

CHƯƠNG 3

TRỤC – TRỤC – NỐI TRỤC

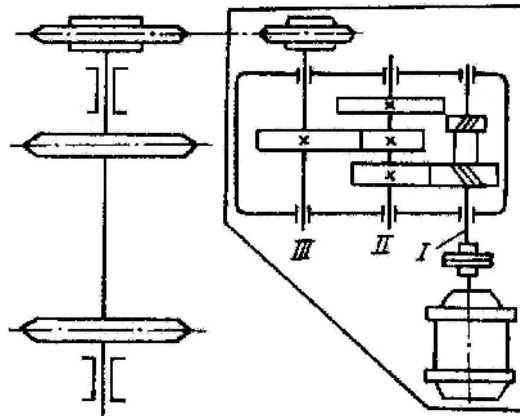
Bài 10. TRỤC

Mục tiêu: Mô tả được kết cấu, phân loại và lựa chọn được kết cấu trục phù hợp theo yêu cầu.

I. Khái niệm chung

1. Công dụng và phân loại

- Trục dùng để đỡ các chi tiết máy quay như bánh răng, đĩa xích v.v..., để truyền mômen xoắn hoặc để thay thế hai nhiệm vụ trên.



Hình 10.1. Trục trong hệ thống truyền động

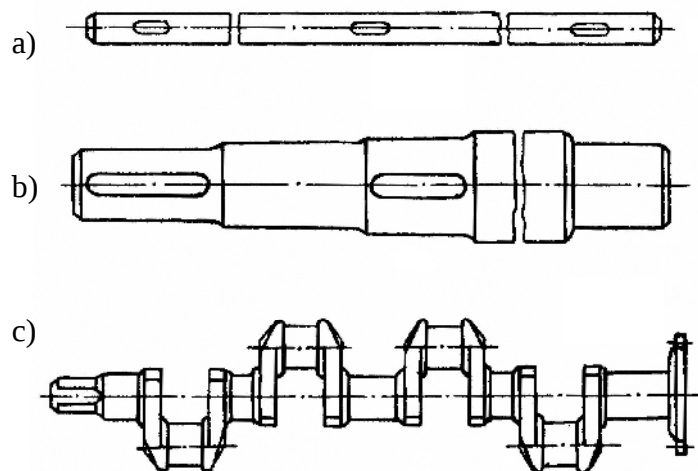
- Theo đặc điểm cấu tạo, trục được chia làm hai loại: trục tâm và trục truyền.

+ Trục tâm

Trục tâm có thể quay (trục bánh xe lùa) và không quay (trục đỡ ròng rọc), trục tâm chỉ chịu mômen uốn.

+ Trục truyền

Trục truyền dùng để đỡ các chi tiết máy và truyền mômen xoắn, nghĩa là chịu cả mômen uốn và mômen xoắn.



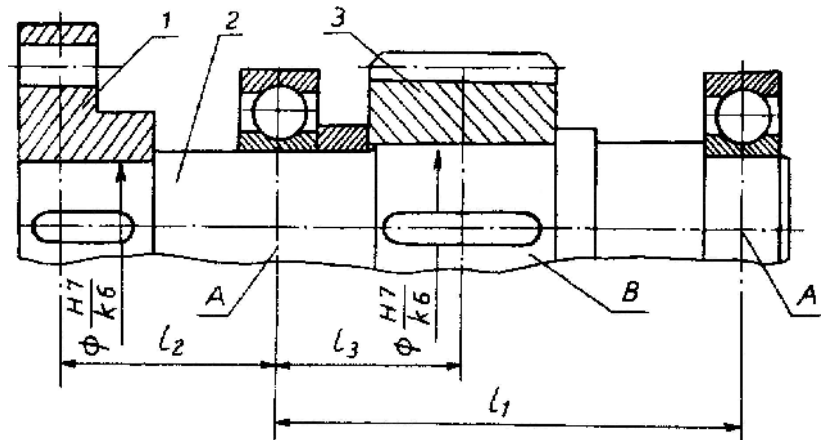
Hình 10.2.

- Theo hình dáng đường tâm trục, chia ra: trục thẳng (hình 10.2a, b), trục khuỷu (hình 10.2c). Trục khuỷu dùng trong các máy có piston (động cơ đốt trong, máy bơm piston v.v...)

