

CHƯƠNG 5. TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

1. Khái niệm chung

1.1. Định nghĩa

Truyền động bánh răng là truyền động ăn khớp trực tiếp, trong đó chuyển động và tải trọng được truyền nhờ sự ăn khớp của các răng trên bánh răng hoặc thanh răng.

Bộ truyền bánh răng thường có 2 bộ phận chính:

+ Bánh răng dẫn 1, có đường kính d_1 được lắp trên trục dẫn I, quay với số vòng quay n_1 công suất truyền động P_1 mô men xoắn trên trục T_1

+ Bánh răng bị dẫn 2, có đường kính d_2 , được lắp trên trục bị dẫn II, quay với số vòng quay n_2 , công suất truyền động P_2 , mô men xoắn trên trục T_2 .

+ Trên bánh răng có các răng, khi truyền động các răng ăn khớp với nhau, tiếp xúc và đẩy nhau trên đường ăn khớp

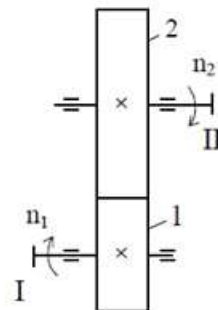
Nguyên lý làm việc của bộ truyền bánh răng (Hình 5.1). có thể tóm tắt như sau: trục I quay với số vòng quay n_1 thông qua mối ghép then làm cho bánh răng 1 quay. Răng của bánh 1 ăn khớp với răng của bánh 2, đẩy răng bánh 2 chuyển động, làm bánh 2 quay, nhờ mối ghép then trục II quay với số vòng quay n_2 .

Truyền chuyển động bằng ăn khớp, nên trong bộ truyền bánh răng hầu như không có trượt (chỉ có hiện tượng trượt biên dạng ở phần đỉnh và chân răng), hiệu suất truyền động của bộ truyền rất cao.

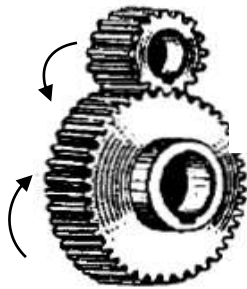
1.2. Phân loại

Theo vị trí tương đối giữa các trục

- Truyền động bánh răng trụ, các trục song song với nhau; (hình 5.2)
- Truyền động bánh răng côn, các trục vuông góc với nhau; (hình 5.3)
- Truyền động bánh răng hypecbôlôit, các trục chéo nhau. (hình 5.4)



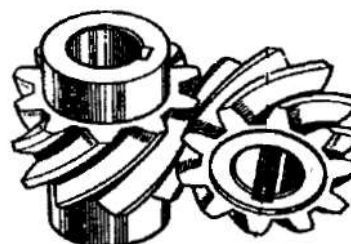
Hình 5.1. Sơ đồ bộ truyền bánh răng trụ



Hình 5.2. Bánh răng trụ



Hình 5.3. Bánh răng côn



Hình 5.4. Bánh răng hypecbôlôit

Theo tính chất di động của đường tâm các trục

- Truyền động bánh răng thường, đường tâm trục của tất cả các bánh răng đều cố định;
- Truyền động bánh răng hành tinh, đường tâm trục của 1 hoặc nhiều bánh răng di động trong mặt phẳng quay.

Theo phương của răng so với đường sinh

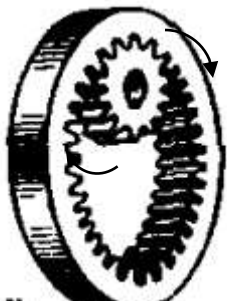
- Truyền động bánh răng thẳng (bánh trụ răng thẳng và bánh côn răng thẳng); (hình 5.2; 5.3)
- Truyền động bánh răng nghiêng (bánh trụ răng nghiêng, bánh côn răng xoắn, răng cong). (hình 5.7)
- Truyền động bánh răng chữ V (hình 5.8)

Theo dạng ăn khớp

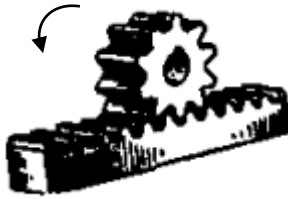
- Bộ truyền ăn khớp ngoài; (hình 5.2; 5.3; 5.4)
- Bộ truyền ăn khớp trong. (hình 5.5)

Theo dạng pôfin răng

- Truyền động bánh răng thân khai;
 - Truyền động bánh răng xyclôit: Biên dạng răng là đường cong xiclôit, sử dụng chủ yếu trong đồng hồ và dụng cụ đo.
 - Truyền động bánh răng Nôvikôv: Biên dạng răng là cung tròn, Nôvikov tìm ra năm 1954 làm tăng khả năng tải của bộ truyền, sử dụng nhiều trong xe tăng (hình 5.9 a, b)
- Truyền động bánh răng thân khai được dùng rộng rãi hơn cả, do răng được chế tạo bằng dụng cụ có cạnh thẳng, đảm bảo độ chính xác cao và không bị ảnh hưởng của sai số khoảng cách trục do đó không làm thay đổi qui luật chuyển động và tỉ số truyền.



