

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM CHUNG

1.1. THỰC CHẤT VÀ ĐẶC ĐIỂM

1.1.1. Thực chất

Gia công biến dạng là một trong những phương pháp cơ bản để chế tạo các chi tiết máy và các sản phẩm kim loại thay thế cho phương pháp đúc hoặc gia công cắt gọt.

Gia công biến dạng thực hiện bằng cách dùng ngoại lực tác dụng lên kim loại ở trạng thái nóng hoặc nguội làm cho kim loại đạt đến quá giới hạn đàn hồi, kết quả sẽ làm thay đổi hình dạng của vật thể kim loại mà không phá huỷ tính liên tục và độ bền của chúng.

1.1.2. Đặc điểm

Kim loại gia công ở thể rắn, sau khi gia công không những thay đổi hình dáng, kích thước mà còn thay đổi cả cơ, lý, hoá tính của kim loại như kim loại mịn chặt hơn, hạt đồng đều, khử các khuyết tật (rỗ khí, rỗ co v.v ...) do đúc gây nên, nâng cao cơ tính và tuổi bền của chi tiết v.v ...

GCBD là một quá trình sản xuất cao, nó cho phép ta nhận các chi tiết có kích thước chính xác, mặt chi tiết tốt, lượng phế liệu thấp và chúng có tính cơ học cao so với các vật đúc. Gia công biến dạng cho năng suất cao vì có khả năng cơ khí hoá và tự động hoá cao.

1.1.3. Các phương pháp gia công biến dạng

Các phương pháp GCBD : Cán, kéo sợi, ép kim loại, rèn tự do, rèn khuôn, dập tấm.

Sản phẩm của GCBD được dùng nhiều trong các xưởng cơ khí; chế tạo hoặc sửa chữa chi tiết máy; trong các ngành xây dựng, kiến trúc, cầu đường, đồ dùng hàng ngày ... Tính khối lượng chi tiết rèn, dập trong ngành chế tạo máy bay chiếm đến 90%, ngành ô tô chiếm 80%, ngành máy hơi nước chiếm 60%.

1.2. BIẾN DẠNG Dẻo CỦA KIM LOẠI

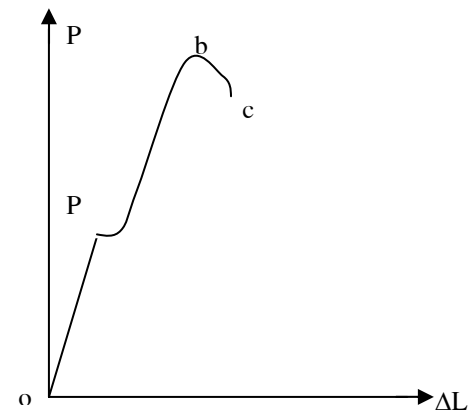
1.2.1. BIẾN DẠNG Dẻo CỦA KIM LOẠI

a/ Khái niệm về biến dạng của kim loại

Dưới tác dụng của ngoại lực kim loại sẽ biến dạng theo 3 giai đoạn nối tiếp nhau:

Biến dạng đàn hồi: là biến dạng sau khi thôi lực tác dụng, vật trở về hình dáng ban đầu. Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính tuân theo định luật Hooke. Trên đồ thị là đoạn OP.

Biến dạng dẻo là biến dạng sau khi thôi lực tác dụng không bị mất đi, nó tương ứng với giai đoạn chảy của kim loại.



H.1.1. Đồ thị quan hệ giữa lực và biến dạng

Biến dạng dẻo xảy ra khi ứng suất của lực tác dụng lớn hơn giới hạn đàn hồi. Đó là đoạn Pb.

Biến dạng phá huỷ: Khi ứng suất của lực tác dụng lớn hơn độ bền của kim loại thì kim loại bị phá huỷ (điểm c).

