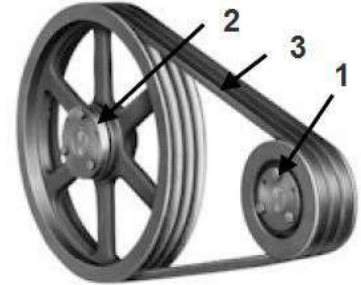
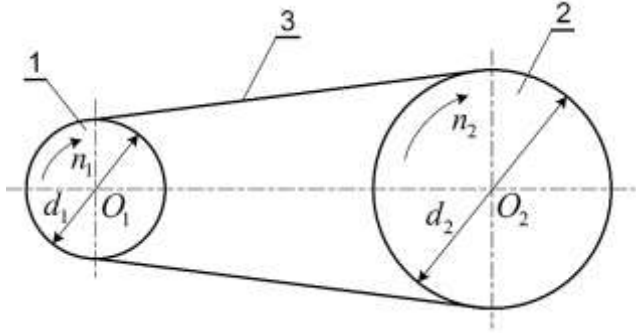


Chương 3. BỘ TRUYỀN ĐỘNG ĐAI

1. Khái niệm chung

1.1. Khái niệm bộ truyền động đai

Truyền động đai là truyền động ma sát gián tiếp, truyền chuyển động và cơ năng (tải trọng) nhờ ma sát giữa đai với các bánh đai giữa 2 trục khá xa nhau.



Hình 3.1 Bộ truyền đai

Bộ truyền đai thường có hai bánh đai (như hình 3.1) gồm: bánh dẫn 1, bánh bị dẫn 2 và một đai 3 mắc căng trên hai bánh đai nhờ bộ phận căng đai. Nhờ có ma sát giữa đai và bánh đai, bánh dẫn quay sẽ truyền chuyển động và cơ năng sang bánh bị dẫn.

1.2. Phân loại bộ truyền động đai

* **Phân loại theo vật liệu chế tạo dây đai:** Đai vải cao su, đai vải, đai da, đai len.

* **Phân loại theo hình dáng mặt cắt dây đai:** Đai dẹt, đai hình thang, đai hình lược, đai tròn, đai răng.

+ Đai dẹt có tiết diện là hình chữ nhật (hình 3.2a).

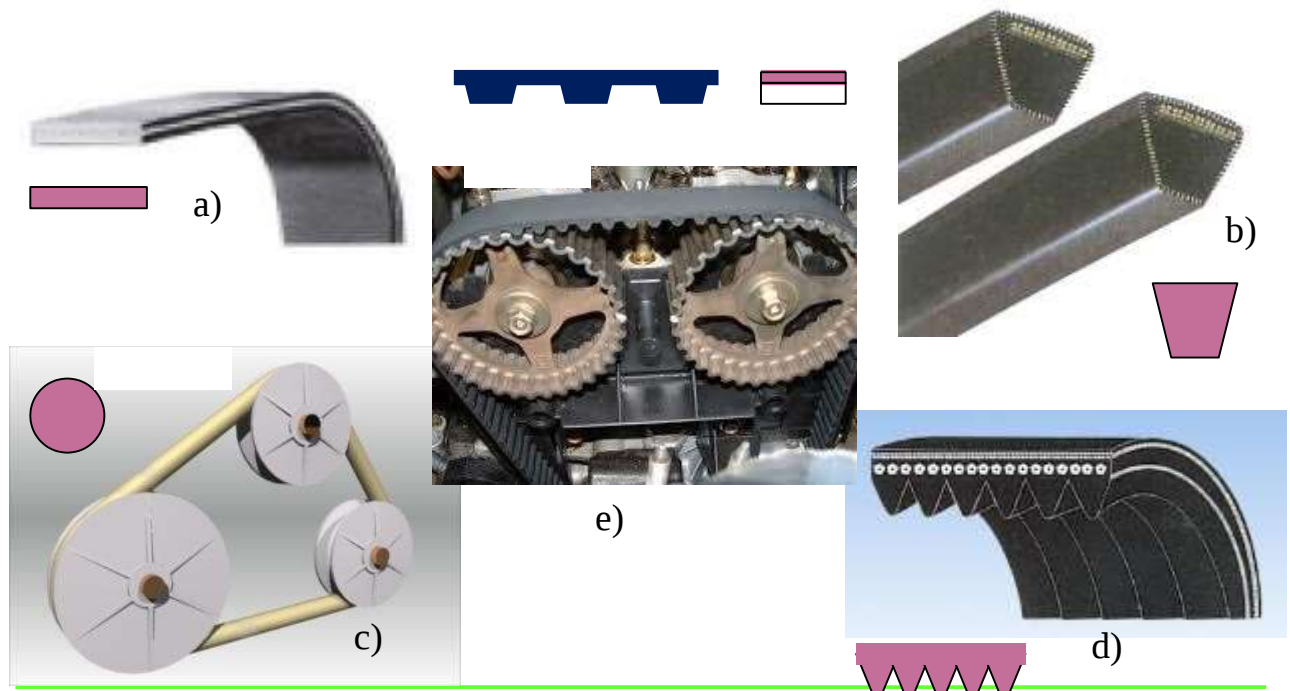
+ Đai thang có tiết diện là hình thang cân, góc ở đỉnh $\gamma = 40^\circ$ (hình 3.2b).

+ Đai tròn có tiết diện là hình tròn (hình 3.2c).

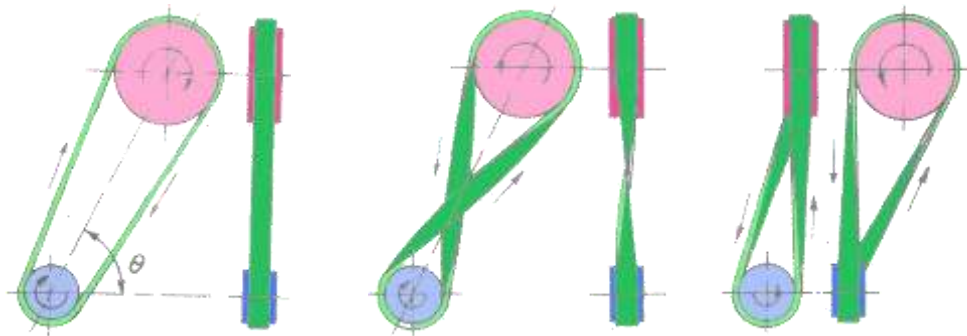
+ Đai lược có nhiều chân phân bố dọc theo chiều rộng, ở mặt trong của đai (hình 3.2d).

+ Đai răng có nhiều răng phân bố theo chiều dài, ở mặt trong của đai (hình 3.2e).

Trong đó, đai dẹt và đai thang được dùng phổ biến hơn cả, đai tròn chỉ được dùng khi công suất nhỏ, đai lược và đai răng dùng khi công suất lớn hoặc cần phải đảm bảo làm việc với tỉ số truyền ổn định, khuôn khô kích thước nhỏ gọn.



