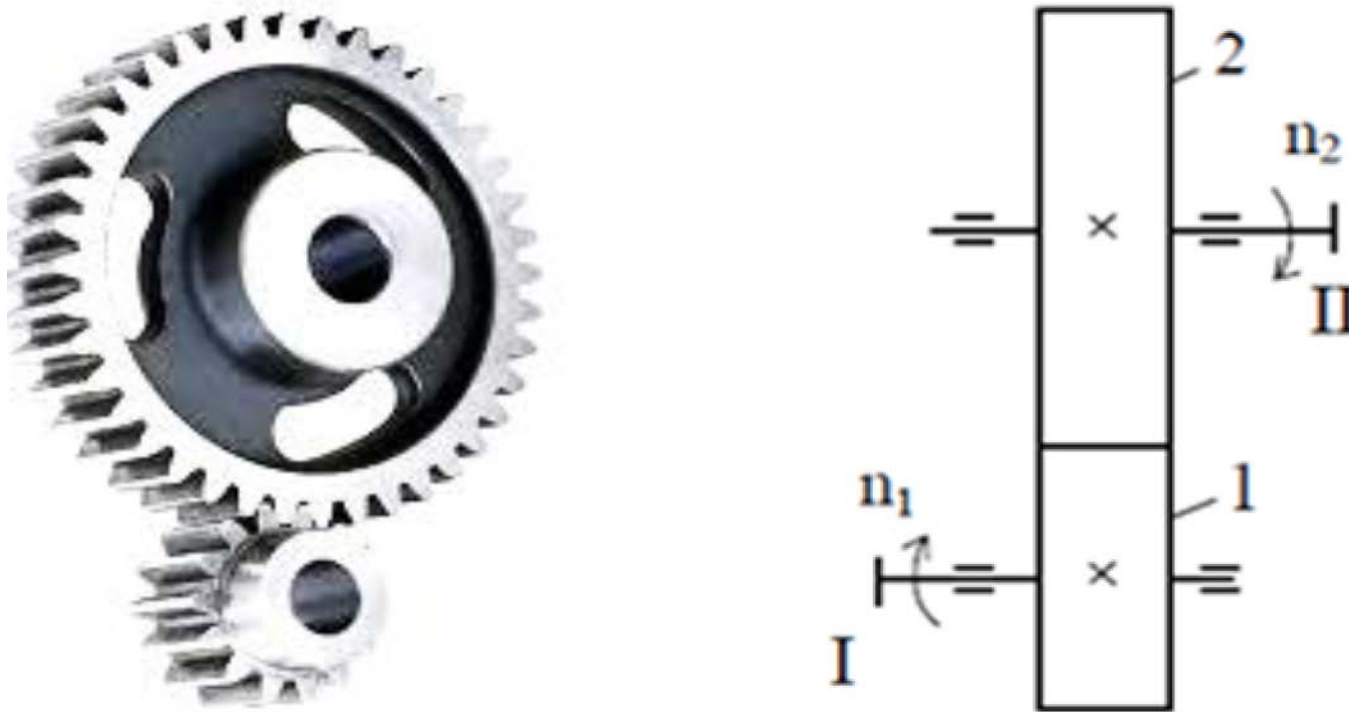


Môn. NGUYÊN LÝ CHI TIẾT MÁY
Chương 5. BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG

5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

5.1.1. KHÁI NIỆM

Truyền chuyển động giữa 2 bánh răng có khoảng cách trục gần nhau nhờ nguyên lý ăn khớp giữa răng của 2 bánh răng.



Hình 5.1. Sơ đồ bộ truyền bánh răng trụ

5.1.2. Phân loại

- Theo vị trí tương đối giữa các trục



Hình 5.2. Bánh răng trụ



Hình 5.3. Bánh răng côn



Hình 5.4. Bánh răng
hypecbôlôit

5.1.2. Phân loại

- Theo phương răng so với đường sinh
- Theo dạng ăn khớp



Hình 5.5. Bộ truyền ăn khớp trong



Hình 5.6. Bánh răng - thanh răng



Hình 5.7. Truyền động bánh răng nghiêng

5.1.3. Ưu và nhược:

- Ưu điểm

- + Kích thước nhỏ, khả năng tải lớn
- + Tỷ số truyền không đổi
- + Hiệu suất làm việc cao, $\eta = 0,97 - 0,99$
- + Tuổi thọ cao, làm việc tin cậy trong phạm vi công suất, tốc độ quay và tỷ số truyền rộng.

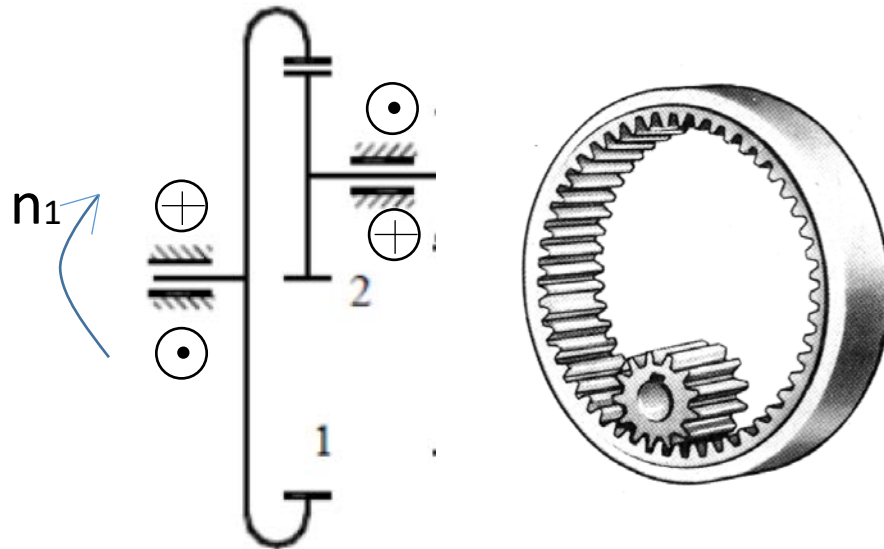
- Nhược điểm

- + Chế tạo tương đối phức tạp
 - + Đòi hỏi độ chính xác cao
 - + Có nhiều tiếng ồn khi có vận tốc lớn
 - + Chịu va đập kém
- => Bộ truyền bánh răng được sử dụng nhiều hơn so với các bộ truyền khác.
Được sử dụng gần như phổ biến trong hầu hết các loại máy.

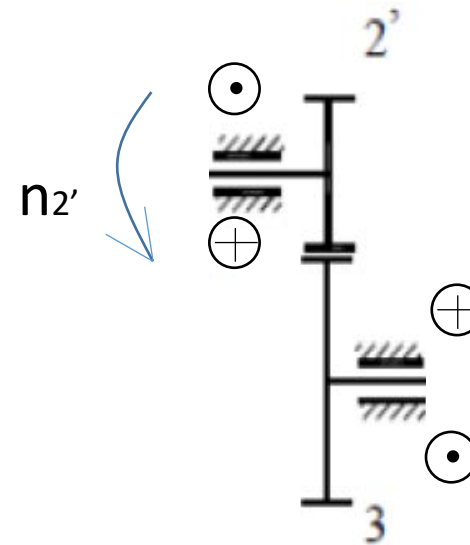
5.2. TRUYỀN ĐỘNG CỦA BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG

5.2.1. Tỷ số truyền của 1 cặp bánh răng

Trong đó: Lấy dấu (+) khi ăn khớp trong, lấy dấu (-) khi ăn khớp ngoài.



Bánh răng ăn khớp trong



Bánh răng ăn khớp ngoài

5.2.2. Tỷ số truyền của hệ thống bánh răng thường

Tỷ số truyền của hệ thống bánh răng bằng tích số tỷ số truyền của các cặp bánh răng.

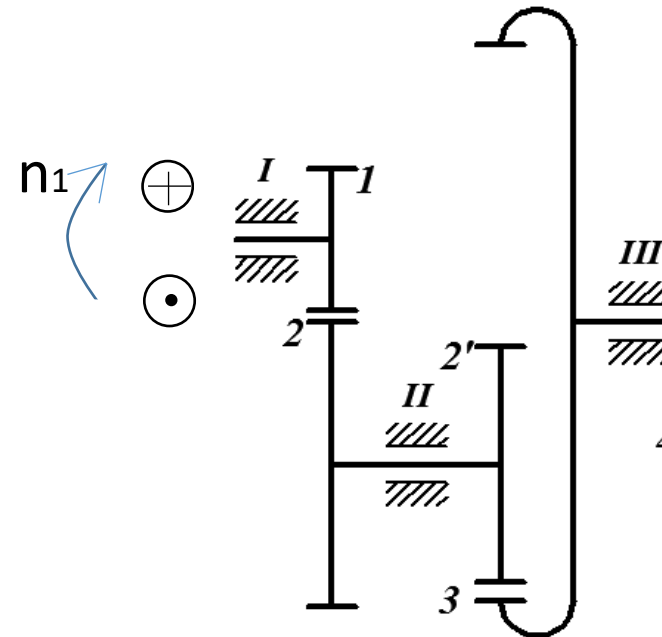
$$u = u_{12} \cdot u_{34} \cdot u_{56} \dots u_{n-1n} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \dots \cdot \frac{Z_n}{Z_{n-1}}$$

Hoặc: $u = \frac{n_1}{n_n}$

VD3. Cho hệ bánh răng như hình vẽ

Biết : $n_1 = 1200$ vòng/phút và $Z_1 = 20$; $Z_2 = 30$;
 $Z_2' = 18$; $Z_3 = 50$ răng

