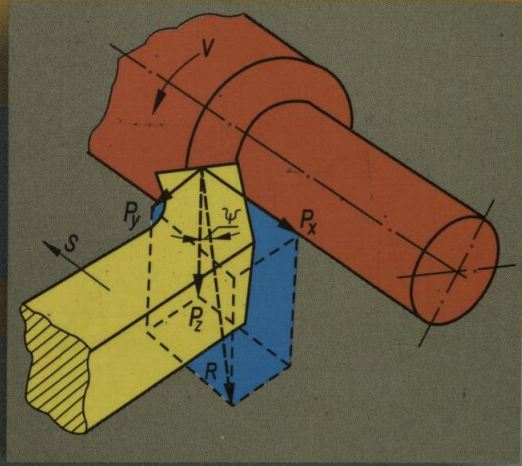


GS.TS. TRẦN VĂN ĐỊCH



NGUYÊN LÝ CẮT

KIM LOẠI

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

GS.TS. TRẦN VĂN ĐỊCH

NGUYÊN LÝ CẮT KIM LOẠI

(Giáo trình dùng cho sinh viên các trường kỹ thuật)

In lần thứ nhất

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP

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

LỜI NÓI ĐẦU

Phần lớn các chi tiết máy từ nhiều loại vật liệu khác nhau đều được tạo hình bằng các phương pháp gia công cơ là gia công bằng cắt gọt, đặc biệt trong những trường hợp khi cần có chi tiết với độ chính xác cao và độ nhám bề mặt thấp. Để phương pháp gia công cơ đạt năng suất cao, giá thành hạ và chất lượng đạt yêu cầu cần phải biết những quy luật cơ bản của quá trình cắt gọt, trên cơ sở đó có thể điều khiển được những hiện tượng xảy ra trong vùng cắt và lựa chọn được thông số công nghệ tối ưu.

Cần nhớ rằng, gia công bằng cắt gọt có tính vạn năng và tính linh hoạt cao hơn so với các phương pháp tạo hình khác, đặc biệt là trong sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

Những quy luật cơ bản của quá trình cắt gọt được xếp vào nội dung của môn học **“Nguyên lý cắt kim loại”**. Chính vì vậy tác giả biên soạn cuốn sách này dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên cơ khí ở các trường kỹ thuật. Cuốn sách còn được dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư chế tạo máy ở các cơ sở sản xuất khi thiết kế quy trình công nghệ gia công cơ các chi tiết máy.

Nội dung cuốn sách gồm những phần chính sau đây:

1. Vật liệu dụng cụ cắt.
2. Các thông số hình học của quá trình cắt.
3. Cơ sở vật lý của quá trình cắt.
4. Đặc điểm của các nguyên công cắt gọt (tiện, bào, phay, khoan, khoét, doa, cắt ren, chuốt, cắt răng, mài, ...).
5. Phương pháp tối ưu hóa quá trình cắt gọt.
6. Các phương pháp gia công đặc biệt.

Nội dung của các phần được viết theo một trình tự quan hệ logic, dễ hiểu và dễ ứng dụng khi tính toán thực tế.

Do biên soạn lần đầu nên cuốn sách chắc còn có những nhược điểm. Tác giả hoan nghênh những ý kiến đóng góp của độc giả để lần tái bản sau cuốn sách được hoàn thiện hơn.

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

Tác giả

Chương 1

VẬT LIỆU DỤNG CỤ CẮT

Vật liệu chủ yếu dùng để chế tạo dụng cụ cắt là thép cacbon, thép hợp kim và thép gió. Ngoài ra, để chế tạo dụng cụ cắt người ta còn dùng thép kết cấu.

1.1. Yêu cầu đối với thép dụng cụ

Thép dụng cụ có yêu cầu cao hơn so với thép kết cấu, bởi vì bề mặt dụng cụ làm việc với ứng suất tiếp xúc lớn, bị mài mòn và bị nung nóng. Do đó, thép dụng cụ phải có những tính chất sau đây:

- Độ bền cao, bởi vì trong quá trình cắt dụng cụ phải chịu tải trọng lớn.
- Độ cứng cao, bởi vì quá trình cắt chỉ có thể được thực hiện khi độ cứng của vật liệu dụng cụ cao hơn vật liệu gia công.
- Độ chống mòn cao, bởi vì tuổi bền của dụng cụ phụ thuộc vào mức độ cọ sát của lưỡi cắt.
- Tuổi bền nhiệt cao, bởi vì trong quá trình cắt có hiện tượng tỏa nhiệt mà một phần nhiệt đó nung nóng dụng cụ, làm giảm độ cứng ban đầu của nó, do đó làm giảm khả năng cắt gọt của dụng cụ.

1.2. Thép cacbon

Thép cacbon dụng cụ có độ cứng cao sau khi nhiệt luyện (HRC 62 ÷ 64) và độ cứng thấp ở trạng thái ủ (HB 187 ÷ 207), do đó chúng có tính cắt gọt và chịu áp lực rất tốt. Nhược điểm của thép cacbon dụng cụ là tuổi bền nhiệt thấp (200 ÷ 2500C).

Thép cacbon dụng cụ được dùng để chế tạo dụng cụ làm việc với tốc độ cắt nhỏ ($V = 10 \div 12 \text{m/phút}$).

Thép cacbon dụng cụ được chia ra hai loại:

- Thép cacbon chất lượng.
- Thép cacbon chất lượng cao.

Mỗi nhóm thép trên đây có 8 mác khác nhau. Bảng 1.1 là các mác thép cacbon chất lượng và thành phần hóa học của thép cacbon dụng cụ.

Chữ cái và chữ số trong mác thép cho biết: Y- cacbon, các số sau chữ Y cho biết lượng cacbon (phần mười); chữ Γ cho biết thép có lượng mangan cao. Chữ A ký hiệu thép chất lượng cao, có nghĩa là lượng lưu huỳnh, photpho không lớn.

Tăng lượng cacbon trong thép làm độ cứng tăng nhưng đồng thời cũng làm tăng độ giòn của vật liệu. Vì vậy, để chế tạo dụng cụ chịu va đập nên chọn

thép ít cacbon (Y7 và Y8), còn để chế tạo dụng cụ cắt và dụng cụ đo cần chọn thép có hàm lượng cacbon cao (Y10 và Y12).

Bảng 1.1. Thành phần hóa học của thép cacbon dụng cụ

Mác thép	Cacbon	Mangan	Silic	Crôm
Thép cacbon chất lượng cao				
Y7A	0,65 ÷ 0,74	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y8A	0,75 ÷ 0,84	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y8Γ A	0,80 ÷ 0,90	0,35 ÷ 0,60	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y9A	0,85 ÷ 0,94	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y10A	0,95 ÷ 1,04	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y11A	1,05 ÷ 1,14	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y12A	1,15 ÷ 1,24	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Y13A	1,25 ÷ 1,35	0,15 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,30	0,15
Thép cacbon dụng cụ chất lượng				
Y7	0,65 ÷ 0,74	0,20 ÷ 0,40	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y8	0,75 ÷ 0,84	0,20 ÷ 0,40	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y8Γ	0,80 ÷ 0,90	0,35 ÷ 0,60	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y9	0,85 ÷ 0,94	0,15 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y10	0,95 ÷ 1,04	0,15 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y11	1,05 ÷ 1,14	0,15 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y12	1,15 ÷ 1,24	0,15 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,35	0,20
Y13	1,25 ÷ 1,35	0,15 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,35	0,20

Thép cacbon dụng cụ có độ cứng cao sau khi nhiệt luyện và có độ cứng thấp sau khi ủ (bảng 1.2), nhờ đó mà thép cacbon dụng cụ có tính cắt gọt tốt.

Các mác thép Y7, Y7A, Y8, Y8Γ A, Y9 và Y9A được dùng để chế tạo lưỡi cưa, kéo cắt để cắt kim loại và gỗ, dao để gia công đồng và hợp kim đồng.

Các mác thép Y8A và Y10A được dùng để chế tạo chày dập, cối dập và các chi tiết khác của khuôn mẫu.

Các mác thép Y11, Y11A, Y12 và Y12A được dùng để chế tạo dao khoan đường kính nhỏ, tarô, bàn ren, dao phay đường kính nhỏ và các loại dụng cụ đo.

Bảng 1.2. Độ cứng của thép cacbon dụng cụ

Mác thép	Sau khi ủ		Sau nhiệt luyện (tôi trong nước)	
	Độ cứng HB	Đường kính vết lõm khi $D_{0,1}=10\text{mm}$ và $P=3000\text{kG}$	Nhiệt độ tôi °C	Độ cứng HRC
Y7 và Y7A	187	4,4	800 ÷ 820	62
Y8 và Y8A	187	4,4	780 ÷ 800	62
Y8Γ và Y8ΓA	187	4,4	780 ÷ 800	62
Y9 và Y9A	192	4,35	760 ÷ 780	62
Y10 và Y10A	197	4,3	760 ÷ 780	62
Y11 và Y11A	207	4,2	760 ÷ 780	62
Y12 và Y12A	207	4,2	760 ÷ 780	62
Y13 và Y13A	207	4,1	760 ÷ 780	62

Các mác thép Y13 và Y13A được dùng để chế tạo dụng cụ có độ cứng cao như các loại đục để cắt rãnh các loại dũa và các loại dũa.

1.3. Thép hợp kim

Thép hợp kim được chia ra hai nhóm:

- Nhóm thép được dùng để chế tạo dụng cụ cắt và dụng cụ đo.
- Nhóm thép được dùng để chế tạo khuôn mẫu.

Bảng 1.3 là thành phần hóa học của thép hợp kim dụng cụ. Ký hiệu của mác thép cho biết: Các chữ số đứng đầu chỉ lượng cacbon theo phần mười. Lượng cacbon cũng có thể không được ghi trên mác thép nếu % (phần trăm) cacbon gần bằng 1 hoặc lớn hơn 1. Các chữ cái đứng đằng sau các chữ số chỉ: Γ - mangan; C- silic; X- crôm; B- vonphram; Φ - vanđi; H- niken; M- môtípđen.

Các chữ số đứng đằng sau các chữ cái chỉ lượng trung bình của nguyên tố tương ứng theo % (ví dụ, 7X3 có 0,65 ÷ 0,75% cacbon và 3,2 ÷ 3,8% crôm). Khi không có chữ số đứng đằng sau các chữ cái thì điều đó có nghĩa là lượng nguyên tố này xấp xỉ bằng 1%. Trong một số trường hợp, lượng nguyên tố hợp kim cũng không được ghi nếu không lớn hơn 1,8%.

Lượng lưu huỳnh và phốt pho trong thép không được vượt quá 0,3% (cho mỗi nguyên tố). Lượng niken dư trong thép không hợp kim niken cho phép không lớn hơn 0,35%. Lượng đồng dư trong thép cho phép không lớn hơn 0,30%.

Thép hợp kim so với thép cacbon có ưu điểm hơn về độ dai và ít biến dạng khi nhiệt luyện.

Tính chất cơ học của thép hợp kim (thép hợp kim dụng cụ) và của thép cacbon (thép cacbon dụng cụ) gần giống nhau, bởi vì chúng có tuổi bền nhiệt thấp ($200 \div 250^{\circ}\text{C}$).

Thép hợp kim được dùng rộng rãi để chế tạo dụng cụ cắt và các trang bị công nghệ (đồ gá và dụng cụ phụ).

Các loại thép 7XΦ, 8XΦ và 9XΦ được dùng để chế tạo các loại lưỡi cưa tròn và lưỡi cưa đai, kéo cắt nguội, các chày đột và các dụng cụ chịu va đập. Các loại thép XB5, 9XC, XBΓ, B1 và XBCΓ dùng để chế tạo các loại lưỡi dao tiện, dao phay để gia công vật liệu cứng với tốc độ cắt nhỏ; để chế tạo các loại mũi khoan, mũi doa, tarô, bàn ren và các loại dao chuốt. Đặc biệt, các loại thép XBΓ và 9XC được sử dụng rất rộng rãi, bởi vì chúng có độ thấm tôi tốt và ít biến dạng, tuy nhiên các loại thép này dễ bị nứt, gây ra hiện tượng gãy lưỡi cắt.

Bảng 1.3. Thành phần hóa học của thép hợp kim (theo trọng lượng).

Mác thép	Cacbon	Mangan	Silic	Crôm	Vôphram	Vanadi	Môlipđen	Niken
1. Thép dùng cho dụng cụ cắt và dụng cụ đo								
a) Độ thấm tôi thấp								
7XΦ	0,63÷0,73	0,30÷0,60	0,15÷0,35	0,40÷0,70	-	0,15÷0,30	-	-
8XΦ	0,70÷0,80	0,15÷0,40	0,15÷0,35	0,40÷0,70	-	0,15÷0,30	-	-
9XΦ	0,80÷0,90	0,30÷0,60	0,15÷0,35	0,40÷0,70	-	0,15÷0,30	-	-
11X	1,05÷1,14	0,40÷0,70	0,15÷0,35	0,40÷0,70	-	-	-	-
13X	1,25÷1,40	0,30÷0,60	0,15÷0,35	0,40÷0,70	-	-	-	-
XB5	1,25÷1,45	0,15÷0,40	0,15÷0,35	0,40÷0,70	4,0÷5,0	0,15÷0,30	-	-
B1	1,05÷1,20	0,15÷0,40	0,20÷0,35	0,20÷0,35	0,80÷1,20	0,15÷0,30	-	-
Φ	0,95÷1,05	0,15÷0,40	0,15÷0,35	-	-	0,20÷0,40	-	-
b) Độ thấm tôi cao								
X	0,95÷1,10	0,15÷0,40	0,15÷0,35	1,30÷1,65	-	-	-	-
9XC	0,85÷0,95	0,30÷0,60	1,20÷1,60	0,95÷1,25	-	-	-	-
XBΓ	0,90÷1,05	0,80÷1,10	0,15÷0,35	0,50÷0,80	1,20÷1,60	-	-	-
9XBΓ	0,85÷0,95	0,90÷1,20	0,15÷0,35	0,5÷0,80	0,50÷0,80	-	-	-
XBCΓ	0,95÷1,05	0,60÷0,90	0,65÷1,00	0,60÷1,10	0,70÷1,00	0,05÷0,15	-	-
9X5Φ	0,85÷1,00	0,15÷0,40	0,15÷0,40	4,50÷5,50	-	0,15÷0,30	-	-
9X5BΦ	0,85÷1,00	0,15÷0,40	0,15÷0,40	4,50÷5,50	0,80÷1,20	0,15÷0,30	-	-
8X4B4Φ1	0,75÷0,85	0,15÷0,40	0,15÷0,40	4,00÷5,00	4,00÷5,00	0,90÷1,40	-	-

Tiếp bảng 1.3

Mác thép	Carbon	Mangan	Silic	Crôm	Vôphram	Vanadi	Môlipden	Niken
II. Thép dùng cho khuôn mẫu								
<i>a) Cho thép biến dạng ở trạng thái nguội</i>								
9X	0,80÷0,95	0,15÷0,40	0,25÷0,45	1,40÷1,70	-	-	-	-
X6BΦ	1,05÷1,15	0,15÷0,40	0,15÷0,35	5,50÷7,00	1,10÷1,50	0,40÷0,70	-	-
X12	2,00÷2,20	0,15÷0,40	0,15÷0,35	11,50÷13,00	-	-	-	-
X12M	1,45÷1,65	0,15÷0,40	0,15÷0,35	11,00÷12,50	-	0,15÷0,30	0,40÷0,60	-
X12Φ1	1,20÷1,45	0,15÷0,40	0,15÷0,35	11,00÷12,50	-	0,70÷0,90	-	-
<i>b) Cho thép biến dạng ở trạng thái nóng</i>								
3X2B8Φ	0,30÷0,40	0,15÷0,40	0,15÷0,40	2,20÷2,70	7,50÷9,00	0,20÷0,50	-	-
4X8B2	0,35÷0,45	0,15÷0,40	0,15÷0,35	7,00÷9,00	2,00÷3,00	-	-	-
7X3	0,60÷0,75	0,15÷0,40	0,15÷0,35	3,20÷3,80	-	-	-	-
8X3	0,75÷0,85	0,15÷0,40	0,15÷0,35	3,20÷3,80	-	-	-	-
5XHM	0,50÷0,60	0,50÷0,80	0,15÷0,35	0,50÷0,80	-	-	0,15÷0,30	1,40÷1,80
5XHB	0,50÷0,60	0,50÷0,80	0,15÷0,35	0,50÷0,80	0,40÷0,70	-	-	1,40÷1,80
5XHCB	0,50÷0,60	0,30÷0,60	0,60÷0,90	1,30÷1,60	0,40÷0,70	-	-	0,80÷1,20
5XΓM	0,50÷0,60	1,20÷1,60	0,25÷0,65	0,60÷0,90	-	-	0,15÷0,30	-
4X5B - ΦCM	0,35÷0,45	0,15÷0,40	0,60÷1,00	4,00÷5,00	3,50÷4,20	0,30÷0,60	0,40÷0,60	-
4X3B2 - Φ2M2	0,35÷0,45	0,30÷0,50	0,15÷0,35	3,00÷3,70	2,20÷2,70	1,50÷2,00	2,00÷2,50	-
4X2B5ΦM	0,30÷0,40	0,15÷0,40	0,15÷0,35	2,00÷3,00	4,50÷5,50	0,60÷1,00	0,60÷1,00	-
4X5B2ΦC	0,35÷0,45	0,15÷0,40	0,80÷1,20	4,50÷5,50	1,60÷2,40	0,60÷1,00	-	-
<i>c) Cho dụng cụ chịu và đập</i>								
4XC	0,35÷0,45	0,15÷0,40	1,20÷1,60	1,30÷1,60	-	-	-	-
6XC	0,60÷0,70	0,15÷0,40	0,60÷1,00	1,00÷1,30	-	-	-	-
4XB2C	0,35÷0,44	0,30÷0,50	0,60÷0,90	1,00÷1,30	2,00÷2,50	-	-	-
5XB2C	0,45÷0,54	0,15÷0,40	0,50÷0,80	1,00÷1,30	2,00÷2,50	-	-	-
6XB2C	0,55÷0,65	0,15÷0,40	0,50÷0,80	1,00÷1,30	2,20÷2,70	-	-	-
6XBΓ	0,55÷0,70	0,90÷1,20	0,15÷0,35	0,50÷0,80	0,50÷0,80	-	-	-

Ngoài ra, dụng cụ từ thép XB Γ khi làm việc với áp lực riêng lớn (dao khoan, dao chuốt) sẽ mòn nhanh do hình dạng của lưỡi cắt thay đổi nhanh.

Tuổi bền của dụng cụ định hình phức tạp từ thép XB Γ thấp. Thép 9XC ngoài độ thấm tôi tốt còn có độ bền cao khi nung nóng, nó có khả năng giữ được độ cứng và độ chống mòn cao ở nhiệt độ 250°C. Tuy nhiên, thép 9XC có tính gia công thấp (khó gia công) vì độ cứng sau khi ủ cao (HB 228 ÷ 241).

Thép 9XB Γ được dùng để chế tạo các loại dao phay ngón, các calip ren, các khuôn dập nguội có hình dạng phức tạp.

Thép X6B Φ được dùng để chế tạo dụng cụ cán ren, các búa cầm tay, các chày dập và các dụng cụ khác để tạo hình bằng biến dạng ở trạng thái nguội.

Các loại thép X12M và X12 Φ 1 biến dạng ít trong quá trình nhiệt luyện. Chúng được dùng để chế tạo các khuôn dập có hình dạng phức tạp, các bánh răng mẫu, các bàn cán ren và các khuôn kéo dây.

Các loại thép 3X2B8 Φ và 4X8B2 được dùng để chế tạo các khuôn ép chất dẻo, khuôn đúc nhôm bằng phương pháp đúc áp lực.

Các loại thép 7X3 và 8X3 được dùng để chế tạo cối dập bulông trên máy dập búa nằm ngang.

Các loại thép 5XHM, 5XHB, 5XHCB và 5X Γ M được dùng để chế tạo các khuôn rèn có kích thước trung bình và lớn.

Các loại thép 4X5B2 Φ C, 4XB4 Φ CM, 4X2B5 Φ M và 4X3B2 Φ 2M2 được dùng để chế tạo các dụng cụ tạo hình bằng biến dạng nóng các loại hợp kim không gỉ, các loại hợp kim có độ bền cao và các hợp kim khó gia công khác.

Các loại thép 4XC, 6XC, 4XB2C được dùng để chế tạo các loại đục khí nén, các dao cắt nóng và cắt nguội, các chi tiết của cối dập nguội.

Các loại thép 5XB2C và 6XB2C được dùng để chế tạo các bàn cán ren, các khuôn đúc áp lực.

Thép 5XB Γ được dùng để chế tạo các loại chày đột nguội các lỗ trên thép tấm và các khuôn mẫu để dập nóng.

Các loại thép 9X5 Φ , 9X5B Φ , 8X4B Φ 1 và 9X được dùng để chế tạo các loại dụng cụ gia công gỗ.

Các nguyên tố Cr, Mn, Si được thêm vào thành phần của thép gió có tác dụng làm tăng tính thấm tôi, còn các nguyên tố V, W và Mo có tác dụng cản độ giãn nở của các hạt kim loại khi nung nóng và làm tăng cơ tính của vật liệu.

1.4. Thép gió

Thép gió là loại thép chứa trong thành phần ngoài cacbon ra còn có các nguyên tố hợp kim như vonfram, crôm, vanadi, molipten có khả năng tạo thành cacbit bền vững sau nhiệt luyện. Ngoài các nguyên tố cacbit ra, trong thành phần của một số mác thép gió còn có coban.

Các loại thép gió sau khi tôi cải thiện có độ cứng, độ bền, độ chống mòn và tuổi bền nhiệt cao, giữ được tính cắt gọt ở nhiệt độ $600 \div 650^{\circ}\text{C}$. Điều này cho phép tăng tốc độ cắt của dao thép gió lên $2 \div 4$ lần so với dao bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim.

Ưu điểm chủ yếu của thép gió là có khả năng cắt với tốc độ cao khi gia công các loại thép có độ bền và độ cứng cao ($\sigma_{\text{B}} = 100\text{kG/mm}^2$ và HB $200 \div 250$).

Bảng 1.4 là các mác thép gió và thành phần hóa học của chúng. Thép gió được ký hiệu bằng các chữ cái và chữ số: chữ cái P có nghĩa là thép gió (thép có khả năng cắt với tốc độ cao), còn chữ số đứng sau chữ cái P chỉ lượng vonfram trung bình (%) trong thép. Lượng vanadi trung bình (%) được ký hiệu bằng chữ số đứng sau chữ cái Φ , còn lượng coban – bằng chữ số đứng sau chữ cái K.

Thép gió được chia ra: thép gió có tuổi bền nhiệt trung bình (P18, P12, P6M5) và thép gió có tuổi bền nhiệt cao (P18 Φ 2, P14 Φ 4, P9 Φ 5,...). Để gia công các loại thép kết cấu có độ cứng HB $260 \div 280$ và các loại gang người ta sử dụng thép gió có tuổi bền nhiệt trung bình. Khi gia công các loại thép kết cấu có độ bền cao cần sử dụng các loại thép gió có tuổi bền nhiệt cao.

Thép gió P18 thường được dùng để chế tạo các loại dao tiện, dao khoan, dao phay, dao xọc, dao doa, dao khoét, tarô, dao chuốt và bàn ren.

Thép gió P9 được dùng để chế tạo các loại dao tiện, dao khoan, dao khoét, tarô, bàn ren và lưỡi cưa. Không dùng thép gió P9 để chế tạo dao cưa răng, dao chuốt và dao xọc.

Dụng cụ được chế tạo bằng thép gió P18 Φ 2 có năng suất, tuổi bền nhiệt và độ chống mòn cao hơn dụng cụ được chế tạo bằng thép gió P9 và P18. Dụng cụ bằng thép gió P18 Φ 2 được dùng để gia công thép không gỉ, thép có độ bền cao, các loại hợp kim titan và các loại hợp kim chịu lửa. Các dụng cụ đó là các loại dao tiện, dao phay, dao khoan, dao khoét và dao doa.

Bảng 1.4. Thành phần hóa học của các loại thép gió

Mác thép	Carbon	Mangan	Silic	Crôm	Vônfram	Côban	Vanadi	Môlipđen	Niken	Lưu huỳnh	Phốtpho
		IV							IV		
P18	0,7÷0,8	0,4	0,5	3,8÷4,4	17,0÷18,5	-	1,0÷1,4	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P12	0,8÷0,9	0,4	0,5	3,1÷3,6	12,0÷13,0	-	1,5÷1,9	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P9	0,85÷0,95	0,4	0,5	3,8÷4,4	8,5÷10,0	-	2,0÷2,6	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P9Φ5	1,4÷1,5	0,4	0,5	3,8÷4,4	9,0÷10,5	-	4,3÷5,1	≤1,0	0,4	0,03	0,035
P14Φ4	1,2÷1,3	0,4	0,5	4,0÷4,6	13,0÷14,5	-	3,4÷4,1	≤1,0	0,4	0,03	0,035
P18Φ2	0,85÷0,95	0,4	0,5	3,8÷4,4	17,0÷18,5	-	1,8÷2,4	≤1,0	0,4	0,03	0,3
P6M3	0,85÷0,95	0,4	0,5	3,0÷3,6	5,5÷6,5	-	2,0÷2,5	3,0÷3,6	0,4	0,03	0,3
P6M5	0,80÷0,88	0,4	0,5	3,8÷4,4	5,5÷6,5	-	1,7÷2,1	5,0÷5,5	0,4	0,025	0,03
P9K5	0,9÷1,0	0,4	0,5	3,8÷4,4	9,0÷10,5	5,0÷6,0	2,0÷2,6	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P9K10	0,9÷1,0	0,4	0,5	3,8÷4,4	9,0÷10,5	9,0÷10,5	2,0÷2,6	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P10K5Φ5	1,45÷1,55	0,4	0,5	4,0÷4,6	10,0÷11,5	5,0÷6,0	4,3÷5,1	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P18K5Φ2	0,85÷0,95	0,4	0,5	3,8÷4,4	17,0÷18,5	5,0÷6,0	1,8÷2,4	≤1,0	0,4	0,03	0,03
P6M5K5	0,8÷0,88	0,4	0,5	3,8÷4,3	6,0÷7,0	4,8÷5,3	1,7÷2,2	4,8÷5,8	0,4	0,03	0,03
P9M4K8	1,0÷1,1	0,4	0,5	3,0÷3,6	8,5÷9,6	7,5÷8,5	2,1÷2,5	3,8÷4,3	0,4	0,03	0,035

Các loại thép gió P9K5, P9K10, P18K5 Φ 2 và P10K5 Φ 5 được dùng để chế tạo các loại dụng cụ (dao tiện, dao phay, dao khoan, dao khoét và dao xọc) khi gia công các vật liệu cứng và hợp kim chịu lửa.

Thép gió P9 Φ 5 được dùng để chế tạo các loại dụng cụ cho gia công tinh, đặc biệt để gia công thép có độ cứng trung bình gia công đồng, hợp kim, chịu lửa và chất dẻo. Các dụng cụ đó là các loại dao tiện, dao phay, dao khoan, doa khoét và dao doa.

Thép gió P14 Φ 4 có độ cứng, độ chống mòn và tuổi bền nhiệt cao hơn các loại thép gió P9 và P18. Thép gió P14 Φ 4 được dùng để chế tạo các loại dao tiện, dao phay, dao khoan, dao khoét và dao chuốt.

Thép gió P6M5 có tính dẫn nhiệt tốt, tuy nhiên tính cắt gọt của thép P6M5 thấp hơn các loại thép P18 và P12 khi gia công tinh, còn khi gia công thô thì ngược lại tính cắt gọt của thép P6M5 cao hơn các loại thép P18 và P12.

Nhược điểm của thép gió P6M5 là rất nhạy cảm với nhiệt độ (bị nung nóng rất nhanh).

Thép gió P6M5K5 có tuổi bền nhiệt, độ bền và độ dai cao hơn so với thép gió P6M5. Do đó, thép P6M5K5 được dùng để gia công thô.

Trong những năm gần đây ở tất cả các nước trên thế giới có xu hướng tăng hàm lượng cacbon trong thép gió trung bình lên 0,25% trong khi giữ hàm lượng vanadi không quá 2,8%. Thép gió có hàm lượng cacbon cho phép tăng tuổi bền chống mòn.

1.5. Hợp kim cứng

1.5.1. Phân loại hợp kim cứng

Thành phần của hợp kim cứng bao gồm: cacbit của kim loại dễ nóng chảy và kim loại thấm cacbon (côban). Để chế tạo hợp kim cứng người ta dùng cacbit vonphram, titan và tantan. Ở một số nước tư bản để chế tạo hợp kim cứng người ta dùng cacbit niobi và vanadi.

Hợp kim cứng có tính chất cắt gọt tốt nhờ vào độ cứng, tuổi bền nhiệt và độ chống mòn cao.

Hợp kim cứng được dùng để chế tạo dụng cụ cắt, dụng cụ đo và khuôn mẫu.

Ở Nga người ta chế tạo ba nhóm hợp kim cứng khác nhau theo thành phần hóa học.

Ở nhóm thứ nhất, hợp kim cứng được chế tạo trên cơ sở của cacbit vonphram và côban. Hợp kim cứng của nhóm này có tên gọi là vonphram - côban, chúng được ký hiệu bằng các chữ BK kèm theo chỉ số chỉ hàm lượng côban (hàm lượng theo %).

Ở nhóm thứ hai, hợp kim cứng được chế tạo trên cơ sở của cacbit vonphram, cacbit titan và côban. Hợp kim cứng của nhóm này có tên gọi là titan - vonphram và được ký hiệu bằng các chữ TK kèm theo các chữ số. Chữ số đứng sau chữ T chỉ hàm lượng phần trăm của cacbit titan, còn chữ số đứng sau chữ K chỉ hàm lượng phần trăm của côban.

Ở nhóm thứ ba, hợp kim cứng được chế tạo trên cơ sở của cacbit vonphram, titan, tantan và côban. Hợp kim cứng của nhóm này có tên gọi là titan - tantan - vonphram và được ký hiệu bằng các chữ TTK kèm theo chữ số. Chữ số đứng sau các chữ TT chỉ hàm lượng phần trăm của cacbit titan và cacbit tantan, còn chữ số đứng sau chữ K chỉ hàm lượng phần trăm của côban.

Bảng 1.5 là thành phần hóa học và tính chất cơ lý của hợp kim cứng.

Bảng 1.5. Thành phần hóa học và tính chất cơ lý của hợp kim cứng

Nhóm hợp kim cứng	Mãc hợp kim cứng	Thành phần hợp chất (%)				Giới hạn bền uốn (kG/mm ²)	Trọng lượng riêng (G/cm ³)	Độ cứng HRC
		Cacbit vonfram	Côban	Cacbit titan	Cacbit tantan			
Vonfram – côban (BK)	BK2	98	2	-	-	100	15,0-15,4	90,0
	BK3	97	3	-	-	110	15,0-15,4	90,0
	BK3M	97	3	-	-	110	15,0-15,3	91,0
	BK4	96	4	-	-	130	14,9-15,1	89,5
	BK4B	96	4	-	-	140	14,9-15,1	88,0
	BK6	94	6	-	-	135	14,6-15,0	88,5
	BK6M	94	6	-	-	130	14,8-15,0	90,0
	BK6B	94	6	-	-	140	14,4-14,8	87,5
	BK8	92	8	-	-	140	14,4-14,8	87,5
	BK8B	92	8	-	-	155	14,4-14,8	86,5
	BK10	90	10	-	-	150	14,2-14,6	87,0
	BK15	85	15	-	-	165	13,9-14,1	86,0
	BK20	80	20	-	-	190	13,4-13,7	85,0
	BK25	75	25	-	-	200	12,9-13,2	84,5
	Titan – vonfram (TK)	T30K4	66	4	30	-	90	9,5-9,8
T15K6		79	6	15	-	110	11,0-12,7	90,0
T14K8		78	8	14	-	115	11,2-12,0	89,5
T5K10		85	9	6	-	130	12,3-13,2	88,5
T5K12B		83	12	5	-	150	12,8-13,3	87,0
Titan – tantan – vonfram (TTK)	T17K12	81	12	4	3	160	13,0-13,3	87,0
	TT10K8B	82	8	3	7	140	13,5-13,8	89,0

Chất lượng của hợp kim cứng không chỉ phụ thuộc vào thành phần hóa học mà còn phụ thuộc vào cấu trúc của nó (kích thước hạt). Độ hạt (kích thước hạt) có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền và độ chống mòn của hợp kim cứng. Khi kích thước của các hạt của các cacbit vonfram tăng thì độ bền của hợp kim cứng tăng lên, còn độ chống mòn giảm xuống và ngược lại.

Tùy thuộc vào kích thước của các hạt cacbit, hợp kim cứng được phân loại như sau:

- Hợp kim cứng có độ hạt nhỏ (kích thước hạt cacbit khoảng 1 μm).
- Hợp kim cứng có độ hạt trung bình (kích thước hạt cacbit khoảng 1 ÷ 2 μm).
- Hợp kim cứng có độ hạt lớn (kích thước hạt cacbit khoảng 2 ÷ 5 μm).

Đối với hợp kim cứng có độ hạt nhỏ ở cuối ký hiệu người ta đặt thêm chữ M, còn đối với hợp kim cứng có độ hạt lớn - đặt chữ B. Ví dụ, hợp kim cứng vonfram - coban chứa 94% cacbit vonfram và 6% coban được chế tạo theo ba loại: loại có cấu trúc hạt trung bình (BK6), loại có cấu trúc hạt nhỏ (BK6M) và loại có cấu trúc hạt lớn (BK6B).

Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ISO lại phân loại hợp kim cứng theo dạng phoi, điều kiện gia công và vật liệu gia công. Theo ISO, tất cả các loại hợp kim cứng được chia ra ba nhóm: P, K và M.

- Nhóm hợp kim cứng P được dùng để gia công kim loại với sự hình thành phoi dây bằng (khi gia công thép đúc, gang dẻo).

- Nhóm hợp kim cứng K được dùng để gia công kim loại với sự hình thành phoi vụn, phoi xếp lớp (khi gia công gang xám, kim loại màu).

- Nhóm hợp kim cứng M được dùng để gia công vật liệu khó gia công, thép chịu nhiệt và thép không gỉ, gang có độ cứng cao.

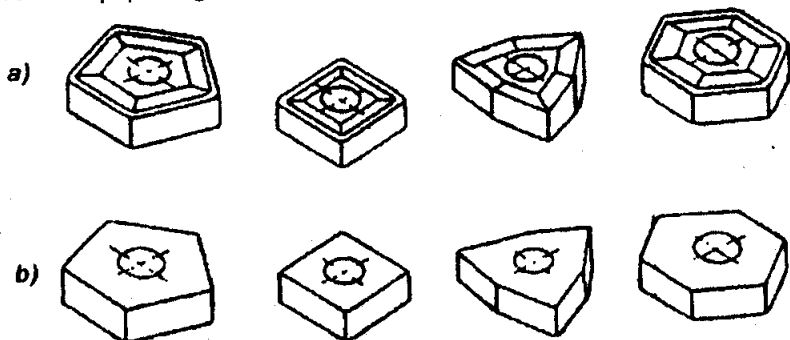
Mỗi nhóm hợp kim cứng trên đây lại được chia ra các nhóm nhỏ.

Các nhóm nhỏ trong mỗi nhóm được ký hiệu bằng hai chữ số thêm vào đuôi của nhóm chính. Ví dụ, nhóm hợp kim cứng P được chia ra các nhóm nhỏ: P01, P10, P20, P30, P40 và P50.

Chữ số trong nhóm nhỏ tăng cho biết độ bền của hợp kim tăng, còn độ cứng, độ chống mòn và tốc độ cắt của nó giảm.

Nhóm nhỏ P01 được dùng để gia công tinh bằng các phương pháp tiện và doa (tiện trong). Nhóm nhỏ P10 được dùng để tiện tinh và phay tinh. Nhóm nhỏ P20 được dùng để gia công thô bằng phương pháp cắt liên tục. Nhóm nhỏ P30 được dùng để gia công thô bằng phương pháp cắt gián đoạn. Nhóm nhỏ P40 được dùng để gia công thô thép. Nhóm nhỏ P50 được dùng để gia công các chi tiết lớn.

Các mảnh hợp kim cứng được chế tạo theo hai dạng: I- có rãnh bẻ phoi (hình 1.1a) và II- mặt phẳng không có rãnh thoát phoi (hình 1.1b).



Hình 1.1. Các loại mảnh hợp kim cứng

Bảng 1.6 là các mác thép hợp kim cứng của Nga và của ISO.

Bảng 1.6. So sánh các mác hợp kim cứng của Nga và của ISO

Theo ISO	Theo Г 0CT	Phạm vi ứng dụng
K01 K10 K20 K30 K40	BK2; BK3M BK6M BK6 BK4 BK8	Để gia công gang, hợp kim màu và vật liệu phi kim
M10 M20	TT10K8A TT10K8B	Các mác này được sử dụng cho mọi trường hợp
P01 P10 P20 P25 P30 P40 P50	T30K4 T15K6 T14K8 TT20K9 T5K10 TT7K12; T15K12B T17K15	Để gia công thép ủ và thép sau nhiệt luyện

Các mảnh hợp kim thuộc dạng II (hình 1.1b) được dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối khi gia công trên các máy bán tự động và các máy tổ hợp. Để thoát phoi và có góc trước dương cần tạo ra mặt lõm trên bề mặt của mảnh hợp kim.

1.5.2. Ứng dụng của hợp kim cứng

Khi chọn hợp kim cứng để sử dụng, nhà công nghệ không những phải dựa vào tính chất của nó mà còn phải dựa vào tính chất cơ lý của vật liệu gia công, phương pháp gia công, độ cứng vững của hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá), yêu cầu về độ chính xác và độ bóng bề mặt.

Để giúp các nhà công nghệ khi lập quy trình công nghệ, bảng 1.7 đưa ra các phương pháp gia công kèm theo hợp kim cứng thích hợp.

Bảng 1.7. Phạm vi ứng dụng của các mác mảnh hợp kim cứng

Mác hợp kim cứng	Phạm vi ứng dụng
BK2	Cắt bán tinh, cắt tinh, cắt ren, doa lỗ (tiện lỗ) khi gia công gang và vật liệu phi kim.
BK3M	Tiện tinh và bán tinh gang, gia công vật liệu cứng.
BK4	Tiện thô; phay thô và phay tinh; khoét; cắt đứt khi gia công gang, kim loại màu, vật liệu phi kim, thép chịu nhiệt và thép không gỉ.
BK6M	Gia công tinh và bán tinh hợp kim cứng chịu lửa, thép không gỉ, gang, đồng, chất dẻo, ...
BK6	Tiện thô (cắt liên tục); tiện bán tinh và tiện tinh (cắt gián đoạn); tiện ren; phay bán tinh và phay tinh; tiện lỗ; khoét tinh gang, kim loại màu và vật liệu phi kim.

Bảng 1.7 (tiếp theo)

Mác hợp kim	Phạm vi ứng dụng
BK8	Tiện thô (cắt gián đoạn), phay thô, khoan, tiện lỗ, khoét lỗ, gia công các vật liệu cứng và hợp kim chịu lửa.
BK8B	Tiện thô thép không gỉ, hợp kim chịu lửa, bào thép, gia công thép đúc.
T30K4	Tiện tinh, cắt ren, tiện thô.
T15K6	Tiện thô và bán tiện tinh (cắt liên tục), tiện tinh (cắt gián đoạn), cắt ren, phay bán tinh và phay tinh, tiện lỗ.
T14K8	Tiện thô (cắt liên tục), tiện bán tinh và tiện tinh (cắt gián đoạn), phay thô
T5K10	Tiện thô (cắt gián đoạn), tiện định hình, cắt đứt, bào tinh, phay thô (cắt gián đoạn) tất cả các loại vật liệu thép cacbon và thép hợp kim.
T5K12B và T17K12	Tiện thô các phôi thép rèn, phôi dập, phôi thép đúc; bào các loại vật liệu thép cacbon, thép hợp kim; gia công các chi tiết thép trên các máy nhiều dao với tốc độ cắt nhỏ.
TT10K8A	Gia công thô và bán tinh vật liệu khó gia công và hợp kim chịu lửa.

1.6. Hợp kim gốm

Hợp kim gốm IJM- 332 được chế tạo trên cơ sở của ôxit nhôm (Al_2O_3) với phụ gia là ôxit kẽm hoặc ôxit canxi, ôxit magiê hoặc ôxit mangan.

Tính chất cơ lý của hợp kim gốm khác nhiều so với hợp kim cứng, cụ thể như sau: độ cứng và độ chống mòn của hợp kim gốm cao hơn, còn độ dai và giới hạn bền uốn thấp hơn, bảng 8.1.

Bảng 1.8. Bảng so sánh tính chất cơ lý của hợp kim cứng và hợp kim gốm

Vật liệu	Độ cứng HRA (thang A)	Giới hạn bền (kG/mm ²)		Tuổi bền nhiệt °C
		Khi uốn	Khi nén	
Hợp kim cứng BK	86 - 89	100 - 160	333	800
Hợp kim cứng TK	88,5 - 91	70 - 115	400	900
Hợp kim gốm IJM - 332	92 - 93	30 - 40	300	1200

Ưu điểm chính của hợp kim gốm là có thể giữ được độ cứng ở nhiệt độ cao trong vùng cắt. Ví dụ, ở nhiệt độ 1000°C độ cứng của hợp kim gốm là HRC 61, còn độ cứng của hợp kim cứng là HRC 28.

Gia công thép bằng dao hợp kim gồm cho phép giảm độ nhám bề mặt so với trường hợp gia công thép bằng dao hợp kim cứng, bởi vì khi gia công bằng dao hợp kim gồm không có khả năng hình thành lẹo dao.

Như vậy, có thể ứng dụng hợp kim gồm để nâng cao năng suất lao động và hiệu quả kinh tế, đặc biệt là khi gia công tinh thép, gang, kim loại màu và hợp kim chịu lửa.

1.7. Vật liệu hạt mài

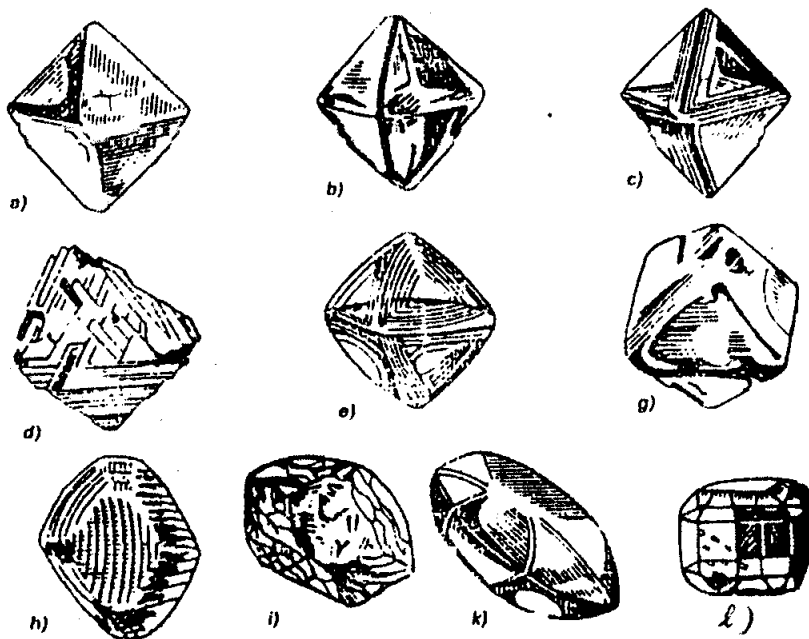
Vật liệu hạt mài được chia ra: vật liệu hạt mài tự nhiên và vật liệu hạt mài nhân tạo. Vật liệu hạt mài tự nhiên bao gồm: kim cương, kôrun, thạch anh, granat và cremen. Vật liệu hạt mài nhân tạo bao gồm: kim cương nhân tạo, nitrit bo, kôrun điện trung bình, kôrun điện trắng, kôrun điện crôm và titan. kôrun điện nguyên khối, cacbit silic, cacbit bo, ôxit crôm, ôxit sắt, ôxit nhôm.

1.7.1. Vật liệu hạt mài tự nhiên

1. Kim cương

Kim cương là một loại khoáng sản có thành phần hóa học gồm cacbon với hợp chất ôxit sắt, ôxit silic, ôxit titan, ôxit magiê, ôxit nhôm, ôxit canxi và ôxit đồng.

Hình 1.2 là các dạng tinh thể của kim cương.



Hình 1.2. Tinh thể kim cương

a,b) cạnh phẳng sắc; c) cạnh phẳng cùn; d) cạnh bậc; e) bậc rãnh; g,h) hình thoi; i) cạnh sắc; k) cạnh lồi; l) khối hộp vuông.

Kim cương tự nhiên có những tính chất cơ lý sau đây:

- Trọng lượng riêng	3,01 ÷ 3,54 kG/mm ²
- Độ cứng theo thang Movca	10
- Độ cứng tế vi	10600 kG/mm ²
- Giới hạn bền uốn	30 kG/mm ²
- Giới hạn bền nén	200 kG/mm ²
- Môđun đàn hồi	(7,2 ÷ 9,3) × 10 ⁴ kG/mm ²
- Nhiệt độ nóng chảy	4000°C
- Hệ số ma sát	0,08 ÷ 0,1

2. Kôrun

Kôrun là một loại khoáng sản có cấu tạo gồm ôxit nhôm (80 ÷ 95% Al₂O₃) và một số hợp chất khác trong đó có liên kết hóa học với ôxit nhôm. Kôrun được dùng chủ yếu để chế tạo dụng cụ cho gia công tinh.

3. Granat

Granat có thành phần gồm hợp chất của magiê, mangan và sắt. Trong thực tế, granat được dùng để chế tạo các loại giấy ráp phục vụ cho việc gia công gỗ, gia công chất dẻo, gia công da và gia công cao su.

4. Thạch anh

Thành phần chủ yếu của thạch anh là ôxit silic (95 ÷ 98% SiO₂). Thạch anh được dùng để chế tạo giấy ráp như granat hoặc đá mài giấy ráp để gia công gỗ, da và cao su.

5. Cremen

Cremen là một loại khoáng sản có thành phần gồm ôxit silic, các loại thạch anh và các chất hữu cơ khác.

1.7.2. Vật liệu hạt mài nhân tạo

1. Kim cương nhân tạo

Kim cương nhân tạo cũng có cấu tạo như kim cương tự nhiên. Tính chất cơ lý của hai loại kim cương này cũng tương tự như nhau.

2. Nitrit bo

Nitrit bo có thành phần gồm bo, silic và cacbon. Nitrit bo có độ cứng và tính chất gần giống như kim cương. Nitrit bo được dùng để chế tạo đá mài cho gia công thép có độ cứng cao và mài sắc dụng cụ thép gió.

Gia công bằng dụng cụ gạt mài nitrit bo cho phép nâng cao độ chính xác và chất lượng bề mặt.

3. Kôrun điện trung bình

Kôrun điện trung bình là vật liệu hạt mài chứa hàm lượng lớn kôrun. Đá mài được chế tạo từ kôrun điện được dùng để gia công thép cacbon chưa nhiệt luyện và gang hợp kim.

4. Kôrun điện trắng

Kôrun điện trắng được chế tạo từ đất sét bằng cách nung nó trong lò điện. Tùy thuộc vào hàm lượng Al_2O_3 , kôrun điện trắng được chế tạo thành hai loại:

- YA9 chứa 98,5% Al_2O_3 và khoảng 0,15% Fe_2O_3 .
- YA8 chứa 96,5% Al_2O_3 và khoảng 0,5% Fe_2O_3 .

Từ các loại kôrun điện trắng người ta chế tạo dụng cụ để gia công thép cacbon, thép gió trước và sau nhiệt luyện.

5. Kôrun điện crôm

Kôrun điện crôm được chế tạo từ đất sét bằng cách nung trong lò điện có pha thêm quặng crôm.

Từ kôrun điện crôm người ta chế tạo dụng cụ để gia công các loại thép cacbon và thép kết cấu bằng các phương pháp mài tròn trong và mài tròn ngoài.

6. Kôrun điện titan

Kôrun điện titan được chế tạo từ đất sét bằng cách nung trong lò điện có pha thêm quặng titan. Kôrun điện titan chứa khoảng 97% Al_2O_3 và khoảng 2% TiO_2 .

Từ kôrun điện titan người ta chế tạo dụng cụ để gia công các loại thép cacbon, thép kết cấu trước và sau nhiệt luyện.

7. Kôrun nguyên khối

Kôrun nguyên khối là một trong các loại kôrun điện chứa 97% Al_2O_3 (ôxit nhôm). Kôrun nguyên khối có độ bền rất cao.

Từ kôrun nguyên khối người ta chế tạo dụng cụ để gia công thép đã qua nhiệt luyện, gia công hợp kim chịu lửa và các loại hợp kim khác.

8. Cacbit silic

Cacbit silic là liên kết hóa học của silic và cacbon. Cacbit silic có độ cứng và độ giòn cao hơn kôrun điện.

Từ cacbit silic người ta chế tạo dụng cụ để gia công gang, kim loại màu, kính, chất dẻo, da và cao su, đồng thời để mài sắc dụng cụ hợp kim cứng.

9. Cacbit bo

Cacbit bo là liên kết hóa học của bo và cacbon (phản ứng hóa học của axit bo và than cốc trong lò điện).

Từ cacbit bo người ta chế tạo dụng cụ để nghiền bề mặt dụng cụ hợp kim cứng, để mài các chân kính đồng hồ và để khoan và nghiền các ổ chặn của thiết bị đo lường.

10. Ôxit crôm

Ôxit crôm là vật liệu dạng bột có màu trắng cho đến xanh đen. Ôxit crôm được chế tạo từ hợp chất của crôm, kali và lưu huỳnh.

Dụng cụ chế tạo từ ôxit crôm được dùng để nghiền chi tiết thép cacbon, chi tiết kim loại màu và các loại kính silicat.

11. Ôxit sắt

Ôxit sắt là một loại bột hạt nhỏ có thành phần chủ yếu là ôxit sắt. Dụng cụ chế tạo từ ôxit sắt được dùng để đánh bóng bề mặt các chi tiết thép, chi tiết kim loại màu và các loại kính.

12. Ôxit nhôm

Ôxit nhôm là một loại vật liệu hạt mài được dùng để chế tạo bột nghiền. Dùng bột nghiền này có thể nghiền và đánh bóng bề mặt nhiều loại vật liệu khác nhau.

1.7.3. Đặc tính cơ bản của vật liệu hạt mài

1. Hình dạng hạt

Hạt mài có kích thước theo tiết diện cắt ngang vượt không quá $5\mu m$. Hình dạng của hạt mài được đặc trưng bằng tỷ lệ tương quan giữa chiều dài l , chiều cao h và bề rộng b . Các hạt mài có ba thông số (l , h , b) gần bằng nhau được gọi là các hạt mài đẳng nhiệt hoặc hạt mài bình thường, các hạt mài như vậy có độ bền cao nhất.

Các hạt mài có đỉnh được vê tròn với bán kính từ $3 \div 30\mu m$. Góc đỉnh của hạt mài dạng kôrun điện dao động trong phạm vi $40 \div 145^\circ$, trong đó số lượng hạt mài có góc nhọn (góc nhỏ hơn 90°) chiếm khoảng $25 \div 30\%$, còn các hạt mài có góc lớn hơn 90° khoảng $75 \div 80\%$.

Các hạt mài kim cương có góc đỉnh và bán kính nhỏ. Ví dụ, hạt mài kim cương AC12 có bán kính $r = 2,2\mu m$, còn góc đỉnh khoảng 57° . Khi cắt bằng dụng cụ kim cương, nhiệt độ và biến dạng của chi tiết giảm.

2. Độ hạt

Độ hạt là độ lớn đặc trưng bằng kích thước hạt. Độ hạt được chia ra các nhóm và các số hiệu sau đây:

- Độ hạt lớn: 200, 165, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16.
- Độ hạt trung bình: 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3.
- Độ hạt nhỏ: M63, M50, M40, M28, M14, M10, M7, M5.

Số hiệu và độ lớn của hạt mài được thể hiện trong bảng 1.9.

Bảng 1.9. Số hiệu và độ lớn của hạt mài

Số liệu hạt mài	Độ lớn của hạt mài (μm)	Số hiệu hạt mài	Độ lớn của hạt mài (μm)
200	2500 - 2000	M63	63 - 50
160	2000 - 1600	M50	50 - 40
125	1600 - 1250	M40	40 - 28
100	1250 - 1000	M28	28 - 20
80	1000 - 800	M20	20 - 14
63	800 - 630	M14	14 - 10
50	630 - 500	M10	10 - 7
40	500 - 400	M7	7 - 5
32	400 - 315	M5	5 - 3
25	315 - 250		
20	250 - 160		
16	200 - 160		
12	160 - 125		
10	125 - 100		
8	100 - 80		
6	80 - 63		
5	63 - 50		
4	50 - 40		
3	40 - 28		

3. Độ cứng

Vật liệu mài cần phải có độ cứng cao hơn vật liệu gia công. Nếu độ cứng của vật liệu hạt mài bằng hoặc gần bằng độ cứng của vật liệu gia công thì quá trình cắt vẫn có thể thực hiện được nhưng năng suất cắt không cao. Hạt mài có độ cứng thấp được dùng để nghiền hoặc đánh bóng.

Có nhiều phương pháp để xác định độ cứng của hạt mài. Một trong những phương pháp đó là dùng máy đo độ cứng PIMT -3 để tác động lên vật liệu hạt mài mũi kim cương có góc đỉnh 136° . Tải trọng tác động là $20 \div 200 \text{ kG}$. Độ cứng được xác định theo phương pháp này là độ cứng tế vi. Các hạt mài khác nhau có độ cứng khác nhau. Dưới đây là một số ví dụ về hạt mài và độ cứng tương ứng:

- Kim cương tự nhiên có độ cứng tế vi 10.060 kG/mm^2 .
- Kim cương nhân tạo có độ cứng tế vi 10.100 kG/mm^2 .
- Nitrit bo có độ cứng tế vi 10.100 kG/mm^2 .
- Cacbit bo có độ cứng tế vi $3700 \div 4300 \text{ kG/mm}^2$.
- Cacbit silic có độ cứng tế vi $2800 \div 3500 \text{ kG/mm}^2$.
- Kôrun nguyên khối có độ cứng tế vi $2100 \div 2300 \text{ kG/mm}^2$.
- Kôrun điện trắng có độ cứng tế vi $2300 \div 2400 \text{ kG/mm}^2$.
- Kôrun điện trung bình có độ cứng tế vi $2000 \div 2200 \text{ kG/mm}^2$.

Chương 2

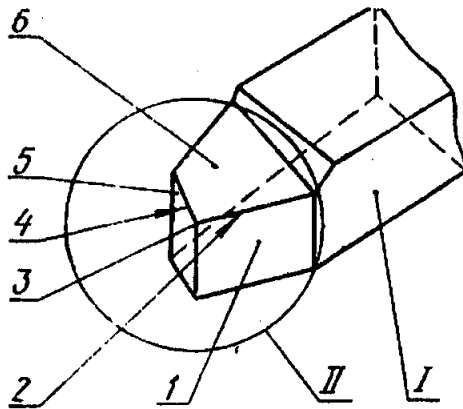
CÁC BỘ PHẬN KẾT CẤU VÀ CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA DỤNG CỤ CẮT

2.1. Các bộ phận kết cấu của dụng cụ cắt và các chuyển động cắt khi tiện

Gia công bằng phương pháp cắt gọt có thể được thực hiện bằng nhiều dụng cụ cắt khác nhau như: dao tiện, dao khoan, dao phay, dao chuốt, ... Mặc dù các dao cắt khác nhau nhưng chúng đều có phần cắt được cấu tạo như một cái chêm để bóc tách lớp vật liệu ra khỏi phôi (lớp vật liệu này được gọi là lượng dư).

Hình dạng của chêm cắt rất khác nhau và nó được dùng để nghiên cứu các thông số hình học của phần cắt. Trên cơ sở xác định hình học của lưỡi cắt thông thường có trong phần chêm cắt người ta nghiên cứu hình học của dụng cụ cắt phức tạp hơn.

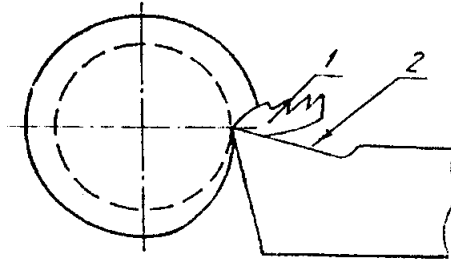
Hình 2.1 trình bày kết cấu của dao tiện



Hình 2.1. Các bộ phận cơ bản của dao tiện
I- thân dao; II- đầu dao.

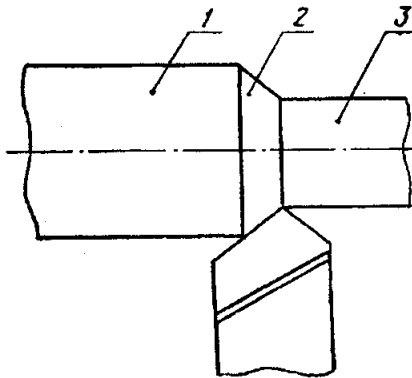
Thân dao tiện có dạng hình khối chữ nhật hoặc một dạng nào đó và được dùng để kẹp chặt trên đài dao. Đầu dao hay phần cắt tham gia trực tiếp vào quá trình bóc tách phôi. Cấu tạo của đầu dao gồm mặt trước 6, mặt chính 1, mặt sau phụ 5, mặt dưới và mặt bên. Giao tuyến của mặt trước 6 và mặt sau chính 1 tạo thành lưỡi cắt chính 2, còn giao tuyến mặt trước 6 và mặt sau phụ 5 tạo thành lưỡi cắt phụ 4. Giao điểm của lưỡi cắt chính 2 và lưỡi cắt phụ 4 tạo thành đỉnh dao 3.

Mặt trước của dao hấp thụ áp lực của lớp cắt (của phôi 1) và nó được gọi là mặt làm việc 2 (hình 2.2).



Hình 2.2. Hướng thoát phoi
1- phoi; 2- mặt trước của dao.

Mặt sau chính hướng tới bề mặt 1 (hình 2.3) để cắt phoi. Bề mặt này được gọi là bề mặt gia công. Mặt sau phụ hướng tới bề mặt đã gia công 3, có nghĩa là bề mặt sau khi đã được hút đi một lượng dư. Bề mặt nối giữa bề mặt chưa gia công và bề mặt đã gia công được tạo thành bởi lưỡi cắt chính trong quá trình cắt được gọi là bề mặt cắt 2.



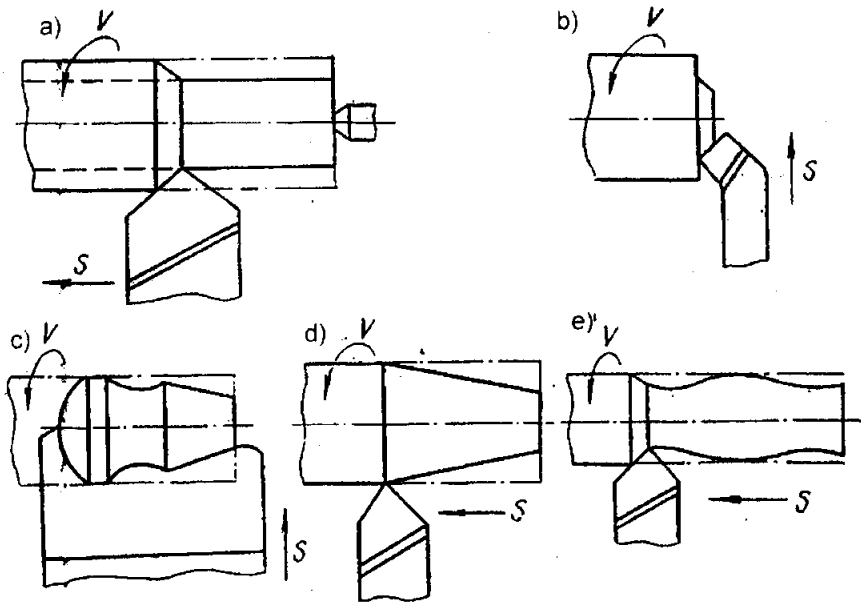
Hình 2.3. Các bề mặt gia công chủ yếu

Khi gia công trên máy tiện người ta phân biệt hai chuyển động: chuyển động chính là chuyển động quay V của phôi xung quanh tâm của nó và chuyển động phụ là lượng chạy dao S cùng với bàn xe dao (hình 2.4).

Dịch chuyển của dao song song với trục của phôi được gọi là chạy dao dọc (hình 2.4a), còn dịch chuyển của dao vuông góc với trục của phôi được gọi là chạy dao ngang (hình 2.4b). Như vậy, sau khi gia công ta nhận được mặt trụ và mặt phẳng vuông góc với tâm chi tiết (hình 2.4b). Dao phay định hình khi gia công với lượng chạy dao ngang tạo ra nhiều bề mặt xoay khác nhau (hình 2.4c). Khi dao dịch chuyển không song song với tâm chi tiết bề mặt gia công sẽ là bề mặt côn (hình 2.4d).

Dịch chuyển của dao có thể được thực hiện theo một đường cong nhờ tay người thợ hoặc theo đường sẽ tạo ra rãnh profin cong (hình 2.4e).

Nói cách khác trên các loại máy tiện người ta có thể gia công được bất kỳ loại chi tiết nào có hình dạng vật thể tròn xoay.



Hình 2.4. Sơ đồ chuyển động chính và chuyển động chạy dao khi gia công các bề mặt khác nhau bằng phương pháp tiện

a) mặt trụ; b) mặt đầu; c) mặt định hình; d) mặt côn; e) mặt prôfin cong.

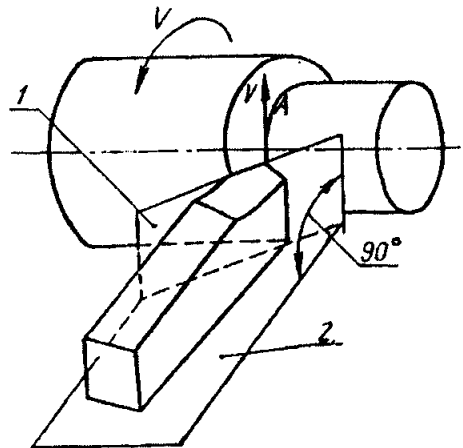
2.2. Các thông số hình học của dao

Để xác định các thông số hình học của dao cần xây dựng các mặt phẳng tọa độ sau đây:

- Mặt cắt 1 (hình 2.5) là mặt phẳng đi qua lưỡi cắt chính và vectơ tốc độ của một điểm bất kỳ (điểm A). Tốc độ cắt được gọi là tốc độ dịch chuyển tương đối của lưỡi cắt so với chi tiết gia công.

- Mặt phẳng đáy 2 là mặt phẳng vuông góc với vectơ tốc độ cắt. Khi xem xét các góc của dao tiện ở trạng thái tĩnh thì tốc độ cắt hay vectơ tốc độ cắt là khái niệm giả định

bởi vì không có chuyển động các loại dụng cụ trong quá trình cắt. Chúng được dùng để xác định các góc cắt của dao tiện và của tất cả các dụng cụ trong quá trình cắt.



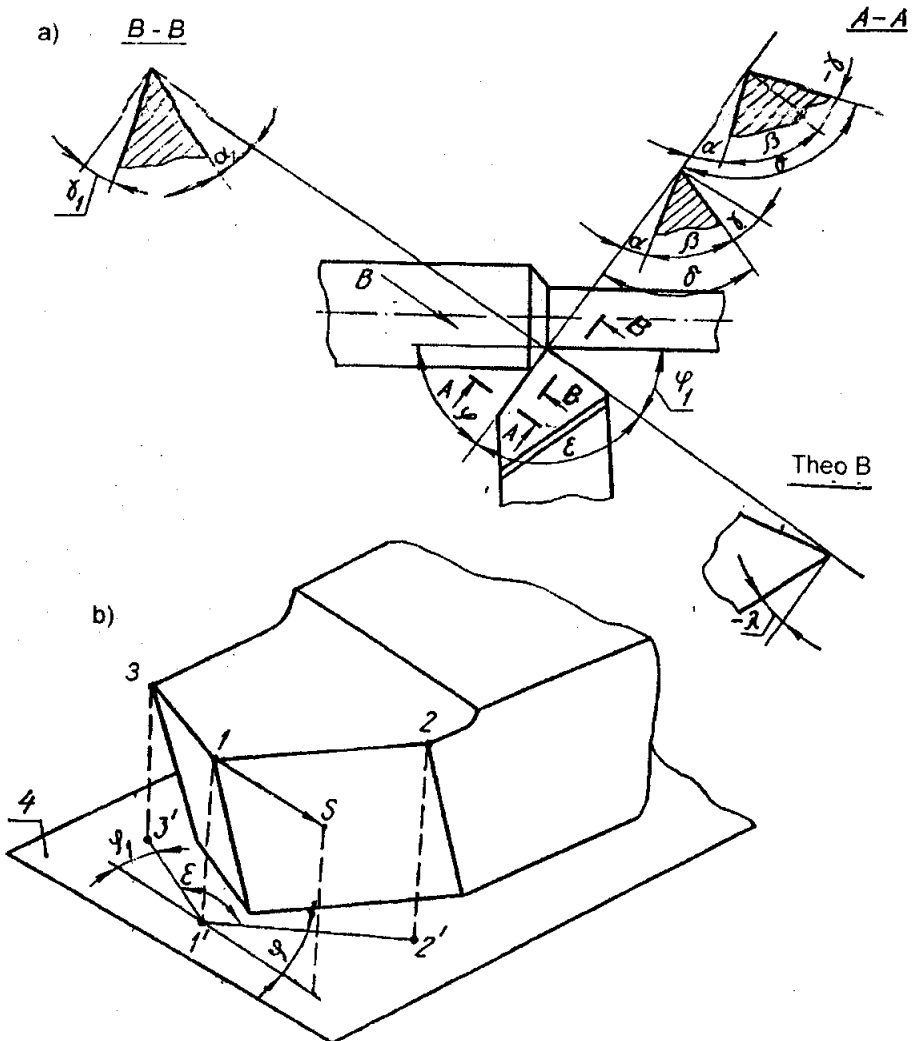
Hình 2.5. Các mặt phẳng tọa độ

Tất cả các loại dụng cụ cắt đều có mặt cắt chính và mặt cắt phụ (hình 2.6a).

Mặt cắt chính A – A là mặt phẳng vuông góc với hình chiếu của lưỡi cắt chính trên mặt phẳng đáy, còn mặt cắt phụ B – B là mặt phẳng vuông góc với hình chiếu của lưỡi cắt phụ trên mặt phẳng đáy.

Các góc được đo trong mặt cắt chính gọi là các góc chính, còn các góc được đo trong mặt cắt phụ được gọi là các góc phụ. Các góc này được định nghĩa như sau:

- Góc sau chính α là góc giữa tiếp tuyến với mặt sau chính tại điểm quan sát và mặt phẳng cắt. Cần có góc sau để giảm ma sát giữa mặt sau của dao và mặt của chi tiết gia công. Góc sau thường lấy trong khoảng $2^\circ \div 12^\circ$.



Hình 2.6. Các thông số hình học của dao tiện

- Góc trước γ là góc trước của dao và mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng cắt đi qua lưỡi cắt chính của dao. Góc này cần có để giảm lực cắt, đồng thời giảm ma sát giữa phoi và mặt trước của dao. Khi gia công kim loại dẻo, góc γ thường lấy trong khoảng $10 \div 20^\circ$ hoặc lớn hơn. Khi gia công thép, đặc biệt khi dao làm bằng hợp kim cứng, góc γ lấy bằng 0 hoặc trị số âm. Còn khi gia công bằng các dao định hình (dao tiện định hình, dao phay định hình, dao phay ren, dụng cụ cắt răng, ...) góc trước γ phải bằng 0 hoặc rất nhỏ ($2 \div 4^\circ$).

- Góc sắc β là góc giữa mặt trước và mặt sau chính của dao. Độ bền phần làm việc của dao phụ thuộc vào góc này.

- Góc cắt δ là góc giữa mặt trước của dao và mặt phẳng cắt.

- Các góc phụ của dao α_1, γ_1 đo trong mặt cắt phụ và cũng được xác định tương tự như các góc chính của dao (hình 2.6a).

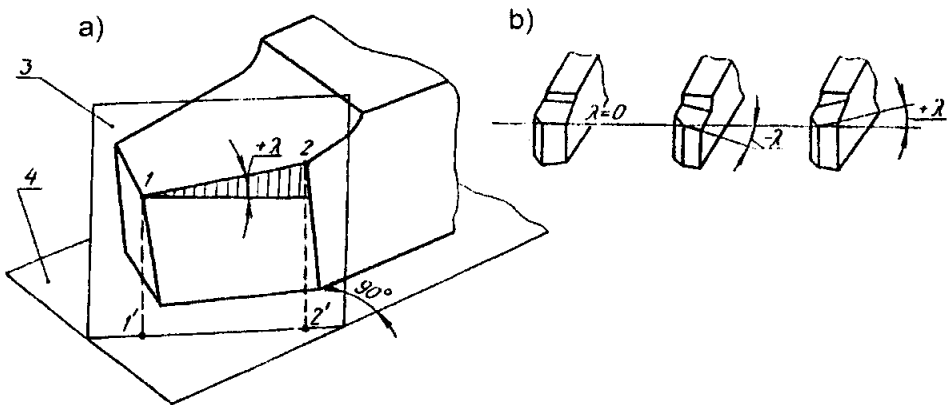
- Góc nghiêng chính φ là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt chính trên mặt đáy và chiều chạy dao.

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

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

Giữa các góc α, γ, δ và β có mối quan hệ sau: $\delta + \gamma = 90^\circ$ và $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ nếu góc γ dương, còn nếu góc γ âm ta có: $\delta - \gamma = 90^\circ$.

- Góc nghiêng của lưỡi cắt chính λ là góc lưỡi cắt chính và đường thẳng đi qua đỉnh dao song song với mặt phẳng đáy 4 (hình 2.7a).



Hình 2.7. Góc nghiêng λ của lưỡi cắt chính
1, 2- lưỡi cắt chính; 3, 4- mặt cắt và mặt phẳng đáy.

Góc λ được đo trong mặt phẳng đi qua lưỡi cắt chính vuông góc với mặt phẳng đáy (hình 2.7a), có nghĩa là, trong mặt cắt 3 và có thể bằng 0, âm hoặc dương (hình 2.7b). Góc λ xác định hướng thoát phoi. Khi $\lambda = 0$ phoi thoát theo

hướng vuông góc với lưỡi cắt chính, khi $\lambda > 0$ phoi thoát theo hướng bề mặt đã gia công, còn khi $\lambda < 0$ phoi thoát theo hướng bề mặt đang gia công.

Nếu lưỡi cắt chính song song với mặt phẳng đáy thì góc $\lambda = 0$, nếu đỉnh dao là điểm cao nhất của lưỡi cắt chính thì góc $\lambda < 0$, còn nếu đỉnh dao là điểm thấp nhất của lưỡi cắt chính thì góc $\lambda > 0$.

Tất cả các góc trên đây của dao được xác định trong những điều kiện sau đây:

a) Đỉnh dao được gá trên tâm quay của chi tiết gia công.

b) Tâm hình học của thân dao được gá vuông góc với tâm quay của chi tiết gia công.

Nếu hai điều kiện trên đây không được thỏa mãn thì các góc sẽ thay đổi.

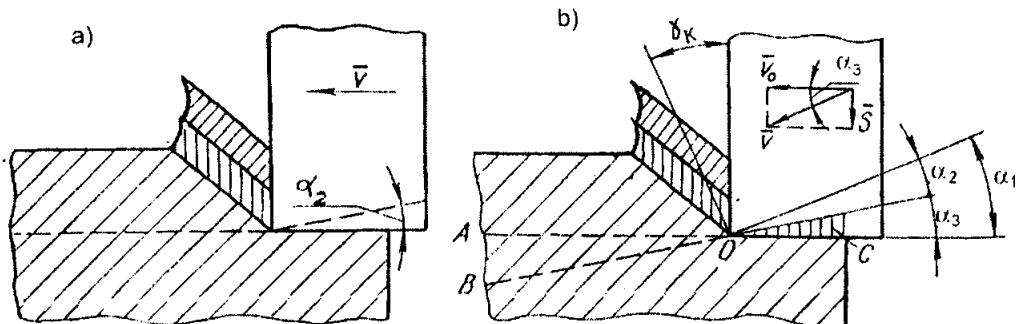
2.3. Ảnh hưởng của cách gá dao và quá trình cắt đến các thông số hình học của dao cắt

Quá trình cắt được thực hiện bằng dịch chuyển của dụng cụ cắt tương đối so với bề mặt của chi tiết gia công. Số lượng các chuyển động trong quá trình cắt rất khác nhau. Các chuyển động của dụng cụ cắt và chi tiết gia công được cung cấp bởi cơ cấu truyền động của máy.

Tùy thuộc vào vị trí của mặt cắt trong quá trình gia công giá trị của các góc của dụng cụ cắt có thể thay đổi khi mặt cắt có vị trí thay đổi so với vị trí khi không cắt. Ngoài ra, các thông số hình học của phần cắt sau khi mài lại cũng thay đổi hoặc biến động vì những nguyên nhân sau đây:

- Thay đổi vị trí của dao tương đối so với mặt phẳng đáy (mặt đáy).
- Khi gá đỉnh dao cao hơn hoặc thấp hơn tâm của máy hoặc tâm của chi tiết.
- Do bề mặt của dụng cụ bị mòn.

Giả sử quá trình cắt được thực hiện theo sơ đồ trên hình 2.8, khi dụng cụ cắt được dùng có thân hình lăng trụ với góc $\gamma = 0^\circ$; $\alpha = 0^\circ$ khi không cắt (các góc này gọi là các góc tĩnh).



Hình 2.8. Các góc tĩnh của dao thay đổi trong quá trình cắt khi $\alpha = 0$ (hình a) và $\alpha \neq 0$ (hình b).

Trên hình 2.8a mặt cắt khi gia công trùng với mặt cắt khi không gia công, vì vậy các góc động học bằng các góc tĩnh học. Dụng cụ cắt có góc $\alpha=0$, do đó có ma sát giữa mặt sau và bề mặt gia công. Để giảm ma sát cần tạo ra góc sau dương α_1 hoặc góc hở α_2 .

Bây giờ ta giả sử rằng dụng cụ cắt được cấp đồng thời hai chuyển động (hình 2.8b). Chuyển động thứ nhất (chuyển động chính) được thực hiện với tốc độ \bar{V}_0 , chuyển động thứ hai (chuyển động chạy dao) được thực hiện với tốc độ \bar{S} . Tốc độ tổng hợp sẽ là tốc độ cắt \bar{V} . Trong trường hợp này đường thẳng OB là quỹ đạo chuyển động của một điểm quan sát thuộc lưỡi cắt, quỹ đạo này song song với vectơ tốc độ cắt \bar{V} . Đường thẳng này là vết của mặt cắt trong quá trình gia công. Như vậy, mặt cắt có vị trí khác so với khi không cắt, bởi vì vết của mặt cắt ở trạng thái tĩnh (không cắt) là đường thẳng AB. Góc trước ở trạng thái tĩnh $\gamma=0$, còn trong quá trình cắt góc $\gamma_K>0$.

Góc sau ở trạng thái tĩnh $\alpha=0$, còn trong quá trình cắt $\alpha<0$. Trong trường hợp này quá trình cắt chỉ có thể được thực hiện trong điều kiện mặt sau của dụng cụ làm biến dạng dẻo lớp kim loại C của vật liệu gia công, lớp kim loại này gây cản trở chuyển động của dụng cụ cắt theo hướng của vectơ \bar{V} .

Để cho điều kiện cắt được bình thường, cần đảm bảo cho góc sau α_3 (gọi là góc chuyển động) bằng:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{S}{V_0} \quad (2.1)$$

Ở đây:

S- lượng chạy dao;

V_0 - tốc độ cắt.

Ở sơ đồ trên hình 2.8b, góc trước động (khi cắt) $\gamma_K = \alpha_3$. Góc sau mài α_1 bằng tổng của hai góc α_3 và α_2 :

$$\alpha_1 = \alpha_3 + \alpha_2 \quad (2.2)$$

Ở đây:

α_2 - góc hở;

α_3 - góc chuyển động.

Nếu chọn các góc γ và α không đúng, có nghĩa là không tính đến sự thay đổi của chúng trong quá trình cắt thì dụng cụ cắt có thể phải làm việc trong điều kiện rất nặng. Góc α_3 đối với mỗi sơ đồ cắt được xác định bằng tính toán, còn góc α_2 được xác định theo **số tay dụng cụ cắt**.

Tiếp theo ta nghiên cứu ảnh hưởng của lượng chạy dao tới các góc của dao tiện khi chuyển động đối với trường hợp dao được gá đúng tâm quay của phôi với góc nghiêng chính $\varphi = 90^\circ$ và góc $\lambda = 0$.

Khi tiện dọc, nghĩa là phôi quay còn dao dịch chuyển song với tâm của phôi (ăn dao dọc) thì bề mặt cắt là bề mặt xoắn ốc (hình 2.9a).

Mặt cắt thực tế AA tiếp tuyến với bề mặt cắt sẽ tạo với mặt cắt lý thuyết BB một góc α_3 (hình 2.9a), góc này là góc vuông của mặt xoắn vít (hình 2.9b). Như vậy, khi cắt ta có góc hở α_2 nhỏ hơn góc sau mũi α_1 một lượng là góc chuyển động α_3 :

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \alpha_3 \quad (2.3)$$

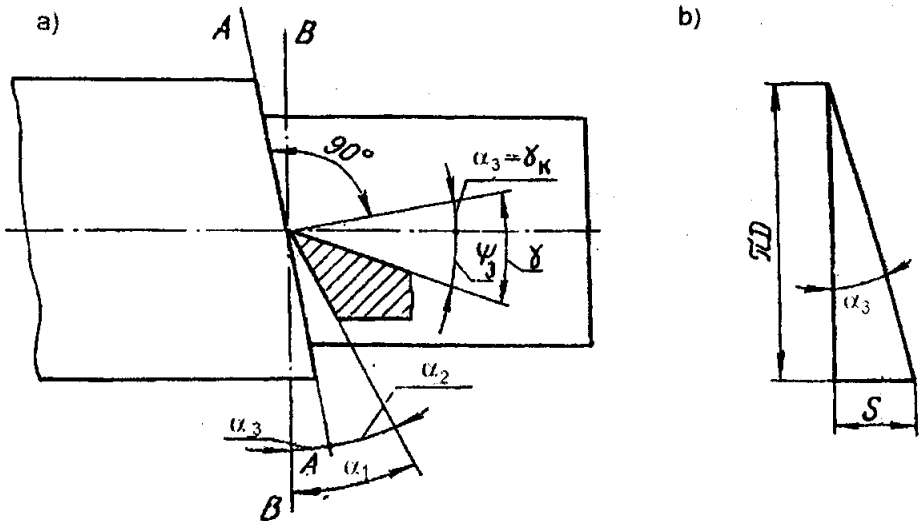
Trong trường hợp này:

$$\alpha_3 = \text{artg} \frac{S}{\pi D} \quad (2.4)$$

Ở đây:

S- lượng ăn dao dọc (mm/vòng);

D- đường kính của phôi ở điểm quan sát của lưỡi cắt (mm).



Hình 2.9. Ảnh hưởng của quá trình tiện ăn dao dọc tới sự thay đổi của các góc của dao

Từ phương trình (2.4) ta thấy góc α_3 tăng khi lượng chạy dao s tăng và đường kính của phôi D giảm. Vì vậy, lượng chạy dao càng tăng thì góc sau hở thực tế α_2 càng giảm.

Nếu đỉnh dao được gá thấp hơn hoặc cao hơn tâm của chi tiết (phôi) gia công cần xác định góc τ_φ (hình 2.10).

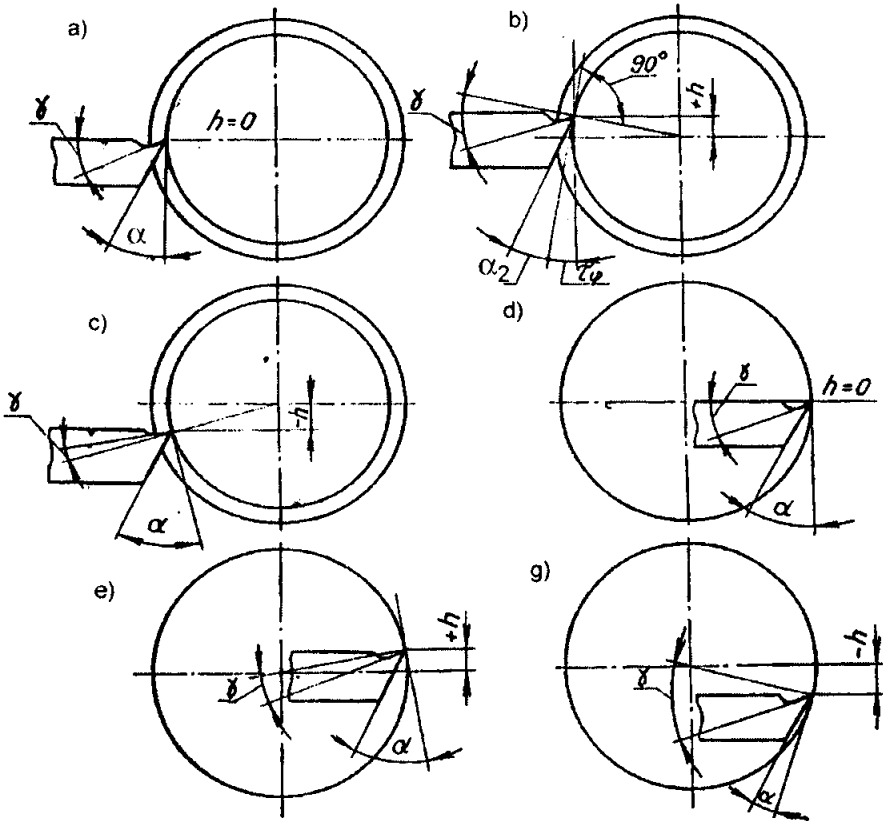
Vi:

$$\sin \tau_\varphi = \frac{h}{R} \quad (2.5)$$

Cho nên:

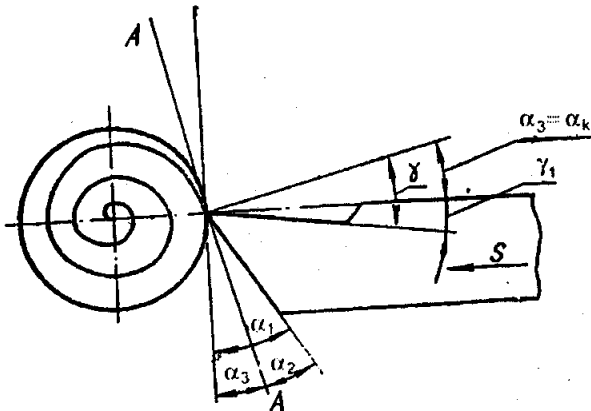
$$\alpha_{2(\varphi)} = \alpha_1 - \alpha_{3(\varphi)} \pm \tau_\varphi \quad (2.6)$$

Dấu trừ tính cho trường hợp gá dao thấp hơn tâm của phôi, còn dấu cộng tính cho trường hợp gá dao cao hơn tâm của phôi. Đối với các góc của dao $\alpha_{2(\varphi)}$ khi tiện trong thì các dấu + và - được tính theo hướng ngược lại.



Hình 2.10. Các thông số hình học của dao phụ thuộc vào vị trí của đỉnh dao so với tâm của phôi khi:

a, b, c) tiện ngoài; d, e, g) tiện trong; b) tính toán sự thay đổi của góc sau khi gá dao cao hơn tâm của phôi.



Hình 2.11. Sơ đồ thay đổi các góc α và γ khi cắt đứt hoặc tiện mặt đầu

Khi tiện ăn dao ngang ta cũng có ảnh hưởng tương tự của lượng chạy dao tới giá trị của góc sau. Dưới đây ta xét sự thay đổi của các thông số hình học khi gia công bằng dao có $\varphi = 0$ và $\lambda = 0$ (hình 2.11).

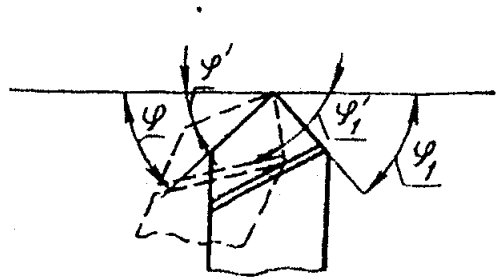
Khi cắt đứt hoặc tiện mặt đầu lưỡi cắt có quỹ đạo chuyển động theo đường cong Acsimet, tiếp tuyến với đường cong này là mặt cắt thực AA. Trong trường hợp này $\alpha_2 = \alpha_1 - \alpha_3$ giảm khi lượng chạy dao tăng và giảm theo dịch chuyển của dao từ ngoài vào tâm của phôi. Vì $\alpha + \beta + \gamma = 90$, còn góc sắc β luôn luôn cố định, khi góc sau α_1 giảm một lượng $\alpha_{3(\varphi)}$ thì góc trước γ_1 phải tăng lên một lượng đúng bằng $\alpha_{3(\varphi)}$. Như vậy, trong quá trình làm việc dao có góc trước γ bằng:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_K \pm \tau_\varphi \quad (2.7)$$

Ở đây:

$$\gamma_K = \alpha_{3(\varphi)};$$

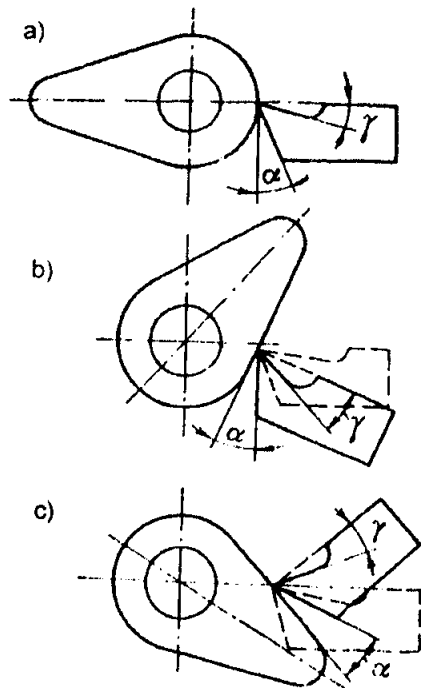
τ_φ - góc quay của mặt cắt gá dao cao hơn hoặc thấp hơn tâm quay của phôi.



Hình 2.12. Sơ đồ thay đổi góc nghiêng chính φ và góc nghiêng phụ φ_1 khi gá dao so với tâm của chi tiết gia công

Cần nhớ rằng góc nghiêng chính φ và góc nghiêng phụ φ_2 có thể thay đổi tùy thuộc vào cách gá dao so với tâm của chi tiết gia công (hình 2.12).

Khi gia công các chi tiết định hình dạng elip, trục cam các góc α và γ thay đổi trong quá trình cắt. Điều này có thể dễ dàng nhận thấy ở sơ đồ trên hình 2.13. Ta thấy để giữ cho các góc bình thường trong quá trình cắt cần phải dịch chuyển dao liên tục, do đó cần phải sử dụng đài gá dao lắc lư và dưỡng gá chuyên dùng.



Hình 2.13. Sự thay đổi góc cắt khi tiện trục cam

2.4. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt

2.4.1. Khái niệm

Để thực hiện quá trình gia công phôi bằng cắt gọt, phôi và dụng cụ cắt phải thực hiện một số chuyển động nhất định. Các chuyển động này được chia ra: chuyển động cắt và chuyển động chạy dao. Khi gia công trên máy tiện thì chuyển động cắt (chuyển động quay tròn) do phôi thực hiện, còn chuyển động chạy dao (chuyển động tịnh tiến) do dao thực hiện. Chuyển động chạy dao cho phép cắt toàn bộ bề mặt gia công.

2.4.2. Tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt

Tốc độ vòng tương đối của phôi so với lưỡi cắt của dụng cụ được gọi là tốc độ cắt. Tốc độ cắt (m/phút) được tính theo công thức:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \quad (2.8)$$

Ở đây:

D - đường kính bề mặt gia công (mm);

n - số vòng quay của phôi trong một phút (vòng/phút).

Từ công thức (2.8) có thể rút ra:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (2.9)$$

Khi tính chế độ cắt cần chọn giá trị cực đại tương ứng với đường kính của bề mặt gia công.

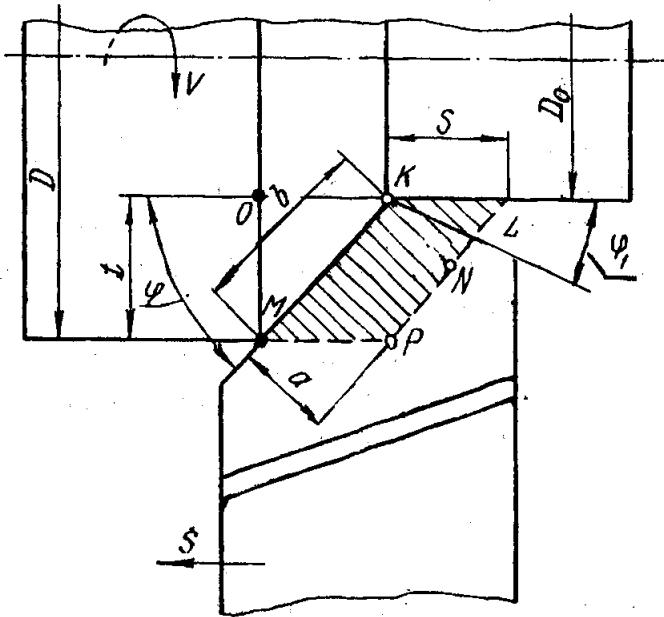
Đại lượng dịch chuyển của lưỡi cắt tương đối so với phôi trong một khoảng thời gian xác định được gọi là lượng chạy dao. Khi gia công trên máy tiện thường chọn lượng chạy dao trong một vòng quay của phôi S (mm/vòng). Đôi khi lượng chạy dao được tính cho một phút S_m (mm/phút). Lượng chạy dao vòng S và lượng chạy dao phút S_m có quan hệ sau đây:

$$S = \frac{S_m}{n} \quad (2.10)$$

Chiều sâu cắt t được gọi là khoảng cách giữa bề mặt đang gia công và bề mặt đã gia công, được đo theo phương vuông góc với bề mặt đã gia công. Chiều sâu cắt luôn luôn vuông góc với phương chạy dao (hình 2.14). Chiều sâu cắt được tính bằng mm.

Như vậy, khi tiện chạy dao dọc (chạy dao song song với tâm của phôi) chiều sâu cắt là nửa hiệu của đường kính phôi D và đường kính bề mặt đã gia công D_0 :

$$t = \frac{D - D_0}{2} \quad (2.11)$$



Hình 2.14. Các yếu tố của lớp cắt khi tiện

Khi tiện trong thì chiều sâu cắt t bằng nửa hiệu của đường kính lỗ sau khi gia công D_0 và đường kính lỗ trước khi gia công:

$$t = \frac{D_0 - D}{2} \quad (2.12)$$

Khi tiện mặt đầu chiều sâu cắt t bằng bề rộng của lớp cắt.

2.4.3. Chiều dày, bề rộng và tiết diện lớp cắt

Ngoài tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt đối với các yếu tố chế độ cắt còn phải kể đến chiều dày a và bề rộng b của lớp cắt (xem hình 2.14). Các đại lượng a và b không phải là chiều dày và bề rộng của lớp phoi được cắt mà là kích thước của lớp cắt trước khi tạo thành phoi. Kích thước của phoi có nghĩa là của lớp kim loại được cắt sẽ khác, đặc biệt là chiều dày của nó. Điều này được giải thích rằng, lớp cắt bị biến dạng dẻo, do đó chiều dài của phoi bị ngắn lại so với lớp kim loại được bóc ra nhưng chiều dày của nó theo tiết diện ngang lại tăng lên.

Chiều dày lớp cắt a được đo theo phương vuông góc với lưỡi cắt chính, còn bề rộng lớp cắt b được đo theo lưỡi cắt chính. Các thông số a và b được tính theo mm. Giữa chiều dày lớp cắt a và lượng chạy dao s cũng như giữa chiều sâu cắt t và bề rộng cắt b tồn tại một quan hệ xác định. Từ tam giác vuông KLN (hình 2.14) ta có:

$$KN = KL \cdot \sin \varphi \quad (2.13)$$

Hoặc

$$A = S \cdot \sin \varphi \quad (2.14)$$

Còn từ tam giác vuông OKM (hình 2.14) ta có:

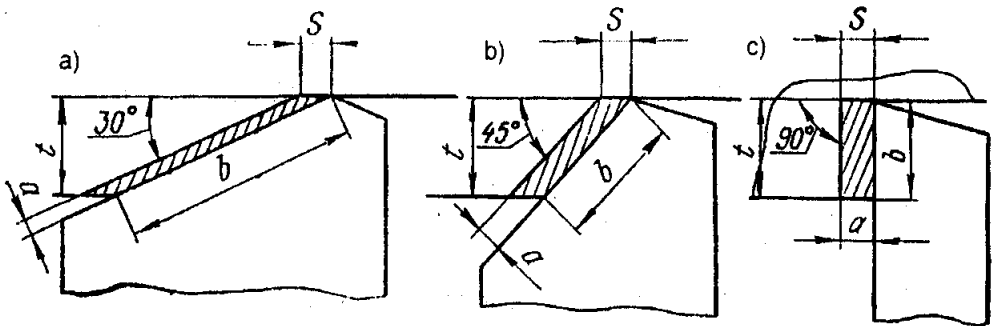
$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad (2.15)$$

Ở đây:

φ - góc nghiêng chính.

Từ các công thức (2.13); (2.14) và (2.15) và từ các sơ đồ trên hình 2.15 ta thấy cùng một lượng chạy dao S và chiều sâu cắt t khi góc nghiêng chính φ tăng thì chiều dày lớp cắt a tăng, còn bề rộng lớp cắt b giảm.

Chiều sâu cắt t và lượng chạy dao S đặc trưng cho quá trình cắt ở khía cạnh công nghệ, vì vậy chúng được gọi là yếu tố công nghệ của chế độ cắt. Chiều dày và bề rộng lớp cắt đặc trưng cho khía cạnh vật lý của quá trình cắt, vì vậy chúng được gọi là các yếu tố vật lý của chế độ cắt.



Hình 2.15. Hình dạng tiết diện ngang của lớp cắt khi gia công bằng các dao có góc nghiêng chính φ khác nhau

Diện tích (mm^2) của tiết diện cắt ngang của lớp cắt PKLM (hình 2.14) được xác định theo công thức:

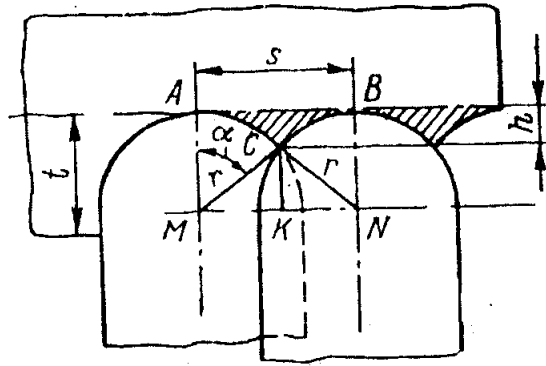
$$f = ab = tS \quad (2.16)$$

Thể tích phoi (mm^3) được bóc tách trong một phút được tính theo công thức:

$$Q = vtS \quad (2.17)$$

Khi cắt bằng dao có lưỡi cắt tròn với bán kính r (hình 2.16), diện tích lớp cắt f được tính theo công thức:

$$f = tS - \text{diện tích ABC} \quad (2.18)$$



Hình 2.16. Xác định tiết diện của lớp cắt khi mũi dao có bán kính r

$$\text{Diện tích ABC} = \text{diện tích ABNM} - (\text{diện tích AMC} + \text{diện tích MCN} + \text{diện tích BCN}) \quad (2.19)$$

$$\text{Diện tích ABNM} = Sr \quad (2.20)$$

$$\text{Diện tích AMC} + \text{diện tích BCN} = r^2 \alpha = r^2 \arcsin \frac{S}{2r} \quad (2.21)$$

$$\text{Diện tích MCN} = \frac{S}{2} \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} \quad (2.22)$$

Đặt các giá trị ABNM (công thức (2.20)), AMC và BCN (công thức (2.21)), MCN (công thức (2.22)) vào công thức (2.19) ta có:

$$\text{Diện tích ABC} = Sr - \left(\frac{S}{2} \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} + r^2 \arcsin \frac{S}{2r} \right) \quad (2.23)$$

Như vậy, diện tích f tính theo công thức (2.18) sẽ là:

$$f = tS - \left[Sr - \left(\frac{S}{2} \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} + r^2 \arcsin \frac{S}{2r} \right) \right] \quad (2.24)$$

Chiều cao của lớp cắt h sẽ bằng:

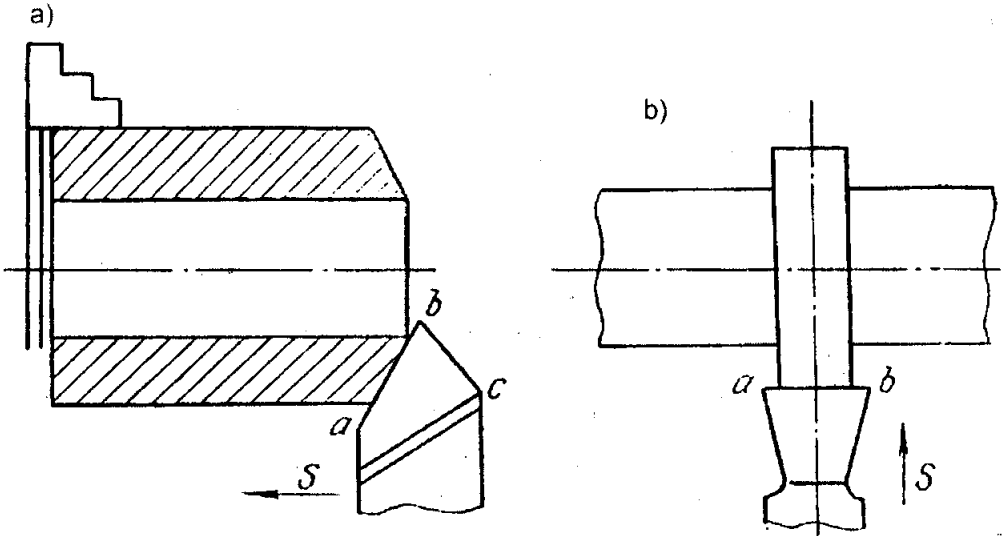
$$h = r - \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} \quad (2.25)$$

2.4.4. Cắt tự do và cắt không tự do

Thông thường khi cắt tự do chỉ có lưỡi cắt chính tham gia vào quá trình cắt (hình 2.17).

Trong trường hợp này tất cả các phần của lưỡi cắt đều ở trong những điều kiện như nhau và phương dịch chuyển của các phần tử phối hầu như cũng như nhau. Nếu lưỡi cắt vuông góc với phương chạy dao thì quá trình cắt được

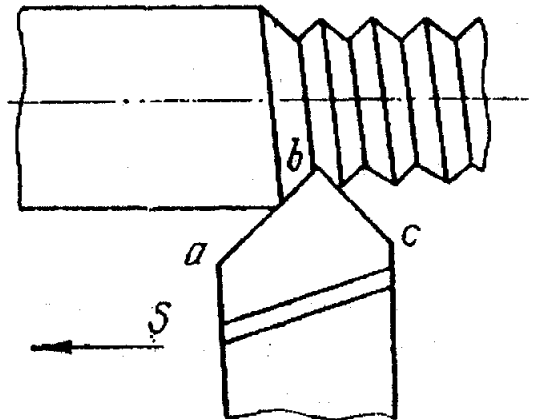
gọi là cắt tự do vuông góc (hình 2.17b), còn nếu không vuông góc thì gọi là cắt tự do côngxôn.



Hình 2.17. Các ví dụ cắt tự do

Hình 2.18 là các ví dụ cắt không tự do. Trong trường hợp này lưỡi cắt phụ bc tùy thuộc vào bán kính đỉnh dao r , góc nghiêng phụ φ_1 và lượng chạy dao s mà tham gia nhiều hay ít vào quá trình cắt. Nó tạo ra cắt phụ để bổ sung cho cắt chính được thực hiện bởi lưỡi cắt chính. Trong trường hợp này quá trình hình thành phoi rất phức tạp bởi vì ở đây các phần khác nhau của phoi có xu hướng dịch chuyển theo mặt trước của dao với các hướng khác nhau.

Diện tích lớp cắt ngang $f = ab$ được xác định trên đây là diện tích danh nghĩa hoặc diện tích tính toán khi gá đỉnh dao theo tâm chi tiết (tâm phôi gia công) với các góc λ và γ bằng 0. Tuy nhiên, diện tích (tiết diện) danh nghĩa chỉ tồn tại khi cắt tự do hoặc trong trường hợp nếu

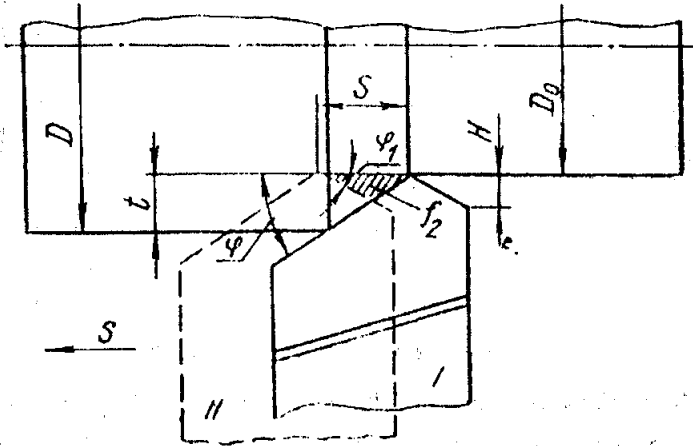


Hình 2.18. Ví dụ cắt không tự do

dao có lưỡi cắt với góc nghiêng phụ $\varphi_1 = 0$ và chiều dài của lưỡi cắt này lớn hơn giá trị của lượng chạy dao. Trong các trường hợp này dao hút một lớp kim loại mà không để lại các vết trên bề mặt gia công.

Thông thường khi cắt trên bề mặt xuất hiện các vết nhấp nhô, kích thước của chúng phụ thuộc vào lượng chạy dao, bán kính đỉnh dao, các góc nghiêng chính và nghiêng phụ.

Giả sử dao dịch chuyển từ vị trí I sang vị trí II (hình 2.19), có nghĩa là dịch chuyển một lượng chạy dao S , nó để lại trên bề mặt đã gia công một vết có chiều cao H . Nếu ký hiệu tiết diện thực của lớp cắt là f_0 , còn diện tích (tiết diện) của vết là f_2 thì $f_0 = f - f_2$.



Hình 2.19. Vết còn lại khi tiện

Chiều cao H của vết đặc trưng cho độ nhám bề mặt.

+ Nếu đỉnh dao không được vẽ tròn thì chiều cao H (mm) được tính theo công thức:

$$H = S \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (2.26)$$

+ Nếu đỉnh dao được vẽ tròn với bán kính r và $s < r$:

$$H = \frac{S^2}{2r} \quad (2.27)$$

Từ các công thức (2.26); (2.27) ta thấy khi S , φ và φ_1 càng lớn, r càng nhỏ thì chiều cao nhấp nhô H càng lớn và ngược lại.

Hai công thức (2.26) và (2.27) chỉ là những công thức gần đúng bởi vì chúng không tính ảnh hưởng của các yếu tố biến dạng dẻo, rung động ... Vì vậy, chiều cao nhấp nhô thực tế sẽ lớn hơn chiều cao nhấp nhô tính toán.

