

Chương I: THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA DỤNG CỤ CẮT VÀ LỚP CẮT

1.1. Những khái niệm và định nghĩa cơ bản

1.1.1. Khái niệm về quá trình cắt

1.1.2. Các chuyển động cắt

Có nhiều kiểu gia công bằng cắt khác nhau như tiện, bào, phay, khoan, mài, chuốt... Các kiểu gia công đó có quan hệ chuyển động giữa dao và phôi khác nhau, thực hiện trên các máy khác nhau và sử dụng các loại dụng cụ cắt (DCC) có kết cấu khác nhau. Tuy vậy, bất kỳ kiểu gia công bằng cắt nào cũng bao gồm ba loại chuyển động. Đó là chuyển động cắt chính, chuyển động chạy dao và chuyển động phụ.

a) Chuyển động cắt chính

Chuyển động cắt chính là chuyển động cơ bản để tạo ra phôi. Chuyển động cắt chính có thể là chuyển động quay tròn hoặc tịnh tiến của phôi hoặc của DCC. Nó tiêu thụ công suất lớn nhất trong quá trình cắt.

Ví dụ: Chuyển động cắt chính khi tiện là chuyển động quay tròn do phôi thực hiện; khi phay là chuyển động quay tròn do dao thực hiện; khi bào, xọc là chuyển động tịnh tiến khứ hồi do dao thực hiện.

b) Chuyển động chạy dao

Chuyển động chạy dao là chuyển động cần thiết để duy trì quá trình cắt.

Chuyển động chạy dao có thể xảy ra liên tục hoặc gián đoạn. Ví dụ: ở quá trình tiện, phay, khoan... chuyển động chạy dao xảy ra liên tục, còn ở quá trình bào, xọc, chuyển động chạy dao xảy ra gián đoạn.

Ví dụ: Chuyển động chạy dao khi tiện là chuyển động tịnh tiến của dao; khi phay là chuyển động tịnh tiến của bàn máy, khi khoan là chuyển động tịnh tiến của mũi khoan; khi bào là chuyển động tịnh tiến không liên tục của phôi; ...

Chuyển động cắt chính và chuyển động chạy dao có thể xảy ra đồng thời như tiện, phay, khoan... hoặc không đồng thời như bào, xọc. Nếu tổng hợp chuyển động cắt chính và chuyển động chạy dao sẽ được quỹ đạo chuyển động cắt tương đối giữa một điểm trên LC của dao so với phôi. Ví dụ: Khi tiện ngoài (thực hiện chạy dao dọc) hoặc khi khoan, quỹ đạo chuyển động cắt tương đối giữa một điểm trên LC của dao so với phôi là đường xoắn vít. Khi tiện xén mặt đầu hoặc cắt đứt (thực hiện chạy dao ngang) - là đường xoắn Ac-simét. Khi phay - là đường Xi-clôit. Khi bào hoặc xọc – là đường thẳng.

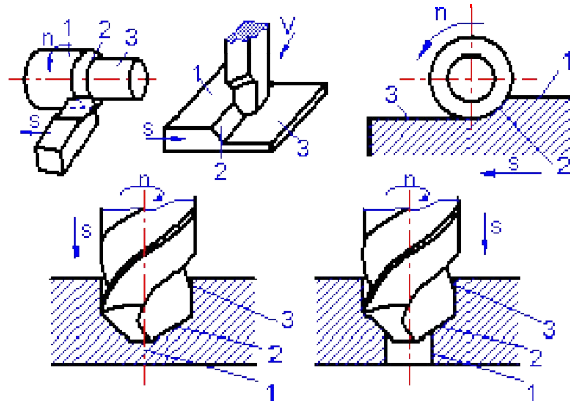
c) Chuyển động phụ

Chuyển động phụ là chuyển động cần thiết để chuẩn bị hoặc kết thúc quá trình cắt. Ví dụ như chuyển động đưa dao vào hoặc rút dao ra, chuyển động để điều chỉnh máy trước khi cắt...

Ví dụ: Chuyển động điều chỉnh dao chạm vào chi tiết trước khi gia công, chuyển động rút dao ra khỏi vị trí gia công khi kết thúc quá trình cắt,

1.1.3. Các bề mặt hình thành trên phôi

Trong quá trình cắt, trên phôi hình thành ba loại bề mặt: Bề mặt đã gia công, bề mặt chưa gia công và bề mặt đang gia công.



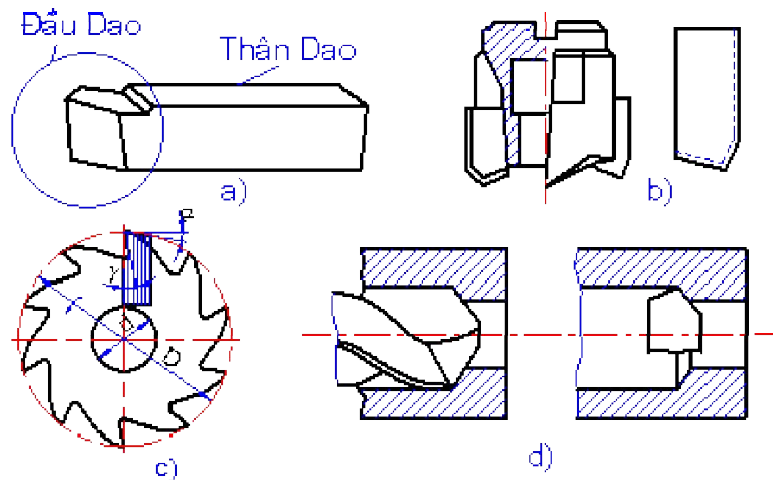
Hình 1-1: Các bề mặt hình thành trên phôi.

1) Mặt chưa g/c; 2) Mặt đang g/c; 3) Mặt đã g/c.

- a) Bề mặt đã gia công: là bề mặt được hình thành sau khi đã cắt đi một lớp kim loại.
- b) Bề mặt chưa gia công: Bề mặt chưa gia công là bề mặt của phôi chuẩn bị được cắt đi một lớp kim loại.
- c) Bề mặt đang gia công: Bề mặt đang gia công là bề mặt nối tiếp giữa bề mặt đã gia công với bề mặt chưa gia công. Trong quá trình cắt, bề mặt đang gia công được hình thành liên tục và luôn tiếp xúc với lưỡi cắt (LC) chính của dao.

Tập hợp quỹ đạo gia công cắt tương đối của các điểm trên đoạn LC tham gia cắt so với phôi sẽ hình thành nên bề mặt đang gia công. Ví dụ: Khi tiện ngoài, quỹ đạo gia công cắt tương đối giữa một điểm trên LC của dao so với phôi là đường xoắn vít. Tập hợp các quỹ đạo này sẽ hình thành nên bề mặt đang gia công là mặt xoắn vít.

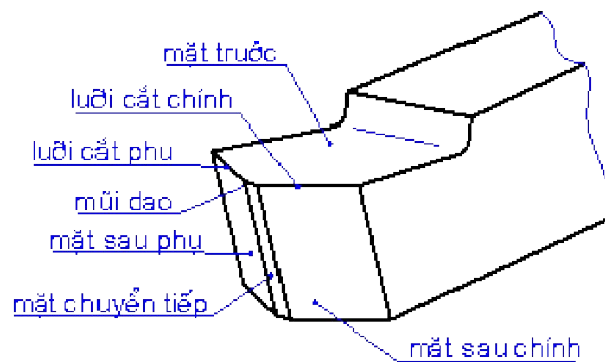
1.1.4. Các bề mặt hình thành trên phần cắt của dao



Hình 1-2: Quan hệ kết cấu phần cắt giữa dao phay trụ, dao phay mặt đầu, mũi khoan với dao tiện ngoài.

Hiện nay có rất nhiều loại DCC. Chúng có hình dáng kết cấu khác nhau. Nhưng nói chung, kết cấu phần cắt của chúng đều được hình thành theo những qui luật chung. Có thể nói: Bất kỳ loại DCC có kết cấu phức tạp đến mức độ nào, phần cắt của chúng cũng đều có kết cấu cơ bản giống như của dao tiện ngoài. Trên hình 1-2 cho thấy: Dao phay trụ, dao phay mặt đầu, mũi khoan có kết cấu hoàn toàn khác nhau. Nhưng mỗi răng cắt của chúng đều được coi như một dao tiện ngoài. Chính vì vậy dao tiện ngoài được lấy làm cơ sở để nghiên cứu những qui luật cơ bản về phần cắt của dao.

Phần cắt của dao được hình thành bởi mặt trước, mặt sau chính và mặt sau phụ.



Hình 1- 3: Các bộ phận của dao tiện ngoài.

a) Mặt trước: Là bề mặt của dao tiếp xúc với phoi. Trong quá trình cắt, phoi được hình thành, trượt trên mặt trước và thoát ra ngoài.

b) Mặt sau chính: Là bề mặt của dao đối diện với mặt đang gia công.

c) Mặt sau phụ: Là bề mặt của dao đối diện với mặt đã gia công.

Các bề mặt hình thành nên phần cắt của dao thường là mặt phẳng, cũng có khi là mặt cong. Giao tuyến giữa chúng hình thành nên LC.

d) Mặt chuyển tiếp: Là bề mặt nối tiếp giữa mặt sau chính và mặt sau phụ. Mặt chuyển tiếp có thể là đường thẳng hoặc mặt cong.

e) LC chính: Là giao tuyến của mặt trước với mặt sau chính. LC chính tham gia cắt chủ yếu trong quá trình cắt.

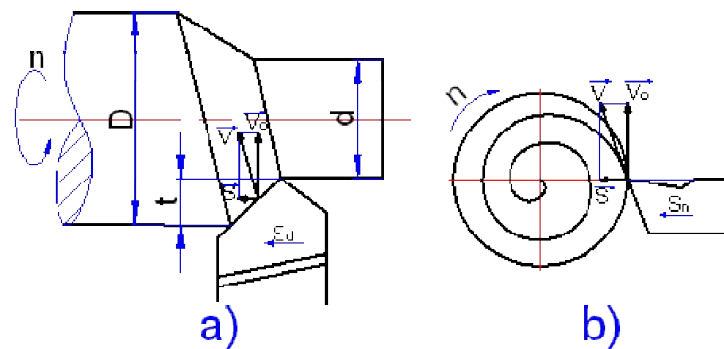
f) LC phụ: Là giao tuyến của mặt trước với mặt sau phụ. Trong quá trình cắt, chỉ một phần nhỏ của LC phụ tham gia cắt.

g) Mũi dao: Là phần nối tiếp giữa LC chính và LC phụ. Mũi dao có thể là một điểm, một đoạn thẳng hoặc một cung tròn với bán kính $r = 0,1 \div 2\text{mm}$.

Tùy theo dạng các bề mặt tạo ra chúng mà LC có thể thẳng hoặc cong. DCC có thể có một hoặc nhiều LC phụ. Ví dụ như dao tiện ngoài có một LC phụ, còn dao tiện cắt đứt có hai LC phụ.

1.1.5. Các yếu tố của chế độ cắt

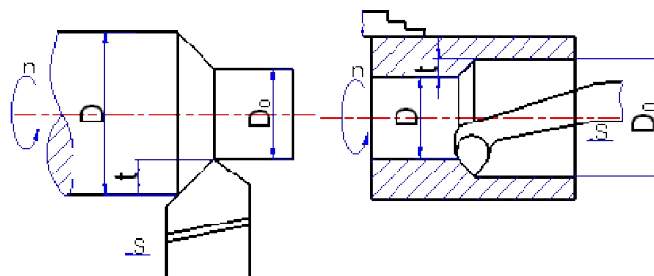
Chuyển động cắt có ba thông số cơ bản là chiều sâu cắt, lượng chạy dao và tốc độ cắt.



Hình 1-4: Các yếu tố của chuyển động cắt

a) tiện với chuyển động chạy dao dọc; b) tiện với chuyển động chạy dao ngang

a) Chiều sâu cắt t:



Hình 1.5: Chiều sâu cắt khi tiện trong và tiện ngoài

Chiều sâu cắt t là khoảng cách giữa bề mặt chưa gia công với bề mặt đã gia công đo theo phương vuông góc với bề mặt đã gia công sau một lần cắt. Phương đo chiều sâu cắt bao giờ cũng vuông góc với phương chuyển động chạy dao.

Ký hiệu: t [mm]

Khi tiện ngoài:

$$t = \frac{D - D_0}{2}$$

Khi tiện lỗ:

$$t = \frac{D_0 - D}{2}$$

Trong đó:

D - đường kính phôi, mm.

D₀ - đường kính chi tiết sau một lần cắt, mm.

b) Lượng chạy dao (tốc độ chạy dao)

Lượng chạy dao là lượng dịch chuyển của một điểm trên LC theo phương chuyển động chạy dao trong một đơn vị quy ước.

Đơn vị quy ước có thể là đơn vị thời gian, vòng quay hoặc hành trình kép. Ví dụ: Khi tiện, lượng chạy dao là lượng dịch chuyển của một điểm trên LC theo phương chuyển động chạy dao sau một vòng quay của phôi. Ký hiệu: S_v [mm/vg]. Khi bào hoặc xọc, lượng chạy dao là lượng dịch chuyển của một điểm trên phôi theo phương chuyển động chạy dao sau một hành trình kép của dao. Ký hiệu: S [mm/hk].

Lượng chạy dao được phân loại theo phương chuyển động chạy dao và đơn vị đo:

- Lượng chạy dao dọc: là lượng chạy dao đo theo phương chuyển động chạy dao dọc tức là phương song song với trục của phôi.

- Lượng chạy dao ngang: Là lượng chạy dao đo theo phương chuyển động chạy dao ngang tức là phương vuông góc với trục của phôi.

- Lượng chạy dao nghiêng: Là lượng chạy dao đo theo phương chuyển động chạy dao nghiêng tức là phương làm với trục phôi một góc nào đó.

- Lượng chạy dao vòng: Là lượng chạy dao đo sau một vòng quay của phôi hoặc của dao. Ký hiệu: S_v [mm/vg].

- Lượng chạy dao phút: Là lượng chạy dao đo sau một phút. Ký hiệu: S_{ph} [mm/ph].

- Lượng chạy dao răng: là lượng chạy dao đo sau khi dao quay được một góc bằng góc giữa hai răng. Ký hiệu: S_z [mm/răng].

Quan hệ giữa chúng được biểu diễn theo biểu thức:

$$S_{ph} = S_v \cdot n = S_z \cdot Z \cdot n$$

Trong đó: n - Số vòng quay trong một phút của phôi hoặc dao.

z - Số răng

c) Tốc độ cắt

Tốc độ cắt là lượng dịch chuyển tương đối giữa một điểm trên LC của dao so với phôi đo theo phương chuyển động cắt tương đối trong một đơn vị thời gian. Ký hiệu: V_o [mm/ph].

Tốc độ cắt tại một điểm trên LC được biểu diễn bởi một vector có gốc trùng với điểm đang xét, phương tiếp tuyến với quỹ đạo chuyển động cắt tương đối của điểm đó so với phôi, chiều ngược với chiều quay của phôi và có trị số bằng tổng hình học của tốc độ chuyển động cắt chính V và tốc độ chạy dao S .

$$\vec{V} = \vec{V}_o + \vec{S}$$

Thực tế cho thấy hầu hết các quá trình cắt, trị số tốc độ chạy dao S thường rất nhỏ so với tốc độ chuyển động cắt chính V . Do đó, tốc độ cắt V_o và tốc độ cắt chính V có trị số xấp xỉ bằng nhau. Vì vậy, để đơn giản cho việc tính toán, trị số tốc độ chuyển động cắt chính tại một điểm trên LC được coi là trị số tốc độ cắt tại điểm đó. Do vậy, khi tiện, tốc độ cắt tại điểm A nào đó trên LC được tính theo công thức:

$$\vec{V} = \vec{V}_o$$

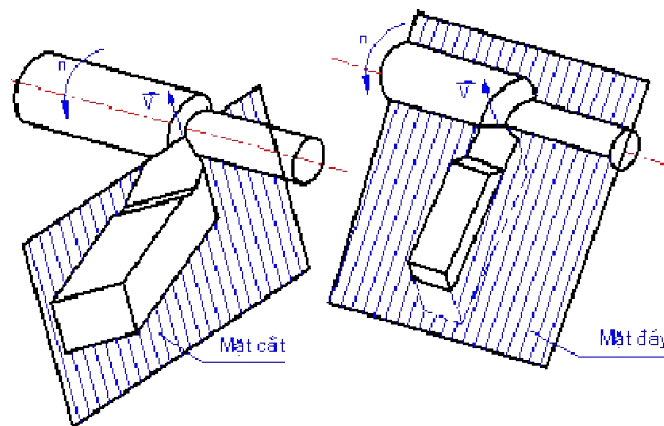
Khi tiện ngoài, tốc độ cắt thay đổi theo quy luật giảm dần ứng với các điểm càng gần mũi dao. Khi tiện cắt đứt hoặc xén mặt đầu, tốc độ cắt giảm dần khi mũi dao tiến gần tới tâm phôi... Vì vậy, trị số tốc độ cắt được qui ước tính trong điều kiện làm việc nặng nề nhất tức là tính ứng với đường kính lớn nhất của phôi khi gia công bề mặt ngoài hoặc đường kính lớn nhất của chi tiết khi gia công bề mặt trong. Ví dụ khi tiện ngoài, tiện cắt đứt, xén mặt đầu thì tính theo đường kính của bề mặt chưa gia công. Khi tiện lỗ thì tính theo đường kính của bề mặt đã gia công.

Do đó, tốc độ cắt khi tiện được tính theo công thức:

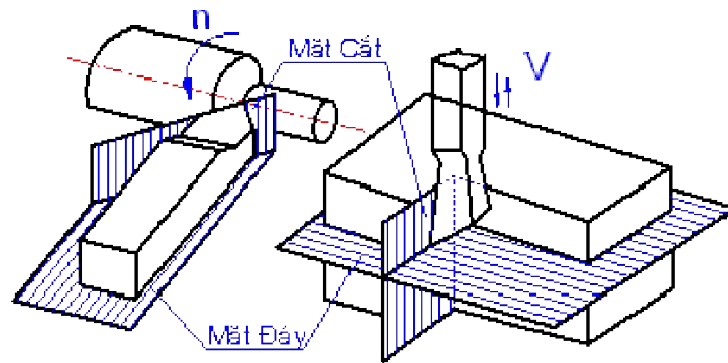
$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [m / p]$$

1.1.6. Các mặt toạ độ

Các mặt toạ độ được hình thành theo quy ước, nhằm xác định chính xác và thống nhất các góc trên phần cắt của dao. Chúng bao gồm: Mặt cắt, mặt đáy, tiết diện chính và tiết diện phụ.



Hình 1.6: Mặt cắt và mặt đáy.



Hình 1.7: Mặt cắt và mặt đáy xét trong trạng thái tĩnh.

a) Mặt cắt

Mặt cắt tại một điểm trên LC chính là mặt phẳng được hình thành bởi vectơ tốc độ cắt và tiếp tuyến của LC chính tại điểm đó.

Với dao có LC thẳng, mặt cắt chứa luôn lưỡi cắt và không thay đổi ứng với mọi điểm trên LC. Với dao có LC cong, mặt cắt thay đổi phụ thuộc vào điểm khảo sát trên LC.

b) Mặt đáy

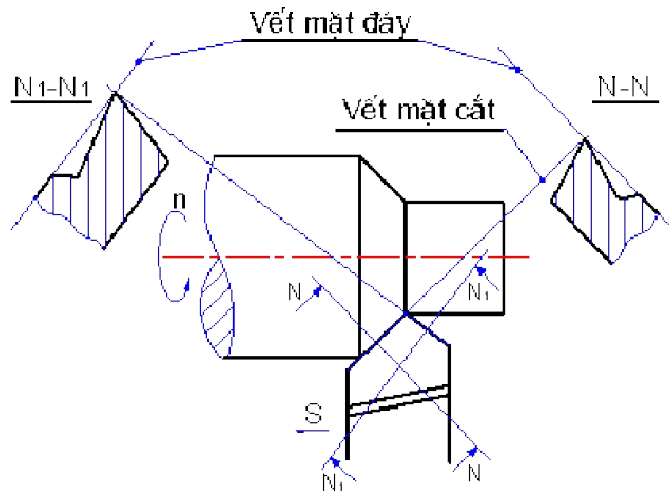
Mặt đáy tại một điểm trên LC chính là mặt phẳng vuông góc với vectơ tốc độ cắt tại điểm đó.

Tại một điểm trên LC chính, mặt cắt và mặt đáy vuông góc với nhau.

Để đơn giản cho việc xác định góc và đo góc, mặt khác đa số các quá trình cắt, lượng chạy dao thường rất nhỏ so với tốc độ cắt chính, nên có thể bỏ qua vectơ tốc độ chạy dao. Khi đó, dao được xem như một vật thể hình học đứng yên. Thông số hình học của dao xét trong điều kiện đó được gọi là xét ở trạng thái tĩnh. Ở trạng thái tĩnh do vectơ tốc độ cắt V_c trùng với vectơ tốc độ chuyển động cắt chính V nên mặt cắt chứa vectơ tốc độ chuyển động cắt chính V , còn mặt đáy vuông góc với V . Vì vậy, ứng với dao tiện có thân dao hình lăng trụ, mặt đáy sẽ song song với mặt tỳ của thân dao. Với dao xọc có thân dao hình lăng trụ, mặt đáy sẽ vuông góc với mặt tỳ của thân dao. Còn mặt cắt của chúng là mặt phẳng thẳng đứng chứa LC (ứng với LC thẳng).

c) Tiết diện chính

TD chính tại một điểm trên LC chính là mặt phẳng đi qua điểm đó và vuông góc với hình chiếu của LC chính trên mặt đáy. Ký hiệu: N-N



Hình 1.8: TD chính N-N và TD phụ N_1-N_1

d) Tiết diện phụ

TD phụ tại một điểm trên LC phụ là mặt phẳng đi qua điểm đó và vuông góc với hình chiếu của LC phụ trên mặt đáy. Ký hiệu: $N_1 - N_1$

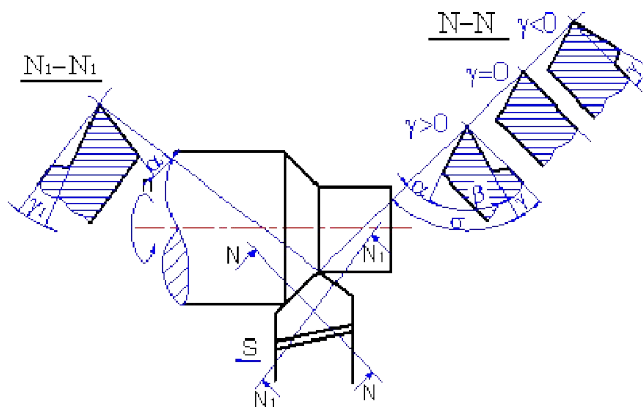
TD chính và TD phụ là các mặt quy ước để thống nhất trong việc xác định góc của dao. Hình 1-8 biểu diễn TD chính, TD phụ, vết mặt cắt và vết mặt đáy xét trong trạng thái tĩnh.

1.2. Thông số hình học phần cắt xét trong trạng thái tĩnh

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu các thông số hình học của dụng cụ, thuận tiện cho việc mài sắc lại dao, đồng thời để dễ dàng cho việc đo, kiểm tra và gá lắp khi mài, ta phải xét đến thông số hình học của dao trong trạng thái tĩnh. Trạng thái tĩnh là trạng thái:

- Dao được xét như một vật thể hình học đứng yên, các chuyển động chạy dao với lượng chạy dao bằng không.
- Dao không chịu ảnh hưởng của các hiện tượng vật lý.
- Dao được gá đúng (mũi dao gá ngang tâm chi tiết, trục dao thẳng góc với đường tâm chi tiết).

1.2.1. Xác định trong tiết diện chính và phụ



Hình 1.9: Các góc của dao tiện xét trong TD chính và phụ

Thông số hình học phần cắt của DCC xét trong TD chính và phụ gồm:

* Góc trước γ : tại một điểm trên LC chính là góc hợp bởi mặt trước (nếu mặt trước phẳng) hoặc tiếp tuyến với mặt trước (nếu mặt trước cong) và mặt đáy đi qua điểm đó, xét trong TD chính đi qua điểm ấy. Giá trị của góc trước γ được quy ước như sau:

+ $\gamma > 0$: khi mặt trước của dao nằm thấp hơn mặt đáy đi qua điểm đang xét.

+ $\gamma < 0$: khi mặt trước của dao nằm cao hơn mặt đáy đi qua điểm đang xét.

+ $\gamma = 0$: khi mặt trước của dao trùng với mặt đáy.

Góc trước γ có thể âm, dương hoặc bằng không. Tùy từng điều kiện cắt (gia công tinh hay thô, cắt có va đập hoặc không), tùy từng loại vật liệu gia công cụ thể mà chọn giá trị của γ cho hợp lý. Góc trước với giá trị dương thường được sử dụng.

* Góc sau chính α : tại một điểm trên LC chính là góc hợp bởi mặt sau chính (nếu mặt sau phẳng) hoặc tiếp tuyến với mặt sau chính (nếu mặt sau là cong) và mặt cắt đi qua điểm đó, xét trong TD chính đi qua điểm đó (tại điểm đó).

Góc sau làm giảm ma sát giữa bề mặt sau của dao và bề mặt đang và đã gia công của phôi.

* Góc trước phụ γ_1 : tại một điểm trên LC phụ là góc hợp bởi mặt đáy tại điểm đó và mặt trước (nếu mặt trước phẳng) hoặc tiếp tuyến với mặt trước tại điểm đó (nếu mặt trước cong), xét trong TD phụ đi qua điểm ấy.

* Góc sau phụ α_1 : tại một điểm trên LC phụ là góc tạo bởi mặt sau phụ và mặt phẳng đi qua điểm đang xét, tiếp tuyến với LC phụ tại điểm đó và vuông góc với mặt đáy tại điểm đó, xét trong TD phụ đi qua điểm ấy.

* Góc sắc β : xét trong TD chính tại một điểm trên LC chính là góc hợp bởi mặt trước và mặt sau chính xét trong tiết diện chính tại điểm đó.

Trị số của góc sắc β đặc trưng cho độ sắc của lưỡi dao, nó ảnh hưởng tới khả năng cắt của dụng cụ. Góc sắc β càng lớn thì mũi dao càng bền, càng khoẻ nhưng điều kiện cắt nặng nề, lực cắt và nhiệt cắt lớn.

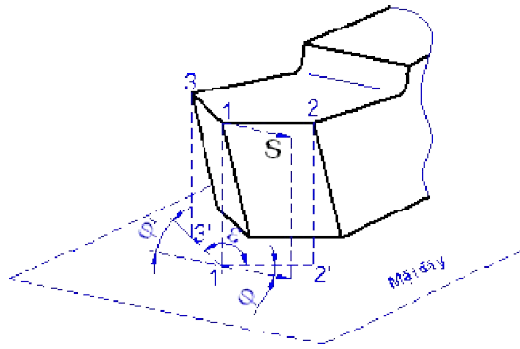
* Góc cắt δ : tại một điểm trên LC chính là góc tạo bởi mặt trước và mặt cắt đi qua điểm đó, xét trong TD chính đi qua điểm đó.

Theo định nghĩa có các quan hệ sau:

$$\gamma + \alpha + \beta = 90^0$$

$$\gamma + \delta = 90^0$$

$$\alpha + \beta = \delta$$



Hình 1.10: Các góc φ , φ_1 , ε , của dao tiện ngoài

* Góc nghiêng chính φ : Góc nghiêng chính tại một điểm trên lưỡi cắt chính là góc tạo bởi hình chiếu của LC chính trên mặt đáy và phương chạy dao.

* Góc nghiêng phụ φ_1 : Góc nghiêng phụ tại một điểm trên lưỡi cắt phụ là góc tạo bởi phương chạy dao và hình chiếu của LC phụ trên mặt đáy.

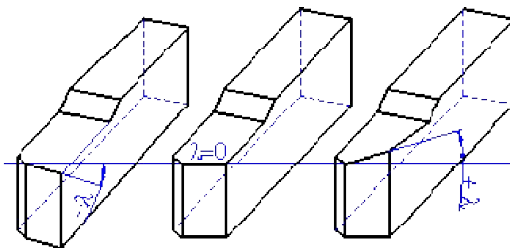
Góc nghiêng phụ φ_1 ảnh hưởng tới độ nhám bề mặt gia công, tuổi bền của đỉnh dao và tuổi bền của dụng cụ.

* Góc mũi dao ε : Góc mũi dao là góc tạo bởi hình chiếu của LC chính và LC phụ trên mặt đáy.

Ta có quan hệ: $\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ$ (hình 1.10).

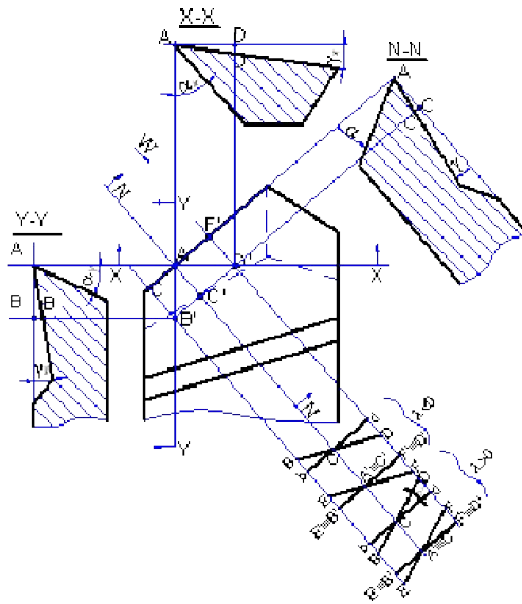
* Góc nâng của LC chính λ : Góc nâng tại một điểm trên LC chính là góc hợp bởi LC chính và hình chiếu của nó trên mặt đáy đi qua điểm ấy, xét trong mặt phẳng thẳng góc với mặt đáy tại điểm đó.

Góc λ được quy ước là dương ($\lambda > 0$) nếu mũi dao là điểm thấp nhất (so với mặt đáy đi qua mũi dao) trên toàn bộ LC chính, và ngược lại λ quy ước là âm ($\lambda < 0$) nếu mũi dao là điểm cao nhất (so với mặt đáy đi qua mũi dao) trên toàn bộ LC chính, góc λ bằng không ($\lambda = 0$) khi LC chính song song với mặt đáy (mặt đáy chứa lưỡi cắt chính).



Hình 1.11: Góc nâng của lưỡi cắt chính

1.2.2. Xác định trong tiết diện dọc (Y-Y) và ngang (X-X)



Hình 1.12: Sơ đồ tính mối quan hệ giữa góc trước ở ba TD chính, dọc và ngang

Khi nghiên cứu quá trình cắt, xác định và kiểm tra các góc của dao đều xét ở TD chính và TD phụ. Với dao định hình hay dao có LC cong, phương của TD chính và TD phụ thay đổi theo điểm nghiên cứu trên LC. Mặt khác, khi mài dao, trên một số máy mài chỉ cho phép gá và quay dao theo ba phương XYZ của hệ tọa độ Đêcác mà không thể quay theo các phương bất kỳ. Vì vậy, cần phải nghiên cứu các góc của dao ở tiết diện ngang XX (tiết diện song song với phương chạy dao dọc) và ở tiết diện dọc YY (tiết diện song song với phương chạy dao ngang).

