

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CẮT GỌT KIM LOẠI

2.1 Khái niệm chung

Hiện nay có rất nhiều phương pháp để gia công kim loại: Đúc, rèn, cán, hàn ... song các phương pháp này cơ bản là tạo phôi hoặc các sản phẩm thô sơ, thường độ chính xác và độ bóng không cao.

Để nâng cao độ bóng và độ chính xác của các chi tiết theo yêu cầu kỹ thuật thì phải tiến hành gia công bằng cắt gọt kim loại.

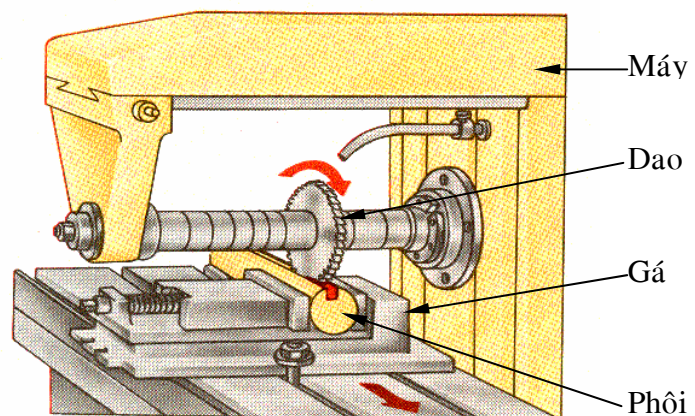
Gia công kim loại bằng cắt gọt (còn gọi gia công cơ có phoi) tức là bóc đi lớp “kim loại thừa” để tạo nên hình dáng chi tiết phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của chi tiết.

Hiện nay tuy đã xuất hiện nhiều phương pháp gia công mới nhưng các phương pháp: tiện, phay, bào, khoan, khoét, doa, chuốt, mài ... vẫn là các phương pháp cơ bản để cắt gọt kim loại.

Hệ thống thiết bị dùng để hoàn thành nhiệm vụ cắt gọt được gọi là hệ thống công nghệ, bao gồm: Máy – Đồ gá – Dao – Chi tiết. Ví dụ trong hình 2.1:

- Máy có nhiệm vụ cung cấp năng lượng cần thiết cho quá trình cắt gọt.
- Đồ gá có nhiệm vụ xác định và giữ vị trí tương quan chính xác giữa dao, máy và chi tiết gia công trong suốt quá trình gia công chi tiết.
- Dao có nhiệm vụ trực tiếp cắt bỏ lớp “kim loại thừa” ra khỏi chi tiết nhờ năng lượng của máy cung cấp thông qua các chuyển động tương đối.
- Chi tiết gia công là đối tượng của quá trình cắt gọt. Mọi kết quả của quá trình cắt đều được phản ánh lên chi tiết gia công.

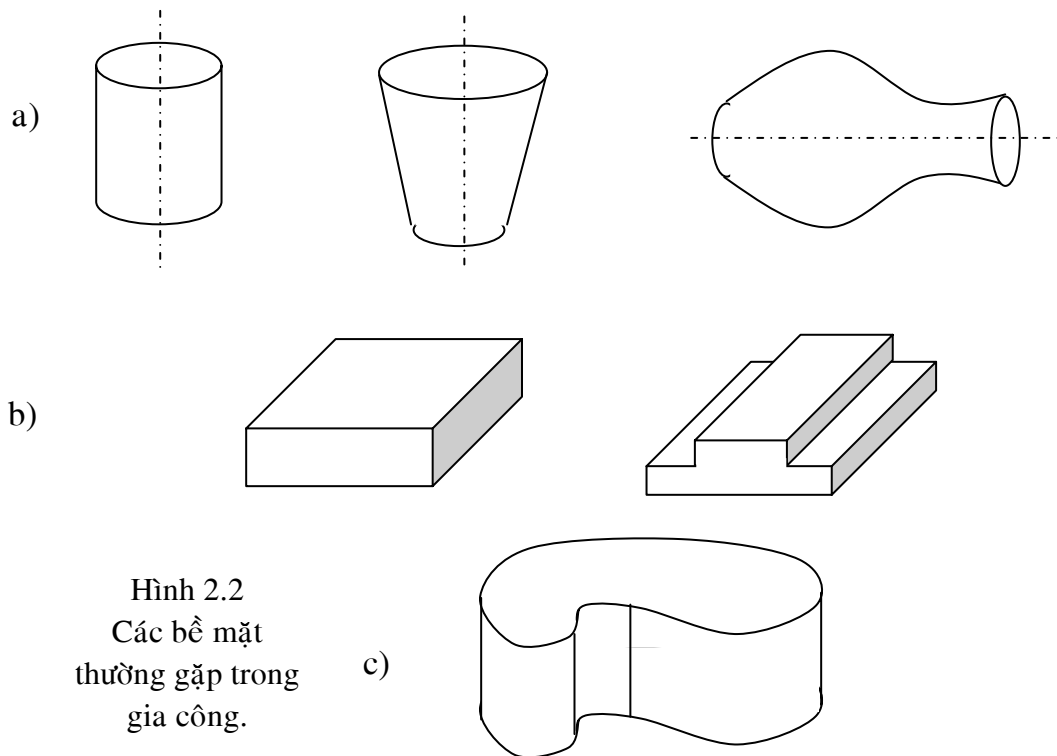
Mỗi phương pháp gia công đều dùng máy, dao và các chuyển động của chúng khác nhau, nên tạo ra các quỹ đạo chuyển động tương đối khác nhau và kết quả hình thành các bề mặt chi tiết khác nhau.



Hình 2-1. Hệ thống M-G-D-P

2.1.1 Các bề mặt thường gặp trong chi tiết máy

Trong gia công cơ khí, các bề mặt chi tiết gia công thường gặp có thể chia ba dạng chính:



Hình 2.2
Các bề mặt
thường gặp trong
gia công.

- Dạng bề mặt tròn xoay: mặt trụ, mặt côn, mặt ren, mặt định hình (hình 2.2a);
- Dạng mặt phẳng hoặc profil tạo nên bởi các mặt phẳng (hình 2.2b);
- Dạng mặt đặc biệt: cam đĩa ... (hình 2.2c).

2.1.2 Các chuyển động tạo hình bề mặt

Chuyển động tạo hình bao gồm mọi chuyển tương đối giữa dao và phôi, trực tiếp tạo ra bề mặt gia công.

Để tạo ra các bề mặt gia công, máy phải truyền cho các cơ cấu chấp hành của máy các chuyển động tương đối. Chuyển động tương đối này phụ thuộc vào bề mặt gia công. Vì vậy cần nghiên cứu các chuyển động tương đối để tạo ra bề mặt, dựa vào đó để thiết kế ra dao và máy. Số chuyển động tạo hình có thể 1 (như chuốt: hình 2.3a), 2 (như tiện, bào, xọc: hình 2.3b, phay: hình 2.3c), 3 (như lăn răng: hình 2.3d). Các chuyển động này (dù phức tạp) đều có thể quy về những chuyển động (đơn giản) của một vài cơ cấu nguyên thủy có chuyển động quay tròn và tịnh tiến.

Trong cắt gọt kim loại, các chuyển động chia thành các chuyển động sau:

- Chuyển động cắt chính: Là chuyển động cơ bản để tạo ra phôi cắt, chuyển động tiêu hao năng lượng cắt lớn nhất (chuyển động 1 – Hình 2.3). Chuyển động cắt chính có thể tịnh tiến, nhưng cũng có thể quay.

- Chuyển động chạy dao: Là chuyển động cần thiết để tiếp tục tạo ra phôi cắt (chuyển động 2 – Hình 2.3). Chuyển động chạy dao có thể tịnh tiến, nhưng cũng có thể quay.

- Chuyển động phụ: Bao gồm các chuyển động như đưa dao vào, lùi dao ra, chạy dao về cắt lần hai ...

Ví dụ:

- Khi chuốt (hình 2.3a) chuyển động cắt chính là chuyển động tịnh tiến (1) của dao, không có chuyển động chạy dao.

- Khi tiện (hình 2.3b) chuyển động cắt chính là chuyển động quay tròn (1) của chi tiết, chuyển động chạy dao là chuyển động tịnh tiến (2) của dao. Khi bào và xọc (hình 2.3b) chuyển động cắt chính là chuyển động tịnh tiến khứ hồi (1) của dao, chuyển động chạy dao là chuyển động tịnh tiến (2) của bàn máy mang chi tiết.

- Khi phay (hình 2.3c) chuyển động cắt chính là chuyển động quay tròn (1) của dao, chuyển động chạy dao là chuyển động tịnh tiến (2) của bàn máy mang chi tiết.

- Khi phay bánh răng (hình 2.3d) ngoài chuyển động cắt chính (1) – chuyển động quay của dao, chuyển động chạy dao (2) – chuyển động tịnh tiến của dao, còn chuyển động chạy dao (3) – chuyển động quay của phôi (theo nguyên lý bao hình).

a) Chuyển động cắt chính và vận tốc cắt

Để đặc trưng cho chuyển động chính, ta sử dụng hai đại lượng:

- Vận tốc cắt v (tại một điểm) hay còn gọi tốc độ cắt: Là lượng dịch chuyển tương đối giữa lưỡi cắt và chi tiết gia công trong một đơn vị thời gian.

- Số vòng quay n (hoặc số hành trình kép) trong đơn vị thời gian.

Đối với tiện, tốc độ cắt là tốc độ tổng hợp của tốc độ vòng của chi tiết gia công và tốc độ của chuyển động chạy dao. Tuy nhiên trong thực tế vì tốc độ của chuyển động chạy dao thường rất bé so với tốc độ vòng của chi tiết gia công nên thường bỏ qua.

$$\bar{V} = \bar{V}_n + \bar{V}_s$$

Trong đó: $\bar{V}_n$ - tốc độ vòng của chi tiết gia công.

$\bar{V}_s$ - tốc độ của chuyển động chạy dao.

Vì $\bar{V}_s$ nhỏ so với $\bar{V}_n$ rất nhiều nên trong tính toán có thể bỏ qua.

Vậy công thức gần đúng để tính vận tốc như sau:

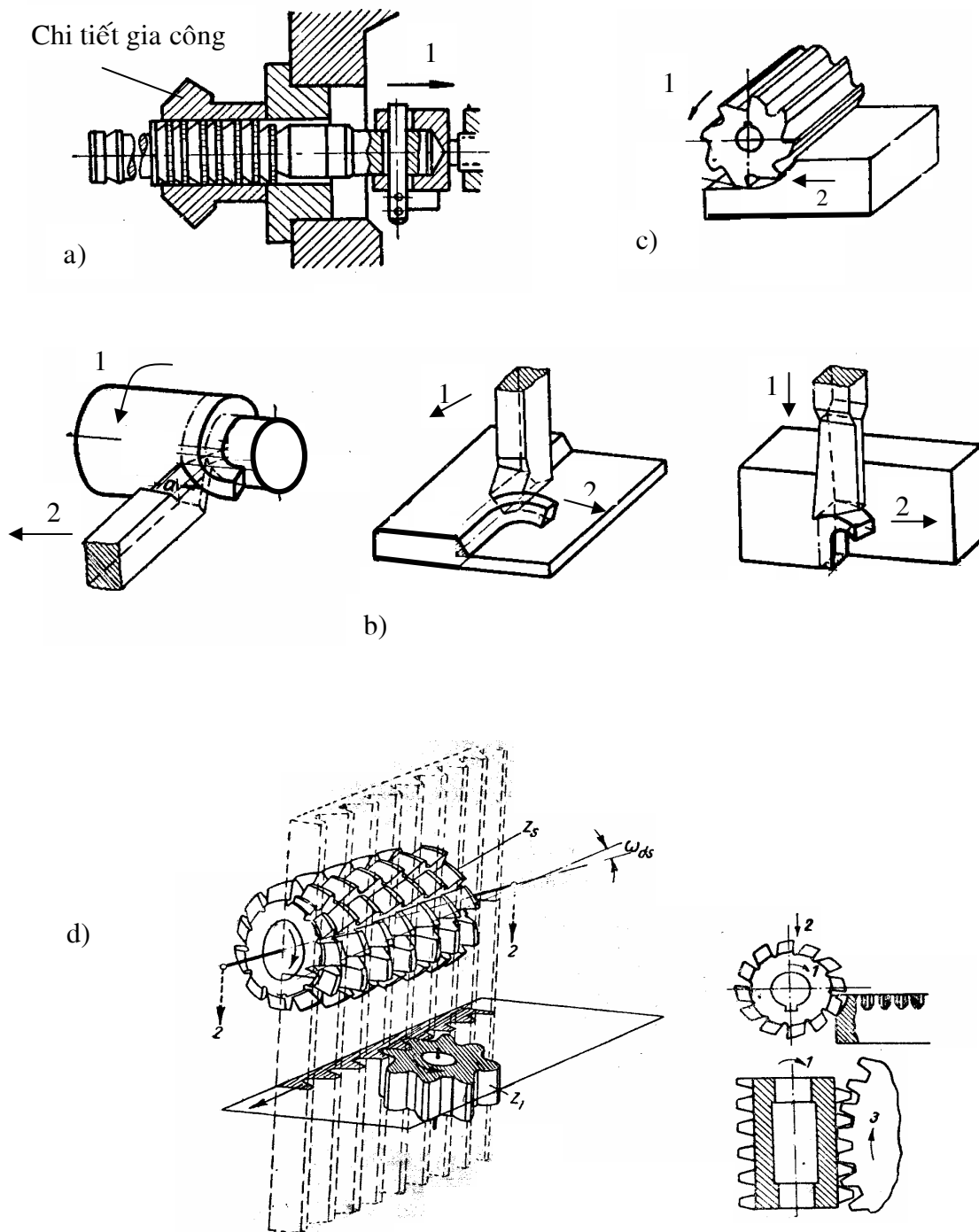
$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} (m / ph)$$

Trong đó D : Đường kính chi tiết gia công (mm).

n : số vòng quay của chi tiết gia công trong một phút (vòng/phút).

Nếu chuyển động chính là chuyển động tịnh tiến, thì giữa vận tốc cắt (m/phút), số hành trình kép n (hàng/phút) và chiều dài hành trình L (mm) có quan hệ sau:

$$V = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000} (m / ph)$$



Hình 2.3
 Các chuyển động tạo hình.

b) Chuyển động chạy dao và lượng chạy dao

Để đặc trưng cho chuyển động chạy dao, ta sử dụng lượng chạy dao. Lượng chạy dao có thể là lượng chạy dao vòng, lượng chạy dao phút ... Ví dụ:

- Lượng chạy dao khi tiện là khoảng dịch chuyển của dao theo phương chuyển động chạy dao sau một vòng quay của chi tiết gia công: S (mm/vòng).

- Lượng chạy dao khi bào, xọc: là lượng dịch chuyển tương đối của bàn máy mang chi tiết sau một hành trình kép của dao: S_k (mm/htk).

- Đối với phương pháp phay, trị số dịch chuyển tương đối của bàn máy trong một phút gọi là lượng chạy dao phút: $S_{ph} = S \cdot n$ (mm/ph); trong đó S là lượng chạy dao vòng, lượng dịch chuyển của bàn máy khi dao quay được một vòng (mm/vòng); n là số vòng quay của dao trong một phút (vòng/ph). Ngoài ra còn có khái niệm lượng chạy dao răng, là lượng dịch chuyển của bàn máy khi dao quay được một góc răng: $S_z = S/z$ (mm/răng); trong đó z là số răng của dao phay.

Tùy theo phương của chuyển động chạy dao có lượng chạy dao dọc, lượng chạy dao ngang, lượng chạy dao thẳng, lượng chạy dao vòng ...

c) Chuyển động phụ và chiều sâu cắt

Chiều sâu cắt t (mm) là khoảng cách giữa bề mặt đã gia công và bề mặt chưa gia công, hoặc là chiều sâu lớp kim loại cắt đi sau một lần cắt đo theo phương thẳng góc với bề mặt đã gia công.

Ví dụ khi tiện chiều sâu cắt được tính theo công thức:

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ (mm)}$$

D : Đường kính chi tiết trước khi gia công (mm).

d : Đường kính chi tiết sau khi gia công (mm).

Tập hợp các yếu tố: t, s, v - gọi là chế độ cắt.

2.1.3 Các phương pháp cắt gọt kim loại

Yêu cầu bề mặt gia công rất đa dạng, vì vậy phải có nhiều phương pháp cắt gọt để thỏa mãn những yêu cầu đa dạng đó.

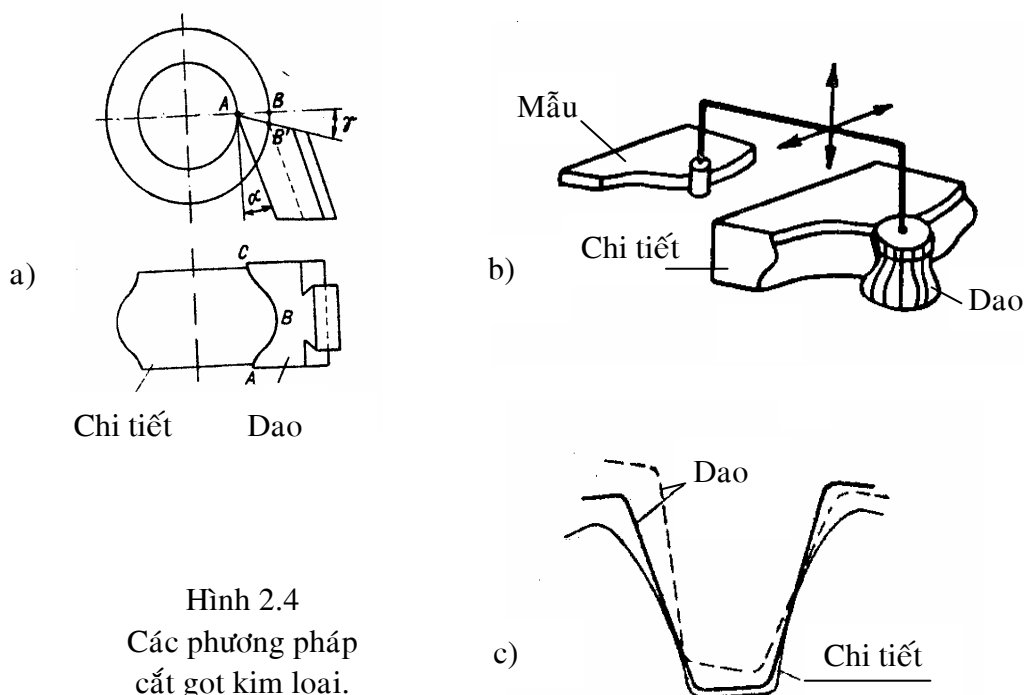
Có nhiều cách phân loại các phương pháp cắt gọt, xuất phát từ mục đích nghiên cứu và sử dụng khác nhau:

- Xuất phát từ nguyên lý tạo hình bề mặt: Phương pháp gia công định hình (định hình dáng dao lên bề mặt chi tiết gia công – hình 2.4a); Phương pháp gia công chép hình (chép lại hình dáng chi tiết mẫu – hình 2.4b); Phương pháp gia công theo vết (phương pháp quỹ tích) như tiện, phay, bào ...; Phương pháp bao hình (bề mặt tạo hình sẽ là đường bao của profil dao cắt khi chúng chuyển động bao hình với nhau – hình 2.4c) như phay lăn răng.

- Xuất phát từ máy cắt kim loại: Phương pháp cắt gọt như tiện, bào, xọc (hình 2.3b), phay (hình 2.3c), mài, khoan, khoét, doa, chuốt (hình 2.3a).

- Xuất phát từ yêu cầu chất lượng chi tiết gia công: Gia công thô, gia công bán tinh, gia công tinh, gia công siêu tinh.

- Xuất phát từ bề mặt chi tiết gia công: Gia công mặt phẳng (hình 2.2b), gia công mặt tròn xoay (hình 2.2a) ...