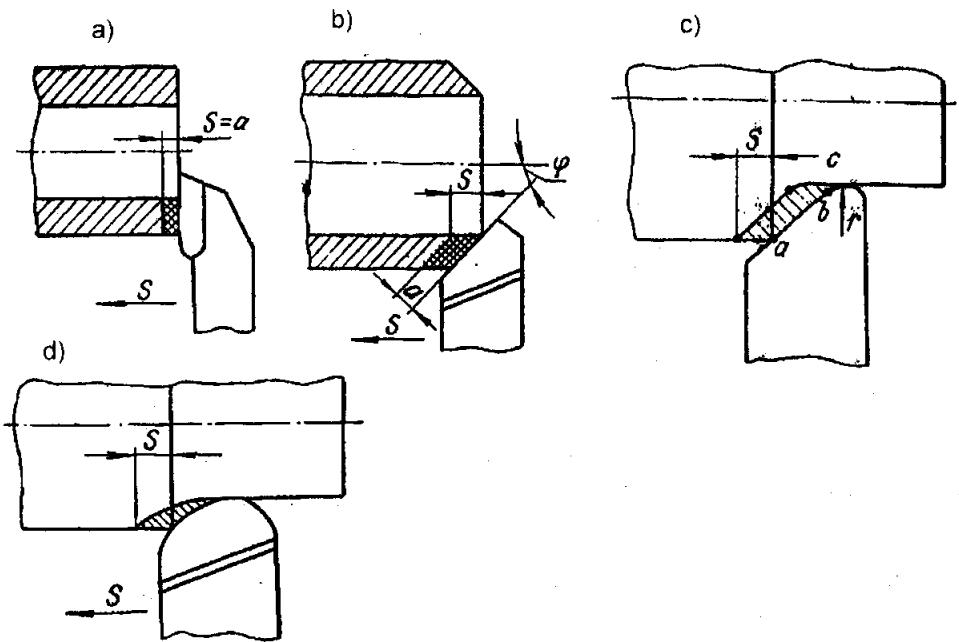
2.4.5. Hình dạng của tiết diện cắt

Hình dạng của tiết diện cắt phụ thuộc vào hình dạng của lưỡi cắt chính và vị trí gá đặt đỉnh dao so với tâm phôi.

Tiết diện cắt khi cắt tự do bằng dao có lưỡi cắt thẳng nằm vuông góc với tâm phôi (hình 2.20a) có dạng hình chữ nhật. Trong trường hợp này chiều dày lớp cắt cố định và bằng lượng chạy dao. Ở đây góc $\varphi = 90^\circ$.

Nếu lưỡi cắt thẳng khi cắt tự do nằm không vuông góc với tâm phôi ($\varphi \neq 90^\circ$) thì tiết diện cắt có dạng hình bình hành (hình 2.20b). Chiều dày lớp cắt cũng cố định như trường hợp trên hình 2.20a nhưng nhỏ hơn lượng chạy dao.

Cắt không tự do được dùng khi gia công bằng dao với lưỡi cắt có bán kính đỉnh dao r (hình 2.20c). Trong trường hợp này tiết diện lớp cắt có hình dạng phức tạp. Trên đoạn ab tiết diện lớp cắt có dạng hình bình hành, còn trên đoạn bc nó có dạng như dấu phẩy. Trên đoạn ab chiều dày lớp cắt cố định nhưng nhỏ hơn lượng chạy dao, còn trên đoạn bc nó thay đổi nhưng cũng nhỏ hơn lượng chạy dao.



Hình 2.20. Hình dạng của tiết diện cắt

Khi cắt không tự do bằng dao có lưỡi cắt cong (hình 2.20d) tiết diện lớp cắt có hình dạng như dấu phẩy. Chiều dày lớp cắt thay đổi theo hướng vuông góc với lưỡi cắt và nhỏ hơn lượng chạy dao.

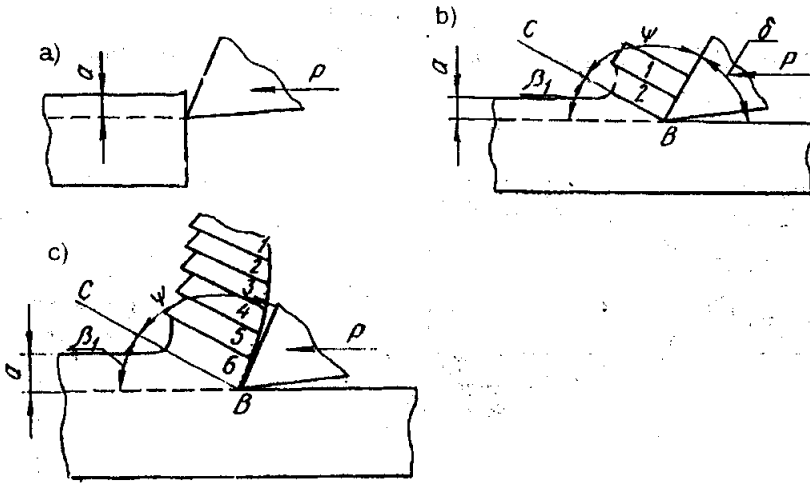
Tùy thuộc vào quan hệ giữa lượng chạy dao và chiều sâu cắt, phôi được gọi là phôi thẳng góc khi $S < t$, phôi hình vuông khi $S = t$ và phôi dài khi $S > t$.

Chương 3

QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH PHOI

3.1. Khái niệm và phân loại phoi

Khi dao dịch chuyển các phần tử kim loại lúc đầu bị nén đàn hồi (hình 3.1a), sau đó bị biến dạng dẻo, quá trình biến dạng dẻo tăng dần cho đến khi bị lực liên kết bên trong của các phần tử kim loại chặn lại. Ở thời điểm này xảy ra sự xếp lớp của các phần tử phoi và sự trượt của chúng trong mặt phẳng BC (hình 3.1b). Hiện tượng tương tự cũng xảy ra đối với các phần tử tiếp theo từ 1 ÷ 6 (hình 3.1c).



Hình 3.1. Sơ đồ của quá trình hình thành phoi thép

Biến dạng dẻo xảy ra trong vùng được giới hạn bằng góc ψ , góc này được gọi là góc tác động. Góc β_1 gọi là góc trượt, còn mặt phẳng BC gọi là mặt phẳng trượt.

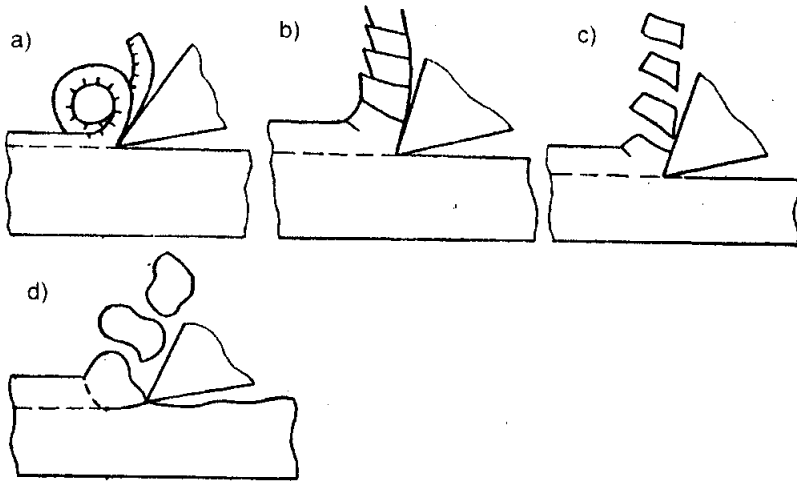
Quá trình hình thành phoi trên đây xảy ra khi gia công các vật liệu dẻo với chiều sâu cắt lớn và góc cắt δ nhỏ.

Hình 3.2 là các loại phoi được hình thành trong quá trình gia công các loại vật liệu khác nhau.

Hình 3.2a là phoi dây. Phoi dây được hình thành khi gia công vật liệu dẻo với chiều sâu cắt nhỏ, tốc độ cắt và góc trước lớn.

Phoi xếp lớp (hình 3.2b) được hình thành khi gia công thép và các vật liệu dẻo khác với chiều dày cắt lớn, tốc độ cắt và góc trước γ nhỏ.

Phoi vụn (hình 3.2c) được hình thành khi gia công vật liệu dẻo với chiều dày cắt lớn, tốc độ cắt và góc trước γ nhỏ.



Hình 3.2. Các loại phoi

Khi gia công vật liệu giòn (gang) với chiều dày cắt và góc trước γ lớn thì phoi vụn (hình 3.2d) có hình dạng không giống nhau được hình thành.

3.2. Sự trượt tương đối

Quá trình chuyển đổi từ lớp kim loại được hút thành phoi xảy ra ở các lớp kim loại bị trượt theo phương được xác định bằng góc β_1 . Hơn nữa, quá trình chuyển đổi này còn gây ra biến dạng dẻo. Ta ký hiệu chiều dày lớp cắt là ΔX còn giá trị trượt của nó là ΔS (hình 3.3a). Trong lý thuyết biến dạng dẻo để đặc trưng cho sự trượt kim loại người ta dùng đại lượng ϵ , đại lượng này được gọi là trượt tương đối, nó bằng:

$$\epsilon = \frac{\Delta S}{\Delta X} \quad (3.1)$$

Phần tử kim loại ABCD dưới tác dụng của chêm cắt bị biến dạng trong hình bình hành eBCn (hình 3.3c). Ta vẽ lại tam giác CnD (hình 3.3b), trong đó $mC = \Delta X$, góc KnC = γ , $nD = \Delta S$, góc MKC = β_1 , góc CmD = 90° , góc nDC = β_1 , góc nCm = θ .

Góc β_1 là góc ngoài của tam giác KCn, do đó:

$$\beta_1 = \theta + \gamma \quad (3.2)$$

Hay:

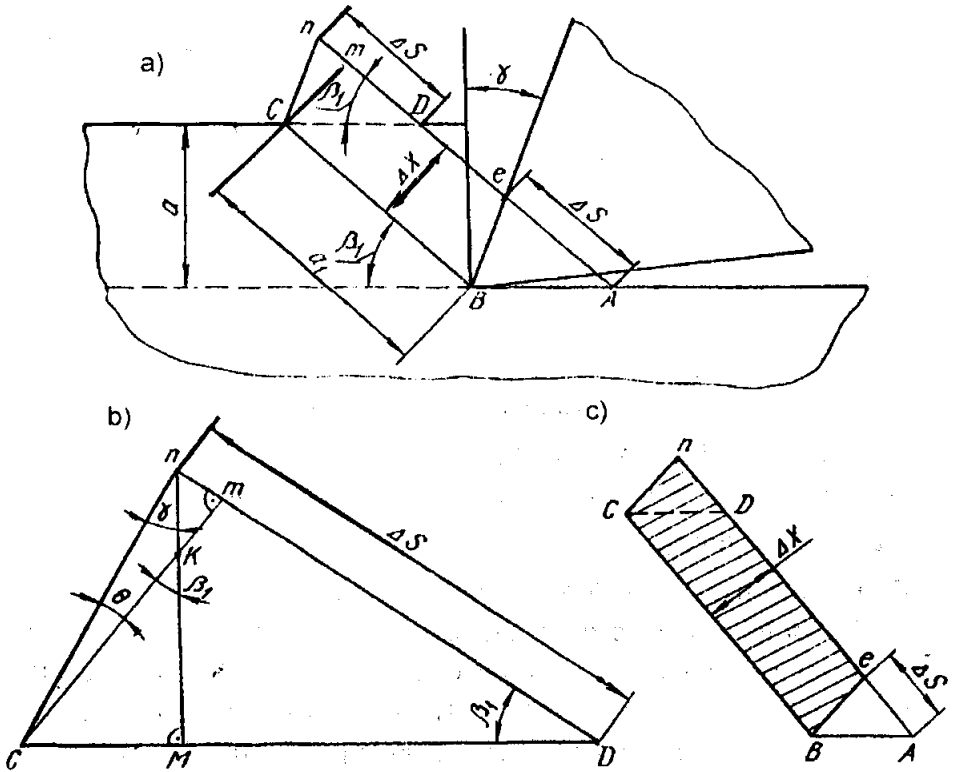
$$\theta = \beta_1 - \gamma \quad (3.3)$$

Thật vậy:

$$\epsilon = \frac{\Delta S}{\Delta X} = \frac{nD}{mC} = \frac{mD}{mC} + \frac{mn}{mC} \quad (3.4)$$

$$\epsilon = \text{ctg}\beta_1 + \text{tg}\theta = \text{ctg}\beta_1 + \text{tg}(\beta_1 - \gamma) \quad (3.5)$$

Như vậy, đại lượng trượt tương đối khi cắt phụ thuộc vào góc trượt β_1 và góc trước γ . Góc β_1 có thể xác định được khi biết a và a_1 (hình 3.3a), còn góc trước γ luôn luôn cho trước. Trong thực tế $\varepsilon = 2 \div 5$.



Hình 3.3. Sơ đồ xác định trượt tương đối

Ta thử xác định xem với giá trị nào của β_1 thì giá trị trượt tương đối ε sẽ nhỏ nhất. Để giải bài toán này ta lấy đạo hàm vế phải của phương trình (3.5) và cho nó bằng 0 rồi giải phương trình đối với β_1 :

$$\frac{d\varepsilon}{d\beta_1} = -\frac{1}{\sin^2 \beta_1} + \frac{1}{\cos^2 (\beta_1 - \gamma)} = 0$$

Hay:

$$\frac{d\varepsilon}{d\beta_1} = -\operatorname{cosec}^2 \beta_1 + \sec^2 (\beta_1 - \gamma) = 0 \quad (*)$$

Đẳng thức (*) này được thỏa mãn khi $\beta_1 = 90 - (\beta_1 - \gamma)$.

Khi đó:

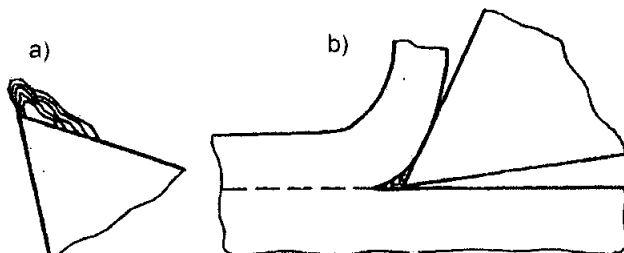
$$[\beta_1]_{\varepsilon=\min} = 45 + \frac{\gamma}{2} \quad (3.6)$$

Có nghĩa là cường độ biến dạng dẻo sẽ nhỏ nhất.

3.3. Hiện tượng lẹo dao

3.3.1. Khái niệm

Khi hình thành phoi dây, thông thường có một ít kim loại gia công dính trên mũi dao. Lớp kim loại này có dạng của hình tam giác (hình 3.4). Hiện tượng này được gọi là lẹo dao.



Hình 3.4. Hình dạng của lẹo dao

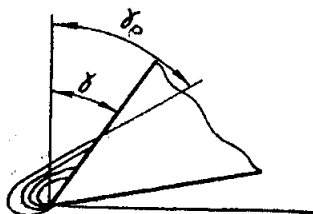
a) lẹo dao ở mặt trước của dao;

b) dao cắt với hiện tượng lẹo dao trong quá trình gia công

Lẹo dao được hình thành do lực ma sát giữa phoi và mặt trước của dụng cụ cắt. Khi cắt phoi, xuất hiện áp lực lớn ($\approx 1000 \text{ kG/cm}^2$), do đó kim loại bị nung nóng mạnh. Vì vậy, ở toàn bộ bề mặt tiếp xúc xuất hiện sự cọ sát của phoi với bề mặt dụng cụ. Mặc dù được mài cẩn thận, ở bề mặt dụng cụ vẫn còn những vết lồi lõm, cho nên khi phoi bị biến dạng có một phần dính vào mặt dao. Các lớp kim loại biến dạng này được xếp chồng lên nhau, tạo thành lẹo dao. Độ cứng của lẹo dao cao hơn độ cứng của kim loại nền khoảng 2,5÷3,5 lần. Như vậy, lẹo dao đóng vai trò một lưỡi cắt, tuy nhiên nó không ổn định. Khi đạt đến giá trị max, lẹo dao bị phá hủy, một phần dính vào phoi, còn một phần dính vào bề mặt chi tiết gia công.

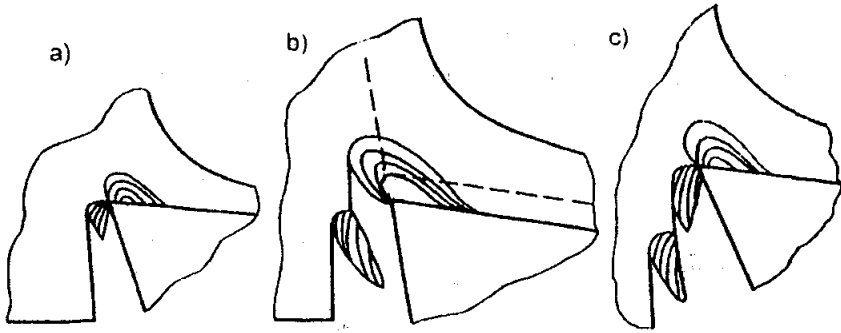
3.3.2. Ảnh hưởng của lẹo dao đến quá trình cắt

Vi phoi không trượt theo đỉnh dao, mà trượt theo bề mặt lẹo dao cho nên góc trước thực tế γ_0 sẽ tăng lên (hình 3.5), nhờ đó mà quá trình cắt dễ dàng hơn. Do có độ cứng cao nên lẹo dao có tác dụng giữ cho bề mặt dao không bị xây xát và giảm được nhiệt độ truyền vào mũi dao. Điều này có tác dụng giảm độ mòn của dao, có nghĩa là tăng tuổi bền của dao.



Hình 3.5. Góc γ tăng khi có lẹo dao

Lẹo dao xuất hiện làm cho độ nhám bề mặt gia công tăng. Sơ đồ hình thành lẹo dao và độ nhám bề mặt gia công khi cắt phoi dây được giải thích theo hình 3.6.

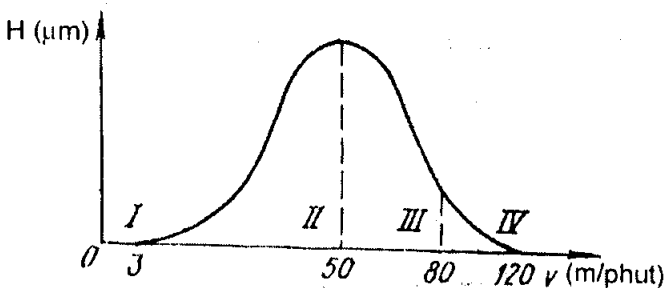


Hình 3.6. Sơ đồ hình thành lẹo dao và độ nhám bề mặt gia công

Lẹo dao có độ cứng rất cao, nó đóng vai trò như một lưỡi cắt. Lẹo dao làm cho dao dài ra, cho nên nó là nguyên nhân làm tăng chiều dày cắt so với chiều dày cắt danh nghĩa. Tại một thời điểm nào đó, khi lẹo dao đạt giá trị cực đại, nó bị phá hủy (hình 3.6a), một phần dính vào phoi, còn một phần dính vào bề mặt gia công. Phần lẹo dao dính vào bề mặt gia công là đỉnh của nhấp nhô bề mặt. Lẹo dao bị phá hủy làm cho chiều dày cắt giảm (đường nét đứt trên hình 3.6b). Tiếp theo đó kích thước của lẹo dao lại tăng lên và chiều dày cắt tăng dần cho đến khi lẹo dao lại bị phá hủy và lại tạo thành đỉnh của nhấp nhô bề mặt (hình 3.6c). Quá trình này được lặp lại theo chu kỳ, do đó bề mặt gia công có độ nhấp nhô rải rác.

Kích thước của lẹo dao và tính vững chắc của nó phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ cắt. Vùng tốc độ có ảnh hưởng đến lẹo dao có thể được chia ra làm bốn (hình 3.7). Vùng I- tốc độ cắt nhỏ hơn 3 m/phút, lẹo dao không tồn tại hoặc rất nhỏ. Vùng II- tốc độ cắt trong khoảng 3÷50 m/phút, lẹo dao xuất hiện và tăng dần. Vùng III- tốc độ cắt trong khoảng 50÷80 m/phút, lẹo dao bắt đầu giảm. Vùng IV- tốc độ cắt trong khoảng 80÷120 m/phút, lẹo dao không tồn tại.

Cần nhớ rằng, tùy thuộc vào tính chất cơ lý và thành phần hóa học của vật liệu gia công (thép) tốc độ cắt trong các vùng trên có thay đổi chút ít.



Hình 3.7. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến chiều cao của lẹo dao

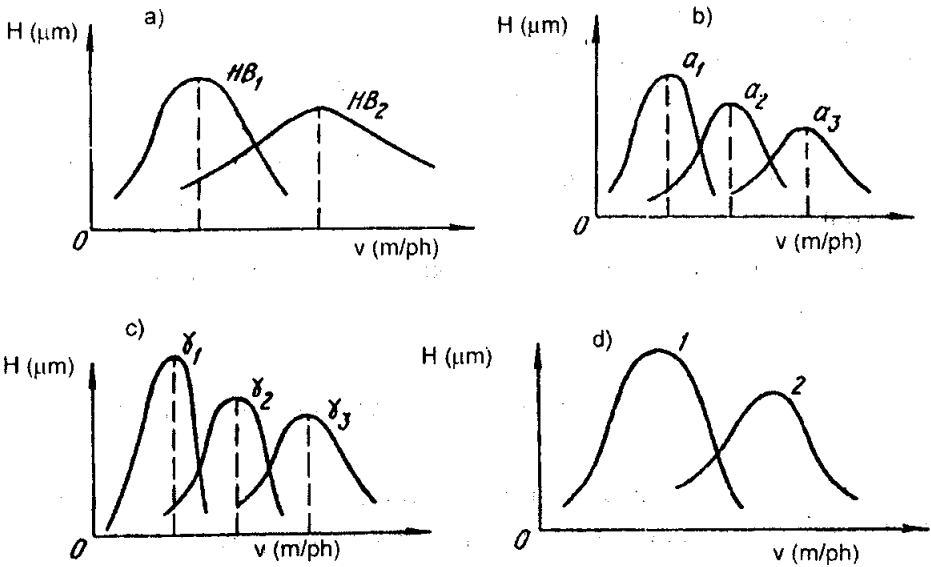
3.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến lẹo dao

Kích thước của lẹo dao phụ thuộc vào tương quan của lực ma sát giữa phoi với mặt trước dụng cụ và lực liên kết bên trong của vật liệu gia công. Lực ma sát càng lớn so với lực liên kết bên trong, kích thước của lẹo dao càng lớn.

Trong những điều kiện gia công cụ thể, lực ma sát chịu ảnh hưởng của nhiệt độ cắt θ_c (nhiệt độ cắt này phụ thuộc tuyến tính vào tốc độ cắt V). Vì vậy, nguyên nhân của yếu làm thay đổi kích thước của lẹo dao với sự thay đổi tốc độ cắt là nhiệt độ cắt. Nhiệt độ cắt cũng có ảnh hưởng rất lớn đến hệ số ma sát của dòng phoi với mặt trước của dụng cụ. Khi tốc độ cắt thấp, nhiệt độ trong vùng cắt không lớn, hệ số ma sát không cao, do đó lẹo dao ở đây không có hoặc rất nhỏ (vùng I trên hình 3.7).

Khi tốc độ cắt tăng, nhiệt độ cắt θ_c tăng, cho nên hệ số ma sát cũng tăng, làm cho lẹo dao đạt giá trị cực đại (vùng II trên hình 3.7). Nếu tốc độ cắt tiếp tục tăng, giảm hệ số ma sát và kích thước của lẹo dao (vùng III trên hình 3.7).

Lẹo dao còn chịu ảnh hưởng của tính chất cơ lý của vật liệu gia công (độ dẻo và độ bền), chiều dày cắt, góc trước γ và dung dịch trơn nguội (hình 3.8).



Hình 3.8. Ảnh hưởng của điều kiện cắt tới lẹo dao

Từ các đồ thị trên hình 3.8 ta thấy vật liệu có độ dẻo càng nhỏ ($HB_1 < HB_2$, hình 3.8a), chiều dày lớp cắt càng nhỏ ($a_1 > a_2 > a_3$, hình 3.8b) và góc trước γ càng lớn ($\gamma_1 < \gamma_2 < \gamma_3$, hình 3.8c), kích thước lẹo dao càng nhỏ.

Đặc tính của các quan hệ phụ thuộc trên đây được giải thích bằng các yếu tố sau đây:

- Điều kiện ma sát giữa phoi và mặt trước dụng cụ.
- Nhiệt độ trong vùng cắt.

Các yếu tố làm tăng lực ma sát sẽ đẩy đường cong về bên trái (tăng lẹo dao). các yếu tố làm giảm lực ma sát sẽ đẩy đường cong về bên phải (giảm lẹo dao). Khi sử dụng dung dịch trơn nguội (hình 3.8d) đường cong phụ thuộc $H = f(V)$ dịch chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2. Như vậy, trong điều kiện tưới dung dịch trơn nguội cố định, kích thước và hình dáng của lẹo dao chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ ở mặt trước của dụng cụ cắt. Tốc độ cắt, chiều dày cắt, góc trước ảnh hưởng đến lẹo dao nhiều hay ít là phụ thuộc vào ảnh hưởng của chúng tới nhiệt độ cắt.

Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới lẹo dao cũng tương tự như ảnh hưởng của tốc độ cắt tới chiều cao nhấp nhô R_z (hình 3.9).

Để khử hiện tượng lẹo dao và như vậy để giảm chiều cao nhấp nhô của bề mặt gia công cần phải:

a) Gia công trong vùng chế độ cắt khi lẹo dao không xuất hiện, có nghĩa là, ở vùng chế độ cắt thấp. Tuy nhiên, điều này làm cho năng suất gia công giảm, vì vậy nên gia công ở vùng tốc độ cắt cao khi lẹo dao cũng không xuất hiện

b) Giảm độ nhám (tăng độ bóng) mặt trước của dụng cụ cắt.

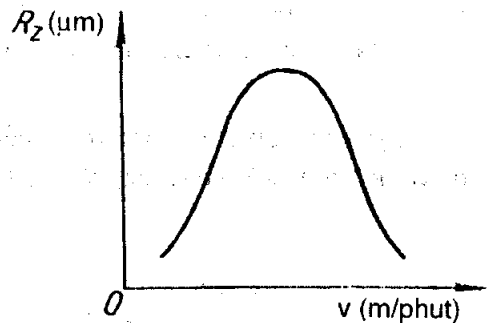
c) Có thể tăng góc trước γ đến giá trị giới hạn, ví dụ $\gamma = 45^\circ$ lẹo dao hầu như không xuất hiện.

d) Sử dụng dung dịch trơn nguội để giảm ma sát ở mặt trước và mặt sau của dụng cụ cắt.

e) Giảm độ dẻo của vật liệu gia công bằng cách áp dụng phương pháp nhiệt luyện đặc biệt hoặc sử dụng thép có thêm chất phụ gia. Ví dụ, sử dụng thép có lượng mangan và lưu huỳnh thấp, đồng thời dùng phương pháp thường hóa để tăng khả năng cắt của vật liệu gia công.

3.4. Sự co rút của phoi

Biến dạng dẻo khi cắt kim loại được thể hiện ở chỗ chiều dày phoi a , lớn hơn chiều dày cắt a (hình 3.10). Nhưng bởi vì trong trường hợp này có sự thay đổi về hình dáng, còn thể tích vẫn được giữ nguyên, cho nên chiều dài phoi L sẽ ngắn hơn quãng đường mà dao đi qua L_0 (chiều dài cắt). Hiện tượng phoi

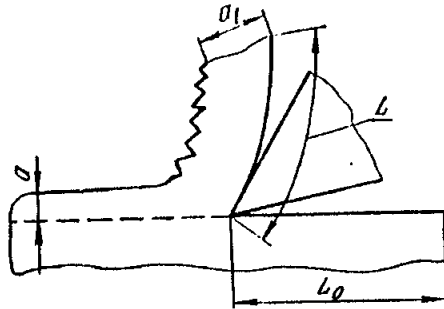


Hình 3.9. Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới chiều cao nhấp nhô

bị ngắn lại theo chiều dài và rộng ra theo bề dày được gọi là sự co rút của phoi. Đại lượng của nó được đặc trưng bằng hệ số co rút phoi K :

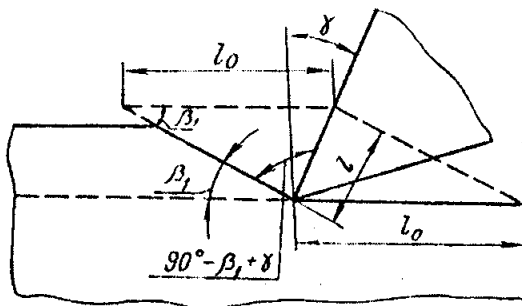
$$K = \frac{L_0}{L} = \frac{a_1}{a} > 1 \quad (3.7)$$

Hệ số co rút phoi K là chỉ tiêu gián tiếp đánh giá cường độ biến dạng dẻo khi cắt kim loại.



Hình 3.10. Sơ đồ cơ rút phoi

Hình 3.11 là sơ đồ để xác định hệ số co rút phoi.



Hình 3.11. Sơ đồ để xác định hệ số co rút phoi

Khi xét một phần tử phoi (hình 3.11), hệ số co rút phoi sẽ bằng:

$$K = \frac{l_0}{l} = \frac{\sin(90^\circ - \beta_1 + \gamma)}{\sin \beta_1} = \frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin \beta_1} \quad (3.8)$$

Ví dụ, khi góc trượt $\beta_1 = 30^\circ$, góc trước $\gamma = 15^\circ$, hệ số co rút phoi K bằng:

$$K = \frac{\cos(30^\circ - 15^\circ)}{\sin 30^\circ} = \frac{0,96}{0,5} \approx 2$$

Trong thực tế, hệ số co rút phoi $K = 1,5 \div 4$.

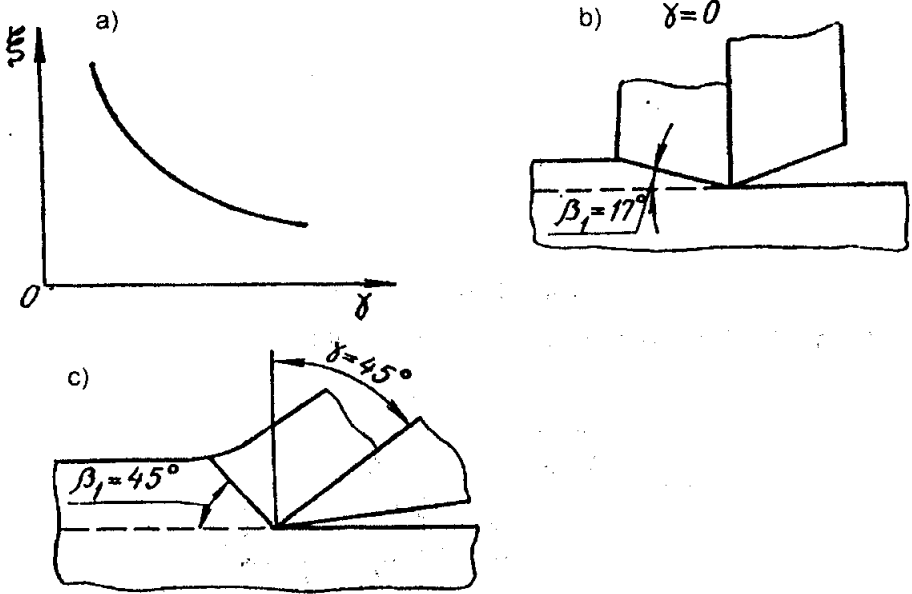
Bây giờ ta xác định hệ số co rút phoi khi góc β_1 ứng với hệ số trượt tương đối ε nhỏ nhất. Như ta đã biết (xem công thức (3.6)):

$$[\beta_1]_{\varepsilon_{\min}} = 45^\circ + \frac{\gamma}{2}$$

Khi đó:

$$K = \frac{\cos(\beta_1 - \gamma) \cos\left(45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \gamma\right)}{\sin \beta_1 \sin\left(45^\circ + \frac{\gamma}{2}\right)} = 1$$

Như vậy, khi hệ số trượt tương đối có giá trị nhỏ nhất, có nghĩa là phoi có biến dạng dẻo nhỏ nhất, hệ số co rút phoi $K = 1$, có nghĩa là co rút phoi không xảy ra.



Hình 3.12. Ảnh hưởng của góc trước γ đến sự co rút của phoi và sự thay đổi của góc β_1

Hệ số co rút phoi K gián tiếp thể hiện biến dạng dẻo, còn hệ số trượt tương đối ϵ thể hiện đặc tính định lượng của phoi.

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự co rút của phoi bao gồm:

1. Sự thay đổi của góc trước γ

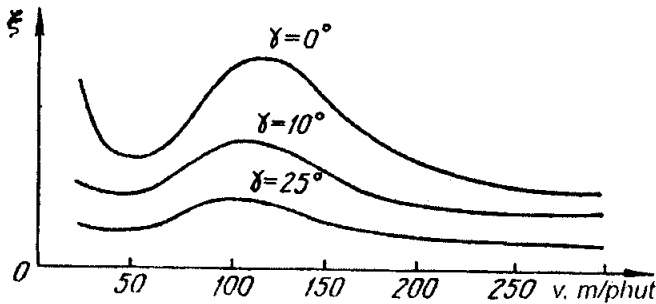
Khi tăng góc γ hệ số co rút phi giảm (hình 3.12a). Khi tăng góc γ , ma sát giữa phoi và mặt trước của dụng cụ cắt giảm, đồng thời làm cho góc trượt β_1 tăng (hình 3.12b, c). Như ta đã biết, góc β_1 càng lớn, hệ số co rút phoi càng nhỏ, theo công thức (3.8).

2. Sử dụng dung dịch trơn nguội cho phép giảm sự co rút của phoi.

3. Sự thay đổi của chiều dày cắt: chiều dày lớp cắt a càng lớn, góc β_1 càng lớn, hệ số co rút phoi càng nhỏ.

4. Sự thay đổi của tốc độ cắt.

Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới hệ số co rút phoi khi gia công thép 40X bằng dao có góc trước γ khác nhau được thể hiện trên hình 3.13. Hệ số co rút phoi nhỏ nhất ứng với kích thước lẹo dao lớn nhất.



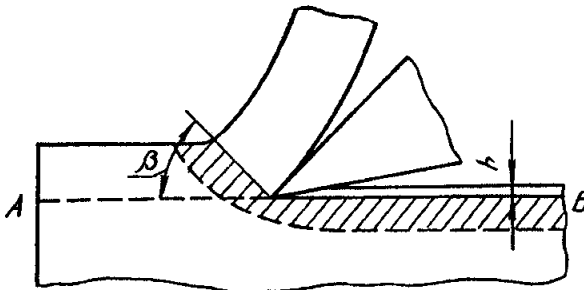
Hình 3.13. Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới hệ số co rút phoi khi gia công thép 40X bằng dao có các góc γ khác nhau

Khi tốc độ cắt bằng 50 m/phút, lẹo dao có giá trị cực đại, góc trước thực tế tăng, do đó hệ số co rút phoi giảm. Khi tốc độ cắt đạt 80÷100m/phút, lẹo dao biến mất, vì vậy hệ số co rút phoi đạt giá trị lớn nhất. Nếu tốc độ cắt vượt quá 100 m/phút, hệ số ma sát ở mặt trước của dao giảm mạnh, do đó hệ số co rút phoi cũng giảm.

3.5. Biến dạng và biến cứng của lớp bề mặt kim loại khi gia công

Trong quá trình cắt phoi, biến dạng của lớp kim loại ở bề mặt gia công không chỉ xuất hiện trong vùng của góc tác động ψ mà còn ở trước mặt dao dưới mặt phẳng cắt AB (hình 3.14).

Biến dạng dẻo xảy ra trước biến dạng đàn hồi. Do có biến dạng đàn hồi cho nên sau khi lưỡi dao đi qua, bề mặt gia công được nâng lên một lượng h so với mặt phẳng cắt (hình 3.14). Nói cách khác, nếu không có biến dạng đàn hồi thì bề mặt đã gia công sẽ đi qua đường thẳng AB. Do có biến dạng dẻo, bề mặt gia công bị biến cứng (độ cứng của lớp kim loại này cao hơn nhiều so với độ cứng của kim loại ở bên trong chi tiết). Lớp kim loại bị biến cứng có hai đặc tính, đó là mức độ biến cứng và chiều sâu biến cứng.



Hình 3.14. Biến dạng đàn hồi của kim loại sau khi lưỡi cắt đi qua

Để nghiên cứu mức độ biến cứng và chiều sâu biến cứng người ta áp dụng các phương pháp sau đây:

1. Đo độ cứng tế vi

Để đánh giá mức độ và chiều sâu biến cứng người ta chuẩn bị một mẫu kim cương rồi đưa mẫu này lên máy đo độ cứng tế vi.

Nguyên lý kiểm tra như sau: dùng đầu kim cương tác động lên bề mặt mẫu một lực P , sau đó xác định diện tích bề mặt mẫu do đầu kim cương ấn xuống. Độ biến cứng được xác định theo công thức:

$$H_V = \frac{P}{F} \quad (3.9)$$

Ở đây:

H_V - độ cứng tế vi (N/mm²);

P - lực tác dụng của đầu kim cương (N);

F - diện tích bề mặt do đầu kim cương ấn xuống (mm²).

Để đo chiều sâu biến cứng, dùng đầu kim cương tác động lần lượt xuống bề mặt mẫu từ ngoài vào trong, sau mỗi lần tác động lại xác định diện tích bị lún F cho đến khi diện tích F không thay đổi thì dừng lại và đo được chiều sâu biến cứng.

2. Phương pháp tia Ronghen

Dùng tia Ronghen kích thích lên bề mặt mẫu một lớp dày 5÷10 μm và sau mỗi lần kích thích ta chụp ảnh đồ thị Ronghen. Phương pháp này cho phép đo được chiều sâu biến cứng và ứng suất dư. Tuy nhiên, phương pháp này rất phức tạp và tốn nhiều thời gian cho điều chỉnh đồ thị Ronghen (mất khoảng 10 giờ cho một lần đo).

Chương 4

LỰC CẮT

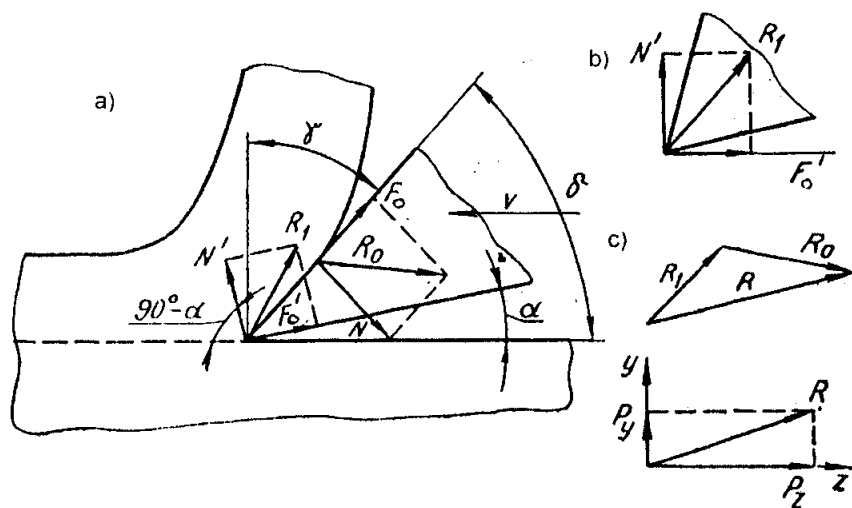
4.1. Khái niệm

Trong quá trình cắt, dụng cụ cắt chịu tác động của các lực. Các lực này tác dụng lên phôi và lưỡi cắt. Để tính công suất truyền động và độ cứng vững của máy, đồng thời để tính độ bền và độ cứng vững của dụng cụ và đồ gá cần phải biết giá trị của các lực này. Các nghiên cứu trong lĩnh vực động lực học quá trình cắt có thể được chia ra hai nhóm sau đây:

- a) Các phương trình lý thuyết để tính lực cắt trên cơ sở phân tích quá trình cắt phôi như một trong những trường hợp đặc biệt của biến dạng dẻo.
- b) Xác định lực cắt bằng thực nghiệm.

4.2. Cơ sở lý thuyết của lực cắt

Hình 4.1a là sơ đồ lực tác dụng lên phôi khi cắt tự do.



Hình 4.1. Sơ đồ tác dụng của lực khi cắt tự do

Mặt trước của dao chịu tác dụng của lực R_0 , lực R_0 là tổng hợp lực pháp tuyến N và lực ma sát của phôi lên mặt trước F_0 , có nghĩa là, $R_0 = \vec{N} + \vec{F}_0$. Mặt sau của dao (gần lưỡi cắt) chịu tác dụng của lực pháp tuyến N' và lực ma sát lên mặt sau của dao F_0' . Tổng hợp lực của hai lực N' và F_0' là R_1 . Vì góc α nhỏ và không có độ mòn ở mặt sau của dao, cho nên ta có thể tính lực như trên hình 4.1b, có nghĩa là, phương của lực F_0' ngược với phương của tốc độ cắt V . Để thực hiện được quá trình cắt hoặc để giữ trạng thái cân bằng của dao thì từ ngoài phải có một lực tác dụng lên dao $\vec{R} = \vec{R}_0 + \vec{R}_1$ (hình 4.1c).

Phân tích lực R tác dụng lên dao ra hai thành phần:

- Thành phần lực P_z theo phương chuyển động chính hoặc theo phương dịch chuyển của dao và ta gọi P_z là lực tiếp tuyến.

- Thành phần lực P_y theo phương trùng với đường tâm dao và ta gọi P_y là lực hướng kính. Khi chiếu các lực tác dụng lên phương của trục y và trục z ta được:

$$P_z = N \cos \gamma + F_0 \sin \gamma + F'_0 \quad (4.1)$$

$$P_y = -N \sin \gamma + F_0 \cos \gamma + N' \quad (4.2)$$

Lực pháp tuyến N có thể được xác định theo công thức gần đúng sau đây:

$$N = \sigma_0 t S K^m \quad (4.3)$$

Ở đây:

σ_0 - giới hạn chảy của vật liệu gia công khi bị nén (kG/mm²);

t - chiều sâu cắt (mm);

S - lượng chạy dao (mm/vòng);

K - hệ số cơ rút phoi;

m - số mũ của K (phụ thuộc vào vật liệu gia công).

Ngoài hai thành phần lực P và P_y còn có thêm thành phần lực P_x (lực tác dụng theo phương dọc trục chi tiết).

Tương quan của các thành phần lực này trong điều kiện gia công bình thường có thể được tính như sau:

$$P_x = (0,2 \div 0,3) P_z \quad (4.4)$$

$$P_y = (0,3 \div 0,4) P_z \quad (4.5)$$

4.3. Xác định lực cắt bằng các phương pháp thực nghiệm

Hiện nay có rất nhiều thiết bị để đo lực cắt. Các thiết bị này được gọi là lực kế. Kết cấu của các lực kế nói chung gồm các phần chính sau đây:

- Đattric hấp thụ lực.

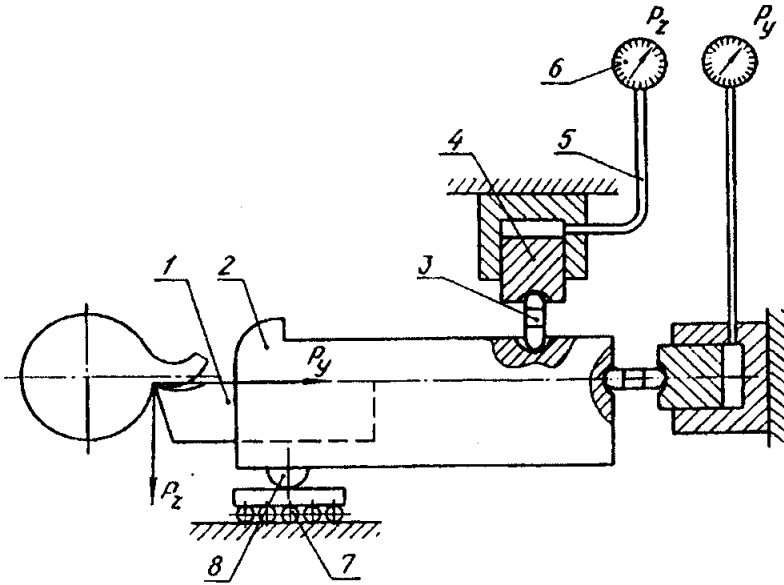
- Bộ phận tiếp nhận để ghi chép lực.

- Các cơ cấu phụ để nối đattric với bộ phận tiếp nhận.

Lực kế được chia ra ba nhóm chính: thủy lực, cơ khí và điện.

1. Lực kế thủy lực

Lực kế thủy lực (hình 4.2) có kết cấu gồm: dao 1 được kẹp chặt trong hộp 2, hộp 2 có thể quay tương đối so với đế 8, đồng thời có thể dịch chuyển trên các bi 7 ở mặt phẳng nằm ngang. Dưới tác dụng của lực P_z hộp 2 bị xoay và thông qua chốt 3 tác động đến pittông 4. Pittông 4 đẩy golixêrin (chất lỏng) từ xylanh qua ống 5 tới áp kế 6, áp kế 6 được trang bị cơ cấu tự ghi. Đo lực P_y được tiến hành tương tự khi hộp 2 dịch chuyển theo phương hướng kính.



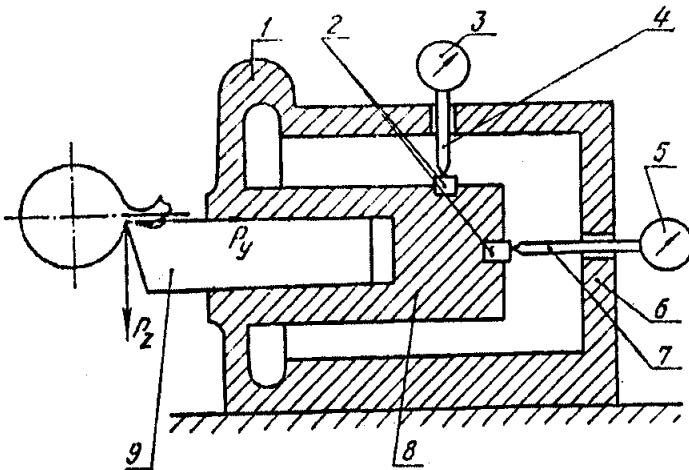
Hình 4.2. Lực kế thủy lực hai thông số

Lực kế thủy lực không được sử dụng rộng rãi bởi vì hệ thống không ổn định (do quán tính lớn) và độ nhạy cảm thấp.

2. Lực kế cơ khí

Lực kế cơ khí (hình 4.3) hoạt động như sau: dưới tác dụng của lực cắt tới dao 9, đài gá dao 8 do biến dạng đàn hồi của thành 1 thuộc thân 6 sẽ xô dịch theo các phương y, z. Lượng xô dịch này của đài gá dao 8 thông qua các miếng đệm 2 và các chân 4, 7 của các đồng hồ so sẽ được các đồng hồ so 3 và 5 ghi lại.

Lực kế cơ khí cũng có những nhược điểm như lực kế thủy lực, vì vậy mặc dù chúng có kết cấu đơn giản nhưng vẫn ít được sử dụng.



Hình 4.3. Lực kế cơ khí

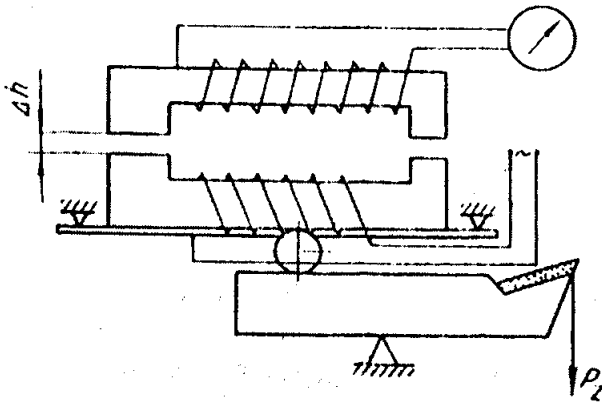
3. Lực kế điện

Lực kế điện là thiết bị có độ nhạy cao do quán tính thấp. Lực kế điện sẽ chuyển đổi tác động cơ khí của lực cắt thành các đại lượng điện có thể đo được.

Các đătttric điện được chia ra các loại:

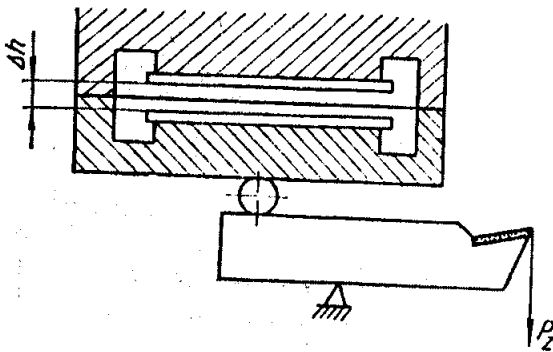
- Đătttric điện dung.
- Đătttric cảm ứng.
- Đătttric dây (đătttric tenzomet).

Trong đătttric điện dung (hình 4.4) lực cắt tác dụng lên đài gá dao làm dịch chuyển tấm đàn hồi của tụ điện, tức là thay đổi khe hở Δh , do đó làm thay đổi điện dung. Thay đổi điện dung làm thay đổi dòng điện, thay đổi dòng điện được máy ghi lại để xử lý.



Hình 4.4. Đătttric điện dung

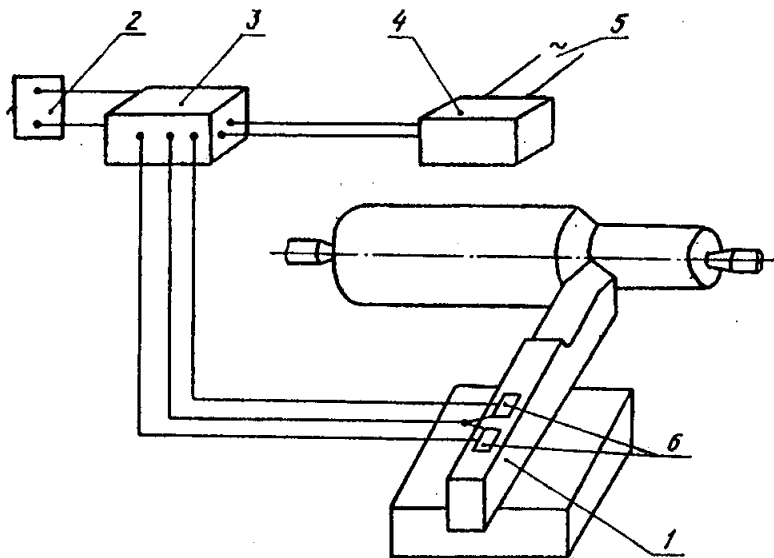
Đătttric cảm ứng (hình 4.5) hoạt động trên cơ sở thay đổi dòng điện trong cuộn dây do thay đổi khe hở Δh giữa các vật từ tính. Sự thay đổi lực cắt sẽ làm thay đổi giá trị của dòng điện.



Hình 4.5. Đătttric cảm ứng

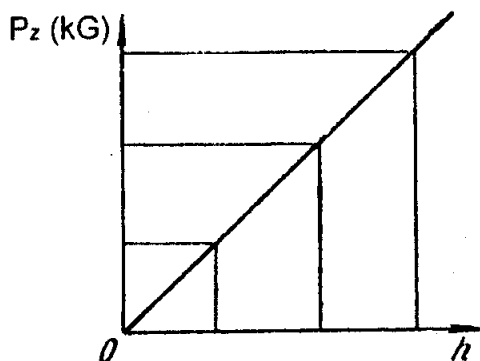
Đătttric tenzomet (đătttric dây) gồm một số vòng dây có đường kính $0,015 \pm 0,06$ mm từ hợp kim đặc biệt có khả năng thay đổi điện trở khi biến dạng.

Các vòng dây được đặt giữa hai tấm giấy và được dán trên thân dao 1 (hình 4.6). Dưới tác dụng của lực cắt thân dao 1 và vòng dây 6 biến dạng. Điều này sẽ làm cho dòng điện trong mạch thay đổi và được khuếch đại nhờ cơ cấu 3, sau đó được thiết bị 2 ghi lại. Cơ cấu 4 được nối với nguồn điện 5 có tác dụng ổn định điện thế nhằm mục đích ổn định kết quả đo khi điện thế thay đổi.



Hình 4.6. Sơ đồ đo lực cắt bằng đătttric tenzomet

Tùy thuộc vào số lực cắt thành phần có thể đo được bằng lực kế, chúng được gọi là lực kế một, hai hoặc ba thành phần. Ngoài ra, cần lưu ý rằng lực kế không trực tiếp cho ra giá trị lực cắt, mà cho ra các chỉ số tỷ lệ với lực cắt, thông thường dưới dạng đồ thị dao động. Để có giá trị lực cắt cần phải thực hiện việc chuyển đổi. Bản chất của công việc này là đầu tiên đătttric của lực kế nhận được tải trọng nhờ các cơ cấu cơ khí đơn giản, sau đó theo các chỉ số h của thiết bị tương ứng với các tải trọng P_z người ta xây dựng đồ thị (hình 4.7). Như vậy giá trị lực cắt (theo chỉ thị của thiết bị) được xác định từ đồ thị tương quan.



Hình 4.7. Đồ thị tương quan để xác định lực cắt P_z

Trong điều kiện thực tế không thể dùng lực kế để xác định lực cắt cho từng trường hợp cụ thể. Vì vậy thông thường người ta xác định lực cắt theo số tay và theo các công thức thực nghiệm.

Đặc tính của các công thức thực nghiệm có thể được xác định bằng các số liệu thực nghiệm và phương pháp xử lý số liệu bằng toán thống kê xác suất.

4.4. Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phương pháp toán thống kê xác suất

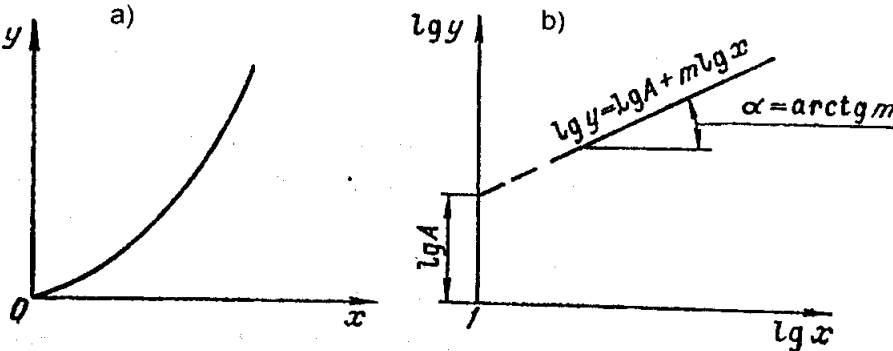
Nhiều công trình nghiên cứu thực nghiệm cho thấy mối quan hệ giữa các yếu tố trong quá trình cắt được mô tả bằng hàm số sau đây:

$$y = Ax^m \tag{4.6}$$

Ở đây:

- y- thông số đầu ra (hàm số);
- x- thông số đầu vào (biến số);
- A- hệ số;
- m- số mũ.

Hàm số này được biểu diễn bằng đồ thị trên hình 4.8a.



Hình 4.8. Đồ thị của hàm số mũ

Để giải hàm số này ta dùng phương pháp lôgarit, cụ thể là:

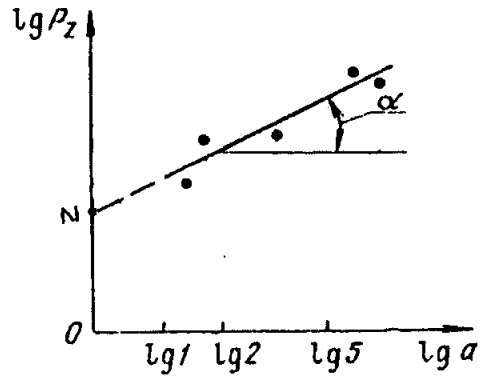
$$lgy = lga + mlgx \tag{4.7}$$

Phương trình (4.7) gần giống phương trình của đường thẳng tuyến tính $y = a + bx$. Điều này có nghĩa là, trong hệ tọa độ lôgarit hàm số mũ được biểu diễn bằng đường thẳng. Hơn nữa, thông số m là $tg\alpha$ (α là góc nghiêng của đường thẳng với phương dương của trục hoành), còn A là đoạn thẳng do đường thẳng cắt với trục tung tại điểm $x = 1$ (hình 4.7b).

Giả sử, cần xác định quan hệ hàm số $P_z = f(a) = c_1 a^y$ (ở đây: c_1 là hệ số, P_z là lực cắt, a là chiều dày cắt và y là số mũ). Để tiến hành thực nghiệm xác

định lực cắt phụ thuộc vào các giá trị của chiều sâu cắt a , ta cố định các điều kiện khác và chỉ cho a biến đổi. Kết quả thí nghiệm được xây dựng thành đồ thị lôgarit trên hình 4.9.

Đường thẳng được vẽ sao cho gần các điểm thực nghiệm nhất, nói cách khác là khoảng cách từ các điểm thực nghiệm tới đường thẳng phải nhỏ nhất. Nếu kéo dài đường thẳng thì nó sẽ cắt trục tung tại điểm N và đoạn ON chính là hệ số c_1 khi chiều dày cắt $a = 1$, còn $\operatorname{tg} \alpha$ là số mũ y (α là góc giữa đường thẳng và hướng dương của trục hoành).



Hình 4.9. Đồ thị xác định hệ số và số mũ trong công thức

$$P_z = c_1 a^y$$

Cũng theo cách làm tương tự ta có thể giải được phương trình quan hệ giữa lực P_z và các yếu tố khác như t và v : $P_z = c_2 t^x$; $P_z = c_3 v^z$.

Bây giờ ta xác định hệ số c trong công thức:

$$P_z = c t^x s^y v^z \quad (4.8)$$

Nếu đã xác định được các quan hệ thành phần:

$$P_z = c_1 t^x \text{ khi } v \text{ và } s = \text{const} \quad (4.9)$$

$$P_z = c_2 s^y \text{ khi } t \text{ và } v = \text{const} \quad (4.10)$$

$$P_z = c_3 v^z \text{ khi } s \text{ và } t = \text{const} \quad (4.11)$$

thì cho vế phải của phương trình (4.8) bằng các vế phải của các phương trình (4.9), (4.10) và (4.11):

$$c t^x s^y v^z = c_1 t^x$$

$$c t^x s^y v^z = c_2 s^y$$

$$c t^x s^y v^z = c_3 v^z$$

và sau khi thực hiện phép biến đổi đơn giản ta được:

$$c' = \frac{c_1}{s^y v^z} \quad (4.12)$$

$$c'' = \frac{c_2}{t^x v^z} \quad (4.13)$$

$$c''' = \frac{c_3}{s^y t^x} \quad (4.14)$$

Giá trị trung bình của c' , c'' và c''' là hệ số c cần tìm trong phương trình (4.8).

Cần nhớ rằng theo cách làm tương tự ta có thể xác định được hệ số c của quan hệ phụ thuộc giữa nhiệt độ cắt và các thông số của chế độ cắt.

Phương pháp xử lý số liệu bằng đồ thị (xem hình 4.9) đơn giản, nhưng có nhược điểm là sai số có tính chất chủ quan (phụ thuộc vào người xây dựng đồ thị), vì vậy ngoài phương pháp này người ta còn áp dụng các phương pháp tính toán – phân tích. Một trong những phương pháp đó là phương pháp bình phương tối thiểu.

Trước khi áp dụng phương pháp này cần sơ bộ xác định quan hệ phụ thuộc bằng đồ thị.

Trong các nghiên cứu về cắt gọt kim loại thường gặp phương trình quan hệ dưới dạng hàm số mũ sau đây:

$$P = cs^{\alpha}t^{\beta} \quad (4.15)$$

Để xác định hệ số c và các chỉ số α , β có thể dùng phương pháp bình phương tối thiểu. Để ứng dụng phương pháp này cần lôgarit phương trình (4.15) và đưa nó về dạng:

$$\lg P = \alpha \lg s + \beta \lg t + \lg c \quad (4.16)$$

Đặt:

$$\lg P = N, \lg s = x, \lg t = y, \lg c = z \text{ và } j = 1.$$

Ta có phương trình:

$$N = \alpha x + \beta y + jz \quad (4.17)$$

Lưu ý rằng các sai số E khi xác định c , α và β trong các phương trình sau:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= \alpha x_1 + \beta y_1 + jz_1 - N_1 \\ E_2 &= \alpha x_2 + \beta y_2 + jz_2 - N_2 \\ &\dots\dots\dots \\ E_n &= \alpha x_n + \beta y_n + jz_n - N_n \end{aligned} \right\} \quad (4.18)$$

sẽ là lôgarit của số chứ không phải số, vì vậy các sai số này sẽ có giá trị nhỏ nhất. Nói cách khác, các hệ số sẽ có tổng bình phương lôgarit của các sai số đạt giá trị nhỏ nhất. Để giải bài toán này trên cơ sở các số liệu thực nghiệm phải có phương trình dạng (4.15). Lôgarit các phương trình này ta nhận được n phương trình giả định sau đây:

$$\left. \begin{aligned} \alpha \lg s_1 + \beta \lg t_1 + \lg c &= \lg P_1 \\ \alpha \lg s_2 + \beta \lg t_2 + \lg c &= \lg P_2 \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha \lg s_n + \beta \lg t_n + \lg c &= \lg P_n \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

Để có các phương trình chính tắc ta làm như sau: nhân các phương trình giả định với hệ số của α , β và lgc , sau đó cộng lại ta sẽ được:

$$\text{Đối với } \alpha: \alpha \sum_1^n (lgs)^2 + \beta \sum_1^n lgs.lgt + lgc \sum_1^n lgs = \sum_1^n lgs.lgP$$

$$\text{Đối với } \beta: \alpha \sum_1^n lgs.lgt + \beta \sum_1^n (lgt)^2 + lgc \sum_1^n lgt = \sum_1^n lgt.lgP$$

$$\text{Đối với } lgc: \alpha \sum_1^n lgs + \beta \sum_1^n lgt + n lgc = \sum_1^n lgP$$

Từ đó ta xác định được α , β và c . Dưới đây ta xét ví dụ cụ thể để xác định α , β và c .

Ví dụ:

Khi tiên ta có lực cắt P phụ thuộc vào các giá trị của chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s như sau:

s(mm/vòng)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6
t (mm)	3,0	5,0	7,0	10	5	7	10	3	5	7	10	5	7	10
P (kg)	153	238	341	477	400	515	800	350	460	680	950	600	800	1000

Cho phương trình quan hệ: $P = cs^{\alpha}t^{\beta}$. Hãy xác định c , α , β bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Để giải phương trình này ta lập bảng phụ 4.1.

Bảng 4.1.

STT	P	s	t	lgP	lgs	lgt	(lgs) ²	(Lg t) ²	lgs lgt	LgslgP	LgtlgP
1	153	0,6	3	2,1847	-0,2218	0,4771	0,0490	0,2230	-0,1060	-0,4850	1,060
2	238	0,6	5	2,3766	-0,2218	0,6990	0,0490	0,4900	-0,1550	-0,5300	1,640
3	341	0,6	7	2,5328	-0,2218	0,8451	0,0490	0,7100	-0,1880	-0,5600	2,120
4	477	0,6	10	2,6785	-0,2218	1,0000	0,0490	1,000	-0,2218	-0,5900	2,6785
5	400	0,8	5	2,6021	-0,1000	0,6990	0,0100	0,4900	-0,0699	-0,2600	1,8200
6	515	0,8	7	2,7118	-0,1000	0,8451	0,0100	0,7100	-0,0845	-0,2711	2,260
7	800	0,8	10	2,9031	-0,1000	1,0000	0,0100	1,0000	-0,1000	-0,2903	2,9031
8	350	1,2	3	2,5441	0,0792	0,4771	0,0064	0,2230	0,0380	0,2020	1,220
9	460	1,2	5	2,6628	0,0792	0,6990	0,0064	0,4900	0,0550	0,2100	1,840
10	680	1,2	7	2,8325	0,0792	0,8451	0,0064	0,7100	0,6800	0,2250	2,400
11	950	1,2	10	2,9777	0,0792	1,0000	0,0064	1,0000	0,0792	0,2350	2,978
12	600	1,6	5	2,7782	0,2041	0,6990	0,0415	0,4900	0,1400	0,5600	1,940
13	800	1,6	7	2,9031	0,2041	0,8451	0,0415	0,7100	0,1700	0,1900	2,450
14	1000	1,6	10	3,0000	0,2041	1,0000	0,0415	1,0000	0,2041	0,6100	3,000
Tổng				37,688	-0,258	11,1306	0,3861	9,2460	0,442	-0,354	30,31

Trên cơ sở số liệu của bảng 4.1 ta có thể viết hệ phương trình chính tắc như sau:

$$\begin{cases} 0,3861\alpha + 0,442\beta - 0,258 \lg c = -0,354 \\ 0,442\alpha + 9,246\beta + 11,1306 \lg c = 30,31 \\ -0,258\alpha + 11,1306\beta + 14 \lg c = 37,688 \end{cases} \quad (4.20)$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$\lg c = 1,97; c = 93,4; \beta = 0,93; \alpha = 0,7.$$

Như vậy, phương trình cần tìm sẽ là:

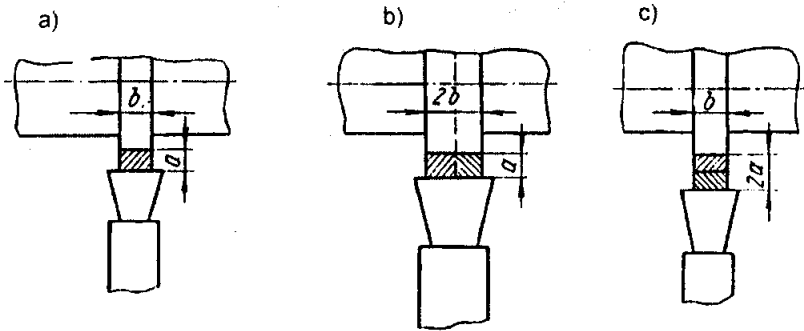
$$P = 93,4s^{0,7}t^{0,93}$$

4.5. Ảnh hưởng của bề rộng và chiều sâu cắt đến lực cắt P_z .

Hình 4.10 là các sơ đồ tiện với lượng chạy dao ngang có các thông số a và b khác nhau. Theo một số nghiên cứu phương trình quan hệ giữa lực cắt P_z và các thông số a, b có dạng:

$$P_z = cb^x a^y \quad (4.21a)$$

Khi gia công các loại vật liệu như thép, gang và đồng thì các số mũ $x = 1,0; y = 0,75$ và $c = 150 \div 200$.



Hình 4.10. Sơ đồ xác định ảnh hưởng của các thông số cắt tới lực cắt

Nguyên nhân làm cho lực cắt tăng chậm khi tăng chiều dày cắt a được giải thích như sau:

- Khi tăng chiều dày cắt lực tác dụng lên một đơn vị chiều dài lưỡi cắt tăng, do đó nhiệt độ cắt tăng, còn lực ma sát, co rút phoi và khả năng của vật liệu gia công chống lại biến dạng dẻo giảm.

- Biến dạng dẻo và ứng suất phân bố theo chiều dày của phoi không đều. Chúng tập trung chủ yếu ở lớp bề mặt trước của dao, vì vậy tăng chiều dày cắt làm giảm lớp bề mặt có biến dạng lớn nhất.

- Lực ma sát F_1 ở mặt sau của dao là một trong các thành phần để tính lực cắt không thay đổi hoặc thay đổi rất ít khi thay đổi chiều dày cắt.

Như vậy, lực cắt này càng nhỏ khi bề rộng cắt càng nhỏ và chiều dày cắt càng lớn.

Để xác định gần đúng lực cắt P_z xuất phát từ tiết diện của lớp cắt đôi khi người ta dùng lực cắt đơn vị p (kG/mm²), có nghĩa là, lực cắt trên 1mm² tiết diện cắt:

$$p = \frac{P_z}{f} \quad (4.21b)$$

Ở đây:

f - tiết diện (diện tích) lớp cắt (mm²), $f = ab$.

Khi biết lực cắt đơn vị p (cho vật liệu gia công và điều kiện cắt xác định) có thể tính được $P_z = pf$ (kG). Vì lực cắt P_z phụ thuộc vào a và b , cho nên lực cắt đơn vị p là đại lượng biến đổi tùy thuộc vào các thông số của lớp cắt.

Lực cắt đơn vị tăng khi chiều dày cắt giảm. Lực cắt đơn vị khi tiện phụ thuộc vào chiều dày cắt và dao động trong khoảng 600÷800 kG/mm².

Cần lưu ý rằng, không nên cắt với chiều sâu cắt nhỏ hơn 0,02 mm bởi vì hầu như toàn bộ lớp cắt bị trượt vì có bán kính cong của mũi dao.

4.6. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến lực cắt

Lực cắt P_z tăng theo tỷ lệ với bề rộng cắt b hoặc chiều sâu cắt t và với mức độ thấp hơn đối với chiều dày cắt a và lượng chạy dao s . Lực cắt đơn vị p phụ thuộc vào chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s theo công thức sau:

$$p = \frac{P_z}{f} = \frac{cts^{0.75}}{ts} = \frac{c}{s^{0.25}} \quad (4.22)$$

Lực cắt P_z phụ thuộc vào chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s được biểu diễn bằng công thức sau:

$$P_z = ct^x s^y \quad (4.23)$$

Ở đây $x > y$ trong điều kiện gia công bình thường, khi chiều sâu cắt lớn hơn lượng chạy dao, có nghĩa là $\frac{t}{s} > 1$.

Khi tỷ lệ $\frac{t}{s}$ tiến gần đến 1, giá trị x giảm, còn giá trị y tăng.

Khi gia công bằng dao rộng bản với lượng chạy dao lớn ($\frac{s}{t} > 1$), các số mũ x và y cũng thay đổi tương ứng.

Hiện nay để tính các thành phần lực cắt có thể dùng các công thức gần đúng sau đây:

$$P_z = c_1 ts^{0.75} \quad (4.24)$$

$$P_x = c_2 t^{1.2} S^{0.55} \quad (4.25)$$

$$P_y = c_3 t^{0.9} S^{0.75} \quad (4.26)$$

Ở đây:

c_1, c_2, c_3 - các hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công (bảng 4.2).

Bảng 4.2

Vật liệu gia công	c_1	c_2	c_3
<i>Thép</i>			
$\sigma_B = 35$	140	19	27
$\sigma_B = 35$	165	42	67
$\sigma_B = 35$	200	67	125
<i>Gang dẻo</i>			
HB 110	80	28	59
HB 150	100	40	88
HB 200	115	52	120
<i>Gang xám</i>			
HB150	100	39	88
HB190	115	51	119
HB 270	140	66	188

4.7. Ảnh hưởng của vật liệu gia công đến lực cắt

Khi cắt phoi, kim loại bị biến dạng mạnh, lực cắt chịu ảnh hưởng của lực ma sát của phoi và vật liệu gia công với mặt trước của dao. Tuy nhiên, cần biết rằng, trong quá trình gia công thì kim loại trong vùng cắt bị nung nóng mạnh. Điều này có nghĩa là, tính chất của kim loại khác xa tính chất của nó ở trạng thái tĩnh (trạng thái không gia công). Vì vậy, không thể có công thức chính xác để tính toán ảnh hưởng của các tính chất của vật liệu gia công như độ bền kéo σ_B , độ cứng HB và một số tính chất cơ lý khác tới lực cắt P_z . Trong thực tế, để tính lực cắt P_z phụ thuộc vào σ_B và HB có thể dùng các công thức sau đây:

$$P_z = c_v \sigma_B^q \quad (4.27)$$

$$P_z = c_v HB^q \quad (4.28)$$

Ở đây:

$$q \approx 0,5;$$

c_v - hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công (xác định theo bảng 4.3).

Bảng 4.3

Vật liệu gia công	σ_B	HB	c_v
Thép	40	100	140
Đồng	21	535	52
Gang dẻo	-	100	80
Gang dẻo	-	150	100
Gang dẻo	-	200	115
Gang xám	-	150	100
Gang xám	-	190	115
Gang xám	-	270	140

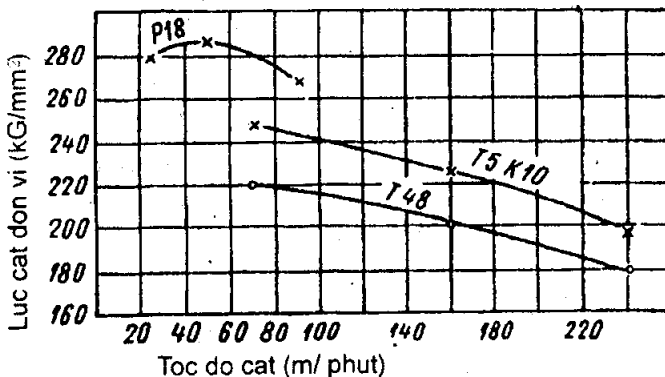
Ghi chú: - Đối với thép và đồng có thể dùng cả hai công thức (4.27) và (4.28).
- Đối với gang thì dùng công thức (4.28).

4.8. Ảnh hưởng của vật liệu dao tới lực cắt

Ảnh hưởng này tồn tại là do lực ma sát giữa vật liệu gia công và vật liệu dao. Đối với các nhóm dụng cụ cắt như: thép gió, hợp kim cứng vonfram – coban hệ số ma sát và sự co rút phoi không khác nhau, do đó lực cắt P_z không thay đổi.

Khi gia công bằng dụng cụ hợp kim cứng vonfram – titan – coban, lực cắt P_z giảm nhẹ khi thành phần cacbit titan (TiC) tăng. Để so sánh, có thể lấy ví dụ như sau: nếu gia công bằng dụng cụ thép gió, lực cắt $P_z = 1$ thì khi gia công bằng hợp kim cứng nhóm BK: lực $P_z = 1$, còn nhóm TK: lực $P_z = 0,9 \div 0,95$.

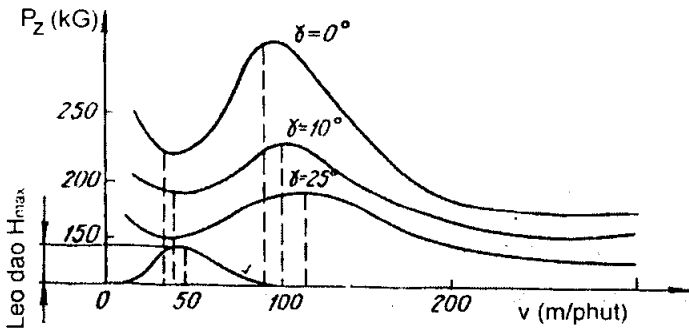
Lực cắt đơn vị p cũng phụ thuộc vào vật liệu dao theo mức độ khác nhau (hình 4.11). Ta thấy, cùng một tốc độ cắt nhưng lực cắt đơn vị khi gia công bằng dao thép gió P18 lớn hơn lực cắt đơn vị khi gia công bằng dao hợp kim cứng T5K10 và T48.



Hình 4.11. Ảnh hưởng của vật liệu dao tới lực cắt

4.9. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến lực cắt

Trước đây người ta cho rằng tốc độ cắt hầu như không ảnh hưởng đến lực cắt. Quan điểm này được giải thích rằng các thí nghiệm được tiến hành trong phạm vi hẹp của sự thay đổi tốc độ và sử dụng các lực kế có độ nhạy cảm thấp. Tuy nhiên, về sau này người ta đã chứng minh được sự phụ thuộc của lực cắt P_z vào tốc độ trong phạm vi biến đổi rộng. Để giải thích quan hệ phụ thuộc này, người ta làm thí nghiệm cắt thép 40X với tốc độ cắt biến đổi trong phạm vi lớn (hình 4.12).

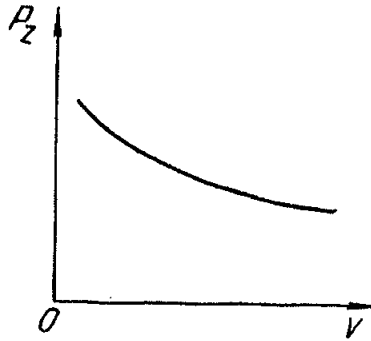


Hình 4.12. Lực cắt P_z phụ thuộc vào tốc độ cắt v và góc trước γ khi gia công thép 40X với chiều dày cắt $a = 0,2$ mm và bề rộng cắt $b = 4$ mm

Trong vùng biến đổi của tốc độ cắt, khi co rút phoi giảm thì lực cắt cũng giảm và ngược lại. Tuy nhiên, hiện tượng này không trùng lặp ngẫu nhiên mà tuân theo quy luật, bởi vì khi tăng tốc độ cắt, lực cắt thay đổi như hệ số co rút phoi (xem hình 4.12). Hệ số co rút phoi tăng chứng tỏ góc trượt β_1 giảm và diện tích bề mặt trượt tăng. Trong trường hợp này, mức độ biến dạng của kim loại tăng, có nghĩa là tăng ứng suất mà ở đó xảy ra hiện tượng trượt. Tăng ứng suất và diện tích bề mặt trượt làm cho lực cắt P_z tăng. Ngoài ra, lực cắt và hệ số co rút phoi còn phụ thuộc vào hệ số ma sát khi lớp cắt biến dạng. Đường cong phụ thuộc $P_z = f(v)$ có chỗ lồi, chỗ lõm được giải thích là do xuất hiện lẹo dao ở mặt trước của dụng cụ. Điểm cực tiểu trên đường cong $P_z = f(v)$ tương ứng với lẹo dao lớn nhất. Khi tốc độ cắt nhỏ, lẹo dao không xuất hiện, do đó lực cắt nhỏ. Trong vùng tốc độ cắt, nơi mà lẹo dao lớn nhất, lực cắt và độ co rút phoi giảm, bởi vì khi lẹo dao tăng thì góc trước γ tăng. Khi tốc độ cắt tiếp tục tăng, chiều cao lẹo dao và góc trước γ giảm, do đó hệ số co rút phoi và lực cắt tăng. Khi tốc độ cắt tăng cao (khoảng 200 m/phút) nhiệt độ cắt tăng mạnh làm cho hệ số ma sát giảm, do đó lực cắt P_z cũng giảm.

Điểm cực đại và cực tiểu của lực cắt P_z trên đồ thị hình 4.12 thể hiện càng rõ nét khi góc trước γ càng nhỏ. Điều này được giải thích rằng, lẹo dao lớn có thể hình thành khi góc trước γ nhỏ.

Cần lưu ý rằng, khi gia công gang dẻo dao hình thành ở mức độ thấp hơn, vì vậy đồ thị quan hệ $P_z = f(v)$ có dạng đường cong hài hoà (hình 4.13).



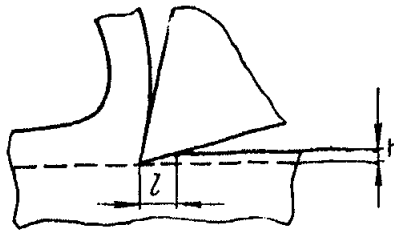
Hình 4.13. Lực cắt P_z phụ thuộc vào v khi gia công gang.

4.10. Ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến lực cắt.

4.10.1. Ảnh hưởng của góc trước và góc sau đến lực cắt.

Khi góc trước γ tăng, điều kiện cắt nhẹ nhàng, thoát phoi dễ, biến dạng của vật liệu gia công giảm và hệ số co rút phoi cũng giảm, do đó lực cắt P_z giảm.

Khi góc sau α giảm, tiếp xúc của mặt sau dao với bề mặt gia công tăng, làm cho lực ma sát và lực cắt tăng. Điều này được thấy rõ hơn trên sơ đồ của hình 4.14.



Hình 4.14. Chiều dài đoạn tiếp xúc của dao và chi tiết theo mặt sau.

Sau khi bước cắt đi qua, kim loại bị đẩy lên một đoạn h do biến dạng đàn hồi, tạo ra diện tích tiếp xúc phụ giữa dao và chi tiết gia công trên chiều dài l . Góc α càng lớn chiều dài l càng nhỏ, do đó lực cắt P_z cũng càng nhỏ. Tuy nhiên, ảnh hưởng của α tới lực cắt P_z không lớn lắm. Khi góc α tăng từ 2° đến 10° thì lực cắt P_z chỉ giảm 6%, còn lực P_y giảm 17%. Nếu tiếp tục tăng góc α cao hơn nữa thì lực cắt hầu như không thay đổi.

4.10.2. Ảnh hưởng của góc cắt δ đến lực cắt.

Khi góc cắt δ tăng (nghĩa là góc trước γ giảm), áp lực của phoi lên mặt dao tăng, bởi vì góc trượt giảm và biến dạng của phoi tăng, đồng thời lực ma sát ở mặt trước của dao cũng tăng.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã đi đến kết luận như sau: trong phạm vi của góc $\delta = 60^\circ \div 90^\circ$ lực cắt P_z tỷ lệ thuận với góc cắt δ . Như vậy, nếu lấy lực P_z khi góc $\delta = 75^\circ$ là hệ số 1 (hệ số cắt gọt được xác định khi $\delta = 75^\circ$) thì với giá trị góc δ bất kỳ lực cắt P_z được xác định theo công thức:

$$P_z = \frac{c.t.\delta^{0,75}.\delta}{75} \quad (4.29)$$

Khi gia công thép bằng dao hợp kim cứng, ảnh hưởng của góc cắt δ đến các thành phần lực cắt có thể xác định theo các công thức sau đây:

$$P_z = C_1 \cdot \delta^{0,8 + 0,9} \quad (4.30)$$

$$P_y = C_2 \cdot \delta^{3,2 + 4,5} \quad (4.31)$$

$$P_x = C_3 \cdot \delta^{2,8 + 3,6} \quad (4.32)$$

Như vậy, khi góc cắt δ thì các thành phần lực cắt P_y và P_x tăng mạnh hơn lực P_z .

4.10.3. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến lực cắt.

Áp lực lên dao tăng khi góc nghiêng chính φ giảm và ngược lại. Điều này được giải thích như sau: với tiết diện cắt cố định, khi giảm góc nghiêng chính φ , chiều dày cắt a giảm và lực cắt đơn vị tăng. Lực cắt này tăng rõ nét chỉ khi góc $\varphi < 30^\circ$. Một số nghiên cứu thực nghiệm cho thấy: khi góc $\varphi > 55^\circ$ áp lực không giảm mà còn tăng theo chiều tăng của góc φ , bởi vì khi cắt với góc φ lớn như vậy có sự thay đổi điều kiện hình thành phoi ở đỉnh dao.

Theo số liệu của một số nhà nghiên cứu, ảnh hưởng của góc φ đến lực cắt P_z được biểu diễn theo các công thức sau:

Khi gia công thép bằng dao có góc $\varphi < 55^\circ$:

$$P_z = \frac{const}{\varphi^{0,18}} \quad (4.33)$$

Khi gia công thép bằng dao có góc $\varphi > 55^\circ$:

$$P_z = C \cdot \varphi^{0,22} \quad (4.34)$$

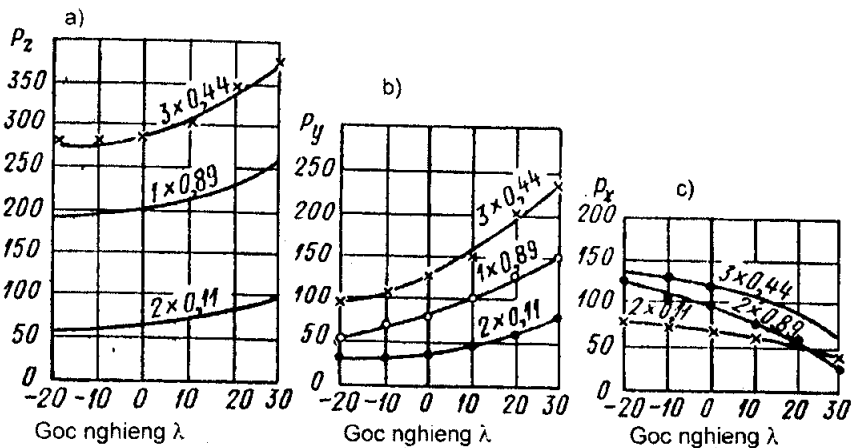
Khi gia công gang:

$$P_z \approx \frac{const}{\varphi^{0,18}} \quad (4.35)$$

Như vậy, khi gia công gang, lực P_z giảm theo sự tăng của góc φ .

4.10.4. Ảnh hưởng của góc nghiêng của lưỡi cắt λ đến lực cắt.

Hình 4.15 là các đường cong mô tả quan hệ phụ thuộc giữa các thành phần lực cắt P_z , P_y , P_x và góc nghiêng λ



Hình 4.15. Ảnh hưởng của góc nghiêng λ đến các lực cắt P_z, P_y, P_x

Ta thấy, lực P_z chỉ tăng khi góc $\lambda > 10^\circ$ (hình 4.15a). Giáo sư Zorep đã kết luận rằng góc λ trong phạm vi rộng (từ -40° đến $+40^\circ$) trực tiếp không ảnh hưởng đến lực P_z nhưng với góc dương λ lớn và góc $\varphi = 90^\circ$ phoi sẽ bị kẹt (bị chêm) giữa dao và vật gia công, do đó lực tác dụng lên dao tăng.

Lực P_y tăng (hình 4.15b), còn lực P_x giảm (hình 4.15c) khi góc λ tăng.

4.10.5. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến lực cắt.

Nhiều nghiên cứu cho thấy sử dụng dung dịch trơn nguội cho phép giảm lực cắt xuống 30% và thậm chí xuống 45% khi cắt ren bằng tarô.

Mức độ thay đổi lực cắt không chỉ phụ thuộc vào dung dịch trơn nguội mà còn phụ thuộc vào vật liệu gia công, chiều dày cắt, các góc của dao và tốc độ cắt.

Khi sử dụng dung dịch trơn nguội thì lực cắt phải giảm càng rõ nét nếu vật liệu gia công càng có độ dẻo cao. Điều này được giải thích như sau: trong trường hợp này, lực ma sát giữa phoi và dao tăng, do đó hiệu quả sử dụng dung dịch trơn nguội càng phải cao (mới giảm được ma sát lớn khi gia công vật liệu có độ dẻo cao).

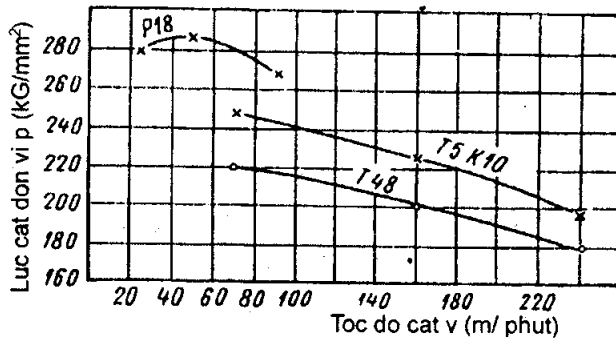
Tuy nhiên, một số nhà nghiên cứu lại khuyên không nên sử dụng dung dịch trơn nguội khi gia công với tốc độ cắt lớn. Ví dụ, khi gia công thép 10 với tốc độ cắt cao và dùng dung dịch trơn nguội emynxi, lực cắt P_z lớn hơn chút ít so với trường hợp gia công không có dung dịch trơn nguội.

Mặc dù có những lời khuyên như trên, nhưng trong thực tế sử dụng dung dịch trơn nguội trong mọi trường hợp (kể cả gia công cao tốc) vẫn có ưu điểm bởi vì khi có dung dịch trơn nguội, dụng cụ cắt làm việc êm hơn, tuổi bền của chúng cũng cao hơn, ngoài ra, độ chính xác và độ bóng bề mặt cũng được cải thiện đáng kể.

4.10.6 Ảnh hưởng của hình dạng và vật liệu dao đến lực cắt.

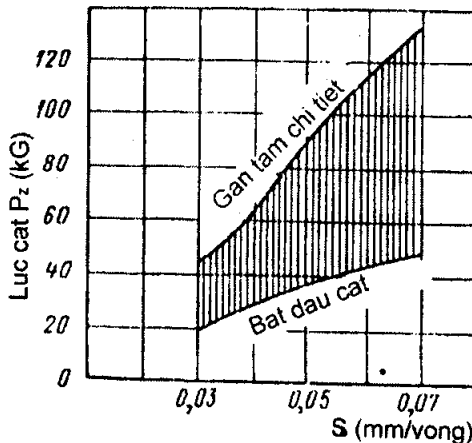
Tùy thuộc vào yêu cầu của quy trình công nghệ mà trong thực tế người ta sử dụng nhiều dao có hình dạng khác nhau, đặc biệt là hình dạng mặt trước. Ví dụ, dao có lưỡi cắt cong làm tăng lực cắt nhưng nó lại cho phép gia công đạt độ bóng bề mặt tốt hơn. Dao có phần lõm ở mặt trước thì làm việc nhẹ hơn (lực cắt giảm) bởi vì trong trường hợp này góc cắt thực tế nhỏ hơn.

Khi gia công kim loại bằng các loại dao từ vật liệu khác nhau, lực cắt biến đổi nhiều hay ít là tùy thuộc vào sự biến đổi của lực ma sát giữa vật liệu gia công và dụng cụ. Theo số liệu nghiên cứu của giáo sư Vunph [7], khi gia công thép 40H với cùng một điều kiện như nhau thì lực cắt thấp nhất ở dao bằng vật liệu T48, cao hơn một chút ở dao bằng hợp kim T5K10 và lớn nhất ở dao thép gió P18 (hình 4.16).



Hình 4.16. Ảnh hưởng của vật liệu dao đến lực cắt.

Cần lưu ý rằng, lực cắt có thể thay đổi đáng kể trong quá trình cắt. Ví dụ, khi gia công bằng dao cắt đứt lực cắt tăng từ ngoài vào trong bởi vì ở gần tâm chi tiết điều kiện thoát phoi rất khó khăn, đặc biệt là khi gia công với lượng chạy dao lớn (hình 4.17).



Hình 4.17. Sự thay đổi lực cắt P_z khi tiện cắt đứt.

Chương 5

HIỆN TƯỢNG NHIỆT TRONG QUÁ TRÌNH CẮT

5.1. Nhiệt cắt

Hiện tượng nhiệt trong quá trình cắt đóng vai trò rất quan trọng, bởi vì nó ảnh hưởng đến quá trình tạo phoi, lẹo dao, co rút phoi, lực cắt và cấu trúc lớp bề mặt. Ngoài ra, nhiệt cắt (nhiệt độ cắt) còn ảnh hưởng rất lớn đến cường độ mòn và tuổi bền của dụng cụ.

Sự tỏa nhiệt khi cắt là do có một công A (kGm) sinh ra trong quá trình hút phoi. Công A được xác định theo công thức:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 \quad (5.1)$$

Ở đây:

A_1 – công sinh ra làm biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo;

A_2 – công sinh ra để thắng lực ma sát ở mặt trước của dao;

A_3 – công sinh ra để thắng lực ma sát ở mặt sau của dao;

Mặt khác công A được tính theo công thức:

$$A = P_z \cdot L \quad (5.2)$$

Ở đây: P_z – lực cắt tác dụng theo phương tốc độ cắt (kG);

L – quãng đường mà dụng cụ đi qua hay chiều dài cắt (m);

Các công thành phần trong công thức (5.1) có tỷ lệ như sau: $A_1 = 55\%$; $A_2 = 35\%$; $A_3 = 10\%$. Nếu lấy quãng đường mà dụng cụ đi qua trong một phút, ta có công trong một phút:

$$A = P_z \cdot V = P_s \cdot V_s + F \cdot V_F + F_1 \cdot V_{F1}$$

Ở đây:

V – tốc độ cắt (m/phút);

P_s – lực trong mặt phẳng trượt hay lực trượt (kG);

V_s – tốc độ trượt (m/phút);

F – lực ma sát ở mặt trước của dao (kG);

F_1 – lực ma sát ở mặt sau của dao (kG);

$V_F = \frac{V}{K}$ – tốc độ chuyển động của phoi ở mặt trước của dao

(m/phút);

K – hệ số co rút phoi;

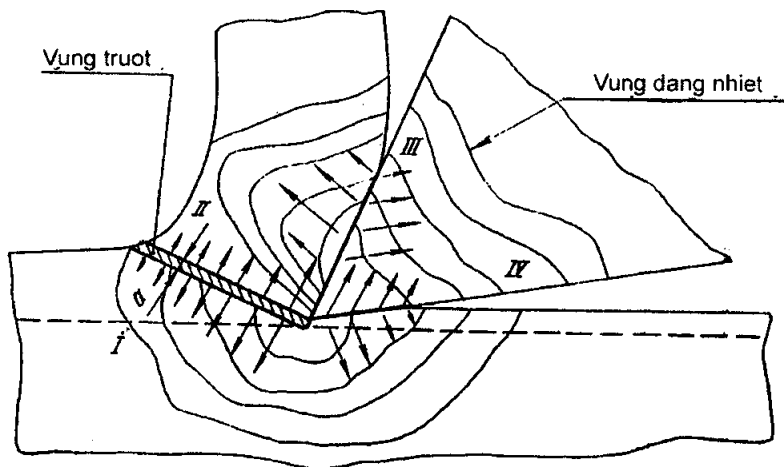
V_{F1} – tốc độ chuyển động của bề mặt gia công tương đối so với mặt trước của dao (m/phút), $V_{F1} = V$.

Thực tế cho thấy, phần lớn công cắt gọt A (hơn 99,5%) sinh ra nhiệt cắt. Vì vậy, lượng nhiệt toả ra trong quá trình cắt là:

$$Q = \frac{A}{427} = \frac{P_z \cdot V}{427} \quad (5.4)$$

Nhiệt cắt Q được tính bằng k.Cal/phút.

Nhiệt trong quá trình cắt lan toả từ điểm có nhiệt độ cao nhất đến điểm có nhiệt độ thấp nhất. Nhiệt toả ra trong quá trình cắt chủ yếu tập trung ở phoi và một phần ở dụng cụ. Nhiệt do ma sát ở mặt trước và mặt sau sẽ tập trung ở mặt trước III và mặt sau IV, ở phoi II và chi tiết gia công I (hình 5.1). Có một phần nhỏ nhiệt toả vào môi trường xung quanh.



Hình 5.1. Sơ đồ hình thành và lan tỏa nhiệt.

Khi biết lượng nhiệt sinh ra trong quá trình cắt lan toả giữa phoi, chi tiết gia công và dụng cụ, có thể viết phương trình cân bằng nhiệt như sau:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_p + Q_d + Q_c + Q_m \quad (5.5)$$

Ở đây:

Q_1, Q_2, Q_3 - nhiệt tương ứng với các công ở công thức (5.1);

Q_p, Q_d, Q_c, Q_m - nhiệt ở phoi, ở dụng cụ, ở chi tiết và ở môi trường xung quanh.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi gia công với tốc độ cắt không lớn (từ 30 ÷ 40 m/phút) tỷ lệ nhiệt như sau: $Q_p \approx 60 \div 70\%$; $Q_d \approx 3\%$; $Q_c \approx 30 \div 40\%$; $Q_m \approx 1 \div 2\%$. Khi tốc độ cắt tăng, tỷ lệ nhiệt vào phoi tăng. Ví dụ, khi tốc độ cắt $V = 400 \div 500$ m/phút nhiệt vào phoi $Q_p \approx 97 \div 98\%$; $Q_d \approx 1\%$. Thực nghiệm cũng đã khẳng định rằng tính dẫn nhiệt của chi tiết gia công càng nhỏ thì nhiệt toả vào dụng cụ càng lớn.

Khi cắt với tốc độ $V = 10$ m/phút nhiệt độ lớn nhất trên mặt trước của dao khoảng 540°C , còn trên khoảng cách $0,2$ mm cách mặt trước của nhiệt độ khoảng 450°C . Khi tốc độ $V = 200$ m/phút nhiệt độ ở các nơi tương ứng là 1265°C và 400°C .

Khi gia công vật liệu có tính dẫn nhiệt thấp, ví dụ, hợp kim Titan BT2, thì nhiệt độ vào dao lớn hơn khi gia công các vật liệu thông thường khác.

Khi nói về nhiệt độ cắt, cần nhớ rằng nó có giá trị không như nhau ở các điểm khác nhau của vùng cắt. Ở các điểm khác nhau của bề mặt dụng cụ và phoi có nhiệt độ khác nhau. Ngoài ra, tại mỗi điểm nhiệt độ có thể thay đổi theo thời gian. Nhiệt độ cao nhất tồn tại ở tâm áp lực của phoi xuống dao và ở lưỡi cắt chính.

Phân bố nhiệt θ tại các điểm của vật liệu gia công trong một thời gian xác định được gọi là trường nhiệt. Phương trình tổng quát của nó được viết như sau:

$$\theta = f(x, y, z, \tau) \tag{5.6}$$

Ở đây:

x, y, z – tọa độ của điểm quan sát;

τ - thời gian tác động của nguồn nhiệt.

Nếu quá trình cắt được thực hiện với chế độ cắt cố định, nhiệt độ của các điểm khác nhau trong vùng cắt chỉ tăng ở giai đoạn đầu, còn sau đó nhiệt độ của mỗi điểm hầu như không thay đổi. Chế độ nhiệt như vậy được gọi là chế độ tĩnh tại và phương trình của trường nhiệt được viết như sau:

$$\theta = f(x, y, z) \tag{5.7}$$

Giải bài toán về trường nhiệt trong vùng cắt bằng lý thuyết trên cơ sở lý thuyết truyền nhiệt là rất phức tạp. Trong các phương trình lý thuyết đó có các hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và vật liệu dao mà ta chưa biết.

Dưới đây ta xét sơ đồ bài toán lý thuyết về nhiệt độ ở bề mặt tiếp xúc của phoi θ_p :

$$\theta_p = \theta_c + \theta_{ms} \tag{5.8}$$

Ở đây:

θ_c – nhiệt độ xuất hiện do biến dạng của chi tiết;

θ_{ms} – nhiệt độ xuất hiện do ma sát.

Nhiệt độ θ_c được tính theo công thức:

$$\theta_c = \frac{A_1}{427 \cdot C \cdot d} \tag{5.9}$$

Ở đây:

A_1 – công đơn vị làm biến dạng chi tiết trên 1 mm^3 ;

$$A_1 = P_S \cdot S_S = P_z \cdot V - F \cdot V_F - F_1 \cdot V_{F1} \quad (5.10)$$

Ở đây:

C – nhiệt dung của kim loại phoi (cal/kgG);

d – tỷ trọng của kim loại phoi (kG/m^3);

Các thông số khác trong công thức (5.10) giống như các thông số trong công thức (5.3).

Trong trường hợp này ta cho rằng toàn bộ nhiệt truyền vào phoi, tuy nhiên trong thực tế có một phần nhiệt truyền vào dao và chi tiết.

Nhiệt độ xuất hiện do ma sát θ_{ms} được xác định như sau: ta tách một dải phoi có kích thước dL (hình 5.2).

Trong thời gian dải phoi này tiếp xúc với mặt trước của dao, nó được truyền một lượng nhiệt ma sát. Thời gian tiếp xúc của dải phoi với mặt trước của dao bằng:

$$\tau = \frac{L}{V} \cdot K \quad (5.11)$$

Ta xem dải phoi này như một thanh mà một phía của nó có nhiệt độ θ_{ms} . Lượng nhiệt độ này trong lý thuyết trao đổi nhiệt được xác định theo công thức:

$$\theta_{ms} = \frac{F \sqrt{V}}{427 b \sqrt{\lambda \cdot C \cdot d \cdot k \cdot L}}$$

Ở đây:

F – lực ma sát (kG);

V – tốc độ cắt (m/phút);

b – bề rộng cắt (mm);

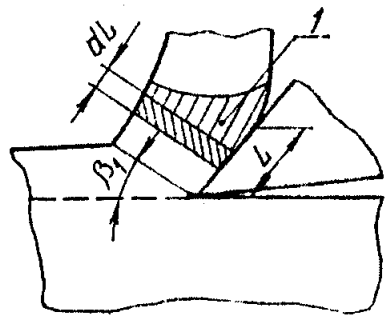
λ – độ dẫn nhiệt (cal/cm.sec $^{\circ}\text{C}$);

C – nhiệt dung của phoi (cal/kg $^{\circ}\text{C}$);

d – tỷ trọng của phoi (kG/m^3);

k – hệ số co rút phoi;

L – chiều dài tiếp xúc của phoi với mặt trước của dụng cụ (mm).



Hình 5.2. Sơ đồ tính nhiệt độ ma sát.

1 – Sơ đồ nhiệt của dải phoi.

Như vậy, khi biết θ_c và θ_{ms} có thể xác định nhiệt độ tiếp xúc của bề mặt phoi theo (5.8).

5.2. Ảnh hưởng của các yếu tố khác đến nhiệt độ cắt

5.2.1. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến nhiệt độ cắt.

Khi tăng tốc độ cắt, nhiệt độ trong vùng cắt (ở chi tiết gia công, ở phoi và ở dụng cụ) tăng. Tuy nhiên, nhiệt độ trong vùng cắt tăng chậm hơn so với tốc độ cắt. Hiện tượng này càng dễ thấy ở vùng chế độ cắt cao (hình 5.3).

Đường cong trên hình 5.3 có thể thay bằng các đường thẳng với phương trình quan hệ đơn giản sau đây:

$$\theta = C_0 \cdot v^\alpha \quad (5.12)$$

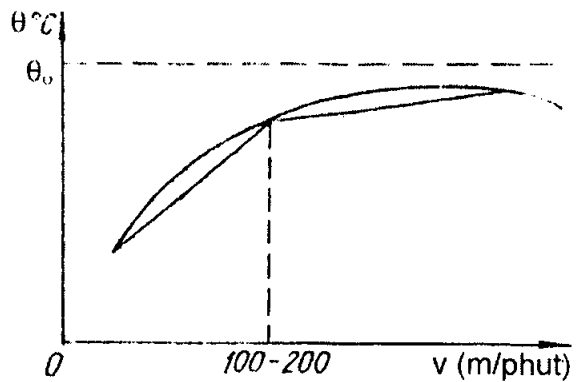
Ở đây: C_0 - hệ số tính đến ảnh hưởng của các yếu tố còn lại (ngoài tốc độ cắt) đến nhiệt độ cắt;

α - số mũ cho biết cường độ ảnh hưởng của tốc độ cắt đến nhiệt độ cắt. Thông thường $\alpha < 1$: khi gia công thép với tốc độ $v = 10 \div 20$ m/phút thì $\alpha = 0,5$; khi $v = 25 \div 45$ m/phút thì $\alpha = 0,4$ và khi $v = 45 \div 185$ m/phút thì $\alpha = 0,2$.

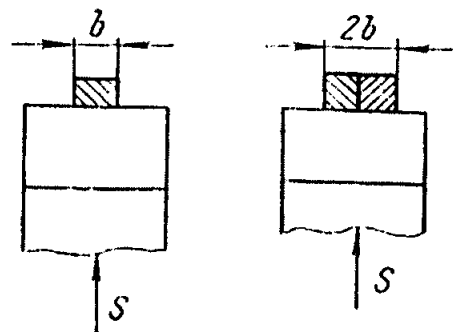
5.2.2. Ảnh hưởng của bề rộng và chiều dày cắt đến nhiệt độ cắt.

Khi tăng bề rộng cắt b , lực cắt tăng, công cắt gọt tăng và nhiệt cắt tăng nhưng chiều dài phần làm việc của lưỡi cắt tăng (hình 5.4).

Do đó sự toả nhiệt cũng tốt hơn, có nghĩa là nhiệt độ cắt giảm nhanh hơn. Vì vậy, khi bề rộng cắt



Hình 5.3. Quan hệ phụ thuộc giữa nhiệt độ cắt θ và tốc độ cắt v (θ_0 là nhiệt độ giới hạn)



Hình 5.4. Chiều dài thực tế của lưỡi cắt khi gia công với bề rộng b khác nhau.

b tăng, nhiệt độ cắt thay đổi không nhiều. Công thức thực nghiệm để tính nhiệt độ cắt phụ thuộc vào bề rộng cắt b được viết như sau:

$$\theta = C_b \cdot b^\beta \quad (5.13)$$

Ở đây: C_b – hệ số tính đến ảnh hưởng của các yếu tố còn lại (ngoài bề rộng cắt) đến nhiệt độ cắt;

β - số mũ tính đến ảnh hưởng của bề rộng cắt đến nhiệt độ cắt (thông thường $\beta = 0,1$).