Hình 3.2 Các loại đai



Hình 3.3 Các kiểu truyền động theo vị trí

* **Phân loại theo vị trí trục:** Truyền động hai trục song song quay cùng chiều (hình 3.3a) Truyền động chéo hai trục song song quay ngược chiều (hình 3.3b). Truyền động nửa chéo truyền chuyển động giữa hai trục chéo nhau (góc giữa hai trục thường là 90° , hình 3.3c).

* **Phân loại theo nguyên lý làm việc:** theo nguyên lý ma sát, theo nguyên lý ăn khớp.

1.3. Ưu và nhược điểm của bộ truyền động đai

a. Ưu điểm

- Có khả năng truyền chuyển động và cơ năng giữa các trục ở khá xa nhau ($> 15m$).
- Làm việc êm, không ồn do vật liệu đai có tính đàn hồi.
- An toàn cho các tiết máy khác khi bị quá tải, vì đai sẽ trượt trên toàn phần trên bánh.
- Kết cấu và vận hành đơn giản, giá thành rẻ.

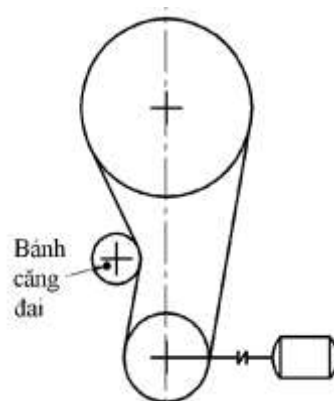
b. Nhược điểm

- Khuôn khổ kích thước khá lớn (khi cùng một điều kiện làm việc, thường riêng đường kính bánh đai đã lớn hơn đường kính bánh răng khoảng 5 lần).
- Tỷ số truyền không ổn định vì có trượt đàn hồi trên bánh.
- Lực tác dụng trên trục và ổ lớn do phải căng đai (lực tác dụng trên trục và ổ tăng thêm $2 \div 3$ lần so với trong truyền động bánh răng).
- Tuổi thọ thấp khi làm việc với vận tốc cao.
- Khi dùng bánh căng đai làm tăng số chu kỳ bị uốn của đai, sẽ làm giảm tuổi thọ của đai.

Ngày nay đai thang sử dụng phổ biến nhất do có hệ số ma sát qui đổi lớn

c. Phạm vi sử dụng

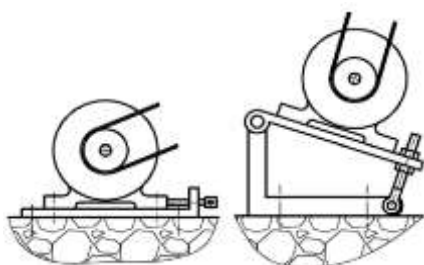
- Bộ truyền đai có thể truyền công suất đến 1500 kW, nhưng thường được với $P \leq (40 \div 50) \text{ kW}$, $v = 5 \div 30 \text{ m/s}$.
- Đối với truyền động đai dẹt: tỉ số truyền $u \leq 5$, truyền động đai hình thang: $u \leq 10$.
- Khoảng cách lớn nhất giữa hai trục có thể tới 15 m và 40 m (trong trường hợp đặc biệt).
- Bộ truyền đai thường được bố trí ở cấp độ nhanh, bánh dẫn lắp vào trục động cơ.



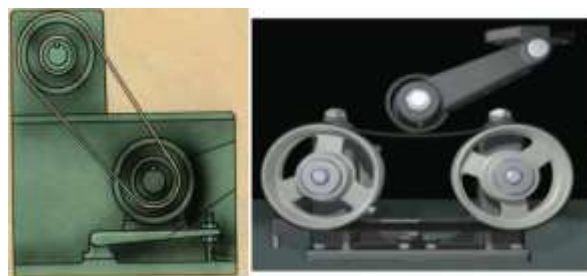
Hình 3.4 Điều chỉnh sức căng dùng bánh căng đai

1.4. Phương pháp căng đai

Trong quá trình làm việc đai sẽ dần dần dãn ra, sức căng giảm xuống. Do đó ta cần phải điều chỉnh sức căng của đai.



Hình 3.5 Điều chỉnh bằng vít căng đai



Hình 3.6 Điều chỉnh nhờ trọng lượng động cơ

2. Vật liệu và kết cấu đai

2.1. Vật liệu làm đai Thỏa mãn độ bền mỏi, lâu mòn, hệ số ma sát lớn, tính đàn hồi cao.

a. Đai dẹt: Bao gồm các loại đai sau: đai da, đai vải cao su, đai sợi len, đai sợi bông, đai làm bằng vật liệu tổng hợp.

b. Đai thang: Đai thang gồm có đai sợi xếp và đai sợi bện

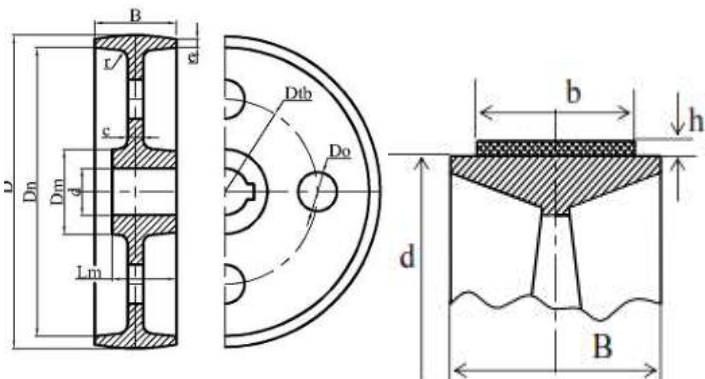


Hình 3.7 Đai dẹt



Hình 3.8 Đai thang

2.2. Kết cấu bộ truyền động đai dẹt



Hình 3.9 Kết cấu bánh đai dẹt

Đai dẹt, hay còn gọi là đai phẳng. tiết diện đai là hình chữ nhật hẹp, bánh đai hình trụ tròn, đường sinh thẳng hoặc hình tang tròn, bề mặt làm việc là mặt rộng của đai.

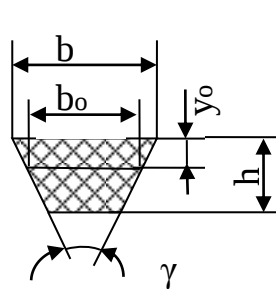
Số lớp vải	Chiều dày đai h, mm		Đường kính nhỏ nhất của bánh đai, mm	
	Không có lớp lót	Có lớp lót	Trị số nên dùng	Trị số cho phép
2	2,5	3	100	80
3	3,75	4,5	160	125
4	5	6	224	180
5	6,25	7,5	280	250

Trị số tiêu chuẩn của chiều rộng đai b: 20, 25, (30), 32, 40, 50, (60), 63, (70), 71, (75), 80, (86), 90, 100, 112, (115), (120), 125, 140, (150), (160), (175), 180, 200, 224, (225), 250. Không nên chọn các giá trị trong ngoặc.

