

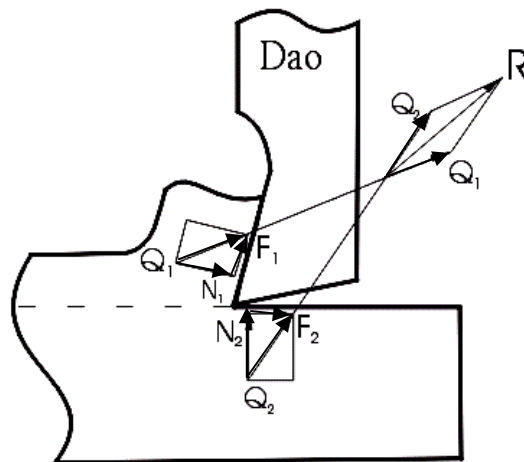
### Bài 3. LỰC CẮT KHI TIỆN

#### Mục tiêu

Qua bài học này sinh viên trình bày được:

- Các lực tác động lên dao trong quá trình cắt.
- Các nhân tố ảnh hưởng đến lực cắt.

#### I. PHÂN TÍCH VÀ TÍNH NGHIÊN PHẠM LỰC



Hình 3-1. Sơ đồ các lực tác động khi gia công

Trong quá trình cắt:

+ Phôi tác động lên mặt trước của dao:

- Lực pháp tuyến  $N_1$
- Lực ma sát  $F_1$

+ Phôi tác động lên mặt sau của dao:

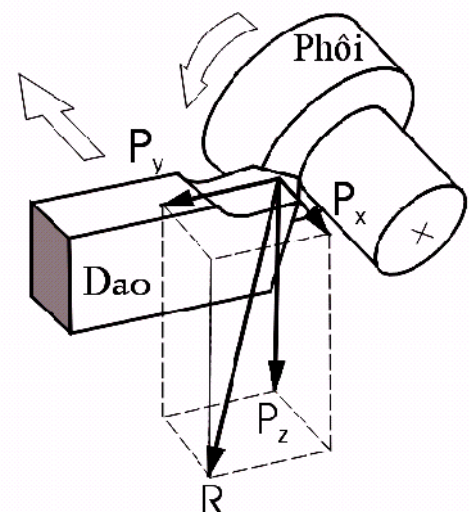
- Lực pháp tuyến (áp lực)  $N_2$
- Lực ma sát  $F_2$

Tácó:

$$\begin{cases} \bar{N}_1 + \bar{F}_1 = \bar{Q}_1 \\ \bar{N}_2 + \bar{F}_2 = \bar{Q}_2 \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{Q}_1 + \bar{Q}_2 = \bar{R} \end{array} \right.$$

R: chính là lực tác động lên dao.

Để nghiên cứu và đo lực cắt cần có thiết bị đo đặc biệt, người ta phân tích lực R thành các lực



Hình 3-2. Sơ đồ lực cắt khi tiện

thành phần  $P_x$ ,  $P_y$  và  $P_z$  theo hệ trục tọa độ  $Ox$ ,  $Oy$  và  $Oz$ .

$$\text{Ta có: } R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

Tổng hợp hai lực  $P_x$  và  $P_y$  ta được lực  $P_N$  trùng với phương pháp tuyến của lưỡi cắt.

$$\text{Ta có: } P_N = P_y + P_x$$

$$P_x = P_N \cdot \sin \varphi$$

$$P_y = P_N \cdot \cos \varphi$$

Qua thực nghiệm khi tiến hành cắt dao tiến có góc  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\lambda = 0$ ;  $\gamma = 15^\circ$  giá  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  có mối quan hệ gần đúng như sau:

$$\frac{P_y}{P_z} = (0,4 \div 0,5);$$

$$\frac{P_x}{P_z} = (0,3 \div 0,4)$$

Thay các trục  $P_x$ ,  $P_y$ , bằng  $P_z$  ta có:

$$R = \sqrt{P_z^2 + [(0,4 \div 0,5)P_z]^2 + [(0,3 \div 0,4)P_z]^2}$$

$$R = (1,1 \div 1,18)P_z$$

Như vậy  $P_z$  là thành phần lực có trục lên nhất vì vậy **ngược lại ta gọi  $P_z$  là lực cắt chính**. Khi nghiên cứu lực cắt là chủ yếu nghiên cứu lực  $P_z$ .

