

**ÔN TẬP**  
**NGUYÊN LÝ – CHI TIẾT MÁY**  
**Phần 2: CHI TIẾT MÁY**

---

**I. Những vấn đề cơ bản về thiết kế máy.**

- Tính công nghệ
- Tính kinh tế.
- Tải trọng ( tĩnh, động, va đập)
- Các loại ứng suất.

Ứng suất lớn nhất  $\sigma_{\max}$ ,

Ứng suất nhỏ nhất  $\sigma_{\min}$ ,

Ứng suất trung bình  $\sigma_m$ ;  $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2$ ,

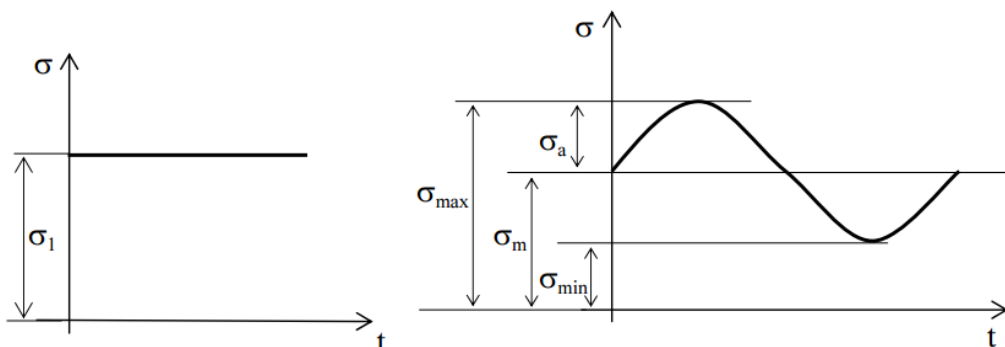
Biên độ ứng suất  $\sigma_a$ ;  $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2$ ,

Hệ số chu kỳ ứng suất  $r$ ;  $r = \sigma_{\max} / \sigma_{\min}$ ,

hoặc  $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ , khi  $\sigma_{\min} = 0$ .

Tương ứng với các tải tác dụng, ứng suất được phân thành các loại:

- + Ứng suất kéo, ký hiệu là  $\sigma_k$ ,
- + Ứng suất nén, ký hiệu là  $\sigma_n$ ,
- + Ứng suất uốn, ký hiệu là  $\sigma_u$ ,
- + Ứng suất tiếp xúc, ký hiệu là  $\sigma_{tx}$ , hoặc  $\sigma_H$ ,
- + Ứng suất đập, ký hiệu là  $\sigma_d$ ,
- + Ứng suất xoắn, ký hiệu là  $\tau_x$ ,
- + Ứng suất cắt, ký hiệu là  $\tau_c$ .



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

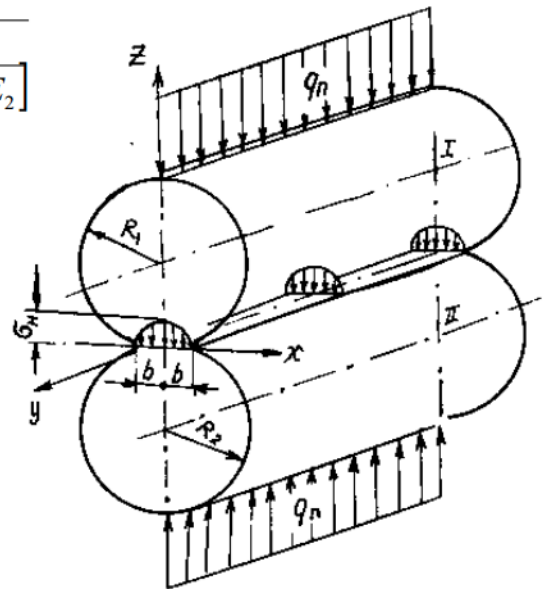
$q_n$  - Cường độ tải trọng pháp

$\rho$  - bán kính cong tương đương

$$\rho = \frac{R_1 R_2}{(R_2 \pm R_1)}$$

$E$  - Mô đun đàn hồi của vật liệu

$\mu$  - Hệ số Poát-xông

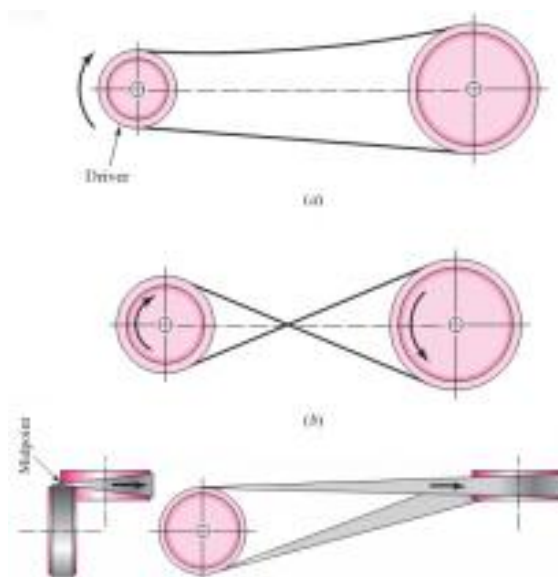


$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

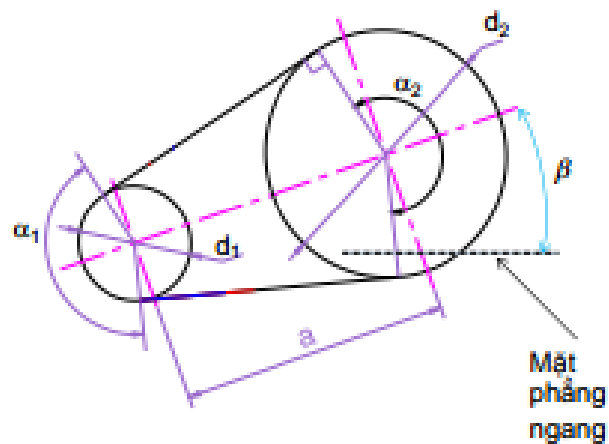
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

