

CHƯƠNG 3

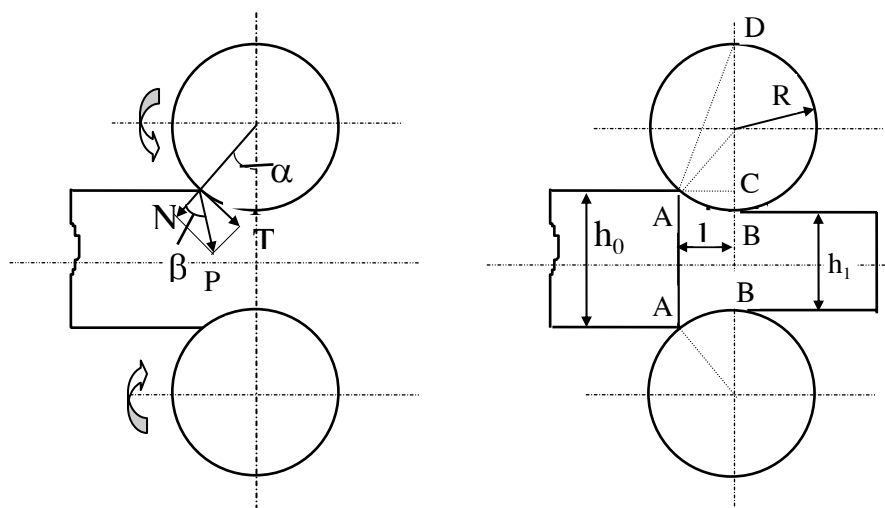
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG BIẾN DẠNG

3.1. CÁN KIM LOẠI

3.1.1. Thực chất của quá trình cán

Quá trình cán là cho kim loại biến dạng giữa hai trục cán quay ngược chiều nhau có khe hở nhỏ hơn chiều cao của phôi, kết quả làm cho chiều cao phôi giảm, chiều dài và chiều rộng tăng. Hình dạng của khe hở giữa hai trục cán quyết định hình dáng của sản phẩm. Quá trình phôi chuyển động qua khe hở trục cán là nhờ ma sát giữa hai trục cán với phôi. Cán không những thay đổi hình dáng và kích thước phôi mà còn nâng cao chất lượng sản phẩm.

Máy cán có hai trục cán đặt song song với nhau và quay ngược chiều. Phôi có chiều dày lớn hơn khe hở giữa hai trục cán, dưới tác dụng của lực ma sát, kim loại bị kéo vào giữa hai trục cán, biến dạng tạo ra sản phẩm. Khi cán chiều dày phôi giảm, chiều dài, chiều rộng tăng.



H.3.1. Sơ đồ cán kim loại

Khi cán dùng các thông số sau để biểu thị:

- Tỷ số chiều dài (hoặc tỷ số tiết diện) của phôi trước và sau khi cán gọi là hệ số kéo dài:

$$\mu = \frac{l_1}{l_2} = \frac{F_0}{F_1}$$

- Lượng ép tuyệt đối: $\Delta h = (h_0 - h_1) \quad (\text{mm})$.
- Quan hệ giữa lượng ép và góc ăn:

$$\Delta h = D(1 - \cos \alpha) \quad (\text{mm})$$

- Sự thay đổi chiều dài trước và sau khi cán gọi là lượng giãn dài:

$$\Delta l = l_1 - l_0$$

- Sự thay đổi chiều rộng trước và sau khi cán gọi là lượng giãn rộng:

$$\Delta b = b_1 - b_0$$

Cán có thể tiến hành ở trạng thái nóng hoặc trạng thái nguội. Cán nóng có ưu điểm: tính dẻo của kim loại cao nên dễ biến dạng, năng suất cao, nhưng chất lượng bề mặt kém vì có tồn tại vảy sắt trên mặt phôi khi nung. Vì vậy cán nóng dùng cán phôi, cán thô, cán tấm dày, cán thép hợp kim. Cán nguội thì ngược lại chất lượng bề mặt tốt hơn song khó biến dạng nên chỉ dùng khi cán tinh, cán tấm mỏng, dải hoặc kim loại mềm.

Điều kiện để kim loại có thể cán được gọi là điều kiện cán vào. Khi kim loại tiếp xúc với trục cán thì chúng chịu hai lực: phản lực N và lực ma sát T , nếu hệ số ma sát giữa trục cán và phôi là f thì:

$$T = N \cdot f \Rightarrow f = \operatorname{tg} \beta.$$

Vì β là góc ma sát, nên: $T/N = \operatorname{tg} \beta = f$

Lực N và T có thể chia thành 2 thành phần: nằm ngang và thẳng đứng:

$$N_x = N \sin \alpha \quad T_x = T \cdot \cos \alpha = N \cdot f \cdot \cos \alpha$$

$$N_y = N \cdot \cos \alpha \quad T_y = T \cdot \sin \alpha$$

Thành phần lực thẳng đứng có tác dụng làm kim loại biến dạng, còn thành phần nằm ngang có tác dụng kéo vật cán vào hoặc đẩy ra.

Để có thể cán được, phải thỏa mãn điều kiện:

$$T_x > N_x$$

$$f \cdot N \cdot \cos \alpha > N \cdot \sin \alpha ; \operatorname{tg} \beta > \operatorname{tg} \alpha \text{ hoặc } \beta > \alpha$$

Nghĩa là hệ số ma sát f phải lớn tg của góc ăn α . Hoặc góc ma sát lớn hơn góc ăn. Khi vật cán đã vào giữa trục cán thì góc ăn nhỏ dần đến khi vật cán đã hoàn toàn vào giữa trục cán thì góc ăn chỉ còn bằng $1/2$. Hiện tượng này gọi là ma sát thừa. Để đảm bảo điều kiện cán vào cần tăng hệ số ma sát trên bề mặt trục cán.