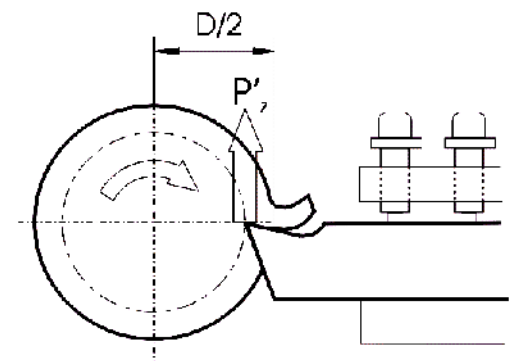
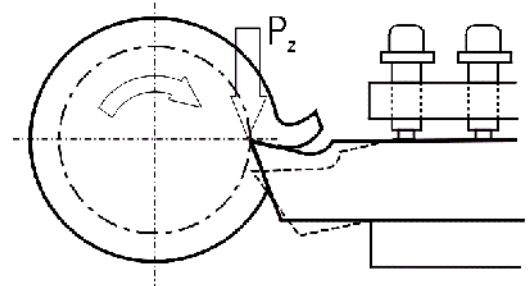
Tổng giá hai lực  $P_x$  và  $P_y$  phụ thuộc vào góc  $\varphi$ . Nếu góc  $\varphi$  tăng thì lực  $P_y$  giảm, còn  $P_x$  tăng.

## II. TÁC ĐỘNG CỦA LỰC LÊN DAO, MÁY, VÀ T GIA CÔNG

### 1/ Lực cắt $P_z$ (lực tiếp tuyến)

Có phương hướng theo chiều đi xuống, nằm trong mặt phẳng cắt gọt (véctơ của nó trùng với véctơ tiếp tuyến).

Lực cắt  $P_z$  tác động lên dao theo phương hướng có xu hướng uốn và bẻ gãy dao, tiết diện uốn là phần làm việc của dao. Vì vậy khi tính toán độ bền của dao, của máy và công suất máy phải căn cứ vào lực  $P_z$ .



Hình 3-3. Tác động của lực cắt  $P_z$

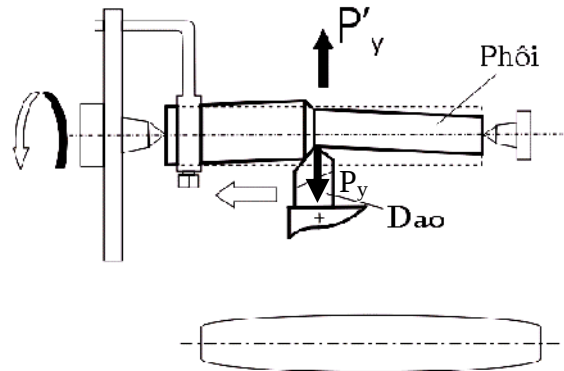
## 2/ Lực dọc trục $P_x$

Phôi ngang song song với phôi ngang chày dao (nằm trong mặt phẳng ngang) chịu lực dọc trục  $P_x$  từ dao, làm chuyển động tiến của dao. Căn cứ vào lực này để tính toán cấu trúc bộ tiến của máy.

## 3/ Lực hướng kính $P_y$

Có phôi ngang dọc theo trục của dao, đẩy dao khỏi phôi và tác động vào bulong trên dao, phần lực  $P'_y$  đẩy phôi làm cong chi tiết. Lực này gây rung động trên mặt phẳng ngang, ảnh hưởng nhiều đến độ chính xác và độ bóng bề mặt gia công.