- Theo cấu tạo chia ra: trục trơn (hình 10.2a) và trục bậc (hình 10.2b), trục dẫn và trục ròng v.v...

2. Kết cấu của trục

Kết cấu của trục (hình 10.3 và 10.4) được xác định theo tải trọng và tình hình phân bố tải tác động lên trục, cách bố trí và cần định các chi tiết máy lắp lên trục, phương pháp gia công và lắp ghép v.v...



Hình 10.3. Kết cấu trục truyền

Trục thẳng được chế tạo có hình trụ tròn đều bậc. Ít dùng trục trơn vì không phù hợp với để điểm phân bố tải trọng suất: tải trọng suất thay đổi theo chiều dài trục; mặt khác lắp ghép và sửa chữa khó khăn, phức tạp. Khi cần giảm khối lượng có thể làm trục ròng, tuy nhiên giá thành chế tạo trục ròng khá đắt.

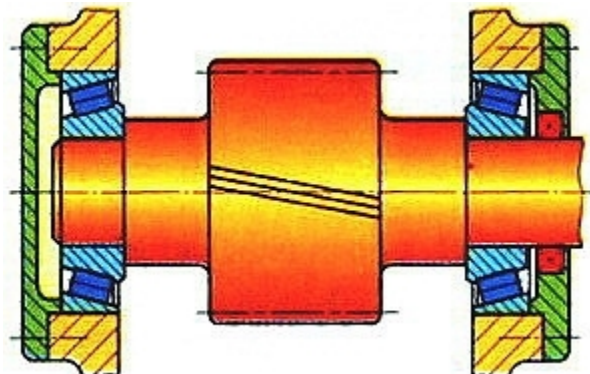
Kết cấu trục gồm:

1 - Ngõng trục A: phần trục tiếp xúc với ổ trục (ổ lăn hay ổ trượt). Khi gia công phần đường kính ngõng trục lắp với ổ lăn phải lấy theo tiêu chuẩn vòng trong ổ lăn (tra theo sổ tay) để đảm bảo tính lắp ráp.

2 - Thân trục B: phần trục đỡ lắp các chi tiết quay như bánh răng (3), bánh đai, đĩa xích v.v... Trên phần thân trục thẳng có rãnh then để lắp ghép với các chi tiết quay hay lắp ghép có đôi.

3 - Phần chuyển tiếp: phần trục giữa hai bậc của trục (2). Để giảm ứng suất tập trung tại góc giữa hai phần này người ta thường tạo góc lượn với bán kính lớn nhất có thể (góc lượn lớn quá sẽ làm cho chi tiết không tỳ sát vào vai trục).

4 - Đầu trục: phần này có thể là ngõng trục (A) hay phần lắp chi tiết truyền động như khớp nối (1), bánh đai, đĩa xích v.v...



Hình 10.4

II. Các dạng hỏng và vết liu tr c

1. Các dạng hỏng của trục

- Trục bị gãy

+ Do vết liu bị mỏi, khi làm việc quá tải sinh trong trục là ứng suất biến đổi tuần hoàn, sau một thời gian làm việc sẽ xuất hiện vết nứt vì mỏi tích lũy vết nứt có lỗ khoan, rãnh then v.v....

+ Số tập trung ứng suất do kết cấu gây nên (góc lượn, rãnh then, lỗ v.v...), hoặc do chế tạo gia công xấu (vết xước, kết thúc nhiệt luyện kém v.v...);

+ Số dạng không đúng kết thúc (trục đầu chình không đúng, khe hở cần thiết quá nhỏ v.v...).

+ Do va đập.

- Trục bị biến dạng do uốn và xoắn khi làm việc

+ Trục không đủ độ cứng sẽ bị biến dạng nhiều làm cho các chi tiết lắp trên trục làm việc không bình thường, khi trục bị võng nhiều, khe hở giữa ổ trục và trục thay đổi, ảnh hưởng đến độ bền mỏi trục trong ổ, dễ dàng bị phá hỏng sẽ tiếp xúc chính xác giữa các chi tiết máy truyền động.

- Phôi thân trục và ổ trục bị mòn do không đủ độ cứng khi nhiệt luyện hay do tháo lắp không đúng kết thúc v.v...