## II . Truyền động đai.



## Thông số và quan hệ hình học



- $\beta$  - góc nghiêng của bộ truyền

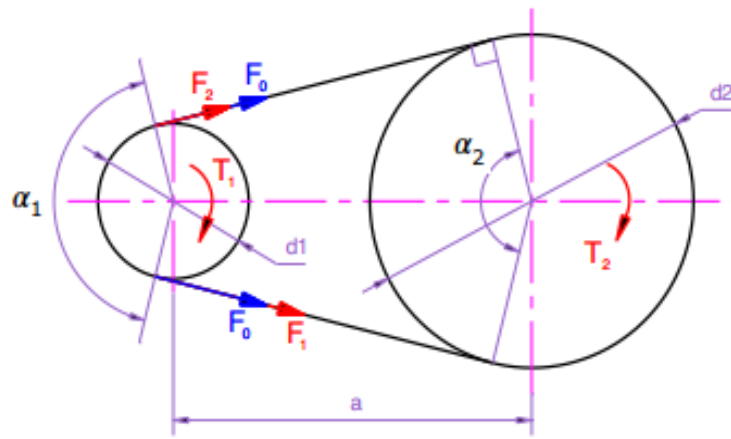
- $\alpha_1 = 180^\circ - 2\gamma$
- $\alpha_2 = 180^\circ + 2\gamma$
- $\sin \gamma = \frac{d_2 - d_1}{2a}$
- $\alpha_1 > 150^\circ \rightarrow \gamma < 15^\circ$

### Chiều dài đai

$$L = \alpha_1 \frac{d_1}{2} + \alpha_2 \frac{d_2}{2} + 2a \cos \gamma$$

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

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



Lực tác dụng

Quan hệ giữa  $F_0, F_1, F_2$

$$F_1 = F_0 + \frac{1}{2}F_t = \frac{\lambda}{\lambda - 1}F_t \quad \rightarrow \quad F_t = 2F_0 \frac{\lambda - 1}{\lambda + 1}$$

$$F_2 = F_0 - \frac{1}{2}F_t = \frac{1}{\lambda - 1}F_t$$

Với  $\lambda = e^{f\alpha_1}$

### Lực căng phụ

$$F_v = q_m v^2$$

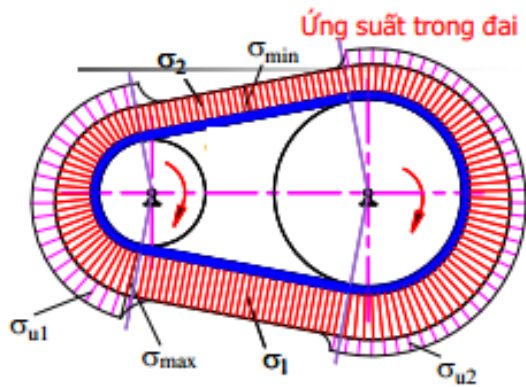
- ✓ Lực căng phụ có giá trị như nhau trên tất cả các tiết diện đai
- ✓ Lực căng phụ làm giảm tác dụng của lực căng ban đầu  $F_0$

Phương trình cân bằng momen

$$(F_1 - F_2) \frac{d_1}{2} = T_1$$

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} \Rightarrow F_t = F_1 - F_2$$

**• Biểu đồ ứng suất trong đai**



$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{u1} = \frac{\lambda}{\lambda - 1} \sigma_t + \sigma_v + \sigma_{u1}$$

$$\psi = \frac{F_t}{2F_0} = \frac{\sigma_t}{2\sigma_0}$$

$\psi$  : hệ số kéo

Hiệu suất  $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

**Ứng suất căng ban đầu**

$$\sigma_0 = \frac{F_0}{A} \quad A: \text{diện tích tiết diện đai}$$

**Ứng suất kéo trên nhánh chủ động (nhánh căng)**

$$\sigma_1 = \frac{F_1 + F_v}{A} = \frac{\lambda}{\lambda - 1} \frac{F_t}{A} + \frac{F_v}{A} = \frac{\lambda}{\lambda - 1} \sigma_t + \sigma_v$$

**Ứng suất kéo trên nhánh bị động (nhánh trùng)**

$$\sigma_2 = \frac{F_2 + F_v}{A} = \frac{1}{\lambda - 1} \frac{F_t}{A} + \frac{F_v}{A} = \frac{1}{\lambda - 1} \sigma_t + \sigma_v$$