Căn cứ vào lực  $P_y$  để tính toán đường vòng của phôi và dung sai kích thước của chi tiết gia công khi biến dạng.

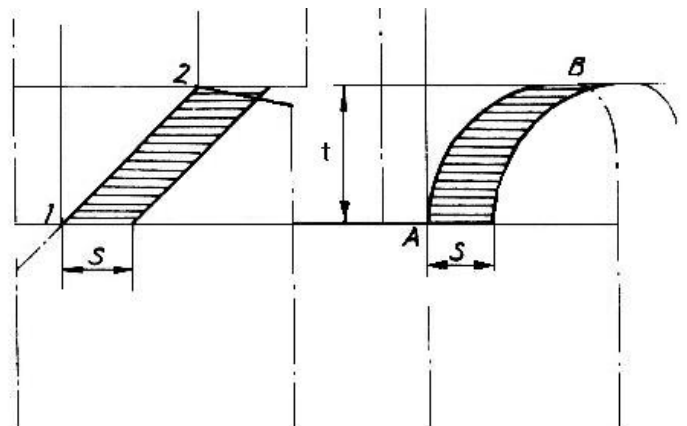


Hình 3-4. Phôi biến dạng do tác động của lực hướng kính

## III. CÁC NHÂN TỐ NHƯNG ĐẾN LỰC CẮT

### 1/ Ảnh hưởng của vật liệu gia công

Tính chất cơ lý của vật liệu gia công ảnh hưởng lớn đến lực cắt. Khi gia công vật liệu giòn, lực cắt nhỏ hơn so với vật liệu dẻo. Ví dụ: khi tiến gang, lực cắt nhỏ hơn khi tiến thép 1,5 lần. Vì khi tiến gang lực biến dạng nhỏ, còn thép phần lớn công tiêu phí dùng để biến dạng dẻo của kim loại. Mặt khác, giá trị hàm lượng cacbon thép cao hơn gang. Kim loại dẻo hơn càng nhiều, độ cứng càng cao, lực cắt càng lớn.



Hình 3-5. Sự biến đổi chiều dài cắt khi tiến thẳng và cong

### 2/ Ảnh hưởng của chiều sâu cắt $t$ , góc chày dao $s$

Chiều sâu cắt  $t$ : khi tăng  $t$ , lực cắt tăng vì khi đó lực biến dạng của kim loại biến dạng và lực ma sát giữa dao và phôi tăng. Thước nghiệm cho thấy  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ , coi như tỉ lệ với  $t$ .

Ảnh hưởng của góc chày dao  $s$ : Khi tăng  $s$  thì lực biến dạng và lực ma sát đều tăng nên lực cắt tăng. Song tăng  $s$  thì chiều dày cắt tăng tỉ lệ thuận với  $s$  ( $a = s \cdot \sin \phi$ ), nên vậy hệ số co phoi và trục lực ma sát giảm, do đó ảnh hưởng chày dao ảnh hưởng đến lực cắt ít hơn.

### 3/ Ảnh hưởng của các thông số hình học phôi đến lực cắt

- Ảnh hưởng của góc trước  $\gamma$ : Góc trước  $\gamma$  càng nhỏ (góc δ lớn) dao cắt vào chi tiết càng khó, biến dạng dẻo tăng lên, lực cắt tăng.

- Ảnh hưởng của góc sau  $\alpha$ : Khi cắt một sau của dao tiếp xúc với chi tiết gia công. Góc sau càng lớn độ bền tiếp xúc càng nhỏ làm cho ma sát càng giảm, lực cắt giảm. Nếu tiếp tục tăng góc sau  $\alpha$  thì lực cắt giảm không đáng kể.