Hình 5.5. Bộ truyền ăn khớp trong



Hình 5.6. Bánh răng - thanh răng



Hình 5.7. Truyền động bánh răng nghiêng



Hình 5.8. bánh răng chữ V

Theo dạng thay đổi chuyển động

- Truyền động bánh răng - bánh răng, biến chuyển động quay thành chuyển động quay;
- Truyền động bánh răng - thanh răng, biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến và ngược lại. (hình 5.6)

Theo kết cấu

- Bộ truyền hở không được bôi trơn hoặc bôi trơn định kỳ, làm việc với vận tốc thấp;
- Bộ truyền kín được bôi trơn đầy đủ, làm việc với vận tốc trung bình hoặc cao.



Hình 5.9a



Hình 5.9b

1.3. Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

1.3.1 Ưu điểm

- Kích thước nhỏ, khả năng tải lớn;
- Tỉ số truyền không đổi;
- Hiệu suất cao, có thể đạt tới $97 \div 99\%$;
- Tuổi thọ cao, làm việc tin cậy trong phạm vi công suất, tốc độ và tỷ số truyền khá rộng.

1.3.2. Nhược điểm

- Chế tạo tương đối phức tạp;
- Đòi hỏi độ chính xác cao;
- Có nhiều tiếng ồn khi vận tốc lớn.
- Chịu va đập kém;

1.3.3. Phạm vi sử dụng

Bộ truyền bánh răng được sử dụng nhiều nhất so với các bộ truyền cơ khí khác. Nó được sử dụng trong hầu hết các loại máy. Truyền động bánh răng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực cơ khí: từ đồng hồ, khí cụ đến các máy hạng nặng v.v...

Bộ truyền bánh răng có thể:

- Truyền công suất rất nhỏ (0,1kW): dụng cụ đo
- Truyền công suất khá lớn (300 kW): các máy mỏ, máy xây dựng, máy làm đường
- Truyền công suất rất lớn (100.000 kW): bộ truyền dùng trong các nhà máy phát điện

Vận tốc đạt được 140 m/s hoặc có thể cao hơn.

2. Truyền động của hệ thống bánh răng

2.1. Tỷ số truyền của cặp bánh răng ăn khớp

Tỷ số truyền:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

n_1 : số vòng quay của trục dẫn (v/p); n_2 : số vòng quay của trục bị dẫn (v/p)

Z_1 : số răng của trục dẫn; Z_2 : số răng của trục bị dẫn



Hình 5.10: Hệ bánh răng



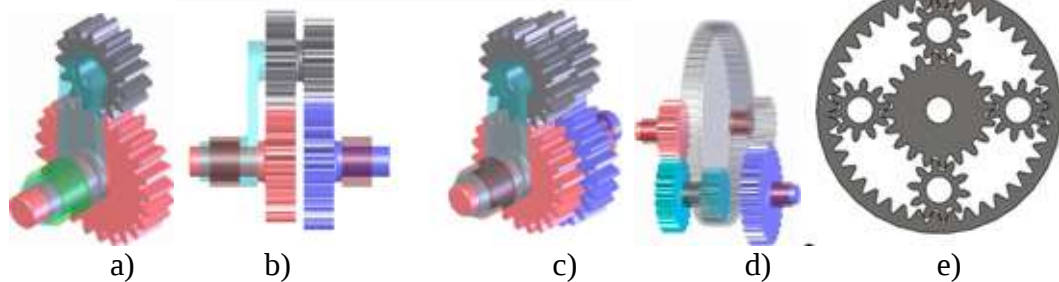
Hình 5.11: Hệ bánh răng không gian

2.2. Tỷ số truyền của hệ thống bánh răng thường

Tỷ số truyền giữa hai trục quay 1 và n là tỷ số vận tốc góc của hai trục quay đó:

$$u_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = \frac{n_1}{n_n}$$

2.3. Tỷ số truyền của hệ thống bánh răng hành tinh - visai



Hình 5.12: Hệ bánh răng hành tinh - visai

Công thức của hệ vi sai là $u_{13}^C = \frac{\omega_1 - \omega_C}{\omega_3 - \omega_C} = (-1)^2 \frac{Z_2}{Z_1} \frac{Z_3}{Z_{2'}}$ (hình 5.12b)

3. Thông số hình học của bộ truyền động bánh răng

3.1. Thông số hình học bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng

Bước răng trên đường kính vòng chia t : ký hiệu t (mm), bằng bước của thanh răng.

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
Dãy 2	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	

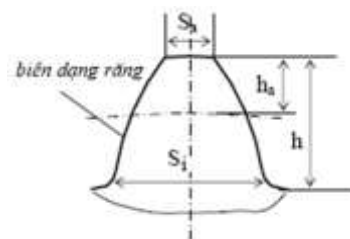
Ưu tiên chọn dãy 1

Số răng bánh nhỏ Z_1 : nên chọn $Z_1 \geq 17$ để tránh cắt chân răng.