2. Vết liu tr c

Vết liu tr c cần có đủ bền cao, ít nhô vệt tập trung ứng suất, có thể nhiệt luyện được và dễ gia công. Thép cacbon và thép hợp kim thường được sử dụng để chế tạo trục. Khi trục chịu ứng suất không lớn, có thể dùng thép CT5 không cần nhiệt luyện để chế tạo trục. Với các trục yêu cầu chịu tải lớn hơn, thường dùng thép 35, 45, 50 v.v... nhiệt luyện, trong đó thép 45 được dùng nhiều. Trục hợp kim chịu tải lớn, làm việc trong các máy quan trọng, trục được chế tạo bằng thép hợp kim 40Cr, 40CrNi v.v... tôi tôi thì nên hoặc tôi bề mặt bằng dòng điện tần số cao. Với các trục quay nhanh, lắp ổ trượt, ổ trục cần có đủ bền cao, trục được chế tạo bằng thép 20, 20Cr v.v... thấm than rồi tôi để nâng cao độ chịu mài mòn.

Khi chế tạo trục thường dùng phôi cán hoặc phôi rèn, trục được chế tạo trên máy tiện, sau đó thường mài các ổ trục và bề mặt lắp ghép với các chi tiết quay.

III. Tính toán trục

1. Tính sơ bộ

Trục làm việc chịu uốn xoắn đồng thời. Lúc đầu, khi ta chưa biết vị trí các điểm đặt tải nên ta phải tính sơ bộ trục theo mômen xoắn, theo công suất và số vòng quay trục hay theo công thức kinh nghiệm.

- Để đầu tiên chọn bán kính trục, tính đường kính trục:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_x}{0,2 \cdot [\tau]_x}}, \text{ mm}$$

- Hay từ công suất N và tốc độ n :

$$d \geq C \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}, \text{ mm}$$

Trong đó, d – đường kính trục chọn, (mm)

M_x – mômen xoắn trục, (Nmm)

N – công suất trên trục, (kW)

n – số vòng quay của trục, (vòng/phút)

$[\tau]_x$ – ứng suất xoắn cho phép của vật liệu làm trục, (N/mm²) – Chọn theo bảng trong trang 115 (TKCTM)

C – hệ số tính toán – phụ thuộc $[\tau]_x$

Sau khi tính d, chọn d với giá trị lớn hơn và tra bảng theo tiêu chuẩn để chọn. Trục sẽ được gia công kính chỉnh sửa lần đầu tiên tăng lên sao cho con số hàng đầu là 0 hoặc 5 để phù hợp với kích thước tiêu chuẩn vòng trong lần. Tính từng các kích thước của bộ răng lần, khe hở giữa các chi tiết quay, vòng chặn dầu, bộ răng chi tiết lắp ghép v.v... để xác định số bộ chi tiết dài trục.

- Có thể tính đường kính trục theo công thức kinh nghiệm:

+ Đường kính kính dầu vào hộp giảm tốc $d = (0,8 \div 1,2)d_{đc}$, $d_{đc}$ là đường kính kính trục động cơ.

+ Đường kính trục bộ dẫn của máy cặp trong hộp giảm tốc $d = (0,3 \div 0,35)A$, A là khoảng cách trục.

2. Tính gần đúng

Khi đã biết số để tính toán trục thì dùng phương pháp tính gần đúng. Tính gần đúng có xét tác động động học của mômen uốn, mômen xoắn và sức bền trục.

Trình tự tính toán:

- Với số để tính toán trục, xác định các tải lên trục. Phân tích các tải trên hai mặt phẳng thẳng đứng và mặt phẳng nằm ngang. Xác định phân bố các tải trục.

- Với biết được mômen uốn trong mặt phẳng thẳng đứng, mặt phẳng nằm ngang và biết được mômen xoắn.

- Tính mômen tổng động học các thiết bị nguy hiểm theo thuyết bền 3 hay 4.

+ Theo thuyết bền 3, với vật liệu dẻo: $M_{td} = \sqrt{M_{ud}^2 + M_{un}^2 + M_x^2}$, Nmm

+ Theo thuyết bền 4, với vật liệu dẻo: $M_{td} = \sqrt{M_{ud}^2 + M_{un}^2 + 0,75M_x^2}$, Nmm

Nmm

M_{td} – mômen tổng động học của trục, Nmm

M_{ud} – mômen uốn trong mặt phẳng đứng, Nmm

M_{un} – mômen uốn trong mặt phẳng ngang, Nmm

M_x – mômen xoắn trục, Nmm

- Tính đường kính trục theo công thức:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{td}}{0,1 \cdot (1 - \beta) \cdot [\sigma]_u}}, \text{ mm}$$

M_{td} – mômen tổng động học của trục, Nmm

β – hệ số $\beta = \frac{d_0}{d}$, d_0 – đường kính trong của trục răng

$[\sigma]_u$ – ứng suất uốn cho phép của vật liệu làm trục, (N/mm²) – tra bảng 7-2 (TKCTM)

- Sau khi xác định được ứng suất kính trệ của các tiết diện nguy hiểm, ta căn cứ vào đó để định kết cấu trục và tính công nghệ của trục. Vẽ hình dáng kết cấu trục.