Khi tăng chiều dày cắt a, lực cắt P_z tăng với mức $a^{0,75}$, có nghĩa là khi a tăng, công cắt gọt và lượng nhiệt tăng, đồng thời diện tích tiếp xúc giữa phoi và mặt trước của dao tăng. Điều này cho phép toả nhiệt tốt hơn, vì vậy nhiệt độ cắt tăng chậm hơn chiều dày cắt. Phương trình quan hệ giữa nhiệt độ cắt θ và chiều dày cắt a được viết như sau:

$$\theta = C_a \cdot a^\gamma \quad (5.14)$$

Ở đây: $\gamma = 0,2 \div 0,3$

Bằng thực nghiệm, một số nhà nghiên cứu đã tìm ra quan hệ giữa nhiệt độ cắt và chế độ cắt khi gia công thép 40X:

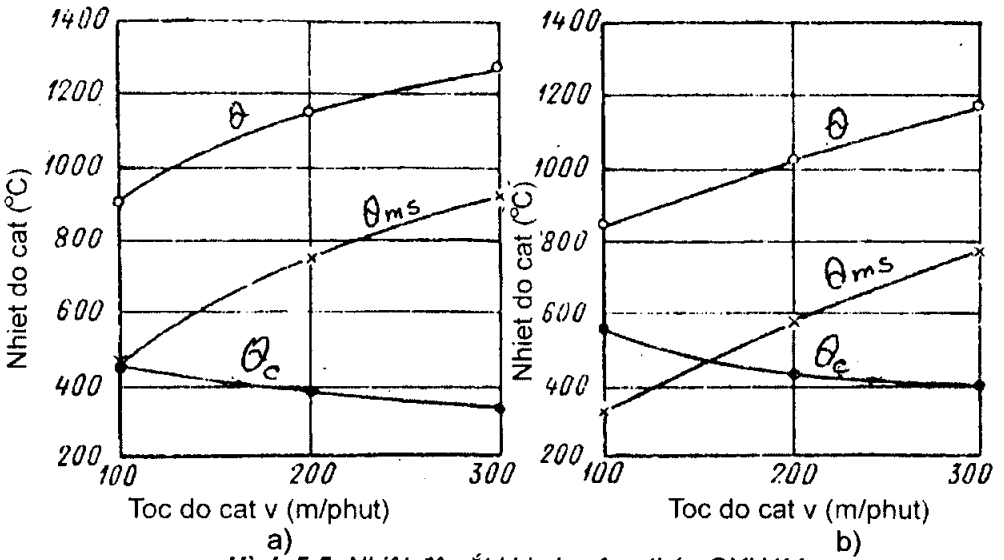
$$\theta = 148,5 \cdot V_{0,4} \cdot S_{0,24} \cdot t_{0,1} \quad (5.15)$$

5.2.3. Ảnh hưởng của vật liệu dao và vật liệu gia công đến nhiệt độ cắt

Khi gia công vật liệu giòn, ví dụ như gang, công làm biến dạng dẻo rất nhỏ và lực cắt đơn vị không lớn, do đó nhiệt độ cắt thấp hơn khi gia công thép.

Nhiệt độ của dao phụ thuộc vào nhiệt dung và đặc biệt là tính dẫn nhiệt của vật liệu gia công và vật liệu dao. Ví dụ, khi gia công kim loại màu, nhiệt độ cắt phải thấp hơn không chỉ vì lực cắt nhỏ mà còn vì tính dẫn nhiệt của kim loại màu tốt. Ngược lại, khi gia công thép chịu lửa và hợp kim có tính dẫn nhiệt kém, nhiệt độ cắt tăng (2 ÷ 3 lần) so với gia công thép kết cấu. Cũng tương tự như vậy, có thể nói về dụng cụ cắt: tính dẫn nhiệt càng kém thì nhiệt độ ở lưỡi cắt càng cao.

Theo nguyên nhân này thì nhiệt độ cắt khi gia công bằng dao hợp kim cứng sẽ thấp hơn so với trường hợp gia công bằng dao hợp kim gốm (hình 5.5).



Hình 5.5. Nhiệt độ cắt khi gia công thép OX4M:

a) bằng dao hợp kim gốm

b) bằng dao hợp kim cứng chiều sâu cắt $t = 2 \text{ mm}$; lượng chạy dao $\delta = 0,14 \text{ mm/vòng}$; góc $\gamma = 10^\circ$.

5.2.4. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến nhiệt độ cắt

Khi lượng chạy dao tăng, áp lực của phoi lên dụng cụ và công làm biến dạng vật liệu tăng. Nhưng trong trường hợp này, co rút phoi giảm, do đó công làm biến dạng vật liệu trên 1 mm^3 phoi cũng giảm. Đồng thời ma sát trên mặt sau của dao khi lượng chạy dao tăng thay đổi rất ít. Vì vậy, nhiệt độ ở phoi sẽ tăng ít hơn so với sự tăng của lượng chạy dao. Cùng lúc khi độ dày của phoi tăng, khả năng tỏa nhiệt sẽ tốt hơn, bởi vì diện tích tiếp xúc giữa phoi và dụng cụ rộng hơn. Kết quả là nhiệt độ cắt tăng khi lượng chạy dao tăng nhưng ở mức độ thấp hơn so với khi tốc độ cắt tăng.

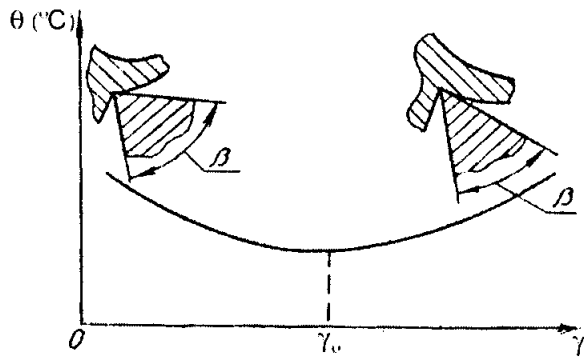
Chiều sâu cắt ảnh hưởng đến nhiệt độ cắt ít hơn, bởi vì áp lực lên một đơn vị chiều dài của lưỡi cắt không thay đổi. Những lập luận trên đây về ảnh hưởng của s , t và cả v có thể được chứng minh thêm ở công thức (5.15). Theo công thức này thì tốc độ cắt v có số mũ cao nhất (0,4), còn chiều sâu cắt t có số mũ thấp nhất (0,1), vì vậy v ảnh hưởng đến nhiệt độ cắt nhiều hơn là s và t .

5.2.5. Ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến nhiệt độ cắt

Khi góc trước γ thay đổi thì nhiệt độ cắt cũng thay đổi, bởi vì điều kiện hấp thụ nhiệt và thoát nhiệt khác nhau.

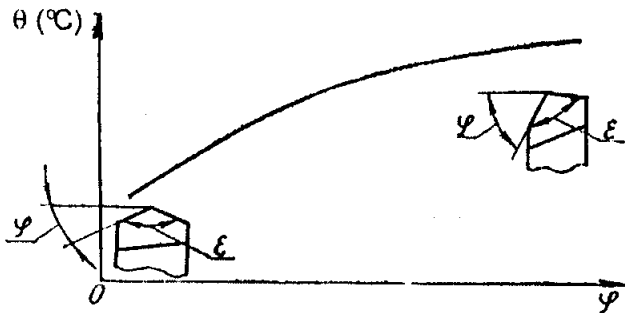
Khi góc γ tăng, lực cắt giảm, do đó công cắt giảm, vì vậy lượng nhiệt tỏa ra cũng giảm. Tuy nhiên, trong trường hợp này điều kiện thoát nhiệt kém, bởi vì góc sắc β giảm, có nghĩa là chất nặng thêm cho đầu dao. Vì vậy, tồn tại một

giá trị góc γ_0 tối ưu để cho nhiệt độ cắt và lực cắt giảm. Khi góc γ lớn hơn giá trị tối ưu γ_0 thì nhiệt độ cắt tăng (hình 5.6).



Hình 5.6. Ảnh hưởng của góc trước γ đến nhiệt độ cắt

Khi góc nghiêng chính φ giảm, góc đỉnh dao ϵ tăng, điều kiện thoát nhiệt tốt cho nên nhiệt độ cắt giảm và ngược lại (hình 5.7).



Hình 5.7. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến nhiệt độ cắt

5.3. Các phương pháp đo nhiệt độ cắt

5.3.1. Phương pháp quan sát biến sắc nhiệt

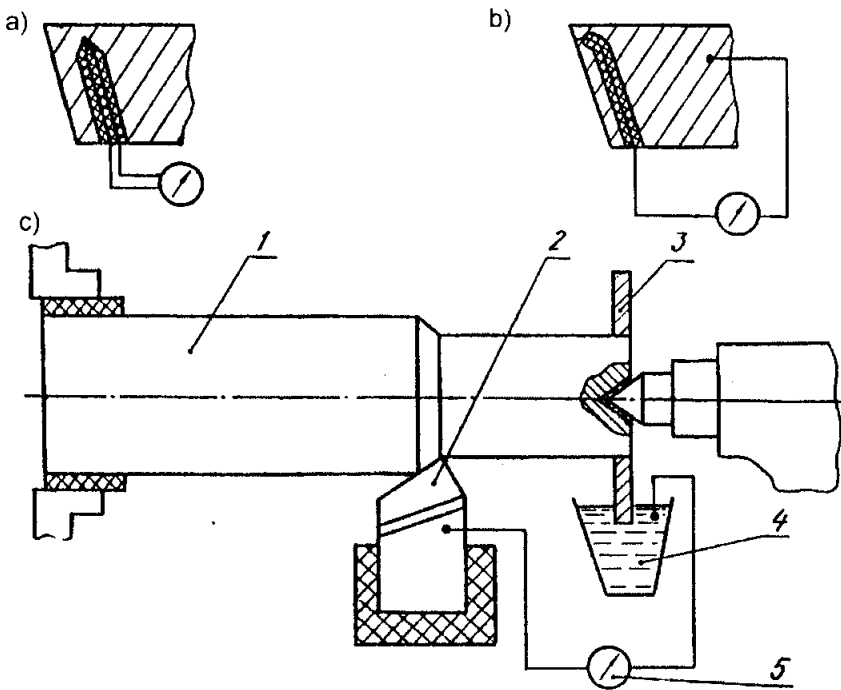
Phương pháp này rất đơn giản và được dùng để đánh giá nhiệt độ cắt bằng mắt thường. Màu sắc của nhiệt độ xuất hiện khi nhiệt độ trên bề mặt phoi bị ô xi hoá. Ví dụ, màu sáng – vàng tương ứng với nhiệt độ 220°C , màu vàng – 270°C , còn màu sáng – xanh tương ứng với nhiệt độ 320°C . Phương pháp này rất thô sơ, mang tính chủ quan do đó đánh giá nhiệt không chính xác.

5.3.2 Phương pháp đo nhiệt lượng

Để xác định nhiệt độ trung bình của phoi, người ta sử dụng cái đo nhiệt chuyên dùng, mà trong đó được thả phoi nóng. Xuất phát từ trọng lượng của phoi, trọng lượng của nước (tương ứng với trọng lượng của phoi) được rót vào cái đo nhiệt và căn cứ vào chênh lệch nhiệt độ của nước trước và sau khi thả phoi vào cái đo nhiệt người ta xác định được nhiệt độ của phoi.

5.3.3. Đo nhiệt độ cắt bằng các nhiệt kế

Hình 5.8 a là sơ đồ của phương pháp đo nhiệt độ trong vùng cắt bằng nhiệt kế nhân tạo. Để thực hiện được việc đo nhiệt độ người ta khoan một lỗ nhỏ có đường kính 1,5 mm ở đầu dao, đáy của lỗ cách mặt trước của dao khoảng 0,5 mm. Trong lỗ người ta đặt một nhiệt kế gồm hai dây kim loại khác nhau, hai dây kim loại này được hàn với nhau ở đầu cuối của các dây và được đặt trong một ống thủy tinh, ống thủy tinh được đặt trong lỗ (các dây kim loại có đường kính $0,02 \div 0,05$ mm). Dưới tác dụng của nhiệt độ cắt, trong nhiệt kế xuất hiện “suất điện động nhiệt”, giá trị của nó được điện kế ghi lại. Các chỉ số của điện kế được chuyển thành độ nhờ đồ thị chuyển đổi. Phương pháp này có nhược điểm là đầu hàn của hai dây kim loại (thường là đồng và một kim loại khác) còn cách xa lưỡi cắt ($\approx 0,5$ mm) nơi có nhiệt độ cao nhất.

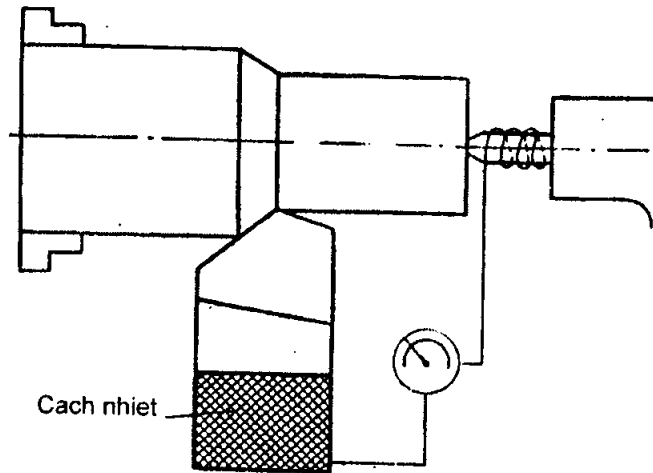


Hình 5.8. Đo nhiệt độ cắt bằng các nhiệt kế khác nhau

Hình 5.8 b là một loại nhiệt kế khác. Cũng ở đầu dao người ta khoan một lỗ có đường kính 1 mm, đáy lỗ cách mặt sau của dao khoảng 0,4 mm, trong lỗ đặt một ống thủy tinh cách nhiệt và một dây kim loại được đặt trong ống thủy tinh này. Đầu dây kim loại được tiếp xúc với đáy lỗ. Như vậy, nhiệt kế là dây kim loại và dao cắt. Nhược điểm của phương pháp này là khó chế tạo dao có khả năng mài lại nhiều lần (bởi vì sau vài lần mài lại thì lỗ bị thông suốt với mặt sau của dao).

Hai loại nhiệt kế trên hình 5.8 a và hình 5.8 b được gọi là nhiệt kế nhân tạo. Để khắc phục các nhược điểm của các loại nhiệt kế nhân tạo người ta dùng nhiệt kế tự nhiên (hình 5.8 c), mặc dù nhiệt kế này chỉ cho phép đo nhiệt độ cắt trung bình dọc theo lưỡi cắt. Kết cấu của nhiệt kế này gồm dao 2 và chi tiết 1. Sự chênh lệch nhiệt độ ở phần tiếp xúc giữa dao và chi tiết trong quá trình cắt và ở đuôi dao và ở đuôi chi tiết (không được nung nóng) sẽ dẫn đến sự xuất hiện của "suất điện động nhiệt". Nếu nối mạch dẫn kín giữa dao và chi tiết bằng chi tiết đồng 3 và cốc thuỷ ngân 4 thì thiết bị 5 sẽ cho biết giá trị của "suất điện động nhiệt". Các chỉ số này được chuyển thành nhiệt độ cao nhờ đồ thị chuyển đổi.

Sơ đồ trên hình 5.8 c có thể được đơn giản hoá nếu ta nối mạch dẫn trực tiếp với mũi tâm sau không được cách nhiệt (hình 5.9).

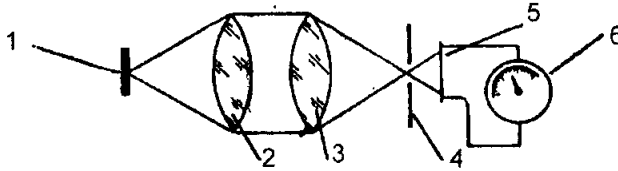


Hình 5.9. Sơ đồ đơn giản của nhiệt kế tự nhiên

Cần nhớ rằng, với cách đo nhiệt độ cắt bằng phương pháp này sẽ xuất hiện "suất điện động nhiệt" đệm ở chỗ tiếp xúc giữa chi tiết và mũi tâm sau. Nhưng giá trị của nó nhỏ hơn rất nhiều so với "suất điện động nhiệt" ở vùng tiếp xúc giữa dao và chi tiết gia công, bởi vì nhiệt độ cắt lớn hơn rất nhiều so với nhiệt độ ma sát của chi tiết với mũi tâm sau. Vì vậy, "suất điện động nhiệt" xuất hiện khi có ma sát giữa chi tiết và mũi tâm sau có thể bỏ qua. Để loại trừ ảnh hưởng của "suất điện động nhiệt" đệm khi nó xuất hiện giữa thân dao và mảnh hợp kim hàn, nên sử dụng dao nguyên khối (ví dụ như dao thép gió).

5.3.4. Đo nhiệt độ bằng phương pháp bức xạ

Phương pháp này cho phép đo nhiệt độ cắt tại bất kỳ vị trí nào của phoi, của dao và của chi tiết gia công trên cơ sở bức xạ nhiệt (hình 5.10).



Hình 5.10. Đo nhiệt độ bằng phương pháp bức xạ

Sơ đồ của thiết bị này rất đơn giản. Tia nhiệt hướng từ bộ phận quan sát 1 đi qua hai thấu kính 2, 3, qua lỗ trên màn chắn 4 và tới tế bào quang điện 5. Nhiệt kế có độ nhạy cao 6 thông qua vạch chuyển đổi cho biết nhiệt độ của bộ phận quan sát. Phương pháp này không được sử dụng rộng rãi vì những nhược điểm sau đây:

- Sự xuất hiện ôxi hoá trên bề mặt phoi làm kết quả đo không chính xác.
- Rất khó chuyển đổi chỉ số của thiết bị đo bởi vì sự bức xạ nhiệt không chỉ phụ thuộc vào bề mặt bị nung nóng mà còn phụ thuộc vào màu sắc và trạng thái của nó (của bề mặt), ví dụ, bề mặt có độ nhám cao bức xạ nhiệt lớn hơn bề mặt có độ nhám thấp.
- Gá thiết bị trên dao không thuận lợi, còn nếu gá thiết bị ở ngoài dao thì rung động của dao trong quá trình cắt sẽ ảnh hưởng xấu đến quá trình đo nhiệt độ tại một điểm xác định.
- Thiết bị đo rất phức tạp.

Những thiết bị đo nhiệt độ cắt trên đây có tính vạn năng và giá thành hạ, nó được sử dụng nhiều trong thực tế. Tuy nhiên, hiện nay người ta dùng những thiết bị rất hiện đại, chỉ cần đầu đo tiếp xúc với đối tượng cần đo là có thể biết ngay nhiệt độ là bao nhiêu.

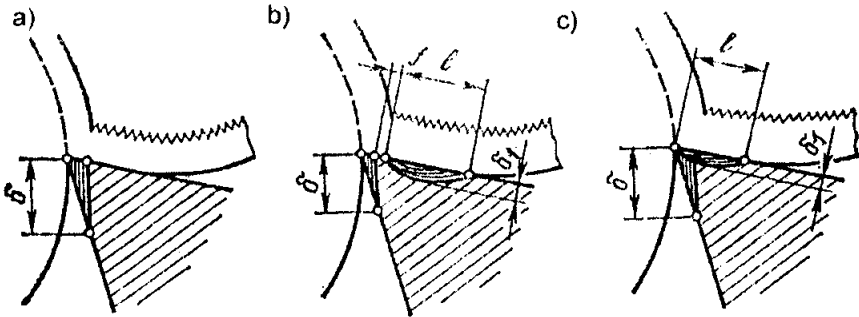
Chương 6

SỰ MÀI MÒN DỤNG CỤ CẮT

6.1. Thể hiện bề ngoài của sự mài mòn dụng cụ cắt

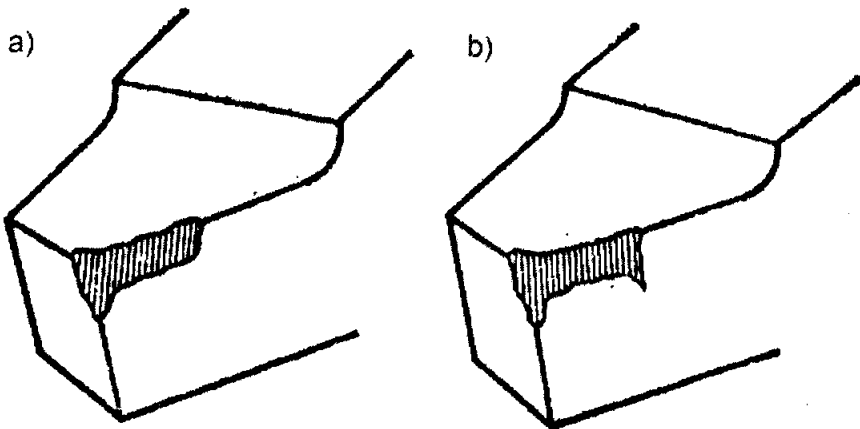
Do áp lực, nhiệt độ và tốc độ cắt, các bề mặt tiếp xúc của dao trong quá trình sử dụng bị mài mòn. Tất cả các loại dụng cụ cắt đều bị mài mòn: chỉ theo mặt sau (dạng mòn thứ nhất) hoặc theo mặt sau và mặt trước (dạng mòn thứ hai). Cả hai dạng mòn này đều tồn tại khi gia công với mọi chế độ cắt được dùng trong sản xuất.

Khi mòn theo dạng thứ nhất (hình 6.1 a) ở mặt sau của dao tạo thành tiết diện mòn có bề rộng là δ . Dọc theo lưỡi cắt chính bề rộng của tiết diện mòn nhìn chung rất nhỏ.



Hình 6.1. Các dạng mòn của dụng cụ cắt

Về nguyên tắc, bề rộng lớn nhất của tiết diện mòn tồn tại ở mặt sau của dao hoặc ở chỗ chuyển tiếp giữa lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ (hình 6.2a). Trong một số trường hợp ở điểm của lưỡi cắt chính tương ứng với bề mặt gia công tồn tại mòn cục bộ có hình dạng như một cái lưỡi (hình 6.2b).



Hình 6.2 Mòn của dụng cụ cắt dọc theo lưỡi cắt

Khi mòn theo dạng thứ hai thì ngoài mặt sau bị mòn, còn có mặt trước cũng bị mòn (hình 6.1b). Mòn mặt trước có hình dạng đặc thù riêng. Dưới tác dụng của phoi ở mặt trước của dao tồn tại một vết lõm có bề rộng l và chiều sâu δ_1 (xem hình 6.1b). Cạnh ngoài của vết lõm nằm gần song song với lưỡi cắt chính, còn chiều dài b của vết lõm bằng chiều dài làm việc của lưỡi cắt chính. Tùy thuộc vào tốc độ cắt mà khoảng cách giữa cạnh ngoài vết lõm và lưỡi cắt chính có thể thay đổi. Khi gia công thép với tốc độ cắt thấp và trung bình bằng dao thép gió, giữa lưỡi cắt chính và cạnh ngoài của vết lõm tồn tại khoảng cách f (gọi là đoạn nối ngang), đoạn f này giảm dần theo chiều tăng của diện tích vết lõm. Điều này có liên quan đến lẹo dao, lẹo dao giữ cho mặt trước không bị phoi cạo sát nhiều. Khi gia công thép với tốc độ cắt lớn bằng dao hợp kim cứng không tồn tại lẹo dao cho nên cạnh ngoài của vết lõm trùng với mặt sau của dao, do đó ở mặt trước của dao chỉ tồn tại vết lõm (hình 6.1c).

Dạng mòn của dụng cụ cắt phụ thuộc vào vật liệu gia công, chiều dày cắt a và tốc độ cắt v . Khi gia công vật liệu dẻo (thép) mòn dao xảy ra theo dạng thứ nhất và dạng thứ hai. Khi gia công vật liệu giòn (gang) mòn dao xảy ra theo dạng thứ nhất nhiều hơn theo dạng thứ hai.

Chiều dày lớp cắt và tốc độ cắt có ảnh hưởng như nhau đến dạng mòn của dụng cụ. Khi cắt với chiều dày cắt nhỏ ($< 0,1$ mm) và tốc độ cắt thấp, dao mòn theo mặt sau (dạng mòn thứ nhất). Khi tăng chiều dày cắt và tốc độ cắt ngoài mặt sau ra, mặt trước của dao cũng bị mòn (dạng mòn thứ hai). Hơn nữa, chiều dày cắt a và tốc độ cắt v càng tăng thì mặt trước mòn nhanh hơn mặt sau. Ví dụ, khi gia công thép 45 bằng dao hợp kim cứng T15K6 không có dung dịch trơn nguội trong phạm vi tốc độ cắt $50 \div 210$ m/phút với lượng chạy dao $0,8$ mm/ vòng (xấp xỉ chiều dày cắt) tỷ lệ mòn mặt sau là $60 \div 80$ %, còn tỷ lệ mòn mặt trước là $10 \div 15$ % trong tổng lượng mòn của dao. Khi tăng lượng chạy dao (xấp xỉ chiều dày cắt) lên $0,46$ mm/ vòng, tỷ lệ mòn mặt trước tăng tới $60 \div 90$ %, còn tỷ lệ mòn mặt sau chỉ chiếm $5 \div 7$ %. Với lượng chạy dao $0,24$ m /vòng và tốc độ cắt trong khoảng $80 \div 150$ m/phút thì tỷ lệ mòn mặt trước và mặt sau xấp xỉ bằng nhau.

Góc trước γ và dung dịch trơn nguội có ảnh hưởng không đáng kể đến dạng mòn của dao.

6.2. Bản chất vật lý của sự mài mòn dụng cụ cắt.

Mặc dù mài mòn của dụng cụ cắt là chỉ tiêu quan trọng của khả năng làm việc của dụng cụ, nhưng bản chất vật lý của mài mòn vẫn chưa được nghiên cứu sâu do tính phức tạp của quá trình tiếp xúc xảy ra ở mặt trước và mặt sau của dao. Có nhiều giả thuyết giải thích bản chất vật lý của sự mài mòn

dụng cụ. Theo các giả thuyết này thì các nguyên nhân chính gây ra mòn các bề mặt tiếp xúc của dụng cụ là:

- a) Tác động hạt mài do vật liệu gia công gây ra (gọi là mòn hạt mài).
- b) Tác động qua lại giữa vật liệu dụng cụ và vật liệu gia công (mòn tiếp xúc).
- c) Sự khuếch tán của vật liệu dụng cụ vào vật liệu gia công (mòn khuếch tán).
- d) Các hiện tượng hoá học xảy ra ở mặt trước và mặt sau của dao (mòn ôxi hoá).

Dưới đây ta phân tích từng trường hợp cụ thể:

1. Mòn hạt mài:

Khi có ma sát của mặt cắt với mặt sau và ma sát của phoi với mặt trước của dao, các hạt tinh thể cứng của vật liệu gia công làm xước vật liệu dao và dần dần phá huỷ mặt dao. Cường độ mòn hạt mài tăng khi lượng xementit (HB 800) trong thép (vật liệu gia công) tăng. Lẹo dao có thể làm xước bề mặt dụng cụ nhanh hơn cả vật liệu gia công bởi vì độ cứng của lẹo dao cao hơn nhiều so với độ cứng của vật liệu gia công. Mòn hạt mài của dụng cụ bằng thép dụng cụ và thép gió xảy ra nhanh hơn so với dụng cụ bằng hợp kim cứng, bởi vì dao hợp kim cứng có độ cứng rất cao.

2. Mòn tiếp xúc.

Bề mặt của phoi và mặt trước của dao không phải là các bề mặt có độ nhẵn bóng tuyệt đối, vì vậy chúng chỉ tiếp xúc với nhau theo các đỉnh nhấp nhô. Điều này gây ra áp lực lớn phá vỡ các màng bị ôxi hoá, do đó xảy ra hiện tượng hàn nguội giữa vật liệu phoi và vật liệu dụng cụ ở các điểm tiếp xúc thực tế. Sự hàn nguội này xảy ra với xác suất lớn hơn khi nhiệt độ cắt cao. Khi phoi dịch chuyển theo bề mặt dao tại các chỗ tiếp xúc xuất hiện ứng suất cắt và kết quả là các hạt kim loại ở mặt trước của dao bị bóc tách, có nghĩa là bị mài mòn.

3. Mòn khuếch tán.

Nhiệt độ và biến dạng dẻo cao ở bề mặt tiếp xúc gây ra quá trình khuếch tán ở vật liệu dao và vật liệu gia công. Trong trường hợp này khuếch tán không xảy ra đối với các phân tử của liên kết hoá học, mà khuếch tán chỉ xảy ra đối với các phân tử riêng biệt của liên kết này, ví dụ, các phân tử cacbon, vonfram, titan, coban có trong thành phần của hợp kim cứng dụng cụ.

Theo quy luật phát triển của lớp khuếch tán thì tốc độ khuếch tán tăng nhanh ở giai đoạn đầu của quá trình khuếch tán. Trong quá trình cắt thời gian tiếp xúc của phoi, mặt cắt và dao xảy ra rất nhanh (phần trăm hoặc phần nghìn

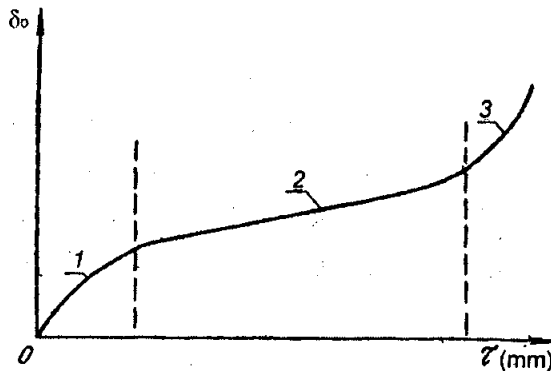
giây), vì vậy những phần khác nhau của vật liệu gia công liên tục tiếp xúc với bề mặt dụng cụ, làm cho quá trình khuếch tán ở giai đoạn đầu tăng mạnh, gây ảnh hưởng lớn đến cường độ mòn của dụng cụ.

4. Mòn ôxy hoá.

Giả thuyết về mòn ôxy hoá được đưa ra trên cơ sở ăn mòn của các hợp kim cứng khi chúng bị nung nóng trong môi trường ôxy và sự không thay đổi tính chất của lớp bề mặt hợp kim cứng khi chúng bị nung nóng trong các loại khí như acgôn, nitơ và gheli. Theo giả thuyết này, khi nhiệt độ cắt $700 \div 800^{\circ}\text{C}$ ôxy của không khí tham gia vào phản ứng hoá học với pha của coban trong hợp kim cứng và cacbit vônphram, cacbit titan. Do hợp kim cứng có độ xốp lớn cho nên quá trình ôxy hoá không chỉ xảy ra trên các lớp bề mặt tiếp xúc của dụng cụ mà còn ở các hạt vật liệu (hợp kim cứng) nằm sâu dưới lớp bề mặt. Sản phẩm của ôxy hoá của coban là các oxit Co_3O_4 , CoO và cacbit WO_3 , TiO_2 . Độ cứng của các sản phẩm ôxy hoá thấp hơn độ cứng của hợp kim cứng khoảng $40 \div 60$ lần. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho lực ma sát ở mặt trước và mặt sau của dao san phẳng các hạt cacbit và mài mòn các bề mặt này. Khi lượng coban trong hợp kim cứng tăng thì tốc độ ôxy hoá tăng, do đó bề mặt dụng cụ bị mài mòn tăng. Khi cắt trong môi trường khí acgôn, gheli và nitơ có thể giảm đường cường độ mòn của dụng cụ.

6.3. Quy luật mài mòn của dụng cụ cắt.

Hình 6.3 là quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn δ của dụng cụ cắt và thời gian làm việc của nó τ (gọi là đường cong mòn).



Hình 6.3. Quan hệ giữa độ mòn và thời gian làm việc của dao

Đường cong mòn trên hình 6.3 có thể được chia ra ba phần:

- Phần 1: mòn ban đầu với khoảng thời gian không lớn. Trong giai đoạn này, mòn xảy ra với cường độ rất lớn do sự mài mòn các đỉnh nhấp nhô trên bề mặt dụng cụ.

- Phần 2: mòn bình thường. Giai đoạn này bắt đầu từ thời điểm khi mà chiều cao nhấp nhô có giá trị rất nhỏ. Ở giai đoạn này, độ mòn tăng gần như tỷ lệ tuyến tính với thời gian làm việc của dụng cụ. Đây là giai đoạn có thời gian làm việc lớn nhất của dụng cụ.

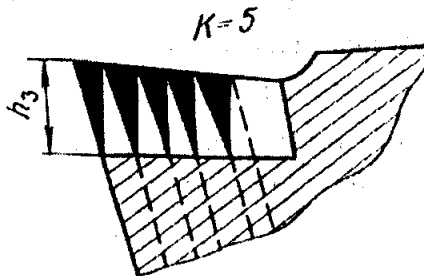
- Phần 3: mòn kịch liệt. Ở giai đoạn này dao có thể bị xước lưỡi cắt hoặc bị gãy đầu dao. Mòn ở giai đoạn này không cho phép dao làm việc tiếp tục, có nghĩa là cần mài lại hoặc thay dao mới.

6.4. Các chỉ tiêu đánh giá sự mài mòn của dụng cụ cắt

6.4.1. Chỉ tiêu mòn tối ưu

Dấu hiệu mà theo đó dụng cụ được xem là mòn thì gọi là chỉ tiêu mòn. Nếu nguyên công không có yêu cầu cao về độ chính xác và độ bóng bề mặt thì nên dùng dụng cụ cho đến khi mòn đạt thời gian gia công lớn nhất và độ mòn như vậy được gọi là mòn tối ưu.

Để khôi phục lại khả năng cắt của dụng cụ, nó cần được mài lại. Mỗi loại dao có một vùng mài lại riêng. Hình 6.4 cho thấy các lớp vật liệu dao (đường nét đứt) được cắt trong mỗi lần mài lại.



Hình 6.4. Vùng mài lại của dụng cụ cắt

Số lần mài lại cho phép K được xác định bằng cách chia chiều dài của vùng mài lại cho chiều dày của lớp vật liệu được cắt trong mỗi lần mài lại.

Tổng thời gian sử dụng của dụng cụ cắt T_{Σ} được xác định theo công thức:

$$T_{\Sigma} = T(K+1) \quad (6.1)$$

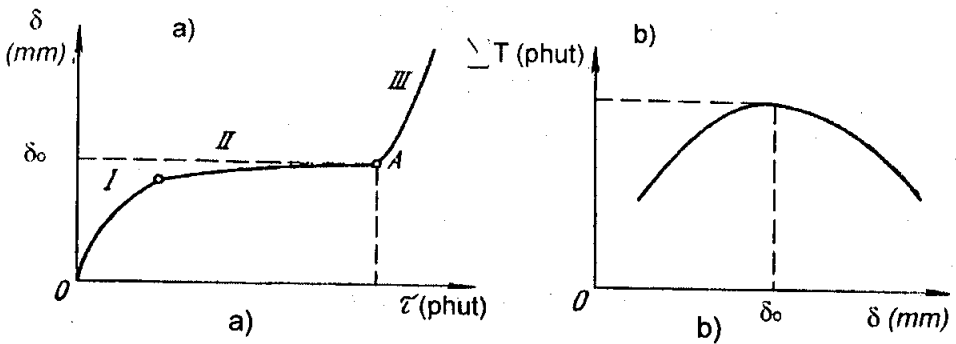
Ở đây: T – tuổi bền của dụng cụ (phút);

K – số lần mài lại cho phép của dụng cụ.

Số 1 trong công thức (6.1) cho biết lần mài được thực hiện khi chế tạo dao mới.

Như vậy lượng mòn được gọi là tối ưu δ_0 là lượng mòn tại điểm A trên đường cong mòn (hình 6.5a) mà ở đó bắt đầu giai đoạn mòn kịch liệt (giai đoạn

III). Các phần I và II là mòn ban đầu và mòn bình thường (các phần I, II và III trên hình 6.5 a tương ứng với các phần 1, 2 và 3 trên hình 6.3).



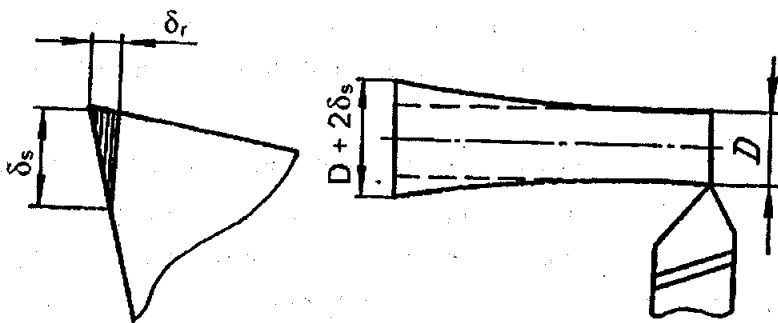
Hình 6.5. Sơ đồ xác định lượng mòn tối ưu δ_0

Để xác định lượng mòn tối ưu δ_0 nhằm đạt được thời gian sử dụng dao lớn nhất cần phải tiến hành nhiều thí nghiệm. Ở đây cần mài lại dao sau khi bị mòn với giá trị δ_1 rồi xây dựng đồ thị quan hệ giữa T_{Σ} và δ như trên hình 6.5 b. Theo đồ thị này có thể xác định được lượng mòn tối ưu δ_0 ứng với tuổi bền lớn nhất của dụng cụ cắt.

6.4.2. Chỉ tiêu mòn công nghệ

Mòn công nghệ là hiện tượng mòn mà tại đó dụng cụ cắt bị ngừng sử dụng do những hạn chế công nghệ như: độ nhám bề mặt tăng, kích thước gia công không chính xác, xuất hiện dao động của hệ thống công nghệ, chi tiết bị nung nóng mạnh, dụng cụ cắt bị gãy, v.v...Chỉ tiêu mòn công nghệ chủ yếu được dùng để nghiên cứu dụng cụ dùng cho gia công tinh.

Ví dụ về mòn công nghệ có thể được thấy trên hình 6.6. Khi mòn dao theo mặt sau một lượng δ_s (hình 6.6a) độ bóng bề mặt giảm, ngoài ra đường kính của chi tiết gia công tăng lên hai lần so với lượng mòn hướng kính δ_r (hình 6.6b).



Hình 6.6. Mòn hướng kính ảnh hưởng đến kích thước của chi tiết gia công

Chương 7

RUNG ĐỘNG TRONG QUÁ TRÌNH CẮT

7.1. Khái niệm về rung động trong quá trình cắt

Điều kiện tiên quyết để đạt độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công cao là độ ổn định của chuyển động trong quá trình cắt. Để đạt được điều kiện này thì hệ thống công nghệ (máy – dao – chi tiết - đồ gá) phải có độ chống rung tốt và không gây ra dao động. Nhiều công trình nghiên cứu cho thấy, tùy thuộc vào điều kiện cắt dao động (rung động) của chi tiết gia công và dụng cụ cắt có thể có tần số lớn hoặc nhỏ, xuất hiện đồng thời hoặc xuất hiện riêng biệt. Về nguyên tắc, dao động của chi tiết có tần số nhỏ, còn dao động của dụng cụ có tần số lớn. Chất lượng gia công giảm do dao động có thể đồng thời làm giảm tuổi bền của dụng cụ cắt.

Đối với tất cả các dạng gia công tồn tại hai loại dao động: dao động cưỡng bức và tự dao động. Dao động cưỡng bức (rung động cưỡng bức) xuất hiện do những nguyên nhân sau đây:

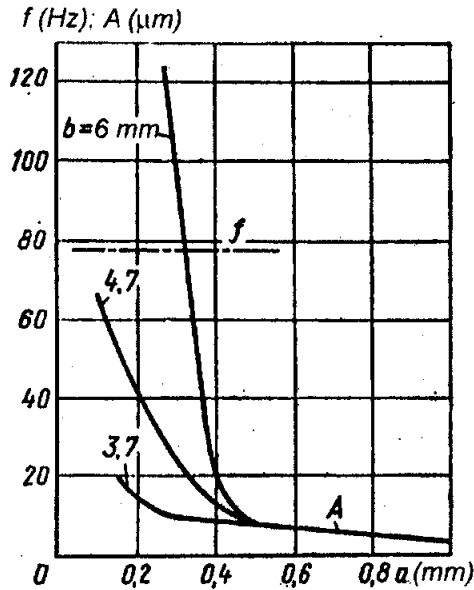
- Cắt không liên tục (cắt gián đoạn).
- Các chi tiết máy, chi tiết gia công và dụng cụ cắt quay nhanh nhưng không được cân bằng tốt.
- Sai số chế tạo các bộ phận máy (bánh răng, hệ truyền đai, hệ thống thủy lực, v.v...).
- Lượng dư gia công và độ cứng của vật liệu không đều.
- Rung động của các máy xung quanh.

Khử rung động cưỡng bức có thể đạt được bằng cách khử các nguyên nhân gây ra rung động.

Tự rung động (hay là tự rung) là rung động sinh ra bởi quá trình cắt và nó được duy trì bởi lực cắt. Khi ngừng cắt thì hiện tượng tự rung cũng kết thúc.

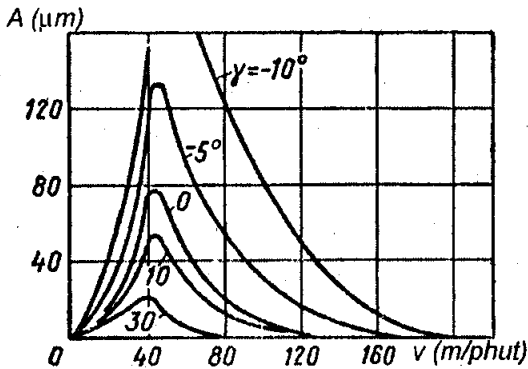
7.2. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến tự rung động.

Biên độ của tự rung phụ thuộc vào kích thước lớp cắt (a và b) và tốc độ cắt (v). Kích thước của lớp cắt ảnh hưởng khác nhau đến biên độ rung động (hình 7.1): khi tăng chiều dày cắt a , biên độ rung động (dao động) A giảm, còn khi tăng bề rộng cắt b , biên độ dao động A tăng.



Hình 7.1. Ảnh hưởng của chiều dày cắt a và bề rộng cắt b đến tần số dao động f và biên độ dao động A khi tiện (thép 40X; góc $\varphi = 30^\circ$; $\gamma = 8^\circ$; $t = 2 \text{ mm}$; $V = 45 \text{ m/phút}$)

Hình 7.2 là ảnh hưởng của tốc độ cắt đến biên độ dao động (của tự dao động).



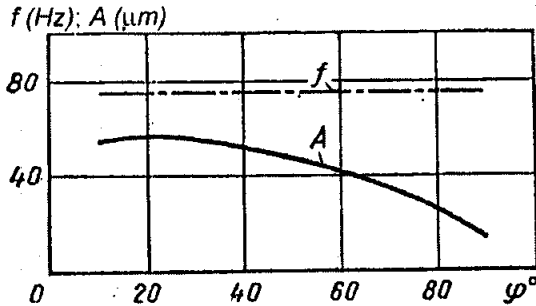
Hình 7.2. Ảnh hưởng của tốc độ cắt v và góc trước γ đến biên độ dao động A khi tiện (thép 40X; góc $\varphi = 30^\circ$; $t = 2 \text{ mm}$; $S = 0,25 \text{ mm/vòng}$).

Ta thấy, lúc đầu khi tăng tốc độ cắt biên độ dao động tăng, còn sau khi đạt giá trị v xác định thì biên độ dao động A bắt đầu giảm. Tốc độ cắt ứng với biên độ dao động lớn nhất và phạm vi tốc độ cắt mà tại đó tồn tại rung động phụ thuộc vào loại vật liệu gia công và điều kiện cắt.

Góc trước γ cũng có ảnh hưởng đến cường độ rung động. Khi γ giảm và chuyển dần sang trị số âm thì biên độ dao động tăng đột biến (hình 7.2). Góc

trước γ càng nhỏ thì vùng tốc độ cắt có rung động sẽ càng lớn. Khi góc nghiêng chính φ tăng thì biên độ dao động giảm (hình 7.3).

Góc sau α , nếu nó lớn hơn $8 \div 10^\circ$ sẽ không có ảnh hưởng đến cường độ rung động. Giảm góc sau α đến giá trị nhỏ hơn 3° sẽ làm giảm biên độ dao động.



Hình 7.3. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến tần số f và biên độ dao động A khi tiện (thép 40X; $\gamma = 8^\circ$; $t = 2\text{mm}$; $s = 0,25\text{ mm/vòng}$; $v = 45\text{m/phút}$)

7.3. Các biện pháp giảm rung động

1. Giảm rung động cưỡng bức.

Để giảm rung động cưỡng bức người ta sử dụng các biện pháp sau đây:

- Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
- Giảm lực kích thích từ bên ngoài.
- Các chi tiết truyền động cần được gia công với độ chính xác cao.
- Các chi tiết quay nhanh cần được cân bằng tốt.
- Tránh cắt không liên tục.
- Khi gia công các chi tiết có độ chính xác cao cần phải có cơ cấu giảm rung và có nền móng giảm rung cách ly với bên ngoài.

2. Giảm tự rung

Để giảm bớt tự rung người ta sử dụng các biện pháp sau đây:

- Không nên cắt lớp phoi quá rộng và quá mỏng.
- Chọn chế độ cắt hợp lý sao cho không nằm trong vùng có lợ dao.
- Thay đổi hình dáng hình học của dao sao cho giảm lực cắt ở phương có rung động.
- Dùng dụng dịch trơn nguội để giảm bớt mòn dao.
- Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
- Sử dụng các cơ cấu giảm rung.

Chương 8

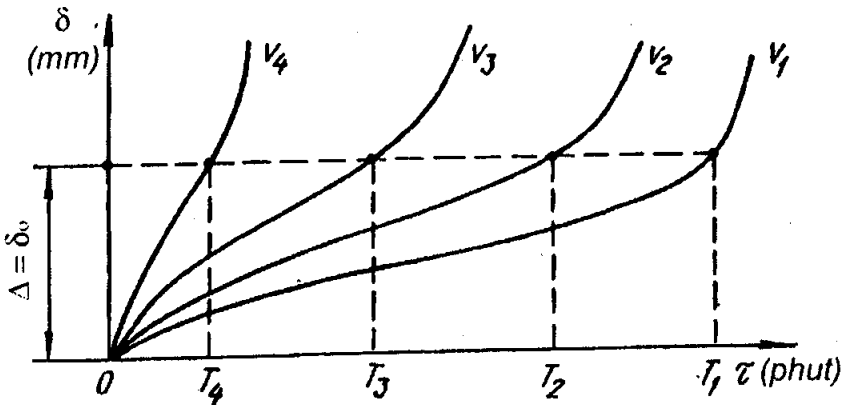
TUỔI BỀN CỦA DỤNG CỤ VÀ TỐC ĐỘ CẮT CHO PHÉP

8.1. Khái niệm về tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt cho phép

Khoảng thời gian làm việc liên tục của dao cho đến khi phải mài lại (tính theo phút), có nghĩa là, thời gian giữa hai lần mài lại được gọi là tuổi bền (T) của dụng cụ. Đôi khi để biểu thị khả năng công nghệ thì tuổi bền của dụng cụ được tính theo mét của quãng đường cắt được theo số lượng chi tiết được gia công giữa hai lần mài dao.

Tuổi bền của dụng cụ và quá trình mài mòn có quan hệ với nhau. Cường độ mòn càng lớn thì tuổi bền càng nhỏ. Tuổi bền biểu thị số lượng của cường độ mòn của dụng cụ, do đó nó thay đổi khi thay đổi điều kiện cắt, có nghĩa là thay đổi chế độ cắt, các thông số hình học của dụng cụ, dung dịch trơn nguội, v...v. Một trong những yếu tố xác định tuổi bền của dụng cụ là tốc độ cắt.

Để xác định đồ thị quan hệ $T = f(V)$ của dụng cụ người ta gia công bằng dụng cụ này cho đến khi nó bị mòn hoàn toàn với tốc độ cắt đã chọn. Khi làm thí nghiệm thì tất cả các yếu tố khác được cố định, trừ tốc độ cắt V . Sau đó người ta xây dựng đồ thị quan hệ giữa độ mòn và thời gian cắt $\delta = f(\tau)$ (hình 8.1).



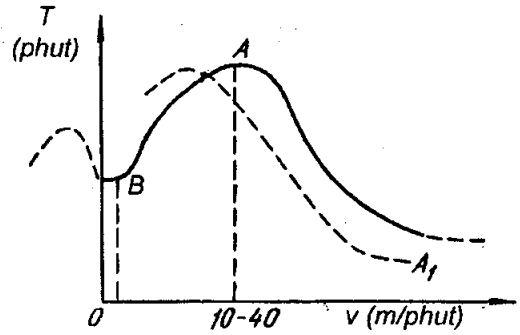
Hình 8.1. Quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn của dụng cụ cắt và thời gian gia công.

Theo các đường cong mòn này có thể xác định các giá trị T tương ứng với độ mòn giới hạn hay độ mòn tối ưu $\Delta = \delta_0$ và xây dựng các đường cong $T = f(V)$ hoặc $V = f(T)$. Từ các đồ thị trên hình 8.1 ta thấy tốc độ cắt càng lớn ($V_4 > V_3 > V_2 > V_1$) thì tuổi bền của dụng cụ càng nhỏ ($T_4 < T_3 < T_2 < T_1$). Nếu xây dựng đồ thị quan hệ $T = f(V)$ trong phạm vi rộng của tốc độ cắt với chiều dày cắt nhỏ (lượng chạy dao nhỏ) thì khi tốc độ cắt tăng thì tuổi bền tăng đến một giá trị nào đó rồi lại giảm (hình 8.2).

Khi gia công bằng dao hợp kim cứng, đồ thị quan hệ $V = f(T)$ cũng có dạng tương tự như đường cong $T = f(V)$.

Khi tăng chiều dày cắt (tăng lượng chạy dao) toàn bộ đường cong $V = f(T)$ dịch về bên trái (đường nét đứt trên hình 8. 2), điểm cực tiểu B biến mất và chỉ còn lại nhánh AA_1 . Trong thực tế, khi gia

công thô và bán tinh bằng các loại dụng cụ như dao tiện, dao khoan, dao phay chỉ tồn tại nhánh phải AA_1 của đường cong.



Hình 8.2. Đồ thị quan hệ $T = f(V)$

8.2. Đặc tính tổng quát của quan hệ giữa tuổi bền và tốc độ cắt $T = f(V)$

Xuất phát từ đường cong mòn ta có được quan hệ giữa độ mòn δ và thời gian làm việc τ của dụng cụ, tốc độ cắt V , chiều dày cắt a và bề rộng cắt b theo công thức sau đây:

$$\delta = C \cdot \tau \cdot V^\beta \cdot a^\gamma \cdot b^\epsilon \quad (8.1)$$

Giả sử rằng $a = \text{const}$ và $b = \text{const}$. Ngoài ra chỉ tiêu mòn $\delta = \Delta = \text{const}$, khi đó $\Delta = C' \cdot \tau^\alpha \cdot V^\beta$. Từ phương trình này ta có:

$$\tau^\alpha = \frac{\Delta}{C'} \cdot \frac{1}{V^\beta}$$

Nhưng $\tau = T$, khi đó:

$$T = \left(\frac{\Delta}{C'} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \frac{1}{V^{\frac{\beta}{\alpha}}}$$

Nếu ta đặt: $\left(\frac{\Delta}{C'} \right)^{\frac{1}{\alpha}} = C_T$ và $\frac{\beta}{\alpha} = \mu$

Ta được:

$$T = C_T \cdot \frac{1}{V^\mu} \quad (8.2)$$

Hoặc:

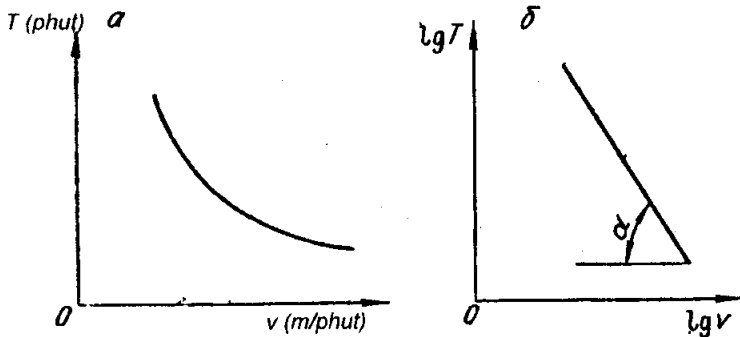
$$V = \frac{C_V}{T^m} \quad (8.3)$$

Ở đây: C_T và C_V – các hệ số phụ thuộc vào điều kiện cắt (vật liệu dao, vật liệu gia công, tiết diện cắt, thông số hình học của dao, dung dịch trơn nguội, v.v):

$$\mu = \frac{1}{m} \quad \text{hoặc} \quad m = \frac{1}{\mu}$$

m – số mũ của tuổi bền tương đối, đặc trưng cho cường độ thay đổi tuổi bền phụ thuộc vào tốc độ cắt.

Hình 8.3 a là đồ thị quan hệ giữa T và V ; còn hình 8.3 b là đồ thị quan hệ giữa T và V trong hệ tọa độ Lôgarit.



Hình 8.3. Tuân tự xử lý số liệu thực nghiệm khi xác định quan hệ $T = f(V)$

Thật vậy, khi lôgarit với $\mu > 1$ phương trình sau:

$$T = \frac{C_T}{V^\mu} \quad (8.4)$$

ta được:

$$\lg T = \lg C_T - \mu \lg V \quad (8.5)$$

Ở đây: $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ (α là góc nghiêng của đường thẳng với trục V).

Phương trình (8.5) tương ứng với phương trình đường thẳng tuyến tính $y = b - ax$.

Cần nhớ rằng, phương trình (8.3) $V = \frac{C_V}{T^m}$ chỉ thích hợp với vùng chế độ

cắt mà ta làm thí nghiệm. Chỉ trong phạm vi tốc độ này mới dùng giá trị m cố định. Quy luật biến đổi của m như sau: điều kiện làm việc của dao càng nặng thì giá trị của m càng nhỏ. Dưới đây là giá trị của m dùng trong một số trường hợp gia công cụ thể:

- Tiện thép bằng dao thép gió không có dung dịch trơn nguội:

$$m = \frac{1}{8} + \frac{1}{10}$$

- Tiện thép bằng dao thép gió có dung dịch trơn nguội: $m = \frac{1}{5}$.

- Tiện gang bằng dao thép gió: $m = \frac{1}{10} \div \frac{1}{12}$.

- Tiện thép và gang bằng dao hợp kim cứng: $m = \frac{1}{2} \div \frac{1}{5}$.

- Tiện ren và chuốt: $m = \frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$.

Quan hệ $T = f(V)$ có ý nghĩa rất quan trọng, bởi vì nó cho phép xác định tuổi bền T khi V thay đổi. Ngoài ra quan hệ này còn cho phép giải quyết nhiều vấn đề trong thực tế sản xuất. Ví dụ, nếu biết tốc độ cắt V_1 và tuổi bền dụng cụ T_1 , có thể xác định tuổi bền T_2 tốc độ cắt V_2 (bằng tính toán) khi các điều kiện cắt khác không thay đổi:

$$T = \frac{C_T}{V^\mu} \quad (8.6)$$

hay:

$$V^\mu \cdot T = C_T = \text{const} \quad (8.7)$$

Thật vậy:

$$V_1^\mu \cdot T_1 = V_2^\mu \cdot T_2 \quad (8.8)$$

Chia hai vế của phương trình (8.8) cho $V_1^\mu \cdot T_2$ ta được:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\mu$$

hay:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\mu \quad (8.9)$$

và:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{\mu}} \quad (8.10)$$

Khi giải quyết các vấn đề thực tế cần nhớ rằng, ngay cả khi tăng tốc độ cắt không nhiều vẫn có thể làm cho tuổi bền giảm mạnh và ngược lại.

Ví dụ:

Cho $\mu = 8$; $V_1 = 20$ m/phút; $T_1 = 45$ phút; $V_2 = 30$ m/phút. Cần xác định T_2 :

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\mu = 45 \cdot \left(\frac{20}{30} \right)^8 = 45 \cdot \frac{1}{1.5^8} = \frac{45}{26} = 1,7 \text{ phút}.$$

8.3. Ảnh hưởng của chiều dày và bề rộng cắt đến tốc độ cắt

Đặc tính và mức độ ảnh hưởng của chiều dày cắt a và bề rộng cắt b đến tốc độ cắt có thể được xác định bằng các công thức lý thuyết đã biết.

Quan hệ phụ thuộc giữa độ mòn của dụng cụ và các yếu tố công nghệ có dạng:

$$\delta = C \cdot \tau^\alpha \cdot V^\beta \cdot a^\gamma \cdot b^\varepsilon \quad (8.11)$$

Khi $\delta = \Delta$ và $\tau = T$ ta có:

$$\Delta = C_\Delta \cdot T^\alpha \cdot V^\beta \cdot a^\gamma \cdot b^\varepsilon$$

Từ đó:

$$V = \frac{A}{a^{\gamma/\beta} \cdot b^{\varepsilon/\beta}} \quad (8.12)$$

Ở đây:

$$A = \left(\frac{\Delta}{C_\Delta \cdot T^\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Đặt: $\frac{\gamma}{\beta} = y_v$; $\frac{\varepsilon}{\beta} = x_v$ và $A = C_v$, ta được:

$$V_T = \frac{C_v}{a^{y_v} \cdot b^{x_v}} \quad (8.13)$$

Theo các nghiên cứu thực nghiệm, khi gia công thép 40XH thì:

$$\delta = C \cdot V^{5,5} \cdot S^{3,06} \cdot t^{1,11} \quad (8.14)$$

Khi tiện bằng dao tiện ngoài:

$$V_T = \frac{C_v}{a^{0,56} \cdot b^{0,2}} \quad (8.15)$$

Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(a, b)$ có thể được xác định bằng thực nghiệm.

Khi vật liệu gia công không thay đổi, cường độ mòn của dụng cụ phụ thuộc vào chế độ cắt và nhiệt độ cắt θ . Khi nhiệt độ cắt tăng, độ chống mòn của thép gió giảm. Đối với hợp kim cứng, độ chống mòn cũng giảm khi nhiệt độ cắt tăng, tuy nhiên tốc độ giảm thấp hơn so với dụng cụ bằng thép gió. Đối với một loại vật liệu gia công và vật liệu dao nhất định thì chế độ cắt có tuổi bền như nhau cũng là chế độ cắt có nhiệt cắt như nhau, có nghĩa là:

$$V_T = V_\theta = \text{const} \quad (8.16)$$

Khi biết:

$$\theta = C_\theta \cdot V^{\beta'} \cdot a^\gamma \cdot b^\varepsilon \quad (8.17)$$

có thể xác định được:

$$V_T = \frac{C'_v}{a^{y'_v} \cdot b^{x'_v}} \quad (8.18)$$

Ở đây:

$$C'_v = \left(\frac{\Delta}{C \cdot T^\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta'}}; \quad y'_v = \frac{\gamma'}{\beta'}; \quad x'_v = \frac{\varepsilon'}{\beta'}$$

Theo nghiên cứu thực nghiệm, khi gia công thép 40XH:

$$\theta = 148,8 \cdot V^{0,4} \cdot S^{0,24} \cdot t^{0,1} \quad (8.19)$$

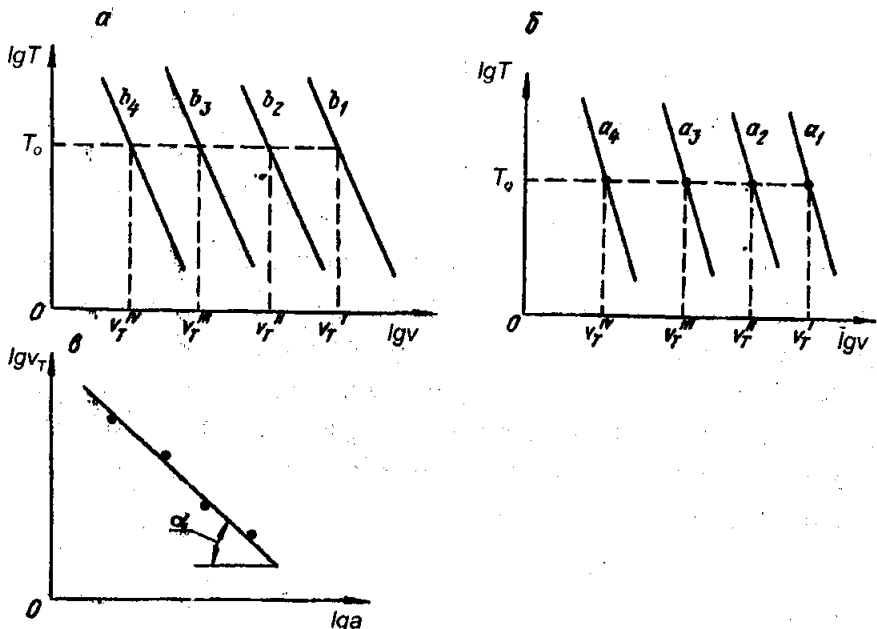
Từ phương trình (8.17) và (8.19) ta xác định:

$$V_T = \frac{C'_v}{a^{0,6} \cdot b^{0,25}} \quad (8.20)$$

Từ các ví dụ trên đây có thể rút ra các kết luận sau:

- Các số mũ của a và b đều nhỏ hơn 1.

- Số mũ của a lớn hơn số mũ của b khoảng 2,5 lần. Điều này có nghĩa là, chiều dày cắt a ảnh hưởng đến tốc độ cắt mạnh hơn bề rộng cắt b. Hiện tượng này có nghĩa là khi cắt lớp kim loại có tiết diện xác định, tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt càng lớn nếu bề rộng (chiều sâu) cắt càng lớn và chiều dày (lượng chạy dao) cắt càng nhỏ.



Hình 8.4. Ảnh hưởng của chiều dày cắt a và bề rộng cắt b đến tốc độ cắt V_T .

Để xác định quan hệ phụ thuộc $V_T = f(a, b)$ thông thường cần làm hai loạt thí nghiệm về tuổi bền của dụng cụ (thí nghiệm được thực hiện cho đến khi dao bị mòn phải mài lại).

Lúc đầu, thí nghiệm với $b = \text{const}$, còn a thay đổi, ta có quan hệ $T = f(V)$ và vẽ thành đồ thị trong tọa độ lôgarit (hình 8.4 b). Sau đó cũng làm thí nghiệm tương tự nhưng với $a = \text{const}$, còn b thay đổi (hình 8.4 a).

Sau khi xử lý số liệu thực nghiệm bằng phương pháp phân tích đồ thị (hình 8.4 c) ta được phương trình:

+ Khi $b = \text{const}$:

$$V_T = \frac{A}{a^{y_v}} \quad (8.21)$$

Ở đây: $y_v = \arctg \alpha$.

+ Khi $a = \text{const}$:

$$V_T = \frac{B}{b^{x_v}} \quad (8.22)$$

Giải các phương trình (8.21) và (8.22) ta được phương trình quan hệ $V_T = f(a, b)$:

$$V_T = \frac{C_v}{a^{y_v} \cdot b^{x_v}} \quad (8.23)$$

Hoặc khi chuyển đổi các thông số tương ứng $b \rightarrow t$ và $a \rightarrow s$, ta có:

$$V_T = \frac{C_v}{s^{y_v} \cdot t^{x_v}} \quad (8.24)$$

Ở đây: C_v – hệ số tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công và vật liệu dao, dung dịch trơn nguội.

Khi gia công thép bằng dao thép gió có tuổi bền $T = 60$ phút:

$$\text{Với } S \leq 0,25 \text{ mm/vòng: } V_{60} = \frac{34,8}{S^{0,5} \cdot t^{0,25}}$$

$$\text{Với } S \geq 0,25 \text{ mm/vòng: } V_{60} = \frac{27,8}{S^{0,66} \cdot t^{0,25}}$$

Ta thấy các chỉ số mũ x_v và y_v trong các công thức này (công thức thực nghiệm) gần bằng các chỉ số mũ nhận được bằng phương pháp lý thuyết (xem công thức (8.20)). Các chỉ số mũ x_v , y_v cũng giống như chỉ số mũ m của tuổi bền, chúng không phải là các đại lượng cố định mà thay đổi khi điều kiện cắt thay đổi.

Như vậy, khi cắt lớp kim loại có diện tích mặt cắt ngang xác định, tuổi bền của dụng cụ cắt và tốc độ cắt cho phép càng lớn nếu chiều dày cắt a (\approx lượng chạy dao S) càng nhỏ và bề rộng cắt b (\approx chiều sâu cắt t) càng lớn.

8.4. Ảnh hưởng của vật liệu gia công đến tốc độ cắt

Khả năng của vật liệu chịu cắt gọt được gọi là tính gia công. Tính gia công bao gồm một số tính chất công nghệ của vật liệu đặc trưng cho sự ảnh hưởng của nó đến quá trình cắt. Từ quan điểm thực tế, các chỉ tiêu quan trọng của tính gia công bao gồm:

- Tốc độ cắt.
- Khả năng gia công để đạt độ bóng yêu cầu ở các nguyên công tinh.
- Lực cắt.

Kim loại có tính gia công tốt theo quan điểm tốc độ cắt được hiểu là khi dao bị mòn sẽ không đảm bảo được độ bóng bề mặt hoặc làm tăng lực cắt. Ngoài ra, cần lưu ý rằng đánh giá tính gia công chỉ có tính chất tương đối. Ví dụ, tốc độ cắt không chỉ phụ thuộc vào vật liệu gia công mà còn phụ thuộc vào chất lượng của vật liệu dụng cụ. Độ nhám bề mặt phụ thuộc vào các thông số hình học của dụng cụ, điều kiện cắt, trong đó có tốc độ cắt.

Chỉ tiêu quan trọng nhất của tính gia công vật liệu là ảnh hưởng của vật liệu đến cường độ mòn của dụng cụ được đặc trưng bằng tốc độ cắt V_T . Chỉ số định lượng của V_T là tốc độ cắt đảm bảo tuổi bền của dụng cụ. Ví dụ, V_{60} có nghĩa là tốc độ cắt đảm bảo tuổi bền của dụng cụ là 60 phút.

Trong điều kiện sản xuất rất cần xác định quan hệ phụ thuộc giữa tính gia công của vật liệu với độ bền và độ cứng của nó. Nhìn chung giữa tốc độ cắt V_T và các tính chất cơ khí của vật liệu tồn tại mối quan hệ phụ thuộc. Nhưng trong nhiều trường hợp quan hệ phụ thuộc này không ổn định. Vì vậy, đặc tính cơ khí của các loại thép không thể được dùng để đánh giá chính xác giá trị của tốc độ cắt cho phép V_T . Tính gia công phụ thuộc vào tính chất cơ khí, tính dẫn nhiệt và cấu trúc của vật liệu gia công.

Trong thực tế, người ta sử dụng các công thức sau đây để biểu thị mối quan hệ giữa V_T và các tính chất cơ khí của kim loại:

$$V_T = \frac{C_{HB}}{(HB)^{nv}} \quad (8.25)$$

hoặc:

$$V_T = \frac{C_{\sigma_B}}{\sigma_B^{nv}} \quad (8.26)$$

Ở đây: n_v – số mũ tính đến ảnh hưởng của độ cứng HB và giới hạn bền σ_B đến V_T ;

HB - độ cứng của vật liệu (độ cứng Brinel);

σ_B – giới hạn bền của vật liệu (kg/mm^2).

Giá trị n_v phụ thuộc vào vật liệu gia công và vật liệu dao. Ví dụ, khi tiện thép chưa nhiệt luyện bằng dao thép gió: $n_v = 1,5 \div 1,75$, còn khi tiện thép nhiệt luyện và thép chưa nhiệt luyện bằng dao hợp kim cứng: $n_v = 1 \div 1,5$ (thép nhiệt luyện) và $n_v = 2$ (thép chưa nhiệt luyện).

Khi gia công gang xám, quan hệ phụ thuộc giữa V_T và HB chính xác hơn khi gia công thép và $n_v = 1,7$.

Nếu biết V_T' khi gia công một loại vật liệu nào đó có độ cứng HB' và biết HB'' của vật liệu khác, có thể xác định được tốc độ cắt cho phép V_T'' khi gia công loại vật liệu thứ hai (có độ cứng HB'')

$$V_T'' = V_T' \cdot \left(\frac{HB'}{HB''} \right)^{n_v} \quad (8.27)$$

Ví dụ:

Tiện thép 40X có độ cứng HB'' = 207 bằng dao thép gió với tốc độ cắt $V_T' = 30$ m/phút. Cần xác định tốc độ cắt V_T'' nếu cần gia công thép có độ cứng HB'' = 255.

Bởi vì $n_v = 1,75$ khi gia công thép chưa nhiệt luyện nên ta có:

$$V_T'' = V_T' \left(\frac{HB'}{HB''} \right)^{n_v} = 30 \left(\frac{207}{255} \right)^{1,75} = 20 \text{ m/phút.}$$

8.5. Ảnh hưởng của vật liệu dụng cụ và các thông số hình học của dụng cụ đến tốc độ cắt.

Các dụng cụ khác nhau có độ bền nhiệt và độ chống mòn khác nhau. Các tính chất này xác định tính cắt gọt của vật liệu dụng cụ.

Để so sánh tính cắt gọt của các loại vật liệu dụng cụ khác nhau ta chọn một loại vật liệu dụng cụ làm chuẩn, ví dụ, thép gió P18 rồi xác định tốc độ cắt V_T của nó trong điều kiện cắt nhất định, sau đó xác định tốc độ cắt (cũng trong cùng điều kiện cắt) cho các loại vật liệu khác và so sánh các số liệu nhận được. Kết quả cho ta hệ số tăng tương đối K_d của tốc độ cắt:

$$K_d = \frac{V_T \text{ của } T15K6}{V_T \text{ của } P18(\text{chuẩn})} \quad (8.28)$$

Bảng 8.1 là các giá trị K_d khi tiện bằng dao từ các loại vật liệu khác nhau.

Bảng 8.1

Vật liệu dụng cụ cắt	Vật liệu gia công	Hệ số K_d
P18, P9	Thép, gang	1
T5K10	Thép	3
T14K8	Thép	3,5
T15K6	Thép	4,5
T15K4	Thép	5,5
BK8	Gang	3
BK6	Gang	3,5
BK3	Gang	4
Hợp kim gốm	Thép	5,5 ÷ 6

Như vậy, khi biết tốc độ cắt cho phép V_T của một loại vật liệu có thể xác định được tốc độ cắt cho phép V_T của loại vật liệu khác nếu dùng hệ số K_d .

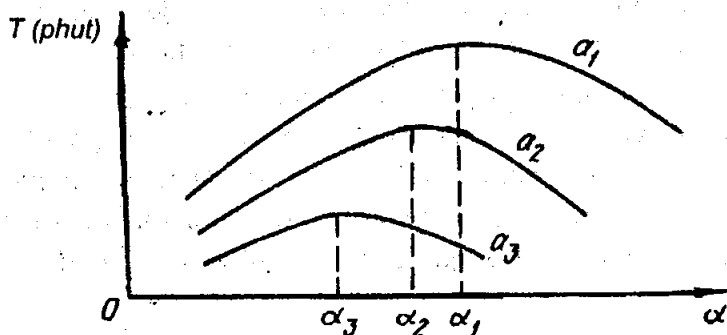
Ngoài vật liệu dao ra, hình dạng và các thông số hình học của phần cắt dụng cụ cũng ảnh hưởng lớn đến cường độ mòn của các bề mặt tiếp xúc, tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt.

Các thông số hình học cho phép đạt tuổi bền và tốc độ cắt cho phép V_T lớn nhất được gọi là tối ưu hoặc hợp lý. Khi chọn các thông số hình học tối ưu cần lưu ý rằng phải chấp nhận sự khác nhau giữa các thông số hình học tối ưu và các thông số hình học sử dụng trong thực tế là khoảng $2 \div 3^\circ$. Điều này cho phép giảm số chủng loại dụng cụ được sử dụng.

8.6. Xác định các thông số hình học tối ưu của dụng cụ cắt

1. Chọn góc sau α .

Góc sau có tác dụng làm giảm ma sát giữa mặt sau của dao và bề mặt gia công của chi tiết. Khi góc sau tăng đến một giá trị nào đó thì điều kiện cắt trở nên tốt nhất. Tuy nhiên, tăng góc sau sẽ làm giảm góc sắc β , do đó điều kiện cắt lại khó khăn. Nói cách khác, khi tăng góc α tuổi bền lúc đầu tăng, còn sau đó giảm (hình 8.5).



Hình 8.5. Ảnh hưởng của góc sau α đến tuổi bền T của dụng cụ khi gia công với chiều dày cắt khác nhau ($a_3 > a_2 > a_1$)

Một yếu tố khác cũng có ảnh hưởng đến tuổi bền của dụng cụ đó là chiều dày cắt a . Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi gia công thép với chiều sâu cắt nhỏ góc α tối ưu lại có giá trị lớn (xem hình 8.5).

Quan hệ giữa góc α tối ưu và chiều dày cắt có dạng:

$$\text{Sin}\alpha = \frac{c}{a^q} \quad (8.29)$$

+ Khi gia công thép $q = 0,3$ và $c = 0,13$.

Trong thực tế, khi gia công thép nên chọn các góc α như sau:

- Dao cắt thô với $S \geq 0,3$ mm/vòng: $\alpha = 8^\circ$.
- Dao cắt tinh với $S < 0,3$ mm/vòng: $\alpha = 12^\circ$.
- Dao phay trụ và dao phay mặt đầu: $\alpha = 12 \div 15^\circ$.
- Dao phay cắt đứt: $\alpha = 25 \div 30^\circ$.

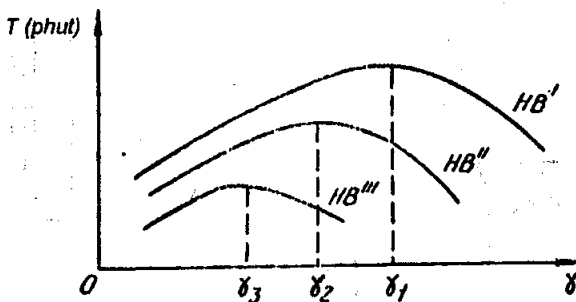
+ Khi gia công gang cần chọn góc α nhỏ hơn chút ít so với khi gia công thép.

2. Chọn góc trước γ .

Như ta đã biết, góc trước γ càng lớn, quá trình cắt càng dễ hơn, có nghĩa là lực cắt, nhiệt độ cắt và biến dạng của lớp cắt càng nhỏ, do đó tuổi bền của dụng cụ cắt càng cao. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, góc γ tăng làm cho góc sắc β giảm, do đó điều kiện thoát nhiệt kém đi. Vì vậy, đường cong $T = f(\gamma)$ (hình 8.6) có đặc tính gần giống như đường cong $T = f(\alpha)$ (xem hình 8.5).

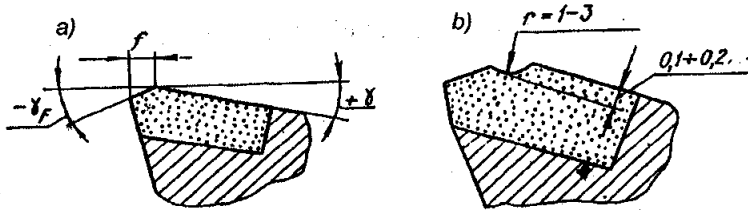
Góc trước γ phải càng lớn khi độ cứng, độ bền của vật liệu gia công càng nhỏ và độ dẻo của nó càng lớn. Khi gia công thép mềm bằng dao thép gió thì góc $\gamma = 20 \div 30^\circ$, khi gia công thép có độ cứng trung bình: góc $\gamma = 12 \div 15^\circ$, khi gia công gang: góc $\gamma = 5 \div 15^\circ$, còn khi gia công nhôm: góc $\gamma = 30 \div 40^\circ$.

Đối với dao hợp kim cứng thì góc trước γ phải nhỏ hơn thậm chí phải có giá trị âm bởi vì vật liệu dao có độ bền thấp hơn so với thép gió.



Hình 8.6. Ảnh hưởng của góc trước γ đến tuổi bền T của dụng cụ cắt khi gia công vật liệu có độ cứng khác nhau ($HB' < HB'' < HB'''$).

Tuy nhiên, giảm góc γ sẽ làm cho lực cắt tăng. Vì vậy để giảm lực cắt trong trường hợp như vậy cần mài mặt trước theo hai nấc khác nhau (hình 8.7 a). Hình dạng này của mặt trước phù hợp với cả dao hợp kim cứng và dao thép gió.



Hình 8.7. Hình dạng mặt trước của dao

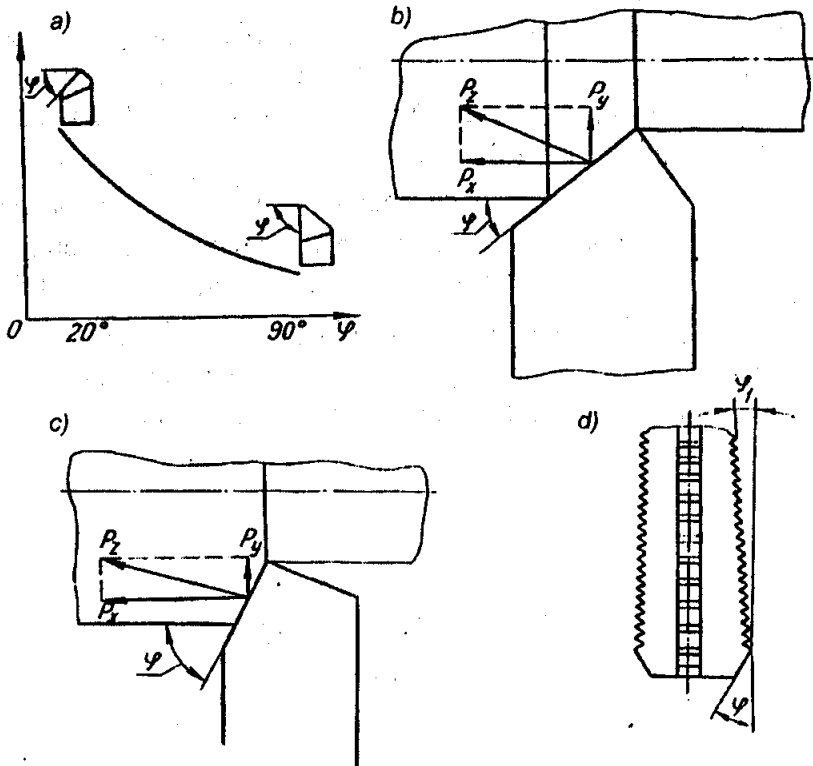
a) mài hai nấc; b) mặt trước có vết lõm.

Để tạo khả năng bề phoi tốt khi tiện với tốc độ cao, ở mặt trước của dao người ta mài thành vết lõm (hình 8.7 b).

3. Chọn góc nghiêng chính φ .

Khi lượng chạy dao S và chiều sâu cắt t cố định, thay đổi góc φ sẽ làm cho bề rộng cắt b và chiều dày cắt a thay đổi, bởi vì:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad \text{và} \quad a = S \sin \varphi.$$



Hình 8.8. Ảnh hưởng của góc φ đến tuổi bền của dụng cụ cắt

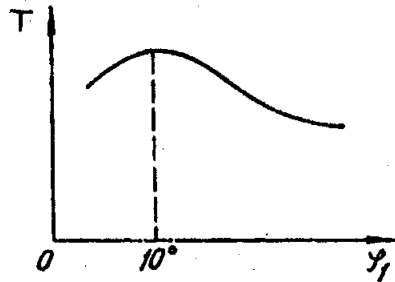
a) đồ thị $T = f(\varphi)$; b và c) lực P_x, P_y phụ thuộc vào góc φ ; d) góc φ và φ_1 của dao tarô.

Như vậy, góc φ càng nhỏ, bề rộng cắt b càng lớn, góc đỉnh dao ε cũng càng lớn, do đó điều kiện thoát nhiệt càng tốt. Nói cách khác, góc φ nhỏ cho phép tăng tuổi bền của dụng cụ (hình 8.8 a). Tuy nhiên, từ quan điểm rung động, giảm góc φ sẽ không có lợi, bởi vì thành phần lực cắt P_y sẽ tăng, làm cho rung động tăng. Khi gia công chi tiết có độ cứng vững thấp để giảm lực P_y , phải tăng góc nghiêng chính lên tới $\varphi = 90^\circ$ (hình 8.8 b, c).

Tuy nhiên, trong một số trường hợp góc φ được chọn xuất phát từ nguyên nhân kết cấu. Ví dụ, ở dao tarô khi cắt ren không thông suốt góc φ được chọn lớn hơn ($\varphi = 40^\circ$), ở dao tarô khi cắt ren thông suốt $\varphi = 20^\circ$. Trong trường hợp này tăng góc φ lên tới 40° sẽ cải thiện điều kiện cắt ren trong các lỗ không thông suốt (hình 8.8 d).

4. Chọn góc nghiêng phụ φ_1 .

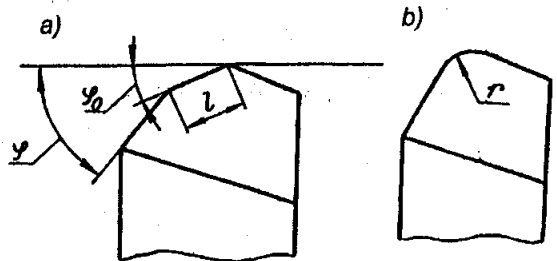
Chọn góc nghiêng phụ φ_1 nhằm mục đích giảm ma sát giữa lưỡi cắt phụ của dao và bề mặt đã gia công. Tuy nhiên, góc φ_1 càng lớn, độ nhám bề mặt càng lớn. Ngoài ra, góc đỉnh dao ε càng nhỏ, điều kiện thoát nhiệt càng kém. Hình 8.9 là đồ thị quan hệ giữa góc φ_1 và tuổi bền của dụng cụ T .



Hình 8.9. Ảnh hưởng của góc φ_1 đến tuổi bền của dụng cụ T .

Góc φ_1 dao động trong khoảng từ $0 + 3^\circ$. Ví dụ, dao khoan có góc $\varphi_1 = 2 + 3^\circ$, còn đục tiện cắt đứt có $\varphi_1 = 1 + 3^\circ$.

Lưỡi cắt chuyển tiếp cho phép giảm độ nhám bề mặt và tăng tuổi bền của dụng cụ cắt. Lưỡi cắt chuyển tiếp có thể thẳng (hình 8.10a) hoặc có bán kính $r = 0,5 + 2 \text{ mm}$ (hình 8.10b). Thông thường ở dao ngoài và dao tiện cắt đứt chiều dài đoạn chuyển tiếp tương ứng $l = 2 + 3 \text{ mm}$ và $l = 0,5 + 1 \text{ mm}$.

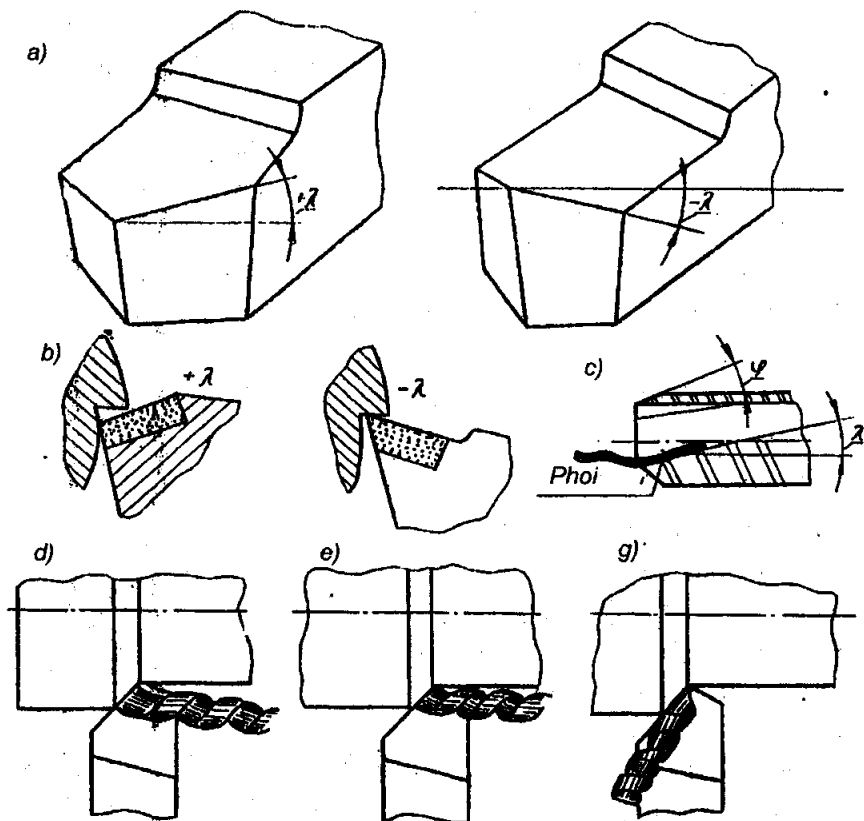


Hình 8.10. Lưỡi cắt chuyển tiếp
a) thẳng; b) có bán kính r .

5. Chọn góc nghiêng của lưỡi cắt chính λ .

Khi chọn góc nghiêng λ cần tính đến các yếu tố sau:

- Góc dương λ càng lớn, khối lượng kim loại gắn đỉnh dao càng lớn thì điều kiện thoát nhiệt càng tốt (hình 8.11a). Tuy nhiên, cần lưu ý rằng góc dương λ lại tương ứng với góc trước âm γ , do đó khả năng cắt lại khó hơn.



Hình 8.11. Chọn góc nghiêng của lưỡi cắt chính λ

- a) góc λ dương và âm; b) khi gia công các bề mặt gián đoạn với góc $+\lambda$ và góc $-\lambda$;
 c) hướng thoát phoi khi cắt ren bằng tarô với góc $+\lambda$; d, e, g) hướng thoát phoi khi
 tiện bằng dao với các góc $\lambda = 0$, $\lambda > 0$ và $\lambda < 0$.

- Khi góc λ dương đỉnh dao có độ bền cao hơn, điều này rất quan trọng đối với dao hợp kim cứng, đặc biệt khi gia công có tải trọng va đập và rung động (8.11b).

- Góc λ ảnh hưởng đến hướng thoát phoi và hình dáng của phoi (hình 8.11d, e, g).

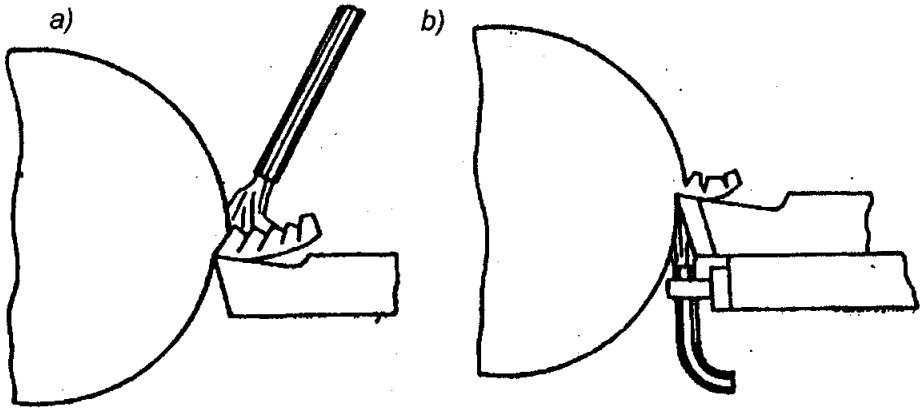
8.7. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến tốc độ cắt

Thực tế cho thấy, khi sử dụng dung dịch trơn nguội tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt cho phép tăng lên rõ rệt. Đặc biệt, điều này rất dễ thấy khi gia công vật liệu dẻo (tính dẫn nhiệt kém, do đó nhiệt độ cắt tăng, cho nên sử dụng dung dịch trơn nguội rất có hiệu quả).

Hiệu quả của dung dịch trơn nguội phụ thuộc vào phương pháp tưới và thành phần của nó. Ví dụ, khi gia công vật liệu có độ bền nhiệt cao sử dụng 10% emynxi với 2% dầu lưu hoá cho phép tăng tuổi bền của dụng cụ lên hai

lần so với dung dịch trơn nguội chứa 5% emynxi. Trong thực tế, có hai phương pháp tưới dung dịch trơn nguội được sử dụng rộng rãi nhất:

- Dung dịch trơn nguội được tưới vào phoi (hình 8.12 a).
- Dung dịch trơn nguội được tưới vào mặt sau của dao (hình 8.12 b).



Hình 8. 12. Các phương pháp tưới dung dịch trơn nguội.

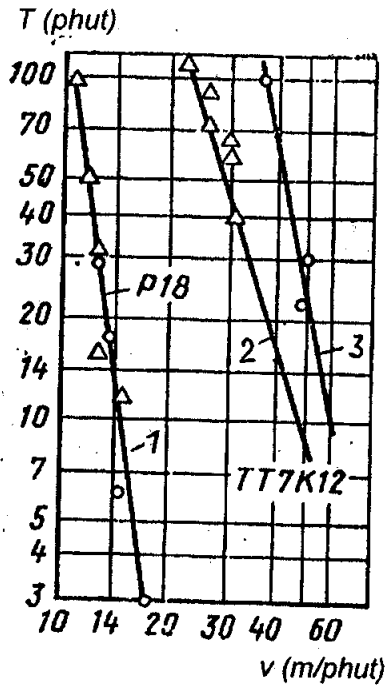
Dòng dung dịch trơn nguội phải đẩy, đặc biệt là khi gia công bằng dao hợp kim cứng. Dòng dung dịch đẩy (mạnh) không chỉ tăng tuổi bền của dụng cụ mà còn tăng độ bóng và độ chính xác của bề mặt gia công, đồng thời tăng khả năng bẻ gãy phoi và đẩy phoi ra khỏi vùng gia công.

Khi sử dụng dung dịch trơn nguội cần chú ý nguyên tắc an toàn lao động.

8.8. Ảnh hưởng của quá trình cắt gián đoạn đến tuổi bền dụng cụ và tốc độ cắt

Quá trình cắt gián đoạn là quá trình cắt khi mà cứ sau mỗi khoảng thời gian được tính bằng giây hoặc phần giây (phần mười, phần trăm, v.v) các hành trình cắt và chạy không của dụng cụ lại đổi chỗ cho nhau. Cắt gián đoạn thường xảy ra đối với xọc, bào, phay và đôi khi cả tiện. Khi cắt gián đoạn lực tác dụng và lực mất đi được lặp lại theo chu kỳ, do đó nó ảnh hưởng đến tuổi bền của dụng cụ.

Tuổi bền của dụng cụ thép gió hầu như không phụ thuộc vào cắt gián đoạn hay cắt liên tục. Đường thẳng 1 trên hình 8.13 biểu thị sự ảnh hưởng của tốc độ cắt V đến tuổi bền của dụng cụ T khi tiện liên tục và bào (vật liệu gia công là thép 50, chiều sâu cắt $t = 10$ mm; lượng chạy dao $S = 2$ mm/vòng và $S = 2$ mm/hành trình kép). Ta thấy, ảnh hưởng của tốc độ cắt V đến tuổi bền T khi tiện và bào bằng dao thép gió là như nhau.



Hình 8.13. Ảnh hưởng của tốc độ cắt V đến tuổi bền T của dao thép gió P18 khi tiện liên tục và bào (vật liệu gia công là thép 50, chiều sâu cắt $t = 10$ mm; lượng chạy dao $S = 2$ mm/vòng và $S = 2$ mm/hành trình kép)

Đối với dao hợp kim cứng, tuổi bền T khi cắt gián đoạn (bào) thấp hơn rất nhiều khi cắt liên tục (tiện). Ví dụ, khi tiện và bào bằng dao hợp kim cứng TT7K12 với tốc độ cắt $V = 35$ m/phút cho ta kết quả như sau: tuổi bền T của dụng cụ khi bào (đường 2 trên hình 8.13) nhỏ hơn tuổi bền T của dụng cụ khi tiện 4 lần (đường 3 trên hình 8.13).

Nguyên nhân giảm tuổi bền của dụng cụ hợp kim cứng khi cắt gián đoạn là sự xuất hiện các vết nứt tế vi gây ra hiện tượng mòn ở mặt trước và sau của dao. Ngoài ra, khi cắt gián đoạn hiện tượng va đập cũng có ảnh hưởng đến độ mòn bề mặt của dao. Ở thép gió các vết nứt tế vi khó xuất hiện hơn khi chịu va đập, do đó độ mòn bề mặt dao ít hơn, có nghĩa là tuổi bền cao hơn.

Mức độ giảm tuổi bền còn phụ thuộc vào thời gian của hành trình chạy không. Thời gian của hành trình chạy không càng lớn, thời gian gián đoạn quá trình cắt sẽ càng lớn, do đó tuổi bền của dụng cụ càng giảm. Ví dụ, khi tiện gián đoạn thép bằng dao hợp kim cứng T5K10 với chiều sâu cắt $t = 6$ mm và lượng chạy dao $S = 1,42$ mm/vòng với thời gian chạy không là 5 + 6 giây, thì

tuổi bền của dao nhỏ hơn 4 lần so với cắt liên tục, còn khi thời gian chạy không là 0,12 giây thì tuổi bền của dao nhỏ hơn hai lần (so với cắt liên tục).

Ngoài thời gian của hành trình chạy không ra, thời gian của hành trình cắt cũng ảnh hưởng đến tuổi bền của dụng cụ. Khi thời gian của hành trình cắt nhỏ, các lớp kim loại bên trong của hợp kim cứng không kịp nung nóng, vì vậy các ứng suất kéo của hành trình chạy không nhỏ, do đó tuổi bền của dụng cụ giảm không nhiều.

Tăng thời gian của hành trình chạy không và hành trình cắt không thể liên tục làm giảm tuổi bền của dụng cụ. Tăng thời gian của hành trình chạy không và hành trình cắt sẽ làm giảm tuổi bền của dụng cụ chỉ đến khi các lớp kim loại chưa được nung nóng tối đa và các lớp bề mặt của hợp kim cứng chưa được làm nguội tối đa. Sau đó, nếu tăng thời gian của hành trình chạy không, rất có thể tuổi bền của dụng cụ cắt tăng nhờ giảm được số chu kỳ nung nóng và làm nguội dụng cụ. Giảm tuổi bền của dụng cụ khi tăng thời gian của hành trình chạy không xảy ra càng nhanh nếu độ bền của vật liệu dụng cụ càng thấp. Ví dụ, khi tiện thép bằng dao hợp kim cứng TT7K12 có độ bền cao, tăng thời gian của hành trình chạy không từ 0 đến 0,06 giây không ảnh hưởng đến tuổi bền của dụng cụ. Tăng thời gian của hành trình chạy không đến 5 giây sẽ làm giảm tuổi bền của dụng cụ xuống 1,7 lần, còn đối với dao hợp kim cứng T5K10 có độ bền thấp hơn, tuổi bền của dụng cụ giảm 4 lần. Như vậy, khi cắt gián đoạn cần chọn hợp kim cứng với hành trình chạy không lớn. Thời gian của hành trình chạy không càng lớn thì hợp kim cứng phải có độ bền càng cao.

8.9. Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các yếu tố đến tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt

Quá trình cắt rất phức tạp: sự thay đổi của tính chất cơ lý của vật liệu gia công, thay đổi cấu trúc của lớp cắt, thay đổi thông số hình học của lưỡi cắt và các yếu tố khác đều có ảnh hưởng đến tuổi bền của dụng cụ cắt.

Vật liệu của dụng cụ cắt không đồng đều, phương pháp nhiệt luyện và phương pháp mài dao, bán kính đỉnh dao, thay đổi độ cứng vững có liên quan đến chế độ hoạt động của máy – tất cả những yếu tố này có ảnh hưởng lớn đến năng suất gia công. Vì vậy cần phải có phương pháp nghiên cứu thích hợp nhằm tìm ra mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố, trên cơ sở đó tìm được giải pháp nâng cao tuổi bền của dụng cụ, tức là nâng cao năng suất gia công.

Gần đây, mối quan hệ giữa các yếu tố được nghiên cứu bằng thực nghiệm với sự thay đổi đồng thời của nhiều yếu tố nhằm giảm thời gian và chi phí nghiên cứu. Một trong những phương pháp đó là quy hoạch thực nghiệm. Dùng phương pháp quy hoạch thực nghiệm có thể xác định được mô hình toán học mô tả mối quan hệ giữa các yếu tố, đồng thời có thể tối ưu hoá được hàm số lựa chọn. Ví dụ, tuổi bền của dụng cụ T phụ thuộc vào tốc độ cắt V, lượng chạy dao S và chiều sâu cắt t có thể được biểu thị bằng công thức:

$$T^m = C \cdot V \cdot S^p \cdot t^q \quad (8.30)$$

Ở đây: T – hàm số, còn S, V, t, là biến số;

m, p, q – các số mũ phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau.

Lôgarit hai vế của phương trình (8.30) ta được:

$$\lg T = \frac{\ln C}{m} + \frac{1}{m} \cdot \ln V + \frac{p}{m} \ln S + \frac{q}{m} \ln t \quad (8.31)$$

Nếu tính thêm sai số thí nghiệm ε và ký hiệu phương trình (8.31) theo dạng $y = f(x_1, x_2, x_3)$ ta có:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \varepsilon \quad (8.32)$$

Các thí nghiệm được thực hiện trên cơ sở phân tích nhiều yếu tố, có nghĩa là cả ba thông số $x_1(V)$; $x_2(S)$; $x_3(t)$ cùng đồng thời thay đổi. Cần phải xác định các hệ số $b_0, b_1, b_2,$ và b_3 . Mỗi yếu tố thay đổi theo hai mức, nghĩa là 2^k (ở đây k là số các yếu tố thay đổi và trong trường hợp của chúng ta $k = 3$).

Chọn chế độ cắt phải được tính đến khả năng của máy. Bảng 8. 2 là chế độ cắt và ký hiệu mã số.

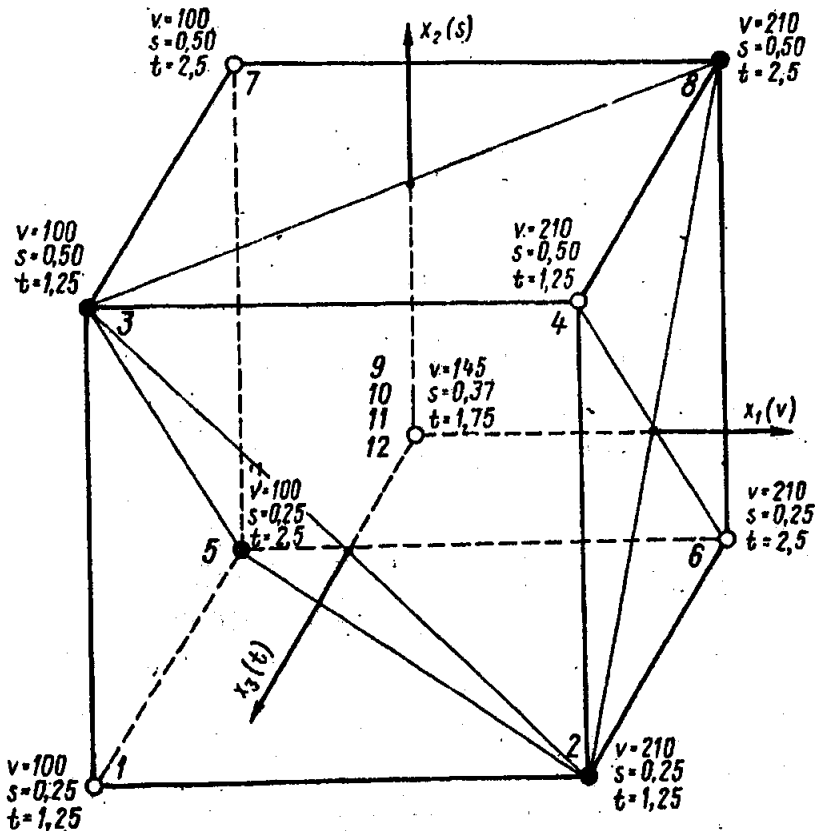
Bảng 8. 2

Mức biến đổi	Chế độ cắt			Ký hiệu mã số		
	V (m/phút)	S (mm/vòng)	t (mm)	x_1	x_2	x_3
Cao	210	0,50	2,50	1	1	1
Trung bình	145	0,37	1,75	0	0	0
Thấp	100	0,25	1,25	-1	-1	-1

Các mức biến đổi này được mã hoá nhờ các phương trình chuyển đổi để mức biến đổi cao tương ứng với +1, còn mức biến đổi thấp tương ứng với -1:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{2(\ln V - \ln 210)}{(\ln 210 - \ln 100)} + 1 \\ x_2 &= \frac{2(\ln S - \ln 0,50)}{(\ln 0,50 - \ln 0,25)} + 1 \\ x_3 &= \frac{2(\ln t - \ln 2,5)}{(\ln 2,5 - \ln 1,25)} + 1 \end{aligned} \right\} (8.33)$$

Để đơn giản hoá việc tính toán các thí nghiệm, người ta sử dụng khối lập phương với gốc toạ độ nằm ở tâm của khối lập phương (hình 8.14). Các điểm thí nghiệm là các đỉnh của khối lập phương (4 đỉnh được thể hiện bằng các hình tròn đen) và hai thí nghiệm bổ sung để kiểm tra tính đồng nhất của các thí nghiệm (các thí nghiệm 9 và 10 ở tâm khối lập phương). Nếu giả thiết về tính đồng nhất của các thí nghiệm không được chấp nhận cần phải tiến hành thêm 6 thí nghiệm (4 thí nghiệm ở 4 đỉnh còn lại và 2 thí nghiệm ở tâm khối lập phương).



Hình 8.14. Quy hoạch thực nghiệm theo khối lập phương

Các thí nghiệm với chế độ cắt (12 thí nghiệm) được ghi tại các đỉnh và tâm của khối lập phương. Số liệu của 12 thí nghiệm được ghi trong bảng 8.3.

Bảng 8.3

N ^o thí nghiệm	N ^o loạt	Chế độ cắt			Ký hiệu mã số			T (phút)	y = lnT
		V (m/phút)	S (mm/vòng)	t (mm)	x ₁	x ₂	x ₃		
1	2	100	0,25	1,25	-1	-1	-1	160	5,08
2	1	210	0,25	1,25	1	-1	-1	37	3,61
3	1	100	0,50	1,25	-1	1	-1	165	5,11
4	2	210	0,50	1,25	1	1	-1	27	3,30
5	1	100	0,25	2,5	-1	-1	1	172	5,15
6	2	210	0,25	2,5	1	-1	1	35	3,56
7	2	100	0,50	2,5	-1	1	1	120	4,79
8	1	210	0,50	2,5	1	1	1	18	2,89
9	1	145	0,37	1,75	0	0	0	66	4,19
10	1	145	0,37	1,75	0	0	0	83	4,42
11	2	145	0,37	1,75	0	0	0	71	4,26
12	2	145	0,37	1,75	0	0	0	82	4,41

Chỉ tiêu đánh giá độ mòn của dao được chọn là độ mòn mặt sau $\delta = 0,75$ mm.

Trên cơ sở kết quả 6 thí nghiệm thứ nhất ta xác định các hệ số của phương trình $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ bằng phương pháp bình phương cực tiểu. Ma trận của các biến số x của 6 thí nghiệm đầu tiên được thể hiện trong bảng 8. 4.