Số răng bánh lớn Z_2 : xác định từ tỉ số truyền

Profil gốc α_0 : Góc profil gốc $\alpha_0 = 14,5^\circ; 20^\circ; 25^\circ \dots$; là thông số cơ bản của biên dạng răng

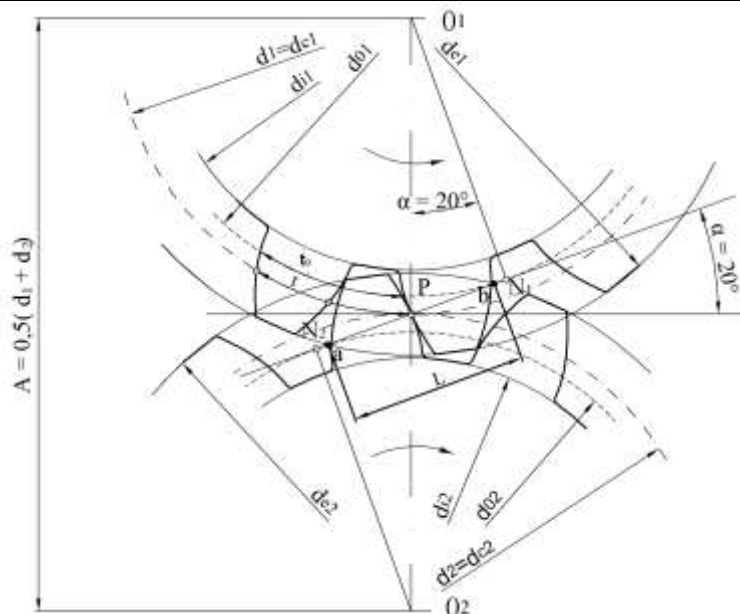
Các thông số hình học của bánh răng trụ răng thẳng theo bảng 5.1



Hình 5.13: Răng của 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_c	$d = m \cdot Z$
Chiều cao đỉnh răng	h_a	$h_a = m$
Chiều cao chân răng	h_f	$h_f = 1,25 \cdot m$
Chiều cao răng	h	$h = h_a + h_f = 2,25 \cdot m$
Đường kính vòng đỉnh	d_e	$d_e = m \cdot (Z + 2)$
Đường kính vòng chân	d_i	$d_i = m \cdot (Z - 2,5)$
Bước răng	t	$t = \pi \cdot m$
Khoảng cách tâm của hai bánh răng ăn khớp (dấu +: ăn khớp ngoài; dấu -: ăn khớp trong)	A	$A = \frac{d_2 \pm d_1}{2} = \frac{m \cdot (Z_2 \pm Z_1)}{2}$



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

Trong đó:

P: tâm ăn khớp;

α : góc ăn khớp, thường $\alpha = 20^\circ$;

t_0 : bước răng trên vòng cơ sở

t : bước răng trên vòng chia;

N_1N_2 : đoạn thẳng ăn khớp lý thuyết;

$L = ab$: đoạn thẳng ăn khớp thực.

Chú ý: Khi vẽ để cho răng vào khớp và ra khớp được với nhau thì L phải lớn hơn t ($L > t$).

Ví dụ 1: Bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng có môđun $m = 10 \text{ mm}$, số răng $Z_1 = 18$ và $Z_2 = 47$. Các bánh răng không dịch chỉnh. Tính các kích thước bộ truyền trong trường hợp các bánh răng ăn khớp trong và ngoài.

Bài giải:

1) Trường hợp ăn khớp ngoài

Đường kính vòng chia bánh dẫn: $d_1 = m.z_1 = 10.18 = 180 \text{ mm}$

Đường kính vòng đỉnh bánh dẫn: $d_{e1} = m.(z_1 + 2) = 10.(18 + 2) = 200 \text{ mm}$

Đường kính vòng đáy bánh dẫn: $d_{i1} = m.(z_1 - 2,5) = 10.(18 - 2,5) = 155 \text{ mm}$

Đường kính vòng chia bánh bị dẫn: $d_2 = m.z_2 = 10.47 = 470 \text{ mm}$

Đường kính vòng đỉnh bánh bị dẫn: $d_{e2} = m.(z_2 + 2) = 10.(47 + 2) = 490 \text{ mm}$

Đường kính vòng đáy bánh bị dẫn: $d_{i2} = m.(z_2 - 2,5) = 10.(47 - 2,5) = 445 \text{ mm}$

Khoảng cách trục: $A = a_w = \frac{m.(z_2 + z_1)}{2} = \frac{10.(47 + 18)}{2} = 325 \text{ mm}$

2) Trường hợp ăn khớp trong

Các thông số tương tự ăn khớp ngoài, ngoài trừ d_{e2} , a_w và d_{i2} .

