74)$$

Trong đó: S_{cd} - chiều dài cung lưỡi cắt đỉnh dao xọc.

R_{ed} - bán kính vòng đỉnh dao xọc.

$S_{\partial d}$ - chiều dày răng dao xọc theo cung vòng chia trên mặt trước.

$r_{\partial d}$ - bán kính vòng chia.

$\alpha_{\partial d}$ và α_{ed} - góc profin vòng chia và vòng đỉnh răng của dao xọc.

Nếu bỏ qua những sai lệch profin do tồn tại góc trước và góc sau ở lưỡi cắt dao xọc, có thể coi profin lưỡi cắt là đường thân khai thì có thể thay thế các giá trị R_{ed} , S_{cd} , $r_{\partial d}$ bằng các công thức sau:

$$\begin{aligned} R_{ed} &= m \left[\frac{Z_d}{2} + \text{etg}\alpha_d + (f' + c') \right] \\ S_{\partial d} &= \frac{\pi m}{2} + \Delta S_{\partial} + 2 \cdot \varepsilon \cdot m \cdot \text{tg}\alpha_d \text{tg}\alpha_d \\ r_{\partial d} &= \frac{m \cdot Z_d}{2}; \quad \cos \alpha_{de} = \frac{Z_d \cdot \cos \alpha_{\partial d}}{2 \left[\frac{Z_d}{2} + \text{tg}\alpha_d + (f' + c') \right]} \end{aligned}$$

Trong đó: $\xi_d = \text{etg}\alpha_d = \frac{\xi_d}{\text{tg}\alpha_d} = \frac{a}{m}$

Ta có: $S_{cd} = \frac{\sigma_e}{m} \quad (7.75)$

$$\sigma_e = 2 \cdot \left[\frac{Z_d}{2} + \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha_d + f' + c' \right] \times \left[\frac{\pi + 4 \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha_d \operatorname{tg} \alpha_d + i \cdot m \alpha_d - i \cdot m \alpha_e}{2 Z_d} \right] \quad (7.76)$$

Trên cơ sở đó có thể xác định được $[S_{ed}]$, theo đó xác định được khoảng cách khởi thủy a , dựa vào các đồ thị tìm được giá trị ξ_{dmax} . Hình 7.33 biểu thị quan hệ giữa hệ số chiều dày đỉnh răng của dao xọc σ_e với hệ số dịch chỉnh ξ_d và số răng dao xọc với hệ số $(f+c) = 1,25$ (hình 7.33a) và $(f+c) = 1,3$ (hình 7.33b).

Trị số lớn nhất của khoảng cách khởi thủy a được biểu thị bởi hệ số khoảng cách

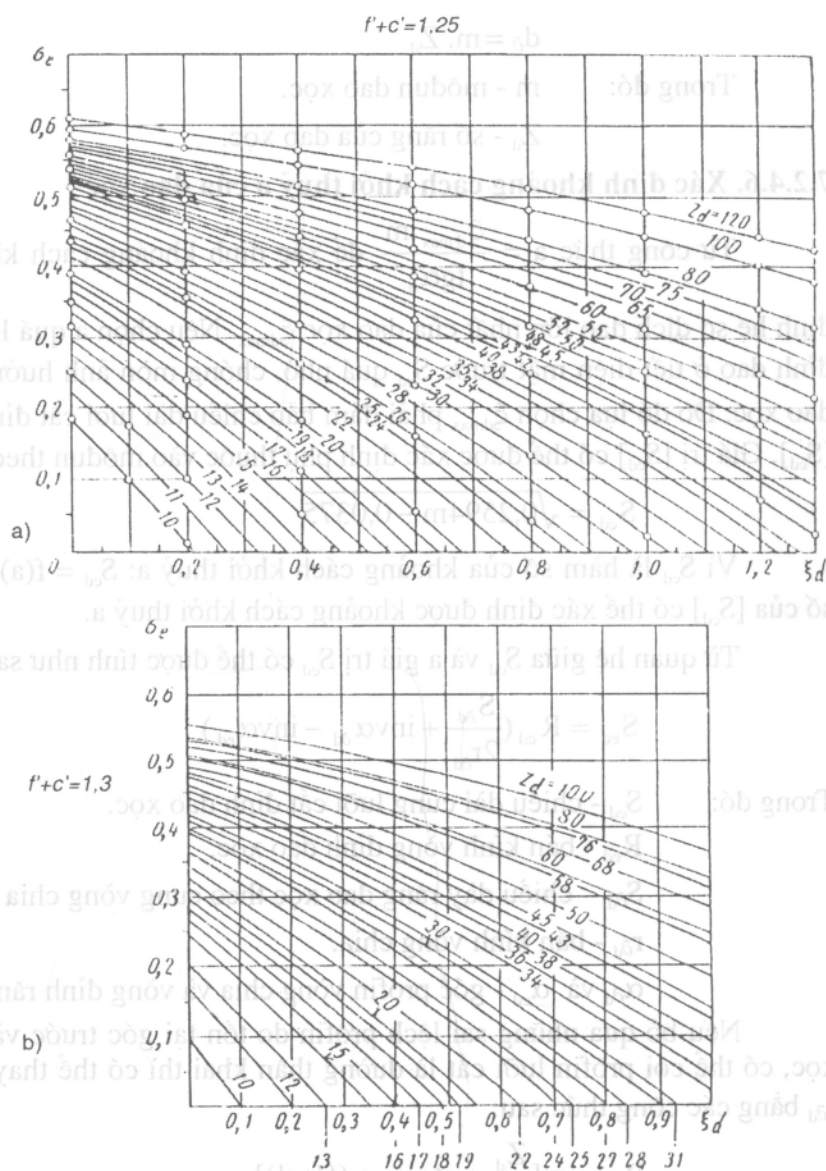
$$\text{khởi thủy } \varepsilon = \frac{a}{m}$$

Hệ số đó đảm bảo không có hiện

tượng cắt lẹm profin bánh răng gia công và bánh răng đối tiếp. Điều đó thoả mãn điều kiện:

$$(Z_1 + Z_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{i2} - Z_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{c2} > (Z_1 + Z_d) \operatorname{tg} \alpha_{id} - Z_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cd} \quad (7.77)$$

Trong đó Z_1, Z_2, Z_d là số răng của bánh răng thứ nhất, thứ hai và của dao xọc. α_{i2}, α_{id} là các góc profin ở vòng chân răng của bánh răng thứ hai và dao xọc. Với điều kiện



Hình 7.33 Quan hệ giữa chiều dày đỉnh răng dao xọc σ_e với hệ số dịch chỉnh ξ_d và số răng dao xọc Z_d .

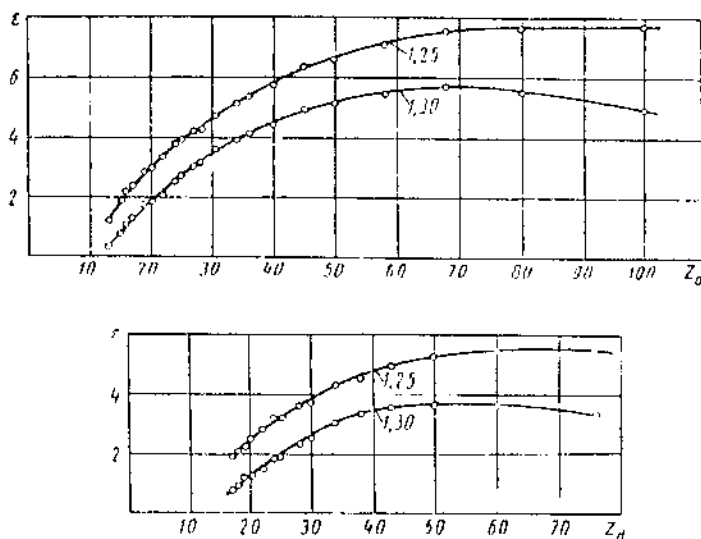
a) Đối với dao xọc $f' + c' = 1,25$; b) Đối với dao xọc $f' + c' = 1,3$.

số răng của bánh răng ăn khớp lớn nhất $Z_1 = Z_2 = 120$. Góc sau ở đỉnh $\alpha_d = 6^\circ$ hệ số chiều cao đầu răng $f = 1,15$ và $f = 1,3$ ta có:

$$(120 + Z_d) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{id} - Z_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ed} \leq 37,797 \quad (7.78)$$

Dựa vào công thức trên xác định trị số lớn nhất $\varepsilon = \frac{a}{m}$ từ đó dùng biểu đồ trên hình 7.34 xác định được số răng của dao xọc.

Vì vậy đối với dao xọc có số răng Z_d sẽ gia công được bánh răng có số răng không vượt quá số răng cho phép lớn nhất. Nếu vượt quá số răng cho phép sẽ có hiện tượng cắt lem prôfin chân răng hoặc dao xọc chóng bị mòn ở đỉnh răng.



Hình 7.34 Quan hệ giữa ε và Z_d

a) Đối với dao xọc $d_0 = 100$; b) Đối với dao xọc $d_p = 75$
(Theo độ nhọn của đỉnh răng)

7.2.5. Thiết kế dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích gia công chi tiết răng có prôfin không thân khai - dao phay lăn trục then hoa.

7.2.5.1. Khái niệm cơ bản

Các chi tiết răng có prôfin không thân khai trong thực tế thường gặp như bánh răng xiclôit, nôvicôp, trục then hoa thẳng đối xứng, then hoa răng hình thang, đĩa xích (hình 7.35 a, b, c, d) đều có khả năng gia công được bằng phương pháp bao hình có tâm tích. Tùy theo chuyển động cắt và chuyển động tạo hình mà có thể thiết kế các loại dụng cụ khác nhau (dao phay lăn, dao xọc răng, dao tiện bao hình).

Như mục 7.2.1. đã trình bày prôfin chi tiết được gia công bằng phương pháp này dựa vào nguyên lý bao hình giữa prôfin dụng cụ và chi tiết khi chuyển động lăn không trượt của hai đường tâm tích (đường lăn) của chi tiết và dụng cụ (hình 7.7) và các điều kiện và khả năng có thể gia công được bằng phương pháp này. Trong phần này chúng ta chỉ tính toán thiết kế cụ thể dao phay để gia công chi tiết răng có prôfin không thân khai thường gặp là trục then hoa.

7.2.5.2. Nguyên lý thiết kế dao phay lăn trục then hoa

Trục then hoa trong thực tế không ăn khớp chuyển động với chi tiết nào mà chỉ là mối ghép với lỗ then hoa. Vì vậy, không có chi tiết nào có thể sử dụng để làm dụng cụ như khi thiết kế các dụng cụ cắt bánh răng thân khai (dao phay lăn răng như là trục vít

ăn khớp với bánh răng, dao xọc răng như là bánh răng ăn khớp với bánh răng). Khi thiết kế dao phay lăn trục then hoa phải giả thiết rằng trục then hoa (bánh răng) sẽ ăn khớp với thanh răng. Thanh răng tính toán được sử dụng làm thanh răng khởi thủy của trục vít cơ bản của dao phay lăn trục then hoa.

Do đó, prôfin lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa được thiết kế tính toán như là prôfin thanh răng ăn khớp với trục then hoa. Có nghĩa là khi trục then hoa quay quanh tâm của nó thì thanh răng chuyển động tịnh tiến với điều kiện lăn không trượt của vòng tròn tâm tích

chi tiết lên

đường thẳng

tâm tích (lăn)

của thanh răng

(hình trụ tâm

tích của dao).

Khi thanh răng

chuyển động

được một bước

trên đường

thẳng tâm tích,

có nghĩa là dao

phay quay

được một vòng

quanh trục của

nó thì phôi

(trục then hoa)

phải quay được

một bước trên

vòng tròn tâm

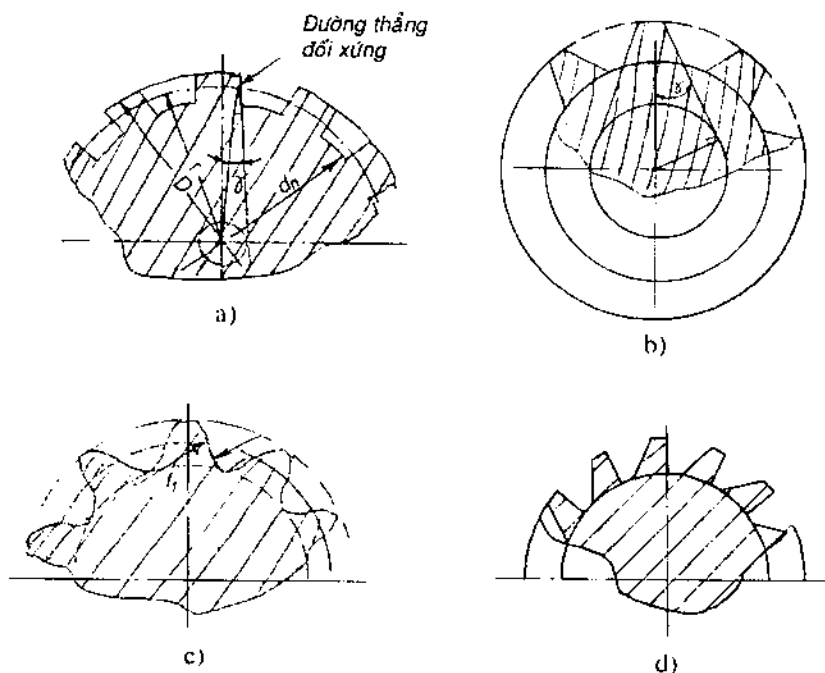
tích. Quan hệ

chuyển động

đó được máy

bảo đảm bởi

xích tạo hình.



Hình 7.35 Các chi tiết răng có prôfin không thân khai:

- a) Trục then hoa có prôfin răng thẳng đối xứng song song.
- b) Trục then hoa hình thang (các cạnh bên không song song).
- c) Bánh xích prôfin cong đối xứng.
- d) Bánh cóc có prôfin thẳng không đối xứng.

Các chuyển động này hoàn toàn giống như khi phay lăn răng cắt bánh răng thân khai (như trong mục 7.2.2.3). Đối với dao phay lăn trục then hoa, prôfin trong tiết diện pháp tuyến chính là prôfin thanh răng khởi thủy ăn khớp với trục then hoa và do đó theo nguyên lý bao hình đó là đường bao của họ prôfin chi tiết (trục then hoa) trong quá trình chuyển động tạo hình và prôfin chi tiết (cạnh bên của trục then hoa) là đường bao của họ prôfin lưỡi cắt khi cắt (chuyển động tạo hình).

7.2.5.3. Tiết diện pháp tuyến của prôfin chi tiết (trục then hoa)

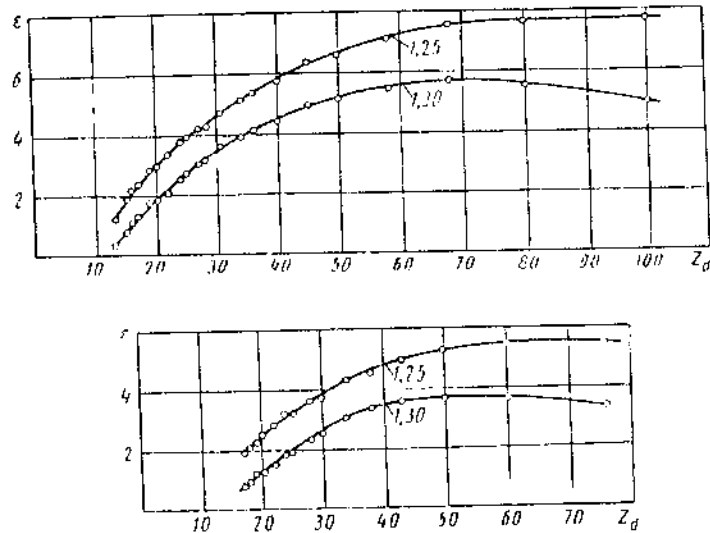
Để thiết kế được prôfin lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa, tức là xác định prôfin thanh răng ăn khớp với trục then hoa, trước hết cần xác định prôfin chi tiết trong tiết

số răng của bánh răng ăn khớp lớn nhất $Z_1 = Z_2 = 120$. Góc sau ở đỉnh $\alpha_0 = 6^\circ$ hệ số chiều cao đầu răng $f = 1,15$ và $f' = 1,3$ ta có:

$$(120 + Z_d) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{id} - Z_d \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cil} \leq 37,797 \quad (7.78)$$

Dựa vào công thức trên xác định trị số lớn nhất $\varepsilon = \frac{a}{m}$ từ đó dùng biểu đồ trên hình 7.34 xác định được số răng của dao xọc.

Vì vậy đối với dao xọc có số răng Z_d sẽ gia công được bánh răng có số răng không vượt quá số răng cho phép lớn nhất. Nếu vượt quá số răng cho phép sẽ có hiện tượng cắt lẹm prôfin chân răng hoặc dao xọc chóng bị mòn ở đỉnh răng.



Hình 7.34 Quan hệ giữa ε và Z_d

a) Đối với dao xọc $d_a = 100$; b) Đối với dao xọc $d_a = 75$
(Theo độ nhọn của đỉnh răng)

7.2.5. Thiết kế dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích gia công chi tiết răng có prôfin không thân khai - dao phay lăn trục then hoa.

7.2.5.1. Khái niệm cơ bản

Các chi tiết răng có prôfin không thân khai trong thực tế thường gặp như bánh răng xicloid, nôvicôp, trục then hoa thẳng đối xứng, then hoa răng hình thang, đĩa xích (hình 7.35 a, b, c, d) đều có khả năng gia công được bằng phương pháp bao hình có tâm tích. Tùy theo chuyển động cắt và chuyển động tạo hình mà có thể thiết kế các loại dụng cụ khác nhau (dao phay lăn, dao xọc răng, dao tiện bao hình).

Như mục 7.2.1. đã trình bày prôfin chi tiết được gia công bằng phương pháp này dựa vào nguyên lý bao hình giữa prôfin dụng cụ và chi tiết khi chuyển động lăn không trượt của hai đường tâm tích (đường lăn) của chi tiết và dụng cụ (hình 7.7) và các điều kiện và khả năng có thể gia công được bằng phương pháp này. Trong phần này chúng ta chỉ tính toán thiết kế cụ thể dao phay để gia công chi tiết răng có prôfin không thân khai thường gặp là trục then hoa.

7.2.5.2. Nguyên lý thiết kế dao phay lăn trục then hoa

Trục then hoa trong thực tế không ăn khớp chuyển động với chi tiết nào mà chỉ là mối ghép với lỗ then hoa. Vì vậy, không có chi tiết nào có thể sử dụng để làm dụng cụ như khi thiết kế các dụng cụ cắt bánh răng thân khai (dao phay lăn răng như là trục vít

diện pháp tuyến với trục (răng trục then hoa).

Trên hình 7.36 trình bày các kích thước của trục then hoa (prôfin chi tiết) để thiết kế prôfin lưỡi cắt (thanh răng khởi thủy) dao phay lăn trục then hoa.

- Đường kính ngoài của trục then hoa: $D_e = 2R_e$

- Đường kính ngoài tính toán : $D_{et} = D_{emax}$

- Đường kính chân răng:

$$D_i = 2R_i$$

- Đường kính chân răng tính toán:

$$D_{it} = D_{imin} + 0,25 \Delta D_i$$

- Chiều rộng then B, số then Z_c .

- Chiều rộng then tính toán B_i :

$$B_{imin} + 0,25 \Delta B; B = 2e = 2r_0$$

- Góc prôfin γ .

Từ các kích thước trên của prôfin răng trục then hoa ta có:

$$e = R_e \cdot \sin \gamma_e = R_i \cdot \sin \gamma_i ;$$

$$B = 2e$$

γ_e, γ_i – góc prôfin tại điểm ngoài cùng (đỉnh răng) E và tại điểm chân răng I.

Bán kính vòng tròn tâm tích chi tiết (trục then hoa) r sẽ được tính toán ở phần sau.

- Góc prôfin tại điểm P (tương ứng với điểm trên vòng tròn tâm tích) là γ :

$$r \cdot \sin \gamma = R_e \cdot \sin \gamma_e = R_i \cdot \sin \gamma_i = \frac{B}{2} = e = r_0$$

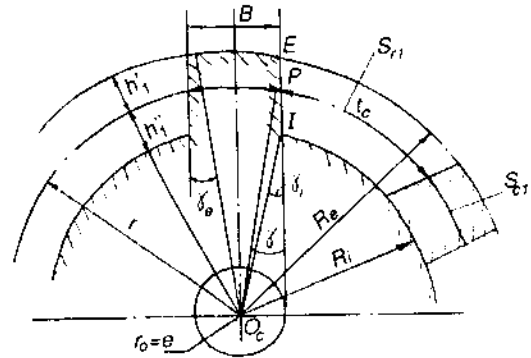
- Bước pháp tuyến theo vòng tròn tâm tích : $t_c = \frac{2\pi r}{Z_c}$

- Chiều cao chân răng $h_i'' = r - R_i$

- Chiều cao đầu răng $h_i' = R_e - r$

- Chiều dày răng trên cung vòng tròn tâm tích : $S_{e1} = 2r \cdot \gamma$

- Chiều rộng rãnh theo cung vòng tròn tâm tích $S_{r1} = \frac{2\pi r}{Z_c} - 2r \cdot \gamma$



Hình 7.36 Các kích thước cơ bản của prôfin răng trục then hoa

7.2.5.4. Các phương pháp xác định prôfin dao phay lăn trục then hoa.

Theo nguyên lý thiết kế đã trình bày ở trên prôfin lưỡi cắt dao phay lăn răng (thanh răng khởi thủy dụng cụ) là prôfin tiết diện pháp tuyến với đường vít của dao phay lăn răng tương ứng với prôfin trong tiết diện pháp tuyến của chi tiết. Có hai phương pháp thường dùng để thiết kế prôfin dao phay lăn trục then hoa sau:

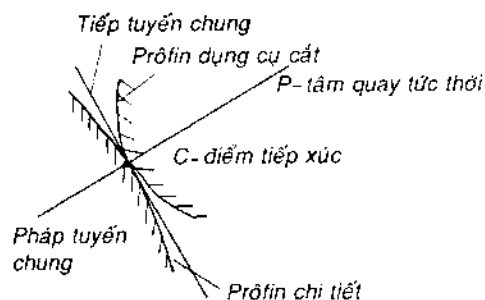
- Phương pháp đồ thị (vẽ), có thể giúp ta hình dung được quá trình cắt và nhanh chóng vẽ được prôfin lưỡi cắt, độ chính xác không cao, nhưng không có sai sót lớn.

- Phương pháp giải tích tính toán cho độ chính xác cao, nhưng chậm và có thể mắc sai sót lớn do lỗi của tính toán.

Hiện nay với phương tiện tính toán và vẽ hiện đại, phương pháp đồ thị thường được dùng để kiểm tra so sánh với phương pháp giải tích tính toán.

A. Phương pháp đồ thị (phương pháp vẽ).

Cơ sở của phương pháp này dựa vào nguyên lý thiết kế: chi tiết quay và dụng cụ tịnh tiến với điều kiện hai đường tâm tích lăn không trượt lên nhau. Trong quá trình chuyển động của chi tiết và dao, tìm điểm tiếp xúc giữa lưỡi cắt và chi tiết. Theo nguyên lý bao hình tại điểm tiếp xúc C của hai prôfin có tiếp tuyến chung và pháp tuyến chung. Pháp tuyến chung phải đi qua tâm quay tức thời P. Tâm quay tức thời tại các thời điểm là điểm tiếp xúc của hai đường tâm tích (vòng tròn r của chi tiết và đường thẳng D của dụng cụ (thanh răng), hình 7.37.