3.1.2. Sản phẩm cán

Sản phẩm cán được sử dụng rất rộng rãi trong tất cả các ngành kinh tế quốc dân như: ngành chế tạo máy, cầu đường, công nghiệp ô tô, máy điện, xây dựng, quốc phòng... bao gồm kim loại đen và kim loại màu. Sản phẩm cán có thể phân loại theo thành phần hoá học, theo công dụng của sản phẩm, theo vật liệu... Tuy nhiên, chủ yếu người ta phân loại dựa vào hình dáng, tiết diện ngang của sản phẩm và chúng được chia thành 4 loại chính sau:

a. Thép hình

Là loại thép đa hình được sử dụng rất nhiều trong ngành Chế tạo máy, xây dựng, cầu đường... và được phân thành 2 nhóm:

- Thép hình có tiết diện đơn giản

Bao gồm thép có tiết diện tròn, vuông, chữ nhật, dẹt, lục lăng, tam giác, góc..



① Thép tròn có đường kính $\phi = 8 \div 200$ mm, có khi đến 350 mm.

② Thép dây có đường kính $\phi = 5 \div 9$ mm và được gọi là dây thép, sản phẩm được cuộn thành từng cuộn.

③ Thép vuông có cạnh $a = 5 \div 250$ mm.

④ Thép dẹt có cạnh của tiết diện: $h \times b = (4 \div 60) \times (12 \div 200)$ mm².

⑤ Thép tam giác có 2 loại: cạnh đều và không đều:

- Loại cạnh đều: $(20 \times 20 \times 20) \div (200 \times 200 \times 200)$.

- Loại cạnh không đều: $(30 \times 20 \times 20) \times (200 \times 150 \times 150)$

- **Thép hình có tiết diện phức tạp:** Đó là các loại thép có hình chữ I, U, T, thép đường ray, thép hình đặc biệt.



H.3.3. Các loại thép hình phức tạp

b. Thép tấm

Được ứng dụng nhiều trong các ngành chế tạo tàu thủy, ô tô, máy kéo, chế tạo máy bay, trong ngành dân dụng. Chúng được chia thành 3 nhóm:

- **Thép tấm dày:** $S = 4 \div 60$ mm; $B = 600 \div 5.000$ mm; $L = 4000 \div 12.000$ mm

- **Thép tấm mỏng:** $S = 0,2 \div 4$ mm; $B = 600 \div 2.200$ mm.

- **Thép tấm rất mỏng (thép lá cuộn):** $S = 0,001 \div 0,2$ mm; $B = 200 \div 1.500$ mm; $L = 4000 \div 60.000$ mm.

c. Thép ống

Được sử dụng nhiều trong các ngành công nghiệp dầu khí, thủy lợi, xây dựng... Chúng được chia thành 2 nhóm:

- **Ống không hàn:** là loại ống được cán ra từ phôi thổi ban đầu có đường kính $\phi = 200 \div 350$ mm; chiều dài $L = 2.000 \div 4.000$ mm.

- **Ống cán có hàn:** được chế tạo bằng cách cuốn tấm thành ống sau đó cán để hàn giáp mối với nhau. Loại này đường kính đạt đến $4.000 \div 8.000$ mm; chiều dày đạt đến 14 mm.

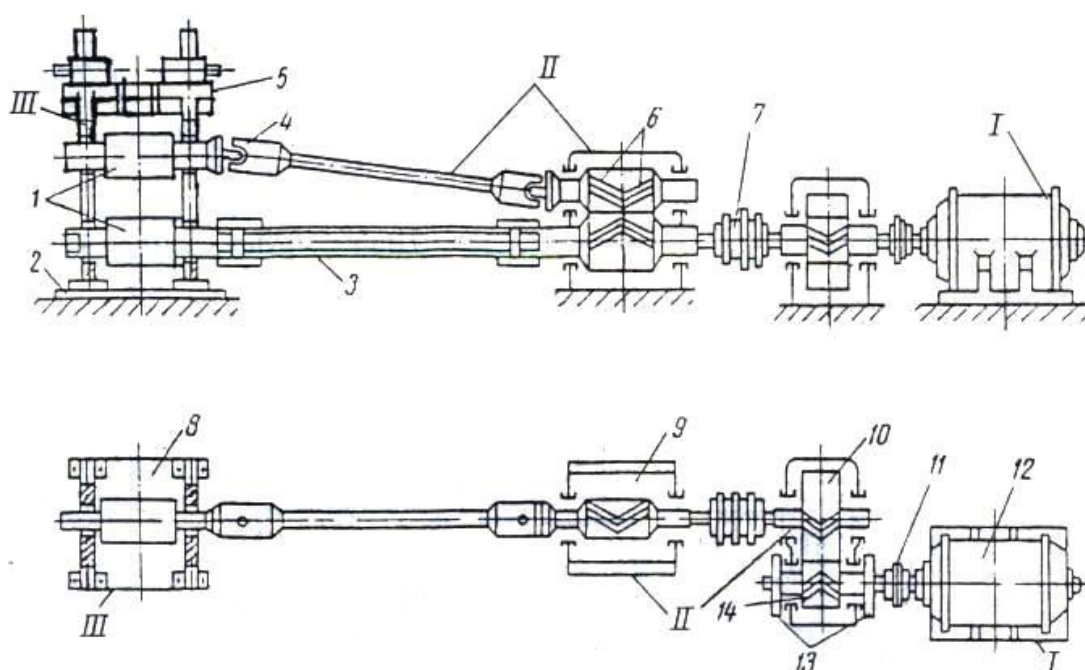
d. Thép có hình dáng đặc biệt

Thép có hình dáng đặc biệt được cán theo phương pháp đặc biệt: cán bi, cán bánh xe lửa, cán vỏ ô tô và các loại có tiết diện thay đổi theo chu kỳ.