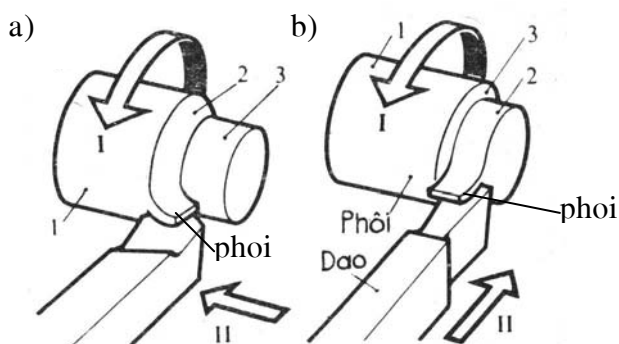


Hình 2.4
 Các phương pháp
 cắt gọt kim loại.

2.1.4 Khái niệm về các bề mặt hình thành khi gia công chi tiết

Trên chi tiết khi đang gia công ta phân biệt (hình 2.5):

Hình 2.5
 Các bề mặt hình thành khi
 gia công chi tiết.



- Mặt chưa gia công 1 là bề mặt chi tiết sẽ được cắt đi một lớp kim loại dư. Lớp kim loại dư tách ra khỏi chi tiết gọi là “phoi”.

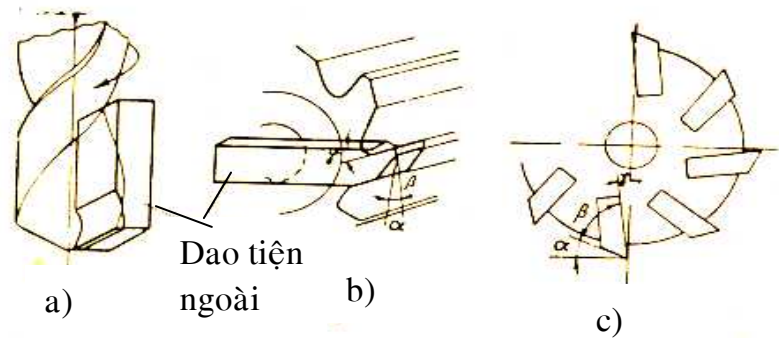
- Mặt đang gia công 2 là bề mặt chi tiết nối tiếp giữa mặt chưa gia công và mặt đã gia công. Trong quá trình cắt, mặt đang gia công luôn tiếp xúc với lưỡi cắt chính của dao.

- Mặt đã gia công 3 là bề mặt chi tiết được tạo thành sau khi cắt đi một lớp kim loại.

2.1.5 Khái niệm cơ bản về dụng cụ cắt

Muốn cắt được kim loại, ngoài yêu cầu về độ cứng, độ bền, độ chịu nhiệt, dao cần phải có hình dáng phần cắt hợp lý. Có rất nhiều loại dao (như dao tiện, phay, mũi khoan, khoét, doa ...) dùng trên các máy khác nhau nhưng xét cho cùng, dù chúng có phức tạp đến đâu, phần cắt của chúng đều có cấu tạo về cơ bản giống như dao tiện ngoài (hình 2.6).

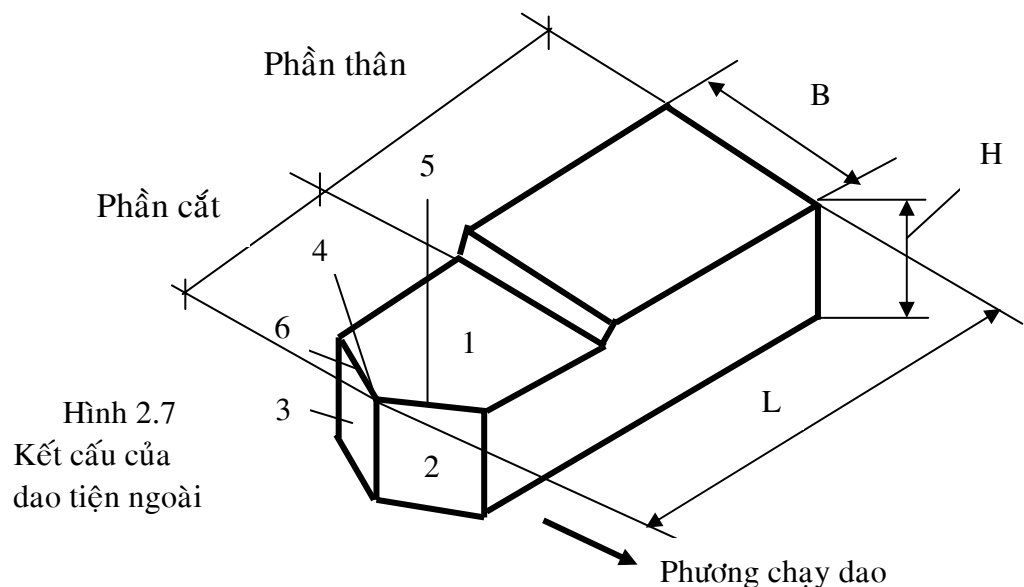
Hình 2.6
Cấu thành các
dụng cụ cắt cơ bản
từ dao tiện.



Do đó chủ yếu ta sẽ nghiên cứu kết cấu và các thông số hình học của dao tiện ngoài và sau đó mở rộng cho các loại dao khác. Các định nghĩa về thông số hình học và hiện tượng xảy ra trong quá trình tiện đều có thể áp dụng đối với các phương pháp gia công khác.

Sau đây, chúng ta nghiên cứu kết cấu của dao tiện ngoài. Trên hình 2.7 là dao tiện ngoài đầu thẳng có kết cấu đơn giản, gồm hai phần chính:

- Phần làm việc (phần cắt) trực tiếp làm nhiệm vụ cắt.



- Phần thân dùng để gá dao vào bàn dao hoặc trục chính.

Trên phần cắt của dao có các mặt sau đây:

- Mặt trước (1) là mặt mà phoi sẽ tiếp xúc và theo đó thoát ra trong quá trình cắt.

- Mặt sau chính (2) là mặt dao đối diện với mặt chi tiết đang gia công.

- Mặt sau phụ (3) là mặt dao đối diện với mặt chi tiết đã gia công.

Các mặt này có thể là mặt phẳng hoặc cong. Giao tuyến của chúng tạo thành các lưỡi cắt của dao. Trên phần cắt gồm các lưỡi cắt sau:

- Lưỡi cắt chính (5) là giao tuyến của mặt trước và mặt sau chính, giữ nhiệm vụ trực tiếp cắt gọt ra phoi trong quá trình cắt.

- Lưỡi cắt phụ (6) là giao tuyến của mặt trước và mặt sau phụ, trong quá trình cắt một phần lưỡi cắt phụ cũng tham gia cắt (rất nhỏ, khoảng $\frac{1}{2}S$). Dao có thể có một mặt sau phụ hay nhiều mặt sau phụ và do đó có một hay nhiều lưỡi cắt phụ.

Phần nối tiếp giữa các lưỡi cắt gọi là mũi dao (4); mũi dao có thể nhọn hoặc có bán kính r ($r \approx 0,1 \div 2\text{mm}$).

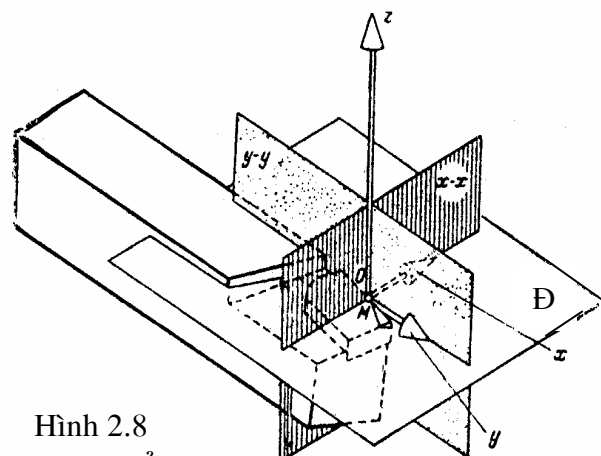
Chiều dài phần cắt của dao là khoảng cách từ mũi dao đến giao tuyến giữa mặt trước và thân dao. Phần thân dao có thể có tiết diện hình tròn hay hình chữ nhật, hình vuông.

2.1.6 Các mặt tọa độ để nghiên cứu dụng cụ cắt

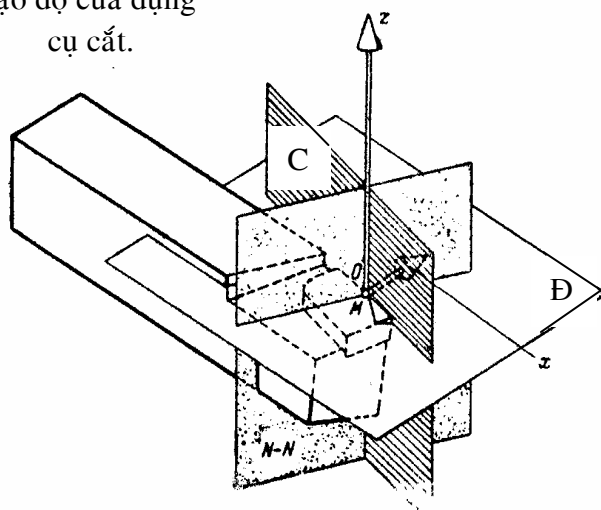
Vị trí tương đối giữa các bề mặt trên phần làm việc của dao so với các bề mặt trên chi tiết gia công có ảnh hưởng lớn tới quá trình cắt gọt. Vị trí các bề mặt và lưỡi cắt được xác định bởi những góc độ trên phần làm việc của dao.

Nói đến góc độ trên phần làm việc của dao nghĩa là nói đến vị trí tương quan giữa các bề mặt và lưỡi cắt so với hệ tọa độ nào đó được chọn làm chuẩn. Hệ tọa độ này gọi là hệ tọa độ xác định.

Trong nghiên cứu dụng cụ cắt, hệ tọa độ xác định được thành lập trên cơ sở của ba chuyển động cắt ($\bar{s}$, $\bar{t}$, $\bar{v}$). Tổng quát hơn, phương của ba chuyển động cắt ($\bar{s}$, $\bar{t}$, $\bar{v}$) tương ứng các phương của hệ tọa độ Đề các (x , y , z). Như vậy bao gồm ba mặt phẳng cơ bản sau: (hình 2.8)



Hình 2.8
Các mặt phẳng
tạo độ của dụng
cụ cắt.



- Mặt cơ bản 1 (x-x) được tạo bởi véc tơ tốc độ cắt $\vec{v}$ và véc tơ chạy dao $\vec{s}$.
- Mặt cơ bản 2 (y-y) được tạo bởi véc tơ tốc độ cắt $\vec{v}$ và véc tơ chiều sâu cắt $\vec{t}$.
- Mặt cơ bản 3 (còn gọi là mặt đáy – ký hiệu Đ) được tạo bởi véc tơ chạy dao $\vec{s}$ và véc tơ chiều sâu cắt $\vec{t}$.

Ngoài ba mặt cơ bản trên, ta cần sử dụng thêm các mặt phẳng và tiết diện phụ trợ:

- Mặt cắt (ký hiệu C) đi qua một điểm nào đó trên lưỡi cắt chính: là một mặt phẳng qua điểm đó, tiếp tuyến với mặt đang gia công và chứa véc tơ vận tốc cắt $\vec{v}$ (nếu lưỡi cắt chính thẳng thì mặt cắt chứa lưỡi cắt chính).

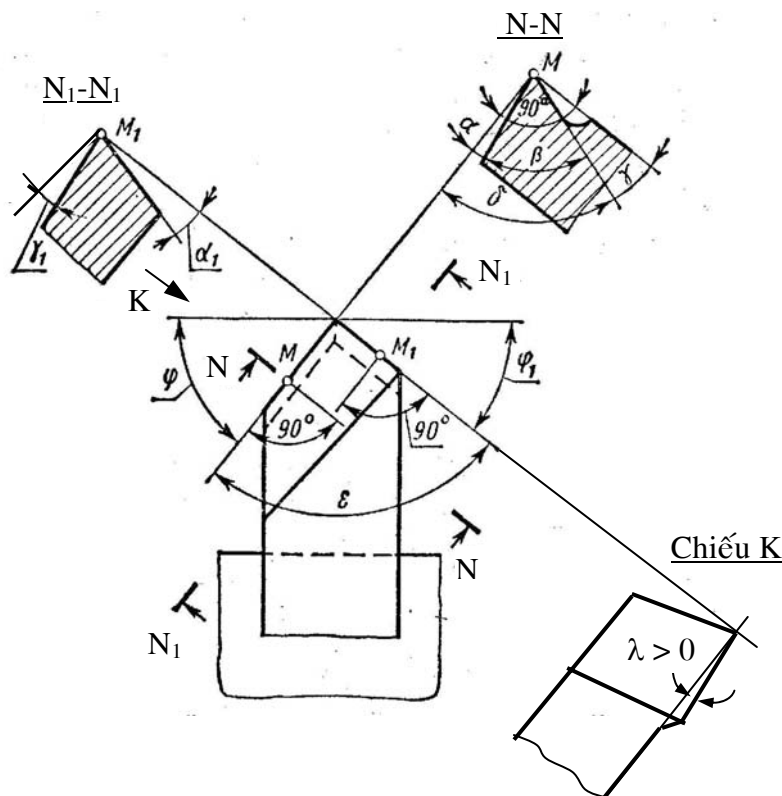
Tốc độ cắt ở đây là tốc độ dịch chuyển tương đối giữa lưỡi cắt và chi tiết gia công. Ở trạng thái thiết kế (tĩnh) hướng của véc tơ vận tốc cắt ngược với hướng quay của chi tiết (thực chất khi thiết kế chi tiết không chuyển động nên véc tơ vận tốc cắt ở đây hoàn toàn quy ước và hướng quay của chi tiết tưởng tượng như khi chi tiết sẽ quay khi cắt gọt). Còn khi xét ở trạng thái làm việc (động), tốc độ cắt là tổng hợp tốc độ chuyển động quay của chi tiết và tốc độ chuyển động chạy dao.

- Tiết diện chính là mặt phẳng thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt chính trên mặt đáy (ký hiệu N-N).

- Tiết diện phụ là mặt phẳng thẳng góc với hình chiếu của lưỡi cắt phụ trên mặt đáy (ký hiệu N₁-N₁).

2.1.7 Thông số hình học phần cắt dao tiện khi thiết kế (trạng thái tĩnh)

Hình 2.9
Thông số hình học
dao tiện.

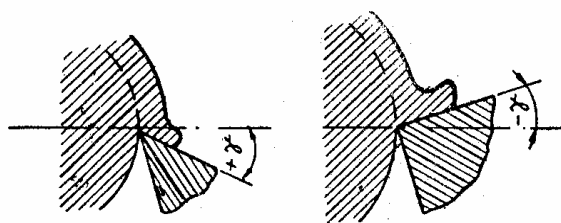


Quá trình thiết kế, thông số hình học của dao được xét trong hai tiết diện chính N-N và tiết diện phụ N₁-N₁, vì phoi thường được thoát ra theo các phương của tiết diện đó, kéo theo các hiện tượng vật lý xảy ra trong quá trình cắt.

Trong tiết diện chính ta có các góc chính, trong tiết diện phụ ta có các góc phụ. Trên hình 2.9, xét tại một điểm M trên lưỡi cắt chính và một điểm M₁ trên lưỡi cắt phụ ta có:

- Góc trước chính γ : là góc giữa mặt trước và mặt đáy đo trong tiết diện chính. Góc trước có trị số dương khi mặt trước thấp hơn mặt đáy, trị số âm khi ngược lại và bằng 0 khi mặt trước trùng mặt đáy (hình 2.10). Góc γ có ảnh hưởng đến quá trình thoát phoi khi cắt.

Hình 2.10
Góc trước chính γ .



- Góc sau chính α : là góc giữa mặt sau chính và mặt cắt đo trong tiết diện chính. Góc α luôn luôn dương và có ảnh hưởng đến vấn đề ma sát khi cắt.

Trong đó góc α và góc γ là hai góc độc lập được chọn trước tùy theo yêu cầu gia công (vật liệu, chất lượng bề mặt gia công ...), còn hai góc β và δ là hai góc phụ thuộc vào góc α và γ .

- Góc sắc chính β : là góc giữa mặt trước và mặt sau chính đo trong tiết diện chính.

$$\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ$$

- Góc cắt δ chính: là góc giữa mặt trước và mặt cắt đo trong tiết diện chính.

- Góc trước phụ γ_1 : là góc giữa mặt trước và mặt đáy đo trong tiết diện phụ. Góc γ_1 cũng có thể âm, dương hoặc bằng không tương tự như γ .

- Góc sau phụ α_1 : là góc giữa mặt sau phụ và mặt phẳng hợp bởi lưỡi cắt phụ và trục Z tại M₁, đo trong tiết diện phụ. Góc α_1 cũng luôn luôn dương.

- Góc sắc phụ β_1 : là góc giữa mặt trước và mặt sau phụ đo trong tiết diện phụ.

- Góc cắt phụ δ_1 : là góc giữa mặt trước và mặt phẳng hợp bởi lưỡi cắt phụ và trục Z tại M₁, đo trong tiết diện phụ.

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 90^\circ$$

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

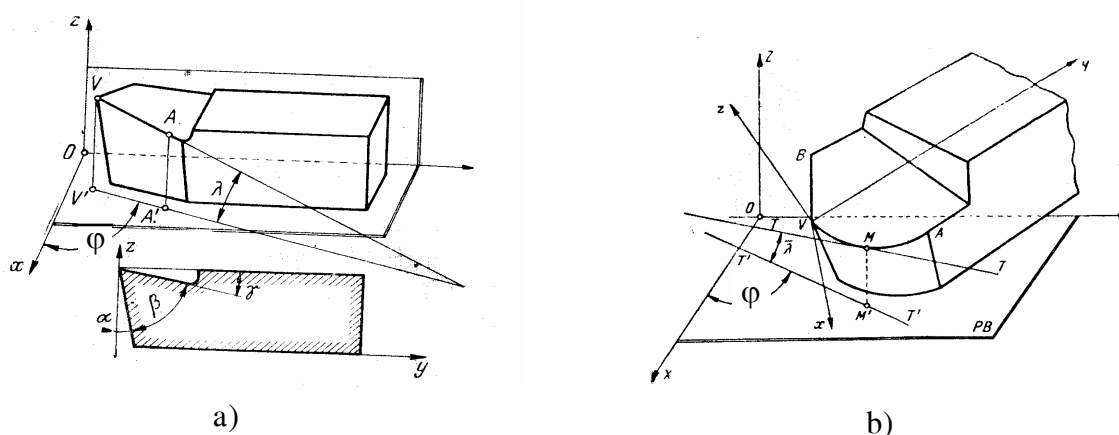
- Góc nghiêng phụ φ_1 : là góc giữa hình chiếu của lưỡi cắt phụ trên mặt đáy và phương chạy dao.

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

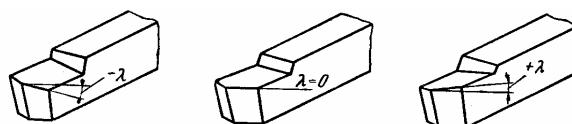
$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ$$

- Góc nâng λ : Khi lưỡi cắt chính thẳng thì λ là góc đo giữa lưỡi cắt chính và hình chiếu của nó trên mặt phẳng đáy (hình 2.11a). Khi lưỡi cắt chính cong, λ là góc đo giữa tiếp tuyến tại một điểm bất kỳ trên lưỡi cắt chính và hình chiếu của nó trên mặt phẳng đáy (hình 2.11b).

Góc λ có thể dương, âm hay bằng 0 và có ảnh hưởng đến phương thoát phoi; λ dương khi mũi dao là điểm thấp nhất của lưỡi cắt, λ âm khi mũi dao là điểm cao nhất, còn khi lưỡi cắt song song với mặt đáy thì $\lambda = 0$ (hình 2.12).



Hình 2.11- Góc nâng λ
a) Lưỡi cắt chính thẳng b) Lưỡi cắt chính cong



Hình 2.12 - Các giá trị góc nâng λ .

2.1.8 Ảnh hưởng gá đặt dao và các chuyển động cắt đến góc độ dao

Trong quá trình cắt (trạng thái động), góc độ của dao có thể thay đổi do các nguyên nhân cơ bản sau:

- Khi gá, hướng dao không đảm bảo vị trí tương quan với chi tiết hoặc mũi dao gá không ngang tâm máy.
- Do ảnh hưởng của các chuyển động chạy dao.
- Ngoài ra còn có một số nguyên nhân khác như: trị số góc nâng của lưỡi cắt chính λ , hiện tượng lẹo dao ... cũng ảnh hưởng đến góc độ của dao.