3. Tính kiểm nghiệm trục (tính chính xác)

Phương pháp này chỉ dùng để kiểm tra trục quan trọng nhất trục chính của máy, trục hộp giảm tốc v.v...

Sau khi tính được ứng suất kính trệ như phần tính gần đúng, ta kiểm tra an toàn cho trục của các tiết diện nguy hiểm theo hệ số an toàn:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} \geq [n]$$

n_σ – Hệ số an toàn chỉ xét riêng về uốn và kéo

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_{bd} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{tb}}$$

n_τ – Hệ số an toàn chỉ xét riêng về xoắn

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_{bd} + \psi_\tau \cdot \tau_{tb}}$$

σ_{-1}, τ_{-1} – Giới hạn mỏi khi uốn và xoắn ứng với chu kỳ ứng suất tuần hoàn đối xứng (tra bảng)

Vật thép cacbon: $\sigma_{-1} = (0,4 \div 0,5)\sigma_B$; $\tau_{-1} = (0,2 \div 0,3)\sigma_B$

σ_B – Giới hạn bền của vật liệu (bảng tính)

σ_{bd}, τ_{bd} – Ứng suất biên độ phát sinh do uốn và xoắn

σ_{tb}, τ_{tb} – Ứng suất trung bình phát sinh do uốn và xoắn

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

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

$$\tau_{tb} = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}$$

$$\tau_{bd} = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}$$

$\sigma_{\max}$ và $\sigma_{\min}$, $\tau_{\max}$ và $\tau_{\min}$ – Trị số ứng suất lớn nhất, nhỏ nhất của ứng suất pháp và ứng suất tiếp ở các mặt cắt được kiểm nghiệm an toàn.

- Nếu trục chỉ chịu uốn:

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M_u}{W_x}; \sigma_{tb} = 0; \sigma_{bd} = \frac{M_u}{W_x}$$

- Nếu trục chỉ chịu uốn và kéo:

$$\sigma_{\max}^{\min} = \pm \frac{M_u}{W_x} + \frac{P}{F} ; \sigma_{tb} = \frac{P}{F} ; \sigma_{bd} = \frac{M_u}{W_x}$$

- Khi trục quay mặt chịu không liên tục (M_x thay đổi mạnh) thì

$$\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_0} ; \tau_{bd} = \tau_{tb} = \frac{M_x}{2.W_0}$$

- Khi trục quay hai chịu (M_x thay đổi đều) thì

$$\tau_{\max}^{\min} = \pm \frac{M_x}{W_0} ; \tau_{bd} = 0 ; \tau_{tb} = \frac{M_x}{W_0}$$

W_x – Môđun chịu uốn của tiết diện chịu trục x, tiết diện tròn $W_x = 0,1d^3$.

W_0 – Môđun chịu xoắn của tiết diện chịu trục tâm O, $W_0 = 0,2d^3$.

- Nếu có rãnh then thì tra bảng.

k_σ, k_τ – Hệ số tập trung ứng suất khi uốn và xoắn (tra bảng)

$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$ – Hệ số kích thích cục bộ (tra bảng)

ψ_σ, ψ_τ – Hệ số để tính nháy của vết nứt, vết thép cacbon có $\sigma_B = (350 \div 370) \text{ N/mm}^2$, chọn $\psi_\sigma = 0,15 \div 0,2$; $\psi_\tau = 0,1$

$[n]$ – Hệ số an toàn cho phép, thường chọn $[n] = 1,5 \div 2$;

trục để tính quan trọng chọn $[n] > 2 \div 3$.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày kết cấu, phân loại, công dụng của trục.
2. Trình bày các dạng hỏng của trục và vết nứt chủ yếu của trục.
3. Các phương pháp tính toán để bền và kiểm nghiệm an toàn trục.