- Tính tỷ số của hệ thống u
- Xác định tốc độ quay của bánh răng Z_3



Giải

a. Tính tỉ số của hệ thống u

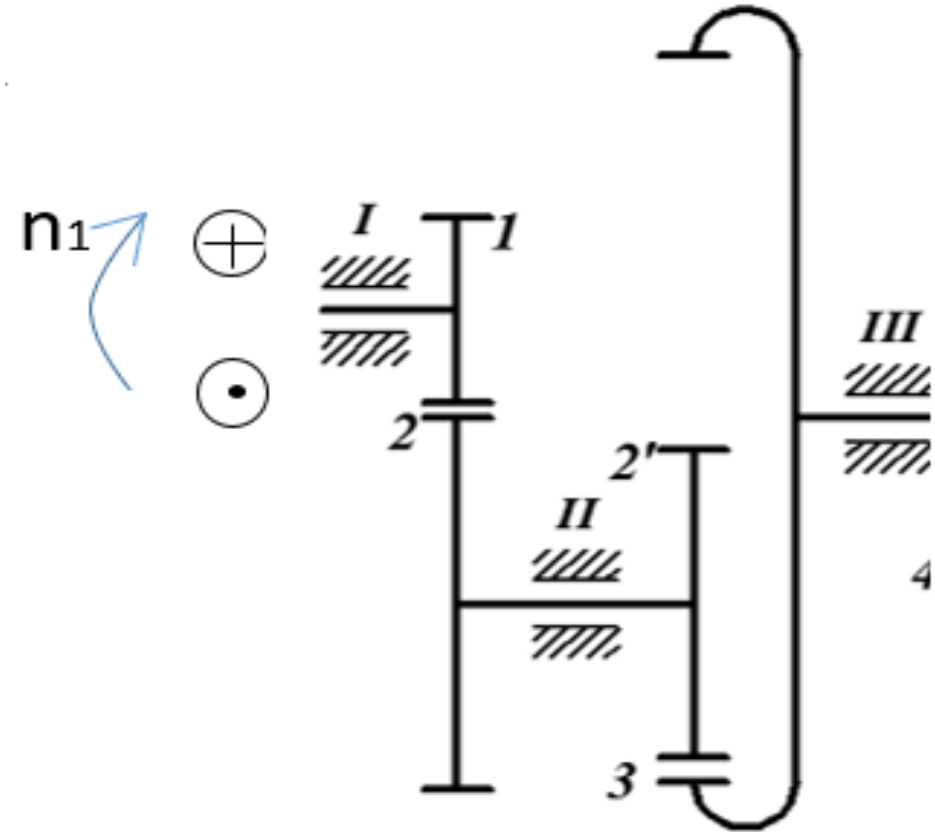
$$u = u_{12} \cdot u_{2'3} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_3}{Z_{2'}} = \frac{30}{20} \cdot \frac{50}{18} = 4,17$$

B. Xác định tốc độ quay của bánh răng Z_3

Lại có: $u = \frac{n_1}{n_3}$

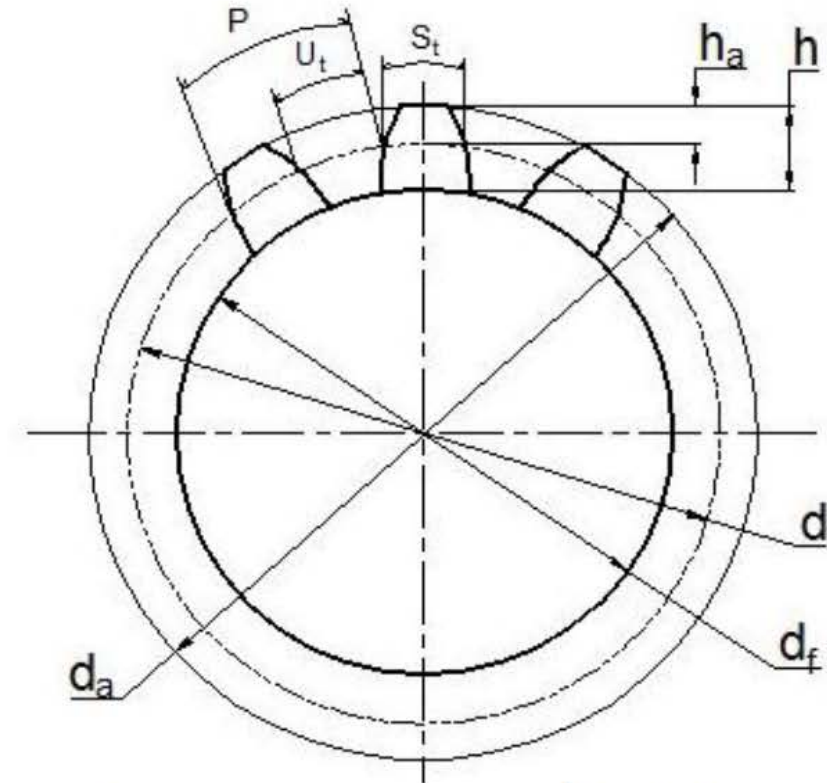
$$\Leftrightarrow 4,17 = \frac{1200}{n_3}$$

$$\Rightarrow n_3 = 287,77 \text{ vòng/phút}$$

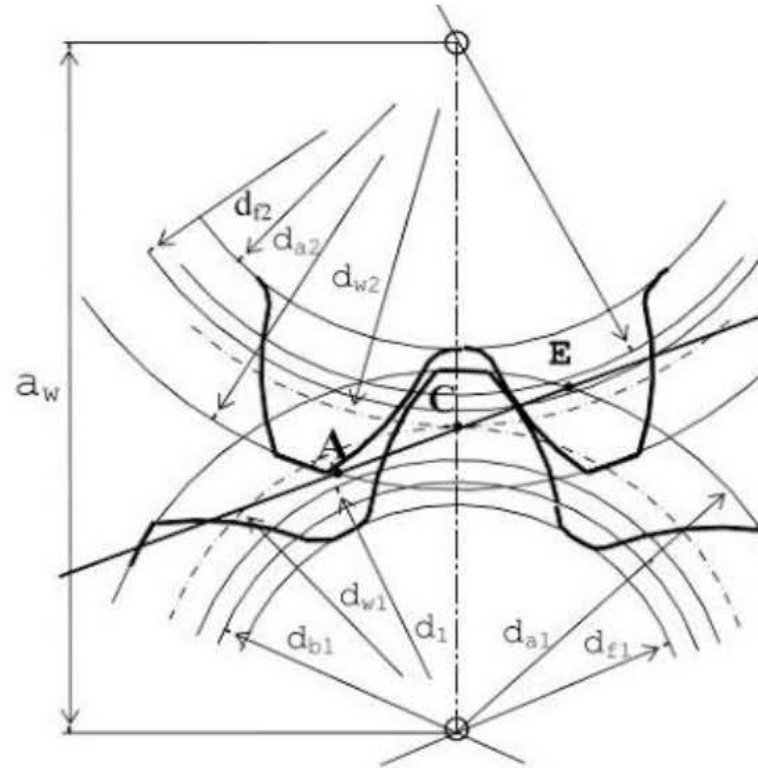


5.3. THÔNG SỐ HÌNH HỌC

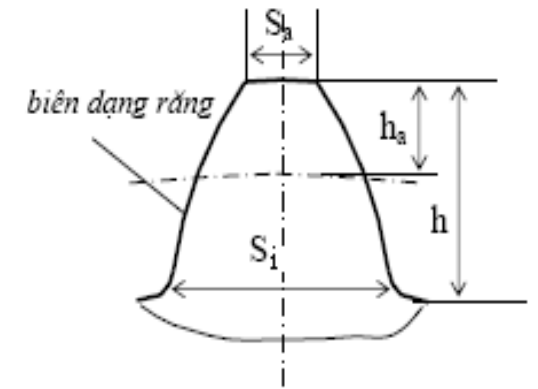
5.3.1. Thông số hình học của bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng



Hình 5.13. Các thông số hình học chủ yếu của bánh răng



Hình 5.14. Các thông số hình học chủ yếu của bộ truyền bánh răng



Bảng 5.1. Các thông số hình học của bánh răng trụ răng thẳng

Tên gọi	Ký hiệu	Công thức tính
Mô đun	m	Theo tiêu chuẩn TCVN 2257-77
Tỉ số truyền (dấu -: ăn khớp ngoài; dấu +: ăn khớp trong Dùng để xác định chiều quay của trục)	u (i)	$u = \mp \frac{n_1}{n_2} = \mp \frac{Z_2}{Z_1}$
Đường kính vòng chia	d	$d=m.Z$
Chiều cao đỉnh răng	h_a	$h_a=m$
Chiều cao chân răng	h_f	$h_f=1,25.m$
Chiều cao răng	h	$h=h_a+h_f=2,25.m$
Đường kính vòng đỉnh	d_a	$d_e=m.(Z + 2)$
Đường kính vòng chân	d_f	$d_i=m.(Z - 2,5)$
Bước răng	t	$t=\pi.m$
Khoảng cách tâm của hai bánh răng ăn khớp (dấu +: ăn khớp ngoài; dấu -: ăn khớp trong)	a	$a = \frac{d_2 \pm d_1}{2} = \frac{m. (Z_2 \pm Z_1)}{2}$

- **Mô đun m:** Mô đun của răng bánh răng, ký hiệu là m, đơn vị đo là mm. Các bánh răng có cùng mô đun sẽ ăn khớp được với nhau. Giá trị của mô đun m được lấy theo dãy số tiêu chuẩn, để hạn chế số lượng dao gia công bánh răng sử dụng trong thực tế.

$m = t/\pi$ giá trị m được tiêu chuẩn hóa theo các dãy số sau:

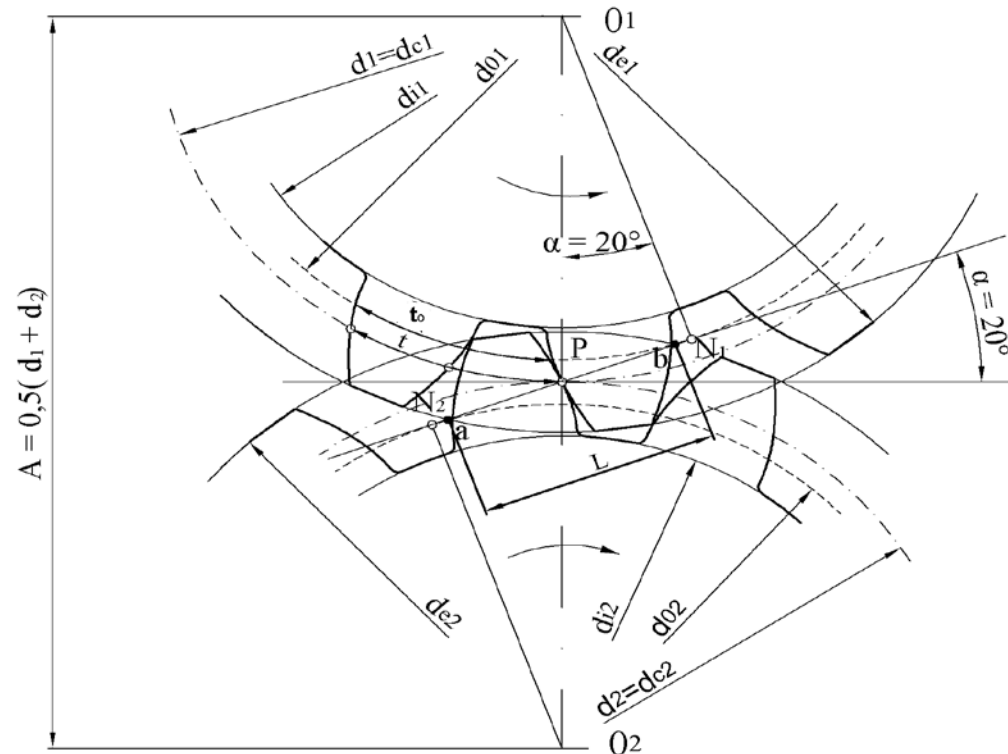
Dãy 1: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25

