



# NGUYÊN LÝ MÁY



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



## Chương 9 CƠ CẤU BÁNH RĂNG

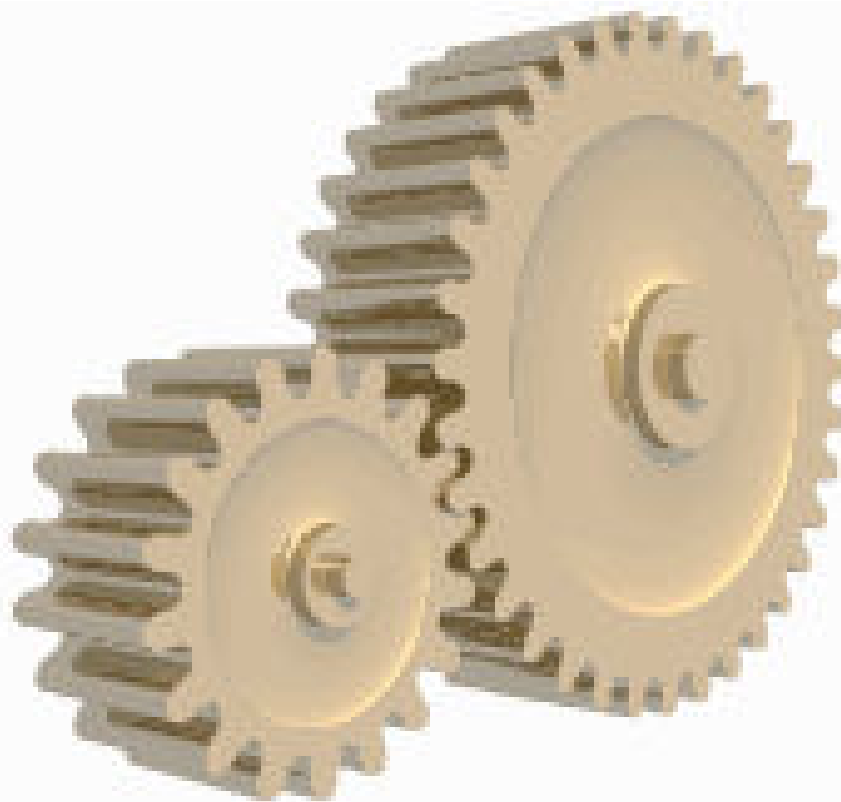
### PHẦN I: CƠ CẤU BÁNH RĂNG PHẪNG

# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG 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



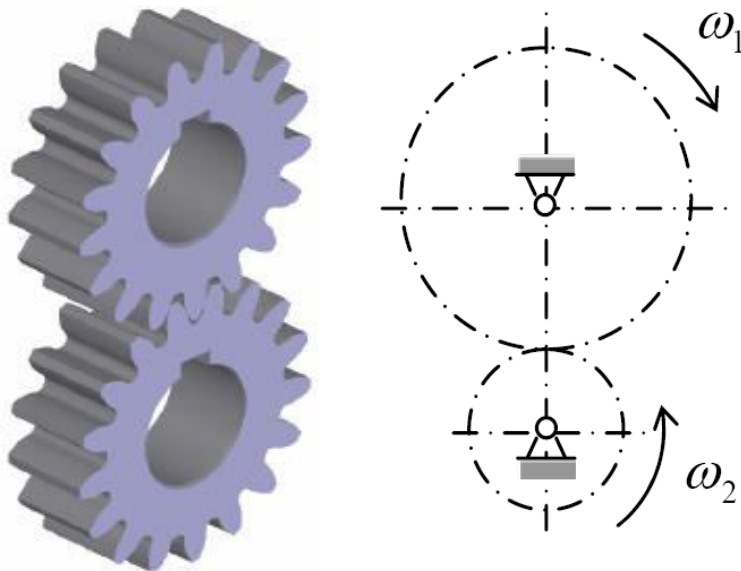
# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



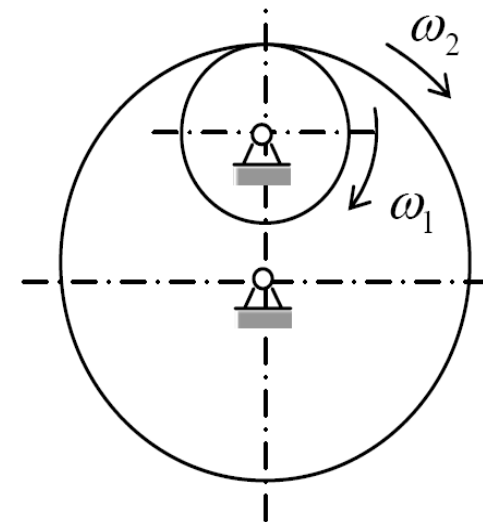
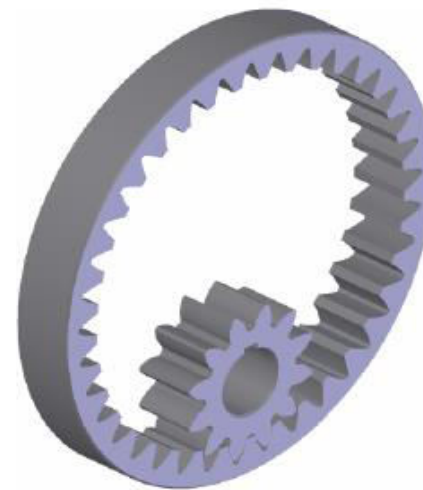
## 1. Khái niệm và phân loại

### b) Phân loại:

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



*Ăn khớp ngoại tiếp*



*Ăn khớp nội tiếp*

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

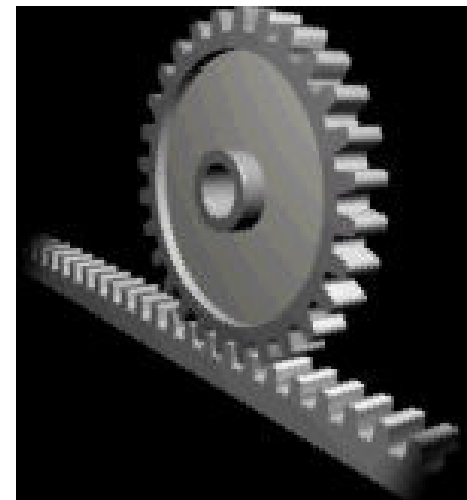
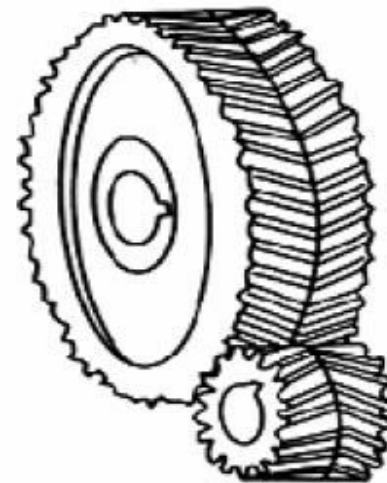
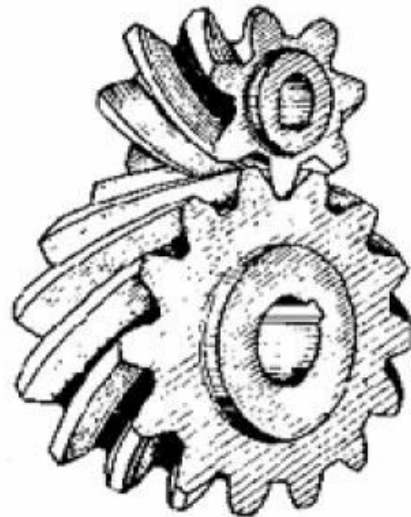
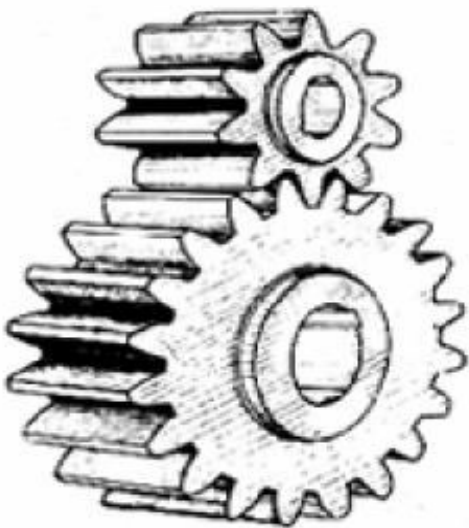
# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 1. Khái niệm và phân loại

### b) Phân loại:

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



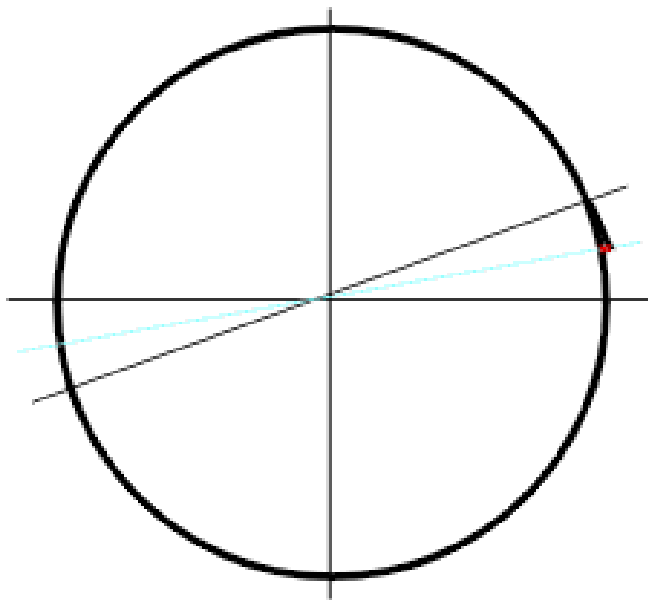
# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



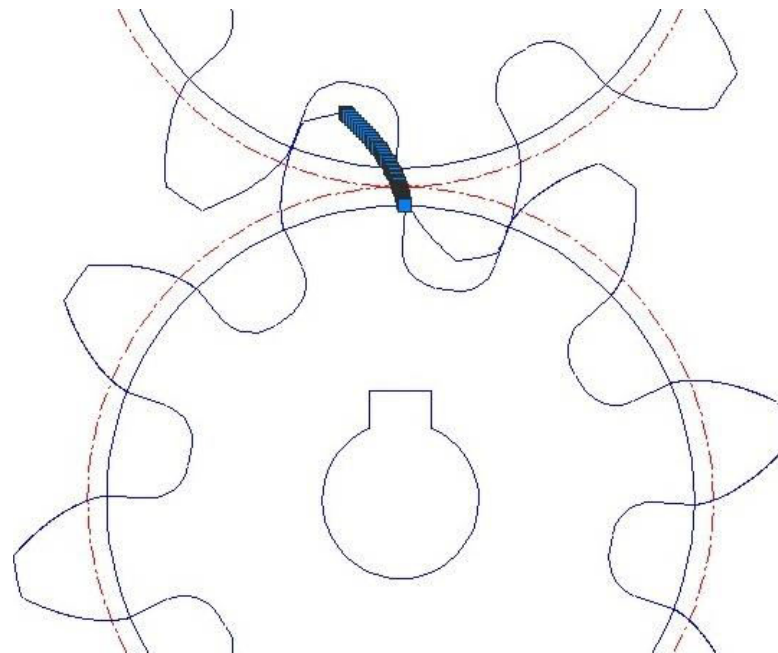
## 1. Khái niệm và phân loại

### b) Phân loại:

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



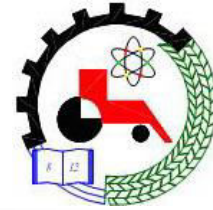
*Đường thân khai*



*BR thân khai*



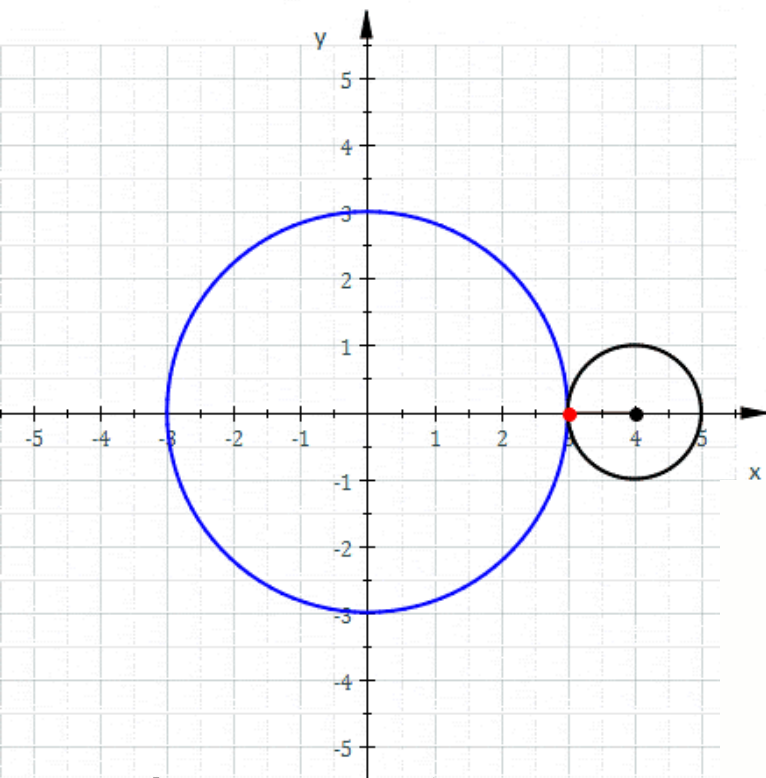
# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 1. Khái niệm và phân loại