Bảng 8. 4

	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	N ^o thí nghiệm	T (phút)	y = lnT
x =	1	1	-1	-1	2	37	36,1
	1	-1	1	-1	3	165	5,11
	1	-1	-1	1	5	172	5,15
	1	1	1	1	8	18	2,89
	1	0	0	0	9	66	4,19
	1	0	0	0	10	83	4,42

Theo phương pháp bình phương cực tiểu thì tổng bình phương của các giá trị sai lệch y từ các sai lệch theo phương trình (8. 32) phải nhỏ nhất (cực tiểu), có nghĩa là:

$$\sum (y - b_0 - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3)^2 = \min \quad (8. 34)$$

Vế trái của phương trình (8. 34) được ký hiệu bằng chữ f (hàm số của các biến số b_0, b_1, b_2, b_3). Cực tiểu hàm số này được tính theo các phương trình sau:

$$\frac{\partial f}{\partial b_0} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial b_1} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial b_2} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial b_3} = 0$$

Phương trình (8. 34) được viết lại như sau:

$$f = \sum (y^2 - yb_0 - yb_1x_1 - yb_2x_2 - yb_3x_3 - yb_0 + b_0^2 + b_0b_1x_1 + b_0b_2x_2 + b_0b_3x_3 - yb_1x_1 + b_0b_1x_1 + b_1^2x_1^2 + b_1x_1b_2x_2 + b_1x_1b_3x_3 - yb_2x_2 + b_0b_2x_2 + b_1x_1b_2x_2 + b_2^2x_2^2 + b_2x_2b_3x_3 - yb_3x_3 + b_0b_3x_3 + b_1x_1b_3x_3 + b_2x_2b_3x_3 + b_3^2x_3^2)$$

$$f = \sum (y^2 + b_0^2 + b_1^2x_1^2 + b_2^2x_2^2 + b_3^2x_3^2 - 2yb_0 - 2yb_1x_1 - 2yb_2x_2 - 2yb_3x_3 + 2b_0b_1x_1 + 2b_0b_2x_2 + 2b_0b_3x_3 + 2b_1b_2x_1x_2 + 2b_1b_3x_1x_3 + 2b_2b_3x_2x_3)$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_0} = \sum (2b_0 - 2y + 2b_1x_1 + 2b_2x_2 + 2b_3x_3) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_1} = \sum (2b_1x_1^2 - 2yx_1 + 2b_0x_1 + 2b_2x_1x_2 + 2b_3x_1x_3) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_2} = \sum (2b_2x_2^2 - 2yx_2 + 2b_0x_2 + 2b_1x_1x_2 + 2b_3x_2x_3) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_3} = \sum (2b_3x_3^2 - 2yx_3 + 2b_0x_3 + 2b_1x_1x_3 + 2b_2x_2x_3) = 0$$

Sau khi biến đổi các phương trình này ta được:

$$\left. \begin{aligned} \sum y &= nb_0 + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + b_3 \sum x_3 \\ \sum yx_1 &= b_0 \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + b_3 \sum x_1x_3 \\ \sum yx_2 &= b_0 \sum x_2 + b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2x_3 \\ \sum yx_3 &= b_0 \sum x_3 + b_1 \sum x_1x_3 + b_2 \sum x_2x_3 + b_3 \sum x_3^2 \end{aligned} \right\} \quad (8.35)$$

Các phương trình của hệ phương trình (8. 35) cho phép xác định:

$$b_0 = \frac{\sum y}{n}, \text{ ở đây } n = 6 \text{ thí nghiệm (theo bảng 8.4).}$$

$$b_1 = \frac{\sum yx_1}{\sum x_1^2} = \frac{\sum yx_1}{4} \text{ (theo bảng 8.4 ta có } \sum x_1^2 = 4 \text{).}$$

$$b_2 = \frac{\sum yx_2}{\sum x_2^2} = \frac{\sum yx_2}{4} \text{ (theo bảng 8.4 ta có } \sum x_2^2 = 4 \text{).}$$

$$b_3 = \frac{\sum yx_3}{\sum x_3^2} = \frac{\sum yx_3}{4} \quad (\text{theo bảng 8.4 ta có } \sum x_3^2 = 4).$$

Hay:

$$b_0 = \frac{1}{6}(y_2 + y_3 + y_5 + y_8 + y_9 + y_{10})$$

$$b_1 = \frac{1}{4}(y_2 - y_3 - y_5 + y_8)$$

$$b_2 = \frac{1}{4}(-y_2 + y_3 - y_5 + y_8)$$

$$b_3 = \frac{1}{4}(-y_2 - y_3 + y_5 + y_8)$$

Giải thích hệ số b_1 như sau (các giá trị x_1 được lấy từ bảng 8. 4):

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{4}(y_2x_1 + y_3x_1 + y_5x_1 + y_8x_1) = \frac{1}{4}[y_2(+1) + y_3(-1) + y_5(-1) + y_8(+1)] \\ &= \frac{1}{4}(y_2 - y_3 - y_5 + y_8) \end{aligned}$$

Thay các giá trị của $y_2, y_3, y_5, y_8, y_9,$ và y_{10} vào các công thức tính hệ số b_0, b_1, b_2 và b_3 ta được:

$$b_0 = 4,228; \quad b_1 = -0,94; \quad b_2 = -0,19; \quad b_3 = -0,17.$$

Như vậy phương trình lôgarit của T và x_1, x_2, x_3 được viết như sau:

$$\ln T = 4,228 - 0,94x_1 - 0,19x_2 - 0,17x_3 \quad (8.36)$$

Công thức (8.36) cần được chuyển đổi theo các phương trình (8.33):

$$x_1 = \frac{2(\ln V - \ln 210)}{(\ln 210 - \ln 100)} + 1 \approx \frac{2(\ln V - 5,35)}{5,5 - 4,6} + 1 = 2,685 \ln V + 13,5$$

$$x_2 = \frac{2(\ln S - \ln 0,50)}{(\ln 0,50 - \ln 0,25)} + 1 \approx \frac{2(\ln S - 0,70)}{-0,7 + 1,4} + 1 = 2,85 \ln S + 2,7$$

$$x_3 = \frac{2(\ln t - \ln 2,5)}{(\ln 2,5 - \ln 1,25)} + 1 \approx \frac{2(\ln t - 0,91)}{0,91 - 0,22} + 1 = 2,9 \ln t - 1,94$$

Thay các giá trị x_1, x_2, x_3 vào phương trình (8.36) ta được:

$$\ln T = 16,745 - 2,5 \ln V - 0,55 \ln S - 0,5 \ln t \quad (8.37)$$

Phương trình (8.37) được chuyển đổi thành:

$$T = \frac{e^{16,745}}{V^{2,5} \cdot S^{0,55} \cdot t^{0,5}} \quad (8.38)$$

Trên đây là nghiên cứu thực nghiệm để xác định quan hệ $T = f(V, S, t)$. Ngoài ra, người ta cũng đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để xác định quan hệ $V = f(T, t, S)$ và đã đưa ra công thức tổng quát sau đây:

$$V = \frac{C_V \cdot K_M}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad (8.39)$$

Các số mũ m , x_v , y_v và hệ số C_V được xác định theo bảng 8.5

Bảng 8. 5

Vật liệu gia công	Dạng gia công	Dụng cụ cắt (hợp kim cứng)	Hệ số và số mũ				Ghi chú
			C_V	x_v	y_v	m	
Thép kết cấu có $\sigma_B = 75$ kG/mm ²	Tiện ngoài	T5K10	273	0,15	0,20	0,2	$s \leq 0,30$
			227		0,35		$s \leq 0,75$
			221		0,45		$s > 0,75$
		T15K6	292	0,30	0,15	0,18	$t \leq s$
	T15K6	292	0,15	0,30	0,18	$t > s$	
	Cắt đứt	T5K10	47	0	0,80	0,20	—
Gang xám HB 190	Tiện ngoài	BK6	292	0,15	0,20	0,20	$s \leq 0,40$
			243	0,15	0,40	0,20	$s > 0,40$
			324	0,40	0,20	0,28	$t \leq s$
		324	0,20	0,40	0,28	$t > s$	
	Cắt đứt		68,5	0	0,40	0,20	—
Gang dẻo HB 150	Tiện ngoài	BK8	317	0,15	0,20	0,20	$t \leq 0,20$ $s \leq 0,40$
			215	0,15	0,40	0,20	$t > 2$

Ta thấy chiều sâu cắt t ảnh hưởng đến tốc độ cắt ít hơn so với lượng chạy dao S . Nhưng điều này chỉ đúng khi $t > S$, còn khi $t < S$ thì quy luật sẽ biến đổi ngược lại. Trong bảng 8. 5, hệ số C_V được xác định cho thép có giới hạn bền $\sigma_B = 75$ kG/mm² và gang có độ cứng HB 190. Với các giá trị σ_B và HB khác cần bổ sung thêm hệ số K_M :

$$K_M = \frac{75}{\sigma_B} \quad \text{đối với thép có } \sigma_B < 75 \text{ kG/mm}^2.$$

$$K_M = \left(\frac{75}{\sigma_B} \right)^{1,5} \quad \text{đối với thép có } \sigma_B > 75 \text{ kG/mm}^2.$$

$$K_M = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,25} \quad \text{đối với gang xám.}$$

Các hệ số chỉ có tính chất tương đối. Chúng có thể được sử dụng khi gia công các loại thép kết cấu, còn khi gia công các loại hợp kim chúng không thích hợp lắm. Điều này cũng tương tự như đối với các số mũ của T , S và t .

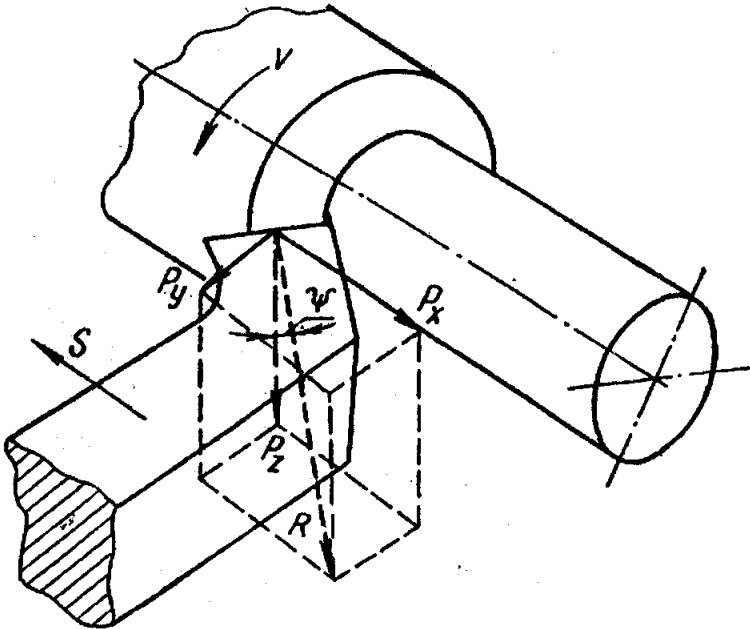
Khi lượng dư gia công nhỏ (chiều sâu cắt nhỏ) nên cắt với lượng chạy dao lớn bằng dao có góc nghiêng phụ bổ sung $\varphi_0 = 0$. Trong trường hợp này, khi độ cứng vững của hệ thống công nghệ đảm bảo thì năng suất gia công và độ bóng bề mặt tăng lên rõ rệt.

Chương 9

TIỆN

9. 1. Lực cắt và công suất cắt khi tiện

Trong điều kiện cắt không tự do, khi tiện tổng hợp lực cắt R được chia ra ba lực thành phần (hình 9.1): P_z – lực tiếp tuyến (lực cắt chính) tác dụng theo phương của chuyển động chính của máy; P_y – lực hướng kính tác dụng trong mặt phẳng nằm ngang vuông góc với đường tâm của chi tiết; P_x – lực chạy dao (lực dọc trục), tác dụng song song với đường tâm của chi tiết, ngược chiều với phương chạy dao.



Hình 9. 1. Phân lực cắt ra các thành phần

Dựa vào lực P_z có thể tính toán độ bền và độ cứng vững của dao cũng như công suất cắt.

Lực cắt P_y là cơ sở để xác định độ võng của chi tiết, độ bền và độ cứng vững của các chi tiết máy, còn độ bền và độ cứng vững của cơ cấu chạy dao được xác định trên cơ sở của lực hướng trục P_x .

Để đo các thành phần lực P_x , P_y , P_z , người ta dùng lực kế 3 thành phần. Ví dụ, dùng lực kế ba thành phần để đo lực cắt khi tiện thép kết cấu và gang bằng dao có các góc $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ đã cho kết quả như sau: $P_y = (0,4 + 0,5) P_z$; $P_x = (0,3 + 0,4) P_z$, còn khi tiện thép chịu nhiệt thì lực cắt P_y có thể lớn hơn lực P_z . Khi góc φ tăng và góc γ giảm tỷ lệ P_y/P_z

giảm, còn tỷ lệ P_x/P_z tăng. Ngoài ra, các lực P_x, P_y có thể tăng theo độ mòn của dao, đặc biệt là khi mòn mặt sau của dao. Để xác định chính xác các thành phần lực cắt P_x, P_y, P_z cần thực hiện các thí nghiệm trực tiếp trên máy (để xác định các phương trình thực nghiệm mô tả quan hệ phụ thuộc giữa các thành phần lực cắt và các yếu tố công nghệ).

Tổng lực R là đường chéo của khối bình hành (xem hình 9.1):

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \text{ hoặc } R \approx (1,1 + 1,2) P_z.$$

Ở đây cần nhớ rằng góc giữa các lực P_z và R là $\psi = 25 + 40^\circ$.

Khi biết lực cắt có thể xác định được công suất cần thiết để thực hiện quá trình cắt. Công suất này được gọi là công suất hữu ích bởi vì nó không phải dùng để thắng lực ma sát trong các cơ cấu của máy:

$$N_c = N_{P_z} + N_{P_y} + N_{P_x} \quad (9.1)$$

hoặc:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V_z}{60 \cdot 102} + \frac{P_y \cdot V_y}{60 \cdot 102} + \frac{P_x \cdot V_x}{60 \cdot 102} \quad (9.2)$$

Ở đây:

$V_z = V$ – tốc độ cắt (m/phút);

$V_y = 0$ – tốc độ dịch chuyển của dao theo phương hướng kính (m/phút);

$V_x = \frac{S}{1000}$ – tốc độ chạy dao (m/phút).

Vì giá trị của V_x rất nhỏ so với tốc độ cắt V_z cho nên thành phần thứ ba trong công thức (9.2) có thể bỏ qua. Ví dụ, khi tiện với tốc độ $V = 30$ m/phút, $S = 0,3$ mm/vòng và $n = 800$ vòng/phút, $V_x = 0,24$ m/phút, công suất cắt N_c được tính theo công thức:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102} \quad (9.3)$$

Khi biết công suất cắt N_c có thể tính được công suất của động cơ máy theo công thức:

$$N_d = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_m \cdot K_t} \quad (9.4)$$

Ở đây:

η_m – hiệu suất của máy ($\eta_m = 0,75$);

K_t – hệ số quá tải cho phép ($K_t = 1,3 + 1,5$).

9. 2. Ảnh hưởng của các yếu tố đến lực cắt khi tiện

1. Ảnh hưởng của lượng chạy dao và chiều sâu cắt.

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy đối với tất cả các thành phần lực cắt P_z , P_y và P_x ảnh hưởng của lượng chạy dao và chiều sâu cắt có thể được biểu thị bằng công thức chung sau đây:

$$P = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \quad (9.5)$$

Hệ số C_p và các số mũ x_p , y_p phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, các thông số hình học của dao, dung dịch trơn nguội, v.v.

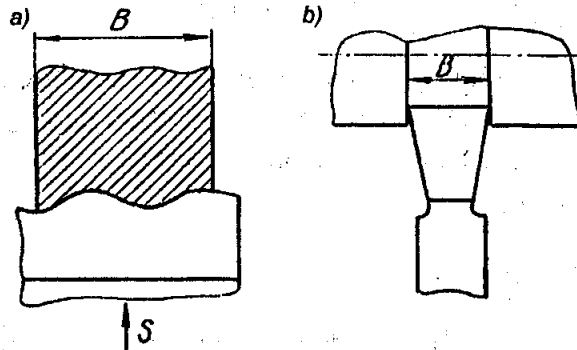
Để lấy ví dụ minh họa, ta đưa ra các công thức thực nghiệm để xác định các thành phần lực cắt khi tiện thép bằng dao hợp kim cứng:

$$\left. \begin{aligned} P_z &= C_z \cdot t \cdot S^{0,75} \cdot V^{-0,15} \\ P_y &= C_y \cdot t^{0,9} \cdot S^{0,6} \cdot V^{-0,3} \\ P_x &= C_x \cdot t \cdot S^{0,5} \cdot V^{-0,4} \end{aligned} \right\} \quad (9.6)$$

Khi tiện định hình bằng dao hợp kim cứng: $P_z = C_z \cdot \beta \cdot S^{0,75}$ (hình 9.2a), còn khi gia công bằng dao cắt đứt và dao tiện rãnh: $P_z = C_z \cdot \beta \cdot S$ (hình 9.2b).

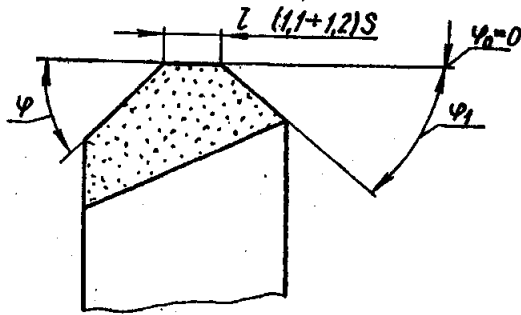
Ở đây:

β - bề rộng của chi tiết hoặc chiều dài của lưỡi dao trực tiếp tham gia vào quá trình cắt.



Hình 9. 2. Sơ đồ xác định giá trị β khi tiện
a) tiện định hình; b) tiện cắt đứt.

Khi giảm tỷ lệ t/s thì mức độ ảnh hưởng của chiều sâu cắt đến lực cắt P_z giảm, còn mức độ ảnh hưởng của lượng chạy dao đến lực cắt P_z tăng. Cần lưu ý rằng, khi gia công bằng dao có góc $\varphi_0 = 0$ (hình 9.3) trên bề rộng đỉnh dao $l = (1,1 \div 1,2)S$, các số mũ t và S trong công thức (9.5) tính lực p_z bằng nhau, có nghĩa là $x_p = y_p = 0,9$.



Hình 9. 3. Dao có góc $\varphi_0 = 0$

2. Ảnh hưởng của vật liệu gia công.

Trong thực tế để tính $P_z = f(\sigma_B, HB)$ có thể dùng công thức gần đúng sau đây (xem các công thức (4.27) và (4.28)):

$$P_z = C_v \cdot \sigma_B^q \quad (9.7)$$

$$P_z = C_v \cdot HB^q \quad (9.8)$$

Khi gia công thép có độ cứng $HB \leq 170$ thì số mũ $q = 0,35$, còn với $HB > 170$ thì $q = 0,75$. Khi gia công gang $q = 0,55$.

Nói cách khác, độ cứng và độ bền của vật liệu gia công càng cao, lực cắt càng lớn. Quan hệ phụ thuộc này có thể được biểu thị bằng công thức tỷ lệ (nếu HB' ứng với P' , còn HB'' ứng với P''):

$$\frac{P'}{P''} = \left(\frac{HB''}{HB'} \right)^q \quad (9.9)$$

hoặc:

$$P'' = P' \left(\frac{HB''}{HB'} \right)^q \quad (9.10)$$

Theo công thức (9.10) có thể xác định lực cắt khi gia công thép có HB'' nếu biết lực cắt P' khi gia công thép có HB' .

Ví dụ, khi gia công thép có $HB' = 180$ lực cắt $P_y = 150$ kG, cần xác định lực P_y'' khi gia công thép có $HB'' = 255$.

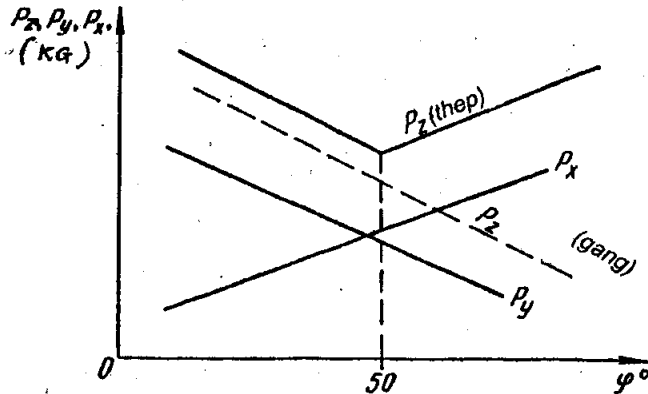
Theo công thức (9.10) ta có:

$$P_y'' = 150 \left(\frac{255}{180} \right)^2 = 293 \text{ kG}$$

3. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ .

Khi gia công gang nếu tăng góc φ , lực P_z giảm, còn khi gia công thép, lúc đầu lực P_z giảm, còn sau đó (khi $\varphi = 50^\circ$) lực P_z tăng. Hiện tượng này được giải thích như sau: tăng góc φ làm cho bề rộng cắt b giảm và chiều dày cắt a tăng,

mặc dù trong trường hợp này chiều sâu cắt và lượng chạy dao không thay đổi. Sự thay đổi của b và a làm cho lực cắt P_z giảm (hình 9.4).

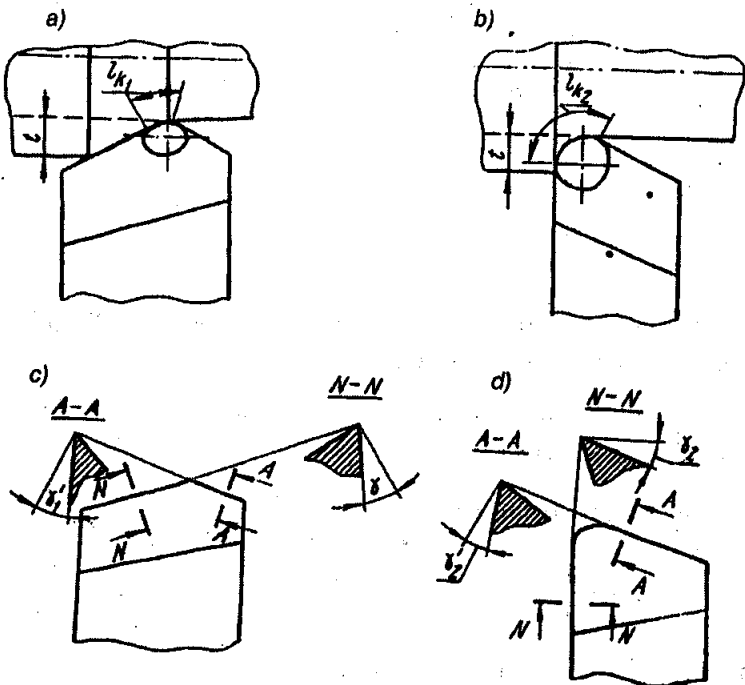


Hình 9.4. Ảnh hưởng của góc φ đến các lực P_x, P_y, P_z

Ngoài ra, góc φ tăng còn do:

- Chiều dày của phần cong lưỡi cắt chính $l_{k_2} > l_{k_1}$, làm cho điều kiện cắt phức tạp thêm, do đó lực cắt P_z tăng (hình 9.5 a, b).

- Góc γ_2 nhỏ của lưỡi cắt phụ trong mặt cắt A-A, còn góc trước γ và γ_2 trong mặt cắt chính N - N sẽ như nhau khi góc φ có giá trị khác nhau (hình 9.5 c, d). Điều này cũng làm cho lực cắt P_z tăng.

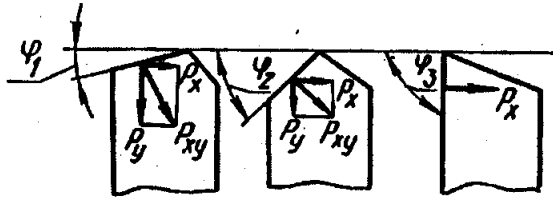


Hình 9.5. Sự thay đổi của phần cong lưỡi cắt và góc γ_1 khi góc φ thay đổi

a, b) $l_{k_2} > l_{k_1}$; c, d) $\gamma_1 > \gamma_2$.

Như vậy, khi góc φ tăng sẽ có ảnh hưởng rất phức tạp đến lực P_z . Khi góc φ nhỏ, bề rộng cắt và chiều dày cắt có ảnh hưởng lớn đến lực cắt P_z , còn khi góc $\varphi > 50^\circ$ ảnh hưởng của bán kính phần cong của lưỡi cắt và góc γ_2 đến lực cắt P_z lớn hơn.

Ảnh hưởng của góc φ đến các lực P_y, P_x được giải thích bằng tương quan lực tác dụng trong mặt phẳng nằm ngang (hình 9.6).



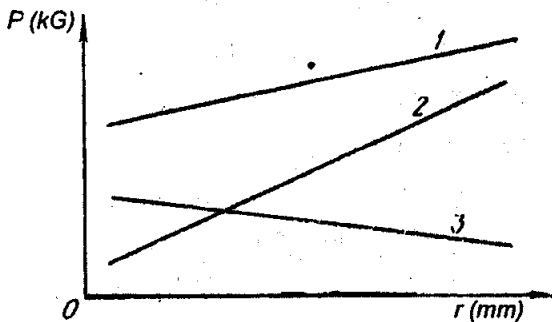
Hình 9.6. Ảnh hưởng của góc φ đến các thành phần lực cắt P_x và P_y

$$(\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3)$$

Ta thấy, khi góc φ tăng, lực P_x tăng, còn lực P_y giảm. Khi góc $\varphi = 90^\circ$ thì lực $P_y = 0$.

4. Ảnh hưởng của bán kính đỉnh dao.

Tăng bán kính đỉnh dao r làm cho điều kiện cắt thay đổi cũng như giảm góc nghiêng chính φ . Hình 9.7 là đồ thị quan hệ giữa lực cắt (P_x, P_y và P_z) và bán kính đỉnh dao r .



Hình 9.7. Ảnh hưởng của bán kính đỉnh dao r đến các thành phần lực cắt.

Đường 1 trên hình 9.7 có công thức $P_z = C_z \cdot r^{0,1}$.

Đường 2 trên hình 9.7 có công thức $P_y = C_y \cdot r^{0,25}$.

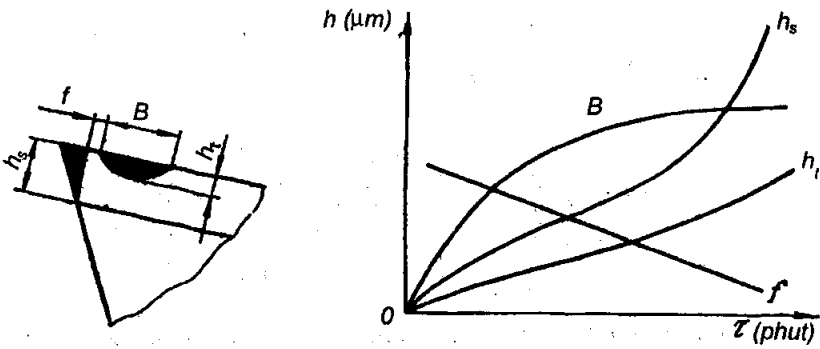
Đường 3 trên hình 9.7 có công thức $P_x = C_x \cdot r^{-0,25}$.

9.3. Tốc độ cắt khi tiện

1. Ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến tốc độ cắt.

Có rất nhiều yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến tốc độ cắt như: tuổi bền của dụng cụ, các thông số hình học của dụng cụ, vật liệu dụng cụ, chiều sâu

cắt, lượng chạy dao v.v. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố đến tốc độ cắt của nguyên công tiện trước hết cần phải chú ý đến độ mòn của dao. Hình 9.8 là đường cong mòn của dao hợp kim cứng khi tiện thép không có dung dịch trơn nguội.



Hình 9.8. Độ mòn của dao phụ thuộc vào thời gian gia công

Các nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được lượng mòn mặt sau cho phép h_s của dao như sau:

- Dao thép gió khi gia công thép có dung dịch trơn nguội: $h_s = 1,5 \div 2$ mm.
- Dao cắt đứt bằng thép gió khi gia công thép: $h_s = 0,8 \div 1,0$ mm.
- Dao thép gió định hình khi gia công thép: $h_s = 0,4 \div 0,5$ mm.
- Dao hợp kim cứng khi gia công thép: $h_s = 1,0 \div 1,1$ mm.
- Dao hợp kim cứng khi gia công gang: $h_s = 0,8 \div 1,0$ mm.
- Dao hợp kim gốm: $h_s = 0,5 \div 0,7$ mm.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được quan hệ phụ thuộc giữa tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt như sau:

$$V_1 T_1^m = V_2 T_2^m = \dots V_n T_n^m = \text{const} \quad (9.11)$$

hoặc:

$$V_1 = \frac{C_v}{T_1^m}; V_2 = \frac{C_v}{T_2^m}; \dots V_n = \frac{C_v}{T_n^m}$$

Ở đây:

C_v – hệ số phụ thuộc vào vật liệu dụng cụ, điều kiện cắt (lượng chạy dao, chiều sâu cắt, các thông số hình học của dao, v.v.);

m – số mũ đặc trưng cho ảnh hưởng của tuổi bền dụng cụ đến tốc độ cắt. Giá trị m cũng phụ thuộc vào các yếu tố như C_v .

Bảng 9.1 là các số mũ m khi tiện các vật liệu khác nhau.

Bảng 9. 1. Số mũ m khi tiện các vật liệu khác nhau.

Vật liệu gia công	Vật liệu dao	m
Gia công thép không có dung dịch trơn nguội	Thép gió	$\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}$
Gia công thép có dung dịch trơn nguội	Thép gió	$\frac{1}{5}$
Gang	Thép gió	$\frac{1}{10} \div \frac{1}{12}$
Kim loại màu	Thép gió	$\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$
Thép và gang	Hợp kim cứng	$\frac{1}{5}$
Thép	Hợp kim gốm	$\frac{1}{3}$

2. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến tốc độ cắt.

Đối với trường hợp cắt tự do khi tiện chúng ta đã có quan hệ phụ thuộc $V_T = f(a, b)$ theo công thức:

$$V_T = \frac{C_V}{a^{y_v} \cdot b^{x_v}}$$

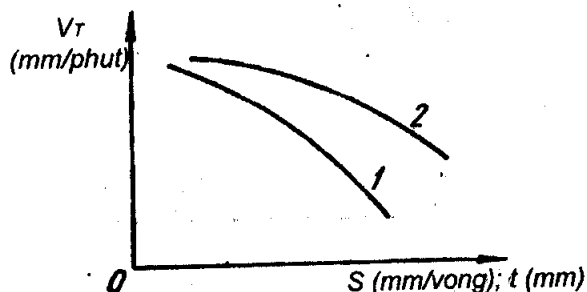
Khi $b = t/\sin\phi$; $a = s \cdot \sin\phi$ ta được:

$$V_T = \frac{C_V}{t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \tag{9.12}$$

Ở đây:

$$x_v < 1 \text{ và } y_v < 1.$$

Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(b)$ và $V_T = f_1(a)$ trong hệ tọa độ Đề các được biểu thị bằng các đường cong, có nghĩa là các số mũ của b và a là các đại lượng biến đổi. Điều này hoàn toàn phù hợp với quan hệ phụ thuộc $V_T = f(t)$ và $V_T = f_1(S)$ (hình 9.9):



Hình 9.9 . Quan hệ phụ thuộc:
đường 1 - $V_T = f(S)$ và đường 2 - $V_T = f(t)$

Các số mũ x_v , y_v đặc trưng cho mức độ ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến tốc độ cắt, chúng được xác định bằng nghiên cứu thực nghiệm ($x_v = 0,15 \div 0,25$, $y_v = 0,2 \div 0,7$).

Ảnh hưởng của t và S đến x_v và y_v được khái quát như sau:

- Khi t , S và độ dẻo của vật liệu gia công tăng, các số mũ x_v và y_v tăng.
- Khi tỷ lệ t/S tăng, y_v tăng còn x_v giảm.
- Khi gia công bằng dao hợp kim cứng x_v và y_v nhỏ hơn khi gia công bằng dao thép gió.
- Các nghiên cứu thực nghiệm đã đưa ra các công thức biểu thị mối quan hệ $V = f(T, S, t)$ như sau:

a) Khi tiện thép kết cấu có $\sigma_B = 65 \text{ kG/mm}^2$ bằng dao hợp kim cứng T15K6 với lượng chạy dao $S = 0,3 \div 0,75 \text{ mm/vòng}$:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} \quad (9.13)$$

Nếu góc $\varphi = 45^\circ$ và $\varphi_1 = 10^\circ$ thì $C_V = 400$.

b) Khi tiện gang xám có $HB = 190$ bằng dao hợp kim cứng BK6 với lượng chạy dao $S = 0,4 \text{ mm/vòng}$:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,4}} \quad (9.14)$$

Nếu góc $\varphi = 45^\circ$ và $\varphi_1 = 10^\circ$ thì $C_V = 240$

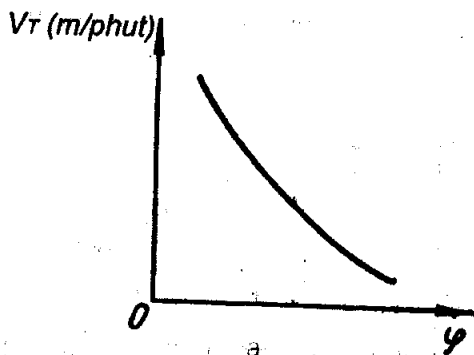
c) Khi tiện thép có $\sigma_B = 65 \text{ kG/mm}^2$, $HB = 150$, $t \leq S$:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,18} t^{0,15} S^{0,3}} \quad (9.15)$$

Nếu góc $\varphi = 45^\circ$ thì $C_V = 330$ còn nếu góc $\varphi = 90^\circ$ thì $C_V = 228$.

3. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến V_T

Khi góc φ tăng tốc độ cắt cho phép V_T giảm (hình 9.10).



Hình 9.10. Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(\varphi)$

Công thức tổng quát của quan hệ phụ thuộc $V_T = f(\varphi)$ được viết như sau:

$$V_T = \frac{C_V}{\varphi^z} \quad (9.16)$$

Ở đây:

z – số mũ tính đến ảnh hưởng của góc φ đến V_T .

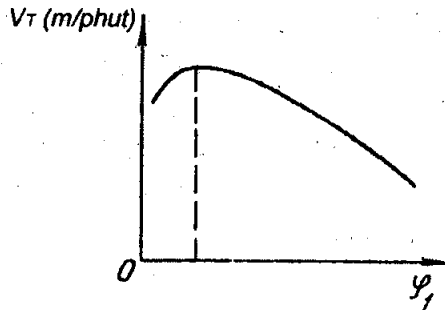
Khi gia công thép bằng dao hợp kim cứng với $S \geq 0,3$ mm/vòng thì $z = 0,4$.

4. Ảnh hưởng của góc nghiêng phụ φ_1 đến V_T

Ảnh hưởng của góc φ_1 đến V_T được biểu thị bằng công thức:

$$V_T = \frac{C_V}{\varphi_1^\varepsilon} \quad (9.17)$$

Khi tăng $\varphi_1 > 10^\circ$, tốc độ cắt cho phép V_T giảm (hình 9.11)

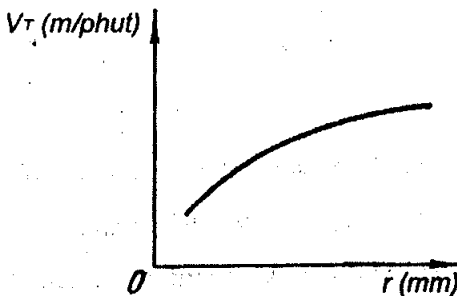


Hình 9.11. Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(\varphi_1)$

Số mũ ε trong trường hợp này bằng 0,1. Trong trường hợp tổng quát, nếu lấy $V_T = 1$ đối với $\varphi_1 = 10^\circ$ thì khi $\varphi_1 = 20^\circ$ tốc độ cắt $V_T = 0,94$, còn khi $\varphi_1 = 45^\circ$ thì $V_T = 0,87$.

5. Ảnh hưởng của bán kính đỉnh dao r đến V_T

Khi bán kính đỉnh dao r tăng, tốc độ cho phép V_T tăng (hình 9.12)



Hình 9.12. Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(r)$

Quan hệ phụ thuộc $V_T = f(r)$ có dạng:

$$V_T = C \cdot r^\mu \quad (9.18)$$

Cần lưu ý rằng ảnh hưởng của r đến V_T thể hiện rõ nét khi gia công tinh. Ví dụ, khi tiện thô bằng dao thép gió, số mũ $u = 0,1$, còn khi tiện tinh $u = 0,2$. Nếu lấy $r = 2$, $V_T = 1$ thì khi $r = 1$, $V_T = 0,9$ và khi $r = 3$, $V_T = 1,05$.

6. Ảnh hưởng của kích thước tiết diện thân dao đến V_T .

Khi kích thước tiết diện thân dao tăng thì điều kiện thoát nhiệt tốt, do đó độ cứng vững của dao tăng, vì vậy tốc độ cắt V_T tăng. Yếu tố thứ nhất (điều kiện thoát nhiệt) có ảnh hưởng đến V_T mạnh hơn yếu tố thứ hai (độ cứng vững của dao). Nhìn chung, trong thực tế ảnh hưởng của cả hai yếu tố này không được tính đến, bởi vì yếu tố chính khi chọn tiết diện của thân dao là lực cắt. Lực cắt càng lớn, đòi hỏi dao phải có tiết diện càng lớn để đảm bảo độ bền và độ chống rung.

7. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến V_T .

Sử dụng dung dịch trơn nguội cho phép tăng tốc độ cắt cho phép của dao. Thông thường, khi tiện thép nguội ta sử dụng emynxi. Lượng dung dịch trơn nguội khi tiện thô thường là $8 \div 12$ lít/phút, còn khi tiện tinh: $4 \div 6$ lít/phút. Sử dụng dung dịch trơn nguội cho phép tăng tốc độ cắt lên $10 \div 25\%$. Mức độ ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội khi tiện thô lớn hơn khi tiện tinh.

9.4. Công thức tổng quát để tính V_T khi tiện.

1. Tiện ngoài.

Công thức tổng quát để tính tốc độ cắt khi tiện ngoài có dạng:

$$V = \frac{C_V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot r^u}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot HB^{n_v} \cdot \varphi^z \cdot \varphi_1^e} \quad (9.19)$$

Công thức 9.19 có thể được viết dưới dạng đơn giản hơn:

$$V_T = \frac{C_V}{t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad (9.20)$$

$$C_V = C_V' \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_\varphi \dots \quad (9.21)$$

Ở đây:

C_V - hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công và điều kiện cắt;

K_1, K_2, K_3 - các hệ số tính đến điều kiện gia công cụ thể.

Các hệ số C_V , K và tốc độ cắt V_T có thể được xác định trong các sổ tay chuyên ngành (sổ tay gia công cơ, sổ tay công nghệ chế tạo máy).

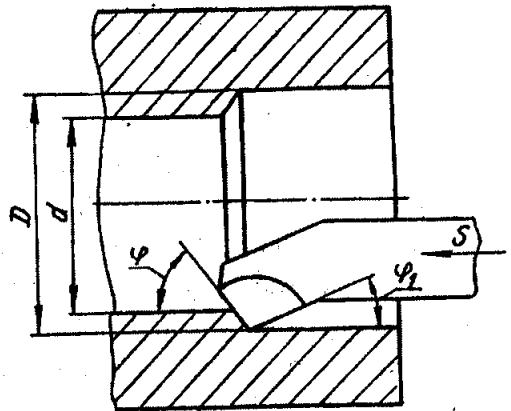
Bảng 9.2 là các thông số như lực cắt, công suất cắt và tốc độ cắt khi tiện ngoài.

Bảng 9.2.

Vật liệu gia công	Vật liệu dao	t x s	P _z (kG)	V m/phút	N _c (kW)
Thép kết cấu	P18	1 x 0,2	50	100	0,8
	P18	4 x 0,7	480	35	2,8
$\sigma_B = 65 \text{ kG/mm}^2$	T15K6	1 x 0,2	36	300	1,7
	T15K6	4 x 0,7	414	160	11,1
Gang xám HB = 180-200	BK6	1 x 0,2	28	180	0,8
		4 x 0,7	285	100	4,7

2. Tiện trong.

Công thức tổng quát để tính tốc độ cắt cho phép khi tiện trong (hình 9.13) cũng tương tự như khi tiện ngoài. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng điều kiện cắt khi tiện trong kém hơn nhiều so với tiện ngoài, bởi vì khi tiện trong điều kiện thoát nhiệt và tưới dung dịch kém hơn, đồng thời độ cứng vững của dao cũng kém hơn. Vì vậy, đường kính lỗ gia công càng nhỏ, tốc độ cắt cho phép càng nhỏ, có nghĩa là:



Hình 9.13. Tiện lỗ

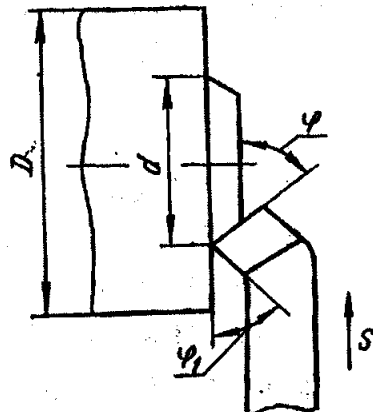
$$V_T = V \cdot K_t$$

(9.22)

Ở đây:

V – tốc độ cắt khi tiện ngoài;

K_t – hệ số tính đến điều kiện cắt khi tiện trong. Hệ số này phụ thuộc vào đường kính lỗ, ví dụ, khi đường kính lỗ $d \leq 75 \text{ mm}$, $K_t = 0,9$, khi $d = 75 \div 150 \text{ mm}$, $K_t = 0,95$ và khi $d > 250$ thì $K_t = 1$.



Hình 9.14. Gia công mặt đầu

3. Tiện ngang hoặc tiện mặt đầu.

Trong trường hợp này điều kiện cắt nhẹ hơn so với tiện dọc, bởi vì khi dao dịch chuyển từ ngoài vào tâm chi tiết (hình 9.14), đường kính của chi tiết giảm dần, do đó tốc độ cắt cũng giảm dần.

Công thức tính V_T khi tiện ngang có dạng:

$$V_T = V \cdot K_n \quad (9.23)$$

Ở đây:

K_n – hệ số đặc trưng cho ảnh hưởng của điều kiện cắt khi tiện ngang. Hệ số này phụ thuộc vào tỷ lệ của các đường kính $\Delta = \frac{D-d}{D}$ (xem hình

9.14). Ví dụ, khi $\Delta = 0,2$, $K_n = 1$, khi $\Delta = 0,8$, $K_n = 1,08$ và khi $\Delta = 1$, $K_n = 1,31$.

4. Gia công bằng dao tiện cắt đứt và dao tiện rãnh.

Các nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng khi gia công bằng dao tiện cắt đứt và dao tiện rãnh (hình 9.15) ảnh hưởng của bề rộng cắt b đến tốc độ cắt V_T có thể bỏ qua. Điều này được giải thích như sau: khi tăng bề rộng b , một mặt khối lượng nhiệt tỏa ra trong quá trình cắt tăng, nhưng mặt khác, tăng b làm cho lưỡi cắt dài hơn, do đó điều kiện thoát nhiệt tốt hơn. Vì vậy, số mũ x_v của b trong công thức tổng quát:

$$V_T = \frac{C_v}{a^{y_v} \cdot b^{x_v}}$$

sẽ bằng 0. Khi đó, công thức tính V_T đối với trường hợp gia công bằng dao cắt đứt và dao tiện rãnh có dạng:

$$V_T = \frac{C_v}{a^{y_v}} \quad (9.24)$$

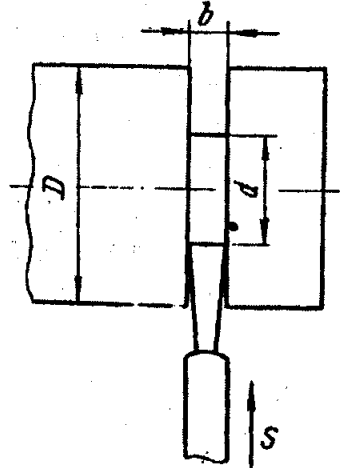
hoặc:

$$V_T = \frac{C_v}{S^{y_v}} \quad (9.25)$$

Ở đây:

$$C_v = C_v' \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_g;$$

K_g – hệ số tính đến giảm tốc độ cắt khi dao tiến dần vào tâm chi tiết, có nghĩa là $K_g = f(\Delta)$, còn $\Delta = \frac{D-d}{D}$. Khi $\Delta = 0,05$, $K_g = 1$; khi $\Delta = 0,25$, $K_g = 1,08$ và khi $\Delta = 1$, $K_g = 1,16$.



Hình 9.15. Cắt đứt hoặc tiện rãnh

Số mũ y_v khi gia công thép bằng dao thép gió: $y_v = 0,65$, khi gia công gang: $y_v = 0,4$. Đối với dao hợp kim cứng: $y_v = 0,4$

5. Gia công bằng dao định hình.

Trong trường hợp gia công bằng dao định hình cũng giống như trong trường hợp gia công bằng dao cắt đứt và dao tiện rãnh, ảnh hưởng của bề rộng cắt b đến tốc độ cắt V_T có thể bỏ qua (hình 9.16).

Khi đó:

$$V_T = \frac{C_V}{S^{y_v}} \quad (9.26)$$

Ở đây:

C_V - hệ số tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công và điều kiện cắt.

$$C_V = C'_V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

C'_V - hệ số tính đến điều kiện gia công cụ thể

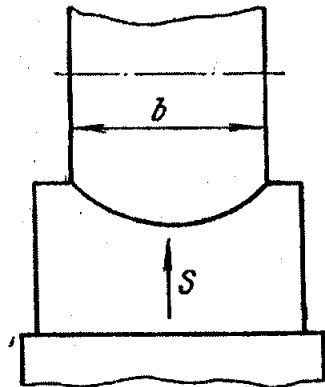
(K_1 - vật liệu gia công; K_2 - độ cứng vật liệu gia công; K_3 - vật liệu dao; K_4 - tuổi bền của dụng cụ; K_5 - dung dịch trơn nguội).

Do chiều sâu cắt đối với dao tiện định hình không lớn, chọn nên khi dao dịch chuyển theo hướng từ ngoài vào tâm chi tiết, đường kính của chi tiết giảm dần nhưng thường không cần tính đến (không có ảnh hưởng đáng kể đến V_T).

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy dao hợp kim cứng cho phép tăng tốc độ cắt cho phép lên 3 + 4 lần so với dao thép gió, có nghĩa là năng suất gia công của dao hợp kim cứng sẽ cao hơn (khoảng 2 lần). Vì vậy, cần sử dụng các mảnh hợp kim cứng bởi vì hợp kim cứng cho phép cắt với tốc độ cao.

Tuy nhiên, điều kiện tiên quyết để gia công với tốc độ cắt cao là tình trạng của máy, cụ thể là máy phải có đủ độ cứng vững, đủ công suất, đồng thời phải đảm bảo kỹ thuật an toàn, đặc biệt là cơ cấu bẻ phoi.

Cần lưu ý rằng cắt với tốc độ cao bằng dao hợp kim cứng chỉ có hiệu quả cao khi song song với việc giảm thời gian máy phải có biện pháp giảm thời gian phụ bằng các đồ gá tác động nhanh và các phương pháp tự động hoá quá trình gia công.



Hình 9.16. Gia công bằng dao định hình với chạy dao hướng kính.

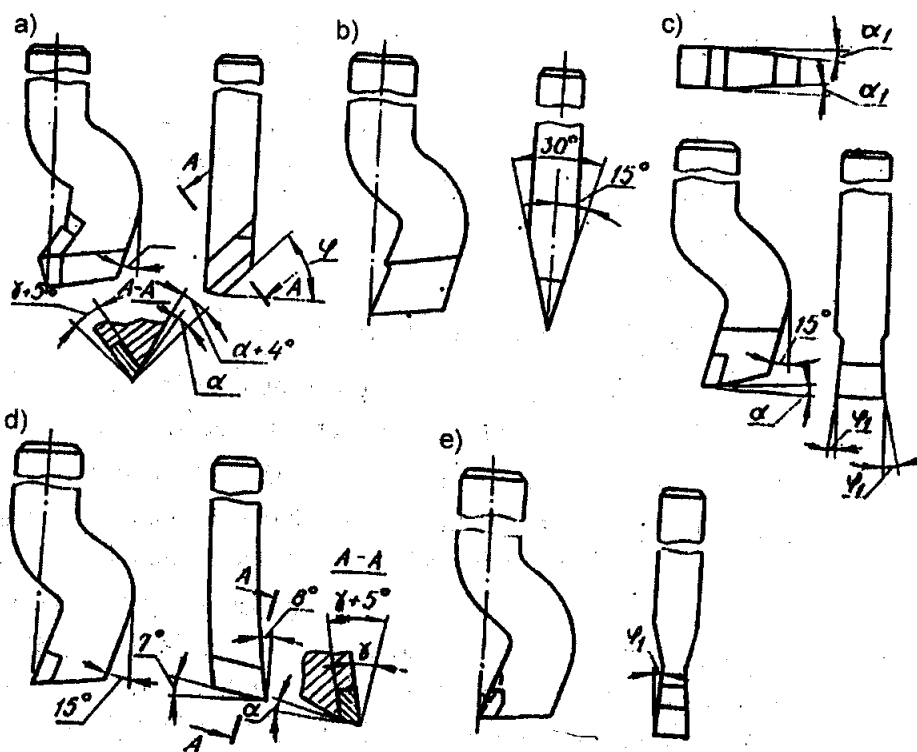
Chương 10

BÀO VÀ XỌC

10.1. Khái niệm về bào và xọc

Bào và xọc thường được sử dụng để gia công các bề mặt định hình đơn giản với các đường sinh thẳng, đồng thời để gia công các mặt phẳng đứng và mặt phẳng ngang trong sản xuất đơn chiếc và sản xuất hàng khối.

Dao bào (hình 10.1) và dao xọc (hình 10.2) có hình dạng và thông số hình học gần như dao tiện. Do đó quá trình cắt khi bào và xọc cũng tương tự như quá trình cắt khi tiện.

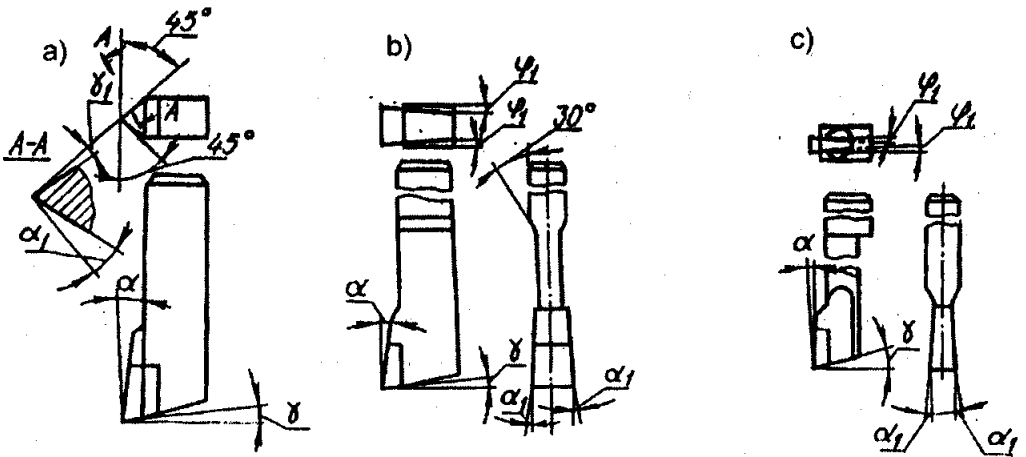


Hình 10.1 – Các loại dao bào

- a) Dao bào thông suốt; b) dao bào thông suốt lưỡi hẹp; c)– dao bào dạng xẻng;
d) dao bào mặt đầu; e)– dao bào cắt đứt.

Ví dụ, quá trình cắt kim loại và sự hình thành bề mặt xảy ra cùng lúc với biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo, ma sát và toả nhiệt, hình thành lẹo dao và mài mòn dụng cụ, đồng thời các quy luật hình thành bề mặt gia công khác khi tiện cũng như khi bào và xọc đều xảy ra như nhau.

Trong quá trình bào và xọc, lúc bắt đầu ăn dao xảy ra hiện tượng va đập, do đó không cho phép sử dụng vật liệu dụng cụ có độ giòn cao. Đối với dao bào và dao xọc thông thường người ta sử dụng các loại hợp kim sau đây: BK6M, BK8, BK8B, BK10M, BK15M, T15K6, T5K12B và TT7K12.



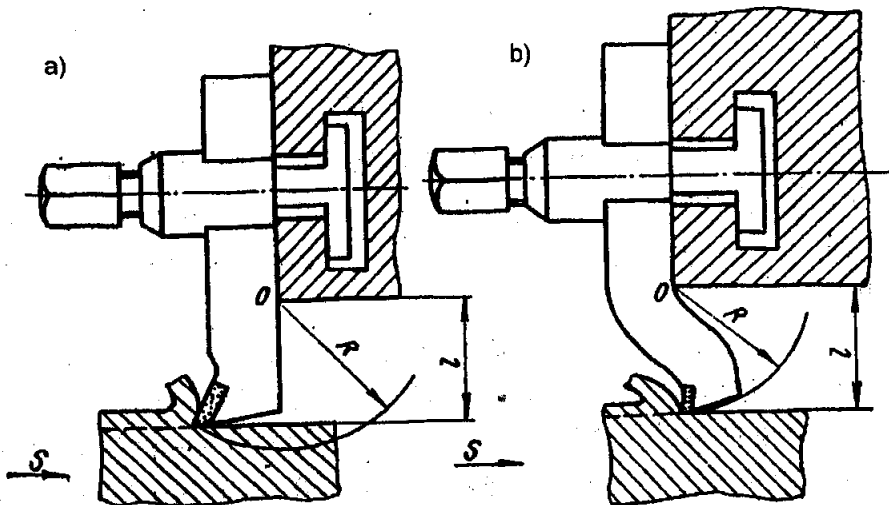
Hình 10.2. Các loại dao xọc

a) dao xọc thông suốt 2 mặt; b) dao xọc rãnh then; c) dao xọc cắt đứt.

Cần lưu ý rằng, ngoài tải trọng và đập ra, quá trình bào và xọc xảy ra với chuyển động tịnh tiến khứ hồi của dao hoặc của chi tiết gia công. Do lực quán tính lớn của các bộ phận máy, cho nên bào và xọc thường được thực hiện với tốc độ cắt $< 70 \div 80$ m/phút. Ngoài ra, khi bào và xọc có hành trình chạy không của bàn máy hoặc của dụng cụ, cho nên năng suất của hai phương pháp gia công này thấp.

Tiết diện của thân dao bào và xọc thường là hình vuông và lớn hơn thân dao tiện $1,25 \div 1,5$ lần.

Dao bào có đầu cong (hình 10.3 b) được sử dụng rộng rãi, bởi vì độ cong của đầu dao cho phép đặt đỉnh dao theo đường thẳng đứng trùng với mặt tỳ của dao.



Hình 10.3. Độ võng của dao bào

Ở dao bào thẳng (hình 10.3 a) dưới tác dụng của lực cắt đầu dao bị uốn về bên phải theo bán kính R. Trong trường hợp này xảy ra hiện tượng cắt vào bề mặt gia công của đỉnh dao từ phía bề mặt sau. Điều này dễ làm cho lưỡi cắt bị gãy và độ nhám bề mặt gia công tăng. Ở dao bào đầu cong (xem hình 10.3 b) chiều dài công xôn của đầu dao / bằng bán kính R mà theo đó đỉnh dao di chuyển. Hằng thức $R = l$ sẽ loại trừ được hiện tượng không mong muốn khi gia công bằng dao bào đầu thẳng (xem hình 10.3 a).

Khi chọn các thông số hình học của dao bào và dao xọc cần tính đến đặc điểm của phương pháp bào và xọc. Để giảm ảnh hưởng của tải trọng và đập, góc trước γ cần chọn nhỏ hơn góc γ của dao tiện khoảng $5 \div 10^\circ$, còn góc nghiêng λ nên chọn giá trị dương.

Đối với dao bào và xọc thông suốt, góc nghiêng chính $\varphi = 30 \div 75^\circ$, góc nghiêng phụ $\varphi_1 = 10 \div 15^\circ$ (dao bào thông suốt và dao bào mặt đầu), còn ở dao bào và dao xọc cắt đứt hoặc cắt rãnh $\varphi_1 = 2 \div 3^\circ$. Đối với dao bào tinh rộng bản góc $\varphi = 0$. Góc sau α của dao bào cũng tương tự như góc α của dao tiện và $\alpha = 6 \div 14^\circ$.

10.2. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt

Khi gia công trên máy bào dọc chuyển động chính do bàn máy (trên đó có chi tiết gia công) thực hiện. Chuyển động chạy dao là dịch chuyển theo chu kỳ của dao. Như vậy, tốc độ cắt được xác định bằng tốc độ dịch chuyển của bàn máy:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \quad (10.1)$$

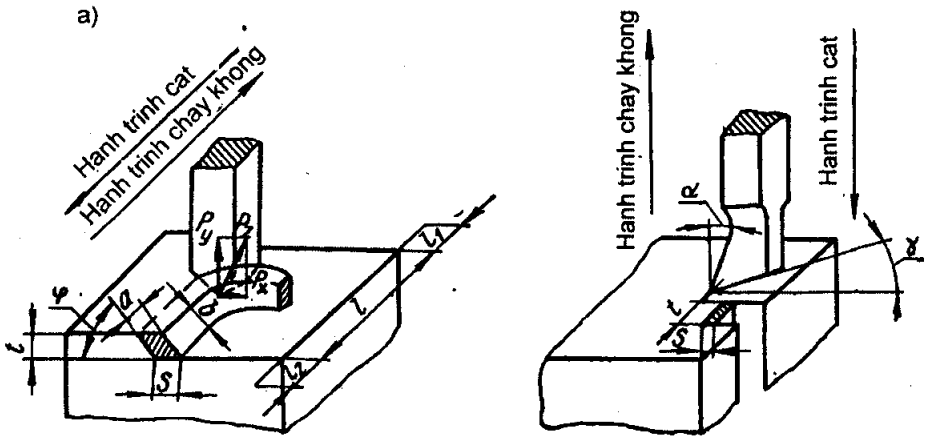
Ở đây:

D - đường kính của bánh răng đẩy bàn máy (mm);

n - số vòng quay của bánh răng trong một phút (vòng/phút).

Khi gia công trên máy bào ngang và máy xọc, chuyển động chính do dao thực hiện, còn chuyển động dao do bàn máy (trên đó có gá chi tiết gia công) thực hiện.

Chiều sâu cắt t khi bào là lớp kim loại được hớt đi sau một hành trình của dao và được đo theo phương vuông góc với bề mặt gia công (hình 10.4a). Lượng chạy dao là lượng dịch chuyển của dao hoặc của chi tiết sau một hành trình kép (của dao hoặc của chi tiết) và được đo theo phương chạy dao.



Hình 10.4. Sơ đồ cắt và các yếu tố của lớp cắt
a) bào; b) xọc

Bề rộng b và chiều dày của lớp cắt cũng được đo như khi tiện: b dọc theo lưỡi cắt chính, còn a theo phương vuông góc với lưỡi cắt chính.

Giữa các yếu tố của chế độ cắt và lớp cắt tồn tại quan hệ phụ thuộc như khi tiện:

$$a = s \cdot \sin \varphi \quad (10.2)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad (10.3)$$

Đa số các dao xọc có góc $\varphi = 90^\circ$ và $\lambda = 0^\circ$ (hình 10.4b). Khi đó $a = s$ và $b = t$, còn diện tích của tiết diện ngang của lớp cắt $F = a \cdot b = s \cdot t \text{ (mm}^2\text{)}$.

Để tăng năng suất của quá trình bào cần giảm thời gian của hành trình chạy không. Điều này được thực hiện nhờ điều chỉnh cơ cấu thanh trượt (cơ cấu culit) của máy.

Tốc độ của hành trình cắt biến đổi từ 0 đến giá trị cực đại, sau đó ở cuối hành trình cắt lại trở về 0, do đó tốc độ cắt trung bình V_c của hành trình được xác định theo công thức:

$$V_c = \frac{L \cdot n(1+m)}{1000} \quad (10.4)$$

Ở đây:

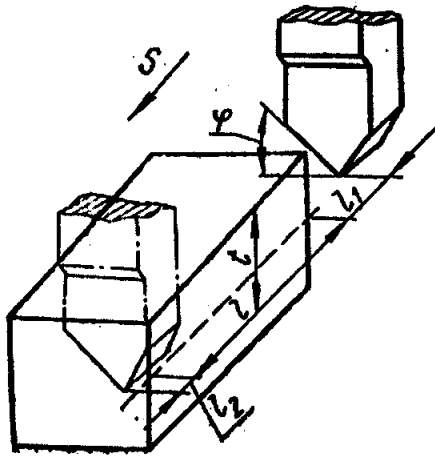
L – chiều dài hành trình cắt (mm);

n – số hành trình kép trong 1 phút;

$m = \frac{V_c}{V_k}$ - tỷ lệ giữa tốc độ cắt và tốc độ chạy không (xác định

theo catalô của máy) thông thường $m = 0,7 \div 0,75$.

Chiều dài của hành trình cắt $L = l_1 + l + l_2$ (hình 10.5). Ở đây: l – chiều dài của phôi; l_1 và l_2 – chiều dài ăn dao và thoát dao. Đối với máy bào ngang: $l_1 + l_2 = 35 \div 75$ mm và phụ thuộc vào chiều dài của phôi, còn đối với máy bào dọc: $l_1 + l_2 = 200 \div 475$ mm.

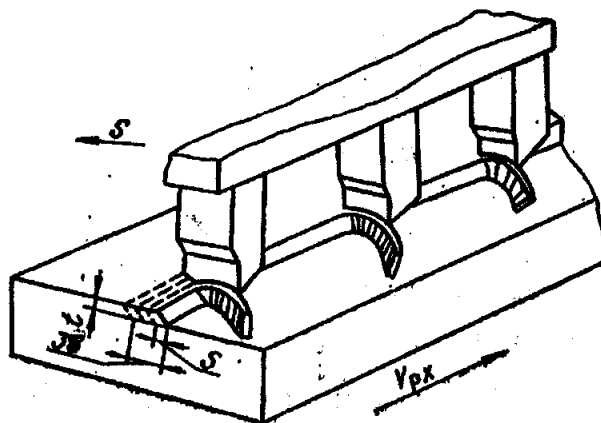


Hình 10.5. Sơ đồ tính thời gian máy khi đào

Yếu tố ảnh hưởng lớn đến năng suất gia công khi bào là thời gian máy (thời gian cơ bản) t_m :

$$t_m = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i \quad (10.5)$$

Để giảm thời gian máy t_m (tăng năng suất gia công) cần giảm số hành trình i , giảm lượng dư gia công, đồng thời tăng tốc độ cắt và lượng chạy dao. Ngoài ra, để tăng năng suất khi bào có thể dùng nhiều dao lắp trên một đầu dao (hình 10.6).



Hình 10.6. Bào bằng nhiều dao lắp trên một đầu dao

10.3. Lực cắt và tốc độ cắt khi bào và xọc

Lực cắt có thể phân ra ba thành phần (xem hình 4.10 a): P_z – lực nằm ngang song song với chuyển động của dao; P_y – lực thẳng đứng tác dụng vuông góc với bề mặt gia công. Dựa theo các lực này để tính các cơ cấu của xích truyền động chính, xích chạy dao và đài gá dao. Lực P_x tác dụng lên dao theo phương chạy dao.

Lực cắt khi bào cũng chịu ảnh hưởng của các yếu tố như khi tiện, vì vậy các lực P_z , P_y , P_x cũng được biểu thị bằng các công thức thực nghiệm như khi tiện. Ví dụ: $P_z = C_z \cdot t^{x_z} \cdot s^{y_z} \cdot K_z$ (kG). Các hệ số C_z , K_z và các số mũ x_z , y_z được xác định theo sổ tay (sổ tay gia công cơ hoặc sổ tay công nghệ chế tạo máy).

Công suất cắt được xác định theo công thức:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V_c}{75 \cdot 60 \cdot 1,36} \quad (10.6)$$

Công suất của động cơ máy:

$$N_m = \frac{N_c}{\eta} \quad (10.7)$$

Ở đây:

η - hiệu suất của máy.

Tốc độ cắt cho phép V_c của dao bào hoặc dao xọc được tính theo công thức:

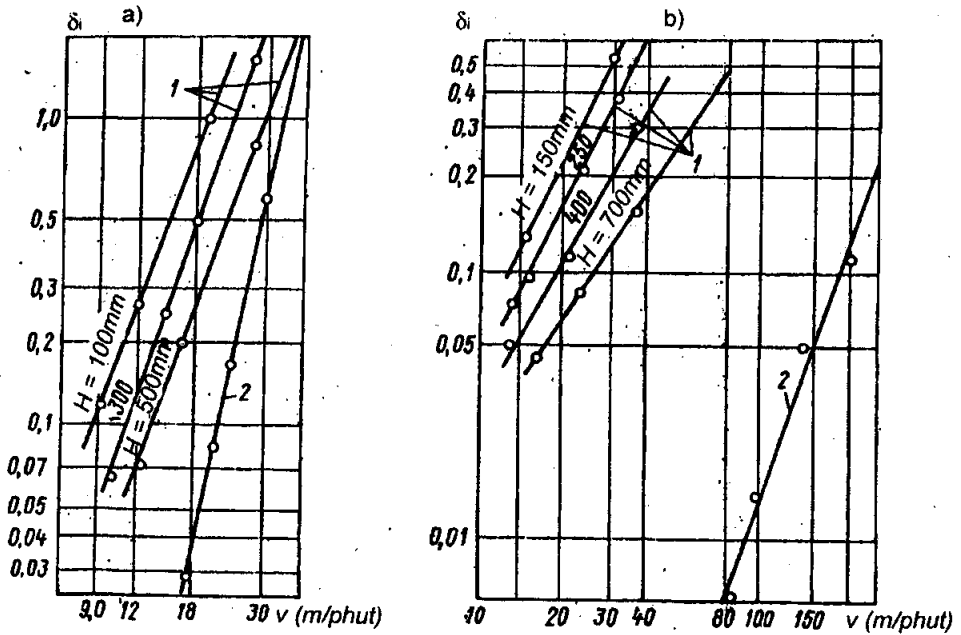
$$V_c = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v \quad (10.8)$$

Ở đây: các hệ số C_v , K_v và các số mũ m , x_v , y_v có ý nghĩa tương tự như trong công thức tính tốc độ cắt khi tiện.

10.4. Tuổi bền của dao bào

Bào là quá trình cắt gián đoạn (cắt không liên tục) tần số ăn dao càng lớn khi chiều dài của hành trình cắt càng nhỏ với cùng một tốc độ tịnh tiến. Do đó, độ mòn và độ bền của dao bào cũng thay đổi so với trường hợp cắt liên tục và đặc biệt tuổi bền giảm khi bào bằng dao hợp kim cứng có độ giòn cao.

Hình 10.7 là quan hệ giữa lượng mòn đơn vị δ_1 ($\text{mm}^3/1000 \text{ cm}^3$) của dao thép gió (hình 10.7a) và dao hợp kim cứng T5K10 (hình 10.7b) và tốc độ cắt V khi tiện và khi bào.



Hình 10.7. Lượng mòn đơn vị của dao bào thép gió (a) và dao bào hợp kim cứng (b)
1 – bào; 2 – tiện; H – chiều dài của hành trình cắt

Ta thấy, lượng mòn đơn vị của dao hợp kim cứng T5K10 nhỏ hơn rất nhiều so với dao thép gió P18, nhưng tuổi bền của dao hợp kim cứng khi tiện và khi bào khác nhau rất nhiều, cụ thể là tuổi bền của dao bào chỉ bằng khoảng 60 ÷ 70% tuổi bền của dao tiện. Quan hệ phụ thuộc T – V cũng tương tự như khi tiện (xem công thức 9.11) có nghĩa là:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^m \quad (10.9)$$

10.5. Xác định chế độ cắt hợp lý khi bào và xọc

Xác định chế độ cắt hợp lý khi bào và xọc được thực hiện theo trình tự sau đây:

- Chọn chiều sâu cắt phụ thuộc lượng dư, độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công, công suất của máy.
- Chọn lượng chạy dao lớn nhất phụ thuộc vào độ bóng bề mặt gia công và độ bền của phần cắt dụng cụ.
- Dựa theo các giá trị t, s và T xác định tốc độ cắt cho phép V_c .
- Dựa theo giá trị V_c xác định số hành trình kép n trong một phút:

$$n = \frac{1000 V_c}{L(1+m)} \quad (10.10)$$

Số hành trình kép n ở công thức (10.10) cần được so sánh với số n của máy và phải lấy giá trị nhỏ hơn so với n của máy. Khi biết n , ta xác định tốc độ cắt V_c thực tế:

$$V_c = \frac{L \cdot n(1+m)}{1000} \quad (10.11)$$

- Xác định lực cắt P_z :

$$P_z = C_z \cdot t^{x_z} \cdot S^{y_z} \cdot K_z \quad (10.12)$$

- Kiểm tra công suất của của máy:

$$N_m > \frac{P_z \cdot V_c}{75 \cdot 60 \cdot 1,36 \cdot \eta} \quad (10.13)$$

Nếu công suất của máy N_m không đủ thì phải giảm số hành trình kép của máy.

Chương 11

KHOAN

11.1. Khái niệm về nguyên công khoan

Khoan được sử dụng để tạo lỗ trong vật liệu đặc, đồng thời để khoan rộng lỗ đã có sẵn. Khoan cho phép đạt cấp chính xác đến 5 ÷ 4 và độ bóng 3 ÷ 4. Dụng cụ để khoan là dao khoan các loại. Quá trình khoan xảy ra về nguyên tắc cũng giống như quá trình tiện. Ví dụ, tùy thuộc vào vật liệu gia công, phoi có thể là phoi dày hoặc phoi xếp và có sự co rút của phoi. Khi khoan vật liệu dẻo sẽ xảy ra hiện tượng leo dao. Tuy nhiên, giữa tiện và khoan còn có những điểm khác nhau, đó là:

- Góc trước ở tâm mũi khoan nhỏ và có giá trị âm ở lưỡi cắt ngang làm cho biến dạng của phoi tăng, lực ma sát tăng, do đó nhiệt độ ở vùng cắt tăng.

- Góc phụ sau ở lưỡi cắt bằng 0 làm cho ma sát trong quá trình khoan tăng.

- Dao khoan trong quá trình cắt luôn luôn tiếp xúc với phoi và bề mặt gia công làm cho điều kiện thoát phoi rất khó khăn. Ngoài ra, phoi khi đi ra khỏi lỗ gia công, lại ngăn cản dung dịch trơn nguội đi vào vùng cắt và làm giảm điều kiện thoát nhiệt.

- Tốc độ cắt khác nhau ở các điểm của lưỡi cắt trong quá trình khoan làm phức tạp thêm quá trình biến dạng của phoi và điều kiện thoát phoi ở mặt trước của dao.

Chuyển động chính khi khoan là chuyển động quay của dao hoặc đôi khi là chuyển động quay của chi tiết, còn chuyển động chạy dao là dịch chuyển của dao hoặc chi tiết dọc theo tâm của dao (hình 11.1).

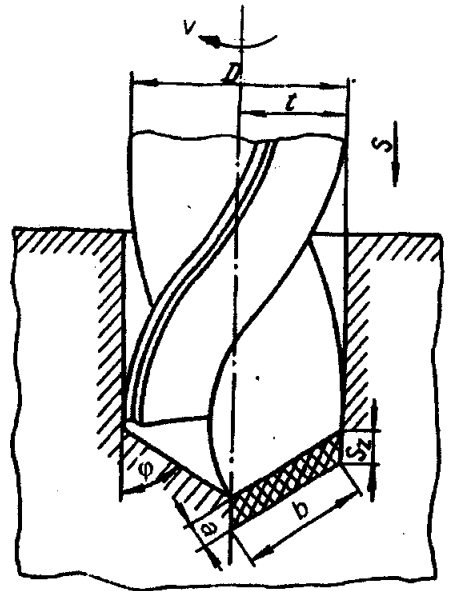
Tốc độ cắt khi khoan là tốc độ vòng của điểm xa nhất cách tâm dao khoan hoặc là tốc độ được tính theo đường kính của dao khoan:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (11.1)$$

Ở đây:

D - đường kính dao khoan (mm);

n - số vòng quay của dao khoan trong một phút (vòng/phút).



Hình 11.1. Các yếu tố của lớp cắt khi khoan

Lượng chạy dao là lượng dịch chuyển của dao dọc theo tâm sau một vòng quay của nó S_0 (mm/vòng). Vì dao khoan có hai lưỡi cắt chính cho nên lượng chạy dao của mỗi lưỡi S_z bằng:

$$S_z = \frac{S_0}{2} \quad (11.2)$$

Lượng chạy dao theo phút S_p sẽ bằng:

$$S_p = S_0 \cdot n \quad (11.3)$$

Chiều sâu cắt t khi khoan được xác định theo đường kính dao khoan:

$$t = \frac{D}{2} \quad (11.4)$$

Còn khi khoan mở rộng t được xác định theo công thức đường kính:

$$t = \frac{D-d}{2} \quad (11.5)$$

ở đây: d - đường kính lỗ trước khi khoan mở rộng.

Chiều dày và bề rộng cắt khi khoan được xác định theo các công thức sau (không tính lưỡi cắt ngang):

$$a = S_z \cdot \sin \varphi = \frac{S_0}{2} \cdot \sin \varphi \quad (11.6)$$

$$b = \frac{D}{2 \sin \varphi} \quad (11.7)$$

Chiều dày cắt được đo theo phương vuông góc với lưỡi cắt chính, còn bề rộng cắt - dọc theo lưỡi cắt chính.

Diện tích của tiết diện cắt ngang của một lưỡi cắt F_z bằng:

$$F_z = a \cdot b = \frac{S_0}{2} \cdot \sin \varphi \cdot \frac{D}{2 \cdot \sin \varphi} = \frac{D \cdot S_0}{4} \quad (11.8)$$

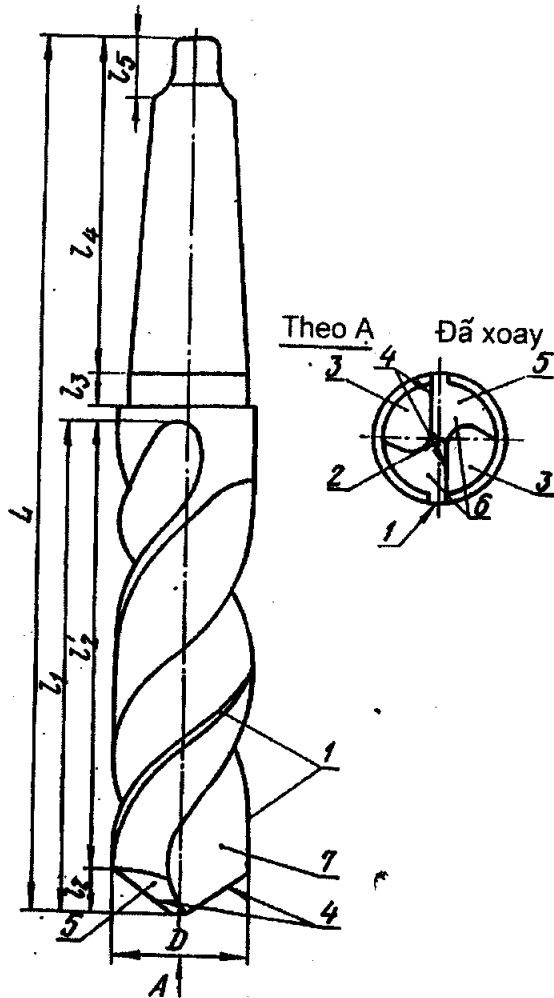
11.2. Kết cấu và thông số hình học của dao khoan ruột gà

Dao khoan ruột gà có kết cấu hình học gồm: phần làm việc l_1 , ngỗng trục l_3 và đuôi l_4 có phần vát ở cuối l_5 (hình 11.2).

Phần làm việc của dao được chia ra: phần cắt l_2 và phần dẫn hướng l'_2 .

Phần cắt của dao bao gồm các yếu tố sau đây: lưỡi cắt phụ 1, lưỡi cắt ngang 2, rãnh 3, hai lưỡi cắt chính 4, mặt trước 7 và mặt sau 5, hai răng 6.

Đuôi dao có thể được chế tạo hình côn (theo hệ mooc hoặc hệ mét) hoặc hình trụ (các dao có đường kính nhỏ). Phần vát l_5 của đuôi dao được dùng để tháo dao ra khỏi lỗ côn của trục chính hoặc lỗ côn của ống gá trung gian.



Hình 11.2. Kết cấu của dao khoan ruột gà.

Ngõng trục l_3 được dùng để thoát đá mài khi chế tạo dao. Phần dẫn hướng l_2 có tác dụng dẫn hướng cho dao vào lỗ gia công và để tạo ra phần làm việc khi dao bị mài lại.

Tính chất cắt gọt của dao phụ thuộc vào các thông số hình học và vật liệu phần cắt của nó. Dưới đây ta nghiên cứu các thông số hình học của dao khoan (hình 11.3).

1. Góc nghiêng ω của rãnh xoắn.

Góc ω là góc giữa đường tâm dao và đường xoắn khai triển của rãnh thoát phoi (hình 11.3 b). Góc ω không cố định: càng gần tâm dao, góc ω càng nhỏ. Thật vậy, từ sơ đồ trên hình 11.3 b ta có:

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{\pi \cdot D}{H} \quad (11.9)$$

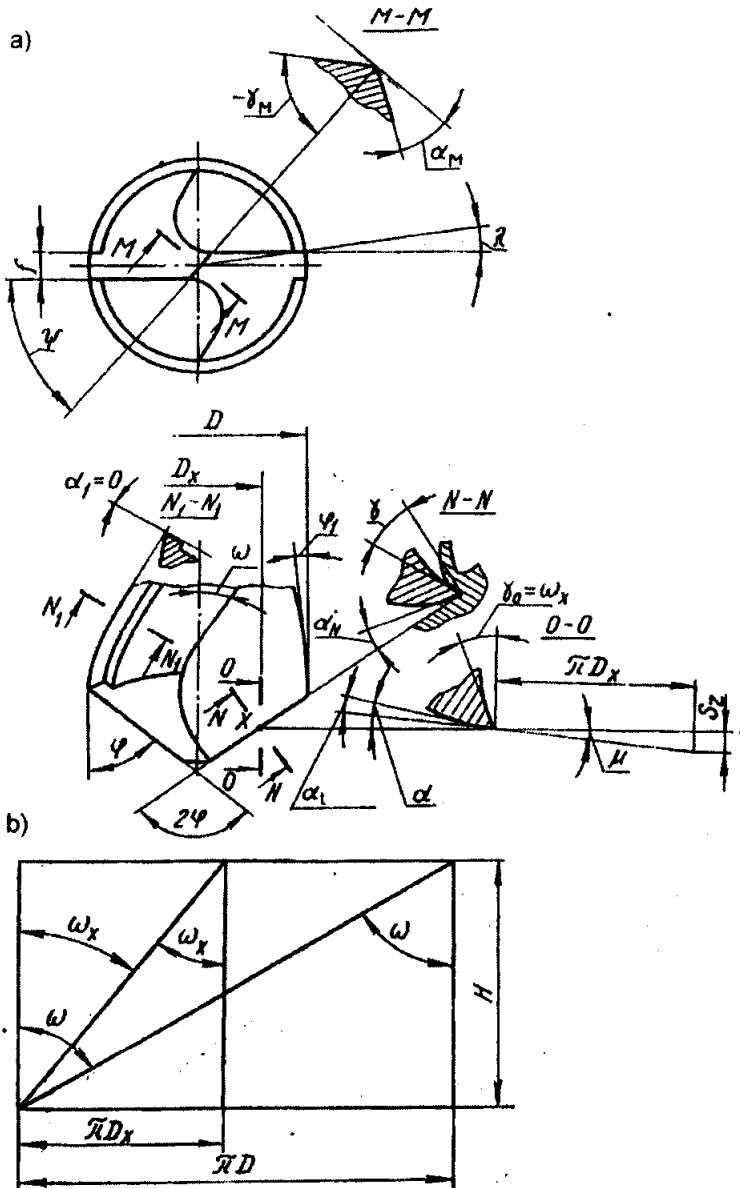
$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{\pi \cdot D_x}{H} \quad (11.10)$$

Ở đây:

D - đường kính dao khoan (mm);

D_x - đường kính dao khoan tại điểm x (hình 11.3 a).

ω - góc nghiêng của rãnh xoắn đo ở tiết diện song song với tâm dao.



Hình 11.3. Các thông số hình học của dao khoan ruột gà

Đối với dao khoan thép gió thì góc ω nằm trong khoảng $18 \div 35^\circ$ và dao có đường kính nhỏ thì góc ω cũng nhỏ:

Đường kính dao khoan (mm)	Góc nghiêng ω của rãnh xoắn (độ)
0,25 – 0,35	18
0,4 – 0,45	19
0,5 – 0,7	20
0,75 – 0,95	21
1 – 1,9	22
2 – 2,9	23
3 – 3,4	24
3,5 – 4,4	25
4,5 – 6,4	26
6,5 – 8,4	27
8,5 – 9,9	28
10 - 80	30

2. Góc nghiêng của lưỡi cắt ngang ψ

Góc ψ là góc giữa các hình chiếu của lưỡi cắt ngang và một trong các lưỡi cắt chính trên mặt phẳng vuông góc với tâm dao (xem hình 11.3 a). Thông thường góc $\psi = 55^\circ$.

3. Góc đỉnh dao 2φ .

Góc 2φ là góc giữa các lưỡi cắt chính của dao. Góc này phụ thuộc vào vật liệu gia công và nằm trong khoảng $80 \div 140^\circ$. Khi khoan vật liệu dẻo cần chọn góc 2φ lớn hơn khi khoan vật liệu giòn. Ví dụ, khi khoan thép và gang, góc $2\varphi = 116 \div 120^\circ$, còn khi khoan nhôm: góc $2\varphi = 140^\circ$.

4. Góc nghiêng phụ φ_1 .

Góc φ_1 được hình thành do chế tạo phần làm việc của dao có côn ngược (xem hình 11.3 a). Góc $\varphi_1 = 1 \div 2'$.

5. Góc sau phụ α_1 .

Góc sau phụ trên lưỡi cắt bằng 0 bởi vì mặt sau phụ được tạo nên bằng bề mặt hình trụ.

6. Góc nghiêng của lưỡi cắt chính λ .

Góc nghiêng λ cũng được định nghĩa tương tự như các loại dao khác.

7. Góc trước γ .

Góc γ là góc giữa tiếp tuyến của mặt trước của dao tại điểm quan sát và đường vuông góc tại điểm này với bề mặt quay được tạo thành khi quay lưỡi cắt xung quanh tâm của dao. Tại mỗi điểm của lưỡi cắt trong mặt phẳng NN góc γ có các giá trị khác nhau, còn trong mặt phẳng 00, song song với tâm dao, góc γ bằng góc nghiêng ω của rãnh xoắn, có nghĩa là $\gamma_0 = \omega$.

Từ hình 11.3b ta có:

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{\pi D}{H} \quad \text{và} \quad \operatorname{tg}\omega_x = \frac{\pi D_x}{H}$$

Lấy hai phương trình này chia cho nhau ta được:

$$\operatorname{tg}\omega_x = \operatorname{tg}\omega \frac{D_x}{D} \quad (11.11)$$

Góc γ được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\operatorname{tg}\omega}{\sin\varphi} \quad (11.12)$$

Góc γ_x tại điểm x bất kỳ:

$$\operatorname{tg}\gamma_x = \frac{\operatorname{tg}\omega_x}{\sin\varphi} \quad (11.13)$$

Thay $\operatorname{tg}\omega_x$ từ công thức (11.11) vào công thức (11.13) ta được:

$$\operatorname{tg}\gamma_x = \frac{D_x}{D} \cdot \frac{\operatorname{tg}\omega}{\sin\varphi} \quad (11.14)$$

Công thức (11.14) cho thấy góc γ có giá trị lớn nhất tại lưỡi cắt trên đường kính của dao.

8. Góc sau α .

Góc α là góc giữa tiếp tuyến của mặt sau của lưỡi cắt tại điểm quan sát và tiếp tuyến của vòng tròn quay của nó xung quanh tâm dao. Góc α được xác định trong mặt phẳng 00 song song với tâm dao và tiếp tuyến của bề mặt hình trụ mà trên đó có điểm của lưỡi cắt. Ở trạng thái tĩnh (tương tự như góc γ) góc α được xác định trong mặt phẳng vuông góc:

$$\operatorname{tg}\alpha_N = \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\varphi \quad (11.15)$$

Trong quá trình cắt, giá trị thực tế của góc α giảm, bởi vì quỹ đạo thực tế của điểm nằm trên lưỡi cắt chính sẽ không phải là đường tròn mà là đường xoắn vít có bước bằng lượng chạy dao. Bề mặt cắt cũng là bề mặt xoắn vít. Vì vậy, góc sau thực tế α_t là góc giữa tiếp tuyến của đường xoắn vít này và tiếp

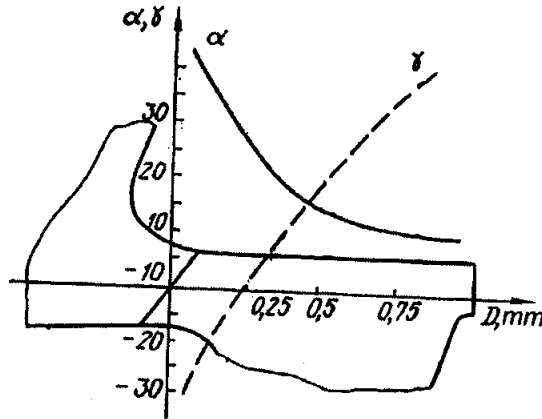
tuyến của mặt sau tại điểm quan sát. Góc α_t nhỏ hơn góc α một góc μ (xem hình 11.3 a):

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{S_z}{\pi D_x} \quad (11.16)$$

$$\alpha_t = \alpha - \mu = \alpha - \operatorname{arctg} \frac{S_z}{\pi D_x} \quad (11.17)$$

Góc α_t giảm dần từ ngoài vào tâm dao. Hơn nữa ở gần tâm dao góc α_t giảm mạnh hơn ở gần đường kính ngoài của dao. Để đảm bảo góc sau trong quá trình cắt, ở phần lưỡi cắt nằm gần tâm dao, mặt sau của dao được mài sao cho ở đường kính ngoài góc α có giá trị nhỏ nhất, còn gần vào tâm dao góc α tăng dần. Cách mài dao như vậy được thực hiện nhờ kết cấu của máy mài sắc dao.

Vì góc trước γ của dao khoan ở đường kính ngoài lớn hơn, còn góc sau α lại nhỏ hơn, còn ở tâm dao thì ngược lại, có nghĩa là $\alpha > \gamma$ (hình 11.4) cho nên góc sắc của dao sẽ như nhau ở tất cả các điểm của lưỡi cắt. Góc trước thực tế thay đổi từ 30° đến 0° (tính từ ngoài vào trong) và có cả giá trị âm ở lưỡi cắt ngang. Góc sau ở đường kính ngoài bằng $6^\circ \div 8^\circ$, còn ở lưỡi cắt ngang bằng $25 \div 35^\circ$.

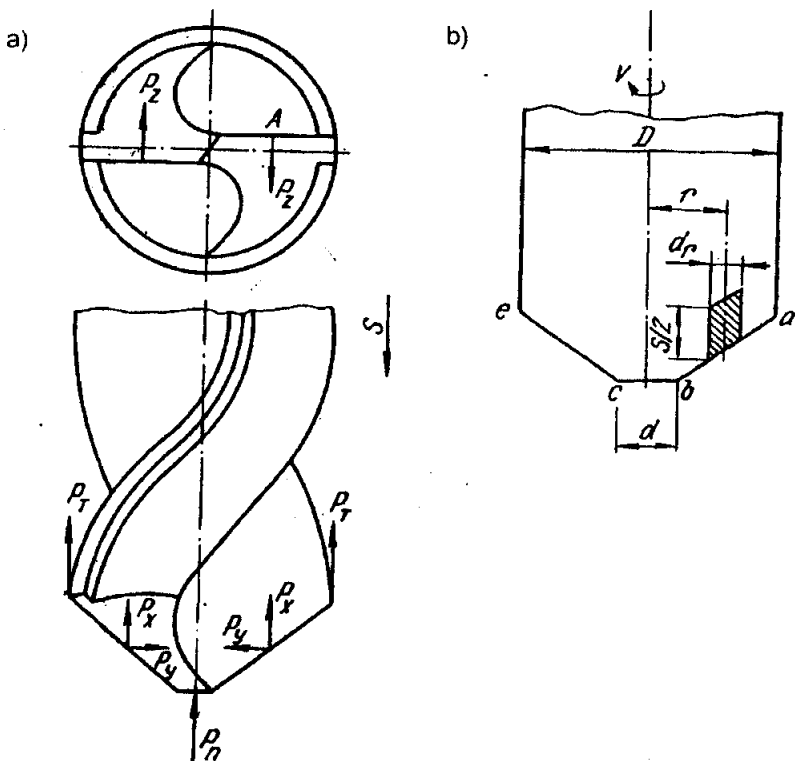


Hình 11.4. Sự thay đổi của γ và α dọc theo lưỡi cắt.

11.3. Lực cắt và mômen xoắn khi khoan.

Giả sử rằng tổng hợp lực tác dụng lên lưỡi cắt dao khoan được đặt tại điểm A. Phân tổng hợp lực này theo 3 phương vuông góc với nhau (hình 11.5a) ta được các thành phần lực cắt tác dụng lên mỗi lưỡi cắt. Lực cắt P_z tạo ra mômen xoắn M_x , mômen này bị trục chính của máy vượt qua. Các lực P_y tác dụng theo phương hướng kính và triệt tiêu lẫn nhau. Lực P_x này cùng với lực P_n tác dụng lên lưỡi cắt ngang tạo ra lực hướng trục hay còn gọi là lực chạy dao P

bị cơ cấu chạy dao của máy vượt qua. Kết quả là dao khoan chịu tác dụng của mômen xoắn M_x và lực chạy dao P .



Hình 11.5. Sơ đồ lực tác dụng lên dao khoan và sơ đồ tính mômen xoắn khi khoan.

Mômen xoắn M_x được tạo ra do các lực phân tử tác dụng lên hai lưỡi cắt chính ab và ce , lưỡi cắt ngang bc (hình 11.5b) và lực ma sát P_T tác dụng lên các lưỡi dẫn hướng. Ở đây, cần nhớ rằng mômen xoắn M_x được xác định chủ yếu bởi các lực tác dụng lên các lưỡi cắt chính.

Ta tách phần tử của lớp cắt dọc $dr \frac{S}{2}$ dọc theo lưỡi cắt, phần tử lớp cắt này chịu tác dụng của lực phần tử $p dr \frac{S}{2}$ (ở đây p là lực cắt đơn vị).

Như ta đã biết, lực cắt đơn vị p tăng khi tiết diện lớp cắt giảm và có thể được biểu hiện bằng công thức:

$$p = \frac{A}{S^\alpha} \quad (11.18)$$

Khi đó mômen phân tử:

$$dM = p dr \frac{S}{2} r = \frac{A}{S^\alpha} \cdot \frac{S}{2} \cdot r dr = B \cdot S^{1-\alpha} \cdot r dr$$

hoặc:

$$M_x = 2 \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} B S^{1-\alpha} r dr = B S^{y_M} \frac{r^2}{2} \Big|_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} = C_M \cdot S^{y_M} \cdot D^{z_M} \quad (11.19)$$

Tích phân lực phần tử, ta được P_x :

$$\int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} \rho \frac{S}{2} dr = P_x$$

hay:

$$P_x = C_P \cdot S^{y_P} \cdot D^{z_P} \quad (11.20)$$

Các nghiên cứu thực nghiệm cũng đã xác định được các công thức thực nghiệm, các công thức này trùng với các công thức lý thuyết. Công thức thực nghiệm có dạng:

$$M_x = C_M \cdot S^{y_M} \cdot D^{z_M} \cdot K_M \quad (11.21)$$

$$P_x = C_P \cdot S^{y_P} \cdot D^{z_P} \cdot K_P \quad (11.22)$$

Ở đây:

C_M, C_P – các hệ số đặc trưng cho điều kiện khoan và vật liệu gia công;

K_M, K_P – các hệ số tính đến điều kiện gia công khác nhau.

Các hệ số này cho trong bảng 11.1.

Khi biết M_x và P_x có thể xác định được công suất cắt N_c :

$$N_c = \frac{M_x \cdot n}{716,2 \cdot 1,36} \quad (11.23)$$

Trong đó 1,36 là hệ số ảnh hưởng của lực chạy dao P_x .

Bảng 11.1

Vật liệu gia công	C_M	C_P	y_M	y_P	z_M	z_P
Thép kết cấu có $\sigma_B = 75 \text{ kg/mm}^2$	34	85	1,9	1	0,8	0,7
Thép 45Г17Ю3 có $\sigma_B = 70 \text{ kg/mm}^2$	55	163	2,0	1	0,76	0,62
Thép chịu lửa ЭИ87 có $\sigma_B = 115 \text{ kg/mm}^2$	75	270	2,1	1,15	0,76	0,77
Gang xám HB 190	23	60	1,9	1	0,8	0,8
Gang dẻo HB 150	20	52	1,9	1	0,8	0,8
Đồng thau	12	31	1,9	1	0,8	0,8

Ảnh hưởng của vật liệu gia công đến M_x và P_x cũng tương tự như khi tiện:

Đối với M_x :

$$M_x = C_1 \cdot HB^{q_M} \quad (11.24)$$

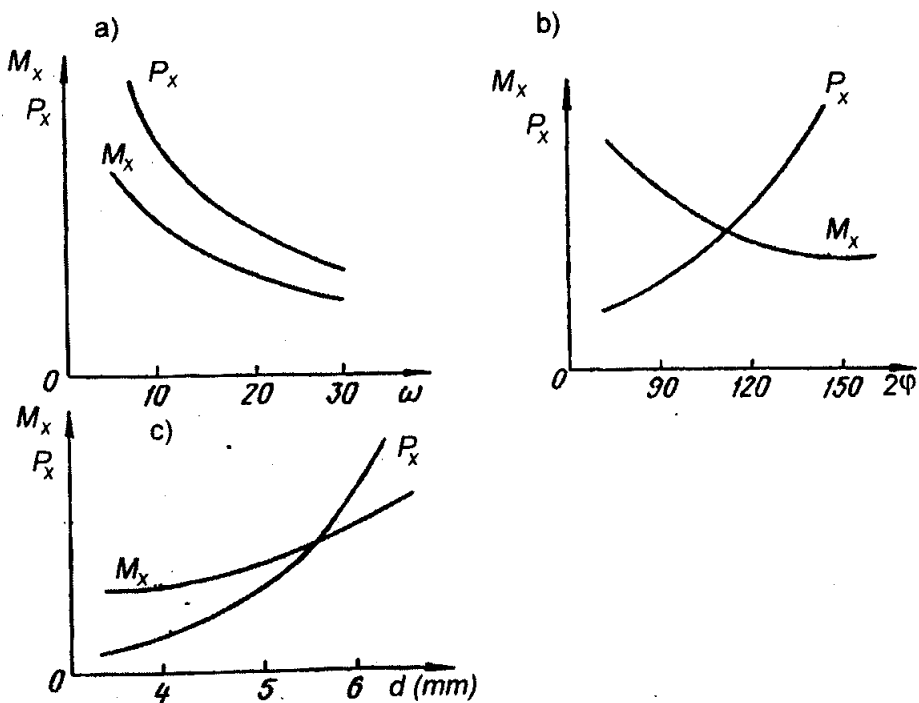
hoặc: $M_x = C_1 \cdot \sigma_B^{q_M} \quad (11.25)$

Đối với P_x : $P_x = C_2 \cdot HB^{q_P} \quad (11.26)$

hoặc: $P_x = C_2 \cdot \sigma_B^{q_P} \quad (11.27)$

Các hệ số C_1 , C_2 , q_M , q_P , được xác định theo sổ tay chuyên ngành (sổ tay gia công cơ, sổ tay công nghệ chế tạo máy).

Các thông số hình học của dao-khoan ảnh hưởng rất lớn đến M_x và P_x (hình 11.6).



Hình 11.6. Ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến M_x và P_x

a) Góc nghiêng của rãnh xoắn; b) Góc đỉnh dao 2ϕ ;

c) chiều dài lưỡi cắt ngang d .

Trong thực tế khi gia công các loại vật liệu khác nhau nên chọn các góc 2ϕ hợp lý để nâng cao tuổi bền của dao. Bảng 11.2 là các góc 2ϕ khi khoan các vật liệu khác nhau.

Bảng 11.2

Vật liệu gia công	Góc 2φ (độ)
Thép và gang	116 ÷ 120
Thép chịu lửa	120 ÷ 140
Nhôm	130 ÷ 140
Hợp kim magiê	90 ÷ 100
Đồng	120
Đồng thau	130
Chất dẻo	50 ÷ 60

Từ bảng 11.2 ta thấy góc 2φ nhỏ nhất được dùng để gia công vật liệu có khả năng tỏa nhiệt kém nhất (chất dẻo). Điều này được giải thích như sau: khi góc 2φ nhỏ, góc giữa lưỡi cắt chính và lưỡi cắt ngang tăng, do đó cải thiện được điều kiện thoát nhiệt, có nghĩa là tăng tuổi bền của dụng cụ.

11.4. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến mômen xoắn và lực chạy dao.

Dung dịch trơn nguội có ảnh hưởng rất lớn đến M_x và P_x , bởi vì nó giảm ma sát giữa bề mặt dao và bề mặt gia công, cải thiện điều kiện thoát nhiệt. Bảng 11.3 là các kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến M_x và P_x (các con số chỉ % mà M_x và P_x giảm được nhờ sử dụng dung dịch trơn nguội).

Bảng 11.3

Vật liệu gia công	M_x giảm được ...%	P_x giảm được ...%
Thép kết cấu	7	
Thép dụng cụ	20 ÷ 35	20 ÷ 40
Gang	11 ÷ 18	10 ÷ 15
Hợp kim nhôm	30	40
Đồng thau	0	8

Hiệu quả thấp của dung dịch trơn nguội khi khoan thép kết cấu và đồng thau được giải thích như sau: khi gia công các loại vật liệu này, khả năng bẻ phoi tốt, do đó giảm được ma sát và biến dạng của phoi (có nghĩa là ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội không nhiều).

11.5. Tốc độ cắt và tuổi bền của dụng cụ khi khoan

Tốc độ cắt khi khoan được giới hạn bởi tuổi bền của dao khoan. Khi gia công kết cấu bằng dao thép gió mài mòn dụng cụ xuất hiện đồng thời ở cả mặt trước h_1 mặt sau h_2 và lưỡi cắt dẫn hướng, còn khi gia công vật liệu giòn mài mòn chỉ xuất hiện ở góc h_3 (hình 11.7).

Khi lưỡi cắt có chiều dài lớn và mài dao không chính xác mài mòn xuất hiện theo lưỡi cắt ngang h_4 . Lượng mòn h_3 lớn sẽ có ảnh hưởng lớn đến quá trình phục hồi lại dao (mài sắc lại dao), bởi vì phải mài đi một lượng vật liệu lớn của phần làm việc của dao.

Chỉ tiêu đánh giá mài mòn của dao khoan được xác định như sau:

- Khi khoan gang bằng dao thép gió: $h_3 = 0,5 \div 1,2$ mm; còn khi khoan thép: $h_3 = 1,1$ mm.

- Khi khoan thép và gang bằng dao hợp kim cứng: $h_3 = 0,4 \div 1,3$ mm.

- Khi khoan đường kính lớn có lượng mòn cho phép lớn hơn.

Quan hệ phụ thuộc giữa tốc độ cắt V và tuổi bền của dao khoan T có đặc tính tương tự như khi trộn. Khi tốc độ V tăng, lượng nhiệt toả ra tăng làm cho cường độ mòn tăng.

Quan hệ phụ thuộc giữa tốc độ cắt V và tuổi bền của dao khoan T có dạng:

$$V = \frac{C_V}{T^m} \quad (11.28)$$

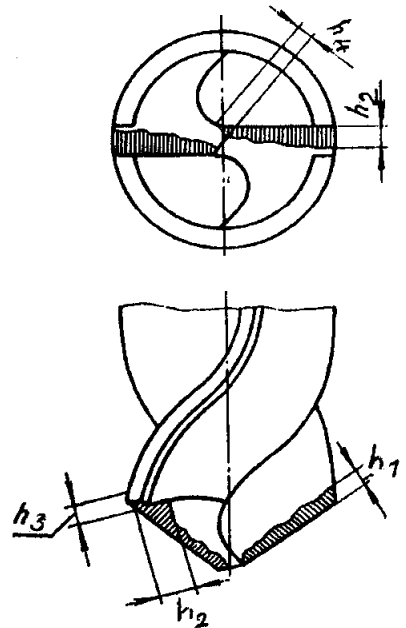
Ở đây:

C_V – hệ số cố định;

m – chỉ số mũ của tuổi bền.

Giá trị C_V và m phụ thuộc vào vật liệu gia công, vật liệu dụng cụ và điều kiện cắt. Giá trị m trung bình đối với dao khoan thép gió bằng $0,12 \div 0,2$, còn đối với hợp kim cứng: $m = 0,25 \div 0,4$. Tuổi bền của dao thép gió khi gia công thép bằng $(1,0 \div 1,5)D$, còn đối với dao hợp kim cứng khi gia công thép và gang bằng $(1,5 \div 2)D$ (ở đây: D là đường kính dao khoan).

Tốc độ cắt cho phép V_T phụ thuộc vào đường kính dao khoan D , lượng chạy dao S , chiều sâu cắt t , tính chất của vật liệu gia công K_1 , vật liệu ôa khoan K_2 , điều kiện dung dịch trơn nguội K_3 v.v, có nghĩa là:



Hình 11.7. Các dạng mài mòn của dao khoan

$$V_T = f(D, S, t, K_1, K_2, K_3, \dots) \quad (11.29)$$

Khi đường kính dao khoan tăng, tốc độ cắt cho phép tăng, bởi vì trong trường hợp này khối lượng của dao khoan tăng, do đó thoát nhiệt tốt hơn, đồng thời độ cứng vững của dao cũng tăng. Bề rộng cắt tăng khi đường kính của dao tăng không có ảnh hưởng nhiều đến tốc độ cắt cho phép V_T . Vì vậy, V_T có thể được biểu thị bằng công thức sau:

$$V_T = C_D \cdot D^{x_v} \quad (11.30)$$

Khi lượng chạy dao tăng tốc độ cắt cho phép V_T giảm, bởi vì chiều dày cắt a tăng, làm cho nhiệt độ cắt tăng và thúc đẩy nhanh quá trình mài mòn dao, do đó V_T được tính như sau:

$$V_T = \frac{C_S}{S^{y_v}} \quad (11.31)$$

Công thức tổng quát để tính tốc độ cắt khi khoan được viết như sau:

$$V_T = \frac{C_V \cdot C_S}{T^m S^{y_v}} \quad (11.32)$$

Bảng 11.4 là các số liệu thực nghiệm ($C_V, x_v, y_v, \frac{1}{m}$) có thể dùng để tính V theo công thức trên.

Bảng 11.4

Vật liệu gia công	S (mm/vòng)	C_V	x_v	y_v	$\frac{1}{m}$
Thép $\sigma_B = 75\text{KG/mm}^2$	$\leq 0,2$	5,0	0,4	0,7	0,2
	$> 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,125
Gang xám HB 190	$\leq 0,3$	10,5	0,25	0,55	0,125
	$> 0,3$	12,2	0,25	0,40	0,125
Gang xám HB 190	$\leq 0,3$	15,6	0,25	0,55	0,125
	$> 0,3$	18,1	0,25	0,40	0,125
Đồng đỏ HB 100 – 140	$> 0,3$	23,4	0,25	0,55	0,125

Tốc độ cắt cho phép V_T phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công theo công thức sau:

$$V_T = \frac{C_{HB}}{HB^{n_V}} \quad (11.33)$$

$$V_T = \frac{C_V}{\sigma_B^{n_V}} \quad (11.34)$$

Ở đây:

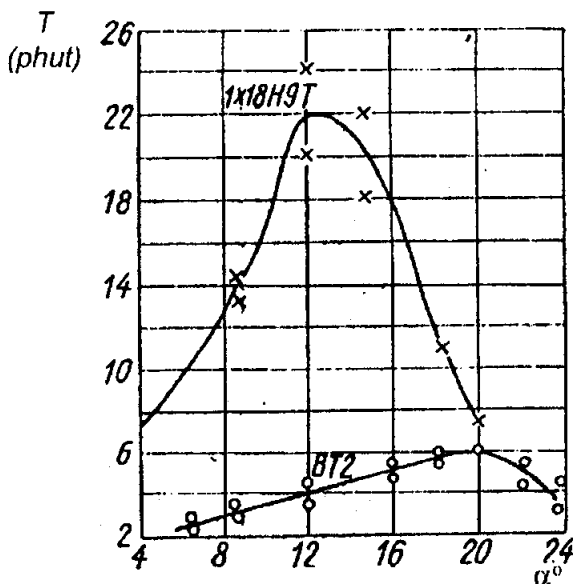
n_V – chỉ số mũ phụ thuộc vật liệu gia công (đối với gang và thép $n_V = 0,9 \div 1,3$).

