

CƠ KỸ THUẬT



GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG
KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM



Chương 4

CƠ CẤU BÁNH RĂNG



1. Khái niệm và phân loại

a) Khái niệm: Cơ cấu bánh răng là cơ cấu có khớp cao dùng để biến đổi hoặc truyền chuyển động theo nguyên tắc ăn khớp trực tiếp giữa hai khâu

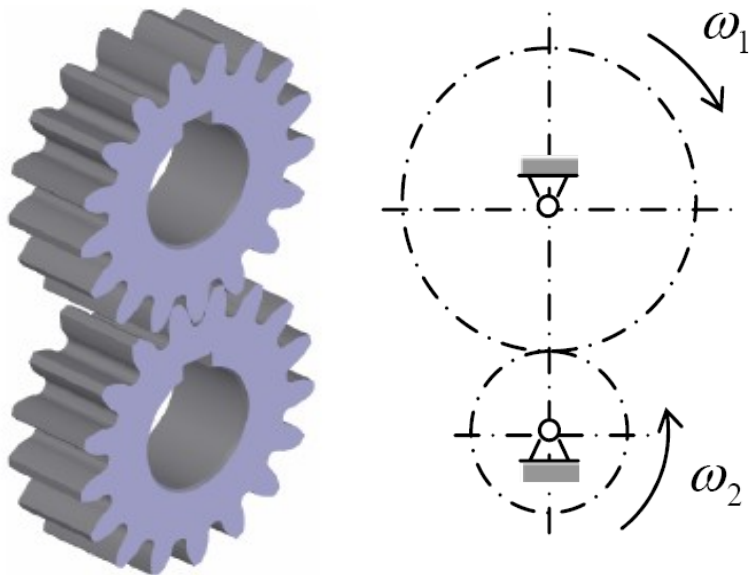




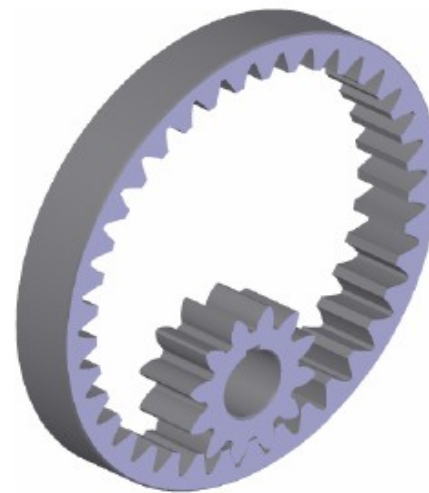
1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

- Theo vị trí tương đối giữa hai trục quay: bánh răng nội tiếp và bánh răng ngoại tiếp.



Ăn khớp nội tiếp



Ăn khớp ngoại tiếp

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

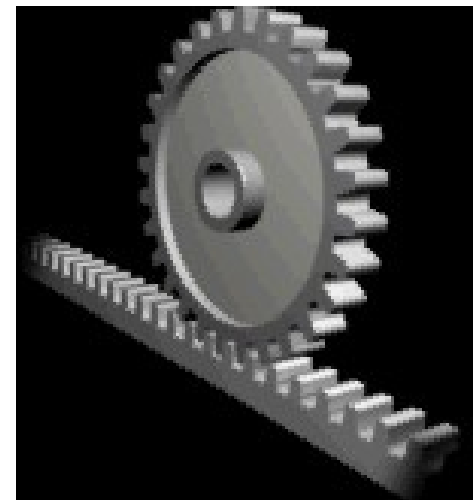
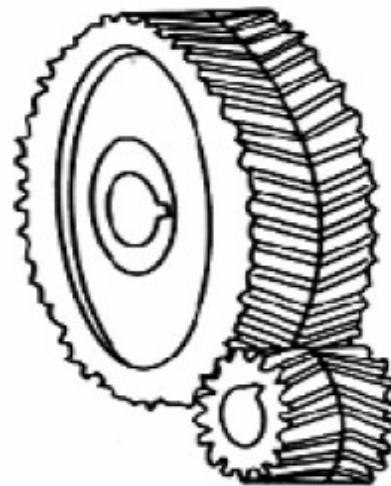
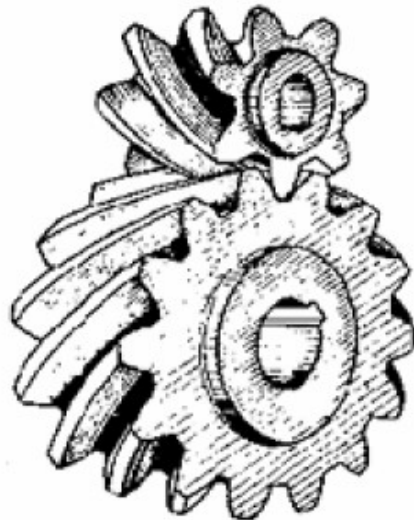
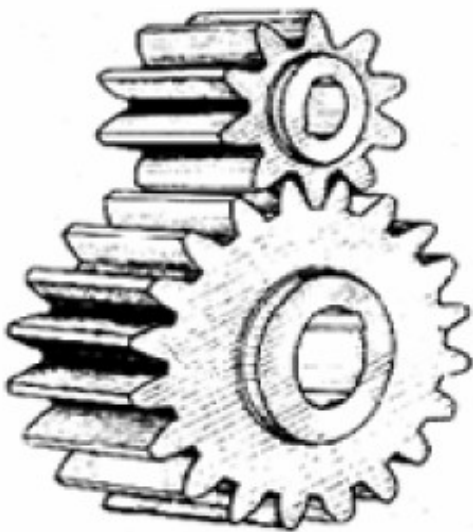
I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

+ Theo sự phân bố của răng trên BR: BR răng thẳng, BR răng xoắn (ngiên), BR răng chữ V.

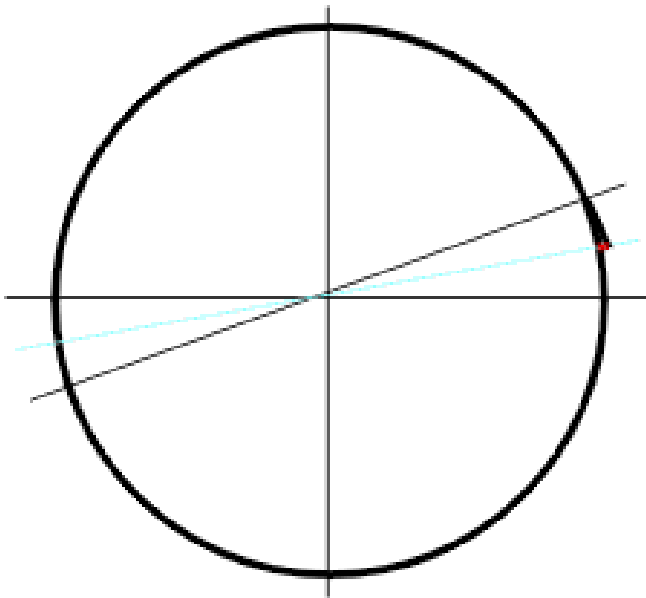




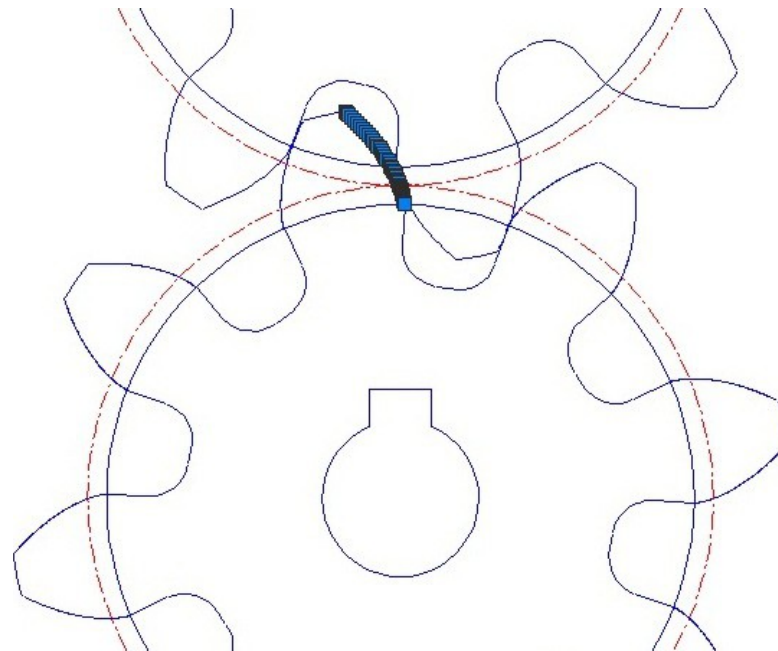
1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

+ Theo biên dạng răng: **BR thân khai**, BR xyclôit, BR Nô-vi-côp.

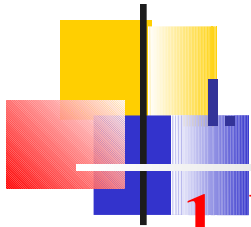


Đường thân khai



BR thân khai





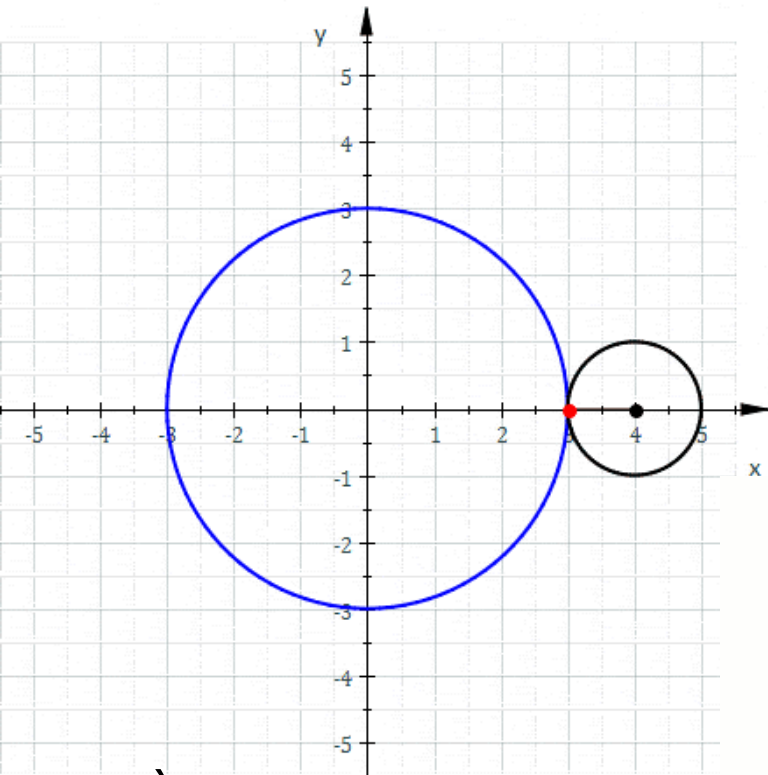
ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



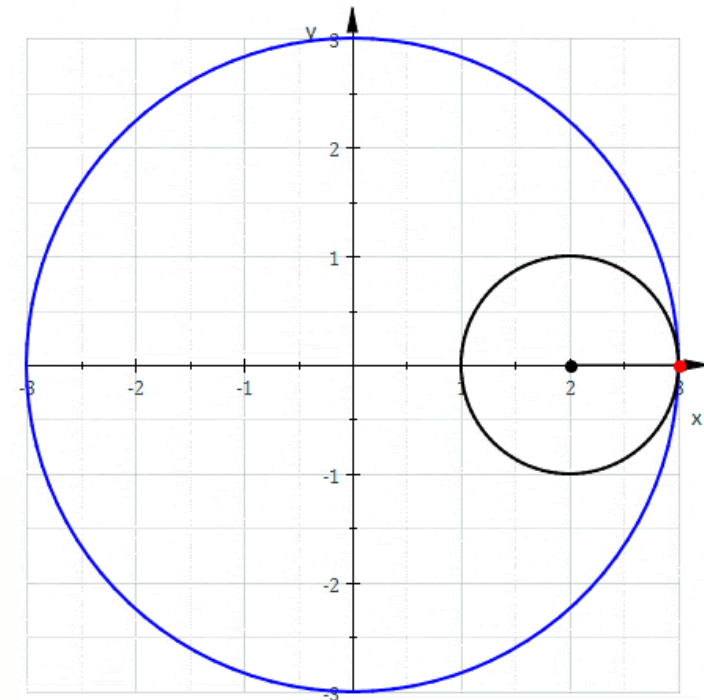
1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

+ Theo biên dạng răng: BR thân khai, **BR xyclôit**, BR Nô-vi-cốp.



Đường Epy-xycloit



Đường Hypo-xycloit

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

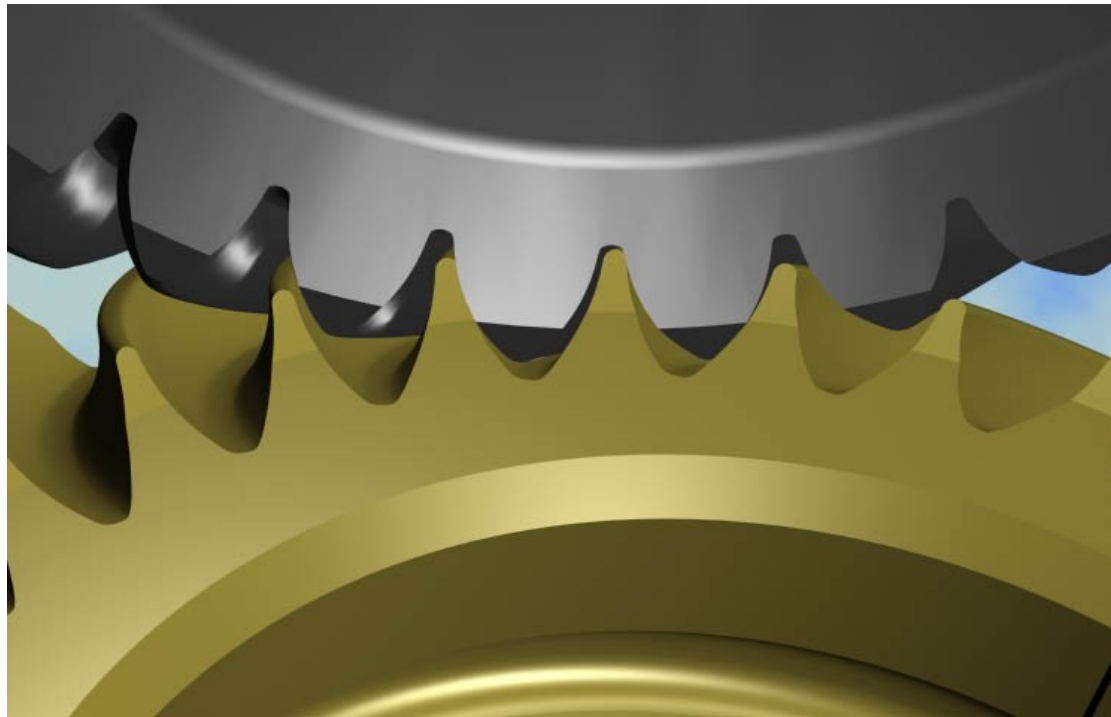
I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

+ Theo biên dạng răng: BR thân khai, BR xyclôit, **BR Nô-vi-cỐp**.



Bánh răng Nô-vi-cỐp

1. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



1. Khái niệm và phân loại

b) Phân loại:

+ Theo tính chất chuyển động: cặp BR phẳng, cặp BR không gian



LOADING

ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

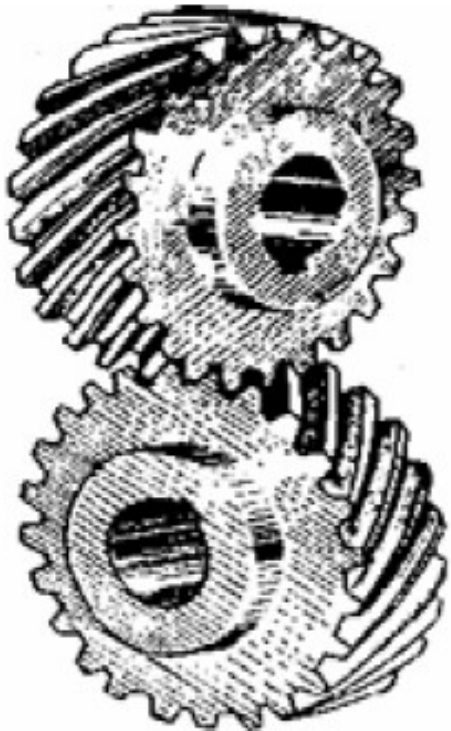


1. Khái niệm và phân loại

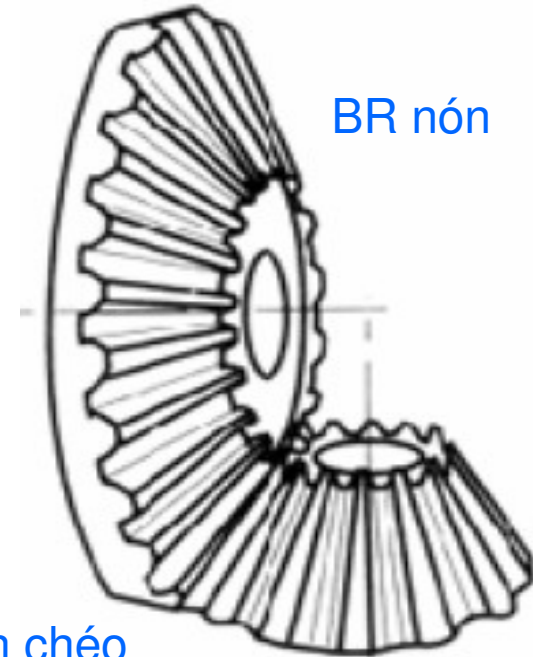
b) Phân loại:

+ Theo hình dạng BR: BR trụ, BR côn

BR trụ chéo

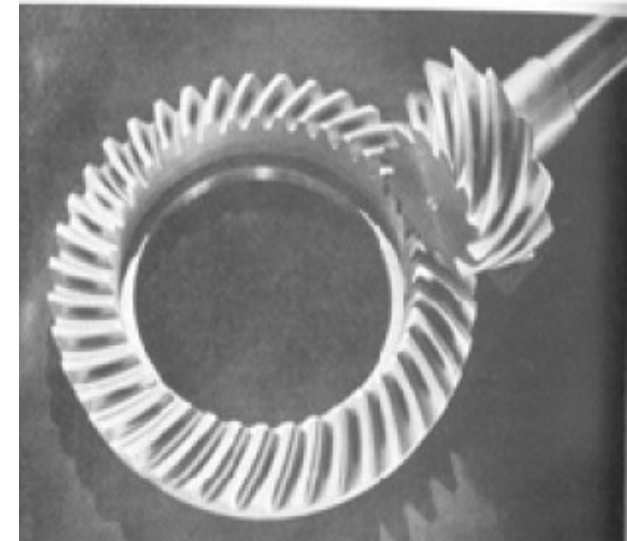


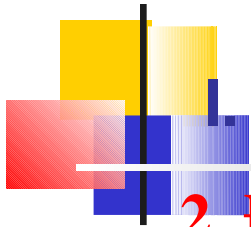
Trục vít – bánh vít



BR nón

BR nón chéo





I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



2. Định lý ăn khớp

Tỉ số truyền $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P}$ const?