Trên hình 1-12 tại TD chính NN có góc α, γ tại tiết diện ngang XX có góc α_x, γ_x ; tại tiết diện dọc YY có góc α_y, γ_y . Giữa chúng có mối quan hệ toán học với nhau. Khi mài dao, muốn đạt được các trị số $\alpha, \gamma, \lambda, \varphi$ cho trước ở TD chính, chỉ việc xoay bàn dao theo các góc α_x, α_y hoặc g_x, g_y tương ứng với các phương của tiết diện XX hoặc YY để mặt sau hoặc mặt trước song song với mặt phẳng mài. Sau đó tiến hành mài.

Trên hình 1.12 tại một điểm A bất kỳ trên LC chính, xét ba tiết diện NN, XX và YY. Trên mặt trước vẽ đường thẳng BCD song song với LC EAF và thấp hơn một lượng CC' theo phương thẳng đứng. B'C'D' là hình chiếu của BCD trên mặt đáy tại điểm A.

* Trường hợp $\square < 0$:

- Điểm B thấp hơn điểm C một lượng Bb. Mặt khác, điểm C thấp hơn điểm A một lượng CC'. Vậy điểm B thấp hơn điểm A một lượng:

$$BB' = CC' + Bb$$

$$CC' = AC' \cdot \text{tg} \square$$

$$Bb = Cb \cdot \text{tg} \square = B'C' \cdot \text{tg} \square$$

$$\text{Vậy: } \operatorname{tg} \gamma_y = \frac{BB'}{AB'} = \frac{AC'}{AB'} \operatorname{tg} \gamma + \frac{B'C'}{AB'} \operatorname{tg} \lambda$$

$$\operatorname{tg} \alpha_y = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi$$

- Điểm D cao hơn điểm C một lượng Dd. Mặt khác điểm C thấp hơn điểm A một lượng CC'. Vậy điểm D thấp hơn điểm A một lượng:

$$DD' = CC' - Dd$$

$$\text{Trong đó: } Dd = Cd. \operatorname{tg} \alpha = C'D' \cdot \operatorname{tg} \lambda$$

$$\text{Vậy } \operatorname{tg} \gamma_x = \frac{DD'}{AD'} = \frac{AC'}{AD'} \operatorname{tg} \gamma - \frac{C'D'}{AD'} \operatorname{tg} \lambda$$

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi - \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi$$

* Trường hợp $\varphi > 0$:

- Điểm B cao hơn điểm C một lượng Bb. Mặt khác điểm C thấp hơn điểm A một lượng CC'. Vậy điểm B thấp hơn điểm A một lượng:

$$BB' = CC' - Bb$$

$$\text{Do đó: } \operatorname{tg} \alpha_y = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi - \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi$$

- Điểm D thấp hơn điểm C một lượng Dd. Mặt khác, điểm C thấp hơn điểm A một lượng CC'. Vậy điểm D thấp hơn điểm A một lượng:

$$DD' = CC' + Dd$$

$$\text{Do đó: } \operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi$$

Tổng quát: Dấu trên ứng với $\varphi < 0$. Dấu dưới ứng với $\varphi > 0$.

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi \mp \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varphi$$

$$\operatorname{tg} \gamma_y = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi \mp \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi$$

$$\text{Với } \varphi = 0 \text{ ta có: } \operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi \quad \operatorname{tg} \alpha_y = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi$$

Chứng minh tương tự như trên, xác định được biểu thức:

$$\cot g \alpha_x = \cot g \alpha \cdot \sin \varphi \mp \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varphi$$

$$\cot g \alpha_y = \cot g \alpha \cdot \cos \varphi \mp \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi$$

Dấu trên ứng với $\varphi < 0$, dấu dưới ứng với $\varphi > 0$.

Với $\varphi = 0$ ta có:

$$\cot g \alpha_x = \cot g \alpha \cdot \sin \varphi$$

$$\cot g \alpha_y = \cot g \alpha \cdot \cos \varphi$$

1.3. Thông số hình học phần cắt của dụng cụ khi làm việc (Thông số hình học của dao xét trong quá trình cắt)

Ở phần trên, ta đã xét thông số hình học của dao trong trạng thái tĩnh. Trong quá trình cắt, trị số của chúng thay đổi vì nhiều nguyên nhân:

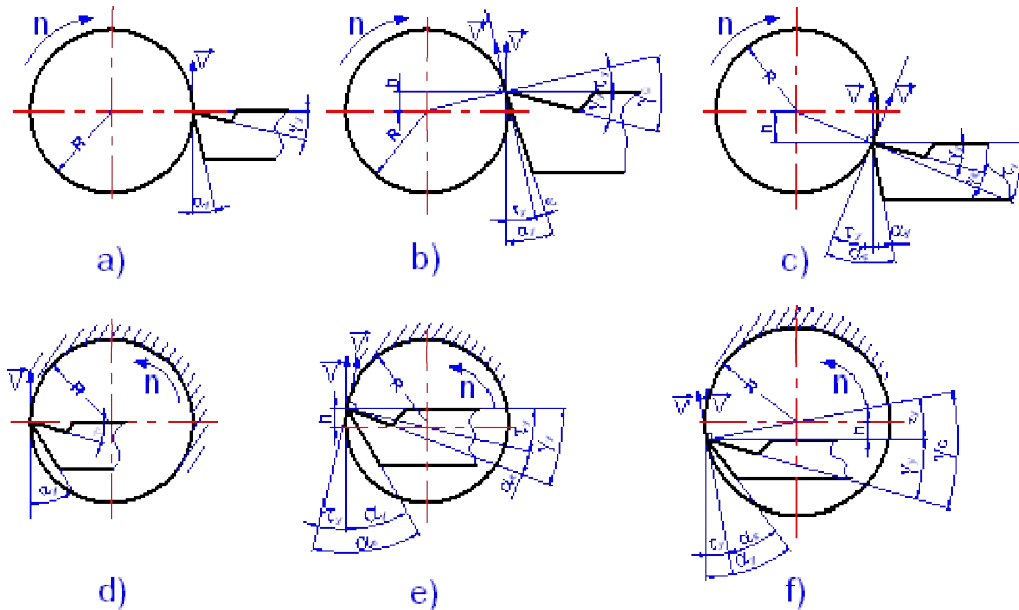
- Do gá dao không đúng: Mũi dao không ngang tâm máy, thân dao không vuông góc với đường tâm máy.

- Do ảnh hưởng của các chuyển động chạy dao (dọc và ngang).

Ngoài ra còn nhiều nguyên nhân khác như độ mòn của mặt trước, mặt sau, hiện tượng biến dạng, hiện tượng lẹo dao ... cũng làm thay đổi phần nào trị số các góc của dao

1.3.1. Ảnh hưởng của việc gá dao

Ảnh hưởng của mũi dao gá không ngang tâm



Hình 1-13: Sự thay đổi góc α_c do gá dao không ngang tâm xét ở tiết diện dọc

a) tiện ngoài gá mũi dao ngang tâm; b) tiện ngoài gá mũi dao cao hơn tâm; c) tiện ngoài gá mũi dao thấp hơn tâm; d) tiện trong gá mũi dao ngang tâm; e) tiện trong gá mũi dao cao hơn tâm; f) tiện trong gá mũi dao thấp hơn tâm

Khi mũi dao gá không ngang tâm, góc trước và góc sau xét trong tiết diện dọc YY đều thay đổi một lượng τ_y và được thể hiện ở biểu thức:

$$\alpha_c = \alpha_y \pm \tau_y$$

$$\alpha_c = \alpha_y \mp \tau_y$$

Dấu trên ứng với trường hợp tiện ngoài mũi dao cao hơn tâm hoặc tiện lỗ mũi dao thấp hơn tâm. Dấu dưới ứng với trường hợp tiện ngoài mũi dao thấp hơn tâm hoặc tiện lỗ mũi dao cao hơn tâm.

Lượng thay đổi τ_y xét trong tiết diện dọc YY được xác định theo biểu thức:

$$\sin \tau_y = \frac{h}{R}$$

$$\text{Hoặc: } \operatorname{tg} \tau_y = \frac{h}{\sqrt{R^2 - h^2}}$$

Khi tiện cắt đứt, tiết diện dọc YY trùng với TD chính NN. Khi tiện ngoài, hai tiết diện này không trùng nhau.

Tại TD chính NN cũng có mối quan hệ sau:

$$\alpha_c = \alpha \mp \tau$$

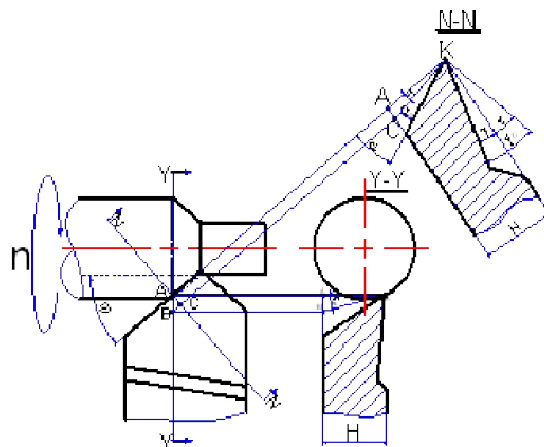
$$\alpha_c = \alpha \mp \tau$$

Ta có:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{AC}{H} = \frac{AB \cdot \cos \varphi}{H} = \operatorname{tg} \tau_y \cdot \cos \varphi$$

Vậy

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{h}{\sqrt{R^2 - h^2}} \cdot \cos \varphi$$



Hình 1.14: Sự thay đổi góc α , τ xét ở TD chính khi gá dao cao hơn tâm

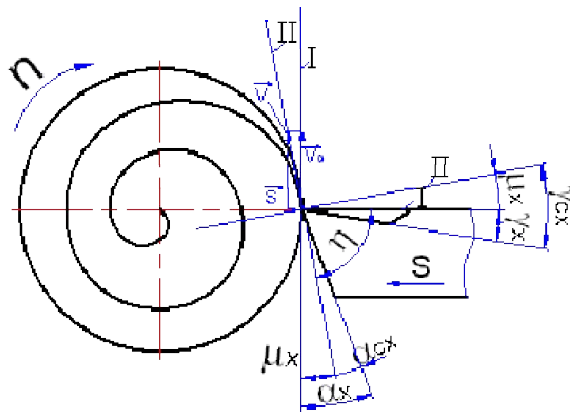
Trong điều kiện sản xuất nhỏ khi tiện thô nên gá mũi dao cao hơn tâm phôi một lượng h để tăng góc trước. Do đó dễ thoát phoi, biến dạng phoi giảm, lực cắt giảm và dao đỡ bị mòn mặt trước. Khi tiện tinh nên gá mũi dao thấp hơn tâm một lượng h để tăng góc sau. Do đó giảm ma sát giữa mặt sau của dao với phôi, làm tăng độ nhẵn bề mặt gia công.

Thường lấy: $h = (0,02 \div 0,03) \cdot D$

Trong đó: D - đường kính phôi, mm.

1.3.2. Ảnh hưởng của chuyển động chạy dao

a) Ảnh hưởng của chuyển động chạy dao ngang



Hình 1-15: Sự thay đổi góc μ do ảnh hưởng của chuyển động chạy dao ngang

Khi tiện cắt đứt hoặc xén mặt đầu, thực hiện chuyển động chạy dao ngang. Khi đó, quỹ đạo chuyển động cắt tương đối của một điểm trên LC so với phôi là đường xoắn Acximét có phương trình:

$$\rho = R - \frac{S}{2\pi} \cdot \theta$$

Trong đó: R - bán kính của phôi, mm.

S - lượng chạy dao ngang, mm/vg.

Do có chuyển động chạy dao ngang nên vết của mặt cắt và mặt đáy chuyển từ vị trí I sang vị trí II. Dẫn đến trị số góc trước và góc sau thay đổi theo biểu thức:

$$\mu_c \text{ trước}$$

$$\mu_c \text{ sau}$$

Theo toán giải tích, ta có:

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{\rho}{\frac{d\rho}{d\theta}} = \frac{\rho \cdot d\theta}{d\rho}$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{1}{\operatorname{tg} \eta} = \frac{d\rho}{\rho \cdot d\theta}$$

Khi phôi quay một vòng ($\theta = 2\pi$) thì dao tiến vào một lượng S tức là bán kính cong r giảm đi một lượng bằng lượng chạy dao ngang S. Vì chuyển động quay tròn của phôi và chuyển động chạy dao là chuyển động đều, nên ta có:

$$\frac{d\rho}{d\theta} = \frac{2\pi}{S}$$

Do đó:

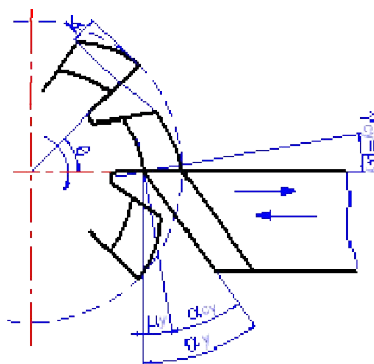
$$\operatorname{tg} \mu = \frac{S}{2\pi \cdot \rho}$$

Tại thời điểm bắt đầu cắt ($\alpha = R$), ta có: $tg\mu = \frac{S}{\pi.D}$

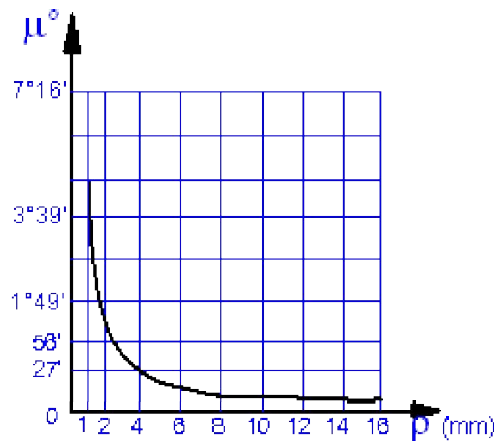
Từ công thức trên, rút ra nhận xét: Trị số góc μ phụ thuộc vào lượng chạy dao ngang S và bán kính cong R . Khi tiện cắt đứt hoặc xén mặt đầu thường sử dụng lượng chạy dao rất nhỏ, nên trị số góc μ nhỏ. Vì vậy trong quá trình cắt, góc sau giảm đi không đáng kể. Nhưng khi tiện hớt lưng răng dao phay, lượng chạy dao ngang thường rất lớn. Ứng với góc quay

$\theta = \frac{2\pi}{Z}$ của dao phay, dao tiện hớt lưng tịnh tiến theo phương chạy dao ngang một lượng

$K = 0,5 \times 12\text{mm}$



Hình 1-16: Sự thay đổi góc khi tiện hớt lưng



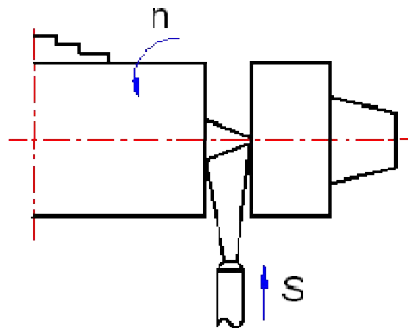
Hình 1-17: Ảnh hưởng của bán kính cong R đến góc μ

Do đó góc μ rất lớn. Để bảo đảm chất lượng bề mặt hớt lưng, góc sau tính của dao tiện hớt lưng phải chọn khá lớn, thường lấy vào khoảng $\mu = 18^\circ \times 25^\circ$.

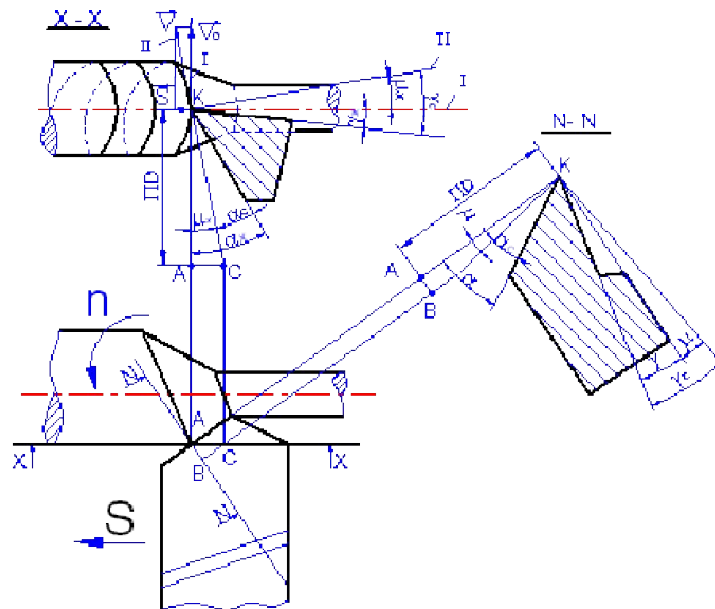
Mặt khác, khi tiện cắt đứt, càng vào gần tâm phôi bán kính cong r càng giảm, do đó góc μ càng tăng. Quan hệ giữa μ và R được biểu thị trên hình 1-16. Khi tiến hành tiện cắt đứt với lượng chạy dao $S = 0,4 \text{ mm/vg}$, kết quả thí nghiệm cho thấy: Khi bán kính cong R giảm tới 1mm, góc μ tăng vọt lên làm góc sau μ_c giảm xuống rất nhỏ. Vì vậy chi tiết chịu lực nén rất lớn và thường bị gãy trước khi mũi dao tiến tới tâm phôi. Do đó tại tâm bề mặt

gia công thường còn sót lại một lõi hình trụ nhỏ. Để khắc phục hiện tượng này, nên dùng dao tiện cắt đứt có LC nghiêng với góc nghiêng chính $\alpha = 75^\circ \text{ - } 80^\circ$.

b) Ảnh hưởng của chuyển động chạy dao dọc



Hình 1-18: Cắt đứt bằng dao tiện có LC nghiêng



Hình 1-19: Sự thay đổi góc α do ảnh hưởng của chuyển động chạy dao dọc

Hình 1-19 biểu thị quá trình tiện ngoài với lượng chạy dao dọc S, mũi dao gá ngang tâm. Quỹ đạo chuyển động cắt tương đối của một điểm trên LC so với phôi là đường xoắn vít. Do đó, vết của mặt cắt và mặt đáy so với trạng thái tĩnh sẽ thay đổi từ vị trí I sang vị trí II. Dẫn đến trị số của góc trước và góc sau thay đổi.

Tại tiết diện ngang XX ta có:

$$\alpha_{cx} = \alpha_x + \alpha_x$$

$$\alpha_{cx} = \alpha_x - \alpha_x$$

Tại TD chính NN ta có:

$$\alpha_c = \alpha_c$$

$$\alpha_c = \alpha_c$$

Khai triển một vòng xoắn, được tam giác KAC có góc nâng của đường xoắn đúng bằng α_x và cạnh AC đúng bằng lượng chạy dao dọc S.

Ta có:
$$\operatorname{tg} \mu_x = \frac{AC}{AK} = \frac{S}{\pi \cdot D}$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{AB}{AK} = \frac{AC \cdot \sin \varphi}{AK} = \frac{S \cdot \sin \varphi}{\pi \cdot D}$$

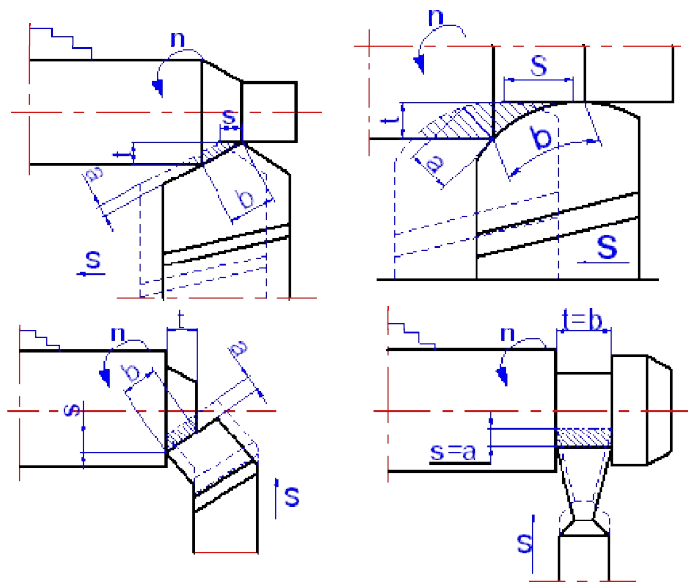
Khi tiện ngoài thường sử dụng lượng chạy dao nhỏ nên góc μ nhỏ. Do đó góc trước và góc sau thay đổi không đáng kể. Nhưng khi tiện ren nhiều đầu mối, do bước xoắn lớn nên lượng chạy dao lớn, vào khoảng $S = 6 \dots 12 \text{ mm/vg}$. Vì vậy phải quan tâm tới góc α để chọn góc sau α của dao tiện ren cho hợp lý. Mặt khác, khi tiện phôi có đường kính nhỏ cũng phải lưu ý tới góc α .

1.4. Thông số hình học lớp cắt

1.4.1. Chiều dày cắt a

Chiều dày cắt là khoảng cách giữa hai vị trí liên tiếp của LC ứng với một vòng quay của phôi hoặc một hành trình kép của dao đo trên mặt trước theo phương vuông góc với LC.

Với dao có LC thẳng, chiều dày cắt không thay đổi ứng với mọi điểm trên LC. Với dao có LC cong, chiều dày cắt thay đổi theo từng điểm trên LC. Chiều dày cắt tại một điểm trên LC cong là đoạn giới hạn giữa hai vị trí liên tiếp của LC đo theo phương vuông góc với LC tại điểm đó.



Hình 1-20: Thông số hình học của lớp cắt

1.4.2. Chiều rộng cắt b

Chiều rộng cắt là khoảng cách giữa bề mặt chưa gia công với bề mặt đã gia công đo dọc theo LC.

Chiều rộng cắt chính là chiều dài của đoạn LC tham gia cắt hoặc là chiều dài đoạn tiếp xúc giữa LC với bề mặt đang gia công.

Khi mũi dao gá ngang tâm, $\alpha = 0$ và $\beta = 0$, ta có:

$$a = S \cdot \sin \varphi$$

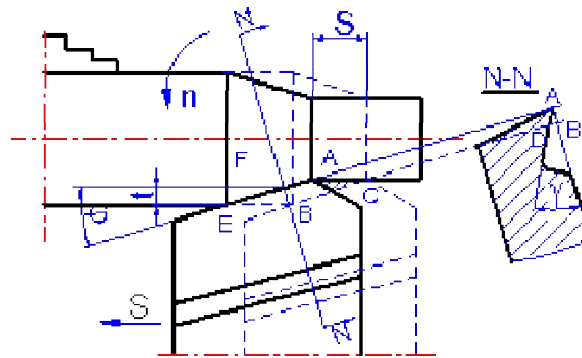
$$b = t / \sin \varphi$$

Thực nghiệm cho thấy với góc α và β không lớn lắm, các công thức trên đã khá đủ chính xác và có thể dùng để giải thích một số quy luật về cắt kim loại.

Khi mũi dao gá ngang tâm, $\alpha = 0$ và $\beta \neq 0$, ta có:

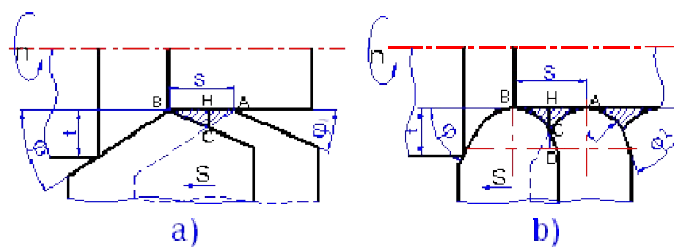
$$a = AD = \frac{AB}{\cos \gamma} = \frac{AC \cdot \sin \varphi}{\cos \gamma} = \frac{S \cdot \sin \varphi}{\cos \gamma}$$

$$b = AE = \frac{EF}{\sin \varphi} = \frac{t}{\sin \varphi}$$



Hình 1-21: Thông số hình học lớp cắt ứng với mũi dao gá ngang tâm $\alpha = 0$ và $\beta \neq 0$

1.4.3. Diện tích lớp cắt



Hình 1-22: Xác định diện tích cắt thực tế

a: Khi bán kính mũi dao $r = 0$; b: khi bán kính mũi dao $r \neq 0$

Cần phân biệt diện tích cắt danh nghĩa với diện tích cắt thực tế của tiết diện ngang lớp cắt. Diện tích cắt danh nghĩa F được tính bằng tích giữa chiều dày cắt với chiều rộng cắt: $F = ab$

$$F = ab = S \cdot \sin \varphi \cdot \frac{t}{\sin \varphi} = S \cdot t$$

Trường hợp mũi dao gá ngang tâm, $\alpha = 0$ và $\beta = 0$, ta có:

Trường hợp mũi dao gá ngang tâm, $\alpha = 0$ và $\beta \neq 0$, ta có:

$$F = a.b = \frac{S \cdot \sin \varphi}{\cos \gamma} \cdot \frac{t}{\sin \varphi} = \frac{S.t}{\cos \gamma}$$

Trong quá trình cắt, do chuyển động tương đối giữa dao với phôi nên trên bề mặt đã gia công bao giờ cũng còn dư lại những giải kim loại hình xoắn vít có tiết diện ngang ABC. chiều cao CH = h của chúng tạo ra độ nhấp nhô bề mặt và ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhẵn bề mặt gia công. Như vậy, diện tích cắt thực tế F_t bao giờ cũng nhỏ hơn diện tích cắt danh nghĩa một lượng ΔF : $F_t = F - \Delta F$

Với trường hợp dao mũi nhọn: $\Delta F = \frac{S \cdot CH}{2} = \frac{S \cdot h}{2}$

Trong đó:

$$AH = CH \cdot \cotg \varphi = h \cdot \cotg \varphi$$

$$BH = CH \cdot \cotg \varphi_1 = h \cdot \cotg \varphi_1$$

Cộng lại:

$$S = h \cdot (\cotg \varphi + \cotg \varphi_1)$$

$$h = \frac{S}{\cotg \varphi + \cotg \varphi_1}$$

Với trường hợp mũi dao tròn có bán kính R:

$$CH = h = R - CD = R - \sqrt{R^2 - \frac{S^2}{4}} \quad (R - h)^2 = R^2 - \frac{S^2}{4} \quad R^2 - 2h \cdot R + h^2 = R^2 - \frac{S^2}{4}$$

Do trị số lượng chạy dao nhỏ nên trị số chiều cao nhấp nhô h rất nhỏ, nên h^2 là một đại lượng vô cùng bé, có thể bỏ qua. Do vậy: $H = \frac{S^2}{8R}$

Các công thức trên, cho thấy: Muốn tăng độ nhẵn bề mặt gia công cần phải giảm lượng chạy dao S, giảm góc nghiêng chính φ , giảm góc nghiêng phụ φ_1 hoặc tăng bán kính mũi dao R. Cần chú ý là những công thức trên không hoàn toàn chính xác vì chỉ xét thuần túy toán học mà chưa kể đến ảnh hưởng của biến dạng, rung động và các hiện tượng vật lý khác xảy ra trong quá trình cắt. Thực tế cho thấy: chiều cao của lớp nhấp nhô bề mặt lớn hơn nhiều và được tính bằng các công thức thực nghiệm.

CHƯƠNG II. VẬT LIỆU DỤNG CỤ CẮT

2.1. Những yêu cầu chung của vật liệu dụng cụ cắt

2.1.1. Tính năng cắt

2.1.1.1. Độ cứng

Độ cứng của vật liệu là khả năng chống lại sự lún của bề mặt tại chỗ có tác động của tải trọng ngoài tác động qua một vật cứng hơn .

Để quá trình cắt có thể xảy ra được thì độ cứng của dụng cụ cắt phải cao hơn của chi tiết gia công. Thông thường độ cứng của vật liệu dụng cụ phải đạt từ 58 HRC trở lên. Tuy nhiên việc tăng độ cứng kéo theo độ giòn tăng, độ bền cơ học giảm làm cho lưỡi cắt dễ bị sứt mẻ. Vì vậy, để xác định độ cứng tối ưu của vật liệu dụng cụ cắt với các loại vật liệu gia công khác nhau, điều kiện gia công khác nhau, cần xét tới tỉ số độ cứng giữa vật liệu dụng cụ và vật liệu gia công.

2.1.1.2. Độ bền cơ học

Trong quá trình cắt, dụng cụ chịu tải trọng thay đổi, va đập, lực và xung lực có thể làm cho lưỡi cắt bị sứt mẻ nếu như không đủ độ bền cơ học. Do vậy, vật liệu dụng cụ cần phải kết hợp độ cứng cao với độ bền cơ học cao tức là phải có khả năng chịu kéo nén và uốn tốt, có độ dai va đập và môđun đàn hồi cao v.v....

2.1.1.3. Độ bền nhiệt

Khi làm việc ở nhiệt độ cao các tính chất cơ lý của vật liệu sẽ bị thay đổi, đặc biệt là độ

cứng giảm mạnh, ảnh hưởng đến khả năng làm việc của chi tiết. Đối với dụng cụ cắt, thường phải làm việc ở nhiệt độ rất cao thì độ bền nhiệt là một yêu cầu rất quan trọng.

Độ bền nhiệt cũng chính là một trong những yếu tố hạn chế tốc độ cắt của dụng cụ. Dụng cụ chế tạo từ loại vật liệu có độ bền nhiệt không cao khi cắt năng suất sẽ thấp.

2.1.1.4. Độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt đặc trưng bởi hệ số dẫn nhiệt, là một đại lượng vật lý đặc trưng cho khả năng dẫn nhiệt của vật liệu. Dụng cụ cắt có hệ số dẫn nhiệt cao sẽ làm tăng được độ bền mòn do nhiệt được truyền nhanh từ vùng cắt ra ngoài từ đó giảm được nhiệt cắt.

Thực nghiệm cho thấy kim cương (tự nhiên và nhân tạo) có hệ số dẫn nhiệt lớn nhất và gấp gần 6 lần khi so với thép gió. Hệ số dẫn nhiệt của gốm oxit thấp nhất với trị số 4,2 W/m.K.

2.1.1.5. Độ bền mòn

Độ bền mòn là khả năng giữ vững hình dáng hình học và độ chính xác kích thước trong phạm vi cho phép của dụng cụ cắt trong tuổi bền của dụng cụ.

Độ bền mòn ảnh hưởng nhiều tới năng suất gia công, chất lượng chi tiết gia công và chất lượng của quá trình cắt.

Độ bền mòn được xác định bằng cách đo mức độ mài mòn của các hạt vật liệu dụng cụ cắt khi chuyển động với vận tốc xác định, dưới một áp lực xác định, trên một bề mặt chuyển động khác.

Vật liệu có độ cứng cao thì sẽ có độ bền mòn cao.

2.1.2. Tính công nghệ và tính kinh tế

2.1.2.1. Tính công nghệ

Quá trình chế tạo sản phẩm từ nguyên vật liệu đến sản phẩm cuối cùng (dụng cụ cắt) phải trải qua nhiều giai đoạn công nghệ.

Dụng cụ cắt thường có hình dáng hình học phức tạp, đòi hỏi những yêu cầu cao về độ chính xác kích thước, độ chính xác hình dáng hình học, cấp độ nhám bề mặt, ... nên phải qua các nguyên công gia công cơ để đạt được các yêu cầu kỹ thuật đó. Vì vậy, vật liệu dụng cụ cắt phải đảm bảo có tính công nghệ tốt, tức là có thể gia công chế tạo bằng những máy móc, thiết bị có sẵn một cách có hiệu quả ví dụ như tính gia công tốt, không gây khó khăn khi nhiệt luyện, khi mài và mài sắc v.v....

