



CHƯƠNG 3

NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN
TRONG TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CHI TIẾT MÁY



NỘI DUNG

- ① Các khái niệm cơ bản
- ② Các yêu cầu đối với máy và chi tiết máy
- ③ Tải trọng và ứng suất
- ④ Các chỉ tiêu làm việc đối với chi tiết máy
- ⑤ Các vấn đề về tiêu chuẩn hóa



Các khái niệm cơ bản

Máy

- Máy là một hay nhiều cơ cấu
 - biến đổi, hoặc sử dụng năng lượng
 - thực hiện công có ích nhằm nâng cao năng suất và thay thế sức lao động chân tay và trí óc của con người
- Phân loại:
 - Máy năng lượng: động cơ điện, động cơ đốt trong, máy phát điện...
 - Máy công tác
 - Máy vận chuyển: xe lửa, ô-tô, máy bay, xe máy...
 - Máy công nghệ: máy cắt, máy cày, máy công nghệ in...
 - Máy xử lý thông tin
 - Máy điều khiển: robot, tay máy...



Các khái niệm cơ bản

- **Bộ phận máy:** một phần của máy có chức năng nhất định phục vụ cho chức năng chung của máy.
- **Chi tiết máy:** phần tử của máy có cấu tạo độc lập, hoàn chỉnh, không thể tháo rời nhỏ hơn được nữa.

Chia thành 2 nhóm lớn:

- Nhóm công dụng chung: có hầu hết trong các máy (bulông, trục truyền, bánh răng, ổ lăn...)
- Nhóm công dụng riêng: chỉ gặp trong một hoặc vài máy (trục chính máy công cụ, pit-tông, trục khuỷu, cam...)



Các khái niệm cơ bản

Nhiệm vụ - Nội dung tính toán thiết kế CTM

➤ Nhiệm vụ

- Cấu tạo, nguyên lý làm việc
- Cách tính toán, thiết kế các CTM công dụng chung.

➤ Nội dung

- Những vấn đề cơ bản trong tính toán thiết máy và chi tiết máy
- Các chi tiết máy truyền động: bánh răng, bánh vít, xích, đai, bánh ma sát...
- Các chi tiết máy đỡ nối: trục, ổ, khớp nối...
- Các chi tiết máy ghép: ren, đinh tán, mối ghép hàn, then...



Tải trọng - Ứng suất

Tải trọng

- Tải trọng (lực, mômen): do chi tiết máy hoặc bộ phận máy tiếp nhận trong quá trình sử dụng máy
- Theo đặc tính thay đổi theo thời gian, phân ra:
 - Tải trọng tĩnh: không đổi hoặc thay đổi không đáng kể theo thời gian
 - Tải trọng thay đổi: có cường độ, phương hoặc chiều thay đổi theo thời gian

Tải trọng đột ngột tăng mạnh rồi giảm ngay trong khoảnh khắc gọi là **tải trọng va đập**



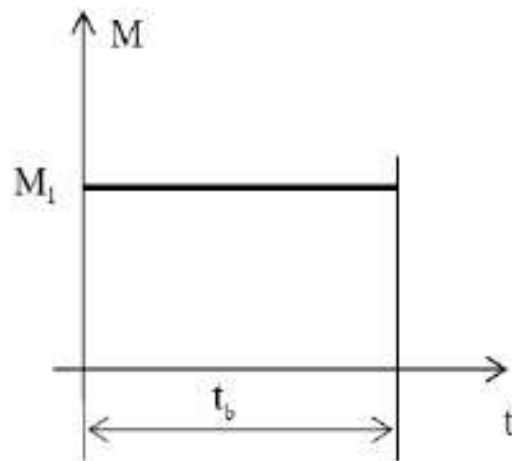
Tải trọng - Ứng suất

Tải trọng

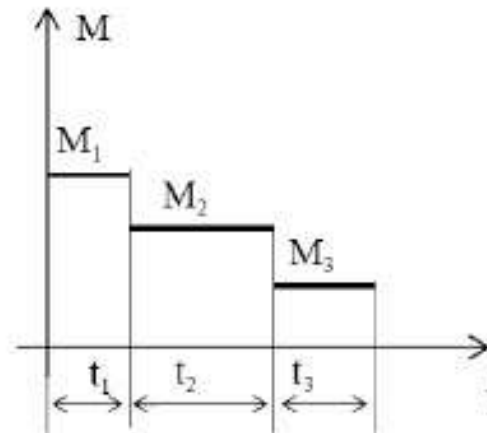
➤ Ví dụ

*** Căn cứ tính chất thay đổi của tải trọng**

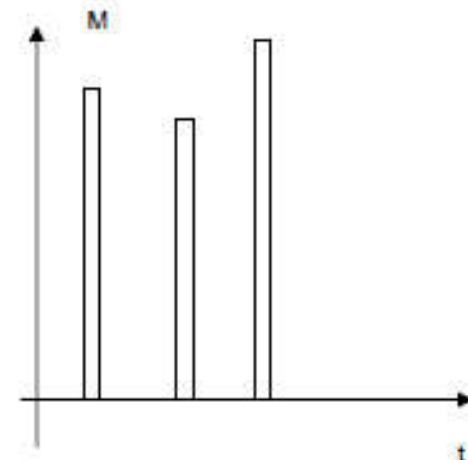
Tải trọng không đổi



Tải trọng thay đổi



Tải trọng va đập





Tải trọng - Ứng suất

Tải trọng

Trong tính toán chi tiết máy, ta chia ra:

- Tải trọng danh nghĩa Q_{dn} : tải trọng được chọn trong số các tải trọng tác dụng lên máy ở chế độ làm việc ổn định
- Tải trọng tương đương Q_{td} : tải trọng có giá trị không đổi thay thế cho chế độ thay đổi liên tục hoặc thay đổi theo bậc

$$Q_{td} = Q_{dn} \cdot k_N$$

k_N : Hệ số tải trọng



Tải trọng - Ứng suất

Tải trọng

- Tải trọng tính toán Q_t : tải trọng khi tính toán thiết kế chi tiết máy, phụ thuộc vào tính chất thay đổi của tải trọng, sự phân bố không đều tải trọng trên bề mặt làm việc, điều kiện sử dụng, chế độ tải trọng...

$$Q_t = Q_{td} \cdot k_{tt} \cdot k_d \cdot k_{dk} = Q_{dn} \cdot k_N \cdot k_{tt} \cdot k_d \cdot k_{dk}$$

k_{tt} : hệ số xét đến sự phân bố không đều tải trọng trên các bề mặt tiếp xúc,

k_d : hệ số tải trọng động,

k_{dk} : hệ số phụ thuộc điều kiện làm việc.



Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất

Ứng suất: dưới tác dụng của tải trọng, trong chi tiết máy sẽ xuất hiện ứng suất

➤ Đơn vị: MPa (Mega Pascal)

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

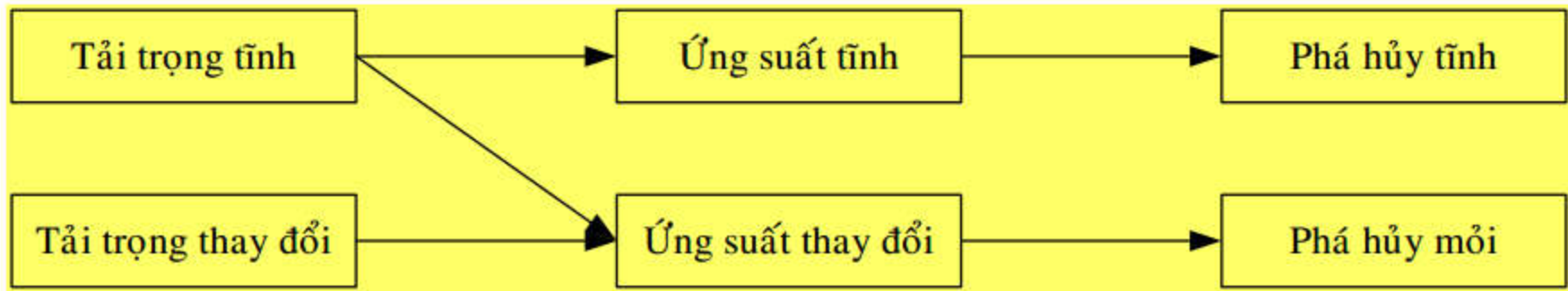
➤ Phân loại:

- Theo điều kiện làm việc: ứng suất kéo, nén, uốn, xoắn...
- Theo tính chất thay đổi: tĩnh, thay đổi

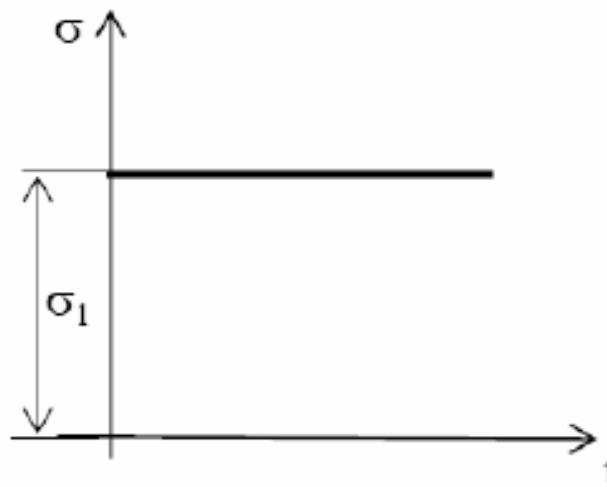


Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất



- Ứng suất tĩnh: ứng suất không đổi theo thời gian hoặc thay đổi rất ít, không đáng kể





Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất

- Ứng suất thay đổi: trị số hoặc chiều (hoặc cả hai) thay đổi theo thời gian
- Chu trình ứng suất: là một vòng thay đổi ứng suất qua trị số giới hạn này sang trị số giới hạn khác rồi trở về giá trị ban đầu
- Thời gian thực hiện một chu trình ứng suất gọi là một chu kỳ ứng suất



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

Các đặc trưng của chu trình ứng suất :

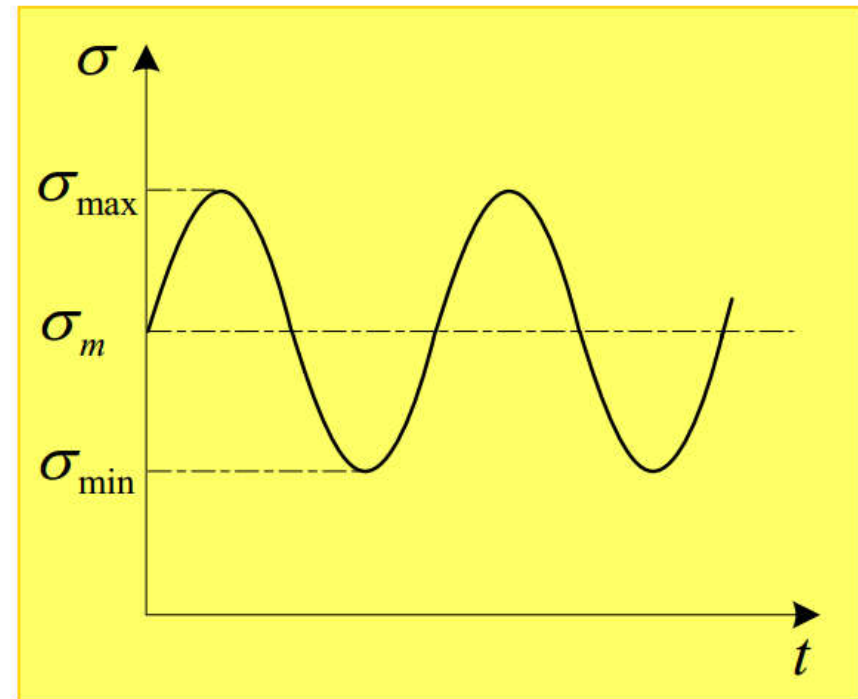
- Ứng suất cực đại
- Ứng suất cực tiểu
- Ứng suất trung bình

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

- Biên độ ứng suất

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

- Hệ số tính chất chu trình $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$





Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

Tùy theo giá trị của $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$, có các dạng chu trình ứng suất sau:

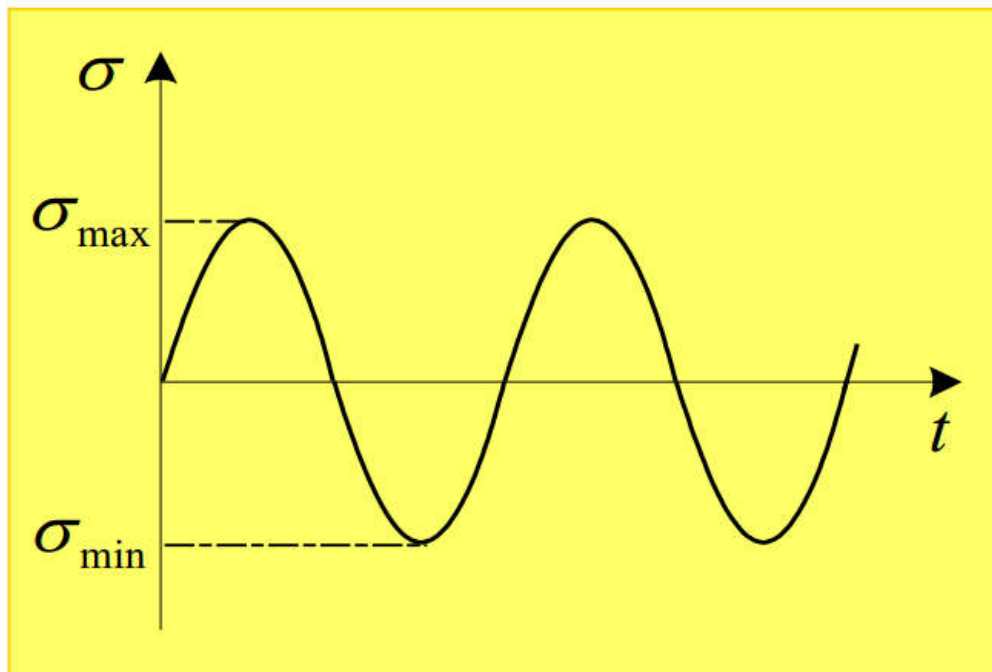
- Chu trình đối xứng ($r = -1$)
- Chu trình không đối xứng ($-1 < r < 1$)
 - Khác dấu
 - Cùng dấu
 - Mạch động dương
 - Mạch động âm



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

➤ Chu trình ứng suất đối xứng ($r = -1$)



$$\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$$

$$\sigma_a = \sigma_{\max}$$

$$\sigma_m = 0$$

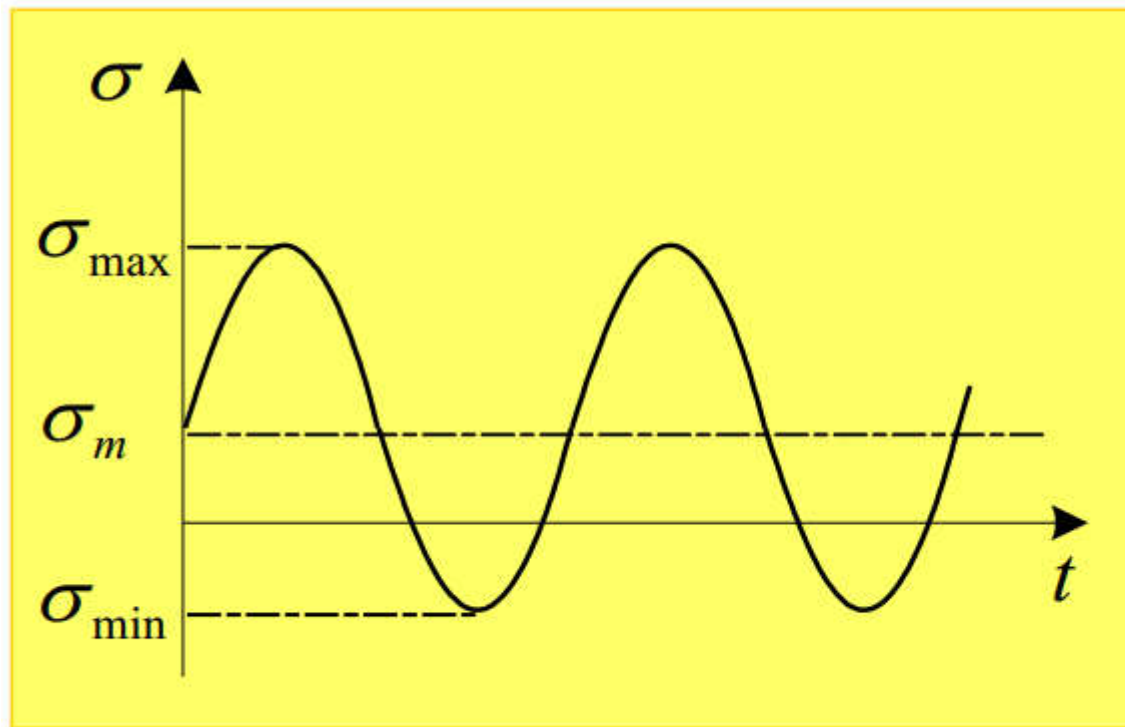
$$r = -1$$



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

- Chu trình ứng suất không đối xứng trái dấu ($r < 0$)