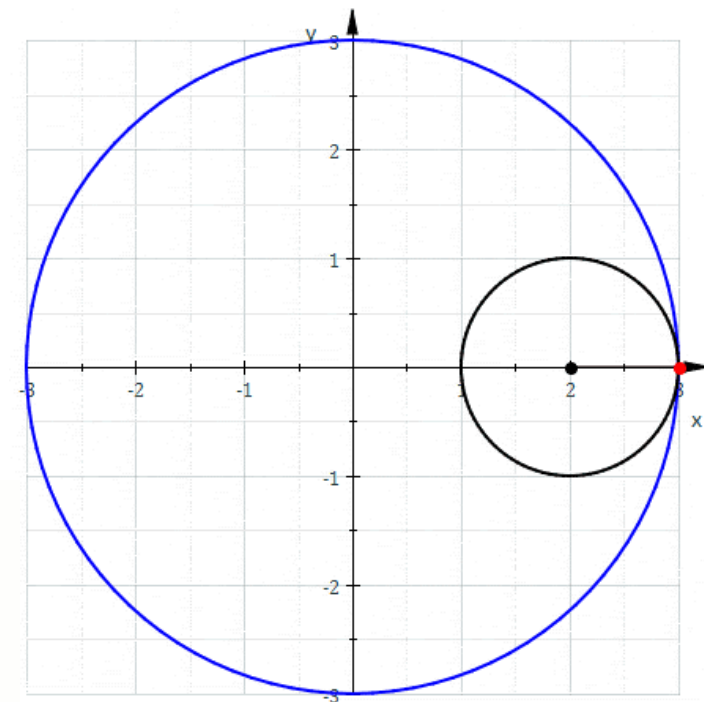
### b) Phân loại:

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



*Đường Epy-xycloit*

Ths. Trương Quang Trường



*Đường Hypo-xycloit*

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

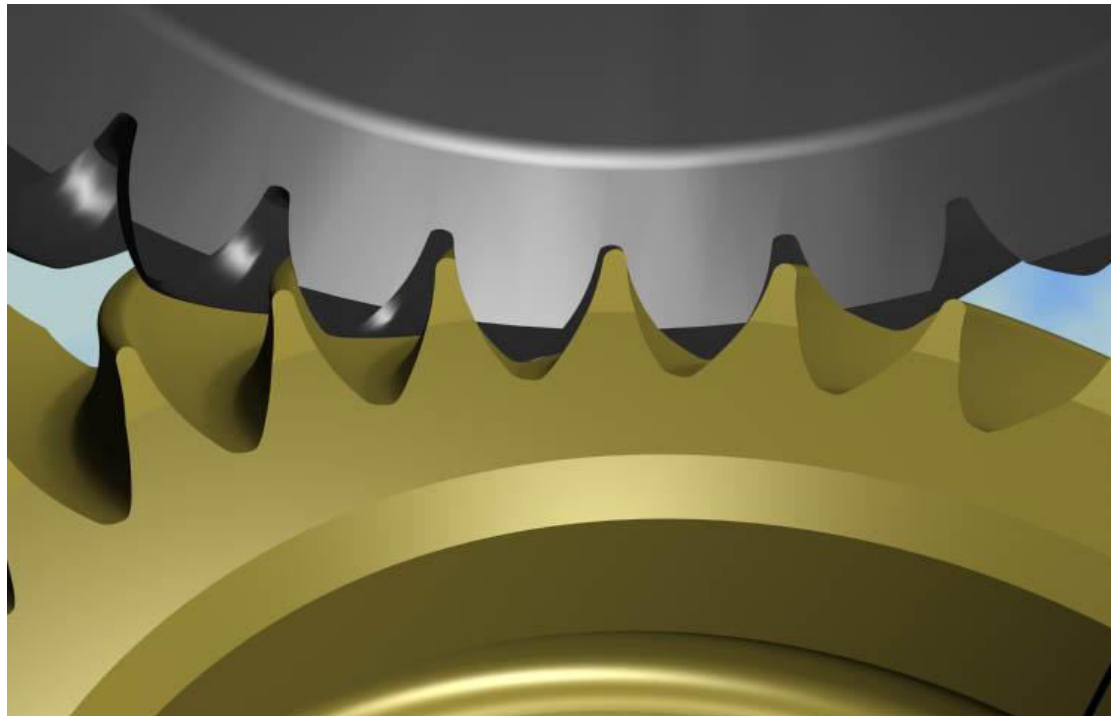
# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 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*



# I. 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**

# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

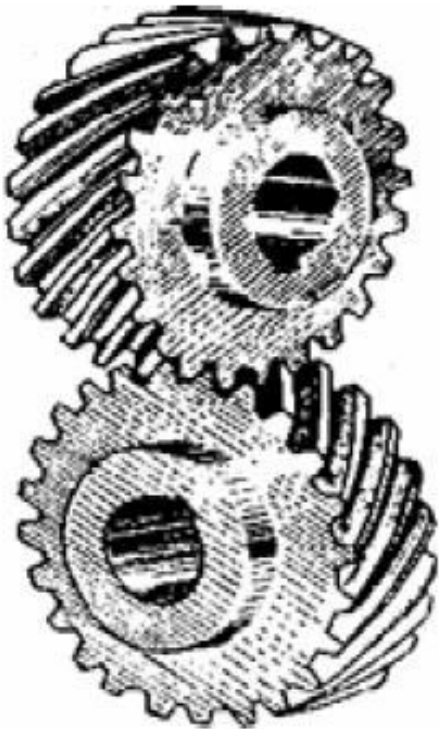


## 1. Khái niệm và phân loại

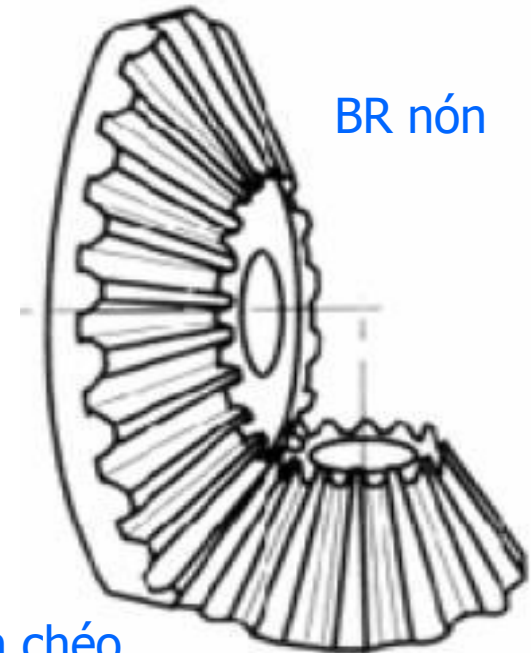
b) Phân loại:

+ Theo hình dạng BR: BR trụ, BR côn

BR trụ chéo

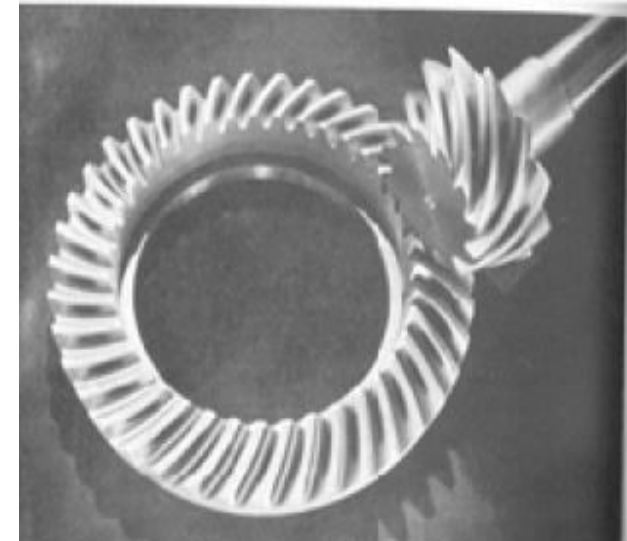


Trụ vít – bánh vít



BR nón

BR nón chéo



# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 2. Định lý ăn khớp

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

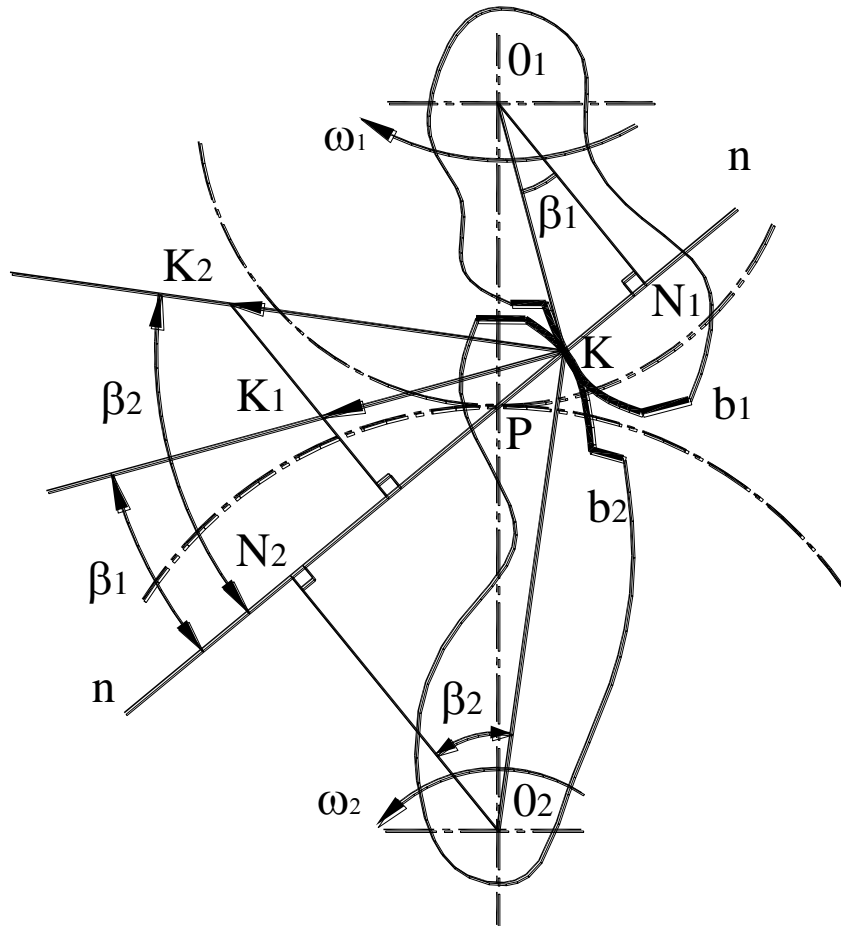
- Định lý cơ bản về ăn khớp: *Để tỉ số truyền cố định, đường pháp tuyến chung của một cặp biên dạng phải luôn cắt đường nối tâm tại một điểm cố định*

- 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

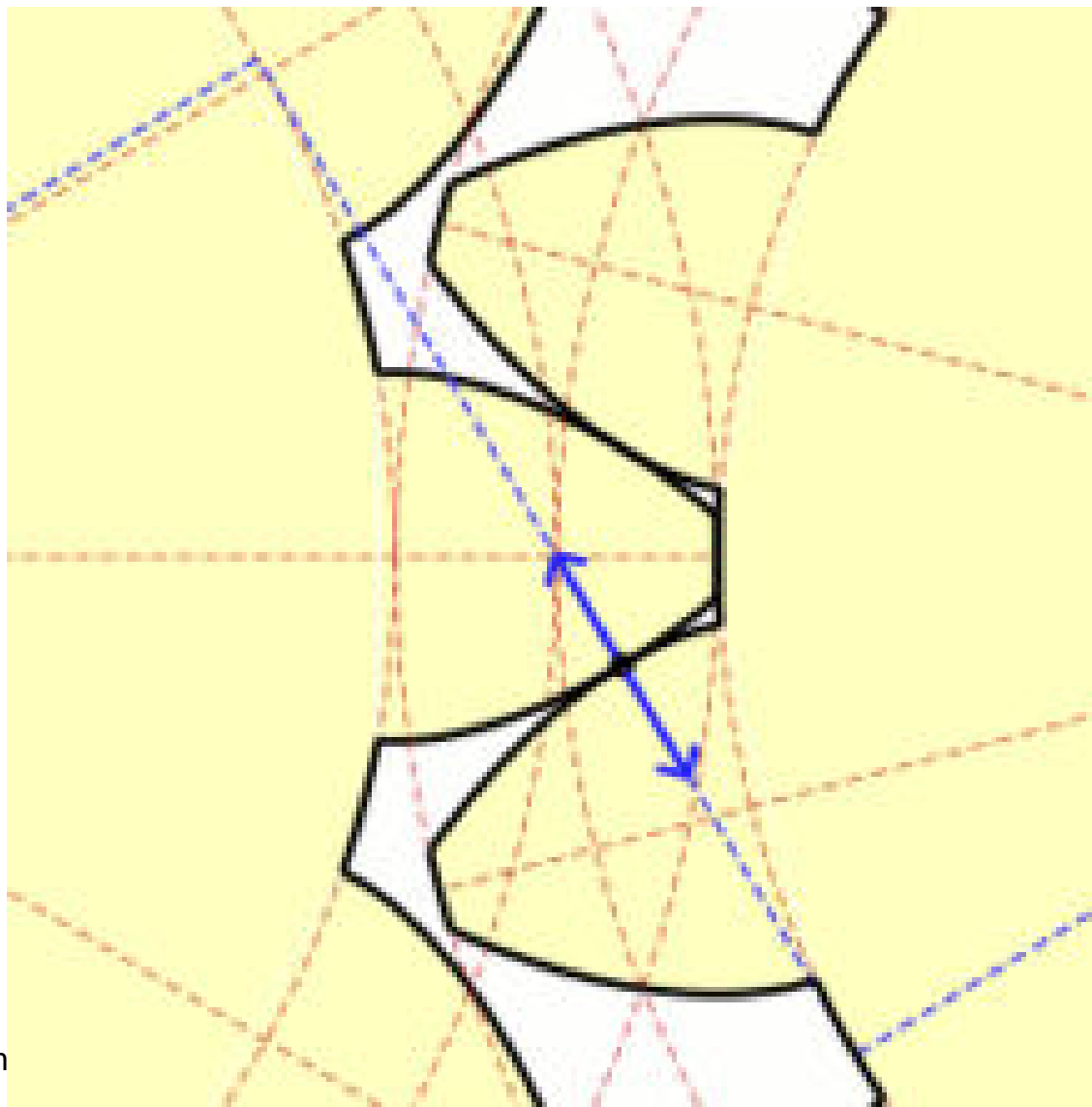
$$\begin{cases} r_1 = O_1P \\ r_2 = O_2P \end{cases}$$



# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



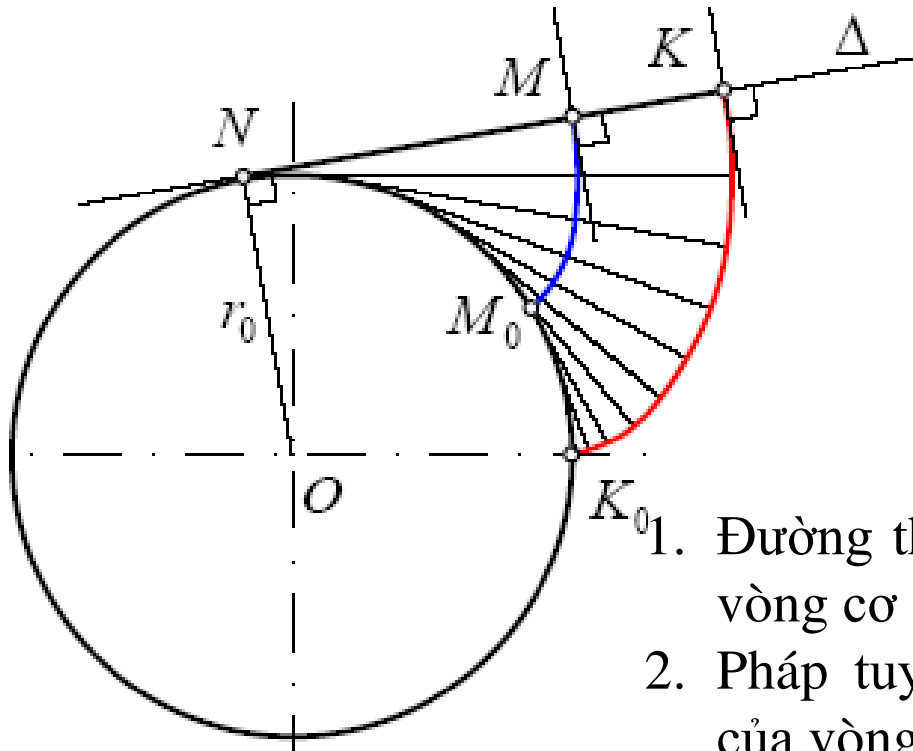
## 2. Định lý ăn khớp



# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 3. Ăn khớp thân khai



**Đường thân khai:** Cho đường thẳng  $\Delta$  lăn không trượt trên vòng tròn  $(O, r_0)$  bất kỳ điểm  $M$  nào thuộc  $\Delta$  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  $NM = NM_0$

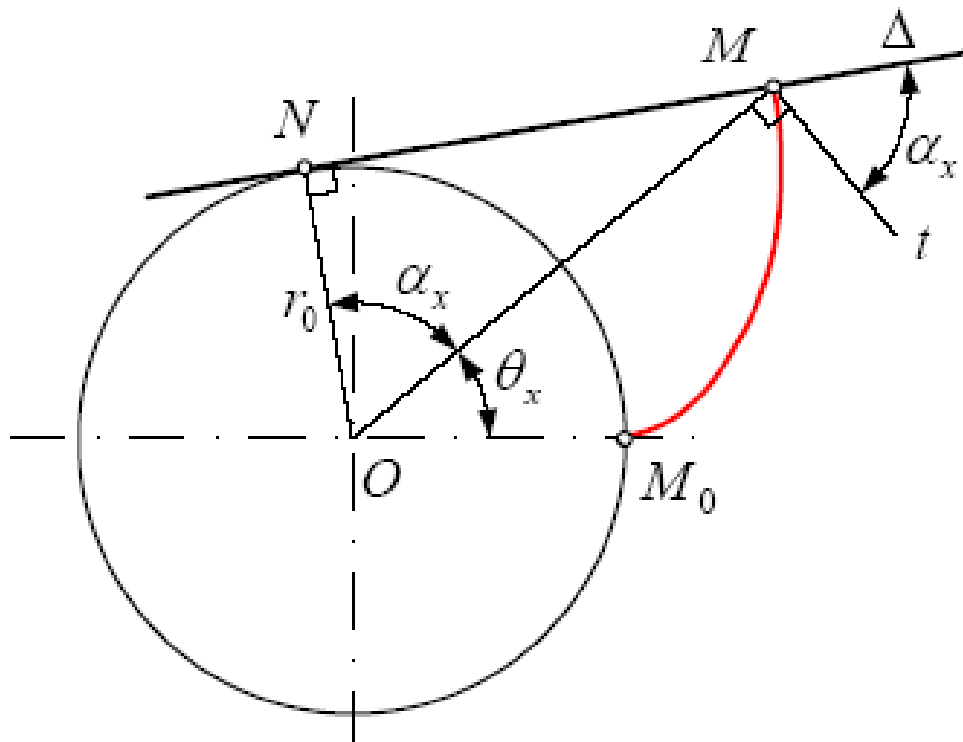
Các đường thân khai của một vòng tròn là những đường cách đều nhau và có thể chồng khít lên nhau. Khoảng cách giữa các đường thân khai bằng đoạn cung chắn giữa các đường thân khai trên vòng cơ sở  $MK = M_0K_0$

# I. ĐẠI CƯƠNG VỀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG



## 3. Ăn khớp thân khai

### Phương trình đường thân khai



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

được xác định bởi

$$\begin{cases} \theta_x = M_0OM \\ r_x = \overline{OM} \end{cases}$$

→ Phương trình đường thân khai

$$\begin{cases} \theta_x = \tan \alpha_x - \alpha_x \\ r_x = \frac{r_0}{\cos \alpha_x} \end{cases}$$

$\theta_x$  được gọi là  $inv\alpha_x$  ( $involute\alpha_x$ )

hay là hàm thân khai

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

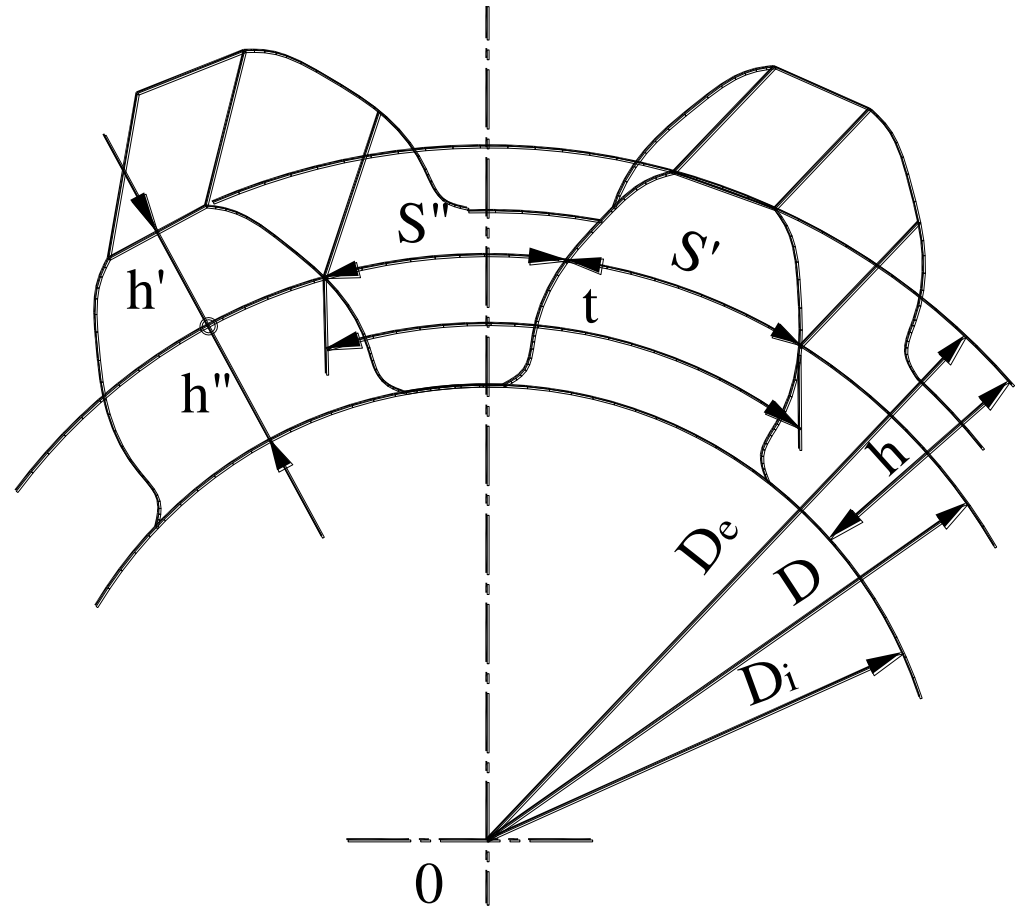
# II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



## 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



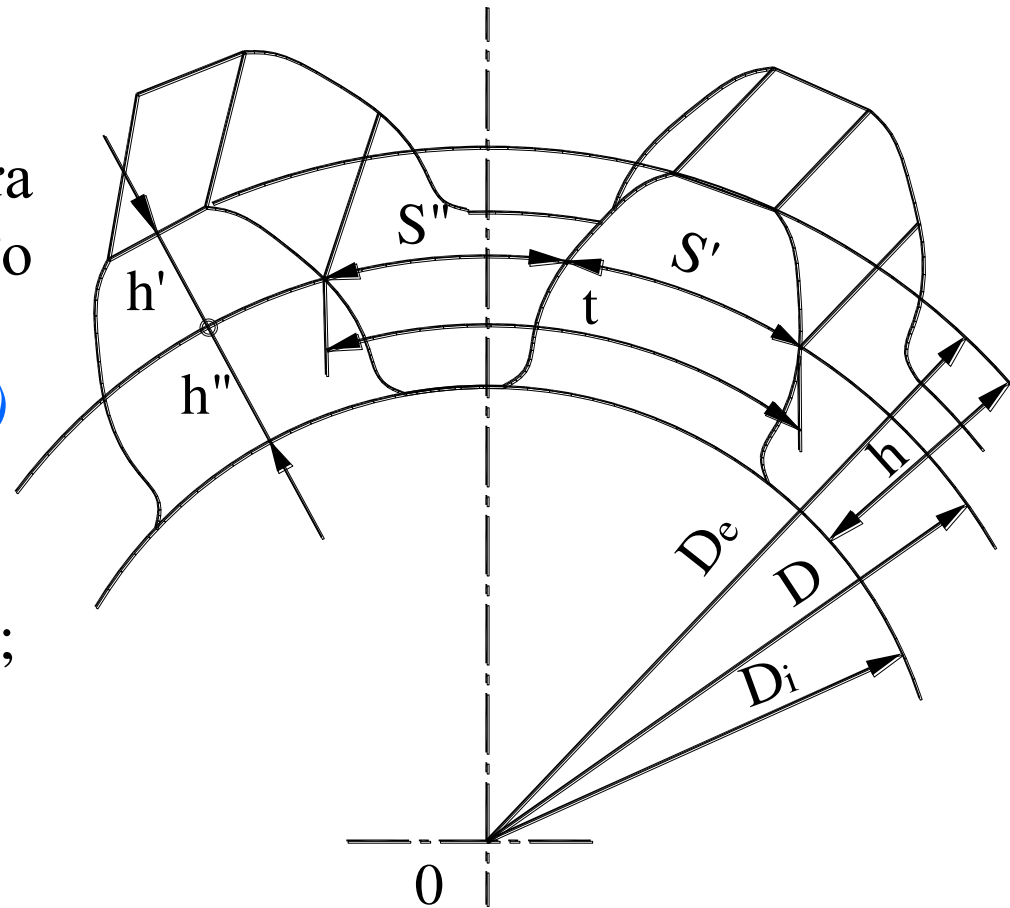
### 2. Các thông số hình học cơ bản

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

- **Modun của răng:**  $m$  (*tiêu chuẩn*)

$$m = t/\pi$$

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





# 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:

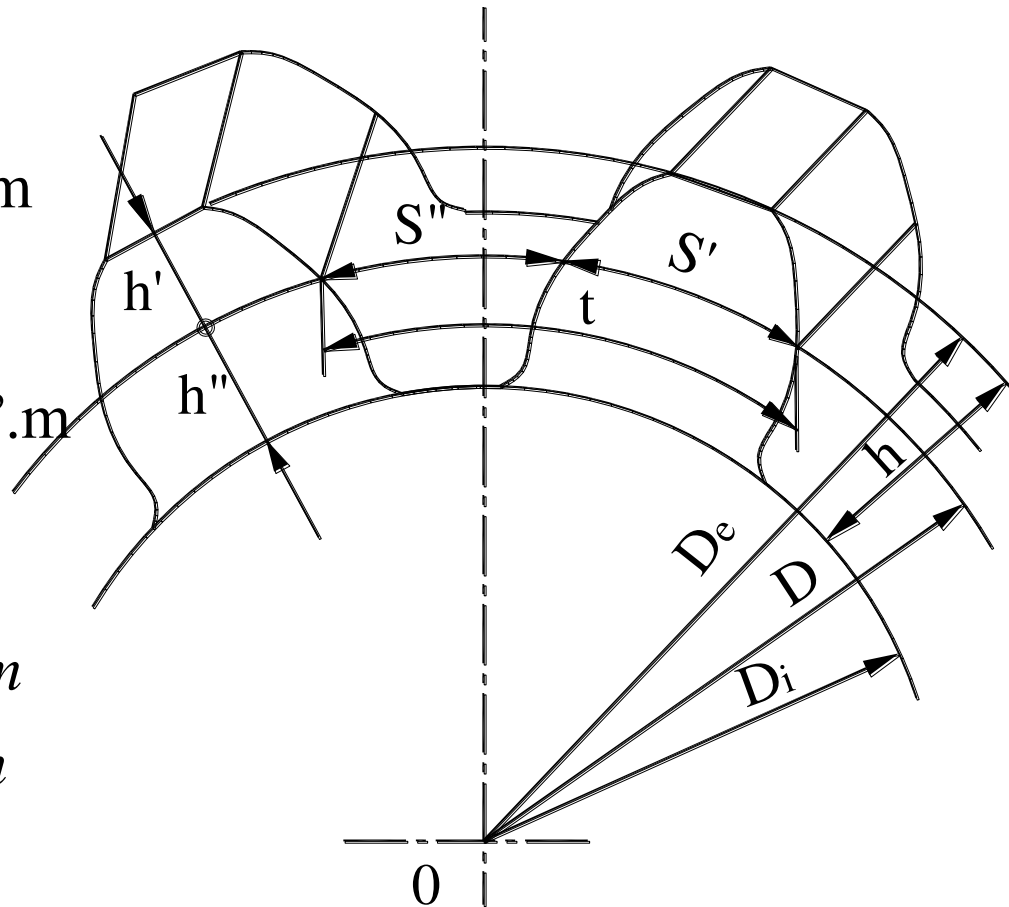
+ Chiều cao đầu răng:  $h' = f' \cdot m$