Có thể liệt kê các tính công nghệ thông dụng sau đây:

- Tính đúc;
- Khả năng biến dạng nguội, nóng và dập sâu;
- Tính cắt gọt;
- Tính hàn;

CD 70A	7.83	285	187	630	2000÷ 2100	62÷64	200÷220	Dụng cụ cầm tay
CD 80A	7.83	302	187	750	1950	62÷64	200÷220	Dụng cụ cầm tay, dụng cụ cắt gỗ
CD 100A	7.81	321	197	650	2380	63÷65	200÷250	Dụng cụ cầm tay
CD120A	7.81	341	207	645	1720	63÷66	200÷250	Dụng cụ cầm tay

2.2.2. Thép hợp kim dụng cụ

Để cải thiện tính thấm tôi thép cacbon dụng cụ đã được hợp kim hóa với hàm lượng nhỏ một số nguyên tố hợp kim như mangan, silic, crome, vonfram, Mặc dù tính thấm tôi tăng, nhưng độ bền nhiệt của thép hợp kim dụng cụ cũng không tăng được nhiều. Độ bền nhiệt của loại vật liệu dụng cụ cắt này chỉ khoảng 250⁰C - 300⁰C. Do đó, vận tốc cắt đạt được vẫn thấp, chỉ khoảng 8-10m/ph.

Bảng 2.2. Tính chất cơ lý tính cơ bản của một số mác thép hợp kim và carbon dụng cụ

Mác thép	Tính chất cơ lý							Độ bền nhiệt °C
	Khối lượng riêng, ρ g/cm ³	HB	Sau Ủ		Sau Tôi và Ram			
			HB	Độ bền, σ_B Mpa	Độ bền uốn, σ_U Mpa	Độ dai va đập $a_H \cdot 10^5$, J/m ²	HRC	
CD70; CD70A	7,83	≤285	≤187	630	2000-2100	3,8 (HRC: 41-51)	62-64	200-220
CD80; CD80A	7,83	<302	≤187	750	$\sigma_U \leq 1950$	-	62-64	200-220
CD100; CD100A	7,81	<321	≤197	650	≤2380	0,2	63-65	200-250
CD120; CD120A	7,81	<341	≤207	645	$\sigma_U \leq 1720$	0,2	63-66	200-250
90CrSi	7,83	<415	<241	700	<2200	0,25	63-66	240-250
CrWSiMn	7,83	<388	≤255	-	<3200	-	62-64	200-220
Cr12Mo	-	<5780	≤255	-	-	-	63-65	490-510

2.2.3. Thép gió (High Speed Steel - HSS)

Thép gió là thép hợp kim cao với hàm lượng vonfram 6÷19%, crôm 3÷4.6%, ngoài ra còn một số nguyên tố khác như môlipden, vanadi, ... Ảnh hưởng của một số nguyên tố hợp kim đối với tính chất của thép gió được trình bày dưới đây:

So với thép cacbon dụng cụ và thép hợp kim dụng cụ thì thép gió có một số ưu điểm nổi bật sau:

- Độ cứng sau ram của thép gió là 62 ÷ 67HRC
- Độ bền nhiệt có thể đạt tới 500÷600⁰C.
- Độ thấm tôi cao.

Do đó dụng cụ chế tạo từ thép gió có thể cắt với tốc độ khoảng 35m/ph, cũng có thể lên tới 50m/ph.

Bảng 2.3. Thành phần hóa học của một số mác thép gió

ký hiệu	Thành phần hóa học						độ cứng:
	C	Cr	Mo	W	V	Co	Min (HV)
T1	0.75	4	-	18	1	-	823
T2	0.8	4	-	18	2	-	823
T4	0.75	4	-	18	1	5	849
T5	0.8	4	-	18	2	9.5	869
T6	0.8	4.5	-	20	1.5	12	969
T15	1.5	4	-	12	5	5	890
M1	0.8	4	8	1.5	1	0.8	823
M2	0.85	4	5	6	2	0.85	836
M4	1.3	4	4.5	5.5	4	-	849
M15	1.5	4	3.5	6.5	5	5	869
M30	0.8	4	8	2	1.25	5	869
M42	1.10	3.75	9.5	1.5	1.15	8	897

Bên cạnh các ưu điểm, nhược điểm lớn nhất của thép gió là phải rèn phôi để làm đồng đều cacbít.

Ký hiệu: Theo Hiệp hội Kỹ sư Cơ khí Hoa Kỳ (The American Society of Mechanical Engineers - ASME) và Viện Thép và Gang Hoa Kỳ (The American Iron and Steel Institute – AISI), thép gió nhóm vonfram được ký hiệu bằng chữ T, thép gió nhóm molipden được ký hiệu bằng chữ M. Theo tiêu chuẩn nhà nước của Cộng hòa Liên bang Nga (ГОСТ) thép gió nhóm vonfram được ký hiệu bằng chữ P, thép gió nhóm molipden được ký hiệu bằng chữ PΦ.

Bảng 2.4. Tính chất cơ lý cơ bản của một số mác thép gió

Mác thép (AISI -USA) (ГОСТ ¹ - Nga)	Khối lượng riêng, ρ g/cm ³	Độ cứng		Sau ram		Nhiệt độ tôi, °C	Nhiệt độ ram, °C	Độ bền nhiệt, °C
		Độ cứng sau ủ, HB	Độ cứng sau tôi và ram, HRC	Giới hạn bền uốn, σ_U Mpa	Độ dai va đập $a_K \cdot 10^6$, J/m ²			
T1	8,75	255	63	2900-3100	3,0	1270	560	620
T7	8,39	255	63	3000-3200	3,8	1250	560	620
P9 (ГОСТ)	8,3	255	63	3350	2,0	1230	560	620
M2	8,15	255	64	3300-3400	4,8	1220	550	620
M3	8,15	269	65	3300-3400	4,8	1220	550	630
P12Φ3 (ГОСТ)	8,39	269	64	3000-3100	2,7	1250	560	630
T4	8,75	285	64	2600-3100	2,0	1280	570	640
P9K5 (ГОСТ)	8,25	269	64	2500	0,7	1230	570	630
M35	8,15	269	65	3000	2,75	1230	550	630
P2AM9K5 (ГОСТ)	7,8	285	65	-	-	1200	540	630

Phạm vi sử dụng

Bảng 2.5. Công dụng của một số mác thép gió

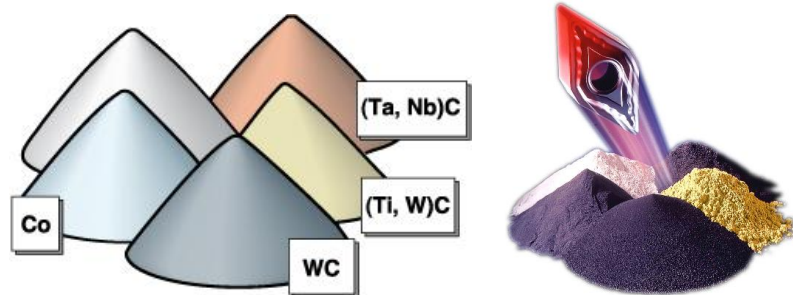
Ký hiệu các loại thép gió thông dụng					Phạm vi sử dụng
ISO	ГОСТ (Nga)	DIN (Đức)	AISI (Mỹ)	AFNOR (Pháp)	
1.3353	P18	S18-0-2	T1	Z80W18	Gia công thép cacbon, thép hợp kim
1.3302	P12	-	T7	-	Gia công thép cacbon, thép hợp kim
-	P9	-	-	-	Chế tạo các loại dụng cụ đơn giản, gia công thép kết cấu
1.3343	P6M5	S6-5-2	M2	Z85WDV 06-05-02	Chế tạo dụng cụ cắt ren, gia công có va đập

-	PGM5 Φ3	SG-5-3	M3	Z130WDV 06-05-04	Các dụng cụ gia công tinh, gia công các loại thép hợp kim
-	P18K5 Φ2		T4	Z85WK 18-05	Dụng cụ gia công thô và bán tinh, gia công các loại thép và hợp kim bền nhiệt, không gỉ

2.2.4. Hợp kim cứng

2.3.4.1. Giới thiệu chung

Hợp kim cứng có thành phần gồm khoảng 90% WC, 5÷60% TiC, ngoài ra còn có các loại cacbit khác như TaC, ... và được liên kết bằng kim loại như Coban, Niken, ... Đây là các loại cacbit có độ cứng cao (3200 kgf/mm^2), nhiệt độ nóng chảy lớn (3000°C), hợp kim cứng được chế tạo bằng phương pháp luyện kim bột.



Hình 2.16. Hợp kim cứng được chế tạo từ bột các loại cacbit và kim loại liên kết

Do vậy, nó có cấu trúc và những tính chất khác với các loại vật liệu chế tạo bằng phương pháp luyện kim truyền thống:

- Độ cứng cao: $87\div 92\text{HRA}$
- Độ bền mòn cao do có độ cứng và độ bền nén cao, $\sigma_n > 5,900 \text{ MPa}$
- Độ bền nhiệt cao, từ $800 - 1000^\circ \text{C}$

Nhược điểm cơ bản của hợp kim cứng là:

- Độ bền uốn thấp, $\sigma_u = 1,500 \text{ MPa}$, thấp hơn giới hạn của thép gió tới 2,6 lần; đây là nhược điểm cơ bản của hợp kim cứng.

- Tính dẫn nhiệt cao hơn nhóm thép gió, $\lambda = 16,75$ đến $87,92 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ nên cho phép cắt ở vận tốc cao hơn vài lần khi so với thép gió.

- Tính gia công thấp gây khó khăn cho các nguyên công chế tạo.

2.3.4.2. Phạm vi sử dụng

Hợp kim cứng được phân làm 3 nhóm theo thành phần hóa học:

- Nhóm 1 cacbit (WC-Co): Chỉ gồm cacbit WC và chất liên kết. Nhóm này có độ dẻo dai tương đối cao so với hai nhóm còn lại, do đó thích hợp gia công gang, gia công trong điều kiện có va đập và rung động ...

- Nhóm 2 cacbit (WC-TiC-Co): Gồm WC, TiC và chất liên kết. So với hợp kim cứng nhóm một cacbit thì nhóm này có độ bền nhiệt, độ cứng cao hơn, hệ số ma sát với thép nhỏ, tính hàn dính thấp, do vậy nó thường được sử dụng để gia công thép cacbon, thép hợp kim, đặc biệt là thép chưa tôi, ... (các dạng gia công gây mòn dụng cụ theo mặt trước). Ở tốc độ cắt càng cao, hợp kim cứng nhóm này càng thể hiện rõ những ưu điểm trên. Tuy nhiên ở tốc độ cắt thấp, lưỡi cắt dễ bị sứt mẻ do tính giòn cao, độ bền cơ học thấp.

- Nhóm 3 cacbit (WC-TiC-TaC & Co): Gồm WC, TiC, TaC và chất liên kết. Việc đưa thêm Tantan vào nhằm mục đích:

- + Giảm độ hạt của cấu trúc tinh thể nhằm tăng độ bền mòn và độ bền cơ học.
- + Tăng tính dẫn nhiệt nhằm giảm xu hướng cháy dao.
- + Mở rộng khả năng gia công của hợp kim cứng.

Hợp kim cứng nhóm này thường được dùng khi gia công thép và hợp kim bền nhiệt, các loại vật liệu có tính gia công thấp. Tuy nhiên Tantan là một nguyên tố quý hiếm và đắt nên làm cho hợp kim cứng nhóm này có giá đắt, do vậy trong thực tế ít sử dụng nhóm này.

Theo ISO, hợp kim cứng được phân loại theo lĩnh vực gia công thành 3 nhóm: P, K, M (theo đặc tính gia công – thô hay tinh hay bán tinh và vật liệu gia công – gang, thép, hợp kim màu, vật liệu phi kim...).

Bảng 2.14. Phân loại ISO hợp kim cứng theo phạm vi sử dụng

Màu	Nhóm	Điều kiện gia công
Xanh	P01	Gia công tinh các loại thép ở tốc độ cắt cao, lượng chạy dao nhỏ, điều kiện cắt ổn định
	P10	Gia công tinh và bán tinh các loại thép và thép đúc không sử dụng dung dịch trơn nguội
	P20	Gia công bán tinh các loại thép với tốc độ cắt và lượng chạy dao trung bình
	P30	Gia công bán tinh các loại thép, với mọi dạng gia công.
	P40	Gia công thô các loại thép, cắt không liên tục, với tốc độ cắt và lượng chạy dao nhỏ
	P50	Điều kiện cắt nặng nề, gia công các bề mặt gián đoạn, với tốc

		độ cắt và lượng chạy dao nhỏ
Vàng	M10	Gia công tinh các loại thép không gỉ ở tốc độ cắt cao
	M20	Gia công tinh và bán tinh các loại thép hợp kim
	M30	Gia công bán tinh và thô các loại thép không gỉ và vật liệu khó gia công
	M40	Gia công thô các loại vật liệu có vỏ cứng (phôi đúc, phôi rèn) ở tốc độ cắt thấp
Đỏ	K01	Gia công tinh các loại chất dẻo và gang đúc
	K10	Gia công tinh đồng thau, đồng thanh ở tốc độ cắt cao
	K20	Gia công thô các loại gang, gia công các bề mặt không liên tục ở tốc độ cắt thấp, lượng chạy dao lớn
	K30	Gia công thô và tinh các loại gang đúc và kim loại màu.

Bảng 2.15. Thành phần và tính chất cơ lý cơ bản của một số mác hợp kim cứng

Mác hợp kim cứng (ISO) / (ГОСТ)	Hàm lượng tính theo % trong thành phần				Tính chất cơ lý		
	WC	TiC	TaC	Co	Độ bền uốn σ_u , MPa, Không nhỏ hơn	Khối lượng riêng, ρ g/cm ³	Độ cứng, HRA, Không nhỏ hơn
Hợp kim cứng WC							
K01 / BK3	97	-	-	3	1100	15,0-15,3	89,5
K01 / BK3-M	97	-	-	3	1100	15,0-15,3	91
BK4 (ГОСТ)	96	-	-	4	1400	14,9-15,2	89,5
K20 / BK6	94	-	-	6	1500	14,6-15,0	88,5
K05 / BK6-M	94	-	-	6	1350	14,8-15,1	90,0
K10 / BK6-OM	92	-	2	6	1200	14,7-15,0	90,5
K20 /	92	-	-	8	1600	14,4-14,8	87,5

BK8							
BK10-M (ГОСТ)	90	-	-	10	1500	14,3-14,6	88,0
BK10-OM (ГОСТ)	88	-	2	10	1400	14,3-14,6	88,5
K40 / BK15	85	-	-	15	1800	13,9-14,1	86,0
Hợp kim cứng WC-TiC							
P01 / T30K4	66	30	-	4	950	9,5-9,8	92
P10 / T15K6	79	15	-	6	1150	11,1-11,6	90
P20 / T14K8	78	14	-	8	1250	11,2-11,6	89,5
P40 / T5K10	85	6	-	9	1400	12,4-13,1	88,5
P50 / T5K12	83	5	-	12	1650	13,1-13,5	87,0
Hợp kim cứng WC – TiC – TaC							
M40 / TT7K12	81	4	3	23	1650	13,0-13,3	87,0
M10 / TT8K6	84	8	2	6	1250	12,8-13,3	90,5
M20 / TT10K8- A	82	3	7	8	1450	13,5-13,8	89,0
TT20K9 (ГОСТ)	71	8	12	9	1300	12,0-13,0	89,0

2.3.5. Vật liệu gốm

2.3.5.1. Giới thiệu chung

Các đặc tính của dụng cụ cắt có vai trò cực kỳ quan trọng trong quá trình gia công. Thông số kết cấu và hình học, kiểu loại, tuổi bền dụng cụ và loại vật liệu dụng cụ cắt là những thông số quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành và chất lượng của sản

phẩm. Sự phát triển của hợp kim mới kéo theo và đòi hỏi sự phát triển mới của vật liệu dụng cụ cắt. Dụng cụ gồm có độ cứng nóng cao và khả năng chống mài mòn tốt, do đó chúng đóng vai trò ngày càng quan trọng, ví dụ, trong quá trình gia công tốc độ cao vật liệu siêu hợp kim.

Được sử dụng làm dụng cụ cắt kim loại từ những năm 1950, vật liệu gốm nhanh chóng nhận được nhiều sự quan tâm của giới chuyên môn vì những đặc tính tốt.

*** Ưu điểm:**

- Độ bền nén cao $\sigma_n = 5.600 \text{ MPa}$ nên thích hợp để gia công vật liệu khó cắt, đặc biệt là trong gia công hợp kim nhẹ có tính dẻo cao.

- Khả năng chống mài mòn và dính rất cao do có độ cứng rất cao, HV đến 30.000 MPa, đến 94 HRA và không có tương tác hóa học với thép và thép hợp kim nền carbon.

- Độ bền nhiệt đến 2000°C , tạo khả năng cắt ở tốc độ cao.

*** Nhược điểm:**

- Độ giòn cao và độ bền uốn thấp, $\sigma_u = 950 - 980 \text{ MPa}$ tạo ra một số hạn chế trong việc sử dụng nó.

- Độ bền kéo thấp và khả năng chống sốc cơ học thấp vì gốm có độ dai va đập thấp ($a_k = 4,9 - 11,76 \cdot 10^5 \text{ J/m}^2$) khi so với thép gió ($a_k = 588 \cdot 10^5 \text{ J/m}^2$) và hợp kim cứng ($a_k = 24,51 \cdot 10^5 - 58,8 \cdot 10^5 \text{ J/m}^2$); khả năng chống sốc nhiệt thấp do có hệ số dẫn nhiệt thấp, $\lambda = 4,2 - 83,7 \text{ W/m.K}$.

Vì thế, khi cắt tốc độ cao, các nhược điểm trên càng trở nên rõ rệt nên dụng cụ gắn mảnh gốm gặp nhiều vấn đề khi cắt gián đoạn.

Màu sắc của vật liệu gốm thường là màu đen hoặc xám trong trường hợp sản xuất bằng kỹ thuật ép nóng và màu trắng trong trường hợp kỹ thuật ép nguội. Gốm ép nguội cứng hơn gốm ép nóng.

Vật liệu dụng cụ gốm được dùng để gia công tinh, gia công lần cuối các vật liệu khó gia công bằng cắt, chúng còn được dùng để gang và vật liệu siêu hợp kim. Gốm có các tính chất cơ học độc đáo, có độ cứng, chống mài mòn và khả năng chống dính cao so với dụng cụ cắt từ cacbua.

2.3.5.2. Các loại vật liệu gốm là dụng cụ cắt

Dụng cụ cắt từ vật liệu gốm có thể được chia thành bốn loại chính như sau:

- Gốm Al_2O_3 .
- Gốm Si_3N_4 .
- Gốm Sialon.
- Vật liệu gốm kim loại (Cermet).

Trong đó, hai loại chính dựa trên nhôm oxit (alumina, Al_2O_3) và silicon nitride (Si_3N_4). Ngoài ra, một số chất phụ gia được bổ sung vào vật liệu gốm như các oxit của titan, magiê, crôm hoặc zirconium. Oxit nhôm cũng là thành phần chính của gốm kim loại. Sản xuất gốm kim loại tương tự như sản xuất gốm alumina bằng kỹ thuật ép nóng. Thành phần của gốm kim loại là khoảng 70% oxit nhôm (Al_2O_3) và 30% titan cacbua (TiC) và chúng được ép thành những mảnh có hình dạng theo yêu cầu của quá trình cắt dưới áp suất và nhiệt độ cao. Sau khi thiêu kết, mảnh gốm còn được xử lý tinh theo hình dạng yêu cầu, loại dụng cụ cắt. Ôxít zirconi được thêm vào hợp kim gốm với tỷ lệ 15% trong tổng thành phần để tăng độ bền uốn cho mảnh gốm. Ôxít nhôm, thường được gọi là alumina, sở hữu liên kết tương tác ion mạnh tạo ra các đặc tính vật liệu riêng có của nó.

❖ Các loại gốm nhôm ôxit (Aluminum oxide type ceramics)

Nhiều loại gốm với hàm lượng cơ bản là nhôm oxit Al_2O_3 dùng để gia công thép độ bền cực cao. Gốm alumina có đặc tính độc đáo và độ cứng cao. Do đó, chúng có thể được sử dụng để sản xuất vật liệu dụng cụ cắt. Tuy nhiên, độ giòn và độ dai va đập thấp đã hạn chế ứng dụng của gốm alumina. Tuy nhiên, các loại gốm alumina có các tính chất cơ học và hóa học độc đáo, đặc biệt là ở nhiệt độ cao, như khả năng chịu mài mòn cao, độ cứng cao và phản ứng hóa học tương đối thấp với thép và nhiều vật liệu khác.

- Vật liệu gốm alumina - titan cacbua $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$, chứa 30 – 40% TiC. Vật liệu có màu đen, có độ bền tách đứt cao hơn, khả năng chống sốc nhiệt và độ cứng nóng cao hơn gốm Al_2O_3 , nhưng đồng thời, nó có khả năng chống va đập tương đối thấp. Được sử dụng để cắt liên tục thép hợp kim, gang trắng và gang dẻo, thép hợp kim có độ cứng (35 – 65 HRC). Vật liệu $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$ phù hợp để cắt tinh thép cứng và gang. Tất cả các vật liệu dựa trên oxit nhôm (Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$) có xu hướng bị nứt và mòn theo rãnh dọc với phương thoát phoi khi gia công thép. Ngoài ra, sự mài mòn do hóa học có thể xảy ra tùy thuộc vào nhiệt độ cắt và môi trường (không khí, độ ẩm, chất làm mát). Vật liệu gốm dựa trên Al_2O_3 không phù hợp để gia công các hợp kim nhôm và hợp kim titan do có ái lực hóa học mạnh với các vật liệu này. Chúng được thay thế bằng mảnh cacbua P01, P05 hoặc C8 (tiêu chuẩn AISI).

2.3.5.3. Phạm vi sử dụng

Dụng cụ ceramic được chế tạo dưới dạng các mảnh dao. Do đặc tính của loại vật liệu này là tính giòn cao nên các mảnh dao phải được thiết kế với kết cấu và thông số hình học hợp lý để tránh nứt mẻ.

Dụng cụ ceramic được sử dụng để gia công hợp kim nhẹ, kim loại màu, các loại vật liệu khó gia công như thép và hợp kim bền nhiệt, ... nhưng chỉ thích hợp gia công tinh với tốc độ cao, lượng chạy dao nhỏ, điều kiện cắt không có rung động và va đập,

hệ thống công nghệ đảm bảo cứng vững.

Vật liệu gồm phù hợp với hầu hết các quá trình gia công thép, bao gồm cả thép hợp kim cao. Tuy nhiên, chúng không được khuyến khích dùng để gia công các vật liệu như đồng và hợp kim đồng, nhôm và hợp kim nhôm vì khả năng tạo lẹo dao (do dính) rất cao.

2.3.6. Nitrit Bor thể tích (CBN, PCBN)

2.3.6.1. Giới thiệu

Nitrit Bor thể tích là một dạng thù hình của BN có cấu trúc mạng tinh thể lập phương. Loại vật liệu này có độ cứng, độ bền mòn rất cao, độ bền cơ học thấp, tính năng cắt gọt tốt nên có thể sử dụng trong những trường hợp gia công các loại vật liệu có tính gia công thấp như thép và hợp kim bền nhiệt, chất dẻo tổng hợp, ...

Các mảnh dao CBN đa tinh thể (PCBN – Polycrystalline Cubic Boron Nitride) được chế tạo từ các tinh thể Nitrit Bor thể tích với áp suất và nhiệt độ cao. Các tinh thể này được thiêu kết và liên kết với nhau trên nền cacbit vonfram. Pha liên kết thường hoặc là kim loại, hoặc là nền ceramics, do vậy có tính trơ hóa học rất cao, giúp cho các mảnh dao PCBN có thể làm việc được với vận tốc cắt rất cao.

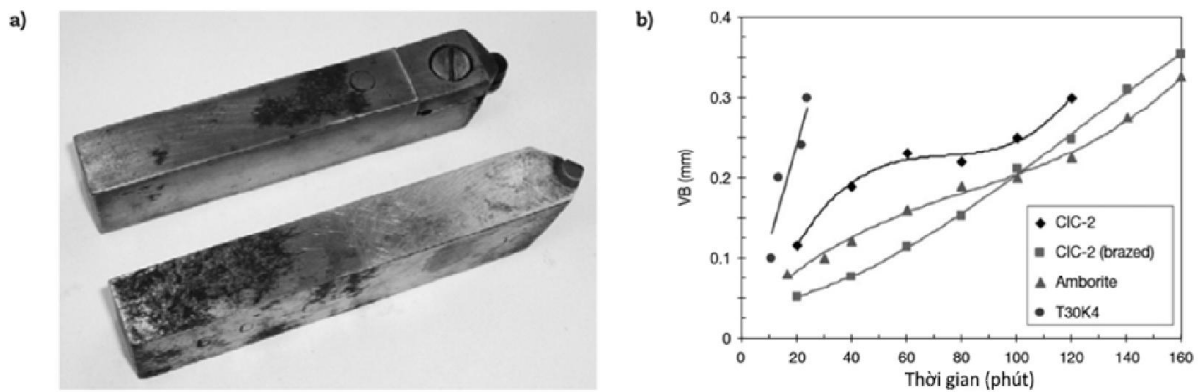
Việc sử dụng các mảnh dao PCBN mang lại một số ưu điểm sau:

- Độ cứng HV từ 60.000 – 80.000 MPa nên có thể gia công được các loại thép đã qua nhiệt luyện.
- Chất lượng bề mặt gia công rất tốt, trong một số trường hợp có thể thay thế nguyên công mài.
- Độ bền nén $\sigma_n > 6500$ MPa và độ bền uốn $\sigma_u > 1.000$ MPa, cao hơn độ bền nén và độ bền uốn của kim cương hơn 3 lần. Điều này cho phép PCBN có khả năng chịu va đập khi cắt tốt hơn kim cương.
- Độ bền nhiệt đến 1.500°C , tức là cao hơn thép gió và kim cương tới gần 2 lần nên cho phép cắt ở vận tốc cao, cho năng suất rất cao.
- Độ bền mòn của mảnh dao cao, do vậy tuổi bền cao. Độ bền mòn của mảnh dao PCBN cao gấp đôi vật liệu sứ và cao gấp khoảng 10 lần so với hợp kim cứng.

2.3.6.2. Dụng cụ phủ PCBN

Hầu hết các dụng cụ cắt PCBN hiện được làm bằng các hạt đa tinh thể thiêu kết được hàn vào thân dao làm từ vật liệu thép có độ cứng và độ bền nhất định. Tuy nhiên, tương tự như quá trình phủ kim cương bay hơi lắng đọng (CVD), CBN cũng được dùng để phủ các dụng cụ để gia công hiệu suất cao. Theo Jiang và công sự², phủ CBN là một trong những

phương án tốt nhất cho các dụng cụ cắt quay và các bộ phận cần có độ chịu mài mòn cao. Công ty Durobor cùng với Nanomech hợp tác với Đại học Arkansas, đã phát triển một công nghệ phủ PCBN cho mảnh cacbua siêu kết có thiết kế khác nhau. Công nghệ lai này kết hợp lớp phủ tinh điện của mảnh PCBN, sau đó là sự xâm nhập bay hơi hóa học của chất kết dính như TiN, TiC, TiCN, HfN, v.v., cho phép tạo ra một số ưu điểm như độ dày, mật độ phù hợp; tăng năng suất và hạ giá thành sản xuất mảnh. Jiang và cộng sự chỉ ra rằng lớp phủ CBN mới này giúp tăng đáng kể tuổi bền dụng cụ khi so sánh với lớp phủ PVD vật liệu TiAlN, phủ đa lớp CVD mảnh dao Al_2O_3 , khi tiện không gián đoạn thép AISI 4340. Ngoài ra, hiệu suất vượt trội của vật liệu phủ CBN trong việc gia công thép đúc và gang đúc đã chứng minh tiềm năng rộng lớn của PCBN để gia công các vật liệu kỹ thuật khó gia công khác.



Hình 2.25. Dao tiện gắn mảnh và đường cong mòn của mảnh dao PCBN

2.3.6.3. Phạm vi sử dụng PCBN

Nitrit Bor thể tích thường được ứng dụng chế tạo hạt mài, bột mài, các mảnh dao khi gia công cao tốc hoặc làm vật liệu phủ cho dụng cụ carbon siêu kết.

Cùng với kim cương, PCBN là một trong hai loại vật liệu siêu cứng tổng hợp. Chúng có một số điểm tương đồng, nhưng cũng có những điểm khác nhau như: Độ bền nhiệt cao hơn kim cương, PCBN không có ái lực với thép nên có thể dùng để gia công các loại gang, thép và thép hợp kim.

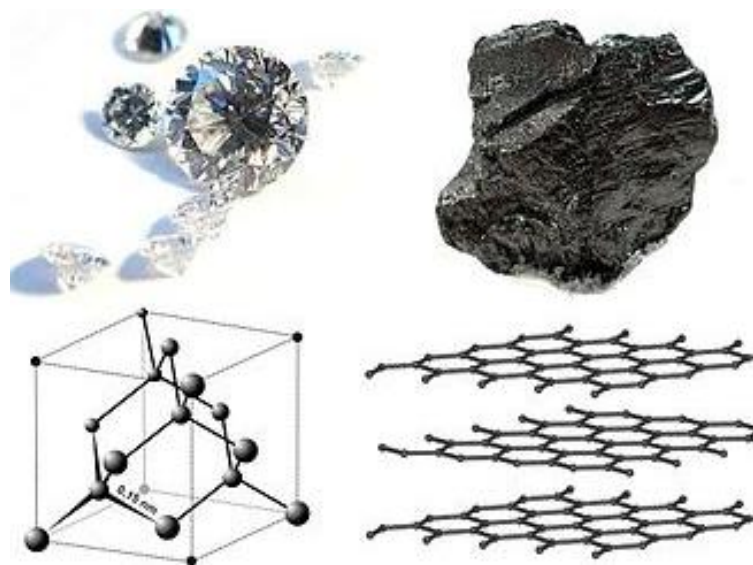
Sự quan tâm ngày càng tăng đối với PCBN như một nhóm vật liệu dụng cụ cắt siêu hạng thể hiện ở nhiều chủng loại sản phẩm khác nhau hiện có trên thị trường. Nói chung, PCBN có sẵn trên thị trường dưới dạng bột tinh thể và mảnh siêu kết. Ngày nay PCBN, giống như kim cương, đã và đang là một vật liệu cát gọt tham gia vào nền kinh tế toàn cầu. Bột tinh thể là dạng cơ bản được tạo ra bởi quá trình tổng hợp HPHT. Tùy thuộc vào các điều kiện xử lý, sự khác biệt đáng kể có thể tồn tại trong các thuộc tính của tinh thể PCBN từ các nhà cung cấp khác nhau. GE là một trong những công ty lớn nhất cung cấp một số loại

bột tinh thể dưới nhãn hiệu Borazon®, bao gồm nhiều loại có dạng hạt thay đổi từ 50/40 đến 250/200 mm và mật độ từ 3,48 đến 5,25g/cm³. Hãng Element Six Nam Phi có nhãn hiệu Ambor®. Độ hạt của bột Element Six, PCBN thay đổi từ 20/30 đến 325/400 mm và có màu sắc khác nhau, liên quan đến độ bền và cách sử dụng. Hãng Sumitomo của Nhật Bản đang sản xuất các nhãn hiệu SBN® và BBN®. Một loại bột tinh thể màu đen, chịu nhiệt; SBN-F, dành riêng cho các sản phẩm siêu kết Sumimoto. Hãng Saint Petersburg Abrasive của Nga đang sản xuất bột đánh bóng nhãn hiệu Elbor®. Tại Ukraine, công ty IPM cung cấp hạt tinh thể có độ bền nâng cao, nhãn hiệu Kuborit®.