**Tỷ số truyền**

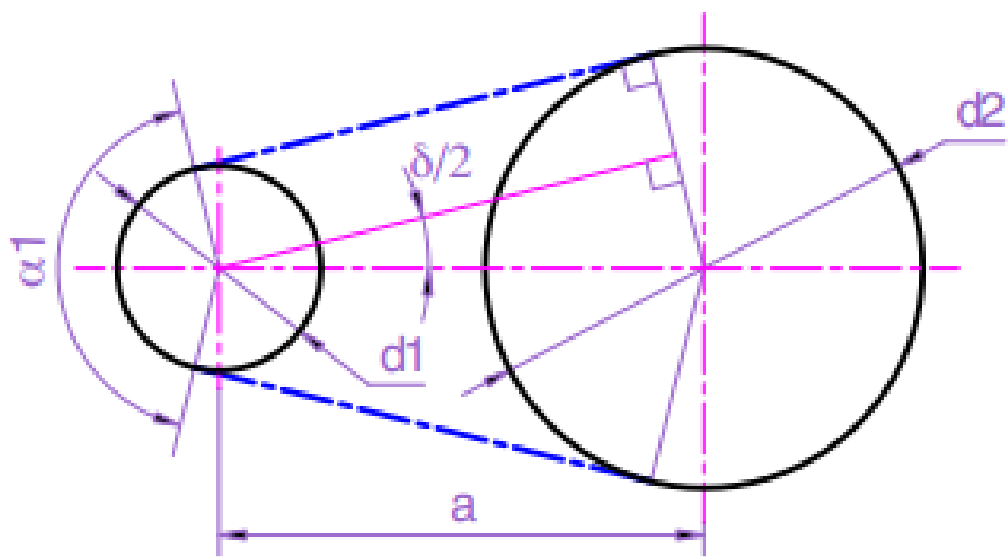
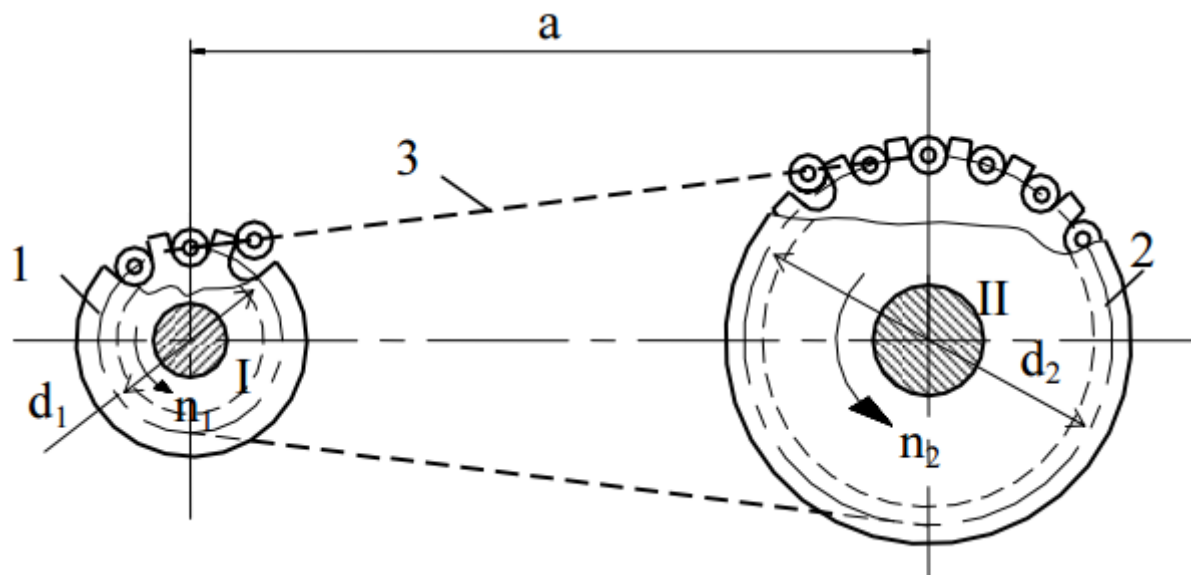
$$\epsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = 1 - \frac{d_2 n_2}{d_1 n_1} \Rightarrow u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2(1 - \epsilon)}$$

$\epsilon$  : hệ số trượt

$u$  phụ thuộc vào  $\epsilon$

Số lần uốn đai trong một giây:  $i = v/L \square \square i_{max} = 3...5(\text{đai dẹt}), =10(\text{đai thang})$ .

**III . Truyền động xích.**



**a** : khoảng cách trục

Quan hệ hình học  $a, z_1, z_2, p, x$

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

$$x \approx \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2a}{p} + \frac{(z_2 - z_1)^2}{4\pi^2 a} p = L/p$$

$$a \approx \frac{p}{4} \left[ x - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left( x - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 2 \left( \frac{z_2 - z_1}{\pi} \right)^2} \right]$$

$$F_t = 2.T1/d1$$

Tải trọng tác dụng trong bộ truyền

$F_1$  - Lực căng trên nhánh chủ động.

$F_2$  - Lực căng trên nhánh bị động.

Điều kiện cân bằng đĩa xích

$$F_t = F_1 - F_2$$

Tải trọng tác dụng trong bộ truyền

Lực ly tâm -> lực căng phụ

$$F_v = q_m v^2$$

### **Khi làm việc**

- Nhánh bị động (trùng):  $F_2 = F_o + F_v$
- Nhánh chủ động (căng):  $F_1 = F_t + F_2$

### **Lực tác dụng lên trục**

do lực vòng  $F_t$  và trọng lượng của xích gây ra

$$F_r = k_x F_t$$

$k_x$  hệ số kể đến trọng lượng xích (phụ thuộc góc nghiêng)