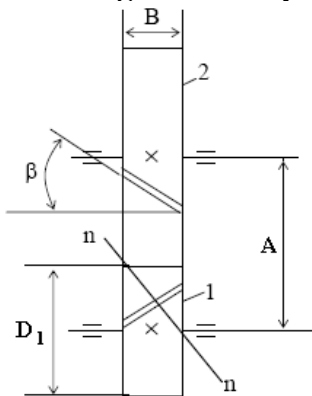
Đường kính vòng đỉnh bánh bị dẫn: $d_{e2} = m.(z_1 - 2) = 10.(47 - 2) = 450 \text{ mm}$

Khoảng cách trục: $A = a_w = \frac{m.(z_2 - z_1)}{2} = \frac{10.(47 - 18)}{2} = 145 \text{ mm}$

Đường kính vòng đáy bánh bị dẫn:

$d_{i2} = 2.a_w + d_{e1} + 0,5m = 2.145 + 200 + 0,5.10 = 495 \text{ mm}$

3.2. Thông số hình học bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng



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

Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có một bộ thông số tương tự như bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng, được tính trên mặt đầu của bánh răng (mặt phẳng vuông góc với trục bánh răng). Một số thông số được xác định trên mặt phẳng pháp tuyến n-n, vuông góc với phương của răng.

Gọi β là **góc nghiêng của răng** (góc làm bởi phương răng và đường sinh của mặt trụ). Phương răng có thể nghiêng trái hoặc nghiêng phải, giá trị của β ; có điều kiện $8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$ đối với bánh răng trụ răng nghiêng và $30^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$ đối với bánh răng chữ V.

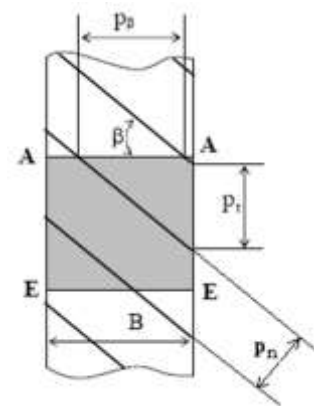
Bước ngang p_t : là bước đo trong tiết diện vuông góc với trục bánh răng,

Bước pháp p_n : là bước đo trong tiết diện vuông góc với phương của răng,

Môđun ngang m_t : là môđun đo trong tiết diện vuông góc với trục bánh răng,

Môđun pháp m_n : là môđun đo trong tiết diện vuông góc với phương của răng (hình 5.16).

Ta có quan hệ: $p_n = p_t \cos \beta$; $m_n = m_t \cos \beta$



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

Đối với bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng, giá trị m_n được tiêu chuẩn hóa. Các giá trị tính toán thì tính theo m_t .

- Khoảng cách trục: $A = a_w = \frac{m_t(Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{m_n(Z_1 + Z_2)}{2 \cos \beta}$

- Đường kính vòng chia: $D_1 = m_t Z_1 = \frac{m_n Z_1}{\cos \beta}$; $D_2 = m_t Z_2 = \frac{m_n Z_2}{\cos \beta}$

- Chiều cao răng: $h = h_a + h_f$; $h_a = m_n$; $h_f = 1,25m_n$

- Đường kính vòng đỉnh:

$$D_{a1} = D_1 + 2h_a = D_1 + 2m_n; D_{a2} = D_2 + 2h_a = D_2 + 2m_n$$

- Đường kính vòng chân:

$$D_{i1} = D_1 - 2h_f = D_1 - 2,5m_n; D_{i2} = D_2 - 2h_f = D_2 - 2,5m_n$$

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 .

Bài giải:

Giữa khoảng cách trục a_w , góc nghiêng răng β và môđun pháp m_n có sự liên hệ sau

$$a_w = \frac{m_n \cdot (z_2 + z_1)}{2 \cdot \cos \beta}$$

Từ đây ta suy ra: $\cos \beta = \frac{m_n \cdot (z_2 + z_1)}{2 \cdot a_w} = \frac{m_n \cdot (151 + 24)}{2 \cdot 710}$

Mặt khác đối với bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng ta có $20^\circ \geq \beta \geq 8^\circ$

do đó: $\cos 8^\circ \geq \cos \beta \geq \cos 20^\circ$

cho nên: $\cos 8^\circ \geq \frac{m_n \cdot (151 + 24)}{2 \cdot 710} \geq \cos 20^\circ$

$$\frac{2 \cdot 710 \cdot \cos 8^\circ}{151 + 24} \geq m_n \geq 7,62 \Rightarrow 8,04 \geq m_n \geq 7,62$$

Theo tiêu chuẩn ta chọn $m_n = 8$ mm

Theo giá trị $m_n = 8$ mm ta tính được $\beta = 9,62^\circ$

Ví dụ 3: Xác định các thông số hình học của cặp bánh răng trụ răng nghiêng, biết rằng $Z_1 = 24$, số vòng quay $n_1 = 1200$ vg/ph, $n_2 = 480$ vg/ph, khoảng cách trục $a_w = 250$ mm, môđun pháp $m_n = 5,5$ mm.