2.3.7. Kim cương nhân tạo

2.3.7.1. Đặc điểm của vật liệu dụng cụ kim cương

Kim cương được chia thành kim cương tự nhiên và nhân tạo, đều được tạo ra từ các nguyên tử carbon từ quá trình nén siêu kết graphite ở áp suất và nhiệt độ cao do các yếu tố tự nhiên hoặc nhân tạo. Do có cấu trúc mạng khác với graphite nên kim cương rất cứng trong khi graphite rất mềm (Hình 2.28).



Hình 2.28. Cấu trúc tinh thể kim cương và than chì (Graphite)

Kim cương tự nhiên có độ cứng và độ dẫn nhiệt cao nhất trong các chất tự nhiên nhưng đắt tiền và khó gia công nên ít khi được sử dụng trong công nghiệp, ngoại trừ một vài mục đích đặc biệt như làm chi tiết đồng hồ chính xác, phụ kiện quang học và chế tác đồ trang sức. Với sự phát triển của công nghệ cao, tinh thể kim cương tự nhiên có thể đáp ứng các yêu cầu gia công các chi tiết máy chính xác dùng trong lò phản ứng hạt nhân, con quay điều hướng của gương cầu trong kính viễn vọng điện tử, chip máy tính, súng điện tử gia tốc và dùng làm dụng cụ để gia công các bộ phận siêu chính xác khác. Trong những năm gần

đây, với sự phát triển của một loạt các cơ chế hóa học khi mài dụng cụ kim cương và công nghệ hàn kim cương có khí bảo vệ, làm cho quá trình sản xuất các dụng cụ kim cương tự nhiên trở nên đơn giản hơn trước. Do đó, trong gia công gương chính xác, kim cương tự nhiên đóng vai trò quan trọng. Độ cứng và khả năng chống mài mòn của kim cương cao và độ cứng HV của nó lên tới 100.000 MPa (độ cứng là 10 trong thang độ cứng Mohs). Đồng thời, chất lượng bề mặt gia công tốt vì hệ số ma sát thấp và nó không có ái lực với kim loại màu. Nó có thể cắt kim loại màu và vật liệu phi kim loại như đồng, nhôm, gốm sứ, hợp kim cứng, nhựa, cao su, than chì, thủy tinh và tất cả các loại gỗ chịu mài mòn (đặc biệt là gỗ và ván ép và các vật liệu composite khác). Kim cương cũng có nhược điểm là độ bền uốn kém và độ ổn định nhiệt thấp. Nó dễ dàng được carbon hóa ở 700°C, vì vậy, không thích hợp để gia công vật liệu chứa sắt và thép carbon. Các nguyên tử sắt và nguyên tử carbon dễ dàng phản ứng ở nhiệt độ cao và kim cương được chuyển thành cấu trúc than chì. Ngoài ra, nó cũng bị mài mòn nhanh chóng khi cắt hợp kim niken.

Kim cương được sử dụng làm vật liệu dụng cụ cắt vì nó có các đặc tính cơ lý như sau:

- + Khối lượng riêng từ 3,01 – 3,56g/cm³;
- + Độ cứng HV (70 – 100) GPa;
- + Mô đun đàn hồi (9-10).10⁵ MPa;
- + Độ bền uốn 300 MPa;
- + Độ bền nén đến 2.000 MPa;
- + Hệ số dẫn nở nhiệt (0,73 – 1,45).10⁻⁶/K;
- + Hệ số dẫn nhiệt lên tới 2.200 W/(m.K).

Ngoài ra, cấu trúc của các hạt kim cương có đặc điểm là bề mặt rất xù xì, nhiều lưỡi cắt tế vi, các lưỡi cắt này rất sắc. Giao của các lưỡi cắt tạo thành các đỉnh rất nhọn ($\rho=0.01\div 0.05\text{mm}$). Do vậy, hạt kim cương có thể cắt được lớp phoi có chiều dày rất nhỏ, cắt rất “ngọt”, lực cắt và nhiệt cắt rất nhỏ, quá trình cắt bằng hạt kim cương cho chất lượng bề mặt gia công cao, chất lượng quá trình cắt tốt.

2.3.7.2. Dụng cụ kim cương đa tinh thể (polycrystalline diamond – PCD)

PCD là một vật liệu đa tinh thể được làm từ bột kim cương đơn tinh thể, được thiêu kết với chất kết dính kim loại coban ở nhiệt độ và áp suất cao (áp suất đến 10 GPa và nhiệt độ tới 2000°C). Mặc dù độ cứng của nó thấp hơn kim cương đơn tinh thể tự nhiên, PCD có cấu trúc tinh thể ngẫu nhiên và đẳng hướng và khi được sử dụng như một dụng cụ, nó có thể được sử dụng để tạo thành các lưỡi cắt³, không giống như ND (Nature Diamond) phải chọn mặt phẳng phân cách tốt nhất làm mặt trước cho dụng cụ. Lưỡi cắt của PCD không nhạy

cảm lẫn với tải trọng thay đổi đột ngột và khả năng chống mòn cũng rất tốt. Đồng thời, PCD có thể duy trì lưỡi cắt sắc nét trong một thời gian dài. Tuổi bền thường cao hơn so với hợp kim cứng WC từ 10 đến 500 lần và nguồn nguyên liệu thô để làm PCD rất dồi dào. Trong khi đó, giá thành chế tạo PCD chỉ bằng 1/10 – 1/12 giá thành ND và hiệu suất cắt cao đã khiến nó trở thành dụng cụ thay thế cho dụng cụ cắt WC truyền thống. Hiệu suất của PCD liên quan đến kích thước hạt của kim cương và chất kết dính. Mặc dù kích thước hạt lớn của PCD có khả năng chống mài mòn tốt hơn nhưng rất khó để chế tạo dụng cụ cắt có độ chính xác cao vì lưỡi cắt kém chất lượng về hình học^{4,5}. Ngược lại, dụng cụ làm từ PCD hạt mịn có chất lượng lưỡi cắt tốt hơn. Để cải thiện độ dẻo dai và khả năng dính của PCD, thường phủ PCD trên hợp kim cứng (*Cemented Carbides- CC*) để tạo ra dao PCD composite (PCD/CC). Độ bền uốn của mảnh dao composite và cacbua về cơ bản là giống nhau, độ cứng của bề mặt làm việc gần với dụng cụ PCD với khả năng hàn tốt, dễ dàng mài lại, chi phí thấp. Mảnh dao PCD/CC thường sử dụng cách hàn hoặc kẹp cơ khí để chế tạo dụng cụ cắt. Lưỡi cắt và chất lượng bề mặt của chi tiết gia công bằng dụng cụ PCD kém hơn so với ND⁶. PCD có tính mài kém. Việc mài sắc PCD theo thông số hình học của mảnh dao rất khó khăn và đến nay vẫn không thể dễ dàng sản xuất mảnh PCD có rãnh bẻ phoi hay có thông số hình học phần cắt phức tạp.

2.3.7.3. Dụng cụ kim cương CVD (*CVD diamond tool*)

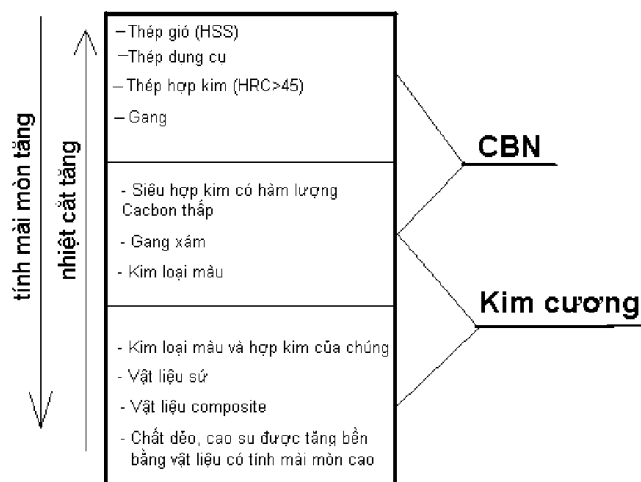
CVD (chemical vapor deposition) đã được áp dụng cho các dụng cụ cắt kể từ khi phương pháp bay hơi lắng đọng hóa học áp suất thấp phát triển thành công. Qua nhiều năm nghiên cứu, ứng dụng và phát triển, phun phủ màng dày dụng cụ kim cương CVD đã bước vào giai đoạn triển khai trên thực tế. Các công ty ở Hoa Kỳ như Kennametal, General Motors và Norton đã cung ứng sản phẩm dạng này ra thị trường. Lưỡi dao bọc màng kim cương CVD đang trong giai đoạn đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển sản phẩm dạng này tại một số trường đại học, viện nghiên cứu và nhà sản xuất dụng cụ tại Trung Quốc như Viện Công nghệ Cáp Nhĩ Tân, Đại học Thanh Hoa, Viện Công nghệ Bắc Kinh, Đại học Giao thông Thượng Hải và Viện nghiên cứu kim loại màu Quảng Châu. Phương pháp dây nóng (The hot wire method), phương pháp plasma vi sóng và phương pháp phản lực plasma DC được sử dụng để chế tạo kim cương CVD. Dụng cụ cắt kim cương CVD có thể được chia thành hai loại: Dụng cụ phun phủ màng kim cương mỏng và dụng cụ phun phủ màng kim cương dày.

2.3.7.4. Phạm vi sử dụng của PCD và PCD phủ

Do chất lượng gia công tốt và tính kinh tế cao, các dụng cụ cắt PCD cho thấy nó có lợi thế trong lĩnh vực cắt vật liệu phi kim loại, kim loại màu và vật liệu hợp kim, vật liệu kim loại siêu kết tổng hợp. Khi lý thuyết về dụng cụ cắt PCD được nghiên cứu sâu hơn, vai trò và vị trí PCD trong vật liệu dụng cụ cắt siêu cứng sẽ ngày càng trở nên quan trọng và phạm vi ứng dụng của nó cũng sẽ được mở rộng hơn nữa.

Mặc dù có các đặc tính vượt trội, nhưng do là một vật liệu cấu tạo từ carbon, kim cương có những giới hạn công nghệ không thể vượt qua. Độ chịu nhiệt hạn chế và các phản ứng phân hủy dễ xảy ra khi tiếp xúc với các kim loại và hợp kim đen. Ví dụ, quá trình oxy hóa kim cương bắt đầu ở 600°C trong khi quá trình chuyển đổi thành than chì diễn ra trên 900°C⁷. Khi kim cương tiếp xúc với một hợp kim ferrous, như thép, hoặc siêu hợp kim niken sẽ làm suy giảm tính chất của kim cương do dễ hình thành cacbua⁸. Do những hạn chế này, kim cương chỉ có thể được sử dụng ở nhiệt độ vừa phải và ứng dụng của nó bị hạn chế trong phạm vi gia công các vật liệu không chứa ferrous, cũng như các hợp kim không chứa sắt. Một vật liệu siêu cứng tổng hợp khác, boron nitride thể tích (CBN), là giải pháp khắc phục những hạn chế của kim cương.

Phạm vi sử dụng của kim cương và CBN, PCBN được trình bày trên Hình 2.29. Một số đặc tính cơ lý của PCD được trình bày trên Bảng 2.19.



Hình 2.29. Phạm vi sử dụng của kim cương và CBN, PCBN

2.3.8. Dụng cụ phun phủ và vật liệu lớp phủ

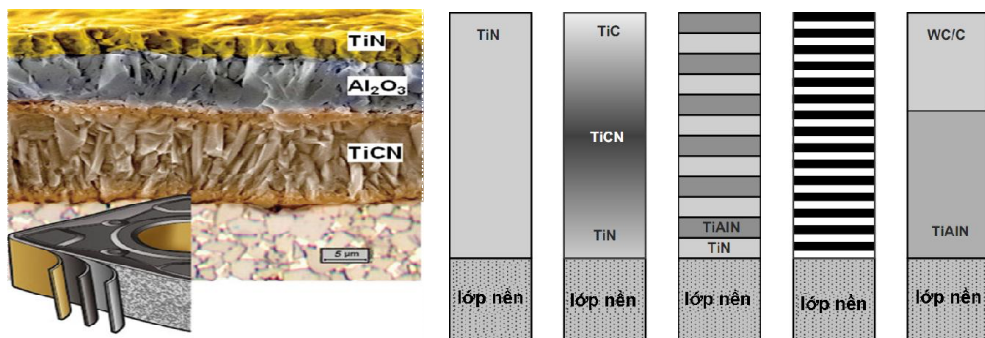
2.3.8.1. Giới thiệu về phun phủ và dụng cụ phun phủ

Một trong những thay đổi có tính cách mạng trong ngành cắt gọt kim loại là lớp phủ cứng. Phương pháp phun phủ dụng cụ cắt đã mở rộng phạm vi ứng dụng của nhiều loại vật liệu dụng cụ cắt và tăng đáng kể năng suất gia công. Hiện nay khoảng 50% các dụng cụ cắt

thép gió, khoảng 85% dụng cụ cắt hợp kim cứng đều được phủ⁹.

Các ưu điểm của lớp phủ:

- Tăng độ cứng bề mặt, từ đó cải thiện độ bền mòn của dụng cụ cắt.
- Tăng độ bền mòn (các dạng mòn do mài mòn, mòn do dính, ...).
- Giảm hệ số ma sát, từ đó giảm lực cắt, ngăn ngừa dạng mòn do dính ở diện tích tiếp xúc giữa mặt trước của dụng cụ cắt và phôi, giảm nhiệt phát sinh, ...
- Giảm hoặc ngăn lượng nhiệt truyền vào dụng cụ cắt.
- Nâng cao chất lượng bề mặt gia công.



Hình 2.30. Lớp phủ một lớp và nhiều lớp

Hiệu suất làm việc của dụng cụ cắt có thể được cải thiện bằng cách áp dụng một lớp phủ lên bề mặt của dụng cụ cắt. Nhiều loại cấu trúc lớp phủ và vật liệu phủ có thể được kết hợp để tạo ra các dụng cụ cắt có hiệu suất cắt gọt cao. Lớp phủ không chỉ có chức năng kéo dài tuổi bền của dụng cụ cắt mà còn có tác dụng chống mài mòn và sự bám dính vật liệu phôi và phoi vào các bề mặt phần cắt khi dụng cụ cắt gọt. Độ bền của lớp phủ phụ thuộc vào vật liệu được sử dụng cho lớp phủ, nhưng các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng cấu trúc phủ nhiều lớp sẽ nâng cao độ cứng của lớp phủ và tăng khả năng chống mài mòn. Hiện nay, sự kết hợp của nhiều vật liệu khác nhau như TiAlN/TiN, TiCN/TiSiN/TiAlN ... đang được sử dụng cho phủ nhiều lớp bề mặt làm việc dụng cụ cắt. Sự kết hợp nhiều lớp này sẽ tạo ra các đặc tính cơ học và đặc tính bề mặt đặc biệt cho dụng cụ cắt.

Trong quá trình cắt liên tục, lớp phủ sẽ đảm bảo điều kiện tiếp xúc giữa các bề mặt là tối ưu để giảm áp lực lên chêm cắt và sự ổn định hình dạng của nó. Ngoài ra, lớp phủ phải chịu được áp suất nén cao trong quá trình cắt. Lớp phủ cũng phải có khả năng bám dính tốt vào bề mặt của phần cắt dụng cụ, làm tăng tuổi bền của dụng cụ cắt cho

Bảng 2.19. Đặc tính cơ lý của PCD¹⁰

Mác	Độ cứng (Gpa)	Tỷ trọng (g/cm ³)	Độ bền, GPa		Mô đun Young (Gpa)	Độ dẫn nhiệt (W/mK)	Độ bền nhiệt ¹¹ (K)	Hệ số giãn nở dài (1/K).10 ⁻⁶
			Nén	Uốn				
ASB	50 – 90	3,5 – 3,9	0,4 – 0,6	0,78	800 - 850	290 - 300	873 - 993	0,9 – 1,2
ASPK	80 - 100	3,5 – 4,0	0,4 – 0,8	0,5 – 1,0	900	-	1073 - 1173	0,9 – 1,2
SKM	60 -70	-	0,6 – 0,8	-	850	150 - 250	973 - 1073	-
ATP	46 - 82	-	-	-	-	-	-	-
SVBH	70 - 100	3,3 – 3,45	8,0 – 10,0	-	-	-	1073 - 1223	-
Karbonit	40 - 45	3,2 – 3,4	4,5 – 6,0	-	-	-	1473	-
Almet	94– 96 HRA	-	5,0 – 10,0	-	500 - 600	-	973	-
SV	65 - 100	-	5,0 – 10,0	-	850	-	1573 - 1623	-
DAP	72 - 80	-	4,8 – 5,3	-	-	-	-	-
Syndite 010	50	-	7,60	0,96	900	420 - 480	973	4,2
Syndite 025	49,8	-	7,61	0.9 – 1,1	841 - 925	550 - 640	973	4,5

đến khi lớp phủ mất hoàn toàn trên bề mặt vật liệu nền¹².

Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ vật liệu, thép dụng cụ ngày càng ít được sử dụng và đã được thay thế bằng các vật liệu khác có tính chất cơ học tốt hơn, giúp tiết kiệm về chi phí gia công và chi phí năng lượng của quá trình gia công bằng cắt. Nhu cầu phát triển vật liệu dụng cụ cắt mới ngày càng tăng do những yêu cầu của các quá trình sản xuất trong ngành cơ khí chế tạo máy nhằm tăng năng suất, tăng tính bền vững và thân thiện hơn với môi trường như sử dụng bôi trơn tối thiểu, gia công cao tốc và gia công cứng. Bảng 2.20 giới thiệu thông số cơ lý của một số vật liệu dụng cụ cắt thường được sử dụng trong ngành công nghiệp gia công cơ khí chế tạo hiện nay.

Bảng 2.20. Đặc tính cơ lý của một số vật liệu dụng cụ cắt

Vật liệu	Mô đun đàn hồi, E (GPa)	Độ cứng HV (GPa)	Độ bền nén (MPa)	Độ dẫn nhiệt (Wm ⁻¹ °C ⁻¹)
WC	625 - 700	22 - 36	3.350 - 6.830	55 - 80
Kim cương	1.220	100	9.000	2.000
WC-C ₀	400 - 650	7 - 22	3000 - 9.000	70 - 120
Thép gió	150 - 200	2,40 - 4,0	250 - 1.760	15 - 65
SiC	400 - 460	23 - 26	1.000 - 4.500	80 - 130
Al ₂ O ₃	343-390	12 - 20,6	500 - 2.700	2 - 38.5

2.3.8.2. Công nghệ phun phủ vật liệu dụng cụ cắt

Công nghệ bay hơi lắng đọng một lớp màng mỏng trên vật liệu nền thường được phân thành hai loại, đó là bay hơi lắng đọng hóa học (Chemical Vapor Deposition - CVD) và bay hơi lắng đọng vật lý (Physical Vapor Deposition - PVD).

+ Bay hơi lắng đọng vật lý (PVD) là một quá trình phủ chân không, trong đó vật liệu được sử dụng sẽ được tách ra khỏi nguồn bằng cách bay hơi hoặc phun. Sau đó, nó sẽ được vận chuyển bằng năng lượng hơi của các hạt và sẽ ngưng tụ trên vật liệu được phủ và tạo thành một màng mỏng. Các hợp chất hóa học có thể được đưa vào buồng phủ bằng cách sử dụng cùng một nguồn nguyên liệu. Quá trình này cũng có thể được thực hiện thông qua các khí phản ứng như nitơ, oxy hoặc hydrocarbon đơn chất chứa vật liệu phản ứng mong muốn, trong đó các khí này sẽ hoạt động với các kim loại trên vật liệu nền cần phủ.

+ Bay hơi lắng đọng hóa học (CVD) là một quá trình kích hoạt nhiệt, trong đó vật liệu nền sẽ được nung nóng và sau đó sẽ phản ứng với một hợp chất khí hóa học. Các hơi phản ứng chính là halogen kim loại, cacbonyl kim loại, hợp chất hydride và hợp chất

organometallic. Để phá vỡ hợp chất kim loại, vật liệu nền thường sẽ được nung ở nhiệt độ tương đối cao¹³.

Công nghệ phủ CVD đã được thương mại hóa vài chục năm trước ở các nước công nghiệp tiên tiến nhưng công nghệ phủ PVD rõ ràng đang có tác động mạnh trên thị trường¹⁴. Công nghệ PVD thành công vì nó cho phép quá trình bay hơi lắng đọng được tiến hành ở nhiệt độ thấp hơn, chỉ vào khoảng 450 - 550°C, so với quá trình CVD, được tiến hành ở nhiệt độ 550 - 1100°C. Sự phát triển của công nghệ PVD tạo điều kiện cho sự lắng đọng của một lớp màng mỏng trên vật liệu dụng cụ carbua thiêu kết vì nhiệt độ lắng đọng dưới độ bền nhiệt của thép gió¹⁵. Ngoài ra, ưu điểm của PVD là có thể kiểm soát chính xác độ dày của lớp phủ, đặc biệt là trên các lưỡi cắt của dụng cụ cắt. Điều này cho phép sản xuất một dụng cụ cắt có lưỡi cắt sắc hơn¹⁶. Ứng suất nén sẽ được tạo ra thông qua quá trình PVD¹⁷, tính năng này có thể ngăn ngừa sự phát triển các vết nứt ở lưỡi cắt khi tiếp xúc với tác động mạnh khi cắt.

Chương 3. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA QUÁ TRÌNH CẮT

3.1. Quá trình hình thành và sự biến dạng của phoi

Trong quá trình cắt, dụng cụ cắt tác dụng một lực P vào vật liệu gia công, vật liệu gia công bị biến dạng, phá huỷ rồi tách ra khỏi bề mặt chi tiết gia công. Lớp vật liệu bị tách ra gọi là phoi.

Quá trình tạo phoi là quá trình vật lý rất phức tạp ở đó có biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo, phá huỷ. Quá trình tạo phoi phát sinh nhiệt và ma sát lớn, có các hiện tượng lẹo dao, cuộn phoi, co rút phoi, biến cứng... Việc nghiên cứu quá trình tạo phoi rất quan trọng vì trị số của công cắt (Công làm biến dạng chiếm khoảng 90% công cắt), tuổi thọ của dụng cụ cắt (tốc độ mòn của dụng cụ cắt), chất lượng của chi tiết gia công phụ thuộc rất nhiều vào quá trình tạo phoi.

3.1.1. Quá trình hình thành và các dạng phoi

(Quá trình hình thành và các dạng phoi)

- Dưới tác dụng của lực, VL bị biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo
- Mức độ biến dạng lớn nhất nằm ngay dưới đường Om.
- Trong lớp kim loại này xuất hiện ứng suất tiếp tuyến τ và ứng suất pháp tuyến σ .
- Khi lực tạo phoi đủ lớn để có τ_{ϕ} và σ_{ϕ} lớn hơn $[\tau]$ và $[\sigma]$ của vật liệu thì vật liệu bị phá huỷ. Lớp kim loại được tách ra khỏi nguyên khối của nó. Phoi được hình thành, quá trình cắt được thực hiện.
- Do vậy bản chất của quá trình cắt là quá trình phát triển của biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo rồi phá huỷ vật liệu.

* Các dạng phoi:

- Trong quá trình cắt, tùy thuộc vào cơ lý tính của vật liệu gia công, thông số hình học của DCC, chế độ cắt, các yếu tố lớp cắt... có thể có các dạng phoi khác nhau. Dạng phoi thể hiện mức độ biến dạng của phoi trong quá trình ma sát của nó trên mặt trước của DCC

+ Phoi vụn: Khi gia công các vật liệu giòn (như gang, đồng thau...) độ dẻo thấp, ở tốc độ cắt thấp phoi được tạo ra là các hạt nhỏ vụn rời nhau.

- Khi các biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo ít phoi được hình thành không liên tục lực cắt thay đổi gây rung động, độ nhám bề mặt lớn khi cắt có phoi vụn

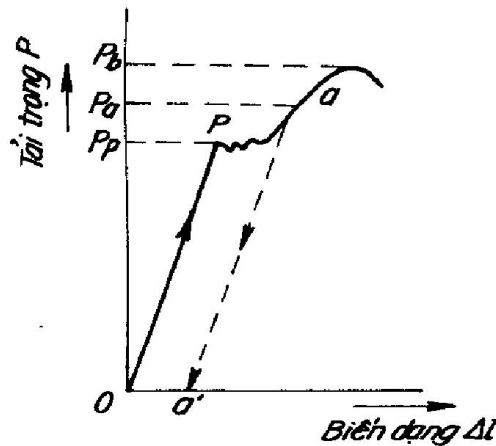
+ Phoi xếp: Khi gia công các vật liệu dẻo (thép hợp kim các loại) với tốc độ cắt trung bình, chiều dày cắt lớn, góc cắt lớn, phoi xếp được hình thành. Chúng có dạng từng mảnh rời hoặc đoạn ngắn liên tiếp nhau. Mặt sau ma sát với mặt trước của dao nhẵn bóng, mặt kia của phoi có dạng răng cưa. Khi cắt có phoi xếp lực cắt cũng thay đổi nhưng thay đổi ít hơn có phoi vụn. Do đó chất lượng bề mặt khá hơn.

+ Phoi dây: Được hình thành khi gia công các vật liệu dẻo ở tốc độ cắt cao và chiều dày cắt nhỏ.

- Phoi là 1 dải kim loại được cuộn tròn liên tục. Mặt phoi tiếp xúc với mặt trước của dao rất nhẵn và bóng, mặt kia tương đối nhẵn hoặc hơi xù xì.
- Khi cắt có phoi dây, lực cắt ít thay đổi chất lượng bề mặt gia công cao. độ nhấp nhô bề mặt nhỏ.
- 1 số nghiên cứu đã căn cứ vào mức độ biến dạng của phoi để đánh giá quá trình biến dạng trong vùng tạo phoi và ma sát giữa phoi và mặt trước của DCC.)

3.1.1.1. Biến dạng của kim loại

Khi nghiên cứu sức bền vật liệu có được biểu đồ biến dạng của kim loại như hình 3.1.



Hình 3.1: Biểu đồ kéo kim loại

Khi tải trọng tác dụng $P \leq P_p$, kim loại bị biến dạng đàn hồi (khi bỏ tải trọng kim loại trở về trạng thái ban đầu)

Khi $P_p < P < P_b$. Kim loại bị biến dạng dẻo (bỏ tải trọng kim loại không trở về trạng thái ban đầu mà bị kéo dài một đoạn $0a'$) P_p là giới hạn chảy.

Khi $P \geq P_b$ (ứng với giới hạn bền $[\sigma_b]$) Kim loại bị phá hủy.

3.1.1.2. Quá trình hình thành phoi

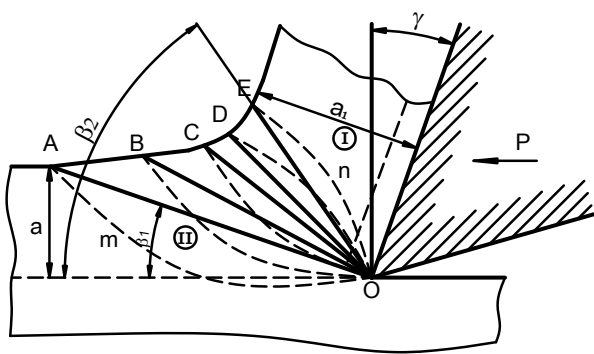
Quá trình cắt kim loại là quá trình nén dụng cụ cắt lên bề mặt gia công. Để có thể tạo phoi, lực tác dụng P (Lực cắt) phải đủ lớn để tạo ra trong lớp kim loại ứng suất lớn hơn sức bền của vật liệu chi tiết gia công.

Sự biến dạng của kim loại khi cắt xảy ra theo 3 giai đoạn. (Biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo, phá hủy).

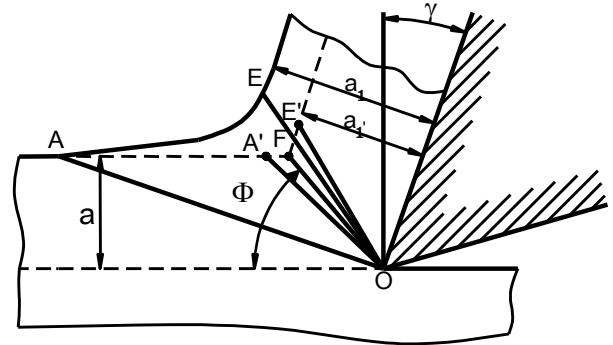
- Khi cắt dưới tác dụng của lực cắt P dụng cụ cắt nén lên bề mặt gia công theo mặt trước, khi dụng cụ cắt chuyển động trong vật liệu gia công phát sinh biến dạng đàn hồi, nhanh chóng chuyển sang biến dạng dẻo rồi phá hủy và một lớp phoi có chiều dày a_f được hình thành từ lớp kim bị cắt có chiều dày a di chuyển dọc theo mặt trước của dụng cụ cắt. Khi đó mạng tinh thể kim loại bị biến dạng rất lớn, dưới tác dụng của ứng suất tiếp τ các thành phần của mạng tinh thể kim loại bị trượt tương đối với nhau theo những mặt và phương trượt nhất định.

Các nhà khoa học khi nghiên cứu quá trình tạo phoi chỉ ra rằng vùng cắt có 3 khu vực (hình 3.2).

- 1- Phoi ; 2 - Vùng trước mũi dao; 3 – Vùng dưới mũi dao.



Hình 3.2: Sơ đồ hoá miền tạo phoi tốc độ



Hình 3.3: Miền tạo phoi ứng với các cắt khác nhau

Giữa lớp kim loại bị cắt và phoi có một khu vực biến dạng dẻo (2), khu vực này gọi là miền tạo tạo phoi và được sơ đồ hoá như hình vẽ. Miền tạo phoi được giới hạn bởi đường $0mA$ và $0nE$. Dọc theo đường $0mA$ những biến dạng dẻo đầu tiên được phát sinh, đường $0nE$ là đường kết thúc biến dạng dẻo. Đường AE nối liền khu vực chưa biến dạng và phoi. Các đường $0A, 0B, 0C, 0D, 0E$ là các mặt trượt. Ngoài ra lớp kim loại bị cắt sau khi đã bị biến dạng trong miền tạo phoi khi chuyển động trên mặt trước còn bị biến dạng phụ thêm do ma sát với mặt trước của dụng cụ cắt (vùng trượt thứ 2).

Trong quá trình cắt miền tạo phoi di chuyển cùng với dụng cụ cắt. Độ lớn của miền tạo phoi phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ cắt. Tốc độ cắt càng lớn miền tạo phoi càng bị thu hẹp (Vi sự lan chuyển của biến dạng dẻo bị co lại) và ở lân cận đường OF làm với phương của tốc độ cắt một góc Φ , hình 3.3 biểu diễn miền tạo phoi ứng với các tốc độ khác nhau. Đến giá trị nào đó của tốc độ cắt miền tạo phoi bị thu hẹp đến mức chiều rộng của nó chỉ còn vài %mm. Khi đó có thể coi một cách gần đúng quá trình biến dạng dẻo khi cắt xảy ra trên mặt phẳng OF đi qua lưỡi cắt và với phương của tốc độ cắt một góc Φ .

OF gọi là mặt trượt quy ước.

Φ : Gọi là góc trượt, đặc trưng cho hướng và trị số của biến dạng dẻo trong miền tạo phoi. Φ càng nhỏ biến dạng càng lớn (Φ càng nhỏ a_f càng lớn \Rightarrow biến dạng càng lớn).