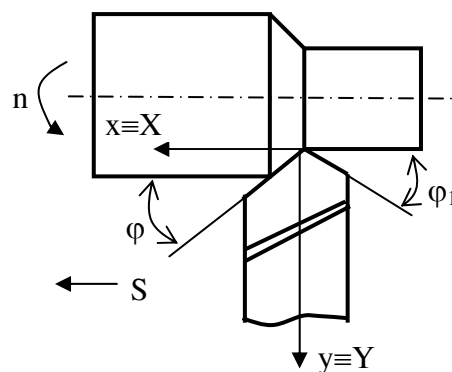
Ta sẽ lần lượt xét ảnh hưởng của ba nguyên nhân trên:

1/ Khi gá hướng dao không đảm bảo vị trí tương quan với chi tiết

Sau khi mài sắc dao có các góc nghiêng chính φ và góc nghiêng phụ φ_1 .

Trường hợp gá dao đúng như khi thiết kế, trục dao vuông góc với trục chi tiết gia công thì φ và φ_1 không đổi (hình 2.13a).

Hình 2.13a
 Trường hợp gá dao đúng
 x, y - Tọa độ khi thiết kế dao
 X, Y - Tọa độ khi cắt



Nếu trục dao được gá không vuông góc với trục chi tiết gia công mà xoay đi một góc μ so với trục chi tiết thì φ và φ_1 sẽ biến đổi như sau:

- Gá nghiêng phải : (hình 2.13b)

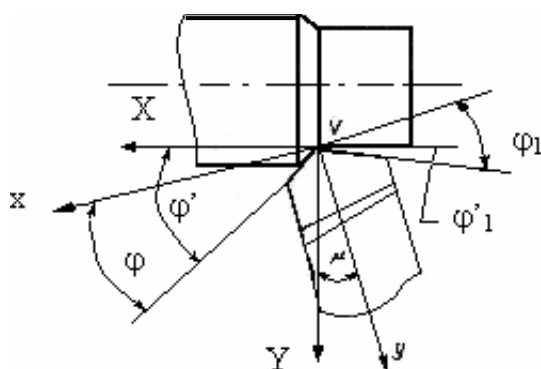
$$\varphi' = \varphi + \mu$$

$$\varphi'_1 = \varphi_1 - \mu$$

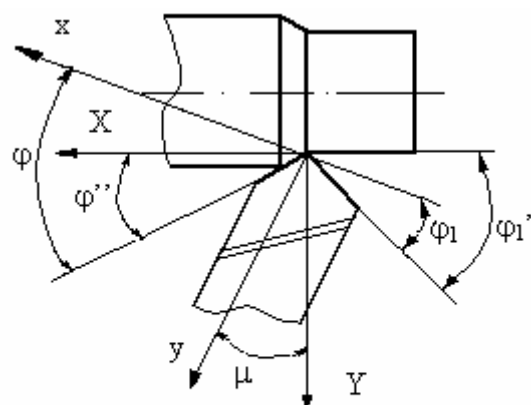
Trong đó:

φ, φ_1 : góc nghiêng chính, góc nghiêng phụ khi thiết kế;

φ', φ'_1 : góc nghiêng chính, góc nghiêng phụ sau khi gá dao;



Hình 2.13b
 Trường hợp gá dao nghiêng phải



Hình 2.13c
 Trường hợp gá dao nghiêng trái

- Gá nghiêng trái : (hình 2.13c)

$$\varphi'' = \varphi - \mu$$

$$\varphi_1'' = \varphi_1 + \mu$$

Trong đó:

φ, φ_1 : góc nghiêng chính, góc nghiêng phụ khi thiết kế;

φ'', φ_1'' : góc nghiêng chính, góc nghiêng phụ sau khi gá dao;

2/ Khi gá mũi dao thấp hơn hay cao hơn đường tâm của chi tiết

Khi tiện ngoài nếu mũi dao gá cao hơn đường tâm của máy (hình 2.14a) thì góc trước tăng lên còn góc sau giảm xuống. Ngược lại nếu mũi dao gá thấp hơn đường tâm máy thì góc trước sẽ giảm đi còn góc sau sẽ tăng lên (hình 2.14b).

Khi tiện trong nếu mũi dao được gá cao hoặc thấp hơn đường tâm của máy thì sự biến đổi của các góc dao của dao sẽ ngược với trường hợp tiện ngoài. Trong trường hợp trên, các góc của dao sẽ biến đổi một lượng bằng μ .

- Khi mũi dao cao hơn tâm máy:

$$\gamma_c = \gamma + \mu$$

$$\alpha_c = \alpha - \mu$$

- Khi dao thấp hơn tâm máy:

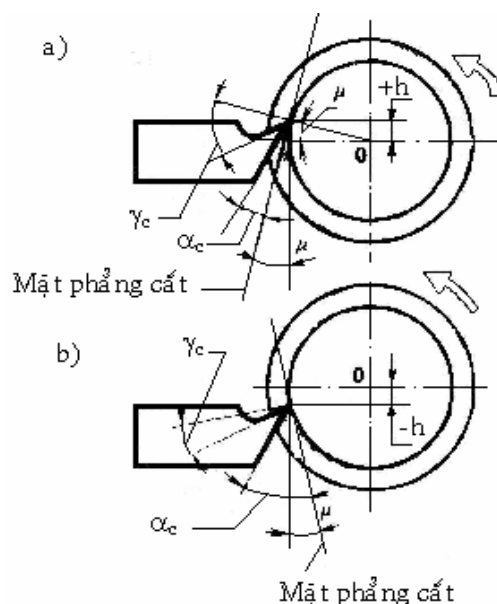
$$\gamma_c = \gamma - \mu$$

$$\alpha_c = \alpha + \mu$$

Trong đó : $\sin \mu = \frac{h}{R}$

h: độ cao của mũi dao so với tâm máy.

R: bán kính chi tiết gia công.



Hình 2.14

a) Gá mũi dao cao hơn tâm máy

b) Gá mũi dao thấp hơn tâm máy

3/ Do ảnh hưởng của chuyển động chạy dao.

Khi tiện có chuyển động chạy dao dọc hoặc ngang nên mặt cắt và mặt đáy thay đổi vị trí đưa đến góc α, γ cũng thay đổi.

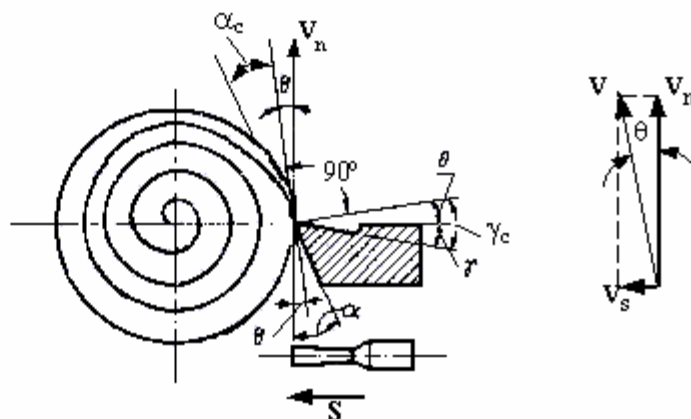
Ví dụ: Khi tiện cắt đứt, do phối hợp hai chuyển động quay tròn của chi tiết (chuyển động chính) và tịnh tiến vuông góc với chi tiết (chuyển động chạy dao ngang), quỹ đạo chuyển động cắt tương đối là đường Acsimét, hướng vectơ tốc độ cắt trong quá trình cắt thay đổi, dẫn đến mặt cắt thay đổi làm thay đổi góc độ của dao (hình 2.15).

$$\gamma_c = \gamma + \theta$$

$$\alpha_c = \alpha - \theta$$

Trong đó : $\theta = \arctg \frac{S}{\pi D}$

-S: là lượng chạy dao ngang sau một vòng quay của chi tiết.
 -D: là đường kính của chi tiết.



Hình 2.15 Khi tiến cắt đứt α, γ thay đổi

Thực tế khi cắt đứt hay xén mặt đầu thường trị số S_n bé nên góc θ bé, góc sau của dao giảm không đáng kể. Nhưng khi dao chạy càng gần vào tâm, đường kính của chi tiết D càng giảm làm góc θ càng tăng. Nếu $\theta \geq \alpha_c$ thì α_c sẽ âm hoặc bằng không, lúc đó dao không cắt được mà mặt sau chính của dao sẽ ma sát vào bề mặt chi tiết đang gia công gây ra lực lớn dễ gây chi tiết hoặc gãy dao. Do đó phải chọn góc α lớn hơn điều kiện cắt bình thường.

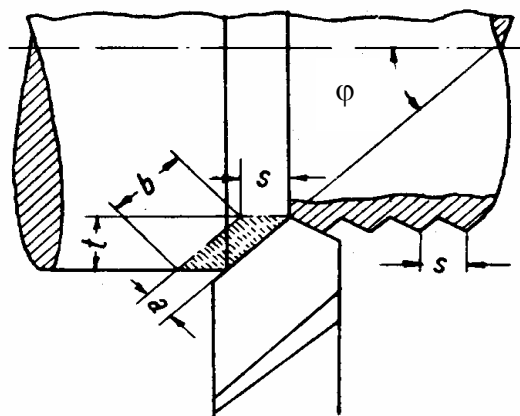
Trong những trường hợp cần sử dụng lượng chạy dao lớn (khi chạy dao dọc) nên chú ý đến sự thay đổi của các góc.

2.1.9 Thông số hình học tiết diện phoi cắt

Các yếu tố của chế độ cắt chủ yếu đặc trưng cho quá trình cắt về mặt năng suất, chưa giải thích đầy đủ bản chất vật lý của quá trình cắt.

Để có thể hiểu được đầy đủ hơn về bản chất của quá trình cắt, cần có khái niệm về thông số hình học của lớp kim loại bị cắt (tiết diện phoi cắt) khi cắt gọt.

Quy ước đo tiết diện phoi cắt trong mặt đáy đi qua mũi dao trong một lần chạy dao s (hình 2.16).



Hình 2.16
 Tiết diện và thông số hình học lớp cắt.

Khi lưỡi cắt chính thẳng và tạo một góc φ với phương chạy dao, tiết diện lớp cắt là một hình bình hành có đáy là lượng chạy dao (s) và chiều cao là chiều sâu cắt (t). Thông số hình học của lớp cắt bao gồm chiều rộng cắt (b) và chiều dày cắt (a). Như vậy độ lớn của tiết diện lớp cắt được đặc trưng bởi hai cặp kích thước: a , b và t , s .

Thông số hình học của lớp cắt được định nghĩa như sau:

- Chiều rộng cắt b (mm): là khoảng cách giữa bề mặt đã gia công và bề mặt chưa gia công đo dọc theo lưỡi cắt (hay chiều dài lưỡi cắt tham gia cắt gọt).
- Chiều dày cắt a (mm): là khoảng cách giữa hai vị trí liên tiếp của lưỡi cắt.

Trên hình 2.16 ta có:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \text{ (mm)}$$

$$a = S \sin \varphi \text{ (mm)}$$

Đối với lưỡi cắt chính cong chiều dày cắt a là khoảng cách giữa hai tiếp tuyến của hai vị trí liên tiếp của lưỡi cắt. Trị số của a thay đổi tại mỗi vị trí của lưỡi cắt.

Đối với lưỡi cắt chính thẳng chiều dày dọc theo lưỡi cắt không đổi.

Diện tích của lớp cắt F (mm^2) được tính:

$$F = a.b = s.t \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Thực chất khi cắt trên bề mặt gia công còn dư lại những vết nhấp nhô do dao không cắt hết, chiều cao của các vết nhấp nhô là H (hình 2.17 a,b) sẽ là một đại lượng đặc trưng cho chất lượng bề mặt gia công. Có hai trường hợp sau:

- Mũi dao nhọn bán kính mũi dao $r = 0$ (hình 2.17a):

$$H = CD$$

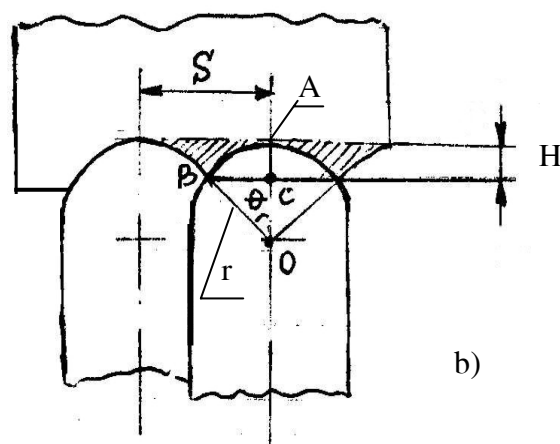
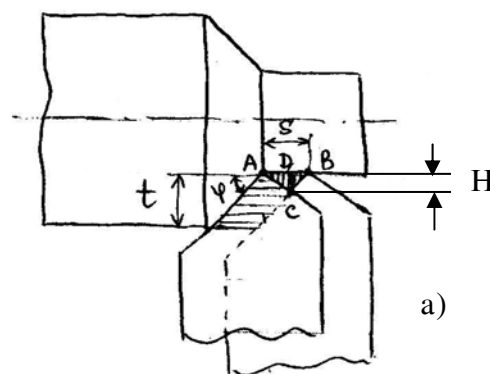
$$AD = CD \cdot \text{ctg} \varphi_1$$

$$DB = CD \cdot \text{ctg} \varphi$$

$$AD + DB = S = CD \cdot (\text{ctg} \varphi_1 + \text{ctg} \varphi).$$

$$CD = H = \frac{S}{\text{ctg} \varphi + \text{ctg} \varphi_1}$$

$$H = \frac{S}{\text{ctg} \varphi + \text{ctg} \varphi_1}$$



Hình 2.17

Chiều cao lớp cắt còn sót lại trên bề mặt.

- a) Lưỡi cắt chính thẳng.
- b) Lưỡi cắt chính cong.

- Mũi dao có bán kính $r \neq 0$ (hình 2.17b):

$$H = AC = OA - OC = r - OC = r - r \cdot \cos\theta = r \cdot (1 - \cos\theta) = r \cdot 2 \sin^2\theta/2.$$

Trong đó: $\sin\theta = S/2r.$

$$\theta \approx S/2r.$$

$$\theta/2 \approx S/4r.$$

$$\sin^2\theta/2 \approx S^2/16r^2.$$

Suy ra:

$$H = \frac{S^2}{8r}$$

Khi bán kính mũi dao $r = 0$, lượng chạy dao S tăng thì chiều cao nhấp nhô tăng, góc nghiêng chính φ và góc nghiêng φ_1 tăng, $\text{ctg}\varphi$ và $\text{ctg}\varphi_1$ giảm thì H tăng.

Khi bán kính mũi dao $r \neq 0$, lượng chạy dao S tăng thì chiều cao nhấp nhô H tăng, bán kính mũi dao r tăng thì chiều cao nhấp nhô H giảm.

Trong thực tế, chiều cao H lớn hơn so với trị số tính toán vì trong quá trình cắt, bề mặt chi tiết gia công còn chịu ảnh hưởng rất nhiều của các biến dạng như: biến dạng dẻo, biến dạng đàn hồi, rung động vv...

2.2 Vật liệu chế tạo dụng cụ cắt

2.2.1 Những yêu cầu đối với vật liệu làm dụng cụ cắt

Vật liệu làm dụng cụ cắt là một trong những yếu tố quan trọng quyết định năng suất của quá trình cắt gọt kim loại. Năng suất công tác của mọi loại dụng cụ cắt phụ thuộc rất nhiều vào khả năng giữ được tính cắt trong một khoảng thời gian dài của vật liệu làm dao. Khi cắt, dụng cụ phải chịu áp lực, nhiệt độ cao, rung động, mài mòn... khiến cho tính cắt của vật liệu làm dao chóng bị giảm thấp.

Do đó muốn làm việc được, vật liệu làm dụng cụ cắt phải đảm bảo những yêu cầu cơ bản sau:

a) *Độ cứng*: Để cắt được kim loại, vật liệu làm dao cần có độ cứng cao hơn vật liệu gia công, thông thường có độ cứng từ $62 \div 65\text{HRC}$. Để gia công các loại thép cứng (thép không gỉ, thép chịu nóng...), độ cứng của dụng cụ cắt gọt phải trên 65HRC .

b) *Độ bền cơ học*: Trong quá trình cắt, dao thường chịu những lực cơ học lớn (mặt trước của dao chịu áp lực rất lớn, nên rất dễ vỡ, mẻ...). Ngoài ra còn chịu rung động do hệ thống công nghệ không đủ cứng vững, làm cho lực cắt không ổn định, dễ gây và hỏng dao. Muốn làm việc lâu dài, dao cần phải có độ bền cơ học cao như sức bền và độ dẻo cao.

c) *Độ chịu nhiệt* là tính năng rất quan trọng của vật liệu làm dụng cụ cắt gọt. Vật liệu khi bị nung nóng thì độ cứng của nó bị giảm đi, tuy nhiên nếu trong quá trình nung nóng đó vật liệu không bị biến đổi về tổ chức thì sau khi làm nguội, độ cứng của vật liệu sẽ được phục hồi. Độ chịu nhiệt là khả năng giữ được độ cứng cao và các tính chất khác ở nhiệt độ

cao (không có chuyển biến về tổ chức) trong một thời gian dài. Cùng với độ chịu nhiệt, vật liệu làm dao có tính dẫn điện càng cao càng tốt, ví như vậy sẽ giảm nhiệt độ sinh ra ở khu vực cắt làm cho dao lâu bị mòn.

d) Độ chịu mài mòn: Trong quá trình cắt, trên mặt trước của dao chịu ma sát của phoi khi thoát ra, còn mặt sau tiếp xúc với mặt đang gia công, nên dao chóng mòn. Ngoài ra nguyên nhân chủ yếu làm cho dao chóng mòn là do hiện tượng chày dính giữa vật liệu gia công và vật liệu làm dao. Tính dính được đặc trưng bằng nhiệt độ chày dính giữa hai vật liệu tiếp xúc nhau. Do đó yêu cầu vật liệu chế tạo dụng cụ cắt gọt phải có nhiệt độ chày dính cao.

e) Tính công nghệ: Vật liệu làm dụng cụ cắt phải dễ rèn, dễ dập, dễ cắt gọt, hay nói cách khác chúng phải được tạo dáng một cách dễ dàng, để thuận tiện cho công việc chế tạo và phục hồi tính năng của dụng cụ cắt trong sản xuất.

f) Tính kinh tế: Giá cả phải phù hợp, chủng loại phải đa dạng ...

Ngoài những yêu cầu cơ bản trên, vật liệu chế tạo dụng cụ cắt cần có những tính năng hợp lý khác như độ dẫn điện, dẫn nhiệt và phụ thuộc vào yêu cầu sản xuất.

2.2.2 Các loại vật liệu chế tạo dụng cụ cắt

Vật liệu dụng cụ cắt thường được chế tạo từ những nhóm vật liệu sau đây:

- Thép cacbon dụng cụ.
- Thép hợp kim dụng cụ.
- Thép gió.
- Hợp kim cứng.
- Vật liệu sứ.
- Vật liệu mài và các vật liệu tổ hợp khác.

1/ Thép cacbon dụng cụ (tcvn 1822-76)

Thành phần hóa học:

- Cac bon từ: $0,7 \div 1,5\%$.
- Các thành phần hợp kim (Mn, Si, P, Cr, Ni...) không vượt quá $0,1 \div 0,3\%$.

Độ cứng ở trạng thái tôi: $60 \div 62$ HRC. Song vì độ thấm tôi thấp do đó lõi có độ dẻo nhất định, thích hợp cho việc chế tạo một số dụng cụ cắt như đục, dũa...

Độ bền nhiệt thấp, chỉ thích hợp với nhiệt độ $200^{\circ}\text{C} \div 250^{\circ}\text{C}$ do đó cũng chỉ làm việc ở tốc độ cắt thấp ($4 \div 5$ m/ph).

Mác thép cacbon: CD70, CD80, CD80Mn, CD100...

CD70A, CD80A, CD80MnA.... với chất lượng cao.