- Ảnh hưởng của góc nghiêng chính  $\phi$  và góc nghiêng phụ  $\phi_1$ : Khi tăng  $\phi$  nếu giữ nguyên  $t$  và  $s$  thì chiều dày cắt  $a$  tăng ( $a = s \cdot \sin \phi$ ) nên  $P_z$  giảm. Điều này chỉ đúng khi gia công gang hoặc thép với dao có bán kính  $r = 0$ . Còn khi dao có bán kính  $r \neq 0$ , lúc đầu  $P_z$  giảm, nhưng khi  $\phi$  tăng quá  $60^\circ$ , do chiều dài đoạn cong của lưỡi cắt tham gia cắt tăng nên  $P_z$  lại tăng. Đối với  $P_x$  và  $P_y$  có quan hệ:

$$P_x = P_N \cdot \sin \phi$$

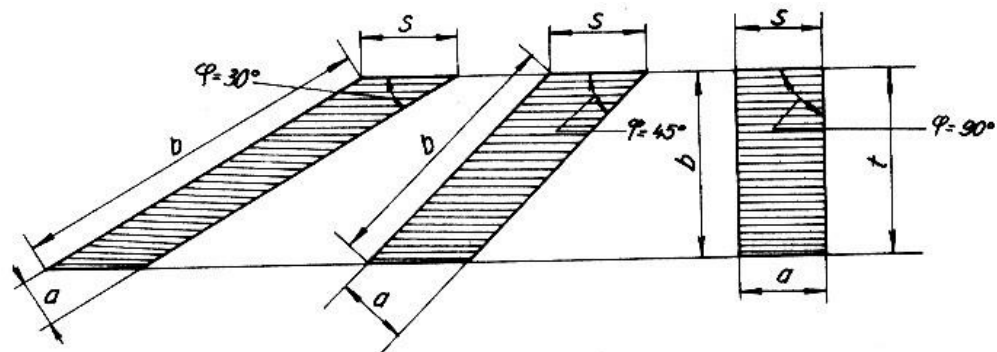
$$P_y = P_N \cdot \cos \phi$$

Khi  $\phi$  tăng thì  $P_x$  tăng,  $P_y$  giảm. Vì  $P_y$  ảnh hưởng đến rung động nên khi hàn thì

công nghệ không để độ cứng vững nên nên dùng dao có góc  $\phi$  lớn. Góc nghiêng phụ  $\phi_1$  ảnh hưởng ít đến lực cắt có thể bỏ qua.

- Ảnh hưởng của bán kính mũi dao  $r$ : Khi tăng  $r$ , do đoạn cong của lưỡi cắt tham gia cắt tăng nên biến dạng của phôi tăng, lực  $P_z$  tăng. Mặt khác, tăng  $r$  thì góc  $\phi$  trên phần cong của lưỡi cắt giảm làm cho lực  $P_y$  tăng rất nhanh, còn  $P_x$  giảm.

- Ảnh hưởng của góc  $\lambda$ : Thay đổi  $\lambda$  trong khoảng  $-5^\circ$  đến  $+5^\circ$ , lực cắt biến đổi



Hình 3-6. Sơ đồ thay đổi chiều dày cắt  $a$ , chiều rộng cắt  $b$  theo góc  $\phi$

ít, tăng  $\lambda$  lên nữa thì  $P_z$  và  $P_y$  tăng còn  $P_x$  giảm.

- Ảnh hưởng của số mài mòn dao: Một dao càng mòn thì diện tích tiếp xúc của dao với mặt gia công càng lớn nên lực cắt càng tăng.

- Ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội: Dung dịch trơn nguội trong quá trình cắt vừa làm giảm nhiệt cắt, đồng thời còn làm giảm ma sát giữa phôi với mặt trước và mặt gia công nên lực cắt giảm.

#### IV. CÔNG THỨC TÍNH LỰC VÀ THỰC HÀNH TÍNH LỰC

##### 1. Công thức tính lực

Trong thực tế công thức tính quát thích hợp nhất để tính lực cắt khi tiến bao gồm các thông số: chiều sâu cắt, góc nghiêng của dao và tốc độ cắt. Còn các yếu tố khác cho gián tiếp thông qua các hệ số ảnh hưởng.