- 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*

- Vòng lăn
+ P là tâm ăn khớp

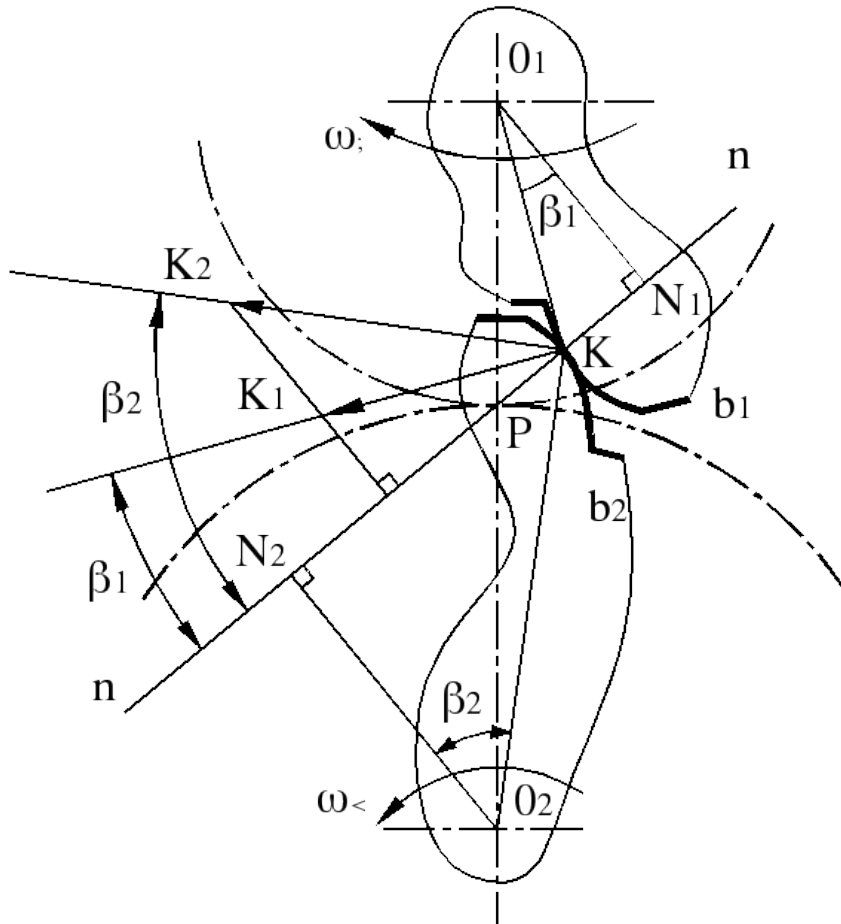
$$v_{P_1} = \omega_1 \cdot O_1P = \omega_2 \cdot O_2P = v_{P_2}$$

+ Hai vòng tròn (O_1, O_1P) và (O_2, O_2P)

lăn không trượt lên nhau, gọi là vòng lăn, các bán kính được ký hiệu

$$r_1 = O_1P$$

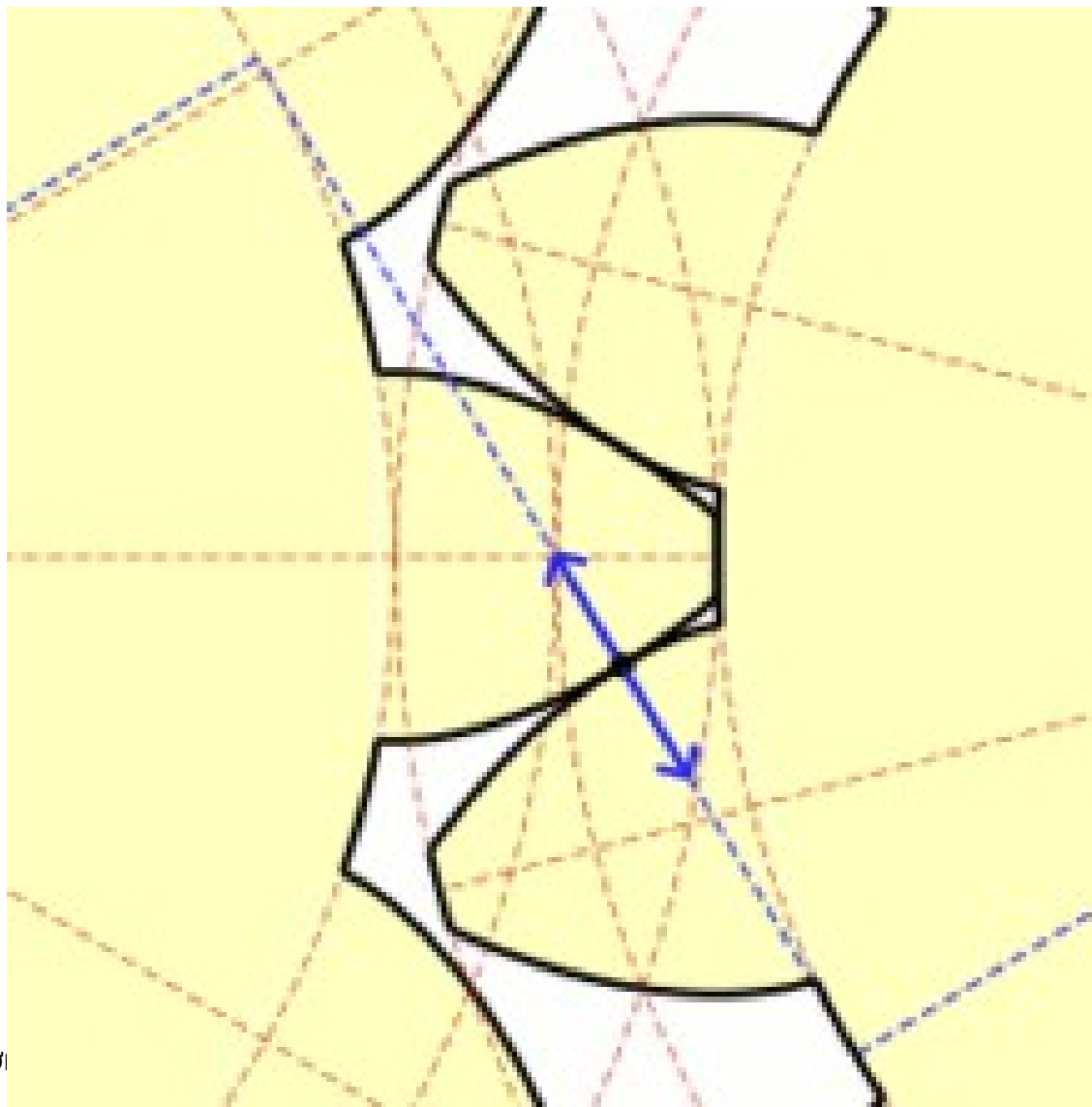
$$r_2 = O_2P$$



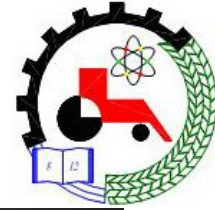
I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



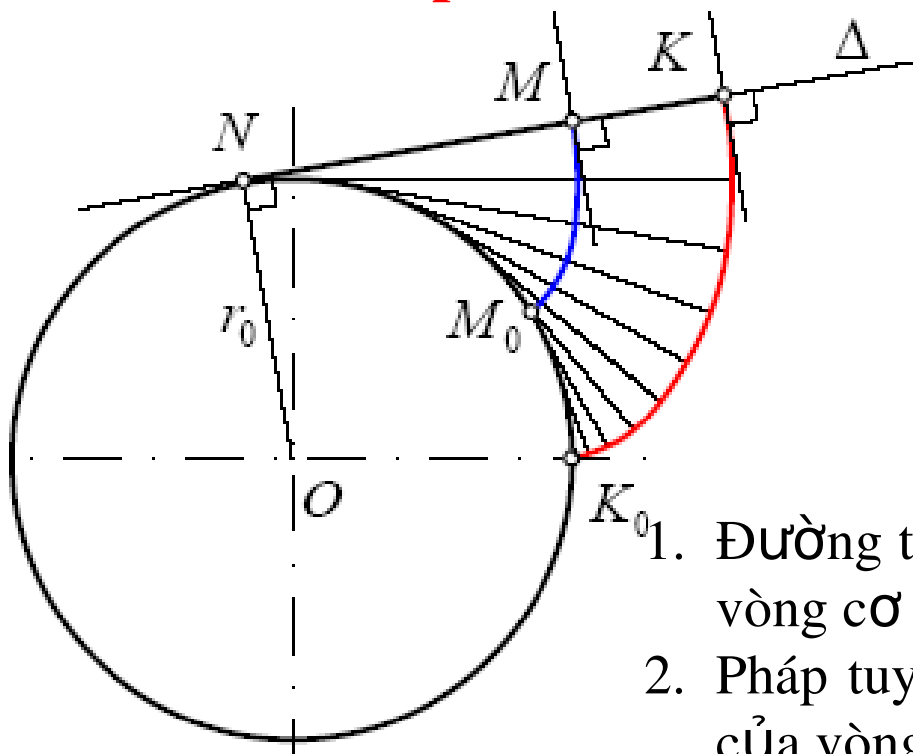
2. Định lý ăn khớp



ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



3. Ăn khớp thân khai



Đường thân khai: Cho đường thẳng lăn không trượt trên vòng tròn (O, r_0) bất kỳ điểm M nào thuộc sẽ vạch nên một đường cong gọi là đường thân khai. Vòng tròn (O, r_0) gọi là vòng cơ sở

Tính chất của đường thân khai

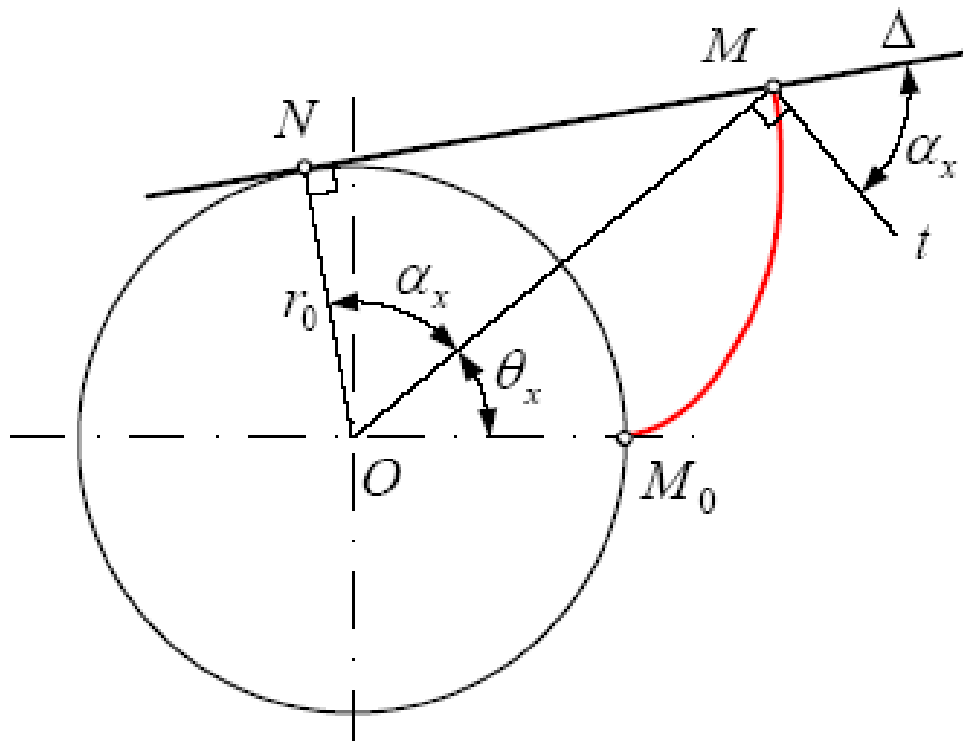
1. Đường thân khai không có điểm nào nằm trong vòng cơ sở.
2. Pháp tuyến của đường thân khai là tiếp tuyến của vòng cơ sở và ngược lại
3. Tâm cong của đường thân khai tại một điểm bất kỳ M là điểm N nằm trên vòng cơ sở và $MM_0 = NM_0$

Các đường thân khai của một vòng tròn là những đường cách đều nhau và có thể chồng khít lên nhau. Khoảng cách giữa các đường thân khai bằng đoạn cung chắn giữa các đường thân khai trên vòng cơ sở M_0K_0



3. Ăn khớp thân khai

Phương trình đường thân khai



- Chọn hệ tọa độ cực với O làm gốc, điểm M thuộc

$$\theta_x = \angle M_0OM$$

được xác định bởi

$$r_x = OM$$

→ Phương trình đường thân khai

$$\theta_x = \tan \alpha_x - \alpha_x$$

$$r_x = \frac{r_0}{\cos \alpha_x}$$

θ_x được gọi là $inv\alpha_x$ (*involute* α_x)

hay là hàm thân khai

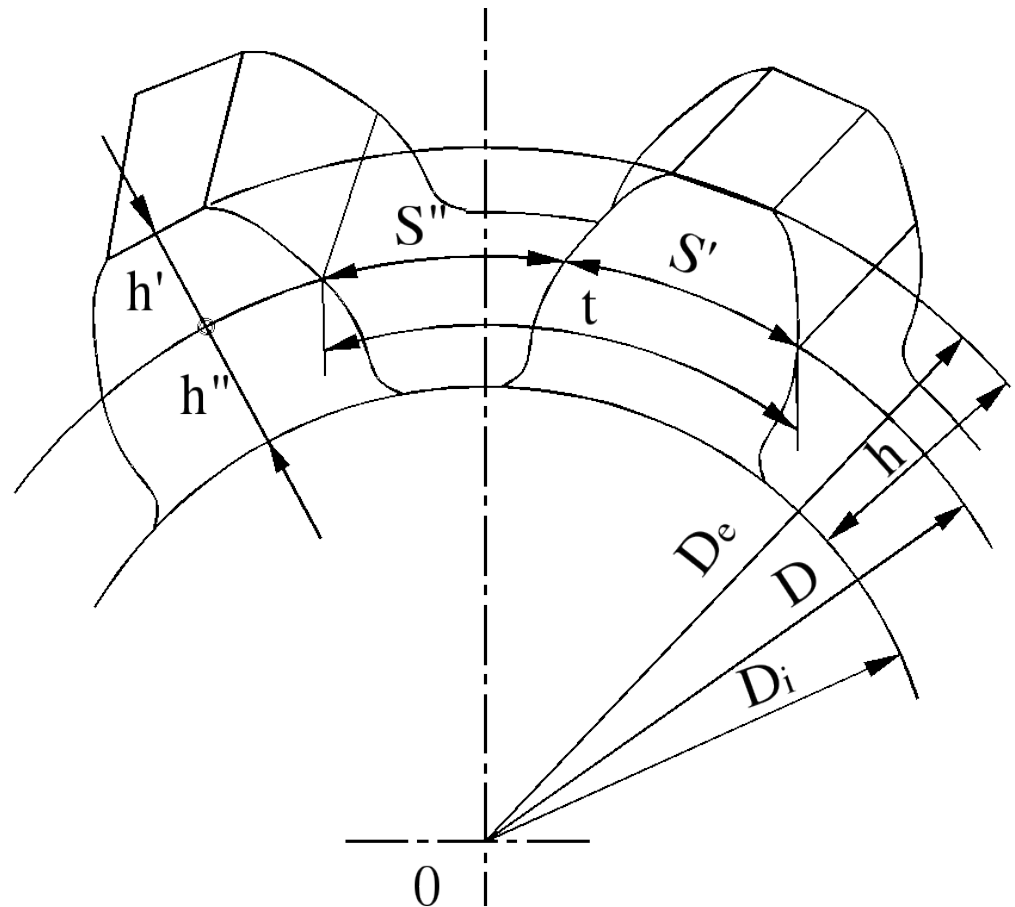
II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



1. Giới thiệu

Các vòng tròn:

- Vòng tròn lăn: D, r
(vòng tròn ban đầu, $r = OP$)
- Vòng tròn cơ sở: D_0, r_0
- Vòng tròn đỉnh răng: D_e, r_e
- Vòng tròn chân răng: D_i, r_i
- Vòng tròn chia



II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



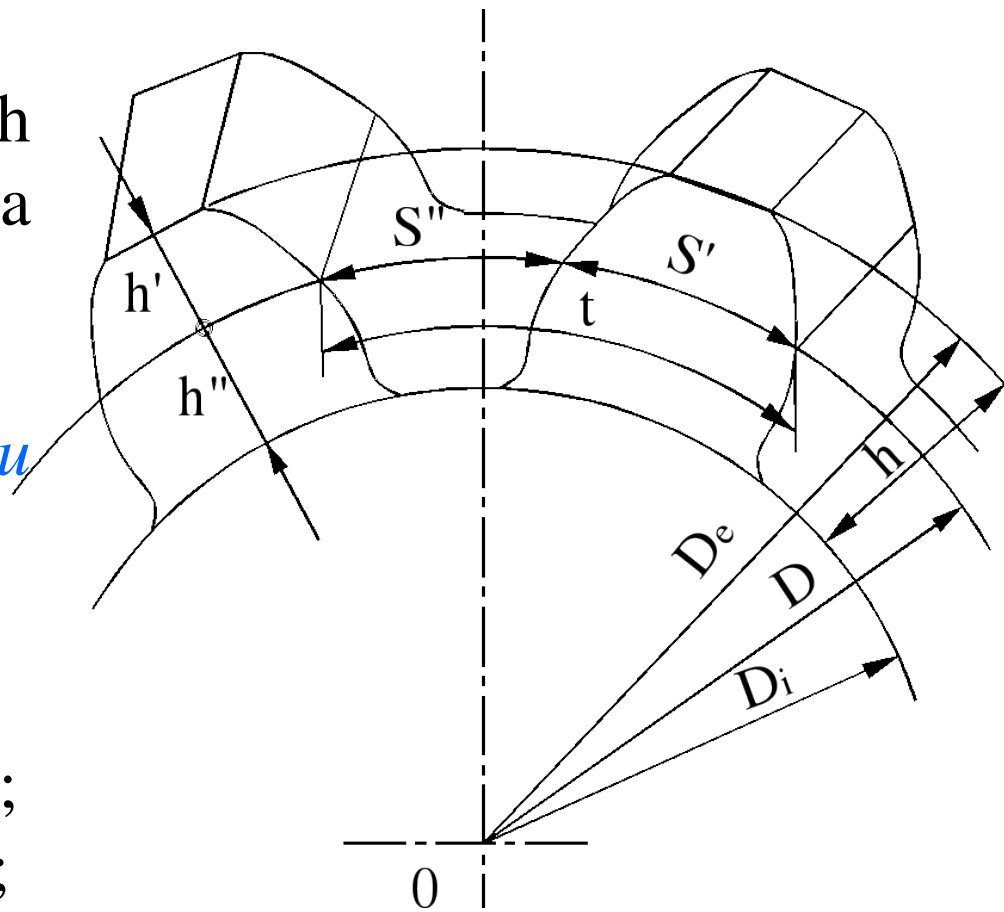
2. Các thông số hình học cơ bản

- **Bước răng:** t - Khoảng cách giữa 2 biên hình liên tiếp của răng đo theo vòng tròn lăn.

- **Modun của răng:** m (tiêu chuẩn)

$$m = t /$$

$m = 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5;$
 $6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40;$
 $50; 60; 80; 100$



II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



2. Các thông số hình học cơ bản

- Chiều cao răng:

+ Chiều cao đầu răng: $h' = f' \cdot m$

($f' = 1$ đ/v BR tiêu chuẩn;

$f' = 0,85$ đ/v BR dịch chỉnh)

+ Chiều cao chân răng:

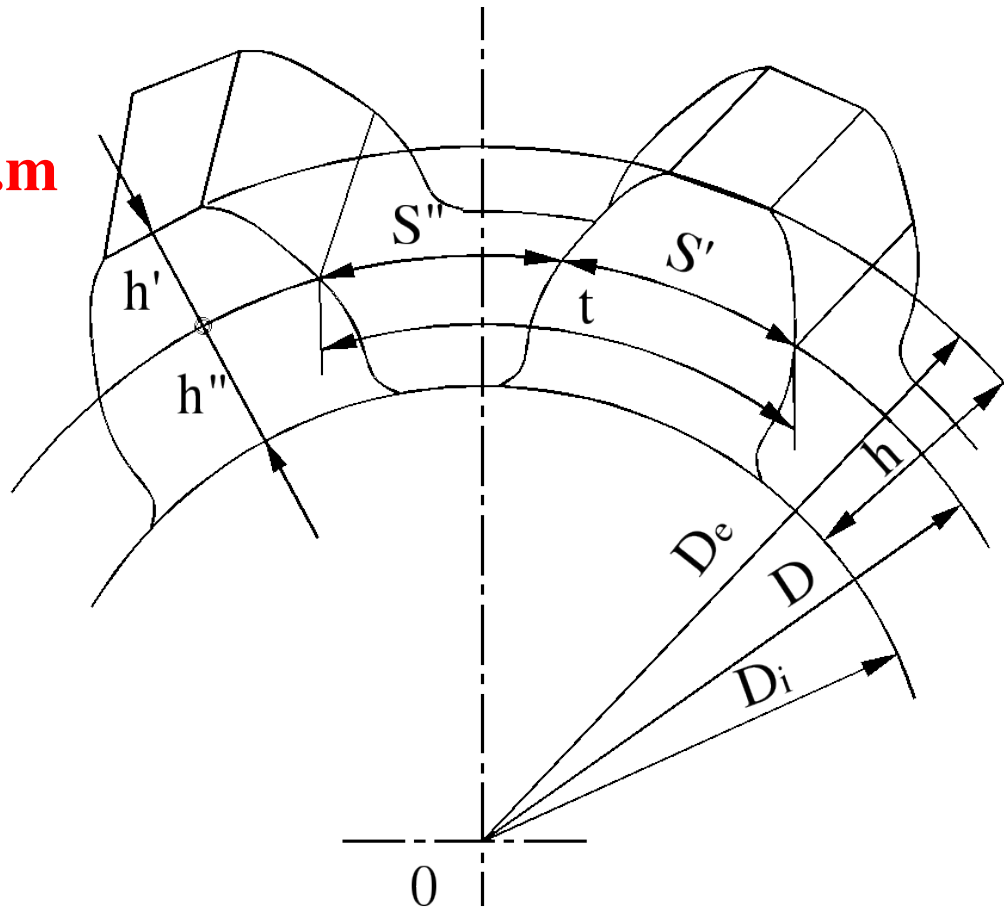
$h'' = f'' \cdot m$

($f'' = 1,25$ đ/v BR tiêu chuẩn;

$f'' = 1$ đ/v BR dịch chỉnh)



$$h = h' + h'' = \begin{matrix} 2,25m \\ 1,85m \end{matrix}$$



II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



2. Các thông số hình học cơ bản

- Số răng: Z

- Đường kính:

+ Vòng tròn lăn:

$$\text{Chu vi } Zt = D$$

$$D = Z.t / \pi = mZ$$

+ Vòng tròn đỉnh răng:

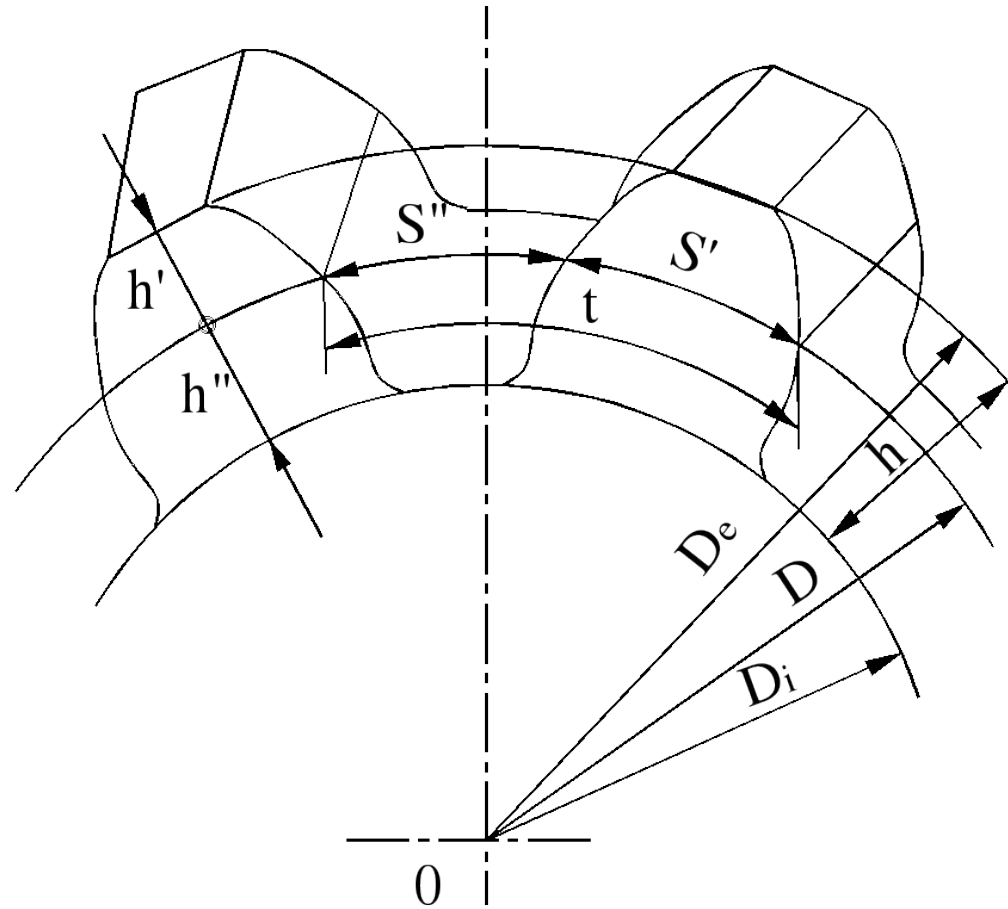
$$D_e = D + 2h'$$

+ Vòng tròn chân răng:

$$D_i = D - 2h''$$

+ Vòng tròn cơ sở:

$$D_0 = D \cdot \cos \alpha$$

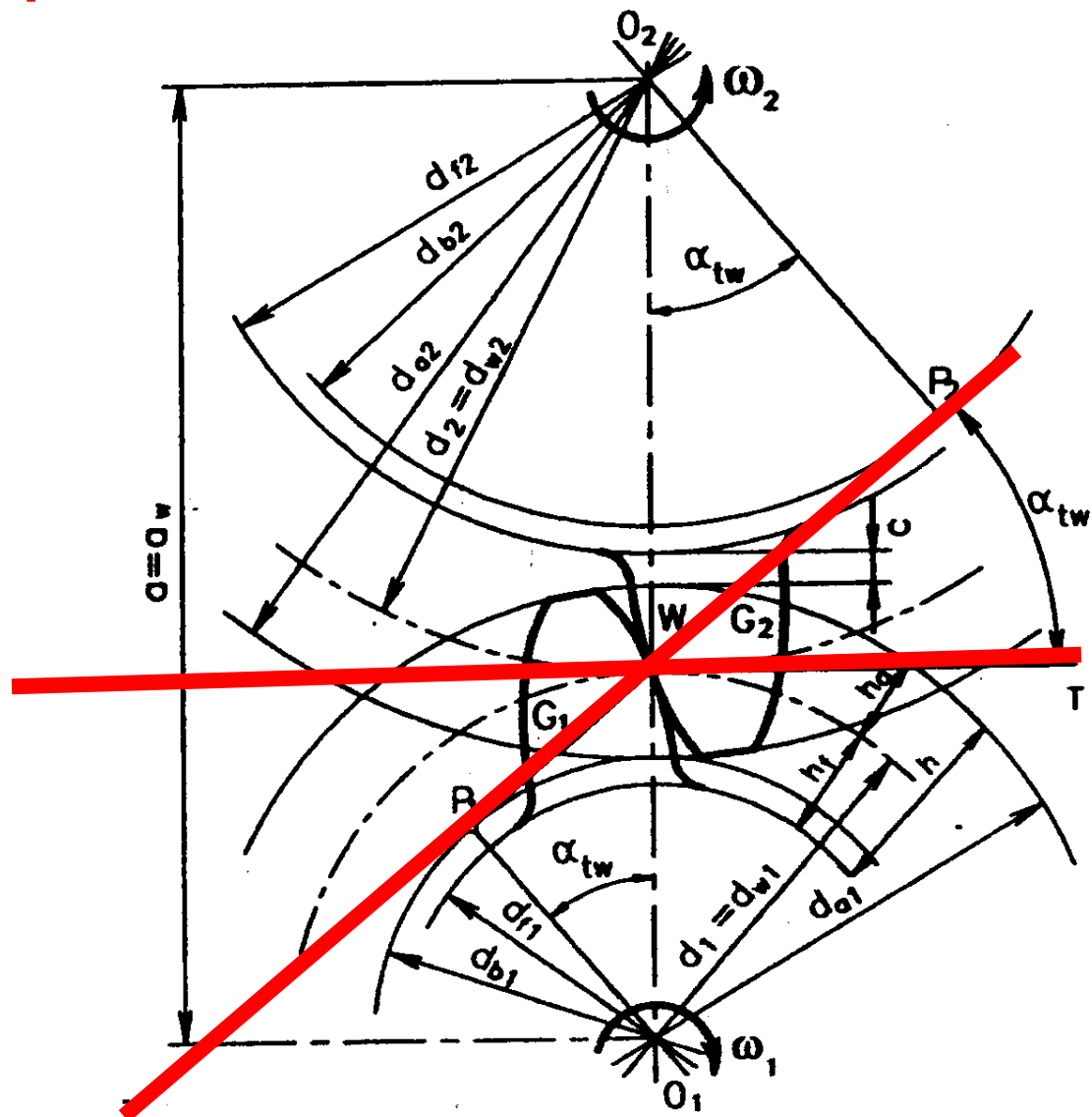


II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN

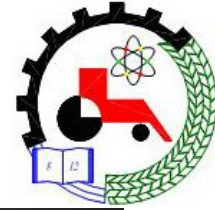


2. Các thông số hình học cơ bản

- Góc ăn khớp:
tiêu chuẩn $= 20^\circ$



II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



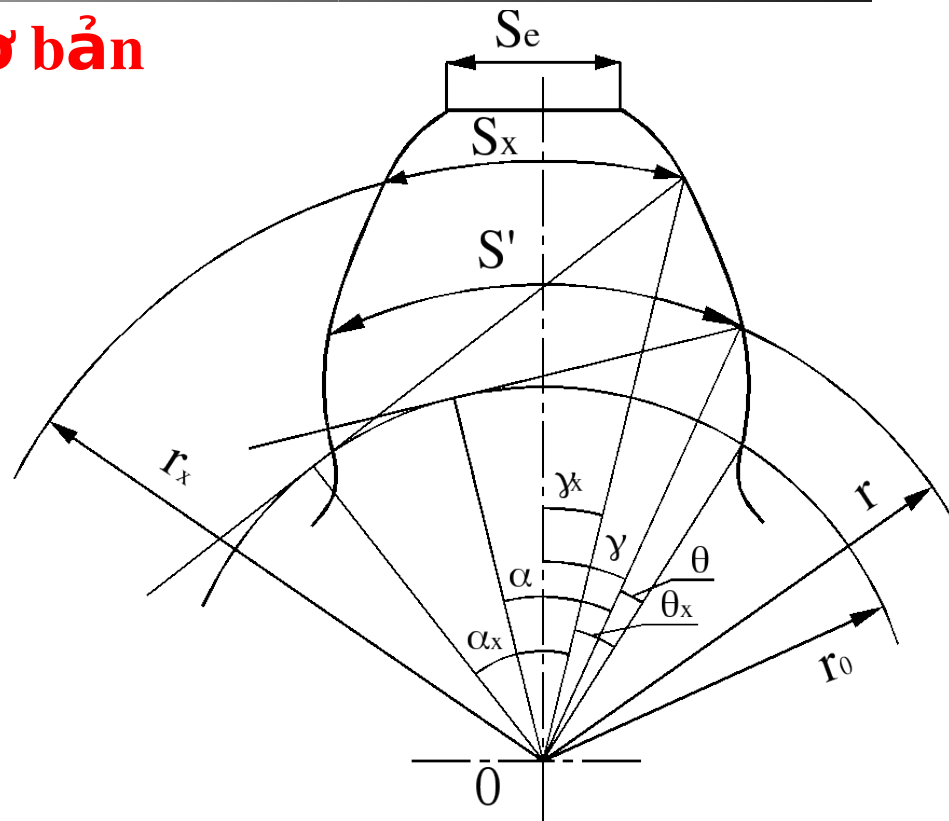
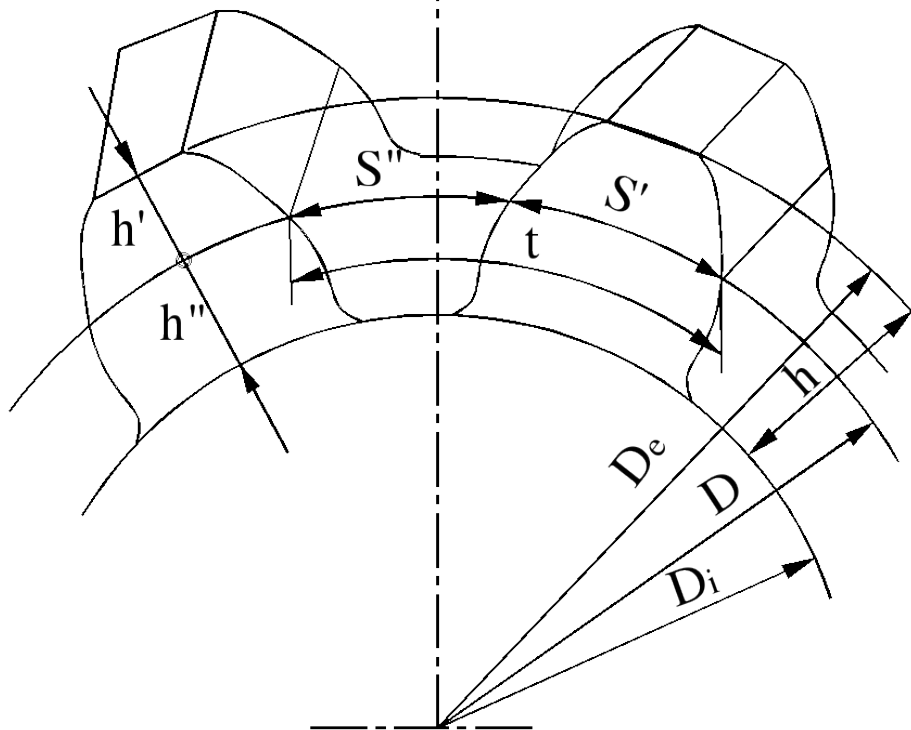
2. Các thông số hình học cơ bản