2/ Thép hợp kim dụng cụ (tcvn 1823-76)

Thép hợp kim dụng cụ là thép cacbon dụng cụ có hàm lượng một số nguyên tố hợp kim vào khoảng 0,5 ÷ 5%. Để tăng tính chịu nóng phải dùng một lượng các hợp kim đặc biệt như: Crôm, Vonfram; tăng độ thấm tôi: Vanadi; tăng độ cứng: Crôm; tăng độ chịu nhiệt và độ mài mòn: Vonfram ...

Thép hợp kim dụng cụ có thể tôi ở 820°C ÷ 850°C trong dầu hoặc nước, sau khi tôi đạt được tính chất sau:

Độ cứng ở trạng thái tôi: đến 62 HRC.

Độ bền nhiệt vào khoảng: 350 ÷ 400°C. Tốc độ cắt tăng 20% so với thép cacbon dụng cụ.

Thường dùng chế tạo các dụng cụ cắt bằng tay như lưỡi cưa, mũi đột dẫu, bàn ren, tarô, dao cạo nguội.

Mác thép hợp kim thông dụng: 70CrV, 80CrV, 110Cr, 40Cr5W2Vsi...

3/ Thép gió (chưa có tiêu chuẩn Việt Nam)

Thép gió cũng là loại thép hợp kim dụng cụ nhưng hàm lượng hợp kim Vonfram cao từ 5 ÷ 20%, nên tính năng của nó đặc biệt và tính chịu mòn và tính chịu nhiệt tăng cao. Thép gió được sử dụng rộng rãi vì tốc độ cắt có thể nâng cao gấp 2 ÷ 4 lần, tuổi bền nâng cao từ 8 ÷ 15 lần so với thép cacbon và thép hợp kim dụng cụ. Người ta còn thêm Vanadi và Coban để nâng cao độ chịu nhiệt và dùng gia công các loại thép hợp kim có độ cứng cao.

Độ cứng ở trạng thái tôi: 60 ÷ 70 HRC.

Thép gió có thể cắt ở tốc độ: từ 25 ÷ 35 m/phút.

Độ bền nhiệt: 400 ÷ 600°C.

Mác thép gió tiêu chuẩn Nga (roct 19265-73): P9, P18, P9φ5....P9K5, P9K10, P10K5φ5....

Mác thép gió theo tiêu chuẩn Mỹ (Hệ thống ký hiệu AISI): M1, M2, M3...(Thép gió Molipden): T1, T2, T4,...(Thép gió Vonfram).

Mác thép gió theo tiêu chuẩn Đức: S12-1-4-5, S10-4-3-10,...(hay HS12-1-4-5...)

Mác thép gió theo tiêu chuẩn Nhật (JIS G4403-83): SKH2, SKH3, ...

4/ Hợp kim cứng

Là loại vật liệu làm dao được dùng rộng rãi nhất và có hiệu quả kinh tế cao. Vật liệu này được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột, luyện kim không phải qua nấu chảy mà vẫn ở trạng thái rắn. Hợp kim cứng (HKC) được chế tạo bằng cách ép và thiêu kết, do đó về cấu trúc cũng như tính chất cơ lý có những khác biệt so với thép gió.

Thành phần chủ yếu là các Các-bít Vonfram (WC), Các-bít Titan (TiC). Các-bít Tantan (TaC),... ở dạng hạt mịn, trộn với Côban (Co) sau đó đem ép và thiêu kết ở nhiệt độ,

áp suất cao. Do lượng Cacbit chiếm tỉ lệ rất lớn ($> 90\%$) nên tính chất của HKC phụ thuộc vào tính chất của các Cacbit có mặt trong nó.

Độ cứng của HKC $\geq 70\text{HRC}$.

HKC có thể làm việc ở *hiệt độ* $800 \div 1000^\circ\text{C}$ với *tốc độ cắt* lên đến 400m/phút .

Người ta chia HKC ra làm 3 nhóm:

- Nhóm 1 Cacbit:

Tổ chức: WC + Co

Ký hiệu: BK (con số sau chữ K chỉ lượng Coban còn lại là lượng WC).

Ví dụ: BK8 (có 8%Co; 92%WC)

Nhóm BK dẻo hơn cả nên chịu va đập tốt hơn, chịu nhiệt thấp nên thường dùng gia công gang, các loại thép cứng (thép đã tôi, thép không gỉ, thép chịu nóng) và kim loại màu.

- Nhóm 2 Cacbit:

Tổ chức: WC + TiC + Co

Ký hiệu: TK (con số sau chữ T chỉ lượng TiC, con số sau chữ K chỉ lượng Coban, còn lại là lượng WC).

Ví dụ: T15K6 (có 15% TiC, 6% Co, 79%WC).

Nhóm TK có độ cứng và tính chịu nhiệt tốt hơn, đồng thời ở nhiệt độ cao thì hệ số ma sát giảm. Thường dùng gia công thép.

- Nhóm 3 Cacbit:

Tổ chức: WC + TiC + TaC + Co

Ký hiệu: TTK (con số sau chữ TT chỉ lượng TiC+TaC, con số sau chữ K chỉ lượng Coban, còn lại là lượng WC).

Ví dụ: TT7K12 (có 7% TiC+TaC, 12%Co, 81%WC).

Nhóm TTK dùng gia công vật liệu có độ cứng và độ bền cao.

Để tiết kiệm, HKC thường được chế tạo thành các mảnh có kích thước nhất định sau đó gắn lên thân dao bằng phương pháp hàn hoặc ghép cơ khí. Loại lắp ghép có ưu việt là thuận lợi thay đổi lưỡi cắt khi bị mòn.

Khuyết điểm chính của hợp kim cứng là sức bền uốn kém nên khi làm việc có va đập dễ bị mẻ.

Sự phát triển gần đây trong tìm kiếm dụng cụ cắt tốt hơn là tráng phủ hoặc thấm nitride titan cho dụng cụ cắt HKC. Các mảnh hợp kim có lớp thấm nói chung có tuổi bền dài hơn, năng suất cao hơn và phoi thoát dễ dàng hơn. Lớp tráng phủ tác động như một chất bôi trơn lâu dài làm giảm rõ rệt các lực cắt, nhiệt phát sinh và sự mài mòn. Điều này cho phép sử dụng cắt tốc cắt cao hơn khi gia công, đặc biệt khi cần có độ bóng cao. Tính bôi

trơn và các đặc tính chống dính của lớp tráng phủ làm giảm mạnh nhiệt lượng và ứng suất phát sinh khi cắt gọt.

Việc sử dụng các lớp thẩm tráng phủ bằng carbide, nitride và oxide cho các mảnh HKC có tác dụng cải thiện rõ rệt hiệu suất của dụng cụ HKC. Các mảnh HKC với tổ hợp 2 hoặc 3 vật liệu trong lớp tráng phủ có tính chất đặc biệt: carbide titan chống mài mòn cao tạo ra lớp trong cùng; lớp tiếp theo bằng lớp oxide nhôm dày và là tăng độ dai va đập, tính chống va đập cao, tính ổn định hóa học ở nhiệt độ cao; lớp thứ 3 rất mỏng chứa nitride titan làm giảm ma sát.

6/ Vật liệu sứ

Là loại vật liệu rẻ tiền, có tính năng cắt gọt tốt, chịu nóng, chịu mài mòn cao. Thành phần hóa học chủ yếu là oxít nhôm (Al_2O_3). Vật liệu sứ chính là đất sét kỹ thuật được nung nóng ở nhiệt độ cao khoảng $1400 \div 1600^\circ C$. Sản phẩm thu được đem nghiền nhỏ đạt kích thước khoảng $1\mu m$, sau đó đem ép thành các mảnh dao có kích thước thích hợp và mang đi thiêu kết.

Sứ có độ cứng $92 \div 93$ HRC và có độ chịu nhiệt từ $1100^\circ C \div 1200^\circ C$.

Tuổi bền dao sứ gấp $2 \div 3$ lần dao hợp kim cứng. Dao sứ có thể cắt đến tốc độ 600m/phút. Có thể gia công được các vật liệu đã nhiệt luyện đến độ cứng 66HRC. Dụng cụ sứ chịu được sự mài mòn của cát và tạp chất có trong các vật đúc.

Khuyết điểm chủ yếu của sứ là giòn, giới hạn bề uốn thấp, không chịu được va đập, rung động và rất khó mài sắc. Hiện nay, một trong những phương hướng nghiên cứu là tìm cách tăng sức bền uốn lên.

7/ Kim cương

Kim cương gồm hai loại: tự nhiên và nhân tạo. Kim cương nhân tạo tổng hợp từ graphit trong điều kiện áp suất và nhiệt độ đặc biệt. Kim cương nhân tạo được sử dụng nhiều để tạo ra đá mài, dùng mài sắc dụng cụ và gia công các loại các loại vật liệu khó gia công. Ngoài ra dùng làm dao tiện để gia công hợp kim cứng, hợp kim màu và vật liệu phi kim loại ở tốc độ cắt cao.

Kim cương có độ cứng cao hơn hợp kim cứng từ $5 \div 6$ lần, tính dẫn nhiệt cao hơn từ $1,5 \div 2,5$ lần. Độ chịu nhiệt thấp, từ $800 \div 1000^\circ C$. Tốc độ cắt có thể lên tới hàng ngàn m/phút.

Nhược điểm của kim cương cứng là dễ giòn, dễ vỡ.

Trong công nghiệp đã sử dụng các dụng cụ cắt kim cương trong nhiều năm để gia công các loại vật liệu không có sắt và mài những vật liệu rất cứng. Vào những năm 1980, người ta đã bắt đầu nghĩ đến việc tráng phủ kim cương dày vài micromét trên dụng cụ cắt bằng hợp kim cứng và thép gió. Tuổi bền của dụng cụ cắt có tráng phủ kim cương có thể gấp 60 lần dụng cụ cắt bằng hợp kim cứng và 240 lần bằng thép gió khi gia công các vật liệu rất cứng, độ mài mòn cao, không chứa sắt hoặc phi kim loại.

Hiện nay kim cương chủ yếu dùng chế tạo đá mài để mài sắc và mài bóng dụng cụ cắt.

8/ Nitrit Bo lập phương (còn gọi là el-bo)

Là loại vật liệu tổng hợp có nhiều tính năng ưu việt như kim cương. Đặc biệt el-bo có tính chịu nhiệt lên tới 2000°C.

Hiện nay el-bo chủ yếu được dùng làm hạt mài trong các dụng cụ mài.

9/ Vật liệu mài

Dùng chế tạo các loại đá mài, thanh mài, thỏi mài cho các nguyên công mài tròn, mài phẳng và làm giấy nhám. Ngoài ra nó còn dùng làm bột nhào cho các nguyên công mài nghiền.

Vật liệu dùng làm hạt mài có hai loại chủ yếu là loại thiên nhiên và loại nhân tạo.

Vật liệu thiên nhiên: Kim cương, oxuýt nhôm (Al_2O_3), thạch anh ... giá thành cao, ít sử dụng.

Vật liệu nhân tạo: Kim cương nhân tạo, oxuýt nhôm điện (thu từ lò điện từ quặng Bôxít), cacbít silic (SiC), cacbít Bo (B_4C).

Oxuýt nhôm điện (còn gọi là Côrun điện) được chia làm hai loại:

- Oxuýt nhôm điện thường: 92% ÷ 95% Al_2O_3 , được dùng phổ biến. Có sức bền cao, được dùng để mài thô, mài bán tinh và tinh các vật liệu có sức bền cao như thép, gang dẻo... và mài sắc dụng cụ cắt.

- Oxuýt nhôm điện trắng: 97% ÷ 98% Al_2O_3 , có độ cứng cao hơn oxuýt nhôm điện thường, được dùng chủ yếu để mài định hình và mài láng.

Cacbit silic (SiC) được chia làm hai loại:

- Cacbit silic đen: 97% ÷ 98% SiC , sức bền cao nhưng độ cứng hơi thấp. Dùng để mài vật liệu có giới hạn bền thấp như: gang trắng, gang xám, đồng thanh, đồng thau, nhôm và các loại vật liệu phi kim loại.

- Cacbit silic xanh: 98% ÷ 99% SiC , có độ cứng chỉ thua kim cương và cacbít bo nhưng sức bền thấp. Dùng mài các loại vật liệu dai, dễ nứt như HKC và mài sắc dụng cụ cắt hợp kim cứng và sứ.

Cacbit Bo gồm 70% ÷ 92% B_4C , rất cứng nhưng giòn hơn cacbit silic. Dùng mài bóng HKC hoặc các vật liệu rất cứng.

Cacbit Bo Silic khác với cacbit bo ở chỗ không có tạp chất graphit nên có tính năng ổn định, bền và giá thành rẻ hơn. Thường chúng được dùng ở nguyên công đánh bóng và cho năng suất cao hơn cacbit bo từ 30% ÷ 40%.

Các loại vật liệu nhân tạo hiện nay được sử dụng rộng rãi phổ biến vì tính ưu việt và giá thành phù hợp.

2.3 Cơ sở vật lý của quá trình cắt kim loại

Quá trình cắt gọt kim loại là quá trình phức tạp có nhiều hiện tượng vật lý kèm theo như biến dạng, tỏa nhiệt, biến cứng, ... Tìm hiểu bản chất của các hiện tượng vật lý có một ý nghĩa rất quan trọng về mặt kinh tế. Từ đó có thể điều khiển quá trình cắt gọt để đạt năng suất cao, chất lượng tốt nhất sau khi gia công.

2.3.1 Quá trình tạo phoi và hiện tượng co rút phoi

a) Sự biến dạng của kim loại

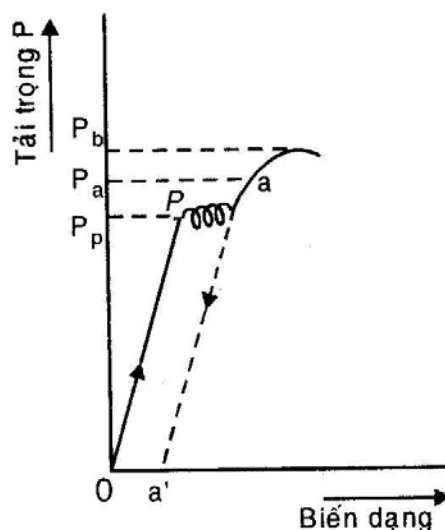
Biến dạng là quá trình làm thay đổi hình dạng của kim loại do tác dụng của tải trọng bên ngoài hay của các hiện tượng vật lý.

Khi tác dụng tải trọng bên ngoài lên kim loại, tùy theo mức độ, kim loại có thể bị biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo hoặc bị phá hủy.

Trên biểu đồ hình 2.18 biến dạng đàn hồi ứng với đoạn OP. Khi tác dụng tải trọng nhỏ hơn P_p mẫu kim loại bị kéo dài ra một đoạn nào đó tỷ lệ thuận với tải trọng nhưng khi bỏ tải trọng thì mẫu kim loại trở về vị trí ban đầu.

Khi tải trọng lớn hơn P_p (ví dụ P_a) thì khi bỏ tải trọng kim loại không trở về theo đường biến dạng ban đầu OP mà theo đường aa' song song với OP. Kết quả mẫu bị kéo dài thêm một đoạn Oa' (biến dạng dẻo).

Khi tải trọng tác dụng đạt tới P_b mẫu bị hình thành cổ thắt, lúc này lực giảm đi nhưng cổ thắt vẫn phát triển dài ra cho đến khi đứt (bị phá hủy).



Hình 2.18
Biểu đồ kéo kim loại

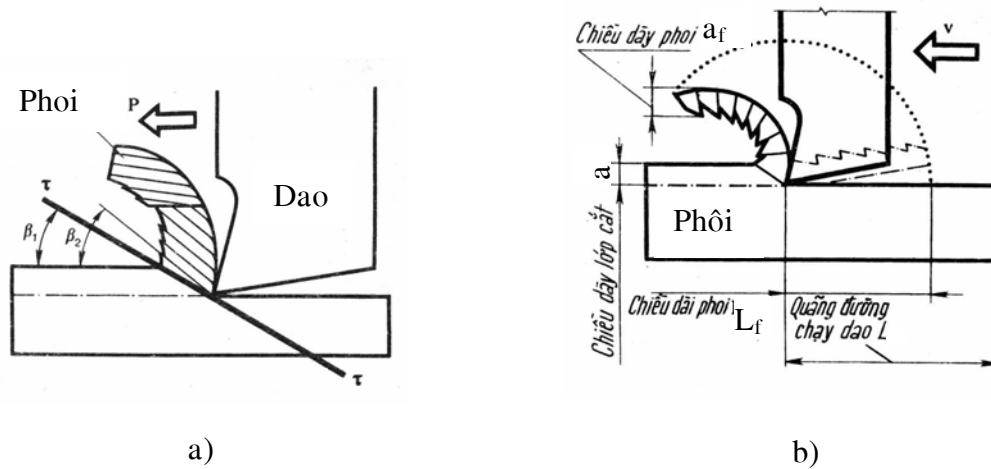
b) Quá trình tạo phoi

Quan sát thực tế quá trình cắt ta nhận thấy rằng :

- Phoi được tách ra khỏi chi tiết khi cắt không theo phương vận tốc cắt v (tức là phương lực tác dụng) và bị xếp lớp (hình 2.19 a).
- Phoi khi cắt ra bị uốn cong về phía mặt tự do, kích thước của phoi bị thay đổi so với lớp cắt khi còn trên phôi (hình 2.19b).

Quan sát phoi trên hình 2.19a ta thấy phoi bị xếp lớp, các lớp nghiêng một góc β so với phương tác dụng lực, hơn nữa phoi bị cong về phía mặt tự do, tức là mặt đối diện với mặt trước dao. Quan sát hình 2.19b ta lại thấy phoi ngắn hơn nhưng dày hơn so với lớp kim loại trên phôi, nghĩa là quãng đường chạy dao L lớn hơn chiều dài phoi L_f và chiều dày

phoi a_f lớn hơn chiều dày lớp cắt a . Việc thay đổi kích thước phoi như vậy gọi là hiện tượng co rút phoi.



Hình 2.19 Quá trình tạo phoi

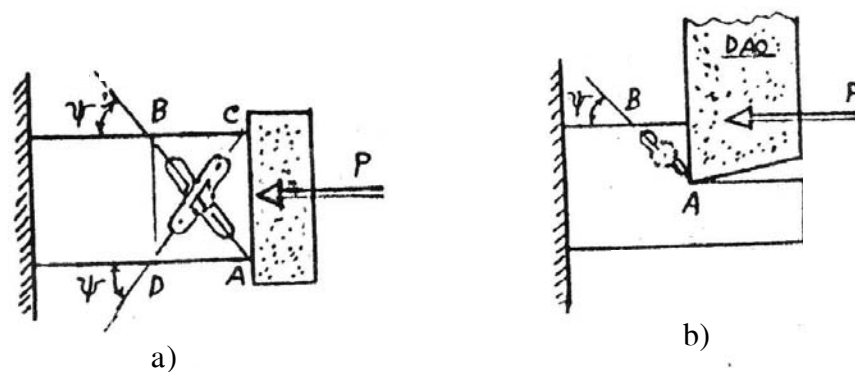
Để giải thích những điều nhận thấy trên ta tiến hành các thí nghiệm sau:

- *Thí nghiệm nén và cắt mẫu kim loại*: thí nghiệm nén mẫu, thí nghiệm cắt mẫu với dao có $\gamma = 0$.

Khi quan sát thí nghiệm nén mẫu (hình 2.20 a), người ta thấy rằng: các phân tử kim loại dưới sức ép của đầu nén bị biến dạng, phương biến dạng là phương AB và CD tạo với phương của ngoại lực tác dụng P một góc ψ xác định đối với từng loại vật liệu (với thép $\psi = 45^\circ$).

Điều tương tự đó cũng xảy ra đối với mẫu cắt (hình 2.20 b), nhưng phương CD thì các phân tử kim loại đã bị phần kim loại trên mẫu chặn lại. Do đó phương biến dạng chỉ còn là AB.