Công thức tính quát để tính lực cắt khi tiến được viết dưới dạng sau:

$$\begin{aligned} P_z &= C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot s^{y_{P_z}} \cdot v^{n_{P_z}} \cdot K_{P_z} \\ P_y &= C_{P_y} \cdot t^{x_{P_y}} \cdot s^{y_{P_y}} \cdot v^{n_{P_y}} \cdot K_{P_y} \\ P_x &= C_{P_x} \cdot t^{x_{P_x}} \cdot s^{y_{P_x}} \cdot v^{n_{P_x}} \cdot K_{P_x} \end{aligned}$$

Trong đó:

$C_{P_z}, C_{P_y}, C_{P_x}$ : Hệ số phụ thuộc vào vật liệu gia công.

$x_{P_z}, y_{P_y}, n_{P_x}$ : Số mũ ảnh hưởng của  $t, s, v$  đến  $P_z$ , các số mũ khác ảnh hưởng của  $t, s, v$  đến  $P_y$  và  $P_x$ .

$K_{P_z}, K_{P_y}, K_{P_x}$ : Các hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của các thông số khác đến lực cắt.

Ví dụ:

$$K_{P_z} = K_{v_l} \cdot K_{\phi} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\alpha} \cdot K_{\lambda} \cdot K_r \dots$$

$K_{v_l}$ : Hệ số ảnh hưởng của vật liệu gia công

$K_{\phi}$ : Hệ số ảnh hưởng của góc  $\phi$

$K_{\gamma}, K_{\alpha}, K_{\lambda}, K_r$ : hệ số ảnh hưởng của góc  $\gamma$ , góc  $\alpha$ , góc  $\lambda$ , bán kính mũi dao  $r$ .

##### 2. Thực hành tính lực

**Ví dụ:** Tiến trình chi tiết có đường kính  $d_{ct} = 30^{+0,03}$ , chiều dài 320 mm. Đường kính phôi  $d_f = 40$  mm. Vật liệu gia công là thép cacbon kết cấu <0,6% C, không vôi;  $\sigma_b = 75$  KG/mm<sup>2</sup>. Vật liệu làm dao là hợp kim cứng T5K10 có kết cấu như sau  $B \times H = 25 \times 25$ ;  $\phi = 45^\circ$ ,  $\phi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = -15^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ . Tuổi bền của dao  $T = 60$  phút. Số đường máy tiến 1K62 có  $[P_x] = 350$  KG. Chi tiết được gá máy để mài tâm, chỉnh tâm mặt đầu. Chọn chế độ cắt và kiểm nghiệm công suất động cơ?

Cho biết:  $C_v = 273$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $[\sigma]_h = 20$  KG/mm<sup>2</sup>;  $[f] = 0,2 \div 0,4$  khi tiến thô; Modul đàn hồi của vật liệu:  $E = 2,1 \times 10^4$  KG/mm<sup>2</sup>;  $J = 0,05 d^4$ ;  $[P_x] = 50$  KG; hiệu suất của máy  $\eta = 0,75$ .

$$\begin{aligned} C_{P_z} &= 300; x_{P_z} = 1; y_{P_z} = 0,75; n_{P_z} = -0,15; K_{P_z} = 1,25; k_v = 1; s_{s_{b\ell}} = 0,21 \\ C_{P_y} &= 243; x_{P_y} = 0,9; y_{P_y} = 0,6; n_{P_y} = -0,3; K_{P_y} = 2 \\ C_{P_x} &= 339; x_{P_x} = 1; y_{P_x} = 0,5; n_{P_x} = -0,4; K_{P_x} = 2 \end{aligned}$$

**Giải**

1) Chiều sâu cắt  $t$ :

$$t = \frac{d_f - d_{ct}}{2} = \frac{40 - 30}{2} = 5 \text{ mm}$$

2) Lựa chọn chuyển dao s:

$$s_{s\text{ chọn}} = 0,21$$

3) Vận tốc cắt v:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot s^{Y_v}} K_v = \frac{273}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,21^{0,2}} \cdot 1 \approx 129 \text{ m/vòng}$$