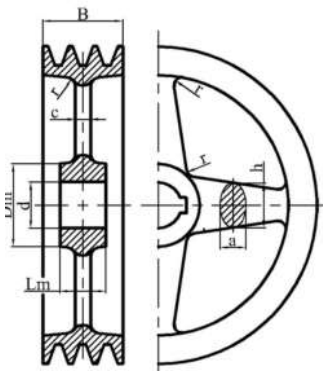
Bề dày vành bánh đai $\delta = 0,005D + 3\text{mm}$; Chiều rộng bánh đai $B = 1,1b + (10 \div 15)\text{mm}$, nên chọn theo tiêu chuẩn trong dãy số: 40, 50, 63, 71, 80, 100, 125, 140, 160, 200, 224, 250, 315, 355, 400, 450.

2.3. Kết cấu đai thang

b: Bề rộng lớn nhất của đai; b_0 : Bề rộng của đai tại mặt phẳng trung hòa; y_0 : Khoảng cách từ mặt phẳng trung hoà đến mặt trên của đai; h: Chiều cao của đai; $\gamma = 40^\circ$: Góc ở đỉnh; L: Chiều dài đai, được tính là chiều dài lớp trung hoà.



Hình 3.10 Đai thang

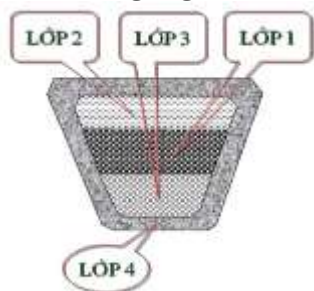


Hình 3.11 Kết cấu bánh đai thang

+ Đai thang có tiết diện hình thang, bánh đai có rãnh hình thang, thường dùng nhiều dây đai trong một bộ truyền.

+ Đai thang được chế tạo thành vòng kín, có chiều dài L và tiết diện đai A được tiêu chuẩn hóa. TCVN 2332-78 quy định 6 loại đai thang thường Z, O, A, B, C, D. TCVN 3210-79 quy định 3 loại đai thang hẹp SPZ, SPA, SPB.

Mặt cắt ngang đai hình thang loại A như hình sau:



Hình 3.12 Mặt cắt ngang đai hình thang loại A

Lớp 1: là lớp chịu lực cơ bản gồm các lớp sợi và cao su. Lớp 2: là lớp chịu kéo gồm có các lớp vải tấm. Lớp 3: là lớp chịu nén bằng cao su. Lớp 4: là lớp định hình bao quanh mặt cắt dày đai bằng vải tấm cao su.

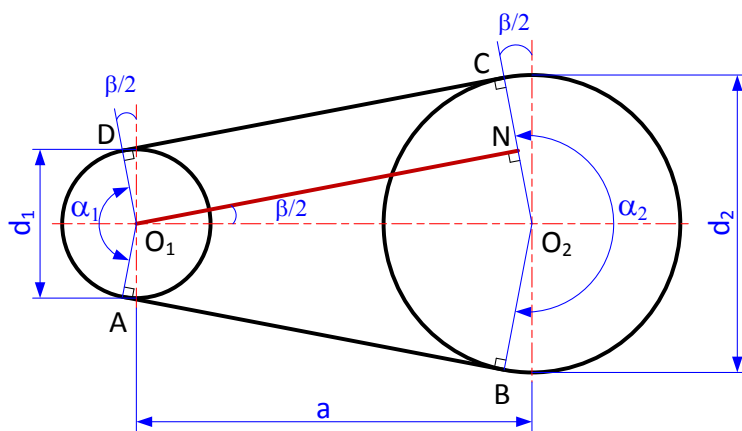
+ Chiều dài L đai theo dãy số tiêu chuẩn sau (mm): 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 4000, 5000, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000, 16000, 18000...

+ Đai thang tăng khả năng tải nhờ tăng hệ số ma sát f

Bảng 3.1 Kích thước mặt cắt đai, chiều dài đai, đường kính bánh đai các loại đai thang

Dạng đai	Ký hiệu	b_0 , mm	b , mm	h , mm	y_0 , mm	A , mm ²	Chiều dài đai, mm	T_1 , Nm	d_1 , mm
Đai thang	Z	8,5	10	6	2,1	47	400 ÷ 2500	< 25	70 ÷ 140
	A	11	13	8	2,8	81	560 ÷ 4000	11 ÷ 70	100 ÷ 200
	B	14	17	10,5	4,0	138	800 ÷ 6300	40 ÷ 190	140 ÷ 280
	C	19	22	13,5	4,8	230	1800 ÷ 10600	110 ÷ 550	250 ÷ 400
	D	27	32	19	6,9	476	3150 ÷ 15000	450 ÷ 2000	320 ÷ 630
	E	32	38	23,5	8,3	692	4500 ÷ 18000	1100 ÷ 4500	500 ÷ 1000
Đai thang hẹp	SPZ	8,5	10	8	2	56	630 ÷ 3500	< 500	< 150
	SPA	11	13	10	2,8	93	800 ÷ 4500	90 ÷ 400	90 ÷ 400
	SPB	14	17	13	3,5	159	1250 ÷ 8000	300 ÷ 2000	300 ÷ 2000

3. Thông số hình học bộ truyền đai



Hình 3.13 các thông số hình học chính của bộ truyền đai

a : Khoảng cách trục, mm; d_1, d_2 : Đường kính bánh dẫn và bánh bị dẫn, mm; L : Chiều dài hình học của đai, không tính đến độ võng, mm; $\beta/2$: Góc nghiêng của mỗi nhánh đai so với đường tâm bộ truyền; α_1, α_2 : Góc ôm của đai lên bánh dẫn và bánh bị dẫn;

3.1. Đường kính bánh đai

Đường kính bánh đai nhỏ: $d_1 = (1100 \div 1300) \sqrt[3]{P_1/n_1}$ hoặc $d_1 = (5,2 \div 6,4) \sqrt[3]{T_1}$ (mm)

Đường kính bánh đai lớn: $d_2 = d_1 \times u \times (1 - \xi)$

Trong đó: P_1 – công suất trên trục dẫn (kW)

T_1 – mômen xoắn trên trục dẫn (Nm)

u – tỉ số truyền, $u = \frac{n_1}{n_2}$

ξ – hệ số trượt (0,01 ÷ 0,05)

Các đường kính bánh đai d_1 và d_2 nên quy tròn theo tiêu chuẩn, thường chọn d_1 về phía tăng, d_2 về phía giảm.

Chọn d_1 theo tiêu chuẩn: 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 225, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000. (Bảng 5-1 TKCTM, các trị số đường kính tiêu chuẩn bánh đai dẹt).