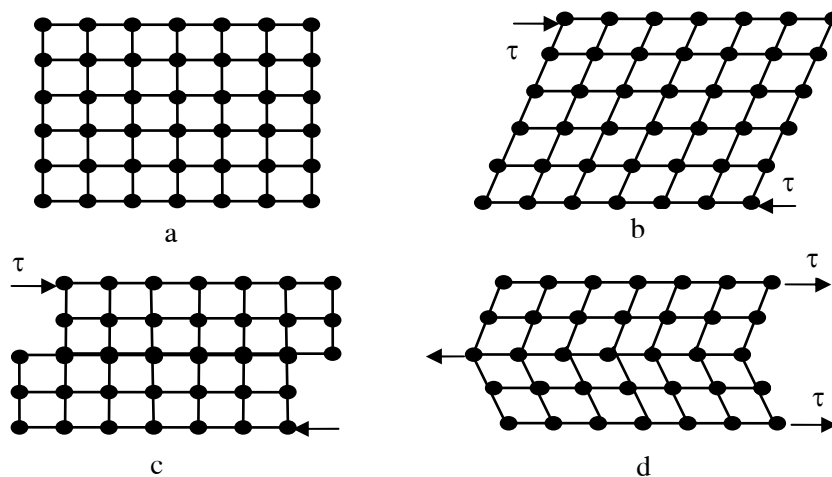
b/ Biến dạng dẻo trong đơn tinh thể

Như chúng ta đã biết, dưới tác dụng của ngoại lực, kim loại biến dạng theo các giai đoạn: biến dạng đàn hồi, biến dạng dẻo và biến dạng phá huỷ. Tùy theo cấu trúc tinh thể của mỗi loại, các giai đoạn trên có thể xảy ra với các mức độ khác nhau. Dưới đây sẽ khảo sát cơ chế biến dạng trong đơn tinh thể kim loại, trên cơ sở đó nghiên cứu biến dạng dẻo của các kim loại và hợp kim. Trong đơn tinh thể kim loại, các nguyên tử sắp xếp theo một trật tự xác định, mỗi nguyên tử luôn dao động xung quanh một vị trí cân bằng của nó (a).

Biến dạng đàn hồi: dưới tác dụng của ngoại lực, mạng tinh thể bị biến dạng. Khi ứng suất sinh ra trong kim loại chưa vượt quá giới hạn đàn hồi, các nguyên tử kim loại dịch chuyển không quá một thông số mạng (b), nếu thôi tác dụng lực, mạng tinh thể lại trở về trạng thái ban đầu.

Biến dạng dẻo: khi ứng suất sinh ra trong kim loại vượt quá giới hạn đàn hồi, kim loại bị biến dạng dẻo do trượt và song tinh.

Theo hình thức trượt, một phần đơn tinh thể dịch chuyển song song với phần còn lại theo một mặt phẳng nhất định, mặt phẳng này gọi là mặt trượt (c). Trên mặt trượt, các nguyên tử kim loại dịch chuyển tương đối với nhau một khoảng đúng bằng số nguyên lần thông số mạng, sau dịch chuyển các nguyên tử kim loại ở vị trí cân bằng mới, bởi vậy sau khi thôi tác dụng lực kim loại không trở về trạng thái ban đầu.



H.1.2. Sơ đồ biến dạng trong đơn tinh thể

Theo hình thức song tinh, một phần tinh thể vừa trượt vừa quay đến một vị trí mới đối xứng với phần còn lại qua một mặt phẳng gọi là mặt song tinh (d). Các nguyên tử kim loại trên mỗi mặt di chuyển một khoảng tỉ lệ với khoảng cách đến mặt song tinh.

Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy trượt là hình thức chủ yếu gây ra biến dạng dẻo trong kim loại, các mặt trượt là các mặt phẳng có mật độ nguyên tử cao nhất. Biến dạng dẻo do song tinh gây ra rất bé, nhưng khi có song tinh trượt sẽ xảy ra thuận lợi hơn.

c/ Biến dạng dẻo của đa tinh thể

Kim loại và hợp kim là tập hợp của nhiều đơn tinh thể (hạt tinh thể), cấu trúc của chúng được gọi là cấu trúc đa tinh thể. Trong đa tinh thể, biến dạng dẻo có hai dạng: biến dạng trong nội bộ hạt và biến dạng ở vùng tinh giới hạt. Sự biến dạng trong nội bộ hạt do trượt và song tinh. Đầu tiên sự trượt xảy ra ở các hạt có mặt trượt tạo với hướng của ứng suất chính một góc bằng hoặc xấp xỉ 45° , sau đó mới đến các mặt khác. Như vậy, biến dạng dẻo trong kim loại đa tinh thể xảy ra không đồng thời và không đồng đều.

Dưới tác dụng của ngoại lực, biên giới hạt của các tinh thể cũng bị biến dạng, khi đó các hạt trượt và quay tương đối với nhau. Do sự trượt và quay của các hạt, trong các hạt lại xuất hiện các mặt trượt thuận lợi mới, giúp cho biến dạng trong kim loại tiếp tục phát triển.