Sau khi bị biến dạng rất lớn ở mặt phẳng trượt mạng tinh thể bị dãn dài và xuất hiện hiện tượng định hướng lại phương mạng giữa các hạt. Vì vậy có sự quay của mặt phẳng trượt của phoi trên mặt trước, mặt phẳng trượt này làm với phương của tốc độ cắt một góc ψ , ta thấy $\psi > \Phi$. Hình 3.4 là ảnh chụp sự biến dạng trong quá trình cắt.

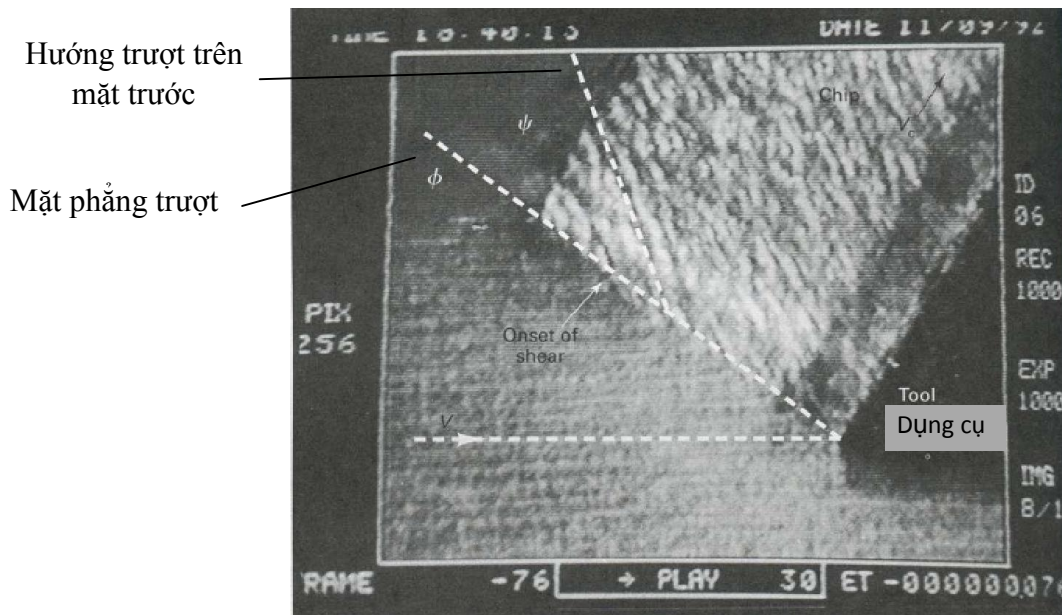
Góc Φ có thể xác định theo công thức:

$$2\Phi + \theta - \gamma = C \quad (3.1)$$

C : Hằng số $C \approx 80^0$

γ : Góc trước

θ : Góc ma sát trên mặt trước của dụng cụ cắt



Hình 3.4: Ảnh chụp quá trình biến dạng trong quá trình cắt

Qua thực nghiệm cho thấy $\Phi = 10 \div 45^0$

Góc trượt trên mặt trước có thể được xác định theo công thức

$$\psi = 45^0 - \Phi + \gamma/2 \quad (3.2)$$

3.1.1.3. Các dạng phoi

Tùy theo vật liệu của chi tiết gia công, thông số hình học của dụng cụ cắt, chế độ cắt phoi cắt tạo ra có nhiều hình dạng khác nhau (hình 3.5). Dựa vào các dạng phoi có thể đánh giá được chất lượng bề mặt chi tiết gia công.

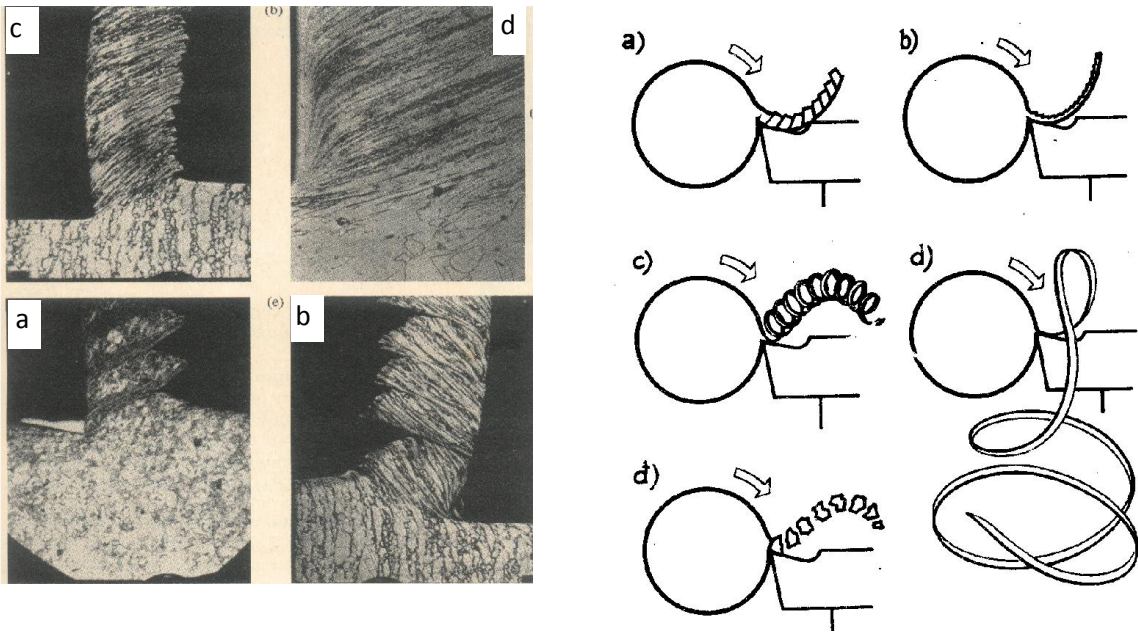
Có 3 dạng phoi chủ yếu:

* **Phoi xếp:** Có dạng từng đót xếp lại, mặt phoi đối diện với mặt trước của dụng cụ cắt thì rất bóng, mặt kia có dạng răng cưa (hình 3.5a,b). Phoi xếp xuất hiện khi gia công vật liệu dẻo (thép, đồng thau...) ở tốc độ cắt thấp, chiều dày cắt lớn, góc cắt δ lớn (góc trước nhỏ). Khi tạo thành phoi xếp kim loại bị biến dạng rất lớn.

* **Phoi dây:** Có dạng kéo dài liên tục mặt phoi đối diện với mặt trước của dụng cụ cắt nhẵn bóng, mặt kia hơi gợn (hình 3.5c,d). Ở phoi dây khó quan sát mặt trượt hơn phoi xếp, điều đó chứng tỏ biến dạng dẻo khi tạo thành phoi dây ít hơn khi tạo thành phoi xếp do đó cho chất lượng bề mặt chi tiết gia công cao hơn. Phoi dây được tạo thành khi gia công vật liệu dẻo ở tốc độ cắt cao, chiều dày cắt nhỏ.

* **Phoi vụn:** Phoi gồm những phần tử riêng biệt có hình dáng khác nhau, không liên kết hoặc liên kết yếu với nhau (hình 3.5e). Phoi vụn có được khi gia công vật liệu giòn

(gang, đồng thau cứng...), bề mặt chi tiết gia công có cấu tạo gần giống như bề mặt kim loại bị phá hủy giòn, chất lượng bề mặt rất thấp.



Hình 3.5: Các dạng phoi

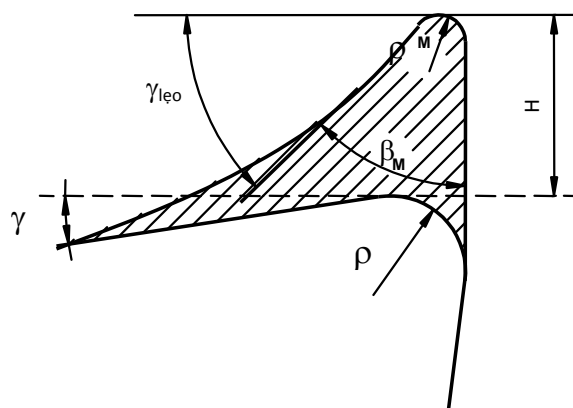
3.1.2. Hiện tượng lẹo dao

3.1.2.1. Hiện tượng:

Trong quá trình cắt kim loại, ở điều kiện cắt gọt nào đó, đặc biệt là trong quá trình cắt vật liệu dẻo tạo ra phoi dây. Trên mặt trước của dao kề ngay lưỡi cắt chính xuất hiện những lớp vật liệu có cấu trúc và cơ lý tính khác hẳn với vật liệu của chi tiết gia công và vật liệu làm dao, gắn chặt vào lưỡi cắt. Hiện tượng này gọi là hiện tượng lẹo dao, khối kim loại đó gọi là khối lẹo hay lẹo dao. Lẹo dao có hình dạng như hình 3.6.

* Đặc điểm của lẹo dao :

- Có độ cứng cao hơn vật liệu chi tiết gia công $2,5 \div 3,5$ lần.
- Hiện tượng lẹo dao hình thành, lớn lên, giảm dần và mất đi liên tục trong quá trình cắt. (Lớp vật liệu này gắn chắc trên mặt trước của dao, song không ổn định. Nó được hình thành, lớn dần rồi giảm dần và bị phá hủy, rồi lại được hình thành ...)
- Góc trước trên khối lẹo lớn hơn góc trước trên dụng cụ cắt $\gamma_{lẹo} > \gamma$.



Hình 3.6: Lẹo dao

3.1.2.2. Nguyên nhân và điều kiện sinh ra lẹo dao

* Nguyên nhân

Trong quá trình cắt, phoi được tạo thành trượt trên mặt trước của dụng cụ cắt với tốc độ rất lớn. Áp lực đơn vị của phoi lên mặt trước của dụng cụ cắt rất lớn dẫn đến các lớp kim loại của phoi nằm sát mặt trước có nhiệt độ rất lớn. Nhiệt độ này làm cho lực liên kết giữa các nguyên tử trong nội bộ kim loại bị giảm đi. Mặt khác mặt trước của dụng cụ cắt không tuyệt đối nhẵn nên lực ma sát giữa phoi và mặt trước của dụng cụ cắt rất lớn. Lực ma sát này làm cho tốc độ di chuyển của phoi nằm sát mặt trước bị di chuyển chậm lại so với tốc độ di chuyển của phoi. Trong một điều kiện nào đó khi lực ma sát giữa phoi và dụng cụ cắt thắng được các mối liên kết trong nội bộ kim loại của phoi, lực ma sát sẽ giữ những lớp kim loại của phoi sát mặt trước nằm lại trên dao và lẹo dao hình thành.

Lẹo dao chỉ có thể hình thành khi vật liệu dụng cụ cắt và vật liệu phoi có thể hàn dính được với nhau ở nhiệt độ cao (khi gia công thép, vật liệu làm dụng cụ cắt là gốm sứ thì lẹo dao không thể hình thành).

* Điều kiện hình thành lẹo dao

Điều kiện hình thành lẹo dao có thể được giải thích hình 3.7.

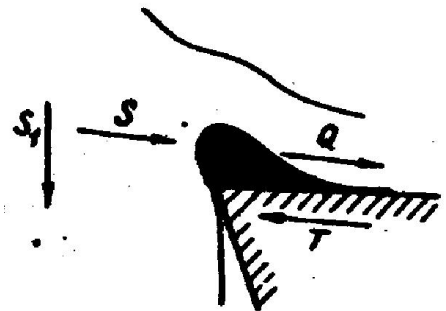
Gọi T là lực ma sát giữa phoi và mặt trước của d

Q : Lực liên kết trong nội bộ kim loại.

S : Lực đẩy phoi (lực gây thoát phoi).

Ta có điều kiện để hình thành lẹo dao:

$$\vec{T} \geq \vec{Q} + \vec{S} \quad (3.3)$$



Hình 3.7 : Các lực tác dụng lên phân tử phoi

Lẹo dao hình thành sẽ thay thế mũi dao trong quá trình cắt, khi lẹo dao phát triển đến một mức độ nào đó, do có độ bền uốn kém, lẹo dao bị phá huỷ, sau đó lại được hình thành và phát triển. Quá trình này cứ lặp đi, lặp lại trong suốt quá trình cắt. Như vậy khi lẹo dao hình thành γ_1, α_1 luôn thay đổi dẫn đến rung động trong quá trình cắt, chất lượng bề mặt chi tiết gia công thấp (R_a, R_z lớn).

* Phân loại lẹo dao: Có 2 loại

- **Lẹo dao ổn định:** Nằm dọc theo lưỡi cắt trong suốt quá trình cắt.

Loại lẹo dao này gồm một số lớp gần như song song với mặt trước của dụng cụ cắt, thường xuất hiện khi gia công thép có chiều dày nhỏ.

- **Lẹo dao chu kỳ :**

Loại lẹo dao này gồm 2 phần: Phần nằm sát mặt trước dụng cụ cắt về cơ bản là lẹo dao ổn định. Trên phần nền đó xuất hiện loại lẹo dao thứ 2, phần này sinh ra và mất đi

liên tục trong quá trình cắt. Loại lẹo dao này thường gặp trong quá trình cắt.

Phân tích nguyên nhân và điều kiện hình thành lẹo dao thấy rằng: Lớp kim loại hình thành lẹo dao bị biến dạng dưới áp lực rất lớn (tới 100.000 at) và ở nhiệt độ rất cao, nên tổ chức tế vi của lẹo dao bị thay đổi hoàn toàn so với tổ chức tế vi của vật liệu chi tiết gia công, và có độ cứng cao hơn độ cứng vật liệu chi tiết gia công.

3.1.2.3. Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới lẹo dao

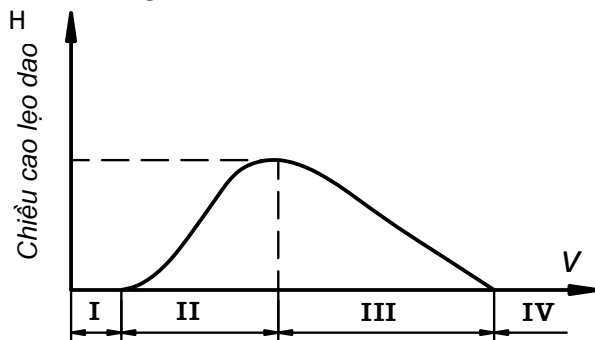
Những nghiên cứu và thực nghiệm cho thấy biểu đồ ảnh hưởng của tốc độ cắt đến lẹo dao như biểu đồ hình 3.8. Biểu đồ được chia làm 4 khu vực:

- Khu vực 1: Vùng tốc độ thấp $V_c < V_1$ lẹo dao chưa hình thành. Ở vùng tốc độ cắt này nhiệt cắt thấp, lực liên kết S lớn, do đó điều kiện lẹo dao chưa hình thành.

- Khu vực 2: Vùng tốc độ cắt trung bình $V_1 < V_c < V_2$.

Lẹo dao hình thành và phát triển cùng với việc tăng tốc độ cắt. Ở khu vực này nhiệt cắt lớn, S giảm, điều kiện lẹo dao hình thành. Khi tăng tốc độ cắt điều kiện lẹo dao càng dễ hình thành và chiều cao lẹo dao tăng dần, bằng Hmax khi $V = V_2$.

H: Chiều cao của khối lẹo.



Hình 3.8: Quan hệ giữa tốc độ cắt và lẹo dao

- Khu vực 3: Vùng tốc độ cắt cao $V_2 < V_c < V_3$.

Ở vùng này chiều cao lẹo dao giảm dần cùng với việc tăng tốc độ cắt. Khi $V_c > V_2$ nhiệt độ ở vùng cắt rất cao, biến dạng của phoi ở vùng cắt cực lớn làm cho lớp kim loại của phoi tiếp xúc với mặt trước của dụng cụ cắt bị chảy nhão, hệ số ma sát giữa phoi và mặt trước giảm, lực ma sát T giảm, điều kiện hình thành lẹo dao giảm, V_c càng tăng T càng giảm, h giảm dần và triệt tiêu khi $V_c = V_3$.

- Khu vực 4: $V_c > V_3$

Vùng này không có hiện tượng lẹo dao. Khi $V_c > V_3$, T giảm đến mức điều kiện lẹo dao không hình thành. Ngoài ra xu hướng hàn dính giữa phoi và mặt trước cũng mất đi.

Như vậy hiện tượng lẹo dao chỉ xuất hiện trong vùng tốc độ cắt $V_1 < V_c < V_3$. khoảng $V_1 \div V_3$ phụ thuộc vào vật liệu gia công, vật liệu dụng cụ cắt và từng điều kiện cắt cụ thể (Chiều dày cắt, thông số hình học của dụng cụ cắt, dung dịch trơn nguội...).

3.1.2.4. Ưu nhược điểm của lẹo dao

Ưu điểm:

- Lẹo dao xuất hiện có tác dụng bảo vệ và thay thế mũi dao trong quá trình cắt gọt

làm tăng tuổi bền của dụng cụ cắt (lẹo dao có độ cứng cao dao ít bị mòn).

- Lẹo dao có $\gamma_1 > \gamma$ (làm tăng góc trước và góc sau): làm giảm biến dạng vùng tạo phoi, giảm ma sát giữa mặt sau và bề mặt đã gia công, kết quả là làm cho lực cắt giảm, quá trình cắt xảy ra dễ dàng hơn.

Nhược điểm:

- Do hình thành và mất đi liên tục trong suốt quá trình cắt, làm lực cắt biến thiên, gây rung động trong quá trình cắt, ảnh hưởng xấu đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công (độ nhấp nhô bề mặt tăng).

- Lẹo dao mất đi có thể sẽ nằm lại trên mặt trước của dụng cụ cắt, ảnh hưởng xấu tới chất lượng bề mặt chi tiết gia công.

Đối với gia công thô ảnh hưởng này ít nguy hại. Khi gia công tinh cần lưu ý tránh tác động xấu của lẹo dao đến độ nhấp nhô bề mặt gia công.

Những biện pháp làm giảm lẹo dao.

- Cắt ở vùng tốc độ cắt không hình thành lẹo dao.

- Giảm lực ma sát giữa phoi và mặt trước: Mài bóng mặt trước, dùng dung dịch trơn nguội, lựa chọn vật liệu làm dao có hệ số ma sát bé và khuynh hướng hàn dính với vật liệu gia công nhỏ.

3.1.3. Hiện tượng biến dạng phoi

3.1.3.1. Hiện tượng

Khi cắt kim loại bị biến dạng dẻo nên kích thước của phoi thường thay đổi so với kích thước của lớp cắt sinh ra nó (hình 3.9).

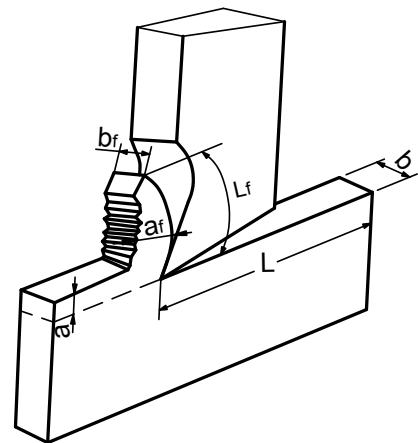
Gọi l : Chiều dài lớp cắt.

l_f : Chiều dài phoi.

a : Chiều dày lớp cắt.

a_f : Chiều dày phoi.

b_f : Chiều rộng phoi.



Hình 3.9: Biến dạng phoi

Thông thường: $l_f < l$; $a_f > a$; $b_f \approx b$. Hiện tượng thay đổi kích thước này gọi là **hiện tượng biến dạng phoi** (còn gọi là hiện tượng co dãn phoi). Nó biểu thị quá trình biến dạng dẻo của phoi.

Để đánh giá mức độ biến dạng phoi dùng hệ số co rút/dãn phoi.

- Hệ số biến dạng phoi theo chiều dọc:

$$K_1 = \frac{l}{l_f} = 1 / l_f \quad (3.4)$$

l : chiều dài lớp kim loại bị cắt đo trên phoi (mm).

l_f : chiều dài thực tế của phoi(mm)

K_l : Hệ số co giãn phoi theo chiều dọc (thường $K_l \geq 1$).

- Hệ số biến dạng phoi theo chiều dày :

$$K_a = \frac{a_f}{a} \quad (3.5)$$

a_f : Chiều dày của phoi. (mm)

a : Chiều dày lớp kim loại được cắt đo trên phôi. (mm)

K_a : Hệ số co giãn phoi theo chiều dày (thường $K_a \geq 1$)

- Hệ số biến dạng phoi theo chiều rộng: $K_b = \frac{b_f}{b}$

b_f : Chiều rộng phoi (mm)

b : Chiều rộng lớp kim loại được cắt đo trên phôi (mm)

K_b : Hệ số co giãn phoi theo chiều rộng (thường $K_b \approx 1$)

Khi kim loại bị biến dạng thể tích (lớp kim loại được cắt đi trên phôi và thể tích của phoi tạo ra) hầu như không thay đổi tức là $V_f = V$.

Ta có: $a_f \cdot b_f \cdot l_f = a \cdot b \cdot l$

$$\text{Vì } b_f \approx b \Rightarrow a_f \cdot l_f = a \cdot l \Rightarrow \frac{l}{l_f} = \frac{a_f}{a}$$

$$\Rightarrow K_l = K_a = K$$

Gọi K là hệ số co rút phoi, thông thường $K \geq 1$.

3.1.3.2. Các phương pháp xác định hệ số biến dạng phoi

Có 2 phương pháp xác định hệ số biến dạng phoi.

- Phương pháp đo trực tiếp

Phương pháp này đơn giản được áp dụng khi cắt tạo ra phoi dây.

Chiều dài hoặc chiều dày phoi được đo trực tiếp bằng thước hoặc bằng kính hiển vi.

$$\text{Ta có : } K = \frac{l}{l_f} = \frac{a_f}{a}$$

- Phương pháp cân

Được sử dụng khi phoi nhận được là phoi vụn hoặc phoi xếp, không thể xác định K bằng phương pháp đo trực tiếp.

Chọn một phoi tương đối thẳng để đo chiều dài l_f . Sau đó cân để xác định khối lượng của phoi Q_f .

Gọi F_f là diện tích tiết diện ngang của phoi ta có:

$$F_f \cdot l_f = \frac{Q_f \cdot 1000}{\gamma} \quad (3.6)$$

γ : khối lượng riêng của vật liệu gia công (g/cm^2)

Vì $V = V_f$ ta có :

$$F_f \cdot l_f \cdot = F \cdot l = S \cdot t \cdot l \quad (3.7)$$

Từ (3.6) và (3.7) ta có:

$$l = \frac{Qf \cdot 1000}{\gamma \cdot S \cdot t} \Rightarrow K = \frac{l}{l_f} = \frac{Qf \cdot 1000}{\gamma \cdot S \cdot t \cdot l_f} \quad (3.8)$$

3.1.3.3. Những yếu tố ảnh hưởng đến hệ số biến dạng phoi

* Ảnh hưởng của tốc độ cắt

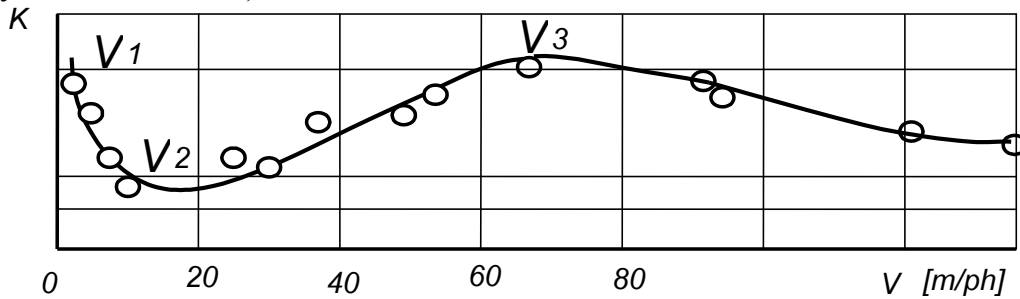
Thực nghiệm cho thấy quan hệ giữa hệ số biến dạng K và tốc độ cắt V được biểu diễn như hình 3.10.

- Khi Vc tăng từ V₁ ÷ V₂ K giảm.

Trong vùng tốc độ cắt này khi Vc tăng μ tăng ⇒ lực ma sát tăng, biến dạng của phoi tăng. Mặt khác khi đó lẹo dao xuất hiện và tăng dần làm tăng góc trước, giảm góc cắt ⇒ quá trình cắt dễ dàng hơn, phoi thoát ra dễ dàng hơn biến dạng của phoi giảm và đạt giá trị cực tiểu tại B ứng với Vc = V₂ (tại đây chiều cao lẹo dao lớn nhất). Hai ảnh hưởng này bù trừ lẫn nhau nhưng ảnh hưởng của lẹo dao lớn hơn.

- Khi Vc tăng từ V₂ ÷ V₃ K tăng.

Trong vùng tốc độ cắt này, khi Vc tăng chiều cao lẹo dao giảm dần, dẫn đến góc trước giảm, góc cắt tăng, biến dạng của phoi tăng. Khi Vc tăng, hệ số ma sát giảm, lực ma sát giảm, biến dạng của phoi giảm. Kết hợp hai ảnh hưởng này, ảnh hưởng của lẹo dao lớn hơn nên khi Vc tăng, biến dạng của phoi tăng và đạt giá trị cực đại khi Vc = V₃ (tại đây lẹo dao mất hẳn).



Hình 3.10: Quan hệ giữa tốc độ cắt và biến dạng của phoi

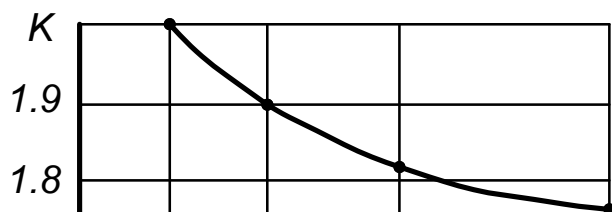
- Khi Vc > V₃: lẹo dao không còn, mặt khác nhiệt độ ở vùng cắt rất cao làm cho lớp kim loại của phoi sát mặt trước bị chảy nhão, hệ số ma sát giữa phoi và mặt trước giảm, K giảm.

- Khi Vc > 200 ÷ 300 m/f hệ số ma sát μ thay đổi rất ít, dẫn đến biến dạng của phoi hầu như không thay đổi.

- Các giá trị V₁, V₂, V₃ phụ thuộc vào điều kiện gia công, vật liệu làm dao, phôi, thông số hình học của dụng cụ cắt.

* Ảnh hưởng của chiều dày cắt

Hình 3.11 là đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dày cắt a và hệ số biến dạng K. Ta thấy khi a tăng thì K giảm.



Hình 3.11: Quan hệ giữa chiều dày cắt và biến dạng của phoi

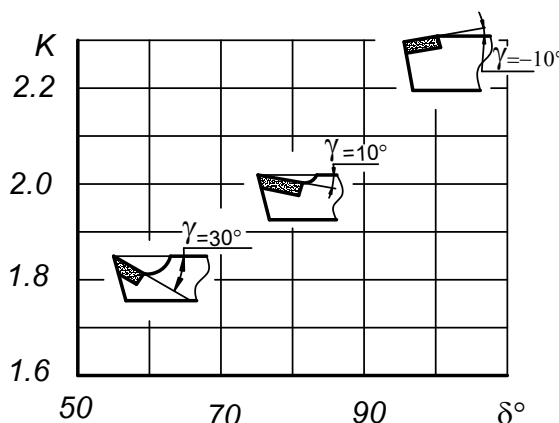
Giải thích:

Trong quá trình cắt, sự phân bố ứng suất theo chiều dày của phoi không đồng đều làm cho biến dạng của phoi theo chiều dày cũng không đồng đều. Lớp kim loại của phoi nằm ngay sát mặt trước chịu nhiệt độ, áp lực lớn nhất nên bị biến dạng lớn nhất. Sự biến dạng của phoi giảm dần theo chiều dày, lớp kim loại ngoài cùng của phoi bị biến dạng ít nhất. Do hệ số biến dạng phoi K biểu thị mức độ biến dạng trung bình của phoi theo chiều dày và chiều dài nên khi a tăng, K giảm.

*** Ảnh hưởng của thông số hình học:**

- Ảnh hưởng của góc trước.

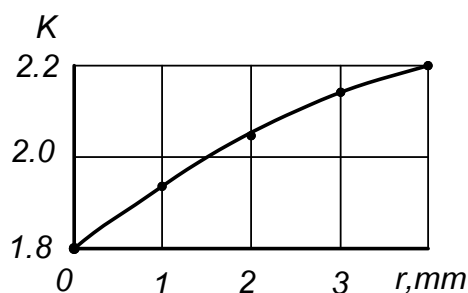
Góc trước γ tăng, K giảm vì khi γ tăng góc cắt δ giảm, mũi dao dễ ăn sâu vào vật liệu gia công làm biến dạng của lớp cắt giảm, mặt khác phoi dễ trượt trên mặt trước và thoát ra ngoài, do đó khi γ tăng biến dạng của phoi giảm (hình 3.12).



Hình 3.12: Quan hệ giữa góc trước và biến dạng của phoi

- Ảnh hưởng của bán kính mũi dao r

Bán kính mũi dao r tăng, góc nghiêng chính ϕ giảm, từ công thức $a = S \cdot \sin \phi$ ta thấy chiều dày trung bình của lớp cắt giảm. Mặt khác r tăng, chiều dài của đoạn lưỡi cắt cong tham gia cắt tăng, phoi thoát ra cong bị biến dạng phụ thêm do sự giao nhau của chúng trên cung cong (phương thoát phoi xem như thẳng góc với lưỡi cắt) làm cho biến dạng của phoi tăng (hình 3.13)

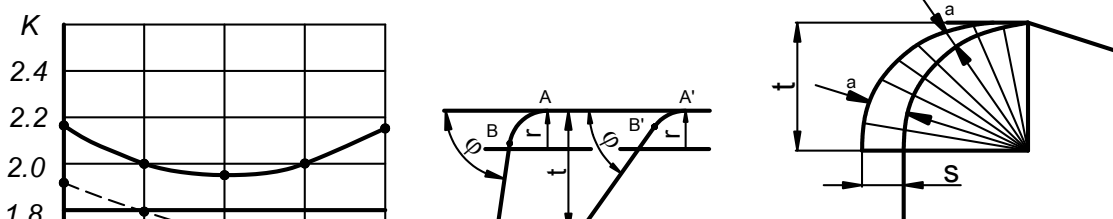


Hình 3.13: Quan hệ giữa bán kính mũi dao r và biến dạng của phoi

- Ảnh hưởng của góc nghiêng chính ϕ

+ Khi $r = 0$, $a = S \cdot \sin \phi$ do đó khi ϕ tăng a tăng, biến dạng của phoi giảm.

+ Khi $r \neq 0$, ϕ tăng, sự thay đổi của K phức tạp hơn. Lúc đầu khi ϕ tăng, a tăng, biến dạng của phoi giảm. ϕ càng tăng thì chiều dài của đoạn lưỡi cắt cong tham gia cắt càng tăng, khi ϕ tăng đến một giá trị nào đó ($50 \div 60^\circ$) tiếp tục tăng ϕ thì biến dạng của phoi tăng vì khi này chiều dài của đoạn lưỡi cắt cong tham gia cắt tăng, phoi bị biến dạng phụ thêm do sự giao nhau của lưỡi cắt cong (hình 3.14).

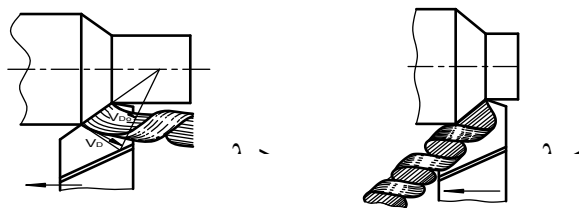


Hình 3.14: Ảnh hưởng của φ đến biến dạng phoi

- Ảnh hưởng của λ

Góc λ ảnh hưởng không đáng kể tới biến dạng của phoi mà chỉ ảnh hưởng tới phương thoát phoi và độ bền của lưỡi cắt .

