



TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM
HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF TECHNICAL AND EDUCATION

KHOA CƠ KHÍ CHẾ TẠO MÁY

Bộ môn: Thiết kế máy

Bài giảng Phần II
(Lưu hành nội bộ)

Chương 5 TRUYỀN ĐỘNG ĐAI

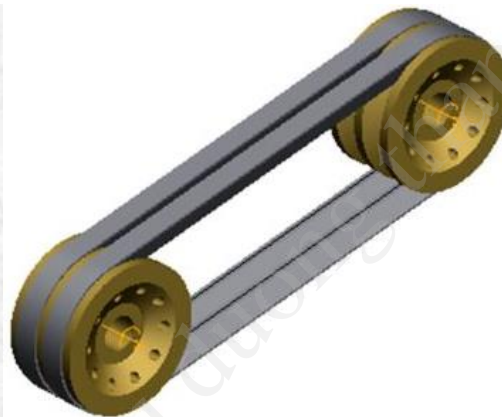
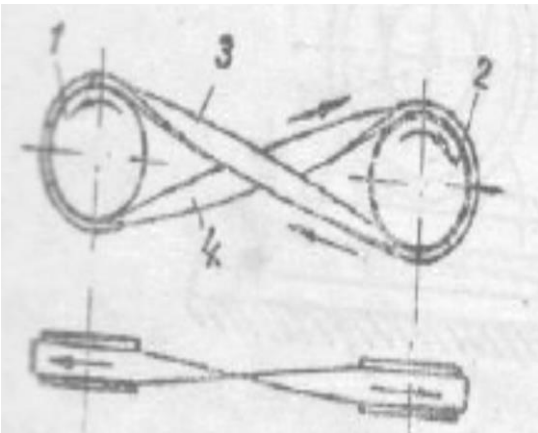
Biên soạn: TS. Nguyễn Minh Kỳ



I. Khái niệm chung

a. Nguyên lý làm việc:

Bộ truyền đai là bộ truyền ma sát gián tiếp nhờ vào ma sát sinh ra giữa dây đai (3) và bánh đai (1), (2). Mô-men được truyền từ bánh chủ động (1) sang bánh bị động (2).





3. Ưu, nhược điểm

- **Ưu điểm:**

- Có thể truyền động giữa các trục cách xa nhau ($<15\text{m}$)
- Làm việc êm, không gây ồn nhờ vào độ dẻo của đai nên có thể truyền động với vận tốc lớn
- Nhờ vào sự trượt trơn của đai nên đề phòng sự quá tải xảy ra trên động cơ
- Kết cấu và vận hành đơn giản

- **Nhược điểm**

- Kích thước bộ truyền đai lớn so với các bộ truyền khác: xích, bánh răng.
- Tỷ số truyền thay đổi do hiện tượng trượt trơn giữa đai và bánh đai (ngoại trừ đai răng)
- Tải trọng tác dụng lên trục và ổ lớn (thường gấp 2-3 lần so với bộ truyền bánh răng) do phải có lực căng đai ban đầu (tạo áp lực pháp tuyến lên đai để tạo ra lực ma sát)
- Tuổi thọ của bộ truyền thấp

Phạm vi sử dụng: $P \leq (40-50)\text{kW}$; $v = (5-30)\text{m/s}$, đai dẹt $u \leq 5$, đai thang $u \leq 10$



III. Cơ sở tính toán thiết kế bộ truyền đai

1. Thông số hình học bộ truyền đai:

Xét bộ truyền đai thường:

d_1, d_2 : đường kính tính toán của bánh dẫn và bánh bị dẫn

α_1, α_2 : góc ôm của đai trên bánh dẫn và bị dẫn

$\beta = \gamma/2$; γ : góc giữa hai nhánh đai

a : khoảng cách trục

L : chiều dài dây đai

a. Đường kính bánh đai:

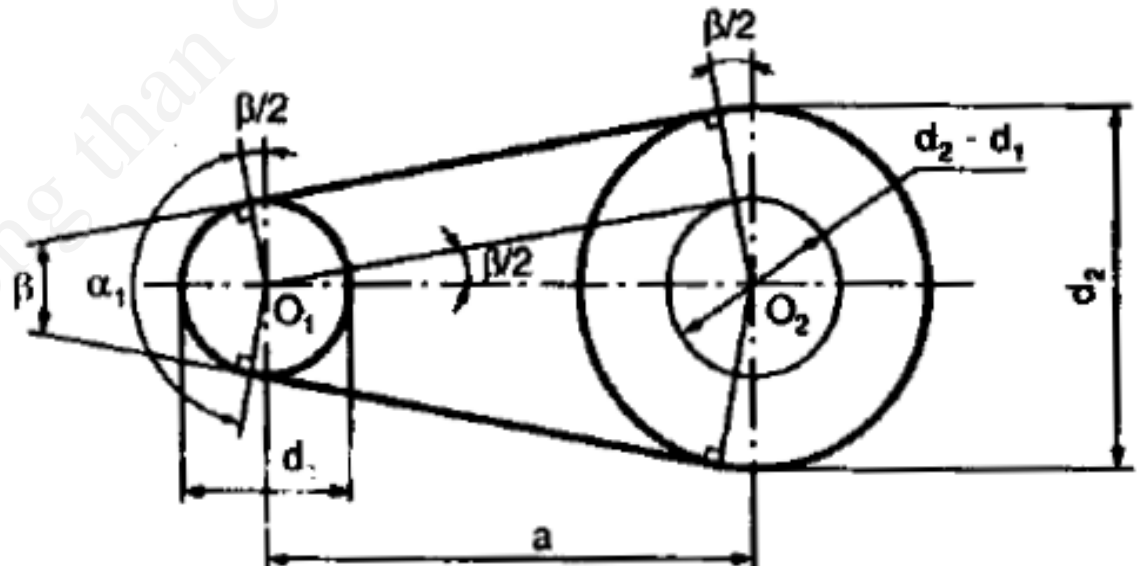
Đường kính d_1 có thể xác định theo công thức thực nghiệm Xaverin:

$$d_1 = (1100 \div 1300) \sqrt[3]{\frac{P_1}{n_1}} \quad d_1 = (5,2 \div 6,4) \sqrt[3]{T_1}$$

d_1 (mm), P_1 (KW), n_1 (vòng/phút),
 T_1 (N.mm)

Đường kính bánh đai lớn d_2 được tính theo công thức $d_2 = d_1 \cdot u(1 - \xi)$

$u = \frac{n_1}{n_2}$: tỉ số truyền; $\xi = (0.01 \div 0.02)$: hệ số trượt; có thể lấy gần đúng $d_2 = u \cdot d_1$





b. Góc ôm trên các bánh đai (rad, độ):