3.1.3. máy cán

a/ Các bộ phận chính của máy cán



H.3.5. Sơ đồ máy cán

I- nguồn động lực; II- Hệ thống truyền động; III- Giá cán
1: Trục cán; 2: Nền giá cán; 3: Trục truyền; 4: Khớp nối trục truyền;
5: Thân giá cán; 6: Bánh răng chữ V; 7: Khớp nối trục; 8: Giá cán; 9:
Hộp phân lực; 10: Hộp giảm tốc; 11: Khớp nối; 12: Động cơ điện

Máy cán gồm 3 bộ phận chính dùng để thực hiện quá trình công nghệ cán.

- **Giá cán:** là nơi tiến hành quá trình cán bao gồm: các trục cán, gối, ổ đỡ trục cán, hệ thống nâng hạ trục, hệ thống cân bằng trục, thân máy, hệ thống dẫn phôi, cơ cấu lật trở phôi ...

- **Hệ thống truyền động:** là nơi truyền mômen cho trục cán, bao gồm hộp giảm tốc, khớp nối, trục nối, bánh đà, hộp phân lực.

- **Nguồn năng lượng:** là nơi cung cấp năng lượng cho máy, thường dùng các

loại động cơ điện một chiều và xoay chiều hoặc các máy phát điện.

b/ Phân loại máy cán

- Phân loại theo công dụng:

① Máy cán phá: dùng để cán phá từ thép đúc gồm có máy cán phôi thổi Blumin và máy cán phôi tấm Slabin.

② Máy cán phôi: đặt sau máy cán phá và cung cấp phôi cho máy cán hình và máy cán khác.

③ Máy cán hình cỡ lớn: gồm có máy cán ray-dầm và máy cán hình cỡ lớn.

④ Máy cán hình cỡ trung.

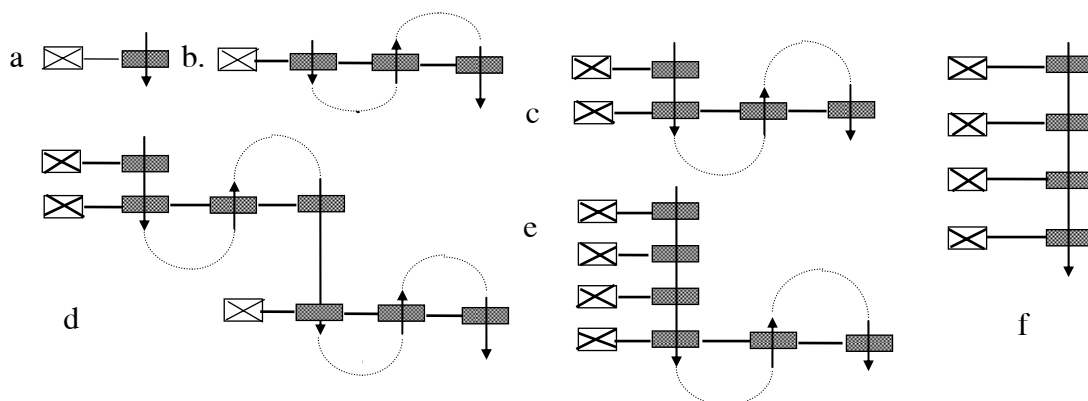
⑤ Máy cán hình cỡ nhỏ (bao gồm cả máy cán dây thép).

⑥ Máy cán tấm (cán nóng và cán nguội).

⑦ Máy cán ống.

⑧ Máy cán đặc biệt.

- Phân loại theo cách bố trí giá cán



H.3.6- Phân loại máy cán theo cách bố trí giá cán

a-máy cán đơn, b-máy cán một hàng, c-máy cán hai cấp, d-máy cán nhiều cấp, e-máy cán bán liên tục, f-máy cán liên tục.

① Máy có một giá cán (máy cán đơn a): loại này chủ yếu là máy cán phôi thổi Blumin hoặc máy cán phôi 2 hoặc 3 trục.

② Máy cán bố trí một hàng (b) được bố trí nhiều lỗ hình hơn.

③ Máy cán bố trí 2 hay nhiều hàng (c, d) có ưu điểm là có thể tăng dần tốc độ cán ở các giá sau cùng với sự tăng chiều dài của vật cán.

④ Máy cán bán liên tục (e): nhóm giá cán thô được bố trí liên tục, nhóm giá cán tinh được bố trí theo hàng. Loại này thông dụng khi cán thép hình cỡ nhỏ.

⑤ Máy cán liên tục (f): các giá cán được bố trí liên tục, mỗi giá chỉ thực hiện một lần cán. Đây là loại máy có hiệu suất rất cao và ngày càng được sử dụng rộng rãi. Bộ truyền động của máy có thể tập trung, từng nhóm hay riêng lẻ. Trong máy cán liên tục phải luôn luôn đảm bảo mối quan hệ: $F_1 \cdot v_1 = F_2 \cdot v_2 = F_3 \cdot v_3 = F_4 \cdot v_4 \dots = F_n \cdot v_n$; trong đó F và v là tiết diện của vật cán và vận tốc cán của các giá cán tương ứng.