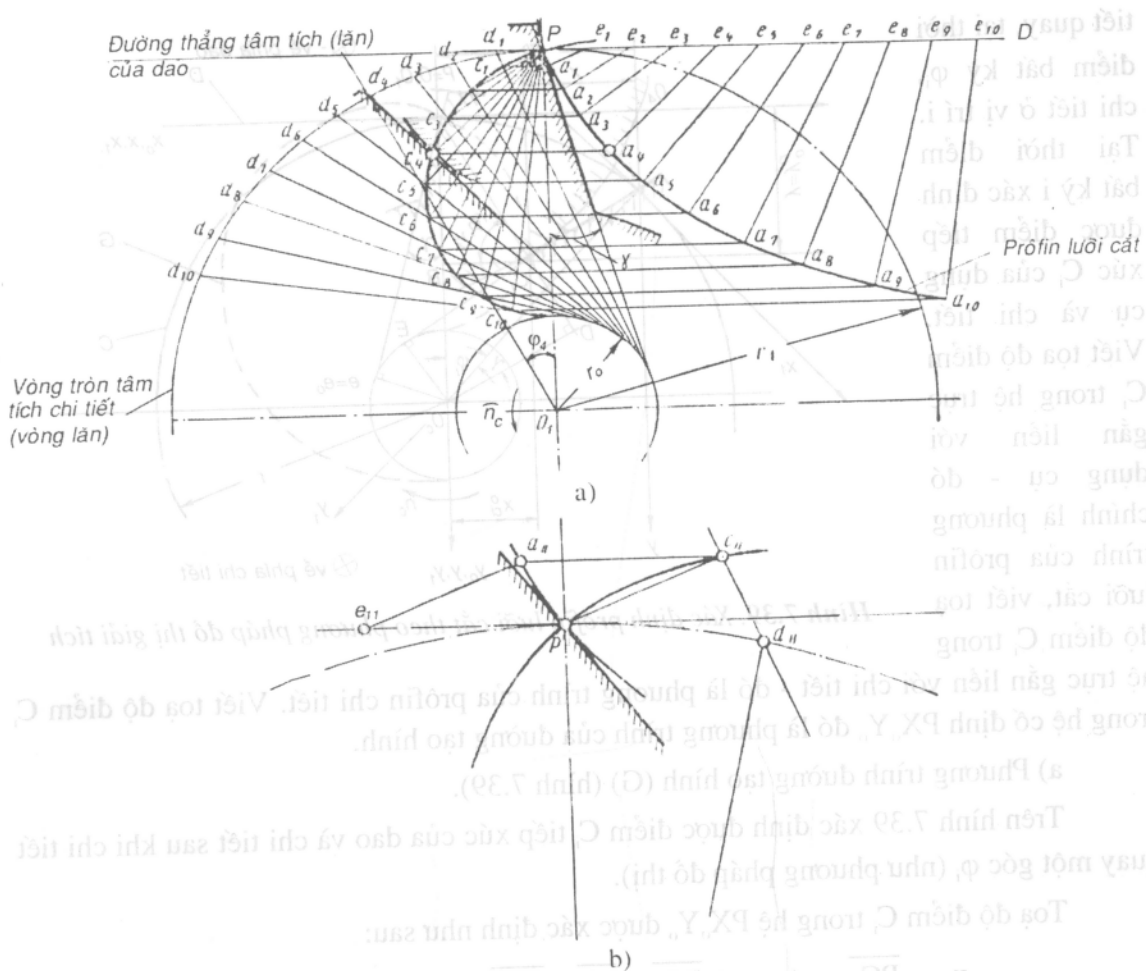


Hình 7.37. Nguyên lý cơ bản của phương pháp đồ thị tìm điểm tiếp xúc C.

Trên cơ sở các chuyển động tạo hình và nguyên lý làm việc, prôfin chi tiết được biểu diễn trên hình vẽ và vòng tròn tâm tích r tiếp xúc với đường thẳng tâm tích (lăn) D của dụng cụ như hình 7.38. Như vậy tại thời điểm ban đầu khi vẽ, prôfin lưỡi cắt và chi tiết tiếp xúc với nhau tại điểm P - điểm của chi tiết trên vòng tròn tâm tích r và của dao trên đường thẳng tâm tích D.

Chi tiết chuyển động quay n_c , dụng cụ tịnh tiến theo phương song song với đường thẳng tâm tích với tốc độ $\vec{V}$, với điều kiện hai đường tâm tích lăn không trượt lên nhau. Điểm tiếp xúc P được gọi là cực tạo hình.

Vẽ prôfin chi tiết ở các vị trí khác nhau trong quá trình chuyển động ứng với các góc quay tương ứng $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_i, \dots$ (chi tiết có các vị trí tương ứng $d_1, d_2, \dots$ trên hình 7.38 tiếp tuyến với vòng tròn c - vì prôfin chi tiết là đường thẳng tiếp tuyến với vòng tròn c). Tìm điểm tiếp xúc C của prôfin chi tiết và lưỡi cắt dao (prôfin thanh răng) bằng cách từ P hạ đường vuông góc với prôfin chi tiết, pháp tuyến PC chính là pháp tuyến chung tại điểm C, phải đi qua tâm quay tức thời P. Điểm C chính là điểm lưỡi cắt đồng thời là điểm prôfin chi tiết tại thời điểm φ_i . Điểm C_i (C_4) được gọi là điểm tạo hình. Tập hợp tất cả các điểm C_i (C_4) ở các thời điểm khác nhau ứng với vị trí khác nhau của prôfin chi tiết trong quá trình chuyển động ta được đường cong. Đó là đường tạo hình (ăn khớp). Prôfin lưỡi cắt và chi tiết tiếp xúc với nhau trong quá trình chuyển động tại các điểm trên đường tạo hình. Để xác định prôfin lưỡi cắt - điểm tiếp xúc C_i (C_4) (điểm của lưỡi cắt) được lùi lại một đoạn bằng cung Pd_i (trên hình là Pd_4) được các điểm a_i (a_4). Đó là điểm prôfin lưỡi cắt. Vì so với vị trí ban đầu điểm của lưỡi cắt tại C_i (C_4) đã chuyển động tịnh tiến một đoạn $\overline{Pe_i} = \widehat{Pd_i}$. Nối các điểm a_i được prôfin lưỡi cắt (hình 7.38).



Hình 7.38 Xác định prôfin lưỡi cắt bằng phương pháp vẽ (đồ thị)

a) Tạo hình phần đầu răng; b) Tạo hình phần chân răng.

B. Xác định prôfin lưỡi cắt bằng phương pháp giải tích

Prôfin lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa có thể được xác định bằng giải tích tính toán theo hai phương pháp:

- Theo đồ thị giải tích – theo nguyên lý ăn khớp.
- Theo nguyên lý bao hình.

1. Xác định prôfin lưỡi cắt bằng đồ thị giải tích theo nguyên lý ăn khớp.

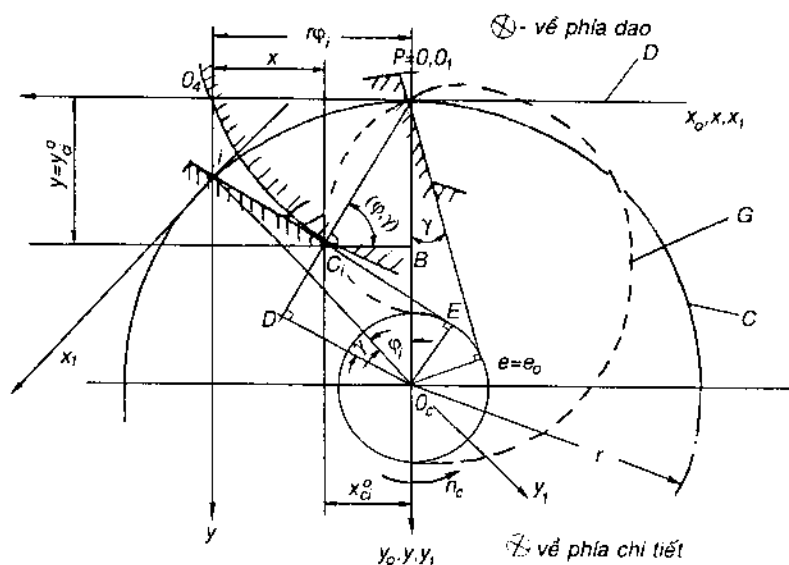
Prôfin chi tiết được trình bày trên hình 7.39 tại thời điểm ban đầu prôfin chi tiết và dao tiếp xúc với nhau tại cực tạo hình P (như phương pháp đồ thị ở phần trên).

Vòng tròn tâm tích chi tiết C tiếp xúc với đường thẳng tâm tích D của dao tại P.

Đặt 3 hệ trục sau trùng nhau:

- O_1, x_1, y_1 gắn với chi tiết (chuyển động cùng với chi tiết).
- Oxy gắn với dao (chuyển động cùng với dao).
- PX_0Y_0 hệ trục cố định.

Cho chi tiết quay, tại thời điểm bất kỳ φ_i , chi tiết ở vị trí i. Tại thời điểm bất kỳ i xác định được điểm tiếp xúc C_i của dụng cụ và chi tiết. Viết tọa độ điểm C_i trong hệ trục gắn liền với dụng cụ - đó chính là phương trình của prôfin lưỡi cắt, viết tọa độ điểm C_i trong



Hình 7.39. Xác định prôfin lưỡi cắt theo phương pháp đồ thị giải tích

hệ trục gắn liền với chi tiết - đó là phương trình của prôfin chi tiết. Viết tọa độ điểm C_i trong hệ cố định PX_0Y_0 , đó là phương trình của đường tạo hình.

a) Phương trình đường tạo hình (G) (hình 7.39).

Trên hình 7.39 xác định được điểm C_i tiếp xúc của dao và chi tiết sau khi chi tiết quay một góc φ_i (như phương pháp đồ thị).

Tọa độ điểm C_i trong hệ PX_0Y_0 được xác định như sau:

$$\begin{aligned} x_0 &= \overline{PC_i} \cos(\varphi + \gamma); \overline{PC_i} = \overline{PD} - \overline{DC_i} \\ \overline{PD} &= r \cdot \sin[\varphi + \gamma]; \overline{DC_i} = \overline{O_c E} = e = r \cdot \sin \gamma \\ x_0 &= [r \cdot \sin(\varphi + \gamma) - r \cdot \sin \gamma] \cos(\varphi + \gamma) \\ x_0 &= r [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \cos(\varphi + \gamma) \\ y_0 &= (\overline{PD} - \overline{DC_i}) \cdot \sin(\varphi + \gamma) = \\ &= [r \cdot \sin(\varphi + \gamma) - r \cdot \sin \gamma] \sin(\varphi + \gamma) \\ y_0 &= r [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \sin(\varphi + \gamma) \end{aligned}$$

Đặt $\varphi + \gamma = \alpha$ - phương trình đường tạo hình:

$$\begin{cases} x_0 = r [\sin \alpha - \sin \gamma] \cdot \cos \alpha \\ y_0 = r [\sin \alpha - \sin \gamma] \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (7.79)$$

b) Phương trình prôfin lưỡi cắt.

Tọa độ điểm C_i trong hệ tọa độ Oxy gắn với dụng cụ được xác định theo hình 7.39 như sau: khi chi tiết quay một góc φ_i thì dụng cụ tịnh tiến một đoạn $\overline{PO} = r \cdot \varphi_i$

$$\begin{aligned} x &= r\varphi - x_0 C_i = r\varphi - r [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \cos(\varphi + \gamma) \\ x &= r \{ \varphi - [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \cos(\varphi + \gamma) \} \end{aligned}$$

$$y = y_{oci} = r \cdot [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \sin(\varphi + \gamma)$$

Hoặc :

$$\begin{cases} x = r\{(\alpha - \gamma) - (\sin \alpha - \sin \gamma) \cos \alpha\} \\ y = r(\sin \alpha - \sin \gamma) \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (7.80)$$

Phương trình (7.80) là phương trình prôfin lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa

2. Xác định prôfin lưỡi cắt bằng phương pháp giải tích theo nguyên lý bao hình.

Để xác định prôfin lưỡi cắt theo nguyên lý bao hình, cho trước

vòng tròn tâm tích chi tiết có bán kính r tiếp xúc với đường tâm tích của dụng cụ (thanh răng) tại P và lăn không trượt lên nhau, P là cực tạo hình.

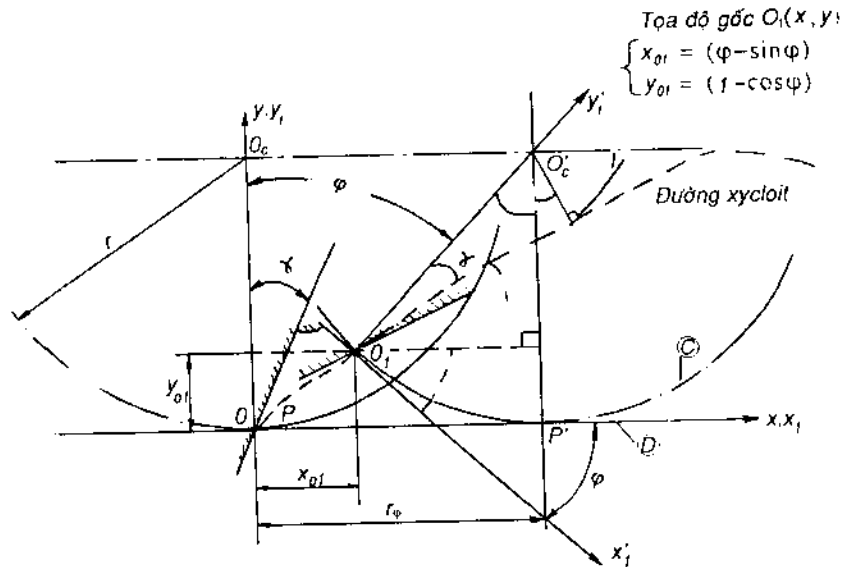
Lấy P làm gốc tọa độ, chi tiết và dụng cụ tại thời điểm gốc tiếp xúc với nhau tại gốc tọa độ P . Đặt hệ trục $O_1 x_1 y_1$ gắn liền với chi tiết, hệ Oxy gắn liền với dụng cụ – O_1, y_1 đi qua tâm O_c của chi tiết (hình 7.40).

Dụng cụ và chi tiết chuyển động tương đối với nhau (chuyển động tạo hình) tham số chuyển động là φ . Nếu cố định dụng cụ thì chi tiết sẽ chuyển động quay với thông số là góc quay φ và chuyển động tịnh tiến với thông số là $r\varphi$, vì vòng tròn tâm tích bán kính r lăn không trượt trên đường thẳng tâm tích D . Kết quả là prôfin chi tiết có các vị trí khác nhau và tạo ra một họ prôfin chi tiết trong hệ trục của dụng cụ xoy với tham số của họ là φ . Lưỡi cắt của dụng cụ phải tiếp xúc với chi tiết ở các vị trí khác nhau, có nghĩa là phải tiếp xúc với họ prôfin chi tiết.

Đường cong tiếp xúc với họ đường là đường bao của họ đường đó. Vì vậy tìm prôfin lưỡi cắt tức là tìm đường bao của họ prôfin chi tiết trong chuyển động tạo hình. Trên cơ sở đó prôfin dao phay lăn trục then hoa được xác định như sau:

- Phương trình của prôfin chi tiết trong hệ trục gắn liền với chi tiết $O_1 x_1 y_1$ là:

$$y_1 = f(x_1) \quad (7.81)$$



Hình 7.40. Xác định đường bao (prôfin lưỡi cắt) theo nguyên lý bao hình

- Hệ Oxy gắn liền với dụng cụ.

- Cho chi tiết chuyển động tương đối với dụng cụ (quay và tịnh tiến) với tham số chuyển động là φ .

Với mỗi giá trị của φ chi tiết có vị trí xác định, thực hiện chuyển trục từ hệ $x_1O_1y_1$ gắn với chi tiết sang hệ Oxy gắn với dụng cụ, phương trình prôfin chi tiết được viết như sau:

$$x_1 = f_1(x, y, \varphi) \quad (7.82)$$

$$y_1 = f_2(x, y, \varphi)$$

Thay (7.81) vào (7.82) ta có phương trình của prôfin chi tiết viết trong hệ gắn liền với dao. Đó chính là phương trình của họ prôfin chi tiết.

$$F(x, y, \varphi) = 0 \quad (7.83)$$

Phương trình đường bao của họ (7.83) được xác định khi giải đồng thời hai phương trình.

$$\left. \begin{aligned} F(x, y, \varphi) &= 0 \\ \frac{\partial F(x, y, \varphi)}{\partial \varphi} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7.84)$$

Phương trình (7.84) là phương trình của prôfin lưỡi cắt dao.

Tính toán cụ thể với dao phay lăn trục then hoa được trình bày trên hình 7.40 như sau:

Phương trình của prôfin chi tiết (mặt bên trục then hoa) viết trong hệ $O_1x_1y_1$

$$y_1 = x_1 \cdot \cotg \gamma \quad (7.85)$$

Khi chi tiết chuyển động tương đối so với dụng cụ, tọa độ O_1 của hệ $O_1x_1y_1$ gắn liền với chi tiết trong hệ Oxy được xác định như sau (hình 7.40):

$$\left. \begin{aligned} x_{o1} &= r(\varphi - \sin \varphi) \\ y_{o1} &= r(1 - \cos \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (7.86)$$

Thực hiện chuyển hệ tọa độ của prôfin chi tiết, ứng với góc quay φ , sang hệ Oxy gắn với dụng cụ – tương đương với phép xoay một góc φ và một phép tịnh tiến theo phương x.

$$\left. \begin{aligned} x &= x_1 \cos \varphi + y_1 \cdot \sin \varphi + x_{o1} \\ y &= -x_1 \sin \varphi + y_1 \cdot \cos \varphi + y_{o1} \end{aligned} \right\} \quad (7.87)$$

Thay x_{o1} và y_{o1} từ (7.86) vào (7.87) và biến đổi ta có:

$$\left. \begin{aligned} y &= x \cdot \cotg(\varphi + \gamma) + r[1 - \cos \varphi + \sin \varphi \cdot \cotg(\varphi + \gamma) - \varphi \cotg(\varphi + \gamma)] \\ y &= f(x, \varphi) \quad : \quad F(x, y, \varphi) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (7.88)$$

Phương trình (7.88) là phương trình của họ prôfin chi tiết trong hệ Oxy gắn với dụng cụ với tham số của họ là φ . Xác định prôfin lưỡi cắt của dụng cụ cần phải xác định

phương trình đường bao của họ.

Phương trình đường bao được xác định bằng cách giải hai phương trình sau:

$$F(x, y, \varphi) = 0$$

$$\frac{\partial F(x, y, \varphi)}{\partial \varphi} = 0$$

$$\frac{\partial F(x, y, \varphi)}{\partial \varphi} = \frac{x}{\sin^2(\varphi + \gamma)} - r \left[\frac{\sin \gamma \cdot \cos(\varphi + \gamma)}{\sin^2(\varphi + \gamma)} + \frac{\varphi}{\sin^2(\varphi + \gamma)} - \operatorname{ctg}(\varphi + \gamma) \right] = 0$$

Sau khi biến đổi ta được:

$$x = r \{ \varphi - [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \cos(\varphi + \gamma) \} \quad (7.88)$$

Giải đồng thời với phương trình của họ (7.88) ta được :

$$y = r \cdot \sin(\varphi + \gamma) \cdot [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma] \quad (7.89)$$

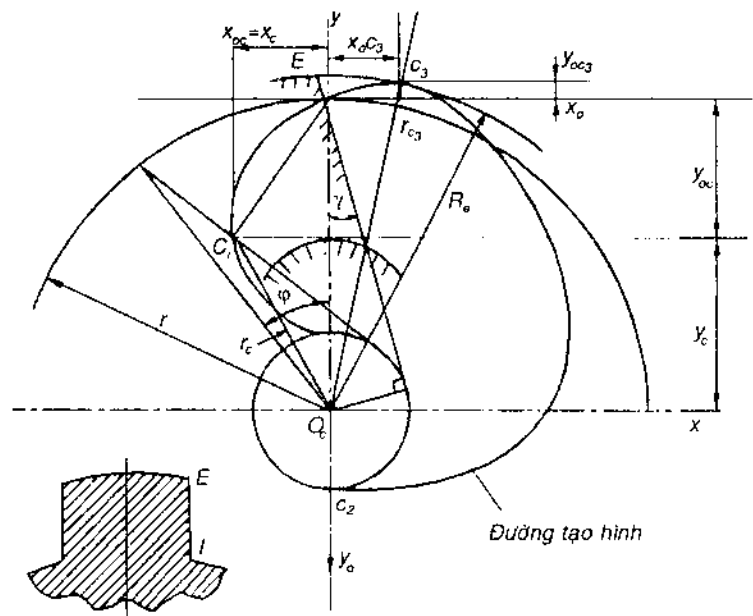
Các phương trình x và y (7.88) và (7.89) là phương trình thông số của đường bao của họ prôfin chi tiết trong hệ gắn liền với dụng cụ. Đó chính là phương trình prôfin lưỡi cắt dụng cụ. Phương trình này hoàn toàn giống như phương trình (7.80) của lưỡi cắt xác định bằng đồ thị giải tích ở trên.

7.2.5.5. Xác định bán kính vòng tròn tâm tích (lăn) r của chi tiết.

Khi xác định prôfin lưỡi cắt, bán kính vòng tròn tâm tích (vòng lăn) r coi như đã biết, có vai trò quan trọng trong việc tính toán prôfin lưỡi cắt.

Vị trí, độ lớn của r ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình tính toán prôfin lưỡi cắt và đó chỉ là kích thước tính toán, nó quyết định khả năng gia công đúng toàn bộ prôfin của trục then hoa.

Hình 7.41 trình bày quá trình gia công trục then hoa bằng dao phay lăn như trong phần trước, đã xác định được phương trình của đường tạo hình (7.79).



Hình 7.41. Xác định bán kính vòng tròn tâm tích r .

Tất cả các điểm trên prôfin chi tiết từ điểm đỉnh E đến điểm chân I nếu được gia công đúng thì chỉ được gia công tại các điểm trên đường tạo hình. Có nghĩa là, lưỡi cắt dao phay lăn (thanh răng) chỉ cắt được prôfin chi tiết tại các điểm nằm trên đường tạo hình C ($C_1 \dots C_i \dots$).

Trong quá trình cắt chi tiết quay quanh tâm O_c và điểm đỉnh E của prôfin chi tiết sẽ được tạo hình tại điểm cực trị C_3 và nó chỉ được gia công tại điểm C_3 . Do đó, để điểm E có thể gặp lưỡi cắt tại điểm C_3 trên đường tạo hình thì bán kính điểm E của chi tiết R_c phải bằng bán kính vectơ của đường tạo hình r_{c3} tại điểm C_3 :

$$-R_c = r_{c3} \quad (7.90)$$

Bán kính r_c của đường tạo hình tại điểm có toạ độ là x_{oc} , y_{oc} được xác định bởi công thức:

$$r_c = \sqrt{x_{oc}^2 + (r - y_{oc})^2} \quad (7.91)$$

Thay x_{oc} và y_{oc} từ (7.79) vào (7.91) ta được:

$$r_c = r\sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2(\varphi + \gamma)} \quad (7.92)$$

Tại điểm C_3 ta có tung độ y_{oc3} là điểm cực trị (cực tiểu) của đường tạo hình:

$$y_{oc3} = y_{ocmin} \quad (7.93)$$

mà $y_{oc3} = f(\varphi_3)$ do đó để xác định $y_{oc} = y_{oc3} = y_{ocmin}$ phải xác định góc φ ứng với điểm C_3 – góc φ_3 .

