

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỘ TRUYỀN TRỤC VÍT

Tính toán thiết kế bộ truyền trục vít thực hiện theo trình tự. Thông số đầu vào: công suất truyền P trên trục vít hoặc bánh vít (hoặc mômen xoắn T), vận tốc góc ω_1 và ω_2 (hoặc số vòng quay n_1 và tỷ số truyền u), điều kiện làm việc bộ truyền.

1. Xác định tỷ số truyền $u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$

2. Dự đoán vận tốc trượt v_s theo công thức:

$$v_s \approx 0,02 \div 0,05) \omega_1 \approx \frac{(3,7 \div 4,6)n_1}{10^5} \sqrt[3]{T_2}$$

Chọn vật liệu bánh vít, trục vít, phương pháp chế tạo, nhiệt luyện, cấp chính xác.

3. Xác định ứng suất tiếp xúc cho phép:

a. Bánh vít có răng chế tạo từ đồng thanh thiếc

Vật liệu này có giới hạn bền $\sigma_b < 300 MPa$, có độ chống dính cao, ứng suất tiếp xúc cho phép được chọn theo điều kiện chống tróc rỗ bề mặt và được xác định theo công thức:

$$[\sigma_H] = (0,76 \div 0,9) \sigma_b K_{HL} C_v$$

trong đó: σ_b - giới hạn bền kéo của vật liệu (bảng 7.8 [1])

C_v - hệ số xét đến ảnh hưởng của vận tốc trượt; K_{HL} - hệ số tuổi thọ.

Hệ số $(0,76 \div 0,9)$ được chọn theo chiều tăng độ rắn của trục vít. Tích $(0,76 \div 0,9) \sigma_b$ là ứng suất cho phép khi $N_{HO} = 10^7$.

Hệ số C_v được xác định theo bảng sau:

Vận tốc trượt v_s , (m/s)	≤ 1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
C_v	1,33	1,21	1,11	1,02	0,95	0,88	0,83	0,8

Hệ số tuổi thọ K_{HL} được xác định theo công thức sau:

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{HE}}}$$

trong đó N_{HE} là số chu kỳ làm việc tương đương:

$$N_{HE} = 60 \sum \left(\frac{T_{2i}}{T_2} \right)^4 n_i t_i$$

với: n_i, T_{2i}, t_i - số vòng quay trong một phút, mômen xoắn trên bánh vít và thời gian làm việc tính bằng giờ trong chế độ làm việc thứ i .

T_2 - mômen lớn nhất trong các giá trị T_{2i} .

Nếu $N_{HE} \geq 2,6.10^8$ thì ta lấy $N_{HE} = 2,6.10^8$ chu kỳ.

b. Đối với răng của bánh vít chế tạo từ đồng thanh không thiếc ($\sigma_b > 300 \text{ MPa}$) và bằng gang, ứng suất tiếp xúc cho phép được chọn theo điều kiện tránh dính, phụ thuộc vào v_s (m/s) và $[\sigma_H]$ không phụ thuộc số chu kỳ ứng suất:

$$[\sigma_H] = (276 \div 300) - 25v_s, \quad \text{MPa}$$

c. Đối với bánh vít làm bằng gang

- Trục vít tời tần số cao: $[\sigma_H] = 200 - 35v_s, \quad \text{MPa}$

- Trục vít thường hóa: $[\sigma_H] = 175 - 35v_s, \quad \text{MPa}$

Ứng suất tiếp xúc cho phép kiểm tra khi quá tải:

- Đồng thanh thiếc: $[\sigma_{H \max}] = 4\sigma_{ch}$

- Đồng thanh không thiếc: $[\sigma_{H \max}] = 2\sigma_{ch}$

- Gang: $[\sigma_{H \max}] = 1,65\sigma_{bF}$

trong đó: σ_{ch} - giới hạn chảy; σ_{bF} - giới hạn bền uốn.