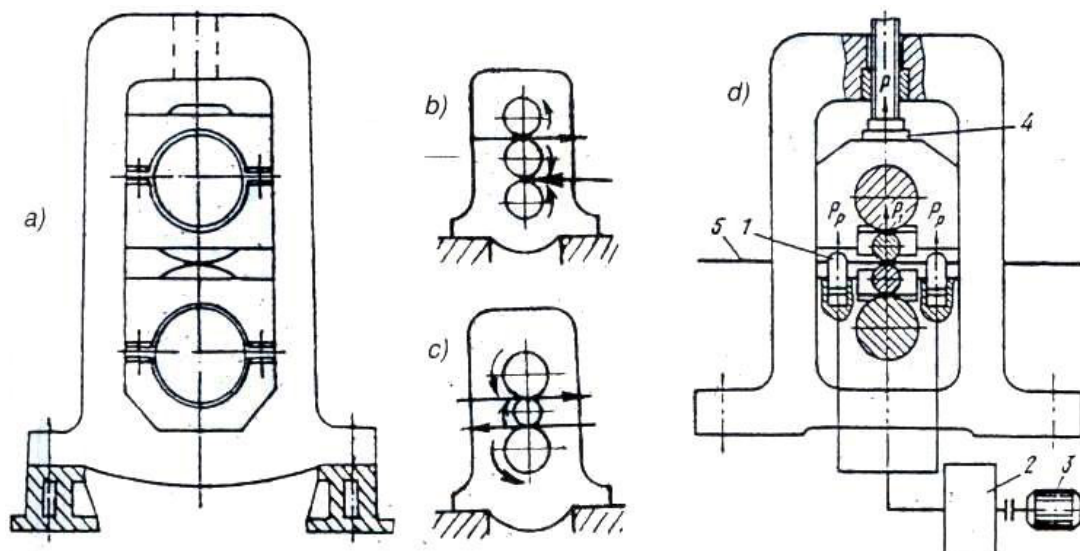
- Phân loại theo số lượng và sự bố trí trục cán

① Máy cán 2 trục đảo chiều: sau một lần cán thì chiều quay của trục lại được quay ngược lại. Loại này thường dùng khi cán phá, cán phôi, cán tấm dày.

② Máy cán 2 trục không đảo chiều: dùng trong cán liên tục, cán tấm mỏng.

③ Máy cán 3 trục: có loại 3 trục cán có đường kính bằng nhau và loại 3 trục thì 2 trục bằng nhau còn trục giữa nhỏ hơn gọi là máy cán Layma.

④ Máy cán 4 trục: gồm 2 trục nhỏ làm việc và 2 trục lớn dẫn động được dùng nhiều khi cán tấm nóng và nguội.



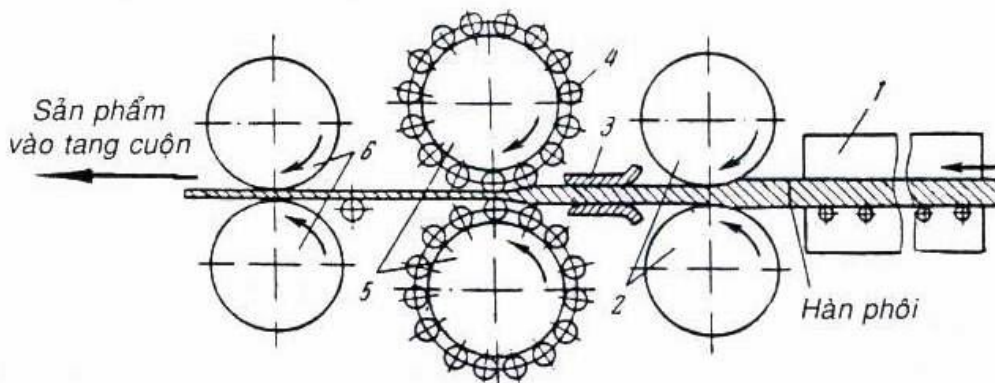
H.3.7. Các loại giá cán

a: Giá cán 2 trục; b: giá cán 3 trục; c: Giá cán 3 trục lauta; d: Giá cán 4 trục

⑤ Máy cán nhiều trục: Dùng để cán ra các loại thép tấm mỏng và cực mỏng.

Máy có 6 trục, 12 trục, 20 trục v.v... có những máy đường kính công tác nhỏ đến 3,5 mm để cán ra thép mỏng đến 0,001 mm.

⑥ Máy cán hành tinh: Loại này có nhiều trục nhỏ tựa vào 2 trục to để làm biến dạng kim loại. Máy này có công dụng là cán ra thành phẩm có chiều dày rất mỏng từ phôi dày; Mỗi một cặp trục nhỏ sau mỗi lần quay làm chiều dày vật cán mỏng hơn một tí.



H.3.8. Sơ đồ máy cán hành tinh

1: Lò nung liên tục; 2: Trục cán phá (chủ động); 3: Máy dẫn phôi (dẫn hướng); 4: Trục cán hành tinh; 5: Trục tựa; 6: Trục là sản phẩm.

Vật cán đi qua nhiều cặp trục nhỏ thì chiều dày mỏng đi rất nhiều. Phôi ban

đầu có kích thước dày $S = 50 \div 125$ mm, sau khi qua máy cán hành tinh thì chiều dày sản phẩm có thể đạt tới $1 \div 2$ mm.