Bài giải:

1) Xác định tỉ số truyền: $u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1200}{480} = 2,5$

2) Số răng bánh dẫn: $z_2 = z_1 \cdot u = 24 \cdot 2,5 = 60$

3) Xác định góc nghiêng răng: $\cos \beta = \frac{m_n \cdot (z_2 + z_1)}{2 \cdot a} = \frac{5,5 \cdot (60 + 24)}{2 \cdot 250} = 0,924$

Suy ra: $\beta = 22,48^\circ$

4) Xác định các đường kính vòng chia:

$$d_1 = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta} = \frac{5,5 \cdot 24}{0,924} = 142,86 \text{ mm}; d_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta} = \frac{5,5 \cdot 60}{0,924} = 357,14 \text{ mm}$$

- Đường kính vòng đỉnh:

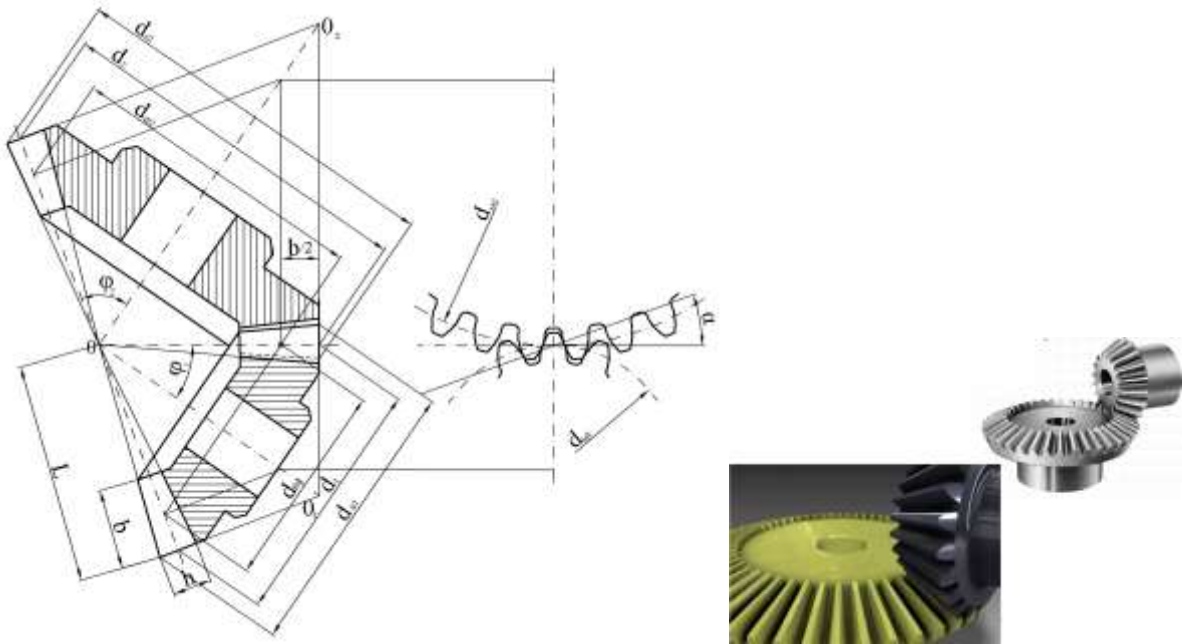
$$d_{e1} = d_1 + 2 \cdot m_n \cdot h_a = 142,86 + 2 \cdot 5,5 \cdot 1 = 153,86 \text{ mm}$$

$$d_{e2} = d_2 + 2 \cdot m_n \cdot h_a = 357,14 + 2 \cdot 5,5 \cdot 1 = 368,14 \text{ mm}$$

3.3. Các thông số hình học của bánh răng côn răng thẳng

Bánh răng côn chủ yếu dùng để truyền động giữa hai trục vuông góc với nhau. Khi vận tốc thấp (khoảng $2 \div 3$ m/s) thường dùng bánh răng côn răng thẳng vì chế tạo và lắp ghép đơn giản hơn các loại bánh răng nón khác. Khi vận tốc cao thì dùng bánh răng côn răng nghiêng hoặc răng cung tròn vì sự ăn khớp êm, khả năng tải cao và tính công nghệ cũng cao. So với bánh răng trụ thì bánh răng nón chế tạo và lắp ghép phức tạp hơn, các trục lại cắt nhau khiến khó bố trí ổ trục (một trục phải để công xôn). Việc cố định ổ trục cũng phức tạp vì có lực dọc trục. Do đó chỉ sử dụng bánh răng nón khi cần thiết.

Các thông số hình học chủ yếu



Hình 5.17 Thông số hình học chủ yếu của bánh răng côn

ϕ_1, ϕ_2 : góc mặt nón lăn (trùng với mặt nón chia) của bánh dẫn, bánh bị dẫn.

Góc giữa hai trục: $\phi = \phi_1 + \phi_2 = 90^\circ$

Tỷ số truyền: $u = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{\tan \phi_1}$

Các thông số hình học của bánh răng côn được xét ở hai tiết diện: tiết diện đáy lớn và tiết diện trung bình.