1.2.2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN TÍNH DẪO VÀ BIẾN DẠNG CỦA KIM LOẠI

Tính dẻo của kim loại là khả năng biến dạng dẻo của kim loại dưới tác dụng của ngoại lực mà không bị phá hủy. Tính dẻo của kim loại phụ thuộc vào hàng loạt nhân tố khác nhau: thành phần và tổ chức của kim loại, nhiệt độ, trạng thái ứng suất chính, ứng suất dư, ma sát ngoài, lực quán tính, tốc độ biến dạng ...

a/ ảnh hưởng của thành phần và tổ chức kim loại

Các kim loại khác nhau có kiểu mạng tinh thể, lực liên kết giữa các nguyên tử khác nhau do đó tính dẻo của chúng cũng khác nhau, chẳng hạn đồng, nhôm dẻo hơn sắt. Đối với các hợp kim, kiểu mạng thường phức tạp, xô lệch mạng lớn, một số nguyên tố tạo các hạt cứng trong tổ chức cản trở sự biến dạng do đó tính dẻo giảm. Thông thường kim loại sạch và hợp kim có cấu trúc một pha dẻo hơn hợp kim có cấu trúc nhiều pha. Các tạp chất thường tập trung ở biên giới hạt, làm tăng xô lệch mạng cũng làm giảm tính dẻo của kim loại.

b/ ảnh hưởng của nhiệt độ

Tính dẻo của kim loại phụ thuộc rất lớn vào nhiệt độ, hầu hết kim loại khi tăng nhiệt độ, tính dẻo tăng. Khi tăng nhiệt độ, dao động nhiệt của các nguyên tử tăng, đồng thời xô lệch mạng giảm, khả năng khuếch tán của các nguyên tử tăng làm cho tổ chức đồng đều hơn. Một số kim loại và hợp kim ở nhiệt độ thường tồn tại ở pha kém dẻo, khi ở nhiệt độ cao chuyển biến thù hình thành pha có độ dẻo cao. Khi ta nung thép từ $20\div 100^\circ\text{C}$ thì độ dẻo tăng chậm nhưng từ $100\div 400^\circ\text{C}$ độ dẻo giảm nhanh, độ giòn tăng (đối với thép hợp kim độ dẻo giảm đến 600°C), quá nhiệt độ này thì độ dẻo tăng nhanh.

Ở nhiệt độ rèn nếu hàm lượng cacbon trong thép càng cao thì sức chống biến dạng càng

lớn.

c/ ảnh hưởng của ứng suất dư

Khi kim loại bị biến dạng nhiều, các hạt tinh thể bị vỡ vụn, xô lệch mạng tăng, ứng suất dư lớn làm cho tính dẻo kim loại giảm mạnh (hiện tượng biến cứng). Khi nhiệt độ kim loại đạt từ $0,25 - 0,30T_{nc}$ (nhiệt độ nóng chảy), ứng suất dư và xô lệch mạng giảm làm cho tính dẻo kim loại phục hồi trở lại (hiện tượng phục hồi). Nếu nhiệt độ nung đạt tới $0,4T_{nc}$ trong kim loại bắt đầu xuất hiện quá trình kết tinh lại, tổ chức kim loại sau kết tinh lại có hạt đồng đều và lớn hơn, mạng tinh thể hoàn thiện hơn nên độ dẻo tăng.

d/ ảnh hưởng của trạng thái ứng suất chính

Trạng thái ứng suất chính cũng ảnh hưởng đáng kể đến tính dẻo của kim loại. Qua thực nghiệm người ta thấy rằng kim loại chịu ứng suất nén khối có tính dẻo cao hơn khi chịu ứng suất nén mặt, nén đường hoặc chịu ứng suất kéo. Ứng suất dư, ma sát ngoài làm thay đổi trạng thái ứng suất chính trong kim loại nên tính dẻo của kim loại cũng giảm.

đ/ ảnh hưởng của tốc độ biến dạng

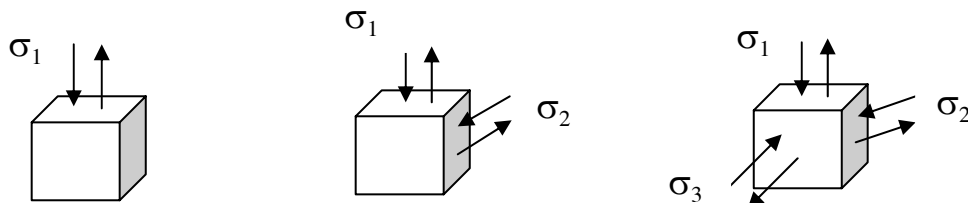
Sau khi rèn dập, các hạt kim loại bị biến dạng do chịu tác dụng mọi phía nên chai cứng hơn, sức chống lại sự biến dạng của kim loại sẽ lớn hơn, đồng thời khi nhiệt độ nguội dần sẽ kết tinh lại như cũ.