Chiều sâu lỗ khoan cũng có ảnh hưởng đến tốc độ cắt cho phép, cụ thể như sau: nếu chiều sâu lỗ khoan lớn hơn 3 lần đường kính dao khoan, tốc độ cắt cho phép giảm theo tỷ lệ của hệ số K_f :

Chiều sâu lỗ khoan (mm):	$D \div 3D$	4D	5D	6D	8D	10D
Hệ số K_f ,	1	0,85	0,75	0,7	0,6	0,5

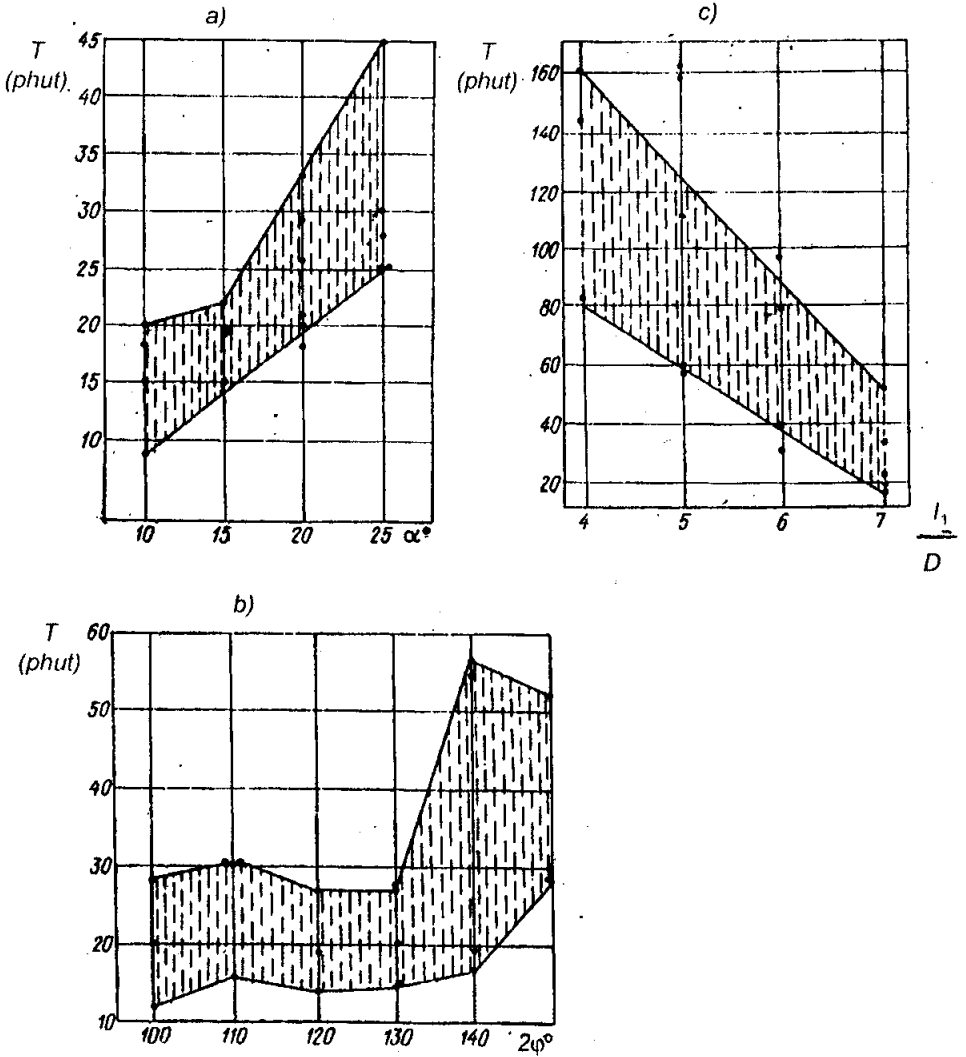
11.6. Ảnh hưởng của vật liệu và hình học của dao khoan đến tuổi bền của nó.

Khi khoan cũng giống như khi tiện, các thông số hình học của dao có ảnh hưởng đáng kể đến tuổi bền của nó. Hình 11.8 cho biết ảnh hưởng của góc sau đến tuổi bền của dao khi khoan thép 1X18H9T và hợp kim titan BT2.



Hình 11.8. Ảnh hưởng của góc sau đến tuổi bền của dao khoan khi khoan thép 1X18H9T ($D = 19,4$ mm, $V = 18$ m/phút) và hợp kim titan BT2 ($D = 2$ mm; $S = 0,2$ mm/vòng; $V = 9$ m/phút).

Khi khoan vật liệu khó gia công bằng dao thép gió P18 (khi khoan hợp kim ЭИ787) tuổi bền của dao phụ thuộc vào góc sau α , góc đỉnh dao 2φ và tỷ lệ giữa chiều dài phần làm việc và đường kính của dao $\frac{l_1}{D}$ theo các sơ đồ trên hình 11.9.



Hình 11.9. Ảnh hưởng của góc sau α , góc đỉnh dao 2φ và tỷ lệ $\frac{l_1}{D}$ đến tuổi

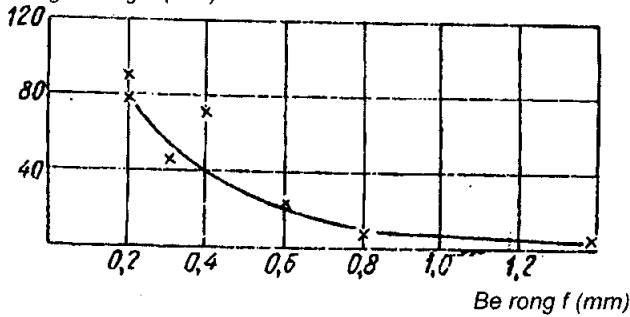
bền của khoan thép gió

a) $D = 20 \text{ mm}$; $l_1 = 100 \text{ mm}$; $2\varphi = 140^\circ$; $V = 5,7 \text{ m/phút}$; $s = 0,1 \text{ mm/vòng}$;

b) $V = 3,87 \text{ m/phút}$; $S = 0,1 \text{ mm/vòng}$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 20^\circ$; $D = 21 \text{ mm}$.

Bề rộng f của lưỡi cắt dẫn hướng cũng có ảnh hưởng đến tuổi bền của dao, cụ thể là khi bề rộng này tăng tuổi bền của dao tăng (hình 11.10).

Chiều dài lỗ gia công L (mm)



Hình 11.10. ảnh hưởng của bên rộng lưỡi cắt dẫn hướng đến tuổi bền của dao khoan (vật liệu gia công: BT2; $D = 17,4\text{mm}$; $S = 0,25\text{mm/vòng}$; $v = 3,6\text{ m/phút}$)

Vật liệu dao có ảnh hưởng đến tuổi bền của nó với mức độ khác nhau. Khi gia công thép nên dùng dao thép gió P9K10, loại vật liệu này có thể tăng tuổi bền của dao gấp $2 \div 3$ lần so với dao thép gió P9 và P18.

Khi khoan các vật liệu siêu cứng và vật liệu dẻo (chất dẻo, kim loại màu) và gang nên dùng dao hợp kim cứng.

11.7. Phương pháp xác định chế độ cắt hợp lý khi khoan.

Khi xác định chế độ cắt hợp lý khi khoan cần tham khảo các bước xác định chế độ cắt hợp lý khi tiện.

Xác định chế độ cắt hợp lý khi khoan được tiến hành theo các bước sau đây:

1- Chọn lượng chạy dao lớn nhất cho phép theo độ bền của dao, chất lượng bề mặt gia công và khả năng của máy.

2- Xác định tuổi bền hợp lý của dao.

3- Xác định tốc độ cắt đảm bảo tuổi bền đã chọn.

4- Tính số vòng quay của trục chính máy theo tốc độ cắt và đường kính dao khoan.

5- Hiệu chỉnh lại số vòng quay n theo máy và xác định lại tốc độ cắt thực tế.

6- Tính mômen xoắn M_x và lực chạy dao P_x .

7- Kiểm tra chế độ cắt theo công suất máy.

Trình tự xác định chế độ cắt trên đây có thể thay đổi đôi chút, khi xác định chế độ cắt không phụ thuộc vào máy. Khi đó, sau bước thứ 4 cần tính P_x , M_x và công suất cắt N_c rồi chọn máy và kiểm tra lại n, S, V, P_x , M_x và N_c .

11.8. Dao khoan lỗ sâu

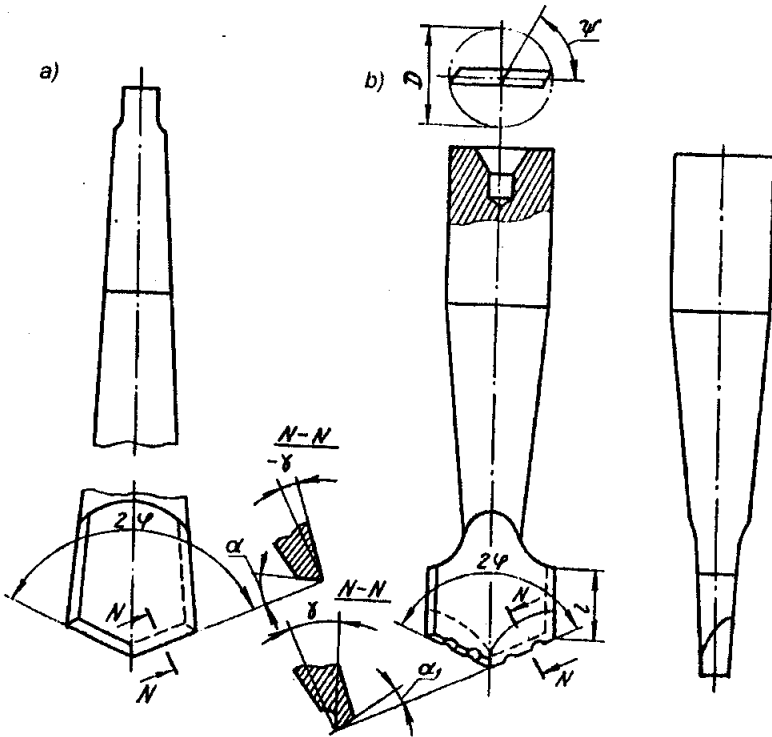
Lỗ gia công có chiều sâu lớn hơn $5D$ (D là đường kính) được gọi là lỗ sâu. Khi gia công các loại lỗ sâu như vậy, điều kiện làm việc của dao khoan rất nặng, bởi vì khả năng thoát nhiệt kém, độ cứng vững của dao giảm, việc tước

dụng dịch trơn nguội rất khó khăn, v.v. Vì vậy để khoan lỗ sâu phải dùng các loại dao khoan đặc biệt, các dao khoan này được gọi là dao khoan lỗ sâu.

Khoan lỗ sâu có thể là khoan đặc hoặc khoan vòng. Thông thường lỗ có đường kính nhỏ hơn 80 mm thì dùng phương pháp khoan lỗ đặc, còn lỗ có đường kính lớn hơn 80 mm nên dùng phương pháp khoan vòng (một phần lượng dư có thể dùng làm phôi cho chi tiết khác).

1. Dao khoan sâu dạng ngòi bút.

Khi khoan lỗ sâu của các chi tiết từ vật liệu giòn và cứng người ta dùng dao khoan dạng ngòi bút (hình 11.11).

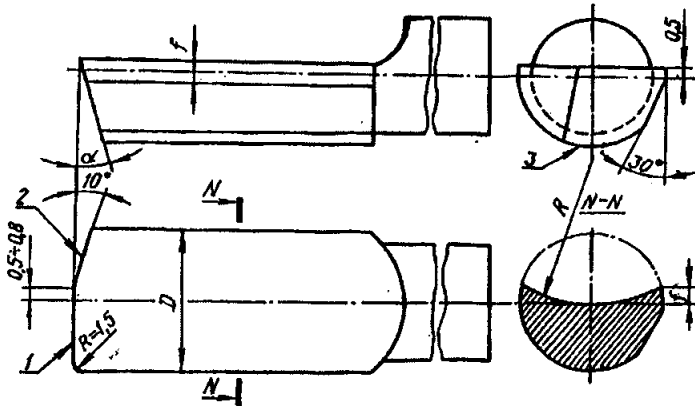


Hình 11.11. Dao khoan dạng ngòi bút

Loại dao khoan này có cơ cấu đơn giản, do đó phần cắt của nó có thể được chế tạo bằng phương pháp rèn hoặc phay thép thanh có tiết diện tròn hoặc vuông. Ở tiết diện N-N (hình 11.11a) góc γ âm. Để tạo ra góc trước γ dương ($\gamma = 5 \div 110$) trên mặt trước của dao cần gia công các rãnh (hình 11.11 b). Góc sau $\alpha = 6 \div 12^\circ$, còn các thông số khác như góc 2ϕ , góc ψ và phần côn ngược cũng tương tự như ở dao khoan ruột gà đã nghiên cứu ở trên.

2. Dao khoan sâu dạng xẻng

Dao khoan dạng này là một thanh ở phần đầu được gia công có hình dạng như một cái xẻng nhỏ để tạo ra các lưỡi cắt (hình 11.12)



Hình 11.12. Dao khoan sâu dạng xẻng

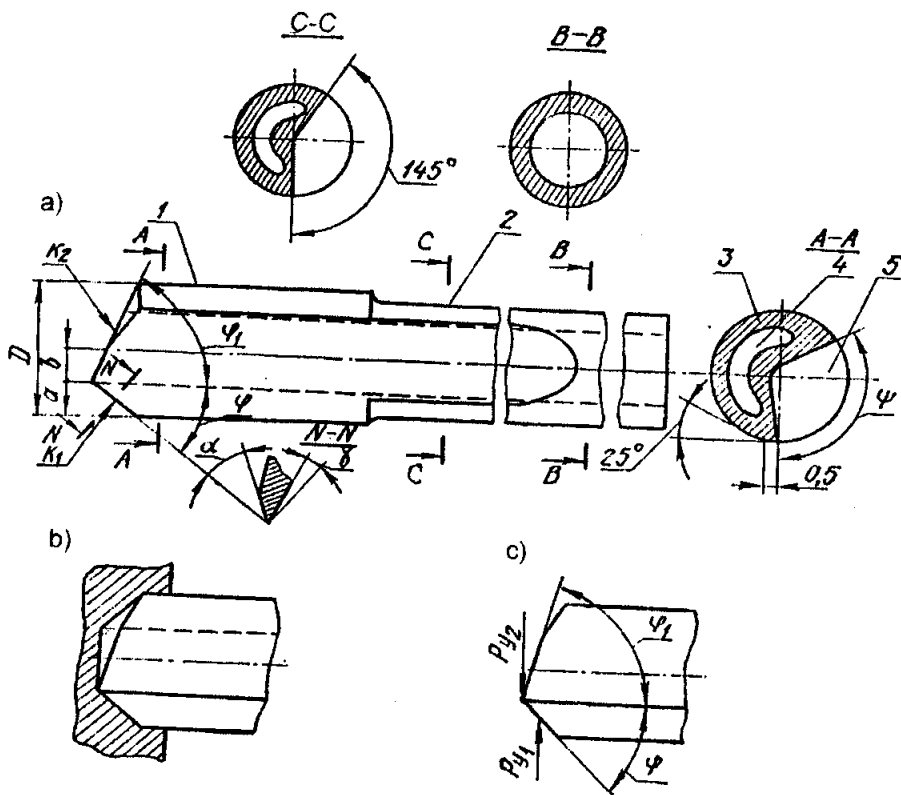
Để tránh cho dao không bị kẹt trong quá trình gia công, mặt trước phải cao hơn tâm dao khoảng $0,2 \div 0,5$ mm. Lưỡi cắt chính 1 vuông góc với tâm dao và cao hơn tâm dao $0,5 \div 0,8$ mm. Lưỡi cắt phụ 2 được hớt nghiêng một góc 10° để giảm ma sát khi gia công. Dao làm việc có dẫn hướng sơ bộ bằng lỗ khoan mẫu với chiều dài $l = (0,5 \div 0,8)D$ (ở đây, D là đường kính lỗ khoan). Dao khoan được dẫn hướng trong lỗ nhờ mặt trụ 3 (khi gia công nó tựa vào lỗ đã gia công). Để giảm ma sát của phần dẫn hướng với mặt lỗ gia công, trên phần dẫn hướng người ta hớt mặt phẳng dưới góc 30° và tạo côn ngược $0,03 \div 0,05$ mm trên 100 mm chiều dài. Độ chính xác gia công bằng dao khoan sâu dạng xẻng cao, nhưng điều kiện cắt và cấp dung dịch trơn nguội rất khó khăn, bởi vì góc cắt $\delta = 90^\circ$ và $\alpha = 8 \div 10^\circ$. Để cấp dung dịch trơn nguội đạt hiệu quả cao, khi đường kính dao khoan lớn hơn 15 mm cần gia công rãnh và cấp dung dịch bằng bơm áp lực.

3. Dao khoan sâu dạng nòng súng.

Loại dao này cho phép đạt độ chính xác gia công cao. Dao được cấu tạo gồm: phần cắt 1 được chế tạo từ thép gió hoặc hợp kim cứng và phần trụ 2 từ thép carbon. Phần trụ 2 được chế tạo theo dạng ống như tiết diện C - C trên hình 11.13a. Rãnh 5 được dùng để thoát phoi, còn lỗ 4 được dùng để cấp dung dịch trơn nguội vào vùng cắt. Phần dẫn hướng của dao là phần trụ được mài bóng 3.

Trong quá trình cắt, dao khoan chịu những biến dạng rất phức tạp: xoắn, nén và uốn. Vì vậy, khi thiết kế dao khoan cần chú ý đến kích thước của rãnh để đảm bảo độ cứng vững cần thiết của thân dao và khả năng thoát phoi tốt. Góc $\psi = 100 \div 120^\circ$ là hợp lý, đảm bảo được độ cứng vững của dao. Đỉnh dao xô dịch về bên trái so với tâm dao một đoạn $b = 0,2 D$. Nhờ có b mà khi cắt tạo ra rãnh vòng để định tâm dao trong lỗ (hình 11.13b). Thông số đỉnh dao $a = 0,3 D$, $\varphi = 50^\circ$, $\varphi_1 = 70^\circ$. Chiều dài lưỡi cắt $K_2 > K_1$, bởi vì $a > b$ và $\varphi < \varphi_1$.

Nhờ đó mà lưỡi cắt K_1 thực hiện được khối lượng cắt lớn hơn K_2 , cho nên lực hướng kính P_{y_1} sẽ lớn hơn lực P_{y_2} (hình 11.13c). Vì vậy, dao bị phần dẫn hướng ấn mạnh vào thành lỗ, làm cho ma sát giữa dao và lỗ gia công tăng lên. Để giảm ma sát này người ta mài côn ngược ở phần làm việc của dao, độ côn nằm trong khoảng $0,1 \div 0,3$ mm trên 100 mm chiều dài của phần làm việc. Thông số hình học của phần cắt như sau: góc $\gamma = 5 \div 8^\circ$, góc sau theo lưỡi cắt K_1 : $\alpha = 8 \div 10^\circ$, còn góc sau theo lưỡi cắt K_2 : $\alpha = 20^\circ$.



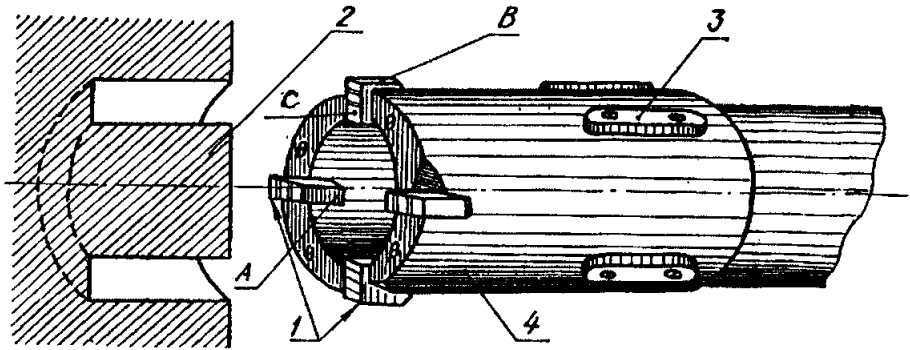
Hình 11.13. Dao khoan sâu dạng nòng súng.

4. Dao khoan vòng.

Khi khoan lỗ có đường kính $80 \div 200$ mm và chiều sâu tới 500 mm người ta dùng dao khoan vòng (hình 11.14).

Kết cấu của dao gồm: thân dao có hình ống 4, trên thân dao có lắp các răng chấp (lưỡi dao) 1 được chế tạo từ hợp kim cứng. Bề rộng của các lưỡi dao lớn hơn chiều dày của thân dao và được nhô ra đối xứng với đường kính trong và đường kính ngoài của thân dao. Số lượng lưỡi dao được chọn từ 4 đến 8, tùy thuộc vào đường kính của dao. Quá trình cắt được thực hiện nhờ lưỡi cắt chính C và các lưỡi cắt phụ A và B. Các lưỡi cắt phụ A và B thực hiện chức năng của

lưỡi cắt tinh. Để dẫn hướng cho dao khoan trong lỗ, trên thân dao có các cam dẫn hướng 3, các cam này đôi khi được làm bằng gỗ. Thoát phoi và cấp dung dịch trơn nguội được thực hiện theo khe hở giữa thân dao và thành trong của lỗ gia công. Các kích thước kết cấu và điều kiện kỹ thuật của dao khoan được xác định theo các bộ tiêu chuẩn của ngành chế tạo máy.



Hình 11.14. Dao khoan vòng

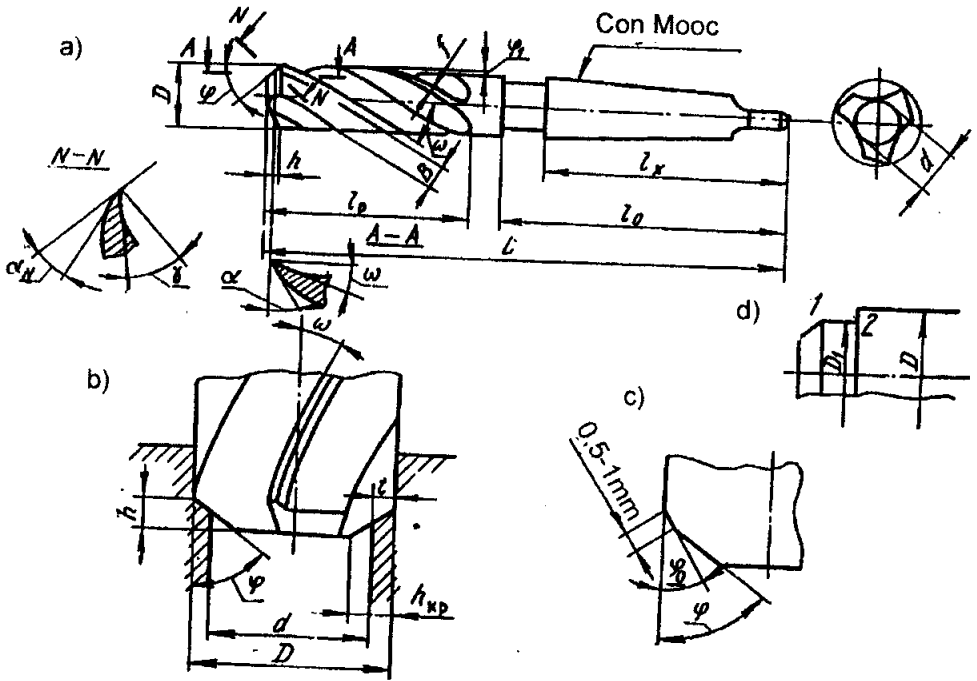
Cần lưu ý rằng lõi 2 có thể được dùng làm phôi cho các chi tiết thích hợp.

Chương 12

KHOẾT VÀ DOA

12.1. Khái niệm về các nguyên công khoét và doa

Khoét được dùng để gia công các lỗ sau khoan, sau đột hoặc sau đúc với mục đích nâng cao độ chính xác và độ bóng bề mặt. Độ chính xác của khoét nằm trong khoảng cấp 3 ÷ 4, còn độ bóng bề mặt đạt cấp 5 ÷ 6. So với dao khoan, dao khoét có nhiều lưỡi cắt hơn (thông thường là 3 ÷ 4, hình 12.1 a, b) và do đó cũng nhiều lưỡi cắt dẫn hướng hơn. Dao khoét có độ cứng vững cao hơn dao khoan, dao khoét không có lưỡi cắt ngang, do đó lỗ gia công ít bị lay rộng hơn.



Hình 12.1 Dao khoét đuôi liền

Lượng dư khi khoan nằm trong khoảng 1 ÷ 4 mm (lượng dư đường kính).

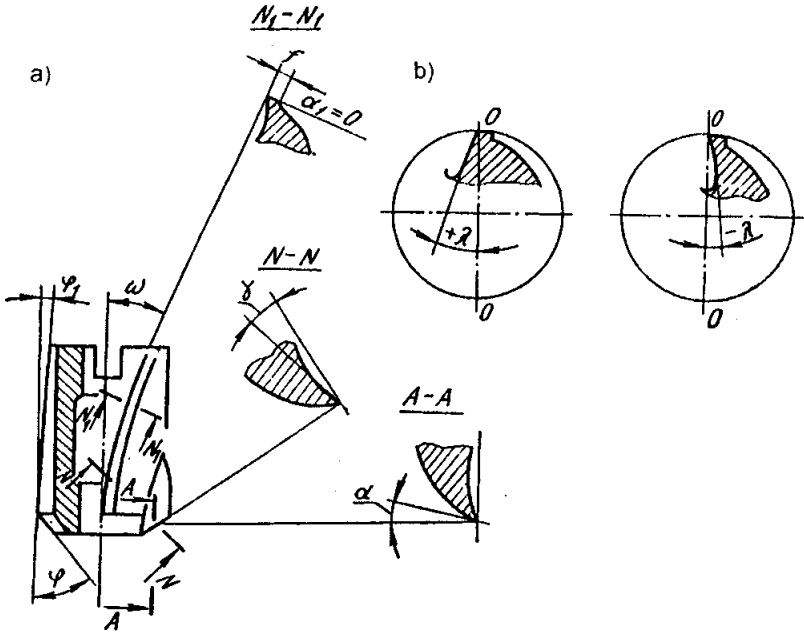
Doa là nguyên công tinh để gia công lỗ sau khi khoan và khoét. Đặc điểm chủ yếu của dao doa là nó có nhiều lưỡi cắt và nhiều lưỡi dẫn hướng (hay lưỡi cắt dẫn hướng), số lưỡi này thường ≥ 6 , phần dẫn hướng có chiều dài lớn với góc $\alpha_1 = 0$ và phần còn đầu nhỏ, nhờ đó mà lỗ doa có thể đạt độ chính xác cấp 2 và độ bóng bề mặt cấp 8. Lượng dư khi doa không vượt quá 0,4 ÷ 0,5

mm theo đường kính. Dao siêu tinh có thể đạt độ chính xác cấp 1 và độ bóng cấp 9.

12.2. Kết cấu và các thông số hình học của dao khoét và dao doa

1. Dao khoét

Dao khoét có các loại sau đây: dao khoét đuôi liền (hình 12.1), dao khoét lắp ghép (hình 12.2 a) và dao khoét răng chấp lắp ghép (hình 12.3).



Hình 12.2. Thông số hình học của dao khoét lắp ghép thép gió.

Như trên đã nói, dao khoét không có lưỡi cắt ngang, do đó cũng không có góc ψ . Các yếu tố cắt và định nghĩa các thông số hình học khác của dao khoét cũng tương tự như ở dao khoan.

Góc trước γ của dao khoét được đo trong mặt cắt chính $N - N$ và giá trị của nó phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và vật liệu phần cắt của dao. Góc γ nằm trong khoảng $0 \div 15^\circ$.

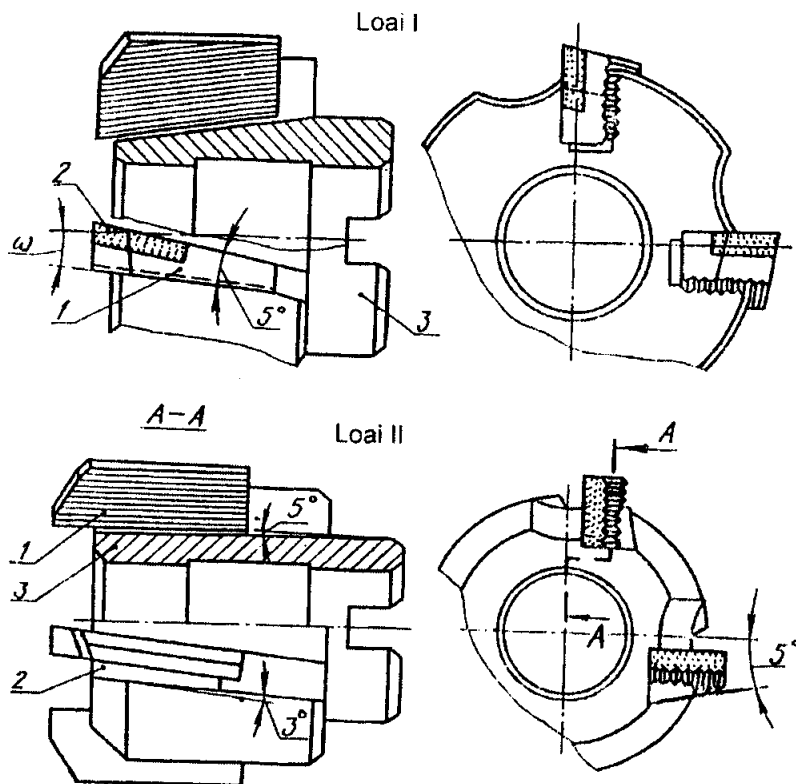
Góc sau α được đo giống như đối với dao khoan, trong mặt phẳng song song với lượng chạy dao và được chọn bằng $8 \div 10^\circ$. Góc nghiêng ω của rãnh xoắn vít bằng $10 \div 30^\circ$. Khi gia công vật liệu cứng, góc ω được chọn nhỏ hơn khi gia công vật liệu dẻo.

Góc nghiêng chính φ của dao khoét thép gió nằm trong khoảng $45 \div 60^\circ$, còn đối với dao khoét hợp kim cứng: $\varphi = 60 \div 75^\circ$.

Góc nghiêng λ của lưỡi cắt chính (xem hình 12.2 b) bằng $5 \div 10^\circ$.

Để thoát phoi, ở phương chạy dao, góc λ phải có giá trị âm, còn ở phương đối diện với phương chạy dao nó phải có giá trị dương.

Lưỡi cắt chuyển tiếp với góc $\varphi_0 = 0,5\varphi$ (xem hình 12.1c) có chiều dài trung bình 1 mm.



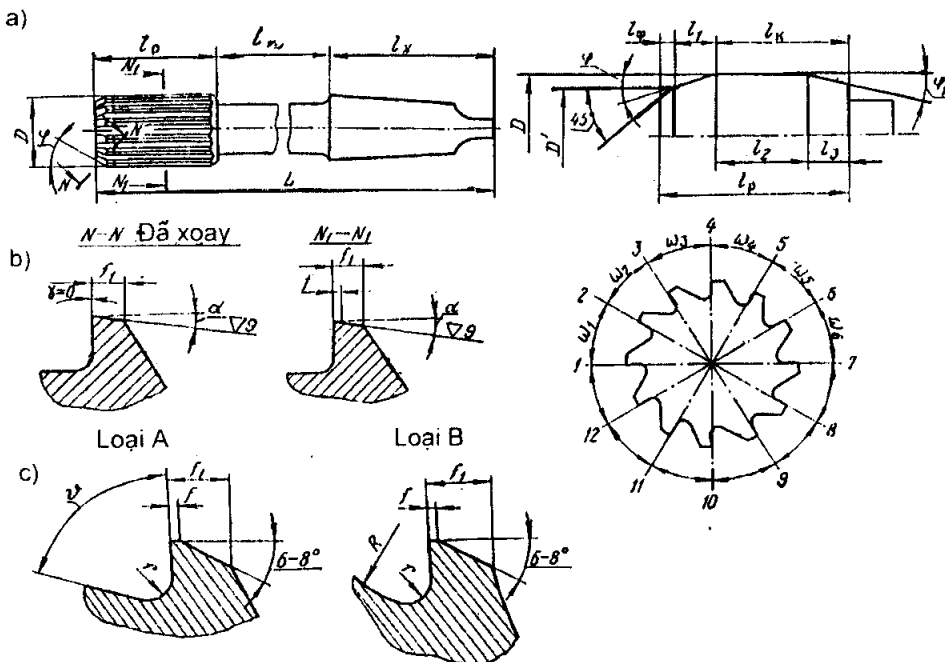
Hình 12.3. Thông số hình học và kết cấu của dao khoét răng chấp lắp ghép hợp kim cứng.

Góc ω và γ có quan hệ phụ thuộc: $\text{tg}\omega = \text{tg}\gamma \cdot \sin\varphi$. Ta thấy, khi góc ω tăng thì góc γ tăng, làm cho lực cắt giảm, có nghĩa là giảm mômen xoắn M_x và lực chạy dao P_x .

Để khử rung động khi cắt, theo phương hướng kính của dao, người ta mài xuống đường kính D_1 (xem hình 12.1d). Đường kính D_1 của các lưỡi cắt 1-2, nằm trên vòng tròn D_1 nhỏ hơn đường kính ngoài D của dao khoét một lượng bằng $0,4 \div 0,8$ mm. Giảm rung động trong trường hợp này được giải thích như sau: dẫn hướng của dao khi gia công tốt hơn, diện tích tiếp xúc giữa dao và bề mặt gia công tăng, bởi vì góc của các lưỡi cắt 1-2 bằng 0, nhờ đó mà hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá) chống lại rung động hiệu quả hơn.

2. Dao doa.

Dao doa có các dạng: hình trụ đuôi liền (hình 12.4 a), dao doa lắp ghép (loại này ít dùng) và dao doa răng chấp lắp ghép (hình 12.5).



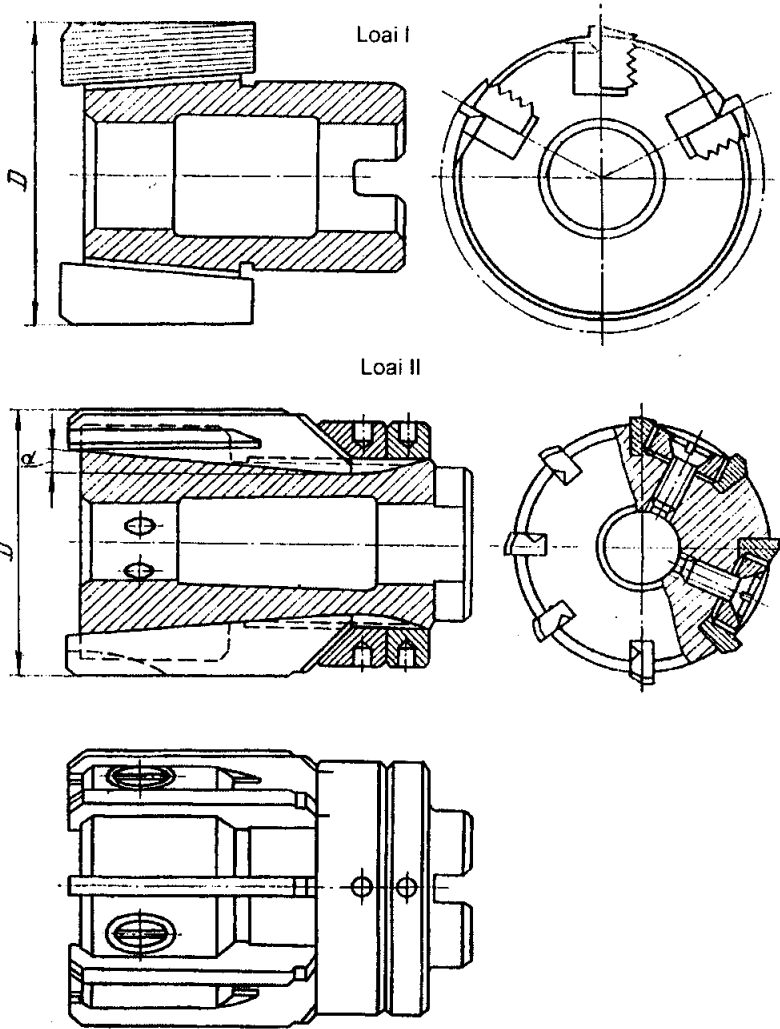
Hình 12.4. Kết cấu và các thông số hình học của dao doa đuôi liền

Các loại dao doa trên đây về kết cấu cũng tương tự như các loại dao khoét, nhưng có nhiều lưỡi cắt hơn, góc côn đầu φ nhỏ, còn ở đuôi phía trước có phần côn bảo vệ với chiều dài l_p để dẫn hướng cho dao trong lỗ gia công (xem hình 12.4 b).

Dao doa có phần côn đầu l_1 và phần sửa tinh l_k (xem hình 12.4 b). Phần sửa tinh trên chiều dài l_2 được dùng để dẫn hướng dao doa khi cắt, làm sạch bề mặt lỗ và đảm bảo kích thước gia công, còn phần côn với chiều dài l_3 có tác dụng giảm ma sát và ngăn ngừa hiện tượng lay rộng lỗ khi doa. Hiệu các đường kính của phần côn khoảng $0,03 \div 0,05$ mm. Hình dạng rãnh thoát phoi có hai dạng A và B (hình 12.4 d).

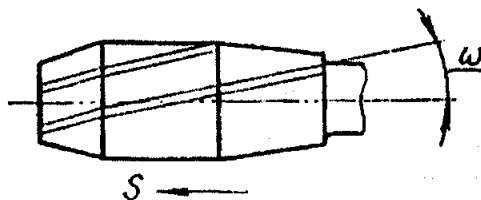
Góc nghiêng chính $\varphi = 0,5 \div 1,5^\circ$ đối với dao doa tay, còn đối với doa máy $\varphi = 15^\circ$ (dao doa thép gió). Dao doa hợp kim cứng có $\varphi = 30 \div 45^\circ$.

Góc γ của dao doa thép gió và dao doa thép dụng cụ bằng $0 \div 10^\circ$, còn đối với dao doa hợp kim cứng $\gamma = 0 \div 15^\circ$. Góc sau $\alpha = 6 \div 12^\circ$. Vật liệu gia công càng dẻo góc α càng phải lớn. Trên phần hiệu chỉnh của dao doa có cạnh vát hình trụ $f = 0,05 \div 0,25$ mm. Đường kính dao doa càng lớn thì cạnh vát f càng rộng.

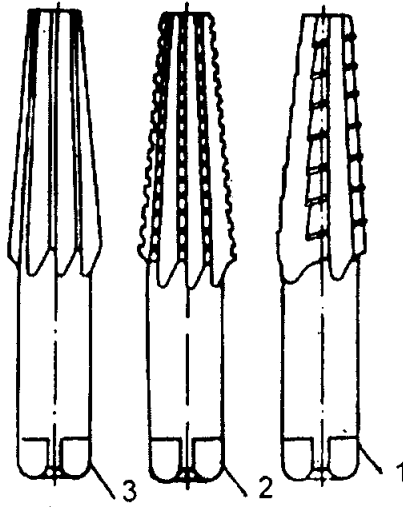


Hình 12.5. Hai loại dao doa hình trụ răng chấp lắp ghép.

Để thoát phoi tốt, đặc biệt là khi gia công các vật liệu dẻo, dao doa được chế tạo có răng nghiêng và răng xoắn. Khi gia công lỗ thông suốt chuyển động của phoi phải trùng với phương chạy dao. Điều này có thể đạt được nhờ các răng nghiêng trái của dao (hình 12.6).



Hình 12.6. Dao doa với rãnh xoắn thoát phoi.



Hình 12.7. Dao doa côn

Dao doa răng nghiêng cho phép nâng cao độ bóng bề mặt gia công. Góc nghiêng của răng ω dao động trong khoảng $10 \div 15^\circ$. Vật liệu gia công càng dẻo, góc ω càng phải lớn. Để khử hoặc giảm độ đa cạnh của lỗ gia công, bước vòng của răng dao được gia công không đều nhau, có nghĩa là $\omega_1 \neq \omega_2 \neq \omega_3$ v.v(xem hình 12.4c). Khi doa lỗ côn cần dùng dao doa côn (hình 12.7).

Thông thường phải dùng 3 dao doa. Dao doa 1 có răng bạc để cắt thô, dao doa 2 có các răng dứt quãng để cắt bán tinh và dao doa 3 để cắt tinh (đảm bảo độ bóng yêu cầu).

12.3. Độ mòn và tuổi bền của dao khoét và dao doa

Dao khoét chủ yếu bị mài mòn theo mặt sau. Độ mòn cho phép S của dao khoét từ thép dụng cụ khi gia công thép: $\delta = 0,5 \div 1,2$ mm, còn khi gia công gang: $\delta = 0,8 \div 1,5$ mm. Đối với dao khoét hợp kim cứng khi gia công thép chưa nhiệt luyện có dung dịch trơn nguội và khi gia công gang có và không có dung dịch trơn nguội: $\delta = 1 \div 1,6$ mm, còn khi gia công thép nhiệt luyện: $\delta = 0,7$ mm.

Tuổi bền của dao khoét nằm trong khoảng $15 \div 80$ phút. Giá trị cao của tuổi bền được chọn cho dao khoét có đường kính lớn, còn giá trị nhỏ được chọn cho dao khoét có đường kính nhỏ.

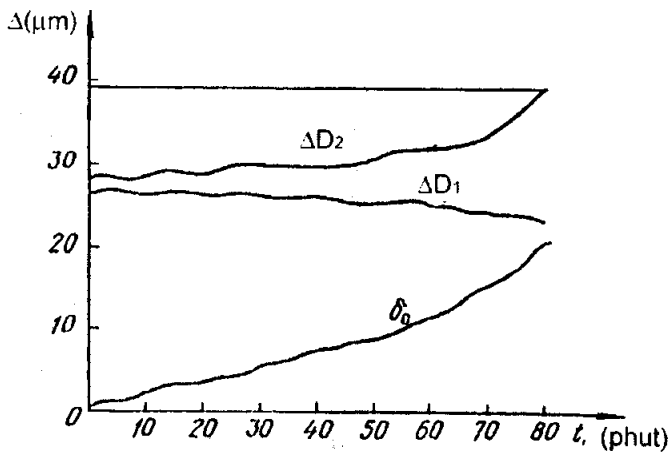
Tốc độ cắt khi khoét được tính theo công thức:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{Z_V}}{T^m \cdot f^{x_V} \cdot S^{y_V}} \quad (12.1)$$

Đối với dao khoét hợp kim cứng có đường kính $D = 20 \div 80$ mm, tốc độ cắt phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, chiều sâu cắt và lượng chạy dao.

Ví dụ, khi gia công thép chưa nhiệt luyện có dung dịch trơn nguội: $V = 40 \div 150$ m/phút, còn khi gia công gang không có dung dịch trơn nguội: $V = 50 \div 175$ m/phút.

Vấn đề tuổi bền của dao doa có liên quan đến độ chính xác gia công do dao bị mòn (làm giảm đường kính của dao) và do lỗ bị lay rộng. Độ lay rộng lỗ là hiệu giữa đường kính thực tế của dao doa và đường kính của lỗ gia công. Do dao bị mòn và do doa khô (không có dung dịch trơn nguội) giá trị lay rộng lỗ tăng lên. Hình 12.8 là quan hệ phụ thuộc giữa độ thay đổi đường kính dao doa ΔD_1 , đường kính lỗ gia công ΔD_2 , giá trị lay rộng lỗ δ_0 và thời gian gia công t .



Hình 12.8. Quan hệ phụ thuộc giữa độ thay đổi của đường kính dao doa ΔD_1 , đường kính lỗ gia công ΔD_2 , giá trị lay rộng lỗ δ_0 và thời gian gia công t .

Khi gia công, dao doa hút lớp kim loại có chiều dày nhỏ, do đó nó thường chỉ bị mài mòn theo mặt sau. Trong một số trường hợp đường kính của lỗ gia công nhỏ hơn đường kính thực tế của dao doa. Hiện tượng này được gọi là lay rộng lỗ âm và nó phụ thuộc vào tốc độ cắt và thông số hình học của dao doa. Nếu góc nghiêng chính $\varphi = 30 \div 45^\circ$ xuất hiện lay rộng lỗ dương, còn nếu góc nghiêng chính $\varphi = 5 \div 20^\circ$ sẽ xuất hiện lay rộng lỗ âm.

Tuổi bền trung bình của dao doa khi gia công thép nằm trong khoảng $18 \div 84$ phút, còn khi gia công gang tuổi bền của dao doa: $36 \div 150$ phút.

Tốc độ cắt khi doa được tính theo công thức:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{2v}}{T^m \cdot f^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad (12.2)$$

Hệ số C_v và các số mũ trong các công thức (12.1) và (12.2) được chọn trong các sổ tay (sổ tay công nghệ chế tạo máy, sổ tay gia công cơ).

Đối với dao doa hợp kim cứng có đường kính $D = 10 \div 80$ mm, tốc độ cắt phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, chiều sâu cắt và lượng chạy dao và dao động trong phạm vi $V = 10 \div 70$ m/phút (khi gia công thép chưa nhiệt luyện) và $V = 10 \div 18$ m/phút (khi gia công gang có dung dịch trơn nguội).

Bảng 12.1 là tuổi bền trung bình của dao khoét và dao doa khi gia công các vật liệu khác nhau.

Bảng 12.1. Tuổi bền trung bình của dao khoét và dao doa

Đối với dao khoét														
Loại dao khoét	Vật liệu gia công	Đường kính dao khoét D (mm)												
		15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-60				
		Tuổi bền T (phút)												
Dao khoét đuôi liền (dao khoét liền khối)	Thép	12	18	24	30	-	-	-	-	-				
	Gang	30	35	42	54	-	-	-	-	-				
Dao khoét răng chấp lắp ghép	Thép	-	-	36	42	50	55	60	70	90				
	Gang	-	-	60	70	85	130	150	170	180				
Đối với dao doa														
Loại dao doa	Vật liệu gia công	Đường kính dao doa D (mm)												
		5	6-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-49	50-54	55-80			
		Tuổi bền T (phút)												
Dao doa máy	Thép	12	18	24	30	42	48	60	72	72	84			
	Gang	20	36	48	54	72	84	84	120	150	150			
Loại dao doa	Vật liệu gia công	Đường kính dao doa D (mm)												
		10	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
		Tuổi bền T (phút)												
Dao doa máy hợp kim cứng	Gang	23	35	40	45	55	70	80	90	100	110	135	160	180
	Thép	-	45	54	60	75	90	105	120	130	150	180	200	240

12.4. Lực cắt, mômen xoắn và công suất cắt khi khoét và doa.

Lực cắt tác dụng lên lưỡi cắt chính của dao khoét có thể được phân ra ba thành phần như khi khoan: P_z , P_y , P_x . Lực tiếp tuyến P_z tạo ra mômen xoắn M_x , mômen xoắn này bị cơ cấu truyền động chính của máy vượt qua. Lực P_x tác

dụng dọc theo tâm của dao khoét được gọi là lực chạy dao. Lực hướng kính P_y bị triệt tiêu nhau khi dao khoét có số răng chẵn. Giá trị của mômen xoắn M_x , lực chạy dao P_x và công suất cắt N_c , được xác định theo các công thức:

$$M_x = C_M \cdot D^{x_M} \cdot t^{u_M} \cdot S^{y_M} \quad (12.3)$$

$$P_x = C_P \cdot D^{x_P} \cdot t^{u_P} \cdot S^{y_P} \quad (12.4)$$

$$N_c = \frac{1,05 \cdot M_x \cdot \eta}{10^4} \quad (12.5)$$

Lực cắt khi doa không lớn bởi vì tiết diện cắt nhỏ (do hút lượng dư nhỏ). Lực cắt gần đúng P'_z có thể tính cho một răng như dao tiện. Khi đó sử dụng công thức tính lực tổng cộng P_z :

$$P_z = P'_z \cdot z \quad (12.6)$$

Ở đây:

P'_z - lực tác dụng lên một răng của dao doa được tính theo công thức đối với dao tiện;

z - số răng của dao doa.

Mômen xoắn và công suất khi doa được tính theo công thức:

$$M_x = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \quad (12.7)$$

$$N_c = \frac{1,05 \cdot M_x \cdot \eta}{10^4} \quad (12.8)$$

Các hệ số và các số mũ trên đây được xác định trong các sổ tay chuyên ngành (sổ tay gia công cơ và sổ tay công nghệ chế tạo máy).

12.5 Xác định chế độ cắt hợp lý khi khoét và doa.

1. Khoét.

Chế độ cắt hợp lý khi khoét được xác định theo trình tự sau đây:

- Chọn thông số hình học của dao khoét và phần vật liệu cắt của nó.
- Xác định chiều sâu cắt t (thông thường t bằng lượng dư gia công một phía).
- Xác định lượng chạy dao S , lượng chạy dao khi khoét cần chọn lớn hơn khi khoan, bởi vì khoét làm việc trong điều kiện nhẹ hơn khi khoan (do dao khoét không có lưỡi cắt ngang, các lưỡi cắt tương đối đều nhau, chiều sâu cắt

nhỏ hơn và số răng của dao khoét lớn hơn). Bảng 12.2 cho biết lượng chạy dao phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, đường kính dao và vật liệu dao.

Bảng 12.2. Lượng chạy dao khi khoét

Đường kính dao khoét D (mm)	Dao khoét thép gió				Dao khoét hợp kim cứng			
	Thép	Gang	Thép	Gang	Thép	Gang	Thép	Gang
	$\sigma_B < 90$ (kG/mm ²)	$\sigma_B > 110$ (kG/mm ²)	HB < 170	HB > 170	Chưa nhiệt luyện	Nhiệt luyện	HB < 170	HB > 170
15	0,4-0,7	0,2-0,4	0,6-1,25	0,35-0,75	0,4-0,55	0,2-0,4	0,6-0,9	0,45-0,65
20	0,5-0,9	0,3-0,5	0,75-1,5	0,45-0,9	0,5-0,7	0,3-0,55	0,75-1,1	0,55-0,75
30	0,6-1,1	0,4-0,7	0,95-1,9	0,6-1,1	0,65-1,0	0,4-0,65	0,95-1,3	0,65-0,9
40	0,7-1,3	0,4-0,8	1,15-2,3	0,7-1,35	0,7-1,1	0,45-0,8	1,15-1,7	0,8-1,2
50	0,8-1,5	0,5-0,9	1,3-2,6	0,8-1,6	0,8-1,3	-	1,35-2,0	0,9-1,4
70	0,9-1,8	0,6-1,1	1,6-3,2	1,0-1,9	0,9-1,4	-	1,5-2,2	1,1-1,6
80 và lớn hơn	1,0-2,0	0,6-1,2	1,7-3,4	1,1-2,0	1,1-1,5	-	1,6-2,4	1,1-1,7

Lượng chạy dao trên đây được dùng trong trường hợp gia công lỗ thông suốt, còn trong trường hợp gia công lỗ không thông suốt, lượng chạy dao được lấy trong khoảng 0,2 ÷ 0,6 mm/vòng

- Theo t và s chọn tuổi bền của dao, sau đó xác định tốc độ cắt cho phép bởi tính chất cắt gọt của dao.

- Theo tốc độ cắt tính số vòng quay n của trục chính rồi chọn số vòng quay của máy (gần với số vòng quay tính toán). Sau đó, theo số vòng quay được chọn tính lại tốc độ cắt thực tế.

- Xác định mômen xoắn M_x và công suất cắt N_c rồi so sánh với các thông số tương ứng của máy. Nếu M_x và N_c tính toán lớn hơn M_x và công suất N_d của máy thì phải giảm chế độ cắt. Trong trường hợp này trước hết cần giảm tốc độ cắt và sau đó giảm lượng chạy dao. Độ bền của cơ cấu chạy dao thông thường không cần kiểm tra bởi vì khi khoét, lực chạy dao không đạt đến giá trị cực đại.

2. Doa.

Xác định chế độ cắt hợp lý khi doa cũng được tiến hành tương tự như khi khoét, cụ thể như sau:

- Chọn vật liệu phần cắt và thông số hình học của dao tùy thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và điều kiện cắt (doa lỗ thông suốt hay lỗ không thông suốt) và độ bóng bề mặt yêu cầu.

- Xác định chiều sâu cắt t.

Chiều sâu cắt bằng lượng dư một phía, khi doa tính lượng dư phải nhỏ nhất, nhưng không được nhỏ hơn bán kính cong của răng dao.

- Xác định lượng chạy dao S.

Lượng chạy dao S phụ thuộc vào đường kính và vật liệu phần cắt của dao, tính chất của vật liệu gia công, độ chính xác và độ bóng yêu cầu. Dao doa có số răng (lưỡi cắt) lớn hơn số răng của dao khoét, vì vậy lượng chạy dao trong một vòng quay của dao lớn hơn lượng chạy dao khi khoét. Bảng 12.3 cho biết lượng chạy dao khi doa phụ thuộc vào đường kính dao doa, vật liệu dao và tính chất của vật liệu gia công.

Bảng 12.3. Lượng chạy dao khi doa máy

Đường kính dao khoét, D (mm)	Dao khoét thép gió				Dao khoét hợp kim cứng			
	Thép	Gang	Thép	Gang	Thép	Gang	Thép	Gang
	$\sigma_B < 90$ (kG/mm ²)	$\sigma_B > 110$ (kG/mm ²)	HB < 170	HB > 170	Chưa nhiệt luyện	Nhiệt luyện	HB < 170	HB > 170
5	0,2-0,5	0,15-0,35	0,6-1,2	0,4-0,8	-	-	-	-
10	0,4-0,9	0,35-0,7	1,0-2,0	0,65-1,3	0,35-0,5	0,25-0,35	0,9-1,4	0,7-1,1
20	0,65-1,4	0,55-1,2	1,5-3,0	1,0-2,0	0,4-0,6	0,30-0,40	1,0-1,5	0,8-1,2
30	0,8-1,8	0,65-1,5	2,0-4,0	1,3-2,6	0,5-0,7	0,35-0,45	1,2-1,8	0,9-1,4
40	0,95-2,1	0,8-1,8	2,5-5,0	1,6-3,2	0,6-0,8	0,40-0,50	1,3-2,0	1,0-1,5
60	1,3-2,8	1,0-2,3	3,2-6,4	2,1-4,2	0,7-0,9	-	1,6-2,4	1,25-1,8
80	1,5-3,2	1,2-2,6	3,75-7,5	2,6-5,2	0,9-1,2	-	2,0-3,0	1,5-2,2

Lượng chạy dao trên đây được dùng khi doa lỗ thông suốt, còn trong trường hợp doa lỗ không thông suốt, lượng chạy dao nằm trong khoảng $0,2 \div 0,5$ mm/vòng

- Theo t và s chọn tuổi bền của dao rồi tính tốc độ cắt và số vòng quay của dao n (của trục chính máy). Lượng chạy dao s và số vòng quay n cần được hiệu chỉnh theo máy. Độ bền của cơ cấu chạy dao và công suất của máy thông thường không giới hạn chế độ cắt, bởi vì lực chạy dao và công suất cắt không đạt đến giá trị cực đại.

Thời gian máy khi khoét và khi doa được xác định theo công thức sau đây:

$$t_m = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} \quad (12.9)$$

Ở đây:

n – số vòng quay của dao (vòng/ phút);

s – lượng chạy dao (mm/vòng);

L – chiều dài cắt (mm);

l – chiều dài lỗ gia công;

$l_1 = \frac{D-d}{2} \cdot c \cdot \operatorname{tg} \varphi$ (xem hình 12.1);

l_2 – chiều dài thoát dao ($l_2 = 1 \div 3$ mm khi khoét và $l_2 = (0,2 \div 0,5) l_k$ khi doa);

l_k – chiều dài phần hiệu chỉnh của dao doa (xem hình 12.4).

Chương 13

CẮT REN

13.1. Phương pháp và dụng cụ cắt ren

Các mối lắp ren chiếm một tỷ lệ lớn trong các loại thiết bị khác nhau. Chúng yêu cầu độ chính xác cao. Tạo ren được thực hiện bằng các phương pháp sau đây:

- Cắt ren bằng các loại dụng cụ có lưỡi.
- Mài bằng đá mài chuyên dùng.
- Cán ren, có nghĩa là bằng phương pháp biến dạng dẻo.

Các dụng cụ chủ yếu để cắt ren bao gồm:

- Các loại dao cắt ren.
- Dao răng lược (dao lược ren).
- Tarô.
- Bàn ren.
- Dao phay ren.
- Đầu dao cắt ren.

Để tạo ren có đường kính nhỏ và độ chính xác cao cần dùng phương pháp mài bằng đá mài prôphin mà không cần phải cắt sơ bộ bằng dao có lưỡi. Đối với các ren bước lớn và đường kính lớn thì nguyên công mài được thực hiện sau khi cắt thô bằng dụng cụ có lưỡi.

Cán ren được thực hiện bằng dụng cụ cán ren chuyên dùng. Nhờ các dụng cụ này có thể cán được cả ren ngoài và ren trong.

13.2. Đặc điểm của quá trình cắt ren.

Quá trình cắt khi gia công ren có những đặc điểm sau đây:

- Lớp phoi cắt ren có chiều dày bé, trong nhiều trường hợp nó chỉ được đo bằng phần trăm milimet.

- Có hai lưỡi dao đồng thời tham gia vào quá trình cắt (khi cắt ren hình tam giác) hoặc ba lưỡi dao (khi cắt ren hình thang và hình vuông), do đó quá trình tạo phoi rất phức tạp.

Để đảm bảo chất lượng của ren cần phải:

a) Chế tạo dao chính xác, đồng thời phải gá dao chính xác theo đúng vị trí đối với chi tiết gia công.

b) Tính toán chính xác lượng chạy dao và chọn bánh răng thay thế, nếu cắt ren được thực hiện trên máy tiện ren vít.

c) Đảm bảo độ chính xác và độ bóng bề mặt trước khi cắt ren.

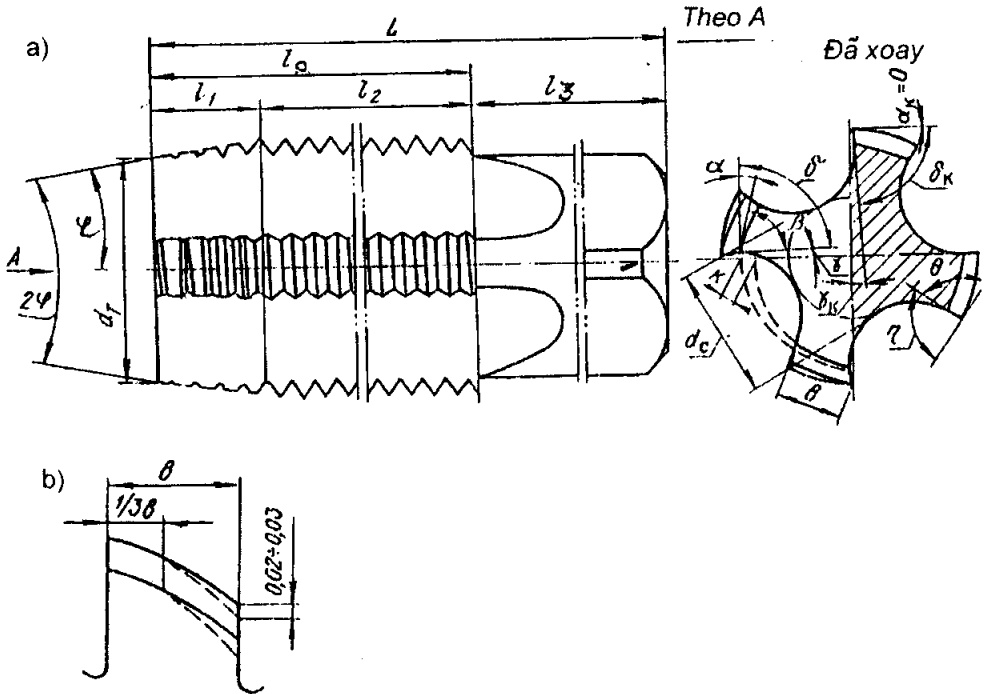
d) Kiểm tra cẩn thận các thông số của ren.

Khi mài sắc dụng cụ cắt ren cần phải đảm bảo độ chính xác cần thiết, bởi vì dao cắt ren có góc trước và góc sau rất nhỏ. Thực hiện được yêu cầu này cho phép tăng tuổi bền của dao.

Sử dụng dao cắt ren hợp kim cứng cho phép nâng cao năng suất gia công, đồng thời cải thiện độ bóng bề mặt. Vì vậy khi dao cắt ren có hình dạng đơn giản nên sử dụng hợp kim cứng.

13.3. Thông số hình học của dụng cụ cắt ren

Dụng cụ cắt ren các loại (tarô, bàn ren, dao lược ren,...) đều có quá trình cắt và thông số hình học giống nhau, cho nên ở đây ta chỉ nghiên cứu các thông số hình học của dao tarô (hình 13.1a).



Hình 13.1. Kết cấu và các thông số hình học của tarô

l_1 – chiều dài phần côn đầu; l_2 – chiều dài phần răng hiệu chỉnh; l_3 – chiều dài đuôi dao; l_4 – chiều dài phần làm việc; L – chiều dài dao.

Góc sau α là góc giữa tiếp tuyến với mặt hút lưng của răng dao và tiếp tuyến với đường tròn đi qua hai điểm quan sát của lưỡi cắt.

Góc trước γ là góc giữa tiếp tuyến với mặt trước và mặt phẳng tâm (mặt phẳng đường kính) đi qua điểm quan sát.

Góc sau được tạo ra bởi quá trình hút lưng. Giá trị trung bình của góc $\alpha = 6^\circ$. Khi góc sau α tăng, độ bền của răng giảm và tăng xác suất kẹt phoi vào răng dao khi rút dao ra khỏi lỗ gia công.

Góc trước được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và độ bóng bề mặt yêu cầu. Khi góc γ tăng, độ bóng bề mặt gia công giảm, đặc biệt

là khi gia công vật liệu dẻo. Dưới đây là một số giá trị của góc γ phụ thuộc vào vật liệu gia công và tính chất của nó:

- Thép dẻo có $\sigma_B < 60 \text{ kG/mm}^2$: $\gamma = 15^\circ$.
- Thép có độ cứng trung bình, gang dẻo và đồng thau: $\gamma = 10^\circ$.
- Thép có độ cứng cao với $\sigma_B > 120 \text{ kG/mm}^2$: $\gamma = 5^\circ$.
- Đồng đỏ và gang xám: $\gamma = 0 \div 5^\circ$
- Nhôm và hợp kim nhôm: $\gamma = 20 \div 30^\circ$

Cần nhớ rằng, tuổi bền của dao tarô phụ thuộc rất nhiều vào góc côn mặt đầu φ . Góc φ càng nhỏ thì tuổi bền của dao càng cao. Ví dụ, nếu khi góc $\varphi = 45^\circ$, tuổi bền $T = 1$ thì khi góc $\varphi = 30^\circ$, tuổi bền $T = 2,5$, còn khi góc $\varphi = 15^\circ$ thì $T = 4$. Tuy nhiên, góc φ bị giới hạn bởi kết cấu của chi tiết gia công. Ví dụ, khi cắt ren thông suốt dao doa có góc $\varphi = 12 \div 15^\circ$, cắt ren ở thép chịu lửa: $\varphi = 1 \div 30^\circ$, còn khi cắt ren trong lỗ không thông suốt: $\varphi = 30 \div 45^\circ$.

Ngoài ra, khi góc φ giảm, tiêu hao vật liệu dụng cụ và chiều dài phần côn đầu tăng, do đó tăng thời gian ăn dao vào chi tiết gia công, có nghĩa là giảm năng suất gia công. Chiều dài phần côn đầu hợp lý là $l_1 = 6S$ (ở đây S là bước ren được đo bằng mm).

Đối với phần răng hiệu chỉnh, để giảm lực ma sát và mômen xoắn, đường kính phần răng hiệu chỉnh giảm dần theo hướng đến đuôi dao. Phần này được chế tạo thành côn ngược trong phạm vi $0,05 \div 0,1 \text{ mm}$ trên 100 mm chiều dài dao. Nếu vật liệu gia công là hợp kim nhẹ (có độ cứng thấp) thì côn ngược của phần răng hiệu chỉnh là $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$ trên 100 mm chiều dài dao. Cũng với mục đích như côn ngược (giảm lực ma sát và mômen xoắn), prôphin của răng được mài hớt lưng (hình 13.1b), phần mài hớt lưng được bắt đầu sau $1/3$ bề rộng B của răng.

13.4. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt

Tốc độ cắt khi gia công ren và tarô là tốc độ của đỉnh răng trên phần răng hiệu chỉnh;

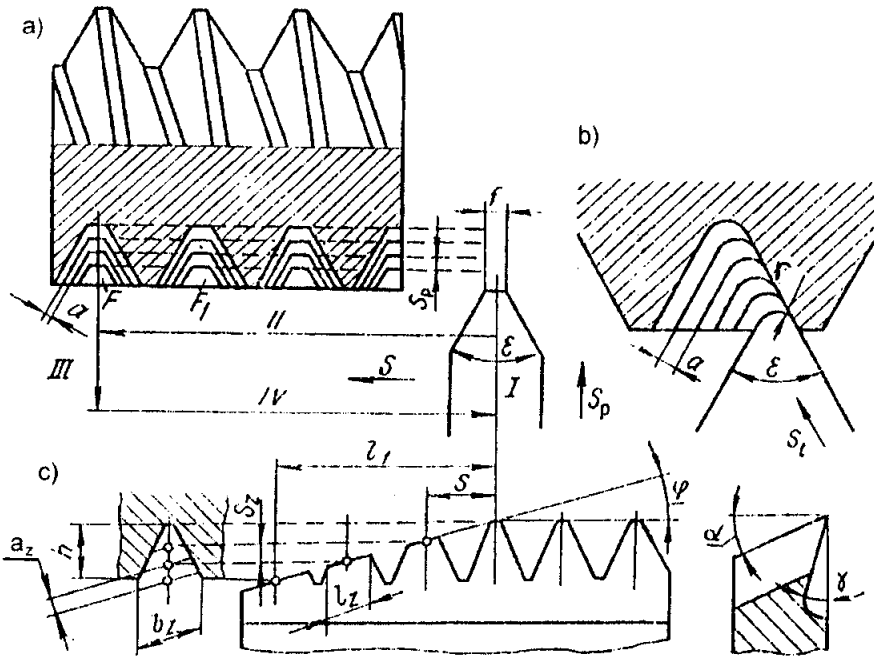
$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (13.1)$$

Ở đây:

d - đường kính ngoài của ren (mm);

n - số vòng quay của dao (hoặc chi tiết gia công) (vòng/phút);

Lượng chạy dao dọc hay chạy dao hướng trục trong một vòng quay S_0 bằng bước ren S , còn chiều sâu cắt khi gia công ren nên được biểu thị qua bề rộng cắt b_2 , nó bằng chiều dài thay đổi của lưỡi cắt, ví dụ b_2 ở hình 13.2c.



Hình 13.2 . Cắt ren

a, b) dao tương ứng với sơ đồ cắt hai phía và một phía; c) dao lược ren.

Chiều dày cắt a_z được xác định theo công thức:

$$a_z = S_z \cos \varphi \quad (13.2)$$

Ở đây:

$$S_z - \text{lượng chạy dao răng, } S_z = \frac{h}{Z_1 \cdot Z}$$

h – chiều sâu của prôphin răng;

Z_1 – số răng trên phần cắt.

Diện tích tiết diện ngang của lưỡi cắt $F = a_z \cdot b_z$ (mm²) là đại lượng biến đổi.

13.5. Cắt ren bằng các loại dao khác nhau.

Cắt ren bằng các loại dao được thực hiện qua một số bước.

Trong trường hợp thứ nhất dao thực hiện các chuyển động sau đây (hình 13.2 a):

I – chuyển động hướng kính để đạt chiều sâu cắt S_p ; II – chuyển động cắt dọc theo trục của chi tiết gia công; III – rút dao nhanh theo phương hướng kính; IV – hành trình chạy nhanh của dao về vị trí ban đầu.

Cần lưu ý rằng, với chu kỳ cắt ren như vậy, trong thời gian của hành trình cắt cả hai lưỡi cắt của dao đều đồng thời cắt các lượng dư đối xứng.

Trong trường hợp thứ hai (hình 13.2b) phần trên của đài gá dao được gá lệch 60° với tâm của chi tiết máy gia công. Sau mỗi bước cắt, đài gá dao được đẩy lên phía trước để cắt lớp phoi tiếp theo. Với cách cắt như vậy, khi gia công chỉ có một lưỡi cắt thực hiện quá trình hút phoi. Để cho lưỡi cắt phải của dao không cắt, góc đỉnh dao ε phải được mài nhỏ hơn 60° , còn lưỡi cắt trái được xoay đi một góc 30° . Trong trường hợp này lưỡi cắt phải sẽ tạo thành góc nhỏ với phía phải của ren vừa được cắt.

Cắt ren bằng dao lược ren (hình 13.2c) có năng suất cao hơn, bởi vì răng của dao là các lưỡi cắt được nối tiếp nhau và đồng thời tham gia vào quá trình cắt. Với cách cắt như vậy có thể gia công xong toàn bộ prôphin ren sau một – hai bước. Răng của dao được chia ra: phần cắt I_1 và phần hiệu chỉnh. Răng của phần cắt được mài dưới góc nghiêng φ và có tác dụng hút phần lượng dư chủ yếu. Phần răng hiệu chỉnh có prôphin như prôphin ren để thực hiện quá trình cắt tinh.

Nhược điểm của dao lược ren là độ chính xác và độ bóng mặt ren được gia công bằng loại dao này thấp hơn so với khi gia công bằng dao tiện ren thông thường.

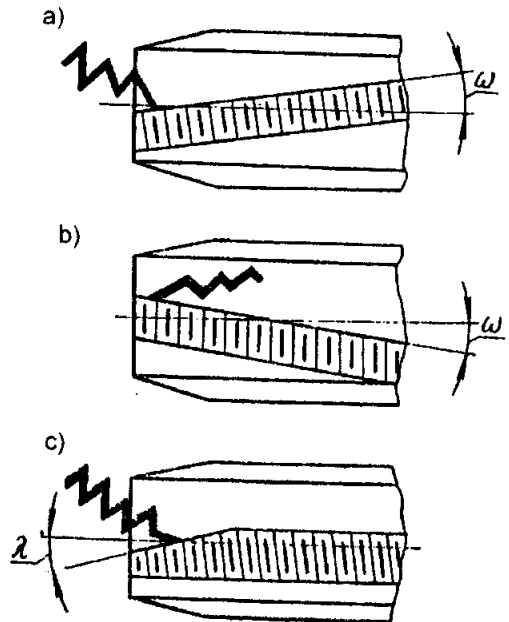
Cắt ren bằng dao tarô cho phép đạt độ chính xác cấp 1. Để tăng khả năng

thoát phoi, tarô được chế tạo với rãnh xoắn trái (để cắt ren thông suốt) và với rãnh xoắn phải (để cắt ren không thông suốt), hình 13.3 a,b.

Góc nghiêng của rãnh xoắn $\omega = 10 \div 16^\circ$.

Đối với tarô có rãnh xoắn thẳng, phần côn đầu được mài nghiêng một góc $\lambda = 7 \div 10^\circ$.

Tuổi bền của tarô máy thép gió để cắt ren lỗ bằng $40 \div 90$ phút, còn khi cắt ren êcu bằng $120 \div 150$ phút. Chỉ tiêu đánh giá mòn của tarô là lượng mòn mặt sau δ_s ở đỉnh răng trên phần cắt. Đối với tarô máy, khi gia công thép, lượng mòn giới hạn $\delta_s = 0,125d$ và khi gia công gang $\delta_s = 0,07d$ (d là đường kính danh nghĩa của ren).



Hình 13.3. Rãnh thoát phoi của tarô.

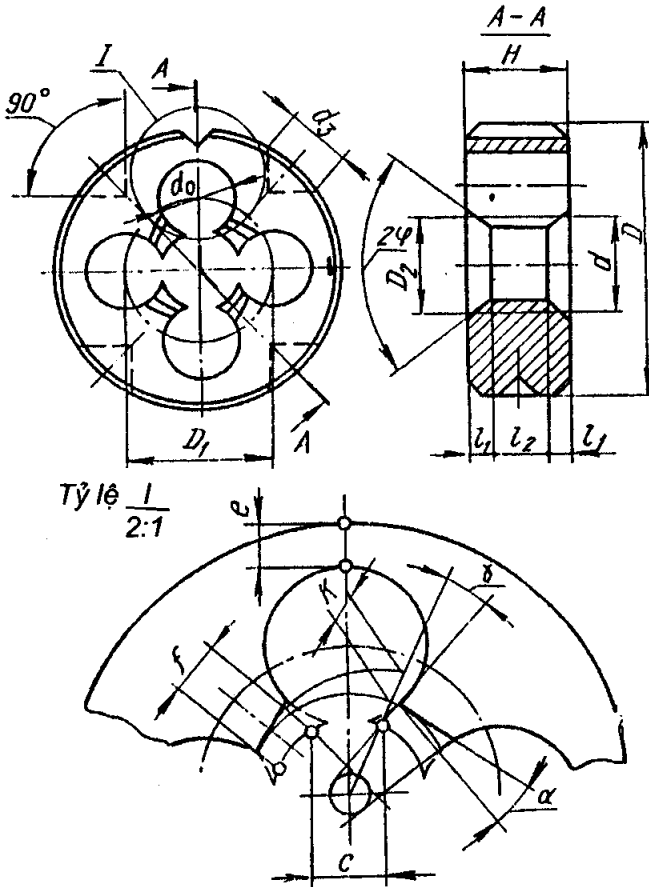
Cắt ren bằng bàn ren cũng như bằng tarô, có thể được thực hiện bằng tay hoặc bằng máy. Góc trước γ của răng bàn ren phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và bằng $10 \div 12^\circ$. Góc sau α được hình thành bằng cách mài hót lưng theo đường kính của phần côn đầu (hình 13.4).

Góc $\alpha = 6 \div 9^\circ$. Góc côn của phần côn đầu được chọn khoảng 50° .

Nhược điểm của phương pháp cắt ren bằng bàn ren là năng suất thấp và chất lượng ren không cao, ngoài ra chế tạo bàn ren rất phức tạp, đặc biệt là nguyên công mài sắc bàn ren.

Tốc độ cắt cho phép của bàn ren không cao, bởi vì quá trình toả nhiệt kém. Tuổi bền của bàn ren khoảng 90 phút. Lượng mòn mặt sau cho phép $\delta_s = 0,1d^{0,5}$ (ở đây, d là đường kính danh nghĩa của ren).

Ở đây cần lưu ý rằng, quá trình làm việc của tarô và bàn ren thường xảy ra nhờ chạy dao cưỡng bức khi ăn dao trong 1-2 bước, còn tiếp sau đó chuyển động dọc trục của dụng cụ được thực hiện bằng quá trình tự xiết chặt.

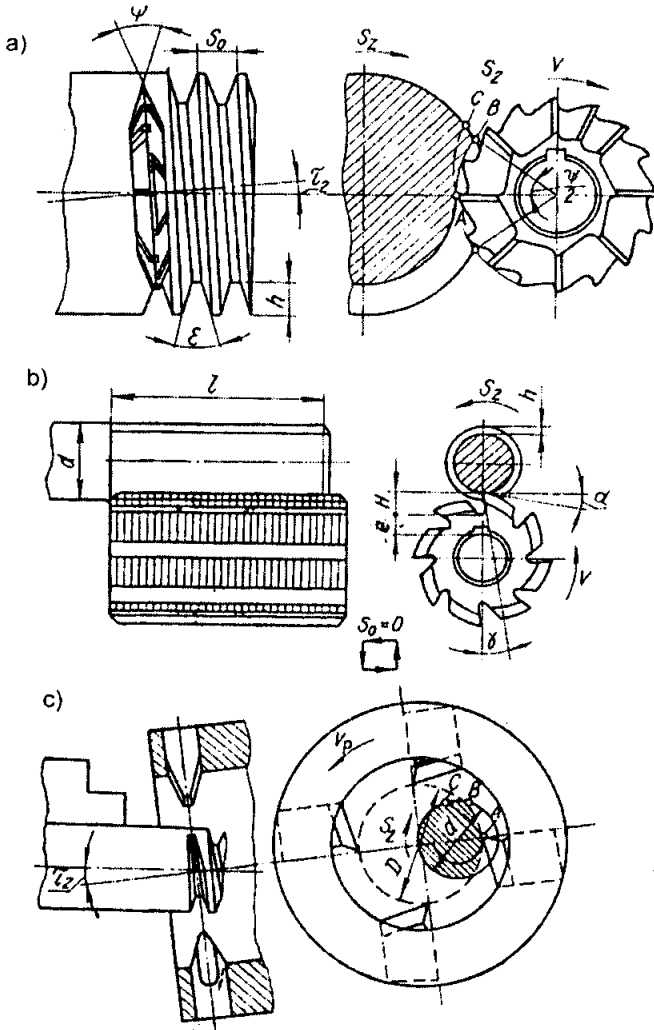


Hình 13.4. Bàn ren tròn

13.6. Phay ren

Phay ren được thực hiện bằng ba loại dao phay:

- Dao phay đĩa.
- Dao phay lược (dao phay nhóm).
- Đầu dao (cắt xoáy).



Hình 13.5. Các phương pháp dao phay ren:

a) bằng dao phay đĩa; b) bằng dao phay lược ren; c) bằng đầu dao.

Dao phay đĩa 3 mặt có pôphin giống pôphin của ren. Dao phay được gá nghiêng một góc τ_2 (hình 13.5 a) đúng bằng góc nâng của ren. Cắt ren bằng dao phay này được hoàn thành trong một bước. Sau khi gá dao đủ chiều sâu của pôphin ren h các chuyển động được thực hiện bao gồm: chuyển động

chính (quay nhanh của dao v), chuyển động phụ (quay chậm của phôi hay ăn dao vòng S_2) và dịch chuyển của dao hoặc của phôi theo bước ren S_0 . Mỗi một răng của dao phay cắt tiết diện phôi ABC, trong đó $BC = S_2$ (lượng ăn dao vòng của phôi đối với một răng dao phay).

Dao phay lược ren (hình 13.5b) là dao phay hút lưng với rãnh xoắn tương ứng với prôphin của ren. Rãnh thoát phoi có thể là rãnh xoắn hoặc rãnh thẳng. Chiều dài của dao phay phải lớn hơn chiều dài của phôi khoảng hai – ba bước ren. Dao có thể cắt được ren ngoài và ren trong bằng cách ăn dao hướng kính đủ chiều sâu ren h và dịch chuyển dọc trục của dao một lượng S_0 trong thời gian lớn hơn (chút ít) thời gian của một vòng quay của phôi. Sau khi cắt xong, dao dịch chuyển nhanh về vị trí ban đầu.

Đầu dao quay (thông thường có 4 dao, hình 13.5c) được gá đối xứng theo tâm của phôi. Tốc độ quay của đầu dao lớn hơn nhiều so với tốc độ quay của phôi và bằng khoảng $200 \div 300$ m/phút. Vì vậy, phương pháp cắt ren bằng đầu dao thuộc phương pháp gia công ren cao tốc. Khi chạm vào phôi, các lưỡi cắt của đầu dao hút phoi có dạng lưỡi liềm. Các dao của đầu dao thường là hợp kim cứng. Lượng chạy dao vòng của mỗi lưỡi cắt trên đầu dao nằm trong khoảng $0,4 \div 1,2$ mm tùy thuộc vào độ cứng của vật liệu gia công. Khi độ cứng của vật liệu gia công tăng, lượng chạy dao vòng giảm. trục của đầu dao cũng như trục của dao phay đĩa được gá nghiêng so với trục của chi tiết gia công (của phôi) một góc τ_2 bằng góc nâng của ren.

Độ chính xác gia công của các phương pháp cắt ren bằng dao phay lược ren và bằng đầu dao không cao (chỉ đạt cấp $2 \div 3$) mặc dù năng suất của các phương pháp này rất cao.

Tốc độ cắt của tất cả các phương pháp phay ren cũng được xác định tương tự như khi phay (xem chương 14). Chiều sâu cắt t bằng chiều cao của prôphin ren h . Lượng chạy dao trong một vòng quay của phôi S_0 bằng bước ren S còn lượng chạy dao răng của đầu dao S_2 bằng lượng chạy dao vòng của phôi. Lượng chạy răng S_2 bằng chiều dài của cung BC, hình 13.5c, theo đường kính ngoài của ren trong một mạch cắt.

13.7 Tốc độ cắt và công suất cắt khi gia công ren.

Khi cắt ren ngoài hệ mét bằng các loại dao thép gió P18 quan hệ phụ thuộc giữa V , T , S , S_1 được biểu thị bằng công thức:

$$V = \frac{C_V \cdot S^{y_V}}{T^m \cdot S_1^{y_{S_1}}} \cdot K_V \quad (13.3)$$

Ở đây:

C_V – hệ số cố định cho V ;

S – bước ren (mm);

T – tuổi bền (dao thép gió P 18 có T = 60 phút);

S_t – chạy dao dọc prôphin của ren trong một bước;

K_v – hệ số của tốc độ cắt phụ thuộc nhiều yếu tố.

Công suất cắt N_c được tính như sau:

$$N_c = C_N \cdot d^{X_N} S^{Y_N} \cdot V \cdot K_N \quad (13.4)$$

Ở đây:

C_N – hệ số cố định cho N_c;

d - đường kính ren (mm).

V – tốc độ cắt (m/phút);

K_N – hệ số của công suất cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố.

Thời gian cơ bản (phút) khi cắt ren được tính theo công thức:

$$t_0 = \left(\frac{l+l_1}{S \cdot n} + \frac{l+l_1}{S \cdot n_1} \right) \cdot i \quad (13.5)$$

Ở đây:

l – chiều dài của ren (mm);

l₁ – chiều dài ăn dao và thoát dao (mm), l₁ = (5 ÷ 8) S;

n – số vòng quay của chi tiết (vòng/ phút);

n₁ – số vòng quay của chi tiết trong một phút ở hành trình ngược.

i – số bước.

Khi phay ren bằng dao phay đĩa:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (13.6)$$

Ở đây:

d - đường kính ngoài của ren (mm);

n – số vòng quay của dao phay trong một phút.

Khi phay ren bằng dao phay lược ren thép gió:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{X_V} S^{Y_V}}{T^m \cdot S_z^{Y_z}} \quad (13.7)$$

Ở đây:

D - đường kính dao phay(mm);

S_z – lượng chạy dao vòng của một răng dao phay.

Thời gian cơ bản t_0 (phút) khi phay ren bằng dao phay lược ren:

$$t_0 = \frac{1,15\pi \cdot d}{S_p} \quad (13.8)$$

Ở đây:

d - đường kính danh nghĩa của ren (mm);

S_p - lượng chạy dao vòng trong một phút của dao;

Trong trường hợp cắt ren bằng đầu dao có 4 lưỡi dao:

$$t_0 = \frac{(l + l_1) \cdot \pi \cdot d}{S_z \cdot n_d \cdot Z \cdot S} \quad (13.9)$$

Ở đây:

D - đường kính danh nghĩa của ren (mm);

S_z - lượng chạy dao của một lưỡi cắt;

n_d - số vòng quay của đầu dao trong một phút;

S - bước ren (mm).

Khi cắt ren bằng tarô máy thép gió thì tốc độ cắt được tính theo công thức:

$$V = \frac{C_v \cdot d_0^{x_v}}{T^m \cdot S_z^{y_v}} \cdot K_v \quad (13.10)$$

Ở đây:

C_v - hệ số cố định cho tốc độ cắt;

d_0 - đường kính của tarô (mm);

T - tuổi bền của tarô (phụ thuộc vào d_0 ; khi cắt thép $T = 60 \div 90$ phút);

S - bước ren (mm);

K_v - hệ số của tốc độ cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố.

Thời gian cơ bản t_0 (phút) khi cắt ren bằng tarô máy cũng được tính tương tự như khi cắt ren bằng các loại dao cắt ren:

$$t_0 = \frac{l + l_c}{S \cdot n} \quad (13.11)$$

Ở đây:

l - chiều dài của ren (mm);

l_c - chiều dài phần cắt của tarô (mm);

S - bước ren (mm);

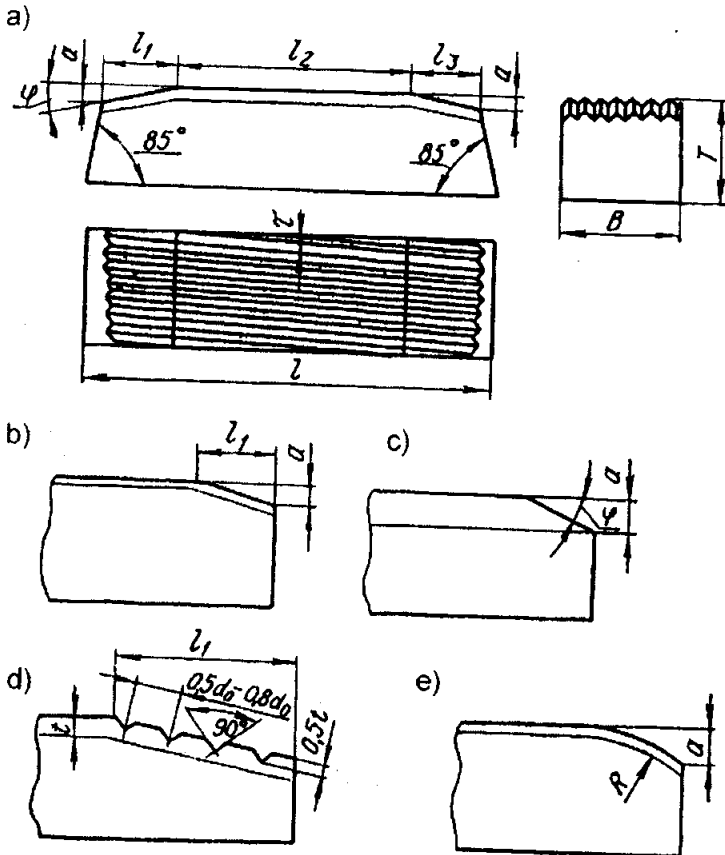
n - số vòng quay của tarô.

Tính tốc độ cắt khi gia công ren bằng bàn ren cũng theo công thức tương tự như khi tính tốc độ cắt đối với tarô, nhưng các hệ số và các số mũ sẽ có giá trị khác.

13.8. Dụng cụ cán ren

1. Bàn cán ren.

Bàn cán ren làm việc theo từng đôi, một được kẹp cố định trên máy, còn một được kẹp trên bàn dao, bàn dao này thực hiện chuyển động tịnh tiến đi lại. Giữa các bàn ren có độ lệch nhau theo phương hướng trục một nửa bước ren (do có cùng góc nâng τ nhưng theo phương khác nhau). Quá trình cán ren được thực hiện bằng cách nén dần phôi và là ren. Để đạt được mục đích này trên các bàn ren (hình 13.6) có phần côn đầu l_1 và phần hiệu chỉnh l_2 .



Hình 13.6. Bàn cán ren.

Ngoài ra, bàn cán ren còn có phần thoát dao l_3 , phần thoát dao l_3 có tác dụng làm cho phôi không bị kẹt với dụng cụ khi thực hiện hành trình ngược. Để đạt mục đích này thì bàn ren động phải có chiều dài lớn hơn bàn ren tĩnh khoảng $15 \div 25$ mm. Hình dạng và kích thước của phần côn đầu có ảnh hưởng đến cường độ hình thành ren. bàn ren có thể được chế tạo không hoặc có phần

côn đầu. Trong trường hợp thứ nhất bàn ren được gá nghiêng một góc φ , còn trong trường hợp thứ hai (bàn ren có phần côn đầu, hình 13.6 b) quá trình nén kim loại dần dần tăng lên.

Hình 13.6 c là bàn ren có phần côn đầu được tạo ra bởi quá trình mài phẳng các mối ren dưới một góc φ .

Khi cắt bằng bàn ren như vậy lực cán ở thời điểm kết thúc cán giảm đáng kể, do đó chất lượng mặt ren tốt hơn.

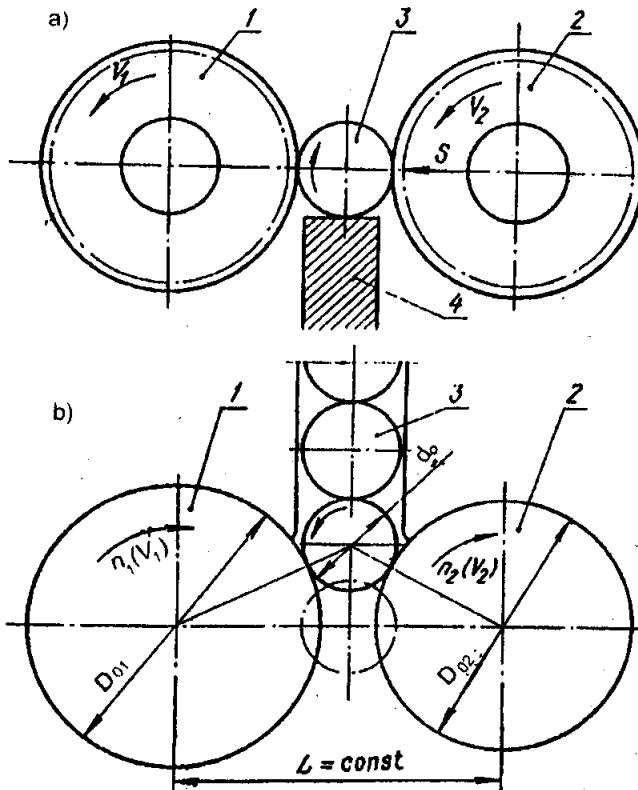
Để giữ cho chi tiết không bị xoay khi cán thì ở phần côn đầu người ta cắt các rãnh ngang (hình 13.6d). Trong thực tế, người ta còn sử dụng bàn cán ren có phần côn đầu với bán kính R như trên hình 13.6e.

2. Trục cán ren.

Cán ren bằng trục cán có thể được thực hiện bằng một, hai hoặc nhiều trục cán được gá trên đầu cán ren chuyên dùng.

Cán ren bằng hai trục cán có ren xoắn được thực hiện bằng hai sơ đồ sau:

- Chạy dao hướng kính của một trục cán (hình 13.7a).
- Chi tiết gia công dịch chuyển, hai trục cán có tốc độ quay khác nhau (hình 13.7b).



Hình 13.7 Các sơ đồ cán ren bằng hai trục cán.

Cán ren theo sơ đồ thứ nhất được thực hiện nhờ chuyển động quay của trục cán cố định 1 và trục cán di động 2 (dịch chuyển theo phương hướng kính). Phôi 3 được gá cao hơn tâm của hai trục cán một đoạn $0,1 \div 0,6$ mm và được tỳ trên chốt tỳ hoặc phiến tỳ 4. Khi quá trình cán ren kết thúc, chạy dao hướng kính dừng lại và bắt đầu quá trình sửa tinh (hiệu chỉnh) ren rồi sau đó đẩy phôi lên phía trên.

Cán ren theo sơ đồ thứ hai được thực hiện nhờ chuyển động quay khác nhau của hai trục cán. Điều này có thể đạt được nhờ thay đổi số vòng quay n (khi đường kính của các con lăn cố định) hoặc nhờ thay đổi đường kính của các con lăn (khi số vòng quay n cố định).

Trong cả hai trường hợp, phôi được cấp từ trên xuống trong không gian giữa hai trục cán, hai trục cán này được gá lệch nhau theo phương hướng trục một lượng bằng $0,5$ bước ren. Với cách gá như vậy, các trục cán kéo phôi vào vùng gia công để thực hiện quá trình tạo phoi.

Tốc độ dịch chuyển của phôi từ trên xuống được xác định bằng nửa hiệu của các tốc độ vòng của hai trục cán: $\frac{V_2 - V_1}{2}$.

Góc nâng τ của ren ở hai trục cán có giá trị bằng nhau.

Đường kính trung bình của trục cán D_0 được tính theo công thức:

$$D_0 = \frac{S_r}{S} \cdot d_0 = i \cdot d_0 \quad (13.12)$$

Ở đây:

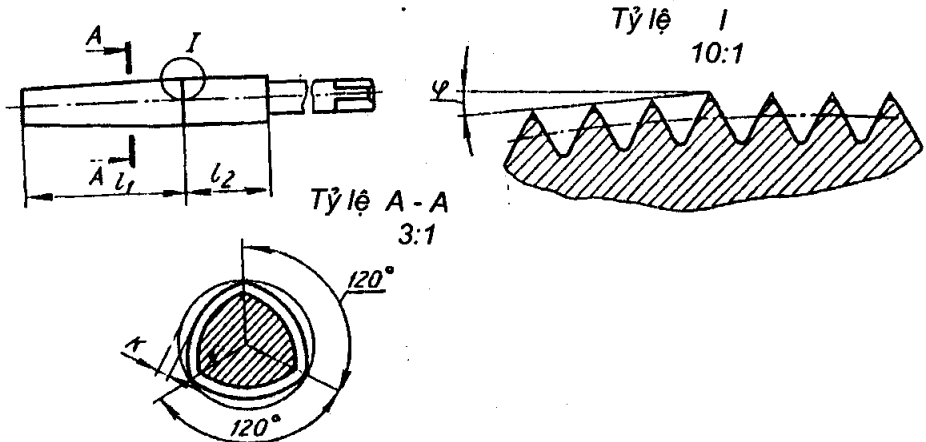
S_r – chiều dài của ren trục cán (mm);

S – bước ren của trục cán (mm);

i – số đầu mối của ren trục cán;

d_0 – đường kính trung bình của ren (mm).

Để cán ren trong có thể dùng chày cán (hình 13.8).



Hình 13.8. Chày cán ren.

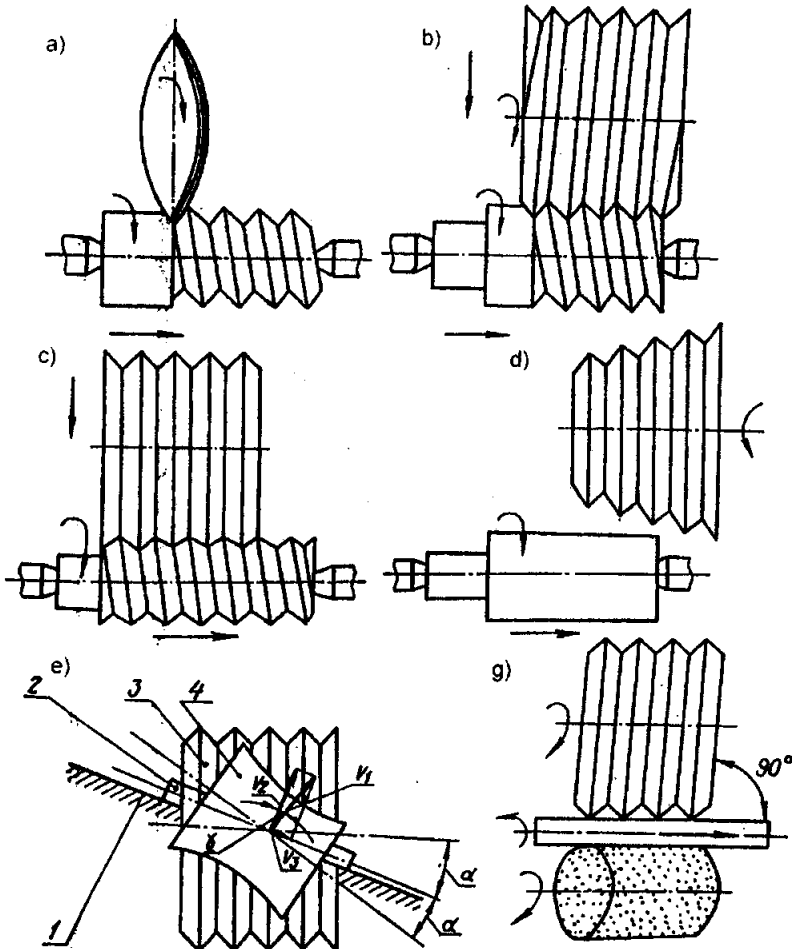
Chày cán ren có phần côn đầu với chiều dài $l = 3S$ khi cán ren không thông suốt và $l_1 = (10 \div 20)S$ khi cán ren thông suốt. Ở đây S là bước ren. Phần hiệu chỉnh là ren hình trụ có chiều dài $l_2 = (5 \div 8)S$. Trên toàn bộ phần làm việc của chày cán được tạo ra phần đa cạnh $K = 0,2 \div 0,6 \text{ mm}$ nhằm mục đích giảm lực ma sát. Đường kính lỗ gia công phải lớn hơn chút ít đường kính trung bình của ren d_0 .

13.9. Mài ren

Mài ren có thể được thực hiện trực tiếp không qua gia công ren bằng dụng cụ cắt có lưỡi hoặc để nâng cao độ chính xác của ren sau khi đã được cắt bằng dụng cụ cắt có lưỡi.

Dụng cụ mài ren là các loại đá mài, vì vậy ren cần mài nên là ren từ vật liệu khó gia công và ren sau khi đã nhiệt luyện.

Đá mài để mài ren cần có rôphin như rôphin của ren. Rôphin của đá mài ren có thể là rôphin đơn (hình 13.9 a) và rôphin kép (hình 13.9 b) hoặc rôphin xoắn (hình 13.9 c).



Hình 13.9. Các sơ đồ mài ren.

Đá mài có rôphin đơn được gá nghiêng theo góc nâng của ren và thực hiện chuyển động quay nhanh, còn chi tiết thực hiện chuyển động quay chậm và dịch chuyển dọc trục của nó theo đúng chuyển động ăn khớp.

Đá mài có rôphin kép có năng suất cao hơn so với đá mài có rôphin đơn nhưng độ chính xác gia công lại thấp hơn (không cao hơn cấp chính xác 2). Đá mài có rôphin kép hình côn (hình 13.9 d) có khả năng đạt độ chính xác gia công cao hơn ($\approx 20\%$) so với đá mài có rôphin kép hình trụ.

Độ chính xác mài ren có thể được nâng cao nhờ sử dụng đá mài có kết cấu gồm hai phần: phần mềm để hút lượng kim loại chủ yếu, còn phần cứng để hiệu chỉnh.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối người ta còn sử dụng phương pháp mài ren vô tâm. Về nguyên tắc, mài ren vô tâm cũng giống như mài vô tâm thông thường. Tuy nhiên, khi mài ren cần chú ý cách gá thanh đỡ và đá dẫn.

Hình 13.9 e là sơ đồ mài ren vô tâm. Chi tiết gia công 2 được gá trên thanh đỡ 1 nằm giữa đá cắt 3 và đá dẫn 4. Thanh đỡ 1 được xoay đi một góc bằng góc nâng của ren α , còn đá dẫn 4 được xoay đi một góc 2α . Khi đá dẫn 4 xoay, chi tiết gia công sẽ quay với tốc độ vòng V_2 và dịch chuyển với tốc độ v_3 . Để có tiếp xúc đường giữa chi tiết gia công và đá dẫn thì đá dẫn được chế tạo có hình dạng hypebol tròn xoay.

Hình 13.9 g cũng là một phương pháp mài ren vô tâm. Trong trường hợp này, tâm của chi tiết gia công và phương của ren tạo thành góc vuông 90° .

Trong những trường hợp mài ren không đảm bảo độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công thì nên dùng phương pháp mài nghiêng ren. Mài nghiêng ren được thực hiện bằng các dụng cụ nghiêng bằng gang. Mài nghiêng ren ngoài được thực hiện bằng các vòng ren ngang, còn mài nghiêng ren trong được thực hiện bằng các trục ren ngang. Mài nghiêng ren được thực hiện trực tiếp theo cặp: vít - đai ốc.

Chương 14

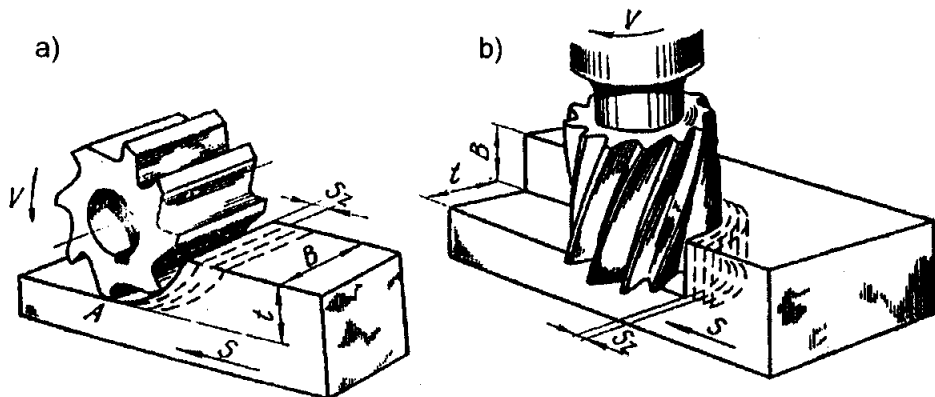
PHAY

14.1. Các loại dao phay

Phay được sử dụng để gia công các mặt phẳng, rãnh thẳng, rãnh xoắn, then hoa, vật tròn xoay, cắt phôi, gia công ren và gia công các mặt định hình.

Chuyển động chính khi phay do dao thực hiện, còn chuyển động chạy dao (chuyển động tịnh tiến hoặc chuyển động quay) do chi tiết thực hiện. Phay có thể đạt độ chính xác cấp $2 \div 4$ và độ bóng bề mặt cấp $4 \div 7$.

Dao phay các loại là dụng cụ cắt thông dụng. Chúng được chia ra: dao phay trụ, dao phay mặt đầu, dao phay ngón, dao phay đĩa, dao phay góc, dao phay rãnh, v.v. Mặc dù dao phay có rất nhiều loại nhưng sơ đồ cắt của chúng đều tương ứng với phay trụ (hình 14.1 a) hoặc phay mặt đầu (hình 14.1b).

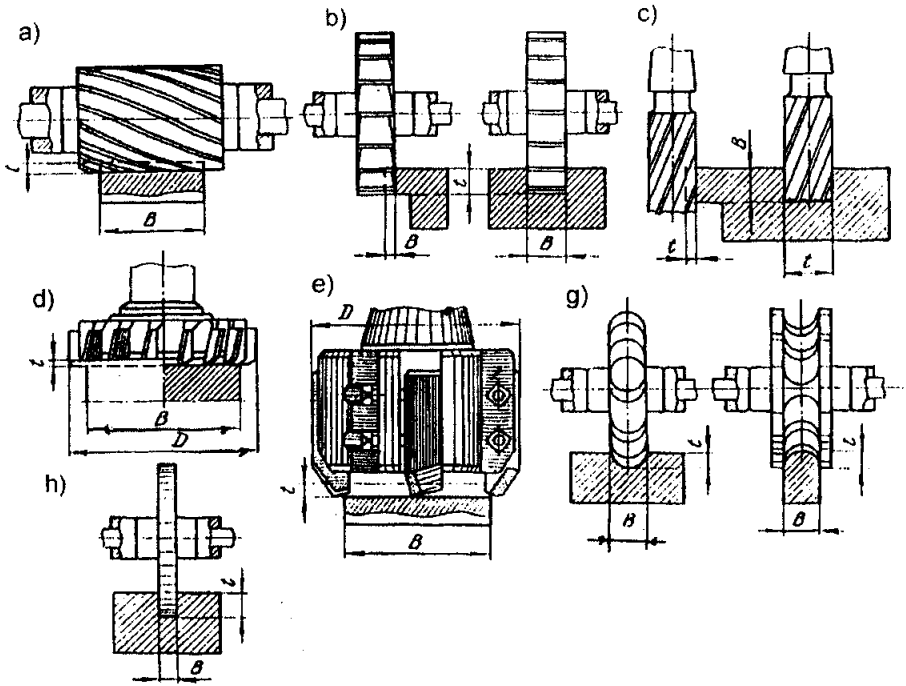


Hình 14.1. Các phương pháp phay.

Khi phay trụ, quá trình cắt được thực hiện bằng các răng nằm trên mặt trụ của dao phay có tâm song song với bề mặt gia công, còn khi phay mặt đầu quá trình cắt được thực hiện bằng các răng nằm ở mặt bên của dao phay có tâm quay vuông góc với bề mặt gia công.

Hình 14.2. là một số loại dao phay thông dụng thường gặp trong sản xuất.

Các loại dao phay trên hình 14.2 được sử dụng để gia công các mặt phẳng, rãnh, mặt bên, mặt định hình. Máy được sử dụng là các loại máy phay đứng (trục máy vuông góc với bàn máy) và máy phay ngang (trục máy song song với bàn máy).

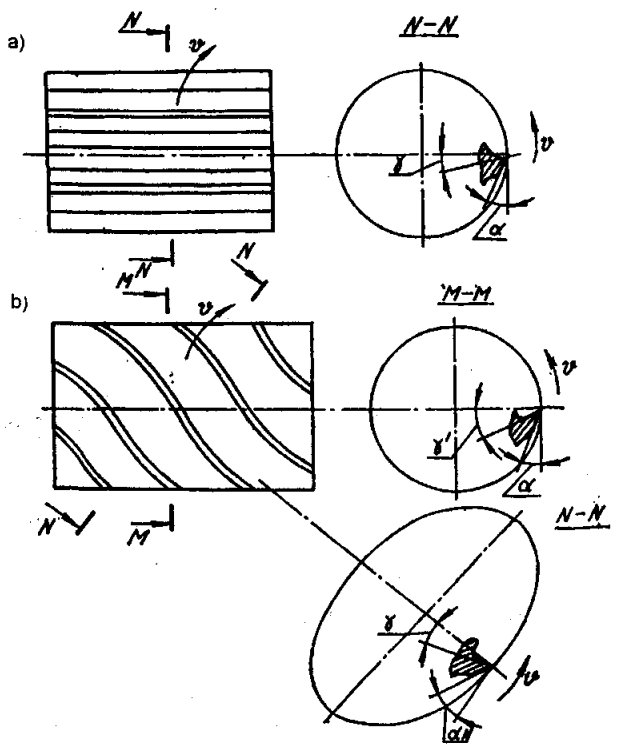


Hình 14.2. Các loại dao phay.

a) dao phay trụ; b) dao phay đĩa và dao phay rãnh; c) dao phay ngón; d, e) dao phay mặt đầu; g) dao phay định hình; h- dao phay cắt đứt.

14.2. Các thông số hình học của dao phay

Hình 14.3 là các thông số hình học của dao phay trụ rãnh thẳng và rãnh xoắn (rãnh nghiêng).



Hình 14.3. Các thông số hình học của phần cắt dao phay trụ.

a) dao phay trụ rãnh thẳng; b) dao phay trụ rãnh xoắn (rãnh nghiêng).