### **Vận tốc và tỷ số truyền**

Vận tốc trung bình của xích

$$v = \frac{zpn}{60000}$$

$$v = v_1 = \frac{z_1 p n_1}{60000} = v_2 = \frac{z_2 p n_2}{60000}$$

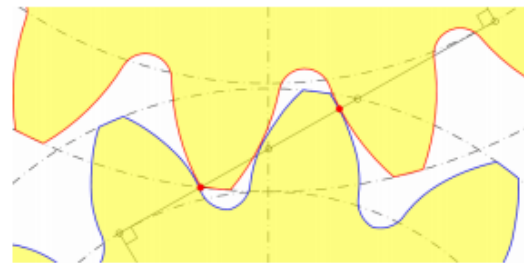
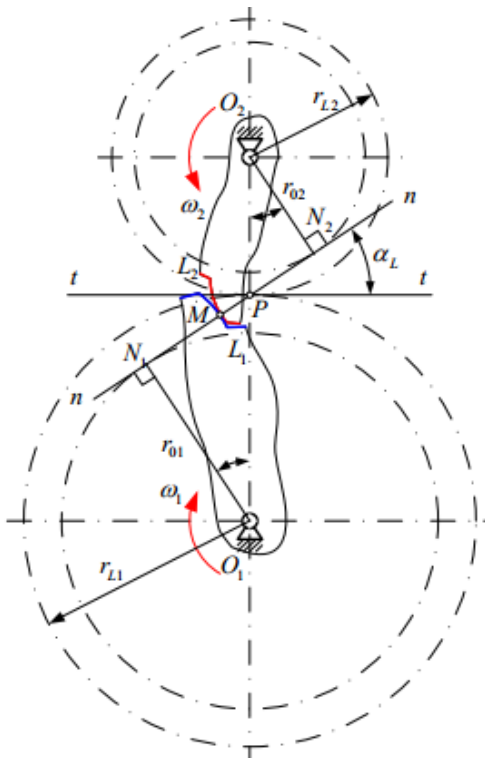
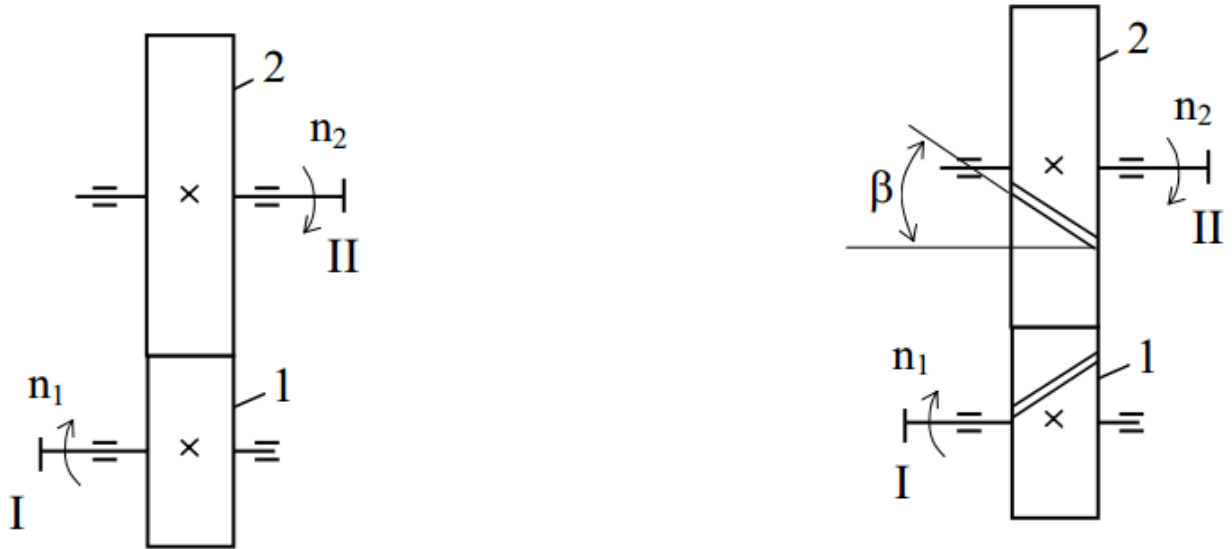
Tỷ số truyền trung bình

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Chọn số răng đĩa xích nhỏ,  $z_1 = 29 - 2.u \geq 19$ . Tính  $z_2 = u.z_1$ .

Tính đường kính của đĩa xích,  $d_1 = p \cdot x / \sin(\pi/z_1)$ ;  $d_2 = u.d_1$ .

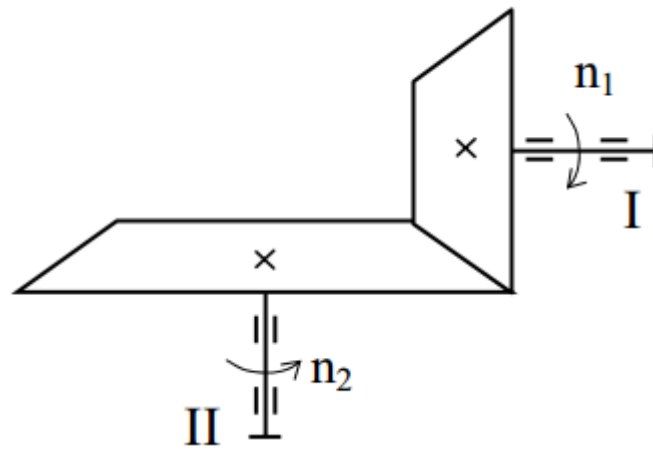
#### IV . Truyền động bánh răng.



- Định lý cơ bản về ăn khớp:

Để tỉ số truyền cố định, đường pháp tuyến chung của một cặp biên dạng phải luôn cắt đường nối tâm tại một điểm cố định





## Các thông số ăn khớp

### Modun

BRT răng thẳng  $m = \frac{p}{\pi}$        $p$ : bước răng

BRT răng nghiêng

modun pháp  $m_n = \frac{p_n}{\pi}$

modun ngang  $m_t = \frac{p_t}{\pi}$        $p_t = p_n \cos \beta$

$\beta$  : góc nghiêng răng

$m, m_n$  được tiêu chuẩn hóa

- Góc profin răng :  $\alpha$  ( $20^\circ, 25^\circ, \dots$ )