( $f' = 1$  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)

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



# 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:

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

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

+ Vòng tròn đỉnh răng:

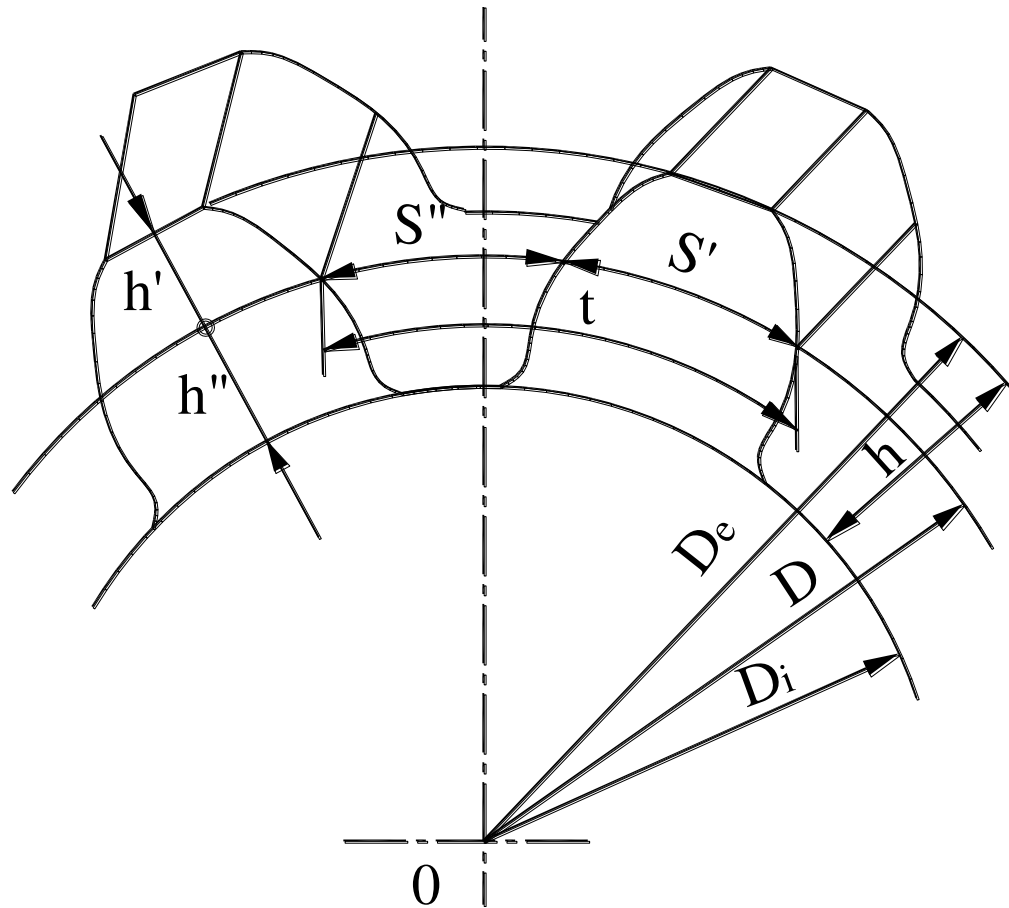
$$D_e = D + 2h'$$

+ Vòng tròn chân răng:

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

+ Vòng tròn cơ sở:

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

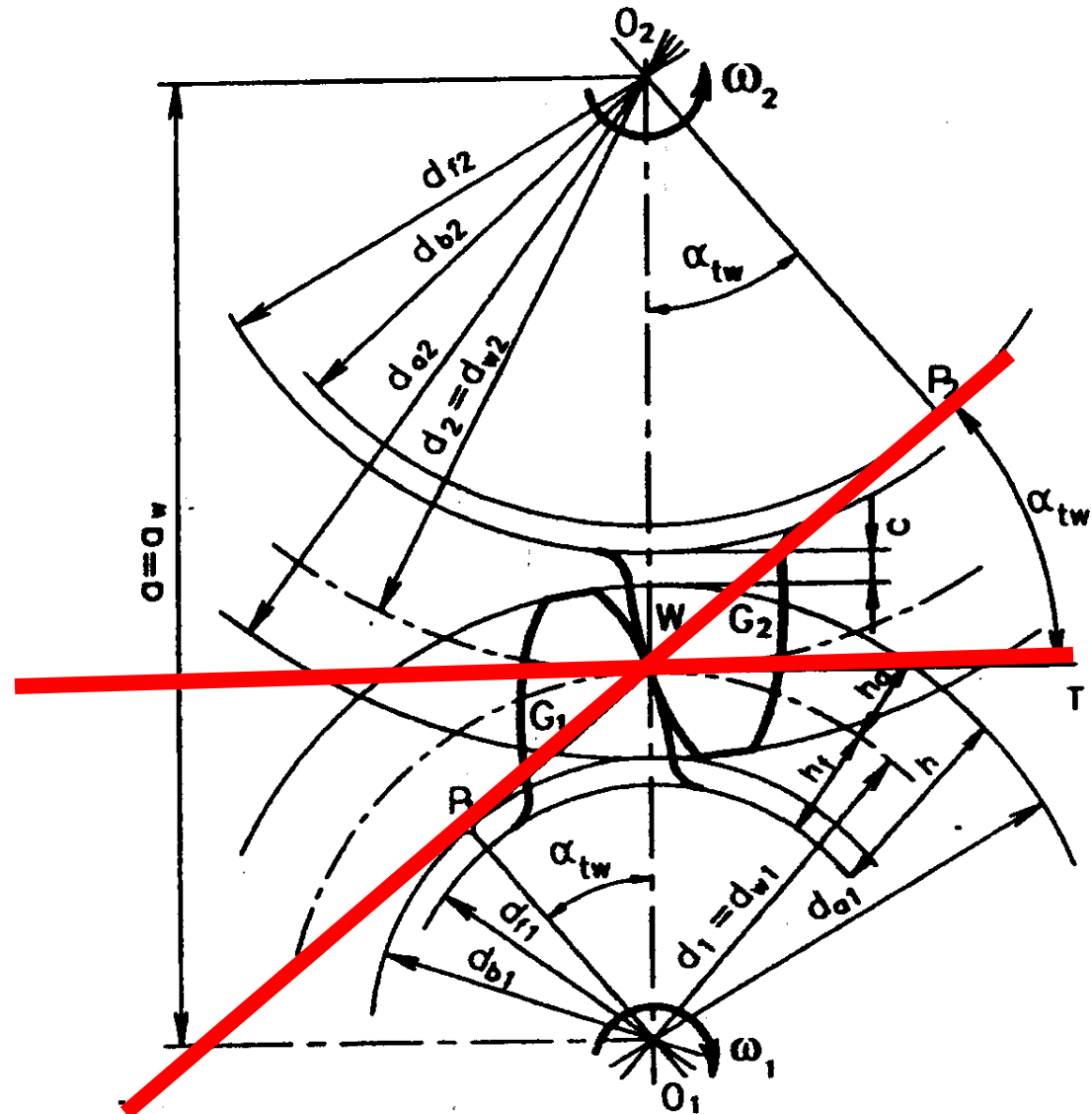


# II. CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA BÁNH RĂNG THÂN KHAI TIÊU CHUẨN



## 2. Các thông số hình học cơ bản

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



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



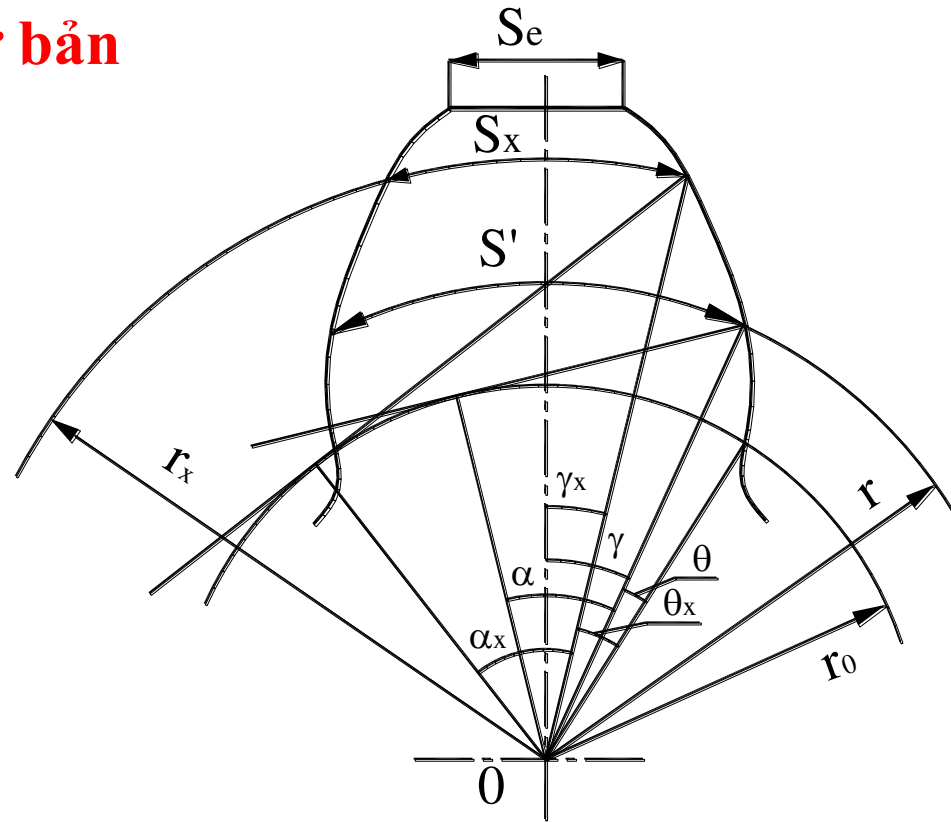
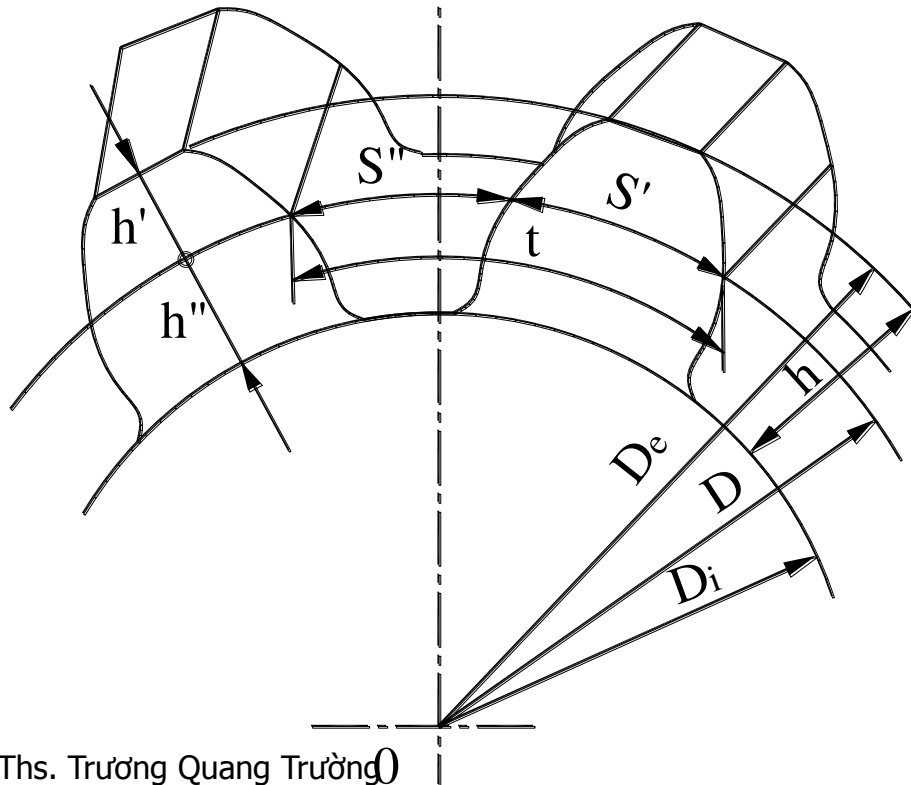
## 2. Các thông số hình học cơ bản

- Chiều rộng:

+ của răng:  $S'$

+ kẽ 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:

$$|i_{12}| = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{r_{02}}{r_{01}} = \frac{mZ_2}{mZ_1}$$

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

Dấu (+) – ăn khớp trong;