Góc φ_3 được xác định như sau:

$$\frac{dy_c}{d\varphi} = 0 ; \quad \frac{d.(r\{1 - [\sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma].\sin(\varphi + \gamma)\})}{d\varphi} = 0$$

Sau khi biến đổi ta được:

$$\cos(\varphi + \gamma)[\sin \gamma - 2.\sin(\varphi + \gamma)] = 0 \quad (7.94)$$

Phương trình này có các lời giải sau:

$$(1) \quad \cos(\varphi + \gamma) = 0 \Rightarrow \varphi + \gamma = \pm \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \gamma \quad (7.95)$$

$$\varphi_2 = -(\frac{\pi}{2} + \gamma)$$

$$(2) \quad \sin \gamma - 2\sin(\varphi + \gamma) = 0 \rightarrow \sin(\varphi_3 + \gamma) = \frac{\sin \gamma}{2} \quad (7.96)$$

Góc φ thỏa mãn biểu thức (7.96) ứng với góc φ_3 ở điểm C_3 điểm cực tiểu của đường cong đường tạo hình.

$$\text{Do đó có thể viết : } \sin(\varphi_3 + \gamma) = \frac{\sin \gamma}{2} \quad (7.97)$$

Thay (7.97) vào (7.92) rút ra được công thức tính r_{c3} :

$$r_{c3} = r \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2 (\varphi_3 + \gamma)} \quad (7.98)$$

Để gia công đến tận điểm E phải thoả mãn điều kiện (7.90) $R_c \leq r_{c3}$.

Từ công thức (7.98) ta có:

$$R_c \leq r \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2 (\varphi_3 + \gamma)} \quad (7.99)$$

Thay $R_c \cdot \sin \gamma_c = r \cdot \sin \gamma$, tính được bán kính vòng tròn tâm tích r:

$$r \geq R_c \sqrt{1 - \frac{3}{4} \sin^2 \gamma_c} \quad (7.100)$$

Bán kính r có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình tạo hình mặt bên của trục then hoa.

- Bán kính vòng tròn tâm tích (vòng lăn) r vượt quá giới hạn cho phép sẽ làm tăng bán kính cung tròn chuyển tiếp ở chân răng, tăng

chiều cao đầu dao h' , độ nhô ra của răng lớn, gây mômen cắt lớn, giảm sức bền răng.

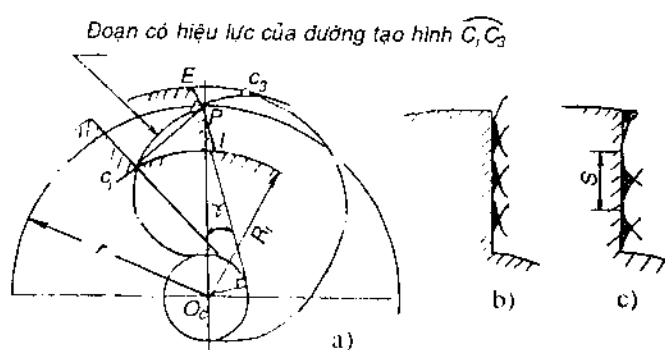
- Bán kính r nhỏ hơn giá trị cho phép (7.100) sẽ không gia công đúng hết toàn bộ chiều cao răng chi tiết.

- Bán kính r lớn làm cho chiều dài đoạn có hiệu lực của đường tạo hình $C_1 C_3$ trên hình 7.42 tăng lên, nếu số nhát cắt không đổi, thì nhấp nhô bề mặt tăng lên (hình 7.42b, c).

7.2.5.6. Đường cong chuyển tiếp.

Đường cong chuyển tiếp ở chân răng trục then hoa khi gia công bằng dao phay lăn trục theo hoa được mô tả trên hình 7.43.

Trên hình 7.43 điểm e_4 là giao điểm của lưới cắt bên và lưới cắt đỉnh (gia công vòng tròn chân răng). Trong quá trình cắt nó chuyển động tịnh tiến song song với đường thẳng tâm tích D để đến cắt điểm b_4 của prôfin chi tiết tại điểm c_4 trên đường tạo hình.



Hình 7.42. Đoạn có hiệu lực đường cong tạo hình

- Đường cong chuyển tiếp ở chân răng;
- Tạo thành đường cong chuyển tiếp.

$$r_{c4} = r \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2 (\varphi_4 + \gamma)} \quad (7.101)$$
$$R_{b_4} = r\sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2(\varphi_4 + \gamma)} \quad (7.102)$$
$$y_{c4} = r \cdot [\sin(\varphi_4 + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \sin(\varphi_4 + \gamma)$$
$$y_{i4} = r - R_i$$

Thay y_{c4} vào công thức tính y_{c4} ta được:

$$r \cdot R_i = r \cdot [\sin(\varphi_4 + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \sin(\varphi_4 + \gamma)$$

Giải phương trình trên ta được:

$$\sin(\varphi_4 + \gamma) = \frac{\sin \gamma}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{4} - \frac{R_i}{r} + 1} \quad (7.103)$$

Thay công thức (7.103) vào công thức (7.102) xác định được $R_{b4} = r_{c4}$

$$R_{b4} = r_{c4} = r \sqrt{\frac{R_i}{r} + \frac{\sin^2 \gamma}{2} - \sin \gamma \sqrt{\frac{\sin^2 \gamma}{4} - \frac{R_i}{r} + 1}} \quad (7.104)$$

7.2.5.7. Dao phay lăn trục then hoa có rãnh ở chân răng (đỉnh tâm theo đường kính trong) - dao phay có gờ.

Để gia công được prôfin thẳng đến điểm chân răng I, nghĩa là prôfin thẳng đúng từ R_c đến R_i ; trong quá trình chi tiết quay, điểm I phải được gia công tại điểm C_5 trên đường tạo hình (hình 7.43). Điểm I sẽ được gia công bởi điểm e_5 trên lưỡi cắt khi chuyển động tịnh tiến đến gặp điểm I tại điểm C_5 trên đường tạo hình. Chiều cao đầu răng dao để gia công được đến bán kính R_i phải là h_d'' (hình 7.43):

$$h_d'' = y_{c5} \quad (7.105)$$

Từ công thức (7.92) và hình 7.43 ta có:

$$r_{c5} = R_i = r \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \sin^2(\varphi_5 + \gamma)}$$

$$\text{Từ đó tính ra: } \sin(\varphi_5 + \gamma) = \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \left(\frac{R_i}{r}\right)^2} \quad (7.106)$$

Thay (7.106) vào y_{oc} (7.79) xác định được y_{oc5} :

$$h_d'' = y_{oc5} = r \cdot [\sin(\varphi_5 + \gamma) - \sin \gamma] \cdot \sin(\varphi_5 + \gamma)$$

Thay $\sin(\varphi_5 + \gamma)$ từ công thức (7.106) vào ta tính được h_d'' :

$$h_d'' = r \left[1 + \sin^2 \gamma - \left(\frac{R_i}{r}\right)^2 - \sin \gamma \sqrt{1 + \sin^2 \gamma - \left(\frac{R_i}{r}\right)^2} \right] \quad (7.107)$$

Với chiều cao đầu răng dao h_d'' tính theo công thức (7.107) prôfin chi tiết sẽ được gia công đúng đến điểm I bán kính là R_i . Khi đó đường cong chuyển tiếp chuyển về phía gần tâm chi tiết (hình 7.44).

Để đảm bảo bán kính trong R_i , răng dao phay được chế tạo chỉ một phần nhỏ có chiều cao là h_d'' (phần gờ), còn lại chiều cao vẫn giữ là h_d' . Phần gờ với chiều cao h_d'' sẽ cắt thành rãnh lõm ở chân răng như hình 7.44, đó là loại dao phay có gờ. Kích thước phần gờ được chọn theo tiêu chuẩn đủ lớn để tránh mòn nhanh, phù hợp với rãnh thoát đá mài của prôfin chi tiết khi mài đường kính trong.

7.2.5.8. Cung tròn thay thế.

Các đường cong được xác định theo công thức (7.80) là prôfin lưỡi cắt của dao phay lăn trục theo hoa. Prôfin này là prôfin thanh răng dụng cụ khởi thủy của dao phay lăn (trục vít) trục then hoa. Đó chính là prôfin trong tiết diện pháp tuyến với đường vít trên hình trụ tương ứng với đường tâm tích (đường lăn) tính toán.

Đường cong (7.80) có thể biểu diễn dưới dạng

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(\varphi) \\ y &= f_2(\varphi) \end{aligned} \right\} \quad (7.108)$$

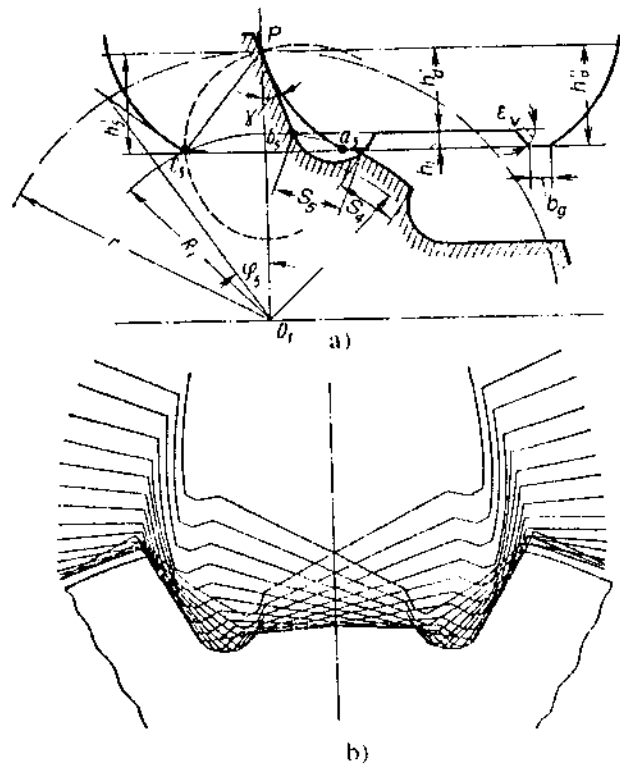
là những đường cong phức tạp, như đường nét đứt trên hình 7.45 khi cho các giá trị φ khác nhau.

Trong thực tế đường cong này rất khó chế tạo chính xác. Để có thể chế tạo thuận lợi prôfin lưỡi cắt, đường cong lý thuyết được thay thế bằng cung tròn đi qua ba điểm với bán kính R_0 và tọa độ tâm của cung $O_1(x_0, y_0)$. Khi thay thế prôfin lý thuyết bằng cung tròn cần phải xác định bán kính R_0 , tọa độ tâm của cung tròn và sai số prôfin.

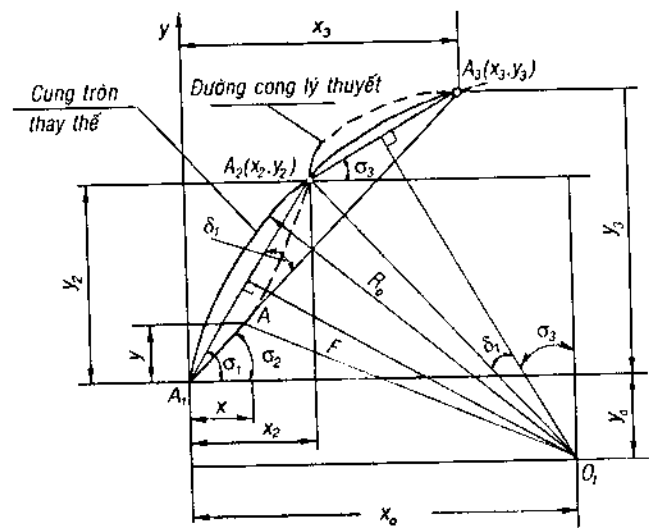
a) Xác định tọa độ tâm O_1 và bán kính R_0 .

Prôfin lưỡi cắt từ phương trình (7.80) có phần hiệu dụng ứng với các góc $\varphi_{\min} = \varphi_3$ và $\varphi_{\max} = \varphi_4$ tính từ gốc tọa độ là P trên hình 7.43a.

Để đơn giản ta thay thế đường cong lý thuyết bằng cung tròn qua 3 điểm như



Hình 7.44. Dao phay có gờ gia công đến điểm chân I của prôfin chi tiết



Hình 7.45 Cung tròn thay thế prôfin lý thuyết bán kính R_0 và tọa độ tâm $O_1(x_0, y_0)$

sau:

- Điểm $A_1 (x_1, y_1)$ trùng với gốc P, vì vậy điểm A, có tọa độ là: $x_1 = y_1 = 0$; $A_1(0,0)$.

- Điểm A_2 ứng với góc $\varphi = \frac{\varphi_{\max} + \varphi_{\min}}{2} = \frac{\varphi_3 + \varphi_4}{2}$.

- Điểm A_3 ứng với góc $\varphi = \varphi_{\max} = \varphi_4$.

Tâm O_1 là giao điểm của hai đường trung trực của hai đoạn $\overline{A_1A_2}$; $\overline{A_2A_3}$ nên từ hình giải tích bán kính R_0 và tọa độ tâm x_0 và y_0 có thể được xác định như sau:

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \\ X_0 &= \frac{(x_3^2 + y_3^2)y_2 - (x_2^2 + y_2^2)y_3}{2(x_3y_2 - x_2y_3)} \\ Y_0 &= \frac{(x_3^2 + y_3^2)x_2 - (x_2^2 + y_2^2)x_3}{2(x_3y_2 - x_2y_3)} \end{aligned} \right\} \quad (7.109)$$

R_0, x_0, y_0 có thể được xác định bằng hình học theo hình vẽ như hình 7.45:

$$\operatorname{tg} \sigma_1 = \frac{y_2}{x_2}; \operatorname{tg} \sigma_2 = \frac{y_3}{x_3}; \operatorname{tg} \sigma_3 = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}; \delta_1 = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$\text{Dây cung } \overline{A_2A_3} = \frac{y_3 - y_2}{\sin \sigma_3}$$

$$\text{Bán kính } R_0 = \frac{\overline{A_2A_3}}{2 \sin \delta_1} = \frac{y_3 - y_2}{2 \cdot \sin \delta_1 \cdot \sin \sigma_3}$$

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= R_0 \cdot \sin(\sigma_3 + \delta_1) + x_2 \\ y_0 &= y_2 - R_0 \cos(\sigma_3 + \delta_1) \end{aligned} \right\} \quad (7.110)$$

b) Xác định sai số khi thay thế profin lý thuyết bằng cung tròn.

Sai số ΔR khi thay thế bằng cung tròn được xác định bằng sự khác nhau giữa khoảng cách từ tâm O_1 đến profin lý thuyết ký hiệu là F và bán kính R_0 của cung tròn thay thế:

$$\Delta R = |F - R_0| \quad (7.111)$$

Theo hình 7.45 cần phải xác định $\Delta R_{\max}$. Tại các điểm A_1, A_2, A_3 có $\Delta R = 0$.

Khoảng cách từ tâm O_1 đến profin lý thuyết có thể được xác định như sau:

$$F = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (7.112)$$

$$\Delta R = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} - R_0 \quad (7.113)$$

Vì x và y trong công thức (7.113) là hàm số của góc quay φ do đó $\Delta R = f(\varphi)$. Để xác định $\Delta R_{\max}$ cần lấy đạo hàm của phương trình (7.113) theo φ .

$$\frac{d\Delta R}{d\varphi} = 0; \quad \frac{d\Delta R}{d\varphi} = \frac{(x-x_0)\frac{dx}{d\varphi} + (y-y_0)\frac{dy}{d\varphi}}{\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}} = 0$$

$(x-x_0) \cdot \frac{dx}{d\varphi} + (y-y_0) \frac{dy}{d\varphi}$ là phương trình đường vuông góc với đường cong lý thuyết đi qua điểm x_0, y_0 .

Thay $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{d\varphi} : \frac{dx}{d\varphi}$ vào phương trình trên ta được:

$$(x-x_0) + (y-y_0) \frac{dy}{dx} = 0 \quad (7.114)$$

Tính $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{d\varphi} : \frac{dx}{d\varphi}$ với x và y từ phương trình (7.80) ta có:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{d\varphi} : \frac{dx}{d\varphi} = \frac{r \cdot \cos(\varphi + \gamma)[2 \cdot \sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma]}{r \cdot \sin(\varphi + \gamma)[2 \sin(\varphi + \gamma) - \sin \gamma]} = \operatorname{ctg}(\varphi + \gamma)$$

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{ctg}(\varphi + \gamma)$$

$$\text{Đặt } \varphi + \gamma = \alpha_m \rightarrow \frac{dy}{dx} = \operatorname{ctg} \alpha_m \quad (7.115)$$

Thay (7.115) và giá trị x, y từ phương trình (7.80) vào (7.114) biến đổi và rút gọn ta được:

$$r(\alpha_m - \gamma) - x_0 - y_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_m = 0 \quad (7.116)$$

Để giải được phương trình (7.116) ta khai triển $\operatorname{ctg} \alpha_m$ thành chuỗi như sau:

$$\operatorname{ctg} \alpha_m = \frac{1}{\alpha_m} - \frac{\alpha_m}{3} - \frac{\alpha_m^3}{3^2 \cdot 5}$$

Và lấy 2 số đầu thay vào công thức (7.116):

$$\begin{aligned} r(\alpha_m - \gamma) - x_0 - y_0 \left(\frac{1}{\alpha_m} - \frac{\alpha_m}{3} \right) &= 0 \\ \alpha_m^2 - \frac{r\gamma + x_0}{r + \frac{y_0}{3}} \alpha_m - \frac{y_0}{r + \frac{y_0}{3}} &= 0 \end{aligned} \quad (7.117)$$

$$\text{Đặt } \frac{r\gamma + x_0}{2(r + \frac{y_0}{3})} = b \quad \text{và} \quad \frac{y_0}{r + \frac{y_0}{3}} = c$$

Thay b và c vào (7.117) ta được : $\alpha_m^2 - 2b \alpha_m - c = 0$ (7.118)

Giải ra: $\alpha_m = b \pm \sqrt{b^2 + c}$ do đó $\alpha_{m1} = b + \sqrt{b^2 + c}$; $\alpha_{m2} = b - \sqrt{b^2 + c}$

$\alpha_m = \varphi_m \pm \gamma$ do đó $\varphi_{m1,2} = \alpha_{12} - \gamma$.

Thay giá trị tìm được $\varphi_{m1,2}$ vào (7.80), sau đó lấy kết quả x và y tìm được ở (7.80) thay vào công thức tính ΔR (7.113) sẽ tìm được hai giá trị của ΔR là ΔR_{1max} và ΔR_{2max} là ΔR_1 và ΔR_2 tọa độ của hai điểm:

$A'(x_{\varphi m1}, y_{\varphi m1})$ và $A''(x_{\varphi m2}, y_{\varphi m2})$

Sai lệch toàn bộ prôfin lý thuyết khi thay thế cung tròn được tính:

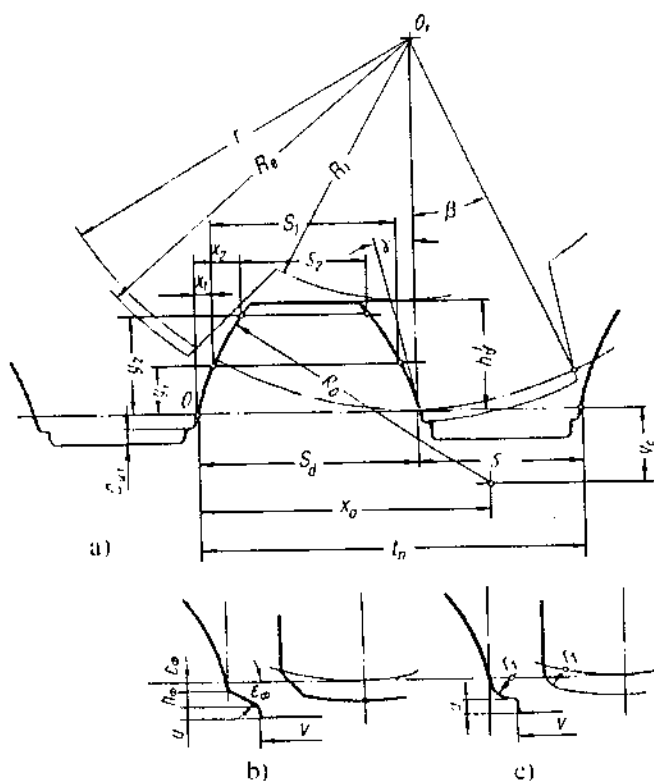
$\Delta R = |\Delta R_1| + |\Delta R_2|$ (7.119)

Nếu gọi δB là dung sai chiều rộng B của trục then hoa thì yêu cầu cho phép khi thay thế prôfin lý thuyết bằng cung tròn phải thỏa mãn điều kiện.

$\Delta R \leq \frac{2}{3} \delta B$ (7.120)

7.2.5.9. Các kích thước prôfin răng dao phay lăn trục then hoa

Kích thước prôfin răng dao phay lăn răng được xác định như là kích thước kết cấu prôfin thanh răng khối thủy dụng cụ ăn khớp với trục then hoa và là tiết diện pháp tuyến với đường vít thuộc hình trụ lăn của trục vít lăn không trượt trên vòng tròn tâm tích (vòng lăn) của chi tiết - trục then hoa. Kích thước kết cấu prôfin răng dao phay lăn trục then hoa được trình bày trên hình 7.46.



Hình 7.46. Kích thước prôfin răng dao phay lăn trục then hoa.

1. Bước pháp tuyến:

$$t_n = t_c = \frac{2\pi r}{Z_c} \quad (7.121)$$

Z_c - số then trục then hoa.

2. Chiều rộng rãnh răng theo đường tâm tích S_{rt} bằng chiều dày răng trục then hoa theo vòng tâm tích:

$$S_{rt} = S_{ct} = 2r\gamma \quad (7.122)$$

3. Chiều dày răng dao theo đường thẳng tâm tích S_d bằng chiều rộng rãnh răng trục then hoa theo vòng tròn tâm tích:

$$S_d = S_{rt} = \frac{2\pi r}{Z_c} - 2r\gamma \quad (7.123)$$

4. Chiều cao đầu răng bằng chiều cao chân răng của prôfin chi tiết:

$$h'_d = h''_c = r - R_f \quad (7.124)$$

5. Chiều cao chân răng dao bằng chiều cao đầu răng chi tiết:

$$h''_d = h'_c = R_c - r \quad (7.125)$$

6. Các kích thước kết cấu phụ (hình 7.46b và c).

Nếu góc đỉnh then hoa vẽ tròn có bán kính r_1 thì ở chân răng dao cũng vẽ tròn có bán kính r_1 và có tâm nằm trên đường thẳng tâm tích (hình 7.46c).

Nếu góc đỉnh then vát thì chân của răng dao có vát (hình 7.46b).

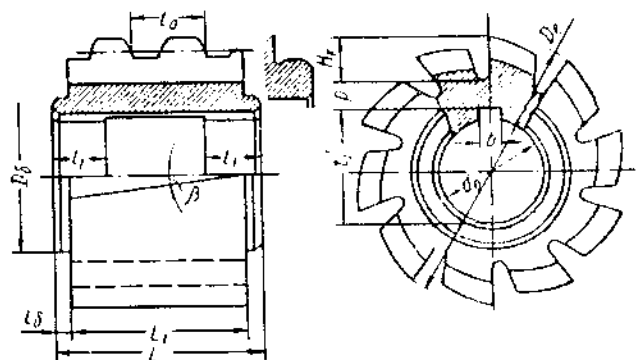
Đường thẳng chân răng của răng dao phay không gia công mặt trụ ngoài chi tiết nên giữa chúng có khe hở C_{u1} .

Góc vát ở chân răng (hình 7.46b) thường lấy $\varepsilon_\phi = 35^\circ$ đối với các trục then hoa có 4 đến 8 then. Khi số then lớn, lấy ε_ϕ lớn. Để đảm bảo mài prôfin răng dao mà không mài chân răng (đỉnh của đá mài không làm việc), đáy rãnh răng dao được chế tạo có rãnh với kích thước chiều rộng V và chiều sâu $u = 1,5 \div 2 \text{ mm}$.

7.2.5.10. Kích thước kết cấu dao phay lăn trục then hoa.

Dao phay lăn trục then hoa về kết cấu tương tự như dao phay lăn răng cắt bánh răng thân khai có hớt lưng mặt sau. Kết cấu của dao phay lăn trục then hoa chỉ có một vài kích thước tính toán đặc biệt (hình 7.47).