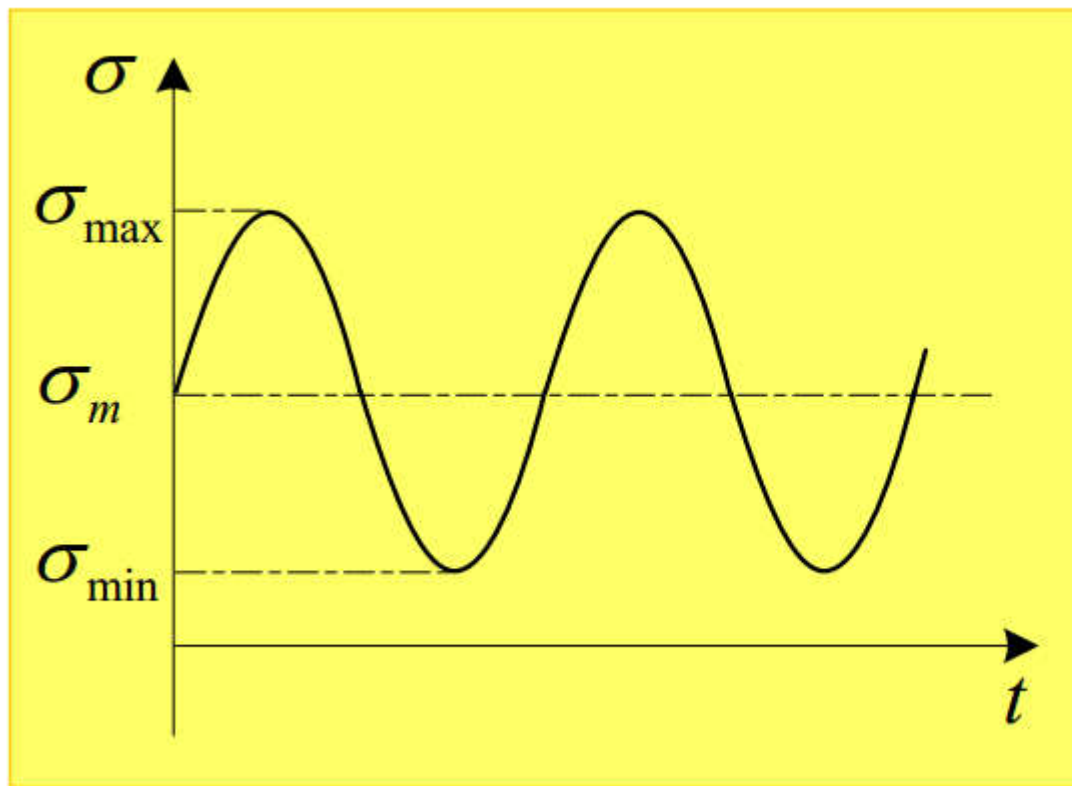
$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &> 0 \\ \sigma_{\min} &< 0 \\ r &< 0\end{aligned}$$



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

- Chu trình ỨS không đối xứng cùng dấu ($r > 0$)



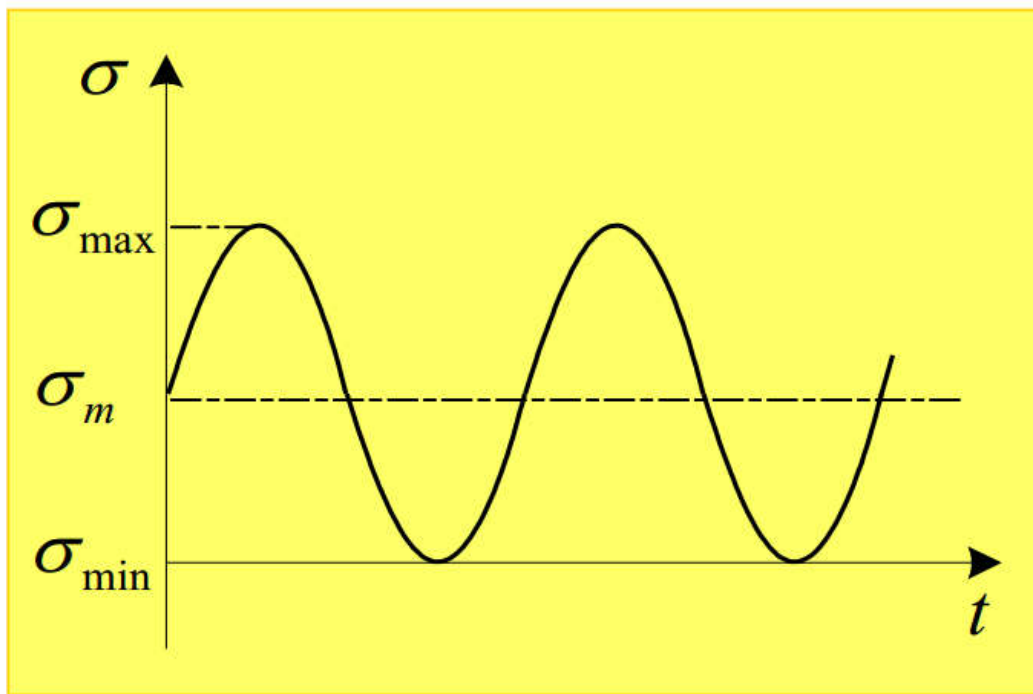
$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &> 0 \\ \sigma_{\min} &> 0 \\ r &> 0\end{aligned}$$



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

- Chu trình ỨS không đối xứng mạch động dương ($r = 0$)



$$\sigma_{\min} = 0, \quad \sigma_{\max} > 0$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

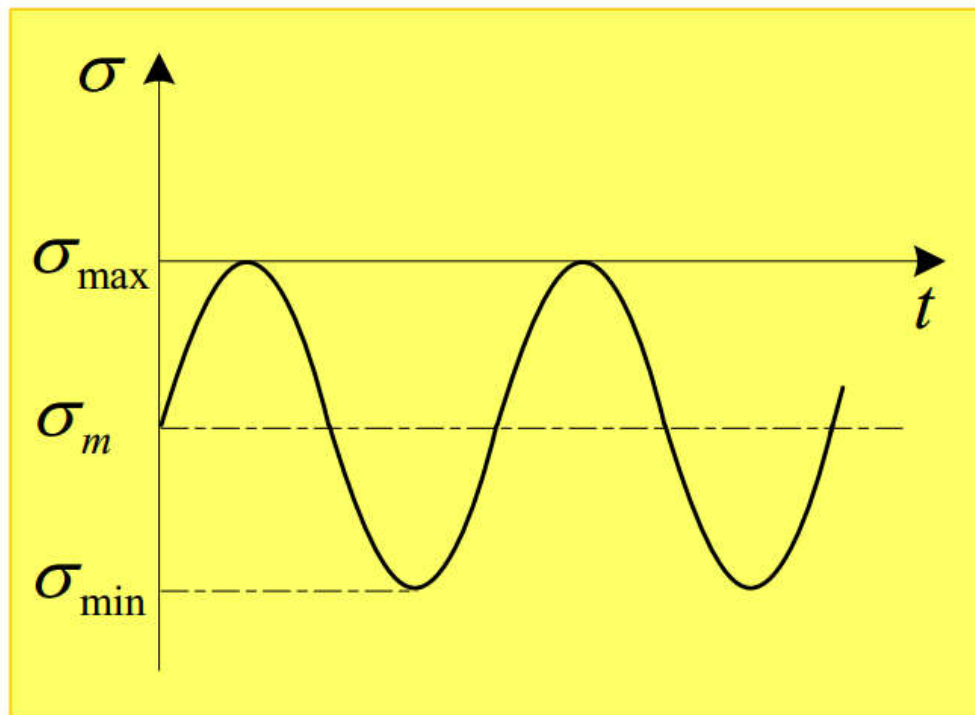
$$r = 0$$



Tải trọng - Ứng suất

Chu trình ứng suất

- Chu trình ỨS không đối xứng mạch động âm ($r = \infty$)