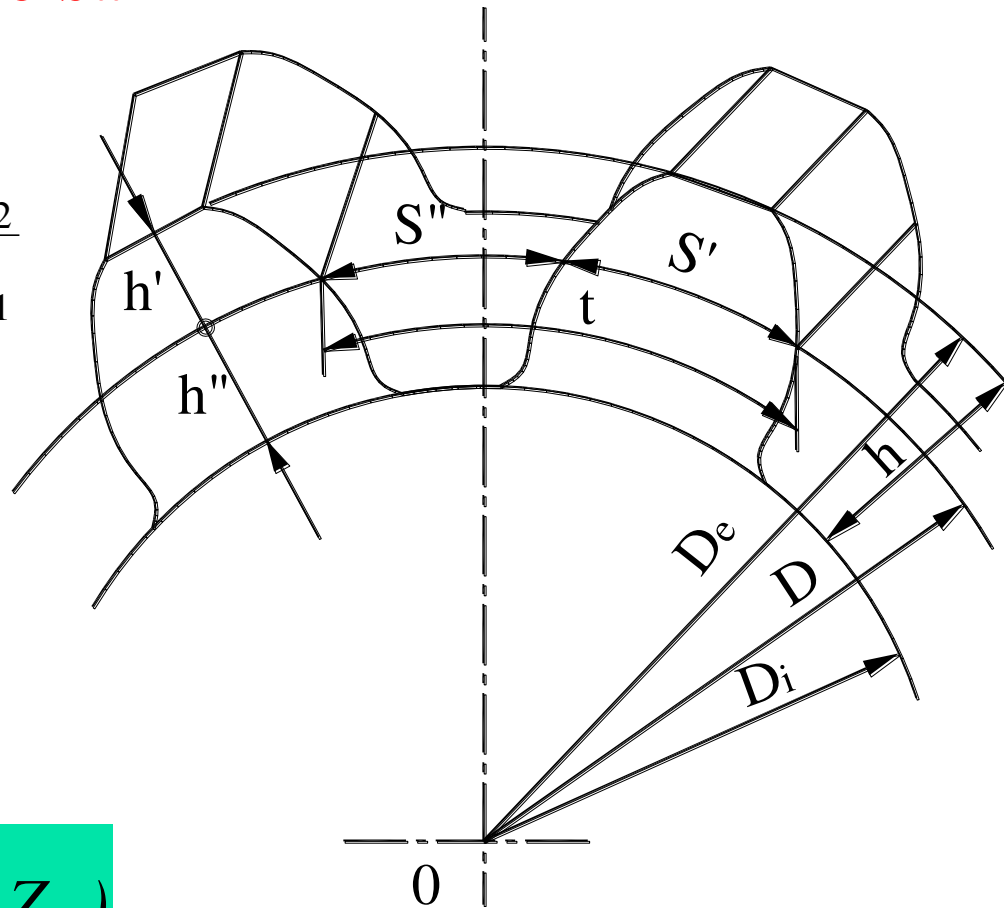
Dấu (-) – ăn khớp ngoài

- Khoảng cách trục:

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

Dấu (-) – ăn khớp trong;

Dấu (+) – ăn khớp ngoài

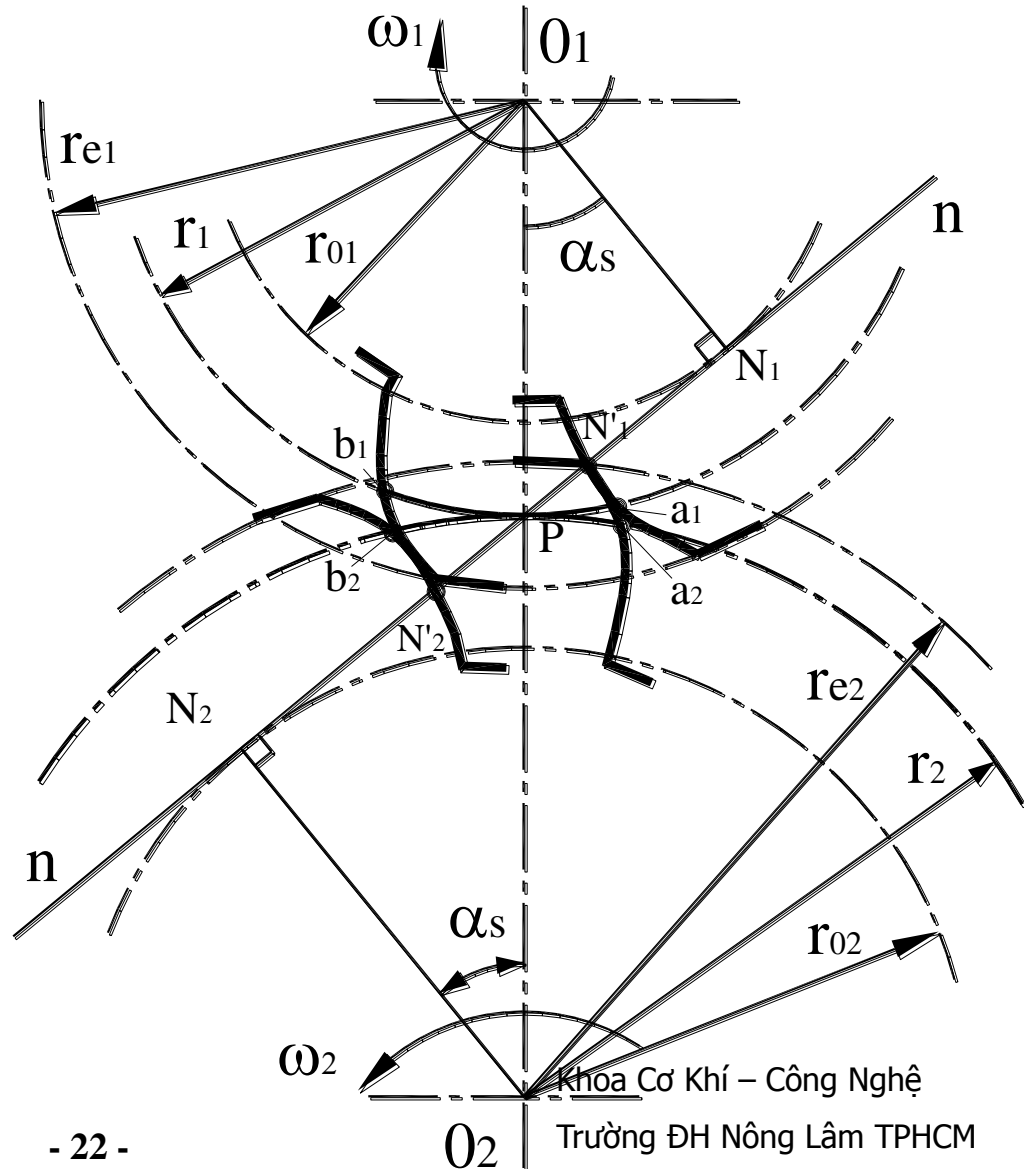


# III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



## 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.



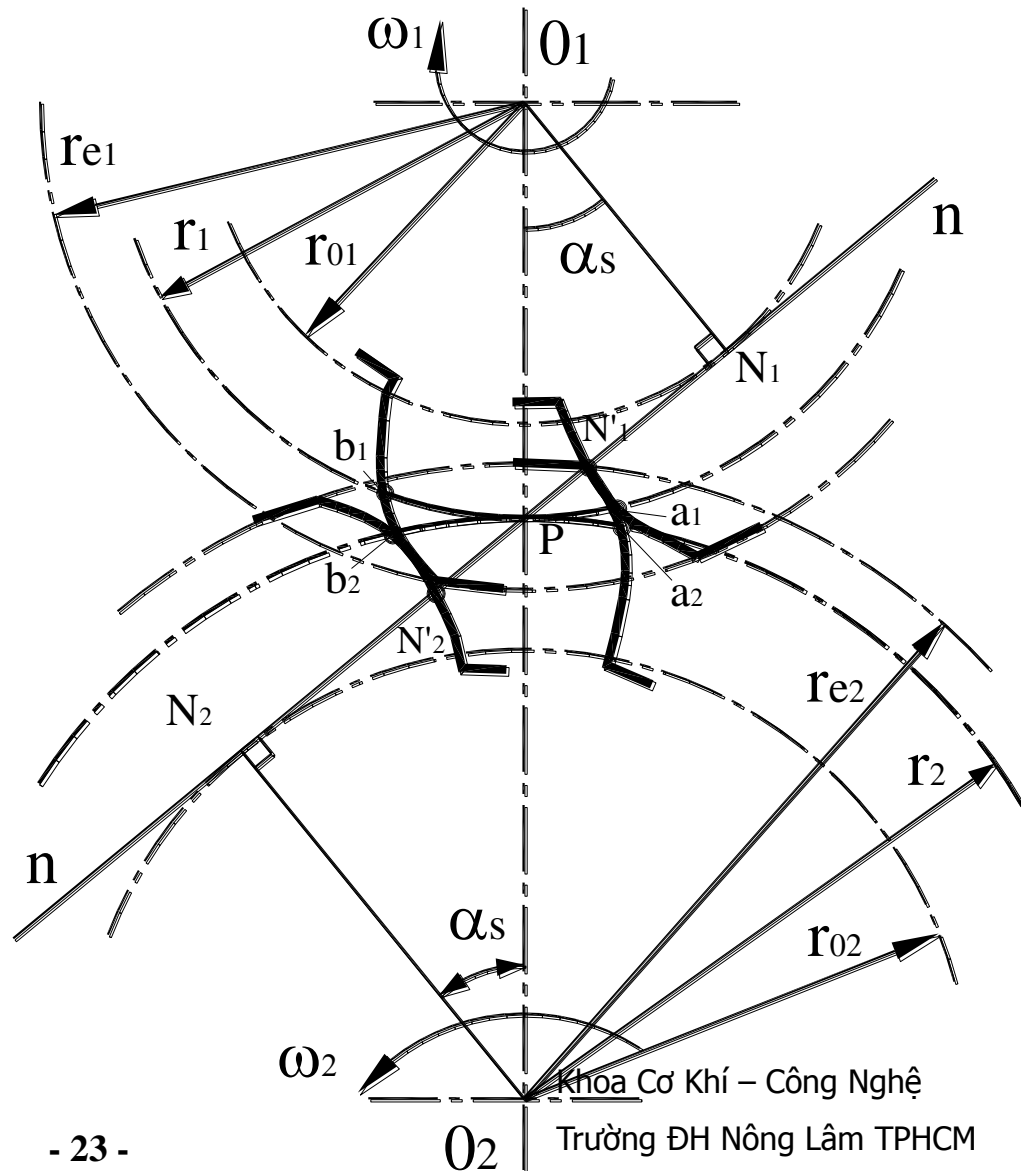
# III. ĐƯỜNG ĂN KHỚP – CUNG ĂN KHỚP – HỆ SỐ TRÙNG KHỚP



## 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

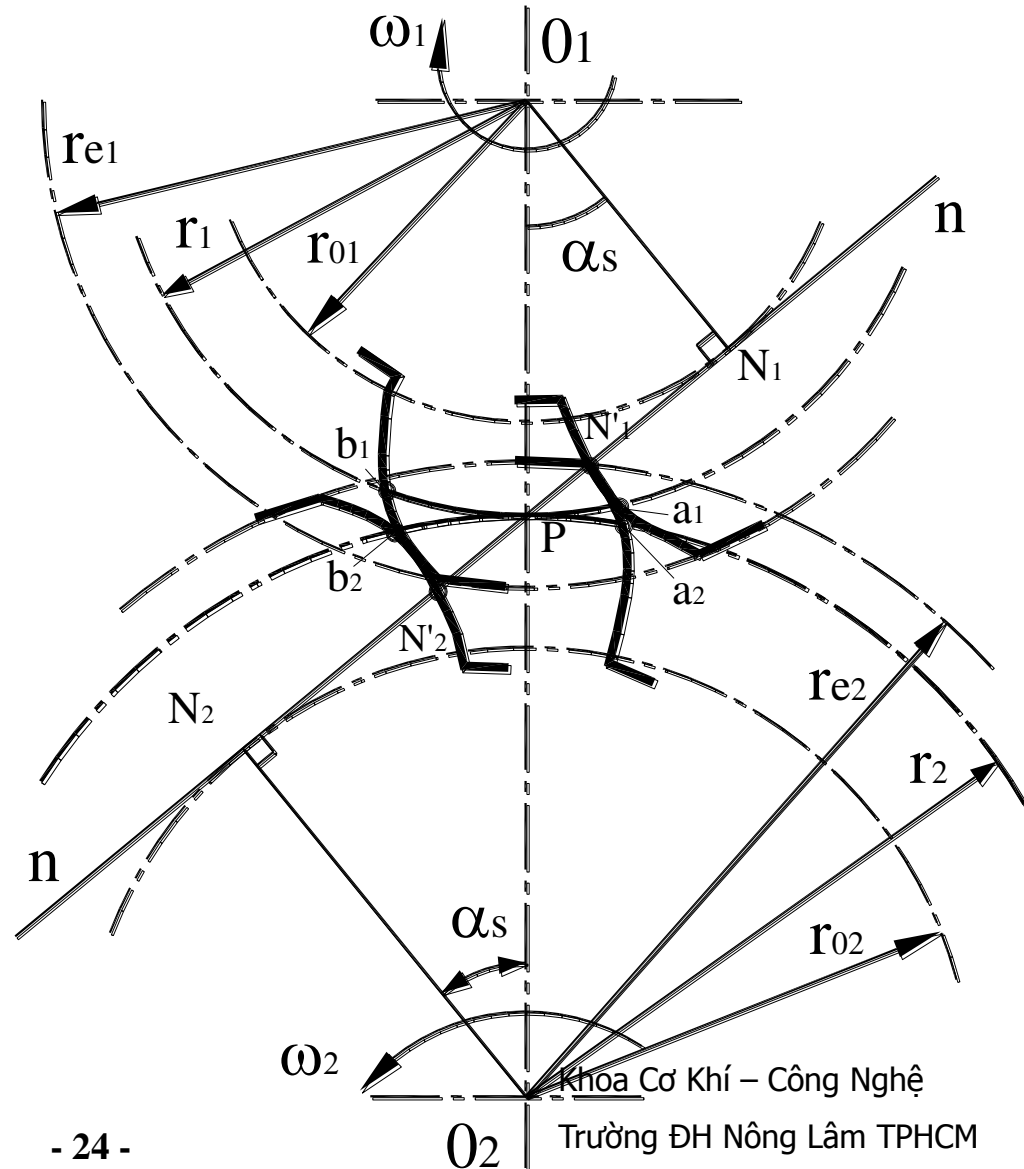


## 3. Hệ số trùng khớp

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

+ Hệ số trùng khớp không phụ thuộc vào môđun mà 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  $\varepsilon \geq 1$ . 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  $\varepsilon \geq 1,05$ .