Bảng 5-14 và 5-15 TKCTM, các trị số đường kính tiêu chuẩn bánh đai thang (mm)

3.2. Góc ôm đai

Góc ôm α_1 nhỏ sẽ ảnh hưởng xấu đến khả năng kéo của đai. Do đó cần thoả mãn điều kiện sau:

+ Đối với đai dẹt: $\alpha_1 \geq 150^\circ$

+ Đối với đai hình thang: $\alpha_1 \geq 120^\circ$ (do có tác dụng chêm của đai với rãnh bánh đai)

Từ hình 3.13 ta có $\alpha_1 = \pi - \beta$ và $\sin \frac{\beta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2a}$, vì $\frac{\beta}{2}$ bé $\Rightarrow \frac{\beta}{2} \approx \sin \frac{\beta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2a} \Rightarrow \beta \approx \frac{d_2 - d_1}{a}$
 $\Rightarrow \alpha_1 = \pi - \frac{d_2 - d_1}{a}$ (rad) hay $\alpha_1 = 180^\circ - 57 \times \frac{d_2 - d_1}{a}$ (độ)

Tương tự ta có $\alpha_2 = \pi + \frac{d_2 - d_1}{a}$ (rad) hay $\alpha_2 = 180^\circ + 57 \times \frac{d_2 - d_1}{a}$ (độ)

3.3. Chiều dài đai và khoảng cách trục

Chiều dài đai L (mm)

Ta có: $L = 2.a.\cos(\beta/2) + 0,5.\pi.(d_2 + d_1) + 0,5.\beta.(d_2 - d_1)$

Thông thường $\beta < 35^\circ$, có thể lấy $\cos(\beta/2) \approx 1 - \beta^2/8 \Rightarrow L \approx 2.a + \frac{\pi.(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4.a}$

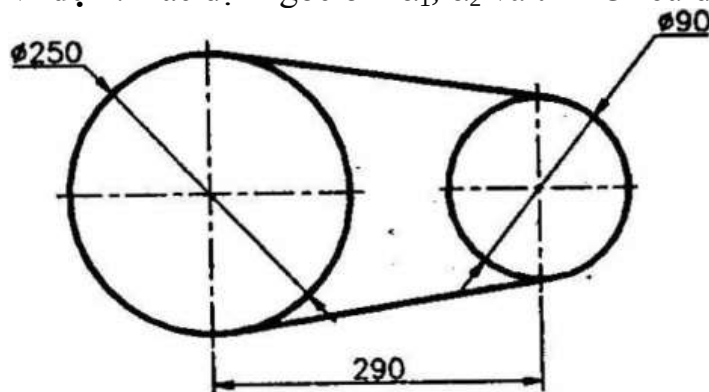
Đối với đai dẹt sau khi tính L cần chọn chiều dài đai tăng theo từ 100 ÷ 400mm để nối đai.

Đối với đai thang L phải chọn theo tiêu chuẩn ($L_{tc} > L_{tính}$). Sau đó tính lại khoảng cách trục a theo chiều dài tiêu chuẩn.

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

Nếu đặt $k = L - \frac{\pi.(d_2 + d_1)}{2}$ và $\Delta = \frac{(d_2 - d_1)^2}{2}$ thì công thức rút gọn là $a = \frac{k + \sqrt{k^2 - 8\Delta}}{4}$

Ví dụ 1: Xác định góc ôm α_1 , α_2 và tính chiều dài cần thiết L của đai (hình 3.14).



Hình 3.14

Bài giải:

1) Góc ôm đai bánh đai nhỏ: $\alpha_1 = 180^\circ - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} = 180^\circ - 57 \cdot \frac{(250 - 90)}{290} = 148,55^\circ$ hoặc $\alpha_1 = 2,59$ rad, suy ra $\alpha_2 = 3,693$ rad.

2) Chiều dài tính toán của đai:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} = 2 \cdot 290 + \frac{\pi \cdot (250 + 90)}{2} + \frac{(250 - 90)^2}{4 \cdot 290} = 1136,1 \text{ mm}$$

4. Động học bộ truyền đai

4.1. Vận tốc của bộ truyền động đai

Vì có hiện tượng trượt nên vận tốc vòng v_2 của bánh bị dẫn chậm hơn vận tốc vòng v_1 của bánh dẫn: $v_2 = (1 - \xi) \cdot v_1$

Trong đó ξ là hệ số trượt, có giá trị từ $0,01 \div 0,05$

+ đai vải cao su hoặc vải $\approx 0,01$

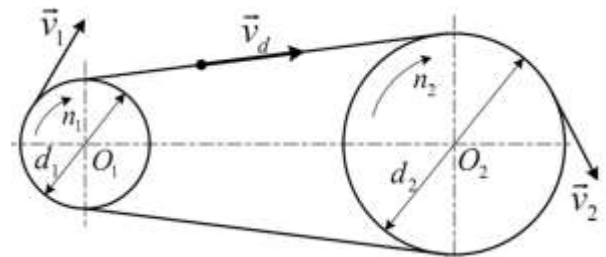
+ đai da $\approx 0,015$

Vận tốc vòng được xác định theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \\ v_2 &= \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{60 \cdot 1000} \end{aligned} \right\}$$

Vận tốc đơn vị là m/s, d_1, d_2 tính bằng mm; n_1, n_2 tính bằng vòng/phút

Vận tốc tốt nhất nằm trong khoảng $20 \div 25$ m/s. Vận tốc > 30 m/s xảy ra hiện tượng dao động xoắn, tăng lực ly tâm, nóng dây đai, giảm tuổi thọ và hiệu suất bộ truyền. Vận tốc < 5 m/s không nên dùng bộ truyền đai.



Hình 3.15 Vận tốc vòng trong bộ truyền đai

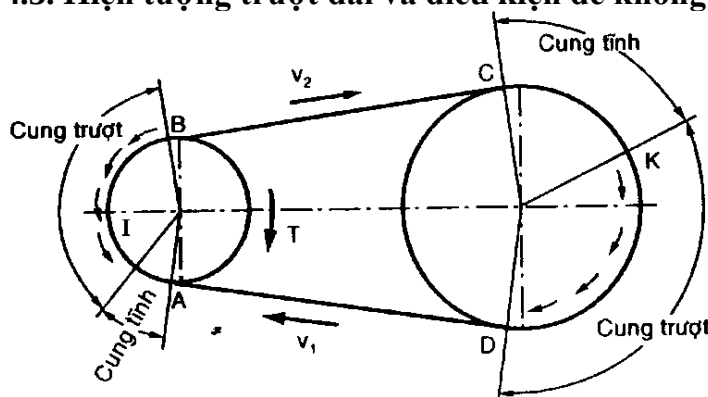
4.2. Tỷ số truyền bộ truyền động đai

Trong thực tế đai bị trượt do đó ta có

$$\begin{aligned} v_1 &> v_d \rightarrow v_1 > v_2 \rightarrow v_2 = (1 - \xi) v_1 \rightarrow d_2 n_2 = (1 - \xi) d_1 n_1 \rightarrow u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1 (1 - \xi)} \\ v_d &> v_2 \end{aligned}$$

$$\text{Nếu đai không bị trượt (lý tưởng): } \begin{aligned} v_1 &= v_d \rightarrow v_1 = v_2 \rightarrow d_2 n_2 = d_1 n_1 \rightarrow u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \\ v_d &= v_2 \end{aligned}$$

4.3. Hiện tượng trượt đai và điều kiện để không xảy ra trượt đai



Hình 3.16 Cung trượt giữa đai và bánh đai

Trượt hình học: xảy ra khi đai chưa làm việc và với tác dụng của lực căng ban đầu F_0 giữa đai và bánh đai sinh ra lực ma sát, đai bị giãn dài và trượt trên bánh đai.