$$\alpha_1 = \pi - \frac{d_2 - d_1}{a} (\text{rad})$$

$$\alpha_2 = \pi + \frac{d_2 - d_1}{a} (\text{rad})$$

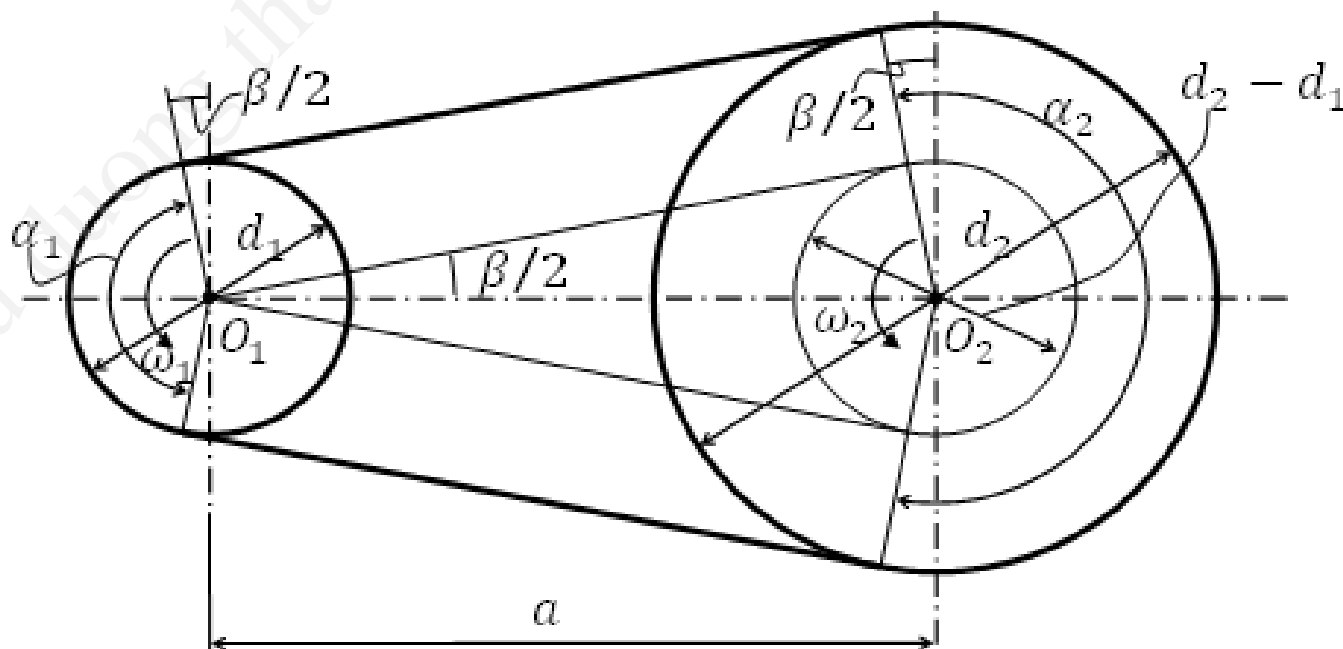
hay

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{(d_2 - d_1)}{a} (\text{độ})$$

$$\alpha_2 = 180^\circ + 57^\circ \frac{(d_2 - d_1)}{a} (\text{độ})$$

➤ **Điều kiện về góc ôm:**

Điều kiện để bộ truyền làm việc $\alpha_1 \geq 150^\circ$ đối với đai dẹt, $\alpha_1 \geq 120^\circ$ đối với đai thang



**c. Chiều dài dây đai L(mm):**

$$L \approx 2a + \frac{\pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

→ Đối với đai dẹt thì chiều dài đai được cộng (100÷400) mm để nối đai.

→ Đối với đai thang thì chiều dài đai được chọn theo tiêu chuẩn. Sau đó tính lại khoảng cách trục a

d. Khoảng cách trục a (mm):

Sau khi có chiều dài L, ta tính lại khoảng cách trục a theo L:

$$a = \frac{1}{4} \left\{ L - \frac{\pi(d_2 + d_1)}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{\pi(d_2 + d_1)}{2} \right]^2 - 2(d_2 - d_1)^2} \right\}$$

Khoảng cách trục a càng lớn thì α_1 càng lớn, tần số thay đổi ứng suất trong đai giảm. Do đó, đối với đai dẹt nên lấy $a \geq 2(d_1 + d_2)$. Đối với đai thang khoảng cách trục tối thiểu $a_{\min} = 0.55(d_1 + d_2) + h$; h là chiều cao đai thang.

Mặt khác để hạn chế kích thước, giảm giá thành và ngăn ngừa dao động ngang của dây đai, đối với đai thang cần hạn chế $a \leq a_{\max} = 2(d_1 + d_2)$



2. Cơ sở tính toán thiết kế bộ truyền đai

a. Lực tác dụng lên đai:

- Để bộ truyền đai làm việc thì cần lực căng ban đầu: F_0

- Khi bộ truyền làm việc, truyền mô men xoắn T_1 :

→ Lực căng trên nhánh đai dẫn: $F_1 = F_0 + \Delta F$ $\Rightarrow F_1 + F_2 = 2F_0$ (*)

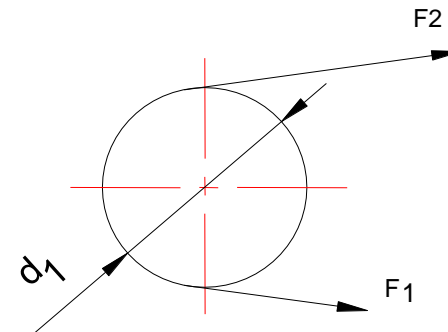
→ Lực căng trên nhánh đai bị dẫn: $F_2 = F_0 - \Delta F$