# 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



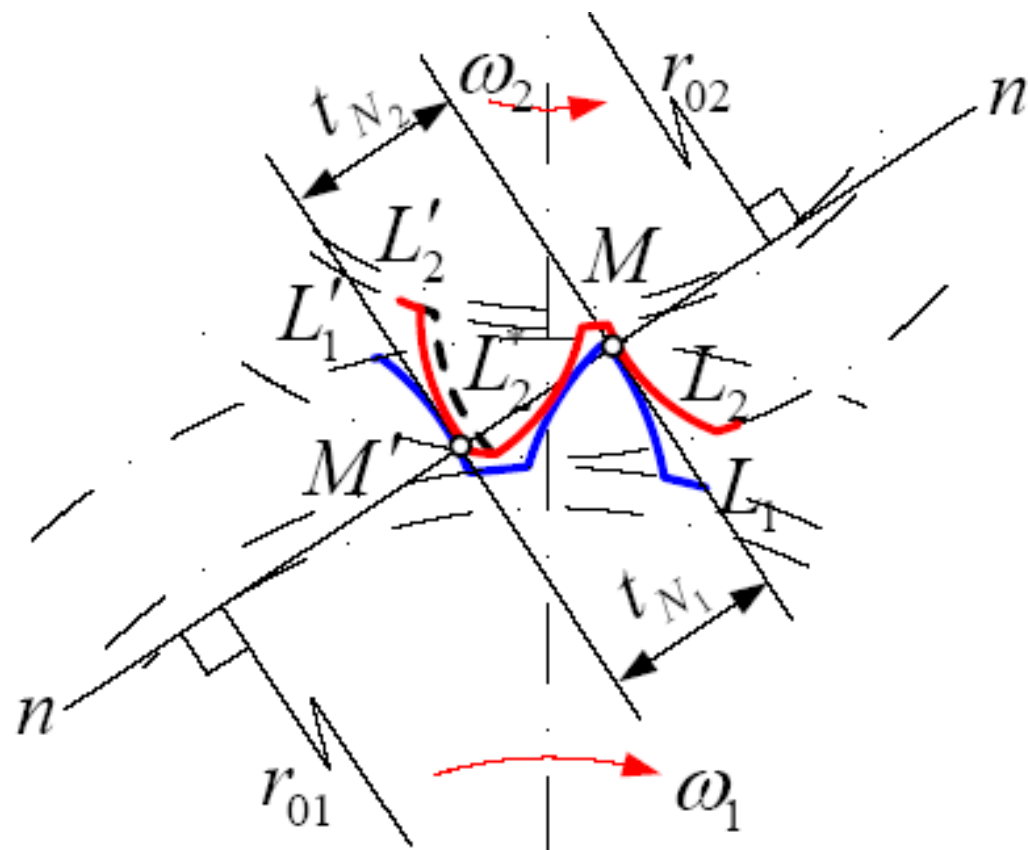
## 4. Điều kiện ăn khớp đều

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



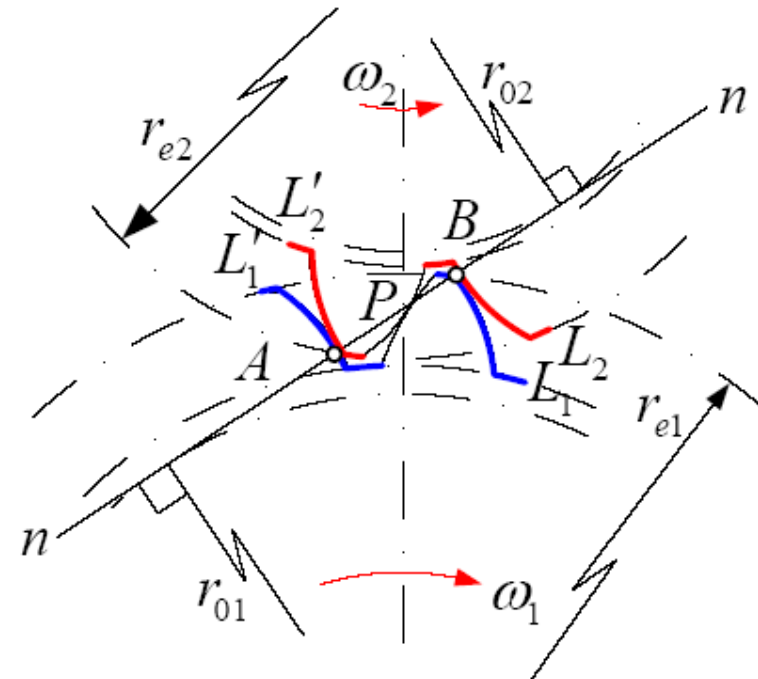
## 4. Điều kiện ăn khớp đều

b) Điều kiện ăn khớp trùng

- Điều kiện  $AB \geq t_N$  hay  $\varepsilon \equiv \frac{AB}{t_N} = \frac{AB}{t_0} \geq 1$

$\varepsilon$  : hệ số trùng khớp

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



$\varepsilon$  phụ thuộc vào điều kiện chế tạo  $(r_e, r_o, t_0)$  và điều kiện lắp ráp  $(A, \alpha_L)$

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

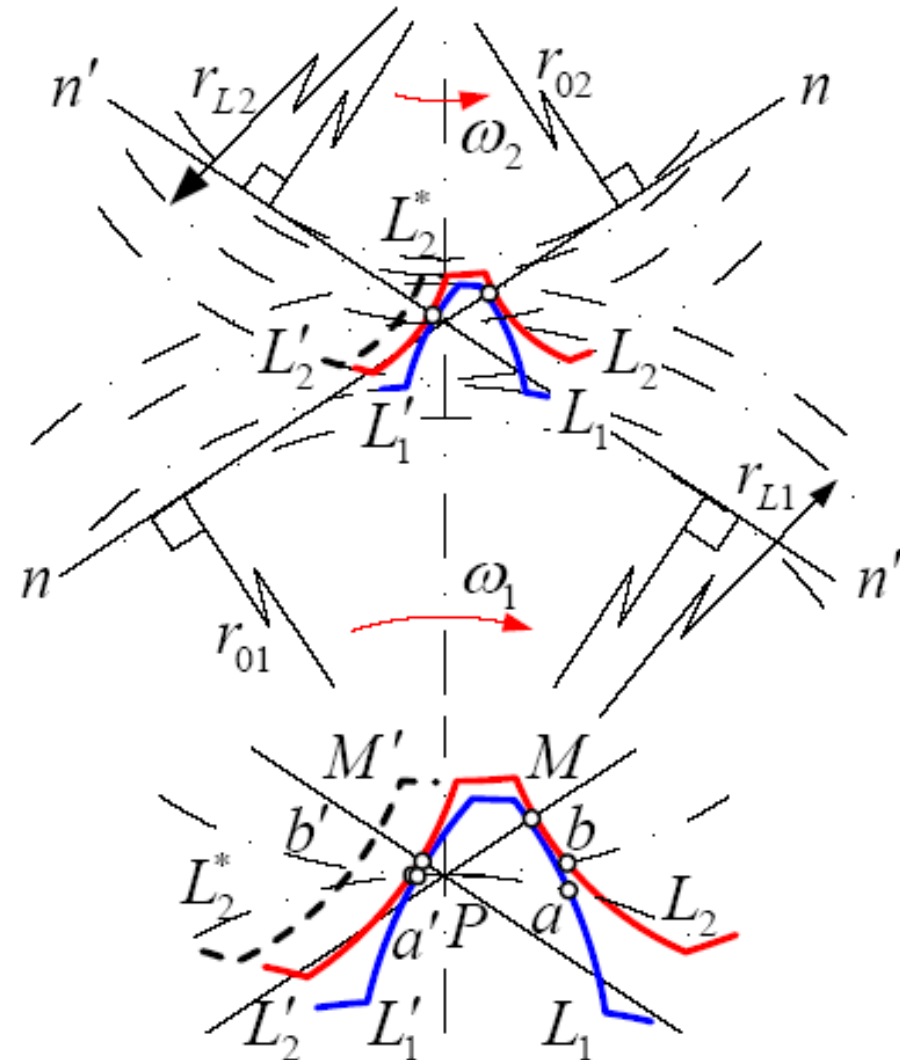


## 4. Điều kiện ăn khớp đều

c) Điều kiện ăn khớp khít

→ Điều kiện ăn khớp khít

$$\begin{cases} S'_{L_1} = S''_{L_2} \\ S'_{L_2} = S''_{L_1} \end{cases}$$



# IV. SỰ TRƯỢT CỦA CÁC RĂNG



$$\vec{V}_{K1}^n = \vec{V}_{K2}^n$$

$$\vec{V}_{K1}^t - \vec{V}_{K2}^t = \vec{V}_{12}$$

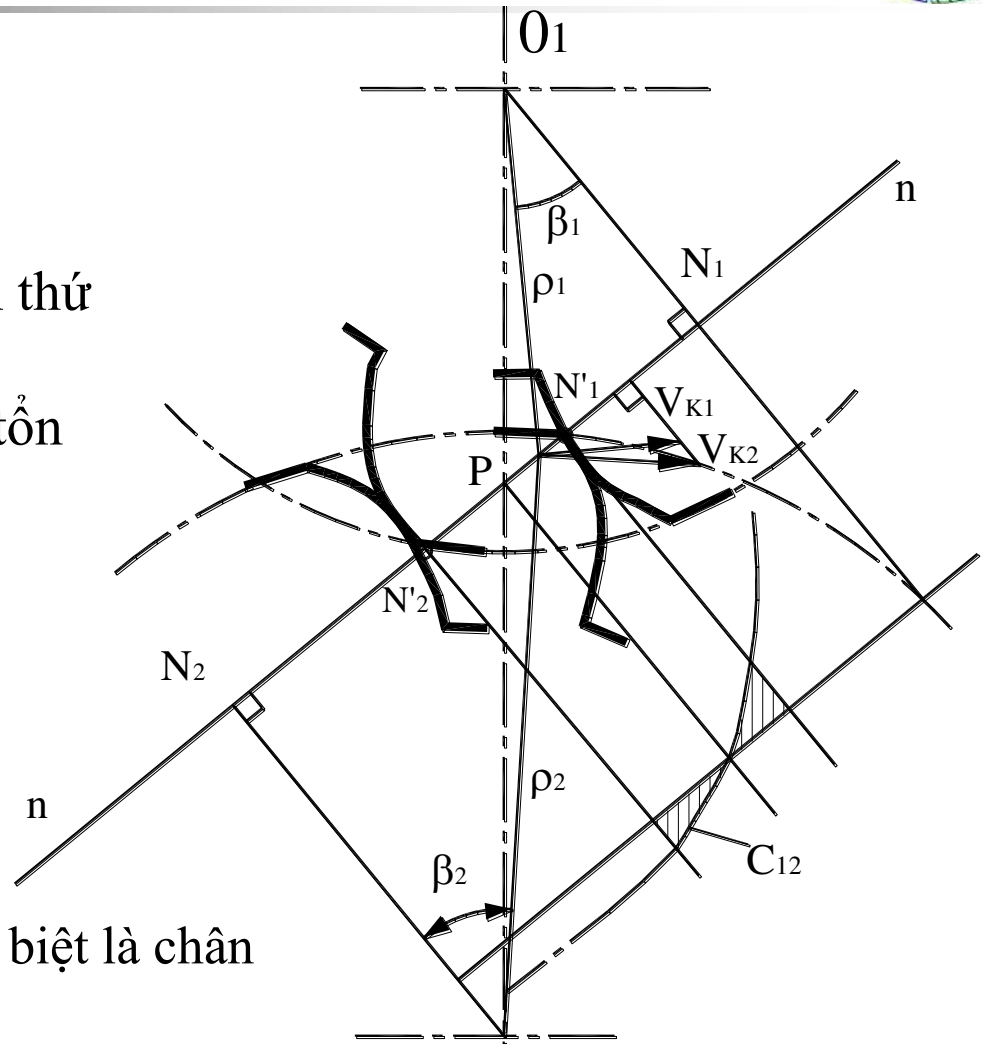
Chính là vận tốc trượt giữa biên hình thứ 2 và biên hình thứ 1.