Đối với dao phay trụ răng thẳng(hình 14.3a) góc trước γ được tạo thành bởi tiếp tuyến với mặt trước và mặt phẳng tâm, có nghĩa là đường bán kính đi qua điểm quan sát trên lưỡi cắt trong mặt phẳng N – N.

Góc sau α có tác dụng giảm ma sát giữa mặt sau và mặt cắt. Góc α là góc giữa tiếp tuyến với hình chiếu của quỹ đạo chuyển động của điểm quan sát thuộc lưỡi cắt xung quanh trục của dao(dao được xem là vòng tròn) và mặt sau.

Đối với dao phay có rãnh xoắn (hình 14.3 b) góc sau α được đo trong mặt phẳng M – M vuông góc với trục của dao, còn góc trước γ được đo trong mặt phẳng N- N vuông góc với phương của răng dao.

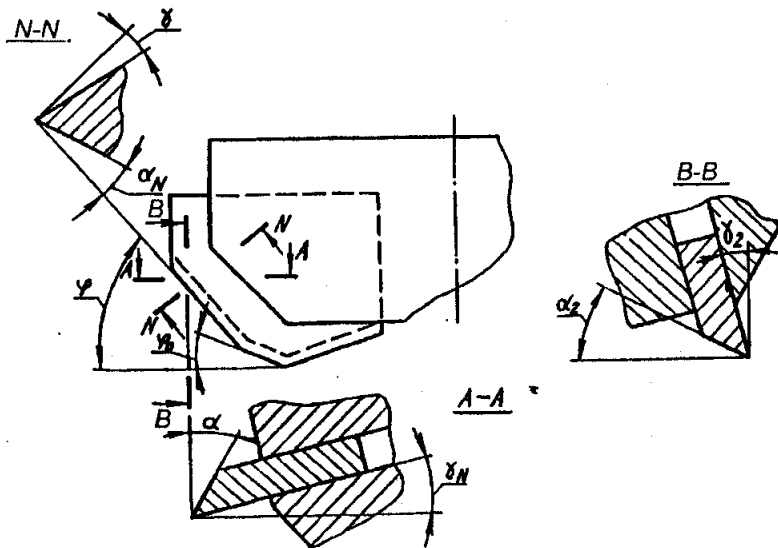
Quan hệ giữa góc α và γ trong mặt phẳng M- M và N- N có dạng:

$$tg\alpha_N = \frac{tg\alpha}{\cos\omega} \quad (14.1)$$

$$tg\gamma_N = tg\gamma \cdot \cos\omega \quad (14.2)$$

Cần lưu ý rằng, phay bằng dao phay trụ là quá trình cắt tự do, bởi vì răng của dao phay chỉ có một lưỡi cắt .

Ở dao phay mặt đầu (hình 14.4) các lưỡi cắt được chế tạo giống như các dao tiện có lưỡi cắt chuyển tiếp.



Hình 14.4. Các thông số hình học của phần cắt của dao phay mặt đầu.

Định nghĩa các góc của dao phay mặt đầu cũng tương tự như định nghĩa các góc của dao tiện thông dụng. Ví dụ, góc φ (góc nghiêng chính) là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt chính trên mặt phẳng đáy (mặt phẳng đi qua tâm dao) và phương chạy dao. Góc $\varphi_0 = \frac{\varphi}{2}$ là góc nghiêng của lưỡi cắt chuyển tiếp.

Đo góc γ được thực hiện trong mặt phẳng N-N vuông góc với lưỡi cắt chính, còn góc sau α được đo trong mặt phẳng của hình chiếu của quỹ đạo chuyển động của một điểm của lưỡi cắt, có nghĩa là trong mặt phẳng A – A vuông góc với trục của dao và trùng với phương chạy dao.

Giữa các góc sau α_N và α có quan hệ phụ thuộc sau:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi \quad (14.3)$$

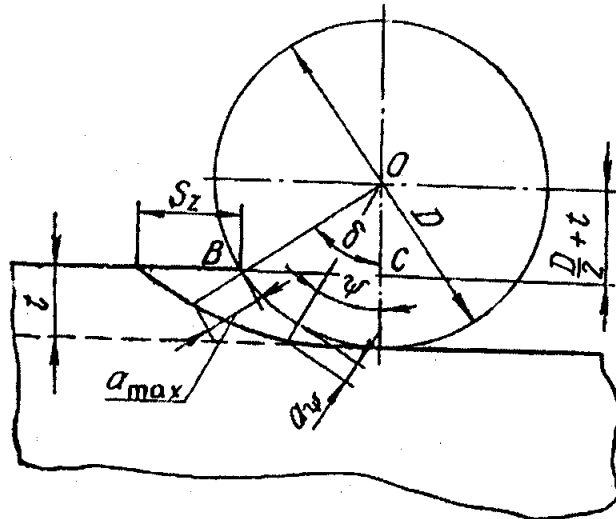
Ngoài các góc trên đây, đối với dao phay mặt đầu còn có thêm góc hướng kính (hay góc ngang) γ_N trong mặt cắt ngang A – A và góc trục (hay góc dọc) γ_2 trong mặt cắt dọc B – B.

Các góc của dao phay được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, điều kiện cắt và kết cấu của nó. Ví dụ, khi gia công thép bằng dao phay mặt đầu hợp kim cứng thì chọn góc $\gamma = -10 \div +10$, còn khi gia công gang: $\gamma = +5 \div 0$. Góc nghiêng chính φ của dao phay mặt đầu thường bằng $45^\circ \div 60^\circ$ và được chọn phụ thuộc vào độ cứng vững của hệ thống công nghệ (máy – dao – chi tiết – đồ gá). Khi độ cứng vững của hệ thống công nghệ đảm bảo, góc φ được chọn trong khoảng $20 \div 30^\circ$. Góc nghiêng phụ φ_1 được chọn phụ thuộc vào độ bóng bề mặt yêu cầu và thường bằng $5 \div 10^\circ$.

14.3. Các yếu tố của lớp cắt và chế độ cắt khi phay.

Quá trình phay có những đặc điểm sau đây:

a) Mỗi một răng của dao phay trong quá trình cắt sẽ hút ra phoi có dạng như một dấu phẩy (hình 14.5), còn chiều dày cắt thay đổi từ 0 đến a_{\max} .



Hình 14.5. Sơ đồ cắt phoi của răng dao phay.

b) Mỗi một răng của dao phay làm việc với chế độ gián đoạn theo chu kỳ. Chế độ làm việc như vậy có cả ưu điểm và cả nhược điểm. Ưu điểm là khi

răng của dao phay đi ra khỏi chi tiết, nó được "nghi", có nghĩa là được làm nguội, còn nhược điểm là khi răng dao ăn vào chi tiết gia công sẽ gây ra va đập.

c) Phoi cắt phải được nằm tự do trong rãnh giữa các răng của dao phay, vì vậy thể tích của rãnh thoát phoi giữa các răng phải lớn hơn thể tích của phoi cắt.

Tốc độ cắt V khi phay được tính theo công thức:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \quad (14.4)$$

Ở đây:

D - đường kính dao phay (mm);

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

Đối với các dao phay có các bề mặt nằm trên các đường kính khác nhau, ví dụ như dao phay định hình hay dao phay góc, đường kính D được chọn để tính tốc độ V theo công thức (14.4) là đường kính lớn nhất của dao phay.

Khi phay, ngoài chiều sâu cắt t cần xét đến bề rộng phay B (xem hình 14.2). Bề rộng phay B là kích thước của bề mặt gia công được đo theo phương song song với trục của dao phay. Ngoài ra, khi phay người ta còn phân biệt ba loại chạy dao: chạy dao răng S_z (mm/ răng) hay chạy dao khi dao quay đi một răng, chạy dao trong một vòng của dao S_0 (mm/vòng) và chạy dao trong một phút S_m (mm/phút). Giữa các chạy dao trên đây tồn tại quan hệ phụ thuộc:

$$S_0 = S_z \cdot Z \quad (14.5)$$

$$S_m = S_0 \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n \quad (14.6)$$

Ở đây:

Z - số răng của dao phay;

n - số vòng quay của dao phay trong một phút (vòng /phút).

Để phân tích chiều dày cắt và diện tích của lớp cắt cần xác định góc tiếp xúc δ , có nghĩa là góc tâm tương ứng với cung tiếp xúc của dao phay với phôi (xem hình 14.5). Từ tam giác vuông OBC ta có:

$$\cos \delta = \frac{OC}{OB} = \frac{\frac{D}{2} - t}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2t}{D} \quad (14.7)$$

Do đó:

$$\delta = \arccos\left(1 - \frac{2t}{D}\right) \quad (14.8)$$

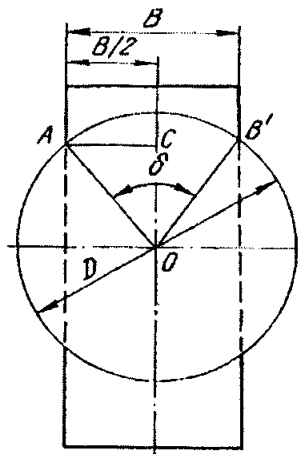
Công thức (14.8) chỉ đúng cho dao phay trụ, dao phay đĩa và dao phay định hình. Đối với dao phay mặt đầu (hình 14.6) góc tiếp xúc δ được xác định theo công thức:

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{\frac{B}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{B}{D} \quad (14.9)$$

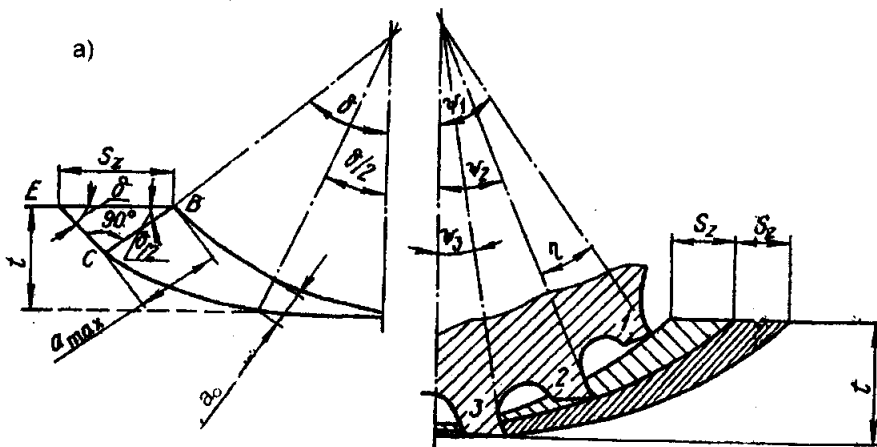
Chiều dày cắt a là khoảng cách giữa hai vị trí hình chiếu của hai răng kề nhau được đo theo phương hướng kính (xem hình 14.5).

Trên hình 14.7a điểm B tương ứng với thời điểm răng đầu tiên đi ra khỏi vùng tiếp xúc với phần phôi, còn điểm E cũng tương tự như vậy nhưng của răng thứ hai, góc δ là góc tiếp xúc. Ta giả sử rằng cung, EC bằng dây cung EC, khi đó từ tam giác vuông BCE ta có:

$$BC = a_{\max} = S_z \cdot \sin \delta \quad (14.10)$$



Hình 14.6. Sơ đồ tính góc tiếp xúc



Hình 14.7. Sơ đồ xác định chiều dày cắt và diện tích lớp cắt của các răng dao phay trụ khi chúng đồng thời tham gia vào quá trình cắt.

Công thức tổng quát của chiều dày cắt được tính như sau:

$$a_\psi = S_z \cdot \sin \psi \quad (14.11)$$

Ở đây:

ψ - góc tiếp xúc tức thời giữa đường vuông góc (với mặt gia công) và bán kính tại điểm tiếp xúc của đỉnh răng dao với chi tiết gia công.

Chiều dày cắt trung bình a_0 bằng :

$$a_0 = \frac{a_{max} + a_{min}}{2} = \frac{a_{max}}{2}$$

Vì chiều dày cắt trung bình a_0 tương ứng với góc $\delta/2$ cho nên có thể viết:

$$a_0 = S_z \cdot \sin \frac{\delta}{2} \quad (14.12)$$

Theo lý thuyết lượng giác ta có:

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{2}$$

Tương tự đối với góc δ :

$$\sin^2 \frac{\delta}{2} = \frac{1 - \cos \delta}{2} \quad (14.13)$$

Khi đó:

$$\begin{aligned} a_0 &= S_z \sqrt{\frac{1 - \cos \delta}{2}} = S_z \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos \delta)} = \\ &= S_z \sqrt{\frac{1}{2}\left(1 - 1 + \frac{2t}{D}\right)} = S_z \sqrt{\frac{t}{D}} \end{aligned} \quad (14.14)$$

Cần lưu ý rằng, chiều dày cắt trung bình a_0 được đo theo bán kính tương ứng với một nửa góc δ có nghĩa là với $\delta/2$.

Khi biết bề rộng cắt B và chiều dày cắt a_{max} có thể xác định được diện tích của tiết diện ngang của lớp cắt bằng dao phay:

$$f = B \cdot a \quad (14.15)$$

$$f_{max} = B \cdot a_{max} = B \cdot S_z \cdot \sin \delta \quad (14.16)$$

Vì:

$$\sin \delta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta} = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2t}{D}\right)^2} = 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}$$

$$\text{Cho nên: } f_{max} = 2BS_z \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad (14.17)$$

Khi phay có một số răng đồng thời tham gia vào quá trình cắt, do đó cần xác định diện tích cắt tổng cộng. Để xác định diện tích cắt tổng cộng cần biết có bao nhiêu răng dao tham gia vào quá trình cắt và giá trị của góc tiếp xúc tức thời của từng răng.

Số dao răng đồng thời tham gia vào quá trình cắt m bằng:

$$m = \frac{\delta}{\eta} \quad (14.18)$$

Ở đây:

η - góc tâm giữa hai răng kề nhau, $\eta = \frac{360}{z}$;

z - số răng của dao phay.

Góc m tính toán được làm tròn theo số răng lớn hơn (ví dụ, $m = 3,4$ cần làm tròn thành $m = 4$). Giá trị m càng lớn khi chiều sâu cắt t , số răng z càng lớn và đường kính dao phay càng nhỏ.

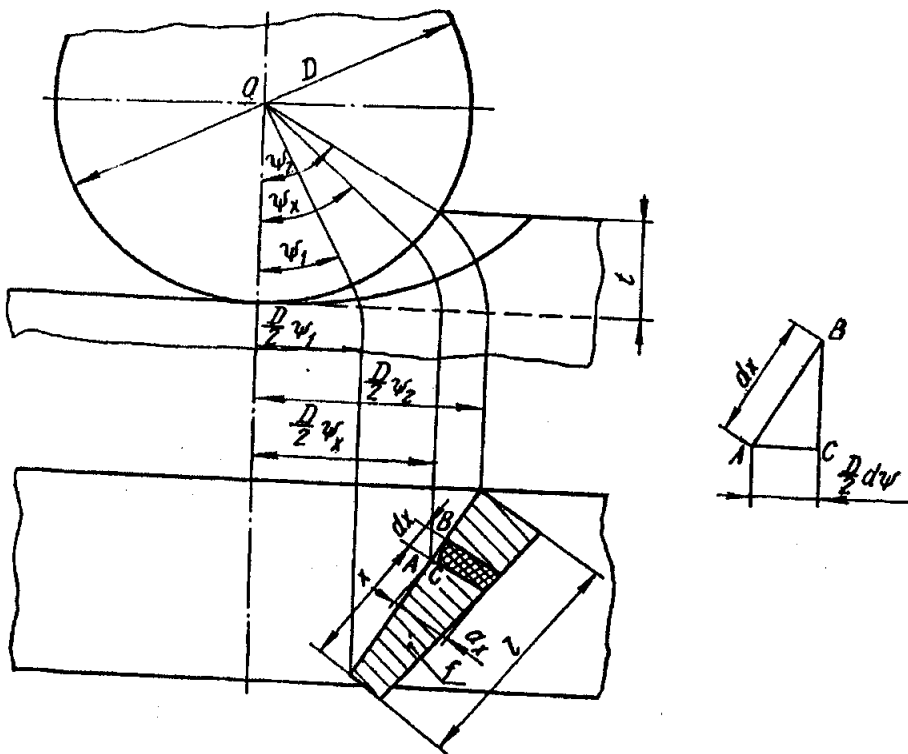
Các góc tiếp xúc tức thời của các răng 1,2,3 (hình 14.7b) có giá trị như sau: $\psi_1 = \delta$; $\psi_2 = \delta - \eta$; $\psi_3 = \delta - 2\eta$; v...v.

Bởi vì diện tích lớp răng thứ i là $f_i = B.S_z \sin \psi_i$, cho nên diện tích tổng cộng của lớp cắt F sẽ là:

$$F = \sum f_i = BS_z (\sin \psi_1 + \sin \psi_2 + \dots + \sin \psi_m) = BS_z \sum_1^m \sin \psi_i \quad (14.19)$$

Ở đây cần lưu ý rằng, chiều dày cắt của dao phay răng xoắn cũng được tính tương tự như dao phay răng thẳng, có nghĩa là $a_\psi = S_z \sin \psi_m$. Nhưng chiều dày cắt này sẽ thay đổi không chỉ dọc theo chiều dài của cung tiếp xúc, mà còn dọc theo chiều dài l của răng cắt, bởi vì do có răng xoắn được chế tạo dưới một góc ω cho nên các góc tiếp xúc tức thời sẽ có giá trị khác nhau, có nghĩa là $\psi_1 < \psi_2$, v.v.

Để khẳng định kết luận trên đây ta triển khai dao phay ra mặt phẳng (hình 14.8) và ký hiệu f là tiết diện cắt của một răng, còn l là chiều dài của răng.



Hình 14.8 Sơ đồ xác định diện tích lớp cắt của dao phay trụ răng xoắn

Trên lưỡi cắt của răng ta chọn một điểm cách mặt đầu của răng một đoạn bằng x , khi đó phần tử dx của lưỡi cắt của răng sẽ cắt lớp phoi có chiều dày a_x và tiết diện ngang df :

$$df = a_x dx \text{ và } dx = \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \omega}$$

Do đó:

$$df = a_x \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \omega} \quad (14.20)$$

Hoặc:

$$df = S_z \cdot \sin \psi_x \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \omega} \quad (14.21)$$

Như vậy diện tích lớp cắt của một răng xoắn sẽ là:

$$f = \int_{\psi_1}^{\psi_2} df = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_z}{\sin \omega} (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) \quad (14.22)$$

Khi đó diện tích lớp cắt F của m răng sẽ là:

$$F = \sum f = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_z}{\sin \omega} \sum_1^m (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) \quad (14.23)$$

14.4. Điều kiện cắt êm khi phay.

Để tăng khả năng cắt êm của dao phay trụ thì các lưỡi cắt phải được bố trí theo rãnh xoắn (xem hình 14.2 a). trong trường hợp này dao phay sẽ tạo ra điều kiện để tổng tiết diện lớp cắt của tất cả các răng cùng làm việc trong một thời điểm là cố định, có nghĩa là, đảm bảo được điều kiện cắt êm của nguyên công phay.

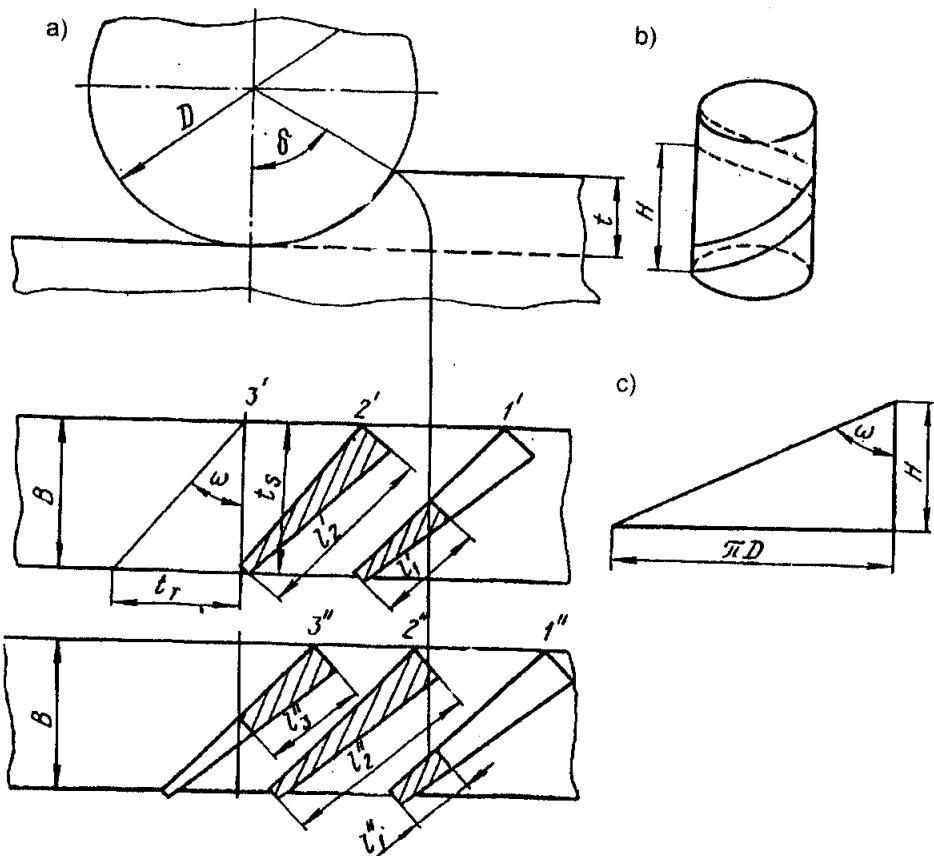
Đối với dao phay răng xoắn khi phay cần phân biệt: bước mặt đầu $t_T = \frac{\pi D}{z}$ và bước hướng trục t_s (bằng bước của đường xoắn triển khai chia cho số răng, hình 14.9).

Theo các sơ đồ trên hình 14.9 a,c ta có:

$$t_s = t_T \cdot \text{ctg} \omega = \frac{\pi D}{z} \text{ctg} \omega = \frac{H}{z} \quad (14.24)$$

Ở đây:

H – bước xoắn của dao phay (hình 14.9 b).



Hình 14.9. Sơ đồ xác định điều kiện cắt êm của dao phay trụ răng xoắn

Trên mặt cắt triển khai (hình 14.9 a) tổng chiều dài tức thời của phần cắt hữu ích của các răng được tính như sau:

$$l_1 + l_2 + l_3 = l_1'' + l_2'' + l_3'' = \dots = const \quad (14.25)$$

Ở đây:

$l_1, l_2, l_3 \dots$ – chiều dài phần cắt hữu ích của mỗi răng (mm).

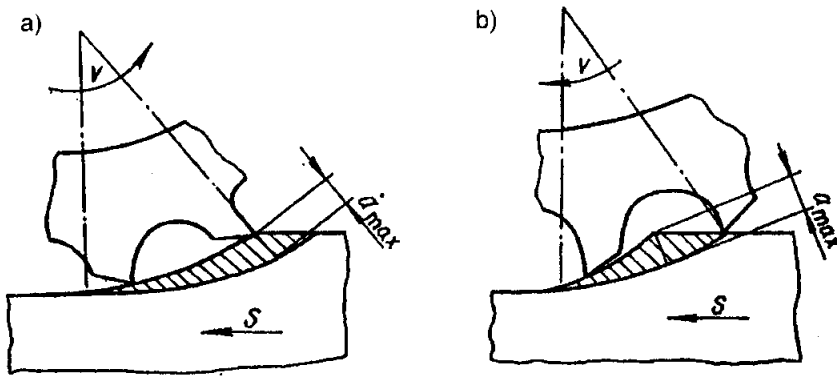
Điều kiện cắt êm của phay sẽ xảy ra khi $B = K \cdot t_s$ (ở đây: B là bề rộng phay; t_s là bước hướng trục của răng dao phay, còn K là một số nào đó). Nói cách khác, điều kiện cắt êm khi phay được đảm bảo nếu bề rộng phay B là bội số của bước hướng trục t_s :

$$B = K \frac{\pi D \operatorname{ctg} \omega}{z} = K \frac{H}{z} \quad (14.26)$$

Bởi vì phôi có bề rộng B khác nhau nên điều kiện này không phải lúc nào cũng được đảm bảo, do đó cần thiết kế dao phay có $K = 2 \div 3$. Trong trường hợp này dao động của lực cắt không vượt quá 20%. Giá trị này nằm trong phạm vi cho phép.

14.5. Phay nghịch và phay thuận

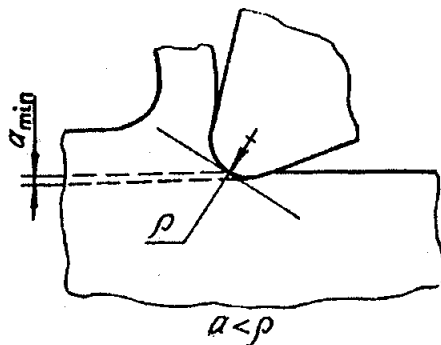
Khi phay bằng dao phay trụ người ta phân biệt: phay nghịch (ngược chiều chạy dao) và phay thuận (theo chiều chạy dao). Khi phay nghịch (hình 14.10 a) chiều quay của dao và hướng chạy dao ngược nhau. Trong trường hợp này chiều dày cắt a thay đổi từ 0 đến a_{max} .



Hình 14.10. Sơ đồ phay nghịch (a) và phay thuận (b)

Khi phay nghịch các răng phay có xu hướng nâng chi tiết gia công lên khỏi bàn máy và gây rung động cho hệ thống công nghệ, làm giảm độ bóng bề mặt gia công. Ngoài ra, mỗi răng đi sau phải cắt lớp bề mặt bị biến cứng do răng đi trước gây ra (do tồn tại hiện tượng trượt ban đầu khi $a = 0$).

Nói cách khác, sự trượt của răng dao phay trên bề mặt gia công sẽ xảy ra cho đến khi chiều dày cắt a_{min} (hình 14.11) còn nhỏ hơn bán kính đỉnh răng dao ρ ($\rho = 6 \div 30 \mu m$).



Hình 14.11. Tương quan giữa chiều dày lớp cắt a và bán kính đỉnh răng dao ρ

Trong trường hợp này nhiệt độ cắt tăng mạnh. Hiện tượng này là một trong những nguyên nhân chính gây ra mài mòn mặt sau của răng (của lưỡi cắt).

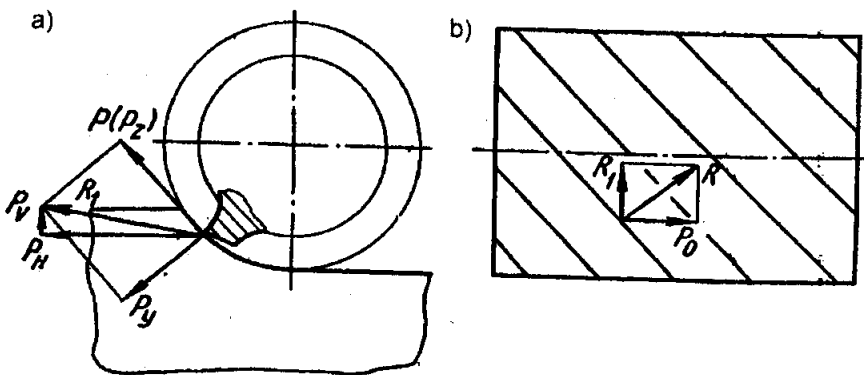
Phay thuận (hình 14.10b) không có nhược điểm như phay nghịch. Trong trường hợp này, lực cắt có xu hướng ẩn phôi(chi tiết gia công) xuống bàn máy. Răng của dao phay bắt đầu cắt với chiều dày cắt lớn nhất a_{max} và kết thúc với $a = 0$, vì vậy bán kính đỉnh răng không ảnh hưởng nhiều đến tuổi bền của dao như trong trường hợp phay nghịch. Phay thuận có những ưu điểm sau đây so với phay nghịch:

- Tuổi bền của dao cao hơn (khoảng 3 lần), đặc biệt khi lượng chạy dao răng S_z nhỏ.
- Độ bóng bề mặt gia công cao hơn 1 ÷ 2 cấp.
- Công suất cắt nhỏ hơn.

Mặc dù có những ưu điểm trên đây nhưng phay thuận rất ít được sử dụng trong thực tế so với phay nghịch. Điều này được giải thích như sau: khi phay nghịch, khe hở giữa trục vít me và đai ốc của bàn máy được chọn trước, còn khi phay thuận lực cắt có xu hướng làm tăng khe hở này (giữa trục vít me và đai ốc của bàn máy) vì vậy khi ăn dao và thoát dao các răng dao làm cho bàn máy dịch chuyển một khoảng bằng khe hở nói trên và khe hở lớn có thể làm cho lưỡi dao bị gãy. Ngoài ra, khi phay thuận còn sinh ra va đập, làm giảm tuổi bền của dao. Để phần nào khắc phục những nhược điểm này có thể dùng hai vít me và hai đai ốc hoặc chạy dao bằng cơ cấu thủy lực.

14.6. Lực cắt và công suất cắt khi phay

Tổng hợp lực R_1 có thể được phân ra hai thành phần: lực vòng P (lực P_z) tác dụng theo tiếp tuyến của quỹ đạo chuyển động của lưỡi cắt và lực hướng kính P_y (hình 14.12 a).



Hình 14.12. Sơ đồ lực cắt tác dụng lên răng của dao phay trụ
a) răng thẳng; b) răng xoắn (răng nghiêng).

Ngoài ra, tổng hợp lực R_1 có thể được phân ra: lực nằm ngang P_H và lực thẳng đứng P_V . Nếu dao có răng xoắn (răng nghiêng) ngoài lực R_1 tác dụng

lên rằng dao trong mặt phẳng vuông góc với trục của dao còn xuất hiện lực dọc trục P_0 , khi đó tổng hợp lực sẽ là R (hình 14. 12 b).

Lực P là lực cần quan tâm nhất, bởi vì nó thực hiện công việc chính để cắt phôi. Dựa theo lực này mà người ta tính công suất cắt và tính các chi tiết của cơ cấu chuyển động chính của máy. Lực hướng kính P_y gây ra áp lực lên ổ bi của trục chính máy và uốn võng trục dao. Dựa theo lực nằm ngang P_H (gọi là lực chạy dao) người ta tính toán cơ cấu chạy dao và đồ gá kẹp phôi. Lực này có thể gây ra rung động khi giữa cặp vít me - đai ốc có khe hở. Lực hướng kính P_y có xu hướng nâng phôi lên khỏi bàn máy và nâng bàn máy lên khỏi thân máy.

Dưới đây ta xây dựng công thức để tính lực vòng khi phay bằng dao phay trụ răng thẳng.

Giả sử mỗi răng của dao phay được tác dụng một lực P' :

$$P' = p \cdot f \quad (14.27)$$

Ở đây:

p – lực cắt đơn vị hay lực tác dụng lên một đơn vị diện tích kg/mm^2 ;

f – tiết diện cắt ngang do một răng dao thực hiện tại thời điểm tính toán (mm^2).

Lực cắt đơn vị phụ thuộc vào chiều dày cắt a : khi a càng lớn lực cắt p càng nhỏ, có nghĩa là:

$$p = \frac{A}{a_x^n} \quad (14.28)$$

Ở đây:

A – hệ số tính đến điều kiện cắt và phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, thông số hình học của răng dao phay;

n – số mũ đặc trưng cho ảnh hưởng của a đến lực p , $n < 1$;

a_x – chiều dày cắt tức thời (chiều dày của phần tử cắt) (mm).

Khi biết p và f , có thể xác định P' :

$$P' = p \cdot f = \frac{A}{a_x^n} \cdot a_x \cdot B = A \cdot a_x^{1-n} \cdot B \quad (14.29)$$

Chiều dày cắt a_x từ có thể lấy bằng chiều dày cắt trung bình a_0 (xem công thức (14.4)):

$$a_x = a_0 = S_z \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (14.30)$$

Thay giá trị của a_x (14.30) vào công thức (14.29) ta được:

$$P' = A.B.S_z^{1-n} \left(\frac{1}{D} \right)^{\frac{1-n}{2}} \quad (14.31)$$

Như vậy, đối với m răng ta có lực $P = P'.m$, nhưng $m = \frac{\delta}{\eta}$ và $\eta = \frac{360}{z} = \frac{2\pi}{z}$
 (ở đây: $\cos \delta = 1 - \frac{2t}{D}$ hay $\delta = \arccos(1 - \frac{2t}{D})$ là bước góc của các răng).

Khi phân $\cos \delta$ theo dãy số ta được:

$$\cos \delta = 1 - \frac{\delta^2}{2} \approx \frac{\delta^4}{1.2.3.4} + \dots \quad (14.32)$$

Nếu chỉ giới hạn hai chữ số thứ nhất, ta có:

$$1 - \frac{\delta^2}{2} = 1 - \frac{2t}{D} \quad (14.33)$$

Từ đó:

$$\frac{\delta^2}{2} = \frac{2t}{D} \quad (14.34)$$

Hay:

$$\delta = 2\sqrt{\frac{t}{D}} \quad (14.35)$$

Khi đó:

$$m = \frac{\delta}{\eta} = \frac{2\sqrt{\frac{t}{D}}}{\frac{2\pi}{z}} = \frac{z}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (14.36)$$

Như vậy:

$$P = P'.m = A.B.S_z^{1-n} \left(\frac{t}{D} \right)^{\frac{1-n}{2}} \cdot \frac{z}{\pi} \left(\frac{t}{D} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (14.37)$$

Hoặc:

$$P = \frac{A}{\pi} \cdot S_z^{1-n} \cdot B.z.t^{\frac{2-n}{2}} \cdot D^{\frac{n-2}{2}} \quad (14.38)$$

Ta đặt: $\frac{A}{\pi} = C_p; 1-n = y_p; \frac{2-n}{2} = x_p; \frac{n-2}{2} = q_p$

Khi đó:

$$P = C_p.t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B.z.D^{q_p} \quad (14.39)$$

Cần nhớ rằng công thức (14.39) được xây dựng bằng phương pháp lý thuyết, xuất phát từ tính tổng quát của quá trình phay và tiện. Cấu trúc và dạng công thức không chỉ dùng cho dao phay trụ mà còn có thể dùng cho các loại dao phay khác như dao phay mặt đầu, dao phay đĩa, v.v.

Khi biết P và $V = \frac{\pi D n}{1000}$ có thể tính công suất cắt khi phay theo công thức:

$$N_C = \frac{P.V}{60.102} = C_N . t^{x_p} . S_z^{y_p} . B.z.n.D^{q_N} \quad (14.40)$$

Ở đây:

$$q_N = q_p + 1$$

Công suất chạy dao chiếm khoảng 15 % công suất cắt, vì vậy tổng công suất tính toán (công suất động cơ) sẽ bằng:

$$N_d = \frac{1,15.N_C}{\eta.K_n} \quad (14.41)$$

Ở đây:

η - hiệu suất của máy;

K_n - hệ số quá tải tức thời cho phép, $K_n = 1,3 \div 1,5$.

Dưới đây ta xét một số ví dụ:

1. Đối với dao phay trụ, dao phay ngón, dao phay đĩa, dao phay rãnh bằng thép gió khi gia công thép có $HB = 215$ ($\sigma_B = 75 \text{ kG/mm}^2$);

$$P = 68,2.t^{0,86} . S_z^{0,72} . B.z.D^{-0,86} \quad (14.42)$$

$$N_C = 3,5.10^{-5} . t^{0,86} . S_z^{0,72} . B.z.n.D^{0,17} \quad (14.43)$$

2. Đối với dao phay mặt đầu hợp kim cứng khi gia công gang có $HB = 190$:

$$N_C = 2,8.10^{-5} . t^{0,9} . S_z^{0,72} . B.z.n.D^{0,17} \quad (14.44)$$

Khi phân tích các công thức lý thuyết và thực nghiệm đối với trường hợp gia công bằng dao phay trụ có thể rút ra các kết luận sau đây:

a) Lực cắt P tỷ lệ thuận với bề rộng phay B và số răng dao phay z .

b) Ảnh hưởng của lượng chạy dao đến lực cắt cũng giống như khi tiện và được đặc trưng bằng số mũ 0,75.

c) Số mũ của t nhỏ hơn 1, trong khi đó ở nguyên công tiện số mũ $x_p = 1$. Điều này được giải thích như sau: chiều sâu cắt khi phay và khi tiện về bản

chất là những thông số khác nhau. Nếu như khi tiện t đặc trưng cho bề rộng cắt thì khi phay nó xác định chiều dài cung cắt hay góc tiếp xúc δ và chiều dày trung bình của lớp cắt. Vì vậy, khi t tăng, lực cắt đơn vị giảm.

d) Khi đường kính dao phay D tăng, lực cắt giảm vì:

- Giảm số răng đồng thời tham gia quá trình cắt trong khi các thông số z, t và B cố định. Thật vậy, khi D tăng thì góc tiếp xúc δ giảm, còn góc giữa các răng $\eta = \frac{360}{z}$ cố định, có nghĩa là giảm số răng đồng thời tham gia vào quá trình cắt.

- Khi D tăng, giảm chiều dày cắt, do đó giảm diện tích lớp cắt và lực cắt. Cần nhớ rằng $a_{\max} = S_z \cdot \sin\delta$, nhưng khi D tăng, góc tiếp xúc δ sẽ giảm, có nghĩa là a_{\max} giảm.

Các thành phần lực cắt khác khi phay thông thường được xác định bằng tỷ lệ đối với lực cắt vòng P.

Đối với trường hợp phay nghịch bằng dao phay trụ, các tỷ lệ này như sau:

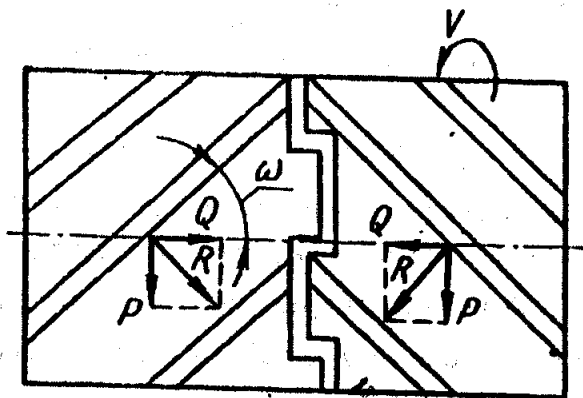
$$P_y = (0,6 \div 0,8)P; P_H = (1,1 \div 1,2)P; P_v = (0,2 \div 0,3)P.$$

Đối với trường hợp phay thuận:

$$P_y = (0,6 \div 0,8)P; P_H = (0,8 \div 0,9)P; P_v = (0,75 \div 0,8)P.$$

Đối với dao phay mặt đầu: $P_H = (0,6 \div 0,9)P$.

Đối với dao phay trụ răng xoắn cần phải tính thêm tác dụng của lực dọc trục Q, phụ thuộc vào góc ω và bằng khoảng $(0,85 \div 0,55)P$. Tác dụng của lực dọc trục là có hại, cho nên cần phải loại bỏ lực này. Để loại bỏ lực dọc trục có thể dùng hai dao ghép lại có chiều xoắn ngược nhau (hình 14.13).



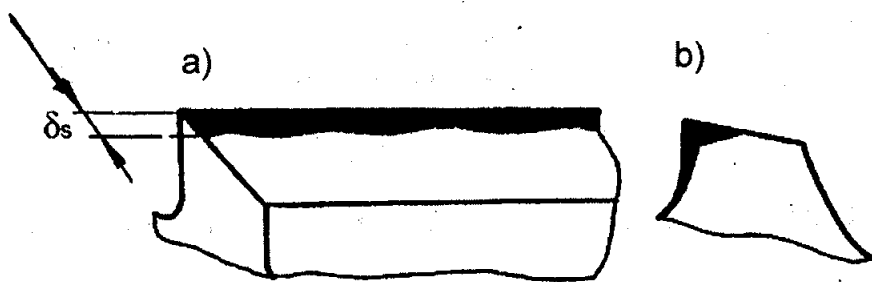
Hình 14.13. Dao phay trụ lắp ghép

Góc trước γ và góc nghiêng chính φ có ảnh hưởng rất lớn đến lực cắt. Góc γ càng lớn, lực cắt P càng nhỏ. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi góc γ tăng lên 1° thì lực cắt P giảm 1,5%. Nếu đối với dao phay trụ và dao phay mặt đầu ta lấy $P = 1$ khi $\gamma = 10^\circ$ thì sẽ có các giá trị tương ứng sau: $P = 1,26$ (khi $\gamma = -10^\circ$); $P = 1,12$ (khi $\gamma = 0^\circ$) và $P = 0,87$ (khi $\gamma = 20^\circ$).

Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến lực cắt P khi gia công bằng dao phay mặt đầu phức tạp hơn so với ảnh hưởng của góc γ . Lực P tăng cả khi góc φ nhỏ và lớn. Ví dụ, nếu góc $\varphi = 60^\circ$, $P = 1$ thì khi góc $\varphi = 45^\circ$, 90° , và 30° lực $P = 1,06$; $1,14$ và $1,15$. Điều này được giải thích như sau: khi góc φ có các giá trị khác nhau, chiều dày cắt và bề rộng cắt thay đổi, hướng thoát phoi và điều kiện cắt cũng thay đổi, do đó lực cắt thay đổi theo tỷ lệ ở trên.

14.7. Độ mòn và tuổi bền của dao phay

Tùy thuộc vào điều kiện cắt, răng dao phay có thể bị mài mòn tùy theo mặt trước (hình 14.14a) hoặc đồng thời bị mài mòn theo cả hai mặt trước và sau (hình 14.14b). Chiều dày cắt càng nhỏ, độ mòn của mặt sau càng lớn.



Hình 14.14. Các dạng mài mòn của răng dao phay

Dạng mài mòn như vậy đặc trưng cho các loại dao phay hình trụ, dao phay ngón, dao phay then hoa, dao phay rãnh và dao phay định hình. Các loại dao phay mặt đầu và dao phay đĩa khi gia công thép với chiều dày cắt $a_{max} > 0,08$ mm thông thường cả hai mặt sau và mặt trước đều bị mài mòn.

Khi gia công thô chỉ tiêu mòn tối ưu của dao phay là thời gian phục vụ tối đa (tuổi bền của dao). Khi gia công tinh và bán tinh cần đánh giá độ mòn theo chỉ tiêu công nghệ, có nghĩa là độ mòn giới hạn để đảm bảo chất lượng bề mặt gia công. Bảng 14.1 là các giá trị mòn trung bình cho phép theo mặt sau của một số loại dao phay thép gió.

Đối với dao phay mặt đầu hợp kim cứng khi gia công thô và tinh thép độ mòn mặt sau: $\delta_s = 1 \div 1,2$ mm còn khi gia công gang: $\delta_s = 1,5 \div 2,0$ mm.

Bảng 14.1.

Đặc tính của phương pháp gia công	Loại dao phay		
	Hình trụ	Mặt đầu	Dao phay định hình có răng hót lưng
	Độ mòn mặt sau cho phép δ_s (mm)		
Thờ	0,4 ÷ 0,8	1,5 ÷ 2	0,3 ÷ 0,4
Tinh	0,15 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,5	0,2

Cần lưu ý rằng, đối với dao phay hợp kim cứng, khi gia công với tốc độ cắt cao, răng dao không chỉ bị mài mòn mà còn có nguy cơ bị gãy. Nguyên nhân gãy của răng dao xuất phát từ vết nứt tế vi trong quá trình cắt hoặc khi mài sắc.

Khi gia công vật liệu titan và vật liệu chịu lửa, mài mòn của dao phay tạo ra vết lõm ở mặt trước của lưỡi cắt. Vết lõm cũng có thể xuất hiện ở cả mặt sau của lưỡi cắt, do đó lực cắt tăng, làm cho độ bóng bề mặt gia công giảm.

Đối với tuổi bền của dao phay, các nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng quan hệ giữa tốc độ cắt và tuổi bền T có dạng:

$$V = \frac{C}{T^m} \quad (14.45)$$

Giá trị $\frac{1}{m}$ khi gia công bằng dao phay trụ thép gió dao động trong phạm vi $\frac{1}{m} = 3 \div 5$ và dao phay mặt đầu thép gió: $\frac{1}{m} = 4 \div 7$. Để tính toán thực tế thường chọn giá trị trung bình $\frac{1}{m} = 4$ và $\frac{1}{m} = 5$.

Tuổi bền T của dao phay phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có đường kính D của dao. Ví dụ:

D (mm)	T (phút)
50	140
75	210
110	300

Ta thấy, đường kính D của dao phay càng lớn, tuổi bền của nó càng cao. Tuy nhiên, để tăng chế độ cắt nên giảm tuổi bền của dao xuống 3 giờ, thậm chí còn 90 ÷ 120 phút khi phay thép hợp kim và thép khó gia công.

14.8. Tốc độ cắt khi phay

Quan hệ giữa tốc độ cắt khi phay và các yếu tố ảnh hưởng được viết bằng công thức sau đây:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot a_0^y \cdot (B \cdot Z')^x} \quad (14.46)$$

Ở đây:

a_0 – chiều dày cắt trung bình (mm);

$Z' = \frac{\delta}{\eta} = \frac{z}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}}$ – số răng đồng thời tham gia vào quá trình cắt.

Thay Z' và a_0 theo công thức (14.30) vào công thức (14.46) ta được:

$$V = \frac{C_v \cdot K \cdot \pi^x}{T^m \cdot S_z^y \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^{\frac{y}{2}} \cdot B^x \cdot Z^x \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^{\frac{x}{2}}} = \frac{C_v \cdot D^{\frac{x+y}{2}} \cdot \pi^x \cdot K}{T^m \cdot S_z^y \cdot B^x \cdot Z^x \cdot t^{\frac{x+y}{2}}}$$

Đặt $\frac{x+y}{2} = q_v$; $C_v \cdot \pi^x = C_v'$; $\frac{x+y}{2} = x_v$ (ở mẫu số), số mũ của B là u_v ,

còn số mũ của z là P_v . Cuối cùng ta có công thức tính V:

$$V = \frac{C_v' \cdot D^{q_v} \cdot \pi^x \cdot K}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{P_v}} \quad (14.47)$$

Ở đây:

C_v – hệ số phụ thuộc vào nhóm vật liệu gia công;

$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$ – các hệ số tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công (K_1), trạng thái bề mặt (K_2), vật liệu dao (K_3), và thông số hình học của dao (K_4).

Bảng 14.2 là hệ số C_v và các số mũ trong công thức (14.47) còn bảng 14.3 là các hệ số K_1 , K_2 , K_3 và K_4 .

Mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố trong công thức (14.47) được giải thích như sau:

1. Khi đường kính của dao phay tăng còn các thông số khác cố định, tốc độ cắt tăng bởi vì chiều dày cắt giảm, bước răng tăng và điều kiện thoát nhiệt tốt.

2. Khi số răng z của dao phay giảm, bước răng tăng và khối lượng kim loại do một răng bóc tách cũng tăng, nghĩa là cải thiện được điều kiện làm nguội phôi, do đó tốc độ cắt tăng.

3. Khi t , S_z và B tăng, tiết diện cắt ngang tăng, lực cắt và nhiệt độ cắt tăng, làm cho tốc độ cắt giảm.

Ảnh hưởng của thông số hình học và độ mòn của dao, của dung dịch trơn nguội đến tốc độ cắt cũng tương tự như đối với dao tiện.

Bảng 14.2. Hệ số C_v và các số mũ trong công thức (14.47)

Vật liệu gia công	Dao phay		B (mm)	t (mm)	S_z (mm)	C_v	Các số mũ										
	Loại dao	Hợp kim cứng					q_v	x_v	y_v	u_v	p_v	m					
Thép kết cấu (thép cacbon và thép hợp kim có $\sigma_b=75$ kG/mm ²)	Dao phay mặt đầu		T15K6	-	-	-	356	0,02	0,1	0,4	0,2	0	0,20				
	Dao phay đĩa	Khi phay rãnh	T15K6	-	-	-	$<0,06$	1990	0,2	0,3	0,12	0,1	0	0,35			
							$\geq 0,06$	905			0,4						
	Dao phay đĩa	Khi phay mặt phẳng và phay bậc	T15K6	-	-	-	-	<12	1340	0,2	0,4	0,12	0	0	0,35		
								$\geq 0,12$	740			0,4					
	Dao phay trụ		T15K6	-	-	-	-	≤ 35	≤ 2	0,17	0,19	0,28	-0,05	0,1	0,33		
> 2								443	0,38								
< 2								616	0,19								
> 35								> 2	700							0,38	
Thép cacbon có $\sigma_b=75$ kG/mm ²)	Dao phay ngón	Dao liên khối	T15K6	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37				
		Dao hàn mảnh hợp kim cứng					234										
Thép hợp kim crôm có $\sigma_b=75$ kG/mm ²)	Dao phay ngón	Dao liên khối	T15K6	-	-	-	200	0,65	0,32	0,28	0,18	0,23	0,5				
		Dao hàn mảnh hợp kim cứng					313										
Gang xám có HB=190	Dao phay mặt đầu		BK6	-	-	-	528	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32				
	Dao phay trụ		BK6	-	-	-	-	$< 2,5$	$\leq 0,2$	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42		
								$> 0,2$	588							0,47	
								$\geq 2,5$	$\leq 0,2$							1180	0,40
$> 0,2$								750	0,47								
Gang dẻo có HB 150	Dao phay mặt đầu		BK8	-	-	-	-	$\leq 0,18$	825	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33		
								$> 0,18$	577			0,32					

Bảng 14.3. Hệ số K ($K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$) trong công thức (14.47)

Tên		Vật liệu gia công				
		Thép		Gang xám		Gang dẻo
Độ cứng của vật liệu gia công	Dao phay	Dao phay mặt đầu	$K_1 = \frac{75}{\sigma_B}$		$K_1 = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$	$K_1 = \left(\frac{150}{HB}\right)^{1,25}$
		Dao phay đĩa	$K_1 = \left(\frac{75}{\sigma_B}\right)^{0,65}$		-	-
		Dao phay trụ	$\sigma_B \leq 90$	$\sigma_B > 90$	$K_1 = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$	-
			$K_1 = \frac{75}{\sigma_B}$	$K_{Mv} = 1,1 \left(\frac{75}{\sigma_B}\right)^{1,15}$		
Dao phay ngón	K_1	Thép cacbon	Thép crôm - niken		-	
		$\left(\frac{75}{\sigma_B}\right)^{0,7}$	$\left(\frac{75}{\sigma_B}\right)^{1,4}$			
Trạng thái bề mặt phôi	Bề mặt	Phẳng	Gỗ gẻ			
			Rèn dập		Đúc	
	Hệ số K_2	1,0	0,9		0,8	
Hợp kim cứng	Dao phay mặt đầu, dao phay đĩa, dao phay trụ	Hệ số K_3	Thép		Gang xám	
			T15K6	T5K10	BK6	BK8
	Dao phay ngón	1,0	0,65	1,0	0,77	
			1,0	0,75	-	-
Góc nghiêng chính φ	Dao phay mặt đầu	15	30	45	60	90
	Hệ số K_4	1,6	1,28	1,1	1,0	0,86

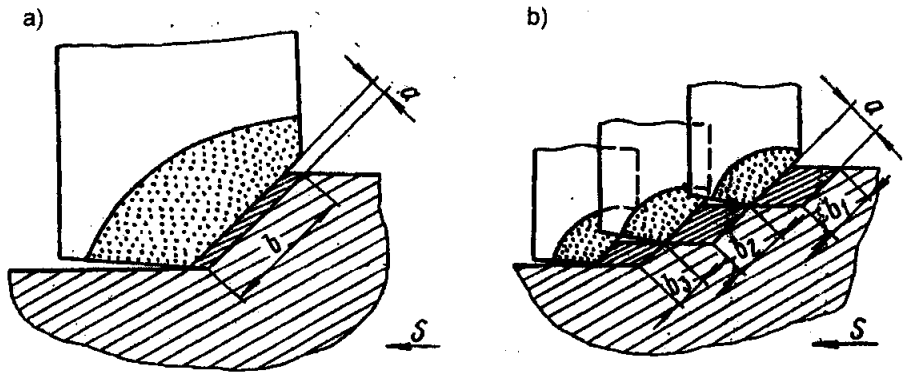
14.9. Chọn chế độ cắt hợp lý khi phay.

Chọn chế độ cắt hợp lý khi phay được tiến hành theo các bước sau đây:

1. Chọn đặc tính của dao phay.
2. Chọn chiều sâu cắt.

Khi phay thô nên chọn chiều sâu cắt bằng lượng dư gia công và thực hiện một lần cắt. Khi phay bán tinh bằng dao phay thép gió nếu lượng dư nhỏ hơn 5 mm nên cắt một lần. Nếu lượng dư lớn hơn 5 mm thì cắt làm hai bước,

bước thứ nhất hút phần lượng dư chủ yếu và để lại $1 \div 2$ mm cho bước cắt thứ hai. Trong trường hợp phay cao tốc bằng dao phay mặt đầu, toàn bộ lượng dư nên được hút trong một bước. Nếu lượng dư quá lớn có thể dùng dao phay bậc (hình 14.15).



Hình 14.15. Sơ đồ cắt bằng các dao phay mặt đầu

a) dao phay thông thường; b) dao phay bậc.

3. Xác định lượng chạy dao.

Các yếu tố giới hạn lượng chạy dao bao gồm:

- Khi phay thô: độ bền của (lưỡi cắt) răng dao phay và độ cứng vững của hệ thống công nghệ.

- Khi phay tinh: độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công. Xuất phát từ độ bền của lưỡi cắt có thể chọn chiều dày cắt giới hạn khi gia công thép bằng dao phay thép gió: $a_{max} = 0,35$ mm, bằng dao hợp kim cứng: $a_{max} = 0,25$ mm.

Khi gia công trên các máy phay có công suất trung bình ($5 \div 10$ kW) và độ cứng vững trung bình có thể chọn a_{max} như sau:

- Phay thô thép bằng dao phay trụ răng lớn: $a_{max} = 0,12 \div 0,13$ mm, còn phay thô gang: $a_{max} = 0,2 \div 0,3$ mm.

- Phay thô thép bằng dao phay trụ răng nhỏ: $a_{max} = 0,06 \div 0,08$ mm, còn phay thô gang: $a_{max} = 0,10 \div 0,15$ mm.

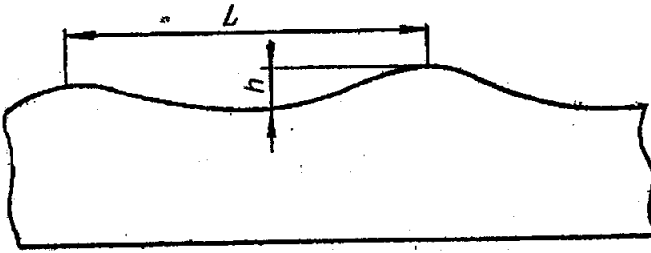
- Phay thô mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu răng lớn: $a_{max} = 0,10 \div 0,15$ mm, bằng dao phay mặt đầu răng nhỏ: $a_{max} = 0,06 \div 0,10$ mm.

- Phay rãnh thép bằng dao phay ngón: $a_{max} = 0,02 \div 0,05$ mm, còn phay rãnh gang: $a_{max} = 0,05 \div 0,07$ mm.

- Phay cắt đứt hoặc phay then hoa thép: $a_{max} = 0,01$ mm, còn phay cắt đứt hoặc phay then hoa gang: $a_{max} = 0,015$ mm.

- Phay thép bằng dao phay mặt đầu hợp kim cứng: $a_{max} = 0,015$ mm, còn khi phay gang: $a_{max} = 0,2 \div 0,25$ mm.

Khi phay tinh cần chú ý đến độ bóng bề mặt, vì vậy không tính lượng chạy dao răng S_z mà tính lượng chạy dao vòng S_0 . Lượng chạy dao vòng S_0 có ảnh hưởng đến chiều cao nhấp nhỏ hình thành trong quá trình phay (hình 14.16).



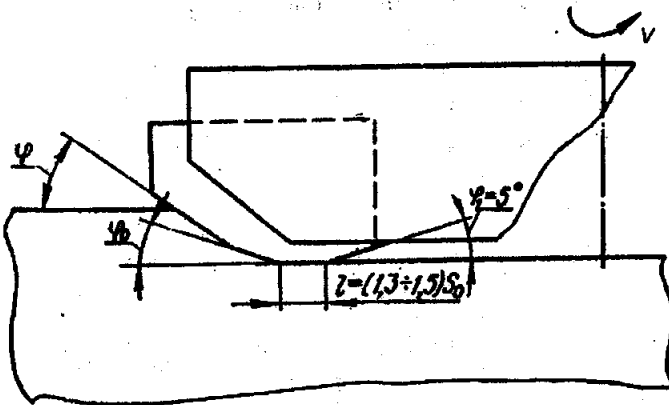
Hình 14.16. Độ nhám bề mặt khi phay

Lượng chạy dao vòng S_0 được chọn tùy thuộc vào cấp độ bóng bề mặt gia công và đường kính dao phay.

Khi gia công thép bằng dao phay mặt đầu hợp kim cứng có góc nghiêng phụ $\varphi_1 = 5^\circ$ để đạt độ bóng cấp 5 ($R_z = 20\mu\text{m}$) có thể chọn $S_0 = 0,5 \div 0,8$ mm/vòng, còn để đạt độ bóng cấp 7 thì $S_0 = 0,2 \div 0,3$ mm/vòng.

Khi gia công bằng dao phay trụ thép gió với $S_0 = 0,15 \div 2$ mm/vòng có thể đạt độ bóng cấp 5, còn với $S_0 = 1 \div 2$ mm/vòng có thể đạt độ bóng cấp 6.

Khi phay cao tốc bằng dao phay mặt đầu, lưỡi cắt được mài phẳng một đoạn có chiều dài $l = (1,3 \div 1,5)S_0$ (hình 14.17) nhằm mục đích tăng độ bóng bề mặt gia công.



Hình 14.17. Lưỡi cắt của dao phay mặt đầu được mài phẳng.

4. Xác định lượng chạy dao phút.

Lượng chạy dao phút phụ thuộc vào dạng phay, đường kính dao phay, số răng của dao phay, chiều sâu cắt và lượng chạy dao răng S_z . Trong trường hợp điều kiện gia công răng sau khi chọn lượng chạy dao phút cần kiểm tra lại độ bền của cơ cấu chạy dao.

5. Xác định tuổi bền kinh tế.

Ở đây cần lưu ý rằng, dao phay các loại có giá thành cao hơn nhiều so với dao tiện và dao khoan, mà số lần mài lại của chúng không lớn, vì vậy tuổi bền của dao phay trụ, dao phay mặt đầu và dao phay định hình phức tạp phải lớn. Ví dụ, tuổi bền trung bình của dao phay trụ và dao phay mặt đầu là $3 \div 4$ giờ, của dao phay đĩa là $2,5 \div 3$ giờ, còn của dao phay ngón và dao phay then hoa: $1 \div 1,5$ giờ.

6. Dựa theo chiều sâu cắt và lượng chạy dao xác định tốc độ cắt (theo bảng) đảm bảo tuổi bền yêu cầu của dao phay. Tiếp theo đó xác định số vòng quay n của dao và hiệu chỉnh lại theo số vòng quay của máy rồi tính lại tốc độ cắt thực tế. Đồng thời phải hiệu chỉnh lại lượng chạy dao phút theo máy rồi tính lại lượng chạy dao răng S_z và lượng chạy dao vòng S_0 .

7. Tính công suất cắt N_c và so sánh nó với công suất máy N_d (công suất của động cơ) theo công thức:

$$N_d \geq \frac{1,15N_c}{\eta} \quad (14.48)$$

Ở đây: η - hiệu suất của máy.

Bảng 14.4 là tuổi bền, tốc độ cắt và công suất cắt của một số loại dao phay.

Bảng 14.4

Loại dao phay và vật liệu phần cắt	D (mm)	z (răng)	B (mm)	t (mm)	S_z (mm/răng)	Vật liệu gia công	T (p.út)	V (m/phút)	N (kW)
Dao phay trụ thép gió	90	8	70	8	0,12	Thép Gang	180 180	43,5 30,5	3,8 2,8
Dao phay mặt đầu hợp kim cứng T15K6	150	6	90	5	0,13	Thép	180	290	14
Dao phay mặt đầu hợp kim cứng BK8	150	6	90	5	0,2	Gang	180	115	11
Dao phay ngón	20	5	10	20	0,05	Thép Gang	60 60	40 27,5	2,1 0,9
Dao phay then hoa và dao phay cắt đứt thép gió	70	72	3	5	0,1	Thép Gang	60 60	63 55	0,5 0,3

Thời gian cơ bản t_0 khi phay được xác định theo công thức:

$$t_0 = \frac{L}{S_p} \cdot j = \frac{l+l_1+l_2}{S_z \cdot z \cdot n} \quad (14.49)$$

Ở đây:

L - tổng chiều dài hành trình của dao phay theo hướng chạy dao (mm);

l - chiều dài bề mặt gia công (mm);

l_1 - chiều dài ăn dao (mm);

l_2 - chiều dài thoát dao (mm);

S_z - lượng chạy dao răng (mm/răng);

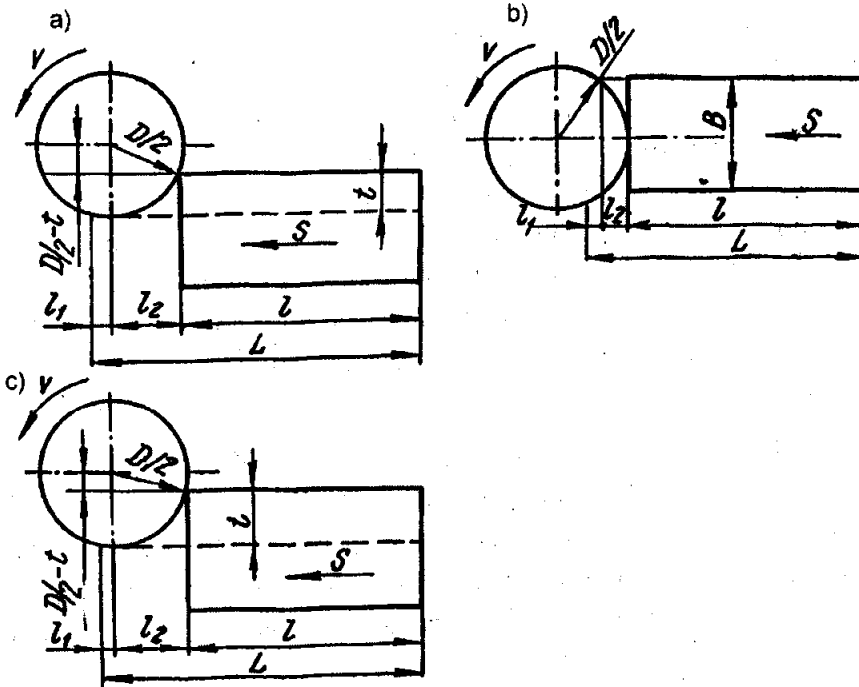
z - số răng của dao phay;

n - số vòng quay của dao phay (vòng/phút).

Chiều dài ăn dao l_1 ở các dạng phay khác nhau sẽ có giá trị khác nhau.

Ví dụ, khi gia công bằng dao phay hình trụ (hình 14.18a).

$$l_1 = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - t\right)^2} = \sqrt{t(D-t)} \quad (14.50)$$



Hình 14.18. Sơ đồ xác định thời gian cơ bản khi phay

Khi phay đối xứng bằng dao phay mặt đầu (hình 14.18 b):

$$l_1 = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) \quad (14.51)$$

Khi phay không đối xứng bằng dao phay mặt đầu (hình 14.18 c):

$$l_1 = \sqrt{(D-t)} \quad (14.52)$$

Chương 15

CHUỐT

15.1. Khái niệm về nguyên công chuốt

Chuốt là một phương pháp gia công có độ chính xác cao, thường được sử dụng để gia công lỗ, mặt phẳng, mặt định hình, v.v. Chuốt cho phép đạt độ chính xác cấp $2 \div 3$ và độ bóng bề mặt cấp $7 \div 9$.

Hiện nay, chuốt không chỉ được sử dụng rộng rãi trong sản xuất lớn mà còn được sử dụng rất có hiệu quả trong sản xuất nhỏ với sản lượng hàng năm khoảng 200 chi tiết với lỗ tròn hoặc 50 chi tiết lỗ định hình.

Về năng suất, chuốt đứng đầu trong các phương pháp cắt gọt (khoảng $700 \div 1000$ chi tiết trong một ca làm việc). Ví dụ, gia công mặt phẳng ngoài bằng phương pháp chuốt có năng suất cao gấp $5 \div 10$ lần so với phương pháp phay, còn khi gia công lỗ thì chuốt có năng suất cao gấp $10 \div 15$ lần so với khoét và doa, v.v. Điều này có liên quan đến những nét đặc thù của nguyên công chuốt so với các nguyên công cắt gọt khác. Khi chuốt, quá trình cắt phoi được thực hiện bằng nhiều răng dao (nhiều lưỡi cắt) có chiều dài cắt lớn. Dao chuốt được xem như một dao tổ hợp mà sau một hành trình cắt của nó, cả cắt thô, cắt tinh và là bóng được thực hiện hoàn chỉnh.

Cần phân biệt chuốt và chuốt ép. Khi chuốt thì dao chuốt là một thanh dài với các răng (lưỡi cắt có đường kính tăng dần, làm việc theo nguyên lý kéo, còn khi chuốt ép (gọi là nong) thì dao chuốt ép làm việc theo nguyên lý bị đẩy qua lỗ và bị nén. Dao chuốt ép có chiều dài ngắn hơn dao chuốt và ít được sử dụng do đó, sau đây chúng ta chỉ nghiên cứu chủ yếu dao chuốt và quá trình cắt bằng dao chuốt.

Gia công các bề mặt bằng chuốt được thực hiện trên các máy chuốt ngang, chuốt đứng và các máy chuốt chuyên dùng (để chuốt liên tục).

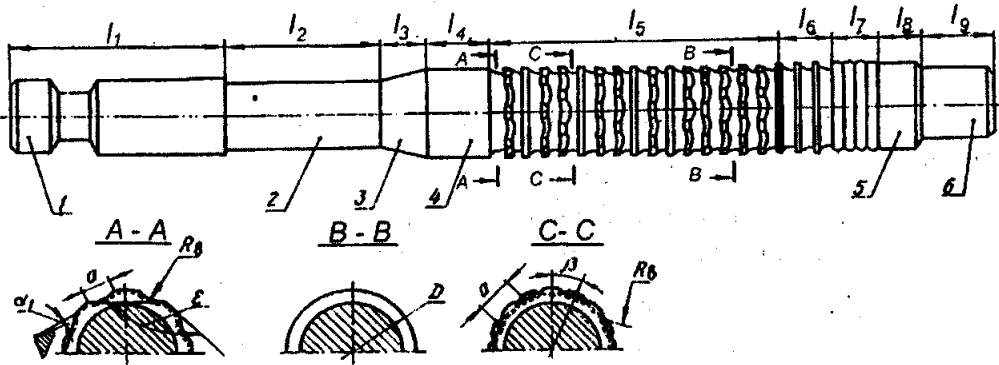
Dao chuốt dùng trong chế tạo máy được chia ra hai loại chủ yếu: dao chuốt trong và dao chuốt ngoài.

Dao chuốt lỗ được chia ra các loại: dao chuốt lỗ tròn, dao chuốt lỗ then hoa, dao chuốt lỗ đa cạnh, v.v

Dao chuốt ngoài được chia ra: dao chuốt mặt phẳng, dao chuốt mặt bán nguyệt, dao chuốt định hình, v.v. Ngoài ra, dao chuốt trong và dao chuốt ngoài còn được phân loại theo nguyên lý chuốt: dao chuốt rôphin, dao chuốt nhóm, dao chuốt tổ hợp.

15.2. Kết cấu và các thông số hình học của dao chuốt.

Trong tất cả các loại dao chuốt thì dao chuốt làm việc theo nguyên tắc chuốt nhóm được sử dụng rộng rãi hơn cả. Do đó dưới đây ta nghiên cứu kết cấu và các thông số hình học của dao chuốt lỗ tròn làm việc theo nguyên tắc chuốt nhóm (hình 15.1).



Hình 15.1 Dao chuốt lỗ

Dao chuốt gồm: đuôi 1 dùng để kẹp chặt dao chuốt trên máy, phần ngõng 2 để nối đuôi dao với dao, phần côn chuyển tiếp 3 và phần dẫn hướng phía trước 4. Phần dẫn hướng 4 có tác dụng định hướng cho dao đi vào lỗ gia công. Chiều dài l_4 của phần dẫn hướng phía trước bằng khoảng 2,5 lần đường kính dao và không nhỏ hơn:

$$l_4 = l_0 + 0,5 t_c \quad (15.1)$$

Ở đây:

l_0 – chiều dài lỗ gia công (mm);

t_c – bước răng (mm).

Hình dạng của phần dẫn hướng phía trước theo tiết diện ngang trùng với hình dạng của lỗ trước khi chuốt. Kích thước của phần dẫn hướng phía trước nhỏ hơn kích thước lỗ trước khi chuốt để cho dao dễ dàng đi qua.

Để giữ dao chuốt khi gá đặt trên máy ở cuối dao có phần ngõng 6.

Phần làm việc của dao chuốt gồm: răng cắt và răng hiệu chỉnh. Về phần mình, răng cắt bao gồm: răng cắt thô, răng cắt bán tinh, răng cắt tinh và răng hiệu chỉnh. Răng cắt thô có nhiệm vụ hút phần lượng dư chủ yếu khi chuốt. Độ chênh lệch giữa các răng S_2 khi gia công thép bằng 0,4 mm còn khi gia công gang bằng 1 ÷ 1,5 mm.

Các răng cắt tinh có độ chênh lệch giữa các răng nhỏ:

$$S_2 = 0,005 \div 0,05 \text{ mm.}$$

Để đảm bảo quá trình cắt êm khi chuyển từ các răng cắt thô sang cắt tinh, dao chuốt có từ 2 ÷ 3 răng chuyển tiếp với độ chênh lệch giữa các răng giảm dần từ 0,3 ÷ 0,1 đến 0,05 ÷ 0,03 mm.

Số răng cắt thô Z_t của dao chuốt theo sơ đồ nhóm được xác định theo công thức:

$$Z_t = \frac{A_0 - (A_1 + A_2)}{S} \cdot Z_v + 0,5Z_v \quad (15.2)$$

Ở đây:

A_0 – tổng lượng dư một phía khi chuốt (mm). A_0 phụ thuộc vào kích thước và hình dáng bề mặt gia công;

$A_1 + A_2$ – lượng dư một phía dành cho các răng chuyển tiếp và các răng cắt tinh (mm);

S - độ chênh lệch giữa các vòng răng (mm);

Z_v – số răng trên một vòng răng.

Số răng cắt thô Z_t của dao chuốt prôphin được tính theo công thức :

$$Z_t = \frac{A_0 - A_2}{S_2} + 1 \quad (15.3)$$

Ở đây:

A_2 – lượng dư một phía của các răng cắt tinh (mm);

S_2 - độ chênh lệch giữa các răng theo sơ đồ cắt prôphin (mm).

Số răng hiệu chỉnh được chọn trong khoảng từ 3 đến 8 tùy thuộc vào cấp chính xác yêu cầu và kết cấu của lỗ gia công và kết cấu của dao chuốt. Đường kính của các răng hiệu chỉnh D_k (đường kính bằng nhau) được tính theo công thức:

$$D_k = D_{max} \pm y \quad (15.4)$$

Ở đây:

D_{max} - đường kính lớn nhất của lỗ chuốt (mm);

y – lượng lay rộng và co rút của đường kính lỗ gia công. Khi gia công lỗ thành dày thì lỗ bị co rút (khoảng 0,005 ÷ 0,02 mm) còn khi gia công lỗ thành mỏng thì lỗ bị lay rộng (khoảng 0,01 ÷ 0,015mm). Dấu (+) trong công thức (15.4) được lấy khi lỗ bị co rút, còn dấu (-) được lấy khi lỗ bị lay rộng.

Bước của các răng hiệu chỉnh t_k nằm trong khoảng (0,6 ÷ 0,7) t_c (ở đây t_c là bước của răng cắt).

Các góc của dao chuốt (xem hình 15.1 và 15.2) cũng được ký hiệu như đối với các loại dụng cụ khác:

γ và γ_ϕ - góc trước và góc trước vát mép.

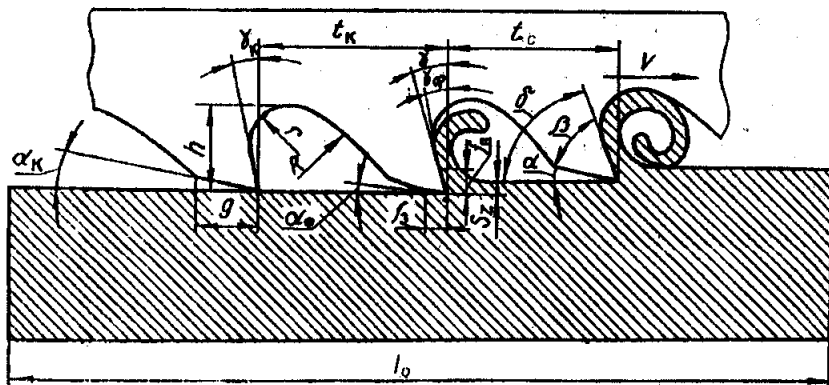
α và α_ϕ - góc sau và góc sau vát mép.

δ và β - góc cắt và góc sắc.

α_1 - góc sau phụ.

φ_1 - góc nghiêng phụ

ε - góc đỉnh răng.



Hình 15.2. Các yếu tố chế độ cắt, thông số hình học và kết cấu của răng dao chuốt.

Kích thước của răng và rãnh thoát phoi được ký hiệu như sau:

t_1, t_2, t_3, t_k - bước răng thô, bước răng chuyển tiếp, bước răng tinh và bước răng hiệu chỉnh.

h - chiều cao rãnh thoát phoi.

g - bề rộng mặt sau của răng.

R và r - các bán kính tạo thành pôphin của rãnh thoát phoi.

S_z và S - độ chênh lệch của các răng ở dao chuốt pôphin và dao chuốt nhóm.

l_0 - chiều dài lớp cắt, bằng chiều dài của chi tiết gia công.

Góc trước $\gamma = -5 \div 25^\circ$ và được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công và vật liệu dao. Khi góc γ tăng từ 5° đến 15° , tuổi bền của dao tăng $20 \div 25\%$. Đối với dao chuốt hợp kim cứng để nâng cao độ bền của răng cần chọn góc γ trong khoảng từ $0 \div -5^\circ$.

Ngược lại, góc sau α của dao chuốt trong được chọn không phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công. Ở đây yếu tố quyết định là đảm bảo kích thước làm việc của răng khi mài sắc. Vì vậy, góc sau ở các răng chuốt thô và

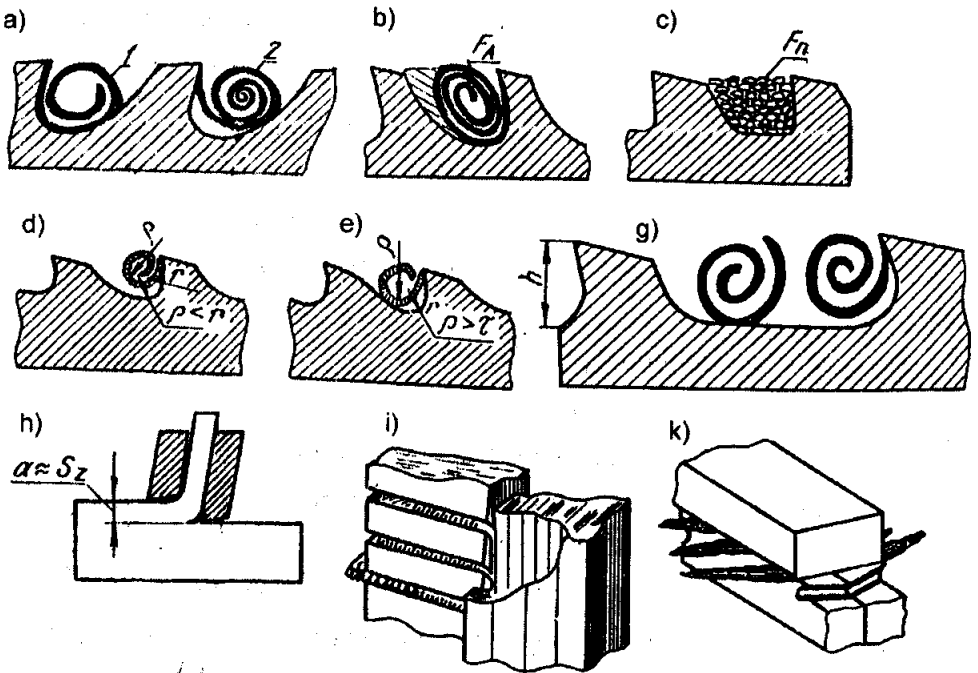
chuốt tinh được chọn $\alpha = 3 \div 40$, còn ở răng hiệu chỉnh $\alpha_k = 30' \div 1^{\circ}30'$. Để tăng tuổi bền của dao chuốt ngoài, góc sau α có thể được tăng lên $6 \div 10^{\circ}$.

Để giảm lực ma sát khi cắt cần mài sắc lưỡi cắt và để mài thuận lợi cần vát mép lưỡi cắt với bề rộng nhỏ hơn $0,02 \div 0,03$ mm. Ở các răng hiệu chỉnh bề rộng vát mép không vượt quá 0,2mm.

15.3. Đặc điểm của quá trình cắt khi chuốt

Đặc điểm của nguyên công chuốt là quá trình cắt không liên tục (hay cắt gián đoạn). Các lưỡi cắt tiếp xúc với bề mặt gia công trong khoảng thời gian ngắn, còn ở hành trình ngược lại, các lưỡi cắt không làm việc. Khi ăn dao xảy ra hiện tượng va đập, có nghĩa là dao chuốt chịu tải trọng động nhiệt học. Ngoài ra, quá trình cắt được thực hiện với chiều dày cắt nhỏ và bán kính đỉnh răng (lưỡi cắt) lại có ảnh hưởng lớn đến quá trình cắt lớp kim loại. Do đó, quá trình chuốt phải được thực hiện trong môi trường làm nguội tốt.

Khi chuốt, phoi được hình thành và nằm trong rãnh giữa các răng (hình 15.2 và 15.3).



Hình 15.3. Loại phoi và hình dạng rãnh thoát phoi.

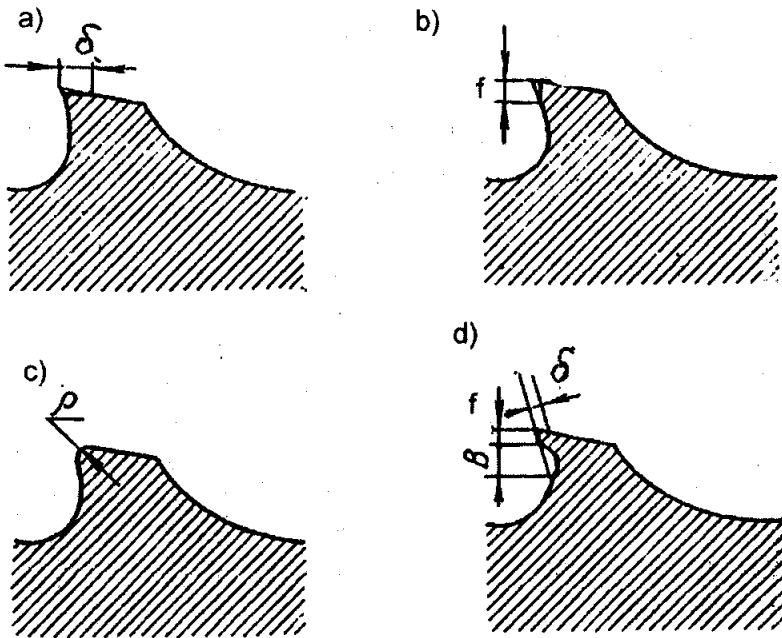
Kích thước và hình dáng rãnh thoát phoi phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, chiều dài mặt gia công, chế độ cắt, thông số hình học của răng dao và phương của lưỡi cắt so với vectơ tốc độ, có nghĩa là cắt thẳng hoặc cắt nghiêng.

Khi chọn kích thước và hình dạng rãnh thoát phoi cần phải tính đến khả năng phoi cuốn thành cuộn (hình 15.3 a). Trong trường hợp này rãnh thoát phoi không được làm giảm tiết diện ngang của dao chuốt.

Hình dạng và kích thước của phoi phụ thuộc vào điều kiện chuốt, kích thước và hình dáng của rãnh thoát phoi. Khi chuốt thép và vật liệu dẻo phoi có dạng xoắn Acsimet (hình 15.3a, b, c, d, e, g), còn khi cắt bằng dao chuốt với quá trình thoát phoi tự do, phoi có dạng dải băng (hình 15.3 h, i). Khi gia công gang và vật liệu giòn hình thành phoi vụn như trên hình 15.3 c.

15.4. Các dạng mòn của răng dao chuốt

Đặc tính mòn của răng dao chuốt phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, chiều dày cắt và các yếu tố khác. Khi gia công thép và gang với chiều dày cắt nhỏ ($a < 0,1 \text{ mm}$) mòn δ xuất hiện ở mặt sau của răng dao (hình 15.4 a).



Hình 15.4. Các dạng mòn của răng dao chuốt

Khi chiều dày cắt tăng lên với $a > 0,1 \div 0,3 \text{ mm}$ sẽ xuất hiện mòn mặt trước f của răng dao (hình 15.4 b) hoặc cả mặt trước và mặt sau, đồng thời ở mặt trước xuất hiện vết lõm B (hình 15.4 d). Do mòn mặt trước và mặt sau nên đỉnh răng có bán kính ρ (hình 15.4 c).

15.5. Lực cắt khi chuốt

Lực cắt khi chuốt có giá trị rất lớn. Nó là thông số đầu vào để tính độ bền của dao và công suất của máy. Khi chuốt có hai lực cắt thành phần cần xét : P_2

(theo phương chuyển động chính) và P_y (vuông góc với phương chuyển động chính). Cả hai lực cắt P_z và P_y phụ thuộc vào vật liệu gia công, chiều dày cắt a , bề rộng cắt b , số rãnh thoát phoi trên một vòng răng k , góc trước γ và góc sau α . Các lực cắt P_z và P_y được xác định theo các công thức sau đây:

$$P_z = 1,15 \sum b(c_1 \cdot a^{0,85} + c_2 \cdot k - c_3 \cdot \gamma - c_4 \cdot \alpha) \quad (15.5)$$

$$P_y = 1,15 \sum b(c_5 \cdot a^{1,2} - c_6 \cdot \gamma - c_7 \cdot \alpha) \quad (15.6)$$

Hệ số 1,15 được lấy để tính đến độ mòn mặt sau của dao chuốt $\delta = 0,4$ mm khi lực cắt tăng khoảng 15%.

Các hệ số $c_1 \div c_7$ được chọn theo bảng 15.1.

Lực cắt P_z cũng có thể được xác định theo công thức đơn giản sau đây:

$$P_z = p \cdot b \cdot a \cdot z_{\max} \quad (15.7)$$

Ở đây:

p – lực cắt đơn vị (KG/mm^2) được xác định bằng thực nghiệm;

b – bề rộng cắt của một răng (mm);

a – chiều dày cắt (hay lượng chạy dao răng S_z) (mm);

z_{\max} – số răng dao chuốt cùng lúc tham gia vào quá trình cắt.

Bảng 15.1

Vật liệu gia công	c_1	c_2	c_3	c_4
Thép 20	115	0,060	0,20	0,12
Thép 35	160	0,080	0,24	0,13
Thép 0XM	190	0,106	0,28	0,14
Thép 45	220	0,108	0,32	0,14
Thép 40X	230	0,117	0,34	0,14
Thép 0XH3M	250	0,125	0,37	0,14
Thép 20X	265	0,137	0,40	0,15
Thép 20X, 40X (tôi cải thiện)	300	0,158	0,46	0,16
Gang HB 160 - 180	140	0	0,25	0,13
Gang HB 180 - 220	170	0	0,30	0,14
Vật liệu gia công	c_5	c_6	c_7	
Thép 20	55	0,018	0,045	
Thép 35	125	0,053	0,090	
Thép 45	215	0,081	0,117	

15.6. Tuổi bền và tốc độ cắt khi chuốt

Dao chuốt là loại dao đắt tiền, tuổi bền T của nó có thể đạt $T = 2 \div 8$ giờ tùy thuộc vào kết cấu của dao, vật liệu gia công và tốc độ cắt. Quan hệ phụ thuộc giữa tuổi bền T và tốc độ cắt V của dao chuốt được biểu thị theo công thức:

$$T = \frac{C_T}{V^m} \quad (15.8)$$

Ở đây:

$$\frac{1}{m} = 1,2 \div 2 .$$

Các máy chuốt thông thường chỉ có tốc độ giới hạn $V = 3 \div 8$ m/ phút. Chỉ có các máy chuốt loại mới dùng để gia công bằng dao chuốt hợp kim cứng mới có tốc độ cắt khoảng $20 \div 90$ m/phút. Dao chuốt thép gió để chuốt mặt phẳng có tuổi bền tương đương với số lượng chi tiết gia công khoảng $30.000 \div 40.000$, trong khi đó dao chuốt hợp kim cứng có tuổi bền cao hơn gấp 10 lần. Khi chuốt lỗ do điều kiện cắt kém hơn, nên tuổi bền của dao cũng thấp hơn.

Tốc độ cắt khi chuốt được tính theo công thức:

$$V = \frac{C}{T^m \cdot a^{y_v}} = \frac{C}{T^m \cdot S_z^{y_v}} \quad (15.9)$$

Ở đây:

a - chiều dày cắt, còn S_z là chạy dao răng, hai thông số này có giá trị bằng nhau (mm);

C, m, y_v - hệ số và các số mũ phụ thuộc vào vật liệu gia công (bảng 15.2);

T - tuổi bền của dao chuốt (phút);

Bảng 15.2

Vật liệu gia công	Dao chuốt tròn			Dao chuốt then hoa		
	C	m	y_v	C	m	y_v
Thép 45, HB 160 - 180	12	0,62	0,62	11	0,60	0,75
Thép 40X, 20X, 12XH3	11	0,62	0,62	10	0,60	0,75
Thép 45, HB 220 - 260	8	0,62	0,62	7-3	0,60	0,75
Thép 40X, HB 180 - 230						
Thép 20X, HB 180 - 220						
Thép 12XH3, HB 180 - 220						
Gang HB 160 - 180	10	0,50	0,60	12,5	0,50	0,60
Gang HB 190 - 220	8,2	0,50	0,60	10,5	0,50	0,60

Công suất cắt khi chuốt được tính theo công thức:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V}{6120} \quad (15.10)$$

Đơn vị đo lường của công suất cắt là kW.

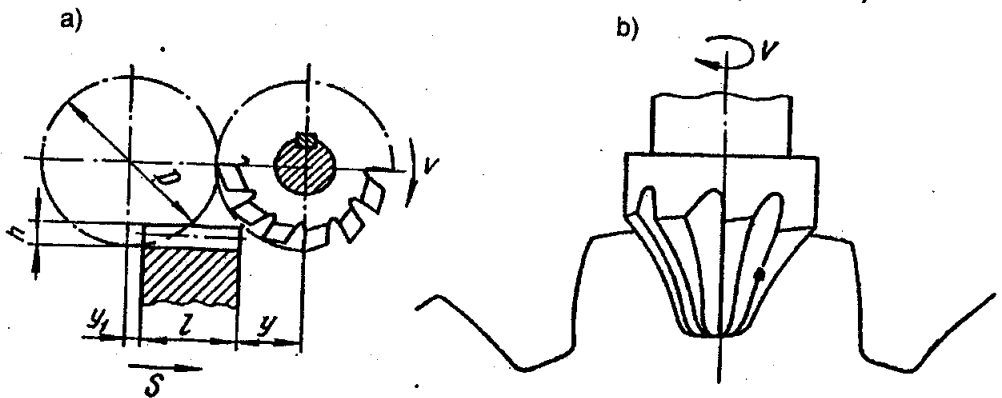
Chương 16

CẮT RĂNG

16.1. Các phương pháp cắt răng

Phương pháp chủ yếu để tạo răng là gia công cắt gọt. Các bánh răng có độ chính xác thấp có thể được tạo hình bằng phương pháp cán. Tạo hình răng bằng dụng cụ cắt có lưỡi có thể được thực hiện bằng phương pháp chép hình và phương pháp bao hình.

Theo phương pháp thứ nhất dụng cụ cắt (dao phay ngón môđun và dao phay đĩa môđun) có cùng prôphin với rãnh răng gia công (hình 16.1).



Hình 16.1. Cắt răng bằng các dao phay môđun

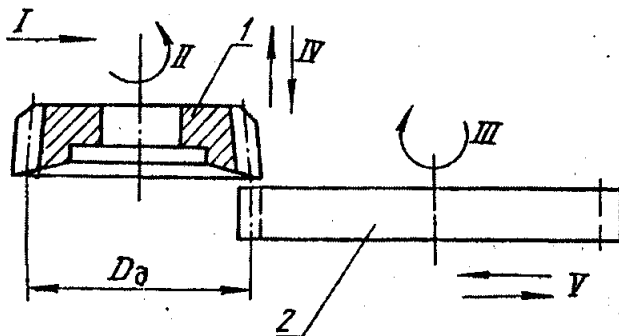
a) dao phay đĩa; b) dao phay ngón.

Các thông số của quá trình phay răng bằng dao phay đĩa môđun và dao phay ngón môđun như: tốc độ cắt, các lượng chạy dao S_z , S_0 và S_p , chiều sâu cắt t cũng được xác định tương tự như khi phay thông thường.

Nhược điểm của phương pháp cắt răng bằng phương pháp chép hình là độ chính xác và năng suất gia công thấp, ngoài ra còn cần phải có bộ dao cho mỗi loại môđun, thông thường là 8; 15 hoặc 26 dao.

Cắt răng bằng phương pháp bao hình được thực hiện bằng dao phay trục vít, dao xọc răng, dao bào răng và các loại dao bao hình khác.

Hình 16.2 là sơ đồ cắt răng theo phương pháp bao hình bằng dao xọc răng với các ký hiệu: I - ăn dao (s); II - chiều quay của dao xung quanh trục của nó; III - chiều quay của bánh răng gia công xung quanh trục của nó; IV - chuyển động khứ hồi lên xuống của dao xọc; V - chuyển động nhường dao (để khi dao đi lên không chạm vào bề mặt gia công).



Hình 16. 2. Sơ đồ cắt răng bằng dao xọc răng.

1 – dao xọc răng; 2 – bánh răng gia công.

Quá trình cắt này có những đặc điểm sau đây:

- Tiết diện lớp cắt của mỗi răng thay đổi trong quá trình gia công.
- Các phần khác nhau của lưỡi cắt chịu tác dụng lực không như nhau, bởi vì chúng có tốc độ khác nhau và cắt những lớp có tiết diện khác nhau.
- Các dao cắt răng không có thông số hình học tối ưu, bởi vì chúng có hình dạng rất phức tạp và khi gia công thực hiện các chuyển động phức tạp. Vì vậy, chọn thông số hình học của dao phải xuất phát từ nguyên tắc đảm bảo độ chính xác mô phỏng của dao khi mài lại.

16.2. Các thông số hình học của dao phay trục vít và dao xọc răng.

Dao phay trục vít và dao xọc răng được dùng để cắt răng theo phương pháp bao hình. Dao phay trục vít (hình 16.3) là một trục vít có các rãnh thoát phoi nghiêng một góc ω so với trục của dao và tạo thành các răng cắt (lưỡi cắt).

Răng của dao phay có lưỡi cắt ở giữa và hai lưỡi cắt bên cạnh. Mặt trước của răng là mặt xoắn vít, còn mặt sau được mài hớt lưng theo theo đường xoắn Acsimet.

Đối với các dao cắt tinh góc trước γ của lưỡi cắt ở giữa bằng 0 , còn đối với dao cắt thô: $\gamma = 5 \div 10^\circ$. Khi góc γ tăng, điều kiện cắt tốt hơn nhưng mô phỏng của răng gia công bị biến dạng.

Các góc sau của các lưỡi cắt bên cạnh $\alpha_2 = 3 \div 4^\circ$ được quan sát theo tiết diện vuông góc (với lưỡi cắt bên cạnh) và được tính theo công thức:

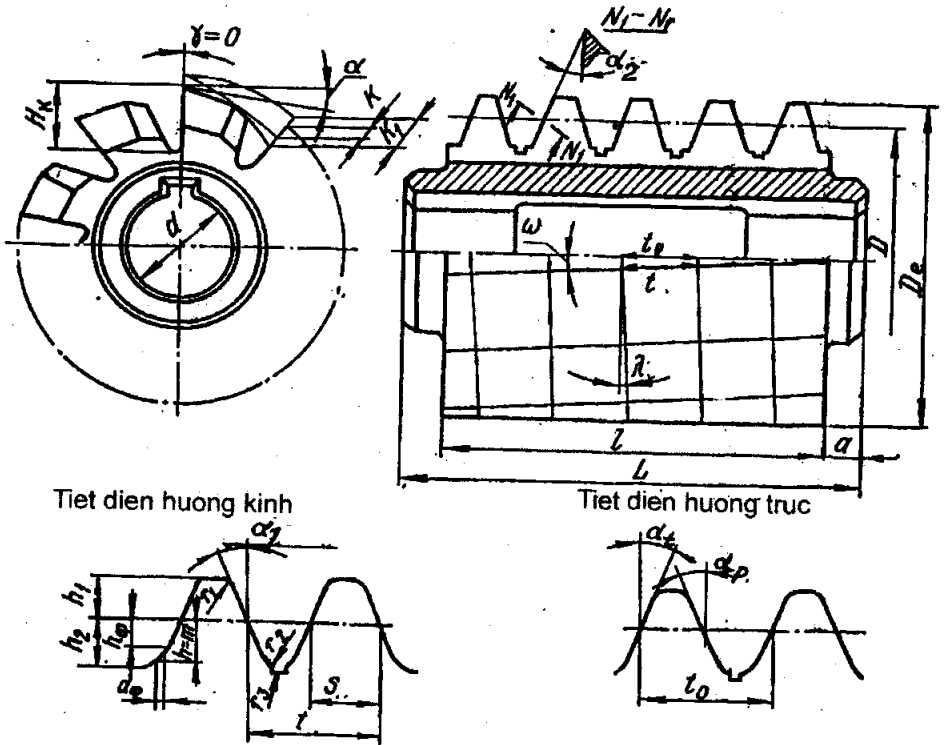
$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha_1 \quad (16.1)$$

Ở đây:

α - góc sau của lưỡi cắt ở giữa;

α_1 - góc ăn khớp.

Để tăng tuổi bền của dao phay trục vít lắp ghép cần chọn góc $\alpha_2 = 8 \div 15^\circ$, bởi vì các loại dao này được mài sắc theo mặt sau. Đối với dao phay trục vít hợp kim cứng nên chọn góc $\gamma = 0$ và $\alpha = 10 \div 12^\circ$.



Hình 16.3. Kết cấu và các thông số hình học của dao phay trục vít

Dao xọc răng là một bánh răng có các lưỡi cắt. Các góc trước và các góc sau được quan sát ở đỉnh và ở hai bên của răng dao theo ba tiết diện (hình 16.4).

Góc sau α_B xác định cường độ thay đổi của giá trị dịch chuyển của biên dạng khởi xuất theo chiều dài răng. Góc này cùng với góc α_K và góc ăn khớp α_1 có quan hệ phụ thuộc sau:

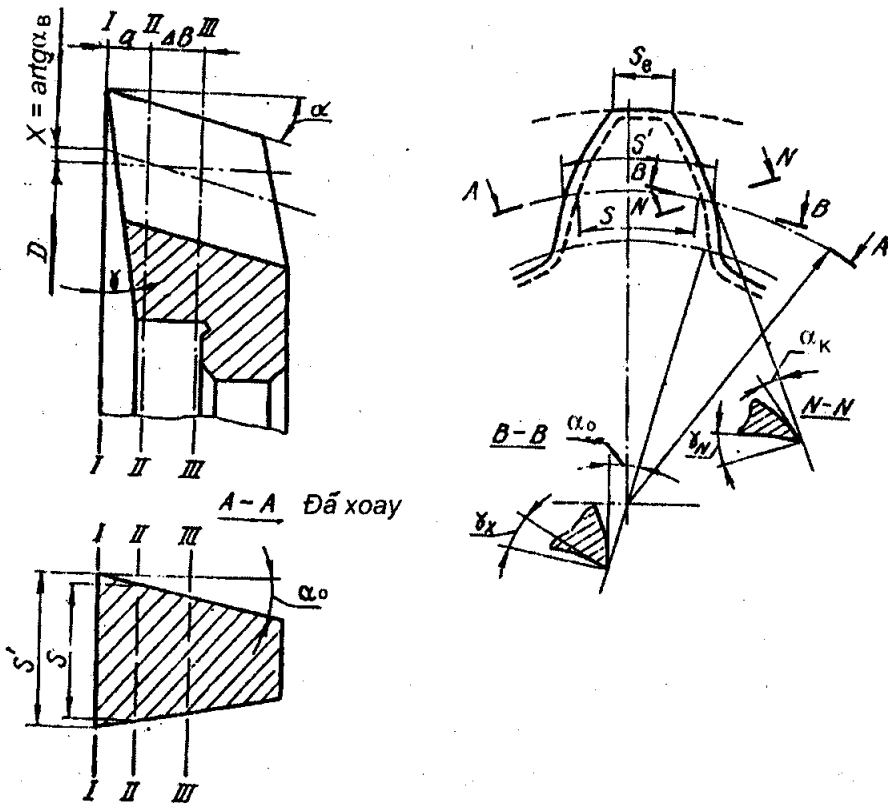
$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{\operatorname{tg} \alpha_K}{\sin \alpha_1} \quad (16.2)$$

Ở đây:

α_K – góc sau ở cạnh dao theo tiết diện vuông góc với mặt bên của pôphin răng. Góc này xác định khe hở thực tế giữa mặt cạnh sau tại điểm quan sát của lưỡi cắt và mặt phẳng cắt.

Góc sau α_0 ở tiết diện theo đường kính chia là góc cần tính khi thiết kế dao xọc răng. Giá trị của nó được xác định ở tiết diện đã xoay A – A của răng theo đường kính chia hoặc ở tiết diện B-B theo đường kính chia:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha_B \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (16.3)$$



Hình 16.4. Các thông số hình học của dao xọc

Góc trước γ ở bất kỳ tiết diện hướng kính nào cũng bằng 5° . Góc trước γ_x ở tiết diện theo đường kính chia được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \alpha_1 \quad (16.4)$$

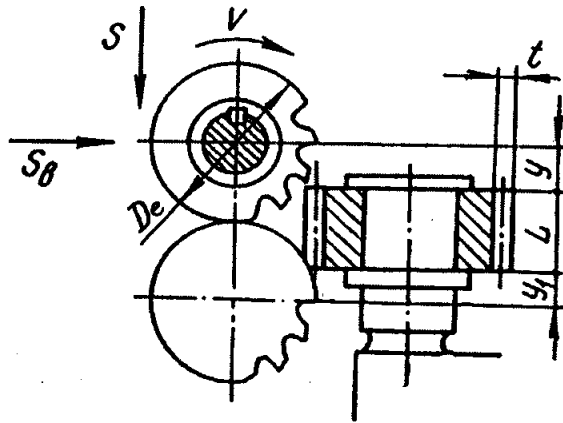
Ở đây:

α_1 – góc ăn khớp.

Như ta đã biết, đối với tất cả các loại dụng cụ cắt thì góc trước được chọn phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công. Tuy nhiên khi chọn góc trước γ của dao xọc răng cần lưu ý rằng góc này phụ thuộc vào sai lệch của prôphin răng gia công. Vì vậy, đối với dao xọc thô góc trước γ phải nhỏ hơn 15° , còn đối với dao xọc tinh $\gamma = 5^\circ$.

16.3. Các yếu tố chế độ cắt, lực cắt và công suất cắt.

Cắt răng bằng dao phay trục vít được thực hiện bằng các chuyển động sau đây: chuyển động chính, chuyển động ăn khớp và chuyển động chạy dao (hình 16.5).



Hình 16.5. Cắt răng bằng dao phay trục vít

Chuyển động chính là tốc độ phay của dao phay và được xác định theo công thức:

$$V = \frac{\pi D_o n}{1000} \quad (16.5)$$

Ở đây:

D_o - đường kính ngoài của dao phay, mm;

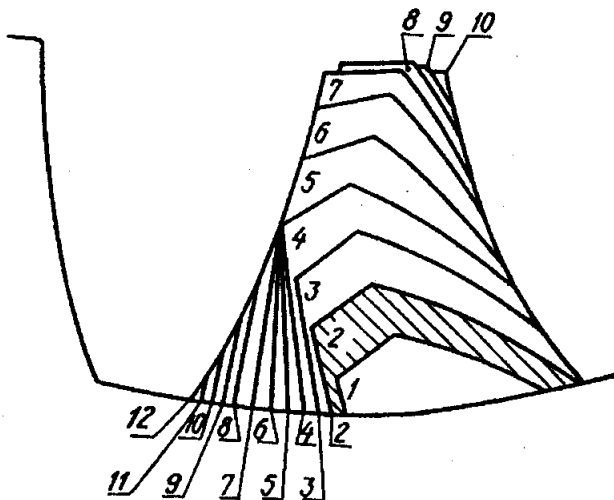
n - số vòng quay của dao phay trong một phút, vòng/phút.

Chuyển động ăn khớp (chuyển động chia) là chuyển động quay liên tục của phôi và dao ăn khớp với nhau nhờ xích động học của máy. Khi gia công bằng dao phay một đầu mối máy làm quay phôi (bánh răng gia công) đi một răng trong một vòng quay của dao, còn khi gia công bằng dao phay nhiều đầu mối: chi tiết quay số răng bằng số đầu mối của dao trong một vòng quay của dao.

Chuyển động chạy dao S được thực hiện bằng dao phay dọc theo trục của bánh răng gia công. S được tính bằng mm/vòng.

Khi xọc răng thẳng, chuyển động chính là chuyển động thẳng đi lại của dao xọc. Quá trình bao hình được thực hiện khi dao xọc quay đi một răng, và bánh răng gia công quay đi một răng. Lượng chạy dao được tính trong thời gian của một hành trình của dao xọc. ở đây cần phân biệt: chạy dao vòng và chạy dao hướng kính (ăn dao) S_B .

Hình 16.6 là sơ đồ cắt một rãnh răng bằng dao xọc răng. Ta thấy, kích thước và hình dạng của lưỡi cắt thay đổi, do đó lực tác dụng lên lưỡi cắt cũng thay đổi. Các chữ số từ 1 đến 12 cho biết thứ tự của tiết diện lớp cắt được hút theo tuần tự.



Hình 16.6. Sơ đồ cắt rãnh răng bằng dao xọc răng.

Tiết diện tổng cộng do các răng đồng thời tham gia cắt là một đại lượng biến đổi và có thể được xác định theo công thức:

$$\sum F_{max} = \frac{0,6m^2 \cdot S_K}{Z^{0,1}} \quad (16.6)$$

Ở đây:

m – môđun của bánh răng gia công (mm);

S_K – lượng chạy dao vòng trong một hành trình kép của dao xọc (mm);

Z – số răng của bánh răng gia công.

Khi biết $\sum F_{max}$ có thể xác định lực cắt lớn nhất theo công thức:

$$P_{max} = \sum F_{max} \cdot p \quad (16.7)$$

Ở đây:

p – lực cắt đơn vị được xác định bằng thực nghiệm (kG/mm²).

Tốc độ chuyển động thẳng đi lại (khứ hồi) của dao xọc biến đổi theo quy luật hình sin, vì vậy để tính tốc độ trung bình có thể dùng công thức sau:

$$V = \frac{2Ln}{1000} \quad (16.8)$$

Ở đây: L – chiều dài hành trình của dao xọc (mm).

Theo số liệu thực nghiệm, khi cắt răng thép 45 bằng dao xọc thép gió tốc độ cắt được xác định theo các công thức sau đây:

a) Khi cắt thô:

$$V = \frac{4,9}{T^{0,2} \cdot S_K^{0,5} \cdot m^{0,3}} \quad (16.9)$$

b) Khi cắt tinh:

$$V = \frac{90}{T^{0,2} \cdot S_K^{0,5}} \quad (16.10)$$

Công suất cắt khi gia công bánh răng thép 45 bằng dao phay trục vít một đầu mỗi được xác định theo công thức:

$$N_c = \frac{0,124 \cdot S^{0,9} \cdot m^{1,7}}{D_o} \quad (16.11)$$

Ở đây:

S – lượng chạy dao trong một vòng quay của bánh răng(mm);

m – môđun của bánh răng gia công (mm);

D_o - đường kính ngoài của dao phay (mm).