- Xét điều kiện cân bằng bánh đai dẫn:

$$\sum m_{O_1}(\vec{F}) = T_1 - F_1 \frac{d_1}{2} + F_2 \frac{d_1}{2} = 0 \Rightarrow F_1 - F_2 = F_t \quad (**)$$

- Từ (*) và (**)

$$\Rightarrow \begin{cases} F_1 = F_0 + \frac{F_t}{2} \\ F_2 = F_0 - \frac{F_t}{2} \end{cases}$$





- Xác định mối quan hệ giữa F_1 , F_2 , α và f

+ Xét điều kiện cân bằng một phân tố đai:

$$dR - F \sin(d\varphi/2) - (F + dF) \sin(d\varphi/2) = 0$$

$$rF + rf dR - r(F + dF) = 0$$

$$\int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F} = \int_0^\alpha f d\varphi \quad \ln \frac{F_1}{F_2} = f\alpha$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\alpha}$$

>> Nhận xét:

$$\begin{cases} F_1 = F_t \frac{e^{f\alpha}}{(e^{f\alpha} - 1)} \\ F_2 = F_t \frac{1}{(e^{f\alpha} - 1)} \\ F_0 = \frac{F_t (e^{f\alpha} + 1)}{2(e^{f\alpha} - 1)} \end{cases}$$

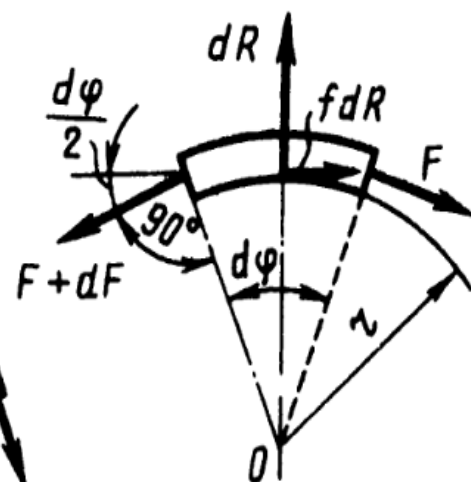
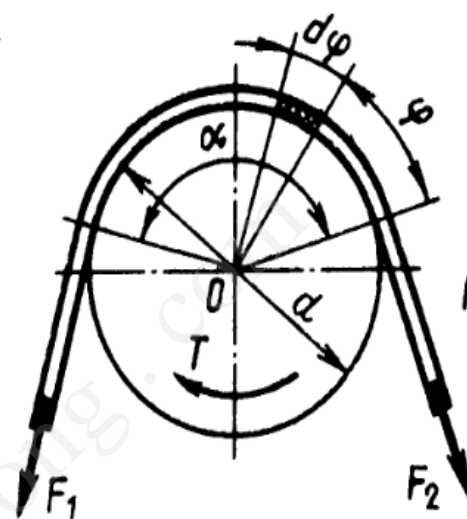
$F_t = 2T_1 / d_1$ lực vòng hay lực có ích

$$F_t = 2F_0 (e^{f\alpha} - 1) / (e^{f\alpha} + 1)$$

Như vậy, nếu tăng góc ôm α và hệ số ma sát f lên thì sẽ tăng khả năng tải của bộ truyền, bằng biện pháp:

+ Tăng α : dùng bánh căng đai

+ Tăng f : dùng đai thang



$$dR = F d\varphi$$

$$f dR = dF$$

$$dF/F = f d\varphi$$



b. Ứng suất trong đai

➤ Trong đó:

$$A = b \cdot \delta \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

- Ứng suất kéo: do các lực F_0, F_1, F_2, F_v
- Ứng suất uốn: khi đai bị uốn qua các bánh đai

- Ứng suất do lực căng ban đầu: $\sigma_0 = \frac{F_0}{A} \text{ (MPa)}$

- Ứng suất do lực căng trên nhánh dẫn:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{(2A)} \text{ (MPa)}$$