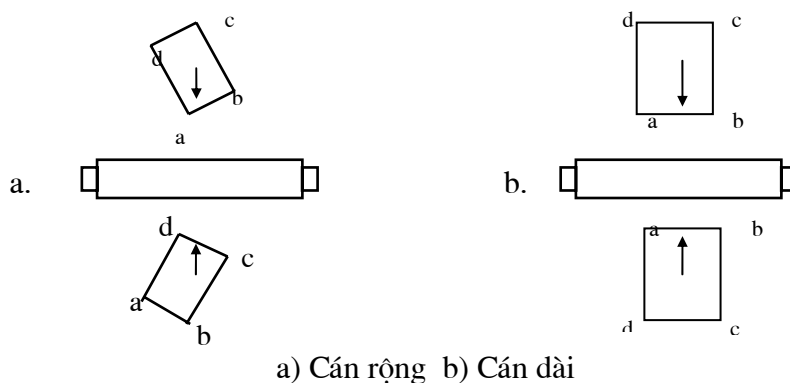
⑦ Máy cán vạn năng: loại này trục cán vừa bố trí thẳng đứng vừa nằm ngang. Máy dùng khi cán dầm chữ I, máy cán phôi tấm ...

⑧ Máy cán trục nghiêng: dùng khi cán ống không hàn và máy ép đều ống

3.1.4. Công nghệ cán một số thép thông dụng

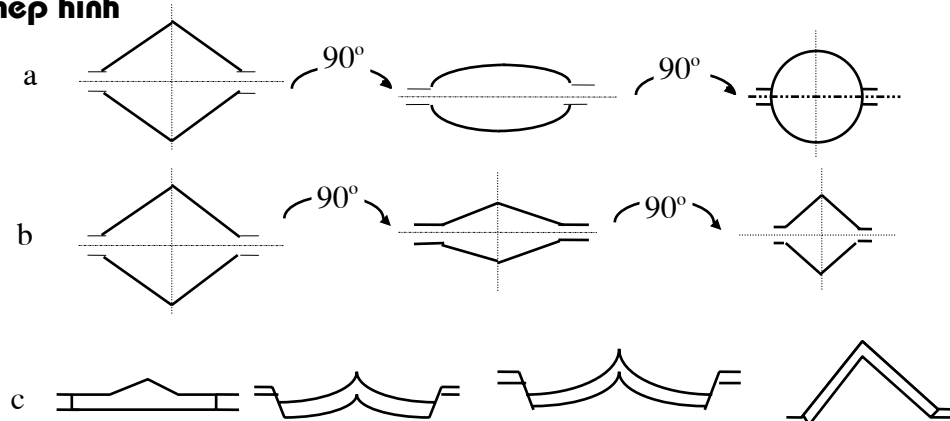
a/ Cán thép tấm:

Cán thép tấm dày: Khi cán thép tấm dùng trục cán trơn, thường qua hai công đoạn: đầu tiên là cán rộng (a), tiếp theo là cán dài (b). Khi cán rộng, phôi đưa vào theo góc nghiêng so với đường tâm trục cán, còn khi cán dài phôi được đưa vào thẳng góc. Cán thép tấm dày có thể dùng máy cán hai trục hoặc 3 trục.



Cán thép tấm mỏng: Có thể cán ở trạng thái nóng hoặc nguội. Cán nóng thường tiến hành trên máy cán liên tục hay bán liên tục có vận tốc đến 15 m/s. Kim loại sau khi cán nóng tiếp tục cán nguội để được chiều dày nhỏ hơn. Khi cán nguội thường dùng chất bôi trơn và cán trên máy 2, 3, 5 trục v.v... Vì cán nguội tồn tại hiện tượng biến cứng nên phải ủ trung gian giữa các lần cán trong lò có môi trường bảo vệ hoặc lò trung tính.

b/ Cán thép hình



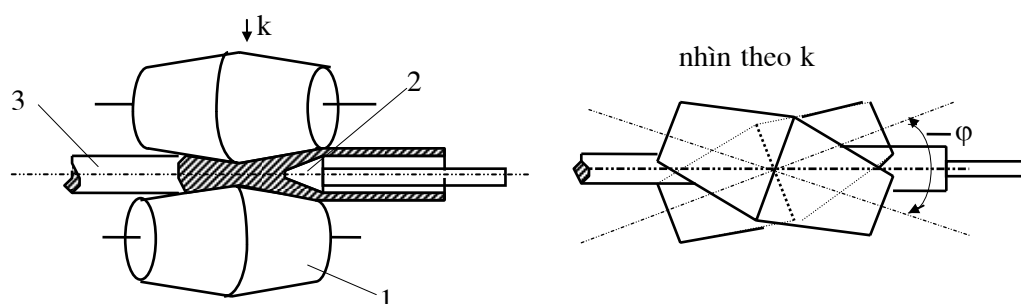
Cán thép hình **H.3.9. Sơ đồ cán một số thép hình** in thường qua
 nhiều lần cán với trục cán hình, các bước cán theo trình tự hình vẽ với các trục cán có biên

dạng khác nhau như: lỗ hình vuông, lỗ hình chữ nhật, lỗ hình thoi, lỗ hình ô-van,... còn cán tinh, lỗ hình có biên dạng của sản phẩm. Hình sau trình bày sơ đồ cán một số loại thép hình đơn giản.

c/ Cán ống:

Khi cán ống không có mối hàn (a), phôi ban đầu là thép tròn, máy cán có hai trục cán, mỗi trục có hai phần hình nón cụt ngược nhau, quay cùng chiều và đặt chéo nhau trong không gian một góc $\varphi = 4 \div 6^\circ$.

Trong quá trình cán, phôi vừa chuyển động quay, vừa chuyển động tịnh tiến dọc trục của nó. ở vùng biến dạng, tâm của phôi bị biến dạng nhiều và chịu ứng suất kéo nén thay đổi liên tục làm xuất hiện các vết nứt và tạo thành lỗ, sau đó lỗ được mũi xoáy sửa lại biên dạng. Sau khi cán thô, ống được đưa qua nguyên công tu chỉnh để sửa chính xác đường kính trong và ngoài.