Trượt đàn hồi: khi bộ truyền làm việc, do lực $F_1 > F_2$ nên độ biến dạng đai khi vào đai lớn hơn độ biến dạng đai khi ra đai $l_1 > l_2$. Do đó, khi vào tiếp xúc với bánh dẫn, đai sẽ bị co lại gây nên hiện tượng trượt đàn hồi và chuyển động chậm hơn bánh dẫn. Trên bánh bị dẫn thì ngược lại. Sự trượt đàn hồi không xảy ra trên toàn bộ cung ôm α_1 và α_2 , chỉ xảy ra trên một phần của các cung α_{1t} và α_{2t} .

Trượt trơn: xảy ra khi moment truyền lớn hơn moment ma sát (lực vòng lớn hơn lực ma sát). Vậy trượt trơn là hiện tượng xảy ra khi bộ truyền bị quá tải, bánh bị dẫn dừng lại và hiệu suất của bộ truyền bằng không.

$$\text{Hệ số kéo: } \psi = \frac{F_t}{2F_0} = \frac{\sigma_t}{2\sigma_0} = \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha} + 1}$$

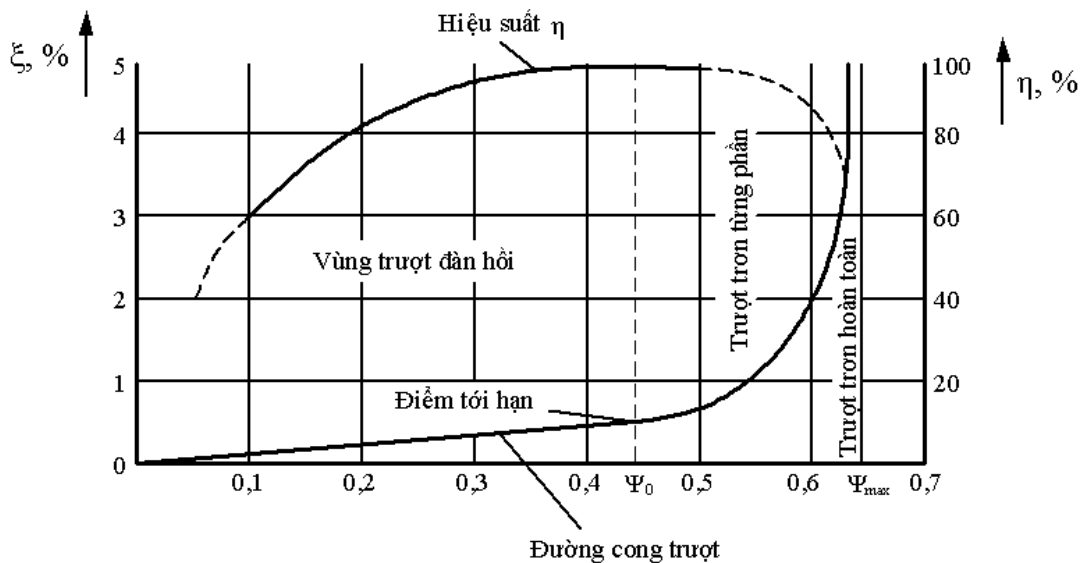
$$\text{Hệ số trượt } \xi = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$$

Hiệu suất bộ truyền động đai

Để nghiên cứu ảnh hưởng của sự trượt trong bộ truyền đai đến hiệu suất truyền động và mất vận tốc của bánh đai bị dẫn. Trong hệ tọa độ vuông góc $O\psi\xi$ tiến hành các thí nghiệm xây dựng đường cong biểu diễn quan hệ giữa hệ số trượt ξ với hệ số kéo ψ gọi là đường cong trượt, giữa hiệu suất η với hệ số kéo ψ gọi là đường cong hiệu suất, được lập theo kết quả thí nghiệm các loại đai và vật liệu đai.

Quan sát đồ thị (hình 3.17), ta có nhận xét:

- Khi $0 \leq \psi \leq \psi_0$ (ψ_0 : hệ số kéo tới hạn), bộ truyền chỉ có trượt đàn hồi. Nếu tăng dần tải trọng có ích F_t thì hệ số ξ tăng, đồng thời hiệu suất η cũng tăng.
- Khi $\psi_0 \leq \psi \leq \psi_{\max}$ hệ số trượt tăng nhanh, lúc này trong bộ truyền đai có trượt trơn từng phần, hiệu suất của bộ truyền giảm nhanh.
- Khi $\psi \geq \psi_{\max}$ bộ truyền trượt trơn hoàn toàn, hiệu suất bằng 0, hệ số trượt bằng 1.



Hình 3.17 Đồ thị đường cong trượt

- Tại giá trị $\psi = \psi_0$ bộ truyền có hiệu suất cao nhất $\eta = \eta_{\max}$, mà vẫn chưa có hiện tượng trượt trơn từng phần.

Lúc này bộ truyền đã sử dụng hết khả năng kéo. Đây là trạng thái làm việc tốt nhất của bộ truyền. Giá trị ψ_0 được gọi là hệ số kéo tới hạn của bộ truyền.

Tỉ số: $\psi/\psi_{\max} = 1,15 \div 1,5$: hệ số chỉ khả năng chịu quá tải tức thời của bộ truyền.

Kết quả nghiên cứu cho thấy truyền động đai làm việc tốt nhất khi $\psi = \psi_0$, tại đây $\eta = \eta_{\max}$. Đối với đai dẹt $\eta = 0,97 \div 0,98$, đối với đai hình thang $\eta = 0,92 \div 0,97$.

Chú ý: Khi $\psi < \psi_0$: bộ truyền làm việc non tải, khả năng không được dùng hết. Khi $\psi > \psi_0$: bộ truyền làm việc với tải trọng quá lớn, đai sẽ bị mòn nhanh, hiệu suất giảm và tăng mất mát vận tốc.

► Qua các số liệu thí nghiệm, có thể lấy ψ_0 như sau:

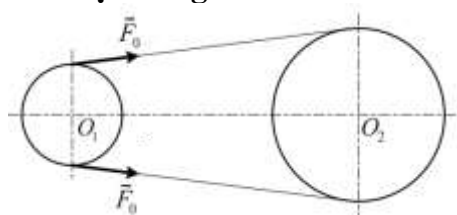
- ♦ $\psi_0 = 0,4 \div 0,5$: đối với đai dẹt bằng vật liệu tổng hợp.
- ♦ $\psi_0 = 0,6$: đối với đai dẹt vải cao su.
- ♦ $\psi_0 = 0,6 \div 0,7$: đối với đai hình thang.