- Chiều rộng:

+ cửa răng: S'

+ kê răng: S''

$$S' = S'' = t/2$$



$$S_x = 2r_x \cdot [(S'/2r) + \text{inv } \alpha - \text{inv } \alpha_x]$$

$$S_e = 2r_e \cdot [(S'/2r) + \text{inv } \alpha - \text{inv } \alpha_e]$$

II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



2. Các thông số hình học cơ bản

- Tỷ số truyền:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{r_{o2}}{r_{o1}} = \frac{mZ_2}{mZ_1}$$

$$i_{12} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Dấu (+) – ăn khớp trong;

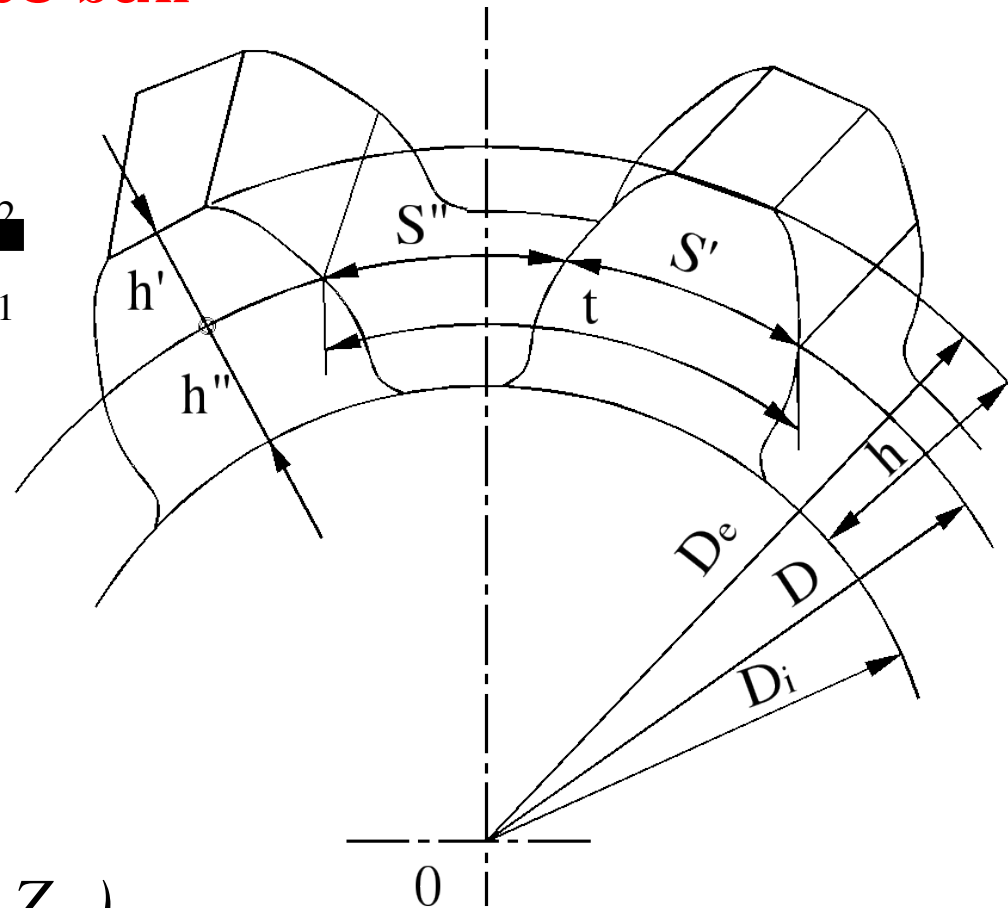
Dấu (-) – ăn khớp ngoài

- Khoảng cách trục:

$$A = O_1O_2 = r_1 + r_2 = \frac{1}{2}m(Z_1 + Z_2)$$

Dấu (-) – ăn khớp trong;

Dấu (+) – ăn khớp ngoài

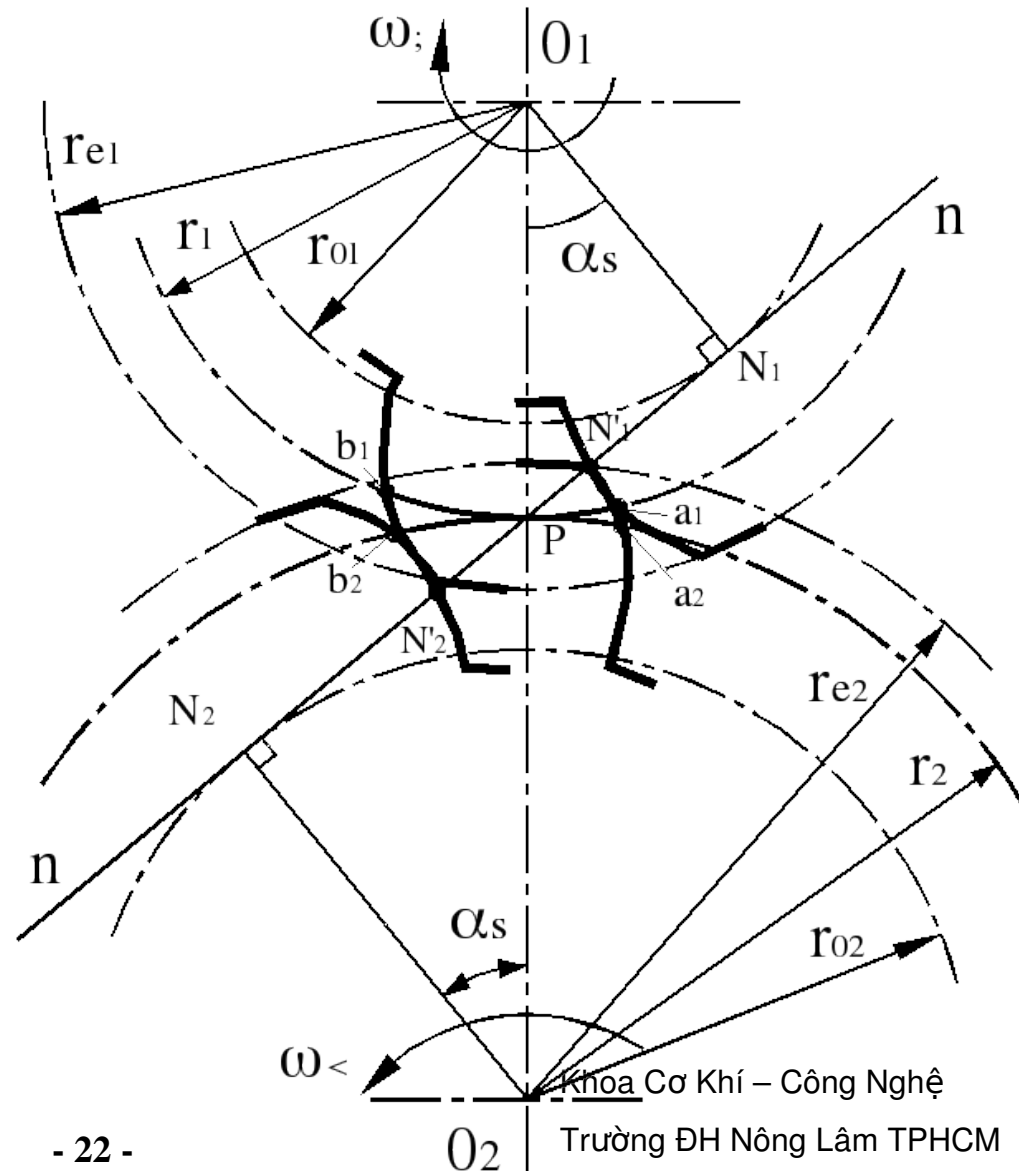


III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



1. Đường ăn khớp

- Khi 2 bánh răng ăn khớp với nhau, điểm ăn khớp thay đổi vị trí trong quá trình ăn khớp nhưng vẫn luôn luôn nằm trên pháp tuyến $n-n$ gọi là *đường ăn khớp*.
- N_1N_2 gọi là đoạn ăn khớp lý thuyết.
- $N'_1N'_2$ gọi là đoạn ăn khớp thực.



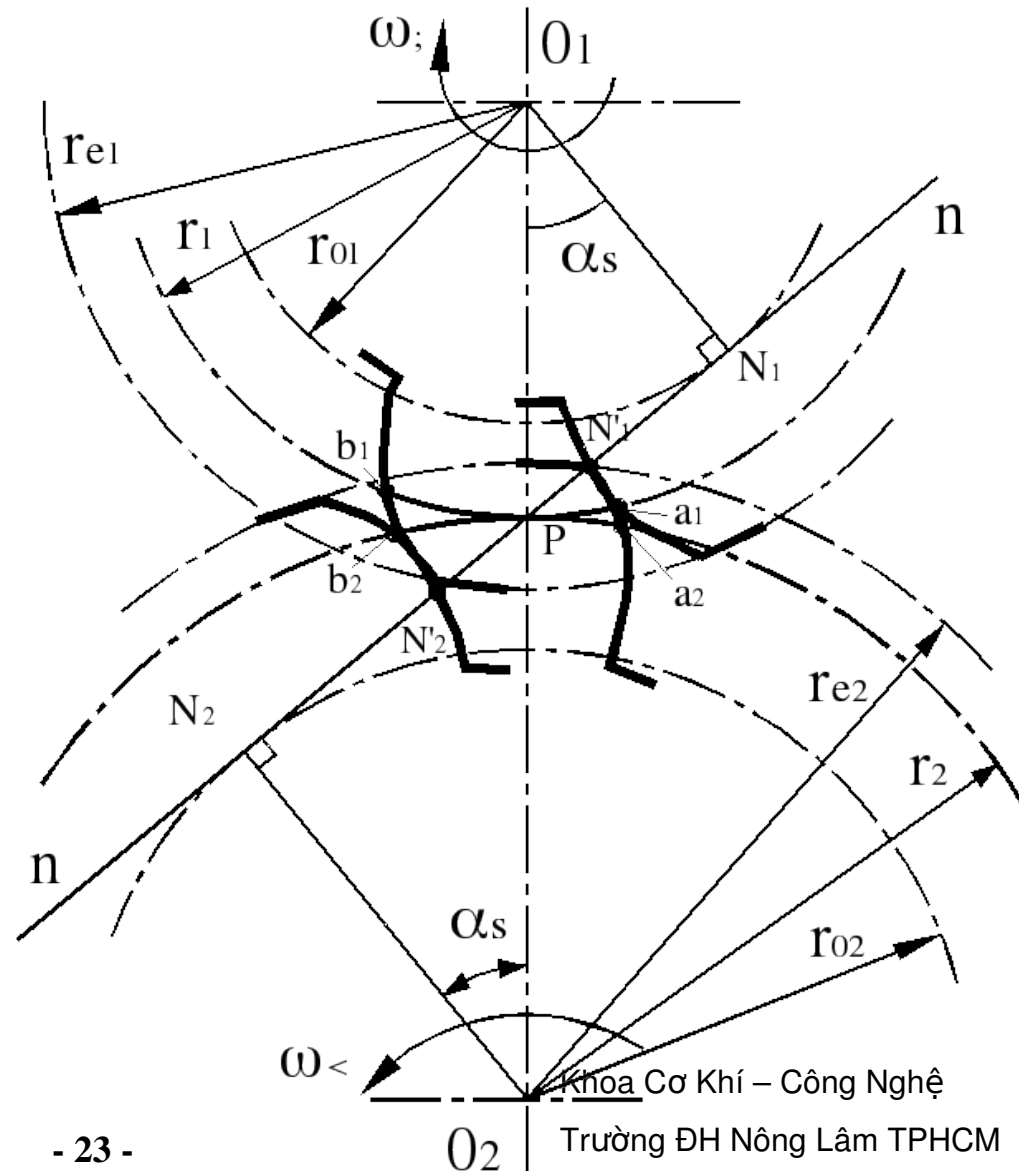
III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



2. Cung ăn khớp

- Các cung a_1b_1 , a_2b_2 là cung trên vòng tròn ban đầu do các điểm a_1 , a_2 vẽ ra trong thời gian 1 đôi răng ăn khớp gọi là *cung ăn khớp*.

$$a_1b_1 = a_2b_2$$



III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP

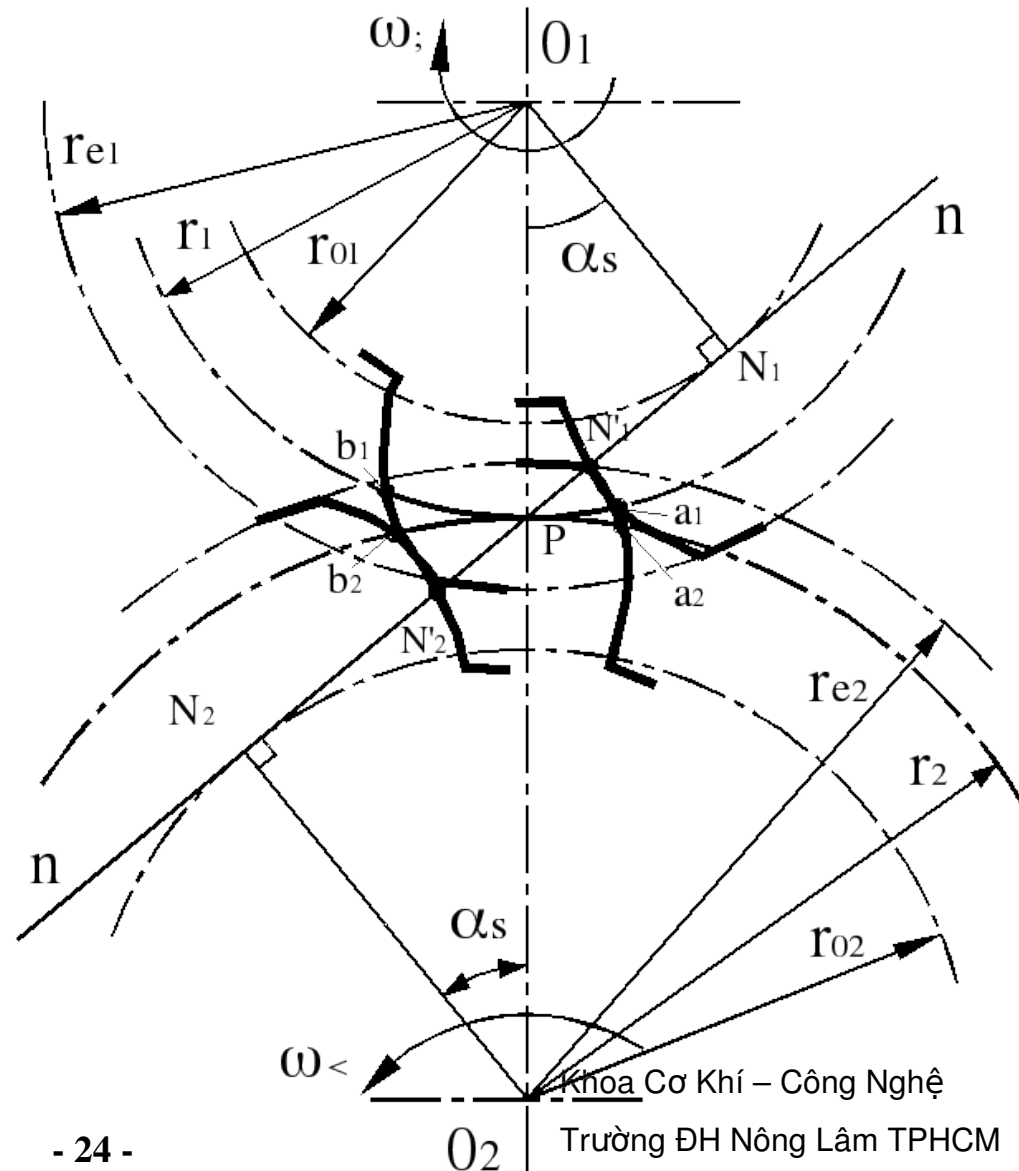


3. Hệ số trùng khớp

$$= a_1 b_1 / t = a_2 b_2 / t$$

+ Hệ số trùng khớp phụ thuộc vào góc ăn khớp và chiều dài đoạn ăn khớp thực tế. (số răng và hệ số chiều cao răng)

+ Để đảm bảo truyền động liên tục giữa 2 bánh răng, phải thỏa mãn điều kiện 1. Do chế tạo và lắp ráp không hoàn toàn chính xác, các răng lại bị mòn trong quá trình làm việc, người ta thường lấy **1,05**.