Dãy 2: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22

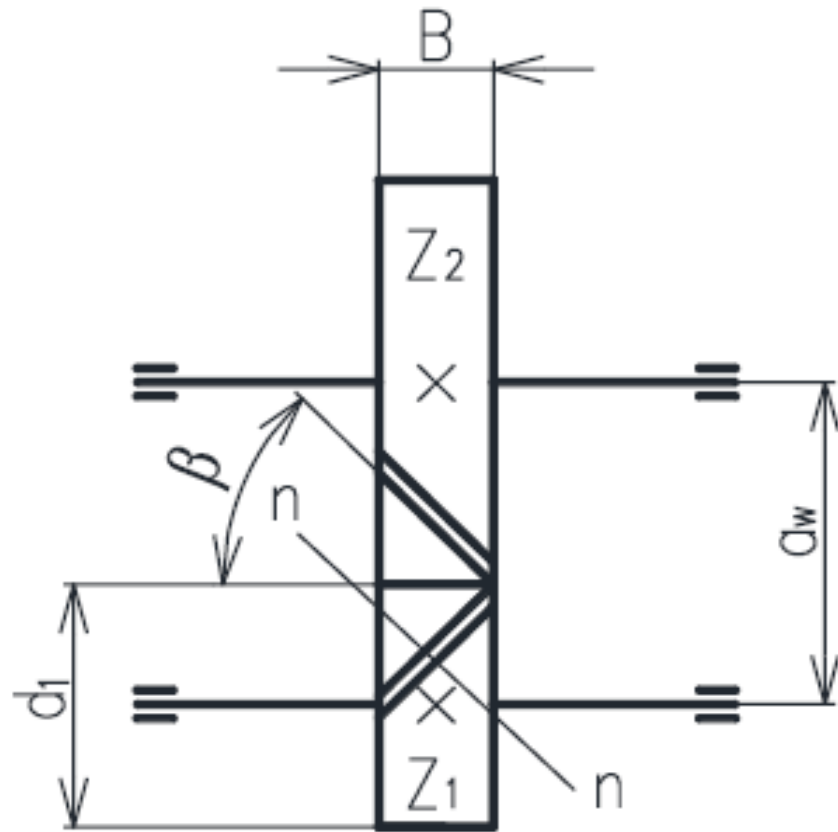
Ưu tiên chọn dãy 1

- **Góc ăn khớp α**

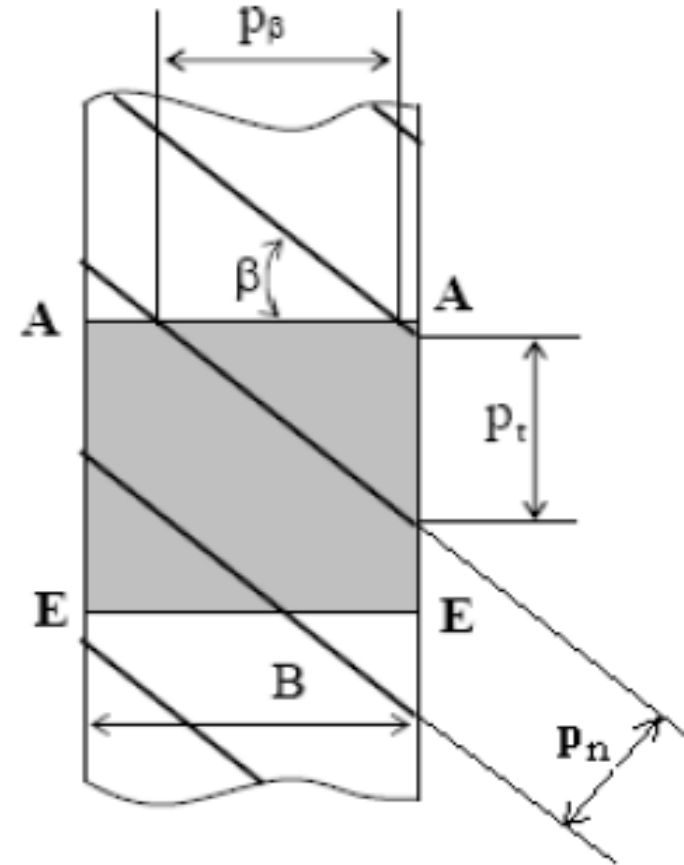
Được xác định $\alpha = 20^\circ$



5.3.2. Thông số hình học của bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng



Hình 5.15. Kích thước bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng



Hình 5.16. Các bước răng của bánh răng trụ răng nghiêng

5.3.2. Thông số hình học của bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng

- Góc nghiêng của răng β :

Điều kiện của góc nghiêng răng đảm bảo làm việc được:

$$8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$$

Được xác định theo công thức:

$$\cos\beta = \frac{m_n.(Z_2 + Z_1)}{2.a_w}$$

- Môđun pháp: m_n

Được tiêu chuẩn hóa và được chọn trong dãy tiêu chuẩn.

Dãy 1: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25

Dãy 2: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22

Ưu tiên chọn dãy 1

5.3.2. Thông số hình học của bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng

Tên gọi	Ký hiệu	Công thức tính
Mô đun	m	Theo tiêu chuẩn TCVN 2257-77
Tỉ số truyền	u (i)	$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$
Đường kính vòng chia	d	$d = \frac{m_n Z}{\cos \beta}$
Chiều cao đỉnh răng	h_a	$h_a = m_n$
Chiều cao chân răng	h_f	$h_f = 1,25.m_n$
Chiều cao răng	h	$h = h_a + h_f = 2,25.m$
Đường kính vòng đỉnh	d_a	$d_a = d_1 + 2m_n$
Đường kính vòng chân	d_f	$d_f = d_1 - 2,5.m_n$
Bước răng	t	$t = \pi.m$
Khoảng cách tâm của hai bánh răng ăn khớp (dấu +: ăn khớp ngoài; dấu -: ăn khớp trong)	a_w	$a_w = \frac{m_t(Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{m_n(Z_1 + Z_2)}{2 \cos \beta}$

Ví dụ 1. Bộ truyền **bánh răng trụ răng nghiêng**. Biết số răng bánh dẫn $Z_1 = 21$ răng, tốc độ quay của bánh răng dẫn là $n_1 = 600$ vg/phút và bánh răng bị dẫn $n_2 = 150$ vg/ph, mô đun pháp $m_n = 6$ mm, góc nghiêng răng $\beta = 12^\circ$. Xác định:

- Đường kính vòng chia bánh răng dẫn và bị dẫn.
- Khoảng cách trục a_w .

GIẢI

- Đường kính vòng chia đĩa dẫn và đĩa bị dẫn.

Đường kính vòng chia đĩa dẫn: $d_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta} = \frac{6 \cdot 21}{\cos 12} = 128,8 \text{ mm}$

Có: $u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$

$$\Leftrightarrow \frac{600}{150} = \frac{Z_2}{21} \rightarrow Z_2 = 84 \text{ răng}$$

Đường kính vòng chia đĩa bị dẫn: $d_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta} = \frac{6 \cdot 84}{\cos 12} = 515,3 \text{ mm}$

- Khoảng cách trục a_w .

$$a_w = \frac{m_n \cdot (Z_1 + Z_2)}{2 \cdot \cos \beta} = \frac{6 \cdot (21 + 84)}{2 \cdot \cos 12} = 322,04 \text{ mm}$$

Ví dụ 2. Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có khoảng cách trục $a_w = 710$ mm, số răng $Z_1 = 24$ và $Z_2 = 151$. Các bánh răng không dịch chỉnh. Chọn góc nghiêng răng β , môđun pháp m_n .

GIẢI

Dựa vào điều kiện của góc nghiêng răng:

$$8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$$

Có: $\cos 8^\circ \geq \cos \beta \geq \cos 20^\circ$ (góc càng nhỏ giá trị cos càng lớn)

$$\Leftrightarrow \cos 8^\circ \geq \frac{m_n.(Z_2 + Z_1)}{2.a_w} \geq \cos 20^\circ$$

$$\Leftrightarrow \cos 8^\circ \geq \frac{m_n.(151+24)}{2.710} \geq \cos 20^\circ$$

$$\Leftrightarrow 8,04 \geq m_n \geq 7,62$$

Dựa vào dãy tiêu chuẩn chọn: $m_n = 8$ mm

GIẢI

Dựa vào dãy tiêu chuẩn chọn: $m_n = 8 \text{ mm}$

Vậy góc nghiêng răng:

$$\cos\beta = \frac{m_n.(Z_2 + Z_1)}{2.a_w}$$

$$\Leftrightarrow \cos\beta = \frac{8.(151 + 24)}{2.710}$$

$$\rightarrow \beta = 9,63^\circ$$

BÀI TẬP ÁP DỤNG

File Bài tập – Chương 5 – Trang 9,10

★ **Bài 5:** Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có khoảng cách trục $a=450$ mm, số răng $Z_1=25$ và $Z_2=135$. Các bánh răng không dịch chỉnh. Chọn góc nghiêng răng β , môđun pháp m_n và số răng tương đương.

★ **Bài 6:** Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có khoảng cách trục $a=940$ mm, $m_n=16$ mm. Các bánh răng không dịch chỉnh, tỉ số truyền $u=5,1$. Xác định số răng và góc nghiêng răng.

Bài 7: Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có khoảng cách trục $a=500$ mm, $m_n=6$ mm. Các bánh răng không dịch chỉnh, tỉ số truyền $u=4,2$. Xác định số răng và góc nghiêng răng.

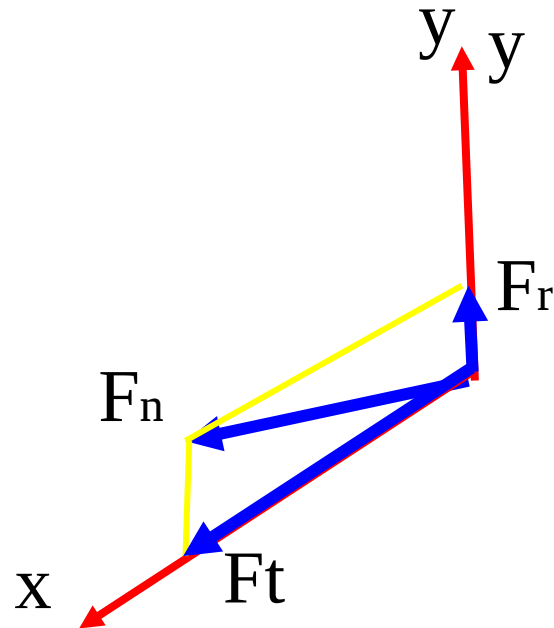
Bài 8: Xác định lực tác dụng lên các bánh răng hộp giảm tốc bánh răng trụ răng nghiêng một cấp theo các số liệu: công suất truyền $P=15$ kW, số vòng quay bánh dẫn $n_1=980$ vg/ph, tỉ số truyền $u=4$, tổng số răng $Z_1+Z_2=99$, môđun pháp $m_n=4$ mm, góc nghiêng răng $\beta=9^\circ$

5.4. LỰC TÁC DỤNG LÊN BỘ TRUYỀN

5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

Lực pháp tuyến F_n

F_n nằm trong mặt phẳng pháp tuyến (mp Oxy), để đơn giản lực F_n được phân tích thành 2 lực thành phần theo trục Ox, Oy là F_t và F_r .