4. Xác định ứng suất uốn cho phép:

a. Đối với bánh vít bằng đồng thanh quay một chiều

$$[\sigma_F] = (0,25\sigma_{ch} + 0,08\sigma_b) \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}}$$

trong đó: σ_{ch} , σ_b - giới hạn chảy và giới hạn bền của vật liệu (bảng 7.8 [1])

N_{FE} - số chu kỳ tải trọng tương đương, xác định theo công thức sau:

$$N_{FE} = 60 \cdot \sum \left(\frac{T_{2i}}{T_2}\right)^9 \cdot n_i \cdot t_i$$

với: n_i , T_{2i} , t_i - số vòng quay trong một phút, mômen xoắn trên bánh vít và thời gian làm việc tính bằng giờ trong chế độ làm việc thứ i.

T_2 - mômen lớn nhất trong các giá trị T_{2i} .

Nếu $N_{FE} \geq 2,6 \cdot 10^8$ thì ta lấy $N_{FE} = 2,6 \cdot 10^8$ chu kỳ.

Nếu $N_{FE} \leq 10^6$ thì ta lấy $N_{FE} = 10^6$.

b. Đối với bánh vít bằng gang

- Bánh vít quay một chiều: $[\sigma_F] = 0,22\sigma_{bF}$

với σ_{bF} là giới hạn bền uốn vật liệu.

- Bánh vít quay hai chiều, ta nhân giá trị trên cho 0,8

Ứng suất uốn cho phép khi quá tải:

- Đối với đồng thanh: $[\sigma_{F\max}] = 0,8\sigma_{ch}$

- Đối với gang: $[\sigma_{F\max}] = 0,6\sigma_{bF}$

5. Chọn số mối ren z_1 theo tỷ số truyền u . Khi $z_1 = 4$ thì $u = 8 \div 15$; khi $z_1 = 2$ thì $u = 16 \div 30$; khi $z_1 = 1$ thì $80 \geq u \geq 30$.

Tỷ số truyền bộ truyền trực vít được chọn theo dãy số tiêu chuẩn sau:

Dãy 1	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80
Dãy 2	9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56; 71

Tính $z_2 = uz_1$ (với $z_2 \geq 28$). Tính lại tỷ số truyền u . Chọn hệ số đường kính q theo tiêu chuẩn thỏa mãn điều kiện $0,4 \geq q/z_2 \geq 0,22$ (bảng 7.2 [1]), thông thường chọn $q/z_2 \approx 0,26$.

6. Chọn sơ bộ η theo công thức:

$$\eta = 0,9 \left(1 - \frac{u}{200}\right)$$

7. Tính khoảng cách trục a_w theo độ bền tiếp xúc theo công thức:

$$a_w = \left(1 + \frac{q}{z_2}\right)^3 \sqrt{\left(\frac{170}{[\sigma_H]}\right)^2 \frac{T_2 K_H}{(q/z_2)}}$$

Tính môđun: $m = \frac{2a_w}{z_2 + q}$ và chọn m theo tiêu chuẩn:

Dãy 1	1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
Dãy 2	1,5; 3; 3,5; 6; 7; 12

Sau đó tính toán lại khoảng cách trục, nếu khoảng cách trục không phải tiêu chuẩn hoặc số nguyên ta phải tiến hành dịch chỉnh bánh vít. Nếu bộ truyền quay tay thì ta tính môđun theo độ bền uốn bằng công thức:

$$m = \sqrt[3]{\frac{1,5 T_2 Y_F K_F}{z_2 q [\sigma_F]}}$$

8. Xác định các kích thước chính bộ truyền:

Thông số hình học	Công thức
Trục vít	
Đường kính vòng chia	$d_1 = mq$
Đường kính vòng lăn	$d_{w1} = m(q + 2x)$
Đường kính vòng đỉnh	$d_{a1} = d_1 + 2m$
Đường kính vòng đáy	$d_{f1} = d_1 - 2,4m$

Góc xoắn ốc vít γ	$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}$
Chiều dài phần cắt ren trục vít	$b_{iv} \geq (11 + 0,06z_{bv})m$
Bánh vít	
Đường kính vòng chia	$d_2 = mz_2$
Đường kính vòng đỉnh	$d_{a2} = m(z_2 + 2 + 2x)$
Đường kính vòng đáy	$d_{f2} = m(z_2 - 2,4 + 2x)$
Khoảng cách trục	$a_w = 0,5m(q + z_2 + 2x)$
Đường kính lớn nhất bánh vít	$d_{aM2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}$
Chiều rộng bánh vít b_2	$b_2 \leq 0,75d_{a1}$

9. Kiểm nghiệm vận tốc trượt theo công thức: $v_s = \frac{mn_1}{19500} \sqrt{z_1^2 + q^2}$

- Hệ số tải trọng tính theo bảng 7.6 [1] và công thức: $K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)(1 - X)$

- Hiệu suất η theo công thức: $\eta = 0,95 \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')}$

trong đó ρ' - góc ma sát thay thế $\rho' = \arctg f'$ với f' là hệ số ma sát thay thế.