$$\sigma_{\max} = 0, \quad \sigma_{\min} < 0$$

$$\sigma_a = \frac{|\sigma_{\min}|}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\min}}{2}$$

$$r = -\infty$$



Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất tiếp xúc

- Ứng suất tiếp xúc sinh ra khi các chi tiết máy tiếp xúc trực tiếp và có tác dụng lực tương hỗ với nhau.
- Ứng suất tiếp xúc sinh ra trên một diện tích rộng và vuông góc với mặt tiếp xúc được gọi là **ứng suất dập** hoặc **áp suất**.

Ví dụ: ứng suất dập sinh ra giữa then và trục, giữa thân bulông và chi tiết ghép trong mối ghép ren không có khe hở...

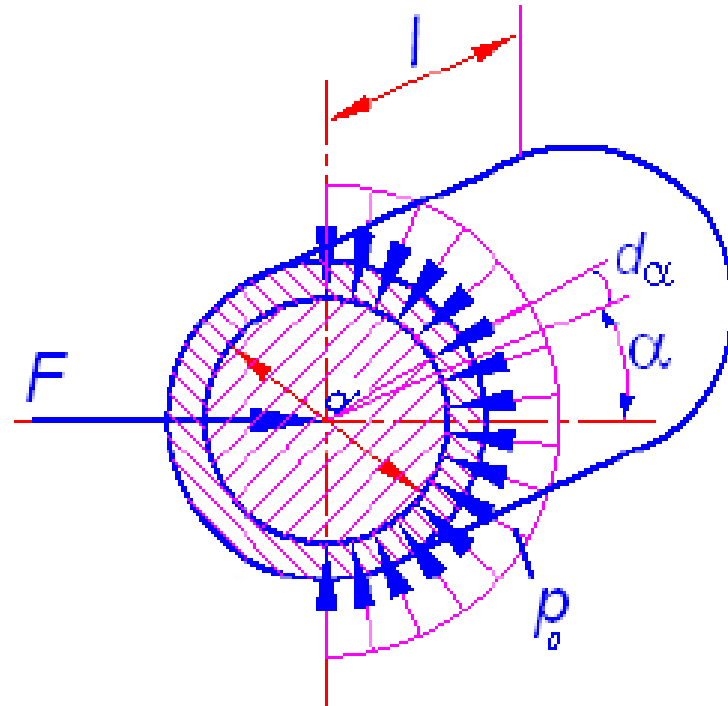


Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất tiếp xúc

- Ứng suất dập sinh ra do tiếp xúc khít giữa thanh hình trụ đường kính d với lỗ, chiều dài tiếp xúc l , chịu lực F tác dụng

$$\sigma_d = \frac{F}{ld} \quad (MPa)$$





Tải trọng - Ứng suất

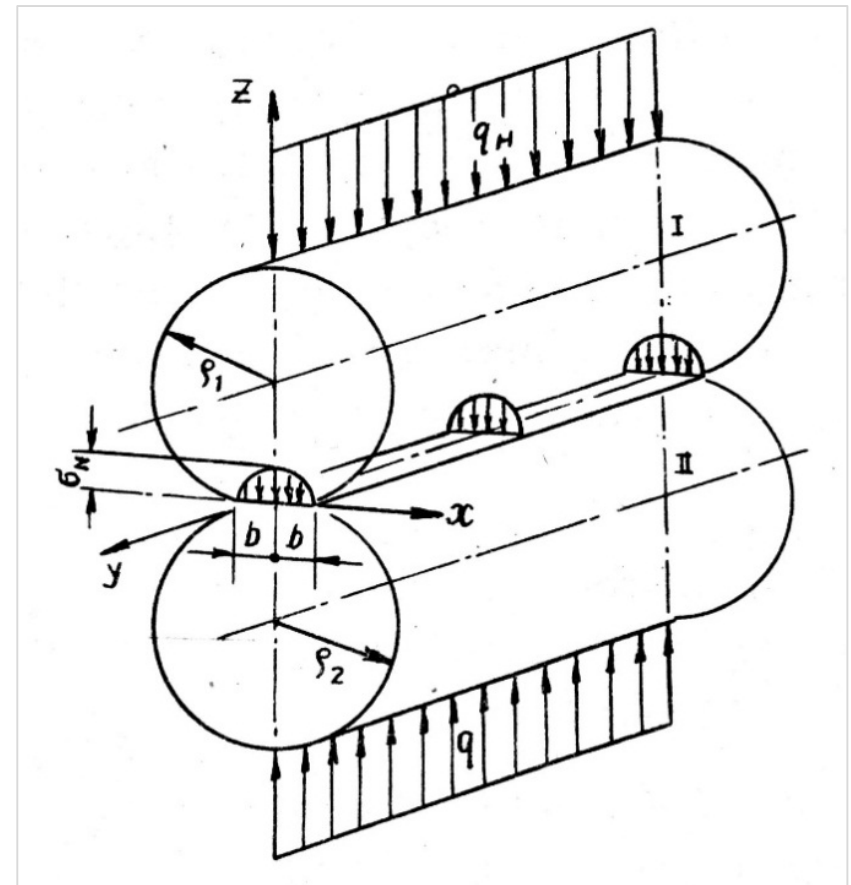
Ứng suất tiếp xúc

- Ứng suất tiếp xúc cực đại được xác định theo công thức Hertz

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{\frac{q_H}{2\rho}}$$

Hệ số xét đến cơ tính vật liệu

$$Z_M = \sqrt{\frac{2E_1E_2}{\pi \left[E_2(1-\mu_1^2) + E_1(1-\mu_2^2) \right]}}$$





Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất tiếp xúc

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{\frac{q_H}{2\rho}} \quad Z_M = \sqrt{\frac{2E_1E_2}{\pi \left[E_2(1-\mu_1^2) + E_1(1-\mu_2^2) \right]}}$$

E_1, E_2 : môđun đàn hồi của vật liệu hình trụ 1, 2;

μ_1, μ_2 : hệ số Poátxông của vật liệu hình trụ 1, 2;

ρ : bán kính cong tương đương $\rho = \frac{\rho_1\rho_2}{(\rho_1 \pm \rho_2)}$, dấu “+” khi tiếp xúc ngoài,

dấu “-” khi tiếp xúc trong.

ρ_1, ρ_2 : bán kính cong tại chỗ tiếp xúc, ở đây là bán kính hình trụ 1 và 2;

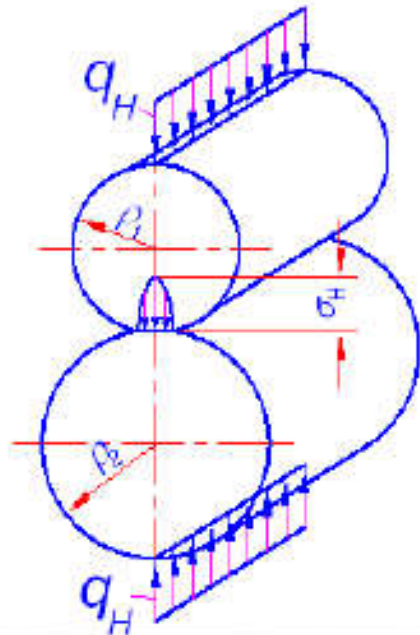


Tải trọng - Ứng suất

Ứng suất tiếp xúc

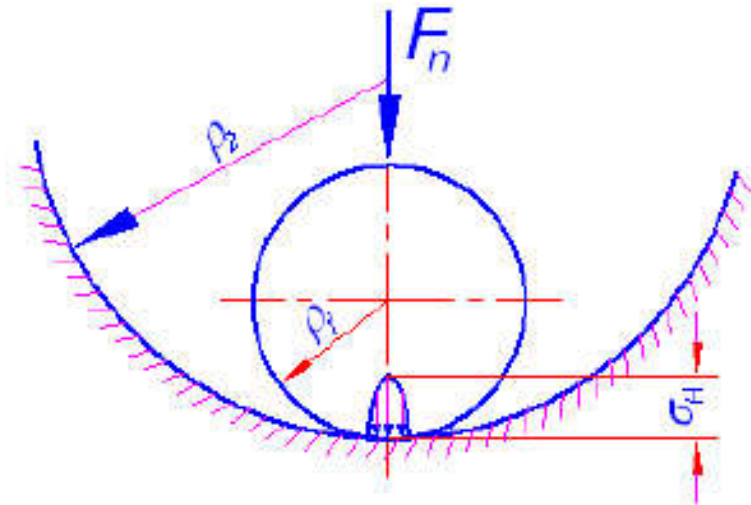
- Nếu vật liệu tuân theo định luật Húc và hệ số Poátxông $\mu = 0,3$