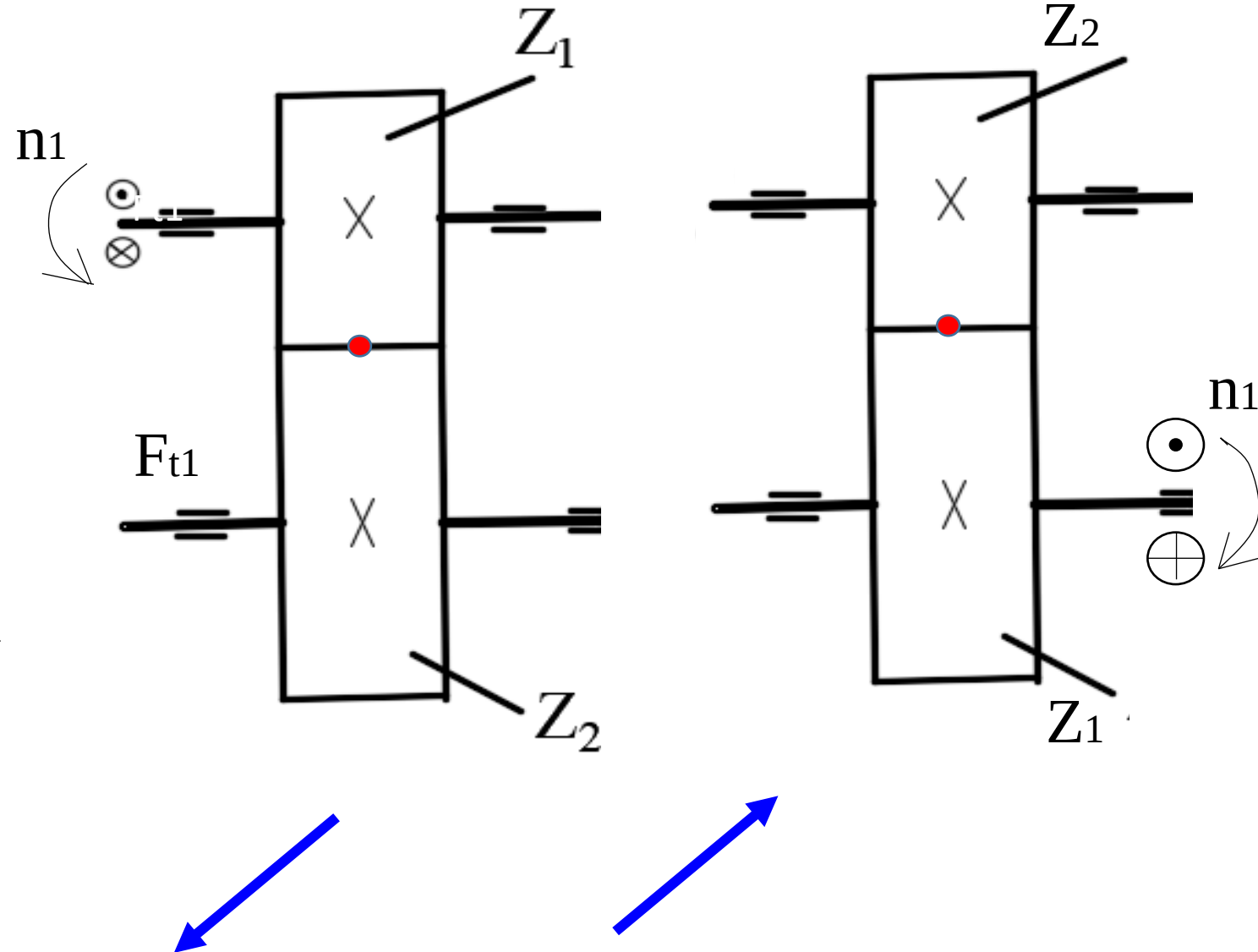


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

❖ Lực tác dụng lên bánh răng Z_1

+ Lực vòng F_{t1}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với trục Ox
 - Chiều: tại vị trí tiếp xúc, có chiều ngược chiều với chiều quay của bánh răng Z_1 .
- Trị số:

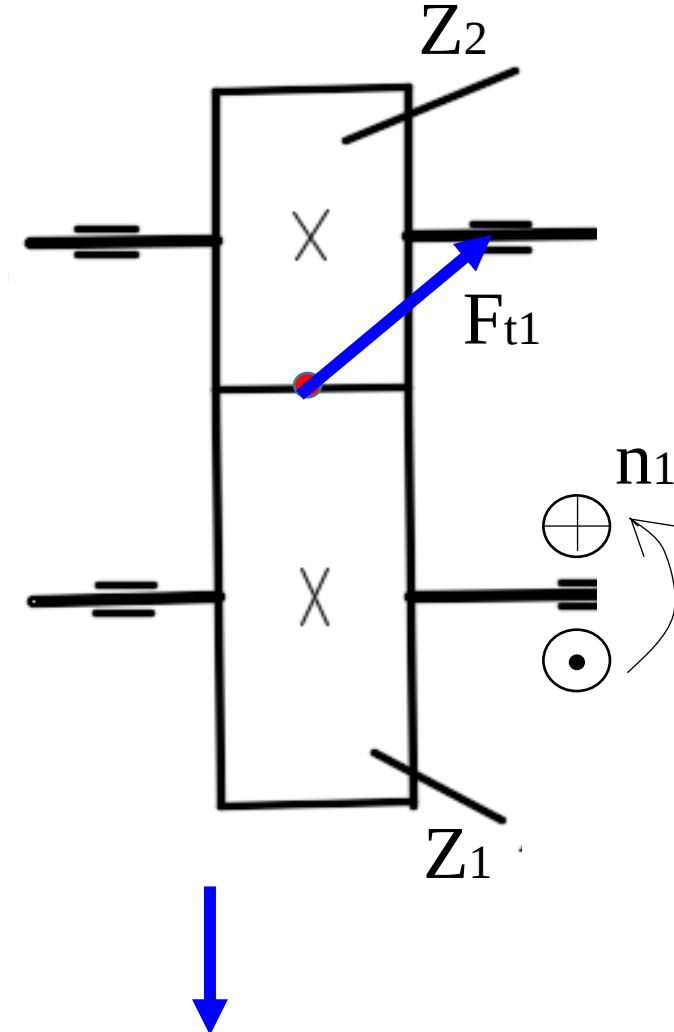
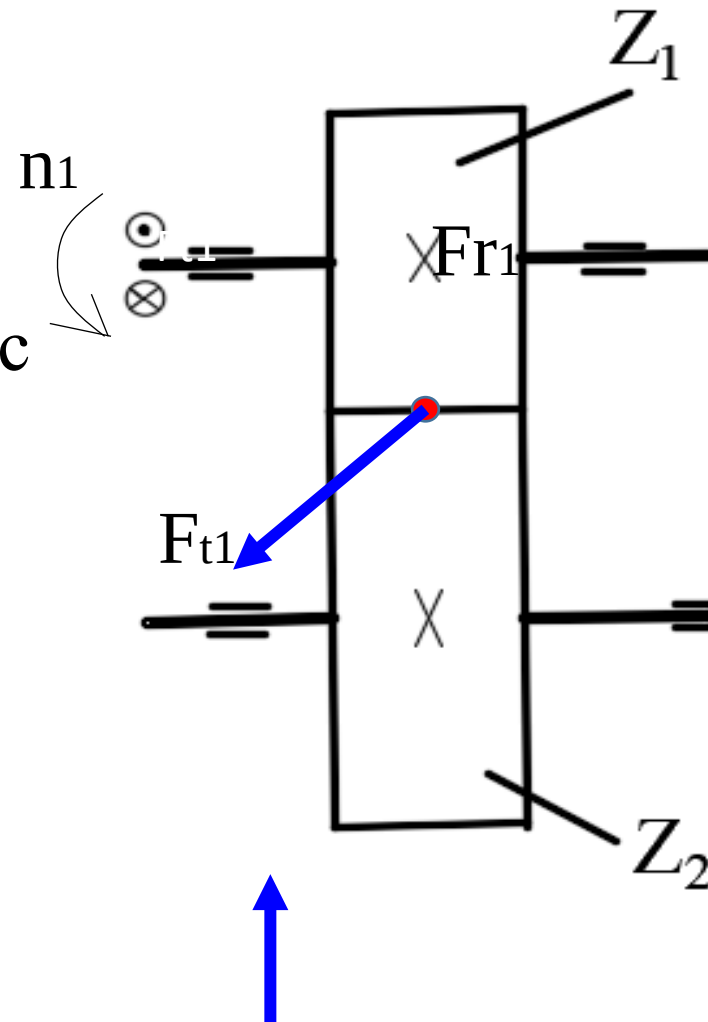


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

+ Lực vòng F_{r1}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với trục Oy
 - Chiều: hướng vào tâm bánh răng Z_1
- Trị số:

LƯU Ý: α là góc ăn khớp, $\alpha = 20^\circ$

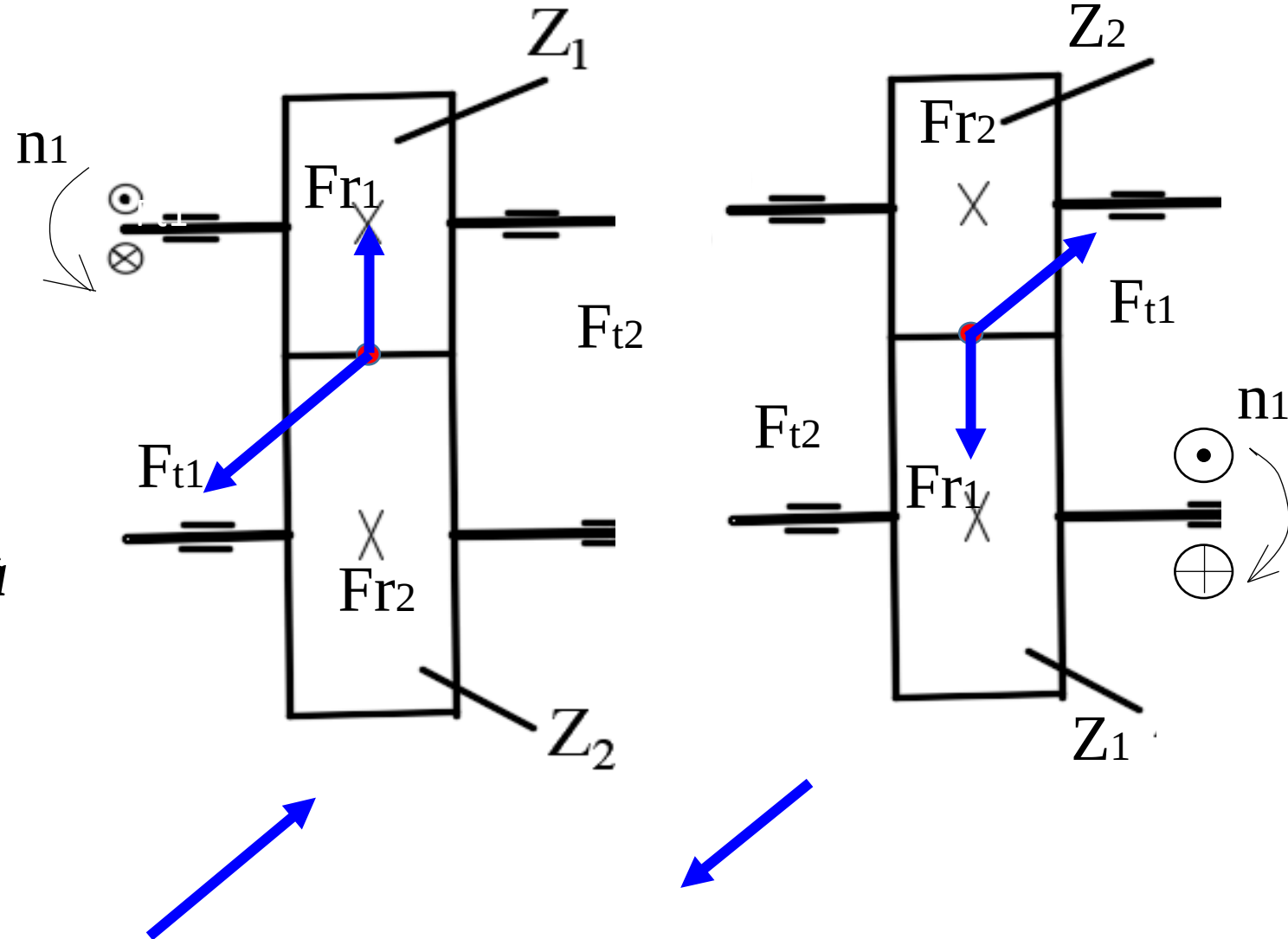


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

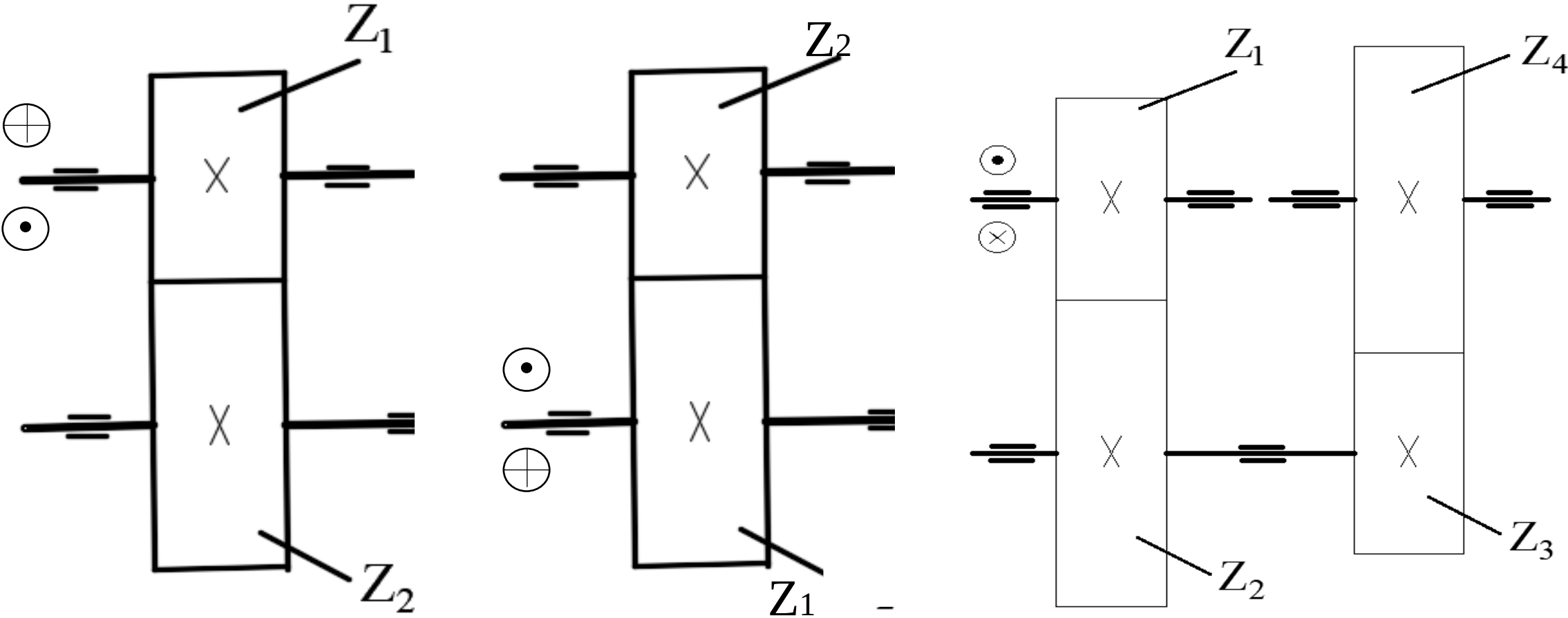
❖ Lực tác dụng lên bánh răng Z_2

Gồm 2 lực F_{t2} và F_{r2}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với F_{t1} và F_{r1}
 - Chiều: ngược chiều với F_{t1} và F_{r1}
 - Trị số: bằng với F_{t1} và F_{r1}



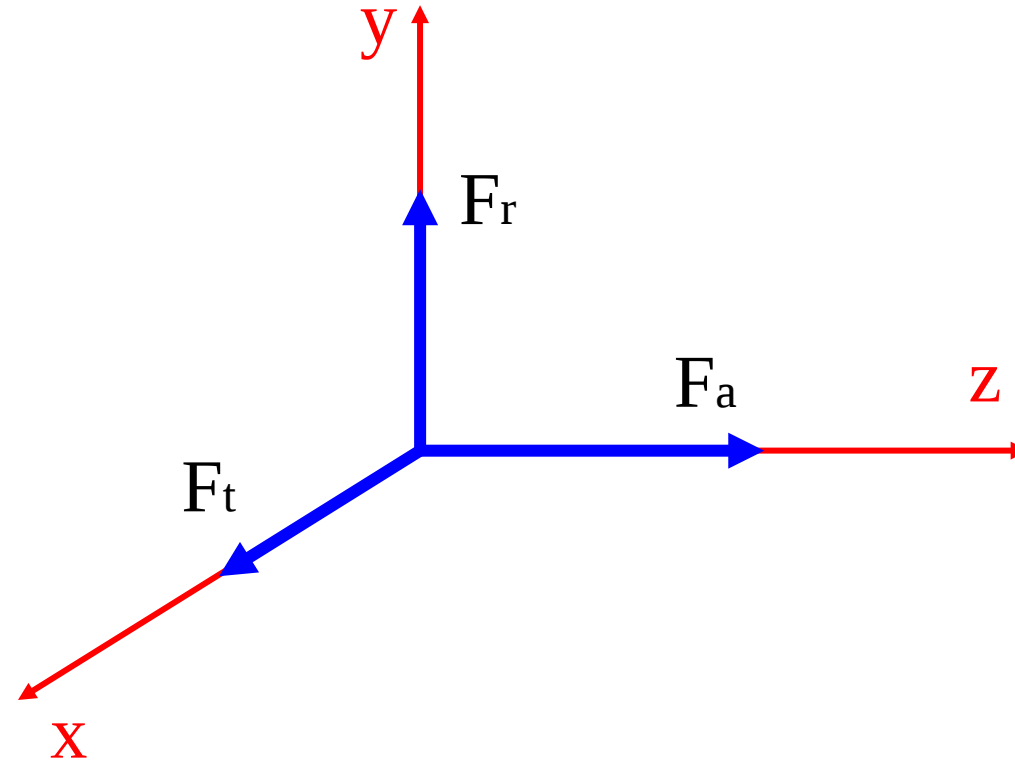
Ví dụ 3. Vẽ lực ở các cặp bánh răng trụ răng thẳng sau:



Ví dụ 3. Vẽ lực ở các cặp bánh răng trụ răng thẳng sau:

5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng

Do có góc nghiêng răng nên lực tác dụng các bánh răng nghiêng có thêm lực dọc trục F_a . Vậy đối với bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng lực F_n được phân làm 3 lực thành phần: F_t , F_r , F_a