Vì bước của prôfin



Hình 7.47 Kích thước kết cấu dao phay lăn trục then hoa

trục then hoa lớn nên góc nâng τ của rãnh vít răng dao cũng lớn hơn so với dao phay lăn răng thân khai tương tự. Góc nâng τ của rãnh vít dao có thể chọn đến 6° và đôi khi $\tau = 10^\circ$.

Đường kính dao phay, bước và góc nâng của rãnh vít có quan hệ như sau:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{t_o}{\pi d_{\text{utb}}} \quad \text{hoặc} \quad \sin \tau = \frac{t_o}{\pi d_{\text{utb}}} \quad (7.126)$$

Để đơn giản việc lựa chọn đường kính dao phay, quan hệ trên có thể được xác định theo sơ đồ hình 7.48.

Đường kính trung bình tính toán của dao phay lăn trục then hoa được xác định tương tự như ở dao phay lăn răng, tức là ở tiết diện cách mặt trước một khoảng bằng $1/8$ bước vòng ($\sigma = 0,125$). Đôi khi đường kính trung bình tính toán được chọn không theo điểm giữa của chiều cao răng dao, mà tiếp tuyến với đường thẳng tâm tích (tiếp tuyến với vòng tròn tâm tích chỉ tiết).

Đường kính ngoài, đường kính đáy rãnh và chiều cao rãnh được xác định giống như đối với dao phay lăn răng. Bởi vì chiều sâu rãnh then không lớn, do đó chiều sâu rãnh răng dao phay thường nhỏ hơn so với dao phay lăn răng có cùng bước.

Chiều dài dao phay theo hình 7.49 được xác định:

$$L = 2(\sqrt{(D_c - h_1)h_1} + S_d - x_{ed} + (2 \div 0,5)l_s)$$

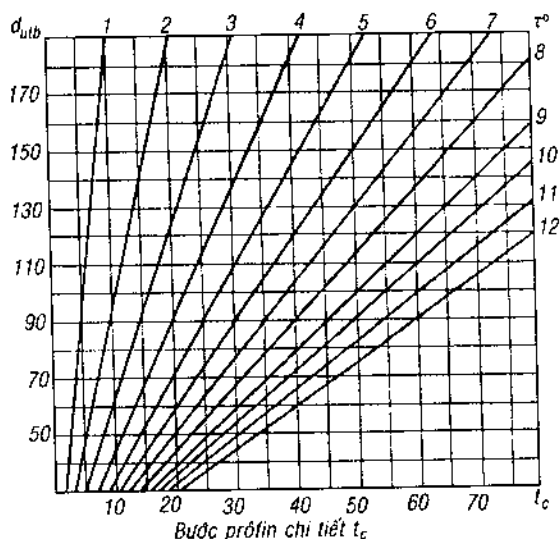
Chiều dài dao phay có thể được xác định gần đúng như sau:

$$L = (2 \div 3) t_0 + (6 \div 7) \text{ mm}$$

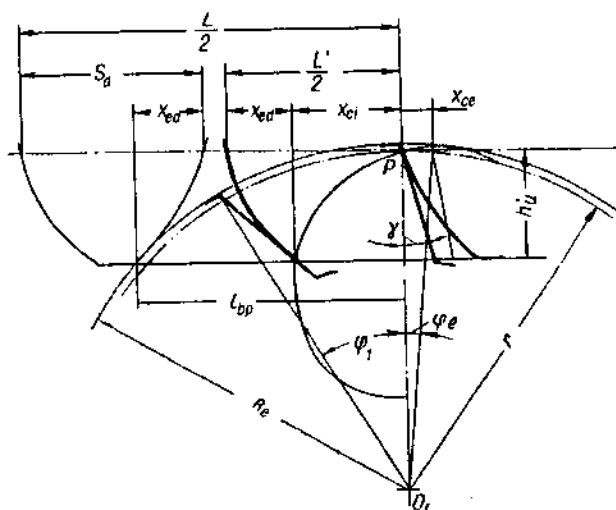
Các kích thước cơ bản khác của dao phay được chọn theo tiêu chuẩn đường kính ngoài D_c , số răng dao Z_d phụ thuộc vào đặc tính của trục then hoa loại nặng hoặc nhẹ.

Ví dụ:

Đối với trục then hoa loại nhẹ:



Hình 7.48. Quan hệ bước profil chi tiết t_c với đường kính d_{utb} và góc nâng τ' của rãnh vít dao phay.



Hình 7.49. Xác định chiều dài dao phay

$Z_d = 12$ với $D_c = 70$ mm và 80mm và $Z_d = 14$ với $D_c = 90 \div 125$ mm.

Đối với then hoa loại trung bình và nặng:

$Z_d = 10$ khi $D_c = 63 \div 90$ mm.

$Z_d = 12$ khi $D_c = 100 \div 140$ mm.

7.2.5.11. Các góc ở lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa (hình 7.50)

Góc sau ở lưỡi cắt đỉnh thường chọn:

$$\alpha_d = 9 \div 11''$$

- Góc sau ở lưỡi bên trong tiết diện pháp tuyến ở điểm C (hình 7.50a) được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \alpha_{bn}^c = \frac{R_c}{R_c} \operatorname{tg} \alpha_d \cdot \sin \delta_c \quad (7.128)$$

Góc δ_c là góc giữa đường thẳng góc với trục dao phay và tiếp tuyến với prôfin lưỡi cắt tại điểm khảo sát, theo hình 7.50a thì $\delta_c = (\varphi_c + \gamma)$.

Góc sau nhỏ nhất ở điểm có góc φ_c nhỏ nhất, có nghĩa là điểm ở chân răng dao phay cắt đỉnh trục then hoa.

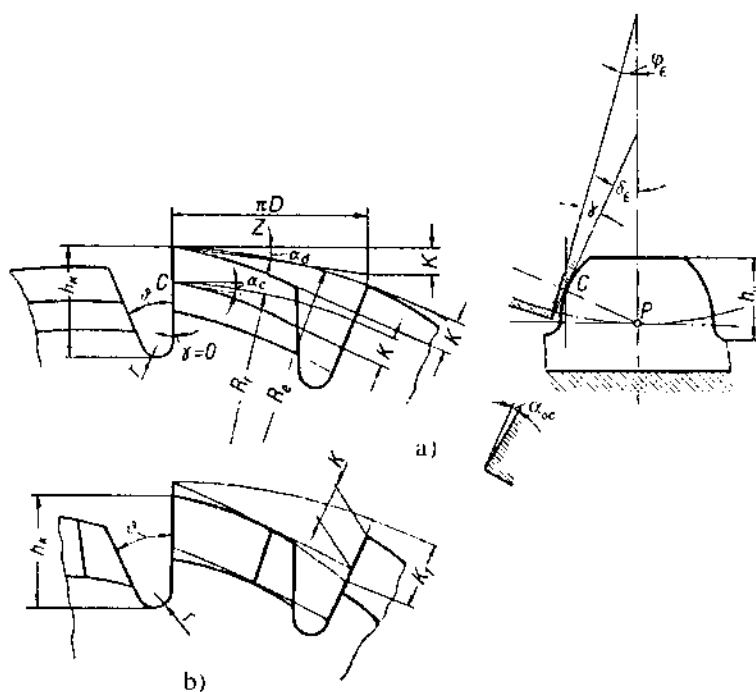
Cần chú ý rằng, góc sau nhỏ nhất đó phải lớn hơn góc sau cho phép:

$$\alpha_{bn} \geq [\alpha_{bn}] \geq 1''30.$$

Góc trước γ tại các điểm trên lưỡi cắt đo trong mặt phẳng vuông góc với trục dao phay được chọn bằng không, $\gamma=0$.

Nếu thiết kế $\gamma \neq 0$ phải tính hiệu chỉnh lại prôfin lưỡi cắt tương tự như khi tính prôfin dao phay định hình hớt lưng có $\gamma > 0$.

Dao phay lăn trục then hoa được chế tạo có mài hớt lưng mặt sau. Vì vậy, để tránh gờ ở lưng răng và thoát đá mài lưng răng có hai lượng hớt lưng. Khi tiện với lượng hớt lưng K_1 , khi mài với lượng hớt lưng K (hình 7.50b) thì $K < K_1$.



Hình 7.50. Thông số hình học ở lưỡi cắt và các kích thước răng và rãnh dao phay lăn trục then hoa.

CHƯƠNG 8

CƠ SỞ TIN HỌC ỨNG DỤNG TRONG THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP

8.1. Mở đầu

Hiện nay máy tính được ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực, ngành, nghề. Đặc biệt trong sản xuất, máy tính không chỉ hỗ trợ cho thiết kế sản phẩm, lập kế hoạch quá trình sản xuất, lập trình gia công, . . mà còn hỗ trợ cho tính toán thiết kế chế tạo dụng cụ.

Trong chương này, chúng tôi chỉ giới thiệu một số thuật ngữ cơ bản thường gặp trong lĩnh vực CAD/CAM, các kiến thức cơ bản về cơ sở dữ liệu CAD để giúp sinh viên làm quen với ứng dụng tin học trong thiết kế dụng cụ công nghiệp. Phần cuối chương, chúng tôi có một ví dụ minh họa ứng dụng tin học trong thiết kế dao tiện định hình lăng trụ gá thẳng. Ở đây trình bày 2 phương pháp. Phương pháp thứ nhất là ứng dụng mô hình hoá CAD và phương pháp thứ hai là lập trình tính toán.

8.1.1. Các thuật ngữ viết tắt bằng tiếng Anh

BOM - Bill Of Materials: phiếu vật tư.

CAD - Computer Aided Design: thiết kế trợ giúp bằng máy tính.

CAD/CAM - Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing: thiết kế/ sản xuất có trợ giúp của máy tính.

CADD - Computer Aided Design and Drafting: thiết kế và vẽ trợ giúp bằng máy tính.

CAE - Computer Aided Engineering: kỹ thuật trợ giúp bằng máy tính.

CAG - Computer Aided Graphics: đồ họa trợ giúp bằng máy tính

CAI - Computer Aided Industry: công nghiệp trợ giúp bằng máy tính

CAM - Computer Aided Manufacturing: sản xuất trợ giúp bằng máy tính.

CAP - Computer Aided Planning: lập kế hoạch trợ giúp bằng máy tính.

CAPE - Computer Aided Production Engineering: kỹ thuật sản xuất trợ giúp bằng máy tính.

CAPP - Computer Aided Process Planning: lập kế hoạch quá trình trợ giúp bằng máy tính.

CAQ - Computer Aided Quality Control: kiểm tra chất lượng có trợ giúp của máy tính.

CAR - Computer Aided Robotic: robot trợ giúp bằng máy tính.

CAT - Computer Aided Testing: kiểm tra trợ giúp bằng máy tính.

CIM - Computer Integrated Manufacturing: hệ sản xuất tích hợp có trợ giúp bằng máy tính.

CNC - Computer Numerical Control: điều khiển số bằng máy tính.

CSG - Constructive Solid Geometric: hình học khối rắn có cấu trúc.

DBMS - Data Base Management System: hệ quản trị cơ sở dữ liệu.

DNC - Direct Numerical Control: điều khiển số trực tiếp.

F/A - Financial Analysis: phân tích tài chính.

FEM - Finite Element Method: phương pháp phần tử hữu hạn.

LAN - Local Area Network: mạng cục bộ.

MAP - Manufacturing Automatic protocol: giao thức tự động hoá sản xuất.

MS - Master Scheduling: chương trình tổng thể.

MRP - Material Requirement Planning: lập kế hoạch nhu cầu vật tư.

NC - Numerical Control: điều khiển số.

PDM - Product Data Management: quản trị dữ liệu sản phẩm.

PMC - Production Monitoring and Control Post Processor: giám sát sản xuất và hậu xử lý điều khiển.

PPC - Production Planning Control: điều khiển kế hoạch sản xuất.

8.1.2. Hệ thống sản xuất tích hợp với máy tính (CIM)

Trong quá trình phát triển của CIM đã có nhiều bước ngoặt quan trọng về kỹ thuật và tổ chức sản xuất.

1952: Áp dụng máy điều khiển số.

1960: Điều khiển bằng máy tính số và lần đầu tiên ứng dụng robot tương tự.

1970: Xuất hiện khái niệm CNC và DNC.

1980: Lần đầu tiên ứng dụng tế bào sản xuất linh hoạt, áp dụng hệ thống sản xuất linh hoạt FMS.

1990: Hệ thống CAD/CAM tích hợp, các hệ thống cho kế hoạch và điều khiển, ứng dụng đầy đủ triết lý CIM.

Trong khái niệm của CIM có thể xác định năm thành phần chính khác nhau của

các giải pháp kỹ thuật của từng thành phần, sự hỗ trợ của các liên kết tổ chức và giao tiếp, mức độ tổ hợp ... , tạo khả năng và cho các giả thiết xuất hiện những cơ sở khác nhau của các hệ thống này. Tuy nhiên có thể tổng quát hoá các định nghĩa ở những hệ thống này như sau:

a) CAE - Computer Aided Engineering - kỹ thuật trợ giúp bằng máy tính, thường gồm có CAD (Computer Aided Design) máy tính hỗ trợ cho quá trình thiết kế, lập trình điều khiển số, công cụ cho lập kế hoạch và điều khiển chất lượng (CAQ). Mức độ phát triển tiếp theo là tổ hợp hệ thống CAD và CAM (CAD/CAM) mà nó bao gồm CAPM - Computer Aided Product Management (quản trị sản xuất hỗ trợ bằng máy tính) và CAPP - Computer Aided Process Planning (lập kế hoạch sản xuất có trợ giúp bằng máy tính bao gồm cả mô phỏng đồ họa và điều khiển robot).

b) Điều khiển nguyên công liên quan đến tất cả các phần tử của CIM. Trước hết nó được thực hiện bằng môđun PPC (ProductPlanning and Control) cho việc lập kế hoạch và điều khiển sản xuất.

c) CAI - CAT (Computer Aided Industry- Computer Aided Testing) - máy tính hỗ trợ cho sản xuất, kiểm tra, thử nghiệm vật liệu ở tất cả các nguyên công sản xuất. Đây là một thành phần quan trọng của khái niệm CIM.

d) CAM - CAA (Computer Aided Manufacturing - Computer Aided Assembly) - máy tính hỗ trợ cho sản phẩm và cho lắp ráp, kiểm tra và vận hành sản phẩm.

e) Cơ sở dữ liệu trí tuệ: đây là một trong những thành phần quan trọng nhất áp dụng trong tất cả các môđun của hệ thống CIM trực thuộc hệ thống điều khiển dữ liệu. Chúng có thể chia ra 4 loại hình chính:

- * Dữ liệu sản phẩm.
- * Dữ liệu sản xuất.
- * Dữ liệu nguyên công.
- * Dữ liệu nguồn.

8.2. Mô hình hoá hình học

8.2.1. Mô hình khung dây (Wire Frame)

Đây là mô hình đơn giản nhất, gồm có các điểm (Points), các đường thẳng (Lines), các đường tròn (Circles), các cung tròn (Arcs), các đường cong (Culves), ... Các thực thể này được chia thành 2 loại là các đường cong phân tích và các đường cong tổ hợp. Các đường cong có thể được biểu diễn bằng 2 dạng phương trình toán học là phương trình tham số và phương trình tường minh, ví dụ, đường cong phẳng được biểu diễn ở dạng tham số như sau: $Q(t) [x=x(t), y=y(t)]$, dạng tường minh là $f(x,y)=0$. Đường cong không gian có dạng biểu diễn tham số là: $Q(t)= [x=x(t), y=y(t), z=z(t)]$, dạng tường minh được rút ra từ sự giao nhau của 2 phương trình bề mặt $S1(x,y,z)=0$ và $S2(x,y,z)=0$.

Trong CAD biểu diễn đường cong dạng tường minh thường không được sử dụng, do các lý do sau:

Nếu vector tiếp tuyến tại một điểm trên đường cong thẳng đứng hay gần thẳng đứng thì giá trị độ dốc tại điểm đó là không xác định hay rất lớn. Đối với nhiều đường cong như đường tròn, ellip, ... nếu biểu diễn dạng tường minh thì hàm số là đa trị với đối số. Các lý do trên gây khó khăn cho việc tính toán và lập trình trên máy tính.

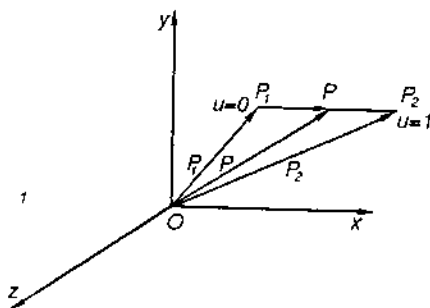
Nếu đường cong được hiển thị như một loạt các điểm hay các đoạn thẳng thì khối lượng tính toán sẽ có thể rất lớn.

Hình dáng các đường cong không phụ thuộc vào việc nó nằm trong hệ tọa độ nào. Do đó, nếu biểu diễn tham số thì tham số được xem như tọa độ cục bộ trên đường cong, không phụ thuộc vào hệ tọa độ. Hay nói cách khác, chính tham số thể hiện quan hệ giữa các điểm dữ liệu của đường cong và hình dáng của đường cong.

8.2.1.1. Biểu diễn các đường cong phân tích

1. Đường thẳng

Đường thẳng nối 2 điểm P_1, P_2 , hình 8.1.



Hình 8.1. Biểu diễn đoạn thẳng

Định nghĩa tham số u có giá trị 0 tại P_1 và 1 tại P_2 .

Xét tam giác OPP_1 , viết được phương trình vector sau:

$$\vec{P} = \vec{P}_1 + P_1P = \vec{P}_1 + (P - P_1) \quad (8.1)$$

Theo cách định nghĩa tham số u có thể viết được:

$$\vec{P} - \vec{P}_1 = u(\vec{P}_2 - \vec{P}_1) \quad (8.2)$$

Thay (8.2) vào (8.1) có phương trình đường thẳng đi qua P_1, P_2 :

$$\begin{cases} \vec{P} = \vec{P}_1 + u(\vec{P}_2 - \vec{P}_1) \\ 0 \leq u \leq 1 \end{cases} \quad (8.3)$$

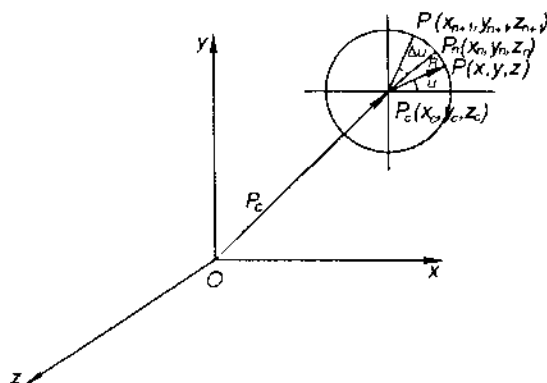
Dạng khai triển có thể viết:
$$\begin{cases} x = x_1 + u(x_2 - x_1) \\ y = y_1 + u(y_2 - y_1) \\ z = z_1 + u(z_2 - z_1) \end{cases} \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (8.4)$$

2. Dạng tròn, hình 8.2

Phương trình tham số cơ bản của đường tròn như sau:

$$\begin{cases} x = x_c + R \cos u \\ y = y_c + R \sin u \\ z = z_c \end{cases} \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (8.5)$$

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_c + R \cos(u + \Delta u) \\ y_{n+1} = y_c + R \sin(u + \Delta u) \\ z_{n+1} = z_c \end{cases} \quad (8.6)$$



Hình 8.2. Biểu diễn đường tròn

Phương trình đường tròn được biểu diễn dưới dạng đệ quy:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_c + (x_n - x_c) \cos \Delta u - (y_n - y_c) \sin \Delta u \\ y_{n+1} = y_c + (y_n - y_c) \cos \Delta u - (x_n - x_c) \sin \Delta u \\ z_{n+1} = z_c \end{cases} \quad (8.7)$$

Cung tròn là 1 trường hợp đặc biệt của đường tròn. Phương trình tham số của cung tròn như sau:

$$\begin{cases} x = x_c + R \cos u \\ y = y_c + R \sin u \\ z = z_c \end{cases} \quad u_s \leq u \leq u_c \quad (8.8)$$

3. Ellipse

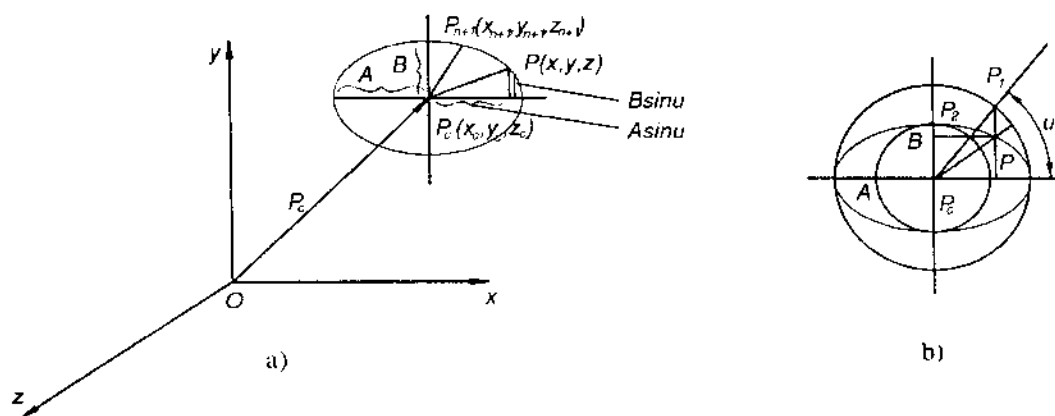
Ellipse là đường cong sinh ra do một điểm chuyển động trong không gian sao cho tổng khoảng cách từ điểm đó đến 2 điểm cố định là hằng số và bằng đường kính lớn của ellipse, 2 điểm cố định gọi là 2 tiêu điểm của ellipse. Hai tiêu điểm nằm trên trục dài

và cách tâm một khoảng bằng $\sqrt{A^2 - B^2}$ (A, B là các bán trục dài và ngắn của ellipse).

a) Nếu trục lớn của ellipse song song với Ox thì phương trình tham số của ellipse có tâm P_c được biểu diễn như sau:

$$\begin{cases} x = x_c + R \cos u \\ y = y_c + R \sin u \\ z = z_c \end{cases} \quad 0 \leq u \leq 2\pi \quad (8.9)$$

Chú ý: tham số u không phải là góc giữa P_cP và bán trục lớn mà là góc u như trên hình 8.3b.



Hình 8.3. Biểu diễn ellipse

Dạng đệ quy của phương trình ellipse như sau:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_c + (x_n - x_c) \cos \Delta u - \frac{A}{B} (y_n - y_c) \sin \Delta u \\ y_{n+1} = y_c + (y_n - y_c) \cos \Delta u + \frac{A}{B} (x_n - x_c) \sin \Delta u \\ z_{n+1} = z_n \end{cases} \quad (8.10)$$

b) Nếu trục lớn của ellipse nghiêng một góc α so với Ox thì phương trình biểu diễn ellipse như sau:

$$\begin{cases} x = x_c + A \cos u \cos \alpha - B \sin u \sin \alpha \\ y = y_c + A \cos u \sin \alpha + B \sin u \cos \alpha \\ z = z_c \end{cases} \quad 0 \leq u \leq 2\pi \quad (8.11)$$

Dạng đệ quy của phương trình ellipse như sau:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_c + A \cos(u_n + \Delta u) \cos \alpha - B \sin(u_n + \Delta u) \sin \alpha \\ y_{n+1} = y_c + A \cos(u_n + \Delta u) \sin \alpha + B \sin(u_n + \Delta u) \cos \alpha \\ z_{n+1} = z_n \end{cases} \quad (8.12)$$

Trong đó $u_n = (n - 1)u$. Điểm đầu tương ứng với $u_n = 0$, nằm trên điểm cuối bán trục lớn.