+ Tiếp xúc đường



$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q_H E}{\rho}} \quad (\text{MPa})$$

+ Tiếp xúc điểm



$$\sigma_H = 0,3883 \sqrt{\frac{F_n E^2}{\rho^2}} \quad (\text{MPa})$$



Khả năng làm việc

Các chỉ tiêu chủ yếu đánh giá khả năng làm việc của chi tiết máy:

- Độ bền
- Độ cứng
- Độ bền mòn
- Khả năng chịu nhiệt
- Độ ổn định dao động



Chỉ tiêu độ bền

- Độ bền: là khả năng tiếp nhận tải trọng của chi tiết máy mà không bị phá hủy trước thời hạn yêu cầu
- Chi tiết máy không đủ bền thì
 - bên trong nó sẽ xuất hiện biến dạng dư lớn, làm thay đổi hình dạng chi tiết
 - phá hỏng bản thân chi tiết: gãy, vỡ, hư hại bề mặt



Chỉ tiêu độ bền

- Hai loại độ bền của chi tiết máy:
 - Độ bền thể tích
 - Độ bền bề mặt
- Để tránh biến dạng dư lớn hoặc gãy hỏng, chi tiết máy cần có đủ độ bền thể tích
- Để tránh phá hủy bề mặt làm việc, chi tiết máy cần có đủ độ bền bề mặt
- Khi tính toán độ bền, phải chú ý đến tính chất thay đổi của ứng suất
 - Nếu ứng suất không đổi, tính theo độ bền tĩnh
 - Nếu ứng suất thay đổi, tính theo độ bền mỏi



Chỉ tiêu độ bền

Phương pháp tính độ bền

- Phương pháp tính: so sánh ứng suất sinh ra khi chi tiết chịu tải (σ, τ) với ứng suất cho phép $([\sigma], [\tau])$
- Cách xác định ứng suất cho phép:
 - Tra bảng
 - Tính toán hệ số an toàn → Tìm ứng suất cho phép

$$\begin{cases} \sigma \leq [\sigma] \\ \tau \leq [\tau] \end{cases} \quad \text{với} \quad \begin{cases} [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{s} \\ [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{s} \end{cases}$$

$\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ - ứng suất pháp và ứng suất tiếp giới hạn
 s – hệ số an toàn.



Chỉ tiêu độ bền

Phương pháp tính độ bền

➤ Định hệ số an toàn: phương pháp các hệ số thành phần

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

trong đó các hệ số:

s_1 – xét đến mức độ chính xác trong việc xác định tải trọng và ứng suất.

$$s_1 = 1,2 \div 1,5$$

s_2 – xét đến độ đồng nhất về cơ tính của vật liệu;

đối với vật liệu giòn như gang $s_2 = 1,5 \div 2,5$,

vật liệu dẻo như thép $s_2 = 1,5$.

s_3 – xét đến những yêu cầu đặc biệt về an toàn

$$s_3 = 1 \div 1,5.$$



Chỉ tiêu độ bền

Phương pháp tính độ bền

➤ Định ứng suất giới hạn σ_{lim} :

- Nếu chi tiết máy chịu ứng suất không đổi
 - Đối với vật liệu dẻo là giới hạn chảy $\sigma_{\text{lim}} = \sigma_{ch}$
 - Đối với vật liệu giòn là giới hạn bền $\sigma_{\text{lim}} = \sigma_b$
- Nếu CTM chịu ứng suất thay đổi ổn định
 - Nếu $N \geq N_o$: lấy theo giới hạn mỏi dài hạn $\sigma_{\text{lim}} = \sigma_r$
 - Nếu $N < N_o$: lấy theo giới hạn mỏi ngắn hạn

$$\sigma_{\text{lim}} = \sigma_{rN} = \sigma_r \sqrt[m]{N_o / N}$$

Với: N_o – số chu kỳ cơ sở, $N_o = 10^7 \div 10^8$

N – số chu kỳ làm việc; m – bậc đường cong mỏi



Chỉ tiêu độ bền

Tính độ bền tiếp xúc

Phương trình cơ bản:

➤ Tiếp xúc rộng: tính bền dập

$$\sigma_d \leq [\sigma_d]$$

➤ Tiếp xúc điểm/đường: tính bền tiếp xúc

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$



Chỉ tiêu độ bền

Tính độ bền tiếp xúc khi ứng suất không đổi

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

- Ứng suất sinh ra σ_H tính theo công thức Herzt
- Ứng suất cho phép $[\sigma_H]$ xác định theo bền tĩnh tiếp xúc (tránh biến dạng bề mặt)



Chỉ tiêu độ bền

Tính độ bền tiếp xúc khi ứng suất thay đổi

➤ Tính độ bền mới tiếp xúc

▪ Khi ứng suất tiếp xúc thay đổi ổn định

- Nếu CTM làm việc với số chu kỳ ứng suất $N \geq N_o$:

$$\sigma_{H_{lim}} = \sigma_{H_r}$$

- Nếu CTM làm việc với số chu kỳ ứng suất $N < N_o$:

$$\sigma_{H_{lim}} = \sigma_{H_r} \sqrt[m]{\frac{N_o}{N}} = \sigma_{H_r} K_L$$



Chỉ tiêu độ cứng

- Độ cứng là khả năng của chi tiết máy chống lại biến dạng đàn hồi khi chịu tải
- Chi tiết máy được coi là không đủ độ cứng, khi lượng biến dạng đàn hồi của nó vượt quá giá trị cho phép
- Độ cứng là chỉ tiêu quan trọng đánh giá khả năng làm việc của chi tiết máy
 - Một số CTM tính thiết kế theo độ cứng
 - Một số CTM được tăng kích thước khá nhiều sau khi tính bền nhằm đạt độ cứng yêu cầu



Chỉ tiêu độ cứng

- Nếu chi tiết máy không đủ độ cứng:
 - Độ chính xác làm việc giảm, có thể làm giảm độ chính xác của toàn máy
 - Có thể gây kẹt, không làm việc được
 - Gây hoặc tăng tải trọng phụ trong máy
 - Ảnh hưởng xấu đến các chi tiết máy liên quan

Ví dụ: Trục không đủ độ cứng làm tăng tập trung tải trọng cho bánh răng lắp trên nó và bánh răng ăn khớp với bánh răng đó.