H.3.10. Sơ đồ cán ống không có mối hàn

1) Trục cán 2) Mũi xoáy 3) Phôi

Khi cán ống có mối hàn, dùng thép tấm cắt thành dải sau đó cán để cuộn thành ống và hàn giáp mối cạnh dọc theo chiều trục của ống.

3.2. KÉO KIM LOẠI

3.2.1. Thực chất, Đặc điểm và công dụng

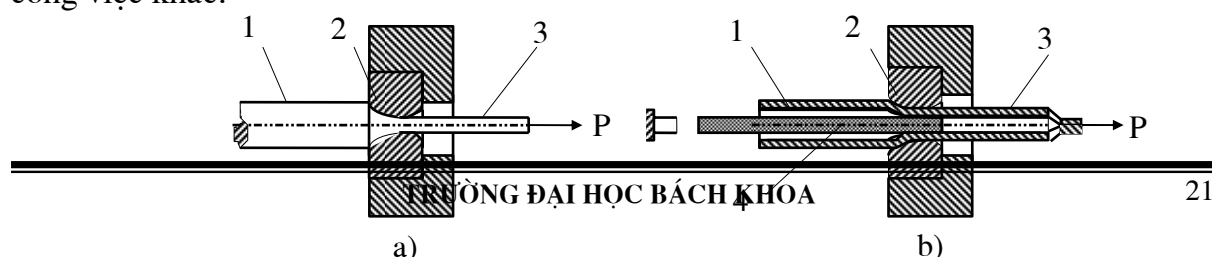
Thực chất: Kéo sợi là quá trình kéo phôi kim loại qua lỗ khuôn kéo làm cho tiết diện ngang của phôi giảm và chiều dài tăng. Hình dáng và kích thước của chi tiết giống lỗ khuôn kéo.

Đặc điểm:

- Kéo sợi có thể tiến hành ở trạng thái nóng hoặc trạng thái nguội.
- Kéo sợi cho ta sản phẩm có độ chính xác cấp 2÷4 và độ bóng $\nabla 7 \div \nabla 9$.

Công dụng:

- Kéo sợi dùng để chế tạo các thỏi, ống, sợi bằng thép và kim loại màu.
- Kéo sợi còn dùng gia công tinh bề mặt ngoài các ống cán có mối hàn và một số công việc khác.



Khi kéo sợi, phôi (1) được kéo qua khuôn kéo (2) với lỗ hình có tiết diện nhỏ hơn tiết diện phôi kim loại và biến dạng theo yêu cầu, tạo thành sản phẩm (3). Đối với kéo ống, khuôn kéo (2) tạo hình mặt ngoài ống còn lỗ được sửa đúng đường kính nhờ lõi (4) đặt ở trong.

3.2.2. Quá trình kéo sợi

Tùy theo từng loại kim loại, hình dáng lỗ khuôn, mỗi lần kéo tiết diện có thể giảm xuống 15% ÷ 35%. Tỷ lệ giữa đường kính trước và sau khi kéo gọi là hệ số kéo dài:

$$K = \frac{d_0}{d_1} = \sqrt{1 + \frac{\sigma}{P(1 + f \cot g \alpha)}}$$

d_0, d_1 - đường kính sợi trước và sau khi kéo (mm).

σ - giới hạn bền của kim loại (N/mm²); α - góc nghiêng của lỗ khuôn.

p - áp lực của khuôn ép lên kim loại (N/mm²). f - hệ số ma sát.

Kéo sợi có thể kéo qua một hoặc nhiều lỗ khuôn kéo nếu tỷ số giữa đường kính phôi và đường kính sản phẩm vượt quá hệ số kéo cho phép. Số lượt kéo có thể được tính toán như sau:

$$d_1 = \frac{d_0}{k}; d_2 = \frac{d_1}{k} = \frac{d_0}{k^2}; d_n = \frac{d_{n-1}}{k} = \frac{d_0}{k^n}$$

$$k^n = \frac{d_0}{d_n} \Rightarrow n \lg k = \lg d_0 - \lg d_n; \text{ ta có: } n = \frac{\lg d_0 - \lg d_n}{\lg k}$$

Lực kéo sợi phải đảm bảo:- Đủ lớn để thắng lực ma sát giữa kim loại và thành khuôn, đồng thời để kim loại biến dạng.

- Ứng suất tại tiết diện đã ra khỏi khuôn phải nhỏ hơn giới hạn bền cho phép của vật liệu nếu không sợi sẽ bị đứt.

$$\text{Lực kéo sợi có thể xác định: } P = \sigma \cdot F_1 \cdot \lg \frac{F_0}{F_1} (1 + f \cot g \alpha) \quad (\text{N})$$

σ - Giới hạn bền của kim loại lấy bằng trị số trung bình giới hạn bền của vật liệu trước và sau khi kéo.

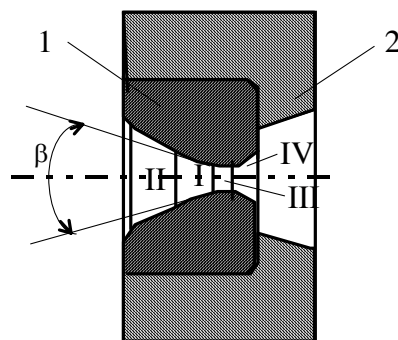
F_0, F_1 - tiết diện trước và sau khi kéo (mm²); f - hệ số ma sát giữa khuôn và vật liệu.

Kéo sợi dùng để chế tạo các thỏi, ống, sợi bằng thép và kim loại màu có đường kính từ vài mm đến vài chục mm. Kéo sợi còn dùng gia công tinh bề mặt ngoài ống cán có mối hàn và một số công việc khác.