8.2.1.2. Biểu diễn các đường cong tổ hợp

Các đường cong phân tích không đủ để biểu diễn những đường cong phức tạp như thân ô tô cánh máy bay, vỏ tàu thủy, các loại chai mỹ phẩm, v...v), do đó phải cần đến các đường cong phức tạp hơn, đó là đường cong tổ hợp. Đường cong tổ hợp sử dụng trong thiết kế nhằm đáp ứng 2 yêu cầu. Thứ nhất là việc sinh đường cong dựa vào một tập hợp các điểm đo đạc được. Thứ hai là hiệu chỉnh đường cong trên các đối tượng đã có.

Về mặt toán học các đường cong tổ hợp là các đường cong trơn được xây dựng dựa vào các dữ liệu điểm. Tuy nhiên trong CAD/ CAM dạng đa thức là dạng được sử dụng điển hình nhất. Để biểu thị mức độ trơn của các đường cong người ta đưa ra 3 mức liên tục tại các điểm dữ liệu. Đó là:

C_0 : sự liên tục về vị trí (Position) .

C_1 : sự liên tục về độ dốc (Slope).

C_2 : sự liên tục về độ cong (Curvature).

Đa thức bậc 3 là dạng thấp nhất để biểu diễn đường cong nhưng mang lại hiệu quả đáng kể: cho phép biểu diễn đường cong trong không gian, tốc độ tính toán nhanh.... Do vậy đường cong bậc lớn hơn 3 thường không được sử dụng phổ biến trong CAD/ CAM.

Phương trình tham số của đường cong đa thức bậc 3:

$$P(t) = \sum_{i=0}^3 a_i \cdot t^i \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (8.13)$$

Trong đó $P(t)$ là điểm trên đường cong, a_i là các hệ số.

Sau đây là một số đường cong tổ hợp thường sử dụng trong CAD/CAM.

1. Đường cong Hermite

Đường cong Hermite là đường cong trơn tham số bậc 3 được định nghĩa bởi tọa độ và vectơ tiếp tuyến tại 2 đầu mút.

Phương trình tổng quát được viết như sau:

$$H(t) = (2t^3 - 3t^2 + 1).P(0) + (-2t^3 + 3t^2).P(1) + (t^3 - 2t^2 + t).P'(0) + (t^3 - t^2).P'(1) \quad (8.14)$$

Phương trình tiếp tuyến của đường cong Hermite:

$$H'(t) = (6t^2 - 6t)P(0) + (-6t^2 + 6t)P(1) + (3t^2 - 4t + 1)P'(0) + (3t^2 - 2t)P'(1) \quad (8.15)$$

Phương trình (8.14) viết dưới dạng ma trận như sau:

$$H(t) = T.M_H.G_{11} \quad (8.16)$$

Trong đó

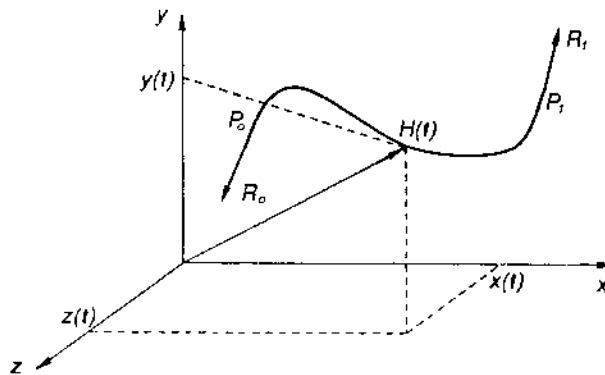
$$T = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \text{ gọi là ma trận tham số:} \quad (8.17)$$

$$M_{11} = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.18a)$$

gọi là ma trận đặc trưng của đường cong Hermite.

$$G_{11} = \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \end{bmatrix} \text{ gọi là ma trận hình học.} \quad (8.18b)$$

* Đặc điểm đường cong Hermite, hình 8.4:



Hình 8.4. Đường cong Hermite

- Đường cong Hermite đi qua 2 điểm đầu mút: $H(0)=P_0$ và $H(1)=P_1$.

- Vectơ tiếp tuyến tại 2 đầu mút: $H'(0)=R_0$ và $H'(1)=R_1$.

- Có thể kết nối nhiều đoạn spline. Cho một tập hợp điểm $P_0, P_1, \dots, P_{n-1}$ và 2 vectơ tiếp tuyến R_0, R_{n-1} ta có thể nối lại thành một đường cong bậc 3 trơn. Như vậy cơ sở dữ liệu của một đường cong trơn bậc 3 gồm tập hợp các điểm điều khiển và 2 vectơ tiếp tuyến tại 2 điểm đầu cuối.

- Đặc tính điều khiển của đường cong Hermite là toàn cục, nghĩa là khi thay đổi vị trí của một điểm điều khiển hay độ dốc (slope) tại một điểm đầu, cuối thì sẽ làm thay đổi toàn bộ hình dáng của đường cong. Để tăng tính mềm dẻo của đường cong khi thiết kế có thể tăng số điểm điều khiển của đường cong (tăng số đoạn đường cong) nhưng bậc của đường cong vẫn là bậc 3.

2. Đường cong Bezier

Phương pháp nội suy sử dụng cho các đường cong tham số bậc ba ở phần trước là tương tự như phương pháp Bezier của công ty ô tô Pháp Renault từ đầu những năm 1960. Bezier đã bắt đầu làm công việc trên các công thức toán học để cho công việc thiết kế mềm dẻo hơn dựa trên phương pháp nội suy.

Đường cong Bezier nhận các điểm điều khiển được sắp đặt theo trật tự nhất định ($P_0, \dots, P_n$), đây là các điểm gần kề với đường cong. Các điểm này có thể được biểu diễn trên màn hình đồ họa và người thiết kế có thể sử dụng chúng để điều khiển hình dạng của đường cong theo ý muốn của mình. Đường cong Bezier dựa trên nền tảng là các hàm đa thức, dùng để biểu diễn các đường cong tự do. Đường cong Bezier có bậc n được định nghĩa bằng $n + 1$ điểm điều khiển và là hàm tham số có dạng:

$$B(t) = \sum_{i=0}^n P_i \cdot B_{i,n}(t) \quad (8.19)$$

Trong đó các vectơ P_i biểu diễn $n+1$ điểm điều khiển. Hàm $B_{i,n}(t)$ là hàm trọng cho các biểu diễn Bezier và được mô tả bằng đa thức Bernstein như sau:

$$B_{i,n}(t) = C(n,i) \cdot t^i \cdot (1-t)^{n-i} \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (8.20)$$

Trong đó nhị thức $C(n,i)$ được tính như sau:

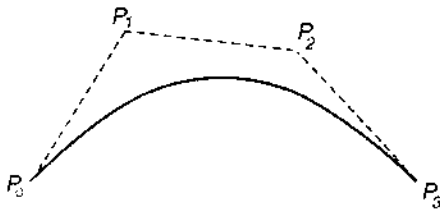
$$C(n,i) = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad i = 0, \dots, n \quad (8.21)$$

Các hàm trọng này thỏa mãn điều kiện sau:

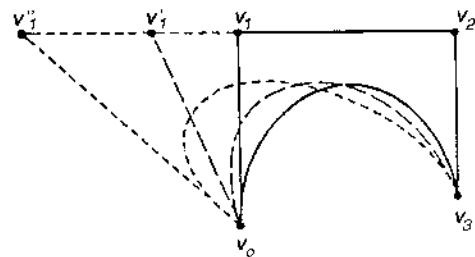
$$B_{i,n}(t) \geq 0 \text{ cho tất cả các } i \quad 0 \leq t \leq 1$$

$$\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) = 1 \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (8.22)$$

Các trọng của Bezier tạo ra bậc n của đa thức và cho $n+1$ điểm điều khiển. Đường cong Bezier đi qua 2 điểm điều khiển đầu và cuối. Các điểm điều khiển ở giữa chỉ có tác dụng lôi kéo, co giãn đường cong và có thể được sử dụng điều chỉnh cho đường cong thay đổi hình thể. Hình 8.6 thể hiện sự ảnh hưởng của đường cong khi di chuyển một điểm điều khiển.



Hình 8.5. Đường cong Bezier bậc 3 xác định bằng 4 điểm điều khiển.



Hình 8.6. Sự thay đổi hình dáng của đường cong khi thay đổi vị trí một điểm điều khiển.

Ví dụ về sử dụng hàm trộn được xem xét trong trường hợp có 4 điểm điều khiển P_0, P_1, P_2, P_3 theo định nghĩa số điểm điều khiển là $n+1$ ta có bậc của đa thức là 3 (hình 8.5). Khai triển phương trình (8.19):

$$P(t) = P_0 \cdot B_{0,3} + P_1 \cdot B_{1,3} + P_2 \cdot B_{2,3} + P_3 \cdot B_{3,3} \quad (8.23)$$

Bốn hàm trộn phải tìm dựa trên đa thức Bernstein cho ở phương trình (8.20) là:

$$\begin{cases} B_{0,3} = \frac{3!}{0!.3!} \cdot t^0 \cdot (1-t)^3 = (1-t)^3 \\ B_{1,3} = \frac{3!}{1!.2!} \cdot t^1 \cdot (1-t)^2 = 3t(1-t)^2 \\ B_{2,3} = \frac{3!}{2!.1!} \cdot t^2 \cdot (1-t) = 3t^2(1-t) \\ B_{3,3} = \frac{3!}{3!.0!} \cdot t^3 \cdot (1-t)^0 = t^3 \end{cases} \quad (8.24)$$

Thay vào phương trình (8.19) ta có phương trình đường Bezier bậc 3:

$$B(t) = (1-t)^3 \cdot P_0 + 3t(1-t)^2 \cdot P_1 + 3t^2(1-t) \cdot P_2 + t^3 \cdot P_3 \quad (8.25)$$

* *Dạng ma trận C của đường cong Bezier*

Các đường cong Bezier có thể biểu diễn đơn giản dưới dạng ma trận. Phương trình của đường cong Bezier bậc ba (8.25) có thể viết lại dưới dạng ma trận:

$$B(t) = \begin{bmatrix} (1-t)^3 & 3t(1-t)^2 & 3t^2(1-t) & t^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (8.26)$$

và có thể viết rút gọn lại:

$$B(t) = \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} = [T] \cdot [M]_B \cdot [G]_B \quad (8.27a)$$

* *Đặc điểm đường cong Bezier*

- Đường cong nội suy qua 2 điểm đầu cuối: $B(0) = P_0$; $B(1) = P_n$.

- Tổng các đa thức Bezier là không đổi với mọi đường cong Bezier. Ví dụ, với đường Bezier bậc 3:

$$[(1-t)^3] + [3t \cdot (1-t)^2] + [3t^2 \cdot (1-t)] + t^3 = 1 \quad (8.27b)$$

- Mỗi điểm điều khiển có trọng số bằng hàm trộn được gán với nó và sự ảnh

hường của mỗi điểm điều khiển được thay đổi như là biến tham số khi tăng từ 0 đến 1.

- Các điểm điều khiển tạo ra một bao lồi (đa giác đặc tính). Đường cong tiếp tuyến với 2 cạnh đầu và cuối của đa giác đặc tính: $B'(0) = n(P_1 - P_0)$; $B'(1) = n(P_n - P_{n-1})$.

- Để cung cấp sự mềm dẻo trong thiết kế thì cần phải có một số lượng lớn các điểm điều khiển, nhưng bậc của đường cong sẽ lớn, khó cho việc điều khiển. Để giữ cho bậc của đường cong không đổi mà vẫn nhận được sự mềm dẻo cần thiết khi thiết kế, có thể kết nối một vài đoạn đường cong bậc thấp.

3. Đường cong B-Spline

B-Spline là dạng đường cong trơn có tính linh hoạt hơn đường cong Bezier. Bậc của đường cong không phụ thuộc vào số điểm điều khiển. Với 4 điểm điều khiển tạo đường cong của Bezier bậc 3 thì cùng với 4 điểm đó có thể tạo thành đường cong B-Spline bậc 1, 2 hoặc 3. Tính linh hoạt này có được nhờ chọn các hàm trộn khác nhau.

Đường cong B-Spline định nghĩa bởi $(n+1)$ điểm điều khiển như sau:

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(t) \quad 0 \leq t \leq t_{\max} \quad (8.28a)$$

Trong đó:

P_i là các điểm điều khiển. $N_{i,k}(t)$ là các hàm trộn cơ sở của đường cong B-Spline.

k là tham số xác định bậc $(k-1)$ của đường cong B-Spline.

Hàm trộn cơ sở B-Spline có các đặc điểm sau:

$$\begin{aligned} + & \sum_{i=0}^n N_{i,k}(t) = 1 \\ + & N_{i,k}(t) > 0 \\ + & N_{i,k}(t) = 0 \text{ nếu } t \notin [t_i; t_{i+k+1}] \\ + & N_{i,k}(t) \text{ có } (k-2) \text{ lần vi phân liên tục.} \end{aligned}$$

Đặc điểm thứ 1 đảm bảo quan hệ giữa đường cong và các điểm điều khiển là bất biến qua phép biến đổi affine. Đặc điểm thứ 2 đảm bảo đoạn đường cong nằm hoàn toàn trong một bao lồi. Các đặc điểm P_i và đặc điểm thứ 3 cho thấy mỗi đoạn đường cong chỉ chịu ảnh hưởng bởi k điểm điều khiển. Ví dụ, đường cong B-Spline bậc 3 ($k=4$) thì 2 đoạn chỉ chịu ảnh hưởng bởi 4 điểm điều khiển, hình 8.7.

Hàm B-Spline tổng quát có đặc điểm đệ quy và xác định bởi công thức sau:

$$N_{i,k}(t) = (t - t_i) \frac{N_{i,k-1}(t)}{t_{i+k-1} - t_i} + (t_{i+1} - t) \frac{N_{i+1,k-1}(t)}{t_{i+k} - t_{i+1}} \quad (8.28b)$$

Trong đó:

$$N_{i,j} = \begin{cases} 1 & t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0 & t \notin [t_i, t_{i+1}] \end{cases}$$

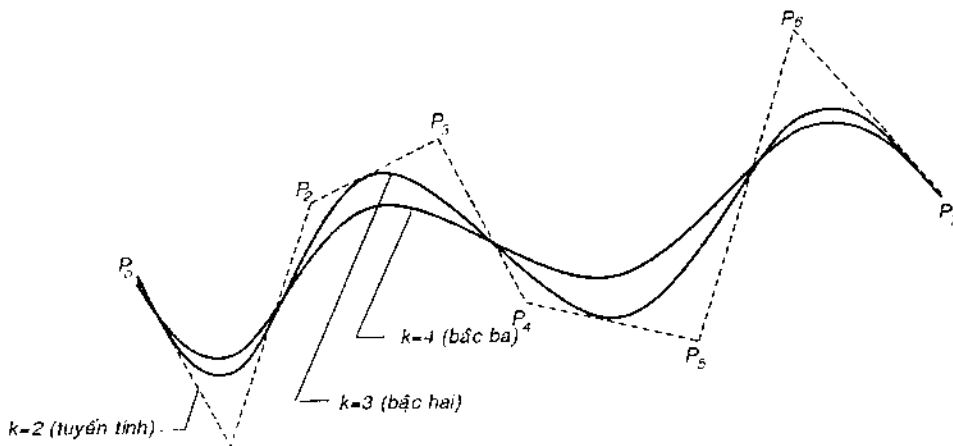
$N_{i,1}$ ($k=1$) là hằng số, còn trong trường hợp tổng quát $k \neq 1$ thì $N_{i,j}$ sẽ là đa thức bậc $k-1$.

t_i được gọi là các nút tham số, chúng tạo thành 1 dãy các số nguyên không giảm gọi là vectơ nút. Giá trị các t_i phụ thuộc vào đường cong B-Spline là mở (nonperiodic) hay đóng (periodic). Đối với đường cong mở t_i xác định bởi:

$$t_i = \begin{cases} 0 & j < k \\ j - k + 1 & k \leq j \leq n \\ n - k + 2 & j > n \end{cases} \quad (8.28c)$$

$$\text{Trong đó:} \quad 0 \leq j \leq n+k \quad (8.29)$$

$$\text{và phạm vi biến thiên của } t \text{ là:} \quad 0 \leq t \leq n-k+2 \quad (8.30)$$



Hình 8.7. Ảnh hưởng của bậc đường cong B-Spline đến hình dạng của nó.

Công thức (8.29) chỉ ra rằng cần phải có $(n+k+1)$ nút để tạo ra đường cong bậc $(k-1)$ xác định bởi $(n+1)$ điểm điều khiển. Các nút này được phân bố đều trong phạm vi của t với bước $\Delta t = 1$ giữa các nút không trùng nhau. Số điểm điều khiển n và tham số k phải thỏa mãn điều kiện $n-k+2 > 0$. Quan hệ này cho thấy số điểm điều khiển tối thiểu là 2, 3, 4 để định nghĩa đường cong B-Spline bậc 1, 2 hoặc 3. Có nghĩa là nếu có 2 điểm điều khiển thì chỉ định nghĩa được B-Spline bậc 1, có 4 điểm điều khiển mới định nghĩa được đường cong B-Spline bậc 3.

* *Dạng ma trận của đường cong B-Spline.*

Đường cong B-Spline nội suy qua $(n+1)$ điểm điều khiển, nhưng do tính chất điều khiển cục bộ mà đường B-Spline được chia thành các đoạn, mỗi đoạn chỉ chịu ảnh

hướng của 4 điểm điều khiển.

Có $(n+1)$ điểm điều khiển sẽ được $(n+1-3)$ hay $(n-2)$ đoạn cong. Ký hiệu đoạn cong là Q_i thì Q_i được điều khiển bởi 4 điểm P_{i-3} , P_{i-2} , P_{i-1} và P_i . Vectơ hình học G_{Bsi} cho đoạn Q_i là:

$$G_{Bsi} = \begin{bmatrix} P_{i-3} \\ P_{i-2} \\ P_{i-1} \\ P_i \end{bmatrix} \quad 3 \leq i \leq n \quad (8.31)$$

$$\text{Định nghĩa ma trận: } [U_i] = \begin{bmatrix} (t-t_i)^3 & (t-t_i)^2 & (t-t_i) & 1 \end{bmatrix} \quad (8.32)$$

Trong đó t_i là các nút tham số được tính từ (8.32). Dạng ma trận của đường B-Spline như sau:

$$P(u) = [T_i] \cdot [M_{BS}] \cdot [G_{Bsi}] \quad t_i \leq i \leq n \quad (8.33)$$

Trong đó ma trận cơ bản của B-Spline như sau:

$$M_{BS} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.34)$$

* Đặc điểm đường cong B-Spline

B-Spline là dạng đường cong rất hiệu quả cho thiết kế mô hình khung dây bởi chúng có các đặc điểm sau:

- Khái niệm điều khiển cục bộ: bằng cách thay đổi vị trí 1 điểm điều khiển hay cho một số điểm điều khiển trùng nhau thì không ảnh hưởng đến toàn bộ đường cong mà chỉ ảnh hưởng đến k đoạn quanh điểm điều khiển đó.

- B-Spline mở sẽ tiếp tuyến với đoạn (P_1-P_0) và $(P_{n+1} - P_n)$.

- Bậc của đường cong càng thấp thì đường cong càng gần với điểm điều khiển:

$k=1 \rightarrow$ bậc 0 thì đường cong suy biến thành các điểm điều khiển .

$k=2 \rightarrow$ bậc 1 thì đường cong suy biến thành các đoạn đa giác điều khiển.

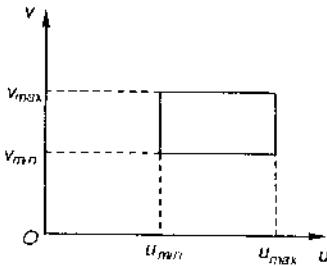
- Nếu B-Spline là bậc 2 thì nó tiếp tuyến tại điểm giữa của các đoạn đa giác điều khiển.

- Nếu $k=n+1$ thì đường B-Spline suy biến thành đường Bezier.

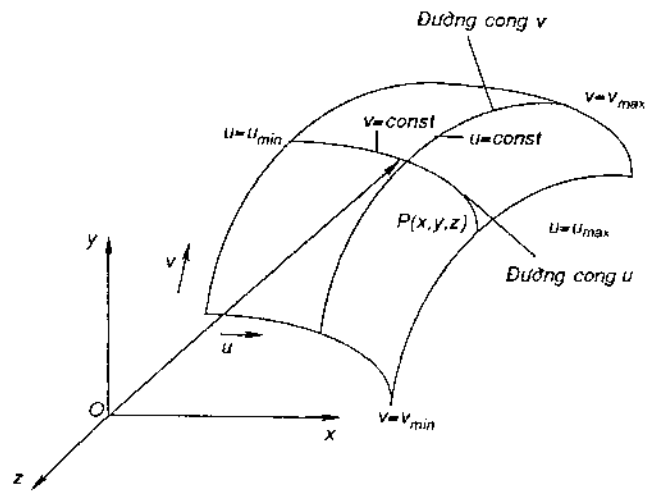
- Có thể sử dụng nhiều điểm điều khiển trùng nhau để kéo spline về điểm đó.

8.2.2. Mô hình bề mặt (Surface)

8.2.2.1. Phương pháp biểu diễn bề mặt trong CAD



Hình 8.8. Không gian tham số.



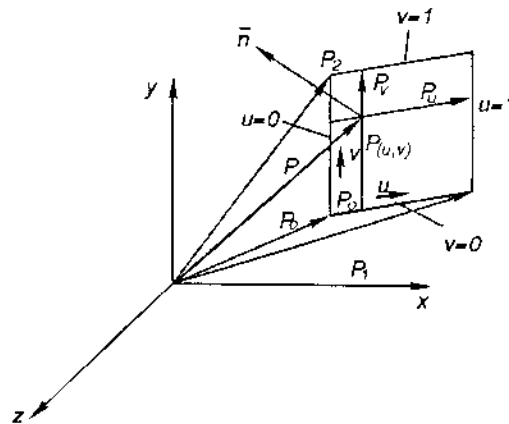
Hình 8.9. Không gian đề các.

Bề mặt là một dạng mô hình hình học quan trọng trong thiết kế kỹ thuật và gia công. Bề mặt chi tiết thường được tạo bởi nhiều mảnh bề mặt ghép lại, mỗi mảnh bề mặt tùy theo đặc điểm hình học sẽ được biểu diễn bằng các mô hình toán học khác nhau, ví dụ như mặt phẳng, mặt tròn xoay, mặt Bezier,... Cũng như biểu diễn đường cong trong CAD/CAM, bề mặt được biểu diễn bằng phương trình tham số.

8.2.2.2. Biểu diễn các bề mặt phân tích

1. Mặt phẳng

a) Xét trường hợp mặt phẳng đi qua 3 điểm P_0, P_1, P_2 , hình 8.10.



Hình 8.10. Mặt phẳng qua 3 điểm.

Giả sử tại P_0 có $u=0, v=0$ và $0 \leq u \leq 1; 0 \leq v \leq 1$.

Vectơ $P_1 - P_0$ xác định hướng tham số u .

Vectơ $P_2 - P_0$ xác định hướng tham số v .