Chỉ tiêu độ cứng

Phương pháp tính độ cứng

➤ Độ cứng thể tích:

- Biến dạng đàn hồi thể tích của CTM phải nhỏ hơn giá trị cho phép
- Biến dạng đàn hồi thể tích của CTM xác định từ các phương trình tính chuyển vị (SBVL)
- Biến dạng đàn hồi thể tích cho phép xác định bằng thực nghiệm

➤ Độ cứng tiếp xúc:

- Khi tiếp xúc nhỏ: tính theo lý thuyết Héc-Bêliaép
- Khi tiếp xúc mặt: tính theo các công thức thực nghiệm



Chỉ tiêu độ cứng

Phương pháp nâng cao độ cứng

- Chọn tiết diện chịu lực hợp lý, nên dùng tiết diện rỗng
- Giảm chiều dài và/hoặc tăng mômen chống uốn
- Sử dụng gối đỡ phụ, gâp tăng cứng nếu có thể
- Khi cần tăng kích thước để đủ cứng, nên chọn vật liệu có cơ tính thấp sẽ tránh được thừa bền



Độ chịu mài mòn

- Mòn xảy ra khi 2 vật thể tiếp xúc dưới áp lực, trượt tương đối với nhau.
- Độ chịu mài mòn là khả năng chi tiết máy có thể làm việc trong thời gian yêu cầu mà không bị mòn quá mức cho phép



Độ chịu mài mòn

Tác hại của mòn

- Làm giảm độ chính xác của máy, dụng cụ đo
- Làm giảm hiệu suất của máy, ví dụ: động cơ
- Làm tăng khe hở trong các mối ghép động, dẫn đến tiếng ồn, gây tải động phụ
- Làm mất lớp bề mặt có cơ tính tốt – đẩy nhanh quá trình mòn
- Nhiều chi tiết máy hết khả năng phục vụ do quá mòn

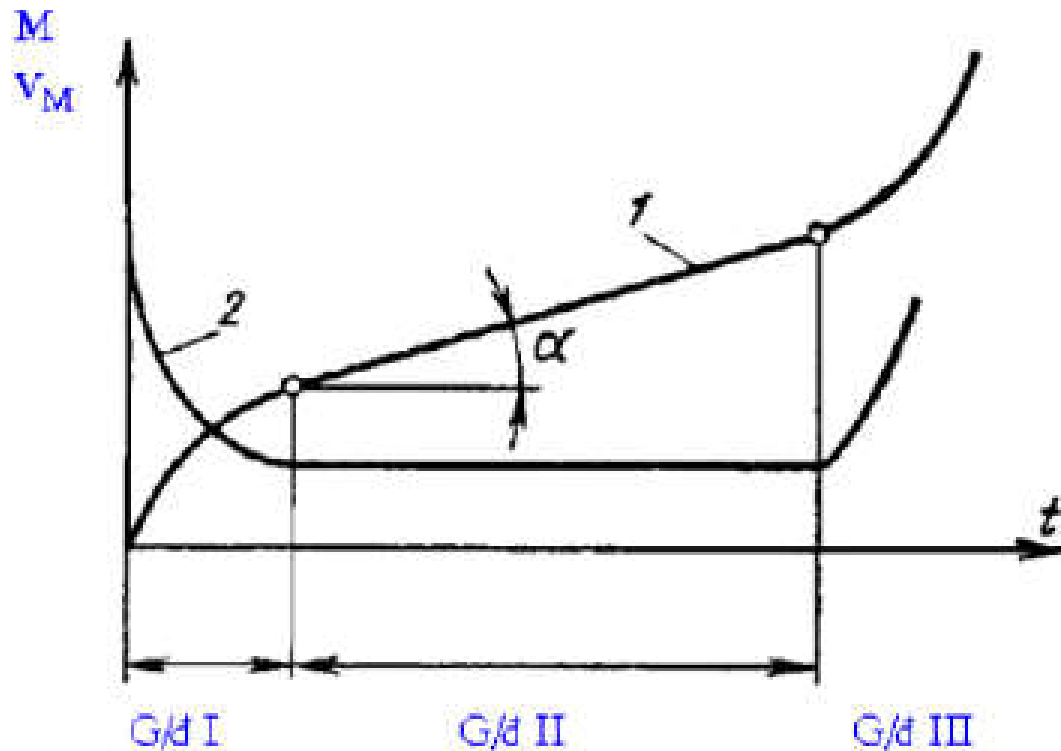


Độ chịu mài mòn

Diễn biến của quá trình mòn

Quá trình mòn diễn ra qua 3 giai đoạn:

Chạy rà ➡ Bình ổn ➡ Khốc liệt



1 – Lượng mòn

2 – Tốc độ mòn

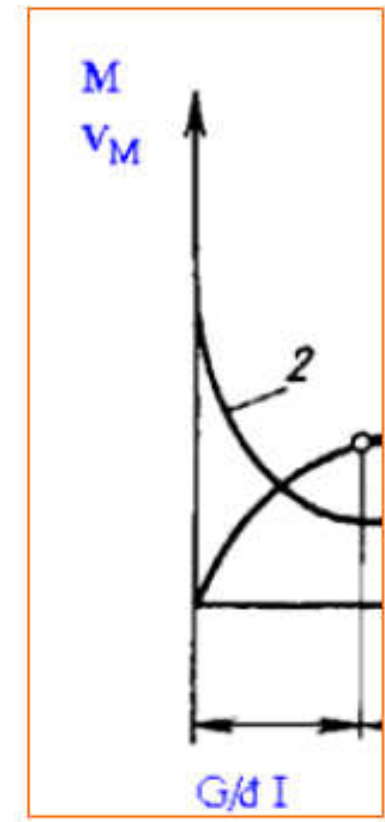


Độ chịu mài mòn

Diễn biến của quá trình mòn

➤ Giai đoạn 1: Chạy rà

- San bằng các nhấp nhô bề mặt sau gia công
- Lượng mòn tăng nhanh
- Tốc độ mòn giảm nhanh
- Cần đặt tải nhẹ, bôi trơn, làm mát tốt





Độ chịu mài mòn

Diễn biến của quá trình mòn

➤ Giai đoạn 2: Mòn ổn định

- Lượng mòn tăng chậm, tỉ lệ bậc nhất
- Tốc độ mòn nhỏ, gần như hằng số

$$v_M = \frac{dM}{dt} = tg\alpha$$

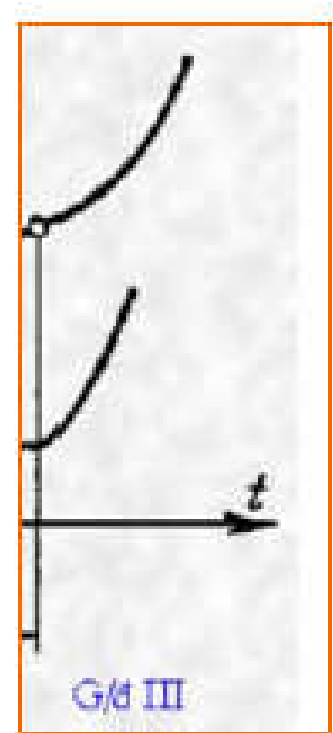
- Thời gian kéo dài của quá trình chính là tuổi thọ mòn của chi tiết máy



Độ chịu mài mòn

Diễn biến của quá trình mòn

- Giai đoạn 3: Mòn khốc liệt (phá hỏng)
 - Lượng mòn, tốc độ mòn đều tăng rất nhanh
 - Không nên để chi tiết máy làm việc ở giai đoạn này. Nên thay thế chi tiết máy khi nó làm việc ở cuối giai đoạn mòn ổn định





Độ chịu mài mòn

Hạn chế mòn

- Mòn phụ thuộc chủ yếu: áp suất (ứng suất tiếp xúc), vận tốc trượt tương đối, môi trường tiếp xúc

Quan tâm đến các yếu tố này sẽ cải thiện tuổi bền mòn

- Đảm bảo chế độ bôi trơn và vật liệu bôi trơn (giảm ma sát)
- Chọn cặp vật liệu hợp lí (hệ số ma sát)
- Cải thiện chất lượng bề mặt (giảm ma sát)



Độ chịu mài mòn

Tính toán độ bền mòn

- Tính thiết kế nhằm thỏa điều kiện ma sát ướt
- Chưa có phương pháp thỏa đáng, tính quy ước

$$p \leq [p]$$

$$pv \leq [pv]$$

- Tham khảo: Quan hệ giữa áp suất và quãng đường trượt

$$p^m \cdot S = \text{hằng số}$$



Độ chịu nhiệt

- Là khả năng làm việc bình thường của chi tiết máy trong một phạm vi nhiệt độ nhất định
- Nhiệt trong các máy công tác thường do ma sát, môi trường làm việc, bản thân của máy sinh ra
- Tác hại của nhiệt:
 - Làm giảm cơ tính vật liệu → giảm khả năng chịu tải
 - Làm giảm độ nhớt chất bôi trơn → tăng mòn
 - Biến dạng nhiệt → cong vênh, kẹt, tập trung tải trọng
 - Giảm độ chính xác của máy chính xác & dụng cụ đo