- Khi cắt dao có thể gãy do uốn, để đảm bảo dao làm việc tốt thì:

$$M_u = P_z \cdot l \leq [M_u] = W \cdot [\sigma]_u$$

$$\text{Với: } W = \frac{BH^2}{6} \text{ (cán dao tiết diện hình chữ nhật)}$$

l: phần dao chèn ra khỏi dao khi gá dao.

$$P_z \cdot 1,5H \leq \frac{BH^2}{6} [\sigma]_u \Leftrightarrow 1,5 \cdot 6 \cdot P_z \leq BH \cdot [\sigma]_u$$

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot s^{Y_{Pz}} \cdot v^{N_{Pz}} \cdot K_{Pz}$$

$$9 \cdot C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot s^{Y_{Pz}} \cdot v^{N_{Pz}} \cdot K_{Pz} \leq BH \cdot [\sigma]_u$$

$$9 \cdot 300 \cdot 5^1 \cdot 0,21^{0,75} \cdot 129^{-0,15} \cdot 1,25 \leq 25 \cdot 25 \cdot 20$$

$$2525 \leq 12500$$

Thỏa mãn điều kiện cho phép

- Để đảm bảo độ cứng vững của chi tiết gia công:

$$f \leq [f]; [f] = 0,2 \div 0,4 \text{ khi tiến thô}$$

$$\frac{p_y \cdot L^3}{K \cdot E \cdot J} \leq [f]$$

$$\frac{C_{py} \cdot t^{X_{py}} \cdot s^{Y_{py}} \cdot v^{N_{py}} \cdot K_{py} \cdot L^3}{K \cdot E \cdot J} \leq [f]$$

K=100 (giá chi tiết mặt đầu mâm cặp, mặt đầu chèn tâm).

$$E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ [KG/mm}^2\text{]}$$

$$J = 0,05 \cdot d^4 = 0,05 \cdot 30^4 = 40500 \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$\frac{243 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,21^{0,6} \cdot 129^{-0,3} \cdot 2 \cdot 320^3}{100 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 40500} = 0,073 \leq [f]$$

Thỏa điều kiện cho phép

- Đảm bảo sức bền của chu kỳ dao

$$1,45 \cdot P_x \leq [P_x]$$

$$1,45.C_{Px} \cdot t^{x_{Px}} \cdot s^{y_{Px}} \cdot v^{n_{Px}} \cdot K_{Px} \leq 350 \text{ KG}$$

$$1,45.339.5^1.0,21^{0,5}.129^{-0,4}.2 = 322 < 350$$

Thỏa điều kiện cho phép

4) Số vòng quay n:

$$n = \frac{1000.v}{\pi.D} = \frac{1000.129}{3,14.30} = 1369 \text{ vòng / phút}$$

Theo lý lịch máy chọn n = 1250 vòng/phút

Công suất tiêu thụ:

$$N_{cg} = \frac{P_z.v}{60.102} = \frac{281.129}{60.102} = 5,9 \text{ Kw}$$

$$N_{dc} = \frac{N_{cg}}{\eta} = \frac{5,9}{0,75} = 7,87 \text{ Kw}$$

Máy đảm bảo an toàn

## CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Vì sao người ta gọi  $P_z$  là lực cắt chính? Tại sao gọi hai lực  $P_x$  và  $P_y$  phụ thuộc vào góc đầu nào của dao? Vì sao?
- 2/ Cho biết phạm vi của các lực  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ . Căn cứ vào các lực này người ta tính toán gì cho hệ thống công nghệ (máy, dao, đầu gá, chi tiết gia công)? Vì sao?
- 3/ Hãy cho biết vận tốc liềm gia công, chiều sâu cắt, lượng dư dao sẽ ảnh hưởng như thế nào đến lực cắt?
- 4/ Các góc  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\phi$ ,  $r$ ,  $\lambda$  ảnh hưởng như thế nào đến lực cắt?