$\lambda > 0$ phù hợp với gia công thô. $\lambda \leq 0$ phù hợp với gia công tinh, cắt không có va đập (hình 3.15).



Hình 3.15: Ảnh hưởng của λ tới phương thoát phoi

- Ảnh hưởng của vật liệu gia công

Trong cùng một điều kiện cắt gọt, vật liệu càng dẻo biến dạng của phoi càng tăng, vì vật liệu càng dẻo thì lực liên kết giữa các nguyên tử trong kim loại càng yếu, khiến cho sự trượt trong mạng tinh thể càng dễ xảy ra, tức là biến dạng càng dễ xảy ra. Do đó khi cắt vật liệu dẻo, phoi bị biến dạng nhiều hơn khi cắt vật liệu giòn, vật liệu càng dẻo biến dạng càng nhiều. Thực nghiệm cho thấy khi gia công thép:

$$[\sigma_b] = 300 \div 400 \text{ N/mm}^2: K = 4 \div 5; [\sigma_b] = 600 \div 700 \text{ N/mm}^2 : K = 2 \div 3$$

- Ảnh hưởng của vật liệu làm dụng cụ cắt

Mỗi một loại vật liệu dụng cụ cắt có hệ số ma sát với vật liệu của chi tiết gia công khác nhau. Trong cùng một điều kiện cắt gọt, vật liệu làm dao khác nhau, lực ma sát giữa phoi và mặt trước khác nhau làm biến dạng của phoi cũng khác nhau.

Thực nghiệm cho thấy :

+ HKC nhóm 1 các bit có hệ số ma sát với thép các bon lớn hơn HKC nhóm 2 các bit. Vì vậy, khi gia công thép nên dùng HKC nhóm 2 các bit.

+ HKC có hệ số ma sát với thép nhỏ hơn thép gió với thép, vì vậy khi sử dụng HKC để gia công thép biến dạng của phoi nhỏ hơn khi sử dụng thép gió.

- Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội

Dung dịch trơn nguội có tác dụng làm giảm ma sát giữa dao và phoi, giữa dao và phôi, giảm nhiệt cắt do đó khi sử dụng dung dịch trơn nguội biến dạng của phoi giảm.

3.2. Lực cắt

Việc nghiên cứu lực cắt trong quá trình gia công vật liệu có ý nghĩa rất lớn, căn cứ

vào lực cắt để:

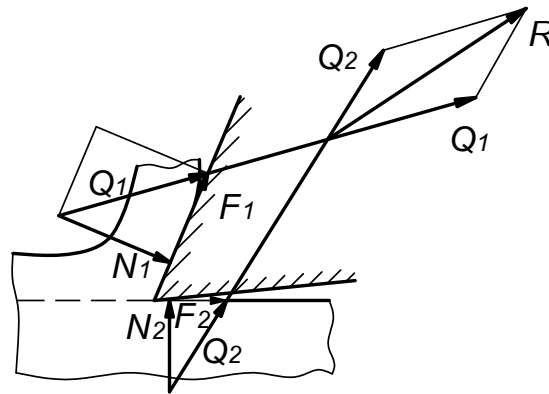
- Thiết kế máy
- + Từ lực cắt xác định được công suất cắt gọt, lựa chọn được công suất động cơ.
- + Lực cắt làm cơ sở để tính bền cho các chi tiết máy, tính toán lựa chọn ổ bi. Tính toán độ cứng vững cho các chi tiết máy, các cụm máy và cho toàn máy (độ cứng vững của trục chính, ụ trước, ụ sau, bàn xe dao)...
- Thiết kế đồ gá
- + Tính bền, tính toán độ cứng vững cho các chi tiết của đồ gá.
- + Tính lực kẹp
- Khai thác máy, dụng cụ cắt một cách triệt để.
- Biết được công tiêu hao trong quá trình cắt gọt.
- Từ lực cắt và các thành phần của lực cắt ta có thể biết được qui luật mòn của dụng cụ, qui luật phát sinh nhiệt trong quá trình cắt, biết được và khống chế ảnh hưởng của nó đến chất lượng chi tiết gia công. (Ví dụ chi tiết có bị biến dạng quá mức dẫn đến ảnh hưởng đến độ chính xác gia công hay không)...

3.2.1. Nguồn gốc và các thành phần của lực cắt

Nguồn gốc của lực cắt là lực cần thiết để tạo ra biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo lớp cắt và thắng được lực ma sát giữa phoi và mặt trước, giữa phoi và mặt sau của dụng cụ cắt.

Tổng hợp các thành phần lực trên chính là lực cản cắt gọt, gọi tắt là lực cắt R.

Ta có :
$$\vec{R} = \vec{N}_1 + \vec{F}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_2 \quad (3.9)$$



Hình 3.16: Các thành phần lực cắt

+ Lực tác dụng lên mặt trước của dụng cụ cắt từ phía lớp cắt là:

$$\vec{Q}_1 = \vec{N}_1 + \vec{F}_1$$

+ Lực tác dụng lên mặt sau của dụng cụ cắt từ phía lớp cắt là:

$$\vec{Q}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F}_2$$

+ Các thành phần lực ma sát được xác định như sau.

$$F_1 = \mu_1 N_1 \quad ; \quad F_2 = \mu_2 N_2$$

μ_1 là hệ số ma sát giữa phôi và mặt trước, μ_2 là hệ số ma sát giữa mặt sau của dụng cụ cắt và phôi, trong cắt kim loại hệ số ma sát thường bằng $0,5 \div 2,0$. Như vậy cho thấy phôi chịu sức cản rất lớn khi chuyển động trên mặt trước của dụng cụ cắt.

Trong thực tế độ lớn của lực cắt chỉ khoảng vài trăm KN, nhưng do diện tích tiếp xúc giữa phôi và mặt trước, giữa mặt sau và chi tiết gia công rất nhỏ (chỉ trên dưới 1mm) nên dụng cụ cắt phải chịu áp lực cục bộ và lực ma sát rất lớn. Vì vậy trong quá trình cắt các bề mặt của dụng cụ cắt bị cào xước rất mạnh gây mòn dụng cụ cắt (mòn của dụng cụ cắt được nghiên cứu ở phần sau).

Với các điều kiện cắt gọt khác nhau (thông số hình học của dụng cụ cắt, độ mòn của dụng cụ cắt, Vật liệu chi tiết gia công, chế độ cắt...) lực cắt R sẽ thay đổi về phương, chiều, độ lớn.

Để tiện cho việc nghiên cứu, lực cắt được phân tích làm 3 thành phần theo 3 phương trong hệ tọa độ đề các: $\vec{P}_x, \vec{P}_y, \vec{P}_z$, khi đó ta có:

$$\begin{aligned}\vec{R} &= \vec{P}_x + \vec{P}_y + \vec{P}_z \\ R &= \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}\end{aligned}$$

\vec{P}_z : Lực cắt chính hay lực tiếp tuyến, có phương trùng với phương chuyển động cắt chính, thường nó có trị số lớn nhất trong các lực thành phần, P_z được dùng để tính toán, kiểm nghiệm mô men xoắn và công suất máy. Tính và kiểm nghiệm bền cho dụng cụ cắt.

\vec{P}_y : Lực hướng kính.

\vec{P}_x : Lực hướng trục.

Tỷ số giữa các lực $P_x : P_y : P_z$ thay đổi phụ thuộc vào điều kiện gia công và phương pháp gia công (tiện, phay, mài...).

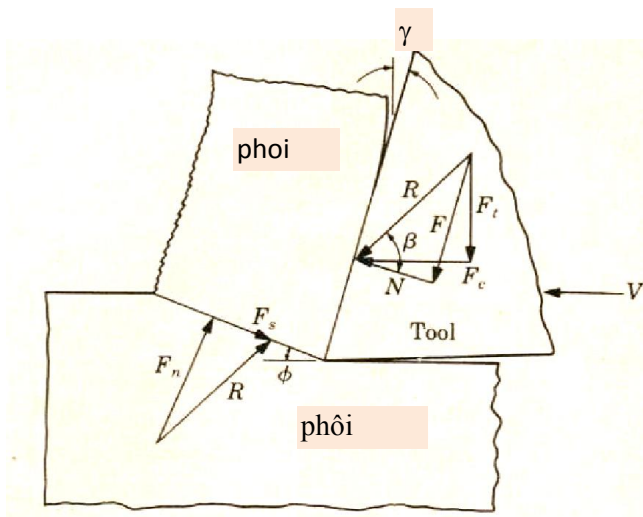
Khi nghiên cứu lực tác dụng lên mặt sau của dụng cụ cắt N_2, F_2 thấy rằng:

- Với chiều dày cắt lớn hơn 0,1mm thì trị số của N_2, F_2 bé hơn nhiều lần trị số của lực N, F .

- Những đại lượng ảnh hưởng đến lực cắt như chiều dày lớp cắt, góc trước γ , góc nâng λ không ảnh hưởng đến lực N_2, F_2 .

- Ảnh hưởng cơ bản đến trị số của N_2, F_2 là tính chất đàn hồi của vật liệu gia công, chiều rộng lớp cắt, trị số của góc sau α .

Khi bỏ qua lực tác dụng lên mặt sau của dụng cụ cắt, lực tác dụng lên dụng cụ và lớp cắt khi cắt trục giao (cắt hai kích thước) có được phân tích ở hình 3.17.



Hình 3.17: Lực tác dụng vào dụng cụ cắt khi cắt trực giao

Thành phần lực cắt P_z tác động theo hướng của tốc độ cắt V . Thành phần lực F_y tác động theo hướng vuông góc với tốc độ cắt, tức là vuông góc với bề mặt gia công. Hai thành phần lực này tổng hợp thành lực R . Lực tổng hợp R lại có thể phân tích thành hai lực thành phần tác dụng lên mặt trước của dụng cụ: là lực ma sát F dọc theo mặt phân cách phôi - dụng cụ và lực pháp tuyến N vuông góc với F .

Từ hình 3.18 ta có: $F = R \sin \beta$ và $N = R \cos \beta$

$$\vec{R} = \vec{F} + \vec{N} = \vec{P}_z + \vec{P}_y \quad (3.10)$$

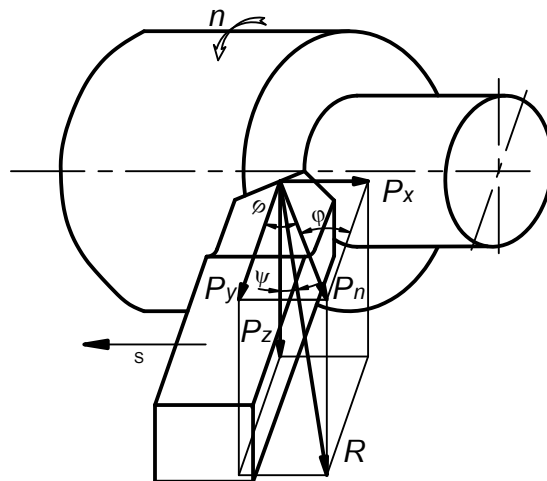
Ta thấy lực tổng hợp phải được cân bằng bằng và ngược với lực ở mặt trượt hợp bởi lực trượt F_s và Lực pháp tuyến F_n .

$$\vec{R} = \vec{F}_s + \vec{F}_n \quad (3.11)$$

Tỷ số giữa F và N là hệ số ma sát μ ở mặt phân cách phôi - dụng cụ, β là góc ma sát.

$$\mu = \tan \beta = \frac{P_y + P_z \tan \gamma}{P_z - P_y \tan \alpha} \quad (3.12)$$

* Phân tích lực cắt khi tiện (hình 3.18).



Hình 3.18: Lực cắt khi tiện

\vec{P}_z : Lực cắt chính.

\vec{P}_y : Lực hướng kính, lực này tác động vào hệ thống công nghệ (Máy, dao, chi tiết) trong mặt phẳng nằm ngang, là mặt phẳng có độ cứng vững yếu nhất của máy và có xu hướng uốn cong chi tiết vì vậy nó ảnh hưởng đến độ chính xác của chi tiết gia công.

\vec{P}_x : Lực hướng trục, có phương song song với trục chi tiết, cản trở chuyển động chạy dao vì vậy nó được dùng để kiểm nghiệm bền cho cơ cấu chạy dao.

Tỷ số giữa các lực $P_x : P_y : P_z$ thay đổi phụ thuộc vào điều kiện gia công, thông số hình học của dụng cụ cắt...

Thực nghiệm cho thấy khi gia công thép 45 bằng dao tiện có $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\gamma = 15^\circ$, ta nhận được $P_y : P_z = (0,4 \div 0,5)$; $P_x : P_z = (0,3 \div 0,4)$

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} = (1,1 \div 1,18) P_z$$

Như vậy $R \approx P_z$ gọi là lực cắt chính.

Trong thực tế lực P_z có thể tính bằng công thức thực nghiệm.

$$P_z = P \cdot F_c \approx P \cdot a \cdot b = P \cdot S \cdot t \quad (3.13)$$

P : Lực cắt đơn vị N/mm^2 (là lực cắt khi diện tích lớp cắt là $1mm^2$, P được tra trong các sổ tay CTM).

F_c : Diện tích lớp cắt. (mm^2).

Người ta đã chứng minh:

Khi $\lambda = 0$, $0 < \varphi < 90$, phoi không có chuyển động cưỡng bức.

$$\vec{P}_{xy} = \vec{P}_N = \vec{P}_x + \vec{P}_y; \quad P_{xy} = P_z \operatorname{tg}(\eta - \gamma); \quad P_x = P_z \operatorname{tg}(\eta - \gamma) \cdot \sin\varphi$$

$$P_y = P_z \operatorname{tg}(\eta - \gamma) \cdot \cos\varphi;$$

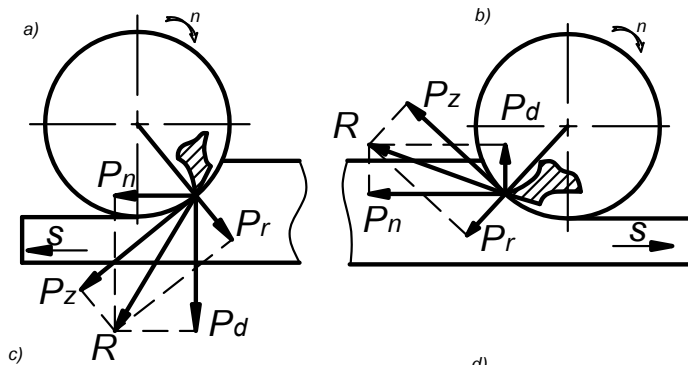
$$P_x = P_n \cdot \sin\varphi \quad (3.14)$$

$$P_y = P_n \cdot \cos\varphi \quad (3.15)$$

η : Góc ma sát, $\operatorname{tg}\eta = \mu$.

Để hiểu rõ thêm, phân tích lực cắt khi phay bằng dao phay trụ răng nghiêng (hình 3.19). Ở đây, phân tích lực tác dụng vào phôi.

Khi $\omega = 0$, $P_x = 0$, ta có $\vec{R} = \vec{P}_x + \vec{P}_y$



Hình 3.19: Lực cắt khi phay

Trong cắt kim loại thông thường P_z lớn nhất, trong một số trường hợp $P_y > P_z$. Ví dụ: khi mài P_y rất lớn do thông số hình học của hạt mài không hợp lý ($\gamma < 0$) nên $P_y = (1 \div 3) P_z$. Vì vậy khi mài phải chú ý đến P_y để tránh cong chi tiết.

3.2.2. Những yếu tố ảnh hưởng tới lực cắt

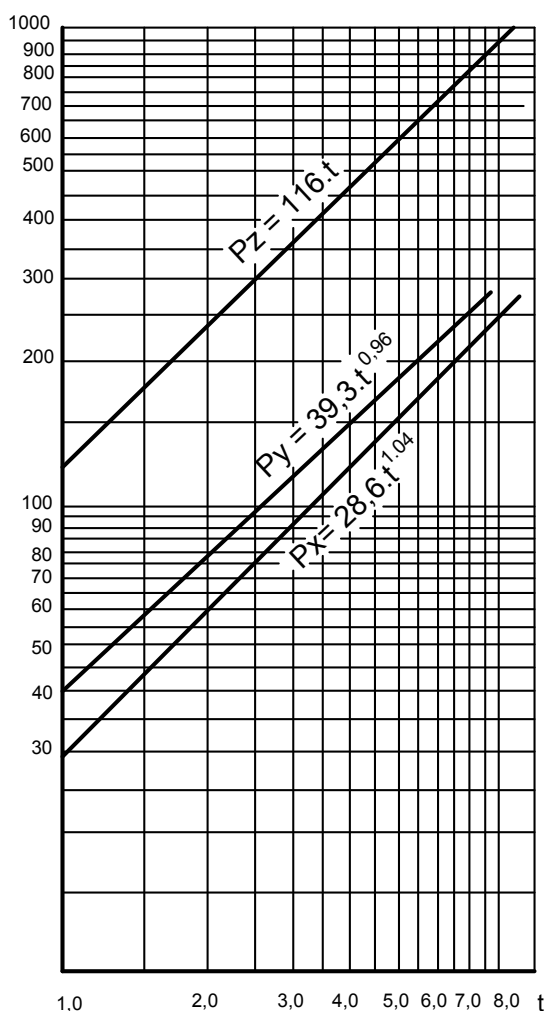
Tất cả các nhân tố ảnh hưởng tới biến dạng đều ảnh hưởng tới lực cắt và giống nhau về định tính.

a. Ảnh hưởng của chế độ cắt

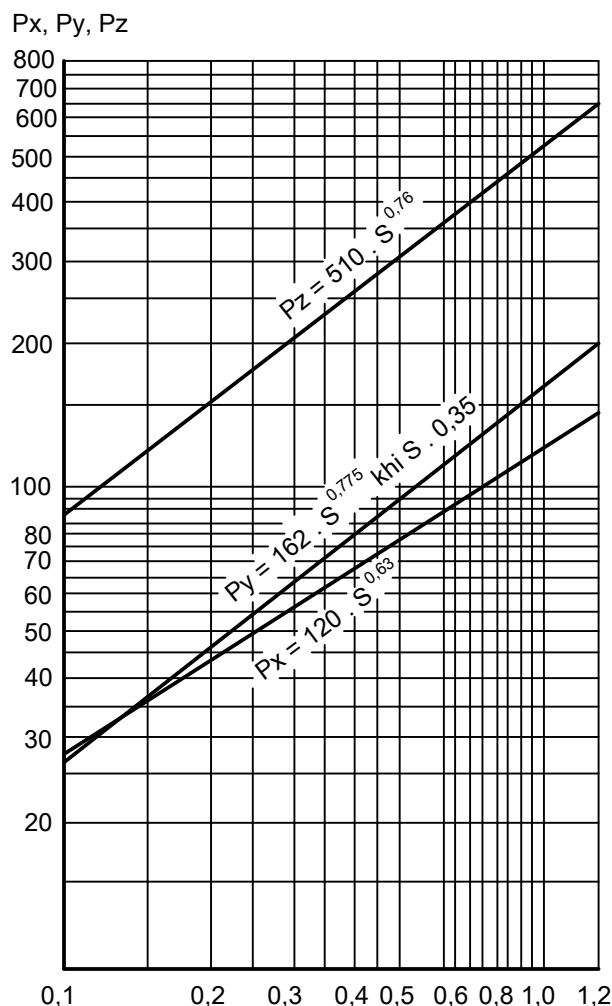
* Ảnh hưởng của chiều sâu cắt

Khi t tăng, các thành phần của lực cắt tăng gần như tỷ lệ thuận với t (hình 3.20). Thực nghiệm cho thấy: khi gia công thép 45, bằng dao thép gió, $V_c = 17\text{m/phút}$, $s = 0,6\text{mm/vg}$, $r = 0,1$, $\lambda = 0$.

$$P_z = 116.t, \quad P_y = 39.3t^{0.96}, \quad P_x = 28.6t^{1.04} \quad (\text{KN})$$



Hình 3.20: Ảnh hưởng của chiều sâu cắt chạy dao tới lực cắt



Hình 3.21: Ảnh hưởng của lượng tới lực cắt

* Ảnh hưởng của lượng chạy dao

Khi S tăng, các thành phần của lực cắt tăng, nhưng mức độ ảnh hưởng của S nhỏ

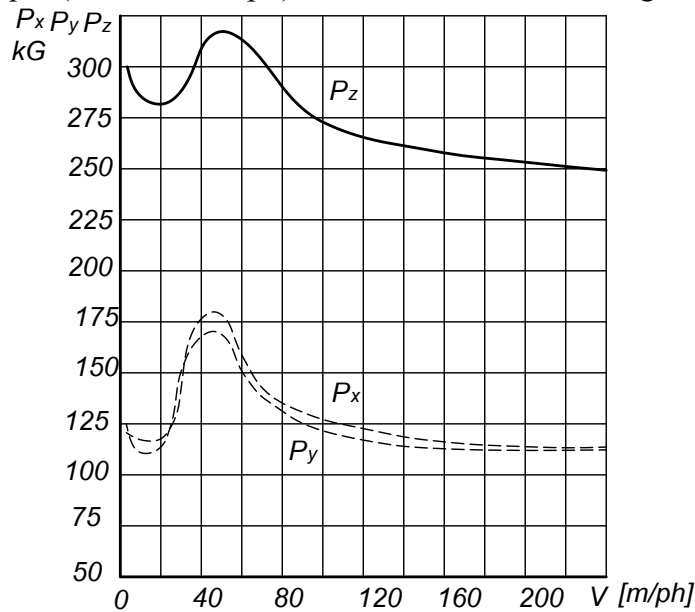
hơn ảnh hưởng của t (hình 3.21).

Thực nghiệm cho thấy: khi gia công thép 45, bằng dao thép gió, $V_c = 17\text{m/phút}$, $t = 3\text{mm}$, $r = 0.1$, $\lambda = 0$

$$P_z = 510 \cdot S^{0.76}, P_y = 162S^{0.78}, P_x = 120S^{0.63} \quad (\text{KN}) \quad (\text{không phải tỷ lệ thuận})$$

*** Ảnh hưởng của tốc độ cắt (hình 3.22)**

- Khi tăng tốc độ cắt từ $V1 \div V2$: Lực cắt càng giảm, đạt giá trị cực tiểu khi $V_c = V2$.
- Khi tăng tốc độ cắt từ $V2 \div V3$: Lực cắt tăng, đạt giá trị cực đại khi $V_c = V3$.
- Khi $V_c > V3$: Lực cắt lại giảm.
- Khi V_c tăng quá ($200 \div 300\text{m/ph}$) thì lực cắt hầu như không thay đổi.



Hình 3.22: Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới lực cắt

b. Ảnh hưởng của thông số hình học dụng cụ cắt

*** Ảnh hưởng của góc trước γ**

Khi góc trước γ tăng, lực cắt giảm.

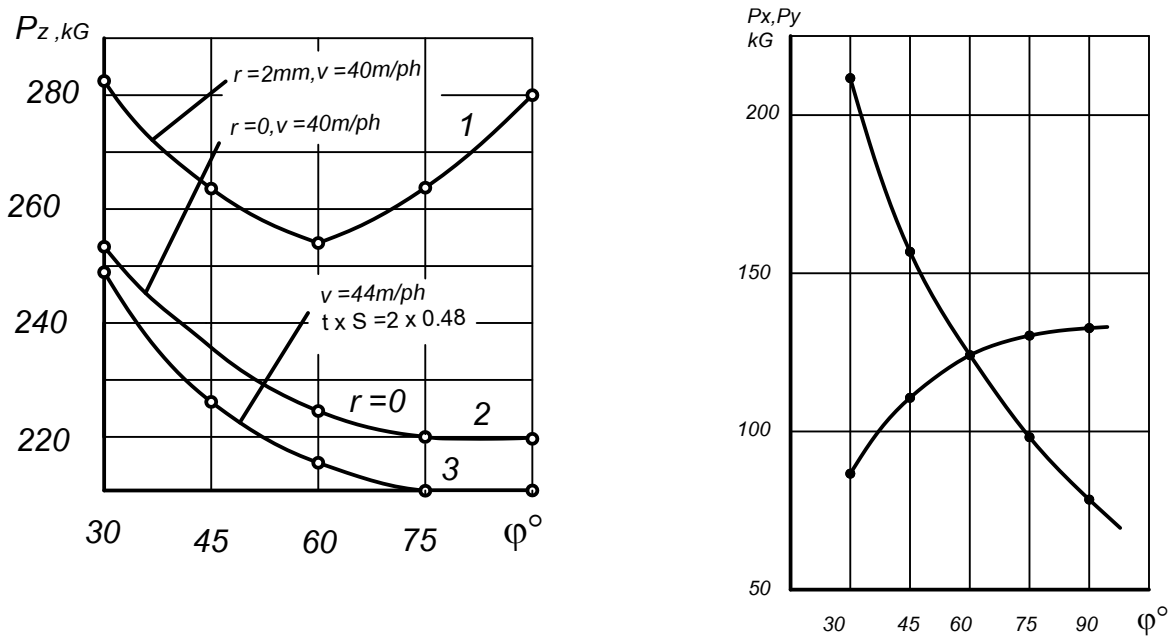
Thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của γ đến P_x , P_y nhiều hơn P_z , khi γ tăng 1° thì P_z giảm 1%, P_x , P_y giảm 4 ÷ 5%.

*** Ảnh hưởng của góc sau α**

Khi α tăng, các thành phần của lực cắt giảm.

Thực nghiệm cho thấy khi α tăng $2 \div 10^\circ$, P_z giảm 6%, P_x giảm 12,5%, P_y giảm 17%. Nếu α tăng lớn hơn $8 \div 10^\circ$, lực cắt giảm không đáng kể.

*** Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ (hình 3.23)**



Hình 3.23: Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ tới lực cắt

Khi φ tăng, lực cắt giảm (thực nghiệm cho thấy P_z, P_y giảm, P_x tăng, song tổng quát lực cắt R giảm). Điều này hoàn toàn đúng khi gia công vật liệu giòn. Khi gia công thép điều này chỉ đúng với dao có bán kính mũi dao $r = 0$ hoặc khi $r \neq 0$ thì chỉ đúng khi φ tăng đến 60° , khi φ tăng quá 60° lực cắt P_z tăng.

Khi φ tăng, P_x tăng, P_y giảm (điều này hoàn toàn đúng cho cả gia công thép lẫn gang).

Nhận thấy: Thành phần lực P_y có xu hướng uốn cong chi tiết do đó nó ảnh hưởng nhiều đến rung động và độ chính xác chi tiết gia công. Do đó khi hệ thống công nghệ không đủ cứng vững, chi tiết gia công yêu cầu chính xác cao ta nên dùng dao góc φ lớn để giảm P_y .

*** Ảnh hưởng của bán kính mũi dao r**

Khi tăng r , thành phần lực P_z và P_y tăng, P_x giảm.

Thực nghiệm cho thấy nếu bán kính mũi dao tăng từ $0.5 \div 5\text{mm}$ thì:

P_z tăng 27%, P_y tăng 200% khi gia công thép.

P_z tăng 18%, P_y tăng 200% khi gia công gang.

Như vậy để giảm P_y (giảm rung động, tăng độ chính xác gia công) ta có thể giảm r .

*** Ảnh hưởng của λ**

Khi λ tăng từ $-5^\circ \div +5^\circ$, sự biến dạng của phoi thay đổi không đáng kể do đó lực cắt thay đổi không đáng kể. Nhưng thực nghiệm cho thấy khi λ tăng, P_z thay đổi không đáng kể còn P_y tăng, P_x giảm. λ tăng 1° , P_x, P_y thay đổi 2%. Để giảm P_y ta nên sử dụng góc λ nhỏ (khi λ càng nhỏ độ bền lưỡi cắt càng giảm, khi cắt có va đập nên chọn λ

> 0).

c. Ảnh hưởng của vật liệu chi tiết gia công

Vật liệu chi tiết gia công ảnh hưởng rất nhiều tới lực cắt, vật liệu chi tiết gia công khác nhau thì $[\sigma]_{db}$, $[\sigma]_b$ khác nhau do đó lực để ra biến dạng chúng cũng khác nhau. Vật liệu chi tiết gia công khác nhau thì hệ số ma sát với dụng cụ cắt cũng khác nhau, vì vậy lực cắt cũng khác nhau .

Đối với thép $[\sigma]_b$ càng lớn lực cắt càng lớn.

Đối với gang độ cứng HB càng lớn lực cắt càng lớn.

Thực nghiệm cho thấy .

+ Khi gia công thép quan hệ giữa Pz và $[\sigma]_b$ là:

$$Pz = C \cdot [\sigma]_b^{np} \quad (3.17)$$

Với thép có :

$$[\sigma]_b \leq 550\text{N/mm}^2, n_p = 0.35$$

$$[\sigma]_b > 550\text{N/mm}^2, n_p = 0.75$$

Thép đã tôi : $n_p = 1.3$

+ khi gia công gang quan hệ giữa Pz và độ cứng HB là:

$$Pz = C \cdot HB^{np} \quad n_p = 0.4 \quad (3.18)$$

Như vậy để xét ảnh hưởng của tất cả các tính chất cơ lý của vật liệu của chi tiết gia công tới lực cắt, trong công thức tính lực cắt phải nhân vào hệ số điều chỉnh Kvl. Khi vật liệu chuẩn là thép có $[\sigma]_b = 750\text{N/mm}^2$

Gang xám có độ cứng HB = 190, gang dẻo có HB = 150

Ta có :

$$+ \text{ Khi gia công thép: } K_{vl} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^{np}$$

$$+ \text{ Khi gia công gang xám: } K_{vl} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np}$$

$$+ \text{ Khi gia công gang dẻo: } K_{vl} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{np}$$

Nói chung lực cắt khi gia công thép lớn hơn khi gia công gang 1.5 ÷ 2 lần.

d. Ảnh hưởng của vật liệu làm dao

Khi gia công cùng một loại vật liệu, vật liệu làm dụng cụ cắt khác nhau thì biên dạng của phoi cũng khác nhau, lực ma sát giữa mặt sau của dụng cụ cắt với phôi, mặt trước của dụng cụ cắt cũng khác nhau.

Mặt khác trong vùng tiếp xúc giữa dụng cụ cắt với phoi và chi tiết gia công còn xảy ra các mối tương tác lý hoá rất phức tạp. Do đó vật liệu làm dụng cụ cắt khác nhau, lực cắt khác nhau.

Thực nghiệm cho thấy khi gia công thép bằng dụng cụ cắt vật liệu là HKC lực cắt chỉ bằng 90 ÷ 95 % so với dụng cụ cắt thép gió. Khi cắt bằng dụng cụ cắt vật liệu sứ lực cắt chỉ bằng 88 ÷ 90% khi cắt bằng dao thép gió.

e. Ảnh hưởng của mòn dụng cụ cắt

Nếu dụng cụ cắt khi gia công chỉ bị mòn thành rãnh có hình lưỡi liềm mặt trước, điều này thường xảy ra khi gia công thép ở thời gian cắt gọt ban đầu, lực cắt giảm.

Nếu dụng cụ cắt bị mòn ở mặt sau và mòn ở mũi dao thì lực cắt sẽ tăng.

Như vậy sự thay đổi của lực cắt phụ thuộc vào trạng thái mòn của dụng cụ cắt (mòn mặt trước, mặt sau, mũi dao...).

f. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội

Dung dịch trơn nguội có tác dụng làm giảm ma sát, giảm nhiệt cắt đồng thời nó kích thích các vết nứt tế vi trong vùng biến dạng làm kim loại dễ bị phá hủy hơn. Do đó việc tưới dung dịch trơn nguội sẽ làm giảm lực cắt, hoạt tính của dung dịch trơn nguội càng cao lực cắt càng giảm nhiều.