4.4. Các dạng hỏng của bộ truyền đai

- Đứt đai do mỏi
- Nóng do ma sát
- Hiện tượng trượt trơn

5. Lực tác động lên trục bộ truyền động đai

5.1. Lực vòng



Hình 3.18 Lực căng ban đầu khi bộ truyền chưa làm việc

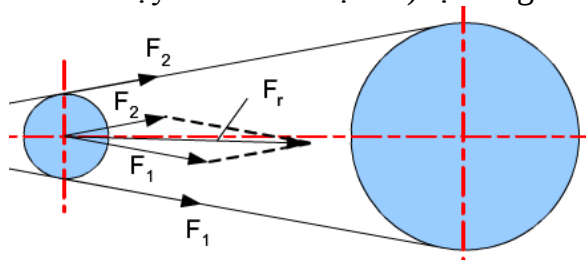
Khi bộ truyền chưa làm việc, để tạo nên lực ma sát giữa đai và bánh đai, cần phải căng đai với lực căng ban đầu F_0 .

Khi căng đai xuất hiện lực căng ban đầu $F_0 = \sigma_0 \times A$ (A – diện tích mặt cắt ngang của dây đai)

Đai dẹt: $\sigma_0 \leq 1,8 \text{ MPa}$

Đai thang: $\sigma_0 \leq 1,5 \text{ MPa}$

Khi bộ truyền làm việc, bánh dẫn chịu tác dụng của mômen xoắn T_1 . Trên nhánh dẫn (là nhánh truyền chuyển động cho bánh bị dẫn) lực sẽ tăng lên là F_1 , trên nhánh bị dẫn (là nhánh chạy theo bánh bị dẫn) lực sẽ giảm xuống còn F_2 . (Hình 3.19)



Hình 3.19 Lực tác dụng lên trục F_r

$$\text{Ta có lực vòng } F_t = F_1 - F_2 = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{1000 \cdot P}{v}$$

Trong đó:

F_t : lực vòng có ích (N)

P : công suất (kW)

v : vận tốc vòng của bánh đai (m/s)

T_1 : moment xoắn trên trục; $T_1 = \frac{d_1}{2} \cdot (F_1 - F_2)$

Để tìm quan hệ giữa lực F_0 với F_1 , F_2 ta bỏ qua lực ly tâm và giả thuyết vật liệu đai tuân theo định luật Húc (Hook), khi đai chịu tải trọng ngoài lượng dẫn trên nhánh dẫn bằng lượng co trên nhánh bị dẫn nghĩa là:

$$F_1 + F_2 = 2F_0 \Rightarrow F_1 = F_0 + 0,5F_t \text{ và } F_2 = F_0 - 0,5F_t$$

Lực tác dụng lên trục bánh đai (lực hướng tâm F_r) như hình 3.19 được tính như sau:

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 2 \cdot F_0 \cdot \cos \beta \approx 2 \cdot F_0 \cdot \sin(\alpha_1/2)$$

hoặc $F_r = 2 \cdot F_0 \cdot \sin(\alpha_1/2)$; với α_1 : góc ôm trên bánh đai nhỏ.

Công thức Euler khi tính đến lực quán tính ly tâm $e^{f\alpha_1} = \frac{F_1 - F_v}{F_2 - F_v}$

F_v là lực căng phụ do lực quán tính ly tâm, có giá trị là $F_v = q_m \times v^2$

Nếu bỏ qua lực căng phụ ($F_v = 0$) thì $F_1 = F_2$. $e^{f\alpha}$ với f là hệ số ma sát, α là góc ôm

Đối với đai thang ta thay $f' = \frac{f}{\sin \frac{\gamma}{2}} \approx 3f$ ($\gamma = 36^\circ \div 40^\circ$ là góc đỉnh của đai thang)

Từ trên $\Rightarrow$ lực vòng có ích tính theo công thức

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

Lực trên nhánh dẫn (nhánh căng)

$$F_1 = F_t \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} + F_v$$

Lực trên nhánh bị dẫn (nhánh chùng)

$$F_2 = F_t \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} + F_v$$

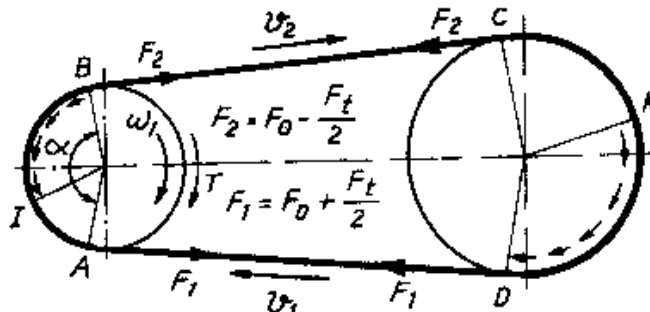
Điều kiện lực căng ban đầu để không xảy ra trượt trơn là

$$F_0 \geq \frac{F_t}{2} \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} + F_v$$

Khi tính các lực có thể bỏ qua lực căng phụ F_v .

5.2. Moment xoắn trên bánh dẫn

$$T_1 = F_t \cdot \frac{d_1}{2} \text{ hoặc } T_1 = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d_1}{2}$$



1.

Hình 3.20 Moment xoắn trên trục

6. Bài tập áp dụng

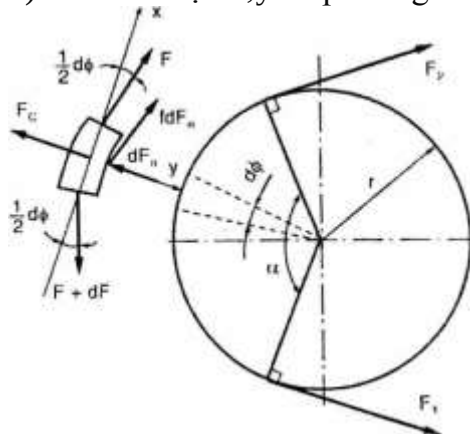
Ví dụ 2 Chứng minh công thức $\frac{F_1 - F_v}{F_2 - F_v} = e^{f\alpha}$ hoặc $\frac{F_1 - q_m \cdot v^2}{F_2 - q_m \cdot v^2} = e^{f\alpha}$ đối với đai dẹt.