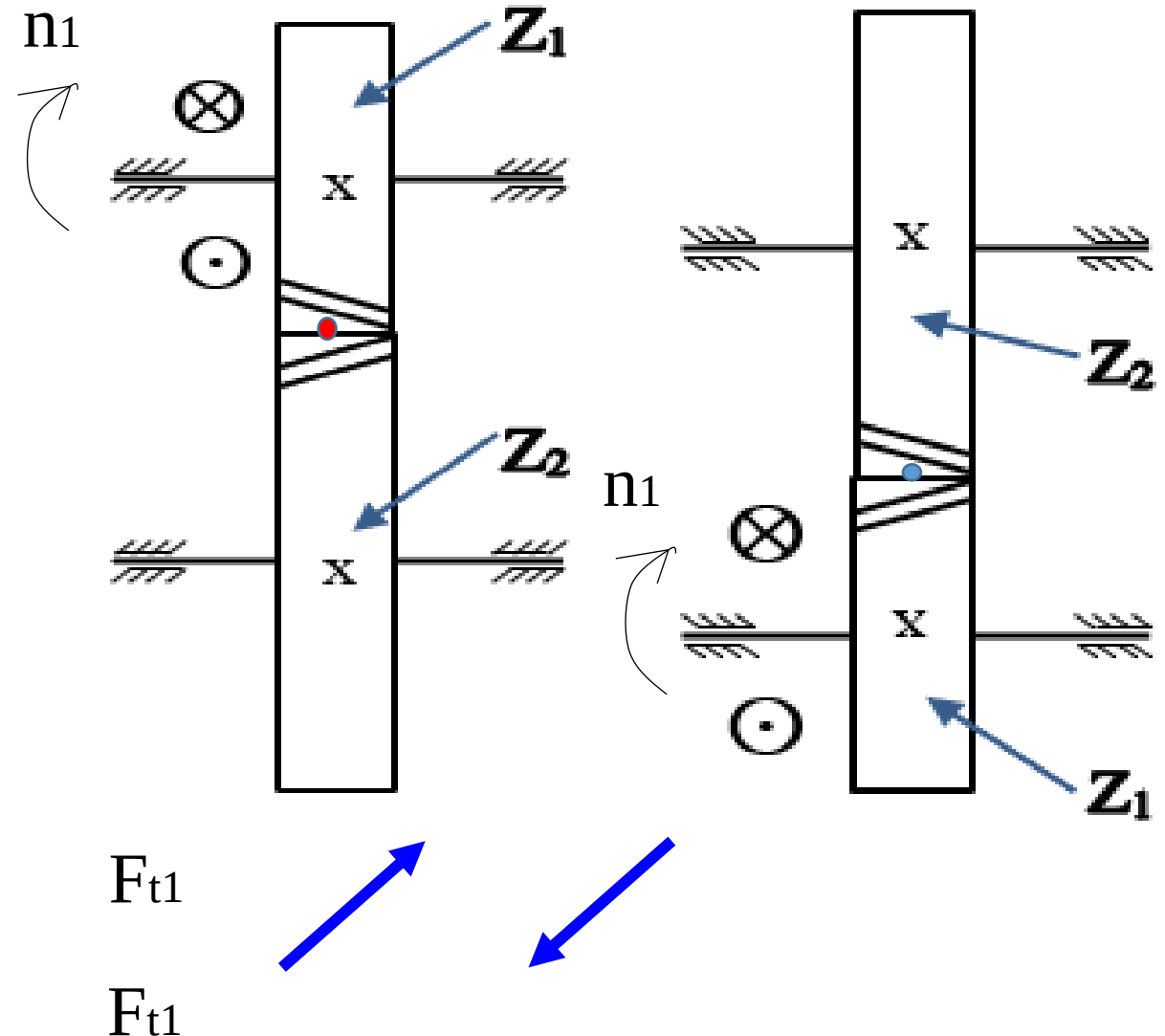


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng

❖ Lực tác dụng lên bánh răng Z_1

+ Lực vòng F_{t1}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với trục Ox
 - Chiều: tại vị trí tiếp xúc, có chiều ngược chiều với chiều quay của bánh răng Z_1 .
- Trị số:

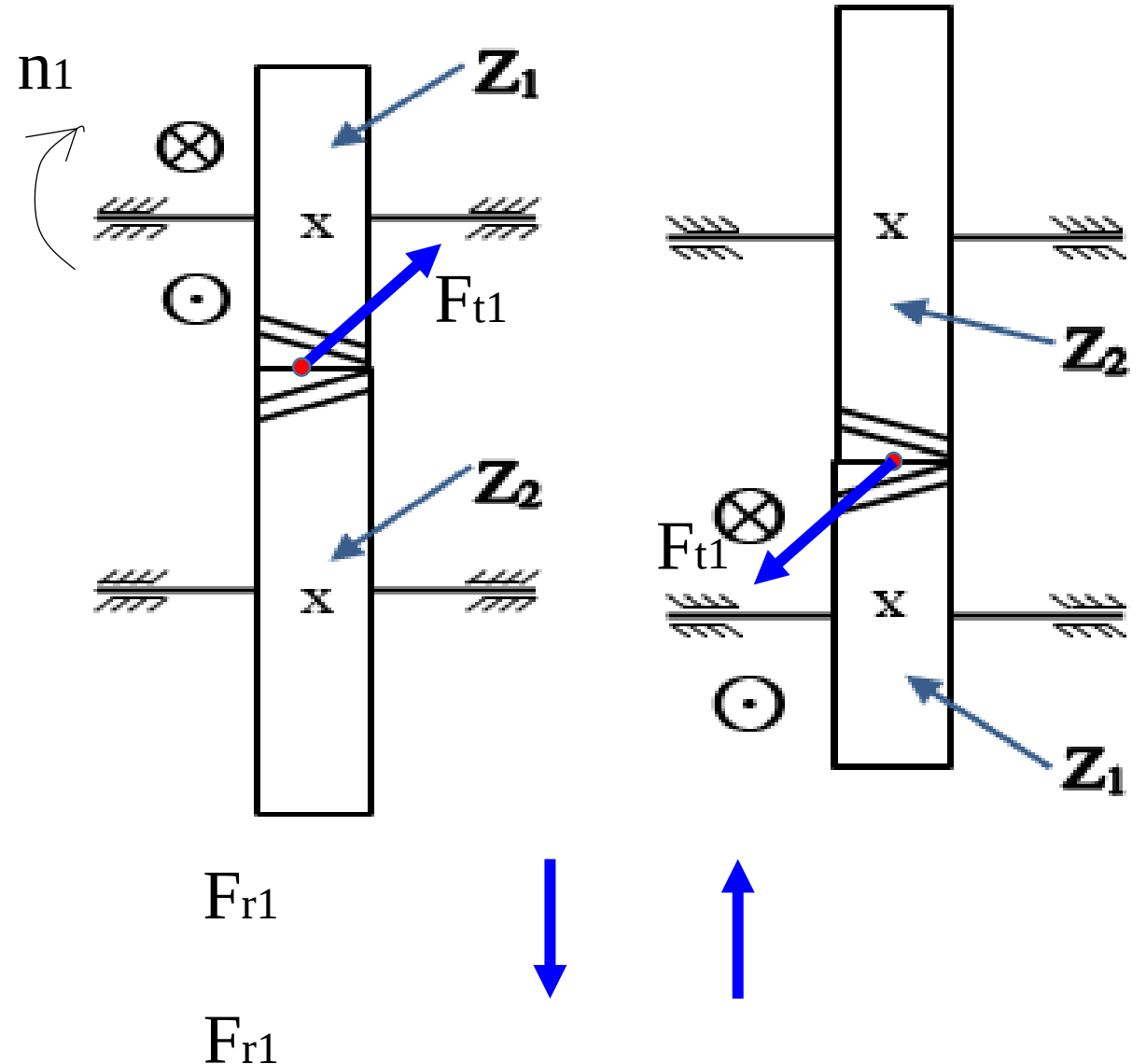


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

+ Lực vòng F_{r1}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với trục Oy
 - Chiều: hướng vào tâm bánh răng Z_1
- Trị số:

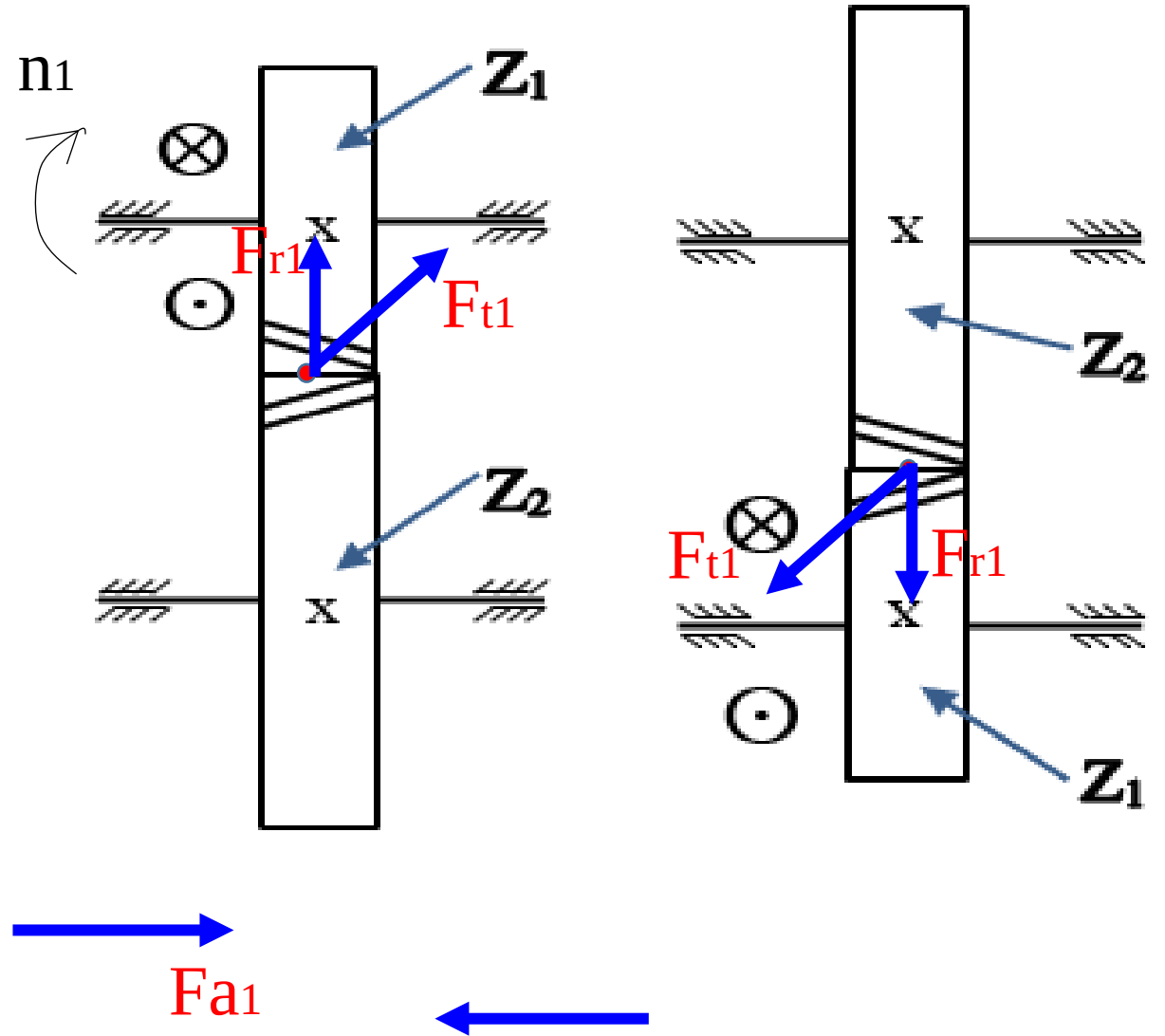
*LƯU Ý: α là góc ăn khớp, $\alpha = 20^\circ$
 β là góc nghiêng răng.*



5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

+ Lực vòng F_{a1}

- Điểm đặt lực: Tại vị trí tiếp xúc giữa 2 răng.
- Phương, chiều:
 - Phương: cùng phương với trục Oz
 - Chiều: hướng vào răng làm việc của bánh răng Z_1
- Trị số:

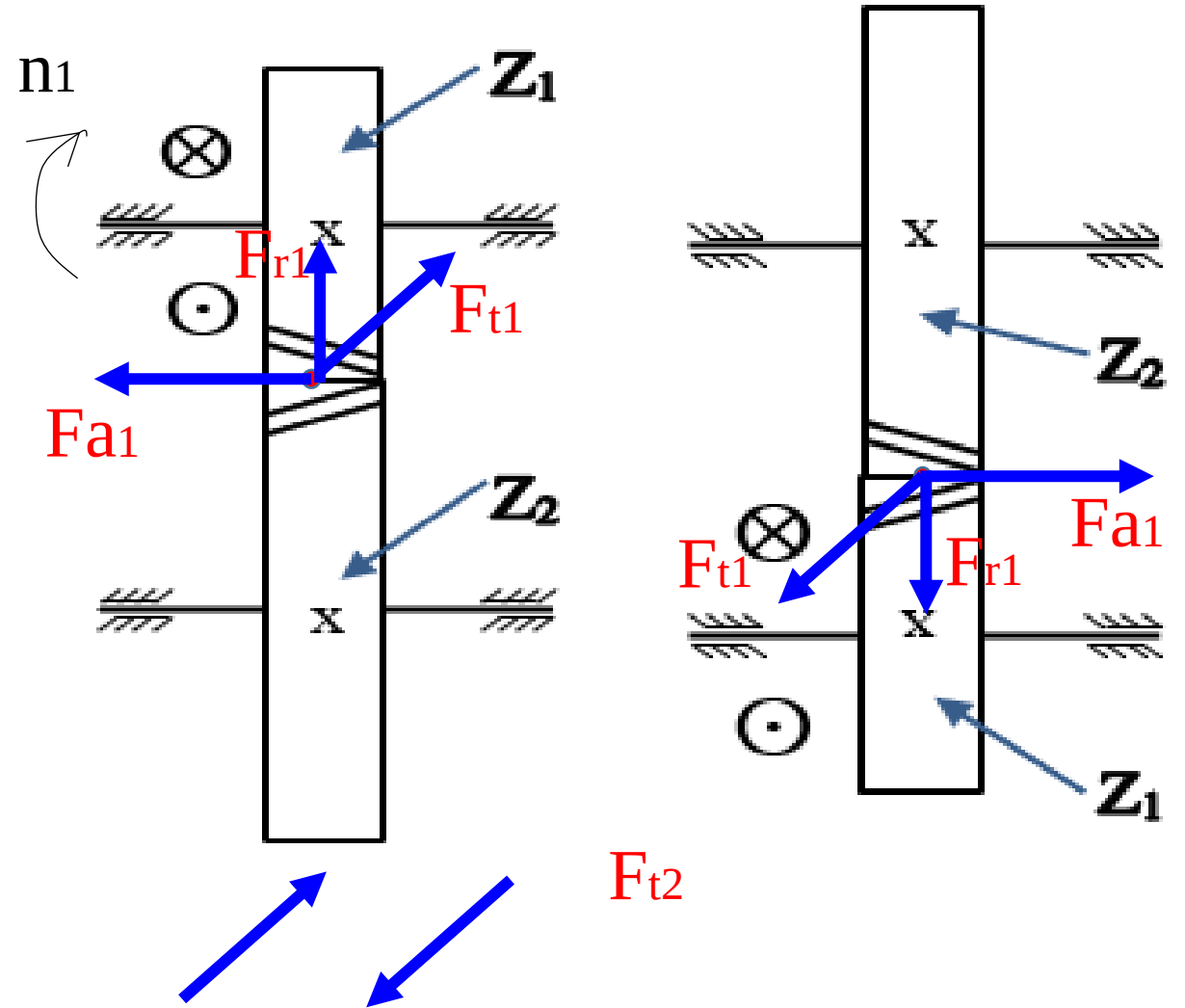
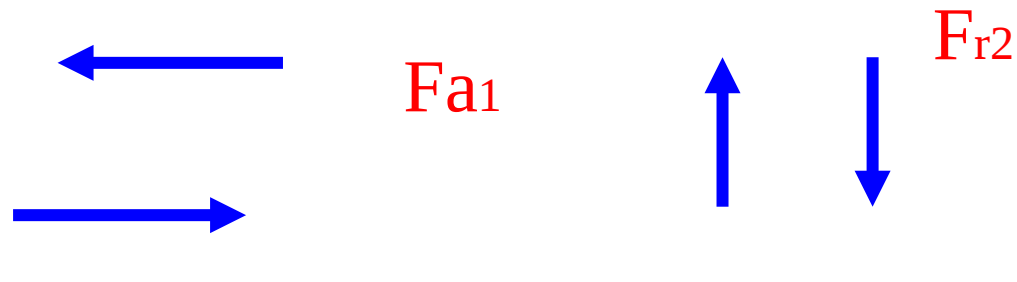


5.4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

+ Lực tác dụng lên bánh răng Z_2

- Cũng có 3 lực: F_{t2} , F_{r2} , F_{a2}

- Cùng điểm đặt, phương và ngược chiều, cùng độ lớn với các lực F_{t1} , F_{r1} , F_{a1}



Ví dụ 4. Vẽ lực ở các cặp bánh răng trụ răng nghiêng sau:

Ví dụ 4. Vẽ lực ở các cặp bánh răng trụ răng nghiêng sau:

Ví dụ 5.

Cho cặp bánh răng như hình vẽ, các bánh răng tiêu chuẩn không dịch chỉnh, ăn khớp ngoài với các thông số sau: $Z_1 = 20$ răng; $Z_2 = 50$ răng, môđun pháp của cặp bánh răng trụ răng nghiêng là như nhau là $m_n = 5$ mm, mômen xoắn $T_1 = 180000$ Nmm, góc nghiêng răng $\beta = 10^\circ$; góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$. Yêu cầu:

- a. Phân tích lực lên cặp bánh răng.
- b. Tính giá trị của các lực tác dụng lên các cặp bánh răng.

GIẢI

a. Phân tích lực lên cặp bánh răng.

Như hình vẽ

b. Tính giá trị của các lực tác dụng lên các cặp bánh răng.

+ **Lực vòng:**

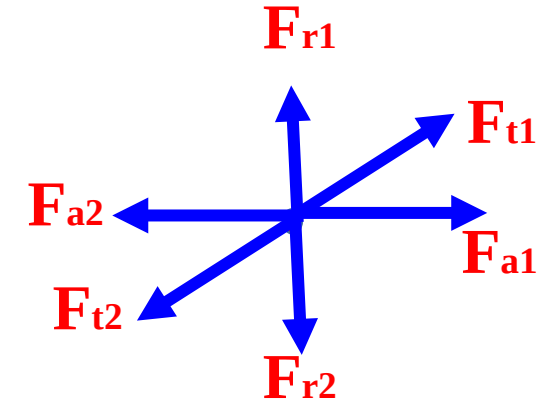
$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2.T_1.\cos\beta}{m_n.Z_1} = \frac{2.180000.\cos 10}{5.20} = 3545,31 \text{ N}$$

+ **Lực hướng tâm:**

$$F_{r1} = F_{r2} = \frac{F_{t1}.\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{3545,31.\tan 20}{\cos 10} = 1310,29 \text{ N}$$

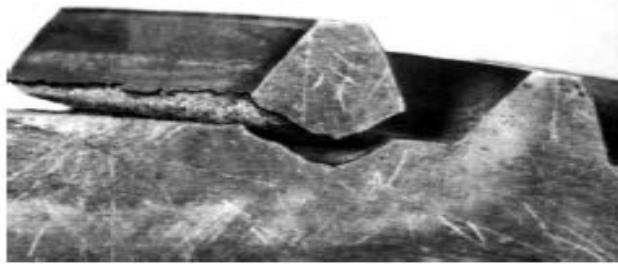
+ **Lực dọc trục:**

$$F_{a1} = F_{a2} = F_{t1}.\tan\beta = 3545,31.\tan 10 = 625,13 \text{ N}$$



5.5. CÁC DẠNG HỎNG, HIỆU SUẤT VÀ BÔI TRƠN

5.5.1. Các dạng hỏng



a)



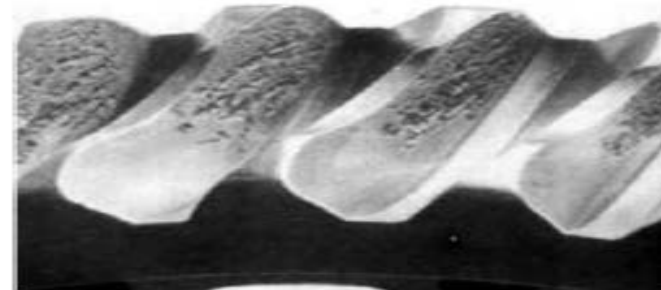
b)



c)



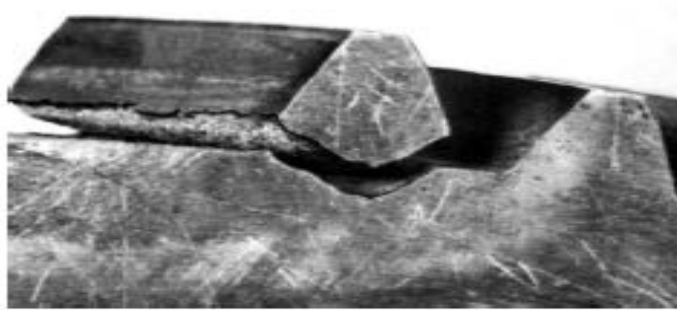
d)



5.5. CÁC DẠNG HỎNG, HIỆU SUẤT VÀ BÔI TRƠN

5.5.2. Các dạng hỏng

Bánh răng chủ yếu chế tạo bằng thép



a)



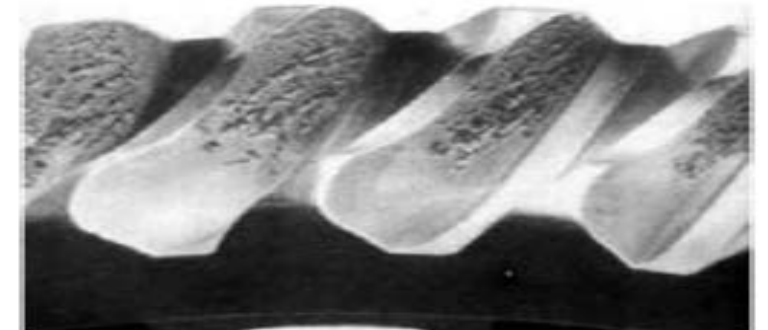
b)



c)



d)



5.5. CÁC DẠNG HỎNG, HIỆU SUẤT VÀ BÔI TRƠN

5.5.2. Hiệu suất

Hiệu suất làm việc của bộ truyền bánh răng nếu được bôi trơn liên tục có thể đạt tới: $\eta = 0,96 \rightarrow 0,99$

Công thức tính hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot u}$$


Trong đó: T_1, T_2 là mô men xoắn trên trục I, II

u là tỉ số truyền của cặp bánh răng truyền động từ trục I $\rightarrow$ II

P_1, P_2 là mô men xoắn trên trục I, II



THI

Ví dụ 6.