Thực nghiệm cho thấy khi gia công thép nếu tưới dung dịch Emunxi thì Pz giảm 7 ÷ 12%. Nếu tưới dầu thực vật Pz giảm 15 ÷ 20%.

Như vậy khi sử dụng dung dịch trơn nguội có thể tăng tốc độ cắt làm tăng năng suất gia công.

Tổng hợp tất cả các yếu tố ảnh hưởng trên ta có công thức tổng quát để tính lực cắt như sau:

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}$$

$$P_x = C_{P_x} t^{x_{px}} \cdot S^{y_{px}} \cdot V^{n_{px}} \cdot K_{px}$$

$$P_y = C_{P_y} t^{x_{py}} \cdot S^{y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_{py}$$

Các hệ số C_{P_z} , C_{P_y} , C_{P_x} : Phụ thuộc vào dạng gia công và điều kiện gia công.

Các số $\mu_{X_{pz}}$, X_{py} , X_{px} , y_{pz} ... chỉ ảnh hưởng của tốc độ cắt tới lực cắt.

K: Hệ số ảnh hưởng

$$K = K_{vlg/c} \cdot K_{vld} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\alpha} \cdot K_{\lambda} \cdot K_{hs} \cdot K_{llbt} \dots$$

K_{hs} : hệ số kể đến ảnh hưởng của mòn mặt sau.

3.3. Rung động trong quá trình cắt

3.3.1. Khái niệm

Trong quá trình cắt gọt kim loại, ở những điều kiện làm việc nhất định có thể sinh ra những dao động theo chu kỳ với tần số cao trong hệ thống công nghệ (Máy – dụng cụ cắt – Phôi - Đồ gá), gọi là sự rung động trong quá trình cắt.

* Tác hại của rung động

- Rung động gây ra sự dao động tương đối giữa dụng cụ cắt và phôi, lực cắt thay đổi, ảnh hưởng đến độ chính xác và độ nhẵn bề mặt chi tiết gia công, gây ồn trong quá

trình cắt.

- Rung động làm giảm tuổi thọ của dụng cụ cắt, nhất là vật liệu dụng cụ cắt là HKC hoặc Sứ.

- Rung động làm tải trọng đổi dấu, gây lỏng các bộ phận liên kết trong máy và đồ gá, làm giảm tuổi thọ của máy.

- Khi xuất hiện rung động phải giảm chế độ cắt làm giảm năng suất cắt gọt.

Vì vậy việc nghiên cứu hiện tượng rung động, nguyên nhân và điều kiện phát sinh rung động rất có ý nghĩa.

Trong một số trường hợp, người ta lại tạo ra rung động cưỡng bức với tần số cao để cải thiện điều kiện cắt gọt (Mài khôn, đánh bóng cao tần – rung động sẽ cải thiện điều kiện tiếp xúc giữa dụng cụ cắt và phôi, nâng cao hiệu quả làm nguội, bôi trơn, tăng cường điều kiện thoát phoi...) nhằm nâng cao năng suất, chất lượng bề mặt gia công.

Rung động xảy ra trong quá trình cắt gọt được chia làm 2 loại: Rung động cưỡng bức và tự rung.

a. Rung động cưỡng bức

Là rung động phát sinh dưới tác dụng chu kỳ của ngoại lực, xảy ra do các nguyên nhân.

- Do sự thay đổi áp lực trong các hệ thống thủy lực (bơm bánh răng, bơm cánh gạt...)

- Do lực cắt thay đổi gián đoạn (tiện các trục có rãnh dọc)

- Do lực quán tính ly tâm gây ra bởi các chi tiết quay không cân bằng (dụng cụ cắt, phôi, mâm cặp, bánh đai, rô to...)

- Do hệ thống truyền động của máy có sự va đập tuần hoàn (VD : Do mòn của các chi tiết trong cơ cấu, do độ không chính xác của các bánh răng...).

- Do ảnh hưởng của các rung động bên ngoài, vì nền máy không vững chắc.

b. Tự rung

Là rung động phát sinh và duy trì ngay trong quá trình hình thành phoi (những rung động xuất hiện dưới tác dụng của nội lực).

Nguyên nhân:

- Do sự lượn sóng của bề mặt phôi (nguyên lý tái hiện)

- Do sự không ổn định của lực ma sát giữa dụng cụ cắt – phôi – phôi.

- Do sự thay đổi lực cắt vì cơ tính của vật liệu phôi không đồng đều, lẹo dao không ổn định, biến dạng dẻo của lớp cắt...

- Rung động làm vị trí tương đối giữa dụng cụ cắt – Phôi thay đổi, lực cắt thay đổi, gây tự rung.

3.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới rung động

a. Ảnh hưởng của chế độ cắt

* Ảnh hưởng của tốc độ cắt

Khi tăng tốc độ cắt, lúc đầu biên độ của rung động tăng, nhưng khi tăng đến một giá trị cực đại nào đó thì càng tăng tốc độ cắt biên độ của rung động càng giảm (do hiện tượng lẹo dao, do hiện tượng cộng hưởng, do lực quán tính ly tâm...).

* Ảnh hưởng của chiều sâu cắt

Chiều sâu cắt tăng, lực cắt tăng, nếu trong quá trình cắt phát sinh rung động thì khi tăng biên độ của rung động tăng.

* Ảnh hưởng của lượng chạy dao

Lượng chạy dao ảnh hưởng ít đến rung động, vì khi tăng lượng chạy dao lực cắt tăng không nhiều.

b. Ảnh hưởng của thông số hình học dụng cụ cắt

* Ảnh hưởng của góc trước

γ tăng, lực cắt giảm, điều kiện hình thành lẹo dao giảm, rung động giảm.

* Ảnh hưởng của góc sau

α tăng, lực ma sát giữa mặt sau của DCC và phôi giảm, lực cắt giảm, rung động giảm, nhưng khi α tăng quá 10° thì nó ít ảnh hưởng tới biên độ và tần số của rung động.

* Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ

Từ công thức $P_y = P_n \cdot \cos\varphi$ ta thấy khi φ tăng, P_y giảm, tần số của rung động giảm.

* Ảnh hưởng của bán kính mũi dao r .

Bán kính mũi dao tăng, lực cắt tăng, đặc biệt là lực P_y tăng nên biên độ của rung động tăng.

Chú ý

Lực P_y tác dụng lên hệ thống công nghệ trong mặt phẳng nằm ngang là mặt phẳng có độ cứng vững kém nhất, P_y càng lớn độ võng của phôi càng lớn, do đó khi P_y tăng biên độ của rung động tăng.

c. Ảnh hưởng của vật liệu gia công

- Độ cứng, độ bền của vật liệu gia công càng lớn thì lực cắt tăng, biên độ rung động tăng.

- Khi gia công vật liệu giòn, phoi nhận được là phoi vụn, lực cắt biến đổi nhiều rung động tăng.

- Khi gia công vật liệu dẻo, lẹo dao ảnh hưởng rất lớn tới rung động, lẹo dao càng phát triển rung động càng tăng.

* Ngoài các nguyên nhân kể trên độ cứng vững của hệ thống công nghệ cũng ảnh hưởng rất lớn đến rung động. Độ cứng vững của hệ thống công nghệ càng cao, rung động càng giảm.

3.3.3. Các biện pháp giảm rung động

- Nâng cao độ cứng vững của hệ thống công nghệ.
- Chọn thông số hình học của dụng cụ cắt hợp lý, nhất là γ , ϕ , r . Tạo ra dụng cụ cắt có góc vát γ_f âm dọc theo lưỡi cắt chính để ổn định lực cắt.
- Tạo khe hở chống rung.
- Chọn chế độ cắt hợp lý.
- Sử dụng các dụng cụ chống rung chuyên dùng (nuy nét hay đệm đàn tính (cao su)...)
 - Sử dụng dung dịch trơn nguội.

3.4. Nhiệt cắt

Phần lớn công tiêu hao trong quá trình cắt gọt chuyển hoá thành nhiệt năng (khoảng 97,5%), số còn lại làm thay đổi thế năng trong mạng tinh thể kim loại.

Nhiệt sinh ra trong quá trình cắt gọt có rất nhiều tác hại.

- Nhiệt cắt ảnh hưởng rất lớn đến độ cứng, độ bền, độ chịu mài mòn của dcc, do đó nó ảnh hưởng rất lớn đến tuổi bền của dụng cụ cắt.
- Gây nên sự thay đổi kích thước chi tiết gia công, làm cho việc điều khiển kích thước rất khó khăn ảnh hưởng xấu tới độ chính xác của chi tiết gia công ($D = D_0 (1 + \beta\theta_0)$, β là hệ số giãn nở nhiệt).
- Ảnh hưởng xấu tới chất lượng bề mặt chi tiết gia công (cấu trúc lớp bề mặt thay đổi, xuất hiện ứng suất dư).

Những hiểu biết về hiện tượng nhiệt, qui luật phát sinh và truyền nhiệt trong quá trình cắt gọt rất quan trọng để tìm các biện pháp giảm nhiệt độ sinh ra trong quá trình cắt gọt có ý nghĩa lớn về lý luận và thực tiễn. Nhằm nâng cao tuổi bền của dụng cụ cắt, năng suất và chất lượng của chi tiết gia công.

3.4.1. Nguồn sinh nhiệt và sự phân bố nhiệt khi cắt

3.4.1.1. Nguồn nhiệt

Trong quá trình cắt gọt nhiệt sinh ra từ 4 nguồn chính (hình 3.24)

+ Trong miền tạo phoi, nhiệt sinh ra do công ma sát giữa các phần tử của vật liệu gia công trong quá trình biến dạng (Vùng trượt chính), tạo ra nhiệt lượng Q_{bd} .

+ Trên mặt tiếp xúc giữa phoi và mặt trước của dụng cụ cắt. Nhiệt sinh ra do công ma sát giữa phoi và mặt trước của dụng cụ cắt (phụ thuộc vào hệ số ma sát và lực ma sát giữa phoi và mặt trước – công ma sát ngoài). Công ma sát giữa các phần tử của vật liệu phoi ở vùng trượt thứ 2, tạo ra nhiệt lượng Q_{mst} .

+ Trên mặt tiếp xúc giữa phôi và mặt sau của dcc, nhiệt lượng sinh ra do công ma sát tạo ra nhiệt lượng Q_{mss} .

+ Nhiệt lượng sinh ra do công làm đứt phoi Q_d .

$$\text{Ta có : } Q = Q_{bd} + Q_{mst} + Q_{mss} + Q_d \quad (3.19)$$

$$\text{Hoặc ta có : } Q = \frac{Pz.V}{E} . \alpha_o = \frac{Pz.V . \alpha_o}{427} \text{ Kcal/phút.} \quad (3.20)$$

E : Đương lượng nhiệt của công.

α_o : Hệ số đặc trưng cho tổn thất để tạo thành thể năng trong mạng tinh thể vật liệu chi tiết gia công, α_o rất bé có thể bỏ qua khi đó :

$$Q = \frac{Pz.V}{427} \text{ Kcal/phút} \quad (3.21)$$

3.4.1.2. Sự phân bố nhiệt cắt

Trong quá trình cắt có thể xem nhiệt lượng phát sinh ở 3 khu vực chủ yếu sau:

- Khu vực của sự trượt và biến dạng dẻo lớn nhất 0F.
- Khu vực tiếp xúc giữa phoi và mặt trước OT.
- Khu vực tiếp xúc giữa dcc và bề mặt đã gia công.

Nhiệt có xu hướng truyền từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp. Trong vùng cắt nơi có sự biến đổi cơ năng sang nhiệt năng có các dòng nhiệt truyền rất nhanh vào phoi, vào chi tiết gia công, vào dụng cụ cắt và môi trường xung quanh.

Phần lớn nhiệt lượng sinh ra do trượt và biến dạng dẻo (0F) nằm lại trên phoi, phần nhỏ truyền vào chi tiết gia công. Nhiệt lượng sinh ra ở khu vực tiếp xúc giữa phoi và mặt trước chủ yếu chủ yếu là truyền vào phoi, một phần truyền vào dụng cụ cắt. Nhiệt lượng sinh ra do ma sát giữa mặt sau của dụng cụ cắt và phôi phần lớn truyền vào chi tiết gia công, một phần truyền vào dụng cụ cắt. Nhiệt lượng truyền ra môi trường xung quanh bằng đối lưu và bức xạ rất bé có thể bỏ qua.

Ta có phương trình cân bằng nhiệt.

$$Q = Q_{bd} + Q_{mst} + Q_{mss} + Q_{đ} = Q_{phôi} + Q_{dcc} + Q_{phoi} + Q_{mt} \quad (3.22)$$

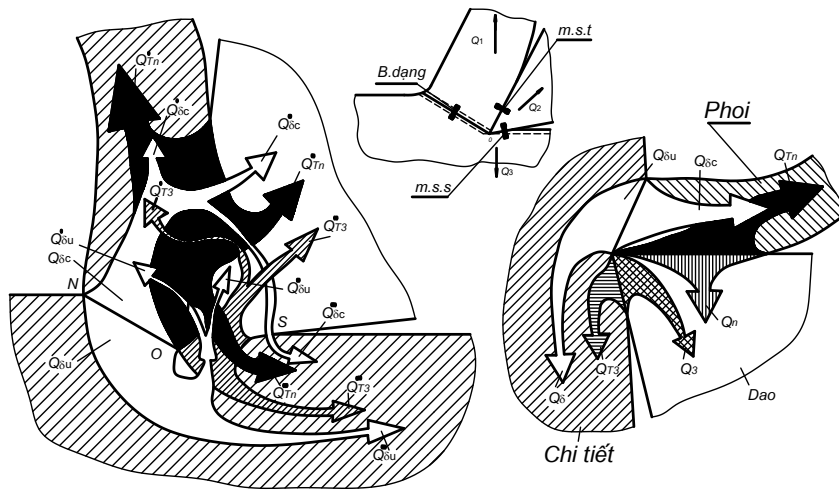
Q_{phoi} : Nhiệt lượng truyền vào phoi (Lớn nhất 50% ÷ 80%).

Q_{dcc} : Nhiệt lượng truyền vào DCC (3 ÷ 10%).

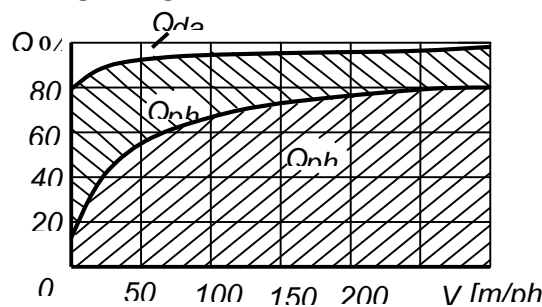
$Q_{phôi}$: Nhiệt lượng truyền vào phôi (10 ÷ 40%).

Q_{mt} : Nhiệt lượng truyền vào môi trường (1 ÷ 5%).

Từ hình 3.25 ta thấy nhiệt lượng truyền vào phoi lớn nhất và là một hàm của tốc độ cắt, càng tăng tốc độ cắt nhiệt lượng truyền vào phoi càng nhiều, nhiệt lượng truyền vào phoi và dụng cụ cắt càng ít. Nhiệt lượng truyền vào dao và phôi càng ít càng có lợi cho quá trình cắt gọt.



Hình 3.24: Nguồn gốc của nhiệt cắt và sự truyền nhiệt khi cắt



Hình 3.25: Sự phân bố nhiệt Phôi – Phoi - dụng cụ cắt

3.4.1.3. Trường nhiệt độ

Thông qua trường nhiệt độ trên phôi, dụng cụ cắt và phoi, ta biết được vùng nào có nhiệt độ lớn nhất, biết được ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình gia công để tìm các biện pháp làm giảm nhiệt độ.

- Trường nhiệt độ trên phôi giúp ta biết được ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công.

- Trường nhiệt độ trên dụng cụ cắt giúp ta giải thích về quá trình mòn dụng cụ cắt.

- Trường nhiệt độ trên phoi ít có ý nghĩa.

Các hình (3.26, 3.27, 3.28) giúp ta biết được trường nhiệt độ trên DCC-PHOI- PHÔI khi tiện và khi khoan.

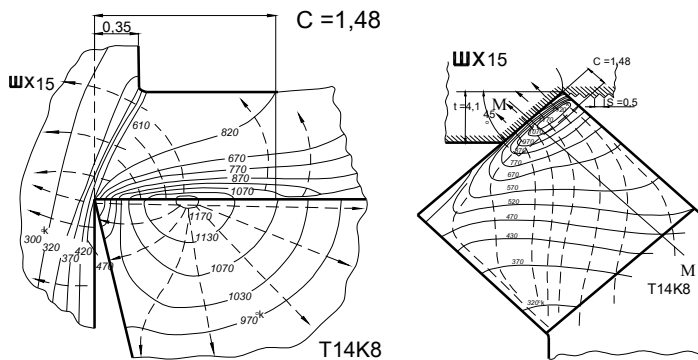
Đường nét liền: Đường đẳng nhiệt, đường nét đứt : Dòng nhiệt, Dòng nhiệt vuông góc với đường đẳng nhiệt.

- Nhiệt lượng tập trung trên phoi lớn nhất, nhưng do độ dẫn nhiệt của vật liệu làm dụng cụ cắt nên nhiệt độ tập trung trên dcc lớn thường lớn hơn nhiệt độ tập trung trên phoi và phôi.

- Thí nghiệm cho thấy nhiệt độ lớn nhất nằm ở khu vực tiếp xúc giữa dụng cụ cắt và phoi, cách mũi dao $(0.3 \div 0.5)l$, l là chiều dài tiếp xúc giữa phoi và mặt trước. Khu vực này có áp lực giữ phoi và mặt trước lớn nhất gọi trung tâm áp lực.

Ở mũi dao nhiệt độ tập trung cũng rất lớn. Điều này giải thích tại sao dụng cụ cắt mòn theo rãnh lõm ở mặt trước, mòn ở mũi dao...

Trường nhiệt độ trên phôi cho thấy, nhiệt độ trên bề mặt có thể tới 670°K , càng xa mũi dao nhiệt độ giảm dần (Vì lớp bề mặt chịu ma sát và biến dạng rất lớn, càng xa bề mặt, biến dạng càng giảm).



Hình 3.26: Trường nhiệt độ khi tiện

Những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trường nhiệt độ cho thấy:

- Trường nhiệt độ khi gia công là không ổn định.
- Nhiệt độ tại một điểm xác định $\theta(x,y,z)$ phụ thuộc vào các yếu tố:
 - + Vật liệu dụng cụ cắt và vật liệu chi tiết gia công.
 - + Điều kiện cắt.
 - + Phương pháp gia công.

Xét về mặt mài mòn của dụng cụ cắt thì ta quan tâm đến nhiệt độ lớn nhất trên mặt trước và mặt sau, sự phân bố nhiệt trên các bề mặt này. Nhưng việc xác định nhiệt độ lớn nhất này rất khó khăn. Trong lý thuyết gia công kim loại, nhiệt độ trung bình ở mặt phân cách Phôi – Dụng cụ cắt, Dụng cụ cắt – Phôi gọi là nhiệt độ cắt gọt, gọi tắt là nhiệt cắt.

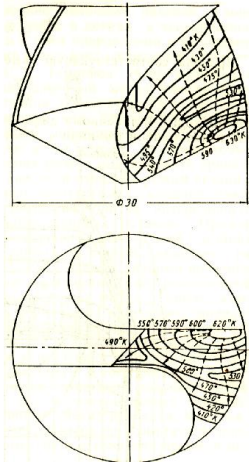
3.4.2. Những yếu tố ảnh hưởng tới nhiệt cắt

a. Ảnh hưởng của tốc độ cắt

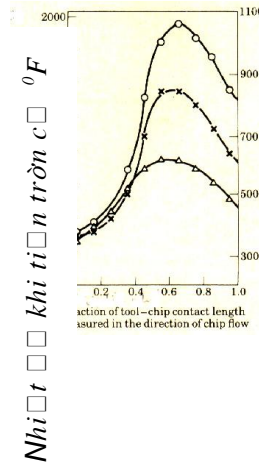
Trong tất cả các yếu tố ảnh hưởng thì tốc độ cắt ảnh hưởng tới nhiệt cắt nhiều nhất.

Từ công thức: $Q = \frac{P_z V}{427} Kcl / phut$. Ta thấy V tăng, Q tăng, mặt khác khi V

tăng đến một giá trị nào đó thì nếu tiếp tục tăng V thì lực P_z lại giảm. Do đó V tăng, Q tăng nhưng không tỷ lệ với V (ở mức độ chậm hơn).



Hình 3.27: Trường nhiệt độ khi khoan dụng cụ



Chiều dài tiếp xúc phoi –
Hình 3.28: Sự phân bố nhiệt độ khi
tiện

trên mặt phân cách phoi-

Tốc độ cắt càng tăng thì thời gian tỏa nhiệt từ phoi vào chi tiết gia công và dụng cụ cắt càng giảm, nhiệt lượng sinh ra trong quá trình cắt phần lớn là đi theo phoi (phoi là nguồn nhiệt chính). Nguồn nhiệt làm nóng dụng cụ cắt bây giờ chủ yếu là công thắng lực ma sát giữa phoi và mặt trước, giữa mặt sau và phôi, nó tăng lên cùng với việc tăng tốc độ cắt. Nhưng tốc độ cắt càng cao thì nhiệt cắt tăng càng chậm (do μ giảm) và tiệm cận với đường nhiệt độ nóng chảy của vật liệu chi tiết gia công (hình 3.29) vì công thắng lực ma sát không tăng nữa.

Thực nghiệm cho thấy quan hệ giữa θ và V theo công thức sau :

$$\theta = C_1 \cdot V^u \quad (3.23)$$

θ : Nhiệt cắt.

C_1 : Hệ số phụ thuộc vào điều kiện gia công (vật liệu gia công, chiều sâu cắt, dung dịch trơn nguội, thông số hình học dụng cụ cắt ...).

u : số mũ biểu thị ảnh hưởng của V đến θ .

$u = 0.26 \div 0.72$ chủ yếu phụ thuộc vào vật liệu gia công, phương pháp gia công. ($0 < u < 1$) thể hiện nhiệt cắt tăng chậm hơn V .

b. Ảnh hưởng của lượng chạy dao

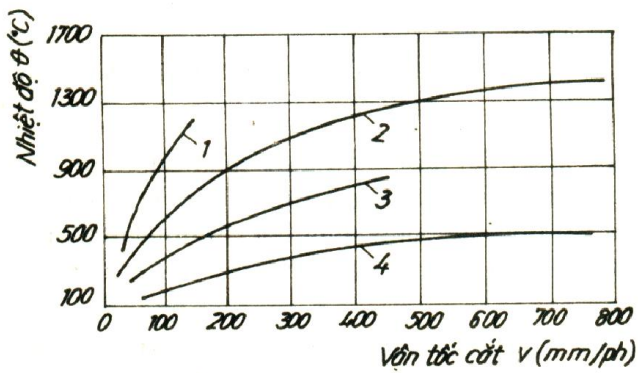
Tăng lượng chạy dao S , nhiệt cắt tăng nhưng tăng chậm hơn S (hình 3.30).

Thực nghiệm cho thấy khi S tăng gấp đôi, θ_c chỉ tăng 18%, quan hệ giữa θ và S như sau:

$$\theta = C_2 \cdot S^n \quad (3.24)$$

C_2 : Hệ số phụ thuộc vào điều kiện gia công.

n : Số mũ biểu thị ảnh hưởng của S tới θ , $n = 0.13 \div 0.46$



Hình 3.29: Ảnh hưởng của tốc độ cắt tới nhiệt cắt

1- Thép austenit mangan; 2- Thép Cacbon; 3- Gang; 4- Nhôm

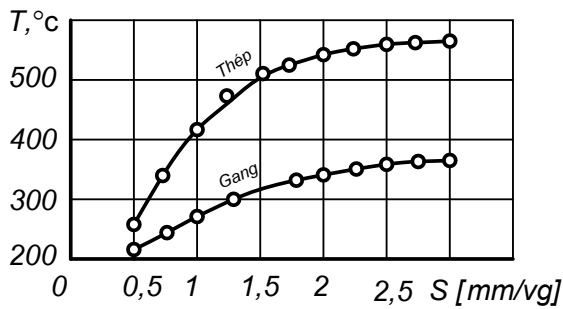
c. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt t .

Khi chiều sâu cắt t tăng, nhiệt cắt tăng nhưng tăng ít. Thực nghiệm cho thấy t tăng 2 lần thì θ tăng 7%.

$$\text{Quan hệ giữa } \theta \text{ và } t : \quad \theta = C_3 \cdot t^\xi \quad (3.25)$$

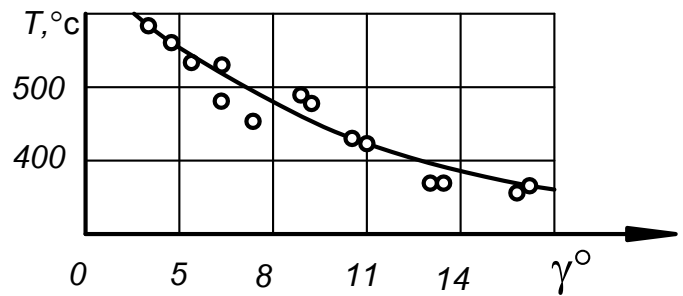
ξ : số mũ biểu thị ảnh hưởng của t tới θ

C_3 : Hệ số phụ thuộc vào điều kiện gia công.



Hình 3.30: Ảnh hưởng của lượng chạy dao trước

tới nhiệt cắt



Hình 3.31: Ảnh hưởng của góc

tới nhiệt cắt

d. Ảnh hưởng của thông số hình học

* Ảnh hưởng của γ, α

Khi γ và α tăng, nhiệt cắt giảm ít (hình 3.31).

* Ảnh hưởng của góc nghiêng chính φ

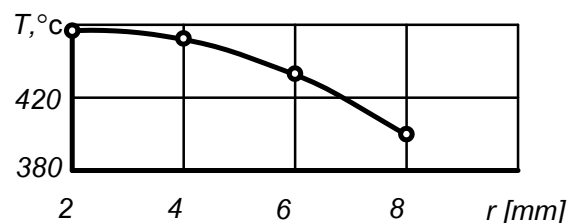
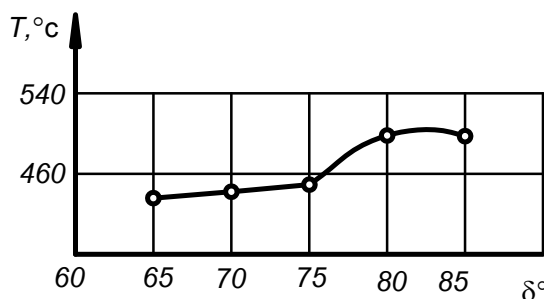
φ tăng, nhiệt cắt tăng nhưng tăng ít (hình 3.32).

* Ảnh hưởng của bán kính mũi dao r

Khi r tăng, nhiệt cắt giảm (hình 3.32).

e. Ảnh hưởng của vật liệu làm dụng cụ cắt

Vật liệu dụng cụ cắt ảnh hưởng tới nhiệt cắt thông qua hệ số ma sát, nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt của nó.



Hình 3.32: Ảnh hưởng của thông số hình học tới nhiệt cắt

Kim cương có $\lambda = 0.34 \text{ cal/cm.g.}^{\circ}\text{C}$, độ chịu nhiệt 800°C . BK8 có $\lambda = 0.13 \text{ cal/cm.g.}^{\circ}\text{C}$, độ chịu nhiệt 1000°C , nhưng kim cương cho phép cắt ở tốc độ cắt cao hơn do θ ở dụng cụ cắt kim cương nhỏ.

HKC nền WC có $\lambda = 0.19$. HKC nền TiC + WC có $\lambda = 0.07$, nhưng có hệ số ma sát khi gia công thép nhỏ hơn HKC nền WC, do đó θ khi gia công thép bằng dụng cụ cắt HKC nền TiC + WC nhỏ hơn HKC nền WC.

Ngoài ra kích thước và độ dẫn nhiệt ở thân dụng cụ cắt cũng ảnh hưởng tới nhiệt độ vùng cắt.

f. Ảnh hưởng của vật liệu chi tiết gia công

Cơ lý tính của vật liệu chi tiết gia công ảnh hưởng nhiều tới nhiệt cắt. giới hạn bền kéo và độ cứng của vật liệu chi tiết gia công càng lớn thì lực cắt càng lớn, nhiệt lượng sinh ra trong quá trình cắt càng lớn.

Độ dẫn nhiệt của vật liệu chi tiết gia công cũng ảnh hưởng lớn tới nhiệt cắt, λ càng lớn, nhiệt cắt càng giảm.

VD: Khi gia công kim loại màu, nhiệt cắt thấp, vì vậy cho phép cắt ở tốc độ cắt rất cao (vài trăm m/phút), vì không những lực cắt thấp mà tính dẫn nhiệt của kim loại màu rất cao.

Thép chịu nhiệt có tính dẫn nhiệt kém, nên nhiệt cắt khi gia công lớn hơn thép các bon 2 ÷ 3 lần.

g. Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội

Dung dịch trơn nguội có tác dụng dẫn nhiệt ra khỏi vùng cắt (làm nguội). Giảm lực cắt (do giảm hệ số ma sát, kích thích các vết nứt tế vi phát triển). Nên khi sử dụng dung dịch trơn nguội nhiệt cắt giảm nhiều.

VD: Khi gia công thép có tưới ddtv với lưu lượng 12 ÷ 20 l/ph ở nhiệt độ 20°C , nhiệt cắt giảm 100 ÷ 150 $^{\circ}\text{C}$ so với gia công không tưới dung dịch trơn nguội.

Tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng ta có công thức tính nhiệt cắt.

$$\theta = C_{\theta} . V^u . t^{\xi} . S^n K_{\theta} \tag{3.26}$$

Trong đó:

C_{θ} : Hệ số phụ thuộc vào điều kiện gia công

u, ξ, n : Các số mũ ảnh hưởng.

K_{θ} : Hệ số điều chỉnh.

Theo thực nghiệm:

$$\text{- Khi cắt thép: } \theta = \frac{C_o \cdot V^{0.4} \cdot S^{0.24} \cdot t^{0.125} \cdot (\sin \varphi)^{0.28}}{K^{0.086} \cdot r^{0.4} \cdot F^{0.058}} \cdot 0C \quad (3.27)$$

$$\text{- Khi cắt gang: } \theta = 138 \cdot V^{0.36} \cdot t^{0.09} \cdot S^{0.133} \quad 0C \quad (3.28)$$

Trong đó:

$K = t/s$.

C_o : Hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công, vật liệu dcc.

r : bán kính mũi dao

F : Diện tích tiết diện thân dao.

3.5. Dung dịch trơn nguội

3.5.1. Tác dụng và yêu cầu của dung dịch trơn nguội

3.5.1.1. Tác dụng

- Dung dịch trơn nguội làm giảm hệ số ma sát của phoi trượt trên mặt trước và giảm ma sát của mặt sau với bề mặt đã gia công. Do vậy dung dịch trơn nguội làm giảm lực cắt và giảm nhiệt phát sinh trong vùng cắt.

- Dung dịch trơn nguội dẫn nhiệt ra khỏi vùng cắt làm giảm nhiệt độ vùng cắt, do đó độ chính xác, chất lượng bề mặt gia công được nâng lên và độ mòn của dụng cụ cắt giảm.