Bài giải:

1) Khảo sát phần tử đai như hình 3.21, các lực tác dụng lên phần tử đai bao gồm:

- Lực căng đai F và $F + dF$
- Lực ly tâm $F_c = q \cdot r \cdot d\phi \cdot \frac{v^2}{r} = q \cdot v^2 \cdot d\phi$
- Lực pháp tuyến dF_n
- Lực ma sát $f dF_n$

2) Gán các trục x,y có phương chiều như hình 3.21



Hình 3.21

Viết phương trình cân bằng lực đối với trục x và y

$$\sum F_x = 0 \text{ hoặc } (F + dF) \cdot \cos\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) - f \cdot dF_n - F \cdot \cos\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \text{ hoặc } (F + dF) \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) - F \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) - q \cdot v^2 \cdot d\phi - dF_n = 0$$

$$3) \text{ Do góc } \frac{1}{2} \cdot d\phi \text{ nhỏ nên } \cos\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) \approx 1 \text{ và } \sin\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) \approx \frac{1}{2} \cdot d\phi$$

từ các phương trình cân bằng trên suy ra:

$$(F + dF) - f dF_n - F = 0 \text{ hoặc } dF = f dF_n \quad (1)$$

$$(F + dF)\left(\frac{1}{2} \cdot d\phi\right) + F \frac{1}{2} \cdot d\phi - dF_n - m \cdot v^2 \cdot d\phi = 0 \quad (2)$$

$$\text{thay thế } dF_n = \frac{dF}{f} \text{ từ biểu thức (1) vào biểu thức (2) ta có } F \cdot d\phi - \frac{dF}{f} - q \cdot v^2 \cdot d\phi = 0$$

$$\text{Suy ra: } (F - q \cdot v^2) \cdot d\phi = \frac{dF}{f} \rightarrow f \cdot d\phi = \frac{dF}{F - q \cdot v^2}$$

$$\text{Lấy tích phân hai vế } \int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F - q \cdot v^2} = \int_0^\alpha f \cdot d\phi$$

$$\text{cuối cùng thu được } \frac{F_1 - F_2}{F_2 - q \cdot v^2} = e^{f\alpha}$$

Ví dụ 3: Bộ truyền đai dẹt truyền công suất $P_1 = 8 \text{ kW}$, số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 1280 \text{ vg/ph}$, bánh bị dẫn $n_2 = 640 \text{ vg/ph}$, đường kính bánh dẫn $d_1 = 180 \text{ mm}$, khoảng cách trục $a = 1800 \text{ mm}$. Hãy xác định:

a) Góc ôm đai α_1 và chiều dài đai L .

b) Giả sử ta căng đai với lực căng ban đầu $F_0 = 800 \text{ N}$. Xác định hệ số ma sát f tối thiểu giữa đai và bánh đai để không xảy ra hiện tượng trượt trơn,

Bài giải:

$$\text{a) Góc ôm đai: } \alpha_1 = \pi - \frac{d_2 - d_1}{a}$$

$$\text{trong đó: } d_2 = u d_1$$

$$\text{vì: } u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1280}{640} = 2$$

$$\text{cho nên: } d_2 = 2 \cdot d_1 = 360 \text{ mm}$$

$$\text{Từ đây suy ra: } \alpha_1 = \pi - \frac{360 - 180}{640} = 3,0416 \text{ rad} = 174,27^\circ$$

Chiều dài đai:

$$L = 2 \cdot a + \pi \cdot \frac{(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} = 1 \cdot 1800 + \pi \cdot \frac{(360 + 180)}{2} + \frac{(360 - 180)^2}{4 \cdot 1800} = 4452,7 \text{ mm}$$

Vì chiều dài đai cần tăng thêm khoảng 30 ... 400 mm để nối đai nên ta chọn chiều dài đai $L = 4490 \text{ mm}$

$$\text{b) Để không xảy ra hiện tượng trượt trơn: } F_0 \geq \frac{F_t}{2} \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha_1 + 1}}{e^{f \cdot \alpha_1} - 1}$$

Với góc trượt lớn nhất bằng góc ôm đai $\alpha = \alpha_1 = 3,0416 \text{ rad}$, thì bất đẳng thức trên có thể viết: $F_0 \geq \frac{F_t}{2} \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha_1 + 1}}{e^{f \cdot \alpha_1} - 1}$

$$\text{Lực vòng có ích } F_t: F_t = \frac{1000 \cdot P_1}{v} = \frac{1000 \cdot 8}{12,06} = 663,3 \text{ N}$$

$$\text{với: } v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000} = \frac{\pi \cdot 180 \cdot 1280}{60000} = 12,06 \text{ m/s}$$

$$\text{do đó } 800 \geq \frac{663,3}{2} \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha_1 + 1}}{e^{f \cdot \alpha_1} - 1}$$

$$\rightarrow e^{f \cdot \alpha_1} \geq 2,41625, f \geq \frac{1}{\alpha_1} \cdot \ln(2,41625) = \frac{1}{3,0416} \cdot \ln(2,41625) = 0,29$$

chọn $f_{\min} = 0,29$

Ví dụ 4: Cho bộ truyền đai thang loại D truyền động giữa 2 trục song song cùng chiều, có khoảng cách trục ban đầu $a = 900 \text{ mm}$, $d_1 = 200 \text{ mm}$, $d_2 = 400 \text{ mm}$. Xác định:

1- Chiều dài đai theo tiêu chuẩn

2- Tính toán lại khoảng cách trục chính xác

3- Tính toán lại góc ôm đai α_1 theo khoảng cách trục chính xác

Bài giải:

1- Chiều dài đai theo tiêu chuẩn

Áp dụng công thức tính chiều dài đai: $L = 2a + \frac{\pi(d_1+d_2)}{2} + \frac{(d_2-d_1)^2}{4a}$ xác định chiều dài đai tính toán.

Sau đó chọn theo tiêu chuẩn: quy tắc chọn tiêu chuẩn gần nhất, nếu chọn khác thì giải thích lý do tại sao chọn.

2- Tính toán lại khoảng cách trục chính xác

$$a = \frac{k + \sqrt{k^2 - 8\Delta^2}}{4} \quad \text{mm}$$

Trong đó:

$$k = L - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} \quad \text{mm}$$

$$\Delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

Tính a, chọn 1 số sau dấu phẩy

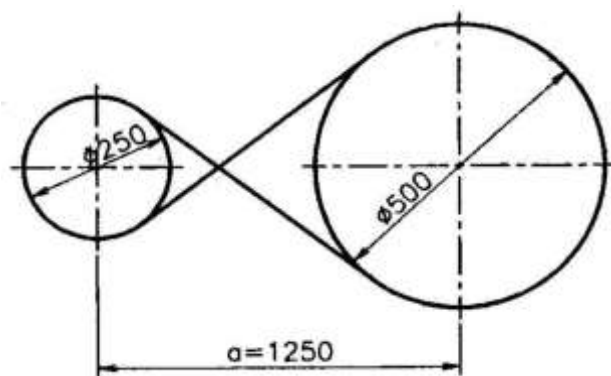
BÀI TẬP

Bài tập 1. Lực căng đai ban đầu $F_0 = 800$ N. Lực căng trên các nhánh đai sẽ bằng bao nhiêu khi truyền công suất $P_1 = 2$ kW. Biết rằng một trong hai bánh đai có đường kính $d = 200$ mm và số vòng quay $n = 380$ vg/ph.