Thường dùng  $\alpha = 20^\circ$

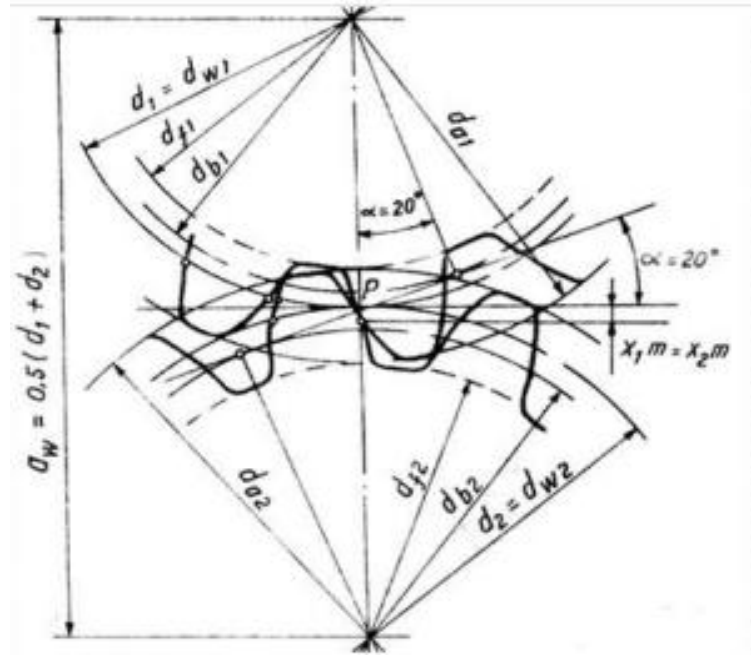
- Số răng:  $Z_1 > 17$

$$Z_2 = uZ_1$$

- Góc nghiêng  $\beta$

$\beta = 8^\circ \div 20^\circ$  bánh răng nghiêng

$\beta = 20^\circ \div 40^\circ$  bánh răng chữ V



- Đường kính vòng chia

$$d_i = m_i Z_i = \frac{m \cdot Z_i}{\cos \beta}$$

- Đường kính vòng đỉnh và chân răng

$$d_{a_i} = d_i + 2(a + x_i - \Delta y)m$$

$$d_{f_i} = d_i - (2,5 - 2 \cdot x_i)m$$

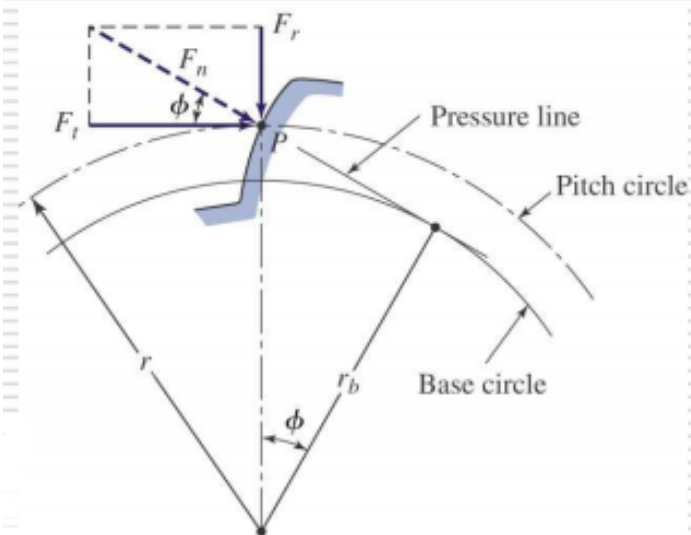
- Khoảng cách trục chia

$$a = \frac{|d_1 \pm d_2|}{2} = 0,5 \cdot \frac{m \cdot (Z_2 \pm Z_1)}{\cos \beta}$$

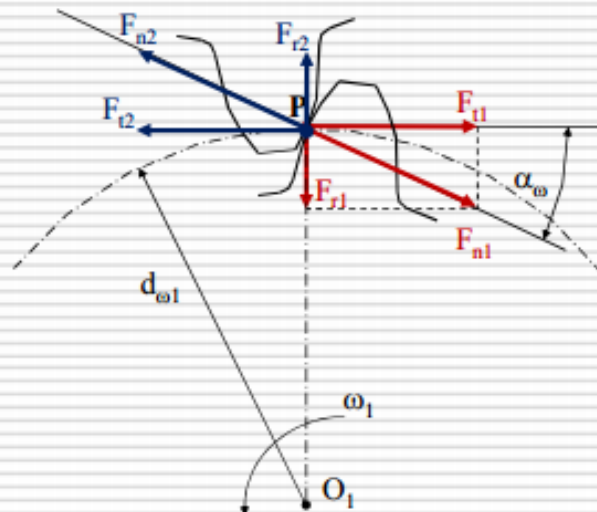
Tỷ số truyền, ký hiệu là  $u$ ,  $u = n_1/n_2 = d_2/d_1 = z_2/z_1$ .

Hiệu suất truyền động  $\eta$ ;  $\eta = P_2 / P_1$ .

## Lực tác dụng lên các răng khi ăn khớp



## Trường hợp BR trụ răng thẳng



## Trường hợp BR trụ răng thẳng

Xét BR chủ động BR1

$$\vec{F}_{n1} = \vec{F}_{t1} + \vec{F}_{r1}$$

$\vec{F}_{t1}$  **lực vòng** trên br1 (bánh chủ động)

- Phương tiếp xúc với vòng lăn
- Hướng ngược chiều quay  $\omega_1$
- Độ lớn  $F_{t1} = \frac{2.T_1}{d_{\omega 1}}$

- Hướng: hướng tâm
- Độ lớn  $F_{r1} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha_{\omega}$

$$\longrightarrow F_{n1} = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha_{\omega}}$$

Xét BR bị động BR2

$$\vec{F}_{n2} = \vec{F}_{r2} + \vec{F}_{r2}$$

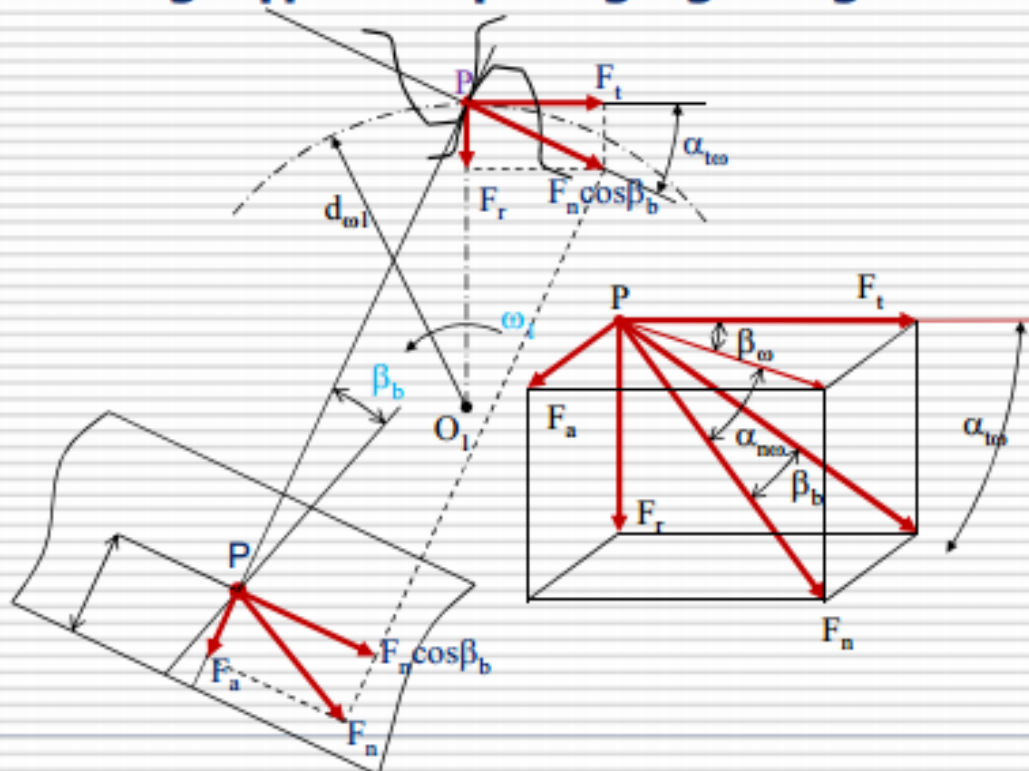
Các lực  $\vec{F}_{n2}; \vec{F}_{r2}; \vec{F}_{r2}$  có cùng giá trị nhưng ngược chiều với  $\vec{F}_{n1}; \vec{F}_{t1}; \vec{F}_{r1}$