Nếu tốc độ biến dạng nhanh hơn tốc độ kết tinh lại thì các hạt kim loại bị chai chưa kịp trở lại trạng thái ban đầu mà lại tiếp tục biến dạng, do đó ứng suất trong khối kim loại sẽ lớn, hạt kim loại bị dòn và có thể bị nứt.

Nếu lấy 2 khối kim loại như nhau cùng nung đến nhiệt độ nhất định rồi rèn trên máy búa và máy ép, ta thấy tốc độ biến dạng trên máy búa lớn hơn nhưng độ biến dạng tổng cộng trên máy ép lớn hơn.

1.2.3. TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT VÀ PHƯƠNG TRÌNH DẪO

Giả sử trong vật hoàn toàn không có ứng suất tiếp thì vật thể chịu 3 ứng suất chính sau:



- Ứng suất đường: $\tau_{\max} = \sigma_1/2$; - Ứng suất mặt: $\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2$;

- Ứng suất khối: $\tau_{\max} = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$; Nếu $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ thì $\tau = 0$ không có biến dạng, ứng suất chính để kim loại biến dạng dẻo là giới hạn chảy σ_{ch} .

Điều kiện biến dạng dẻo:

- Khi kim loại chịu ứng suất đường: $|\sigma_1| = \sigma_{ch}$ tức là $\sigma_{\max} = \frac{\sigma_{ch}}{2}$.

- Khi kim loại chịu ứng suất mặt: $|\sigma_1 - \sigma_2| = \sigma_{ch}$.
- Khi kim loại chịu ứng suất khối: $|\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = \sigma_{ch}$.

Các phương trình trên gọi là phương trình dẻo.

Biến dạng dẻo chỉ bắt đầu sau khi biến dạng đàn hồi. Thế năng của biến dạng đàn hồi:

$$A = A_0 + A_h \quad (1.1).$$

Trong đó A_0 - thế năng để thay đổi thể tích vật thể

A_h - thế năng để thay đổi hình dáng vật thể.

Trong trạng thái ứng suất khối, thế năng biến dạng đàn hồi theo định luật Hooke được xác định:

$$A = \frac{\sigma_1 \varepsilon_1 + \sigma_2 \varepsilon_2 + \sigma_3 \varepsilon_3}{2} \quad (1.2)$$

Như vậy biến dạng tương đối theo định luật Hooke:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)] \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{E} [\sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3)] \\ \varepsilon_3 &= \frac{1}{E} [\sigma_3 - \mu(\sigma_2 + \sigma_1)] \end{aligned} \quad (1.3)$$

Theo (1.2) thế năng của toàn bộ biến dạng được biểu diễn:

$$A = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)] \quad (1.4)$$

Lượng tăng tương đối thể tích của vật trong biến dạng đàn hồi bằng tổng biến dạng trong 3 hướng vuông góc:

$$\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = \frac{(1-2\mu)}{E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \quad (1.5)$$

Trong đó μ - hệ số Poisson tính đến vật liệu biến dạng; E - mô đun đàn hồi của vật liệu.

Thế năng để làm thay đổi thể tích là:

$$A_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{3} = \frac{(1-2\mu)}{6E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 \quad (1.6)$$

Thế năng dùng để thay đổi hình dạng của vật thể:

$$A_h = A - A_0 = \frac{(1+\mu)}{6E} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (1.7)$$

Vậy thế năng đơn vị để biến hình khi biến dạng đường sẽ là:

$$A_h = \frac{(1+\mu)}{6E} \cdot 2\sigma_{ch}^2 \quad (1.8)$$

Từ (1.7) và (1.8) ta có:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_{ch}^2 = const \quad (1.9)$$

Đây gọi là phương trình dẻo.