- Ứng suất do lực căng trên nhánh bị dẫn:

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{A} = \frac{F_0}{A} - \frac{F_t}{(2A)} \text{ (MPa)}$$

- Ứng suất do lực căng phụ:

$$\sigma_v = \frac{F_v}{A} = \rho v^2 10^{-6} \text{ (MPa)}$$

➔ Biểu đồ ứng suất trong đai:

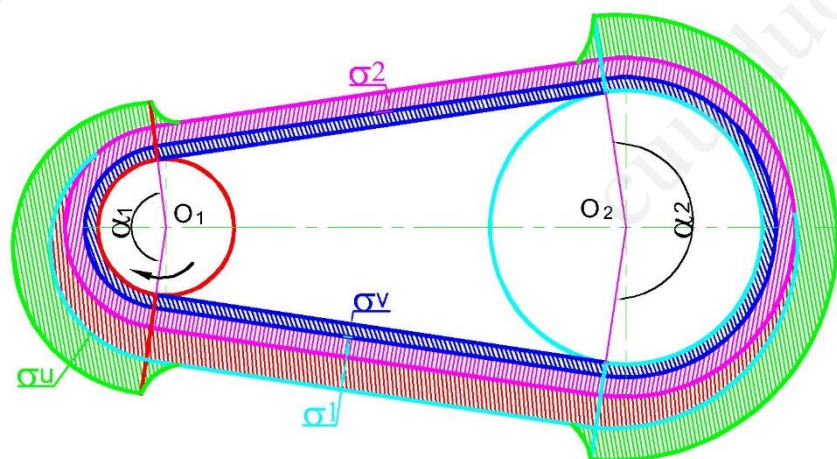
- Ứng suất uốn: $\sigma_{u1} = E \frac{\delta}{d_1} \text{ (MPa)}; \sigma_{u2} = E \frac{\delta}{d_2} \text{ (MPa)}$

>> Nhận xét:

+ Khi bộ truyền làm việc, ứng suất trong đai thay đổi → đai hỏng do mỏi.

+ Ứng suất lớn nhất trong đai (**Bỏ qua ứng suất do lực ly tâm**).

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{u1} = \sigma_0 + \frac{\sigma_t}{2} + E \frac{\delta}{d_1} \text{ (MPa)}$$





c. Sự trượt

* Trượt đàn hồi:

+ Xảy ra giữa đai và bánh đai khi truyền tải trọng do biến dạng đàn hồi khác nhau trên các nhánh đai gây nên.

→ Khi đai vòng qua bánh đai dẫn độ giãn dài đai giảm

→ Khi đai vòng qua bánh đai bị dẫn thì độ giãn dài đai tăng

Khi bộ truyền làm việc, phần cung ôm xuất hiện lực ma sát làm lực căng trên 2 nhánh đai chênh lệch. Điều đó dẫn đến sự thay đổi biến dạng của dây đai trên các cung ôm. Gây ra hiện tượng trượt. Hiện tượng trượt này do tính đàn hồi của vật liệu làm đai nên gọi là trượt đàn hồi. Cung xảy ra hiện tượng trượt gọi là cung trượt. Cung trượt nằm ở phía đoạn đai ra khỏi bánh đai và độ lớn xác định bởi điều kiện hợp lực ma sát trên cung trượt cân bằng với lực vòng. Cung trượt nằm về phía dây đai thoát ra khỏi bánh đai.

* Trượt trơn:

➡ Trượt trơn từng phần

➡ Trượt trơn toàn phần

Khi lực vòng F_t tăng sao cho $F_t < F_{ms}$ thì độ lớn của cung trượt cũng tăng, lực vòng tăng đến khi $F_t \approx F_{ms}$ thì cung trượt đạt đến giá trị giới hạn của trượt đàn hồi. Nếu tiếp tục tăng $F_t > F_{ms}$ sẽ xảy ra hiện tượng trượt trơn, dây đai sẽ trật ra khỏi bánh đai.