3.2.3. Dụng cụ và thiết bị kéo sợi

a/ Khuôn kéo:

Khuôn kéo sợi gồm khuôn (1) và đế khuôn (2), biến dạng lỗ hình của khuôn gồm 4 phần: đoạn côn (I) là phần làm việc chính của khuôn có góc côn $\beta = 24^\circ \div 36^\circ$ (thường dùng nhất là 26°), đoạn côn vào (II) có góc côn 90° là nơi để phôi vào và chứa chất bôi trơn, đoạn thẳng (III) có tác dụng định kính và đoạn côn thoát phôi (IV) có góc côn 60° để sợi ra dễ dàng không bị xước.

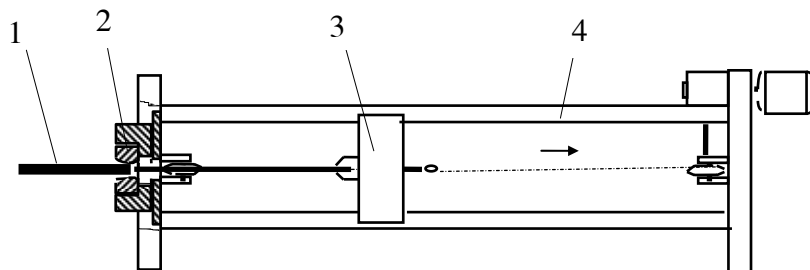


Khuôn kéo
1) Khuôn 2) Đế khuôn

b/ Máy kéo sợi

Máy kéo sợi có nhiều loại, căn cứ vào phương pháp kéo có thể chia làm 2 loại: máy kéo thẳng hay máy kéo có tang cuộn. Cũng có thể được phân loại theo số lượng khuôn kéo, số sợi được kéo đồng thời.

Máy kéo thẳng dùng khi kéo các sợi hoặc ống có đường kính lớn không thể cuộn được ($\phi = 6 \div 10$ mm hoặc lớn hơn). Lực kéo của máy từ $0,2 \div 75$ tấn, tốc độ kéo $15 \div 45$ m/ph. tùy kết cấu của máy có thể kéo 1 hoặc 3 sản phẩm cùng một lúc. Để tạo chuyển động thẳng có thể dùng xích, vít và êcu, thanh răng và bánh răng, dầu ép v.v... Trên hình sau trình bày máy kéo sợi bằng xích sợi được kẹp chặt nhờ cơ cấu kẹp (3), được kéo nhờ hai xích kéo (4) nối chuyển động với hệ thống dẫn động.



H.3.12. Sơ đồ máy kéo sợi kéo thẳng

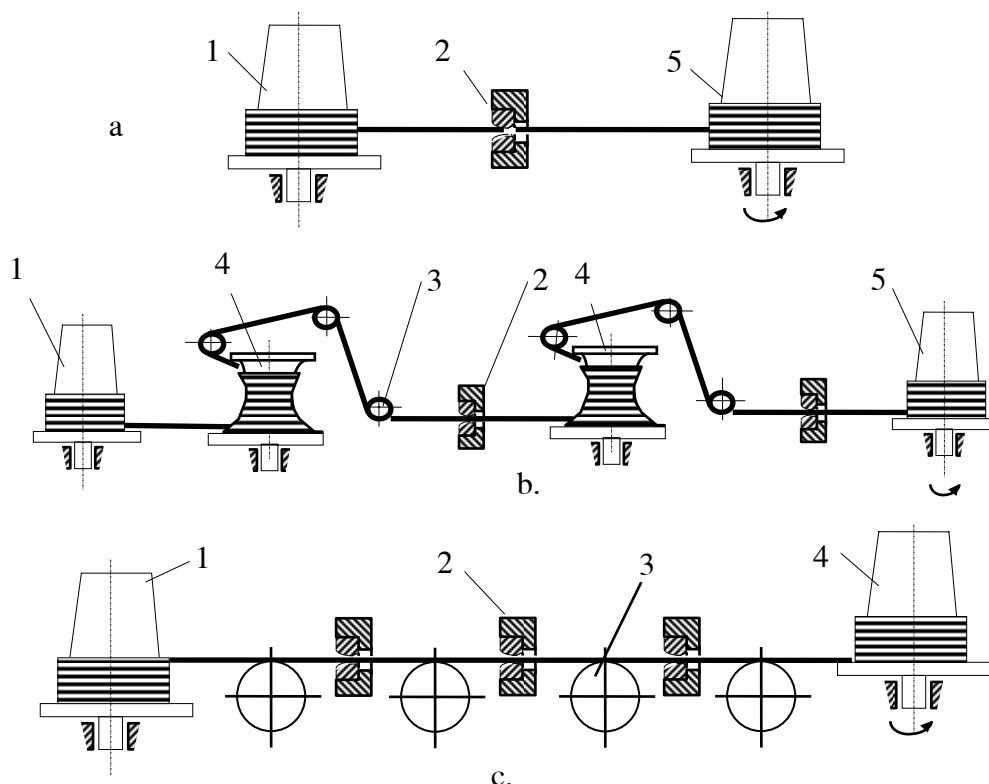
1) Kim loại 2) Khuôn kéo 3) Cơ cấu kéo 4) Xích kéo

Máy kéo sợi có tang cuộn dùng khi kéo sợi dài có thể cuộn tròn được.

Trên máy kéo một khuôn (a) dùng kéo những sợi hoặc thỏi có $\phi = 6 \div 10$ mm. khi tang kéo (5) quay, sợi được kéo qua khuôn (2) đồng thời cuộn thành cuộn. Theo tốc độ kéo, tang cấp sợi (1) liên tục quay theo để cấp cho khuôn kéo.