* Các thông số hình học ở đáy lớn:

- Môđun ở đáy lớn: m_s .
- Chiều dài đường sinh mặt nón lăn: $L = 0,5 \cdot m_s \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$
- Chiều dài răng: $b = (0,3 \div 0,33)L$;
- Đường kính vòng lăn (vòng chia): $d_1 = m_s \cdot Z_1$; $d_2 = m_s \cdot Z_2$
- Đường kính vòng đỉnh: $D_{e1} = m_s \cdot (Z_1 + 2\cos \phi_1)$; $D_{e2} = m_s \cdot (Z_2 + 2\cos \phi_2)$
- Đường kính vòng chân: $D_{i1} = m_s \cdot (Z_1 - 2,4\cos \phi_1)$; $D_{i2} = m_s \cdot (Z_2 - 2,4\cos \phi_2)$
- Chiều cao răng: $h = 2,2 \cdot m_s$

* Các thông số ở tiết diện trung bình:

- Môđun trung bình: m_{tb}
- Đường kính trung bình: $d_{tb1} = m_{tb} \cdot Z_1 = 2(L - 0,5b) \sin \phi_1$
 $d_{tb2} = m_{tb} \cdot Z_2 = 2(L - 0,5b) \sin \phi_2$ (11-53)

Lưu ý: do kích thước độ lớn của răng tỷ lệ với khoảng cách đến đỉnh các mặt nón nên ta có tỉ lệ: $\frac{m_{tb}}{m_s} = \frac{L - 0,5 \cdot b}{L}$

4. Lực tác dụng lên bộ truyền động bánh răng

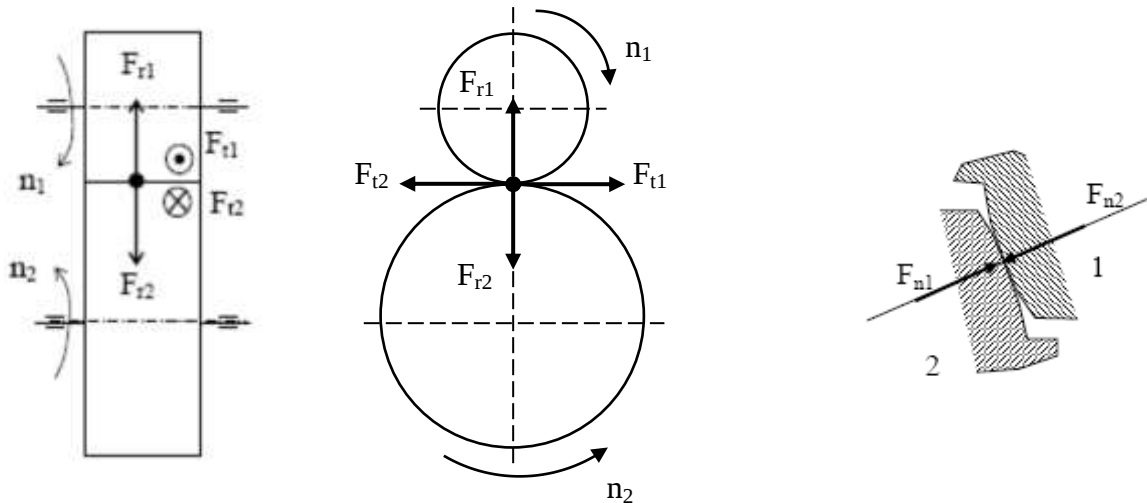
4.1. Lực tác dụng lên bộ truyền động bánh răng trụ răng thẳng

Đối với bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng, gồm có các lực tác dụng sau

- **Lực tiếp tuyến** F_{t1} tác dụng lên trục dẫn I, lực F_{t2} tác dụng lên trục II. Phương của F_{t1} và F_{t2} trùng với đường tiếp tuyến chung của hai vòng lăn. Chiều của F_{t1} ngược với chiều quay n_1 , chiều của F_{t2} cùng với chiều quay n_2 . **Giá trị** $F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{D_1} = \frac{2T_2}{D_2}$

- **Lực hướng tâm** F_{r1} tác dụng lên trục I, vuông góc với trục I và hướng về phía trục I. Lực hướng tâm F_{r2} vuông góc với trục II và hướng về phía trục II. **Giá trị** $F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \cdot \tan \alpha$

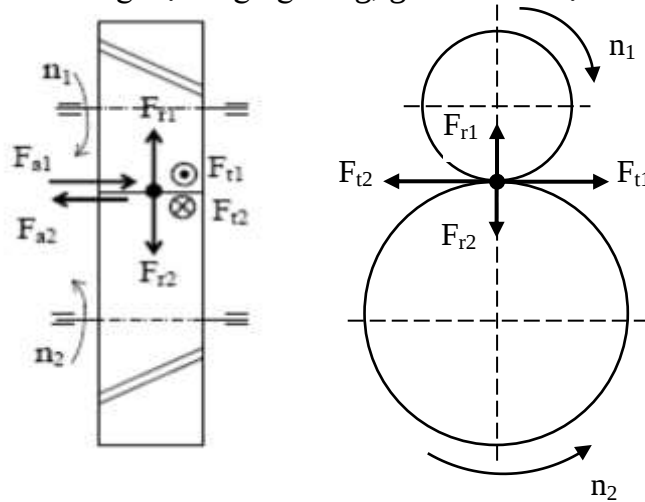
- **Lực pháp tuyến** F_n : có giá trị $F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha}$



Hình 5.18: Lực trong bộ truyền bánh răng trụ răng đứng

4.2. Lực tác dụng lên bộ truyền động bánh răng trụ răng nghiêng

Đối với bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng, gồm có các lực tác dụng sau



Hình 5.19: Lực trong bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng

- **Lực tiếp tuyến** F_{t1} tác dụng lên trục dẫn I, lực F_{t2} tác dụng lên trục II. Phương của F_{t1} và F_{t2} trùng với đường tiếp tuyến chung của hai vòng lăn. Chiều của F_{t1} ngược với chiều quay n_1 , chiều của F_{t2} cùng với chiều quay n_2 . **Giá trị** $F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{D_1} = \frac{2T_2}{D_2}$.