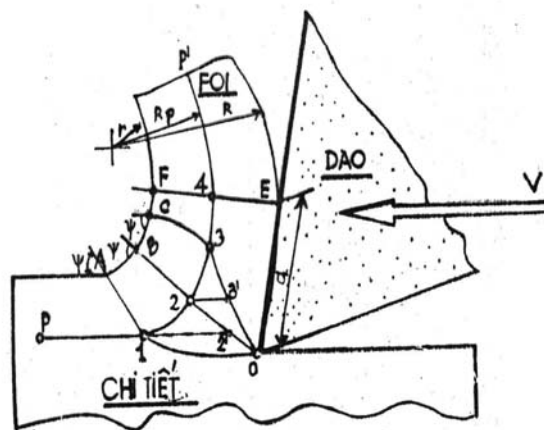
Kết quả trên đã cho ta kết luận quan trọng là: thực chất quá trình tách phoi ra khỏi chi tiết là quá trình biến dạng của các phân tử kim loại dưới sức ép của đầu dao.



Hình 2.20 Thí nghiệm nén và cắt

- *Thí nghiệm quan sát sự dịch chuyển các phần tử khi cắt:* Để tiếp tục làm rõ bản chất của quá trình cắt kim loại, người ta tiến hành một thí nghiệm khác. Ở thí nghiệm này, các phần tử kim loại trên mặt bên của mẫu được đánh dấu. Khi cắt ta quan sát sự dịch chuyển của các phần tử kim loại đã được đánh dấu.

Ví dụ trên hình 2.21 mô tả quá trình dịch chuyển của phần tử kim loại P khi cắt. Từ P đến 1 phần tử kim loại dịch chuyển gần như song song với phương vận tốc cắt V. Qua khỏi điểm 1, đáng lẽ phần tử kim loại chuyển đến điểm 2', nhưng thực tế thì nó dịch chuyển đến điểm 2. Đoạn 2'2 gọi là lượng trượt của phần tử kim loại P tại thời điểm 2. Điểm 1 là điểm bắt đầu trượt của phần tử P khi cắt. Tương tự như vậy ở thời điểm 3 lượng trượt là 3'3. Tiếp tục cắt, sau khi qua khỏi điểm 3 phần tử P di chuyển đến điểm 4. Đoạn đường 34 song song với mặt trước của dao. Điều đó có nghĩa là đến thời điểm 3 thì quá trình trượt của phần tử kim loại P đã kết thúc và nó đã chuyển thành phoi cắt. Điểm 3 được gọi là điểm kết thúc trượt của phần tử P khi cắt. Bằng cách đánh dấu như vậy ta xây dựng được đường dịch chuyển của phần tử kim loại P khi cắt là P1234P'. Trong đó đoạn 4P' là một cung cong về phía mặt tự do của phoi có bán kính R_p . Điểm 4 được xác định bằng cách: từ điểm tách rời giữa phoi và mặt trước dao E ta kẻ EF vuông góc với mặt trước dao ($EF \perp OE$). EF sẽ cắt đường P1234P' tại điểm 4.



Hình 2.21 Quan sát phoi trượt

Vùng giới hạn bởi mặt bắt đầu trượt OA và mặt kết thúc trượt OC gọi là miền biến dạng (miền tạo phoi) hay còn gọi là vùng trượt. Thí nghiệm trên được tiến hành với vận tốc cắt $v = 0,002$ m/ph. Trong thực tế vận tốc cắt lớn hơn nhiều do vậy tốc độ biến dạng cũng rất lớn, hai mặt trượt OA và OC gần như trùng nhau, chỉ cách nhau khoảng 0,03 – 0,2 mm. Để đơn giản ta coi hai mặt này trùng nhau và gọi là mặt trượt τ - τ nằm nghiêng so với phương vận tốc cắt V một góc $\beta_1 = 30^\circ \div 40^\circ$. Bên trong mỗi phần tử cũng diễn ra sự xô dịch giữa các tinh thể dưới một góc $\beta_2 = 60^\circ \div 65^\circ$ (hay là góc tách phoi) (hình 2.19a).

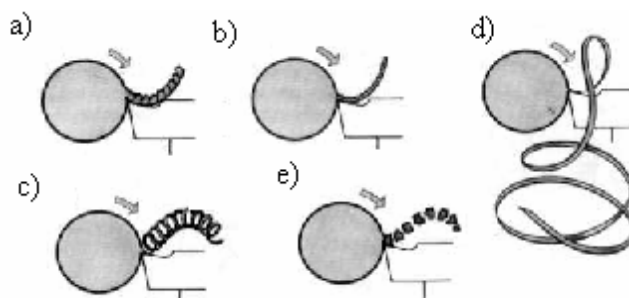
Qua hai thí nghiệm nêu trên, ta có thể kết luận rằng: quá trình hình thành phoi cắt là quá trình biến dạng trượt của các phần tử kim loại theo các mặt trượt của chúng.

c) Các dạng phoi

Nghiên cứu các dạng phoi cắt có ý nghĩa rất thực tế vì tùy từng loại vật liệu gia công, hình dạng hình học của dao, chế độ cắt, ta sẽ thu được hình dáng phoi cắt khác nhau. Do đó căn cứ vào phoi cắt ta có thể đánh giá dụng cụ cắt tốt hay xấu, sự tiêu hao năng lượng nhiều hay ít, bề mặt gia công có bóng hay không.

Có thể chia phoi ra các loại sau: phoi vụn (hình 2.22 e), phoi xếp (hình 2.22a, b), phoi dây (hình 2.22c, d).

Phoi vụn thường gặp khi gia công vật liệu giòn như gang, đồng thau cứng... Sở dĩ như vậy vì các vật liệu này ít biến dạng dẻo, ứng suất đạt ngay tới giới hạn đứt nên vật liệu vụn ra. Trong trường hợp này, lực cắt và nhiệt độ tập trung ở mũi dao, dao chóng bị mòn, sự hình thành phoi cắt không liên tục nên lực cắt biến đổi gây rung động, độ bóng bề mặt gia công không cao.



Hình 2.22
Các dạng phoi

Phoi xếp thường gặp khi gia công vật liệu dẻo như thép, đồng thau mềm ... ở tốc độ cắt thấp, chiều dày cắt lớn và góc cắt của dao có giá trị tương đối lớn. Phoi có dạng từng mảnh xếp lớp lên nhau. Mặt phoi kề mặt trước của dao bóng, mặt kia có những gợn nhỏ. Khi cắt ra phoi này, lực thay đổi ít hơn, do đó rung động ít hơn, bề mặt gia công bóng hơn trường hợp nhận được phoi vụn.

Phoi dây thường gặp khi gia công vật liệu dẻo ở tốc độ cắt cao, chiều dày cắt bé. Phoi dài liên tục, kề mặt trước của dao rất bóng, mặt đối diện hơi bị gợn. Mức độ biến dạng dẻo khi tạo phoi dây ít hơn so với khi tạo phoi xếp. Khi tạo phoi dây, lực cắt đơn vị bé và ít biến đổi, độ bóng bề mặt sẽ cao hơn khi tạo phoi xếp.

Khi hình thành phoi xếp và phoi dây, sự tiếp xúc giữa phoi và mặt trước của dao cách mũi dao một đoạn, điều đó tạo khả năng cải thiện điều kiện làm việc của mũi dao.

d) Hiện tượng co rút phoi

Co rút phoi là đặc tính tiêu biểu nhất nói lên mức độ biến dạng của kim loại khi cắt và là kết quả của sự biến dạng của kim loại về mặt số lượng. Nghiên cứu sự co rút phoi có thể phán đoán việc cắt khó hay dễ, năng lượng tiêu hao nhiều hay ít.

Ở phần trên ta đã xét quá trình hình thành phoi. Mỗi phần tử của phoi bị ép lại dưới tác dụng của lực từ phía mặt trước của dao, kết quả là phoi luôn luôn có chiều dài nhỏ hơn chiều dài của bề mặt mà từ đó phoi được cắt ra. Hay nói cách khác kích thước của phoi tách ra không giống các kích thước lớp cắt tương ứng khi nó còn nằm trong chi tiết: $L > L_f$, $a_f > a$, $b_f = b$ (hình 2.19b).

Hiện tượng đó gọi là hiện tượng co rút phoi và được đặc trưng bởi hệ số co rút phoi:

$$K = L / L_f = a_f / a > 1$$

Trong đó :

L , L_f - chiều dài lớp cắt và chiều dài của phoi.

a_f , a - chiều dày phoi và chiều dày lớp cắt.

b_r, b - chiều rộng phoi và chiều rộng lớp cắt.

Thực nghiệm cho thấy $K = 1,1 \div 10$.

Nhân tố ảnh hưởng đến hệ số co rút phoi

Hệ số K càng lớn thì phoi biến dạng càng nhiều và ngược lại. Các nhân tố có liên quan đến biến dạng và ma sát trong quá trình cắt ít nhiều đều ảnh hưởng đến sự biến dạng của phoi. Bằng cách điều chỉnh các nhân tố đó có thể làm tăng hay giảm bớt sự biến dạng của kim loại. Mặt khác biến dạng có quan hệ trực tiếp đến năng lượng tiêu hao. Khi cắt, biến dạng càng nhiều, năng lượng tiêu hao càng lớn. Do đó việc nghiên cứu sự co rút phoi có một ý nghĩa rất thực tế.

Dưới đây là một số nhân tố chính ảnh hưởng đến hệ số co rút phoi:

- Ảnh hưởng của vật liệu gia công và vật liệu làm dao:

+ Tính chất của vật liệu gia công có ảnh hưởng lớn đến hệ số co rút phoi. Trong điều kiện cắt như nhau, vật liệu càng dẻo thì biến dạng càng lớn.

+ Mỗi loại vật liệu làm dao có hệ số ma sát với vật liệu gia công khác nhau, ma sát càng lớn thì biến dạng càng nhiều và ngược lại.

- Ảnh hưởng của chế độ cắt:

+ Chiều dày cắt a tăng thì biến dạng của kim loại giảm nên K giảm.

+ Chiều sâu cắt t không ảnh hưởng đáng kể đến sự co rút phoi.

+ Tốc độ cắt V ảnh hưởng nhiều nhất đến sự co rút phoi. Qua thực nghiệm ta có quan hệ giữa K và V , quan hệ giữa hệ số ma sát μ và V như hình 2.23.

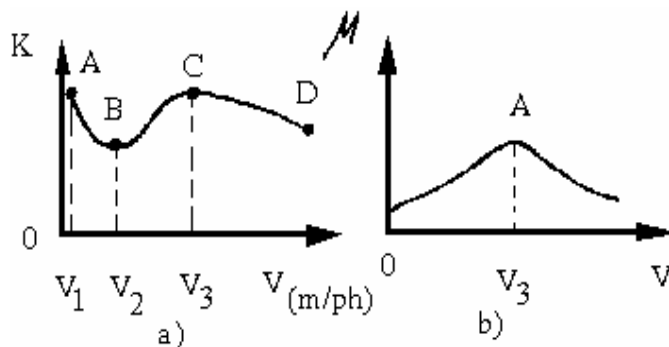
Giải thích:

♦ Tăng từ V_1 đến V_2 ma sát tăng, nên biến dạng tăng, nhưng do ở những tốc độ này thường dễ sinh ra lẹo dao làm góc trước tăng nên biến dạng giảm. Ảnh hưởng lẹo dao nhiều hơn nên kết quả K giảm.

♦ Tiếp tục tăng từ V_2 đến V_3 , ma sát tăng và lẹo dao giảm làm biến dạng tăng nên kết quả là K giảm.

♦ V tiếp tục tăng vượt quá V_3 , không có lẹo dao và ma sát giảm nhanh. Mặt khác do V cao thì tốc độ biến dạng giảm nên K giảm (khi $V \geq 200$ m/phút thì sự co rút phoi hầu như không đổi)

- Ảnh hưởng của thông số hình học của dao:



Hình 2.23

a) Quan hệ giữa hệ số co rút phoi và vận tốc cắt.

b) Quan hệ giữa hệ số ma sát và vận tốc cắt.

+ Góc trước γ càng lớn phoi thoát càng dễ, biến dạng giảm.

+ Góc nghiêng chính ϕ tăng với bán kính mũi dao $r = 0$ thì chiều dày cắt sẽ tăng ($a = S \cdot \sin\phi$) do đó phoi càng dày càng khó biến dạng.

Với bán kính mũi dao $r \neq 0$, khi ϕ thay đổi, sự thay đổi của K phức tạp hơn. Lúc đầu, khi ϕ tăng do chiều dày cắt a tăng nên K giảm. Khi ϕ vượt quá $60^\circ \div 70^\circ$ thì K tăng vì chiều dài phần cong của lưỡi cắt tham gia làm việc tăng lên.

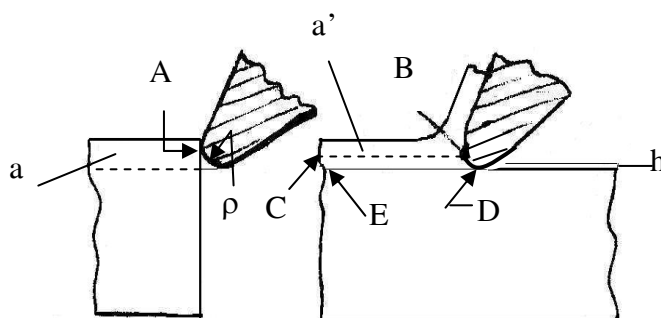
+ Bán kính mũi dao r tăng, chiều dài phần cong của lưỡi cắt tham gia làm việc tăng lên nên K tăng.

- Dung dịch trơn nguội: làm giảm ma sát do đó làm giảm biến dạng.

2.3.2 Quá trình hình thành bề mặt gia công và hiện tượng cứng nguội.

Khảo sát quá trình hình thành bề mặt gia công (hình 2.24a) ta nhận thấy để cắt một lớp kim loại có chiều dày cắt là a và bề mặt hình thành sẽ là DE . Khi bắt đầu cắt, do lưỡi cắt của dao không nhọn lý tưởng mà luôn luôn có một bán kính ρ , sự tiếp xúc của dao và chi tiết bắt đầu từ điểm A . Dao càng đi sâu vào chi tiết, điểm có ứng suất lớn nhất càng hạ thấp và khi quá trình cắt đã ổn định thì chiếm vị trí B (nằm ngay trên mặt trượt) do đó chỉ có một lớp kim loại có chiều dày cắt a' nằm trên đường BC là được cắt thành phoi. Lớp kim loại nằm dưới đường BC không được cắt mà bị nén, do đó chịu biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và sau gia công nó bị cứng nguội (hóa cứng).

Sau khi mũi dao đi qua, lớp bề mặt do sự đàn hồi được nâng lên một chiều cao h , do đó gây nên một áp lực pháp tuyến và ma sát với mặt sau của dao. Kết quả lớp mỏng bề mặt lại chịu biến dạng thêm. Nếu bán kính cong ρ của dao càng lớn, ma sát càng lớn và mức độ biến dạng bề mặt càng tăng.



Hình 2.24a

Khảo sát bề mặt hình thành khi gia công

Để giải thích rõ hơn quá trình hình thành bề mặt gia công (hình 2.24b) ta hãy khảo sát khả năng dịch chuyển của ba phần tử kim loại O_1 , O_2 , O_3 trong quá trình cắt. Ta nhận xét:

- Phương trượt của hạt kim loại tạo với áp lực pháp tuyến lên phần tử kim loại đó một góc ψ .
- Phần tử kim loại tại O_1 có phương trượt hướng về phía phoi, do đó có khả năng trượt để thành phoi.
- Phần tử kim loại tại O_2 có phương trượt song song với phương vận tốc cắt.
- Phần tử kim loại tại O_3 có phương trượt hướng về phía phoi, do đó có khả năng trượt bị chặn lại, không thể thành phoi cắt.

Từ nhận xét trên ta rút ra kết luận:

- Chiều sâu lớp cứng nguội: Ví dụ khi gia công phôi đúc bằng khuôn kim loại, trong điều kiện bình thường, chiều sâu lớp cứng nguội như sau:

Sau gia công thô bằng dao tiện: $0,04 \div 0,05 \text{ mm}$

Sau gia công tinh bằng dao tiện: $0,02 \div 0,03 \text{ mm}$

Sau mài tinh: $0,015 \text{ mm}$

Nhân tố ảnh hưởng đến cứng nguội có cùng quy luật với nhân tố ảnh hưởng đến co rút phôi. Ví dụ vài nhân tố ảnh hưởng chính:

- Những vật liệu gia công có độ dẻo càng cao thì hiện tượng cứng nguội xảy ra với mức độ càng cao.

- Góc trước của dao càng nhỏ thì mức độ cứng nguội càng tăng.

- Cắt gọt có dung dịch trơn nguội thì mức độ cứng nguội giảm.

Tác dụng của cứng nguội

- Tác dụng tốt: Bảo vệ bề mặt, tăng giới hạn bền mỏi của chi tiết sau gia công;

- Tác dụng xấu:

+ Nếu trên bề mặt chi tiết sau gia công có vết nứt, nứt thì cứng nguội sẽ làm giảm giới hạn bền mỏi.

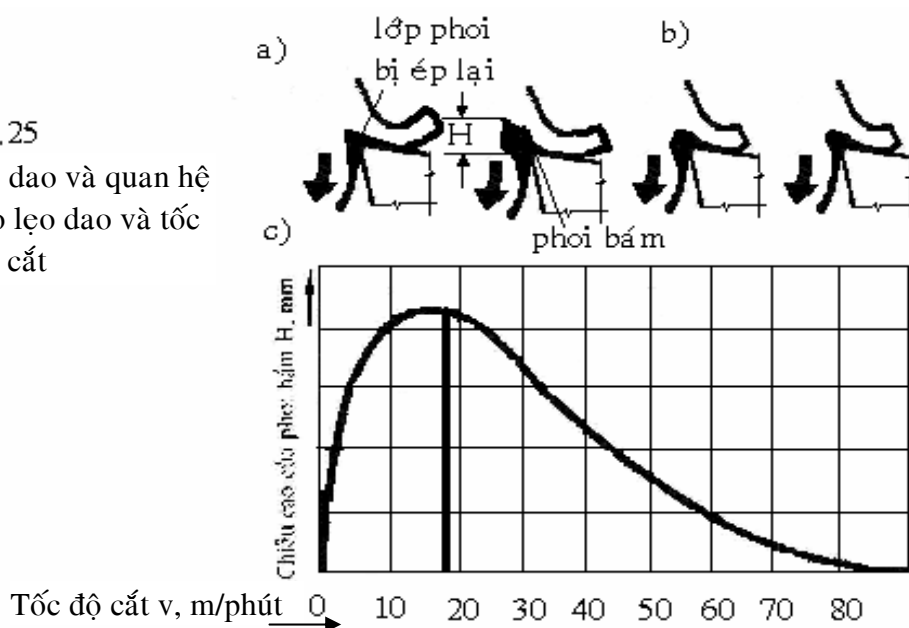
+ Lớp cứng nguội sẽ gây khó khăn cho các nguyên công gia công tinh.

+ Khi gia công thô, cứng nguội dễ gây cong vênh cho những chi tiết yếu cứng vững.

2.3.3 Hiện tượng lẹo dao (phoi bám)

a) Hiện tượng và điều kiện hình thành lẹo dao

Hình 2.25
Hiện tượng lẹo dao và quan hệ
giữa chiều cao lẹo dao và tốc
độ cắt



Khi cắt kim loại, trên mặt trước của dao kề ngay lưỡi cắt, thường xuất hiện lớp kim loại có cấu trúc kim tương khác hẳn với vật liệu gia công và vật liệu làm dao. Nếu lớp kim loại này bám chắc vào lưỡi cắt của dao thì được gọi là lẹo dao hay phoi bám.

Nguyên nhân là trong quá trình cắt có hiện tượng chảy chậm. Khi phoi thoát theo mặt trước của dao thì lớp kim loại sát mặt trước do chịu áp lực lớn và nhiệt độ cao nên lực ma sát lớn làm cho tốc độ dịch chuyển chậm. Với điều kiện lực liên kết trong nội bộ kim loại bé hơn lực ma sát giữa mặt trước của dao và phoi, một lớp kim loại gần mặt trước sẽ tách khỏi phoi và nằm lại trên mặt trước để hình thành lẹo dao (hình 2.25 a).