Trên máy kéo nhiều khuôn (b), sợi được kéo lần lượt qua một số khuôn (5 đến 19 khuôn) và nhờ các tang kéo trung gian (4), các ròng rọc căng sợi (3) nên trong quá trình kéo không xảy ra hiện tượng trượt.

Máy kéo sợi nhiều khuôn kéo có sự trượt (c) thì các khuôn kéo có tiết diện giảm dần và giữa những khuôn kéo là những con lăn (3). Sự quay của trống (5) đồng thời tạo nên tổng lực kéo của các khuôn.



H.3.13. Máy kéo có tang cuộn

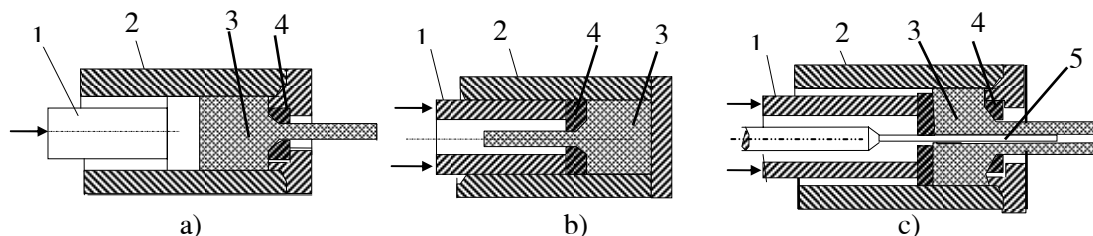
a- Máy kéo một khuôn; b- Máy kéo nhiều khuôn không trượt

c- Máy kéo nhiều khuôn có trượt

3.3. ÉP KIM LOẠI

3.3.1. Nguyên lý chung

Ép là phương pháp chế tạo các sản phẩm kim loại bằng cách đẩy kim loại chứa trong buồng ép kín hình trụ, dưới tác dụng của chày ép kim loại biến dạng qua lỗ khuôn ép có tiết diện giống tiết diện ngang của chi tiết. Trên hình sau trình bày nguyên lý một số phương pháp ép kim loại:



H.3.14. Sơ đồ nguyên lý ép kim loại

a, b) ép sợi, thanh b) ép ống

1) Pistông 2) Xi lanh 3) Kim loại 4) Khuôn ép 5) Lỗ tạo lỗ

Khi ép thanh, thỏi người ta có thể tiến hành bằng phương pháp ép thuận hoặc ép nghịch. Với ép thuận (a), khi pistông (1) ép, kim loại trong xi lanh (2) bị ép qua lỗ hình của khuôn ép (4) chuyển động ra ngoài cùng chiều chuyển động của pistông ép. Với ép nghịch (b), khi pistông (1) ép, kim loại trong xi lanh (2) bị ép qua lỗ hình của

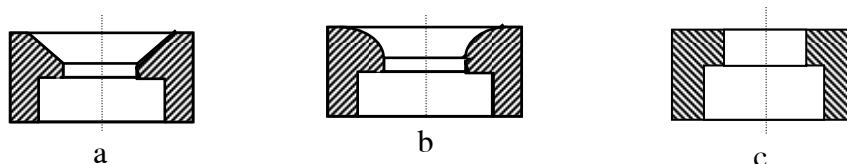
khuôn ép (4) chuyển động ra ngoài ngược chiều chuyển động của pistông ép. Với ép thuận kết cấu đơn giản, nhưng lực ép lớn vì ma sát giữa kim loại và thành xi lanh làm tăng lực ép cần thiết, đồng thời phần kim loại trong xi lanh không thể ép hết lớn (10÷12%). ép nghịch lực ép thấp hơn, lượng kim loại còn lại trong xi lanh ít hơn (6÷8%), nhưng kết cấu ép phức tạp.

Sơ đồ hình (c) trình bày nguyên lý ép ống, ở đây lỗ ống được tạo thành nhờ lõi (5). Phôi ép có lỗ rỗng để đặt lõi (5), khi pistông (1) ép, kim loại bị đẩy qua khe hở giữa lỗ hình của khuôn (4) và lõi tạo thành ống.

$$\text{Hệ số ép: } \mu = \frac{S_0}{S_1}$$

Trong đó S_0 , S_1 là tiết diện phôi trước và sau khi ép, thông thường $\mu = 8 \div 50$.

3.3.2. Khuôn ép: Về kết cấu, khuôn ép có ba dạng: hình côn (a), hình phễu (b) và hình trụ (c).



H.3.15. Kết cấu khuôn ép

Khuôn ép dạng hình côn, có góc côn thành bên từ 20÷30°, chiều dài đoạn hình trụ từ 5÷8 mm, được sử dụng nhiều vì kết cấu tương đối đơn giản. Kết cấu hình phễu, kim loại biến dạng đều hơn nhưng gia công khó khăn, còn kết cấu hình trụ dễ gia công nhưng kim loại biến dạng qua khuôn khó hơn.

Vật liệu chế tạo khuôn là thép hợp kim chứa W, V, Mo, Cr v.v... hoặc hợp kim cứng.

3.3.3. Đặc điểm và ứng dụng

Ép là phương pháp sản xuất các thanh thỏi có tiết diện định hình có năng suất cao, độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao, trong quá trình ép, kim loại chủ yếu chịu ứng suất nén nên tính dẻo tăng, do đó có thể ép được các sản phẩm có tiết diện ngang phức tạp. Nhược điểm của phương pháp là kết cấu ép phức tạp, khuôn ép yêu cầu chống mòn cao. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi để chế tạo các thỏi kim loại màu có đường kính từ 5÷200 mm, các ống có đường kính ngoài đến 800 mm, chiều dày từ 1,5÷8 mm và một số profile khác.