Khi cán kim loại dạng tấm, biến dạng ngang không đáng kể, theo (1.3) ta có thể viết:

$$\sigma_2 = \mu(\sigma_1 + \sigma_3) \quad (1.10)$$

Khi biến dạng dẻo (không tính đến đàn hồi) thể tích của vật thể không đổi, vậy: $\Delta V = 0$. Từ (1.6) ta có:

$$\frac{(1-2\mu)}{E}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = 0$$

$$\text{Từ đó: } 1-2\mu = 0 \text{ vậy } \mu = 0,5 \quad (1.11)$$

$$\text{Từ (1.10) và (1.11) ta có: } \sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 \quad (1.12)$$

Vậy phương trình dẻo có thể viết:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{ch} \approx 1,15 \sigma_{ch} \quad (1.13)$$

Trong trượt tinh khi $\sigma_1 = -\sigma_3$ trên mặt nghiêng ứng suất pháp bằng 0, ứng suất tiếp khi $\alpha = 45^\circ$:

$$\sigma_{\max} = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 \quad (1.14)$$

$$\text{So sánh với (1.13) khi } \sigma_3 = -\sigma_1: \sigma_{\max} = \frac{\sigma_{ch}}{\sqrt{3}} = k \approx 0,58 \sigma_{ch} \quad (1.15)$$

Vậy ứng suất tiếp lớn nhất là: $K = 0,58 \sigma_{ch}$ gọi là hằng số dẻo ở trạng thái ứng suất khối, phương trình dẻo có thể viết:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2K = \text{const} = 1,15 \sigma_{ch} \quad (1.16)$$

Phương trình dẻo (1.16) rất quan trọng để giải các bài toán trong GCBD.

Tính đến hướng của các ứng suất, phương trình dẻo (1.16) được viết:

$$(\pm \sigma_1) - (\pm \sigma_3) = 2K \quad (1.17)$$

1.3. MỘT SỐ ĐỊNH LUẬT ÁP DỤNG TRONG GIA CÔNG BIẾN DẠNG

1.3.1. Định luật biến dạng đàn hồi tồn tại khi biến dạng dẻo

Khi biến dạng dẻo của kim loại xảy ra đồng thời đã có biến dạng đàn hồi tồn tại. Quan hệ giữa chúng qua định luật Hooke. Khi biến dạng kích thước của kim loại so với kích thước sau khi thôi tác dụng lực khác nhau, nên kích thước của chi tiết sau khi gia công xong khác với kích thước của lỗ hình trong khuôn (vì có đàn hồi).

1.3.2. Định luật ứng suất dư

Trong quá trình biến dạng dẻo kim loại vì ảnh hưởng của các nhân tố như: nhiệt độ không đều, tổ chức kim loại không đều, lực biến dạng phân bố không đều, ma sát ngoài v.v... đều làm cho kim loại sinh ra ứng suất dư. "***Bên trong bất cứ kim loại biến dạng dẻo nào cũng đều sinh ra ứng suất dư cân bằng với nhau***"

Sau khi thôi lực tác dụng, ứng suất dư vẫn còn tồn tại. Khi phân tích trạng thái ứng suất chính cần phải tính đến ứng suất dư.

1.3.3. Định luật thể tích không đổi

" *Thể tích của vật thể trước khi biến dạng bằng thể tích sau khi biến dạng*"

$$H.B.L = h.b.l \rightarrow \ln \frac{H}{h} + \ln \frac{B}{b} + \ln \frac{L}{l} = 0 \rightarrow \delta_l + \delta_2 + \delta_3 = 0$$

với: $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ - biến dạng thẳng hoặc ứng biến chính.

Từ các công thức trên ta có kết luận:

- Khi tồn tại cả 3 ứng biến chính thì dấu của 1 ứng biến chính phải khác dấu với dấu của 2 ứng biến chính kia, và trị số bằng tổng của 2 ứng biến chính kia.

- Khi có 1 ứng biến chính bằng 0, hai ứng biến chính còn lại phải ngược dấu và giá trị tuyệt đối của chúng bằng nhau.

ví dụ: Khi chôn 1 khối kim loại thì độ cao giảm đi ($\delta_1 < 0$) do đó: $\delta_2 + \delta_3 = \delta_1 \rightarrow \frac{\delta_2}{\delta_1} + \frac{\delta_3}{\delta_1} = 1$; Nếu $\frac{\delta_2}{\delta_1} = 0,6$ thì $\frac{\delta_3}{\delta_1} = 0,4$ nghĩa là sau khi chôn có 60% chuyển theo chiều rộng và 40% chuyển theo chiều dài.

1.3.4. Định luật trở lực bé nhất

Trong quá trình biến dạng, các chất điểm của vật thể sẽ di chuyển theo hướng nào có trở lực bé nhất. Khi ma sát ngoài trên các hướng của mặt tiếp xúc đều nhau thì một chất điểm nào đó trong vật thể biến dạng sẽ di chuyển theo hướng có pháp tuyến nhỏ nhất. Khi lượng biến dạng càng lớn tiết diện sẽ chuyển dần sang hình tròn làm cho chu vi của vật nhỏ nhất.