Lực cắt P_z (lực vòng) được tính theo công thức:

$$P_z = \frac{60 \cdot 10^2 \cdot N_c}{V} \quad (16.12)$$

Công suất cắt khi gia công bằng dao xọc răng được xác định theo công thức:

$$N_c = \frac{P_{z \max} \cdot V}{60 \cdot 10^2} \quad (16.13)$$

Ở đây:

P_{zmax} – lực cắt lớn nhất khi gia công bằng dao xọc răng (kG);

V – tốc độ tịnh tiến đi lại (khứ hồi) của dao xọc (m/phút).

Công suất cắt cũng có thể được xác định theo các công thức thực nghiệm sau đây:

a) Khi gia công bằng dao phay trục vít:

$$N_c = C_N \cdot 10^{-3} \cdot S_B^{y_N} \cdot m^{x_N} \cdot D_o^{p_N} \cdot Z^{q_N} \cdot K_N \quad (16.14)$$

b) Khi gia công bằng dao xọc răng

$$N_c = C_N \cdot 10^{-4} \cdot S_K^{y_N} \cdot m^{x_N} \cdot Z^{q_N} \cdot V \cdot K_N \quad (16.15)$$

Ở đây:

C_N – hệ số phụ thuộc vào tính chất vật liệu gia công;

S_B – chạy dao dọc theo trục của phôi (mm/vòng);

S_K – chạy dao vòng (mm/hành trình kép của dao xọc);

m – môđun của bánh răng gia công (mm);

D_o - đường kính ngoài của dao xọc hoặc dao phay (mm);

Z – số răng của bánh răng gia công;

K_N – hệ số phụ thuộc vào điều kiện cắt;

V – tốc độ cắt (m/phút).

16.4. Độ mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt răng.

Dụng cụ cắt răng bị mòn chủ yếu theo mặt sau, bởi vì lượng chạy dao khi cắt răng rất nhỏ, do đó chiều dày cắt nhỏ, nó không có khả năng mài mòn mặt trước của dao. Vì vậy, chỉ tiêu đánh giá độ mòn của dao xọc răng và dao phay trục vít là độ mòn của mặt sau δ (hình 16.17).

Lượng mòn tối ưu của dao cắt răng tinh là $\delta = 0,2 \div 0,4$ mm, còn của dao cắt thô: $\delta = 0,8 \div 1,2$ mm.

Thời gian làm việc của dao cắt răng cho đến khi đạt độ mòn tối ưu được gọi là tuổi bền T (phút) của dao và có quan hệ với tốc độ cắt V theo công thức sau:

$$T^m = \frac{A}{V} \quad (16.16)$$

Ở đây:

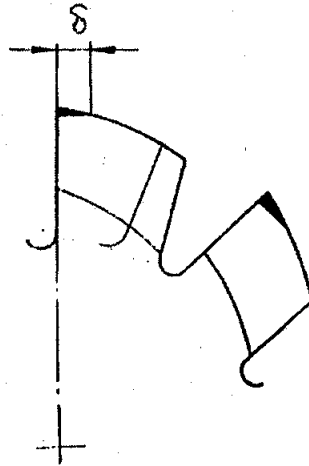
A – hệ số phụ thuộc vào nhiều yếu tố, có thể được xác định bằng thực nghiệm.

Đối với dụng cụ cắt răng có môđun m lớn cần chọn tuổi bền cao hơn, bởi vì môđun m tăng, làm cho kích thước và chi phí sử dụng dao tăng. Đối với dụng cụ cắt răng có môđun $4 \div 8$ mm khi gia công thép thì tuổi bền $T = 240$ phút, còn khi gia công gang: $T = 480$ phút. Nếu dụng cụ cắt răng có môđun $m \geq 12$ mm thì tuổi bền $T = 720$ phút. Vì răng của dao phay trục vít chịu tải trọng lớn ở phần giữa, do đó bị mài mòn nhiều hơn, vì vậy, cứ sau một khoảng thời gian gia công, dao phay lại được dịch chuyển một đoạn bằng $(1,3 \div 3)$ m dọc theo trục của nó. Số lần dịch chuyển dao thường từ 1 đến 10 lần.

Cách làm như vậy có thể nâng cao được tuổi bền của dao.

16.5. Tốc độ cắt khi gia công răng

Quan hệ giữa tốc độ cắt V và các thông số T , m , S_B khi phay lăn răng bằng dao phay trục vít được viết theo công thức:



Hình 16.7. Độ mòn của dao phay

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S_B^{y_V} \cdot m^{x_V}} \quad (16.17)$$

Còn khi xọc răng:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S_K^{y_V} \cdot m^{x_V}} \quad (16.18)$$

Ở đây:

C_V – hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu gia công;

S_B – chạy dao dọc theo trục của phôi (mm/vòng);

m – môđun của bánh răng gia công (mm);

S_K – chạy dao vòng (mm/hành trình kép của dao xọc);

K_V – hệ số phụ thuộc vào điều kiện cắt.

16.6. Chọn chế độ cắt hợp lý khi gia công răng.

Chọn chế độ cắt khi gia công răng được tiến hành theo công thức sau đây:

1. Chọn đặc tính của dụng cụ cắt răng.
2. Xác định số bước và chiều sâu cắt tùy thuộc vào kích thước của bánh răng gia công, công suất máy và độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
3. Chọn lượng chạy dao tùy thuộc vào tính chất của vật liệu gia công, môđun của bánh răng gia công, độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công.
4. Tính tốc độ cắt. Dụng cụ cắt răng khác nhau có tốc độ cắt khác nhau. Ví dụ, đối với dao xọc răng thép gió: $V = 15 \div 30$ m/phút; dao phay lăn răng thép gió: $V = 25 \div 45$ m/phút; còn đối với dao phay lăn răng hợp kim cứng: $V = 75 \div 150$ m/phút.
5. Xác định số vòng quay n của dao phay lăn răng và số hành trình kép K của dao xọc răng.
6. Hiệu chỉnh số vòng quay n và số hành trình kép K theo máy.
7. Tính lại tốc độ cắt.
8. Tính thời gian cơ bản (thời gian máy t_0).

Khi gia công bằng dao xọc răng với 1 bước cắt, thời gian cơ bản t_0 được tính theo công thức:

$$t_0 = \frac{2,1 \cdot m}{S_K \cdot K} + \frac{\pi \cdot m \cdot Z}{S_K \cdot K} \quad (16.19)$$

Phần thứ nhất của công thức (16.19) là thời gian cần thiết để ăn dao. Quãng đường ăn dao bằng 2,1 m, còn chạy dao khi ăn dao $S = 0,1 S_K$.

Thành phần thứ hai trong công thức (16.19) là thời gian cần thiết để cắt răng trên chiều dài của đường kính chia bằng $\pi m z$.

Đối với bước cắt tinh thay cho 2,1m cần lấy giá trị lượng dư theo phương hướng kính.

Thời gian cơ bản khi gia công bằng dao phay trục vít được tính theo công thức:

$$t_0 = \frac{L \cdot z}{n \cdot S \cdot i} + \frac{(l + l_1 + l' + l'') \cdot z}{n \cdot S \cdot i} \quad (16.20)$$

Ở đây:

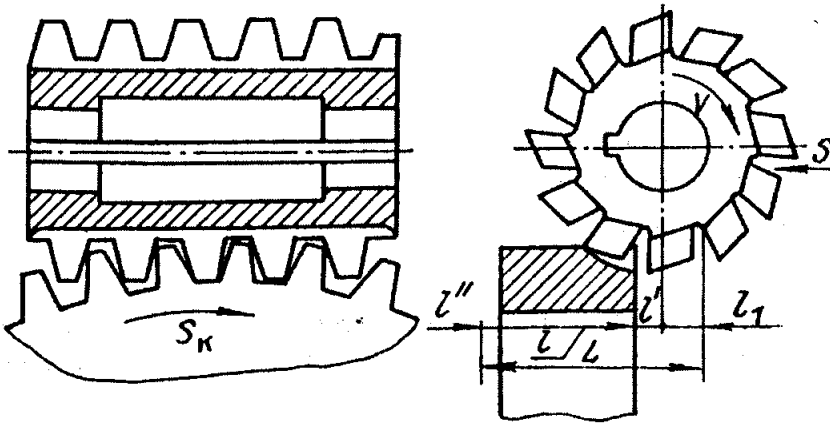
L – chiều dài hành trình của dao phay bao gồm: chiều dài răng l ; chiều dài ăn dao l_1 ; chiều dài bước l' và chiều dài thoát dao l'' (hình 16.8).

Z – số răng gia công;

n – số vòng quay của dao phay trong một phút;

S – lượng chạy dao trong một vòng quay của bánh răng gia công (mm);

i – số đầu mối của dao phay.



Hình 16.8. Sơ đồ tính thời gian t_0 khi phay lăn răng.

Chương 17

MÀI

17.1. Đặc điểm của quá trình mài

Mài là quá trình cắt kim loại được thực hiện bằng hạt mài hoặc vật liệu kim cương. Mài có thể gia công được bất kỳ loại vật liệu nào bởi vì độ cứng của hạt mài rất cao ($HB = 2200 \div 3100$) và của kim cương ($HB = 7000$). Để so sánh có thể đưa ra ví dụ sau đây: độ cứng của hợp kim cứng $HB = 1300$, của thép nhiệt luyện $HB = 60 \div 700$. Các hạt mài được liên kết với nhau bằng chất kết dính đặc biệt. Mài thường được sử dụng để gia công tinh, nó cho phép đạt cấp chính xác $2 \div 3$, đôi khi cấp 1 và độ bóng bề mặt cấp $8 \div 9$. Trong một số trường hợp mài được sử dụng để làm sạch phôi đúc và phôi rèn hoặc để tẩy sạch xỉ hàn, có nghĩa là nguyên công chuẩn bị phôi hoặc nguyên công thô.

Mài có những đặc điểm sau đây:

1. Mài được thực hiện bằng nhiều hành trình, do đó có khả năng sửa lại sai số hình dáng và kích thước của chi tiết gia công.
 2. Quá trình cắt được thực hiện bằng nhiều hạt mài có độ cứng tế vi cao ($2200 \div 3100 \text{ kg/mm}^2$).
 3. Quá trình cắt được thực hiện với tốc độ cắt cao của hạt mài ($30 \div 70 \text{ m/giây}$).
 4. Các hạt mài được bố trí lộn xộn, vì vậy thông thường chúng có góc trước âm và góc cắt lớn hơn 90° .
 5. Tốc độ cắt lớn và điều kiện cắt không thuận lợi làm tăng nhiệt độ cắt ($1000 \div 1500^\circ\text{C}$).
 6. Điều khiển quá trình mài chỉ có thể được thực hiện bằng cách thay đổi chế độ cắt, bởi vì thay đổi hình học của các hạt mài hầu như không thể thực hiện được.
 7. Trong quá trình gia công đá mài có thể tự mài sắc bởi vì hạt mài sau khi bị mòn làm cho lực cắt tăng, dưới tác dụng của lực cắt lớn các hạt mài tự bẻ gãy và tạo ra các hạt mài mới có cạnh sắc mới.
 8. Bề mặt mài được hình thành nhờ tác động của các yếu tố hình học đặc trưng cho quá trình cắt và quá trình biến dạng dẻo kim loại.
- Khi nghiên cứu cơ chế hình thành bề mặt mài cần chú ý đến quá trình hình thành độ nhám và độ bóng bề mặt. Từ quan điểm hình học, độ nhám bề mặt được hình thành do quá trình in đập quỹ đạo chuyển động của các hạt mài lên bề mặt gia công. Biến dạng dẻo xuất hiện trong quá trình cắt làm biến dạng nhấp nhô bề mặt do các yếu tố hình học gây ra.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng độ nhám bề mặt gia công chịu ảnh hưởng của các yếu tố sau đây (các yếu tố giảm độ nhám theo thứ tự giảm dần):

- Mài chày là (không tăng lượng chạy dao và kết thúc lúc hết hoa lửa).
- Sửa đá bằng bút chì kim, cương.
- Mài cao tốc.
- Hạt mài nhỏ.
- Thay đổi chế độ cắt.
- Vật liệu chất kết dính.
- Thành phần hoá học của dung dịch trơn nguội.

17.2. Các yếu tố chế độ cắt khi mài

Trong thực tế thường sử dụng các phương pháp mài sau đây:

a) Mài tròn ngoài

- Chạy dao dọc.
- Chạy dao hướng kính (chạy dao ngang).
- Mài vô tâm.

b) Mài tròn trong

- Khi chi tiết quay với chạy dao dọc và chạy dao ngang
- Mài vô tâm.
- Mài hành tinh (khi chi tiết đứng yên còn đá quay và thực hiện các chuyển động khác).

c) Mài phẳng:

- Bằng đá mài tròn.
- Bằng đá mài mặt đầu.

d) Mài ren, mài định hình, v.v.

Quá trình mài thông thường được thực hiện bằng ba chuyển động: chuyển động quay của đá, chuyển động quay hoặc dịch chuyển khứ hồi của chi tiết và chuyển động chạy dao của đá hoặc của chi tiết. Một số chuyển động nói trên có thể không tồn tại, ví dụ, chuyển động thẳng khứ hồi không có khi mài ăn dao hướng kính, tuy nhiên chuyển động quay của đá đều tồn tại trong mọi trường hợp.

Tốc độ quay của đá $m/giây$ là tốc độ cắt và được xác định theo công thức:

$$V_K = \frac{\pi D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60} \quad (17.1)$$

Ở đây:

D_K - đường kính ngoài hoặc trong của đá mài (mm);

n_K - số vòng quay của đá mài (vòng /phút).

Tốc độ quay của chi tiết gia công V (m/phút) khi mài tròn ngoài và mài tròn trong được xác định theo công thức:

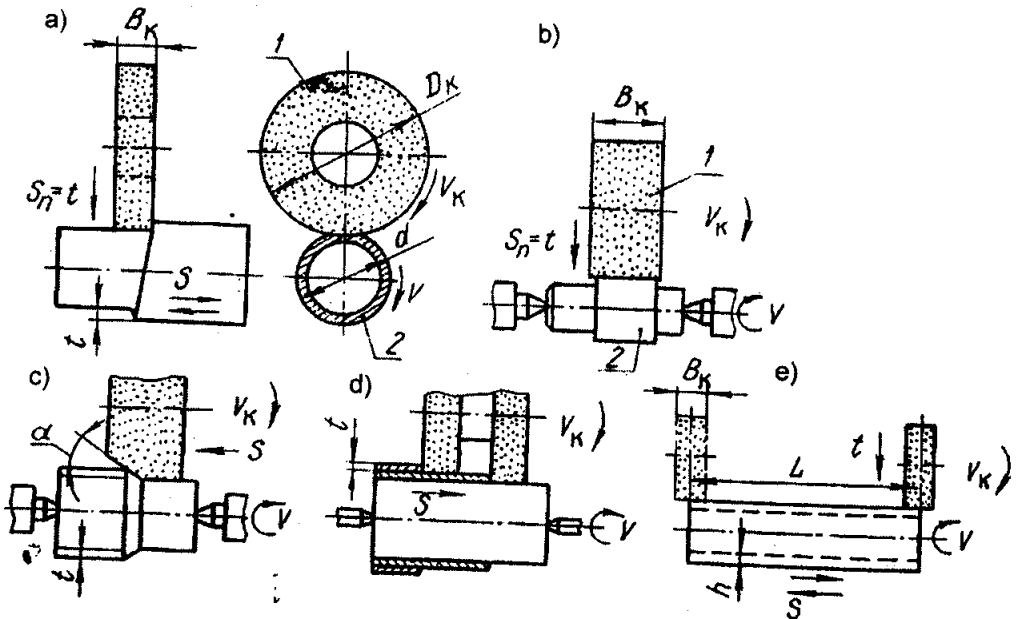
$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \quad (17.2)$$

Ở đây:

D - đường kính ngoài hoặc đường kính lỗ của chi tiết gia công, mm;

n - số vòng quay của chi tiết (vòng/phút).

Chiều sâu cắt bằng chạy dao ngang S_n khi mài tròn ngoài (hình 17.1a) và mài tròn trong với phương pháp chạy dao dọc được xác định trong một hành trình kép của chi tiết gia công hoặc hành trình đơn của đá.



Hình 17.1. Mài tròn ngoài chống tâm.

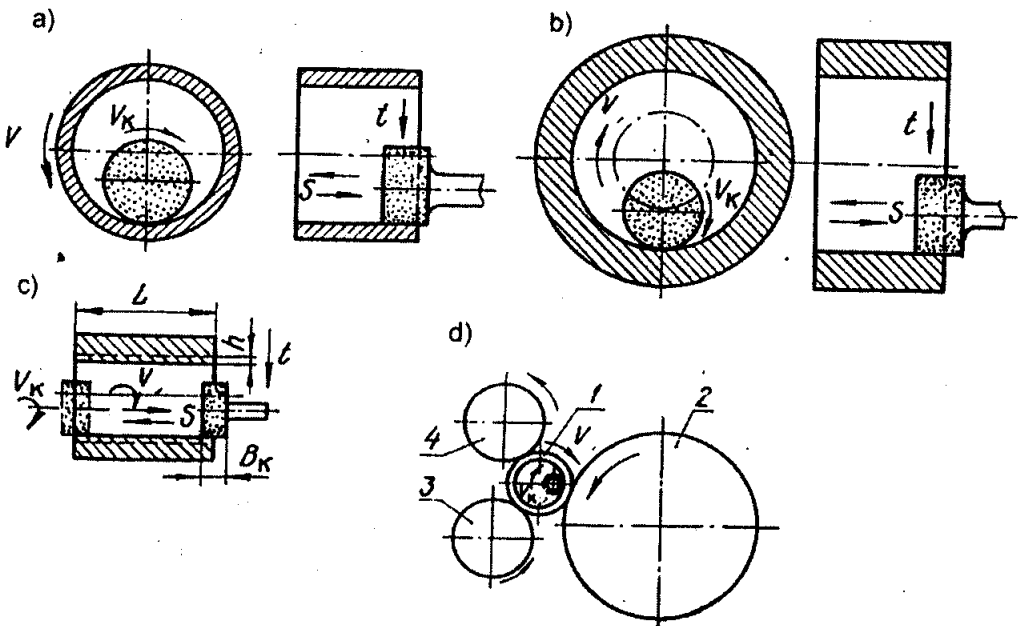
Khi mài tròn ngoài thô, chiều sâu cắt $t = 0,01 \div 0,07$ mm/hành trình kép, còn khi mài tinh (tròn ngoài): $t = 0,005 \div 0,02$ mm/hành trình kép.

Lượng chạy dao dọc S được chọn theo tỷ lệ của bề rộng đá mài B_K . Khi mài tròn ngoài thô $S = (0,3 \div 0,85)B_K$, còn khi mài tròn ngoài hành tinh: $S = (0,2 \div 0,3)B_K$.

Mài sâu (hình 17.1 c) được sử dụng khi gia công chi tiết ngắn có độ cứng vững cao với lượng dư khoảng 0,4 mm và ăn dao một lần. Lượng chạy dao dọc được chọn trong khoảng $S = 1 \div 6$ mm/vòng. Đường kính của chi tiết gia công càng lớn, giá trị S càng lớn. Quá trình cắt được thực hiện chủ yếu do phần côn của đá, còn phần trụ chỉ có tác dụng làm bóng bề mặt gia công. Biến thể của phương pháp mài sâu là cùng lúc gia công bằng hai đá mài (hình 17.1 d).

Mài ăn dao hướng kính (hình 17.1b) thường được sử dụng để gia công các mặt định hình và các chi tiết ngắn có độ cứng vững cao. Lượng chạy dao ngang trong trường hợp này được chọn $S_n = 0,002 \div 0,005$ mm/vòng. Đôi khi lượng chạy dao còn được tính theo phút ($S_p = 0,8 \div 3$ mm/phút).

Hình 17.1 e là sơ đồ để tính thời gian cơ bản khi mài tròn ngoài, còn hình 17.2 c là sơ đồ để tính thời gian cơ bản khi mài tròn trong.



Hình 17.2. Mài tròn trong

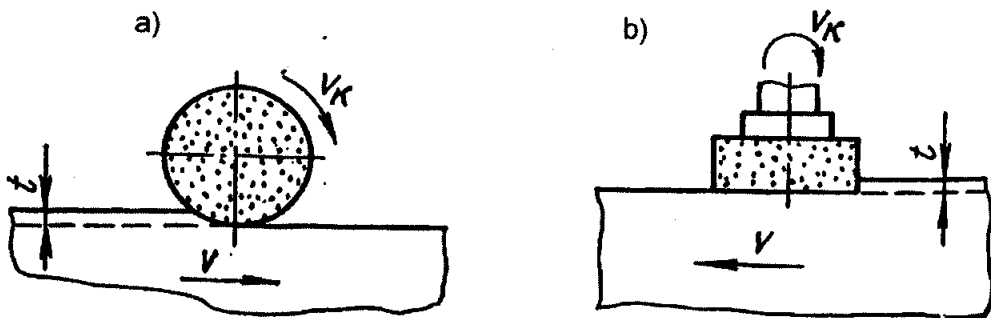
Mài tròn trong có thể được thực hiện bằng phương pháp thông thường hoặc phương pháp hành tinh. Ở phương pháp thứ nhất (hình 17.2 a) chi tiết được kẹp chặt trong mâm cặp và thực hiện chuyển động quay, còn đá quay và thực hiện ăn dao dọc (S) và ăn dao hướng kính $S_n(t)$ trong một hành trình kép. Ở phương pháp mài hành tinh chi tiết được gá cố định (hình 17.2b), còn tất cả các chuyển động đều do đá thực hiện. Phương pháp này được sử dụng khi gia công các chi tiết lớn và nặng. Trụ đá mài có 4 chuyển động:

- Quay xung quanh trục của nó với tốc độ 35 m/giây.

- Chuyển động hành tinh xung quanh trục của chi tiết gia công với tốc độ $40 \div 60$ m/phút.
- Chuyển động thẳng đi lại dọc trục được tính theo % của bề rộng đá mài.
- Ăn dao hướng kính sau mỗi hành trình kép (khoảng $0,008 \div 0,05$ mm/hành trình kép).

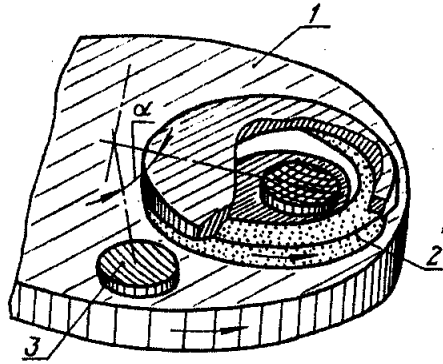
Cần nhớ rằng mài tròn trong xảy ra trong điều kiện nặng hơn mài tròn ngoài, bởi vì bề mặt tiếp xúc giữa đá và chi tiết khi mài tròn trong lớn hơn khi mài tròn ngoài, do đó tải trọng tác dụng lên từng hạt mài cũng lớn hơn. Đường kính đá mài D_K nhỏ hơn đường kính lỗ gia công D theo tỷ lệ: $D_K = (0,75 \div 0,25)D$. Ngoài ra, trục mang đá nhỏ nên độ cứng vững thấp, ảnh hưởng đến năng suất gia công. Điều kiện cấp dung dịch trơn nguội khi mài tròn trong rất khó khăn, do đó điều kiện thoát nhiệt cũng kém hơn. Vì những nhược điểm trên đây của mài tròn trong cho nên chế độ cắt (chiều sâu cắt và lượng chạy dao) thường được chọn nhỏ hơn so với mài tròn ngoài khoảng 2 lần.

Mài phẳng được thực hiện bằng hai phương pháp: bằng đá mài hình trụ (hình 17.3 a) và đá mài mặt đầu (hình 17.3 b).



Hình 17.3 Mài phẳng

Mài phẳng có thể được thực hiện trên bàn máy hình tròn hoặc bàn máy hình chữ nhật. Khi mài bằng đá mài mặt đầu bề mặt tiếp xúc lớn hơn khi mài bằng đá mài hình trụ, do đó nhiệt độ toả ra trong vùng cắt cũng lớn hơn. Vì vậy, mài bằng đá mài mặt đầu được dùng để gia công các chi tiết có độ cứng vững cao. Để nâng cao khả năng cắt của đá mài, trục đá được gá nghiêng so với bàn máy một góc khoảng 30° . Khi mài bằng đá mài mặt đầu bề mặt gia công có vết cắt nhau như mặt lưới (hình 17.4), bề mặt này là vết của đá mài khi ăn dao và thoát dao (vết cắt của phần vào và phần ra của đá mài).

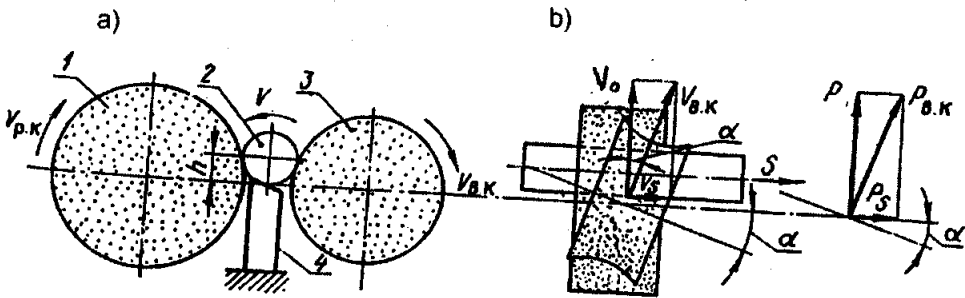


Hình 17.4. Sơ đồ tạo thành lưới trên bề mặt mài khi gia công bằng đá mài mặt đầu
1 – bàn từ; 2 – đá mài; 3 – chi tiết gia công.

Cần lưu ý rằng, khi mài phẳng bằng đá mài mặt đầu các hạt mài nằm trong vùng cắt lâu hơn và mòn nhanh hơn. Vì vậy, khi mài phẳng bằng đá mài mặt đầu cần chọn đá mài mềm hơn so với khi mài tròn ngoài.

Chiều sâu cắt khi mài phẳng $t = 0,05 \div 0,1$ mm. Giá trị t lớn được chọn cho chi tiết có độ cứng vững cao hơn. Các yếu tố chế độ cắt khác của mài phẳng cũng được chọn tương tự như mài tròn ngoài.

Mài vô tâm được sử dụng để mài mặt tròn ngoài cũng như mặt tròn trong. Dưới đây ta xét trường hợp mài tròn ngoài vô tâm (hình 17.5a).



Hình 17.5. Mài vô tâm

Chi tiết gia công 2 được đặt trên thanh tỳ 4 giữa hai đá mài 1 và 3 quay với tốc độ khác nhau (V_{PK} và V_{BK}). Đá mài 1 là đá cắt, còn đá mài 3 là đá dẫn (cung cấp chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến cho chi tiết). Đá dẫn 3 được gá nghiêng một góc $\alpha = 1 \div 5^\circ$. Biên dạng của đá dẫn 3 có hình dạng hypebol để tạo ra tiếp xúc đường thẳng với chi tiết gia công. Tâm của chi tiết gia công được gá cao hơn tâm của các đá mài một lượng $h = (0,1 \div 0,3)d$ (ở đây d là đường kính chi tiết) nhằm mục đích khử độ đa cạnh của chi tiết khi gia công. Đường kính chi tiết gia công càng nhỏ, chiều cao h càng phải lớn.

Vectơ tốc độ của bánh dẫn 3 được phân ra: véc tơ tốc độ quay của chi tiết V_0 (hình 17.5 b) và vectơ tốc độ dịch chuyển chi tiết V_S . Cũng tương tự như vậy có thể phân vectơ lực của bánh dẫn P_{BK} thành vectơ P và P_S . Đá cắt 1 quay với tốc độ $30 \div 35$ m/giây, còn đá dẫn 3 quay với tốc độ $15 \div 30$ m /phút. Do tốc độ quay khác nhau của các đá mài, ma sát giữa đá dẫn và chi tiết lớn hơn lực cắt vòng (lực cắt tiếp tuyến) rất nhiều, do đó làm quay chi tiết.

Tốc độ V_0 và V_S được tính theo các công thức sau đây (m/phút):

$$V_0 = V_{BK} \cdot \cos \alpha = \frac{\pi D_K \cdot n_K}{1000} \cos \alpha \quad (17.3)$$

Nếu $\alpha = 5^\circ$, $\cos 5^\circ \approx 1$, khi đó $V \approx V_{BK}$. Trong công thức (17.3): D_K là đường kính của đá dẫn, còn n_K là số vòng quay của nó.

$$V_S = V_{BK} \cdot \sin \alpha \cdot K = \pi D_K \cdot n_K \sin \alpha \cdot K \quad (17.4)$$

Ở đây:

K — hệ số trượt dọc của chi tiết, $K = 0,05 \div 0,99$.

Khi biết V_S và số vòng quay của chi tiết $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$ có thể tính được lượng chạy dao dọc trong một vòng quay của chi tiết:

$$S = \frac{V_S \cdot \pi \cdot d}{1000V} \quad (17.5)$$

Góc α có ảnh hưởng ít nhiều đến năng suất và chất lượng gia công. Góc α càng lớn, năng suất gia công càng lớn nhưng chất lượng bề mặt càng giảm. Trong thực tế, khi mài thô thường chọn $\alpha = 3 \div 5^\circ$, còn khi mài tinh: $\alpha = 1 \div 2^\circ$.

Đối với mài tròn trong vô tâm, tất cả các chuyển động chính cũng giống như mài tròn trong thông thường (hình 17.2 a). Sự khác nhau về nguyên tắc của máy mài tròn trong vô tâm so với máy mài tròn trong thông thường là phương pháp kẹp chi tiết (hình 17.2 d).

Chi tiết 1 được gá giữa các con lăn 2,3 và 4. Con lăn 2 truyền chuyển động quay cho chi tiết và được gọi là con lăn dẫn. Con lăn 3 đỡ chi tiết được gọi là con lăn tỳ. Con lăn 4 có tác dụng ấn chi tiết xuống cho tiếp xúc với con lăn 2 và 3, nó được gọi là con lăn xiết chặt. Con lăn dẫn nhận chuyển động từ cơ cấu của máy và nhờ ma sát nó làm quay chi tiết, về phần mình chi tiết lại làm quay con lăn tỳ và con lăn xiết chặt. Con lăn xiết chặt 4 còn có chuyển động chu kỳ trong mặt phẳng đứng để tháo chi tiết đã gia công ra và gá chi tiết mới vào. Ở phương hướng trục chi tiết được tỳ vào thanh đỡ hoặc ống tỳ, ống tỳ quay theo chi tiết nhờ chuyển động quay từ chi tiết truyền sang. Khi mài tròn trong vô tâm, chi tiết và đá mài cùng quay theo một chiều như trường hợp mài tròn ngoài vô tâm.

Phương pháp xiết chặt vô tâm chỉ có thể được sử dụng cho chi tiết có mặt ngoài đồng tâm với mặt lỗ gia công. Phương pháp xiết chặt vô tâm này cho phép nâng cao độ chính xác gia công do chúng không có đỡ gá trên máy và cho phép tự động hoá quá trình mài. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, sai số hình dáng hình học của bề mặt ngoài chi tiết gia công (độ ô van, độ đa cạnh, v.v.) sẽ làm cho chuyển động quay mất chính xác, do đó gây ra sai số cho nguyên công mài. Hơn nữa cũng cần lưu ý rằng, ứng dụng phương pháp mài tròn trong vô tâm chỉ có hiệu quả kinh tế trong trường hợp gia công loạt lớn chi tiết, bởi vì máy để mài mòn trong vô tâm chủ yếu làm việc theo chu kỳ mài tự động.

17.3. Tiết diện ngang của lớp cắt khi mài

Lớp kim loại được hớt sau một vòng quay của chi tiết là $F = t.s$. Thể tích của lớp kim loại được hớt Q sau một vòng quay của chi tiết là:

$$Q = \pi.d.t.s \quad (17.6)$$

Ở đây:

d - đường kính chi tiết gia công (mm);

t - chiều sâu cắt (mm);

s - lượng chạy dao vòng (mm/vòng).

Quãng đường L đá mài đi qua trong một phút được tính theo công thức:

$$L = \pi \cdot D_K \cdot n_K \quad (17.7)$$

Ở đây:

D_K - đường kính đá mài (mm);

n_K - số vòng quay của đá mài (vòng /phút).

Quãng đường l mà các điểm trên mặt trụ của đá đi qua trong một phút sẽ là:

$$l = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{n} \quad (17.8)$$

Ở đây:

n - số vòng của chi tiết gia công, vòng/phút.

Tiết diện cắt tức thời trung bình f được tất cả các hạt mài hớt đi sẽ bằng toàn bộ thể tích kim loại được hớt Q chia cho quãng đường l :

$$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi dtS}{\frac{\pi D_K n_K}{n}} = \frac{\pi dn}{\pi D_K n_K} t.s = \frac{V}{60V_K} .t.s \quad (17.9)$$

Ở đây:

V - tốc độ quay của chi tiết (m/phút);

V_K - tốc độ quay của đá mài (m/giây).

Khi phân tích công thức (17.9) ta thấy nếu V tăng, f sẽ tăng, có nghĩa là lực tác dụng lên từng hạt mài tăng, làm cho đá mài mòn nhanh, độ nhám bề mặt tăng. Nhưng nếu V_K tăng các hiện tượng trên đây đều xảy ra ngược lại.

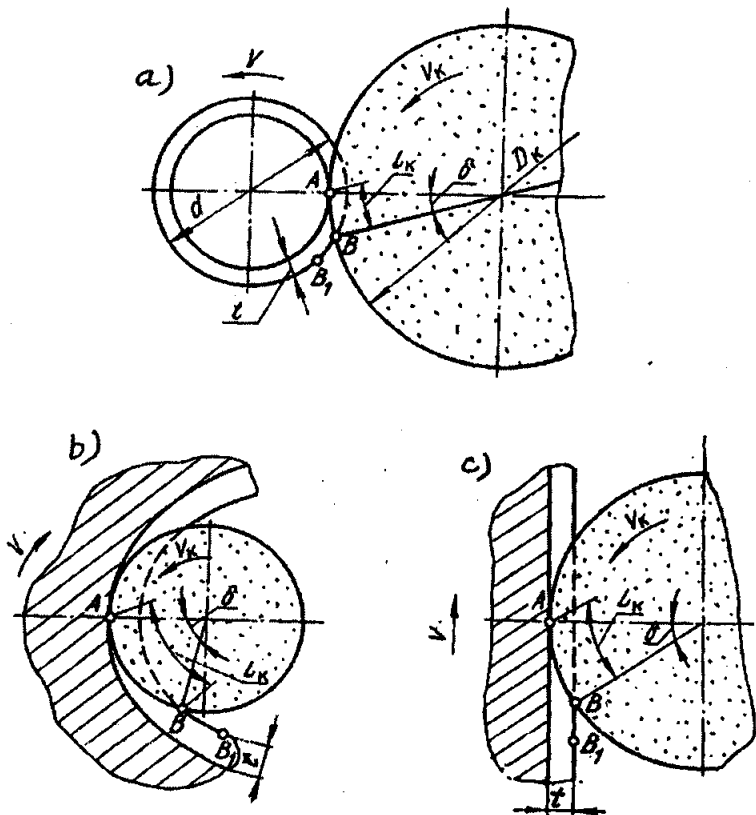
Từ đó có thể rút ra kết luận: để giảm độ nhám bề mặt cần tăng tốc độ đá mài V_K , giảm tốc độ của chi tiết V , giảm t và s .

Chiều dày cắt trung bình a_0 được xác định theo công thức:

$$a_0 = \frac{Q}{l.S} = \frac{V}{V_K \cdot 60} \cdot t \quad (17.10)$$

Ở đây:

S – lượng chạy dao dọc (mm/vòng).



Hình 17.6. sơ đồ xác định chiều dài cung tiếp xúc của đá - chi tiết khi mài

Từ hình 17.6 ta thấy chiều dài cung tiếp xúc L_K của đá với chi tiết gần bằng cung AB . Giá trị thực của chiều dài cung tiếp xúc của hạt mài với chi tiết lớn hơn cung AB một đoạn BB_1 , bằng lượng quay bổ sung của chi tiết trong thời gian đá quay đi một góc δ .

Công thức để tính chiều dài cung tiếp xúc L_K có dạng:

$$L_K = \left(1 \pm \frac{V}{V_K \cdot 60} \right) \sqrt{\frac{D_K \cdot d \cdot t}{D_K + d}} \quad (17.11)$$

Dấu (+) được lấy khi đá và chi tiết quay cùng chiều, còn dấu (-) được lấy khi chúng quay ngược chiều nhau.

Trong phạm vi cung tiếp xúc khi cắt lớp kim loại với chiều sâu cắt t có số lượng hạt mài Z cùng tham gia vào quá trình cắt:

$$Z = \frac{L_K}{l_0} \quad (17.12)$$

Ở đây:

l_0 – “bước giả định” giữa các hạt mài hoặc khoảng cách trung bình giữa các hạt mài.

Khi đó, chiều dày cắt trung bình a_z do một hạt mài cắt sẽ bằng:

$$a_z = \frac{a_0}{Z} = \frac{V \cdot t \cdot l_0}{60 \cdot V_K \left(1 \pm \frac{V}{60 V_K} \right)} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{D_K \cdot d \cdot t}{D_K + d}}} \quad (17.13)$$

Từ công thức (17.13) ta thấy: chiều dày cắt trung bình a_z do một hạt mài cắt sẽ tăng khi tốc độ của chi tiết V tăng, chiều sâu cắt t và khoảng cách giữa các hạt mài l_0 tăng và a_z giảm khi tốc độ đá mài V_K , đường kính chi tiết d và đường kính đá mài D_K tăng.

17.4. Lực cắt và công suất cắt khi mài

Lực cắt tổng hợp khi mài phân ra (hình 17.7): lực tiếp tuyến P_z , lực hướng kính P_y và lực hướng trục P_x . Lực cắt P_z là thông số để tính công suất cắt. Lực P_y có ảnh hưởng lớn đến độ chính xác gia công. Lực P_x cần thiết để chạy dao dọc của đá hoặc chi tiết.

Lực P_z được xác định theo công thức thực nghiệm sau đây:

$$P_z = C_p \cdot V^{0,7} S^{0,7} t^{0,6} \quad (17.14)$$

Ở đây:

C_p – hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công và các yếu tố khác.

Hệ số $C_p = 2,1$ khi mài thép chưa nhiệt luyện, $C_p = 2,2$ khi mài thép nhiệt luyện và $C_p = 2,0$ khi mài gang.

Để minh họa cụ thể ta tính lực cắt khi mài thép chưa nhiệt luyện (thép 40) bằng đá mài Э40СМ1К5 có chiều dày 40 mm với tốc độ quay của chi tiết $V = 30$ m/phút, lượng chạy dao $S=20$ mm/vòng và $t = 0,009$ mm/hành trình kép

$$P_z = 2,1 \cdot 30^{0,7} \cdot 20^{0,7} \cdot 0,009^{0,6} \approx 11 \text{ kG}$$

Bằng thực nghiệm đã xác định được tỷ lệ giữa P_z , P_x và P_y :

$$P_y = (1 \div 3)P_z;$$

$$P_x = (0,1 \div 0,2)P_z$$

Lực P_y lớn hơn lực P_z được giải thích rằng, lực cắt đơn vị khi mài rất lớn và theo số liệu của nhiều nghiên cứu thực nghiệm lực cắt đơn vị này nằm trong khoảng $p = 10.000 \div 20.000$ kG/m², có nghĩa là cao hơn hàng chục lần so với lực cắt đơn vị khi tiện, khi khoan và khi phay. Lực cắt đơn vị khi mài lớn còn do tiết diện cắt nhỏ và góc trước âm ở các hạt mài.

Bảng 17.1 là lực cắt đơn vị của một số phương pháp gia công.

Bảng 17.1

Phương pháp gia công	Lực cắt đơn vị p (kG/mm ²)
Tiện	200 – 250
Khoan	300 – 350
Phay	500 – 570
Mài	10.000 – 20.000

Công suất cần thiết để làm quay đá:

$$N_K = \frac{P_z \cdot V_K}{102 \cdot \eta_1} \quad (17.15)$$

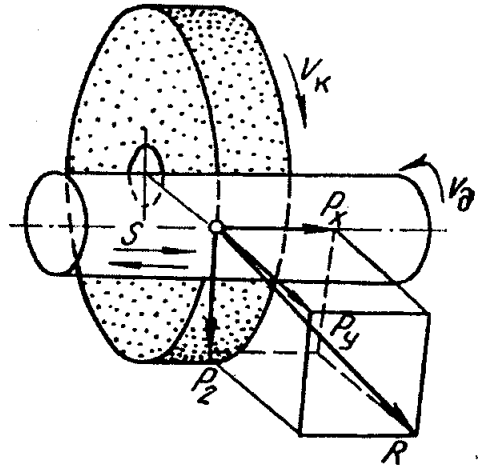
Công suất cần thiết để làm quay chi tiết:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_2} \quad (17.16)$$

Ở đây:

V_K, V – tốc độ quay của đá và chi tiết;

η_1, η_2 , - hiệu suất của cơ cấu truyền động làm quay đá và làm quay chi tiết.



Hình 17.7. Sơ đồ lực cắt khi mài tròn ngoài

Vì tỷ lệ $\frac{V_K}{V} = 60 \div 100$ cho nên N nhỏ hơn N_K rất nhiều lần.

Công suất mài được tính theo công thức thực nghiệm sau đây:

$$N_c = C_N \cdot V^{0,5} S^{0,65} t^{0,5} \quad (17.17)$$

Hệ số C_N được xác định theo các sổ tay chuyên ngành (sổ tay gia công cơ và sổ tay công nghệ chế tạo máy).

17.5. Độ mòn và tuổi bền của đá mài

Độ mòn của đá mài bao gồm: mòn trong quá trình mài và lớp đá mài được hớt đi khi sửa đá. Tùy thuộc vào tính chất của đá mài và điều kiện gia công, quá trình mài có thể xảy ra với mài mòn hạt mài hoặc với quá trình tự mài sắc của đá mài.

Quá trình mòn bề mặt của đá mài được chia ra hai giai đoạn:

- Giai đoạn thứ nhất (mòn ban đầu sau khi sửa đá) đặc trưng cho sự bóc tách các hạt mài không được gắn chặt trên đá.

- Giai đoạn thứ hai là giai đoạn mài mòn hạt mài, làm cho chúng có bán kính đỉnh.

Quá trình tự mài sắc như đã nói ở trên, do lực tác dụng một số hạt mài bị vỡ, tạo thành những hạt mài mới có cạnh sắc.

Thông thường sau giai đoạn mòn ban đầu, mài mòn đá mài xảy ra chậm hơn, bởi vì lực cắt được phân bố cho nhiều hạt mài và và lực cắt đơn vị trên mỗi hạt mài giảm. Giai đoạn này là giai đoạn mòn bình thường của đá mài.

Thời gian làm việc của đá mài giữa hai lần sửa đá được gọi là tuổi bền của đá mài. Bảng 17.2 cho biết tuổi bền của đá mài áp dụng cho một số phương pháp gia công.

Để nâng cao năng suất khi mài cần chọn đá mài có đường kính lớn. Với đường kính lớn, trên bề mặt đá có nhiều hạt mài hơn, do đó trong khi giữ được lực tác dụng lên mỗi hạt mài có thể tăng năng suất mài.

Bảng 17.2

Phương pháp gia công	Tuổi bền T của đá mài (phút)
Mài tròn ngoài ăn dao dọc	40
Mài tròn ngoài ăn dao ngang	30
Mài vô tâm ăn dao dọc	60
Mài vô tâm ăn dao ngang	30
Mài tròn trong	10
Mài phẳng bằng đá mài trụ	25
Mài phẳng bằng đá mài mặt đầu	10
Mài định hình	10

Khi sử dụng đá mài có đường kính lớn có thể giảm được độ mòn, có nghĩa là nâng cao được tuổi bền của đá.

Quan hệ giữa tuổi bền của đá và các yếu tố chế độ cắt có dạng:

$$T = \frac{C_T \cdot d^{0,6}}{V^{1,82} \cdot S^{1,82} \cdot t^{1,1}} \quad (17.18)$$

Về phần mình, tốc độ quay của chi tiết có thể được tính theo công thức sau:

$$V = \frac{C_V \cdot d^g}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \quad (17.19)$$

Ở đây:

d - đường kính của chi tiết (mm);

C_V - hệ số của V;

T - tuổi bền của đá mài (phút);

t - chiều sâu cắt hoặc lượng chạy dao ngang trong một hành trình kép (mm);

S - lượng chạy dao dọc (mm/phút);

g, m, x, y - các số mũ được xác định theo các số tay chuyên ngành hoặc bằng nghiên cứu thực nghiệm.

Ta thấy, khi đường kính của chi tiết d tăng, tuổi bền T của đá tăng chút ít, bởi vì chiều dày cắt trung bình a_0 giảm.

17.6. Chọn đá mài

1. Chọn vật liệu hạt mài.

Theo kinh nghiệm của thực tế sản xuất thì khi mài thép, gang dẻo và mài sắc dụng cụ nên chọn vật liệu hạt mài kôrun điện. Khi mài gang xám, đồng thau và nhôm đúc nên chọn cacbit silic đen, còn khi mài hợp kim cứng nên chọn cacbit silic xanh.

2. Chọn độ hạt của hạt mài.

Khi mài thô, mài vật liệu mềm và dẻo nên chọn độ hạt lớn. Độ hạt của các hạt mài 11, 12, 16, 25 và 46 cho phép đạt chất lượng bề mặt cao khi mài các chi tiết máy nói chung và khi mài sắc dụng cụ cắt. Khi mài thô có thể chọn hạt mài 50, còn để tăng độ bóng bề mặt có thể chọn hạt mài 3, 10.

3. Chọn chất kết dính

Chất kết dính ceramic được sử dụng rộng rãi nhất. Chất kết dính vuncannhit và bankenlit được sử dụng để mài tinh và để chế tạo đá mài dùng cho nguyên công cắt đứt chi tiết.

4. Chọn độ cứng đá mài

Vật liệu gia công càng cứng, hạt mài càng mòn nhanh, do đó phải chọn đá mài mềm. Khi chọn đá mài cần chú ý: độ cứng đá mài phụ thuộc vào tốc độ cắt, do đó khi tốc độ cắt cao cần chọn đá mài có độ cứng cao.

Thông thường đá mài có độ cứng như sau: khi mài thép gió và hợp kim cứng cần chọn độ cứng đá mài M3 ÷ CM2, khi mài thô nên chọn độ cứng đá mài CT1 ÷ CT3, còn khi mài tinh nên chọn độ cứng đá mài: M2 ÷ C2.

5. Chọn cấu trúc đá mài.

Vật liệu gia công càng dẻo, chiều sâu cắt càng lớn cần chọn đá mài có độ xốp càng lớn. Khi mài tròn ngoài, mài tròn trong, mài phẳng bằng đá mài hình trụ và khi mài sắc dụng cụ thép gió cần chọn cấu trúc đá mài theo số No 5,6. Khi mài phẳng bằng đá mài mặt đầu, mài cắt đứt và mài hợp kim cứng cần chọn cấu trúc đá mài số No 7, 8, 9, còn khi mài định hình chọn cấu trúc đá mài theo số No 3, 4.

7.7 Xác định chế độ cắt khi mài

Chế độ cắt tối ưu khi mài là chế độ cắt đảm bảo năng suất gia công cao, giá thành hạ và chất lượng bề mặt theo yêu cầu.

Chế độ cắt khi mài được xác định theo trình tự sau đây:

1. Chọn đặc tính đá mài và xác định tốc độ quay của đá V_k .
2. Xác định lượng chạy dao ngang S_n (hay t) và xác định số bước cần thiết để hút toàn bộ lượng dư. Lượng chạy dao ngang $S_n = 0,005 \div 0,09$ mm/hành trình kép. Bảng 17.3 là lượng chạy dao ngang khi gia công một số loại vật liệu kết cấu.

Bảng 17.3

Vật liệu gia công	Mài tinh (mm)	Mài thô (mm)
Thép nhiệt luyện	0,005 ÷ 0,010	0,01 ÷ 0,05
Thép chưa nhiệt luyện	0,006 ÷ 0,020	0,02 ÷ 0,08
Gang	0,008 ÷ 0,030	0,03 ÷ 0,09

3. Xác định lượng chạy dao dọc: $S = KB$ (ở đây B là bề rộng đá mài, còn $K = 0,4 \div 0,6$ khi mài thô và $K = 0,3 \div 0,4$ khi mài tinh).

4. Chọn tốc độ quay của chi tiết V ($V = 40 \div 80$ m/phút).

5. Chọn dung dịch trơn nguội.

6. Xác định lực cắt P_z (theo công thức 17.4) và công suất cắt N_k , N (theo các công thức (17.15) và (17.16)).

7. Hiệu chỉnh chế độ cắt đã chọn với chế độ cắt của máy. Nếu công suất cắt không đủ (lớn hơn công suất động cơ của máy) cần giảm tốc độ cắt V và lượng chạy dao dọc S .

8. Tính thời gian cơ bản (thời gian máy) t_0 theo các công thức trong bảng 17.4.

Bảng 17.4

Phương pháp mài	Thời gian cơ bản t_0 (phút)	Ghi chú
Mài tròn ngoài chống tâm, ăn dao dọc	$t_0 = \frac{l}{n.s} \cdot \frac{h}{t} \cdot K_3$	$K_3 = 1,2 \div 1,4$ khi mài thô $K_3 = 1,25 \div 1,7$ khi mài tinh l – chiều dài mài (mm); t – chạy dao ngang trong một hành trình kép (mm); h – lượng dư (mm).
Mài tròn ngoài chống tâm, ăn dao ngang	$t_0 = \frac{l}{n.s} \cdot K_3 = \frac{h}{n.s} \cdot K_3$	$K_3 = 1,4 \div 2,5$
Mài vô tâm, chạy dao dọc	$t_0 = \frac{l.q + B_K}{s.q} \cdot i \cdot K_3$	$K_3 = 1,05 \div 1,2$ l – chiều dài mài (mm); q – số chi tiết trong loạt được mài liên tục/chiếc; i – số bước mài; s – lượng chạy dao dọc (mm/phút); B_K – bề rộng đá mài (mm).
Mài phẳng bằng đá mài hình trụ	$t_0 = \frac{L}{1000.V} \cdot \frac{H}{S} \cdot \frac{h}{t} \cdot K_3$ $H = B + B_K + 5\text{mm}$ $L = L + (10 \div 15)\text{mm}$	$K_3 = 1,15 \div 1,35$ khi mài thô; $K = 1,25 \div 1,5$ khi mài tinh; H – lượng dịch chuyển của đá mài theo phương chạy dao ngang (mm); L – chiều dài hành trình của bàn máy (mm); B – bề rộng của chi tiết gia công.

17.8. Hướng phát triển của mài

Để nâng cao chất lượng và năng suất có thể dùng các biện pháp sau đây:

1. Mài cao tốc.

Nếu so sánh quá trình mài với tốc độ cắt bình thường (30 m/giây) với quá trình mài cao tốc (50m/giây) có thể thấy rằng các hạt mài làm việc với tốc độ cắt cao sẽ bị chất tải ít hơn. Điều này được giải thích như sau: khi mài cao tốc, hạt mài trong một đơn vị thời gian có khả năng gây nhiều vết xước trên bề mặt gia công. Khi gây ra một vết xước, hạt mài cắt thể tích kim loại nhỏ hơn, do đó lực cắt tác dụng lên mỗi hạt mài cũng nhỏ hơn. Vì vậy xuất hiện khả năng thâm

nhập của hạt mài vào bề mặt gia công khi mài với tốc độ cắt cao. Khả năng thâm nhập này thường được thể hiện bằng tăng chiều sâu cắt, tăng lượng chạy dao và tăng tốc độ quay của chi tiết, có nghĩa là tăng năng suất gia công. Ví dụ, khi mài lỗ vòng bi với tốc độ quay của đá 30 m/giây chiều sâu cắt bằng 0,003 mm trên một hành trình kép của bàn máy, còn khi mài với tốc độ quay của đá 50 m/giây chiều sâu cắt có thể tăng tới 0,006 mm.

Tốc độ quay của chi tiết có thể tăng từ 60 ÷ 80 m/phút khi mài bình thường đến 130 ÷ 150 m/phút khi mài cao tốc. Điều này cho phép tăng năng suất mài lên 1,2 ÷ 1,3 lần.

2. Mài lục

Khi mài bằng phương pháp ăn dao hướng kính năng suất gia công tăng mạnh với lượng chạy dao ngang theo phút tăng. Khi mài thép nhiệt luyện lượng chạy dao ngang bằng 1,5 ÷ 2 mm/phút. Hiện nay phương pháp mài ăn dao ngang có thể dùng lượng chạy dao tới 6 mm/phút. Như vậy, phương pháp mài ăn dao ngang với lượng chạy dao lớn (mài lục) là một trong những biện pháp nâng cao năng suất gia công.

3. Nâng cao chất lượng đá mài.

Chất lượng đá mài phụ thuộc vào cách bố trí không gian của các hạt mài, độ hạt, độ cứng, chất kết dính, v.v.

4. Sử dụng dung dịch trơn nguội có thành phần hợp lý.

Nhiều công ty trên thế giới đã tìm ra thành phần dung dịch trơn nguội cho phép mài với chiều sâu cắt và lượng chạy dao lớn. Loại dung dịch trơn nguội như vậy được gọi là "dung dịch cắt".

Như vậy năng suất mài phụ thuộc rất nhiều vào thành phần của dung dịch trơn nguội và hiện nay việc hoàn thiện dung dịch trơn nguội là một trong những hướng nghiên cứu để phát triển nguyên công mài.

5. Sử dụng máy mài có tốc độ lớn.

Hiện nay ở nhiều nước trên thế giới đã sử dụng máy mài có số vòng quay của trục chính từ 3000 ÷ 75 000 vòng/ phút và công suất từ 1 ÷ 5 kW. Các máy này cho phép mài cao tốc khi gia công các lỗ đường kính nhỏ.

6. Phương pháp cấp dung dịch trơn nguội qua lỗ của đá mài.

Phương pháp cấp dung dịch trơn nguội này có hiệu quả rất cao, bởi vì dung dịch trơn nguội được cấp trực tiếp vào vùng cắt. Tuy nhiên, phương pháp này hiện nay vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi, bởi vì lỗ đá mài dễ bị bẩn do

tạp chất trong dung dịch trơn nguội gây ra. Hiện nay, để khắc phục nhược điểm này người ta chế tạo các máy ly tâm chuyên dùng để làm sạch dung dịch trơn nguội trước khi đưa vào sử dụng. Đá mài có lỗ để cấp dung dịch trơn nguội cho phép nâng cao hiệu quả khi mài các chi tiết của vòng bi lăn.

Cuối cùng, để nâng cao năng suất và chất lượng của nguyên công mài cần tự động hoá quá trình công nghệ (bao gồm cấp phôi, kẹp phôi và tháo phôi) đồng thời sử dụng phương pháp kiểm tra tích cực khi mài (kiểm tra trong quá trình gia công).

Chương 18

NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA NĂNG SUẤT, GIÁ THÀNH GIA CÔNG VÀ TUỔI BỀN CỦA DỤNG CỤ

18.1. Sự phụ thuộc của năng suất máy và giá thành gia công vào tuổi bền của dụng cụ

Ta đưa ra bài toán đơn giản sau đây: tiện chi tiết với t và s cố định và chỉ thay đổi tốc độ cắt V . Tốc độ cắt sẽ có ảnh hưởng đến năng suất máy, giá thành gia công và tuổi bền của dụng cụ. Như ta đã biết, công thức tính thời gian cơ bản (thời gian máy) được viết như sau:

$$t_0 = \frac{L}{n.s} \cdot \frac{H}{t} \quad (18.1)$$

Ở đây:

L – chiều dài gia công (mm);

$n.s$ – lượng chạy dao phút (mm/phút);

H – lượng dư gia công (mm);

$\frac{H}{t}$ – số bước gia công.

Đặt $\frac{L.H}{s.t} = A$. Khi đó $t_0 = \frac{A}{n}$ nhưng $n = \frac{1000V}{\pi D}$. Thật vậy, tốc độ cắt V

càng lớn, thời gian t_0 càng nhỏ, do đó năng suất của máy càng cao. Tuy nhiên, cần nhớ rằng thời gian cơ bản t_0 không phụ thuộc trực tiếp vào tuổi bền của dụng cụ, bởi vì:

$$T = \frac{C_T}{V} \quad (18.2)$$

Trong khi đó, tăng tốc độ cắt dẫn đến giảm tuổi bền của dụng cụ. Trong trường hợp này có thể nhận thấy rằng tăng tốc độ cắt sẽ dẫn đến giảm năng suất máy, bởi vì năng suất máy được xác định bởi thời gian gia công từng chiếc (t_c) mà thời gian từng chiếc t_c lại bao gồm: thời gian cơ bản (thời gian máy), thời gian phụ, thời gian phục vụ và thời gian nghỉ ngơi tự nhiên của công nhân. Công thức tính thời gian từng chiếc có dạng:

$$t_c = t_0 + t_p + t_{pv} + t_{tn} \quad (18.3)$$

Ở đây:

t_0 – thời gian cơ bản (phút);

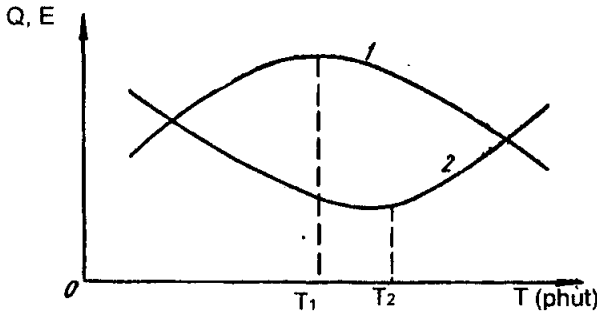
t_p – thời gian phụ (phút);

t_{pv} – thời gian phục vụ (phút);

t_{tn} – thời gian nghỉ ngơi tự nhiên của công nhân (phút).

Khi tuổi bền dụng cụ giảm, chi phí thời gian tăng do phải mài lại dao hoặc thay dao đã mòn. Nói cách khác, tuổi bền dụng cụ T giảm nhanh hơn khi tốc độ cắt tăng và với giá trị nào đó của T thì máy phải dừng lại để thay dao, do đó năng suất của máy bắt đầu giảm. Tuy nhiên, sẽ có tốc độ cắt tương ứng với tuổi bền dụng cụ cho phép đạt năng suất cao nhất.

Hình 18.1 là đồ thị xác định quan hệ giữa năng suất, giá thành và tuổi bền T .



Hình 18.1. Quan hệ giữa năng suất máy (1), giá thành gia công (2) và tuổi bền dụng cụ T (Q – năng suất máy: chiếc/giờ; E – giá thành gia công: USD)

Tuổi bền dụng cụ tương ứng với năng suất cao nhất được gọi là tuổi bền năng suất cao nhất (T_1 trên hình 18.1).

Tuổi bền dụng cụ tương ứng với giá thành gia công nhỏ nhất được gọi là tuổi bền kinh tế (T_2 trên hình 18.1).

18.2. Xác định tuổi bền đạt năng suất cao nhất

Năng suất máy được ký hiệu bằng chữ Q (đây là số lượng chi tiết được gia công trong một đơn vị thời gian):

$$Q = \frac{1}{t_0 + t_p + t_T} \quad (18.4a)$$

Ở đây:

t_0 – thời gian cơ bản (thời gian máy) (phút);

t_p – thời gian phụ (gá, tháo chi tiết, dịch chuyển dao, kiểm tra v...v) (phút);

t_T – thời gian thay dao mòn, điều chỉnh dao cho một chi tiết (phút);

Thời gian t_T được tính theo công thức:

$$t_T = \frac{t'_T}{N_0} \quad (18.4b)$$

Ở đây:

• t_T - thời gian thay dao mòn trong khoảng tuổi bền (phút);

N_0 - số chi tiết được gia công trong khoảng tuổi bền T .

N_0 được xác định theo công thức:

$$N_0 = \frac{T}{t_0} \quad (18.5)$$

Khi đó:

$$t_T = \frac{t'_T \cdot t_0}{T} \quad (18.6)$$

Thời gian phụ $t_p = \text{const}$, bởi vì nó không phụ thuộc vào chế độ cắt.

Khi đó:

$$Q = \frac{M}{t_0 + t_T} \quad (18.7)$$

Ở đây:

$M = \text{const}$ - giá trị cố định

Khi gia công chi tiết trong một bước cơ bản t_0 bằng:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot s} \quad (18.8)$$

Ở đây:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ hoặc } n = \frac{1000 \cdot C_V}{\pi \cdot D \cdot T^m}, \text{ bởi vì } V = \frac{C_V}{T^m}.$$

Khi đó:

$$t_0 = \frac{L \cdot \pi \cdot D \cdot T^m}{1000 \cdot C_V \cdot s} = C \cdot T^m \quad (18.9)$$

Ở đây:

$$C = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot C_V \cdot s} = \text{const}$$

Thay t_0 ở công thức (18.9) và t_T ở công thức (18.6) vào công thức (18.7) ta có:

$$Q = \frac{M}{C \cdot T^m + t'_T \cdot C \cdot T^{m-1}} \quad (18.10)$$

Để có năng suất Q cao nhất thì mẫu số của công thức (18.10) phải nhỏ nhất (cực tiểu). Để có mẫu số cực tiểu, ta lấy đạo hàm theo T của phương trình (18.10) và cho đạo hàm theo T bằng 0:

$$\frac{d}{dT} [CT^m + C.t'_T T^{m-1}] = CmT^{m-1} + Ct'_T(m-1)T^{m-2} = 0$$

Chia tất cả số hạng của phương trình nhận được cho mCT^{m-2} ta có:

$$T + \frac{m-1}{m} t'_T = 0 \text{ hoặc } T = \frac{1-m}{m} t'_T$$

Như vậy, tuổi bền đạt năng suất cao nhất sẽ bằng:

$$T_{Qmax} = \left(\frac{1}{m} - 1 \right) t'_T \quad (18.11)$$

Hoặc:

$$T_{Qmax} = (\mu - 1)t'_T \quad (18.12)$$

Ở đây:

μ - đại lượng ngược với số mũ m của tuổi bền T.

Ví dụ:

Xác định tuổi bền đạt năng suất cao nhất nếu biết dao cắt là dao thép gió và $m = \frac{1}{8}$ và $t'_T = 2$ phút.

Ta có: $T_{Qmax} = (\mu - 1)t'_T = (8 - 1).2 = 14$ phút.

18.3. Xác định tuổi bền đạt giá thành gia công thấp nhất

Giá thành nguyên công G có thể được chia ra hai nhóm (hai phần):

a) Phần giá thành nguyên công không phụ thuộc vào chế độ cắt và tuổi bền dụng cụ, phần giá thành này có thể lấy cố định cho một đơn vị sản phẩm, ví dụ, giá thành vật liệu, năng lượng chi phí vận chuyển trong phân xưởng, v.v.

b) Phần giá thành nguyên công cho một đơn vị sản phẩm thay đổi tùy thuộc vào tốc độ cắt và tuổi bền dụng cụ. Phần giá thành biến đổi bao gồm:

- Lương công nhân đứng máy tính theo thời gian gia công
- Lương cho công nhân thay dao và điều chỉnh dao, điều chỉnh máy.
- Lương cho thợ mài dao.
- Chi phí phân xưởng gia công cơ và bộ phận mài dao.

Tổng các yếu tố của phần giá thành thay đổi E_1 được tính theo công thức (USD):

$$E_1 = t_0 \cdot E_2 + \frac{t_T}{N_0} \cdot E_2 + \frac{E_3}{N_0} \quad (18.13)$$

Ở đây:

E_2 – lương của thợ đứng máy trong một phút kể cả chi phí cho máy trong một phút gia công (USD);

E_3 – chi phí để chế tạo và vận hành dụng cụ trong khoảng tuổi bền (USD).

N_0 – Số lượng chi tiết được gia công trong khoảng tuổi bền (USD);

t_T – thời gian thay dao mòn trong khoảng tuổi bền (phút);

t_0 – thời gian cơ bản (phút).

E_3 được tính theo công thức:

$$E_3 = \frac{E_4}{K+1} + E_5 \quad (18.14)$$

Ở đây:

E_4 – giá thành của dao mới (USD);

K – số lần mài lại cho phép đến khi dao bị mòn hoàn toàn;

$K + 1$ – số lần mài lại cộng với một lần tuổi bền lúc ban đầu;

E_5 – chi phí cho một lần mài dao kể cả chi phí của bộ phận mài dụng cụ (USD).

Để có giá thành thấp nhất thì E_1 phải nhỏ nhất. Chia hai vế của phương trình (18.13) cho E_2 ta được:

$$\frac{E_1}{E_2} = t_0 + \frac{t_T + \frac{E_3}{E_2}}{N_0} = t_0 + \frac{R}{N_0}$$

Ở đây:

$\frac{E_3}{E_2}$ – chi phí để chế tạo và vận hành dụng cụ, được biểu thị theo phút làm việc của công nhân.

$R = t_T + \frac{E_3}{E_2}$ – toàn bộ chi phí cho chế tạo dụng cụ, thay dụng cụ khi bị mòn và mài lại, được biểu thị theo phút làm việc của công nhân.

Sử dụng các công thức (18.5) và (18.9) có thể biểu thị đại lượng $\frac{E_1}{E_2}$ qua tuổi bền dụng cụ theo phút của thời gian máy (thời gian cơ bản):

$$\frac{E_1}{E_2} = t_0 + \frac{R}{N_0} = t_0 + \frac{R \cdot t_0}{T} = CT^m + C.R.T^{m-1} \quad (18.15)$$

Để có giá thành nguyên công thấp nhất (cực tiểu) ta lấy đạo hàm của phương trình (18.15) theo T và cho nó bằng 0:

$$\frac{d}{dT} [CT^m + C.R.T^{m-1}] = CmT^{m-1} + C.R(m-1)T^{m-2} = 0$$

Chia hai vế của phương trình nhận được cho CmT^{m-2} ta có:

$$T + \left(\frac{1-m}{m}\right)R = 0$$

Hoặc:

$$T_{Gmin} = \left(\frac{m-1}{m}\right)R \quad (18.16)$$

Phương trình (18.16) có thể được viết dưới dạng:

$$T_{Gmin} = (\mu - 1)R = (\mu - 1)\left(t_T + \frac{E_3}{E_2}\right) \quad (18.17)$$

Biểu thức (18.17) có cấu trúc giống như biểu thức (18.12) để tính T_{Qmax} , nhưng ở đây đại lượng $(\mu - 1)$ không phải là nhân với t_T mà nhân với $\left(t_T + \frac{E_3}{E_2}\right)$. Như vậy ở đây không chỉ tính đến lao động sống cho chạy dao mà còn tính cả lao động sống và lao động quá khứ có liên quan đến dụng cụ cắt.

Ta thấy tuổi bền đạt giá thành thấp nhất T_{Gmin} luôn luôn lớn hơn tuổi bền đạt năng suất cao nhất T_{Qmax} . Tuổi bền đạt giá thành thấp nhất càng lớn, dụng cụ càng đắt tiền, chi phí cho vận hành và thời gian thay dụng cụ càng lớn. Vì vậy tuổi bền đạt giá thành thấp nhất của dao tiện định hình thường lớn hơn tuổi bền đạt giá thành thấp nhất của các dao tiện thông thường.

Cũng tương tự như vậy: T_{Gmin} của dao khoan đường kính lớn sẽ lớn hơn T_{Gmin} của dao khoan đường kính nhỏ, T_{Gmin} của dao phay cắt răng lớn hơn T_{Gmin} của dao phay thông thường. Ngoài ra, máy càng đắt tiền, tuổi bền dụng cụ càng phải nhỏ, bởi vì chi phí cho vận hành máy trong thành phần E_1 càng lớn.

Ví dụ:

Xác định tuổi bền đạt giá thành thấp nhất khi gia công thép bằng dao tiện hợp kim cứng nếu biết $t_T = 3$ phút; $E_4 = 0,5$ USD; $E_5 = 0,06$ USD; $E_2 = 0,015$ USD; $m = \frac{1}{5} = 0,2$ và $K = 11$.

Ta có công thức:

$$T_{Gmin} = (\mu - 1)R = t_T + \frac{E_3}{E_2}$$

$$E_3 = \frac{E_4}{K+1} + E_5 = \frac{0,5}{11+1} + 0,06 = 0,10 \text{ USD}$$

Như vậy:

$$T_{Gmin} = (5 - 1)\left(3 + \frac{0,10}{0,015}\right) = 39 \text{ phút .}$$

Tuổi bền tối ưu của dụng cụ cắt phụ thuộc vào điều kiện sản xuất cụ thể. Vì vậy, chúng không như nhau đối với các nhà máy khác nhau và ngay cả trong cùng nhà máy đối với từng phân xưởng chúng vẫn có thể khác nhau. Tuy nhiên, do quá trình tính toán rất phức tạp cho nên trong thực tế người ta không tính tuổi bền cho từng trường hợp cụ thể mà lấy giá trị tuổi bền của dụng cụ được sử dụng trong những điều kiện sản xuất bình thường.

Chương 19

XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ CẮT KHI GIA CÔNG ĐỒNG THỜI BẰNG NHIỀU DAO VÀ TRÊN ĐƯỜNG DÂY TỰ ĐỘNG

19.1. Xác định chế độ cắt khi gia công đồng thời bằng nhiều dao

Nguyên tắc chung để xác định chế độ cắt khi gia công đồng thời bằng nhiều dao không khác các nguyên tắc tính chế độ cắt khi gia công bằng một dao. Các nguyên tắc đó là:

a) Đạt năng suất cao nhất của máy nhiều dao

b) Trình tự xác định chế độ cắt cho máy nhiều dao như sau:

- Đối với mỗi dao, chọn chiều sâu cắt lớn nhất.

- Chọn lượng chạy dao lớn nhất cho phép của mỗi dao và của toàn bộ bàn dao.

- Xác định tốc độ cắt có thể đảm bảo cho tất cả các dao trên máy hoạt động bình thường, xác định tuổi bền đạt giá thành gia công thấp nhất. Tuổi bền này khi gia công đồng thời bằng nhiều dao phải lớn hơn khi gia công bằng một dao, bởi vì khi gia công đồng thời nhiều dao, thời gian thay dao tăng, tổng giá thành của các dao và chi phí để mài lại dao tăng.

Trong thực tế, người ta sử dụng phương pháp gần đúng để tính chế độ cắt khi gia công đồng thời bằng nhiều dao. Nó được dựa trên các nguyên tắc sau:

Dụng cụ có tuổi bền (biểu thị qua số lượng chi tiết được gia công cho đến lúc dụng cụ mòn phải mài lại) thấp nhất được gọi là dụng cụ giới hạn. Dụng cụ này được điều chỉnh và thay đổi thường xuyên, vì vậy khi tính chế độ cắt cho gia công đồng thời bằng nhiều dao có thể chọn dao giới hạn làm cơ sở. Điều này có nghĩa là, đầu tiên phải chọn dao giới hạn và tính tốc độ cắt đảm bảo tuổi bền cho dao đó, sau đó tính chế độ cắt cần thiết cho máy.

Dao giới hạn được xác định từ điều kiện cắt, là dao chịu tải trọng lớn nhất, có nghĩa là dao cắt ở đường kính lớn nhất với lượng chạy dao, chiều sâu cắt và hành trình cắt lớn nhất, v.v. Tuổi bền tối ưu của dao giới hạn phải lớn hơn nhiều so với trường hợp gia công bằng một dao. Khi xác định tuổi bền này (tuổi bền của dao giới hạn) cần tính đến độ phức tạp điều chỉnh máy và số lượng dụng cụ cắt:

$$T_{gh} = K \sum T_i$$

(19.1)

Ở đây:

T_{gh} – tuổi bền của dao giới hạn (phút);

T_i – tuổi bền đạt giá thành gia công thấp nhất với giả thiết rằng dao làm việc trên máy một dao;

$K < 1$ – hệ số tính đến dạng gia công, số lượng dao khi điều chỉnh và độ đồng đều của tải trọng khi làm việc của các dao. Giá trị K được chọn theo bảng 19.1.

Bảng 19.1

Số dao cần điều chỉnh	1	2	3	4	5	6-8	9-12	12
Hệ số nhiều dao K	1	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

Đối với máy tự động gia công bằng một dao thì tuổi bền giới hạn $T_{gh} = 120$ phút, còn đối với máy tự động nhiều dao: $T_{gh} = 150$ phút.

Dựa theo tuổi bền giới hạn T_{gh} tính tốc độ cắt và số vòng quay của trục chính máy. Tốc độ cắt của các dao còn lại được tính theo số vòng quay này với các đường kính gia công khác nhau (có nghĩa là cùng một số vòng quay n nhưng tốc độ cắt V của các dao khác nhau do đường kính gia công khác nhau).

Tính chế độ cắt cho trường hợp gia công đồng thời bằng nhiều dao có một số đặc điểm khác so với gia công bằng một dao vì kết cấu của máy và điều kiện gia công. Các đặc điểm chủ yếu bao gồm:

1. Tính chế độ cắt có liên quan đến điều chỉnh nhiều dao, chủng loại, số lượng và điều kiện tải trọng của dao. Trong trường hợp này cần đạt tải trọng lớn nhất của các dao theo thời gian cắt và cách phân bố lượng dư hợp lý giữa các dao.

2. Kết cấu động học của máy nhiều dao có thể hạn chế lượng chạy dao hoặc số vòng quay của mỗi dao riêng biệt. Ví dụ:

- Trên các máy có trục quay chi tiết với số vòng quay cố định n , tất cả các dụng cụ gá trên cùng một đài dao phải có chung lượng chạy dao theo vòng quay của chi tiết (của trục chính máy).

- Trên các máy khoan tổ hợp, tất cả các dụng cụ của đầu dao phải có cùng lượng chạy dao phút, do đó đối với một dao nào đó muốn tăng lượng chạy dao vòng cần phải giảm số vòng quay trong một phút.

- Trên các máy tiện tự động và bán tự động, lượng chạy dao của tất cả các đài dao được thực hiện từ một trục phân phối, lượng chạy dao cần thiết chỉ

do một đài dao giới hạn thực hiện, còn ở các dụng cụ của các đài dao khác lượng chạy dao sẽ nhỏ hơn.

3. Điều kiện sử dụng hợp lý của các máy tổ hợp nhiều dao có nhiều đài dao là cân bằng thời gian làm việc của tất cả các đài dao.

Tính chế độ cắt cho gia công tinh và bán tinh trên máy nhiều dao được thực hiện theo dao giới hạn có độ bền thấp nhất.

19.2. Xác định chế độ cắt khi gia công trên đường dây tự động.

Điều kiện vận hành dụng cụ cắt trên các máy vạn năng và trên đường dây tự động rất khác nhau. Vì vậy, phương pháp tính chế độ cắt cho các máy vạn năng không thích hợp cho đường dây tự động. Trên đường dây tự động không thể quan sát liên tục trạng thái làm việc của từng dao riêng biệt trong số rất nhiều dao cùng tham gia cắt. Vấn đề quan trọng trên đường dây tự động là tất cả các dao phải làm việc ổn định trong khoảng thời gian giữa hai lần thay dao cho cả nhóm dao.

Đối với đường dây tự động tính chế độ cắt không phải xuất phát từ tuổi bền dụng cụ, mà phải xuất phát từ số lượng chi tiết gia công trong khoảng tuổi bền.

Số lượng chi tiết K được gia công trong khoảng tuổi bền được tính theo công thức:

$$K = \frac{F}{f} \quad (19.2)$$

Ở đây:

F – diện tích bề mặt mm^2 có thể được gia công trong khoảng tuổi bền T với lượng chạy dao S và tốc độ cắt V , $F = 1000 S.V.T$;

f – diện tích bề mặt của một chi tiết gia công (mm^2).

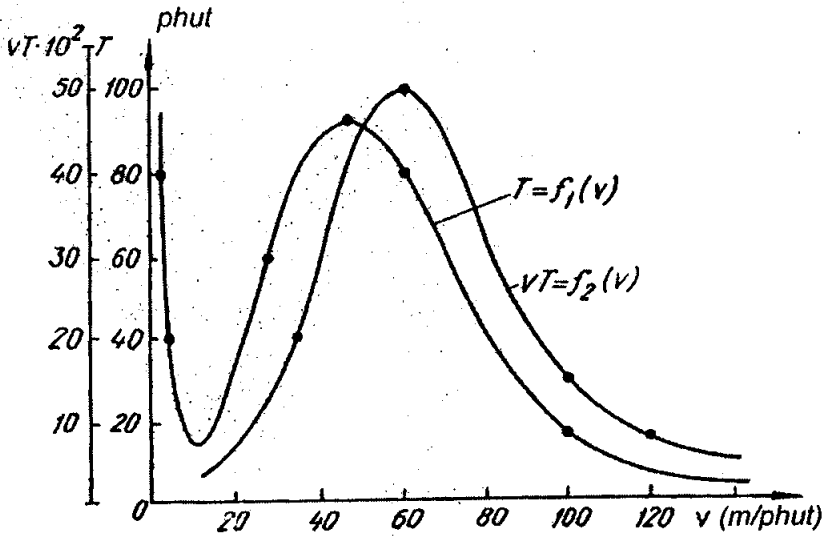
Đối với chuyển động quay khi cắt: $f = \pi.D.l$, còn đối với chuyển động tịnh tiến đi lại khi cắt: $f = B.l$ (ở đây: D , B , l – đường kính, bề rộng và chiều dài của chi tiết gia công được tính bằng mm).

Như vậy, số lượng chi tiết K có thể được tính theo công thức:

$$K = \frac{1000.S}{\pi .D.l} V .T = \frac{1000S}{B.l} V .T \quad (19.3)$$

Từ công thức (19.3) ta thấy, đối với các giá trị xác định S , B , D và l số lượng chi tiết K tỷ lệ thuận với tích $V.T$. Như ta đã biết, quan hệ giữa T và V được biểu thị bằng đường cong gần với đường cong hypecbol hoặc đường cong phức tạp có nhiều điểm uốn.

Theo số liệu thực nghiệm, giáo sư Granôpxki đã xây dựng được đồ thị quan hệ $T = f_1(V)$ và $VT = f_2(V)$ như hình 19.1.



Hình 19.1. Quan hệ phụ thuộc giữa: $T = f_1(V)$ và $VT = f_2(V)$

Từ đồ thị hình 19.1 có thể thấy, giá trị VT cực đại (biểu thị số lượng chi tiết được gia công trong khoảng tuổi bền T) không trùng với tuổi bền lớn nhất T . Tốc độ đạt tuổi bền lớn nhất nhỏ hơn tốc độ đạt VT lớn nhất, có nghĩa là đạt năng suất cao nhất (phụ thuộc vào VT). Như vậy, điều kiện cắt tối ưu là điều kiện cắt để có tích VT lớn nhất. Với VT lớn nhất cường độ mòn dụng cụ thấp nhất và có số lượng chi tiết gia công lớn nhất.

Từ phân tích trên đây ta thấy rằng, khi gia công trên đường dây tự động, tuổi bền dụng cụ không thể được dùng như là điều kiện ban đầu để tính chế độ cắt, bởi vì trong trường hợp này không xuất hiện điều kiện cắt tối ưu. Phương pháp hợp lý hơn là dùng số lượng chi tiết được gia công trong khoảng tuổi bền dụng cụ và tốc độ cắt.

Để xây dựng đường cong $VT = f_2(V)$ và xác định điều kiện đạt năng suất cao nhất, ngoài các yếu tố cố định trong công thức (19.3) cần tính tích VT cho mỗi điểm của đường cong.

Chương 20

TỐI ƯU HOÁ QUÁ TRÌNH CẮT GỌT

20.1. Khái niệm

Để nâng cao hiệu quả kinh tế ta phải xác định chế độ cắt tối ưu cho từng nguyên công. Việc xác định chế độ cắt tối ưu rất cần thiết bởi vì:

- Phương pháp gia công cắt gọt là phương pháp phổ biến nhất.
- Máy cắt gọt ngày càng được hiện đại hoá, do đó giá thành tăng. Muốn mang lại hiệu quả kinh tế phải xác định chế độ cắt tối ưu.
- Khi thực hiện tự động hoá nếu máy không làm việc với chế độ cắt tối ưu sẽ không mang lại hiệu quả kinh tế.

Như vậy cần phải xác định chế độ cắt tối ưu cho từng nguyên công rồi sau đó tiến hành tối ưu hoá cho từng công nghệ.

Tối ưu hoá chế độ cắt được thực hiện theo hai phương pháp:

1. Tối ưu hoá tĩnh (tối ưu hoá trước quá trình cắt gọt).

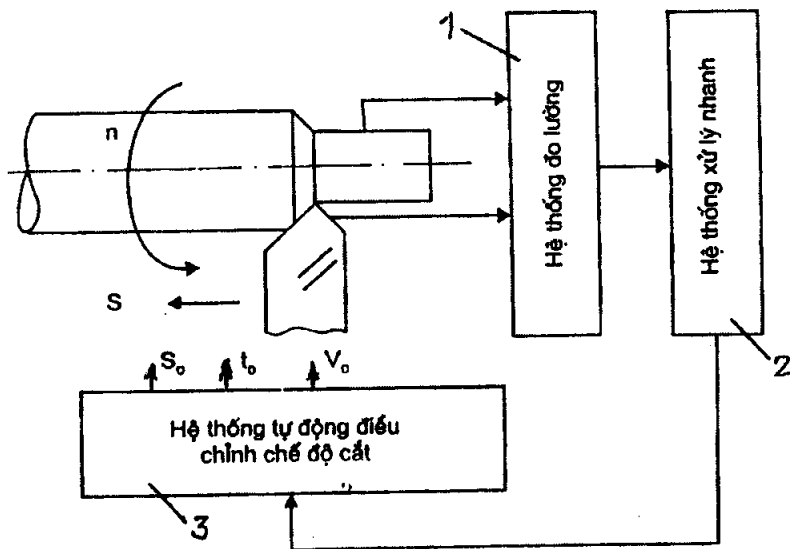
Tối ưu hoá tĩnh là xác định chế độ cắt trước khi gia công thông qua mối quan hệ toán học giữa hai mục tiêu và các giới hạn (các hàm ràng buộc). Tối ưu hoá tĩnh dựa trên mô hình tĩnh của quá trình cắt. Nhược điểm của phương pháp này là không chú ý đến động lực học của quá trình cắt.

Trước khi gia công người ta điều chỉnh máy theo các thông số đã xác định.

2. Tối ưu hoá động (tối ưu hoá trong quá trình cắt gọt).

Tối ưu hoá động dựa trên mô hình động của quá trình cắt có tính đến đặc tính ngẫu nhiên xuất hiện khi cắt. Ở đây chế độ cắt được xác định trước nhưng khi cắt nó được điều chỉnh nếu xuất hiện những yếu tố ngẫu nhiên (như độ cứng không đều, lượng dư không đều) thay đổi theo thời gian. Các thay đổi này được ghi lại nhờ hệ thống đo lường chủ động và được cung cấp cho hệ thống xử lý thông tin để kịp thời điều chỉnh lại chế độ cắt (thông qua hệ thống tự động điều chỉnh, hình 20.1) như vậy, máy luôn luôn làm việc với chế độ cắt tối ưu.

Ban đầu máy được điều chỉnh để làm việc với chế độ cắt tối ưu đã được xác định trước. Trong quá trình làm việc mặc dù xuất hiện các yếu tố ngẫu nhiên (độ cứng của vật liệu gia công, lượng dư, độ mòn của dao, v.v.) nhưng nhờ có các tín hiệu đo do hệ thống đo lường chủ động 1 cung cấp, hệ thống xử lý thông tin 2 xác định ngay được chế độ cắt tối ưu và cung cấp cho hệ thống điều chỉnh 3 để điều chỉnh lại máy và đảm bảo cho máy luôn luôn làm việc với chế độ cắt tối ưu mà hệ thống xử lý thông tin vừa xác định.



Hình 20.1. Sơ đồ tối ưu hoá động

So với tối ưu hoá tĩnh, tối ưu hoá động giải quyết vấn đề triệt để hơn nhưng rất phức tạp và nó gắn liền với kiểm tra tích cực và điều khiển thích nghi.

20.2. Hàm mục tiêu

Chế độ cắt tối ưu là chế độ cắt mà ta đạt được hàm mục tiêu cực đại hoặc cực tiểu. Các hàm mục tiêu có thể là:

- Năng suất cao nhất (thời gian gia công nhỏ nhất).
- Giá thành thấp nhất.
- Độ chính xác hoặc độ bóng bề mặt cao nhất.
- Tuổi bền của dụng cụ cao nhất.

Nhiệm vụ chính khi xác định chế độ cắt tối ưu là xây dựng mô hình toán học biểu thị quá trình cắt gọt. Để xây dựng được mô hình toán học ta phải thiết lập các phương trình ràng buộc (phương trình giới hạn) mô tả quá trình động học và động lực học của quá trình cắt và một phương trình tối ưu (hàm mục tiêu).

Do hàm tối ưu có nhiều dạng, trong thực tế thường hay chọn hàm tối ưu "năng suất cao nhất" (thời gian gia công nhỏ nhất). Thực tế cho thấy khi tính tuổi bền của dao kinh tế nhất thì phương án chế độ cắt đảm bảo thời gian gia công nhỏ nhất là kinh tế nhất.

Hàm mục tiêu "năng suất cao nhất" (thời gian gia công nhỏ nhất) có dạng:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s}$$

Hay:

$$T_0 = \frac{1}{n.s} \rightarrow \min \quad (20.1)$$

Ở đây:

L – chiều dài đường chuyển dao (mm);

n – số vòng quay của chi tiết hoặc của dao (vòng/phút);

s – lượng chạy dao vòng (mm/vòng).

Theo công thức (20.1) để cho $T_0 \rightarrow \min$ thì $n.s \rightarrow \max$.

20.3. Phương trình ràng buộc

Để xác định ảnh hưởng của các ràng buộc kỹ thuật tới chế độ cắt ta có thể mô tả hàm số trong sự phụ thuộc vào n , t , s . Chiều sâu cắt t thường cố định và trong sản xuất hàng loạt người ta chọn phương pháp gia công bằng một bước.

Khi gia công trên các máy công cụ những ràng buộc chủ yếu được tính đến là những ràng buộc sau đây:

1. Ràng buộc thứ nhất "khả năng cắt của dụng cụ".

Khả năng cắt của dụng cụ cắt mô tả mối quan hệ giữa tốc độ cắt và tuổi bền dụng cụ, vật liệu phần cắt, thông số hình học của phần cắt, chiều sâu cắt, lượng chạy dao và tính chất cơ lý của vật liệu gia công. Phương trình quan hệ giữa các thông số trên đây có dạng:

a) Tiện:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \quad (20.2)$$

Ở đây:

C_v, K_v – các hệ số (xác định theo sổ tay chuyên ngành);

x_v, y_v, m – các số mũ (xác định theo các phụ lục 2 và các phụ lục 5 ÷ 12);

T – tuổi bền của dao (phút);

S – lượng chạy dao (mm/vòng);

t – chiều sâu cắt (mm).

Nhưng mặt khác tốc độ cắt V được tính theo công thức:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (20.3)$$

Ở đây:

d – đường kính của chi tiết gia công (mm);

n – số vòng quay của chi tiết gia công (vòng/phút);

Thay (20.3) vào (20.2) ta được:

$$\frac{\pi.d.n}{1000} = \frac{C_v.K_v}{T^m.t^{x_v}.S^{y_v}} \quad (20.4)$$

Hoặc:

$$n.S^{y_v} = \frac{318.C_v.K_v}{d.T^m.t^{x_v}} \quad (20.5)$$

Nhân hai vế của phương trình (20.5) với 100^{y_v} , bởi vì giá trị lượng chạy dao thường < 1 , cho nên cần nhân lên 100^{y_v} để cho $\log S$ hay $\ln S$ đều lớn hơn 0. Vậy ta có:

$$n.S^{y_v}.100^{y_v} = \frac{100^{y_v}.318.C_v.K_v}{d.T^m.t^{x_v}} \quad (20.6)$$

Hay:

$$n(100S)^{y_v} = \frac{100^{y_v}.318.C_v.K_v}{d.T^m.t^{x_v}} \quad (20.7)$$

Đối với phương trình ràng buộc ta thay dấu = bằng dấu \leq , nên ta có:

$$n(100S)^{y_v} \leq \frac{100^{y_v}.318.C_v.K_v}{d.T^m.t^{x_v}} \quad (20.8)$$

b) Khoan

Cũng phân tích tương tự như trên cho nguyên công khoan, ta có phương trình ràng buộc "khả năng cắt của dụng cụ" như sau:

$$n(100S)^{y_v} \leq \frac{100^{y_v}.318.D^{z_v-1}.C_v.K_v}{T^m} \quad (20.9)$$

Ở đây:

C_v, y_v, z_v, K_v, T - được xác định theo các phụ lục 5 +9, 11, 13+15 và 16;

t - chiều sâu cắt khi khoan (mm), $t = \frac{d}{2}$;

D - đường kính dao khoan (mm).

c) Phay

Cũng làm theo cách trên ta được phương trình ràng buộc "khả năng cắt của dụng cụ" khi phay như sau:

$$n(100S)^{y_v} \leq \frac{100^{y_v}.318.D^{z_v-1}.C_v.K_v}{T^m.t^{x_v}.Z^{u_v}.B^{r_v}} \quad (20.10)$$

Ở đây:

D - đường kính dao phay (mm);

Z – số răng của dao phay;

B – bề rộng của dao phay (mm)

$C_v, x_v, y_v, z_v, u_v, r_v, K_v, T$ - được xác định theo các phụ lục 3, 4, 5 ÷ 11 và 17.

2. Ràng buộc thứ hai "công suất cắt".

Cũng theo cách biến đổi tương tự như ràng buộc thứ nhất ta có các bất phương trình ràng buộc cho các nguyên công như sau:

a) Tiện

$$n^{n_z+1} (100S)^{yz} \leq \frac{100^{yz} \cdot N_c \cdot 6120 (10^3)^{n_z+1} \cdot \eta}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot d^{n_z+1} \cdot \pi^{n_z+1} \cdot K_z} \quad (20.11)$$

Ở đây:

N_c – công suất cắt (kW);

η - hiệu suất ($\eta = 0,8$).

Các hệ số và các số mũ cũng được xác định theo phụ lục 18.

$K_z = K_m K_\phi K_\gamma K_r$ theo các phụ lục 19, 20, 21.

b) Khoan

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$n(100S)^{yz} \leq \frac{100^{yz} \cdot N_c \cdot 3060 \cdot 10^3 \cdot \eta}{C_z \cdot D^{n_z} \cdot \pi \cdot K_z} \quad (20.12)$$

Ở đây:

$\eta = 0,8$;

Hệ số C_z và các số mũ y_z, n_z được xác định theo phụ lục 22;

$K_z = K_m K_{\phi M} K_{\delta M}$ theo các phụ lục 19, 20, 23, 24.

c) Phay

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$n^{1-n_z} (100S)^{yz} \leq \frac{100^{yz} \cdot N_c \cdot D^{n_z-1} \cdot 612 \cdot 10^4 \cdot \eta}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot B^{f_z} \cdot z \cdot \pi \cdot K_z} \quad (20.13)$$

Ký hiệu của các thông số của (2.13) cũng tương tự như trong công thức (20.10).

3. Ràng buộc thứ ba "độ bền của cơ cấu chạy dao"

Cũng biến đổi tương tự như ràng buộc thứ nhất ta có các phương trình ràng buộc cho các nguyên công như sau:

a) *Tiền*

$$n^{n_x} (100S)^{y_x} \leq \frac{100^{y_x} \cdot (10^3)^{n_x} \cdot P_s}{C_x \cdot t^{x_x} \cdot d^{n_x} \cdot \pi^{n_x} \cdot K_x} \quad (20.14)$$

Ở đây:

P_s – lực chạy dao (kG).

Hệ số C_x và các số mũ x_x, y_x, n_x được xác định theo phụ lục 18.

$K_x = K_m K_\phi K_\gamma \cdot K_r$ theo các phụ lục 19, 20, 21.

b) *Khoan*

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$(100S)^{y_x} \leq \frac{100^{y_x} \cdot P_s}{C_x \cdot D^{z_x} \cdot K_x} \quad (20.15)$$

Hệ số C_x và các số mũ y_x, z_x được xác định theo phụ lục 22.

$K_x = K_m K_{\phi M} K_{\delta M}$ theo các phụ lục 19, 20, 21.

c) *Phay*

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$n^{-n_z} (100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot D^{q_z} \cdot P_s}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot B^{r_z} \cdot z \cdot K_z \cdot K'_s} \quad (20.16)$$

$C_z, x_z, y_z, r_z, n_z, q_z$ theo phụ lục 25. K'_s theo phụ lục 26.

$K_z = K_m$ theo phụ lục 19, 20.

P_s theo phụ lục 28.

4. Ràng buộc thứ tư "Độ bền của dụng cụ cắt"

Cũng biến đổi tương tự như ràng buộc thứ nhất ta có các phương trình ràng buộc cho các nguyên công như sau:

a) *Tiền*

$$n^{n_z} (100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot (10^3)^{n_z} \cdot 2.67 \cdot A \cdot H}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot \pi^{n_z} \cdot K_z \cdot K_0} \quad (20.17)$$

Ở đây:

A- bề rộng thân dao (mm);

H- chiều cao thân dao (mm);

C_z, x_z, y_z, n_z theo phụ lục 18;

$K_z = K_m K_\phi K_\gamma \cdot K_r$ theo các phụ lục 19, 20, 21;

K_0 theo phụ lục 27.

b) Khoan

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$(100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot 24,22 \cdot D^{3-z_z}}{C_z \cdot 10 \cdot 10^4 \cdot K_z \cdot K_0} \quad (20.18)$$

Hệ số C_z và các số mũ y_z, z_z được xác định theo phụ lục 22.

$K_z = K_m K_{\phi M} K_{\delta M}$ theo các phụ lục 19, 20, 23, 24.

K_0 theo phụ lục 27.

c) Phay

Vì độ bền của dao phay rất cao nên không cần đưa ràng buộc này vào tính toán:

5. Ràng buộc thứ năm "độ cứng vững của dụng cụ cắt"

Cũng biến đổi tương tự như ràng buộc thứ nhất ta có các phương trình ràng buộc cho các nguyên công như sau:

a) Tiện

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$n^{n_z} (100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot (10^3)^{n_z+1} \cdot A}{C_z \cdot l^{x_z} \cdot d^{n_z} \pi^{n_z} \cdot 6,76 \cdot K_z} \quad (20.19)$$

C_z, x_z, y_z, n_z theo phụ lục 18.

$K_z = K_m K_\phi K_\gamma \cdot K_r$ theo các phụ lục 19, 20, 21.

b) Khoan

Phương trình ràng buộc có dạng:

$$(100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot 2015 \cdot D^{4-z_x}}{C_z \cdot l^{z_x} \cdot K_x} \quad (20.20)$$

Ở đây:

l – chiều dài dao khoan (mm);

Hệ số C_z và các số mũ y_x, z_x được xác định theo phụ lục 22;

$K_x = K_m K_{\phi p} K_{\delta p}$ theo các phụ lục 19, 20, 23, 24.

c) Phay

Dao phay có độ cứng vững rất cao, do đó chúng ta không cần đưa ràng buộc vào tính toán.

6. Ràng buộc thứ sáu "số vòng quay nhỏ nhất của trục chính"

Đối với tất cả các trường hợp, số vòng quay của chi tiết (khi tiện), của dao (khi khoan và khi phay) đều phải lớn hơn hoặc bằng số vòng quay nhỏ nhất n_{\min} của trục chính máy. Như vậy đối với cả ba trường hợp : tiện, khoan và phay ta có:

$$n \geq n_{\min} \quad (20.21)$$

Ở đây:

n_{\min} - số vòng quay nhỏ nhất của trục chính máy (vòng /phút).

7. Ràng buộc thứ bảy "số vòng quay lớn nhất của trục chính"

Khi cắt, số vòng quay của chi tiết (khi tiện), của dao (khi khoan và khi phay) đều phải nhỏ hơn hoặc bằng số vòng quay lớn nhất n_{\max} của trục chính máy. Áp dụng cho cả ba trường hợp : tiện, khoan và phay ta có:

$$n \leq n_{\max} \quad (20.22)$$

Ở đây:

n_{\max} - số vòng quay lớn nhất của trục chính máy (vòng /phút).

8. Ràng buộc thứ tám "lượng chạy dao nhỏ nhất của máy"

Lượng chạy dao khi cắt (cả ba trường hợp: tiện, khoan và phay) phải lớn hơn hoặc bằng lượng chạy dao nhỏ nhất của máy. Như vậy ta có:

$$100S \geq 100 S_{\min} \quad (20.23)$$

Ở đây:

S_{\min} - lượng chạy dao nhỏ nhất của máy.

9. Ràng buộc thứ chín "lượng chạy dao lớn nhất của máy"

Lượng chạy dao khi cắt (cả ba trường hợp: tiện, khoan và phay) phải nhỏ hơn hoặc bằng lượng chạy dao lớn nhất của máy. Như vậy ta có:

$$100S \leq 100 S_{\max} \quad (20.24)$$

Ở đây:

S_{\max} - lượng chạy dao lớn nhất của máy.

20.4 Mô hình toán học

Để xây dựng mô hình toán học của quá trình cắt nhằm mục đích xác định chế độ cắt tối ưu cần phải chuyển tất cả các bất phương trình ràng buộc và hàm mục tiêu thành các bất phương trình tuyến tính.

Có thể thực hiện được điều này nếu chuyển tất cả các bất phương trình đó thành các biểu thức lôgarit tự nhiên.

Ví dụ:

Ta chọn biểu thức (20.7) của phương pháp tiện. Lôgarit tự nhiên hai vế của phương trình (20.7) ta được:

$$\ln n + y_v \ln 100S \leq \ln \left(\frac{100^{y_v} \cdot 318 \cdot C_v \cdot K_v}{d \cdot T^m \cdot t^{X_v}} \right) \quad (20.25)$$

Đặt $\ln n = X_1$; $\ln 100S = X_2$ và $\ln \left(\frac{100^{y_v} \cdot 318 \cdot C_v \cdot K_v}{d \cdot T^m \cdot t^{X_v}} \right) = b_1$

Khi thay các ký hiệu này vào biểu thức (20.25) ta được:

$$X_1 + y_v \cdot X_2 \leq b_1 \quad (20.26)$$

Theo cách biến đổi tương tự ta được các bất đẳng thức tuyến tính của các hàm ràng buộc và hàm mục tiêu (ví dụ của phương pháp tiện):

$$\left. \begin{array}{l} X_1 + y_z \cdot X_2 \leq b_1 \\ (n_z + 1)X_1 + y_z \cdot X_2 \leq b_2 \\ n_x X_1 + y_x \cdot X_2 \leq b_3 \\ n_z X_1 + y_z \cdot X_2 \leq b_4 \\ n_x X_1 + y_x \cdot X_2 \leq b_5 \\ X_1 \geq b_6 \\ X_1 \leq b_7 \\ X_2 \geq b_8 \\ X_2 \leq b_9 \end{array} \right\} \quad (20.27)$$

$$f_0 = (X_1 + X_2) = \max$$

Theo công thức (20.1) để có $T_0 \rightarrow \min$ thì $n \cdot s \rightarrow \max$ hoặc

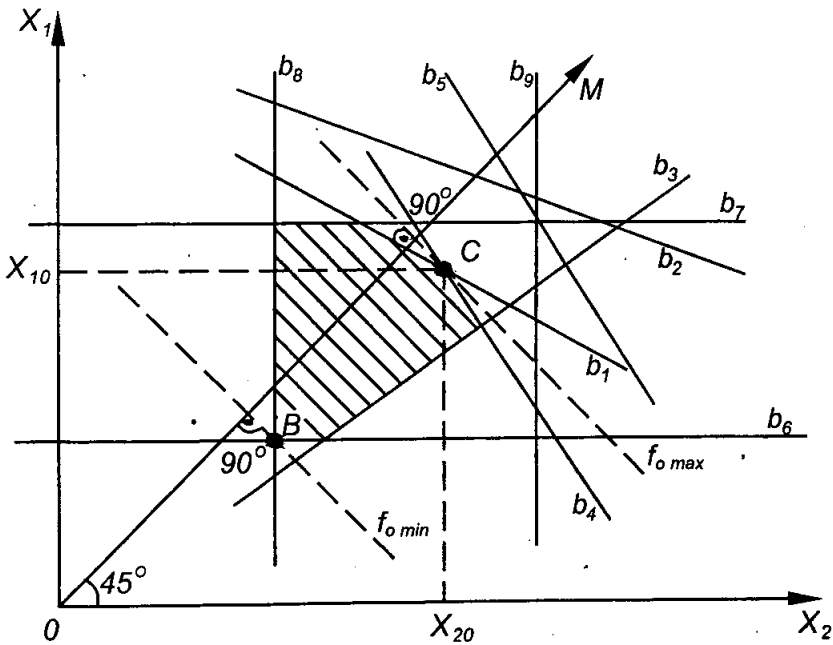
$$f_0 = \ln n + \ln 100S = X_1 + X_2 = \max.$$

Khi có mô hình toán học (20.27) ta dựng đồ thị cho tất cả các bất đẳng thức của mô hình toán học này (hình 20.2). Tất cả các giá trị n , s (hay X_1 và X_2) nằm trong đa giác lồi (phần gạch chéo) đều là những thông số hợp lý nhưng chưa phải là giá trị tối ưu. Hàm số $f_0 = X_1 + X_2$ được thể hiện trên đồ thị hình 20.2 là một đường thẳng vuông góc với đường thẳng M đi qua gốc tọa độ và tạo thành góc 45° với trục hoành. Ta thấy $f_0 = X_1 + X_2 \rightarrow \max$ chỉ khi nó vuông góc với đường thẳng M (khi $X_1 = X_2$). Để cho hàm tuyến tính $f_0 = X_1 + X_2$ đạt giá trị \max thì khoảng cách từ điểm O (gốc tọa độ) tới đường thẳng f_0 (vuông góc với đường thẳng M) là lớn nhất. Điểm đó chính là điểm C (một điểm của đa giác lồi). Tại điểm B ta có hàm số $f_0 = (X_1 + X_2)_{\min}$. Từ điểm C ta hạ hai đường thẳng vuông góc xuống hai trục OX_1 và OX_2 . Hai đường thẳng vuông góc này cắt xuống hai trục OX_1 và OX_2 tại hai điểm X_{10} và X_{20} .

Như vậy, X_{10} và X_{20} là các giá trị tối ưu. Hai giá trị X_{10} và X_{20} có quan hệ với n và S theo các công thức sau:

$$\ln n = X_1 \quad (20.28)$$

$$\ln 100S = X_2 \quad (20.29)$$



Hình 20.2. Đồ thị mô hình toán học

Từ hai công thức (20.28) và (20.29) có thể xác định được số vòng quay n và lượng chạy dao S tối ưu:

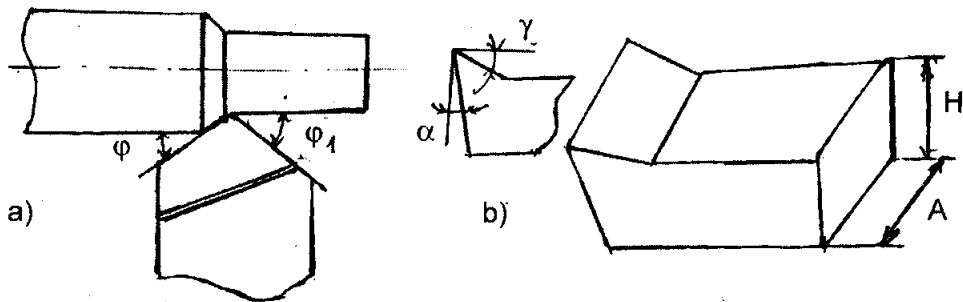
$$n = e^{X_{10}} \quad (20.30)$$

$$S = \frac{e^{X_{20}}}{100} \quad (20.31)$$

20.5. Ví dụ tính chế độ cắt tối ưu

Cần xác định số vòng quay n và lượng chạy dao S tối ưu cho nguyên công tiện bằng các ràng buộc 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 ($b_1, b_2, b_4, b_6, b_7, b_8, b_9$) nếu biết: đường kính chi tiết gia công $d = 80$ mm; chiều sâu cắt $t = 1$ mm; vật liệu gia công là thép 40X; phôi là phôi cán; vật liệu dao tiện T14K8; các góc của dao tiện $\varphi = 45^\circ, \varphi_1 = 45^\circ$; bán kính đỉnh dao $r = 1$ mm; kích thước thân dao $A \times H = 16 \times 25$ mm; máy tiện 1K62; nguyên công tiện: bán tinh, lượng chạy dao trong khoảng $S = 0,3 \div 0,7$ mm/vòng.

Sơ đồ gia công và kết cấu dao được thể hiện trên hình 20.3.



Hình 20. 3. Sơ đồ cắt khi tiện và kết cấu của dao tiện

a) sơ đồ cắt; b) kết cấu của dao tiện.