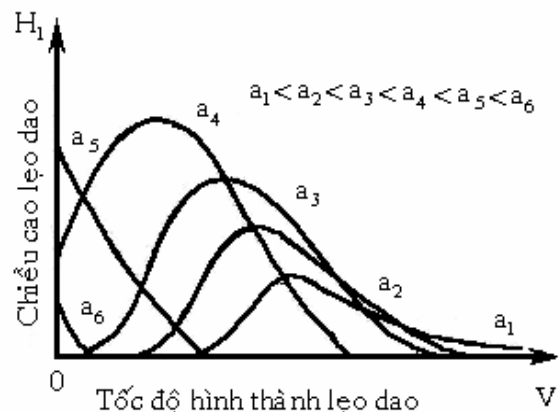
Lẹo dao không tồn tại lâu trên dao, nó định kỳ bị bề gãy rồi rơi vào giữa lưỡi cắt và phoi (hình 2.25b), khi đó các mảnh phoi nhỏ sẽ gây nên các vết lõm (xước) trên bề mặt gia công, làm cho bề mặt gia công không trơn nhẵn.

b) Nhân tố ảnh hưởng đến lẹo dao

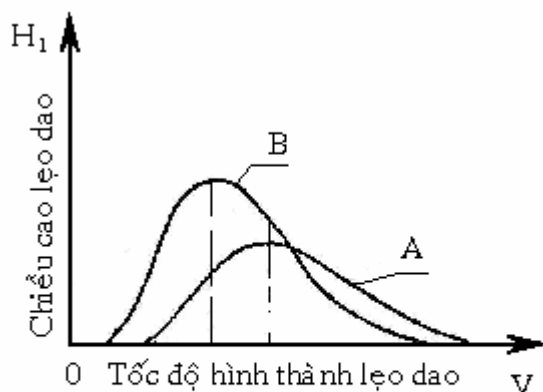
- Vận tốc cắt (hình 2.25 c): Ở tốc độ cắt thấp ($V < 5$ m/phút), lực liên kết trong nội bộ kim loại lớn, tuy rằng hệ số ma sát bên ngoài cũng lớn nhưng chưa chiếm ưu thế nên thường không có lẹo dao.

Khi tốc độ cắt tăng lên cao ($V > 80$ m/phút), lực liên kết trong nội bộ kim loại giảm dần, đồng thời hệ số ma sát cũng giảm nhanh. Mặt khác, lớp kim loại gần mặt trước của dao dưới nhiệt độ cao gần như chảy lỏng, có tác dụng làm nhờn nên không có lẹo dao.

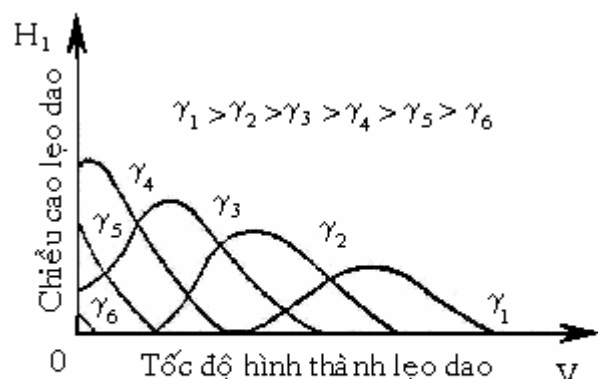
- Chiều dày cắt: Chiều dày cắt a càng lớn, tốc độ hình thành lẹo dao càng thấp và chiều cao lẹo dao càng cao (hình 2.26).



Hình 2.26 - Quan hệ giữa chiều dày cắt và chiều cao lẹo dao



Hình 2.27
 Quan hệ giữa vật liệu gia công và chiều cao lẹo dao



Hình 2.28
 Quan hệ giữa góc trước và chiều cao lẹo dao

- Vật liệu gia công dẻo khi cắt dễ hình thành lẹo dao hơn vật liệu giòn, vật liệu B dẻo hơn vật liệu A (hình 2.27).

- Góc trước càng lớn thì tốc độ hình thành lẹo dao càng cao và chiều cao lẹo dao càng bé (hình 2.28).

c) Tác dụng của lẹo dao

- Tác dụng tốt:

+ Độ cứng của các khối lẹo dao cao hơn nhiều so với bản thân vật liệu chi tiết (gấp $2,5 \div 3,5$ lần) nên có thể thay thế lưỡi cắt.

+ Khi gia công thô, lẹo dao có lợi vì nó tăng góc trước của dao khiến cho quá trình tạo phoi dễ dàng và bảo vệ lưỡi cắt khỏi bị mòn.

- Tác dụng xấu: Khi gia công tinh, lẹo dao có hại vì nó làm giảm độ chính xác và độ trơn nhẵn của bề mặt gia công.

Khắc phục hiện tượng lẹo dao và nâng cao chất lượng của bề mặt gia công bằng các biện pháp sau:

- Gia công với tốc độ cắt hợp lý, nên tránh vùng tốc độ cắt thường gây ra lẹo dao $V=7 \div 80$ m/phút (hình 2.25c).

- Mài bóng mặt trước của dao.

- Dùng dung dịch tưới nguội.

2.3.4 Hiện tượng nhiệt

Hiện tượng nhiệt và sự truyền nhiệt trong quá trình cắt rất quan trọng vì nhiệt độ sinh ra trong quá trình cắt và sự phân bố nhiệt độ làm thay đổi tính chất cơ lý của vật liệu gia công ảnh hưởng đến tuổi thọ của dao, làm giảm năng suất và độ chính xác gia công.

a) Nguồn nhiệt.

Trong quá trình cắt công tiêu hao được chuyển hóa thành nhiệt. Nếu gọi Q là nhiệt lượng sinh ra trong quá trình cắt thì nó là kết quả của:

- Công ma sát trong giữa các phần tử vật liệu gia công trong quá trình biến dạng Q_1

- Công ma sát ngoài giữa phoi và mặt trước dao Q_2 .

- Công ma sát giữa bề mặt chi tiết gia công và mặt sau dao Q_3 .

- Công cắt đứt phoi Q_4 .

Phương trình cân bằng nhiệt được viết:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Nếu cho rằng toàn bộ công cơ học khi cắt biến thành nhiệt thì:

$$Q = \frac{R}{E} = \frac{P_z \times V}{E} = \frac{P_z \times V}{427}$$

Trong đó: Q – Lượng nhiệt (Kcal/phút).

R – Công cắt (KGm/phút).

E – Tương đương giữa nhiệt và công ($E = 427 \text{ KGm/Kcal}$).

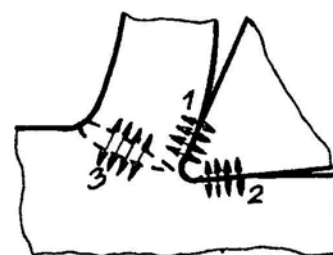
Pz – Lực cắt (KG).

V – Vận tốc cắt (m/phút).

Trong thực tế không phải toàn bộ công tiêu hao chuyển thành nhiệt. Một phần công được tiêu hao để làm thay đổi thế năng của mạng tinh thể. Tuy nhiên tiêu tốn đó rất ít, nên trong tính toán có thể bỏ qua.

Khi cắt có ba khu vực phát sinh nhiệt chính (hình 2.29):

- Khu vực tiếp xúc giữa dao và phoi ở mặt trước (1).
- Khu vực tiếp xúc giữa mặt sau của dao với chi tiết gia công (2).
- Ở mặt đứt phoi (3).



Hình 2.29

Khu vực phát sinh nhiệt khi cắt

b) Sự truyền nhiệt

Muốn điều khiển được quá trình cắt, điều quan trọng không chỉ là biết được lượng nhiệt sinh ra mà là nhiệt độ thực sự ở dao, phoi và chi tiết. Đáng chú ý nhất là nhiệt độ ở dao vì nó có thể làm cho dao mất độ cứng và bị mài mòn nhanh.

Nhiệt sinh ra trong quá trình cắt được truyền qua dao, chi tiết, phoi và không khí.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_{\text{dao}} + Q_{\text{chi tiết}} + Q_{\text{phoi}} + Q_{\text{kk}}$$

Ví dụ qua thí nghiệm lượng nhiệt phân bố khi gia công thép 40Cr phân bố như sau:

V (m/phút)	Phoi	Chi tiết	Dao	Không khí
25 ÷ 50	45%	50%	2,5%	1 ÷ 2,5%
100 ÷ 350	75%	22%	1,5%	1 ÷ 1,5%

Như vậy qua thí nghiệm, khi cắt với tốc độ cao lượng nhiệt truyền vào phoi lớn nhất, rồi đến chi tiết, sau cùng mới là dao. Điều này giải thích như sau: phoi chịu hai nguồn sinh nhiệt (1 và 3) nên lượng nhiệt vào phoi lớn hơn cả; Lượng nhiệt ở dao ít vì tính dẫn nhiệt của dao kém; Lượng nhiệt ở chi tiết lớn hơn vì tính dẫn nhiệt của chi tiết tốt hơn.

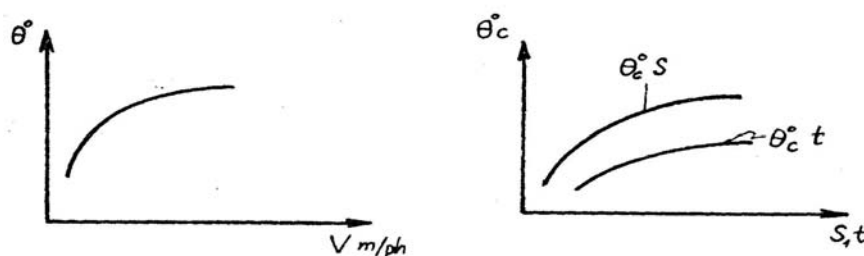
Vận tốc cắt càng lớn, biến dạng và masát chủ yếu nằm trong phoi do thời gian tiếp xúc với dao và chi tiết ít nên nhiệt truyền ít đi, vì vậy nhiệt độ truyền vào chi tiết và dao càng giảm.

Qua nghiên cứu chứng tỏ nhiệt độ cao nhất nằm ở giữa khu vực tiếp xúc giữa dao và phoi, nghĩa là tại điểm cách lưỡi cắt vào khoảng $(0,3 \div 0,5)l$; trong đó l là khoảng cách chiều dài tiếp xúc của phoi và mặt trước của dao. Nhiệt độ đó quy ước là nhiệt độ cắt.

c) Những nhân tố ảnh hưởng đến nhiệt cắt

Tất cả nhân tố ảnh hưởng đến biến dạng đều ảnh hưởng đến nhiệt độ cắt, dưới đây là một vài nhân tố ảnh hưởng chính:

- Chế độ cắt: V , s , t tăng nhiệt độ cắt tăng, nhưng không tỷ lệ thuận (hình 2.30).



Hình 2.30
Quan hệ giữa nhiệt độ cắt và chế độ cắt

- Thông số hình học của dao:
 - + Góc trước γ tăng, biến dạng giảm nên nhiệt độ cắt giảm. Song góc trước tăng, khả năng truyền nhiệt kém đi, kết quả nhiệt độ cắt giảm ít.
 - + Góc nghiêng chính ϕ tăng, a tăng ($a = S \sin \phi$) đưa đến K giảm, điều kiện truyền nhiệt xấu, kết quả nhiệt độ cắt tăng.
- Vật liệu gia công giòn, biến dạng ít, nhiệt độ cắt thấp so với vật liệu dẻo.
- Vật liệu làm dao nào có hệ số ma sát càng lớn và tính truyền nhiệt càng bé thì nhiệt độ trên dao càng cao.
- Khi cắt có tưới dung dịch trơn nguội thì ma sát và nhiệt độ trên dao giảm.

2.3.5 Hiện tượng rung động

Trong quá trình cắt kim loại, hệ thống công nghệ thường xảy ra rung động do yếu cứng vững. Rung động làm ảnh hưởng đến chất lượng chi tiết gia công, đến năng suất cũng như sức khỏe người thợ.

Để có thể nâng cao năng suất, đặc biệt là nâng cao tốc độ, vấn đề rung động càng được đặc biệt chú trọng.

Tuy nhiên vấn đề rung động là một vấn đề hết sức phức tạp, đặc biệt là rung động trong quá trình cắt, mà bản chất của nó cho đến nay tiếp tục được nghiên cứu.

Hiện nay có thể nói một cách khẳng định rằng trong quá trình cắt có hai loại rung động: rung động cưỡng bức và rung động tự rung.

Rung động cưỡng bức (do các nguyên nhân ngoài) trong quá trình cắt được gây ra do những nguyên nhân sau đây:

- Do sự không cân bằng của các bộ phận máy - dao - chi tiết - đồ gá.
- Do hệ thống truyền động của máy có sự va đập tuần hoàn.
- Do vật cắt không tròn, lượng dư gia công không đều.
- Do dao chuyển động không cân bằng.

Những nguyên nhân trên dễ thấy do đó dễ tìm biện pháp khắc phục.

Tự rung động là do lực gây ra và duy trì nó trong quá trình cắt. Có nhiều cách giải thích về những nguyên nhân gây ra tự rung:

- Do sự thay đổi của lực ma sát ở mặt trước và sau của dao trong quá trình cắt.
- Do sự thay đổi tính dẻo của vật liệu gia công trong quá trình cắt khiến cho lực cắt thay đổi.
- Do sự phát sinh và mất đi của lẹo dao.
- Do sự biến dạng đàn hồi của dao – chi tiết.

Các nhân tố ảnh hưởng đến rung động:

- Tăng tốc độ cắt thì biên độ dao động tăng (trong vùng dễ sinh lẹo dao), sau khi biên độ dao động đạt được một giá trị cực đại nào đó thì tốc độ cắt càng tăng, biên độ dao động càng giảm.
- Khi chiều sâu cắt tăng thì biên độ dao động tăng vì lực cắt tăng ảnh hưởng đến hệ thống công nghệ.
- Ảnh hưởng của thông số hình học, đáng kể nhất là góc φ , góc φ càng tăng rung động giảm, (lực $P_y = P_N \cdot \cos \varphi$, là lực cắt ảnh hưởng đến rung động nhiều nhất).
- Khi gia công gang, cắt ra phoi vụn, lực cắt biến đổi nhiều nên rung động tăng. Còn cắt vật liệu dẻo, khi điều kiện hình thành lẹo dao lớn thì rung động càng tăng.

Ngoài ra sự rung động còn chịu ảnh hưởng rất lớn của hệ thống công nghệ. Nếu hệ thống này càng cứng vững thì rung động càng giảm.

Trong thực tế, cần chọn chế độ cắt hợp lý, đồng thời tăng độ cứng vững của hệ thống máy – dao – chi tiết và dùng một số dụng cụ giảm rung chuyên dùng khác.

2.3.6 Hiện tượng mài mòn dao cắt và vấn đề tuổi bền dao

a) Hiện tượng và quy luật mài mòn dao

Khi cắt gọt mặt trước của dao luôn tiếp xúc và có chuyển động tương đối với phoi, mặt sau của dao luôn tiếp xúc và có chuyển động tương đối với mặt gia công, mũi dao và lưỡi dao tiếp xúc và có chuyển động tương đối với mặt đang gia công của chi tiết, vì thế quá trình cắt dao bị mài mòn.

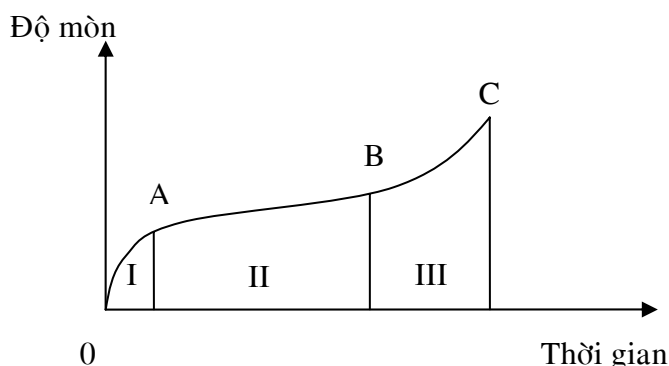
Sự mài mòn của dao giống sự mài mòn của các chi tiết chuyển động tương đối với nhau nhưng điều kiện có nặng nề hơn, vì vậy quy luật mài mòn dao cũng giống như quy luật mài mòn giữa các chi tiết. Sự mài mòn của dao theo thời gian được chia làm 3 giai đoạn như sau (hình 2.31):

Giai đoạn I : Mài mòn khốc liệt do trên mặt dao còn vết nhấp nhô;

Giai đoạn II : Mài mòn ổn định;

Giai đoạn III : Mài mòn phá hủy, ở giai đoạn này nhiệt độ tăng cao, độ cứng giảm nên sự mài mòn xảy ra rất nhanh.

Khi làm việc nếu dao bị mòn gần đến cuối giai đoạn II phải mài dao lại.



Hình 2.31

Quan hệ giữa mài mòn dao và thời gian

Tìm hiểu cơ chế mài mòn dao là một công việc hết sức quan trọng trong việc nghiên cứu quá trình cắt gọt.

b) Nguyên nhân gây ra mài mòn dao

- Ở tốc độ cắt thấp, sự mài mòn chủ yếu do ma sát giữa mặt trước của dụng cụ cắt với phoi và giữa chi tiết với mặt sau của dao, đó là mài mòn cơ học.

- Khi tốc độ cắt tương đối cao, nhiệt độ sinh ra cao đạt một giá trị nào đó, lớp bề mặt của dao thay đổi cấu trúc nên dao chóng mòn hơn, sự mài mòn chủ yếu vì nhiệt.

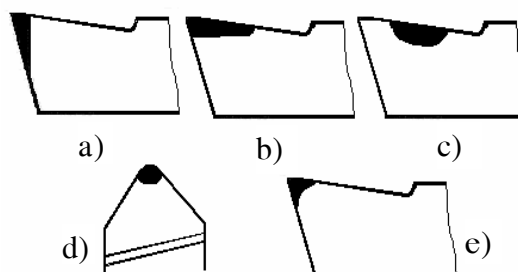
- Khi tốc độ cắt cao, nhiệt độ cao, lớp bề mặt chi tiết bị oxy hóa, trở nên rất giòn, dễ bị phá hủy. Đồng thời với áp suất cao, nhiệt độ cao còn có sự mài mòn vì dính. Khi đó phoi cắt thoát ra dính vào mặt trước của dao, khi chuyển động phoi sẽ kéo theo từng mảnh nhỏ vật liệu ở mặt trước của dao làm cho dao bị mòn. Ngoài ra còn có mài mòn vì khuyếch tán, do khi cắt các loại thép và hợp kim chịu nóng bằng dao hợp kim cứng ở tốc độ cao. Khi nhiệt độ cắt từ 900°C – 1000°C thì có hiện tượng khuyếch tán thành phần của vật liệu dao vào lớp bề mặt chi tiết gia công, kết quả dao bị mòn rất nhanh.

c) Các dạng mài mòn dao

Tùy theo điều kiện cắt gọt, tính chất vật liệu gia công và vật liệu làm dao, dụng cụ cắt gọt có các dạng mài mòn sau:

- Mài mòn mặt sau (hình 2.32a), thường xảy ra khi gia công với chiều dày cắt nhỏ ($a < 0,1 \text{ mm}$) và đặc biệt khi gia công các vật liệu giòn như gang.

- Mài mòn mặt trước (hình 2.32b) và mài mòn lưỡi liềm (hình 2.32c), thường xảy



Hình 2.32

Các dạng mài mòn dao

ra khi gia công vật liệu dẻo có chiều dày cắt $a > 0,5 \text{ mm}$.

- Mài mòn đồng thời cả mặt trước và mặt sau xảy ra khi cắt kim loại dẻo có chiều dày cắt $a = 0,1 \div 0,5$.

- Mài mòn mũi dao (hình 2.32d) và cùn lưỡi cắt (hình 2.32e), thường xảy ra khi gia công tinh các vật liệu có tính dẫn nhiệt. Khi đó dưới ảnh hưởng của nhiệt độ cao, lưỡi cắt nhanh chóng bị mềm và cùn.

Mài mòn mặt sau là dạng chủ yếu và dễ đo nhất. Do đó thường dùng làm tiêu chuẩn mài mòn (hoặc độ mài mòn cho phép). Khi gia công tinh độ mài mòn cho phép tùy thuộc vào độ bóng và độ chính xác gia công.

d) *Tuổi bền dao.*

Thời gian làm việc liên tục giữa 2 lần mài dao gọi là tuổi bền của dao, ký hiệu là T (phút).