- Khi trong vùng tạo phoi xuất hiện các vết nứt tế vi đầu tiên, dung dịch trơn nguội xâm nhập, kích thích quá trình phát triển các vết nứt. Lực cần thiết để tạo phoi sẽ giảm.

- Dung dịch trơn nguội tác động vào bề mặt phoi tạo ra lớp bọc cần thiết để phoi không bám vào nhau, thoát khỏi vùng tạo phoi dễ dàng.

Do vậy, trong quá trình gia công bằng cắt gọt việc sử dụng dung dịch bôi trơn làm nguội là cần thiết.

3.5.1.2. Yêu cầu đối với dung dịch trơn nguội

- Có tác động bôi trơn, giảm ma sát tốt. Ứng với mỗi vật liệu gia công, vật liệu làm dao, và điều kiện cắt cụ thể có chất bôi trơn phù hợp (có chỉ dẫn trong các sổ tay tra cứu).

- Có tác động làm nguội tốt, muốn vậy dung dịch trơn nguội phải có độ dẫn nhiệt và tỉ nhiệt cao. Trong thực tế phải lựa chọn các dung dịch làm nguội bôi trơn phù hợp, tùy từng trường hợp mà dùng tác dụng bôi trơn là chủ yếu, làm nguội là thứ yếu và ngược lại.

- Không bị phân huỷ dưới sự tác động của nhiệt độ cao, sử dụng được lâu dài.

- Ít làm hạn chế hệ thống công nghệ (máy - dao - chi tiết - gá lắp).

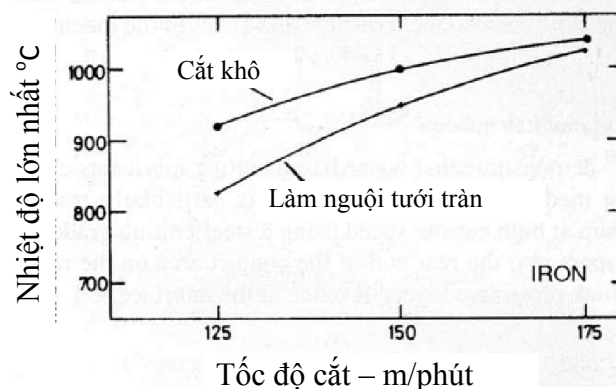
- Không gây độc hại cho công nhân và không làm ô nhiễm môi trường.

- Dễ tìm, giá cả phù hợp.

3.5.3. Hiệu quả của dung dịch trơn nguội ở tốc độ cắt cao

Hình 3.35 so sánh nhiệt độ lớn nhất trên mặt trước khi tiện thép các bon thấp đối với hai trường hợp cắt khô và cắt có tưới dung dịch trơn nguội bằng phương pháp tưới phía trên vùng cắt. Việc sử dụng dung dịch trơn nguội rất có lợi khi cắt ở tốc độ thấp nhưng có hiệu quả không rõ rệt khi cắt ở tốc độ cao (lớn hơn 175m/phút).

Khi cắt ở tốc độ cắt cao việc sử dụng dung dịch trơn nguội là ít ý nghĩa vì sự tiếp xúc giữa phoi và mặt trước ở tốc độ cắt cao không cho phép dung dịch trơn nguội tới được vùng cắt mà chỉ có sự xâm nhập nhẹ tới mép chiều dài tiếp xúc giữa phoi và mặt trước. Như vậy dung dịch trơn nguội không có ảnh hưởng đến nhiệt cắt, lực cắt hay tuổi thọ của dụng cụ cắt khi cắt ở tốc độ cắt cao.



Hình 3.35: Nhiệt độ lớn nhất ở vùng cắt có sử dụng dung dịch trơn nguội và không sử dụng dung dịch trơn nguội khi tiện

3.5.4. Tác hại của dung dịch trơn nguội

Việc sử dụng dung dịch trơn nguội sử dụng trong gia công bằng cắt gọt ảnh hưởng tới sức khỏe của người lao động như gây rát da, gây các bệnh về phổi và nghiêm trọng hơn có thể gây ung thư. Vì vậy, xu hướng trong gia công ngày nay là cắt khô hoặc sử dụng các loại dung dịch trơn nguội làm từ dầu thực vật. Với sự phát triển của vật liệu dụng cụ cắt, việc sử dụng dụng cụ cắt phủ như: Phủ TiAlN, CBN, Kim cương... như đã trình bày ở chương 2 cho phép cắt ở tốc độ cắt rất cao và có thể cắt gọt sau khi tôi khi đó việc sử dụng dung dịch trơn nguội ít có ý nghĩa.

3.6. Quá trình mài mòn và tuổi bền dụng cụ cắt

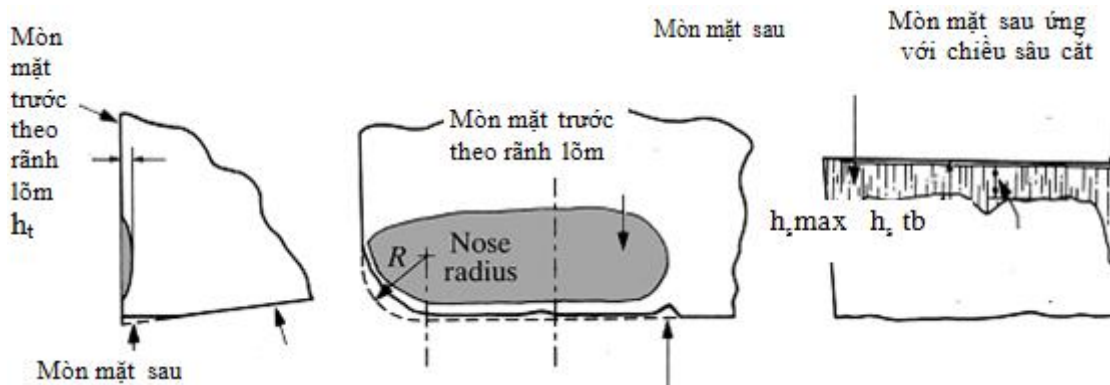
3.6.1. Khái niệm về quá trình mòn dụng cụ cắt

Trong quá trình cắt kim loại, do ma sát rất lớn giữa phoi và mặt trước, giữa mặt sau của dụng cụ cắt với phôi nên gây ra hiện tượng mòn dụng cụ cắt (hình 3.36). Sự mài mòn của dụng cụ cắt xảy ra trong những điều kiện khốc liệt hơn nhiều so với sự mài mòn giữa các bề mặt tiếp xúc của chi tiết máy, vì khi cắt gọt sự mài mòn của dụng cụ cắt xảy ra ở nhiệt độ rất cao, áp lực rất lớn và trên bề mặt tiếp xúc có diện tích tương đối nhỏ.

Hiện tượng mòn dụng cụ cắt gây rất nhiều tác hại.

- Là nguyên nhân chính làm giảm tuổi bền của dụng cụ cắt .
- Làm tăng lực cắt, nhiệt cắt, công tiêu hao trong cắt gọt.
- Làm tăng rung động trong quá trình cắt.
- Làm giảm chất lượng bề mặt gia công, giảm độ chính xác của chi tiết gia công.

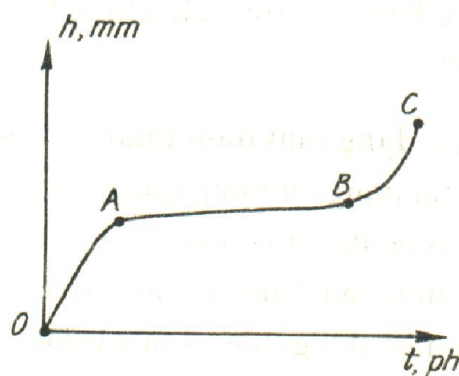
Việc nghiên cứu quá trình mòn giúp ta sử dụng hợp lý dụng cụ cắt nhằm đảm bảo chất lượng, năng suất gia công.



Hình 3.36: Mòn mặt trước và mòn trên mặt sau của dao tiện

3.6.2. Quan hệ giữa mòn và thời gian làm việc của dụng cụ cắt

Độ mòn của dụng cụ cắt được đặc trưng bởi kính thước h là chiều cao của diện tích mòn. Quan hệ giữa mòn và thời gian làm việc của dụng cụ cắt được biểu thị bằng đường cong mòn (hình 3.37).



Hình 3.37: Quan hệ giữa mòn dụng cụ cắt và thời gian làm việc

Sự mài mòn của dụng cụ cắt được chia làm 3 giai đoạn.

- **Giai đoạn 1: Bắt đầu mòn** được biểu thị bằng đoạn OA, tính từ khi dụng cụ cắt bắt đầu được sử dụng sau khi mài sắc hoặc mài sắc lại, xảy ra nhanh chóng đến khi các đỉnh nhấp nhô bị san bằng.

Diện tích tiếp xúc thực tế giữa phôi – mặt trước, mặt sau – phôi rất bé, tại các đỉnh nhấp nhô bề mặt, nhiệt độ rất lớn, ứng suất nhanh chóng vượt quá giới hạn bền và các đỉnh nhấp nhô bị san bằng rất nhanh. Độ nhẵn của dụng cụ cắt càng cao thì tốc độ mòn trong thời gian này càng chậm.

- **Giai đoạn 2: Mòn bình thường** được biểu thị bằng đoạn AB.

Trong giai đoạn này dụng cụ cắt bị mòn chậm, độ mòn tăng dần theo thời gian làm việc.

- **Giai đoạn 3: Mòn khốc liệt** được biểu thị bằng đoạn BC

Khi dụng cụ cắt bị mòn tới một trị số giới hạn (ứng với điểm B), nếu tiếp tục cắt thì tốc độ mòn sẽ tăng lên đột ngột, đây còn gọi là thời kỳ mòn kịch biến. Khi dụng cụ cắt mòn tới quá điểm B thì biến dạng của lớp cắt và ma sát rất lớn dẫn đến lực cắt, nhiệt cắt rất lớn, độ cứng, độ bền của vật liệu dụng cụ cắt bị giảm rất nhiều nên dụng cụ cắt bị mòn rất nhanh. Nếu tiếp tục cắt ở giai đoạn này dụng cụ cắt sẽ bị phá huỷ nhanh chóng. Vì vậy không nên để dụng cụ cắt bị mòn tới giai đoạn này.

Tốc độ mòn của dụng cụ cắt phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: Vật liệu dụng cụ cắt, vật liệu phôi, chế độ cắt, thông số hình học, tính chất gia công (có hoặc không có dung dịch trơn nguội).

3.6.3. Các dạng mòn của dụng cụ cắt

3.6.3.1. Phân loại theo bản chất của quá trình mòn (Cơ chế của quá trình mòn).

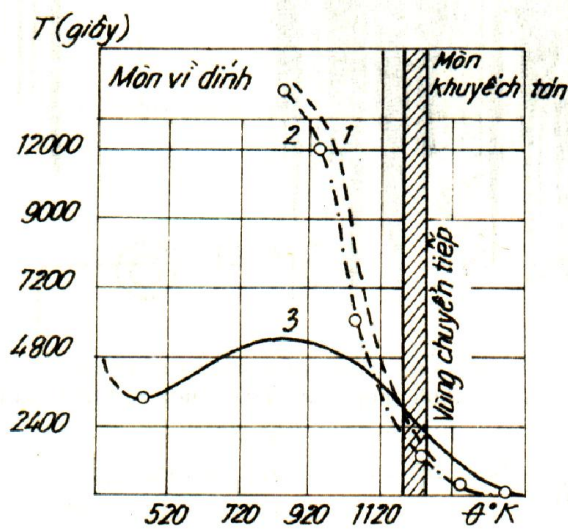
- Mòn do ma sát cơ học

Sự mài mòn chủ yếu là do kết quả của sự ma sát cơ học giữa phôi và mặt trước, giữa mặt sau với phôi. Vì trong vật liệu chi tiết gia công bao giờ cũng tồn tại những tạp chất có độ cứng cao hơn độ cứng của vật liệu dụng cụ cắt như cát dính vào phôi đúc trong khuôn cát, các bít trong thép, silic tự do trong hợp kim nhôm –silic... nên trong quá trình cắt chúng cào xước các bề mặt làm việc của dụng cụ cắt gây mòn. Khi cắt ở tốc độ cắt thấp, nhiệt cắt thấp, cơ chế mài mòn của dụng cụ cắt chủ yếu là do ma sát cơ học.

- Mòn do hiệu ứng nhiệt

Khi nhiệt cắt sinh ra lớn, cấu trúc tế vi lớp bề mặt làm việc của dụng cụ cắt bị thay đổi thành cấu trúc kém bền hơn (VD: khi nhiệt độ lớn hơn 600°C , pha mactenxit sẽ chuyển hoá thành pha Ostenit hoặc Trotstit) làm độ cứng, độ bền, độ chịu mài mòn của vật liệu dụng cụ cắt bị suy giảm, dẫn đến tốc độ mòn do dính và mòn do hạt mài tăng. Ngoài ra dưới tác dụng của nhiệt cắt, lưỡi cắt có thể bị

biến dạng dẻo nên dụng cụ cắt rất chóng mòn. Độ bền nhiệt của vật liệu dụng cụ cắt càng cao thì mòn do hiệu ứng nhiệt càng giảm.



Hình 3.38: Cơ chế mòn phụ thuộc vào nhiệt độ

1- Thép 40 (HB180); 2-Thép CT5 (HB150); Thép Cr-Mo (HB 500-550)

- Mòn do Ôxi hoá

Khi tốc độ cắt cao, nhiệt cắt lớn, những lớp vật liệu trên bề mặt làm việc của dụng cụ cắt bị oxi hoá tạo thành các lớp vật liệu kém bền hơn và dễ bị phá huỷ, khi bị phá huỷ một lớp ôxi hoá khác lại được hình thành gây mòn dụng cụ cắt.

- Mòn do chảy dính

Khi cắt ở tốc độ cắt thấp, nhiệt cắt trung bình, một phần phoi sát mặt trước sẽ bị chảy và dính vào mặt trước của dụng cụ cắt, và vật liệu của phôi dính vào mặt sau của dụng cụ cắt. Trong quá trình cắt từng mảnh nhỏ của dụng cụ cắt có kích thước từ vài µm đến vài mm sẽ bị đứt đi theo phoi và phôi gây mòn dụng cụ cắt.

- Mòn do khuếch tán

Khi cắt ở tốc độ cắt rất cao, nhiệt độ ở vùng cắt rất lớn làm các nguyên tử của vật liệu làm dụng cụ cắt bị khuếch tán vào phoi, phôi, dụng cụ cắt bị mòn rất nhanh. Tốc độ mòn do khuếch tán phụ thuộc chính vào ái lực hoá học giữa vật liệu chi tiết gia công và vật liệu của dụng cụ cắt, nó tăng tỷ lệ như tăng nhiệt cắt.

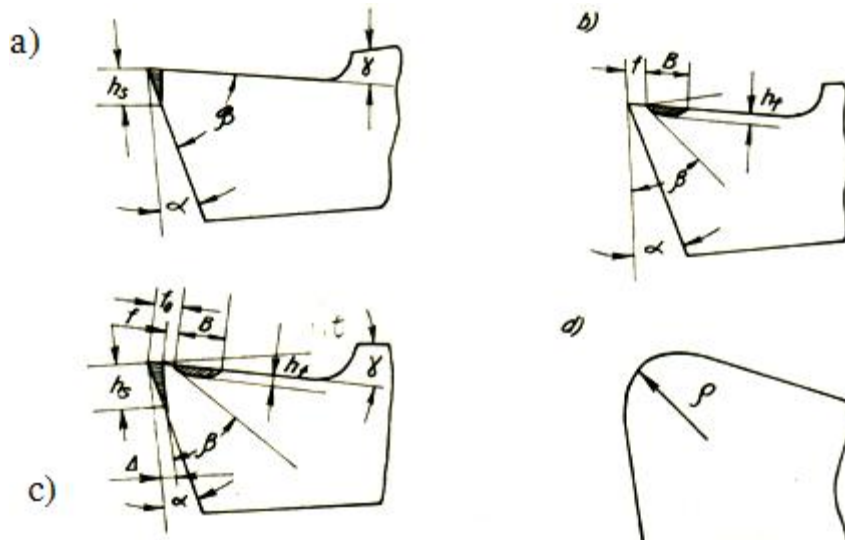
Thí nghiệm cho thấy: Khi gia công thép, sự mài mòn do khuếch tán xảy ra ở nhiệt độ 950°C đối với dao HKC nhóm 1 cacbit, ở nhiệt độ 1050°C đối với HKC nhóm 2 cacbit (Mòn do khuếch tán của HKC là sự hoà tan của W, Ti, Ta trong thép)

Trong quá trình cắt gọt, dụng cụ cắt bị mài mòn theo các cơ chế trên, nhưng trong thực tế rất khó phân biệt chính xác giai đoạn mòn theo các cơ chế (Hình 3.38).

3.5.3.2. Phân loại theo vị trí hình học của sự mài mòn

Tùy thuộc vào vật liệu gia công, dạng gia công và chế độ cắt v.v... mà dụng cụ cắt có các dạng mòn khác nhau. Có thể phân các dạng mòn như sau:

* **Mòn theo mặt trước là chủ yếu** (hình 3.39b)



Hình 3.39: Các vị trí mòn trên dụng cụ cắt

Khi gia công các vật liệu dẻo chiều dày cắt $a \geq 0.5\text{mm}$ phoi tạo thành là phoi dây hoặc phoi xếp, áp lực cắt tác động lên mặt trước lớn, khi mặt sau được lẹo dao bảo vệ. ở trung tâm áp lực chịu nhiệt độ, áp lực, ma sát lớn, do đó mặt trước dụng cụ cắt bị mòn dần theo rãnh có hình lưỡi liềm, đỉnh rãnh là trung tâm áp lực, rãnh lưỡi liềm lớn dần cho tới khi cạnh vát $f = 0$ khi đó dao bị mòn hoàn toàn.

Trị số mòn theo mặt trước được đo theo chiều sâu của rãnh lưỡi liềm h_t .

* **Mòn theo mặt sau là chủ yếu** (hình 3.39a)

Khi gia công các vật liệu giòn như gang, đồng thau v.v.. phoi là phoi vụn. Ma sát giữa phoi là mặt thước nhỏ, ma sát ở mặt sau lớn.

Khi gia công vật liệu dẻo với a nhỏ ($a \leq 0.15$), phoi mỏng. Áp lực trên mặt trước nhỏ. Vì vật liệu dẻo, a mỏng nên vật liệu lớp bề mặt đã gia công đàn hồi ngược trở lại gây ma sát với mặt sau lớn.

Khi mòn ở mặt sau, góc sau giảm dần và tiến tới bằng 0. Bề mặt mòn ở mặt sau lớn dần, ma sát càng tăng.

Trị số mài mòn theo mặt sau được biểu thị bởi chiều cao h_s là chiều cao diện tích mòn theo mặt sau, h_s ảnh hưởng tới độ chính xác và độ nhẵn bề mặt chi tiết gia công.

* Mòn cả ở mặt trước và mặt sau (hình 3.39c)

Trường hợp này xuất hiện khi gia công các vật liệu dẻo, có chiều dày cắt a trong khoảng $0.15 \div 0.5$ mm ở tốc độ cắt thấp hoặc trung bình khi lẹo dao không hình thành, hoặc hình thành không ổn định. Do đó cả mặt trước và mặt sau của dụng cụ cắt đều chịu nhiệt độ, áp lực và ma sát lớn làm dụng cụ cắt bị mòn theo cả mặt trước và mặt sau.

Mòn cả ở mặt trước và mặt sau làm giảm độ bền cơ học mũi dao. Dao dễ bị sứt mẻ, mất khả năng cắt.

* Mòn ở mũi dao (hình 3.39d)

Xảy ra khi gia công các vật liệu có độ dẫn nhiệt kém bằng dao cụ mà vật liệu cũng có độ dẫn nhiệt không cao.

Nhiệt lượng tập trung ở vùng nhỏ mũi dao, nó nung nóng mũi dao tới nhiệt độ cao. Cơ lý tính của mũi dao giảm nhanh, mũi dao mất tính cắt và mòn.

Trong các dạng mòn kể trên, mòn theo mặt sau dẫn đến $\alpha = 0$ cần được lưu ý hơn cả, vì nó trực tiếp cản trở quá trình cắt, gây lực Py lớn đẩy dao ra khỏi vùng tiếp xúc, dao không thực hiện được chức năng cắt nữa.

Mặt khác mòn theo mặt sau còn ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của chi tiết. Do vậy lấy độ mòn trên mặt sau là chỉ tiêu đánh giá tuổi bền của dụng cụ cắt.

Qua nghiên cứu thấy rằng quan hệ giữa h_s và thời gian gia công là:

$$h_s = C \cdot \tau^x \quad (3.29) \quad C : \text{hệ số phụ thuộc vào điều kiện gia công}$$

$x : \text{số mũ thể hiện sự phụ thuộc } h_s \text{ theo thời gian}$

3.6.4. Một số phương pháp nghiên cứu quá trình mòn

- Phương pháp hay sử dụng nhất để nghiên cứu và xác định mức độ mòn của dụng cụ cắt là đo trực tiếp vết mòn bằng các dụng cụ quang học (kính hiển vi). Phương pháp này đơn giản nhưng mất nhiều thời gian.

- Phương pháp cân.

- Phương pháp đồng vị phóng xạ: Các chất đồng vị phóng xạ được pha trộn vào vật liệu dụng cụ cắt. Sự mài mòn của dụng cụ cắt trong quá trình cắt gọt được đánh giá bằng số lượng đồng vị phóng xạ từ dụng cụ cắt chuyển sang phoi và chi tiết gia công.

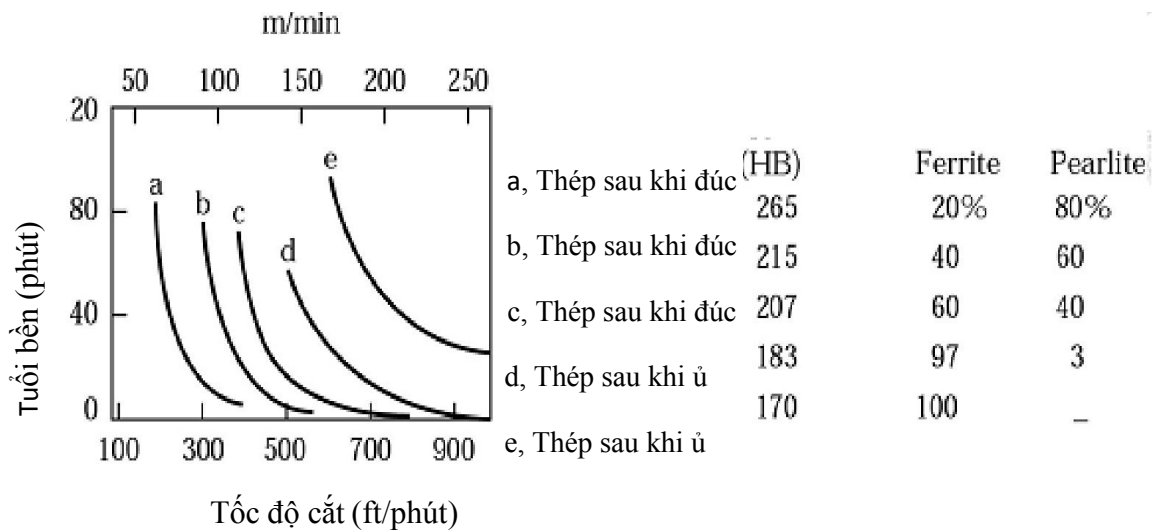
3.6.5. Tuổi bền của dụng cụ cắt

Tuổi bền của dụng cụ cắt là khoảng thời gian làm việc liên tục của dụng cụ cắt giữa hai lần mài sắc. Tuổi bền được ký hiệu là T và thường đo bằng phút. Tuổi bền của dụng cụ cắt là nhân tố quan trọng ảnh hưởng tới năng suất gia công và giá thành sản phẩm.

Khoảng thời gian làm việc liên tục giữa hai lần mài sắc được tính từ khi

dụng cụ cắt làm việc sau khi mài sắc đến khi dụng cụ cắt bị mòn đến giới hạn cho phép. Giới hạn này được xác định theo các tiêu chuẩn mòn ở phần trên. Độ mòn giới hạn của dụng cụ thường được xác định trên mặt sau (h_s) được tra bảng phụ thuộc vào phương pháp gia công và kiểu gia công.

Tuổi bền của dụng cụ cắt bị ảnh hưởng bởi rất nhiều các nhân tố. Đường cong tuổi bền là đường cong vẽ theo những điểm của dữ liệu thực nghiệm có được trong thực nghiệm (hình 3.40).



Hình 3.40: Ảnh hưởng của cấu trúc tế vi, độ cứng của vật liệu gia công và ảnh hưởng của tốc độ cắt đến tuổi bền của dụng cụ cắt

Ta thấy tuổi bền của dụng cụ giảm nhanh khi tăng tốc độ cắt và sự ảnh hưởng độ bền của vật liệu gia công đến tuổi bền. Cũng thấy sự khác nhau lớn về tuổi khi gia công những vật liệu có cấu trúc tế vi khác nhau. Việc xử lý nhiệt là rất quan trọng bởi nó có thể tăng độ cứng của vật liệu gia công. Ví dụ: ferit có độ cứng vào khoảng 100HB, Peclit 200 HB, và mactensit khoảng 300 - 500 HB. Tạp chất và những thành phần cứng trong vật liệu cũng rất quan trọng bởi vì nó làm giảm tuổi bền của dụng cụ bởi tác động mài mòn của nó.

3.6.5.1. Ảnh hưởng của chế độ cắt đến tuổi bền của dụng cụ cắt

a. Ảnh hưởng của tốc độ cắt đến tuổi bền của dụng cụ cắt

* Dụng cụ cắt thép gió

Khi tăng tốc độ cắt nhiệt cắt sinh ra càng lớn, độ cứng của dụng cụ cắt giảm, tốc độ mòn của dụng cụ cắt tăng, lực cắt tăng, tuổi bền của dụng cụ cắt giảm (hình 3.41).

* Dụng cụ cắt hợp kim cứng

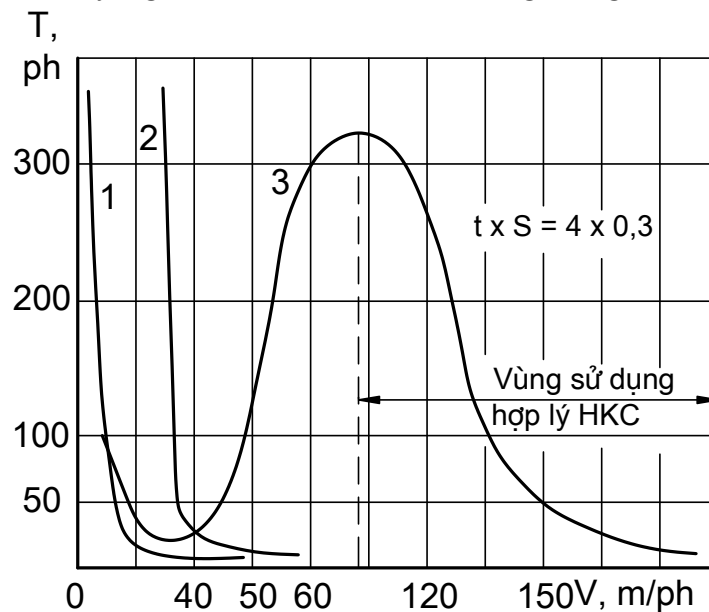
Khi cắt ở vùng tốc độ cắt thấp $V_1 \div V_2$ tăng tốc độ cắt, ma sát giữa dao và phôi, giữa dao và phôi tăng làm tốc độ mòn của dụng cụ cắt tăng, tuổi bền của

dụng cụ cắt giảm (hình 3.41).

Khi cắt ở tốc độ cắt từ $V_2 \div V_3$ tăng tốc độ cắt, lẹo dao được hình thành, mặt khác ở tốc độ cắt này nhiệt sinh ra rất lớn tạo ra lớp kim loại bị chảy nhão ở khu vực tiếp xúc giữa dụng cụ cắt và phôi, giữa dụng cụ cắt và phoi tạo ra một lớp màng bôi trơn rất tốt, hệ số ma sát giảm, dẫn đến tốc độ mòn của dụng cụ cắt giảm, tuổi bền của dụng cụ cắt tăng.

Khi tăng tốc độ cắt $V_c > V_3$ nhiệt cắt sinh ra rất lớn làm thay đổi tổ chức tế vi của HKC làm độ cứng của dụng cụ cắt giảm, tuổi bền của dụng cụ cắt giảm.

Ta thấy cùng một tuổi bền, nếu cắt ở tốc độ ứng với nhánh Hypebol với $V_c > V_3$ thì năng suất gia công sẽ lớn hơn hẳn với tốc độ cắt trong vùng $V_1 \div V_3$, do đó nhánh hypebol có ý nghĩa thực tiễn khi sử dụng dụng cụ cắt gắn mảnh HKC.



Hình 3.41: Quan hệ giữa tốc độ cắt và tuổi bền của dụng cụ cắt
Đường 1,2- Thép gió; đường 3- Hợp kim cứng

3.6.5.2. Ảnh hưởng của lượng chạy dao và chiều sâu cắt

Cùng 1 tốc độ cắt như nhau, khi tăng t hoặc S , lực cắt tăng, công sinh ra trong quá trình cắt tăng, nhiệt cắt tăng làm dụng cụ cắt bị mòn nhanh hơn, tuổi bền của dụng cụ cắt giảm.

Muốn tuổi bền của dụng cụ cắt không đổi khi tăng S và t thì tốc độ cắt V phải giảm.

Trong thực tế khi lựa chọn tuổi bền còn phải dựa vào yêu cầu của quá trình sản xuất. Tùy theo điều kiện cụ thể mà có thể chọn tuổi bền ứng với chế độ cắt cho năng suất cao nhất hoặc giá thành nhỏ nhất hay xác định chế độ cắt ứng với tuổi bền cần thiết.

Công thức tổng quát xác định tốc độ cắt V khi tiện

Khi tiện, tốc độ cắt được tính theo các công thức tương ứng với vật liệu phan

cắt và dạng gia công.

+ **Với dao thép gió:**

- Khi tiện ngoài:
$$V_{60} = \frac{C_v \cdot K_v}{t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad , \quad \frac{m}{ph}$$

- Khi tiện rãnh, tiện cắt đứt:
$$V_{60} = \frac{C_v \cdot K_v}{S^{y_v}} \quad , \quad \frac{m}{ph}$$

- Khi tiện định hình:
$$V_{120} = \frac{C_v \cdot K_v}{S^{y_v}} \quad \frac{m}{ph}$$

Các hệ số C_v , số mũ x_v, y_v và hệ số hiệu chỉnh K_v được tra trong sổ tay.

Khi tiện lỗ bằng dao tiện thép gió cần nhân thêm hệ số hiệu chỉnh $K = 0,9$ vào công thức tính V cho trường hợp tiện ngoài.

+ **Với dao hợp kim cứng:**

- Khi tiện ngoài, tiện lỗ:
$$V_T = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \quad m/phut.$$

- Khi tiện rãnh, tiện cắt đứt:
$$V_T = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^{y_v}} \quad \frac{m}{ph}$$

$$K_v = K_{vl} \cdot K_{v\phi} \cdot K_d \cdot K_\phi \cdot K_{hs} \cdot K_{ht} \dots$$

K_{vl} : Hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của vật liệu gia công.

$K_{v\phi}$: Hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của lớp vỏ cứng của phôi.

K_d : Hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của vật liệu phần cắt của dụng cụ cắt.

.....

Các hệ số C_v , số mũ x_v, y_v và hệ số hiệu chỉnh K_v được tra trong sổ tay.