Bài tập 2. Bộ truyền đai dẹt (đai vải cao su) truyền động giữa hai trục song song ngược chiều nhau (hình 3.22) truyền công suất $P = 7,5$ kW. Biết trước: đường kính các bánh đai $d_1 = 250$ mm, $d_2 = 500$ mm, khoảng cách trục $a = 1250$ mm, số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 1000$ vg/ph. Xác định:

a) Công thức và giá trị góc ôm α_1 và chiều dài L.

b) Hệ số ma sát f để không xảy ra hiện tượng trượt trơn với lực căng đai ban đầu $F_0 = 800$ N.



Hình 3.22

Bài tập 3. Bộ truyền đai dẹt nằm ngang truyền động giữa hai trục song song nhưng ngược chiều nhau (hình 3.22), có đường kính $d_1 = 200$ mm, $u = 2$, khoảng cách trục $a = 1480$ mm. Đai vải cao su có chiều dày đai $\delta = 5$ mm, chiều rộng đai $b = 225$ mm. Số vòng quay bánh dẫn 980 vg/ph. Tải trọng tĩnh. Hãy xác định:

a) Góc ôm đai α_1 , chiều dài L dây đai và vận tốc v.

b) Khả năng tải bộ truyền (công suất P).

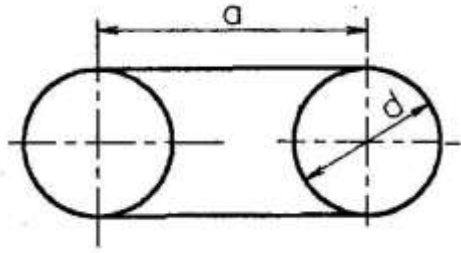
c) Nếu thay đổi chiều dày đai $\delta = 3,75$ mm, chiều rộng đai $b = 300$ mm thì khả năng tải và tuổi thọ đai thay đổi như thế nào?

Bài tập 4. Bộ truyền đai dẹt (hình 3.23) truyền công suất $P_1 = 5$ kW, số vòng quay $n_1 = 500$ vg/ph và tỉ số truyền $i = 1$, đường kính bánh đai $d = 250$ mm, $b = 60$ mm, $\delta = 7,5$ mm, hệ số ma sát giữa đai và bánh đai $f = 0,25$, mô đun đàn hồi dây đai $E = 100$ MPa, giới hạn mỏi dây đai $\sigma_r = 6$ MPa, chiều dài đai $L = 3000$ mm. Bỏ qua lực căng phụ F_v do lực ly tâm gây nên và dây đai thỏa độ bền kéo, Xác định:

a) Lực căng đai ban đầu F_0 để không xảy ra hiện tượng trượt trơn và lực tác dụng lên trục F_r .

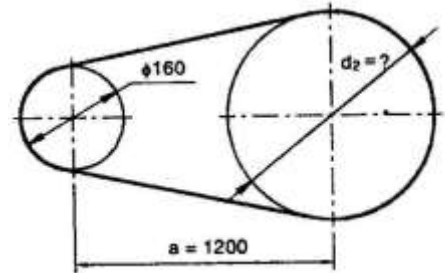
b) Khi tăng hệ số ma sát lên $f = 0,35$ thì lực F_0 , F_r thay đổi như thế nào? Khi đó tuổi thọ đai có thay đổi không?

c) Khi thay đổi kích thước dây đai $b = 100$ mm, $\delta = 4,5$ mm thì khả năng tải thay đổi như thế nào?



Hình 3.23

Bài tập 5. Bộ truyền đai dẹt truyền công suất $P_1 = 5$ kW. Cho trước các thông số: đường kính bánh đai dẫn $d_1 = 160$ mm (hình 3.24), số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 720$ vg/ph, khoảng cách trục $a = 1200$ mm, hệ số ma sát giữa đai và bánh đai là $f = 0,3$, lực căng đai ban đầu $F_0 = 1000$ N. Bỏ qua lực căng phụ F_v , hãy xác định:



Hình 3.24

- Lực vòng có ích F_t
- Tính giá trị góc ôm α_1 để không xảy ra hiện tượng trượt trơn, suy ra tỉ số truyền u và đường kính d_2 tối đa là bao nhiêu?

Bài tập 6. Trong bộ truyền đai thang loại D có khoảng cách trục ban đầu $a = 900$ mm đường kính $d_1 = 200$ mm, $d_2 = 400$ mm. Chọn chiều dài L tiêu chuẩn của đai và tính toán lại khoảng cách trục.

Bài tập 7. Bộ truyền đai thang có một dây đai vải số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 1750$ vg/ph, $d_1 = 180$ mm, góc chêm đai $\gamma = 36^\circ$, số vòng quay bánh bị dẫn $n_2 = 1050$ vg/ph. Khoảng cách trục $a = 400$ mm. Khối lượng một mét dây đai $q_m = 0,22$ kg/m. Công suất $P_1 = 12$ kW.

- Nếu hệ số ma sát giữa đai và bánh đai $f = 0,2$ xác định lực trên nhánh căng và trên nhánh chùng.

- Xác định lực tác dụng lên trục của mỗi bánh đai.
- Xác định lực căng đai ban đầu F_0
- Xác định lực căng đai F_1 và F_2 khi công suất truyền $P_1 = 6$ kW.

Bài tập 8. Bộ truyền đai thang có một dây đai vải số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 1240$ vg/ph, $d_1 = 200$ mm, góc chêm đai $\gamma = 36^\circ$, số vòng quay bánh bị dẫn $n_2 = 620$ vg/ph. Khoảng cách trục $a = 500$ mm. Cho trước hệ số ma sát giữa đai và bánh đai $f = 0,2$, công suất truyền $P_1 = 2$ kW. Xác định:

- Lực căng đai ban đầu F_0 để không xảy ra hiện tượng trượt trơn.
- Lực trên nhánh căng F_1 và trên nhánh chùng F_2 .
- Các giá trị F_1 , F_2 và F_0 thay đổi như thế nào nếu ta thay thế đai thang bằng đai dẹt.

Bài tập 9. Bộ truyền đai thang làm việc với các điều kiện: số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 1500$ vg/ph, đường kính bánh dẫn $d_1 = 200$ mm, đường kính bánh bị dẫn $d_2 = 400$ mm, góc chêm đai $\gamma = 38^\circ$, khoảng cách trục $a \approx 500$ mm. Hệ số ma sát giữa vật liệu đai thang và bánh đai bằng 0,2, lực căng đai ban đầu $F_0 = 700$ N, khối lượng một mét dây đai $q_m = 0,175$ kg/m. Yêu cầu:

- Xác định góc ôm đai α_1 , chiều dài tiêu chuẩn đai L và tính lại khoảng cách trục a và α_1 .
- Tìm công suất truyền lớn nhất của bộ truyền đai thang theo điều kiện trượt trơn nếu tính đến lực căng phụ do lực ly tâm gây nên.