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{d_{\sigma 1}}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha_{\omega}$$

$$F_{n1} = F_{n2} = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha_{\omega}}$$

## Trường hợp BR trụ răng nghiêng



$\vec{F}_{a1}$  **lực dọc trục** trên br1

- Phương dọc trục
- Hướng vào mặt làm việc của răng
- Độ lớn  $F_{a1} = F_{t1} \operatorname{tg} \beta_{\omega}$

$$\Rightarrow F_{n1} = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha_{n\omega} \cos \beta_{\omega}}$$

Xét BR chủ động BR1

$$\vec{F}_{n1} = \vec{F}_{t1} + \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{a1}$$

$\vec{F}_{t1}$  **lực vòng** trên br1 (bánh chủ động)

- Phương tiếp xúc với vòng lăn
- Hướng ngược chiều quay  $\omega_1$
- Độ lớn  $F_{t1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\omega 1}}$

$\vec{F}_{r1}$  **lực hướng tâm** trên br1

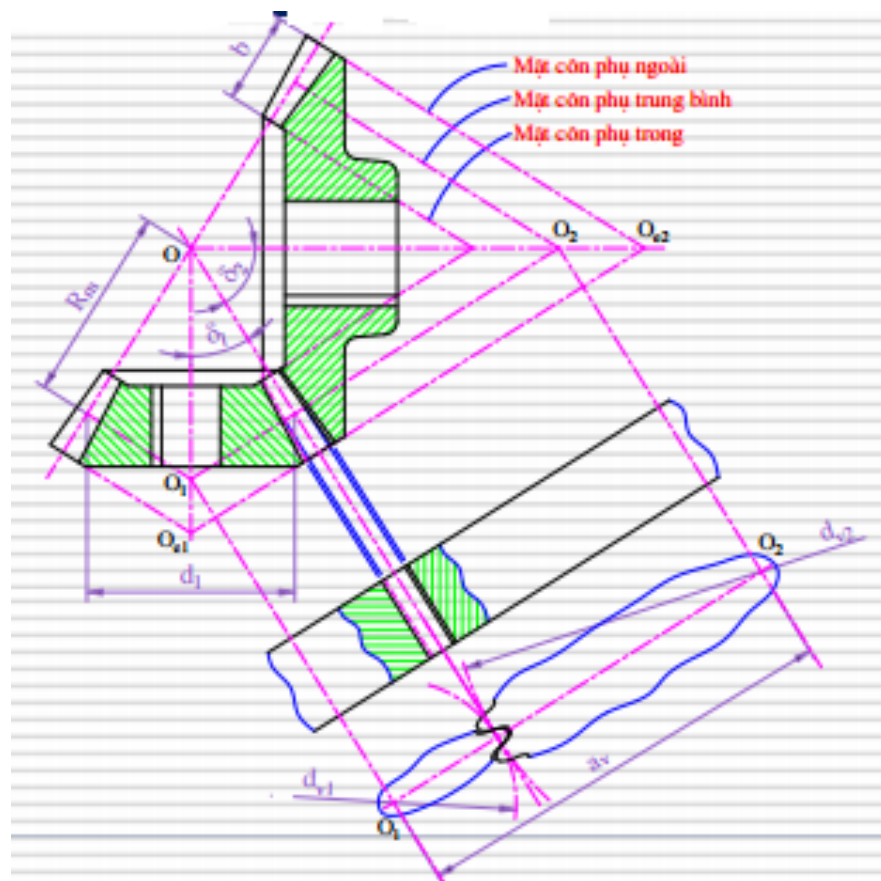
- Hướng: hướng tâm
- Độ lớn  $F_{r1} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha_{t\omega}$

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{d_{\omega 1}}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha_{t\omega}$$

$$F_{a1} = F_{a2} = F_{t1} \operatorname{tg} \beta_{\omega}$$

$$F_{n1} = F_{n2} = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha_{n\omega} \cos \beta_{\omega}}$$



- Modul vòng ngoài  $m_{te}$
- Đường kính vòng ngoài

$$d_{e1,2} = m_{te} \cdot Z_{1,2}$$

- Chiều dài côn ngoài

$$R_e = \sqrt{\frac{d_{e1}^2 + d_{e2}^2}{2}} = 0,5 \cdot m_{te} \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$$