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

**Hệ số trượt (C):**

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

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



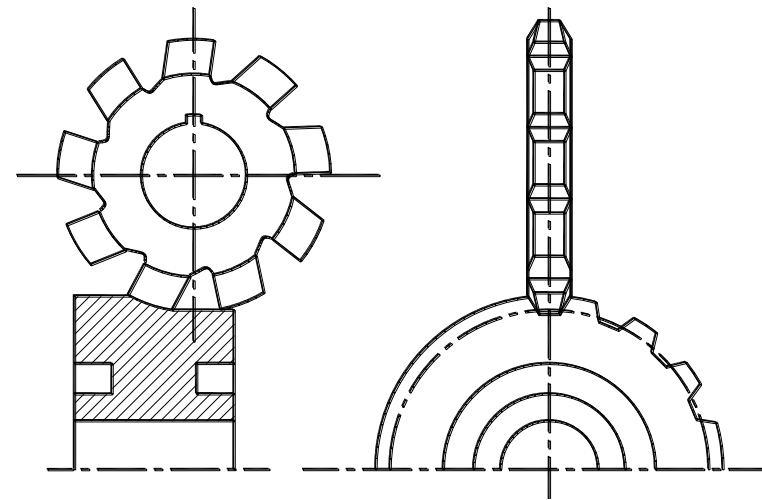
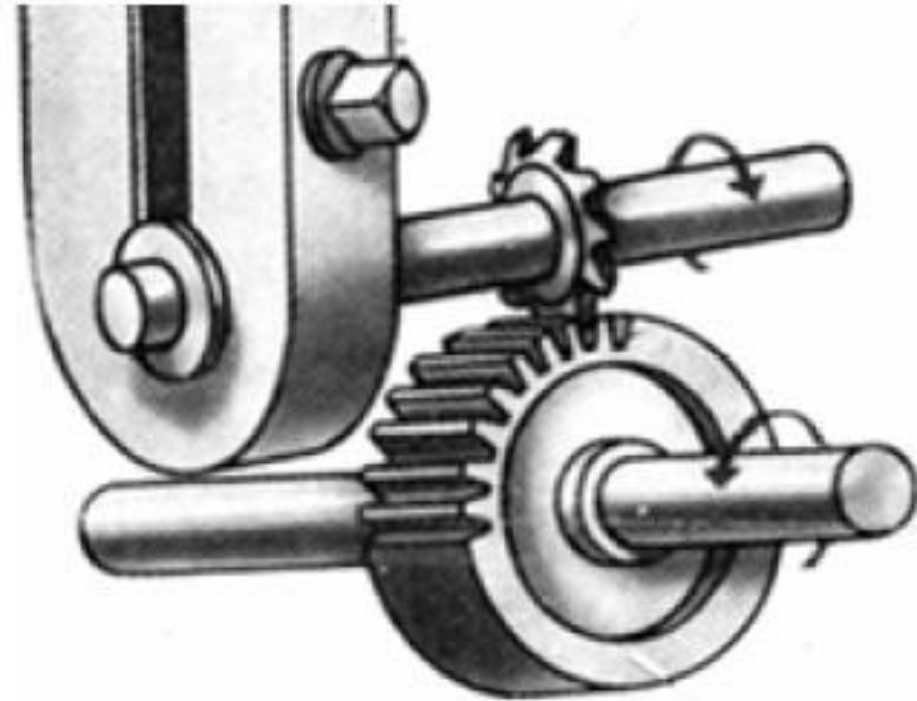
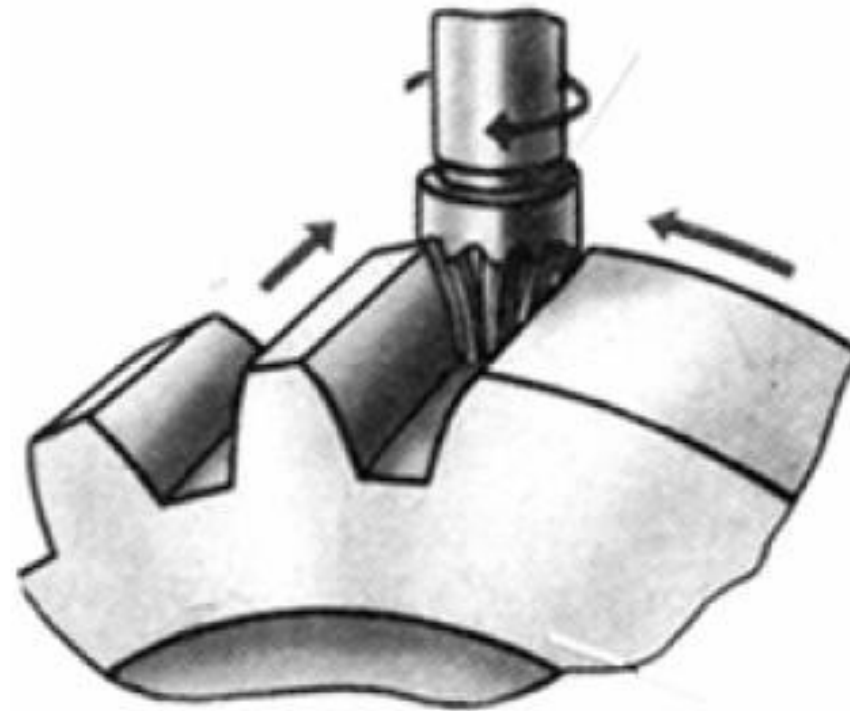
Chân răng mòn nhiều hơn đầu răng, đặc biệt là chân răng của bánh răng nhỏ.

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



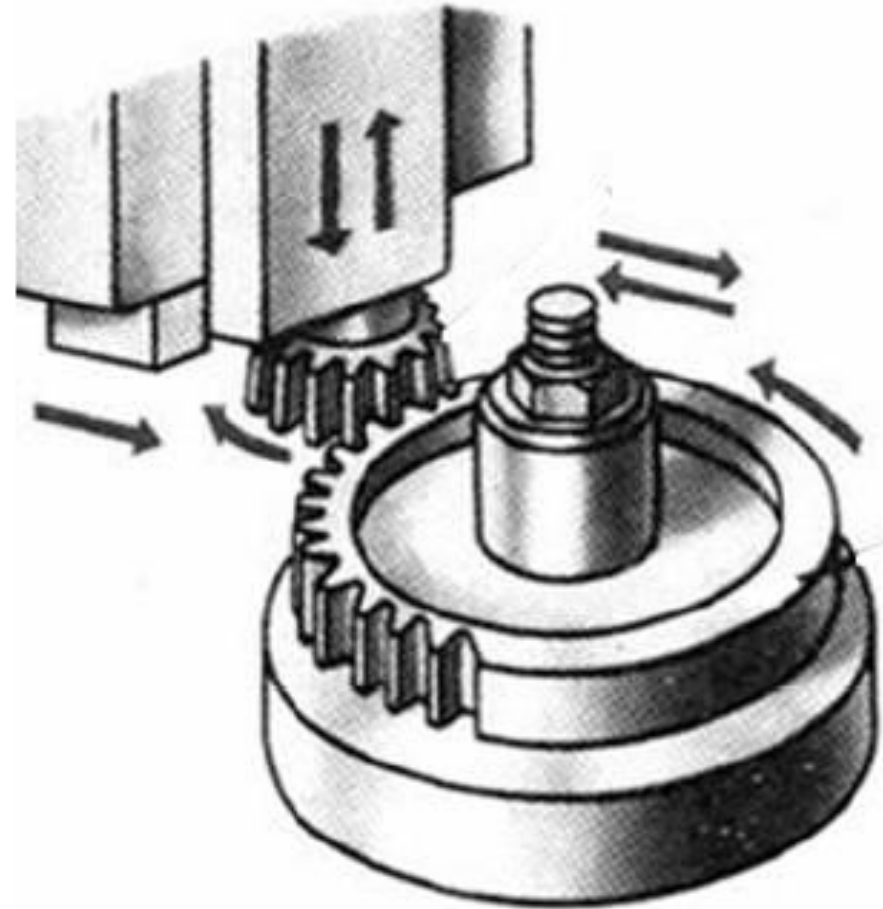
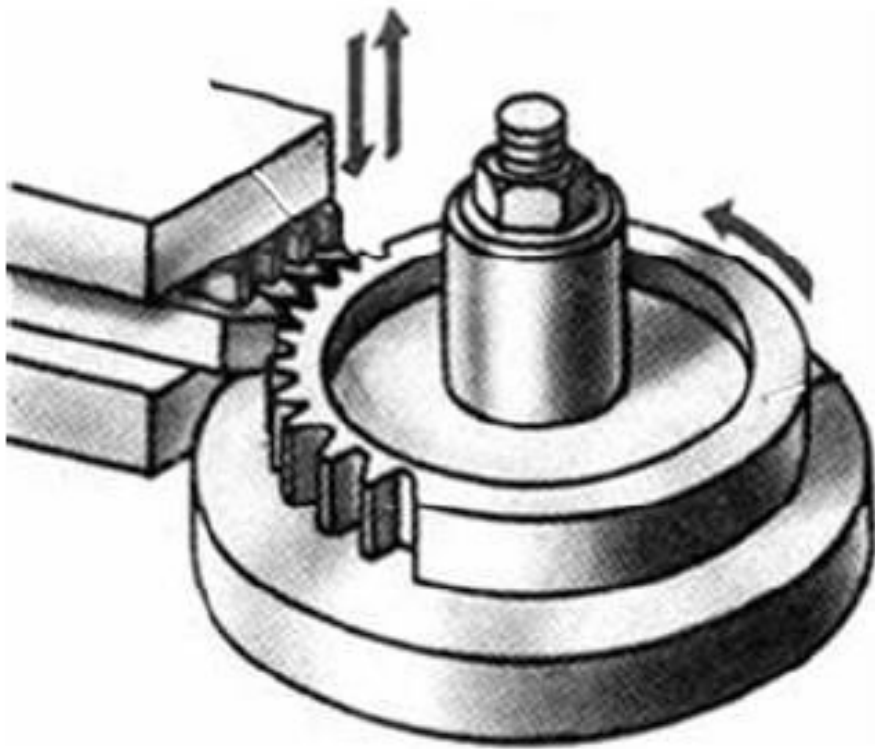
## Phương pháp cắt định hình



# VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



## Phương pháp cắt bao hình



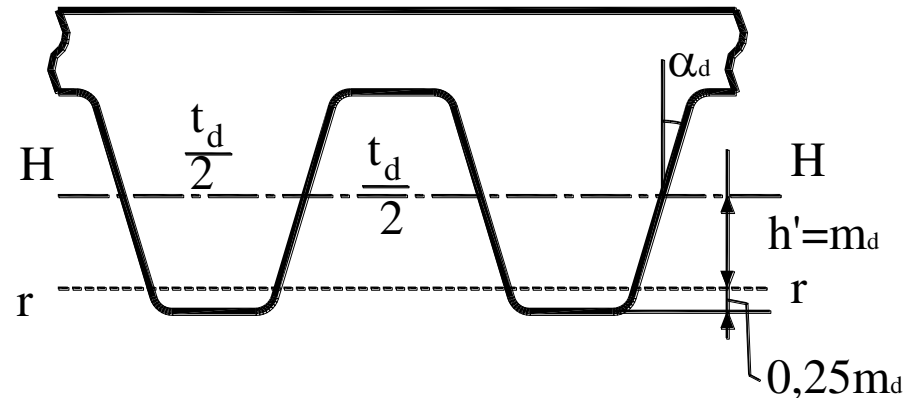
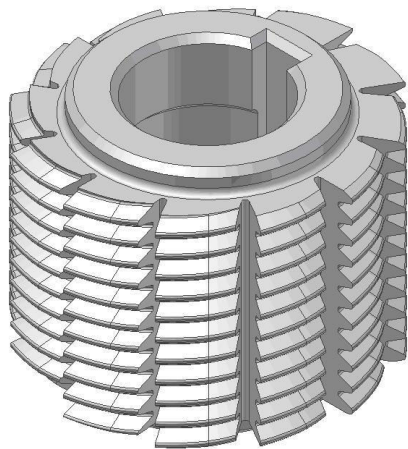
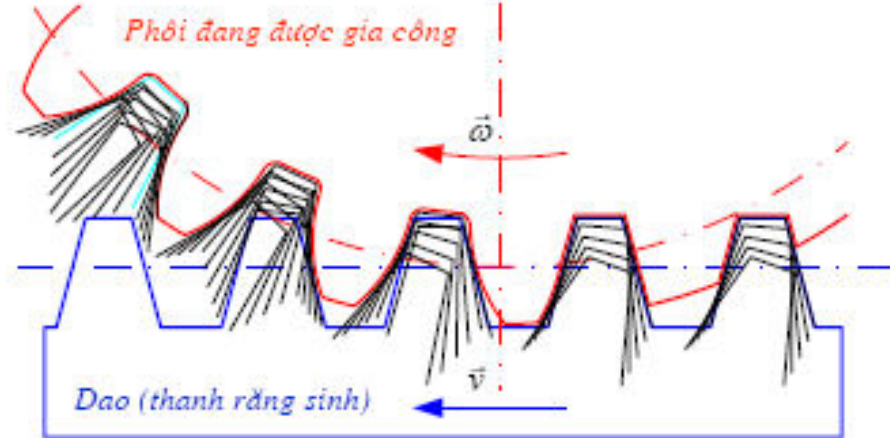
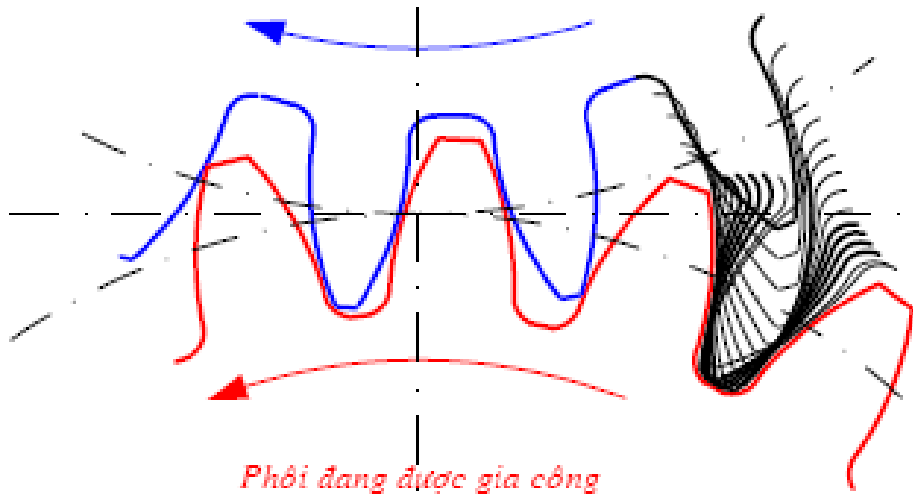


# VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



## Phương pháp cắt bao hình

Dao cắt dạng bánh răng thân khai

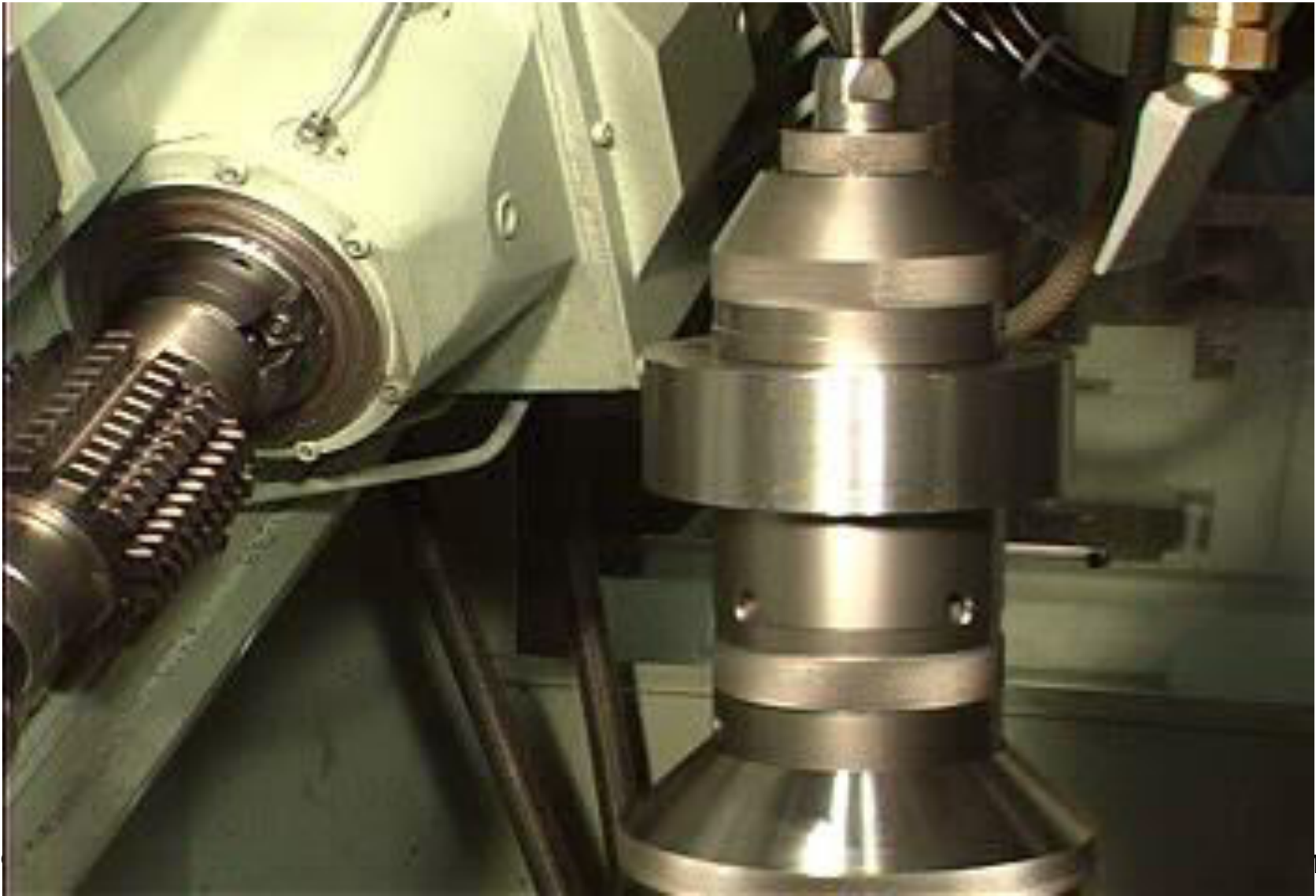




# VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



## Phương pháp cắt bao hình

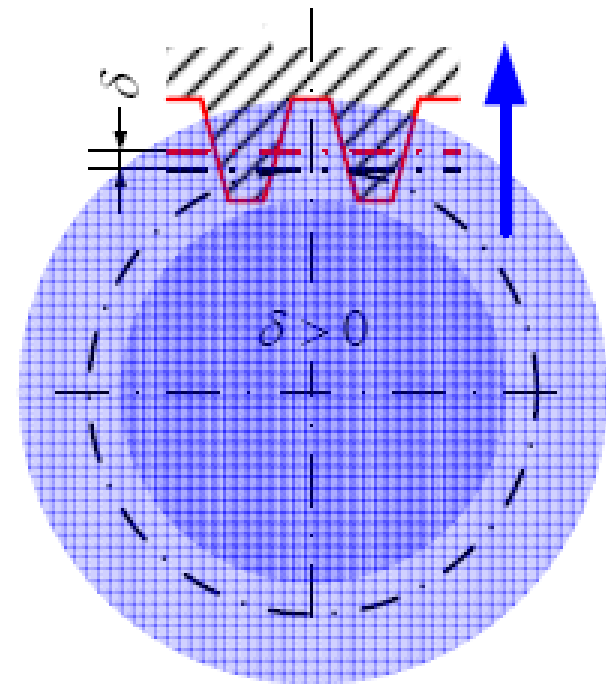
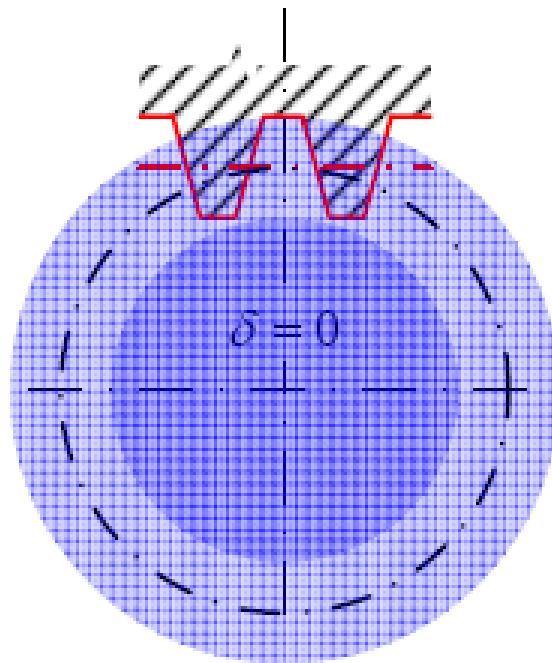
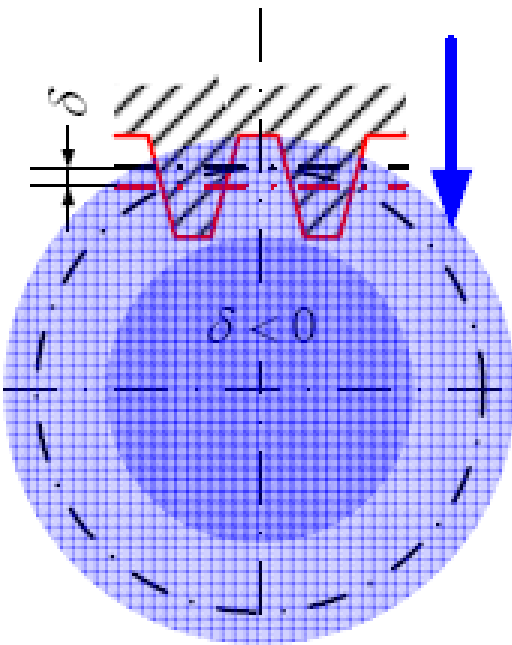


# VI. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÁNH RĂNG THÂN KHAI



**Bánh răng tiêu chuẩn**

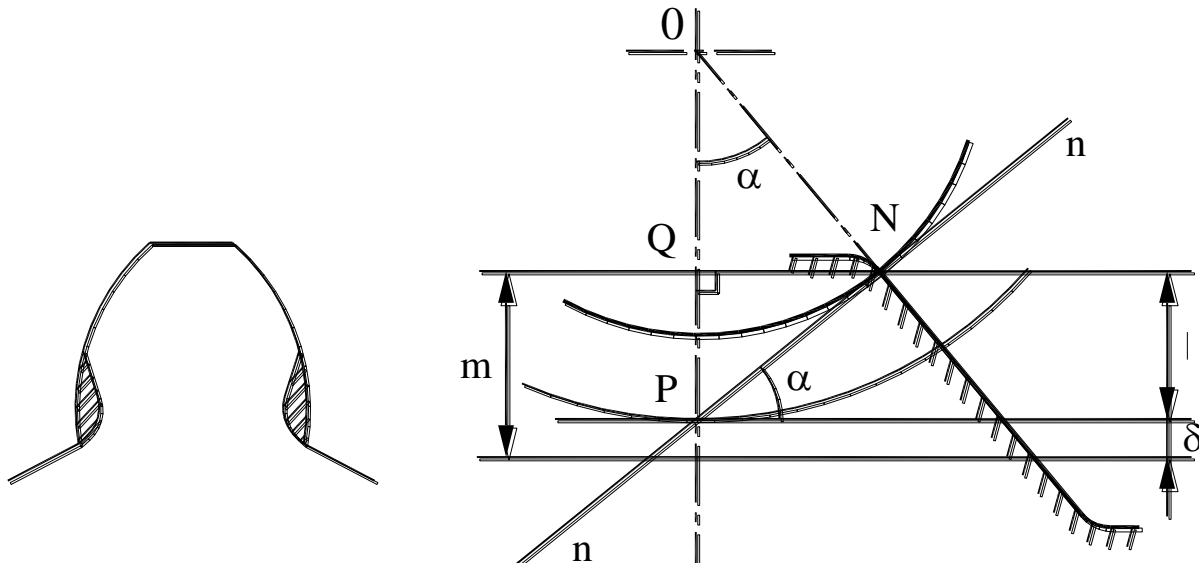
**Bánh răng có dịch dao (BR dịch chỉnh)**



# 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:

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

Đối với bánh răng tiêu chuẩn ( $\xi = 0$ ) 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:

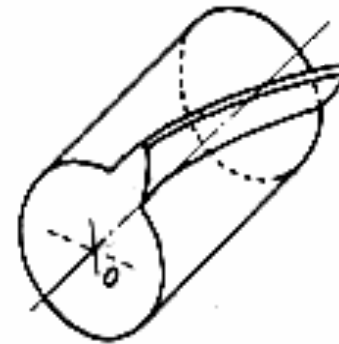
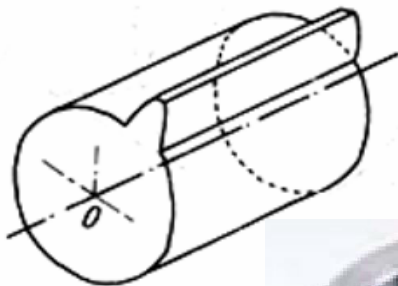
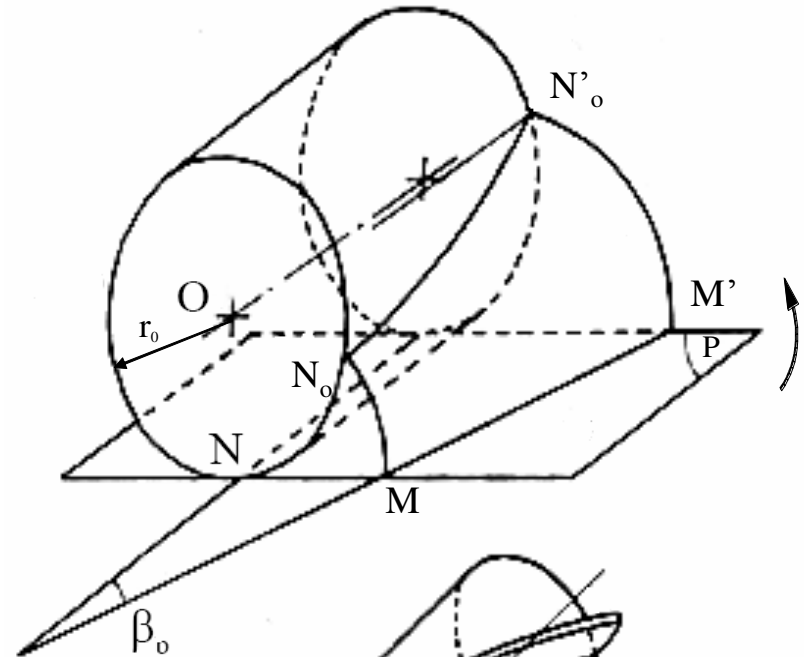
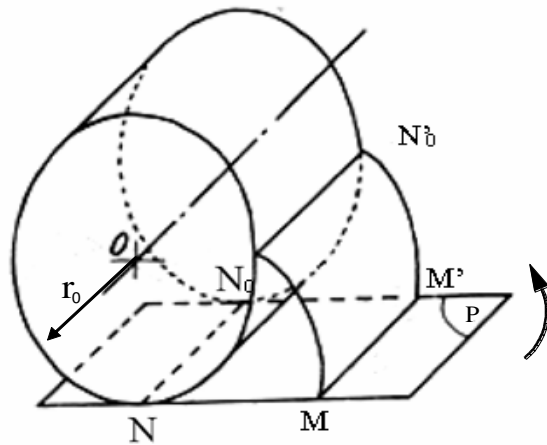
$$\xi \geq \xi_{\min} = (17 - Z)/17$$

+  $Z_{\min}$ ,  $\xi_{\min}$  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

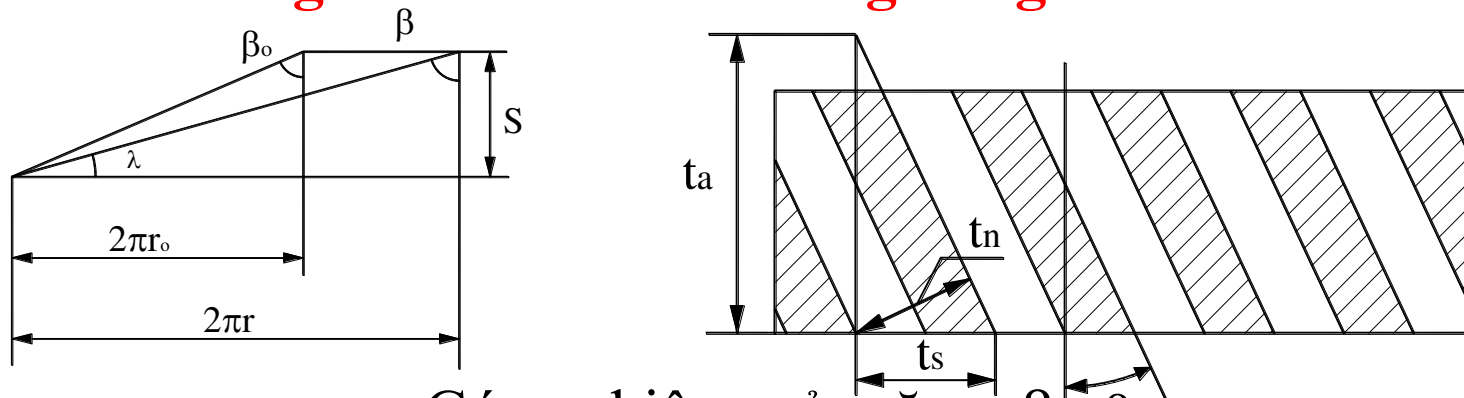
## 1. Cấu tạo mặt răng





# VI. BÁNH RĂNG TRỤ TRÒN RĂNG NGHIÊNG

## 2. Các thông số cơ bản của BR nghiêng



- Góc nghiêng của răng:  $\beta$

- Bước răng – Modun răng:

+ Trên tiết diện pháp:  $t_n \Rightarrow m_n = t_n/\pi$  (tiêu chuẩn)

+ Trên tiết diện ngang:  $t_s \Rightarrow m_s = t_s/\pi$

+ Trên tiết diện dọc:  $t_a \Rightarrow m_a = t_a/\pi$

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

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

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

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

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



# 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

$$\beta = 8^\circ - 15^\circ$$