Tuổi bền của dao phụ thuộc vào nhiều yếu tố: vật liệu làm dao, vật liệu gia công, thông số hình học của dao, chế độ cắt, dung dịch trơn nguội v.v...

Ảnh hưởng nhiều nhất đến tuổi bền của dao là tốc độ cắt. Tốc độ cắt càng cao, năng lượng tiêu hao trong quá trình cắt càng lớn, nhiệt tỏa ra càng nhiều, quá trình mòn nhiệt và mài mòn diễn ra càng mạnh dẫn đến tuổi bền của dao càng giảm.

Tốc độ cắt là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng nhiều đến chất lượng bề mặt gia công, năng suất và giá thành sản phẩm. Khi tăng tốc độ cắt làm tăng năng suất gia công nhưng đồng thời làm dao chóng mòn, hao phí thời gian thay dao và mài lại, khi đó sẽ làm giảm năng suất và tăng giá thành sản phẩm. Do đó việc xác định một tốc độ cắt hợp lý là cần thiết. Tốc độ cắt hợp lý là tốc độ vừa đảm bảo năng suất cao nhất, vừa đảm bảo giá thành hạ nhất.

Thực tế trong điều kiện cắt cụ thể, người ta đã xác định trước tuổi bền hợp lý của dao, nhiệm vụ cắt gọt là phải điều chỉnh máy để có tốc độ phù hợp nhằm đảm bảo tuổi bền dao đã chọn.

Ngoài tốc độ cắt, còn rất nhiều nhân tố ảnh hưởng đến tuổi bền dao như lượng chạy dao, chiều sâu cắt, thông số hình học của dao, vật liệu gia công, vật liệu dao ...

Dưới đây ta xét một vài nhân tố chính ảnh hưởng đến tuổi bền dao:

- Tốc độ cắt càng cao, nhiệt độ cắt càng lớn, tính chất cơ lý của dao thay đổi nên dao chóng mòn.

Ta có quan hệ giữa tuổi bền dao và tốc độ cắt qua thực nghiệm như sau:

$$v = \frac{A}{T^m}$$

Trong đó:

T : tuổi bền dao (phút);

V : tốc độ cắt (m/phút);

A : hằng số phụ thuộc vào vật liệu gia công;

m : giá trị đặc trưng cho mức độ ảnh hưởng của tuổi bền dao đến tốc độ cắt

Đối với dao thép gió $m = 0,125$

Đối với dao hợp kim cứng $m = 0,2$

Đối với dao bằng sứ $m = 0,5$

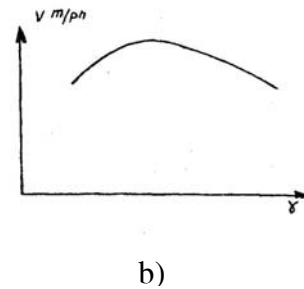
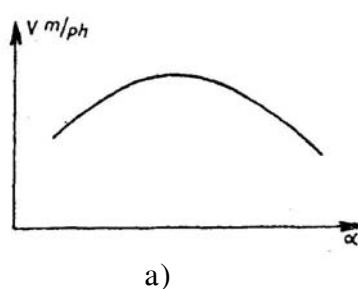
Từ quan hệ trên ta thấy: nếu tăng V thì T giảm. Do đó muốn giữ cho tuổi bền của dao cao thì phải chọn tốc độ cắt hợp lý.

- Khi cắt, nếu tăng chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s thì lực cắt và nhiệt cắt cũng tăng lên dao chóng mài mòn, ảnh hưởng đến tuổi bền dao. Do đó muốn giữ tuổi bền T của dao không đổi thì cần phải giảm tốc độ cắt.

- Thông số hình học dao có ảnh hưởng rất lớn đến tuổi bền dao. Vì vậy tùy theo từng tính chất gia công, vật liệu gia công mà ta có thể chọn dao (vật liệu làm dao, hình dáng hình học, thông số hình học) sao cho hợp lý để đạt được năng suất cao nhất, và chất lượng cao nhất.

+ Ảnh hưởng của góc trước γ : nếu góc trước tăng thì ma sát, lực cắt, nhiệt cắt giảm nhưng nếu góc trước tăng quá lớn sẽ làm góc sắc β giảm, điều kiện truyền nhiệt kém, dao bị chóng mài mòn. Nếu muốn giữ tuổi bền T của dao không đổi thì cần phải giảm tốc độ cắt. Vì vậy cần chọn góc trước hợp lý để có tốc độ cao nhất (hình 2.33a).

+ Ảnh hưởng của góc sau α : nếu góc sau tăng thì sẽ làm giảm ma sát giữa mặt sau và mặt gia công. Tuy nhiên nếu góc sau tăng quá lớn thì sẽ làm giảm góc sắc, giảm điều kiện truyền nhiệt gây nên dao chóng mài mòn. Nếu muốn giữ tuổi bền T của dao không đổi thì cần phải giảm tốc độ cắt. Vì vậy cần chọn góc sau hợp lý để có tốc độ cao nhất (hình 2.33b).



Hình 2.33

Quan hệ giữa vận tốc cắt và góc trước, góc sau của dao.

+ Ảnh hưởng của bán kính mũi dao: nếu bán kính mũi dao lớn thì chiều dài lưỡi cắt tham gia cắt lớn, truyền nhiệt tốt nên có thể tăng tốc độ cắt.

+ Ảnh hưởng của tiết diện thân dao: Thân dao càng lớn điều kiện truyền nhiệt càng tốt, nên có khả năng tăng tốc độ cắt.

- Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội: Dung dịch trơn nguội làm cho sự hình thành phoi dễ dàng, ma sát giảm, nhiệt cắt giảm. Vì vậy khi cắt có dung dịch trơn nguội cho phép nâng cao tốc độ cắt, tăng tuổi bền của dao.

Tổng hợp các nhân tố trên người ta đưa ra các công thức thực nghiệm tính toán vận tốc cắt như sau:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \cdot K_v$$

Trong đó:

T: Tuổi bền dao (phút).

t: Chiều sâu cắt (mm).

s: lượng chạy dao (mm/vòng).

C_v, m, x_v, y_v : phụ thuộc vào điều kiện gia công, tra trong sổ tay “chế độ cắt khi gia công cơ”.

K_v : Hệ số điều chỉnh, tra trong sổ tay “chế độ cắt khi gia công cơ”.

$$K_v = K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_r \cdot K_\varphi \cdot K_\alpha \cdot K_\gamma \dots$$

Trong đó:

K_m : Hệ số hiệu chỉnh xét đến vật liệu gia công.

K_n : Hệ số hiệu chỉnh xét đến trạng thái phôi.

K_u : Hệ số hiệu chỉnh xét đến ảnh hưởng của vật liệu làm dao.

$K_r; K_\varphi; K_\alpha; K_\gamma$: Hệ số hiệu chỉnh xét đến ảnh hưởng của thông số hình học dao.

2.3.7 Hiện tượng lực cắt

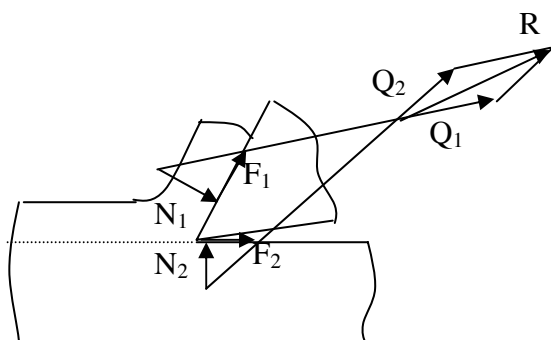
a) Lực cắt

Muốn cắt kim loại cần phải tác dụng vào dao một lực để thắng được lực liên kết trong nội bộ kim loại. Nghiên cứu lực cắt có một tầm quan trọng rất lớn vì biết lực cắt mới tính được công suất tiêu thụ của máy, mới tính được lực kẹp chi tiết để trên cơ sở thiết kế đồ gá v.v... Lực cắt lớn hay nhỏ ảnh hưởng đến tuổi bền của dao và chất lượng bề mặt gia công.

Trong cắt gọt kim loại, người ta gọi lực sinh ra trong quá trình cắt tác động lên dao là lực cắt; Lực có cùng độ lớn, cùng phương nhưng ngược chiều với lực cắt gọi là phản lực cắt.

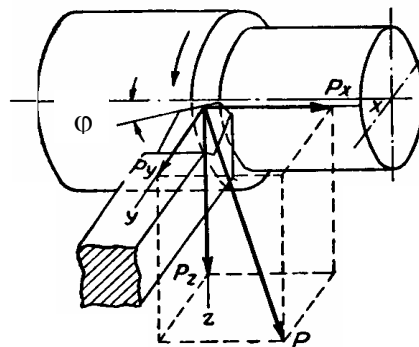
Khi cắt, trên mặt trước của dao do phoi đập vào nên có lực pháp tuyến N_1 (hình 2.34), đồng thời do phoi chuyển động nên có lực ma sát F_1 , ta có:

$$\overline{Q_1} = \overline{F_1} + \overline{N_1}$$



Hình 2.34

Lực tác dụng lên dao



Hình 2.35

Các phương lực cắt

Trên mặt sau của dao do biến dạng đàn hồi và chuyển động nên có áp lực N_2 và ma sát F_2 ; ta có:

$$\overline{Q_2} = \overline{F_2} + \overline{N_2}$$

Nhưng các lực tác dụng lên mặt sau không tham gia quá trình tạo phoi mà gây ra những tải trọng vô ích có ảnh hưởng lớn đến rung động và mài mòn. Tổng hợp các lực trên ta được lực cắt R :

$$\overline{R} = \overline{Q_1} + \overline{Q_2}$$

Để nghiên cứu lực cắt người ta phân lực cắt thành các thành phần theo các phương cần thiết. Khi tiện, các thành phần lực cắt có phương trùng với phương của các chuyển động cắt gọt (hình 2.35):

P_z - lực tiếp tuyến, trùng với phương vận tốc V , có giá trị lớn nhất. Dùng để kiểm nghiệm công suất tiêu thụ của máy.

P_y - lực hướng kính, có phương trùng với phương chiều sâu cắt t . Lực này gây rung động trong mặt phẳng ngang, ảnh hưởng đến độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công.

P_x - lực chạy dao, có phương trùng với phương chạy dao s . Lực này tác dụng lên cơ cấu chạy dao. Cơ cấu chạy dao phải khắc phục lực này cùng với lực ma sát trên sống trượt của máy.

Lúc này ta có hợp lực là :

$$\overline{R} = \overline{P_z} + \overline{P_y} + \overline{P_x}$$

hay có thể viết lại:

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}$$

Đây là phương pháp phân tích lực phổ biến nhất, bởi vì phương các chuyển động cắt là hoàn toàn xác định, do vậy việc đo các thành phần lực cắt được tiến hành dễ dàng.

b) Nhân tố ảnh hưởng đến lực cắt

Nhân tố ảnh hưởng đến lực cắt cùng quy luật như ảnh hưởng đến biến dạng của phoi. Ví dụ:

- Tính chất cơ lý của vật liệu gia công ảnh hưởng lớn đến lực cắt. Khi gia công vật liệu giòn, lực cắt nhỏ hơn so với vật liệu dẻo. Kim loại có độ hạt càng nhỏ, độ cứng càng cao, lực cắt càng lớn.

- Chiều sâu cắt t và lượng chạy dao s tăng, lực cắt tăng, nhưng ảnh hưởng của t lớn hơn s . Vận tốc cắt v ảnh hưởng đến lực cắt cũng tương tự như ảnh hưởng của nó đến biến dạng của phoi (hình 2.23). Khi v tăng đến v_2 (15 ÷ 20 m/phút) lực giảm; Tiếp tục tăng đến v_3 (40 ÷ 50 m/phút) lực tăng; Tiếp tục tăng nữa lực giảm, cho đến $v \geq 200$ m/phút thì lực hầu như không thay đổi. Hiện nay, xu hướng cắt với vận tốc cắt cao ($v > 50$ m/phút) nên coi quan hệ giữa v và lực cắt như sau: v tăng lực cắt giảm.

- Góc γ và góc α tăng lực cắt giảm ...

- Mỗi loại vật liệu làm dao khác nhau có hệ số ma sát khác nhau nên lực cắt cũng thay đổi.

- Mặt sau dao càng mòn thì diện tích tiếp xúc giữa dao và mặt gia công càng lớn nên lực cắt càng tăng.

- Khi cắt gọt có tưới dung dịch trơn nguội, nhiệt cắt giảm, ma sát giảm ... nên lực cắt giảm.

Tổng hợp các nhân tố ảnh hưởng trên vào công thức tính lực cắt, ta có công thức thực nghiệm như sau:

$$P_z = C_{pz} t^{x_{pz}} s^{y_{pz}} v^{n_{pz}} K_{pz}$$

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} s^{y_{py}} v^{n_{py}} K_{py}$$

$$P_x = C_{px} t^{x_{px}} s^{y_{px}} v^{n_{px}} K_{px}$$

Trong đó: C_{pz}, C_{py}, C_{px} - Hằng số phụ thuộc nhóm vật liệu gia công.

x_{pz}, y_{pz}, n_{pz} - Số mũ chỉ mức độ ảnh hưởng của t, s, v đến lực P_z .

x_{py}, y_{py}, n_{py} - Số mũ chỉ mức độ ảnh hưởng của t, s, v đến lực P_y .

x_{px}, y_{px}, n_{px} - Số mũ chỉ mức độ ảnh hưởng của t, s, v đến lực P_x .

K_{pz}, K_{py}, K_{px} - Các hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của các thông số còn lại như thông số hình học của dao (vật liệu dao, góc độ dao ...).

Các trị số trên được tra trong sổ tay công nghệ hoặc sổ tay chế độ cắt khi gia công cơ.

Ngoài ra trị số lực cắt còn có thể tính theo các công thức khác như tính theo lực cắt đơn vị (là trị số lực cắt khi cắt một diện tích phoi 1 mm^2) và diện tích lớp cắt hoặc bằng cách đo trực tiếp với dụng cụ đo lực cắt.

Để đo lực cắt, trong thực tế thường dùng các loại lực kế khác nhau, các lực kế này đều dựa trên nguyên tắc biến dạng đàn hồi của một phần tử làm việc chịu tác dụng của lực cắt. Phần tử này có thể là xà đàn hồi ở lực kế cơ khí, có thể là lò xo ống ở các lực kế thủy lực, hay các màng kim loại trong các lực kế điện.

Theo nguyên lý tác dụng có thể chia lực kế ra làm 3 nhóm: lực kế cơ khí, lực kế thủy lực và lực kế điện. Tùy vào yêu cầu đo và phương pháp gia công mà dùng các loại lực kế cho phù hợp.

c) Công suất cắt

Công suất tiêu hao khi cắt phụ thuộc vào lực P_z và P_x (P_y không sinh ra công vì theo phương P_y không có chuyển vị).

Công suất có ích khi cắt được tính theo công thức :

$$N_c = \frac{P_z \cdot v}{60.102} (KW)$$

Công suất có ích khi chạy dao :

$$N_{cd} = \frac{P_x \cdot n \cdot s}{60.10^3.102} (KW)$$

Trong đó:

P_z, P_x : là các lực cắt thành phần (KG).

n : là số vòng quay của chi tiết gia công (vòng/phút).

s : lượng chạy dao(mm/vòng).

v : tốc độ cắt (m/phút).

$$1KW = 102^{-1} \text{ KG.m/s}$$

Công suất cắt toàn phần được tính như sau:

$$N_{Ctp} = N_c + N_{cd}$$

Vì thường N_{cd} rất bé nên khi tính toán công suất gần đúng có thể bỏ qua. Công suất cần thiết của động cơ điện được xác định:

$$N_{nc} = \frac{N_c}{\eta} (KW)$$

Trong đó: η - hiệu suất hữu ích của máy ($\eta = 0,7 \div 0,75$)

2.4 Lựa chọn hình dáng mặt trước và thông số hình học hợp lý của dao

Các yếu tố hình học phần cắt của dao có ảnh hưởng rất lớn đến lực cắt, tốc độ cắt, độ mòn dao, chất lượng bề mặt gia công.

Do đó chọn các yếu tố này hợp lý là điều kiện cần thiết trước khi chọn chế độ cắt. Chọn các yếu tố này hợp lý sẽ tạo khả năng đưa cao năng suất khi gia công.

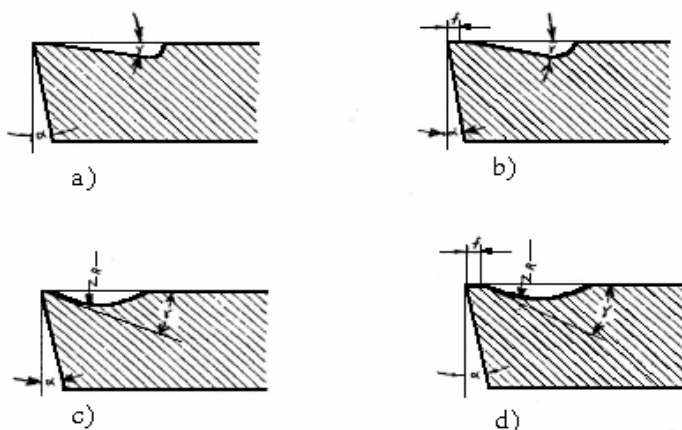
Tùy vào từng loại vật liệu dao, điều kiện cắt, chế độ cắt, vật liệu gia công ... mà ta chọn hình dạng hình học hợp lý của dao khác nhau.

a) Chọn dạng mặt trước của dao

- Đối với dao thép gió

Dao làm bằng thép có ưu điểm là chịu uốn tốt song chịu nhiệt và chịu mài mòn kém hơn HKC. Thường có các dạng mặt trước như sau (hình 2.36):

Hình 2.36
Các dạng mặt trước
của dao thép gió



- Mặt trước phẳng không có cạnh vát (hình 2.36 a): dùng cho các dao gia công vật liệu dẻo (gang, đồng thanh), gia công thép với lượng chạy dao $s < 0,2 \text{ mm/vòng}$.

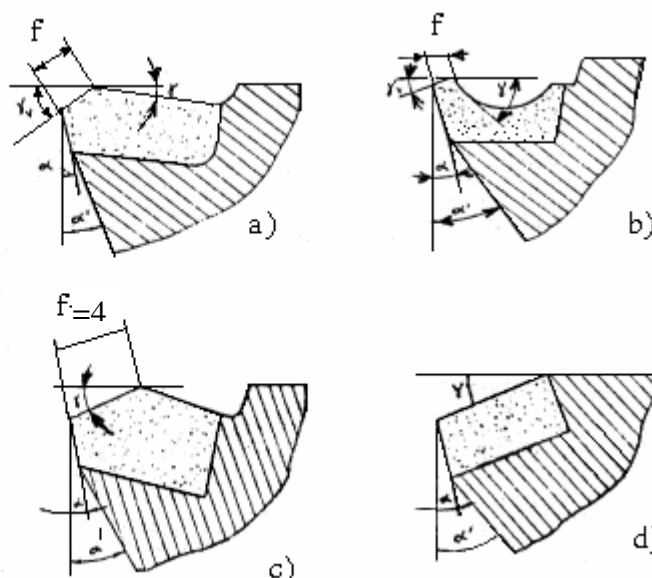
- Mặt trước phẳng có cạnh vát (hình 2.36b): dùng cho các loại dao gia công thép có độ cứng trung bình ($\sigma_b = 700-900 \text{ N/mm}^2$) với $s > 0,2 \text{ mm/vòng}$. Cạnh vát f làm tăng sức bền của lưỡi cắt; $f = 0,2 \div 1 \text{ mm}$. Lượng chạy dao lớn thì chọn f lớn.

- Mặt trước cong không có cạnh vát (hình 2.36c): dùng cho các loại dao gia công thép có độ cứng thấp và độ dẻo cao ($\sigma_b < 700 \text{ N/mm}^2$); với $s \leq 0,2 \text{ mm/vòng}$. Phoi dễ cuốn và dễ đứt.