Độ chịu nhiệt

Tính khả năng chịu nhiệt

- Có thể kiểm tra khả năng làm việc về nhiệt hoặc thiết kế làm mát dựa vào phương trình cơ bản:

$$t < [t]$$

- Nhiệt độ bình quân cho phép xác định bằng thực nghiệm hoặc theo công thức



Độ chịu dao động

- Là khả năng làm việc bình thường của chi tiết máy trong một điều kiện nhất định mà không bị dao động quá trị số cho phép.
- Nguyên nhân gây dao động
 - Máy có chuyển động gián đoạn
 - Máy hoặc chi tiết máy quay không cân bằng
 - Do các dao động lân cận truyền đến



Độ chịu dao động

➤ Tác hại của dao động

- Gây tải động phụ làm giảm bền
- Gây rung động làm giảm độ chính xác
- Gây ồn
- Có thể phá hỏng (gãy) máy nếu xảy ra cộng hưởng

➤ Tính và hạn chế dao động

- CTM đủ khả năng chịu dao động nếu biên độ dao động nhỏ hơn trị số cho phép
- Khi không tính được biên độ, tránh cộng hưởng bằng cách không cho tần số dao động cưỡng bức bằng số nguyên lần tần số dao động riêng



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Nội dung

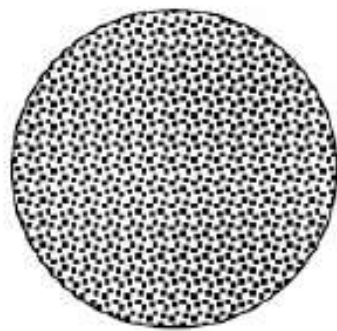
- Hiện tượng phá hủy mỏi
- Giới hạn mỏi và đường cong mỏi
- Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi
- Các biện pháp nâng cao sức bền mỏi



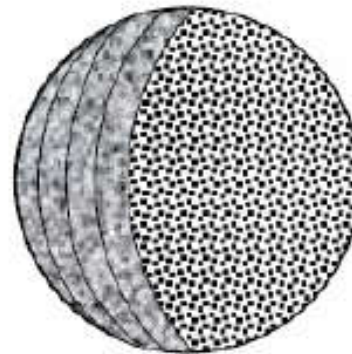
Độ bền mỏi của chi tiết máy

Hiện tượng phá hủy mỏi

- Xảy ra khi chi tiết chịu ứng suất thay đổi, số chu kỳ đủ lớn
- Xảy ra đột ngột, trước khi hỏng không xuất hiện biến dạng dư
- Ứng suất lớn nhất sinh ra còn nhỏ hơn nhiều so với ứng suất cho phép theo điều kiện bền tĩnh



Hỏng do không đủ bền tĩnh



Hỏng do không đủ bền mỏi



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Hiện tượng phá hủy mỏi

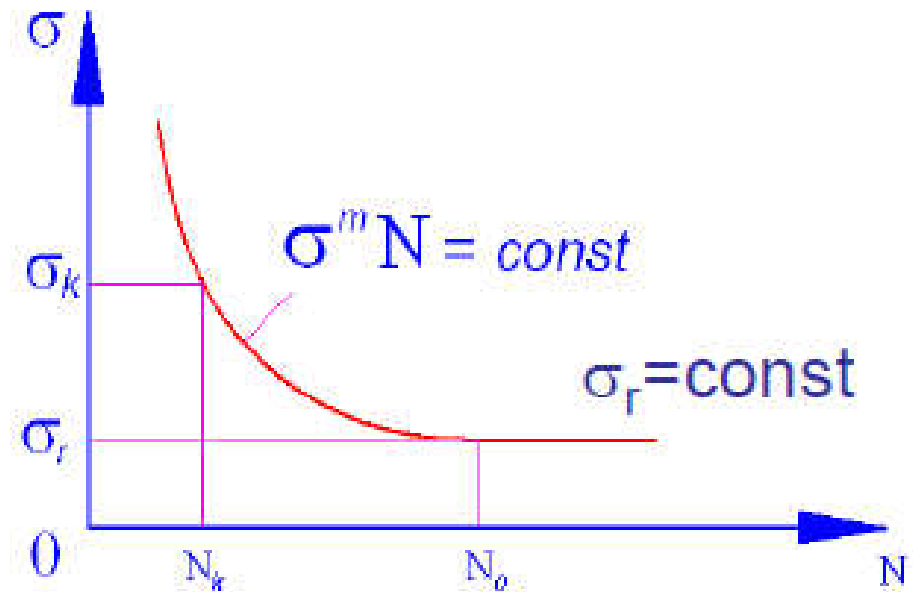
PHÁ HỦY DO CHỊU ỨNG SUẤT TĨNH	PHÁ HỦY MỎI
<ul style="list-style-type: none">- Do tác dụng của ứng suất có trị số cao:<ul style="list-style-type: none">+ Đối với vật liệu dẻo: <i>ứng suất > giới hạn chảy</i>+ Đối với vật liệu giòn: <i>ứng suất > giới hạn bền</i>	<ul style="list-style-type: none">- Do tác dụng của ứng suất có trị không lớn lắm.
<ul style="list-style-type: none">- Xuất hiện biến dạng dẻo rõ rệt trước khi phá hủy, lan rộng cả một vùng trên chi tiết máy.	<ul style="list-style-type: none">- Không thấy dấu hiệu báo trước nào. Sự phá hủy chỉ xảy ra ở một vùng nhỏ của chi tiết máy.
<ul style="list-style-type: none">- Màu sắc bề mặt vết gãy đồng nhất:<ul style="list-style-type: none">+ Đối với vật liệu dẻo: có sự co thắt tiết diện.+ Đối với vật liệu giòn: có dấu hiệu bị đứt ra.	<ul style="list-style-type: none">- Màu sắc bề mặt vết gãy không đồng nhất, vùng bên trong có màu sáng hơn vùng bên ngoài:<ul style="list-style-type: none">+ Vùng 1 (vùng hỏng do mỏi): mịn, hạt nhỏ.+ Vùng 2 (vùng hỏng tĩnh): gồ ghề, hạt to hoặc có các thớ.



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Giới hạn mỏi & đường cong mỏi

- Giới hạn mỏi là giá trị ứng suất lớn nhất bắt đầu gây hỏng chi tiết tương ứng với số chu kỳ ứng suất nhất định
- Quan hệ giữa ứng suất σ và số chu kỳ gây hỏng chi tiết N được biểu diễn bằng đường cong mỏi





Độ bền mỏi của chi tiết máy

Giới hạn mỏi & đường cong mỏi

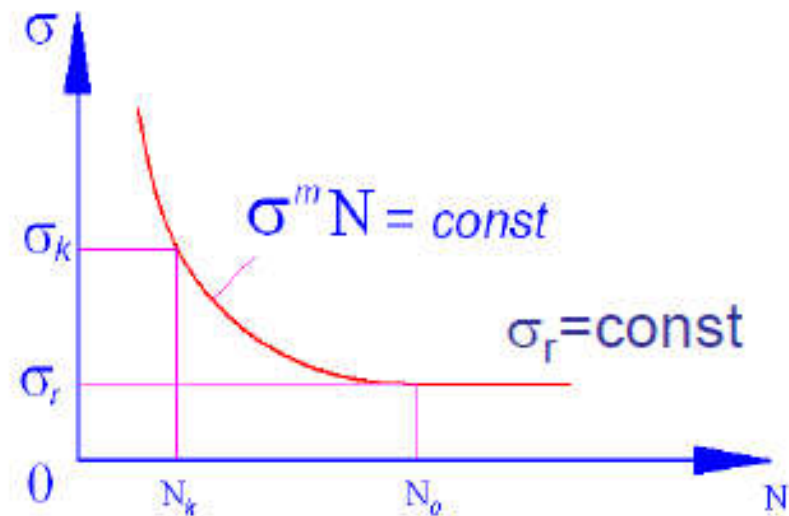
- Qua đồ thị đường cong mỏi, ta thấy:
 - Khi ứng suất càng cao thì tuổi thọ càng giảm
 - Khi ứng suất giảm đến σ_r , tuổi thọ N có thể tăng đến khá lớn
- σ_r được gọi là **giới hạn bền mỏi** (dài hạn)
- Phương trình đường cong mỏi

$$\sigma^m N = \text{const}$$

m – bậc của đường cong mỏi

N_o – số chu kỳ cơ sở của vật liệu

$$N_o = 10^6 \div 10^7$$





Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi

➤ Ảnh hưởng của vật liệu

- Hợp kim có độ bền mỏi cao hơn vật liệu không kim loại
- Hợp kim đen có độ bền mỏi cao hơn hợp kim màu
- Thép có độ bền mỏi cao hơn gang
- Thép hợp kim có độ bền mỏi cao hơn thép cacbon
- Thép cacbon có hàm lượng cao có độ bền mỏi cao hơn thép cacbon có hàm lượng thấp