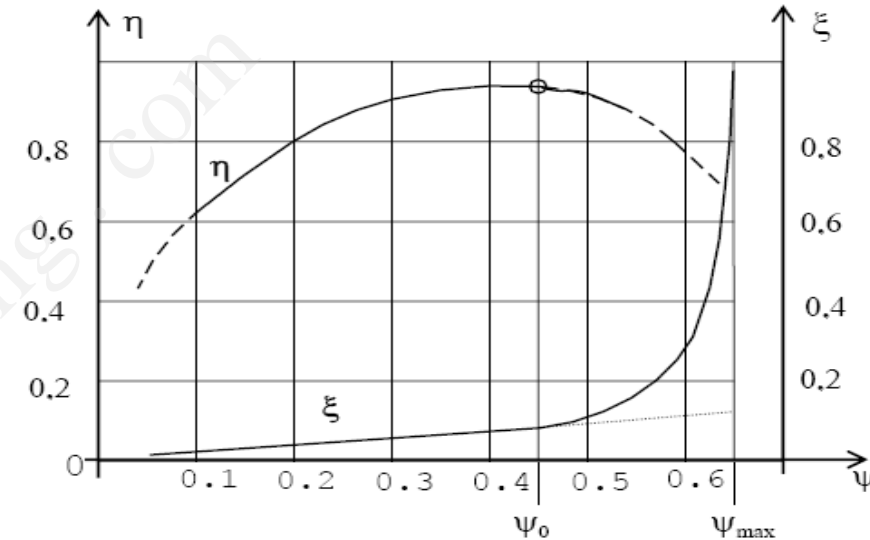
d. Đường cong trượt và đường cong hiệu suất

Đường cong trượt và đường cong hiệu suất

$$F_0 = \frac{F_t (e^{f\alpha} + 1)}{2 (e^{f\alpha} - 1)} \quad F_t = 2F_0 \frac{(e^{f\alpha} - 1)}{(e^{f\alpha} + 1)} = 2\psi F_0$$

$$\psi = \frac{\sigma_t}{2\sigma_0}$$

→ $\psi = \frac{(e^{f\alpha} - 1)}{(e^{f\alpha} + 1)}$ gọi là hệ số kéo



>> Nhận xét:

+ Khi $0 \leq \psi \leq \psi_0 \rightarrow$ đường cong trượt gần như đường thẳng, bộ truyền chỉ xảy ra trượt đàn hồi. Hiệu suất truyền động đạt cực đại khi $\psi = \psi_0$

Khi $\varphi = \varphi_0$ thì $\eta = \eta_{\max}$ và đó là giới hạn của hiện tượng trượt đàn hồi. Giá trị φ_0 gọi là hệ số kéo tới hạn

+ Khi $\psi_0 \leq \psi \leq \psi_{\max} \rightarrow$ đường cong trượt tăng nhanh, đường cong hiệu suất giảm vì bắt đầu xảy ra trượt trơn từng phần.

+ Khi $\psi \geq \psi_{\max} \rightarrow$ xảy ra trượt trơn toàn phần.

Kết quả nghiên cứu cho thấy truyền động đai làm việc tốt nhất khi $\varphi = \varphi_0$



e. Vận tốc và tỉ số truyền

* Vận tốc:

+ Bánh đai dẫn:

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60000} \text{ (m/s)}$$

+ Bánh đai bị dẫn:

$$v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60000} \text{ (m/s)}$$

hệ số trượt
(0,01 ÷ 0,02)

$$\xi = \frac{v_t}{v_1} = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$$

* Tỉ số truyền:

+ Tỉ số truyền:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{(1 - \xi)d_1}$$

+ Điều kiện hệ số ma sát
không bị trượt tron:

+ Bỏ qua hiện tượng trượt:

$$u = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{d_2}{d_1}$$

ψ : hệ số kéo

$$\Rightarrow 2F_o(e^{f\alpha_1} - 1) \geq F_t(e^{f\alpha_1} + 1)$$

$$\Rightarrow f \geq \frac{1}{\alpha_1} \ln \frac{2F_o + F_t}{2F_o - F_t} = \frac{1}{\alpha_1} \ln \frac{1 + \psi}{1 - \psi}$$