- Đường kính trung bình

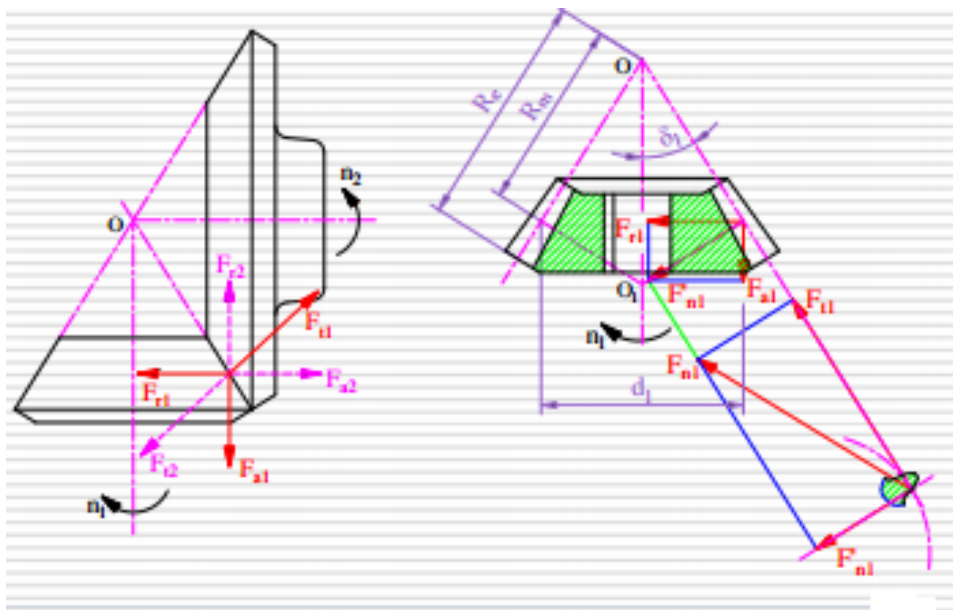
$$d_{m1,2} = 2\left(R_e - \frac{b}{2}\right) \sin \delta_{1,2} = 2(1 - 0,5K_{be}) \cdot R_e \sin \delta_{1,2} = 2(1 - 0,5K_{be}) d_{e1,2}$$

- Modul vòng trung bình  $m_{tm}$

$$m_{tm} = \frac{d_m}{Z} = (1 - 0,5K_{be})m_{te}$$

- Tỷ số truyền

$$u = \frac{d_{e2}}{d_{e1}} = \frac{R_e \sin \delta_2}{R_e \sin \delta_1} = \operatorname{tg} \delta_2 = \frac{Z_2}{Z_1}$$



Lực vòng  $F_{t1} = \frac{2T_1}{d_{m1}}$

Lực "hướng tâm"  $F_{r1}' = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha$

- Lực hướng tâm  $F_{r1} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1$

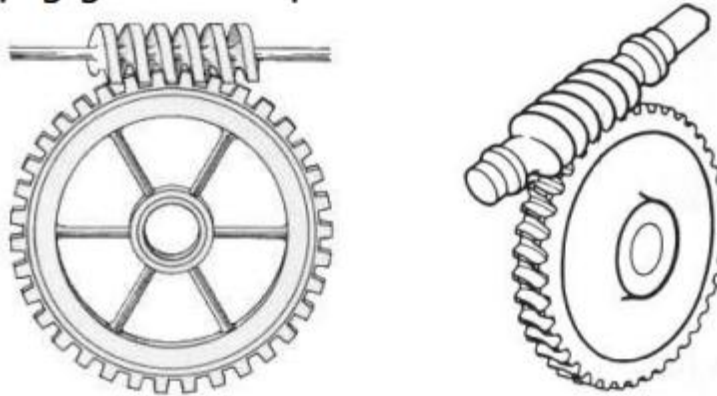
- Lực dọc trục  $F_{a1} = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1$

- Vì góc giữa 2 trục là  $90^\circ$

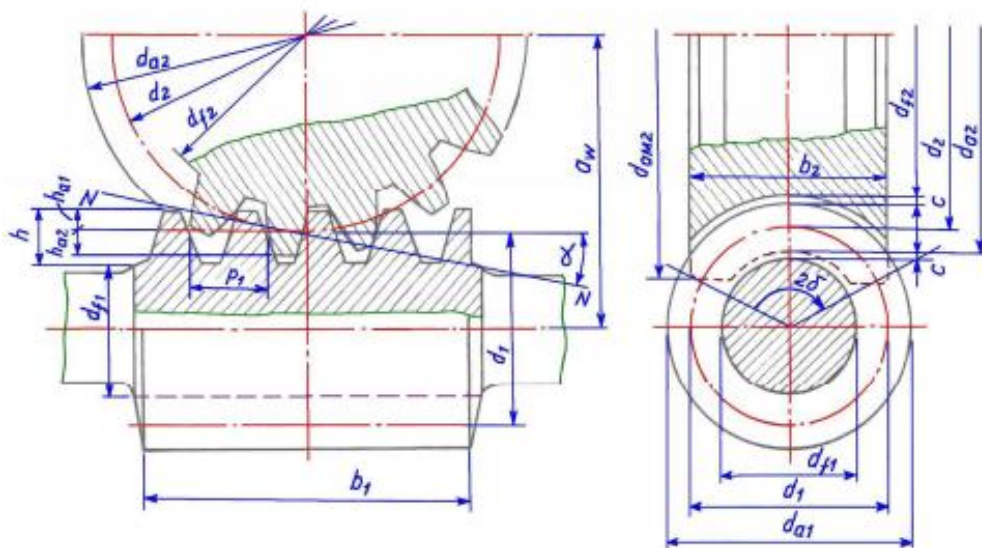
$\Rightarrow F_{t2} = F_{t1} ; F_{a2} = F_{r1} ; F_{r2} = F_{a1}$