Vectơ vị trí của một điểm bất kỳ trên mặt phẳng $P_{(u,v)}$ viết như sau:

$$P_{(u,v)} = P_0 + u(P_1 - P_0) + v(P_2 - P_0) \quad 0 \leq u \leq 1; 0 \leq v \leq 1 \quad (8.35)$$

Vectơ tiếp tuyến tại P được xác định theo 2 hướng u và v :

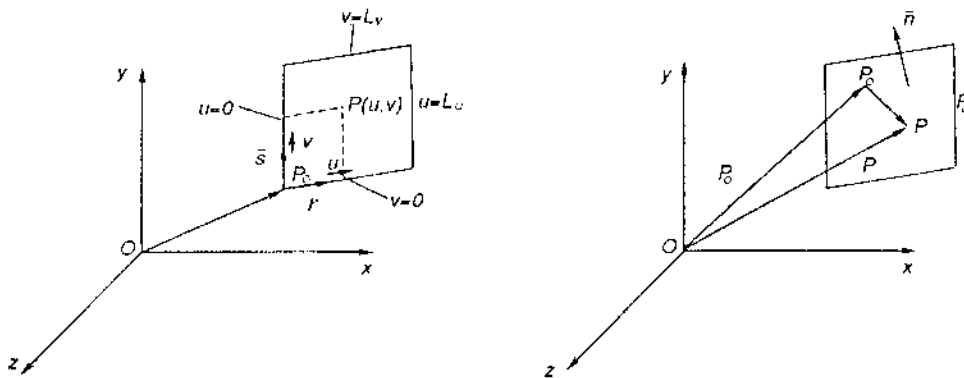
$$P_{u(u,v)} = P_1 - P_0; P_{v(u,v)} = P_2 - P_0 \quad (8.36)$$

Vectơ pháp của bề mặt:

$$\vec{n}(u, v) = \frac{(P_1 - P_0) \times (P_2 - P_0)}{|(P_1 - P_0) \times (P_2 - P_0)|} \quad (8.37)$$

b) Phương trình đi qua điểm P_0 và chứa 2 vectơ đơn vị $\vec{r}, \vec{s}$.

c) Mặt phẳng đi qua 1 điểm và 2 hướng, hình 8.11.



Hình 8.11. Mặt phẳng đi qua 1 điểm và 2 hướng.

$$P_{(u,v)} = P_0 + uL_u\vec{r} + vL_v\vec{s} \quad (8.38)$$

$$0 \leq u, v \leq 1$$

Tùy theo độ lớn của L_u, L_v mà có các mảnh mặt phẳng có kích thước khác nhau.

d) Mặt phẳng đi qua điểm P_0 và vuông góc với vectơ $\vec{n}$.

$\vec{n}$ sẽ vuông góc với bất kỳ vectơ nào của mặt phẳng, do đó:

$$(P - P_0) \cdot \vec{n} = 0 \quad (8.39)$$

2. Mặt kẻ (Ruled Surface)

Mặt kẻ được tạo ra bằng cách nối các điểm tương ứng trên 2 đường cong không

gian $G(u)$ và $Q(u)$ bằng các đường thẳng. Đặc điểm chính của bề mặt kẻ là tại 1 điểm $P(u,v)$ trên bề mặt tồn tại ít nhất một đường thẳng nằm toàn bộ trên bề mặt đó. Bề mặt côn, trụ, mặt phẳng là một trường hợp đặc biệt của bề mặt kẻ.

Xét điểm $P(u,v)$ nằm trên đường thẳng nối 2 điểm G_i và Q_i tại tham số $u=u_i$ như hình 8.12, ta có:

$$P(u_i, v) = G_i + v(Q_i - G_i) \quad (8.40)$$

Trong đó v là tham số dọc theo đường kẻ. Tổng quát hoá phương trình (8.40) cho mọi đường kẻ ta được phương trình bề mặt kẻ như sau:

$$P(u, v) = G(u) + v[Q(u) - G(u)] = (1 - v)G(u) + vQ(u) \quad (8.41)$$

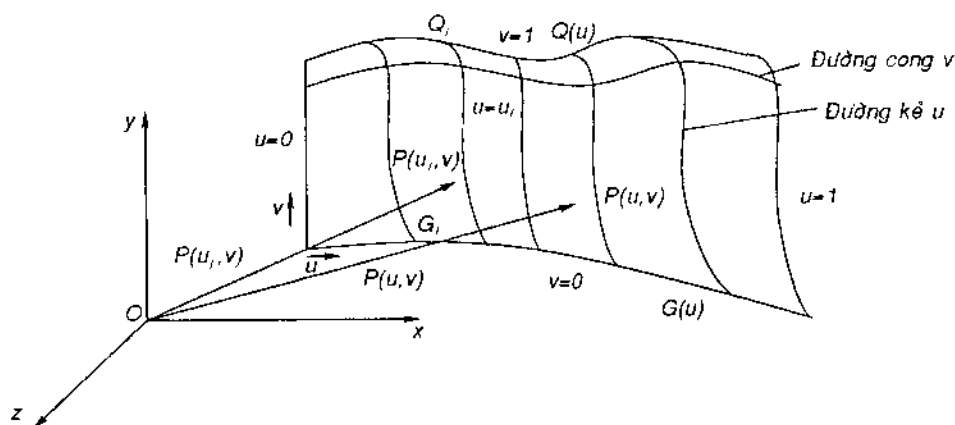
$$0 \leq u; \quad v \leq 1$$

* *Đặc điểm của bề mặt kẻ.*

- Đường cong bề mặt theo hướng v tại những giá trị v xấp xỉ 0 thì gần giống đường cong $G(u)$ và tại những giá trị v xấp xỉ 1 thì gần giống $Q(u)$.

- Độ cong bề mặt theo hướng v bằng 0.

- Luôn có ít nhất là một đường thẳng đi qua điểm $P(u,v)$ trên mặt kẻ và đường này nằm hoàn toàn trên mặt đó.



Hình 8.12. Phương trình tham số của bề mặt kẻ.

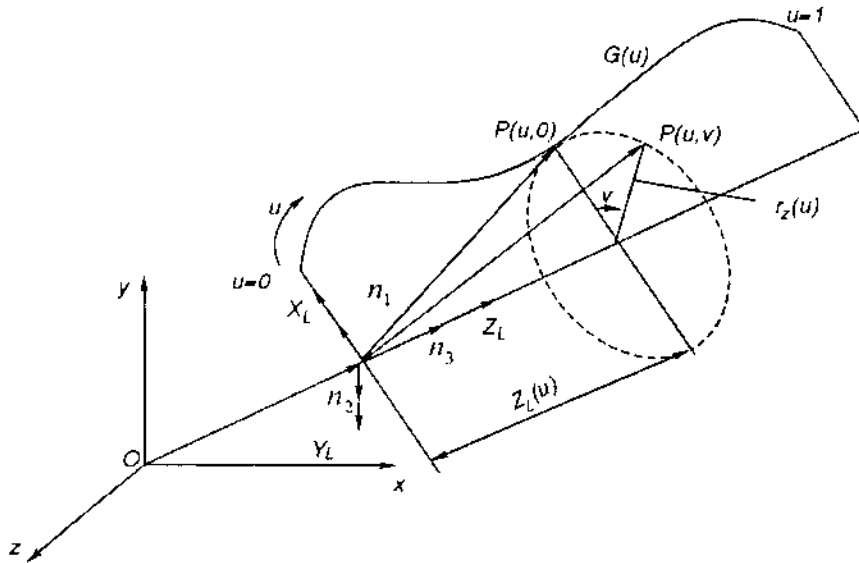
3. Bề mặt tròn xoay (Surface of Revolution), hình 8.13

Bề mặt tròn xoay được tạo ra khi quay 1 đường cong phẳng xung quanh một trục. Mỗi điểm trên đường cong phẳng sẽ tạo thành 1 đường cong gọi là vĩ tuyến. Đường cong phẳng tại các vị trí khác nhau gọi là kinh tuyến. Đường cong phẳng gốc gọi là profile. Đường cong phẳng và trục quay tạo thành mặt phẳng tại gốc có góc quay ban đầu bằng 0 ($v=0$).

Định nghĩa hệ toạ độ cục bộ có trục Z_L trùng với trục quay, trục X_L vuông góc với trục Z_L được dựng từ điểm có $u=0$ trên profile đến trục quay và có hướng từ trục quay ra profile. Trục Y_L sẽ được xác định bằng quy tắc bàn tay phải. Xét một điểm trên đường cong phẳng $G(u)=P(u,v)$ cho quay một góc v quanh trục Z_L được điểm $P(u,v)$. Công thức xác định $P(u,v)$ chính là phương trình tham số của mặt tròn xoay:

$$P(u,v) = r_x(u) \cos v \cdot \vec{n}_1 + r_x(u) \sin v \cdot \vec{n}_2 + z_L(u) \vec{n}_3 \quad (8.42)$$

$$0 \leq u \leq 1; \quad 0 \leq v \leq 2\pi$$



Hình 8.13. Bề mặt tròn xoay

Chuyển $P(u,v)$ về không gian mô hình thông qua ma trận chuyển đổi hệ toạ độ dựa vào P_L , $\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3$ ta có $P(u,v)$ trong không gian mô hình để hiển thị bề mặt. Cơ sở dữ liệu của bề mặt tròn xoay bao gồm profile, trục quay, góc đầu và cuối.

4. Bề mặt trụ (Tabulated Cylinder), hình 8.14.

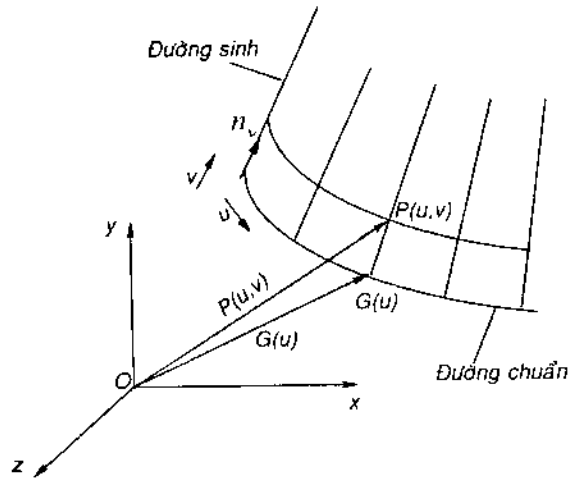
Bề mặt trụ được tạo thành khi di chuyển 1 đường cong phẳng theo một hướng (cho đường chuẩn trượt theo đường sinh) hoặc di chuyển 1 đường thẳng (gọi là đường sinh) dọc theo 1 đường cong phẳng (gọi là đường chuẩn). Đường sinh luôn luôn song song với 1 vectơ cố định, vectơ này định nghĩa phương v của bề mặt. Vectơ vị trí $P(u,v)$ tại một điểm trên bề mặt được viết như sau:

$$P(u,v) = G(u) + v \cdot \vec{n}_v \quad (8.43)$$

$$0 \leq u \leq u_{\max}, \quad 0 \leq v \leq v_{\max}$$

Có thể thấy rằng cơ sở dữ liệu của bề mặt trụ bao gồm: đường chuẩn, vectơ $\vec{n}_v$

(hay đường sinh) và giới hạn trên, dưới của mặt trụ (v).



Hình 8.14. Biểu diễn tham số bề mặt trụ.

8.2.2.3. Biểu diễn các bề mặt tổ hợp

1. Bề mặt bậc 3 Hermite, hình 8.15.

Bề mặt bậc 3 Hermite nội suy qua dữ liệu của 4 điểm ở 4 góc. Tại 4 điểm này xác định 16 vectơ điều kiện (hay 48 đại lượng vô hướng). 16 vectơ bao gồm:

+ 4 tọa độ điểm tại 4 góc: $P_{(00)}$, $P_{(10)}$, $P_{(01)}$, $P_{(11)}$.

+ 8 vectơ tiếp tuyến tại 4 góc (mỗi hướng có 2 vectơ theo hướng u và v):

$$P_{(00)} = \frac{\partial}{\partial v} P(0,0); \quad P_{(u0)} = \frac{\partial}{\partial u} P(0,0); \quad P_{(v01)} = \frac{\partial}{\partial v} P(0,1); \quad P_{(u01)} = \frac{\partial}{\partial u} P(0,1)$$

$$P_{(v10)} = \frac{\partial}{\partial v} P(1,0); \quad P_{(u10)} = \frac{\partial}{\partial u} P(1,0); \quad P_{(v11)} = \frac{\partial}{\partial v} P(1,1); \quad P_{(u11)} = \frac{\partial}{\partial u} P(1,1)$$

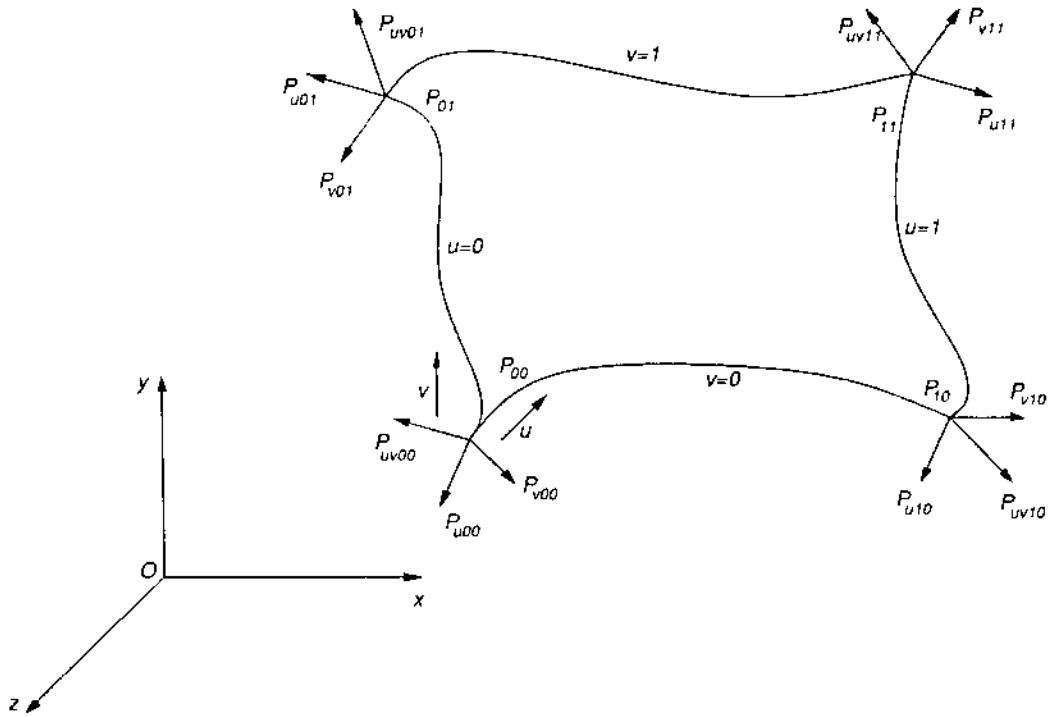
+ 4 vectơ xoắn:

$$P_{(uv00)} = \frac{\partial^2}{\partial u \partial v} P(0,0); \quad P_{(uv10)} = \frac{\partial^2}{\partial u \partial v} P(1,0)$$

$$P_{(uv11)} = \frac{\partial^2}{\partial u \partial v} P(1,1); \quad P_{(uv01)} = \frac{\partial^2}{\partial u \partial v} P(0,1)$$

Phương trình tổng quát của bề mặt Hermite như sau:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 C_{ij} u^i v^j \quad 0 \leq u, \quad v \leq 1 \quad (8.44)$$



Hình 8.15. Bề mặt Hermite.

Cũng như đường cong Hermite phương trình (8.44) có thể viết dưới dạng ma trận như sau:

$$P(u,v) = U^T[C]V \quad 0 \leq u, v \leq 1 \quad (8.45)$$

$$\text{Trong đó: } U = [u^3 \ u^2 \ u \ 1]^T; \ V = [v^3 \ v^2 \ v \ 1]^T \quad (8.46)$$

$$C = \begin{bmatrix} C_{33} & C_{32} & C_{31} & C_{30} \\ C_{23} & C_{22} & C_{21} & C_{20} \\ C_{13} & C_{12} & C_{11} & C_{10} \\ C_{03} & C_{02} & C_{01} & C_{00} \end{bmatrix} \quad (8.47)$$

Để xác định các C_{ij} dựa vào 16 vectơ điều kiện, tính ma trận C như sau:

$$[C] = [M_{ii}].[B].[M_H]^T \quad (8.48)$$

Lúc đó phương trình tổng quát viết như sau:

$$P(u,v) = U^T[M_H].[B].[M_H]^T V \quad 0 \leq u, v \leq 1 \quad (8.49)$$

Trong đó:

$$[M_H] = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ chính là ma trận } [M_{ii}] \text{ cho đường Hermite.}$$

[B] là ma trận 16 vector điều kiện biên như sau:

$$[B] = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{v00} & P_{v01} \\ P_{10} & P_{11} & P_{v10} & P_{v11} \\ P_{u00} & P_{u01} & P_{uv00} & P_{uv01} \\ P_{u10} & P_{u11} & P_{uv10} & P_{uv11} \end{bmatrix} \quad (8.50)$$

Ma trận [B] có 4 nhóm yếu tố hình học tương tự nhau nên có thể viết gọn như sau:

$$[B] = \begin{bmatrix} [P]_- & [P_v] \\ [P_u] & [P_{uv}] \end{bmatrix} \quad (8.51)$$

Khai triển (8.49) có thể biểu diễn dưới dạng sau:

$$P(u,v) = [F_1(u) \ F_2(u) \ F_3(u) \ F_4(u)] [B] [F_1(v) \ F_2(v) \ F_3(v) \ F_4(v)]^T \quad (8.52)$$

$$\text{Trong đó: } \left. \begin{aligned} F_1(t) &= 2t^3 - 3t^2 + 1 \\ F_2(t) &= -2t^3 + 3t^2 \\ F_3(t) &= t^3 - 2t^2 + t \\ F_4(t) &= t^3 - t^2 \end{aligned} \right\} \quad (8.53)$$

Ở đây t là tham số đại diện cho 2 tham số u hay v.

* Điều kiện kết nối 2 mảnh bề mặt Hermite (patch 1 và patch 2) liên tục dọc theo cạnh u như sau:

$$\left. \begin{aligned} [P(0,v)]_{\text{patch2}} &= [P(1,v)]_{\text{patch1}} : \text{liên tục } G_0 \\ [P_u(0,v)]_{\text{patch2}} &= K[P_u(1,v)]_{\text{patch1}} : \text{liên tục } G_1 \end{aligned} \right\} \quad (8.54)$$

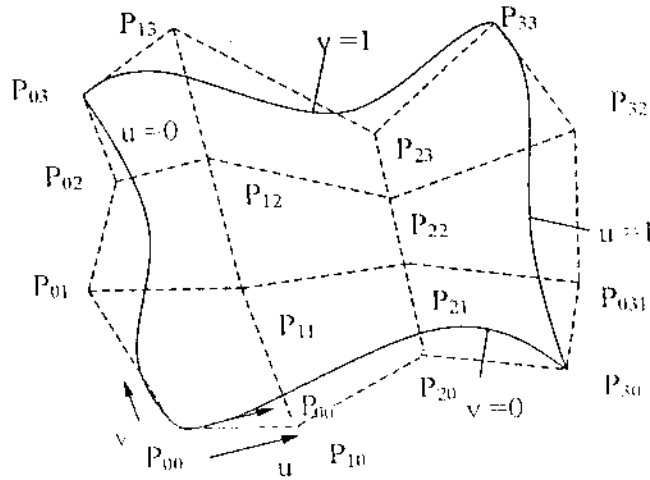
Ở đây K là hằng số.

* Bề mặt Ferguson là trường hợp đặc biệt của bề mặt Hermite khi tất cả các vector xoắn bằng 0. Lúc đó ma trận [B] viết như sau:

$$[B] = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{v00} & P_{v01} \\ P_{10} & P_{11} & P_{v10} & P_{v11} \\ P_{u00} & P_{u01} & 0 & 0 \\ P_{u10} & P_{u11} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.55)$$

2. Bề mặt Bezier, hình 8.16

Bề mặt Bezier là mở rộng của đường cong Bezier theo 2 phương tham số u và v. Bề mặt Bezier được nội suy qua 1 ma trận điểm. Ví dụ, qua ma trận 16 điểm (4 hàng x 4 cột) ta có bề mặt Bezier bậc 3. Ma trận điểm hình thành ra 1 đa diện điều khiển bề mặt.



Hình 8.16. Bề mặt Bezier 4x4.

Phương trình của bề mặt Bezier như sau:

$$P(u,v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{ij} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad 0 \leq u, v \leq 1 \quad (8.56)$$

Trong đó:

P_{ij} là các điểm điều khiển xếp thành ma trận $(n+1) \times (m+1)$.

$(n+1)$ là số điểm theo hàng u .

$(m+1)$ là số điểm theo hàng v .

$B_{i,n}(u)$ và $B_{j,m}(v)$ là các hàm trộn Bernstein theo hàng u và v .

Bề mặt Bezier sẽ tiếp tuyến với các mảnh đơn của các đa diện điều khiển tại 4 góc. Có thể viết được vector tiếp tuyến tại 4 góc của bề mặt như sau:

$$P_{u00} = n(P_{10} - P_{00}); \quad P_{u0n} = n(P_{n0} - P_{(n-1)0}) \quad \text{dọc theo cạnh } v=0$$

$$P_{u0m} = n(P_{1m} - P_{0m}); \quad P_{umn} = n(P_{nm} - P_{(n-1)m}) \quad \text{dọc theo cạnh } v=1$$

$$P_{v0} = m(P_{01} - P_{00}); \quad P_{v0m} = m(P_{0m} - P_{0(m-1)}) \quad \text{dọc theo cạnh } u=0$$

$$P_{vm0} = m(P_{n1} - P_{n0}); \quad P_{vmn} = m(P_{nm} - P_{n(m-1)}) \quad \text{dọc theo cạnh } u=1$$

Pháp tuyến tại điểm này trên bề mặt tính theo công thức sau:

$$\begin{aligned} N(u,v) &= \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{ij} \frac{\partial B_{i,n}(u)}{\partial u} B_{j,m}(v) \times \sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m P_{kl} B_{k,n}(u) \frac{\partial B_{l,m}(v)}{\partial v} = \\ &= \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m P_{ij} \frac{\partial B_{i,n}(u)}{\partial u} B_{j,m}(v) B_{k,n}(u) \frac{\partial B_{l,m}(v)}{\partial v} P_{kl} \end{aligned} \quad (8.57)$$

Khi khai triển chú ý rằng: $P_{ij} \times P_{kl} = 0$ nếu $i=k$ và $j=l$ và $P_{ij} \times P_{kl} = -P_{kl} \times P_{ij}$

Phương trình bề mặt Bezier được viết dưới dạng ma trận như sau:

Phương trình bề mặt Bezier được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$P(u,v) = [B_{0,n}(u) \ B_{1,n}(u) \ \dots \ B_{n,n}(u)] \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & \dots & P_{0n} \\ P_{10} & P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n0} & P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{0,m}(v) \\ B_{1,m}(v) \\ \vdots \\ B_{n,m}(v) \end{bmatrix} \quad (8.58)$$

Trong CAD/CAM thường sử dụng bề mặt bậc 3 có phương trình ma trận như sau:

$$P(u,v) = [B_{0,3}(u) \ B_{1,3}(u) \ B_{2,3}(u) \ B_{3,3}(u)] \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{0,3}(v) \\ B_{1,3}(v) \\ B_{2,3}(v) \\ B_{3,3}(v) \end{bmatrix} \quad (8.59)$$

Hay:

$$P(u,v) = [(1-u)^3 \ 3u(1-u)^2 \ 3u(1-u) \ u^3][P] \begin{bmatrix} (1-v)^3 \\ 3v(1-v)^2 \\ 3v^2(1-v) \\ v^3 \end{bmatrix} \quad (8.60)$$

Hay:

$$P(u,v) = U^T [M_B] \cdot [B] \cdot [M_B]^T V \quad (8.61)$$

trong đó: $U = [u^3 \ u^2 \ u \ 1]^T$ và $V = [v^3 \ v^2 \ v \ 1]^T$

$$\text{và} \quad [M_B] = \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8.62)$$

8.2.3. Mô hình khối rắn (Solid)

8.2.3.1. Giới thiệu

Mô hình solid là mô hình biểu diễn đầy đủ nhất cho phép tự động hóa chức năng và tích hợp, cho phép xác định đầy đủ các thuộc tính của vật thể như khối lượng, mômen quán tính, tạo ra mặt lưới tự động (FEM)... Đặc trưng cơ bản nhất của mô hình này là tính chất mô tả đầy đủ và không nhập nhằng cơ sở dữ liệu (CSDL). CSDL mô hình solid bao gồm cả dữ liệu hình học (geometry) và thông tin topo (topology).