- **Lực hướng tâm** F_{r1} tác dụng lên trục I, vuông góc với trục I và hướng về phía trục I. Lực hướng tâm F_{r2} vuông góc với trục II và hướng về phía trục II. **Giá trị** $F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \cdot \tan \alpha$.

- **Lực dọc trục** F_{a1} tác dụng lên trục I, song song với trục I. Lực dọc trục F_{a2} song song với trục II. Chiều của lực F_{a1} , F_{a2} phụ thuộc vào chiều quay và chiều nghiêng của đường răng. **Giá trị** $F_{a1} = F_{a2} = F_{t1} \cdot \tan \beta$.

- **Lực pháp tuyến** F_n : có giá trị $F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$

4.3. Lực tác dụng lên bộ truyền động bánh răng côn răng thẳng

Đối với bộ truyền bánh răng côn răng thẳng, gồm có các lực tác dụng sau

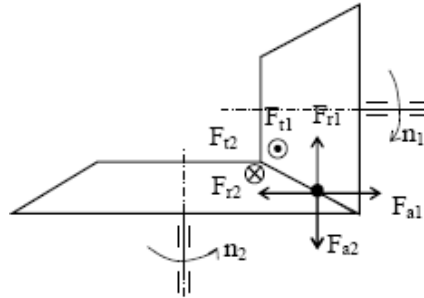
- **Lực tiếp tuyến** F_{t1} tác dụng lên trục dẫn I, lực F_{t2} tác dụng lên trục II. Phương của F_{t1} và F_{t2} trùng với đường tiếp tuyến chung của hai vòng lăn. Chiều của F_{t1} ngược với chiều quay n_1 , chiều của F_{t2} cùng với chiều quay n_2 . **Giá trị** $F_{t1} = F_{t2} = \frac{2T_1}{d_{tb1}} = \frac{2T_2}{d_{tb2}}$

- **Lực hướng tâm** F_{r1} tác dụng lên trục I, vuông góc với trục I và hướng về phía trục I. Lực hướng tâm F_{r2} vuông góc với trục II và hướng về phía trục II.

Giá trị $F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan \alpha \cdot \cos \delta_1$. $F_{r2} = F_{t2} \cdot \tan \alpha \cdot \cos \delta_2$.

- **Lực dọc trục** F_{a1} tác dụng lên trục I, song song với trục I. Lực dọc trục F_{a2} song song với trục II. Chiều của lực F_{a1} hướng về đáy lớn của bánh dẫn, chiều của F_{a2} luôn luôn hướng về phía đáy lớn của bánh bị dẫn.

Giá trị $F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan \alpha \cdot \sin \varphi_1 = F_{r2}$ $F_{a2} = F_{t2} \cdot \tan \alpha \cdot \sin \varphi_2 = F_{r1}$.



Hình 5.20: Lực trong bộ truyền bánh răng côn răng thẳng

Ví dụ 3: Các bánh răng của hệ thống truyền động như hình 5.2 (truyền từ 1-6). Cho trước $T_1 = 100000$ Nmm, môđun cặp bánh răng côn m_s ; môđun cặp bánh răng trụ răng nghiêng m_n và môđun cặp bánh răng trụ răng thẳng m có giá trị bằng nhau và bằng 4 mm, số răng $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, $z_3 = 20$, $z_4 = 60$, $z_5 = 28$, $z_6 = 56$. Xác định:

- Góc β để trục II và IV đồng tâm.
- Phân tích lực tác dụng lên các cặp bánh răng.
- Giá trị các lực tác dụng.

Bài giải: a) Để các trục II và trục IV đồng tâm thì

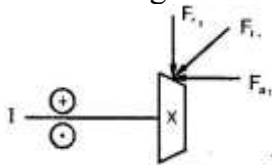
$$a_{34} = a_{56}$$

$$\text{Mặt khác } a_{34} = \frac{m_n \cdot (z_4 + z_3)}{2 \cdot \cos \beta}; a_{56} = \frac{m \cdot (z_6 + z_5)}{2}$$

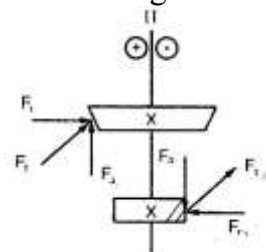
$$\text{Cho nên } \frac{m_n \cdot (z_4 + z_3)}{2 \cdot \cos \beta} = \frac{m \cdot (z_6 + z_5)}{2} \rightarrow \beta = \arccos \frac{m_n \cdot (z_4 + z_3)}{m \cdot (z_6 + z_5)} = \arccos \frac{80}{84} = 17,75^\circ$$