- Mặt trước cong có cạnh vát (hình 2.36d): Thường dùng cho các loại dao tiện (trừ dao tiện định hình) gia công thép có độ cứng trung bình ($\sigma_b \leq 700 - 900 \text{ N/mm}^2$) với $s > 0,2 \text{ mm/vòng}$. Ưu điểm chính là cuốn phoi, bề phoi tốt hơn và lực cắt giảm.

- Đối với hợp kim cứng

Hợp kim cứng có đặc điểm là dẻo, chịu uốn kém song chịu mòn và chịu nhiệt tốt, thường được làm theo các dạng sau (hình 2.37):



Hình 2.37
 Các dạng mặt trước của
 dao hợp kim cứng

- Mặt trước phẳng có cạnh vát âm (hình 2.37a): Dùng cắt thép có giới hạn bền $\sigma_b \geq 800 \text{ N/mm}^2$, cũng có thể dùng cắt gang xám và gang rèn, góc trước của cạnh vát thường lấy $\gamma_v = 0 \div -5^\circ$, chiều rộng $f = (1 \div 2) a$, (a là chiều dày cắt).

- Mặt trước cong có cạnh vát âm (hình 2.37b): Dùng cắt thép có $\sigma_b \leq 800 \text{ N/mm}^2$ với $t = 1 \div 5 \text{ mm}$, $s = 0,3 \text{ mm/vòng}$, mặt trước cong phoi dễ cuốn và dễ gãy.

- Mặt trước phẳng có góc trước âm kép (hình 2.37c): Dùng cắt thép có $\sigma_b > 800 \text{ N/mm}^2$ khi lượng dư không đều và phôi cứng vững.

- Mặt trước phẳng có góc trước âm đơn (hình 2.37d): Dùng cắt thép có $\sigma_b > 800 \text{ N/mm}^2$ và tốc độ cắt cao, nhưng độ cứng vững của hệ thống gia công phải tốt.

Để tiết kiệm đá mài và giảm thời gian mài các dao tiện có lưỡi cắt bằng hợp kim cứng thường tạo thêm góc sau α' để thoát đá khi mài.

b) Chọn các góc độ dao hợp lý

- Chọn góc trước

Góc trước γ tăng thì biến dạng và ma sát giảm, song nếu γ tăng nhiều quá thì β giảm làm cho dao yếu, tuổi bền của dao giảm. Góc trước chọn dựa vào một yếu tố sau:

+ Vật liệu gia công: Vật liệu càng dẻo thì chọn γ càng lớn, để giảm biến dạng do đó giảm lực cắt; vật liệu giòn ta nhận được phoi vụn, tải trọng tập trung ở mũi dao nên chọn góc trước nhỏ để làm tăng tuổi bền dao.

+ Vật liệu làm dao: Đối với vật liệu làm dao chịu uốn tốt thì nên chọn góc trước có trị số lớn để giảm ma sát và biến dạng khi cắt. Đối với vật liệu làm dao giòn nên chọn γ nhỏ (thường $\gamma_v < 0$) để tránh lưỡi dao bị vỡ khi cắt.

+ Điều kiện gia công: Khi gia công thô, chọn γ lớn để giảm lực P_z . Gia công tinh chọn γ nhỏ để có thể tăng góc sau α .

- Chọn góc sau α .

Nhân tố ảnh hưởng chủ yếu đối với α là chiều dày cắt a . Khi a giảm ma sát mặt sau tăng, dao chóng mòn và làm cho lực cắt P_y tăng. Vì vậy khi gia công tinh nên chọn α lớn.

- Chọn góc nghiêng chính φ và góc nghiêng phụ φ_1

Các góc này có ảnh hưởng rất lớn đến độ cứng vững của hệ thống công nghệ. Trong khi cắt nếu s và t không đổi, cho góc φ thay đổi thì các thông số của diện tích lớp cắt a , b cũng thay đổi, dẫn đến các thành phần lực thay đổi.

Thực nghiệm cho thấy nếu φ càng lớn thì rung động ít, tăng độ cứng vững. Còn φ_1 càng nhỏ thì độ bóng càng tăng.

- Chọn góc nâng của lưỡi cắt chính λ

Góc nâng của lưỡi cắt chính λ có ảnh hưởng đến phương thoát phoi, sức bền của lưỡi cắt và điều kiện cắt vào kim loại của từng điểm trên lưỡi cắt.

Mũi dao thấp nhất khi $\lambda > 0$, lúc đó điểm tiếp xúc đầu tiên của dao và chi tiết nằm phía trong đỉnh dao do đó dao ít bị mẻ. Nếu $\lambda < 0$ thì điểm tiếp xúc nằm ở đỉnh dao cho nên khi có tải trọng va đập thì đầu dao dễ bị vỡ.

+ Khi gia công thô nên chọn $\lambda > 0$ để đầu dao bền.

+ Khi gia công tinh nên chọn $\lambda < 0$ để phoi không đập vào bề mặt gia công.

+ Khi gia công có va đập bằng dao hợp kim cứng, sứ và kim cương thì chọn $\lambda \geq 0$.

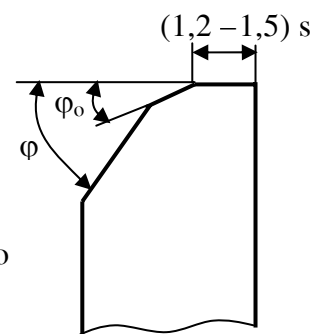
- Chọn bán kính mũi dao r

Bán kính mũi dao càng lớn, độ bóng gia công càng cao, đồng thời truyền nhiệt tốt làm tuổi bền của dao tăng, nhưng nếu r quá lớn dễ gây ra rung động.

Để làm tăng độ bóng bề mặt gia công, dao còn có lưỡi cắt ngang với chiều dài bằng $(1,2 \div 1,5)S$ (Hình 2.38).

Trị số của các góc và bán kính mũi dao được tra trong các sổ tay công nghệ chế tạo máy.

Hình 2.38
Lưỡi cắt ngang của dao



2.5 Xác định chế độ cắt hợp lý khi gia công

Chế độ hợp lý là chế độ cắt đảm bảo năng suất cao, giá thành hạ và đạt được chất lượng yêu cầu đối với chi tiết gia công. Ngoài ra còn phải tận dụng khả năng của vật liệu làm dao.

Xác định chế độ cắt bao gồm:

- Chọn các đặc tính của dao phù hợp với điều kiện gia công (vật liệu phần cắt, phần thân, tuổi bền dao, hình dáng và thông số hình học phần cắt, kích thước thân dao).

- Xác định các yếu tố chế độ cắt : t , s , v .

- Tính công suất máy và khi cần thiết phải kiểm nghiệm lại độ bền, độ cứng vững của một số cơ cấu máy.

- Tính thời gian gia công cơ bản.

Nếu gọi Q là năng suất máy, ta có công thức gần đúng sau:

$$Q \approx \frac{1}{T_0}$$

Trong đó $T_0 = \frac{L.h}{n.s.t}$ là thời gian gia công cơ bản (phút).

L - chiều dài hành trình của dao.

s - lượng chạy dao.

t - chiều sâu cắt.

h - lượng dư gia công.

n - số vòng quay của trục chính

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \quad (\text{vòng/phút})$$

$$\text{Cho nên: } Q \approx \frac{100.v.s.t}{L.h.\pi.D}$$

Vì L, h, D là những đại lượng đã biết cho nên ta có thể đặt:

$$A = \frac{1000}{Lh.\pi D}$$

Khi đó ta có: $Q \approx A . v . s . t$

Như vậy năng suất tỷ lệ với các yếu tố chế độ cắt. Tuy nhiên các yếu tố cắt này ảnh hưởng đến năng suất ở các mức khác nhau.

Từ công thức quan hệ giữa vận tốc cắt và tuổi bền của dao:

$$v = \frac{C_v}{T^m . t^{x_v} . s^{y_v}} K_v$$

$$\text{Suy ra: } T^m = \frac{C_v}{v.t^{x_v} . s^{y_v}} K_v$$

Ta thấy vận tốc ảnh hưởng đến tuổi bền nhiều nhất, tiếp theo là s và cuối cùng là t ($1 > y_v > x_v$).

Do đó đứng về quan điểm tuổi bền của dao mà xét, nên chọn các yếu tố cắt lần lượt theo thứ tự từ t, đến s, rồi mới đến v.

Ví dụ để xác định chế độ cắt khi tiện cần phải biết vật liệu gia công, kích thước chi tiết gia công, các yêu cầu kỹ thuật và các số liệu động học, động lực học của máy.

Chế độ cắt thường được tiến hành theo trình tự sau đây:

1/ Chọn dụng cụ cắt

Vật liệu dao (phần cắt và phần thân) chọn phụ thuộc vào vật liệu gia công, đặc tính phôi, trạng thái bề mặt phôi và điều kiện cắt. Đồng thời ta chọn luôn tuổi bền của dao theo tiêu chuẩn.

Xác định thông số của hình học của dao phụ thuộc vào tính chất vật liệu gia công, dạng gia công (thô hay tinh) độ cứng vững của hệ thống công nghệ v.v...

2/ Chọn chiều sâu cắt

- Chọn t càng lớn càng tốt, tốt nhất là $t = h$ (lượng dư gia công) như vậy chỉ cần ăn dao một lần.

- Khi gia công thô chọn $t = h$

- Khi gia công bán tinh ($h > 2\text{mm}$) nên cắt hai lần:

Lần thứ nhất
$$t_1 = \left(\frac{2}{3} + \frac{3}{4} \right) h$$

Lần thứ hai
$$t_2 = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{3} \right) h$$

- Khi gia công tinh cần đạt độ bóng cao, có thể cắt 3, 4 lần. Chiều sâu cắt lần cuối tra trong sổ tay công nghệ chế tạo máy.

3/ Xác định lượng chạy dao S

a) Khi tiện thô phải chọn S thỏa mãn 3 điều kiện

- Sức bền thân dao.
- Sức bền của cơ cấu chạy dao.
- Độ cứng vững của chi tiết gia công.

Trình tự thực hiện như sau:

- Chọn $S_{\text{máy}}$ (trị số tra trong thuyết minh của máy thực hiện gia công) qua sổ tay “Chế độ cắt khi gia công cơ” hoặc sổ tay “Thiết kế công nghệ chế tạo máy – tập 1”.

- Tính vận tốc cắt V bằng công thức thực nghiệm:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{\text{máy}}^{y_v}} K_v \text{ (m / phut)}$$

- Kiểm tra 3 điều kiện trên:

+ *Đảm bảo sức bền thân dao*

Khi cắt do tác dụng của lực P_z , dao có thể gãy do uốn (hình 2.39). Để đảm bảo dao làm việc tốt: $M_u = P_z \cdot l \leq [M_u] = W[\sigma_u]$

$[\sigma_u]$ - Ứng suất uốn cho phép của vật liệu thân dao (N/mm^2).

W – Môđun chống uốn mm^3 .

Đối với dao có tiết diện thân là hình chữ nhật thì:

$$W = \frac{BH^2}{6} (\text{mm}^3)$$

B : Chiều rộng thân dao.

H : Chiều cao thân dao.

Đối với dao thân tròn:

$$W = \frac{\pi D^3}{32} (\text{mm}^3)$$

D : Đường kính thân dao.

Từ các công thức trên ta có: (trường hợp tiết diện thân là hình chữ nhật).

$$P_z \cdot l \leq [\sigma_u] \frac{BH^2}{6}$$

hay

$$C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S_{may}^{y_{P_z}} \cdot v^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l \leq \frac{BH^2}{6} [\sigma_u]$$

+ Đảm bảo sức bền cơ cấu chạy dao

Khi cắt, lực hướng trục có xu hướng chống lại sự chuyển động của dao. Nếu lực này quá lớn thì có thể làm hư hại phần truyền động của cơ cấu mang dao. Vì vậy phải chọn S hợp lý để cơ cấu an toàn.

Trong các thuyết minh máy thường cho lực hướng trục cho phép $[P_x]$. Muốn làm việc được:

$$P_x + f \cdot (P_z + P_y) \leq [P_x]$$

Trong đó : f - hệ số ma sát giữa bàn dao và sống trượt của máy (thường $f = 0,1$)

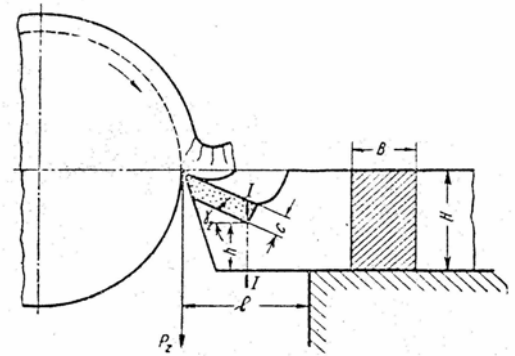
$$\text{Vì : } \frac{P_y}{P_z} \approx \frac{1}{2}, \frac{P_x}{P_z} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Nên: } [P_x] \geq 1,45 P_x = 1,45 C_{P_x} \cdot t^{x_{P_x}} \cdot S_{may}^{y_{P_x}} \cdot v^{n_{P_x}} \cdot K_{P_x}$$

+ Đảm bảo độ cứng vững của chi tiết gia công

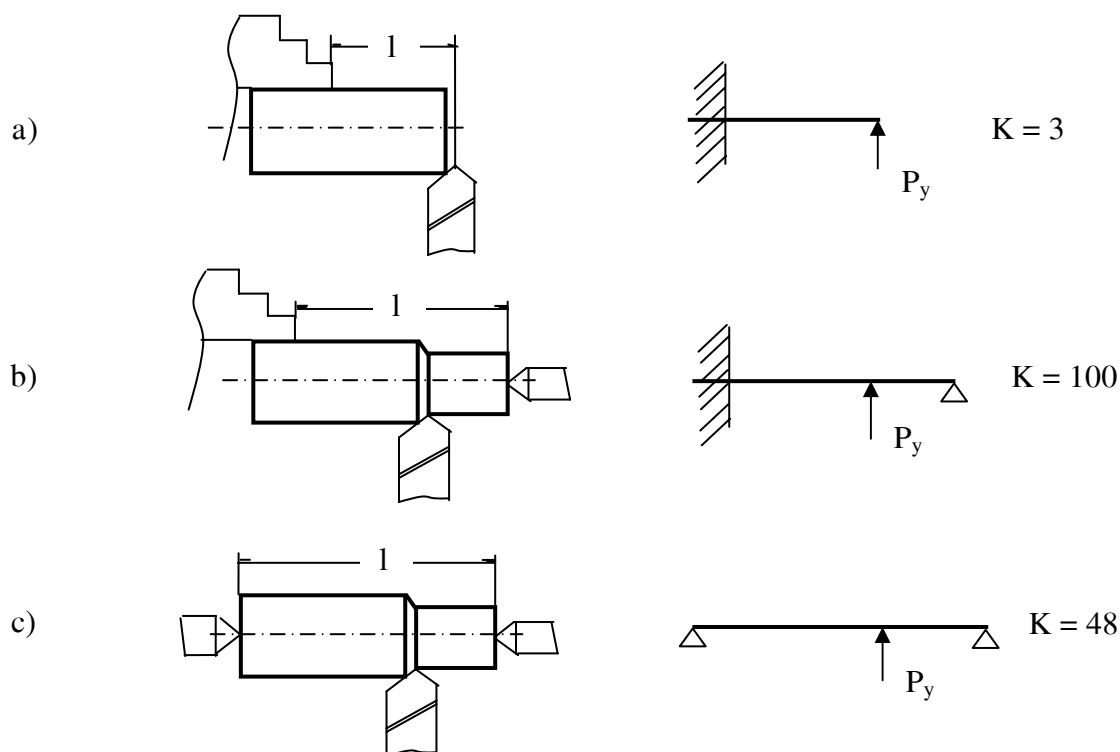
Khi tiện các chi tiết dài, đường kính bé do lực hướng kính mà chi tiết bị uốn cong. Tùy theo phương pháp kẹp chi tiết mà độ võng có thể lớn, nhỏ khác nhau. Do đó chi tiết được chế tạo sẽ không có dạng hình trụ như ta muốn mà có dạng hình tang trống.

Trong thực tế thường có 3 phương pháp kẹp như trên hình 2.40:



Hình 2.39

Sơ đồ lực tác dụng lên dao



Hình 2.40 Các phương pháp gá đặt trên máy tiện

Ba kiểu kẹp chi tiết tương ứng với 3 loại dầm như đã nghiên cứu ở giáo trình sức bền vật liệu. Độ võng f của dầm do lực P_y gây ra được tính theo công thức:

$$f = \frac{P_y \cdot l^3}{K \cdot E \cdot J}$$

Trong đó: l - Chiều dài chi tiết gia công (mm).

K - Hệ số phụ thuộc cách gá đặt (hình 2.40).

E - Môđun đàn hồi của vật liệu gia công.

J - Mômen quán tính của tiết diện chi tiết gia công (mm^4).

$$J = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0,05 D^4 (\text{mm}^4)$$

P_y - Lực hướng kính.

Điều kiện thỏa mãn khi gia công đạt độ chính xác yêu cầu của chi tiết: $f \leq [f]$

$$\frac{C_{py} \cdot t^{x_{py}} \cdot s^{y_{py}} \cdot v^{n_{py}} \cdot K_{py} \cdot l^3}{K \cdot E \cdot J} \leq [f]$$

Khi tiện thô độ võng cho phép $[f] = 0,2 \div 0,4 \text{ mm}$, còn khi tiện bán tinh $[f] = 0,1 \text{ mm}$ và khi tiện tinh $[f] = 0,02 \delta$; δ là dung sai kích thước gia công.

Thường lấy $[f] = 0,25 \delta_i$ (δ_i là dung sai của kích thước ở bước đang thực hiện).

b) Khi gia công tinh lượng chạy dao bị hạn chế bởi độ nhám bề mặt. Trường hợp bán kính mũi dao $r \neq 0$ ta có quan hệ:

$$H = \frac{S^2}{8r}$$

H: chiều cao nhấp nhô bề mặt lớn nhất cho phép.

S: lượng chạy dao.

r: bán kính mũi dao.

Từ đây ta có thể tính được lượng chạy dao khi gia công tinh:

$$S^2 = H.8r$$

3/ Tính số vòng quay và vận tốc cắt thực

Số vòng quay của trục chính được tính như sau: $n = \frac{1000.V}{\pi.D}$ (vòng / phút)

Số vòng quay n tính được cần so sánh với số vòng quay có thực trong máy, có thể gặp trường hợp :

$$n_{1\text{máy}} < n < n_{2\text{máy}}$$

Trong đó $n_{1\text{máy}}$ và $n_{2\text{máy}}$ là hai tốc độ có ở trên máy gia công, kế sát phía dưới và phía trên của n.

Nếu n có trị số sát với $n_{2\text{máy}}$, thì ta chọn $n_{2\text{máy}}$ nhưng phải giảm lượng chạy dao đi một cấp: $S_{\text{máy}-1}$.

Nếu n có trị số sát với $n_{1\text{máy}}$, thì chọn $n_{1\text{máy}}$ và giữ nguyên $S_{\text{máy}}$ đã chọn.

So sánh hai tích: $(n_{1\text{máy}} . S_{\text{máy}})$ và $(n_{2\text{máy}} . S_{\text{máy}-1})$, tích nào lớn hơn thì chọn phương án có số vòng quay và lượng chạy dao đó vì như vậy thời gian gia công cơ bản T_0 sẽ nhỏ nhất.

4/ Kiểm nghiệm động lực của máy

- Muốn cắt được thì: $N_c \leq N_{dc} . \eta$

Hay:
$$\frac{P_z . V}{60.102} \leq N_{nc} . \eta$$

- Mômen xoắn của trục chính $[M_x]$ đã cho trong thuyết minh máy nên:

$$P_z \frac{D}{2} \leq [M_x] \quad \text{Trong đó: } D - \text{đường kính chi tiết gia công.}$$

5/ Thời gian gia công cơ bản

Là thời gian trực tiếp làm thay đổi hình dáng, kích thước và tính chất cơ lý của chi tiết gia công. Thời gian có thể thực hiện trên máy công cụ, nhưng cũng có thể thực hiện trên bàn nguội hoặc trong lò nhiệt luyện.

Thời gian gia công cơ bản trên máy tiện được tính như sau:

$$T_0 = \frac{L.h}{n.S.t} (\text{phút})$$