Giá trị hệ số ma sát thay thế f' phụ thuộc vào vận tốc trượt v_s , được xác định theo bảng 7.5 [1] nếu vật liệu trục vít là thép và bánh vít bằng đồng thanh có thiếc. Hoặc f' có thể xác định theo công thức gần đúng:

$$f' = \frac{0,048}{v_s^{0,36}} \text{ (cặp thép - đồng thanh)}$$

Hoặc: $f' = \frac{0,06}{v_s^{0,36}} \text{ (cặp thép - gang)}$

10. Nếu vật liệu bánh vít chế tạo từ đồng thanh có độ rắn cao hoặc gang thì tính toán lại giá trị ứng suất tiếp xúc cho phép với vận tốc trượt vừa tìm được, giá trị vừa tính không được nhỏ hơn 10% hoặc lớn hơn 5% giá trị sơ bộ trên mục 3. Nếu không ta tiến hành tính toán thiết kế lại.

11. Xác định số răng tương đương bánh vít z_{v2} theo công thức $z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma}$, chọn hệ số Y_{F2} theo bảng 7.10 [1] và kiểm nghiệm ứng suất uốn của bánh vít theo công thức:

$$\sigma_F = \frac{1,2.T_2.Y_F.K_F}{d_2 b_2 m} \leq [\sigma_F]$$

Thông thường giá trị ứng suất uốn tính toán σ_F nhỏ hơn ứng suất uốn cho phép $[\sigma_F]$ rất nhiều.

12. Kiểm nghiệm độ bền thân trục theo hệ số an toàn (tham khảo chương Trục).

13. Tính toán nhiệt theo công thức:

$$t_1 = t_o + \frac{1000P_1(1-\eta)}{K_T A(1+\psi)} \leq [t_1]$$

trong đó $[t_1]$ là nhiệt độ làm việc cho phép tùy vào loại dầu bôi trơn, có giá trị lớn nhất $95^\circ C$.

14. Xác định giá trị các lực :

$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2T_2}{d_2}$$

$$F_{t1} = F_{a2} = F_{t2} \operatorname{tg}(\gamma + \rho')$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \operatorname{tg}\alpha$$

15. Kiểm tra độ bền uốn của trục theo công thức:

$$\sigma_F = \frac{M_E}{W_E} = \frac{32\sqrt{M_F^2 + 0,75T_1^2}}{\pi d_{f1}^3} \leq [\sigma_F]$$

trong đó M_F là tổng mômen uốn tương đương, xác định theo công thức:

$$M_F = \sqrt{\left(\frac{F_{t1}l}{4}\right)^2 + \left(\frac{F_{r1}l}{4} + \frac{F_{a1}d_1}{4}\right)^2}$$

Ứng suất uốn cho phép trục vít có thể tra trong bảng 7.11 [1].

16. Kiểm tra độ cứng trục vít theo công thức:

$$f = \frac{l^3 \sqrt{F_{r1}^2 + F_{t1}^2}}{48EI_e} \leq [f]$$

trong đó: l - khoảng cách giữa hai ổ, sơ bộ có thể chọn $l = (0,9 \dots 1)d_2$

F_{r1}, F_{t1} - tải trọng hướng tâm và lực vòng tác dụng lên bộ truyền

I_e - mômen quán tính tương đương mặt cắt trục vít, mm^4 :

$$I_e = \frac{\left(0,375 + \frac{0,625d_{a1}}{d_{f1}}\right) \pi d_{f1}^4}{64}$$

Giá trị độ võng cho phép $[f] = (0,01 \div 0,005)m$, với m là môđun trục vít. Nếu không thỏa mãn điều kiện trên thì ta phải tăng hệ số đường kính q hoặc giảm khoảng cách giữa các trục a_w .