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi

- Ảnh hưởng của hình dáng kết cấu:
 - Tiết diện thay đổi đột ngột gây tập trung ứng suất, giảm sức bền mỏi
 - Hệ số tập trung ứng suất

$$k_{\sigma} = \frac{\sigma_r}{\sigma_{rc}}, k_{\tau} = \frac{\tau_r}{\tau_{rc}}$$

trong đó:

σ_r, τ_r – giới hạn mỏi của mẫu không có tập trung ứng suất

σ_{rc}, τ_{rc} – g.hạn mỏi của chi tiết (cùng tiết diện) có tập trung ứng suất



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi

➤ Ảnh hưởng của kích thước tuyệt đối:

- Chi tiết có kích thước càng lớn thì giới hạn mỏi càng thấp
- Nguyên nhân: chi tiết có kích thước càng lớn thì
 - Chứa càng nhiều khuyết tật: vết nứt tế vi, rỗ...
 - Chiều dày tương đối của lớp bề mặt được tăng bền giảm
- Hệ số kích thước tuyệt đối

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{\sigma_{rd}}{\sigma_{rd_o}}, \quad \varepsilon_{\tau} = \frac{\tau_{rd}}{\tau_{rd_o}}$$

σ_d, τ_d – giới hạn mỏi của chi tiết (nhẫn) đường kính d

$\sigma_{rd_o}, \tau_{rd_o}$ – giới hạn mỏi của mẫu nhẫn có $d_o = 7 - 10\text{mm}$



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi

- Ảnh hưởng của công nghệ gia công bề mặt:
 - Lớp bề mặt thường là lớp chịu ứng suất lớn nhất, vết nứt tế vi do mỏi thường xuất hiện từ lớp này
 - Các ảnh hưởng:
 - CTM được gia công tinh, độ nhẵn bề mặt cao sẽ có giới hạn mỏi cao hơn gia công thô, độ nhẵn thấp
 - CTM được tăng bền bề mặt như phun bi, lăn, nén... sẽ tăng độ bền mỏi
 - Đánh giá ảnh hưởng bằng hệ số bề mặt β



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các biện pháp nâng cao độ bền mỏi

➤ Các biện pháp thiết kế

- Bố trí những chỗ gây tập trung ứng suất ở xa vùng chịu ứng suất lớn
- Tại những chỗ chuyển tiếp nên dùng góc lượn có bán kính lớn nhất, có thể dùng góc lượn elip
- Dùng then hoa răng thân khai thay cho then hoa răng chữ nhật



Độ bền mỏi của chi tiết máy

Các biện pháp nâng cao độ bền mỏi

- Các biện pháp công nghệ
 - Nhiệt luyện hoặc hóa nhiệt luyện: tôi cải thiện, thường hóa, tôi và ram thấp, thấm than rồi tôi, thấm nitơ, tôi cao tần...
 - Gia công tinh bề mặt: mài, đánh bóng, lăn ép, phun bi...



Độ tin cậy

- Độ tin cậy là mức độ duy trì các chỉ tiêu khả năng làm việc của máy, chi tiết máy trong suốt thời gian sử dụng
- Độ tin cậy là cao nếu máy và chi tiết máy ít xảy ra hỏng hóc, tốn ít thời gian hiệu chỉnh, sửa chữa



Độ tin cậy

Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

- Xác suất làm việc không hỏng hóc, $R(t)$
 R càng cao, độ tin cậy càng lớn
- Cường độ hỏng hóc, $\lambda(t)$
Tại thời điểm λ thấp, độ tin cậy càng cao
- Tuổi thọ: Thời gian từ lúc bắt đầu làm việc đến khi hỏng, t_H
 t_H càng cao, độ tin cậy càng cao
- Hệ số sử dụng: tỉ lệ giữa thời gian phục vụ với tổng thời gian làm việc và nghỉ để bảo dưỡng, K_s
 K_s càng cao, độ tin cậy càng cao



Độ tin cậy

Các biện pháp nâng cao độ tin cậy

- Cố gắng sử dụng kết cấu đơn giản
- Nâng cao độ chính xác tính toán
- Chọn các phương pháp gia công tin cậy
- Nâng cao độ chính xác kiểm tra
- Tuân thủ quy trình sử dụng máy
- Có thể tăng độ tin cậy tại khâu yếu bằng cách lắp song song các phần tử cùng chức năng



Tính công nghệ và tính kinh tế

- Chi tiết máy có tính công nghệ và kinh tế cao nếu:
 - Thỏa mãn các yêu cầu về khả năng làm việc
 - Chi phí chế tạo thấp trong điều kiện hiện có
 - Chi phí thấp cho vận hành sử dụng, bảo quản
- Các yêu cầu chính của tính công nghệ:
 - Kết cấu phải phù hợp với điều kiện và quy mô sản xuất
 - Kết cấu phải đơn giản và hợp lý, máy càng ít chi tiết càng tốt
 - Cấp chính xác và độ nhám đúng mức
 - Chọn phương pháp tạo phôi hợp lý (càng gần với chi tiết bao nhiêu càng tốt)



Tính công nghệ và tính kinh tế

➤ Yêu cầu đối với vật liệu:

- Thỏa mãn các yêu cầu về khả năng làm việc của CTM
- Đảm bảo thỏa mãn yêu cầu về khối lượng và kích thước
- Có khả năng áp dụng các phương pháp gia công để tạo nên chi tiết
- Dễ cung ứng



Tính công nghệ và tính kinh tế

- Nguyên tắc sử dụng vật liệu:
 - Cố gắng giảm khối lượng/thể tích vật liệu
 - Nguyên tắc hạn chế chủng loại vật liệu



Các vấn đề về tiêu chuẩn hóa

- Tiêu chuẩn hóa là sự quy định thành tiêu chuẩn, quy cách về hình dạng, kích thước, kiểu dáng, các thông số cơ bản cho sản phẩm
- Ý nghĩa:
 - Hạn chế chủng loại và kích thước sản phẩm, có thể sản xuất hàng loạt, giảm giá thành
 - Thuận tiện cho việc thay thế sửa chữa các chi tiết tiêu chuẩn
 - Giảm thời gian nghiên cứu, thiết kế



Các vấn đề về tiêu chuẩn hóa

- Những đối tượng được tiêu chuẩn hóa
 - Các phương pháp tính, phương pháp thí nghiệm
 - Các thông số cơ bản: dãy kích thước, tốc độ quay, độ côn, các kí hiệu bản vẽ
 - Đơn vị đo
 - Vật liệu
 - Cấp chính xác, chất lượng bề mặt
 - Hình dạng, kích thước các CTM công dụng chung
 - Các thông số cấu tạo: môđun răng, kích thước ren...



Các vấn đề về tiêu chuẩn hóa

- Các tiêu chuẩn hiện hành
 - Tiêu chuẩn quốc tế ISO
 - Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam TCVN
 - Tiêu chuẩn ngành TCN
 - Tiêu chuẩn vùng TCV
 - Tiêu chuẩn cơ sở TC



Các vấn đề về tiêu chuẩn hóa

➤ Các kí hiệu và thông số chính

- Công suất: P (kW)

Với mỗi cặp truyền động, kí hiệu nhỏ hơn dùng cho trục/bánh chủ động, ví dụ: P_1 (bánh chủ động), $P_2...$

- Tốc độ quay: $n_1, n_2...$ (vòng/phút)
- Tỉ số truyền: $u = n_1/n_2$
- Hiệu suất: $\eta = P_2/P_1$
- Mômen xoắn: $T_i = 9,55 \cdot 10^6 P_i / n_i$ (Nmm)



THANK YOU!