#### IV . Truyền động Trục Vít.

- Truyền động trục vít dùng để truyền chuyển động giữa hai trục chéo nhau



- Trục vít là trục có ren, bánh vít là bánh răng



- $d_1$  : đường kính chia trục vít

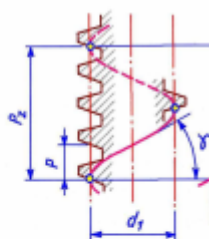
- **Modun  $m$**

$$m = \frac{p}{\pi} \text{ được tiêu chuẩn hóa}$$

- **Hệ số đường kính  $q$**

$$q = \frac{d_1}{m}$$

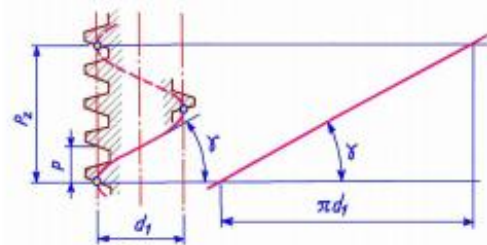
$q$  tiêu chuẩn theo  $m$





• **Số ren trục vít và số răng bánh vít**

- Số ren trục vít  $z_1 = 1, 2, 4$
- Số răng bánh vít  $z_2 = uz_1$   
 $z_2 \geq 26$  (tránh cắt lẹm chân răng)  
 $z_2 \leq 80$  (tránh gây nên biến dạng trục vít)



• **Góc vít  $\gamma$**

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{p_z}{\pi d_1} = \frac{z_1 p}{\pi d_1} = \frac{m z_1}{d_1} = \frac{z_1}{q}$$

• **Khoảng cách trục  $a_w = \frac{m}{2}(q + Z_2 + 2x)$**

Vận tốc vòng và tỷ số truyền

TV quay 1 vòng  $\rightarrow$  BV quay  $\frac{p_z}{\pi d_2}$  vòng

TV quay  $n_1$  vòng  $\rightarrow$  BV quay  $n_2 = n_1 \cdot \frac{p_z}{\pi d_2}$  vòng

$$\text{Tỷ số truyền } u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\pi d_2}{p_z} = \frac{\pi m Z_2}{Z_1 p} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$z_1 = 1, 2, 4, z_{2\min} = 26 \Rightarrow u$  khá lớn

$$u = \frac{\pi d_2}{p_z} = \frac{\pi d_2}{\pi d_1 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{d_2}{d_1 \operatorname{tg} \gamma} \neq \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \text{vectơ vận tốc}$$

$$v_1 \neq v_2$$

## Vận tốc trượt

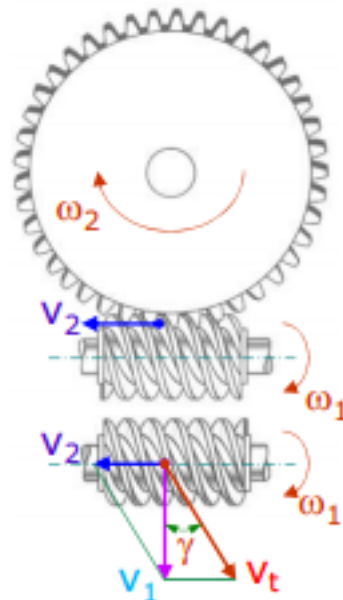
$v_t$ : vận tốc trượt

$$v_t = \frac{v_1}{\cos \gamma} = \frac{\pi d_1 n_1}{60.1000. \cos \gamma}$$

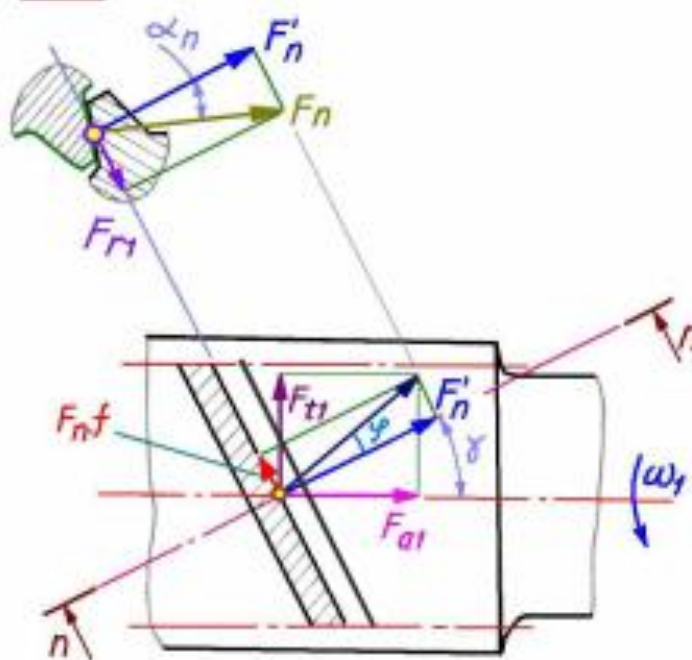
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\pi d_2 n_2}{\pi d_1 n_1} = \frac{m Z_2}{m q u} = \frac{Z_1}{q}$$

$$\cos \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \frac{q}{\sqrt{Z_1^2 + q^2}}$$

$$v_t = \frac{m n_1}{19100} \sqrt{Z_1^2 + q^2}$$



n - n



$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1}$$

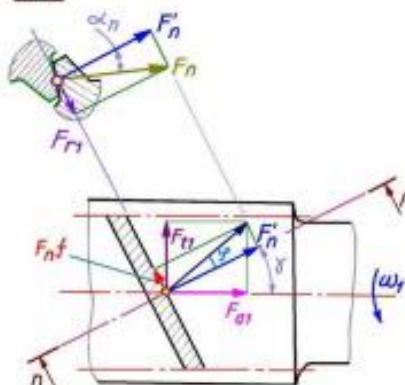
$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2T_2}{d_2}$$

$$F_{t1} = F_{a1} \operatorname{tg}(\gamma \pm \varphi)$$

$$F_{n'} = F_{a1} \frac{\cos \varphi}{\cos(\gamma \pm \varphi)}$$

$$F_{r1} = F_{a1} \frac{\operatorname{tg} \alpha_n \cos \varphi}{\cos(\gamma \pm \varphi)}$$

n - n



$$F_{r1} = F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1}$$

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

$$F_{r1} = F_{a1} \operatorname{tg} \gamma$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \gamma}$$

$$F_n = \frac{F_{t2}}{\cos \alpha_n \cos \gamma}$$