Dữ liệu hình học là các kích thước thực xác định các phần tử (entity) cấu thành nên vật thể. Dữ liệu hình học thường là thấy được đối với người sử dụng.

Thông tin topo là thông tin về sự kết nối và phối hợp giữa các phần tử và vật thể

đây là thông tin quan hệ, không đồ họa và trong suốt với người sử dụng.

Hai sơ đồ biểu diễn mô hình solid phổ biến nhất là CSG và B-rep.

8.2.3.2. Mô hình CSG (Constructive Solid Geometry)

Mô hình solid của vật thể được định nghĩa về mặt toán học như là một tập hợp điểm trong không gian 3D (E^3) :

$$S = ks = is \cup bs$$

Trong đó: ks là bao đóng của solid hay tập điểm.

is là tập các điểm bên trong.

bs là tập các điểm trên mặt biên.

Mô hình CSG dựa trên khái niệm topo là một vật thể có thể được chia ra thành 1 tập các phần tử hay hình dạng cơ bản được gọi là primitive và chúng có thể kết hợp với nhau theo một thứ tự nào đó nhờ các toán tử Boolean. Mỗi primitive được xem như là một mô hình CSG hiệu lực.

1. Các phần tử cơ sở của mô hình CSG (primitives), hình 8.17.

Các primitive được xem như là các solid tham số, được xác định bởi 2 tập dữ liệu hình học. Tập thứ nhất là các tham số cấu hình, tập thứ hai là các tham số chuyển động cứng vững (Rigid Body Transformation).

Ví dụ, tập các tham số cấu hình của block là bộ 3 giá trị L,H,D và tập các tham số chuyển động cứng vững là vị trí của điểm gốc P của block so với hệ tọa độ MCS hay WCS hoặc là các tham số chuyển động cứng vững tường minh (tịnh tiến và quay).

Các primitive cơ bản nhất là:

* Hình hộp (Block) được xác định bởi các dữ liệu hình học W,H,D và điểm P xác định điểm gốc của hệ tọa độ. Mô tả về mặt toán học có thể xem block như là 1 tập điểm chính quy của các bộ 3 có thứ tự (x,y,z):

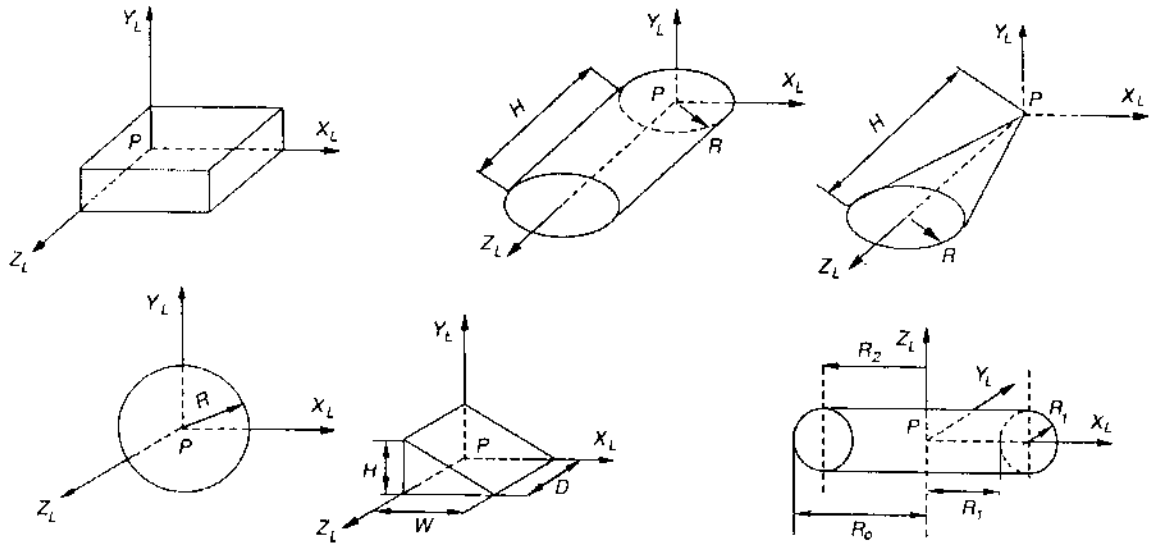
$$\{(x,y,z) \mid 0 < x < w, \ 0 < y < H \text{ và } 0 < z < D\}$$

* Hình trụ (Cylinder): dữ liệu hình học là bán kính R và chiều dài H:

$$\{(x,y,z) \mid x^2 + y^2 < R^2 \text{ và } 0 < z < H\}$$

* Hình nón (Cone) xác định bởi bán kính đáy R và chiều cao H:

$$\{(x,y,z) \mid x^2 + y^2 < [(R/H)z]^2 \text{ và } 0 < z < H\}$$



Hình 8.17. Mô hình khối rắn cơ sở.

* Hình cầu (Sphere) được xác định bởi bán kính đáy R hay đường kính và được xác định tâm ở gốc của hệ tọa độ địa phương:

$$\{(x,y,z): x^2 + y^2 + z^2 \leq R^2\}$$

* Hình nêm (Wedge) xác định bởi chiều cao H , chiều rộng W , chiều sâu đáy D :

$$\{(x,y,z): 0 \leq x \leq W, 0 \leq y \leq H, 0 \leq z \leq D \text{ và } yW + xH + HW \leq D(W+H)\}$$

* Hình vành khăn (Torus) được tạo ra bằng cách quay một đường tròn xung quanh một trục nằm trong mặt phẳng của nó. Hình học của hình vành khăn xác định bởi bán kính hay đường kính R_1 , R_2 hay bán kính trong R_1 và bán kính ngoài R_0 :

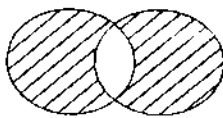
$$\{(x,y,z): (x^2 + y^2 + z^2 - R_2^2 - R_1^2)^2 \leq 4R_2^2(R_1^2 - z^2)\}$$

2. Các toán tử Boolean và cấu trúc dữ liệu cây CSG

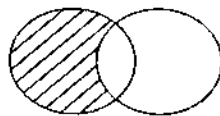
Ba toán tử cơ bản: Union ($\cup$): phép hợp, hình 8.18a.

Difference ($-$): phép trừ, hình 8.18b.

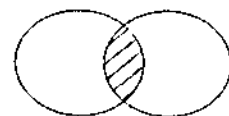
Intersection ($\cap$): phép giao, hình 8.18c.



a) $A \cup B$



b) $A - B$

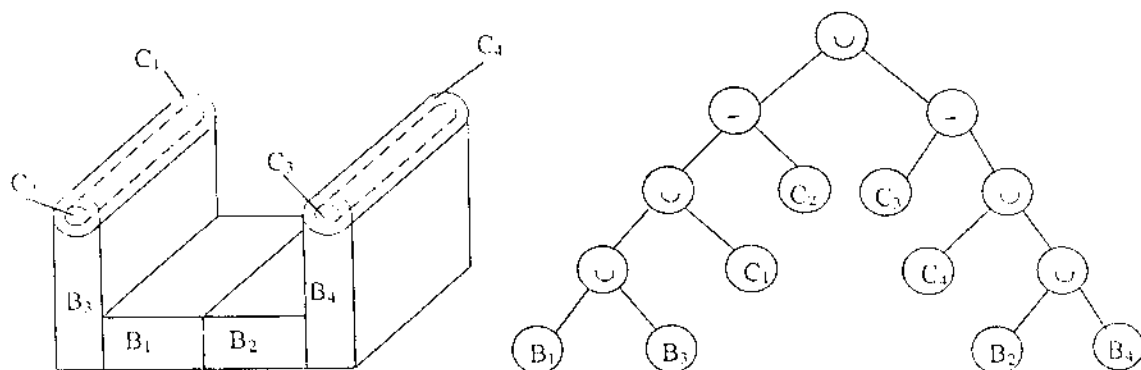


c) $A \cap B$

Hình 8.18. Biểu đồ Venn.

Để xác định và phân tích solid cấu trúc CSG người ta thường biểu diễn cấu trúc dữ liệu CSG ở dạng cây nhị phân; trong đó mỗi nút là một primitive, mỗi nút bên trong là một toán tử Boolean.

Ví dụ cho trên hình 8.19.



Hình 8.19. Cây CSG.

Cấu trúc CSG cho phép dễ dàng xây dựng mô hình từ các primitive và các toán tử Boolean một cách chính xác và tốn ít bộ nhớ. Tuy vậy nó không cho phép biểu diễn các vật thể có bề mặt tự do.

8.2.3.3. Mô hình biểu diễn biên B-rep

Mô hình B-rep được xác định trên cơ sở ý niệm topo là một vật thể được bao kín bởi một tập hợp các bề mặt (faces). Các bề mặt là các vùng hay là các tập con các mặt hình học (surface) kín và có định hướng.

Một mặt hình học kín là mặt hình học liên tục không bị đứt, hở. Một mặt hình học có định hướng là mặt hình học có phân biệt 2 phía bằng cách sử dụng pháp tuyến của mặt đó để xác định trong ngoài của mô hình solid khi xây dựng. Mỗi bề mặt (face) được giới hạn bởi các cạnh (edges) và mỗi cạnh được xác định bởi các đỉnh (vertices).

CSDL của mô hình B-rep cũng gồm các thông tin về topo và hình học.

Topology (thông tin topo) của mô hình này là sự kết hợp của các faces, edges và vertices được tạo ra nhờ các toán tử Euler.

Geometry (thông tin hình học) của mô hình gồm tọa độ các đỉnh các chuyển động và chuyển đổi hình học của vật cứng vững (tịnh tiến, quay), các thông tin về khoảng cách, góc, diện tích, thể tích,...

Các hệ thống B-rep chỉ lưu các mặt biên nào của solid trong CSDL, có khả năng lớn trong mô hình hóa các vật thể. Các mặt hình học cơ sở (primitive surfaces) như planar, curved, sculptured surface có thể được hệ thống B-rep chấp nhận để tạo ra các bề mặt của mô hình vật thể.

1. Các phân tử cơ sở

Các vật thể kỹ thuật có thể phân thành 2 loại: đa diện (polyhedral) và vật thể có bề mặt cong (curved object).

Các đa diện (polyhedral) có các bề mặt là mặt phẳng, nối kết với nhau theo các

cạnh thẳng (linear edges) và các cạnh nối với nhau tại các đỉnh (vertices).

Các vật thể có các bề mặt là những mặt cong và các cạnh cũng là các đường cong.

*** Các định nghĩa cơ sở:**

Một đỉnh (vertex) là một điểm duy nhất (gồm 3 tọa độ) trong không gian.

Một cạnh (edge) là một đường trong không gian có giới hạn, không có điểm tựa và giới hạn bởi 2 đỉnh (có thể trùng nhau).

Một face là một vùng bề mặt có định hướng, kín, không tự giao, giới hạn bởi 1 hay nhiều loop.

Một loop là một đường cong không gian kín, gồm các đỉnh và các cạnh kế tiếp nhau.

Một handle là một lỗ xuyên hoàn toàn qua vật thể. Số lượng handle trong vật thể được gọi là genus.

Body (shell) là một tập hợp các bề mặt (face) bao kín lấy một thể tích kín có hình khối đơn giản. Như vậy body là một thực thể gồm cả faces, edges và vertices. Body nhỏ nhất là một point (chỉ gồm 1 face, vertex).

Luật Euler: $F - E + V + L = 2(B - G)$

F: số faces

E: số edges

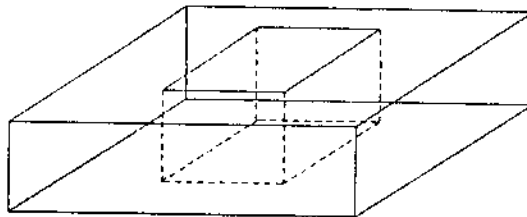
V: số vertices

L: số vòng trong của các bề mặt (faces inner loop)

B: số body

G: số handles (genus).

Ví dụ như ở mô hình ở hình 8.20: $10 - 24 + 16 - 2 = 2(1 - 1)$

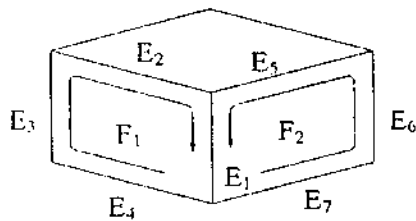


Hình 8.20. Mô hình B-rep.

Để tạo ra các mô hình B-rep của 1 vật thể phải xác định giá trị thích hợp cho các biến trong phương trình trên. Các lệnh hệ thống (các toán tử Euler) được sử dụng để tạo ra mô hình có hiệu lực.

2. Các toán tử Euler và cấu trúc dữ liệu

* Cấu trúc dữ liệu Winged-Edge:



Hình 8.21. Các phần tử cơ sở.

Topology	Geometry
Object	
Body	
Genus	
Face	Underlying surface equation
Loop	
Edge	Underlying surface equation
Vertex	Point coordinates

Một số toán tử Euler:

MBFV tạo body, face, vertex

KHFV loại bỏ body, face, vertex

MEV tạo edge, vertex

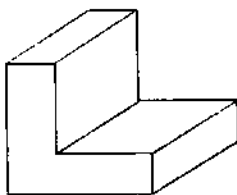
KEV loại bỏ edge, vertex

MEF tạo edge, face

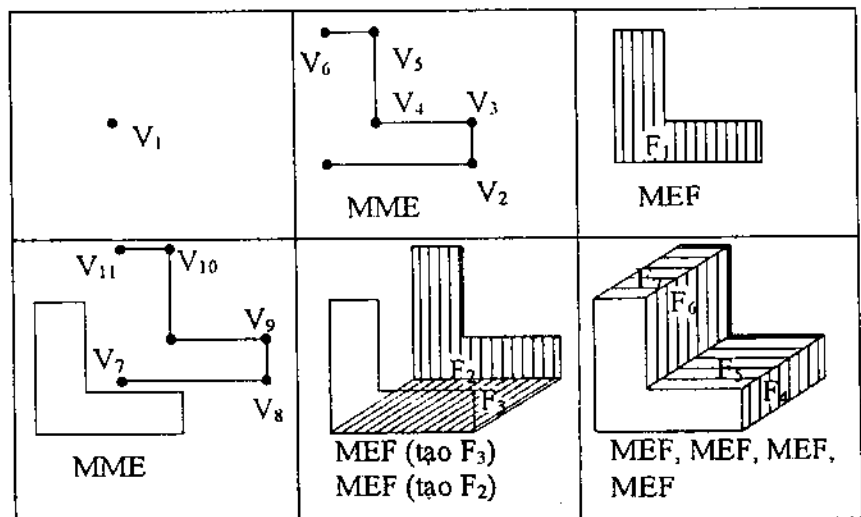
KEF loại bỏ edge, face

...

Ví dụ, tạo mô hình B-rep củavật thể cho ở hình 8.22:



Vật thể



Hình 8.22. Tạo mô hình B-rep.

Cấu trúc B-rep thích hợp để xây dựng các mô hình solid có dạng tự do khó xây dựng nhờ các primitive. Mô hình này cho phép biến đổi sang dạng khung dây (wireframe). Nhược điểm chính là đòi hỏi bộ nhớ lớn, biểu diễn dài dòng hơn CSG.

8.2.3.4. Biểu diễn quét (Sweep representation)

Phương pháp này thường được sử dụng để tạo ra các đối tượng $2\frac{1}{2}D$.

Quét ở đây có thể là dịch chuyển tịnh tiến (translational sweep), quay (rotation), quét tuyến tính (linear sweep) hay là quét phi tuyến (nonlinear sweep).

1. Quét tuyến tính

Translational sweep: tập điểm đồng phẳng mô tả bởi đường biên kín được tịnh tiến 1 khoảng cách theo phương vuông góc với mặt phẳng chứa tập điểm đó.

Rotational sweep: tập điểm đồng phẳng mô tả bởi đường cong kín quay xung quanh 1 trục quay một góc nào đó.

2. Quét phi tuyến

Tập điểm đồng phẳng biểu diễn bằng đường biên kín của nó di chuyển theo một đường dẫn không tuyến tính bậc 2,3 hoặc cao hơn.

Các thực thể như line, arc, circle và B-spline thường được sử dụng để tạo ra đường biên kín của thực thể sử dụng trong phép quét.

Biểu diễn quét hữu ích trong các ứng dụng như mô phỏng lấy đi vật liệu từ phôi khi gia công cắt gọt hay kiểm tra giao nhau các vật thể trong không gian.

8.3. Một ví dụ ứng dụng CAD trong thiết kế profil dao tiện định hình lăng trụ

8.3.1. Xác định profil dao tiện định hình lăng trụ gá thẳng nhờ mô hình hoá hình học

Trong quá trình cắt dao tiện dịch chuyển hướng kính và cắt lớp kim loại xác định. Ở thời điểm kết thúc gia công, dao dừng lại. Tại thời điểm này lưỡi cắt dao tiện sẽ nằm trên bề mặt chi tiết gia công, và chính là giao tuyến của mặt trước của dao và bề mặt chi tiết gia công. Để xác định profil dao, có thể thực hiện theo các bước như sau, hình 8.23:

- Xây dựng biên dạng chi tiết gia công dưới dạng 2D pline.

Quay đối tượng 2D pline xung quanh đường tâm 360° để tạo mô hình chi tiết gia công C dưới dạng 3D solid.

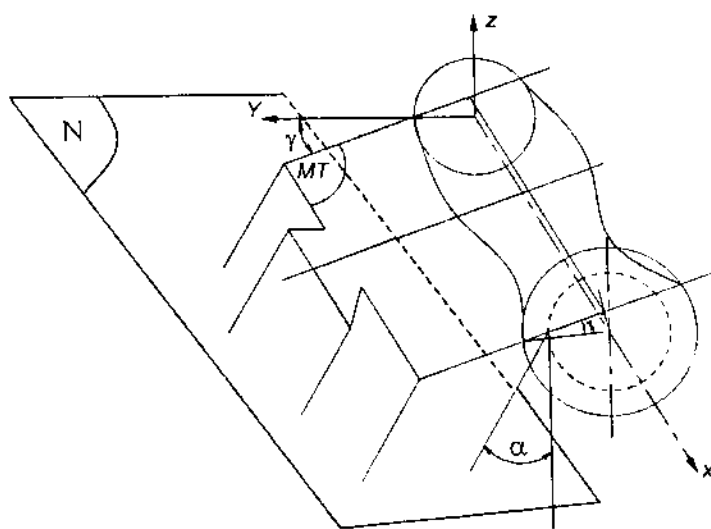
- Xây dựng mặt phẳng MT trùng với mặt trước của dao (tạo với mặt phẳng ngang tâm một góc γ).

- Giao tuyến của MT và khối C chính là profil lưỡi cắt P của dao (profil dao tiện

trong tiết diện trùng với mặt trước).

- Để xác định prôfin dao tiện trong tiết diện pháp tuyến với mặt sau có thể làm như sau:

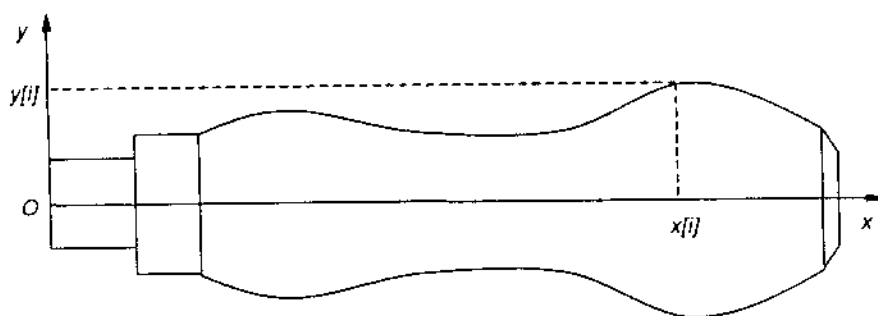
- + Từ các điểm của prôfin lưỡi cắt tạo các đường sinh của mặt sau tạo với phương thẳng đứng một góc α .
- + Dựng mặt phẳng N vuông góc với mặt sau.
- + Chiếu prôfin lưỡi cắt P của dao xuống mặt phẳng N sẽ được prôfin của dao trong tiết diện pháp tuyến với mặt sau.



Hình 8.23. Mô hình hóa CAD để xác định prôfin dao.

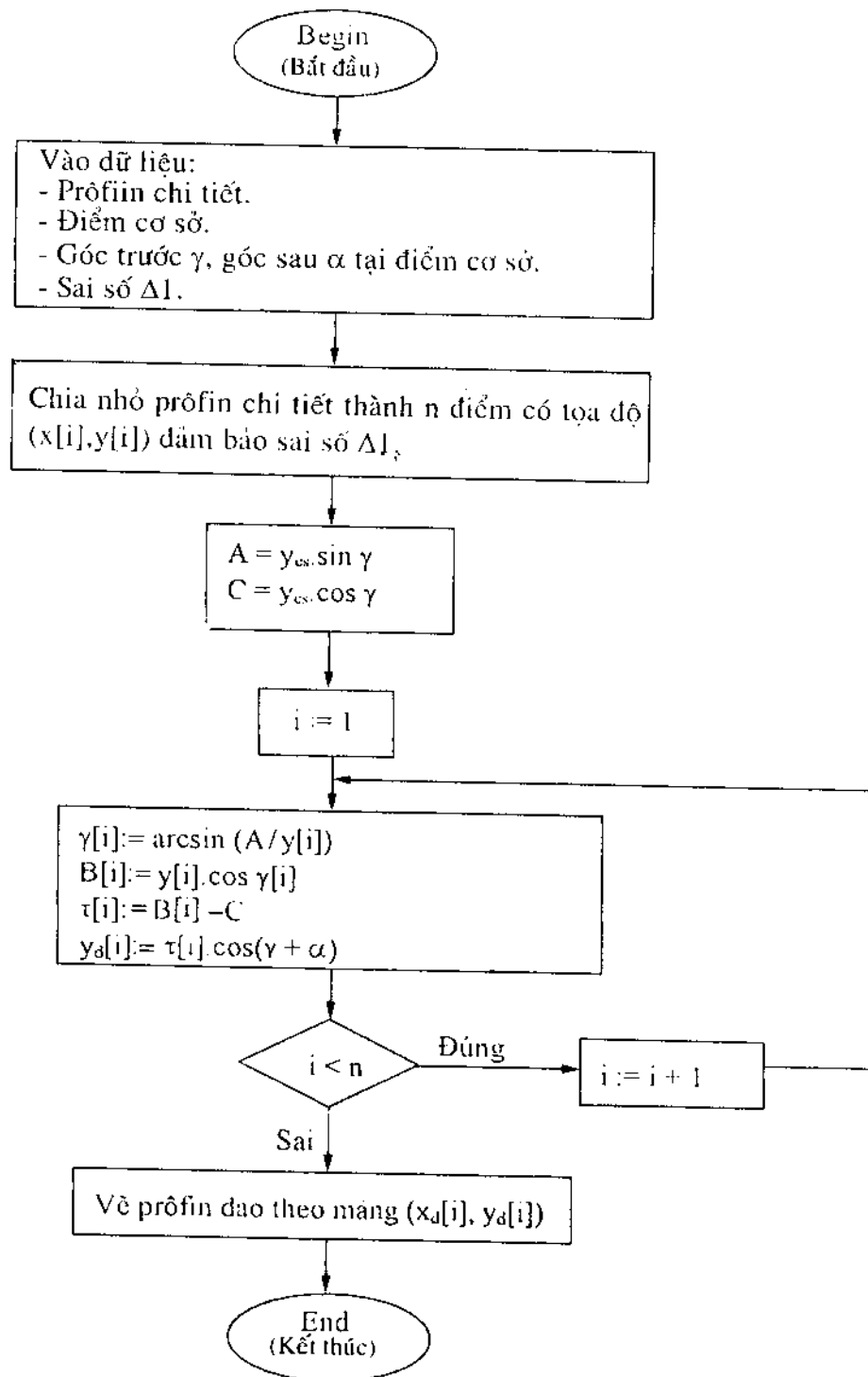
8.3.2. Lập trình tính toán prôfin dao tiện định hình lăng trụ gá thẳng

Bề mặt gia công là mặt tròn xoay do một đường sinh (thẳng, cong hay kết hợp của nhiều đoạn) quay xung quanh một đường trục. Từ prôfin chi tiết đã có, chia nhỏ prôfin chi tiết ra làm n điểm. Căn cứ vào sai số Δl cho phép có thể xác định được số điểm chia cần thiết. Thiết lập hệ tọa độ XOY có trục Ox trùng với đường tâm chi tiết, có thể xác định được tọa độ các điểm chia trên prôfin chi tiết là $(x[i], y[i])$, hình 8.24.