III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



4. Điều kiện ăn khớp đều

- + ăn khớp đúng
- + ăn khớp trùng
- + ăn khớp khít

III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



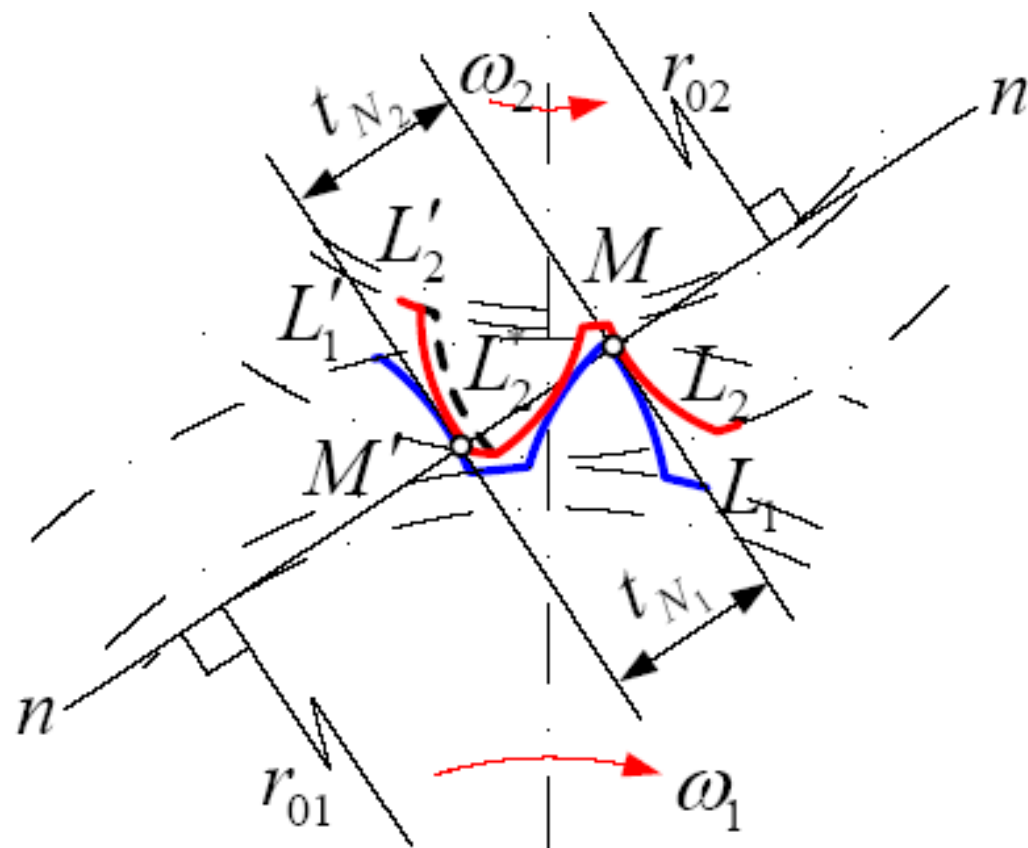
4. Điều kiện ăn khớp đều

a) Điều kiện ăn khớp đúng (ăn khớp chính xác)

- Điều kiện $t_{N_1} = t_{N_2}$ hay $t_{O_1} = t_{O_2}$

Các thông số t_{O_1}, t_{O_2}

là thông số chế tạo, do đó việc thay đổi khoảng cách trục không ảnh hưởng gì đến điều kiện ăn khớp đúng





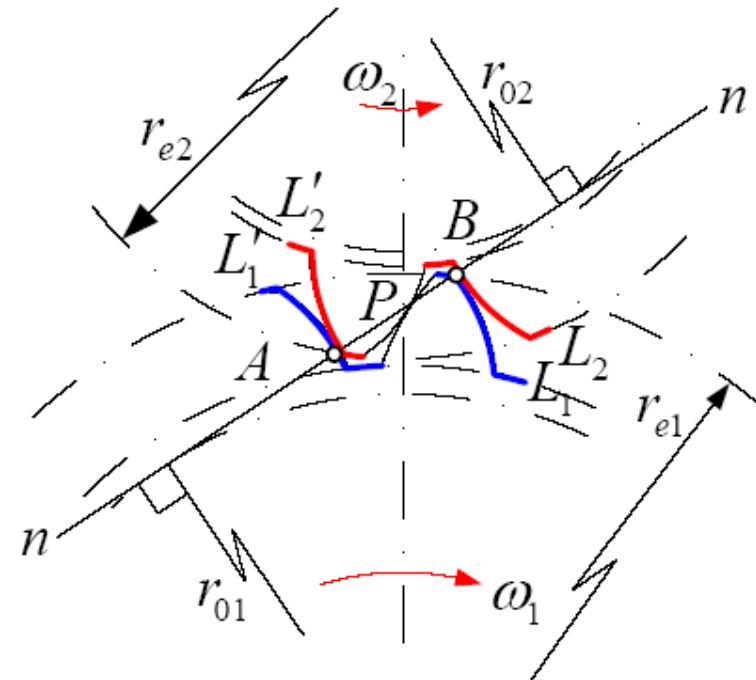
III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP

4. Điều kiện ăn khớp đều

b) Điều kiện ăn khớp trùng

- Điều kiện AB t_N hay $\varepsilon = \frac{AB}{t_N} = \frac{AB}{t_0} > 1$ ε : hệ số trùng khớp

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{e1}^2 - r_{o1}^2} + \sqrt{r_{e2}^2 - r_{o2}^2} - A \sin \alpha_L}{t_0}$$



ε phụ thuộc vào điều kiện chế tạo (r_e, r_o, t_0) và điều kiện lắp ráp (A, α_L)

III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



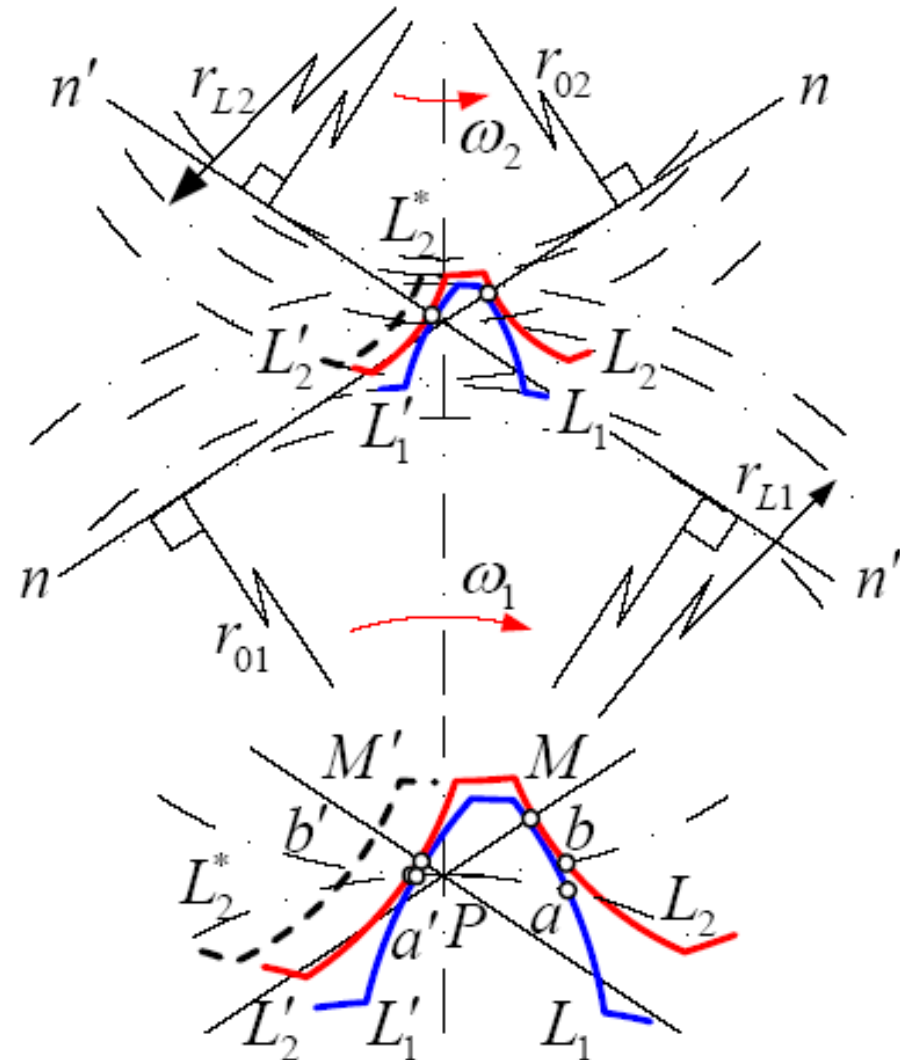
4. Điều kiện ăn khớp đều

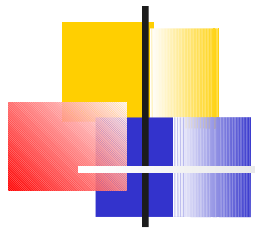
c) Điều kiện ăn khớp khít

→ Điều kiện ăn khớp khít

$$S'_{L_1} = S''_{L_2}$$

$$S'_{L_2} = S''_{L_1}$$





IV. SỰ TRƯỢT CỦA CÁC RĂNG

$$V_{K1}^n = V_{K2}^n$$

$$V_{K1}^t - V_{K2}^t = V_{12}$$

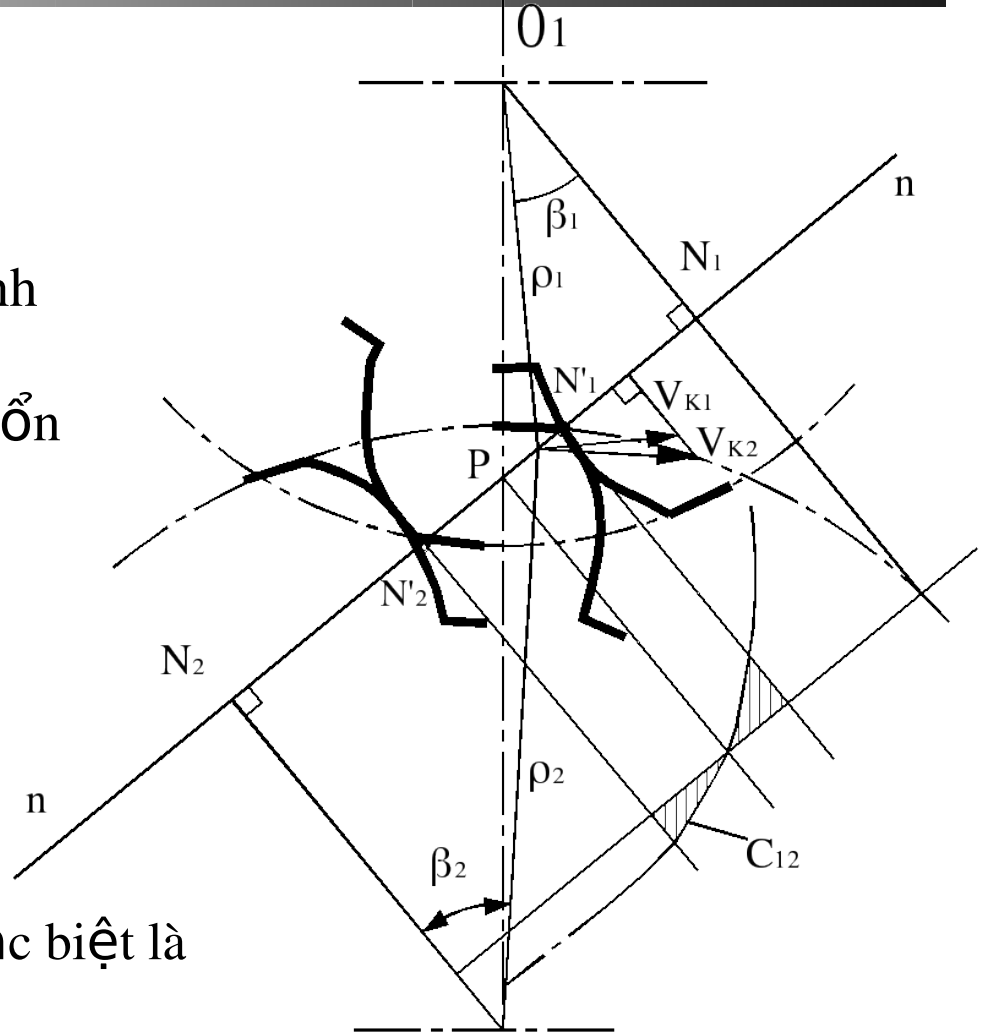
Chính là vận tốc trượt giữa biên hình thứ 2 và biên hình thứ 1.

nguyên nhân gây ra mòn răng và tổn phí năng lượng do ma sát

Hệ số trượt (C):

$$C_{12} = \frac{V_{K1}^t - V_{K2}^t}{V_{K1}^t} = 1 - i_{21} \cdot \frac{N_2 K}{N_1 K}$$

$$C_{21} = \frac{V_{K2}^t - V_{K1}^t}{V_{K2}^t} = 1 - i_{12} \cdot \frac{N_1 K}{N_2 K}$$



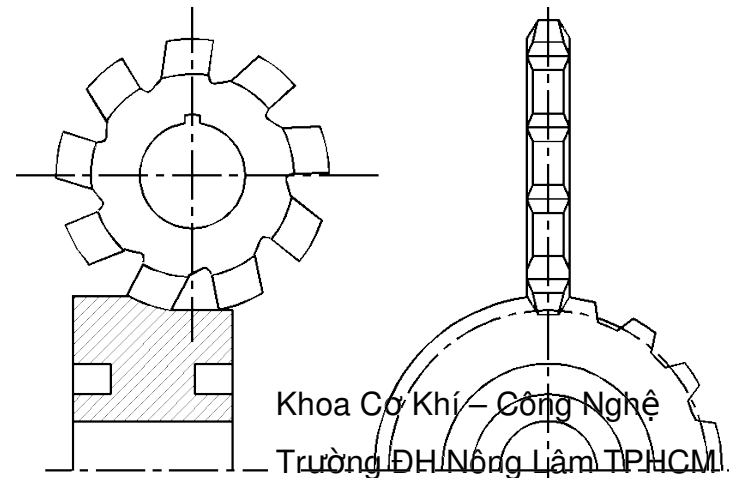
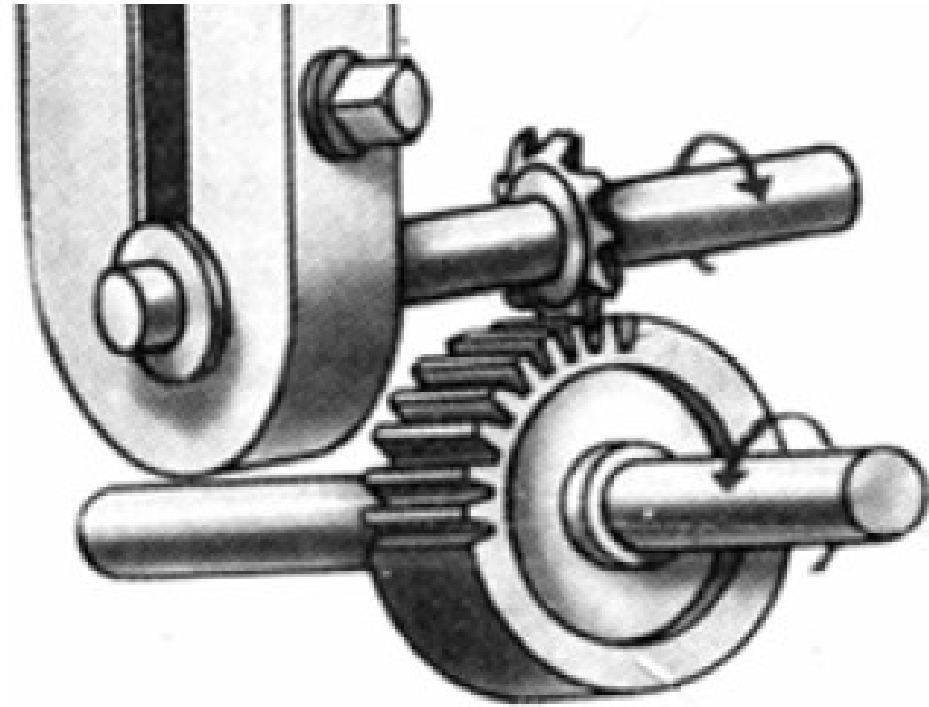
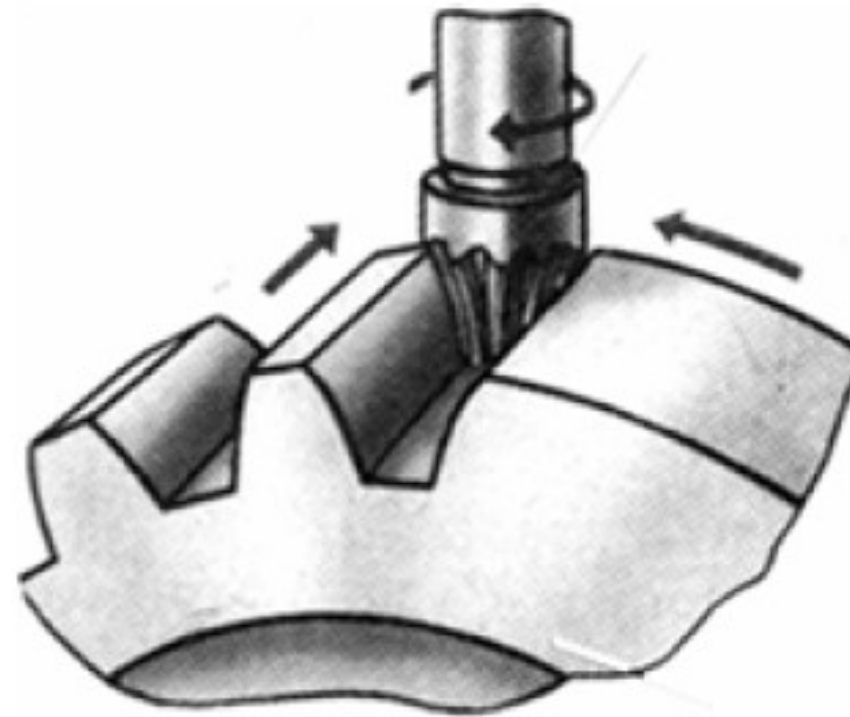
Chân răng mòn nhiều hơn đầu răng, đặc biệt là chân răng của bánh răng nhỏ.