Ta tính từng bất đẳng thức theo các công thức đã nhận được.

1. Ràng buộc thứ nhất "khả năng cắt của dụng cụ".

$$n(100S)^{y_v} \leq \frac{100^{y_v} \cdot 318 \cdot C_v \cdot K_v}{d \cdot T^m \cdot t^{x_v}} \quad (*)$$

Các thông số $C_v = 350$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,35$; $m = 0,20$; $T = 50$ phút;

$$K_v = K_m K_n K_d K_\phi K_{\phi_1} K_r K_q =$$

$$\frac{75}{88} \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,94 \cdot 0,97 = 0,485$$

Thay các số liệu này vào bất đẳng thức (*) ta được:

$$n(100S)^{0,35} \leq \frac{100^{0,35} \cdot 318 \cdot 350 \cdot 0,485}{80 \cdot 50^{0,2} \cdot 1^{0,15}}$$

Thực hiện phép tính và lôgarit tự nhiên (ln) cho hai vế ta có:

$$\ln n + 0,35 \ln (100S) \leq 7,34 \text{ hay } X_1 + 0,35X_2 \leq 7,34.$$

2. Ràng buộc thứ hai "công suất cắt".

$$n^{n_z+1} (100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot N_c \cdot 6120 (10^3)^{n_z+1} \eta}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot d^{n_z+1} \cdot \pi^{n_z+1} \cdot K_z}$$

Các thông số $C_z = 300$, $x_z = 1,0$, $y_z = 0,75$, $n_z = -0,15$.

$$K_z = K_m K_\phi K_\gamma K_r$$

$$K_m = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p} = \left(\frac{88}{75} \right)^{0,75} = 1,17^{0,75}; \sigma_B = 88 \text{ kg/mm}^2; n_p = 0,75.$$

$$K_\phi = 1,0; K_\gamma = 1,0; K_r = 0,89.$$

Vậy ta có:

$$K_z = 1,17^{0,85} \cdot 0,89; N_c = 10 \text{ kW}; \eta = 0,85.$$

Như vậy:

$$n^{0,85} (100S)^{0,75} \leq \frac{100^{0,75} \cdot 2,67 \cdot 6120 (10^3)^{0,85} \cdot 0,85}{300 \cdot 1^{1,0} \cdot 80^{0,85} \cdot \pi^{0,85} \cdot 0,89 \cdot 1,17^{0,75}}$$

Thực hiện phép tính và lôgarit tự nhiên (ln) cho hai vế ta được:

$$0,85 \ln n + 0,75 \ln (100S) \leq 9,78$$

Hoặc $0,85X_1 + 0,75X_2 \leq 9,78$.

3. Ràng buộc thứ tư "độ bền của dụng cụ cắt"

$$n^{n_z} (100S)^{y_z} \leq \frac{100^{y_z} \cdot (10^3)^{n_z} \cdot 2,67 \cdot A \cdot H}{C_z \cdot t^{x_z} \cdot \pi^{n_z} \cdot K_z \cdot K} \quad (*)$$

Các thông số $C_z = 300$, $x_z = 1,0$, $y_z = 0,75$, $n_z = -0,15$.

$K_z = 1,17^{0,85} \cdot 0,89$; $K = 2,5$.

Thay các số liệu này vào công thức (*) ta được:

$$n^{-0,15} (100S)^{0,75} \leq \frac{100^{0,75} \cdot 2,67 (10^3)^{-0,15} \cdot 16 \cdot 25}{300 \cdot 1^{1,0} \cdot \pi^{-0,15} \cdot 2,5 \cdot 1,17^{0,75} \cdot 0,89}$$

Thực hiện phép tính và lôgarit tự nhiên (ln) cho hai vế ta được:

$$0,75 \ln (100S) - 0,15 \ln n \leq 2,94$$

Hoặc $0,75X_2 - 0,15X_1 \leq 2,94$

4. Ràng buộc thứ sáu "số vòng quay nhỏ nhất".

$$n \geq n_{\min}; n_{\min} = 12,5 \text{ vòng / phút}$$

$$X_1 \geq \ln 12,5 \text{ hay } X_1 \geq 2,52$$

5. Ràng buộc thứ bảy "số vòng quay lớn nhất".

$$n \leq n_{\max}; n_{\max} = 2000 \text{ vòng / phút}$$

$$X_1 \leq \ln 2000 \text{ hay } X_1 \leq 7,60$$

6. Ràng buộc thứ tám "lượng chạy dao nhỏ nhất"

$$100S \geq 100 S_{\min}; S_{\min} = 0,07 \text{ mm/vòng}$$

$$X_2 \geq \ln 100 \cdot 0,07 \text{ hay } X_2 \geq 1,95$$

7. Ràng buộc thứ chín "lượng chạy dao lớn nhất".

$$100S \leq 100 S_{\max}; S_{\max} = 4,16 \text{ mm/vòng}$$

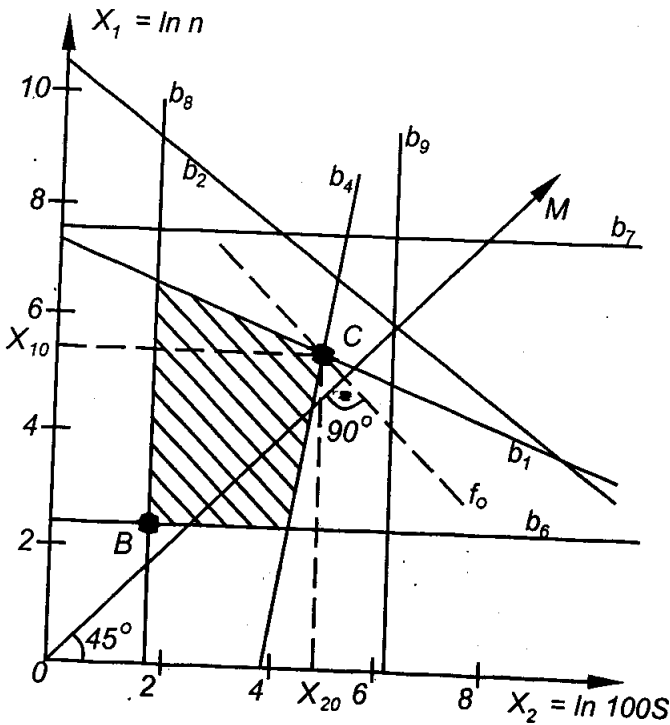
$$X_2 \leq \ln 100 \cdot 4,16 \text{ hay } X_2 \leq 6,03$$

Như vậy ta có hệ bất phương trình (mô hình toán học) với các bất phương trình sau:

$$\left. \begin{aligned} X_1 + 0,35X_2 &\leq 7,34 (b_1) \\ 0,85X_1 + 0,75X_2 &\leq 9,78 (b_2) \\ -0,15X_1 + 0,75X_2 &\leq 2,94 (b_4) \\ X_1 &\geq 2,52 (b_6) \\ X_1 &\leq 7,60 (b_7) \\ X_2 &\geq 1,95 (b_8) \\ X_2 &\leq 6,03 (b_9) \end{aligned} \right\}$$

$$f_0 = (X_1 + X_2) \rightarrow \max$$

Dựa vào bất đẳng thức trên đây ta dựng được đồ thị theo tỷ lệ tùy chọn (hình 20.4).



Hình 20.4. Đồ thị mô hình toán học

Như vậy, điểm C là điểm tối ưu có tọa độ (theo tỷ lệ trên hình 20.4): $X_1 = 5,577$ và $X_2 = 5,035$.

Theo các công thức (20.30) và (20.31) ta tính n và S như sau:

$$n = e^{X_1} = 2,71^{5,577} = 264,42 \text{ vòng/phút;}$$

$$S = \frac{e^{X_2}}{100} = \frac{2,71^{5,035}}{100} = 1,537 \text{ mm / vòng.}$$

Nhưng theo máy 1K62 các giá trị n và S gần với các giá trị tính toán sẽ là:

$n = 250$ vòng/phút; $S = 1,4$ mm/vòng.

Theo đầu bài ta chọn $S = 0,3 \div 0,7$ mm/vòng để gia công bán tinh. Nhưng kết quả nhận được lại lớn hơn ($S = 1,4$ mm/vòng), nguyên nhân là do ở đây lượng chạy dao được xác định theo ràng buộc thứ 4 (độ bền của dụng cụ cắt). Độ bền của cơ cấu chạy dao cho phép gia công với lượng chạy dao $S = 1,537$ mm/vòng. Cho nên để gia công tinh hoặc bán tinh có thể dùng ràng buộc khác, chẳng hạn ràng buộc “độ bóng bề mặt” hay ràng buộc “độ chính xác gia công”.

20.6. Các bài tập ứng dụng để tính chế độ cắt tối ưu

Sau khi nghiên cứu lý thuyết và ví dụ tính chế độ cắt tối ưu, giảng viên cần ra bài tập cho sinh viên để áp dụng trong thực tế tính toán.

Dưới đây là các số liệu ban đầu để tính chế độ cắt tối ưu cho các nguyên công: tiện, khoan và phay.

1. Tiện.

- Đường kính gia công $d = 30; 40; 50; 80; 100; 150; 250$ và 400 mm.

- Chiều sâu cắt $t \leq 0,5; 0,8; 1,0; 1,5$ và $2,0$ mm.

- Vật liệu gia công: Thép 35; 45; 12XH3A; 40X; A12.

Gang xám CЧ18 – 36; CЧ 21 – 40; CЧ 32 – 52.

Gang dẻo 37 – 12.

- Phôi: phôi đúc, phôi rèn và phôi cán.

- Vật liệu dao: thép gió P18 và hợp kim cứng T5K10, T14K8, T15K6, T30K4, BK8, BK6, BK4.

- Góc nghiêng chính: $\varphi = -20; 30; 45; 60; 75; 90^\circ$.

- Góc nghiêng phụ: $\varphi_1 = 10; 15; 20; 30; 45^\circ$.

- Góc trước: $\gamma = -20; -10; 0; 8; 10; 15; 20; 25^\circ$.

- Bán kính đỉnh dao: $r = 1; 2; 3; 5$ (mm).

- Tiết diện thân dao $B \times H = 12 \times 20; 16 \times 25; 20 \times 30; 25 \times 40; 30 \times 45; 40 \times 60$ (mm).

- Máy: 1601; 1A616; 1K62; 1K625; 1M63.

2. Khoan

- Đường kính dao khoan: $d = 5; 10; 15; 20; 30; 50$ (mm).

- Chiều sâu khoan: $l = 20; 30; 50; 80; 100; 150$ (mm).

- Vật liệu gia công:

Thép 35; 45; 40X; 12XH3A; A12.

Gang xám: CЧ18-36; CЧ 21 – 40; CЧ 32 – 52;

Gang dẻo: KЧ 37 – 12.

- Vật liệu dụng cụ: thép gió P18, hợp kim cứng T5K10, BK8, BK6, BK4.

- Trạng thái lưỡi cắt: sắc, cùn.

- Máy: 2M112; 2H118; 2H125; 2H135; 2H150.

3. Phay.

- Đường kính dao phay: D = 50; 75; 100; 150; 200; 300 (mm).

- Chiều sâu cắt: t = 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5 (mm).

- Vật liệu gia công:

Thép 35; 45; 40X; 12XH3A; A12.

Gang xám: CЧ 18-36; CЧ 21 – 40; CЧ 32 – 52;

Gang dẻo: KЧ 37 – 12.

- Phôi: phôi đúc, phôi rèn và phôi cán.

- Phương pháp phay: phay bằng dao phay trụ (phay thuận và phay nghịch); phay bằng dao phay mặt đầu; phay bằng dao phay ngón.

- Máy: 6H80Г; 6H10; 6H11; 6M82Г; 6M12П; 6H10.

Ghi chú: khi tính chế độ cắt tối ưu cho các nguyên công cần xem các công thức và các chỉ dẫn ở mục 20.3.

Chương 21

CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐẶC BIỆT

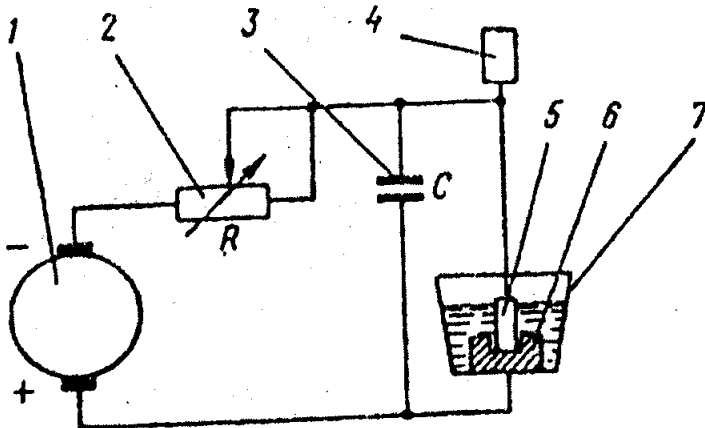
Các phương pháp gia công đặc biệt (hay các phương pháp gia công mới) được sử dụng rộng rãi trong thực tế sản xuất từ sau đại chiến thế giới lần thứ hai.

Đặc điểm của các phương pháp gia công này là chúng có thể gia công được các vật liệu rất cứng hoặc rất mềm mà bằng các phương pháp gia công cắt gọt không thể thực hiện được. Ngoài ra, chúng có thể gia công được những biên dạng rất phức tạp. Điều này đạt được trong hầu hết các trường hợp bằng sử dụng năng lượng điện, năng lượng hoá hoặc năng lượng cơ khí trực tiếp trong vùng gia công. Nếu có năng lượng điện tác động trực tiếp vào vùng gia công thì nó sẽ trở thành năng lượng nhiệt, năng lượng hoá hoặc năng lượng cơ khí để phá huỷ lượng dư gia công.

21.1 Gia công bằng tia lửa điện

Bản chất của phương pháp này là phóng tia lửa điện để ăn mòn kim loại khi truyền năng lượng qua rãnh dẫn điện. Phương pháp này được dùng để gia công các lỗ hoặc các bề mặt có biên dạng bất kỳ trên các chi tiết từ hợp kim cứng và thép nhiệt luyện (các khuôn mẫu, các ván kéo sợi, các dụng cụ cắt, v.v), để cắt đứt vật liệu cứng, v.v.

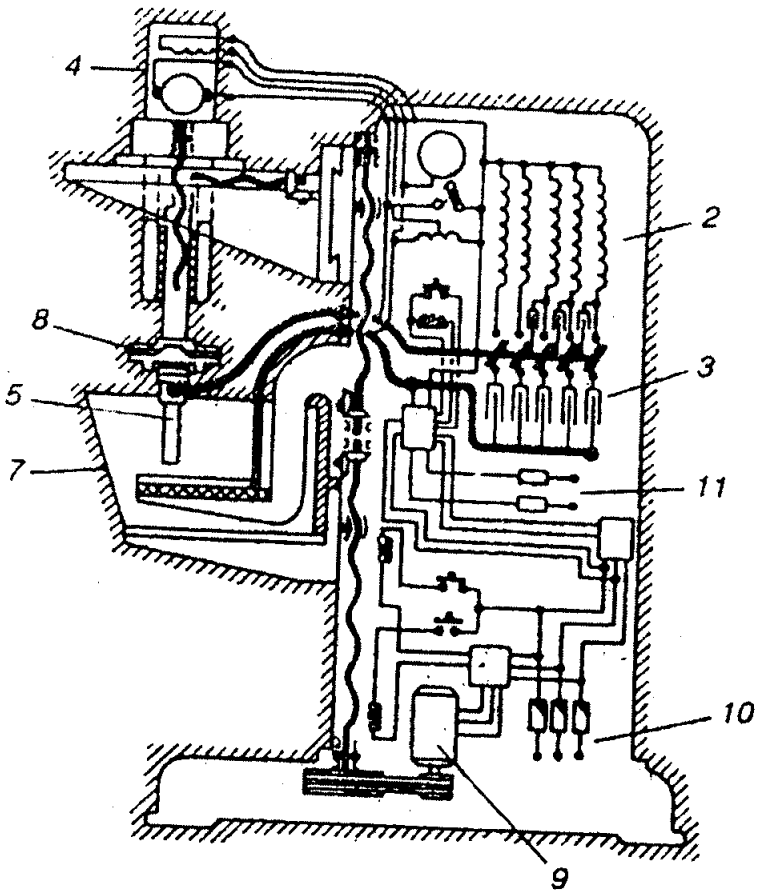
Hình 21.1 là sơ đồ nguyên lý của máy phát xung RC trong máy tia lửa điện (hình 21.2) để gia công lỗ và các mặt định hình.



Hình 21.1. Sơ đồ nguyên lý của máy phát xung RC

- 1 - nguồn điện; 2 - điện trở; 3 - tụ điện; 4 - bộ điều chỉnh lượng chạy dao;
5, 6 - các điện cực; 7 - bể chứa dung dịch và chi tiết gia công.

Máy phát xung RC (các thông số quan trọng là R - điện trở và C- điện dung) có cấu tạo gồm nguồn điện 1, điện trở 2, tụ điện 3 và các điện cực 5,6 được ngâm trong dung dịch cách điện. Dụng cụ điện cực khi gia công bằng tia lửa điện luôn luôn là catod (cực âm). Khe hở giữa các điện cực phải luôn luôn cố định. Khe hở cố định này được đảm bảo bởi bộ điều chỉnh chạy dao tự động 4. Khi hai điện cực tiến lại gần nhau (khe hở đủ bé) thì giữa chúng xuất hiện tia lửa điện, chọc thủng lớp cách điện giữa hai điện cực, tạo nên rãnh dẫn điện. Lúc này nhiệt độ ở vùng gia công lên tới hàng ngàn độ, làm nóng chảy và đốt cháy phần kim loại trên bề mặt gia công (cực dương) và tạo ra hình dạng theo hình dạng của điện cực dụng cụ (cực âm).



Hình 21.2. Máy gia công tia lửa điện

- 2 - Điện trở; 3 - Tụ điện; 4 - Bộ điều chỉnh lượng chạy dao;
- 5 - Điện cực dụng cụ; 7 - Bể chứa dung dịch và chi tiết gia công; 8 - Đốt gá;
- 9 - Động cơ điện; 10,11 - Các đầu dây.

Hình 21.2 cho thấy khả năng dịch chuyển của chi tiết gia công và điện cực dụng cụ (các ký hiệu cũng tương tự như trên hình 21.1). Bể chứa 7(cùng

với chi tiết gia công) được nâng lên nhờ động cơ điện 9 thông qua bộ truyền đai và bộ truyền trục vít. Điện cực dụng cụ 5 có thể dịch chuyển bằng tay theo ba phương vuông góc với nhau và được cố định bằng đồ gá 8 (đồ gá 8 được lắp trên ống trục chính của máy). Dòng điện hai pha được nối với máy qua các đầu dây 11, còn dòng điện ba pha được nối với máy qua các đầu dây 10.

Điện cực dụng cụ có mặt đầu thường được chế tạo từ các vật liệu như đồng thau, đồng vàng, gang, nhôm và đôi khi cả vonfram. Khi gia công tinh lỗ, đường kính của điện cực dụng cụ cần lấy nhỏ hơn kích thước yêu cầu khoảng $0,05 \div 0,1$ mm. Tùy thuộc vào chế độ gia công, độ chính xác của phương pháp có thể đạt từ $\pm 0,3$ đến $\pm 0,01$ mm, còn độ bóng bề mặt nằm trong khoảng cấp 1 ÷ 7.

Môi trường gia công (dung dịch) bằng tia lửa điện là dầu hoả, dầu biến thể hoặc có thể gia công trong môi trường không khí, tuy nhiên trường hợp này có hiệu quả rất thấp.

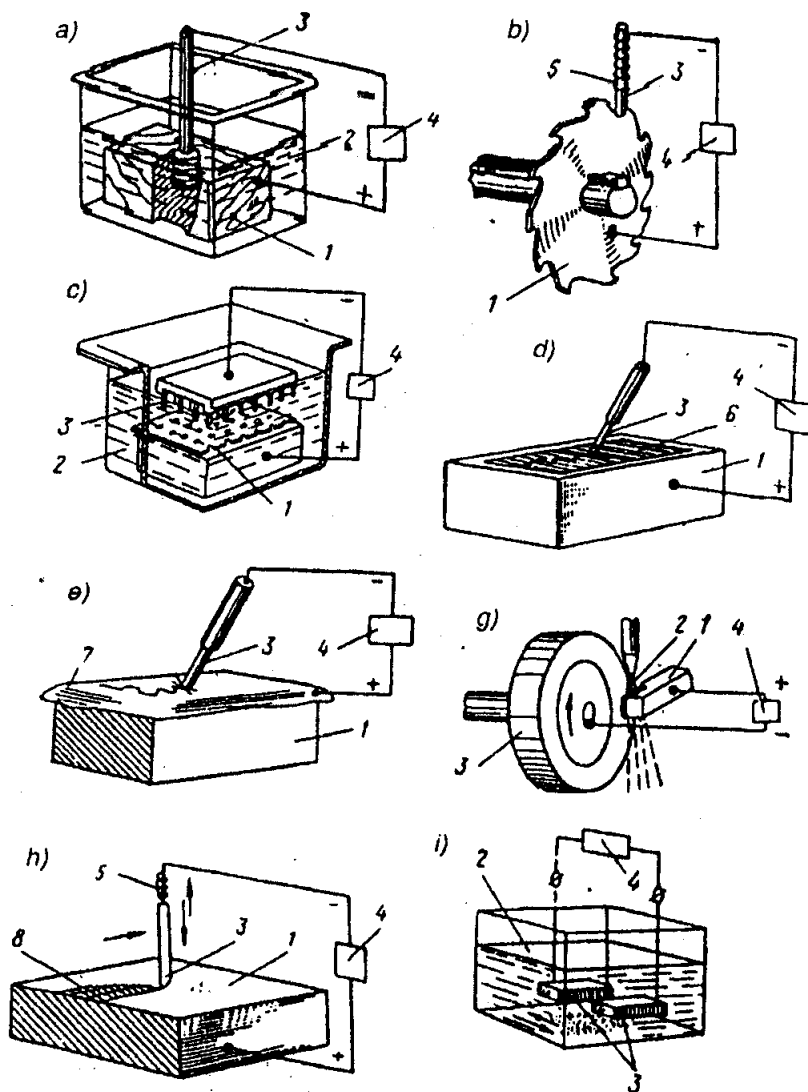
Nhược điểm của phương pháp gia công bằng tia lửa điện là năng suất thấp (khoảng $800 \div 900$ mm³/phút khi gia công thép), tiêu hao năng lượng điện lớn ($10 \div 17$ kW/giờ trên 1kg trọng lượng kim loại được bóc đi) và hao mòn dụng cụ lớn (khoảng 25÷50%, đôi khi 100% thể tích kim loại được bóc đi).

21.2. Gia công bằng xung điện

Gia công bằng xung điện là một phương pháp gia công kim loại bằng phương pháp ăn mòn điện cực. Gia công bằng xung điện khác gia công bằng tia lửa điện ở việc sử dụng máy phát xung loại khác và thời gian xảy ra của các xung lâu hơn. Do đó các xung có thể tác động theo một phương cố định để hướng toàn bộ năng lượng vào việc bóc tách kim loại, nâng cao hiệu quả của quá trình và giảm hao mòn điện cực dụng cụ. Ngoài ra, thời gian xảy ra của các xung chậm, cho phép giảm đáng kể nhiệt độ ở vùng gia công. Điều này cho phép dùng vật liệu graphit(than) để làm điện cực dụng cụ. Dùng điện cực dụng cụ graphit có thể tăng chế độ gia công, có nghĩa là tăng năng suất gia công. Hình 21-3 là sơ đồ gia công bằng tia lửa điện và xung điện. Một số đặc điểm khác nữa của phương pháp gia công bằng tia lửa điện là cực dương là dụng cụ, còn cực âm là chi tiết gia công và môi trường gia công (dung dịch) không phải là dầu hoả mà là dầu biến thể hoặc dầu diezen.

Gia công bằng xung điện có hiệu quả cao khi bóc tách kim loại trên diện tích rộng (tới 100x100 mm) vì năng suất tăng lên đáng kể. Với cùng một chế độ gia công thì phương pháp xung điện có năng suất bóc tách kim loại trên một đơn vị diện tích cao hơn phương pháp tia lửa điện khoảng 8÷10 lần (khoảng $8000 \div 10.000$ mm³/phút).

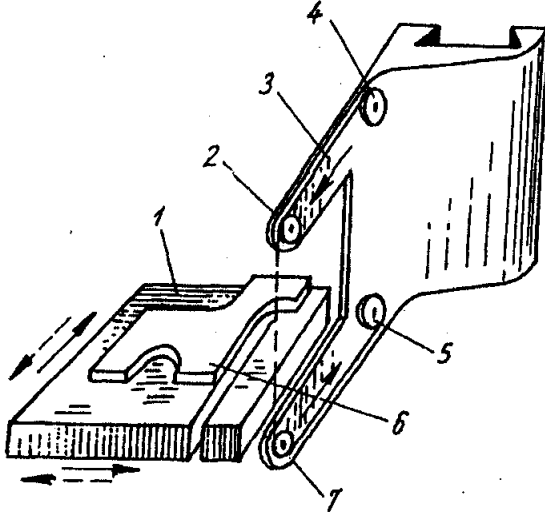
Gia công bằng xung điện cũng như tia lửa điện được dùng để chế tạo khuôn dập, khuôn ép nhựa, v.v.



Hình 21.3. Các ví dụ ứng dụng phương pháp gia công bằng tia lửa điện và xung điện
 a) rút dao bị gãy ra khỏi chi tiết gia công; b) tăng độ bền của dao; c) gia công mặt sàng; d) khắc chữ trên vật liệu kim loại; e) khắc chữ trên vật liệu phi kim; g) mài dụng cụ hợp kim cứng; h) phủ lớp kim loại; i) chế tạo bột kim loại;
 1 - chi tiết gia công (trên hình 21.3a có thêm dao bị gãy cần được lấy ra); 2 - dung dịch (môi trường gia công); 3 - điện cực dụng cụ (trên hình 21.3i dụng cụ được đập vụn thành bột); 4 - máy phát xung; 5 - máy rung; 6 - lớp dầu; 7 - lớp kim loại; 8 - lớp kim loại được phủ.

21.3 Gia công bằng điện cực dây

Điện cực dây là phương pháp được dùng để gia công các chi tiết có độ cứng cao. Trong trường hợp này điện cực là một dây đồng, vonfram hoặc molybden (hình 21.4).



Hình 21.4. Sơ đồ gia công bằng điện cực dây

1 – phôi; 2,7 – các con lăn dẫn hướng; 3 – dây điện cực; 4, 5 – các cuộn dây; 6 – dưỡng chếp hình.

Phôi 1 được gá trên bàn máy có khả năng dịch chuyển đi lại theo hai phương vuông góc với nhau. Dây điện cực 3 (hay điện cực dây) được chuyển từ cuộn dây 4 sang cuộn dây 5 nhờ một động cơ chuyên dùng. Các con lăn dẫn hướng 2 và 7 được dùng để giữ dây điện cực tương đối so với phôi 1. Quá trình cắt rãnh prôphin được thực hiện theo dưỡng chếp hình 6 hoặc theo chương trình phần mềm của máy. Dưỡng chếp hình 6 có thể được kẹp chặt hoặc dán bằng keo trên phôi 1.

Dung môi (dung dịch) để gia công là dầu hoả hoặc nước. Trong trường hợp dùng dầu hoả thì phôi phải được ngâm trong dầu hoả, còn trong trường hợp dùng nước thì cần phun tia nước vào vùng gia công.

Ưu điểm chính của phương pháp điện cực dây là độ chính xác gia công cao, kết cấu của máy đơn giản và có khả năng tự động hoá nguyên công. Phương pháp này được dùng để gia công rãnh có độ chính xác cao, gia công các cam đĩa hợp kim cứng, gia công các dưỡng chếp hình, các khuôn mẫu và các loại bánh răng trụ răng thẳng ăn khớp trong và ngoài, v.v.

Năng suất của phương pháp được xác định bằng tốc độ tăng diện tích của bề mặt rãnh F ($\text{mm}^2/\text{phút}$):

$$F = \frac{L.H}{\tau} \quad (21.1)$$

Ở đây:

- L – chiều dài rãnh (mm);
- H – chiều dày của phôi (mm);
- T – thời gian cắt rãnh (phút).

Dung môi có ảnh hưởng lớn đến độ ổn định và năng suất gia công. Dầu hoả và nước có độ nhớt và mật độ khác nhau rất ít nhưng tính dẫn điện của nước lớn hơn tính dẫn điện của dầu hoả khoảng 40 lần.

Khi dùng dung môi là nước cất, năng suất gia công các kim loại màu (đồng, niken, nhôm, v.v) đạt $10 \div 20 \text{ mm}^2/\text{phút}$ năng suất gia công thép (thép kết cấu, thép dụng cụ, thép không gỉ) đạt $5 \div 8 \text{ mm}^2/\text{phút}$ và năng suất gia công hợp kim cứng (BK8; BK20M) đạt $6 \div 12 \text{ mm}^2/\text{phút}$.

Độ chính xác gia công có thể đạt $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$. Độ chính xác này phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

- Sai số của hệ thống đo của máy.
- Sai số của quỹ đạo chuyển động của máy.
- Rung động của máy.
- Độ cứng vững của máy.

Bề rộng của rãnh b (mm) được gia công bằng điện cực dây có đường kính d (mm) được xác định theo công thức:

$$B = d + 2a$$

Ở đây:

a – khe hở một phía giữa dây điện cực và mặt rãnh (mm).

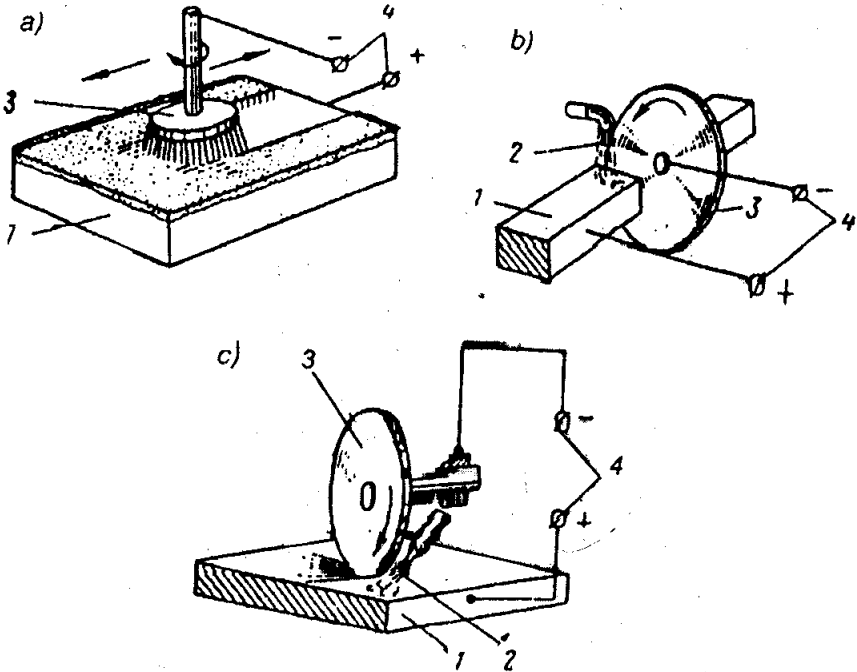
Cần nhớ rằng khi gia công chi tiết có chiều dày lớn hơn 30 mm, rãnh ở giữa có bề rộng lớn hơn ở hai đầu, nghĩa là xuất hiện sai số hình dáng, được gọi là độ tang trống. Sai số này có thể giảm được nhờ điều chỉnh dụng cụ đúng hướng kéo căng dây điện cực.

21.4 Gia công bằng điện tiếp xúc

Đặc điểm của phương pháp gia công này là trong thời gian ngắn phóng điện hồ quang được tạo ra do dịch chuyển nhanh (quay nhanh) của điện cực dụng cụ khi nó tiếp xúc với bề mặt gia công (hình 21.5).

Phương pháp này có năng suất và hiệu quả rất cao khi gia công thô như tẩy gỉ sắt, cắt đứt, làm sạch vật đúc v.v. Độ chính xác của phương pháp có thể đạt được cấp 4÷5 và độ bóng bề mặt cấp 1÷2.

Khi cắt phôi và mài mặt phẳng thì điện cực dụng cụ (cực âm) là đĩa kim loại từ thép cacbon thường (hình 21-5b,c) quay với tốc độ 30÷80 m/giây, còn khi tẩy sạch gỉ sắt thì điện cực dụng cụ là bàn chải sắt (hình 21.5a).



Hình 21.5. Các sơ đồ gia công bằng điện tiếp xúc

a) tẩy sạch gỉ sắt; b) cắt phôi; c) mài mặt phẳng;

1 – chi tiết gia công; 2 – dung dịch gia công; 3 - điện cực dụng cụ; 4 - điện nguồn

Khi có dòng điện từ nguồn điện 4 đi qua và khi dụng cụ 3 tiếp xúc với chi tiết gia công, bề mặt kim loại bị nung nóng và các phân tử kim loại hoặc gỉ sắt bị nóng chảy rồi được tách ra khỏi bề mặt gia công (nhờ dụng cụ quay nhanh). Dung dịch 2 có tác dụng giảm nhiệt độ và tăng hiệu quả gia công. Dung dịch gia công (môi trường gia công) có thể là dầu công nghiệp, nước hoặc không khí. Quá trình gia công được thực hiện với điện thế 10÷25 V và áp lực của điện cực dụng cụ lên chi tiết khoảng 0,3÷0,5 kG/m². Năng suất gia công của phương pháp có thể đạt 7.10⁵ mm³/phút.

Năng suất gia công bị giới hạn bởi ứng suất dư và vết nứt trên bề mặt bởi vì tăng thời gian tác động của các xung sẽ làm cho nhiệt độ cắt tăng và tăng

chiều sâu truyền nhiệt (nguyên nhân gây ra ứng suất và vết nứt trên lớp bề mặt).

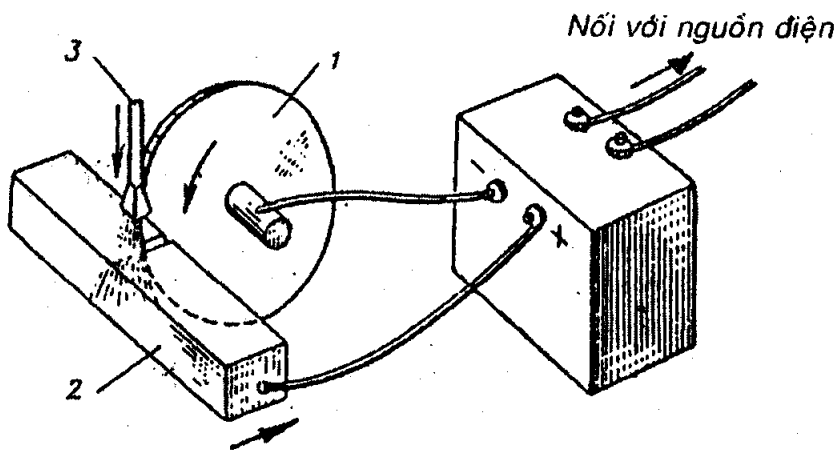
Nếu thay đổi chế độ gia công có thể đạt độ bóng bề mặt tới cấp 8, tuy nhiên trong trường hợp này cũng không tránh được vết nứt.

Với chế độ gia công thấp có thể dùng phương pháp này để là phẳng các bề mặt gia công trên máy tiện bằng một dụng cụ chuyên dùng hoặc để mài tinh dụng cụ cắt v.v.

2.1.5 Gia công bằng cực dương cơ khí

Gia công bằng cực dương cơ khí là quá trình bao gồm các phương pháp gia công điện ăn mòn và điện hoá. Nếu tăng công suất ở vùng gia công thì tính chất của quá trình gần với điện ăn mòn, còn khi giảm công suất thì tính chất của quá trình gần với điện hoá. Gia công bằng cực dương cơ khí được dùng để cắt các vật liệu cứng, các vật liệu khó gia công bằng cắt gọt, đồng thời được dùng để mài dao hợp kim cứng, mài các mặt phẳng, mặt trụ và nhiều công việc khác.

Quá trình gia công được thực hiện trong môi trường dung dịch natri hoặc dung dịch muối (chỉ khi mài tinh). Hình 21.6 là sơ đồ cắt đứt kim loại bằng phương pháp cực dương cơ khí trên máy chuyên dùng.



Hình 21.6. Sơ đồ cắt kim loại bằng cực dương cơ khí

1 - điện cực dụng cụ; 2 - chi tiết gia công; 3 - dung môi

Chi tiết gia công 2 được kẹp chặt trên bàn máy (cực dương) còn dụng cụ là một đĩa quay 1 (cực âm). Dụng cụ được dịch chuyển tới chi tiết gia công dưới một áp lực nhỏ rồi tưới dung môi 3 vào vùng tiếp xúc giữa các điện cực (chi tiết gia công và dụng cụ). Như vậy, giữa các điện cực ngoài hiện tượng ăn mòn

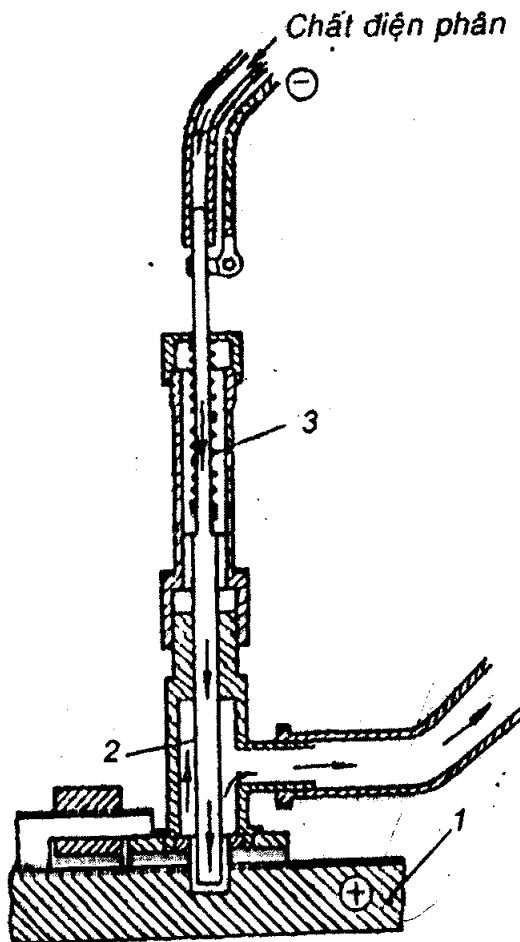
điện còn xảy ra quá trình điện hoá làm cực dương(chi tiết gia công) biến thành dung dịch.

Dụng cụ quay với tốc độ vòng 15÷20 m/giây có tác dụng đẩy lớp màng dung dịch và các hạt nhỏ kim loại ra khỏi vùng gia công.

Năng suất cắt của phương pháp phụ thuộc vào chế độ gia công. Lượng kim loại được bóc tách tối đa trong một phút có thể đạt 6000 mm³. độ bóng bề mặt sau khi gia công đạt cấp 2÷4.

21.6 Gia công bằng điện hoá

Bản chất của phương pháp gia công này là không có sự tác động cơ khí của dụng cụ tới bề mặt gia công. Hình 21.7 là sơ đồ khoan bằng phương pháp điện hoá.

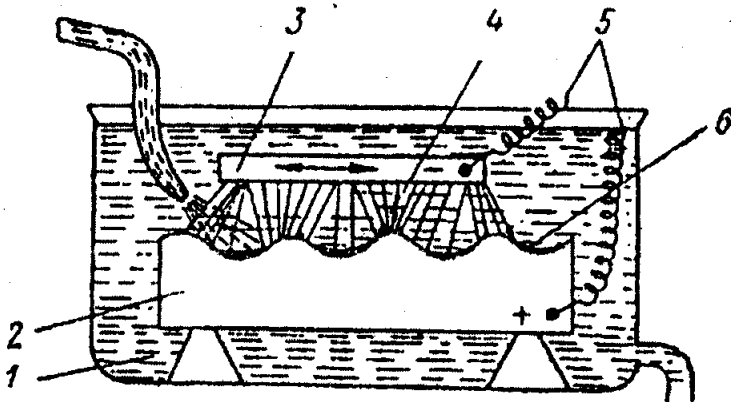


Hình 21.7. Sơ đồ khoan bằng điện hóa
1 – chi tiết gia công; 2 – ống đồng; 3 – lò xo.

Chi tiết gia công 1 là anod (cực dương) còn dụng cụ là ống đồng 2 (cực âm) được bọc cách ly với bên ngoài và được ấn xuống chi tiết gia công bằng lò xo 3. Dưới một áp lực nào đó, chất điện phân chảy qua ống đồng, tạo ra khe hở nhỏ giữa phôi và dụng cụ, do đó nó đẩy những hạt kim loại nhỏ (hay dung dịch) của phôi (cực dương) ra ngoài. Như vậy, lỗ trên phôi (chi tiết gia công) được hình thành.

Hình dạng của lỗ phụ thuộc vào hình dạng của điện cực dụng cụ. Khi khe hở giữa các điện cực nhỏ và dòng điện phân mạnh, mật độ dòng điện có thể đạt $200\div 300 \text{ a/cm}^2$, còn tốc độ bóc tách kim loại theo chiều dài tới 6 mm/phút . Độ bóng bề mặt gia công đạt cấp $8\div 9$, còn độ chính xác gia công khoảng $\pm 0,02 \text{ mm}$.

Gia công bằng điện hóa còn được dùng để đánh bóng bề mặt, hình 21.8. Chi tiết gia công 2 được đặt trong bể chứa chất điện phân 1. Khi nối nguồn điện 5 với dụng cụ 3 và chi tiết gia công 2, đỉnh và đáy nhấp nhô 4, 6 dần dần được san phẳng. Ta thấy các đường lực do điện cực tạo ra đều tập trung hướng vào các đỉnh nhấp nhô 4, do đó các đỉnh nhấp nhô này được san phẳng nhanh hơn các đáy nhấp nhô 6. Độ bóng bề mặt gia công có thể đạt cấp $12\div 13$.



Hình 21.8. Sơ đồ đánh bóng bằng điện hóa

1 – chất điện phân; 2 – chi tiết gia công; 3 - điện cực dụng cụ; 4, 6 - đỉnh và đáy nhấp nhô trên bề mặt phôi; 5 – nguồn điện.

Phương pháp đánh bóng bằng điện hoá có những ưu điểm sau đây:

- Có khả năng đánh bóng các bề mặt cứng.
- Không gây biến dạng và thay đổi cấu trúc của lớp bề mặt.
- Có khả năng tự động hoá được quá trình gia công.
- Năng suất gia công cao.
- Giảm nhẹ điều kiện lao động của công nhân.

21.7 Gia công bằng điện hoá - cơ khí

Gia công bằng điện hoá - cơ khí được dùng chủ yếu để mài kim loại và hợp kim cứng. Phương pháp này có năng suất cao gấp hai lần so với phương pháp mài thông thường. Có hai phương pháp mài bằng điện hoá - cơ khí:

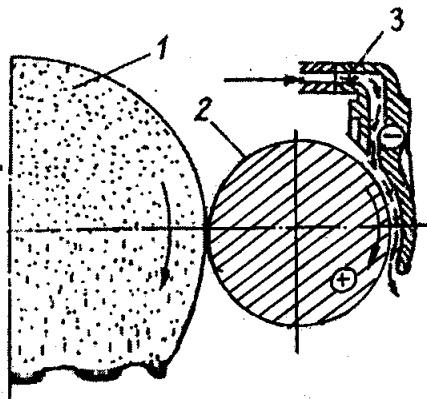
- Dùng đá mài dẫn điện.
- Dùng đá mài trung tính (không dẫn điện).

Trong trường hợp thứ nhất người ta dùng đá mài dẫn điện. Năng suất gia công của phương pháp này có thể đạt $1000 \text{ mm}^3/\text{phút}$. Độ chính xác của kích thước gia công đạt cấp 2, còn độ bóng bề mặt gia công đạt cấp 7÷8, đôi khi cấp 10÷12 (khi lượng dư gia công $0,01 \pm 0,05 \text{ mm}$).

Ưu điểm của phương pháp là có khả năng mài được bất kỳ kim loại nào, không phụ thuộc vào độ cứng hay độ dẻo và không có phóng điện hồ quang hay tia lửa điện.

Nhược điểm của phương pháp: mật độ dòng điện lớn, đòi hỏi phải có công suất nguồn điện lớn và tiêu hao chất điện phân lớn. Phương pháp này được dùng để mài rãnh thoát phoi trên các dụng cụ hợp kim cứng và mài nhiều loại hợp kim cứng khác.

Hình 21.9 là sơ đồ mài điện hoá - cơ khí bằng đá mài trung tính (đá mài không dẫn điện).



Hình 21.9. Sơ đồ mài điện hóa - cơ khí bằng đá mài trung tính
1 - đá mài không dẫn điện; 2 - chi tiết gia công (cực dương);
3 - ống (cực âm)

Chất điện phân chảy qua ống 3 tới bề mặt của chi tiết 2. Đá mài trung tính 1 chỉ có nhiệm vụ tách những hạt nhỏ kim loại tạo ra do phản ứng điện hoá từ bề mặt chi tiết gia công.

Quá trình mài được tiến hành với chế độ sau đây: áp lực riêng của đá trong khoảng $0,5 \div 5 \text{ kG/cm}^2$, mật độ dòng điện $0,5 \div 1,2 \text{ a/cm}^2$, tốc độ vòng của đá mài $20 \div 30 \text{ m/giây}$. Độ chính xác của phương pháp đạt cấp 2 và độ bóng bề mặt đạt cấp 8÷9.

Phương pháp này được dùng chủ yếu để mài mặt ngoài và để mài khuôn lỗ. Phương pháp cũng có những ưu điểm, nhược điểm như mài bằng đá mài dẫn điện, nhưng chi phí đá mài thấp hơn và không đòi hỏi phải có cường độ dòng điện cao.

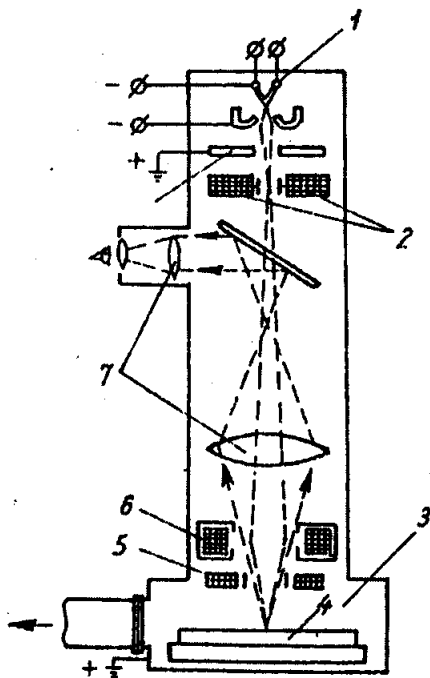
21.8 Gia công bằng chùm tia điện tử

Phương pháp này được dùng để gia công thép nhiệt luyện, hợp kim cứng, kim loại khó gia công như: vonfram, molipđen, titan, tantan, v.v, đồng thời để gia công kim cương, đá hồng ngọc, thạch anh và các vật liệu khó gia công khác.

Bản chất này phương pháp gia công bằng chùm tia điện tử như sau: chi tiết gia công 4 được đặt trong một buồng chân không 3 (hình 21.10), một chùm tia điện tử có tốc độ và động năng lớn được tập trung hướng vào bề mặt gia công, nung nóng nó và làm bốc hơi vật liệu gia công.

Nguồn sinh ra điện tử tự do thông thường là một sợi dây vonfram 1 (cực âm). Năng lượng cao của các điện tử đạt được nhờ điện thế cao được tạo ra bằng cực dương 8. Các điện tử chuyển động (tập trung thành chùm tia) hướng tới chi tiết gia công với tốc độ gần bằng tốc độ của ánh sáng.

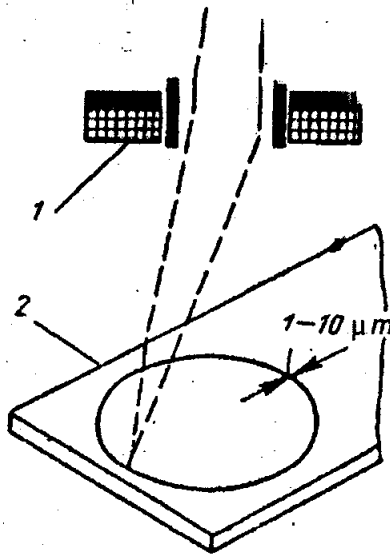
Đường kính của chùm tia sau khi đi qua hệ thống tập trung 2 và thấu kính từ 6 có thể đạt tới phần trăm hoặc phần nghìn mm, còn mật độ công suất có thể đạt tới vài nghìn kW trên 1 mm^2 . Năng lượng tác động được đo bằng các xung có thời gian $10^{-3} \div 10^{-4}$ giây. Khi gặp bề mặt gia công,



Hình 21.10. Sơ đồ gia công bằng chùm tia điện tử
1 - cực âm; 2 - hệ thống tập trung chùm tia; 3 - buồng chân không; 4 - chi tiết gia công; 5 - hệ thống đánh nhiễu chùm tia; 6 - thấu kính từ; 7 - hệ thống quan học; 8 - cực dương.

năng lượng của chùm tia điện tử chuyển thành nhiệt năng và nung nóng cục bộ lớp bề mặt gia công. Nếu ở vùng tiếp xúc trực tiếp của chùm tia với chi tiết gia công nhiệt độ lên tới $3000 \div 4000^{\circ}\text{C}$ thì cách đó khoảng $1\mu\text{m}$ nhiệt độ không vượt quá 300°C . Cách truyền nhiệt như vậy cho phép gia công bất kỳ vật liệu nào mà không ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu ở ngoài vùng gia công. Để quan sát quá trình gia công người ta lắp thêm hệ thống quang học 7. Hệ thống 5 có tác dụng đánh nghiêng chùm tia đi một góc mong muốn.

Cần nhớ rằng, đối với nhiều loại vật liệu chiều sâu thâm nhập của chùm tia điện tử (chiều sâu gia công) có thể lớn gấp 100 lần đường kính. Như vậy, chùm tia tập trung có đường kính $0,01\text{mm}$ cho phép cắt đứt tấm dày 1mm . Bằng chùm tia điện tử có thể gia công lỗ nếu dùng hệ thống đánh nghiêng chùm tia 5' trên hình 21.10 (xem hệ thống 1 trên hình 21.11) hoặc cơ cấu dịch chuyển phôi (bàn chữ thập) tương đối so với chùm tia, đồng thời có thể cắt đứt và phay các mặt định hình trong cũng như ngoài hoặc cắt biên dạng trên phôi tấm (hình 21.11).



Hình 2.11. Sơ đồ cắt biên dạng bằng chùm tia điện tử
1 - hệ thống đánh nghiêng chùm tia; 2 - phôi tấm

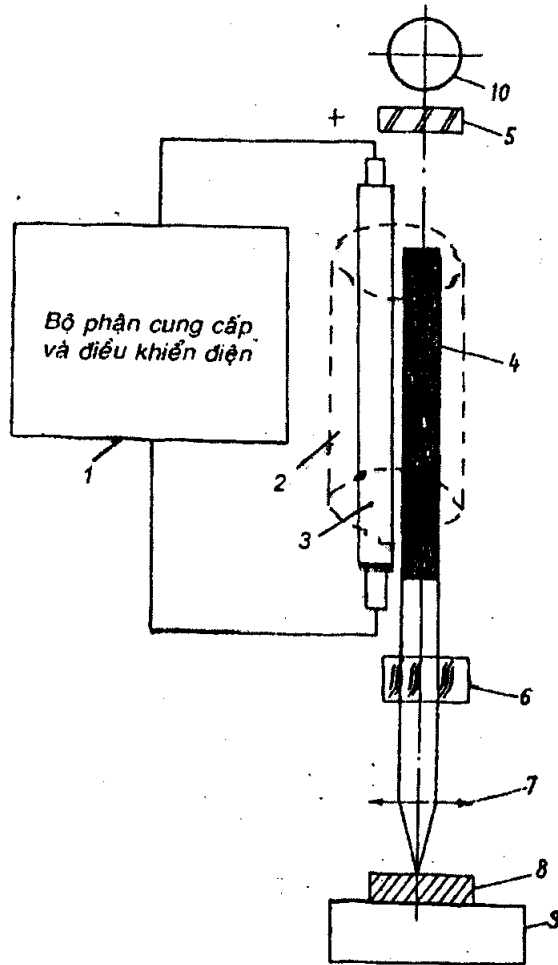
Chu kỳ gia công chi tiết trên các máy có sử dụng chùm tia điện tử có thể được tự động hoá hoặc điều khiển theo chương trình số.

21.9 Gia công bằng chùm tia lade

Quá trình gia công bằng chùm tia lade xảy ra tương tự như quá trình gia công bằng chùm tia điện tử và cũng được sử dụng với cùng mục đích mặc dù các nguồn năng lượng của hai quá trình này hoàn toàn khác nhau. Khi gia

công bằng chùm tia lade nguồn năng lượng sinh ra do máy phát lade từ quang học hay còn gọi là máy phát lade.

Máy phát lade là một thiết bị phát ra chùm ánh sáng đơn sắc có tính định hướng cao, có bước sóng rất ngắn nên có thể dùng một hệ thống quang học để tập trung nó trên một diện tích rất nhỏ, có mật độ năng lượng rất cao, có thể đạt tới 1000 kW/mm^2 .



Hình 21.12. Sơ đồ nguyên lý của máy phát lade

- 1 – bộ phận cấp điện; 2 – bộ phận phản xạ ánh sáng; 3 – đèn phát xung; 4 – thanh hồng ngọc; 5, 6 – các gương phẳng; 7 – hệ quang học; 8 – chi tiết gia công; 9 – bàn máy; 10- tế bào quang điện.

Hình 21.12 là một máy phát lade. Nguồn điện 1 qua biến thế và qua bộ nắn dòng được nạp vào hệ thống tụ. Điện áp tối đa của tụ là 2 kW để điều khiển sự phóng điện tới đèn phát xung 3 đặt ở trong bộ phận phản xạ ánh sáng 2. Bộ

phận này có dạng hình trụ với tiết diện mặt cắt ngang là elip. Khi đèn 3 phát sáng, toàn bộ năng lượng sẽ tập trung tại vị trí có đặt thanh hồng ngọc 4. Những ion Cr^{+3} của thanh hồng ngọc bị kích lên mức năng lượng cao, khi tụt xuống chúng sẽ phát ra những lượng tử. Nhờ hệ dao động của các gương phẳng 5 và 6, những lượng tử này sẽ đi lại nhiều lần qua thanh hồng ngọc và kích các ion Cr^{+3} khác để rồi cùng phóng ra chùm tia lượng tử. Gương 5 có độ phản xạ ánh sáng gần 99%, còn gương 6 gần 50%. Nhờ đó, một mặt ta vẫn nhận được chùm tia lade ở phía dưới, mặt khác khoảng 1% chùm tia phát ra qua gương 5 sẽ được tế bào quang điện 10 thu lại qua hệ thống chuyển đổi ta biết được năng lượng của chùm tia đã phát ra khỏi máy. Chùm tia nhận được qua gương 6 sẽ được tập trung bởi hệ thống quang học 7 và tác dụng lên chi tiết gia công 8 (đặt trên bàn máy 9) có khả năng di chuyển toạ độ theo ba phương X, Y, Z.

Khi tập trung tia lade vào vị trí gia công cần chọn hệ thống quang học và chế độ gia công như năng lượng chùm tia, thời gian xung tác dụng của chùm tia, tiêu cự của hệ thống quang học và số xung lade.

Quá trình tác dụng của chùm tia lade vào vị trí gia công được chia ra các giai đoạn sau:

- Vật liệu gia công hút năng lượng của chùm tia lade và chuyển năng lượng này thành nhiệt năng.

- Đốt nóng vật liệu gia công tới nhiệt độ có thể phá hỏng vật liệu đó. Giai đoạn này ứng với quá trình truyền nhiệt trong vật rắn tuyệt đối bị giới hạn về một phía theo phương tác dụng của chùm tia lade kể từ bề mặt tác dụng.

- Phá hỏng vật liệu gia công và đẩy chúng ra khỏi vùng gia công. Giai đoạn này ứng với quá trình truyền nhiệt mà bề mặt tác dụng luôn luôn thay đổi theo phương tác dụng của chùm tia lade.

- Vật liệu gia công nguội dần sau khi chùm tia lade tác dụng xong.

Gia công bằng chùm tia lade rất có hiệu quả đối với lỗ có đường kính nhỏ. Đường kính lỗ nhỏ nhất có thể đạt 4 μm . Sử dụng chùm tia lade có thể gia công được các vật liệu khác nhau như kim loại, thạch anh, kim cương, rubi, v.v. Chiều sâu lỗ gia công có thể đạt 12,7mm. Khi gia công đường kính lỗ 0,1÷0,2 mm thì độ chính xác có thể đạt 2÷5 μm .

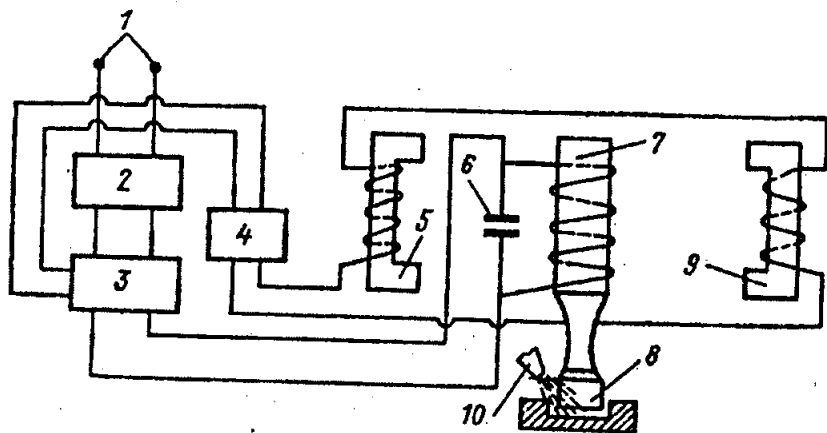
21.10 Gia công bằng siêu âm

Dao động được thực hiện trong một môi trường nào đó được gọi là siêu âm, nếu tần số của nó vượt qua tần số mà tai con người có thể hấp thụ được. Thông thường dao động siêu âm có tần số cao hơn 16÷20 kHz.

Dao động siêu âm được tạo ra bởi một thiết bị chuyên dùng gọi là máy phát siêu âm. Nguyên lý hoạt động của nó dựa trên hiện tượng "co ngấn nhiễm từ" có nghĩa là, khả năng của một số kim loại (cacbon, niken và các hợp kim của chúng) co ngấn kích thước dưới tác dụng của từ trường và khi từ trường mất đi kích thước của chúng lại trở lại trạng thái ban đầu. Như vậy, nếu có một thanh kim loại (cacbon, niken và các hợp kim của chúng) được bọc trong một cuộn dây, khi cho dòng điện xoay chiều đi qua cuộn dây đó, dòng điện sẽ tạo ra một từ trường có tần số bằng tần số dao động của thanh kim loại đó (lúc dài ra, lúc ngắn lại), nhờ đó mà tạo ra được dao động siêu âm.

Nếu thanh kim loại phát dao động được nối với một dụng cụ thì dụng cụ sẽ dao động với cùng tần số của thanh kim loại đó.

Hình 21-13 là sơ đồ nguyên lý của thiết bị gia công cơ có sử dụng dao động siêu âm.



Hình 21.13. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị gia công bằng siêu âm

1 – nguồn điện; 2 – máy phát siêu âm; 3 – bộ phận khuếch đại; 4 – bộ phận nắn dòng; 5, 9 – các nam châm; 6 – tụ điện; 7 – thanh dao động; 8 – dụng cụ; 10 – dung môi.

Máy phát siêu âm 2 được nối với nguồn điện xoay chiều 1, tần số siêu âm được khuếch đại nhờ bộ phận khuếch đại 3. Từ bộ phận khuếch đại 3 dòng điện đi theo hai hướng: một tới cuộn dây của thanh phát dao động 7 và một tới bộ nắn dòng 4. Tụ điện 6 được lắp song song với cuộn dây của thanh phát dao động 7.

Dòng điện một chiều từ bộ nắn dòng 4 đi tới các cuộn dây của các thanh nam châm 5 và 9 để tạo ra từ trường. Như vậy, từ trường tạo ra điều kiện để thanh 7 dao động với tần số siêu âm. Dao động của thanh 7 đi qua bộ biến tốc để tăng biên độ rồi truyền tới dụng cụ 8. Dụng cụ 8 được chế tạo từ thép dụng cụ không nhiệt luyện và có tiết diện tương ứng với tiết diện cần gia công. Biên độ dao động qua bộ biến tốc thường nằm trong giới hạn $10 + 1000 \mu\text{m}$.

Quá trình cắt (hót lượng dư từ bề mặt gia công) được thực hiện bằng dòng dung dịch hạt mài 10 được phun vào vùng giữa mặt đầu của dụng cụ 8 và bề mặt gia công. Quá trình cắt xảy ra nhờ dao động của dụng cụ mà nó không tiếp xúc với bề mặt gia công nhưng lại tạo cho các hạt mài có vô số lần va đập vào bề mặt gia công. Vì vậy, phương pháp này được dùng để gia công các kim loại cứng và giòn, các vật liệu phi kim như kính gương. Năng suất gia công không tỷ lệ thuận với tính chất cơ lý của vật liệu. Nhiệt độ không lớn giữa vùng gia công không làm thay đổi tính chất của vật liệu, không gây ra các vết nứt và không gây ra sai số do biến dạng nhiệt.

Phương pháp siêu âm có thể gia công được lỗ có hình dạng bất kỳ (chỉ phụ thuộc vào hình dạng của mặt cắt ngang của dụng cụ). Độ chính xác của phương pháp đạt cấp $2 \div 3$, còn độ bóng bề mặt đạt cấp $8 \div 9$.

Các dạng hạt mài được dùng là cacbit bo, cacbit silic. Độ hạt của hạt mài tăng sẽ tăng năng suất gia công nhưng lại giảm độ bóng bề mặt.

21.11 Gia công bằng tia nước và tia hạt mài áp lực cao

Gia công các bề mặt của chi tiết máy bằng các phương pháp tiện, phay, khoan, chuốt, mài, v.v, được đặc trưng bằng sự cọ xát của các lưỡi cắt hoặc đá mài với bề mặt chi tiết trong suốt quá trình gia công. Trong trường hợp này tạo ra một hệ thống động học khép kín, bao gồm: máy, dao và chi tiết gia công. Quá trình gia công xảy ra cùng với sự nung nóng và rung động của tất cả các chi tiết trong hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - đồ gá).

Để giảm giá thành gia công và để loại trừ phương pháp nối cứng giữa dụng cụ cắt và các cơ cấu khác của máy hoặc đồ gá người ta đã có ý tưởng áp dụng các phương pháp gia công mới, đó là các phương pháp gia công vật liệu bằng tia nước và tia hạt mài áp lực cao.

21.11.1 Gia công bằng tia nước áp lực cao

Tia nước áp lực cao có thể được sử dụng trong các lĩnh vực sau đây:

1. Cắt đứt hoặc cắt định hình các bề mặt kim loại hoặc phi kim loại.
2. Khoan lỗ bằng tia nước áp lực cao.
3. Ứng dụng tia nước trong công nghiệp làm sạch bề mặt.
4. Ứng dụng tia nước trong công nghiệp khai thác mỏ.
5. Ứng dụng tia nước trong công nghiệp đào đường hầm.

Công nghiệp cắt bằng tia nước so với cắt bằng dao kim loại có những ưu điểm sau:

- Dao kim loại sau một thời gian gia công sẽ bị cùn, nhưng tia nước thì luôn luôn sắc.

- Dao kim loại cần phải luôn luôn hướng theo phương tiếp tuyến với phương cắt, nhưng tia nước lại không cần định hướng chính xác.

- Dùng dao kim loại rất khó cắt dọc theo các đường cong, đặc biệt là các đường cong lõm còn tia nước không phân biệt hình dạng đường cong.

- Miệng cắt của tia nước rất mảnh, do đó có thể tiết kiệm được vật liệu.

- Trong vùng cắt tỏa nhiệt ít, do đó không làm biến dạng vật liệu gia công.

Lĩnh vực áp dụng của tia nước áp lực cao rất đa dạng và rộng rãi: nó có thể gia công được những vật liệu mềm nhưng nó cũng có thể gia công được những vật liệu rất cứng.

Cơ sở của công nghiệp gia công bằng tia nước áp lực cao là động lực học của dòng tia mà trong đó áp lực động của tia nước là một yếu tố quan trọng có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình gia công. Yếu tố này lại bị ảnh hưởng của áp lực của bản thân thiết bị, của khoảng cách từ vòi phun đến bề mặt gia công, của kích thước và hình dạng của vòi phun.

Tuy vậy, công nghệ gia công bằng tia nước áp lực cao trong lĩnh vực chế tạo máy vẫn còn mới mẻ mà nhiều vấn đề lý thuyết và thực tiễn chưa được giải quyết hoặc giải quyết chưa triệt để. Nhược điểm chính của phương pháp gia công bằng tia nước là khó khăn trong kiểm soát độ chính xác về kích thước (khi gia công các loại chi tiết) và giá thành thiết bị còn cao.

Để nâng cao hiệu quả của phương pháp khi gia công người ta dùng tia nước có bổ sung hạt mài (gọi là tia hạt mài).

21.11.2. Gia công bằng tia hạt mài áp lực cao

Khi bổ sung hạt mài thì khả năng công nghệ của tia nước được mở rộng rõ rệt, cụ thể là ngoài khả năng cắt vật liệu nó còn được ứng dụng để khoan lỗ, mài và đánh bóng bề mặt.

Gia công bằng tia hạt mài áp lực cao là tác động của tia dung dịch gồm nước và hạt mài tới bề mặt gia công.

Tia dung dịch này thông thường được đẩy bằng khí nén nhằm mục đích tăng tốc độ của dòng chảy. Bề mặt gia công bằng tia hạt mài không có vết xước như bề mặt được gia công bằng các phương pháp khác (các phương pháp gia công có tạo phoi).

Tác động của hạt mài tới bề mặt gia công không liên tục mà mang tính chất xung (va đập). Số lần va đập của các hạt mài phụ thuộc vào điều kiện gia công cụ thể và chúng có thể đạt tới $2 \cdot 10^6$: $25 \cdot 10^6$ lần trong một giây.

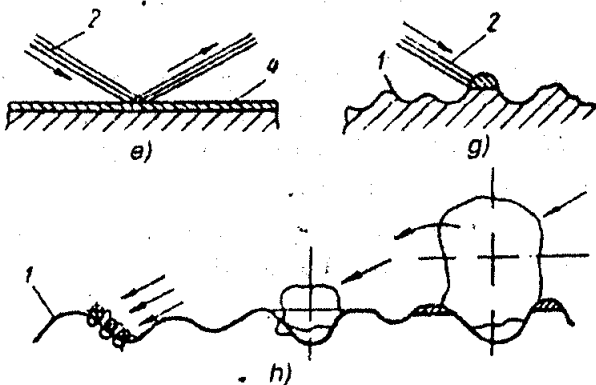
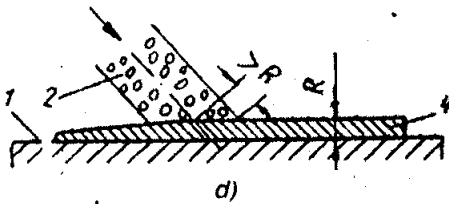
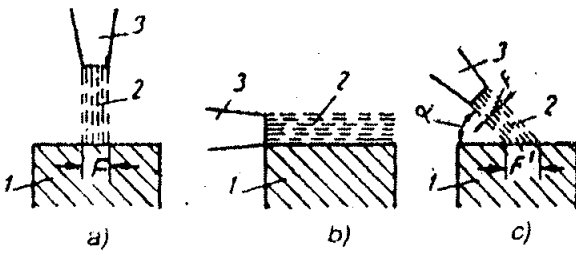
Gia công bằng tia hạt mài là phương pháp gia công nguội và bề mặt sau khi gia công có một lớp mỏng có độ cứng, độ bền và độ giòn cao hơn lớp kim

loại bên trong. Gia công chi tiết bằng phương pháp này cho phép nâng cao tuổi thọ phục vụ khi tải trọng hấp thụ được giữ nguyên hoặc tăng khả năng hấp thụ tải trọng khi tuổi thọ phục vụ được giữ nguyên.

Tất cả các quá trình gia công cơ đều làm tăng nhiệt độ ở vùng cắt chi tiết gia công, đồng thời làm cho bề mặt gia công bị biến dạng dẻo, trong khi đó gia công bằng tia hạt mài hầu như không làm thay đổi nhiệt độ của chi tiết gia công.

Chế độ gia công bằng tia hạt mài có thể được thay đổi trong phạm vi rất rộng tùy thuộc vào dạng hạt mài, kích thước hạt mài, tỷ lệ của hạt mài trong dung dịch, tốc độ và chiều dài của tia (khoảng cách giữa đầu phun và bề mặt gia công), góc phun của tia và cách gá đầu phun.

Gia công bằng tia hạt mài được sử dụng có hiệu quả đối với các chi tiết có hình dạng phức tạp, bởi vì với thời gian gia công giảm, phương pháp này cho phép thực hiện việc cơ khí hóa quá trình gia công bề mặt và cải thiện điều kiện lao động. Phương pháp có thể được ứng dụng trong sản xuất hàng loạt theo dây chuyền hoặc sản xuất nhỏ trong các phần xưởng cơ khí.



Bề mặt trước khi gia công bằng tia hạt mài được tẩy sạch bụi, phôi, dầu nhờn, axit và các tạp chất khác.

Hình 2.14 là các sơ đồ gia công bằng tia hạt mài áp lực cao.

Hình 2.14. Các sơ đồ gia công bằng tia hạt mài

a) gia công bằng tia và đập; b) gia công bằng tia trượt; c) gia công bằng tia chéo; d) màng dung dịch bám vào bề mặt gia công; e) sự phân xạ của tia hạt mài; g) tia hạt mài phá vỡ đỉnh nhấp nhô; h) chọn kích thước hạt mài phụ thuộc vào độ nhám bề mặt.

- Góc phun $\alpha = 90^\circ$ (hình 21.14a). Trong trường hợp này bề mặt được gia công bằng tia va đập.

- Góc $\alpha = 0^\circ$ (hình 21.14b). Trong trường hợp này bề mặt được gia công bằng tia trượt.

- Góc $\alpha = 0 \div 90^\circ$ (hình 21.14c) bề mặt được gia công bằng tia chéo.

Khi gia công vật liệu giòn nên dùng phương pháp tia va đập (hình 21.14a), còn khi gia công vật liệu dẻo nên dùng các tia trượt và tia chéo (hình 21.14b và hình 21.14c).

Dung dịch khi va đập vào bề mặt gia công tạo ra một lớp màng mà chiều dày của nó phụ thuộc vào thành phần của dung dịch (hình 21.14d).

Các hạt mài trong tia dung dịch (tia hạt mài) phải phá vỡ màng dung dịch này để đạt chất lượng theo yêu cầu. Quỹ đường đi của hạt mài qua màng dung dịch càng lớn khi góc phun α càng nhỏ. Hạt mài nào đi tới phần lõm của bề mặt gia công thì nó chịu sức cản của màng dung dịch (do có chiều dày lớn) cho nên chiều dày phoi được cắt giảm xuống.

Nếu bề mặt gia công có độ phẳng lý tưởng thì các hạt mài bị phản xạ bởi màng dung dịch, do đó các hạt mài bị bề mặt hất lên và không sinh ra một công đáng kể nào (hình 21.14e).

Nếu tia hạt mài đi tới các đỉnh nhấp nhô thì các đỉnh nhấp nhô này sẽ bị phá vỡ (hình 21.14g). Quá trình này xảy ra liên tục cho đến khi tất cả các đỉnh nhấp nhô bị san phẳng.

Kích thước của các hạt mài được chọn phụ thuộc vào độ nhám bề mặt trước khi gia công. Nếu kích thước của các hạt mài (hình 21.14h bên trái) quá nhỏ so với nhấp nhô (độ nhám) thì các hạt mài không chỉ tác động tới các đỉnh nhấp nhô mà còn tác động tới cả đáy của chúng nữa. Như vậy, quá trình gia công sẽ tạo ra bề mặt có prôphin tương tự nhưng với độ nhám thấp hơn. Nếu kích thước của các hạt mài quá lớn thì chúng không thể xâm nhập xuống các đáy nhấp nhô được, do đó chúng chỉ có khả năng san phẳng các phần trên của nhấp nhô (hình 21.14h bên phải). Hình ở giữa của hình 21.14h là sơ đồ chọn kích thước hạt mài hợp lý nhất.

Lượng hạt mài trong dung dịch tăng cho phép nâng cao năng suất gia công. Tuy nhiên, nếu lượng hạt mài trong dung dịch quá lớn sẽ làm cho chúng va đập với nhau quá nhiều, do đó hiệu quả cắt lại giảm. Vì vậy, lượng hạt mài trong dung dịch (mật độ hạt mài) phải được chọn tối ưu.

Tia hạt mài va đập vào kim loại cứng với tốc độ V (m/giây) sẽ xâm nhập vào kim loại cứng đó với tốc độ U (m/giây) và tạo ra áp lực P (tấn/m²):

$$P = \frac{\gamma}{2g} (V - u) \quad (21.3)$$

Ở đây:

γ - trọng lượng riêng của vật liệu dòng tia ($\text{tấn}/\text{m}^3$);

g - gia tốc trọng lượng ($\text{m}/\text{giây}$);

Áp lực P có thể đạt tới $280.000 \text{ kG}/\text{cm}^2$.

Năng suất gia công bằng tia hạt mài là hàm số của nhiều yếu tố và nó phụ thuộc vào mục đích gia công bề mặt. Ví dụ, khi gia công bề mặt nhằm tăng độ bóng (giảm độ nhám) thì cần phải bóc ít kim loại, ngược lại khi gia công bề mặt nhằm đạt kích thước thì lượng kim loại được bóc tách trong một đơn vị thời gian phải đạt giá trị lớn nhất.

Các thông số công nghệ của quá trình gia công bằng tia hạt mài phụ thuộc vào mục đích của nguyên công, độ cứng và độ dai của vật liệu gia công vào trạng thái của bề mặt trước khi gia công.

Các thông số công nghệ của quá trình được xét đến là:

1. Áp suất của khí nén để:

- Đưa dung dịch hạt mài tới thiết bị phun P_0 (kG/cm^2).

- Phun dung dịch hạt mài P_e (kG/cm^2).

2. Đặc tính của thiết bị phun:

- Lưu lượng khí nén trong ống phun

- Đường kính của vòi phun khí nén d_k (mm).

- Đường kính của vòi phun dung dịch d_0 (mm).

- Tiết diện của luồng khí nén f_0 (mm^2) hoặc của dung dịch hạt mài f_e (mm^2) khi chuyển vào buồng hỗn hợp.

- Chiều dài của ống phun l (mm).

- Khoảng cách giữa mặt đầu của ống phun và vòi phun L (mm)

3. Đặc tính của dung dịch hạt mài:

- Thành phần của dung dịch (nước, các dung dịch khác).

- Vật liệu hạt mài (cát, corun điện).

- Độ hạt của hạt mài.

- Mật độ của hạt mài trong dung dịch K (tỷ khối của hạt mài trong nước).

4. Vị trí của thiết bị phun:

- Chiều dài của tia L (mm).

- Các góc phun α (độ).

Để nghiên cứu sâu hơn về các phương pháp gia công bằng tia hạt mài có thể tham khảo tài liệu [1].

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Giá trị C_v và các chỉ số mũ khi tiện

Vật liệu gia công	Vật liệu dao tiện	S mm/vòng g	C _v	X _v	Y _v	m
Thép	T15 K6*	≤ 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		0,3 – 0,7	350	0,15	0,35	0,20
		> 0,7	340	0,15	0,45	0,20
	P18**	≤ 0,25	87,5	0,25	0,33	0,125
		>0,25	56	0,25	0,66	0,125
Gang	BK6*	≤ 0,40	292	0,15	0,20	0,20
		>0,40	243	0,15	0,40	0,20
	BK8*	≤ 0,40	317	0,15	0,20	0,20
		>0,40	215	0,15	0,45	0,20

Ghi chú: * - Gia công không có dung dịch trơn nguội
** - Gia công có dung dịch trơn nguội

Phụ lục 2: Giá trị C_v và các số mũ khi khoan

Vật liệu gia công	S mm/vòng	C _v	X _v	Y _v	m
Thép	≤ 0,2	7	0,2	0,4	0,7
	>0,2	9,8	0,2	0,4	0,5
Gang	-	34,2	0,2p	0,45	0,3

Phụ lục 3: Giá trị C_v và các số mũ khi phay nghịch bằng dao phay trụ thép gió P18

Vật liệu gia công và vật liệu dao	S _z mm/răng	C _v	m	X _v	Y _v	z _v	r _v	U _v
Vật liệu gia công: thép vật liệu dao: T15K6	< 0,1	35,4	0,33	0,3	0,4	0,45	0,1	0,1
	≤ 0,1	55	0,33	0,3	0,2	0,45	0,1	0,1
Vật liệu gia công: gang xám vật liệu dao: BK6	<0,15	27	0,25	0,5	0,6	0,7	0,3	0,3
	≤ 0,15	57,6	0,25	0,5	0,2	0,7	0,3	0,3

Phụ lục 4: Giá trị C_v và các số mũ khi phay bằng dao phay mặt đầu hợp kim cứng

Vật liệu gia công và vật liệu dao	C_v	m	X_v	Y_v	Z_v	r_v
Vật liệu gia công: thép vật liệu dao:T15K6	356	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2
Vật liệu gia công: gang xám vật liệu dao:BK6	528	0,32	0,15	0,35	0,2	0,2

Phụ lục 5: Hệ số K_v có tính đến ảnh hưởng của các yếu tố đến tốc độ cắt

Phương pháp gia công	Các thành phần của hệ số
Tiện	$K_m \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi_1} \cdot K_r \cdot K_q$
Khoan	$K_m \cdot K_d \cdot K_\phi \cdot K_l \cdot K_T$
Phay	$K_m \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_r$

Ghi chú: K_m - hệ số ảnh hưởng của vật liệu gia công.

K_n - hệ số ảnh hưởng của trạng thái bề mặt phôi.

K_d - hệ số ảnh hưởng của vật liệu dụng cụ.

K_φ - hệ số ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ .

K_{φ_1} - hệ số ảnh hưởng của góc nghiêng phụ φ_1 .

K_ϕ - hệ số ảnh hưởng của dạng mài dao khoan.

K_q - hệ số ảnh hưởng của tiết diện dao tiện.

K_l - hệ số ảnh hưởng của chiều sâu khoan.

K_T - hệ số ảnh hưởng của tuổi bền dụng cụ.

Phụ lục 6: Hệ số K_m tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công

Vật liệu gia công	Vật liệu dụng cụ	
	Hợp kim cứng	Thép gió
Thép	$K_m = \frac{750}{\sigma_B}$	$K_m = c_m \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$
Gang xám	$K_m = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,25}$	$K_m = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
Gang dẻo	$K_m = \left(\frac{150}{HB} \right)^{1,25}$	$K_m = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}$

Phụ lục 7 : Giá trị C_m và số mũ n_v để tính tốc độ cắt

Vật liệu gia công	C_m	n_v		
		Tiện	khoan	phay
Thép cacbon (C < 0,6%)	1,0	1,75*	0,9**	0,9**
Thép tự động	1,2	1,75	1,05	-
Thép hợp kim niken	1,0	1,75	0,9	1,0
Thép hợp kim crôm	0,8	1,75	0,9	1,45
Thép hợp kim crôm - niken	0,9	1,50	0,9	1,35
Thép cacbon (C > 0,6%)	0,8	1,75	0,9	1,0
Gang xám	-	1,70	1,3	0,95
Gang dẻo	-	1,70	1,3	0,85
Khi $\sigma < 450 \text{ MN/m}^2$ thì $n_v = - 1,0$ Khi $\sigma < 550 \text{ MN/m}^2$ thì $n_v = - 0,9$				

Phụ lục 8 : Giới hạn bền σ_B và độ cứng HB của một số loại thép

Thép	$\sigma_B(\text{MN/m}^2)$	HB
Thép 35	450	187
Thép 45	610	149 - 187
Thép 40 X	800 - 950	217 - 235
Thép 12XH3A	600 - 700	217

Phụ lục 9 . Độ cứng của một số loại gang

Gang	HB
CY 18-36	170 - 229
CY 21-40	170 - 241
CY 32-52	187 - 225
KY 37-12	≤ 163

Phụ lục 10. Hệ số K_n của tốc độ cắt có tính đến trạng thái bề mặt phôi

Trạng thái bề mặt phôi	K_n
Bề mặt phôi thép cán không có vẩy	1,0
Bề mặt phôi thép cán có vẩy	0,9
Bề mặt phôi thép rèn có vẩy	0,8
Bề mặt phôi thép và phôi gang đúc bình thường	0,8-0,85
Bề mặt phôi thép và phôi gang đúc có vẩy	0,5-0,6

Phụ lục 11. Hệ số K_d của tốc độ cắt có tính đến ảnh hưởng của vật liệu dao

Vật liệu gia công	Vật liệu dao	K_d
Thép	T5K10	0,65
	T14K8	0,8
	T15K6	1,0
	T30K4	1,4
	BK8	0,4
	P18	0,2
Gang	BK8	0,83
	BK6	1,0
	BK4	1,1

Phụ lục 12. Các hệ số của tốc độ cắt có tính đến ảnh hưởng của các thông số hình học của dao.

φ^0	K_φ	φ_1^0	K_{φ_1}	Bán kính đỉnh dao r (mm)	K_r	Tiết diện thân dao q (BxH)	K_q
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12 x 20 16 x 16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16 x 25 20 x 20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20 x 30 25 x 25	1,0
60	0,9	30	0,91			25 x 40 30 x 30	1,04
75	0,8	45	0,87	5	1,13	30 x 45 40 x 40	1,08
90	0,7					40 x 60	1,12

Phụ lục 13. Hệ số K_4 của tốc độ cắt có tính đến ảnh hưởng của dạng mài dao khoan

Dạng mài dao khoan	Vật liệu gia công	K_4
Mài đúp (có lưỡi cắt ngang)	Thép	1
	Gang	1
Mài đơn (không có lưỡi cắt ngang)	Thép	0,87
	Gang	0,84

Phụ lục 14. Hệ số K_1 của tốc độ cắt có tính đến ảnh hưởng của chiều sâu khoan.

Tỷ lệ giữa chiều sâu khoan và đường kính dao khoan //D	K_1
3	1,0
4	0,85
5	0,75
6	0,7
8	0,6
10	0,5

Phụ lục 15. Hệ số K_T của tốc độ cắt có tính đến ảnh hưởng của tuổi bền dụng cụ.

Vật liệu dao	Hệ số K_T khi tuổi bền T bằng					
	<15	30	60	100	150	200
Thép gió	1,5	1,25	1,15	1,0	0,9	0,8
Hợp kim cứng	1,6	1,4	1,2	1,0	0,85	0,8

Phụ lục 16. Tuổi bền T của dao khoan.

Đường kính lỗ khoan d (mm)	Tuổi bền T (phút)
10	20
15	30
20	40
30	50
50	60

Phụ lục 17. Tuổi bền T của dao phay

Vật liệu dao	Loại dao phay	Tuổi bền của dao phay khi đường kính dao bằng (mm)					
		50	75	100	150	200	300
Thép gió	Dao phay mặt đầu và dao phay đĩa	100	120	130	170	250	300
	Dao phay cắt đứt	80	90	100	110	120	-
	Dao phay trụ	100	170	280	400	-	-
	Dao phay góc	100	150	170	-	-	-
Hợp kim cứng	Dao phay mặt đầu và dao phay đĩa hai mặt	-	90	120	200	300	500
	Dao phay đĩa ba mặt	-	130	160	200	300	-

Phụ lục 18. Hệ số C và các số mũ của lực cắt khi tiện ngoài.

Vật liệu gia công	Vật liệu dao	C _z	x _z	y _z	n _z	C _x	x _x	y _x	n _x
Thép	Hợp kim cứng	300	1,0	0,75	-0,15	339	1,0	0,5	-0,4
	Thép gió	200	1,0	0,75	0	67	1,2	0,65	0
Gang xám	Hợp kim cứng	92	1,0	0,75	0	46	1,0	0,4	0
Gang dẻo	Hợp kim cứng	81	1,0	0,75	0	38	1,0	0,4	0

Phụ lục 19. Hệ số K_m của lực cắt có tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công.

Thép	Gang	
	Xám	Dẻo
$K_m = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}$	$K_m = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p}$	$K_m = \left(\frac{HB}{150} \right)^{n_p}$

Phụ lục 20. Số mũ n_p để tính hệ số K_m

Vật liệu gia công	Vật liệu dao	Giá trị n _p khi				
		P _z	P _y	P _x	M ₀ và P ₀	P _z
		Tiện			Khoan	Phay
Thép có $\sigma_B \leq 600 \text{ MN/m}^2$	Hợp kim cứng	0,75	1,35	1,0	0,75	0,3
	Thép gió	0,35	2,0	1,5	0,75	0,3
Thép có $\sigma_B \geq 600 \text{ MN/m}^2$	Hợp kim cứng	0,75	1,35	1,0	0,75	0,3
	Thép gió	0,75	2,0	1,5	0,75	0,3
Gang xám và gang dẻo	Hợp kim cứng	0,4	1,0	0,8	0,6	1,0
	Thép gió	0,55	1,3	1,1	0,6	0,55

Phụ lục 21. Các hệ số để tính lực cắt phụ thuộc vào thông số hình học của dao.

Vật liệu dụng cụ	Yếu tố ảnh hưởng và hệ số	Các hệ số để tính lực											
		P_z				P_y				P_x			
Hợp kim cứng	φ^0	30	45	60	90	30	45	60	90	30	45	60	90
	K_φ	1,08	1,0	0,94	0,89	1,3	1,0	0,77	0,5	0,78	1,0	1,11	1,17
Thép gió	K_φ : Thép Gang	1,08	1,0	0,98	0,98	1,63	1,0	0,71	0,44	0,70	1,0	1,27	1,82
		1,05	1,0	0,96	0,92	1,23	1,0	0,87	0,70	0,63	1,0	1,11	1,28
Hợp kim cứng	γ^0	10	0	-10	-20	10	0	-10	-20	10	0	-10	-20
	K_γ	1,0	1,1	1,2	1,3	1,0	1,4	1,8	2,2	1,0	1,4	1,8	2,2
Thép gió	γ^0	8	15	20	25	8	15	20	25	8	15	20	25
	K_γ	-	1,15	1,06	1,0	-	1,77	1,25	1,0	-	1,9	1,28	1,0
	Thép có $\sigma_B \leq 800 \text{MN/m}^2$	-	1,1	1,0	0,94	-	1,42	1,0	0,8	-	1,48	1,0	0,78
	Thép có $\sigma_B \geq 800 \text{MN/m}^2$	-	1,1	1,0	0,94	-	1,42	1,0	0,8	-	1,48	1,0	0,78
	Gang có $HB \leq 200$	1,06	1,0	0,91	-	1,2	1,0	0,7	-	1,24	1,0	0,68	-
	Gang có $HB \geq 200$	1,0	0,94	-	-	1,0	0,82	-	-	1,0	0,8	-	-
	Bán kính đỉnh dao r (mm)	1	2	3	5	1	2	3	5	1	2	3	5
Thép gió	K_r : Thép Gang	0,89	0,96	1	1,06	0,72	0,88	1	1,17	-	1,12	1	0,87
		0,92	0,97	1	1,04	0,81	0,93	1	1,11	-	1,08	1	0,9

Phụ lục 22. Các hệ số và các số mũ để tính mômen xoắn và lực cắt khi khoan.

Vật liệu gia công	C_x	y_x	n_x	z_x	C_x	y_x	z_x
Thép	39	0,8	2	1,2	98,8	0,7	1,0
Gang xám	23,6	0,8	2,2	1,0	62	0,8	1,0
Gang dẻo	23,8	0,8	2,2	1,2	63	0,8	1,0

Phụ lục 23. Các hệ số để tính mômen xoắn M và lực cắt P có tính đến ảnh hưởng của dạng mài dao khoan.

Vật liệu gia công	K_{MM}		K_{PP}	
	Mài đơn	Mài đúp	Mài đơn	Mài đúp
Thép				
Gang	1,11 1	1 1	1,33 1,33	1 1

Phụ lục 24. Các hệ số mũ để tính mômen xoắn M và lực cắt P khi khoan có tính đến trạng thái của lưỡi cắt.

Lưỡi cắt	K_{SM}	K_{SP}
Lưỡi sắc	0,77	0,62
Lưỡi cùn	1	1

Phụ lục 25. Hệ số C_z và các số mũ để tính lực cắt khi phay.

Vật liệu gia công	Loại dao phay	Vật liệu dao	C_z	x_z	y_z	z_z	n_z	q_z
Thép	Dao phay mặt đầu	Hợp kim cứng	825	1,0	0,75	1,1	0,2	1,3
		Thép gió	82,2	0,95	0,8	1,1	0	1,1
	Dao phay trụ	Hợp kim cứng	101	0,88	0,75	1,0	0	0,87
		Thép gió	68,2	0,86	0,72	1,0	0	0,86
	Dao phay ngón	Hợp kim cứng	12,5	0,85	0,75	1,0	-0,13	0,73
		Thép gió	68,2	0,86	0,72	1,0	0	0,86
Gang xám	Dao phay mặt đầu	Hợp kim cứng	54,5	0,9	0,74	1,0	0	1,0
	Dao phay trụ	Hợp kim cứng	58	0,9	0,8	1,0	0	0,9
	Dao phay trụ, dao phay ngón	Thép gió	30	0,83	0,65	1,0	0	0,83
Gang dẻo	Dao phay mặt đầu	Hợp kim cứng	491	1,0	0,75	1,1	0,2	1,3
	Dao phay trụ, dao phay ngón	Thép gió	30	0,86	0,72	1,0	0	0,86

Phụ lục 26. Giá trị K'_s .

Phương pháp phay và loại dụng cụ	K'_s
Phay bằng dao phay trụ và dao phay ngón: Phay nghịch Phay thuận	0,8 – 0,9 1 – 1,2
Phay mặt đầu không đối xứng	0,15 – 0,30
Phay mặt đầu đối xứng	0,30 – 0,40

Phụ lục 27. Giá trị K_0 .

Vật liệu gia công	K_0
Thép	2,5
Gang	4

Phụ lục 28. Giá trị P_s (N)

Loại máy	Hướng chạy dao		
	dọc	ngang	đứng
1610	1800	1800	-
1A616	3000	3000	-
1K62	3600	5000	-
1K625	12.000	12000	-
1M63	13000	15000	-
6H80Г	7000	5000	5000
6H10	7000		
6H81Г	7000		
6H11	10.000	11500	8500
6M82Г	10.000	15000	
6M12Π	10.000		

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS.TS Trần Văn Địch, PGS.TS Nguyễn Trọng Bình, PGS.TS Nguyễn Thế Đạt, PGS.TS Nguyễn Viết Tiếp, PGS.TS Trần Xuân Việt.
Công nghệ chế tạo máy.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2003.
2. GS.TS Trần Văn Địch.
Sổ tay dụng cụ cắt và dụng cụ phụ.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2004.
3. GS.TS Trần Văn Địch.
Kỹ thuật tiện.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2005.
4. Barbasôp.
Công nghệ phay.
Người dịch: Trần Văn Địch,
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2001.
5. GS.TS Trần Văn Địch.
Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm.
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2003.
6. A. M. Вульф.
Резание металлов.
Ленинград, "Машиностроение", 1973.
7. П. И. Ящерицын, М. Л. Емеренко, Н. И. Жигалко.
Основы резания материалов и режущий инструмент.
Издательство "Вышэйшая школа", Минск, 1975.
8. A. Dupont, A. Castell.
Travaux réalisés sur les Machine-Outils.
Paris, 1980.
9. E. Paul Decarmo, J.I. Black, Ronal A. Koser.
Materials and Processes in Manufacturing.
Eighth edition, Prentice-Hall International, 1997.
10. Steve F. Krar, Albert F. Check.
Technology of Machine Tool.
International Edition 1998.
11. John A. Schey.
Introduction to Manufacturing Processes.
Thid Edition, New York-London, 2000.

MỤC LỤC

Trang

LỜI NÓI ĐẦU	3
CHƯƠNG 1. VẬT LIỆU DỤNG CỤ CẮT	
1.1. Yêu cầu đối với thép dụng cụ	5
1.2. Thép cacbon	5
1.3. Thép hợp kim	7
1.4. Thép gió	11
1.5. Hợp kim cứng	13
1.5.1. Phân loại hợp kim cứng	13
1.5.2. Ứng dụng của hợp kim cứng	16
1.6. Hợp kim gốm	17
1.7. Vật liệu hạt mài	18
1.7.1. Vật liệu hạt mài tự nhiên	18
1.7.2. Vật liệu hạt mài nhân tạo	19
1.7.3. Đặc tính cơ bản của vật liệu hạt mài	21
CHƯƠNG 2. CÁC BỘ PHẬN KẾT CẤU VÀ CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA DỤNG CỤ CẮT	
2.1. Các bộ phận kết cấu của dụng cụ cắt và các chuyển động cắt khi tiện	23
2.2. Các thông số hình học của dao	25
2.3. Ảnh hưởng của cách gá dao và quá trình cắt đến các thông số hình học của dao cắt	28
2.4. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt	33
2.4.1. Khái niệm	33
2.4.2. Tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt	33
2.4.3. Chiều dày, bề rộng và tiết diện lớp cắt	34
2.4.4. Cắt tự do và cắt không tự do	36
2.4.5. Hình dạng của tiết diện cắt	38
CHƯƠNG 3. QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH PHOI	
3.1. Khái niệm và phân loại phoi	40
3.2. Sự trượt tương đối	41
3.3. Hiện tượng lẹo dao	43
3.3.1. Khái niệm	43
3.3.2. Ảnh hưởng của lẹo dao đến quá trình cắt	43

3.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến lẹo dao	45
3.4. Sự co rút của phoi	46
3.5. Biến dạng và biến cứng của lớp bề mặt kim loại khi gia công	49
CHƯƠNG 4. LỰC CẮT	
4.1. Khái niệm	51
4.2. Cơ sở lý thuyết của lực cắt	51
4.3. Xác định lực cắt bằng phương pháp thực nghiệm	52
4.4. Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phương pháp toán thống kê	56
4.5. Ảnh hưởng của bề rộng cắt và chiều sâu cắt đến lực cắt	60
4.6. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến lực cắt	61
4.7. Ảnh hưởng của vật liệu gia công đến lực cắt	62
4.8. Ảnh hưởng của vật liệu dao đến lực cắt	63
4.9. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến lực cắt	64
4.10. Ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến lực cắt	65
4.10.1. Ảnh hưởng của góc trước và góc sau đến lực cắt	65
4.10.2. Ảnh hưởng của góc cắt δ đến lực cắt	65
4.10.3. Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ đến lực cắt	66
4.10.4. Ảnh hưởng của góc nghiêng của lưỡi cắt λ đến lực cắt	66
4.10.5. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến lực cắt	67
4.10.6. Ảnh hưởng của hình dạng và vật liệu dao đến lực cắt	68
CHƯƠNG 5. HIỆN TƯỢNG NHIỆT TRONG QUÁ TRÌNH CẮT	
5.1. Nhiệt cắt	69
5.2. Ảnh hưởng của các yếu tố khác đến nhiệt độ cắt	73
5.2.1. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến nhiệt độ cắt	73
5.2.2. Ảnh hưởng của bề rộng và chiều dày cắt đến nhiệt độ cắt	73
5.2.3. Ảnh hưởng của vật liệu dao và vật liệu gia công đến nhiệt độ cắt	74
5.2.4. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt và lượng chạy dao đến nhiệt độ cắt	75
5.2.5. Ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến nhiệt độ cắt	75
5.3. Các phương pháp đo nhiệt độ cắt	76
5.3.1. Các phương pháp quan sát biến sắc nhiệt	76
5.3.2. Phương pháp đo nhiệt lượng	76
5.3.3. Đo nhiệt độ cắt bằng các nhiệt kế	77

5.3.4. Đo nhiệt độ bằng phương pháp bức xạ 78

CHƯƠNG 6. SỰ MÀI MÒN DỤNG CỤ CẮT

6.1. Thể hiện bề ngoài của sự mài mòn dụng cụ cắt 80

6.2. Bản chất vật lý của sự mài mòn dụng cụ cắt 81

6.3. Quy luật mài mòn của dụng cụ cắt 83

6.4. Các chỉ tiêu đánh giá sự mài mòn của dụng cụ cắt 84

6.4.1. Chỉ tiêu mòn tối ưu 84

6.4.2. Chỉ tiêu mòn công nghệ 85

CHƯƠNG 7. RUNG ĐỘNG TRONG QUÁ TRÌNH CẮT

7.1. Khái niệm về rung động trong quá trình cắt 86

7.2. Ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến tự rung động 86

7.3. Các biện pháp giảm rung động 88

CHƯƠNG 8. TUỔI BỀN CỦA DỤNG CỤ VÀ TỐC ĐỘ CẮT CHO PHÉP

8.1. Khái niệm về tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt cho phép 89

8.2. Đặc tính tổng quát của quan hệ giữa tuổi bền và tốc độ cắt
 $T = f(V)$ 90

8.3. Ảnh hưởng của chiều dày và bề rộng cắt đến tốc độ cắt 93

8.4. Ảnh hưởng của vật liệu gia công đến tốc độ cắt 96

8.5. Ảnh hưởng của vật liệu dụng cụ và các thông số hình học của dụng cụ cắt đến tốc độ cắt 97

8.6. Xác định các thông số hình học tối ưu của dụng cụ cắt 98

8.7. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến tốc độ cắt 102

8.8. Ảnh hưởng của quá trình cắt gián đoạn đến tuổi bền dụng cụ và tốc độ cắt. 103

8.9. Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các yếu tố đến tuổi bền của dụng cụ và tốc độ cắt 105

CHƯƠNG 9. TIỆN

9.1. Lực cắt và công suất cắt khi tiện 112

9.2. Ảnh hưởng của các yếu tố đến lực cắt khi tiện 114

9.3. Tốc độ cắt khi tiện 117

9.4. Công thức tổng quát để tính V_T khi tiện 122

CHƯƠNG 10. BÀO VÀ XỌC

10.1. Khái niệm về bào và xọc 126

10.2. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt 128

10.3. Lực cắt và tốc độ cắt khi bào và xọc 131

10.4. Tuổi bền của dao bào	131
10.5. Xác định tốc độ cắt hợp lý khi bào và xọc	132
CHƯƠNG 11. KHOAN	
11.1. Khái niệm về nguyên công khoan	134
11.2. Kết cấu và các thông số hình học của dao khoan ruột gà	135
11.3. Lực cắt và mômen xoắn khi khoan	140
11.4. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến mômen xoắn và lực chạy dao	144
11.5. Tốc độ cắt và tuổi bền của dụng cụ khi khoan	144
11.6. Ảnh hưởng của vật liệu và hình học của dao khoan đến tuổi bền của nó.	147
11.7. Phương pháp xác định tuổi bền hợp lý khi khoan	149
11.8. Dao khoan lỗ sâu	149
CHƯƠNG 12. KHOÉT VÀ DOA	
12.1. Khái niệm về nguyên công khoét và doa	154
12.2. Kết cấu và các thông số hình học của dao khoét và dao doa	155
12.3. Độ mòn và tuổi bền của dao khoét và dao doa	159
12.4. Lực cắt, mômen xoắn và công suất cắt khi khoét và khi doa	161
12.5. Xác định chế độ cắt hợp lý khi khoét và doa	162
CHƯƠNG 13. CẮT REN	
13.1. Phương pháp và dụng cụ cắt ren	166
13.2. Đặc điểm của quá trình cắt ren	166
13.3. Thông số hình học của dụng cụ cắt ren	167
13.4. Các yếu tố chế độ cắt và lớp cắt	168
13.5. Cắt ren bằng các loại dao khác nhau	169
13.6. Phay ren	172
13.7. Tốc độ cắt và công suất cắt khi gia công ren	173
13.8. Dụng cụ cán ren	176
13.9. Mài ren	179
CHƯƠNG 14. PHAY	
14.1. Các loại dao phay	181
14.2. Các thông số hình học của dao phay	182
14.3. Các yếu tố của chế độ cắt và lớp cắt khi phay	184
14.4. Điều kiện cắt êm khi phay	189
14.5. Phay nghịch và phay thuận	191
14.6. Lực cắt và công suất cắt khi phay	192
	301

14.7. Độ mòn và tuổi bền của dao phay	197
14.8. Tốc độ cắt khi phay	199
14.9. Chọn chế độ cắt hợp lý khi phay	201
CHƯƠNG 15. CHUỐT	
15.1. Khái niệm về nguyên công chuốt	206
15.2. Kết cấu và các thông số hình học của dao chuốt	207
15.3. Đặc điểm của quá trình cắt khi chuốt	210
15.4. Các dạng mòn của răng dao chuốt	211
15.5. Lực cắt khi chuốt	211
15.6. Tuổi bền và tốc độ cắt khi chuốt	212
CHƯƠNG 16. CẮT RĂNG	
16.1. Các phương pháp cắt răng	214
16.2. Các thông số hình học của dao phay trục vít và dao xọc răng	215
16.3. Các yếu tố chế độ cắt, lực cắt và công suất cắt	217
16.4. Độ mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt răng	221
16.5. Tốc độ cắt khi gia công răng	221
16.6. Chọn chế độ cắt hợp lý khi gia công răng	222
CHƯƠNG 17. MÀI	
17.1. Đặc điểm của quá trình mài	224
17.2. Các yếu tố chế độ cắt khi mài	225
17.3. Tiết diện ngang của lớp cắt khi mài	231
17.4. Lực cắt và công suất cắt khi mài	233
17.5. Độ mòn và tuổi bền của đá mài	235
17.6. Chọn đá mài	236
17.7. Xác định chế độ cắt khi mài	237
17.8. Hướng phát triển của mài	238
CHƯƠNG 18. NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA NĂNG SUẤT, GIÁ THÀNH GIA CÔNG VÀ TUỔI BỀN DỤNG CỤ	
18.1. Sự phụ thuộc của năng suất máy và giá thành gia công vào tuổi bền dụng cụ.	241
18.2. Xác định tuổi bền đạt năng suất cao nhất	242
18.3. Xác định tuổi bền đạt giá thành gia công thấp nhất	244
CHƯƠNG 19. XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ CẮT KHI GIA CÔNG ĐỒNG THỜI BẰNG NHIỀU DAO VÀ TRÊN ĐƯỜNG DÂY TỰ ĐỘNG	
19.1. Xác định chế độ cắt khi gia công bằng nhiều dao	248
19.2. Xác định chế độ cắt khi gia công trên đường dây tự động	250

CHƯƠNG 20. TỐI ƯU HOÁ QUÁ TRÌNH CẮT GỌT

20.1. Khái niệm	252
20.2. Hàm mục tiêu	253
20.3. Phương trình ràng buộc	254
20.4. Mô hình toán học	259
20.5. Ví dụ tính chế độ cắt tối ưu	261
20.6. Các bài tập ứng dụng để tính chế độ cắt tối ưu	265

CHƯƠNG 21. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG ĐẶC BIỆT

21.1. Gia công bằng tia lửa điện	267
21.2. Gia công bằng xung điện	269
21.3. Gia công bằng điện cực dây	271
21.4. Gia công bằng điện tiếp xúc	272
21.5. Gia công bằng cực dương cơ khí	274
21.6. Gia công bằng điện hoá	275
21.7. Gia công bằng điện hoá - cơ khí	277
21.8. Gia công bằng chùm tia điện tử	278
21.9. Gia công bằng chùm tia laze	279
21.10. Gia công bằng siêu âm	281
21.11. Gia công bằng tia nước và tia hạt mài áp lực cao	283
21.11.1 Gia công bằng tia nước áp lực cao	283
21.11.2. Gia công bằng tia hạt mài áp lực cao	284

PHỤ LỤC

TÀI LIỆU THAM KHẢO

MỤC LỤC

288
297
298

NGUYÊN LÝ CẮT KIM LOẠI

Tác giả: GS. TS. TRẦN VĂN ĐỊCH

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS.TS. Tô Đăng Hải
Biên tập và sửa bõng : Nguyễn Thị Diệu Thúy
Trình bày và chế bản : Thanh Nga
Vẽ hình : Thanh Hương
Vẽ bìa : Đỗ Thịnh

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 - Trần Hưng Đạo, Hà Nội

In 1000 cuốn, khổ 16 x 24 cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Thống kê
Quyết định xuất bản số: 72-2006/CXB/43-39/KHKT cấp ngày 22/1/2006.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 7/2006.