Hình 8.24. Prôfin chi tiết gia công.

Sử dụng các công thức tính toán thiết kế prôfin dao tiện định hình gá thẳng như trình bày ở chương 1, có thể xác định được các điểm tương ứng của prôfin dao ($x_d[i]$, $y_d[i]$). Ta có sơ đồ thuật toán như hình 8.25.



Hình 8.25. Sơ đồ thuật toán.

8.4. Kết luận

Công việc của người thiết kế nói chung và thiết kế dụng cụ công nghiệp nói riêng, theo các công trình nghiên cứu của một số tổ chức quốc tế, quyết định hơn 80% những thành quả và sử dụng sản phẩm trên thị trường. Bởi thế cần phải tôn trọng những yêu cầu đặt ra cho giai đoạn tiền sản xuất. Hiện nay trên thế giới và ở nước ta số lượng các công ty CAD phát triển rất nhanh. Song cần luôn nhớ rằng CAD phải được đặt trong các hệ thống tổ hợp của quá trình sản xuất (CIM), tức là phải gắn với cả CAM. Khi ứng dụng CAD cho một loại sản phẩm, hay dụng cụ công nghiệp cụ thể nào đó, cần phải xem xét một cách toàn diện đến nhiều mặt như mức độ tổ hợp sản xuất, đào tạo cán bộ, thu hồi vốn đầu tư, chi phí cho thông tin, chi phí vận hành,...

Có thể nói với công cụ CAD hiện nay, khoa học thế giới đã đi rất xa trong việc ứng dụng các thành quả của khoa học cơ bản như toán học (phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp số, hình vi phân...) vào kỹ thuật cơ khí, trong đó có lĩnh vực dụng cụ công nghiệp. Các nghiên cứu ứng dụng CAD hiện nay tập trung vào một số vấn đề như kỹ thuật ngược (Reverse Engineering), công nghệ tạo mẫu nhanh (Rapid Prototyping),...

Ở đây cần khẳng định rằng khi nghiên cứu về CAD thì nội dung trọng tâm và phong phú nhất là giải quyết các vấn đề về bề mặt. Trong kỹ thuật cơ khí, lĩnh vực dụng cụ công nghiệp và gia công vật liệu thực chất là tạo hình bề mặt, do đó nó cũng gắn chặt chẽ nhất với CAD.

Đối với CAM, mặc dù ý tưởng phát triển hệ thống này có trước CAD, nhưng nó mang tính sản xuất hệ thống hơn. Nó giải quyết và liên quan nhiều vấn đề như điều khiển số, kỹ thuật lập trình, tối ưu hóa chế độ gia công, dụng cụ gia công trên các máy CNC,... Những vấn đề này sẽ được đề cập đến trong các tài liệu khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Alekseev- A.; Asimov B.A. - Smolnikov E.A.*
Thiết kế dụng cụ cắt
Nhà xuất bản "Chế tạo máy"- 1950.
2. *Grannovki G.I.*
Dụng cụ cắt kim loại
Nhà xuất bản "Chế tạo máy"- 1954.
3. *Avrutin C.Y.*
Sổ tay nhà kim loại học. Tập 5.
Nhà xuất bản "Chế tạo máy" - 1960
4. *Sementrenko I.I.; Matiushin V.M. Sakharov G.N.*
Thiết kế dụng cụ cắt kim loại.
Nhà xuất bản "Chế tạo máy" - 1960.
5. *HARTU - Wendeplatten - Werkzeuge*
Prospekt vom Werkzeug kombinat Schmalkaden.
Hartmcrallwenk. Immenlbom, 1970.
6. *Wenderschneidplatten. Klemwerkrecg - sortiment - Rraswerkreg*
Prosperk vom.
Werkung - kombinat Schmalkaden, 1976.
7. *Rodin P.R.*
Dụng cụ cắt kim loại
Nhà xuất bản "Chế tạo máy" - 1979.
8. *Reihold R.; Berker S.*
Superhanse Schneidwerkssffe
Berlin verlaf Technik, 1982
9. *Oldinarseva I.A .*
Sổ tay dụng cụ cắt
Nhà xuất bản "Chế tạo máy" - Lenigrad, 1987.
10. *Maspeyrot P.*
fabricatim Usinafe PoiGers
France, 1993
11. *Khinger M. Boost H.P.*
Hohere Produktivisat im Werdreng and Formenban
Werksratt and Betrieb Band 131 - Heft 5,1998.

12. *Shinofuka J.*
Metal cutting mechaniss.
Tokyo Instituse of Sechno logif Japan, 1999.
13. *Weiner K. Albermann F. and Guntermann G.*
Werkung -Formen - und Modelban heute.
Grenfen and Polenlial Tagunfs band:
3DE rfahrungs forum, Welkung - und Formenban Februar, 1999.
14. *Schumann W.*
Kriterien for Werkung fur Harte bearbeitung.
"Eein bearbeiteng techusischer Oberffachen".
5 Internationalles IWF. kolloaicism 2000 ETH-Zurich.
15. *Degner W; Lutfe H; Smeifkal E.*
Spanende Formung
Carl - Hanser - Verlag - Mcinchen - Wien, 2000
16. *Tonshof H.K; Arendt C.; Bentmor R .*
Cutting Havdennd Steel
Keynote papers, Annals of the CIRP. Vol. 49/2/2000.
17. *Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy*
Nguyên lý gia công vật liệu.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương I. Cơ sở lý thuyết thiết kế dụng cụ cắt	5
1.1. Cơ sở lý thuyết tạo hình bề mặt	5
1.2. Động học tạo hình bề mặt chi tiết	5
1.2.1. Nhóm bậc "0"	8
1.2.2. Nhóm bậc 1	8
1.2.3. Nhóm bậc 2	9
1.2.4. Nhóm bậc 3	9
1.3. Mặt khởi thủy K của dụng cụ	10
1.3.1. Phương pháp xác định mặt khởi thủy K của dụng cụ - mặt bao của họ mặt chi tiết C	10
1.3.2. Phương pháp giải tích xác định mặt khởi thủy K	10
1.3.3. Phương pháp động học xác định mặt khởi thủy K	11
1.4. Những điều kiện để tạo hình đúng bề mặt chi tiết	12
1.4.1. Điều kiện cần	13
1.4.2. Điều kiện đủ	13
Chương II. Thiết kế các loại dụng cụ gia công các bề mặt tròn xoay trên máy tiện	17
2.1. Dụng cụ cắt đơn và dụng cụ cắt tiêu chuẩn	17
2.1.1. Công dụng và phân loại	7
2.1.2. Thông số hình học phần cắt của dụng cụ	18
2.1.2.1. Các chuyển động khi cắt	18
2.1.2.2. Các mặt phẳng toạ độ và các tiết diện	19
2.1.2.3. Các góc phần cắt của dụng cụ	20
2.1.3. Xác định kích thước thân dao tiện	20
2.2. Thiết kế dao tiện định hình gia công các bề mặt tròn xoay trên máy tiện	23
2.2.1. Công dụng, phân loại và phạm vi sử dụng	23
2.2.2. Mặt trước, mặt sau và kết cấu dao tiện định hình	25
2.2.3. Thiết kế dao tiện định hình hướng kính	26
2.2.3.1. Góc trước và góc sau tại các điểm khác nhau trên lưỡi cắt dao tiện định hình	26
2.2.3.2. Xác định profin lưỡi cắt dao tiện định hình hướng kính gá thẳng	28
2.2.4. Sai số khi gia công bằng dao tiện định hình	33
2.2.4.1. Khảo sát sai số khi gia công bằng dao tiện định hình lăng trụ	33

	Trang
2.2.4.2. Khảo sát sai số khi gia công bằng dao tiện định hình hình tròn	35
2.2.5. Thiết kế dao tiện định hình hướng kính gá nâng	35
2.2.5.1. Xác định góc nâng λ khi gá nâng	35
2.2.5.2. Tính toán prôfin dao tiện định hình gá nâng λ	36
2.2.6. Thiết kế dao tiện định hình gá nghiêng	42
2.2.6.1. Góc sau α_N trong tiết diện pháp tuyến tại một điểm trên lưỡi cắt	42
2.2.6.2. Tính toán prôfin lưỡi cắt dao tiện định hình gá nghiêng	45
2.2.7. Chiều rộng B của dao tiện định hình	47
2.2.8. Dạng và các kích thước kết cấu của dao tiện định hình	48
Chương III. Thiết kế các loại dao phay	49
3.1. Phân loại và các kiểu dao phay	49
3.2. Dao phay răng nhọn	52
3.2.1. Các yếu tố kết cấu chung	52
3.2.1.1. Đường kính dao phay	52
3.2.1.2. Kích thước lắp ghép	54
3.2.1.3. Số răng	55
3.2.1.4. Các góc ở răng và rãnh răng	57
3.2.1.5. Dạng răng và rãnh	58
3.2.2. Thông số hình học phân cắt của dao phay	60
3.2.2.1. Góc sau α	60
3.2.2.2. Góc trước γ	60
3.2.2.3. Góc nghiêng chính φ	61
3.2.2.4. Góc nghiêng phụ φ_1	61
3.2.2.5. Góc nâng của lưỡi cắt λ	62
3.2.2.6. Góc nghiêng của rãnh xoắn ω	62
3.2.3. Đặc điểm kết cấu dao phay răng nhọn bằng hợp kim cứng	65
3.2.3.1. Dao phay nguyên khối	65
3.2.3.2. Dao phay gắn mảnh hợp kim cứng xoắn	66
3.2.3.3. Dao phay mặt đầu	70
3.2.3.4. Dao phay mặt đầu có các răng dao mài sắc riêng ở ngoài	74
3.2.3.5. Dao phay đĩa	76
3.2.4. Dao phay răng nhọn thép gió	77
3.2.4.1. Dao phay trụ và dao phay mặt đầu	77
3.2.4.2. Dao phay trụ dạng chuỗi	78
3.2.4.3. Dao phay đĩa	79
3.2.4.4. Dao phay rãnh then	81

	Trang
3.2.4.5. Dao phay rãnh chữ T và dao phay rãnh then bán nguyệt	82
3.2.4.6. Dao phay cắt đứt hoặc cửa đĩa	82
3.2.4.7. Dao phay cắt rãnh	85
3.3. Dao phay hót lưng	86
3.3.1. Các kiểu dao phay	86
3.3.2. Đặc điểm kết cấu của dao phay hót lưng	87
3.3.3. Đường cong hót lưng dao phay	87
3.3.3.1. Đường cong hót lưng	87
3.3.3.2. Phương trình đường cong hót lưng là đường xoắn acsimet	88
3.3.3.3. Lượng hót lưng k và góc sau α_d ở đỉnh răng	89
3.3.4. Quan hệ giữa trị số hót lưng của dao phay và lượng nâng của cam	91
3.3.5. Xác định góc sau	92
3.3.6. Hót lưng nghiêng	95
3.3.7. Các yếu tố kết cấu của dao phay	98
3.3.8. Góc rãnh giữa các răng	101
3.3.9. Dạng đáy rãnh	102
3.3.10. Dao phay định hình hót lưng có góc trước $\gamma > 0$	103
3.3.11. Dao phay hót lưng hai lần	106
Chương IV. Thiết kế các dụng cụ gia công lỗ	107
4.1. Mũi khoan	107
4.1.1. Công dụng và phân loại	107
4.1.2. Các yếu tố kết cấu của mũi khoan rãnh xoắn	107
4.1.2.1. Góc ở đỉnh 2φ	107
4.1.2.2. Góc nghiêng của rãnh xoắn	109
4.1.2.3. Các góc của lưỡi cắt	111
4.1.2.4. Dạng mặt sau của mũi khoan	120
4.1.2.5. Dạng rãnh	121
4.1.2.6. Cạnh viền	122
4.1.2.7. Kết cấu bề phoi	123
4.1.3. Các kiểu mũi khoan	124
4.1.3. Mũi khoan được làm nguội từ phía trong	124
4.1.3.2. Mũi khoan gắn mảnh hợp kim cứng	128
4.1.3.3. Mũi khoan dẹt	128
4.1.3.4. Mũi khoan sâu	134
4.1.3.5. Đầu khoan vành	136
4.1.4. Thiết kế profil dao phay để gia công rãnh mũi khoan	137
4.1.4.1. Những thông số để thiết kế profil dao phay	

	Trang
4.1.4.2. Các phương pháp thiết kế	139
4.1.4.3. Thiết kế prôfin theo phương pháp vẽ	140
4.1.4.4. Gá đặt dao phay để phay rãnh xoắn mũi khoan	147
4.1.4.5. Phương pháp thiết kế prôfin bằng đồ hoạ và giải tích	147
4.2. Mũi khoét	161
4.2.1. Công dụng và các kiểu mũi khoét	161
4.2.2. Các thành phần kết cấu của mũi khoét	162
4.2.2.1. Số rãnh	162
4.2.2.2. Phần cắt	162
4.2.2.3. Phần sửa đúng	163
4.2.2.4. Các góc cắt	163
4.2.2.5. Góc nghiêng của rãnh	166
4.2.2.6. Góc nghiêng của lưỡi cắt chính	166
4.2.2.7. Prôfin rãnh	170
4.2.3. Dung sai của đường kính mũi khoét	171
4.2.4. Mũi khoét hợp kim cứng	171
4.2.5. Mũi khoét hai răng	174
4.2.6. Mũi khoét lắp răng	176
4.2.7. Kẹp chặt mũi khoét	177
4.2.8. Các loại mũi khoét khác	179
4.2.8.1. Mũi khoét lỗ trụ chìm	179
4.2.8.2. Mũi khoét lỗ côn chìm (mũi khoét vát)	179
4.2.8.3. Mũi khoét để khóa sạch mặt đầu	180
4.3. Mũi doa	181
4.3.1. Công dụng và phân loại	181
4.3.2. Mũi doa trụ	182
4.3.2.1. Phần cắt	182
4.3.2.2. Phần sửa đúng	183
4.3.2.3. Số răng	184
4.3.2.4. Hướng của răng	185
4.3.2.5. Góc sau và góc trước của phần cắt	185
4.3.2.6. Cạnh viền	186
4.3.2.7. Sự phân bố không đều của răng theo vòng tròn	187
4.3.2.8. Dạng rãnh	188
4.3.2.9. Phần kẹp chặt	189
4.3.2.10. Mũi doa tăng	190
4.3.2.11. Mũi doa hợp kim cứng	191

	Trang
4.3.2.12. Mũi doa lắp răng	192
4.3.3. Dung sai của đường kính mũi doa	193
4.3.4. Mũi doa côn	197
4.3.5. Dụng cụ tổ hợp để gia công lỗ	198
4.4. Đầu mài khôn	200
Chương V. Thiết kế dao chuốt	210
5.1. Công dụng, các kiểu và phạm vi sử dụng	210
5.2. Các bộ phận của dao chuốt	213
5.2.1. Phần đầu kẹp dao	213
5.2.2. Phần cổ và phần côn chuyên tiếp	214
5.2.3. Phần định hướng trước (4)	215
5.2.4. Phần định hướng sau (7)	215
5.3. Lực cắt khi chuốt và tính toán dao chuốt theo độ bền	215
5.4. Các sơ đồ cắt lớp kim loại và các dạng dao chuốt	219
5.4.1. Dao chuốt cắt đơn	219
5.4.2. Dao chuốt cắt nhóm	222
5.5. Những phương pháp chủ yếu tạo bề mặt bằng chuốt	226
5.6. Phần làm việc của dao chuốt	227
5.6.1. Răng cắt thô	228
5.6.1.1. Số răng cắt thô	228
5.6.1.2. Thông số hình học phần cắt của các răng cắt thô	228
5.6.1.3. Bước của răng cắt thô	230
5.6.1.4. Rãnh thoát thoi	231
5.6.1.5. Tính toán các răng cắt thô của dao chuốt	235
5.6.2. Răng cắt tinh và răng sửa đúng	238
5.6.3. Chiều dài toàn bộ dao chuốt	241
5.6.4. Dung sai kích thước dao chuốt	242
5.7. Dao chuốt lỗ then hoa	243
5.7.1. Răng cắt thô của dao chuốt lỗ then hoa	244
5.7.2. Các răng cắt tinh và răng sửa đúng	246
5.7.3. Bộ dao chuốt lỗ then hoa	247
5.7.4. Các răng vát của dao chuốt lỗ then hoa	249
5.7.5. Dung sai cho dao chuốt lỗ then hoa	249
5.8. Dao chuốt lỗ then hoa thân khai	250
5.9. Dao chuốt ngoài	252
5.9.1. Khái niệm chung	252
5.9.2. Sơ đồ cắt lớp kim loại	254

	Trang
5.9.2.1. Dao chuốt cắt đơn	255
5.9.2.2. Dao chuốt cắt nhóm	255
5.9.3. Kết cấu dao chuốt ngoài kiểu ghép	256
5.10. Dao chuốt rãnh then	259
Chương VI. Thiết kế các loại dụng cụ gia công ren	262
6.1. Dao tiện ren	262
6.1.1. Công dụng và phân loại	262
6.1.2. Dao tiện ren đơn	262
6.1.3. Dao tiện ren hình thang	265
6.2. Tarô	266
6.2.1. Công dụng và phân loại	266
6.2.2. Các thành phần kết cấu của tarô	266
6.2.2.1. Phần cắt	267
6.2.2.2. Phần sửa đúng của tarô	270
6.2.2.3. Số rãnh và dạng rãnh	270
6.2.2.4. Các góc ở phần cắt	272
6.2.2.5. Dung sai các kích thước của tarô	272
6.3. Bàn ren	274
6.3.1. Công dụng và phân loại	274
6.3.2. Kết cấu bàn ren tròn	275
6.3.2.1. Đường kính ngoài D	275
6.3.2.2. Chiều rộng bàn ren B	276
6.3.2.3. Số lỗ thoát phoi	276
6.3.2.4. Phần cắt l_1 của bàn ren	276
6.3.2.5. Chiều rộng răng b và chiều rộng lỗ thoát phoi c	276
6.3.2.6. Kích thước và vị trí lỗ thoát phoi	277
6.3.3. Các góc ở phần cắt của bàn ren	279
6.3.4. Dung sai các kích thước ren	279
6.4. Gia công ren bằng biến dạng dẻo	281
6.4.1. Quá trình cán ren	281
6.4.2. Dụng cụ cán ren	282
6.4.2.1. Bàn cán ren	282
6.4.2.2. Con lăn cán	283
Chương VII. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng	287
7.1. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo phương pháp định hình	287
7.2.1. Dao phay vấu môđun	287
7.1.2. Dao phay đĩa môđun	287
7.1.2.1. Đường thân khai vòng tròn	288

	Trang
7.1.2.2. Tính toán profile dao phay đĩa modul	289
7.1.2.3. Bộ dao phay đĩa modul	291
7.2. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích	292
7.2.1. Khái niệm cơ bản	292
7.2.2. Thiết kế các loại dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích gia công bánh răng trụ thân khai	293
7.2.2.1. Các dạng mặt xoắn vít (trục vít) dùng trong thiết kế dụng cụ cắt răng	294
7.2.2.2. Thanh răng dụng cụ khởi thủy	299
7.2.3. Thiết kế dao phay lăn răng	300
7.2.3.1. Nguyên lý làm việc	300
7.2.3.2. Kết cấu dao phay lăn răng	301
7.2.3.3. Thiết kế profile răng dao phay lăn răng	307
7.2.4. Thiết kế dao xọc răng thân khai	312
7.2.4.1. Công dụng, phạm vi sử dụng và phân loại	312
7.2.4.2. Nguyên lý làm việc và kết cấu	313
7.2.4.3. Góc profile răng dao xọc	317
7.2.4.4. Các góc cắt của răng dao xọc	319
7.2.4.5. Đường kính vòng chia của dao xọc	320
7.2.4.6. Xác định khoảng các khởi thủy của dao xọc	321
7.2.5. Thiết kế dụng cụ cắt răng theo nguyên lý bao hình có tâm tích gia công chi tiết răng có profile không thân khai. Dao phay lăn trục then hoa	323
7.2.5.1. Khái niệm cơ bản	323
7.2.5.2. Nguyên lý thiết kế dao phay lăn trục then hoa	323
7.2.5.3. Tiết diện pháp tuyến của profile chi tiết (trục then hoa)	324
7.2.5.4. Các phương pháp xác định profile dao phay lăn trục then hoa	325
7.2.5.5. Xác định bán kính vòng tròn tâm tích r của chi tiết	331
7.2.5.6. Đường cong chuyển tiếp	333
7.2.5.7. Dao phay lăn trục then hoa có rãnh ở chân răng	335
7.2.5.8. Cung tròn thay thế	336
7.2.5.9. Các kích thước profile răng dao phay	339
7.2.5.10. Kích thước kết cấu dao phay lăn trục then hoa	340
7.2.5.11. Các góc ở lưỡi cắt dao phay lăn trục then hoa	342
Chương VIII. Cơ sở tin học ứng dụng trong thiết kế chế tạo dụng cụ công nghiệp	343
8.1. Mở đầu	343
8.1.1. Các thuật ngữ viết tắt bằng tiếng Anh	343
8.1.2. Hệ thống sản xuất tích hợp với máy tính (CIM)	344

8.2. Mô hình hóa hình học	Trang
8.2.1. Mô hình khung dây (wire frame)	345
8.2.1.1. Biểu diễn các đường cong phân tích	345
8.2.1.2. Biểu diễn các đường cong tổ hợp	346
8.2.2. Mô hình bề mặt (surface)	349
8.2.2.1. Phương pháp biểu diễn bề mặt trong CAD	356
8.2.2.2. Biểu diễn các bề mặt phân tích	356
8.2.2.3. Biểu diễn các bề mặt tổ hợp	360
8.2.3. Mô hình khối rắn (solid)	364
8.2.3.1. Giới thiệu	364
8.2.3.2. Mô hình CSG (constructive solid geometry)	365
8.2.3.3. Mô hình biểu diễn biên B-rep	367
8.2.3.4. Biểu diễn quét (sweep representtion)	370
8.3. Một ví dụ ứng dụng CAD trong thiết kế profile dao tiện định hình lăng trụ	370
8.3.1. Xác định profile dao tiện định hình lăng trụ gá thẳng nhờ mô hình hóa hình học	370
8.3.2. Lập trình tính toán profile dao tiện định hình lăng trụ gá thẳng	371
8.4. Kết luận	373
Tài liệu tham khảo	374
Mục lục	376

THIẾT KẾ DỤNG CỤ CÔNG NGHIỆP

Tác giả: GS.TSKH. Bành Tiến Long

PGS.TS. Trần Thế Lục (Chủ biên)

PGS.TS. Trần Sĩ Túy

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS.TS. Tô Đăng Hải

Biên tập và sửa chế bản:

Nguyễn Diệu Thúy

Trình bày và chế bản:

Thụy Anh

Vẽ hình:

Trần Anh Tuấn

Vẽ bìa:

Đỗ Thịnh

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội 2005

In 700 cuốn, khổ 19 x 27cm tại Xí nghiệp in Thương mại.

Giấy phép xuất bản số 1288-94 do Cục xuất bản cấp ngày 9/8/2005.

In xong và nộp lưu chiểu quý IV/2005.

15 -10 -1956

15 -10 -2006

**KỶ NIỆM 50 NĂM THÀNH LẬP
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

205284



Giá: 68.000đ