Muốn điều chỉnh sự bất lợi này, ta dịch đoạn làm việc sang trái, nghĩa là tăng chiều cao đầu răng của bánh răng nhỏ, và giảm chiều cao chân răng của bánh răng lớn, hoặc dịch chỉnh các bánh răng

VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



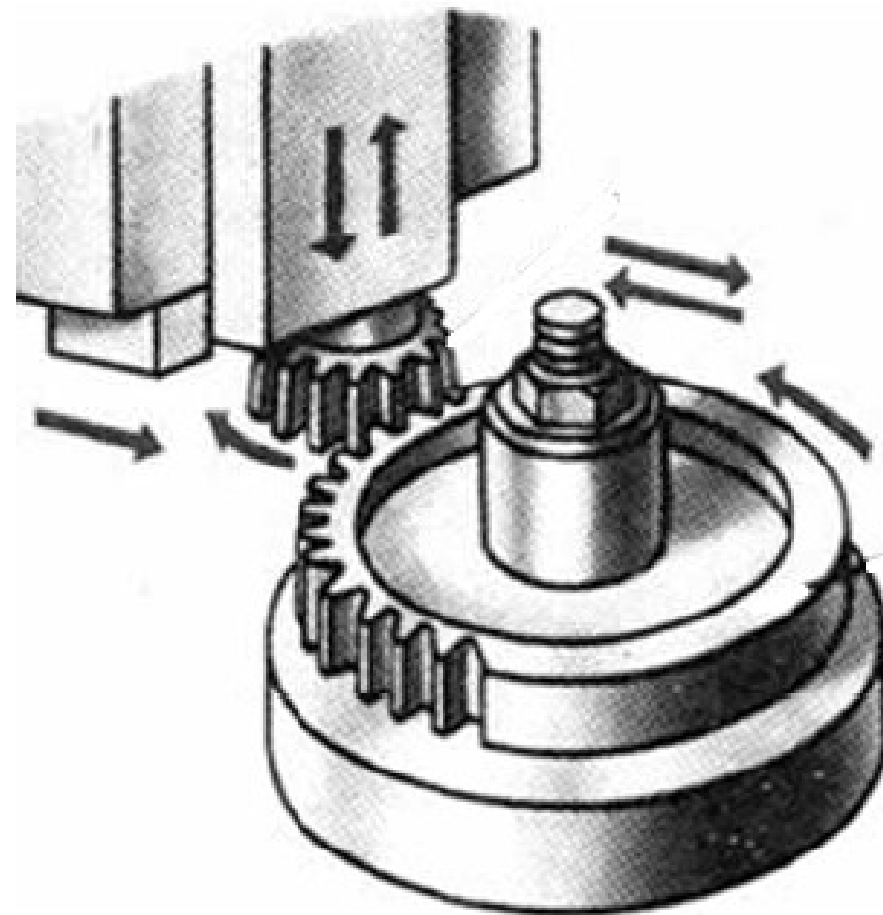
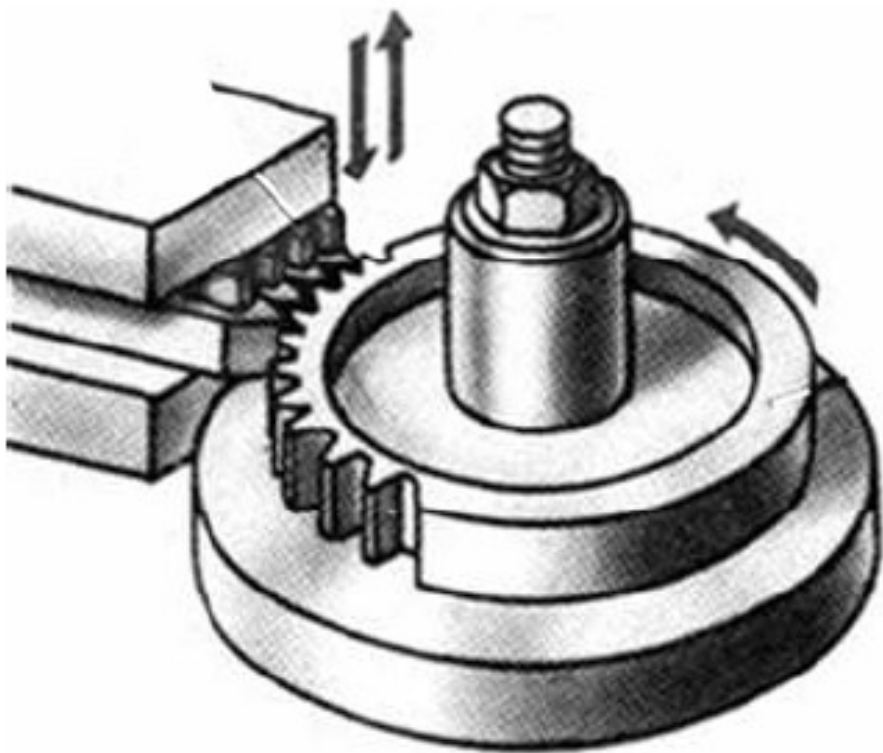
Phương pháp cắt định hình



VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



Phương pháp cắt bao hình

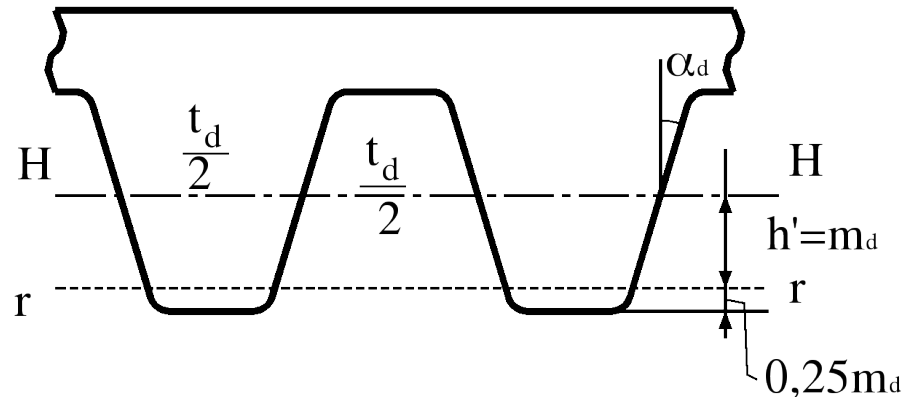
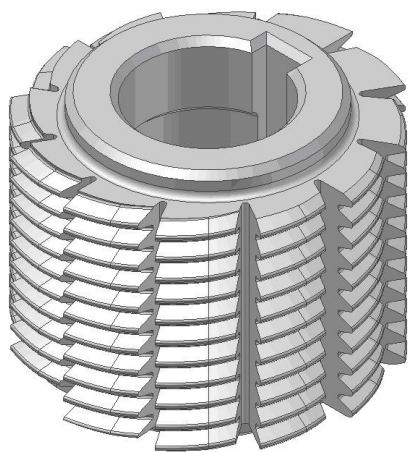
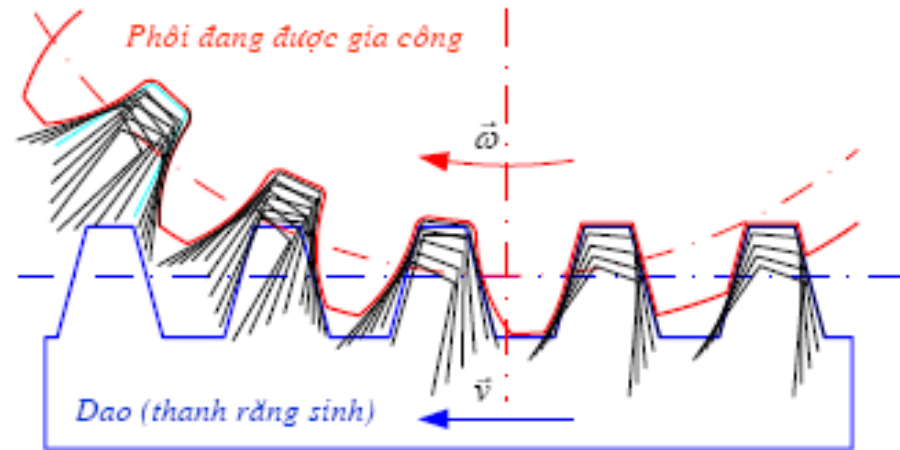
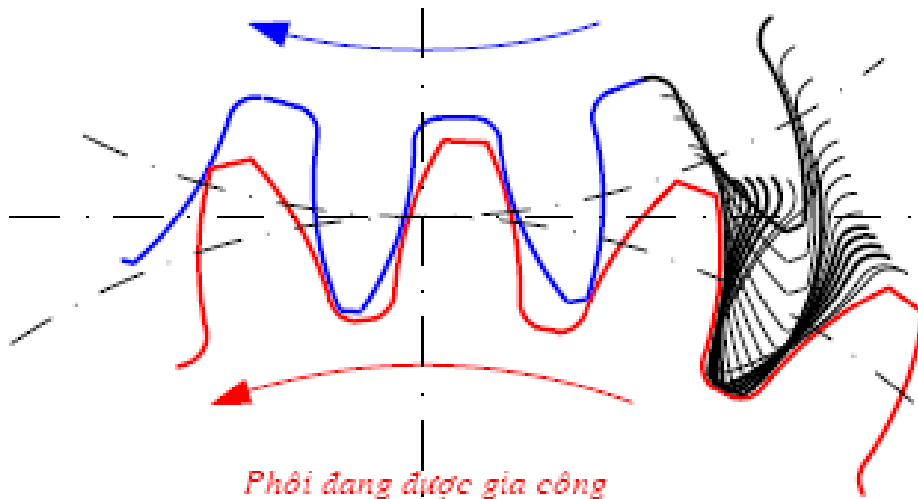


VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



Phương pháp cắt bao hình

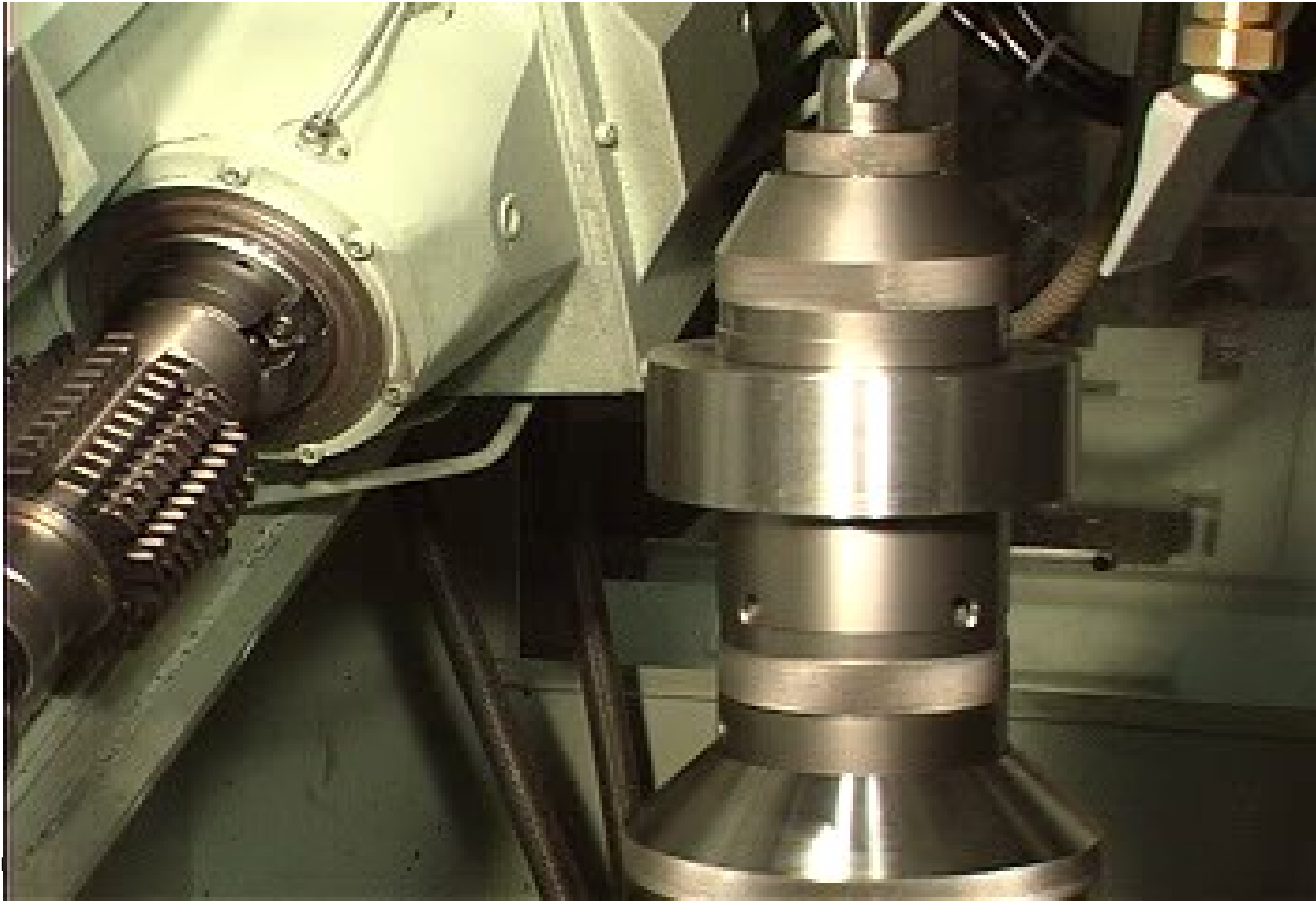
Dao cắt dạng bánh răng thân khai



VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



Phương pháp cắt bao hình

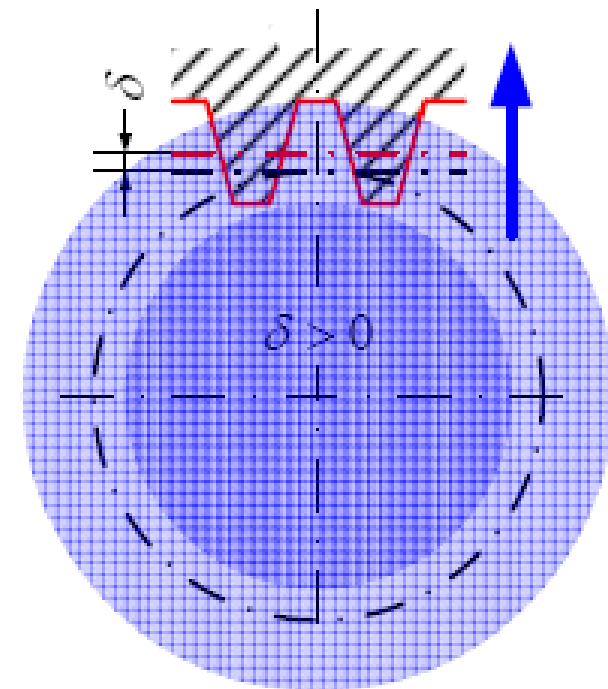
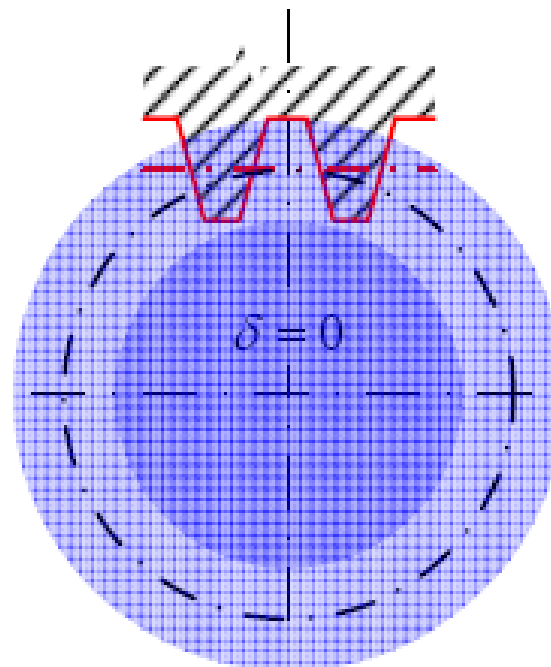
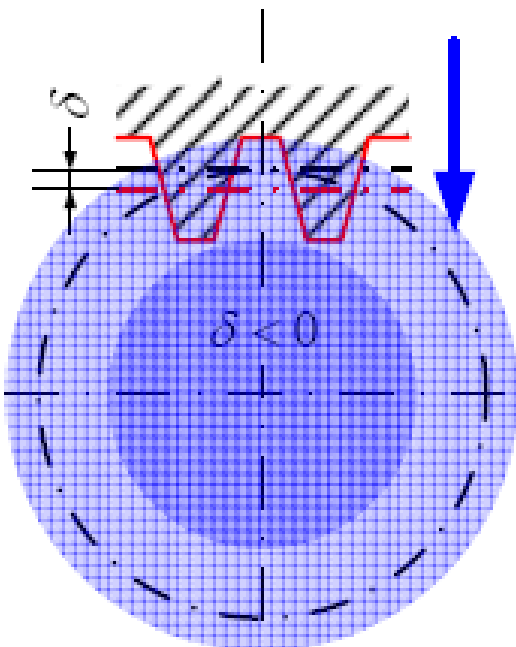


VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



Bánh răng tiêu chuẩn

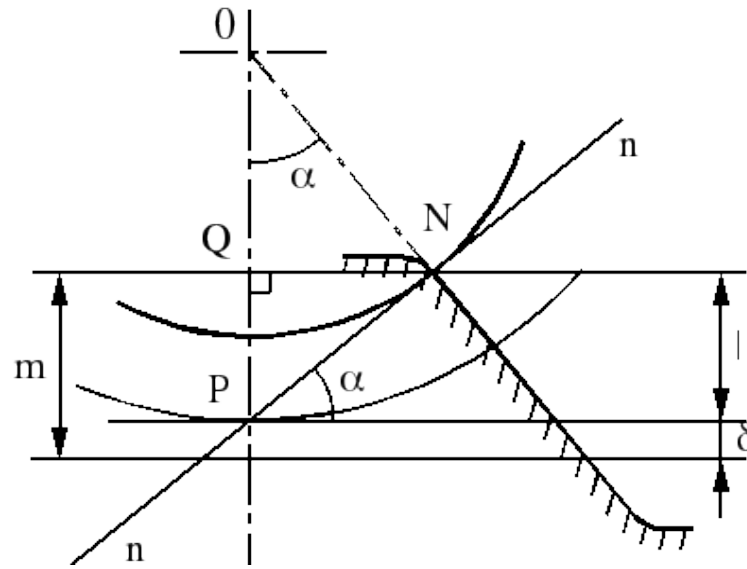
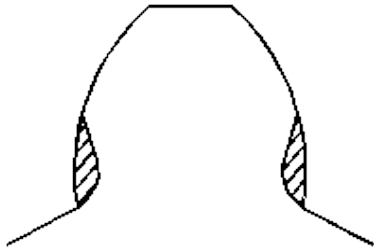
Bánh răng có dịch dao (BR dịch chỉnh)



VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



Hiện tượng cắt chân răng và số răng tối thiểu



+ Nếu hệ số dịch dao đã chọn thì số răng phải bảo đảm:

$$Z \geq Z_{\min} = 17(1 - \gamma)$$

Đối với bánh răng tiêu chuẩn ($\gamma = 0$) thì $Z_{\min} = 17$. Có thể dịch dao để số răng nhỏ hơn (khi có yêu cầu bánh răng nhỏ gọn).

+ Nếu số răng Z đã được quyết định thì hệ số dịch dao phải bảo đảm:

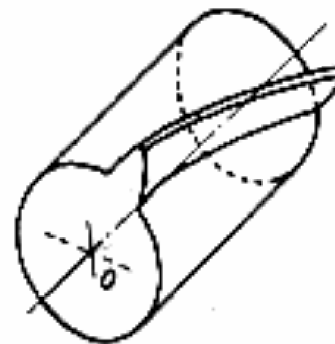
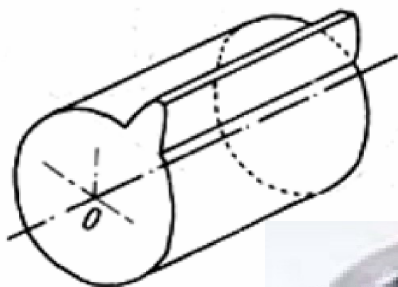
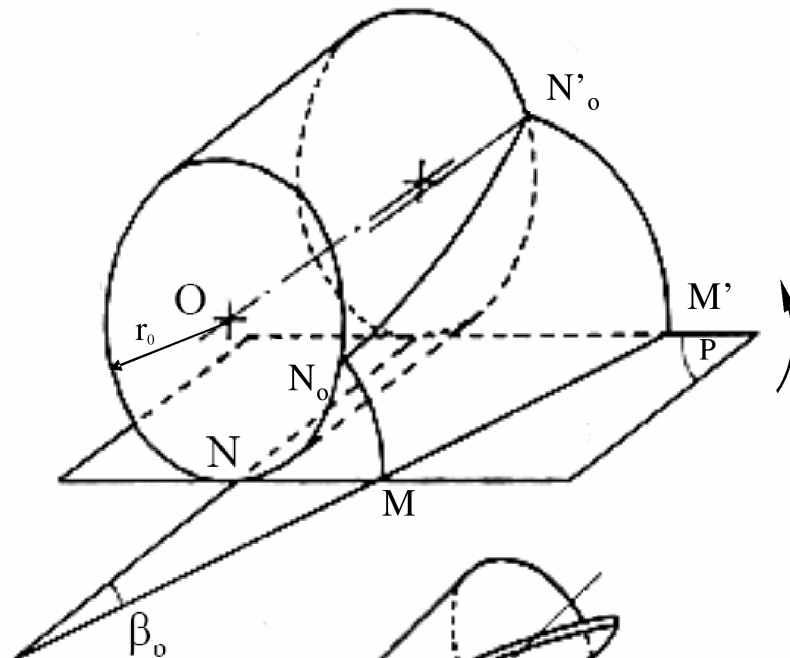
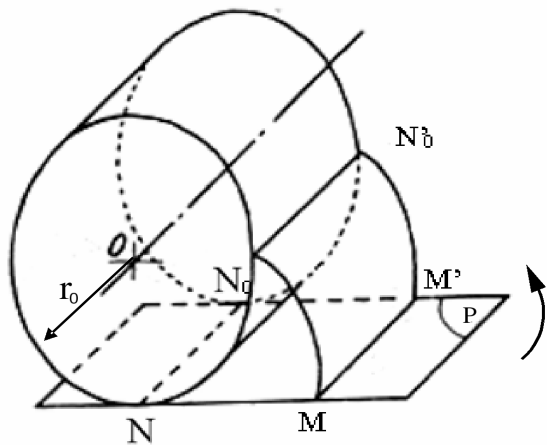
$$\gamma_{\min} = (17 - Z) / 17$$

+ Z_{\min} , γ_{\min} là số răng tối thiểu và hệ số dịch dao tối thiểu để không xảy ra hiện tượng cắt chân răng.



VI. BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN RĂNG NGHIÊNG

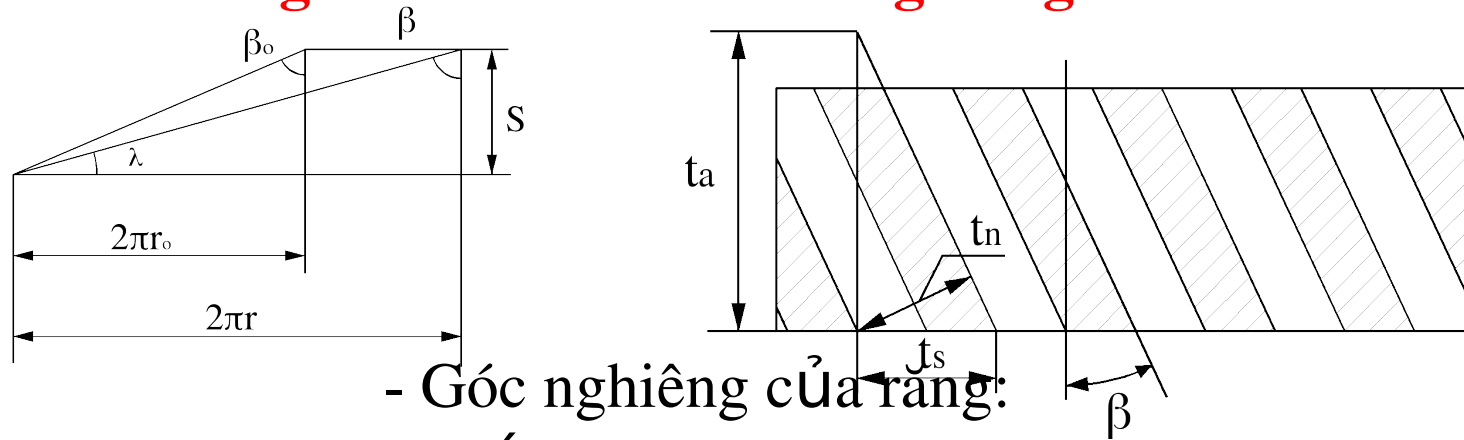
1. Cấu tạo mặt răng





VI. BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN RĂNG NGHIÊNG

2. Các thông số cơ bản của BR nghiêng



- Góc nghiêng của răng:

- Bước răng – Modun răng:

+ Trên tiết diện pháp:

t_n

$m_n = t_n / \quad (\text{tiêu chuẩn})$

+ Trên tiết diện ngang:

t_s

$m_s = t_s /$

+ Trên tiết diện dọc:

t_a

$m_a = t_a /$

$$t_n = t_s \cdot \cos \beta = t_a \cdot \sin \beta$$

$$m_n \cdot \cos \beta = m_a \cdot \sin \beta$$

$$r = \frac{1}{2} m_s \cdot Z = \frac{1}{2} (m_n / \cos \beta) \cdot Z$$

$$r_e = r + f' \cdot m_n$$

$$r_i = r - f'' \cdot m_n$$



VI. BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN RĂNG NGHIÊNG

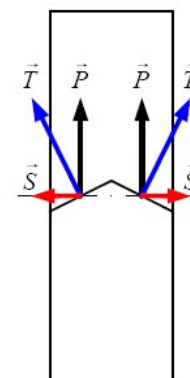
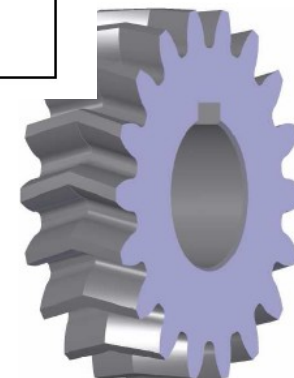
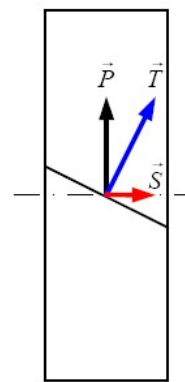
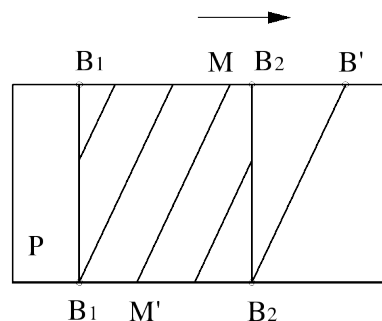
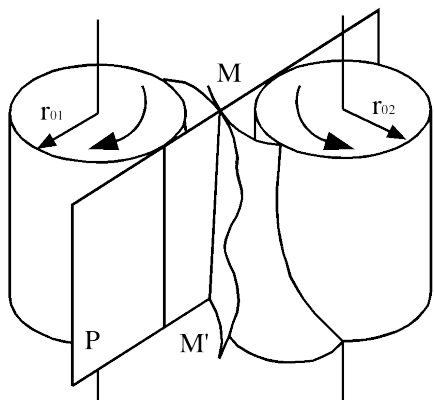
3. Ưu nhược điểm của BR nghiêng so với BR thẳng tương ứng

Ưu điểm

- + Làm việc êm dịu.
- + Khả năng tải lớn hơn.

Nhược điểm

- + Xuất hiện lực dọc trục
- Khắc phục:
- + Dùng bánh răng chữ V
 - + Thông thường người ta chọn
 $= 8^\circ - 15^\circ$





VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN

1. BR trụ răng thẳng

+ Lực vòng:

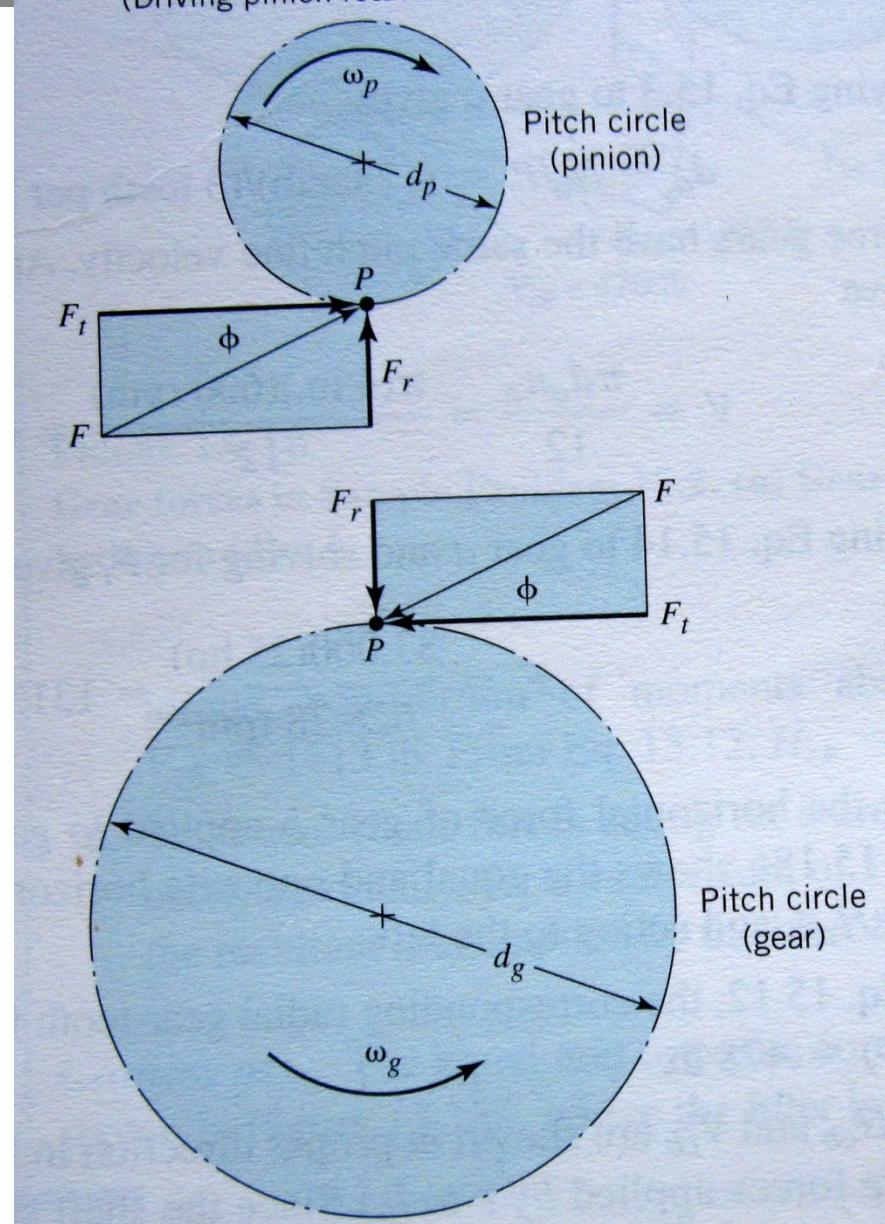
$$F_{t1} = 2T_1 / d_{w1} \quad F_{t2}$$

+ Lực hướng tâm:

$$F_{r1} = F_{t2} \tan \alpha \quad F_{r2}$$

+ Lực pháp tuyến:

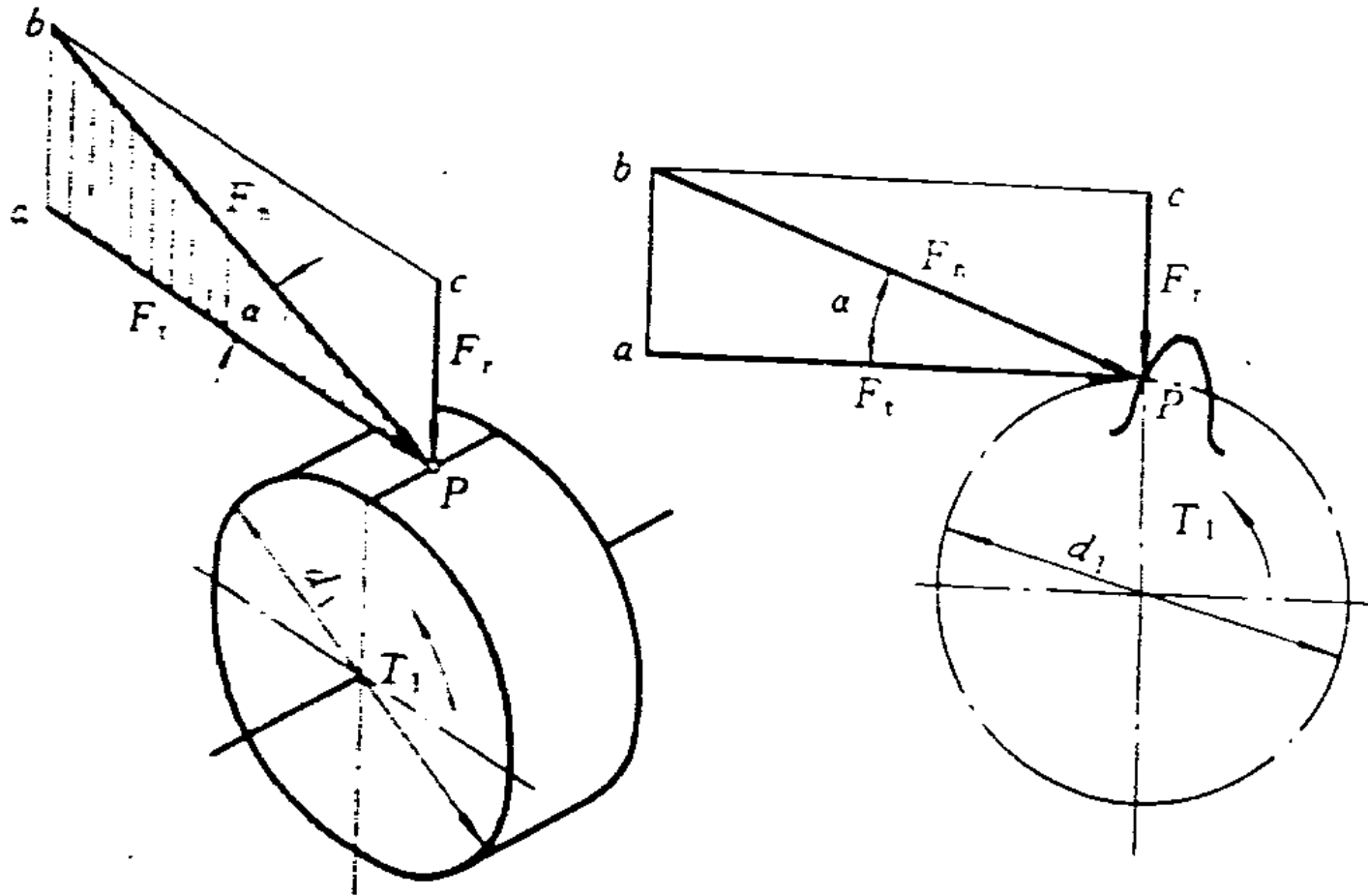
$$F_{n1} = F_{n2} = F_{t1} / \cos \alpha \quad w$$



VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN



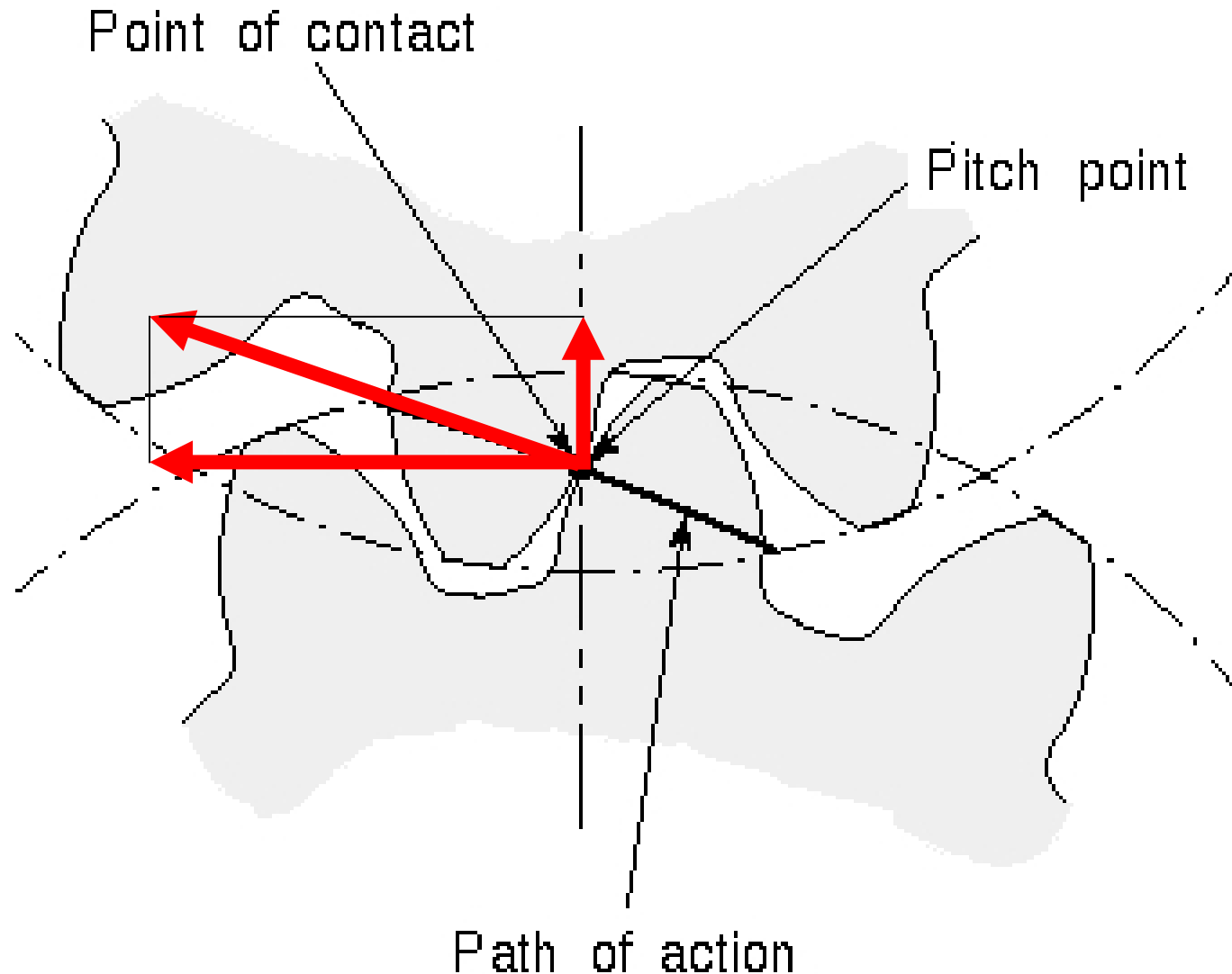
1. BR trụ răng thẳng



VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN



1. BR trụ răng thẳng

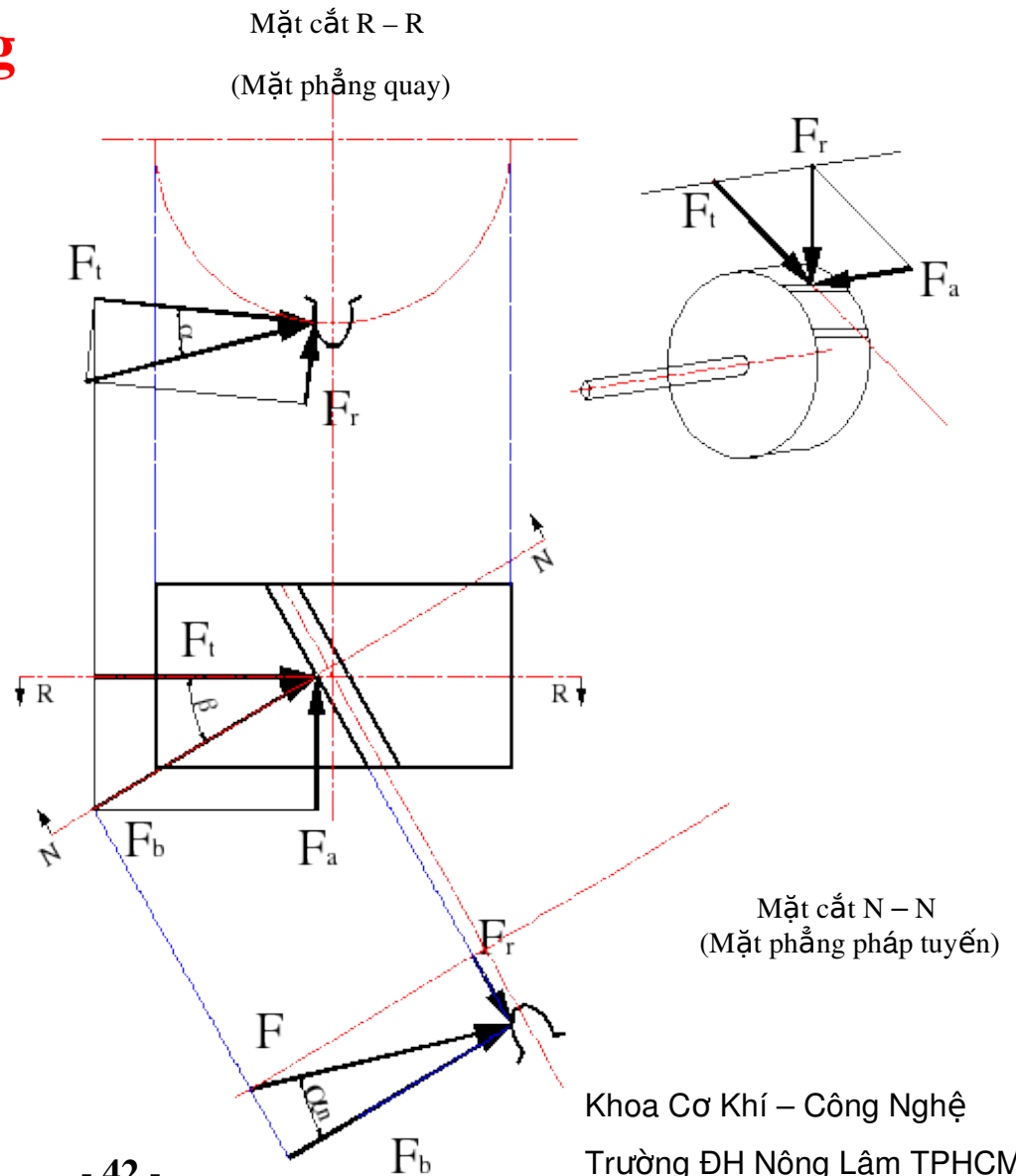


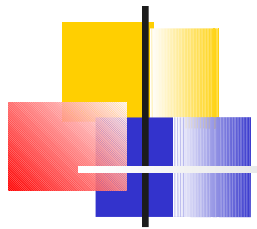


VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN

2. BR trụ răng nghiêng

- + Lực vòng: F_t
- + Lực hướng tâm: F_r
- + Lực dọc trục: F_a
- + Lực pháp tuyến: F_n

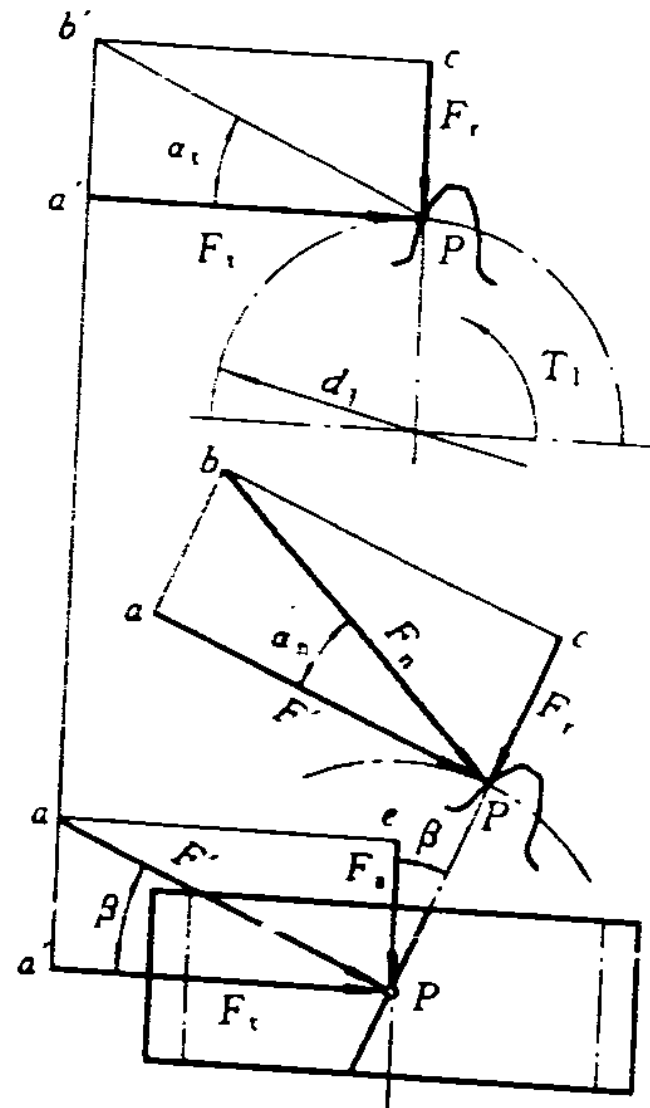
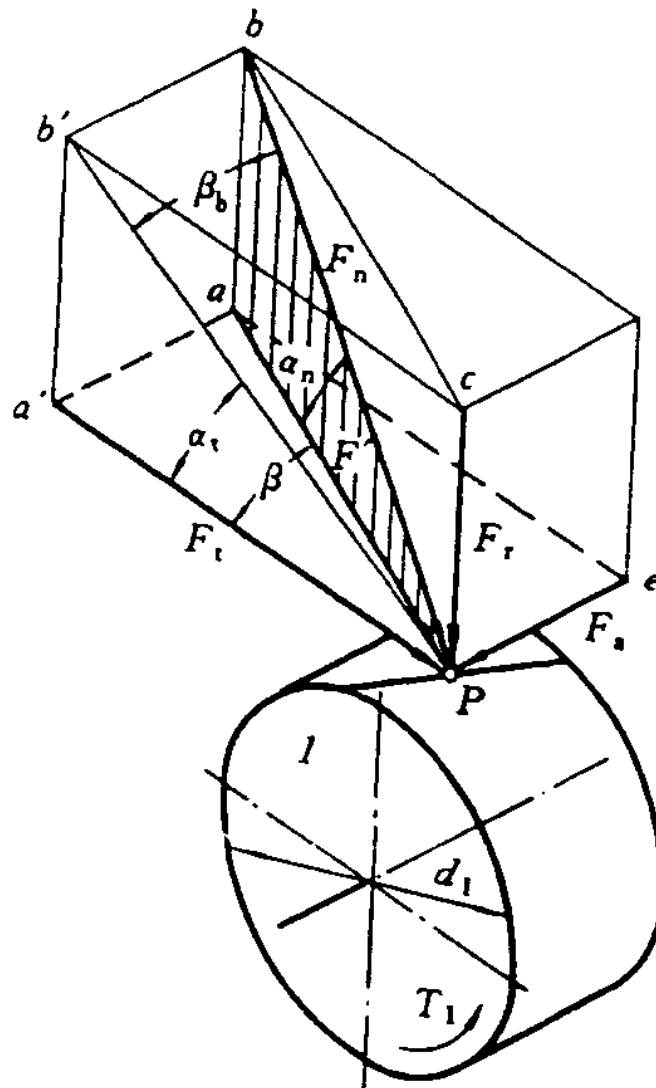




VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN



2. BR trụ răng nghiêng



VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN



2. BR trụ răng nghiêng

+ Lực vòng:

$$F_{t1} = 2T_1 / d_{w1} \quad F_{t2}$$

+ Lực dọc trục:

$$F_{a1} = F_{t1} \tan \alpha_w \quad F_{a2}$$

+ Lực hướng

tâm:

$$F_{r1} = F_{t1} \tan \alpha_w / \cos \alpha_w \quad F_{r2}$$

+ Lực pháp

tuyến:

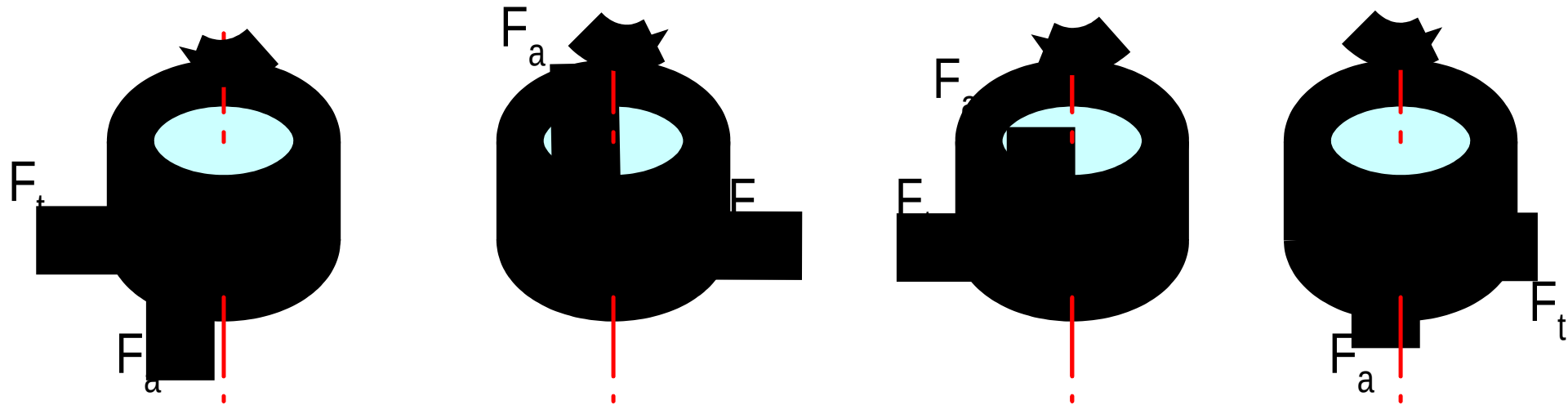
$$F_{n1} = F_{n2} = F_{t1} / \cos \alpha_{nw} \cos \alpha_w$$

α_{nw} : góc ăn khớp trong mặt phẳng pháp

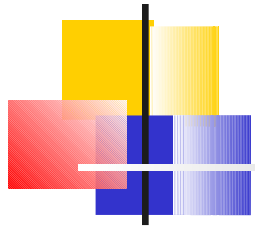
VII. PHÂN TÍCH LỰC TRÊN BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN



2. BR trụ răng nghiêng



- Chiều lực vòng F_t trên bánh dẫn luôn ngược chiều quay, trên bánh bị dẫn cùng chiều quay.
- Phương lực dọc trục phụ thuộc vào chiều nghiêng răng và chiều quay.
- Chiều F_r luôn hướng vào tâm.



BÀI TẬP



Bài tập tại website:

www2.hcmuaf.edu.vn/?ur=tqtruong