Cho hệ thống truyền động bánh răng như hình bên, các bánh răng tiêu chuẩn không dịch chỉnh, ăn khớp ngoài với các thông số sau: $Z_1 = 20$ răng; $Z_2 = 50$ răng; $Z_3 = 20$ răng; $Z_4 = 60$ răng; môđun pháp của 2 cặp bánh răng trụ răng nghiêng và bánh răng thẳng là như nhau là $m_n = m = 6$ mm, mômen xoắn $T_1 = 150000$ Nmm, góc nghiêng răng $\beta = 12^\circ$; góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$. Yêu cầu:

- Phân tích lực lên các cặp bánh răng.
- Tính giá trị của các lực tác dụng lên các cặp bánh răng. Xem như hiệu suất của hệ thống truyền động

$$\eta_{br} = 1$$



GIẢI

a. Phân tích lực lên cặp bánh răng.

Như hình vẽ

b. Lực tác dụng lên bánh răng Z1, Z2

+ **Lực vòng:**

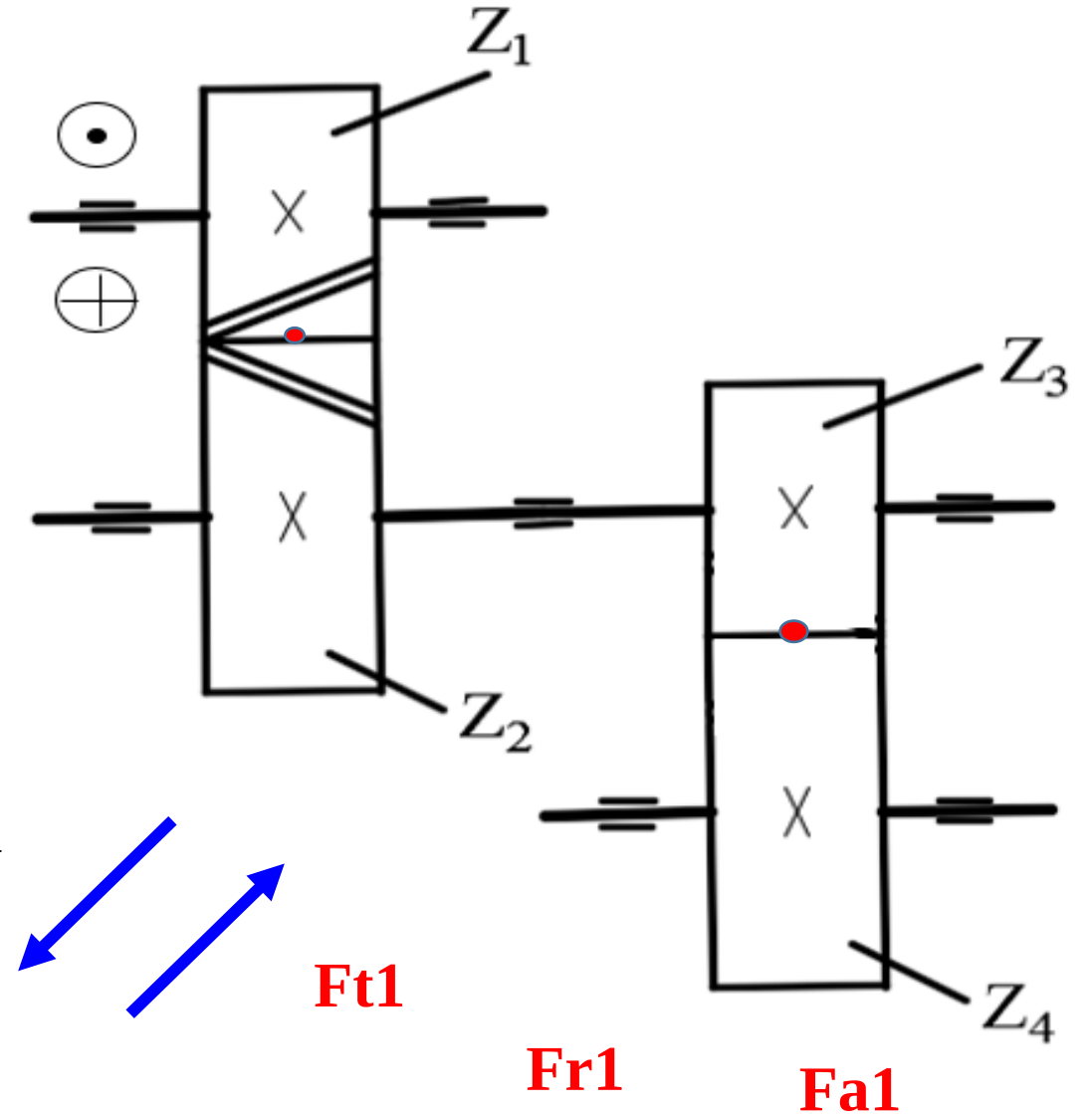
$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2.T_1.\cos\beta}{m_n.Z_1} = \frac{2.150000.\cos12}{6.20} = 2445,37 \text{ N}$$

+ **Lực hướng tâm:**

$$F_{r1} = F_{r2} = \frac{F_{t1}.\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{2445,37.\tan20}{\cos12} = 909,93 \text{ N}$$

+ **Lực dọc trục:**

$$F_{a1} = F_{a2} = F_{t1}.\tan\beta = 2445,37.\tan12 = 519,78 \text{ N}$$



GIẢI

- Lực tác dụng lên bánh răng Z_3, Z_4

+ **Tính mô men xoắn T_2 của trục II:**

Bánh răng Z_3 nằm trên trục II, ta có:

$$\eta_{br} = \frac{T_2}{T_1 \cdot u_{12}} \quad \text{với } u_{12} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{50}{20} = 2,5$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{T_2}{150000 \cdot 2,5} \rightarrow T_2 = 375000 \text{ Nmm}$$

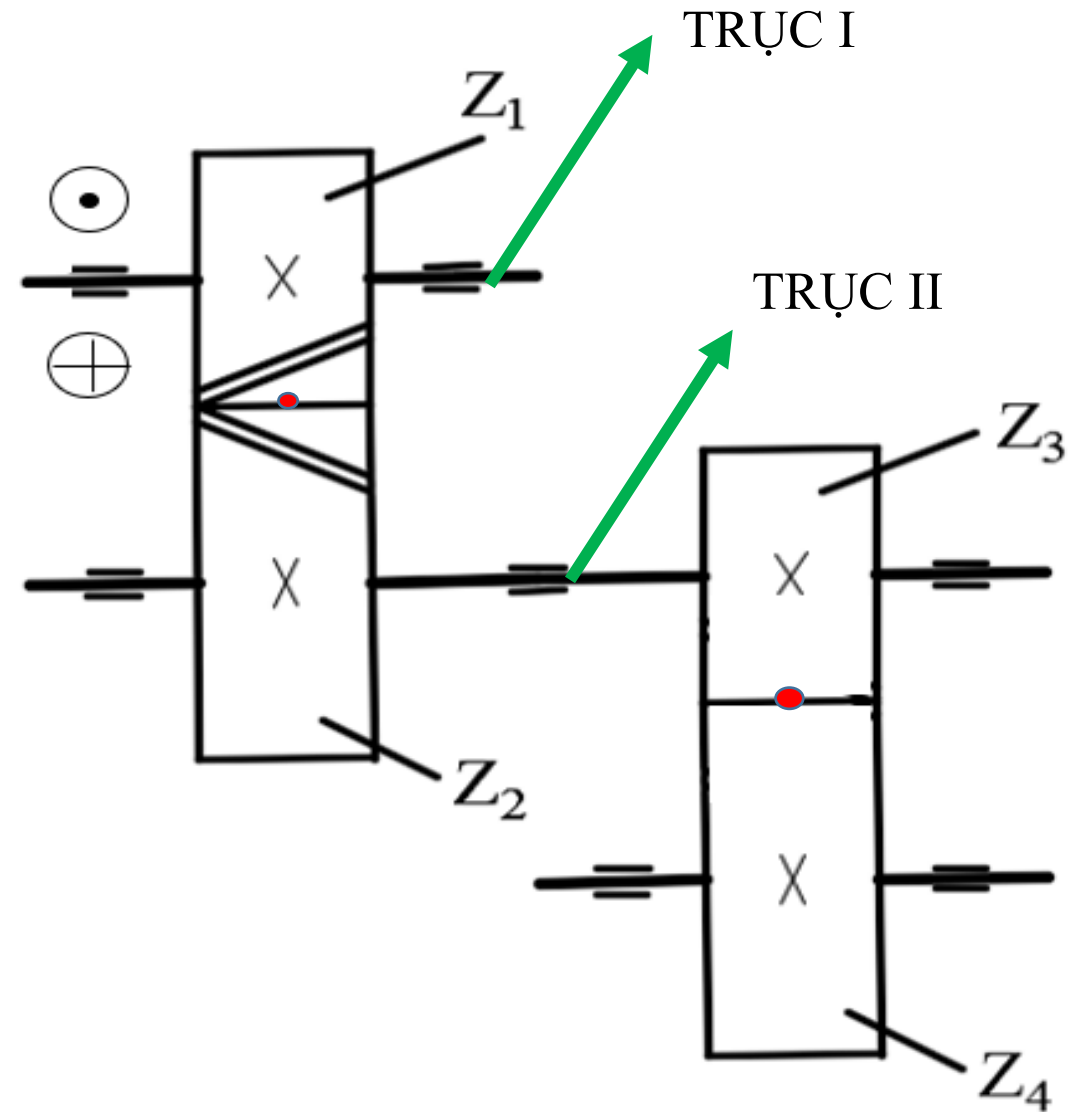
(LƯU Ý :bánh răng Z_3, Z_4 là bánh răng trụ răng thẳng thế sai công thức)

+ **Lực vòng:**

$$F_{t3} = F_{t4} = \frac{2 \cdot T_2}{m \cdot Z_3} = 6250 \text{ N}$$

+ **Lực hướng tâm:**

$$F_{r3} = F_{r4} = F_{t3} \cdot \tan \alpha = 6250 \cdot \tan 20 = 2274,81 \text{ N}$$



File Bài tập – Chương 5 – Trang 9 - 12

BTT ★ **THI**

Cho hệ thống truyền động bánh răng như hình bên, các bánh răng tiêu chuẩn không dịch chỉnh, ăn khớp ngoài với các thông số sau: $Z_1 = 25$ răng; $Z_2 = 50$ răng; $Z_3 = 21$ răng; $Z_4 = 63$ răng; môđun pháp của 2 cặp bánh răng trụ răng nghiêng và bánh răng thẳng là như nhau là $m_n = m = 5$ mm, mômen xoắn $T_1 = 200.000$ Nmm, góc nghiêng răng $\beta = 16^\circ$; góc ăn khớp $\alpha = 20^\circ$. Yêu cầu:

- Phân tích lực lên các cặp bánh răng.
 - Tính giá trị của các lực tác dụng lên các cặp bánh răng.
- Xem như hiệu suất của hệ thống truyền động $\eta_{br} = 1$