- Phân tích phương chiều lực tác dụng lên các bánh răng

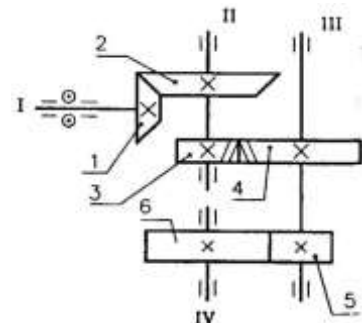
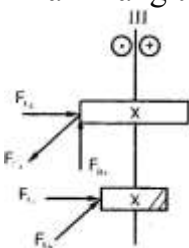
- Bánh răng côn răng thẳng 1



- Bánh răng côn răng thẳng 2 và bánh răng trụ răng nghiêng 3

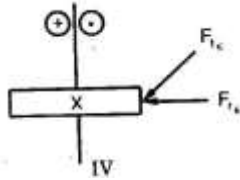


- Bánh răng trụ răng nghiêng 4 và bánh răng trụ răng thẳng 5



Hình 5.21

- Bánh răng trụ răng thẳng 6



c) Lực tác dụng bánh răng 1 và 2 : $F_{t1} = \frac{2.T_1}{d_{m1}} = \frac{2.T_1}{m_m.z_1}$ trong đó: $m_m = m_e.(1 - 0,5.\psi_{be}) = 4(1 - 0,5.0,285) = 3,43 \text{ mm}$ do đó: $F_{t1} = \frac{2.100000}{3,43.20} = 2915 \text{ N}$

$$F_{r1} = F_{t1}.\text{tg}\alpha.\cos\delta_1 = 2915.\text{tg}20^\circ.\cos26,57^\circ = 948,9 \text{ N}$$

$$\text{trong đó: } \delta_1 = \arctg \frac{1}{i_1} = \arctg \frac{z_1}{z_2} = \arctg \frac{1}{2} = 26,57^\circ$$

$$F_{a1} = F_{t1}.\text{tg}\alpha.\sin\delta_1 = 2915.\text{tg}20^\circ.\sin26,57^\circ = 474,6 \text{ N}$$

Giá trị lực tác dụng bánh răng côn 2: $F_{t2} = F_{t1} = 2615 \text{ N}$; $F_{r2} = F_{a1} = 474,6 \text{ N}$; $F_{a2} = F_{r1} = 948,9 \text{ N}$

- Lực tác dụng lên bánh răng 3 và 4

Mômen xoắn tác dụng lên trục 2: $T_2 = T_1.i_1 = 100000.2 = 200000 \text{ Nmm}$

$$F_{t3} = \frac{2.T_2}{d_3} = \frac{2.\cos\beta.T_2}{m_n.z_3} = \frac{2.\cos17,75.200000}{4.20}; F_{r3} = \frac{F_{t3}.\text{tg}\alpha}{\cos\beta} = \frac{4762.\text{tg}20}{\cos17,75} = 1819,9 \text{ N}$$

$$F_{a3} = F_{t3}.\text{tg}\beta = 4762.\text{tg}17,75 = 1524,3 \text{ N}$$

Lực tác dụng lên bánh răng 4

$$F_{t4} = F_{t3} = 4762 \text{ N}; F_{a4} = F_{a3} = 1524,3 \text{ N}; T_3 = T_2.i_2 = 600000 \text{ N}$$

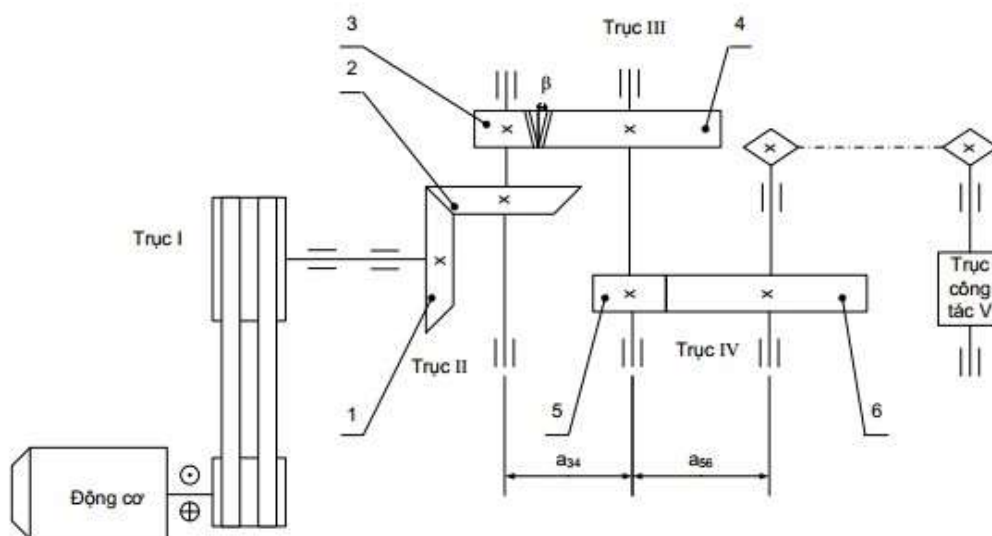
$$\text{Lực tác dụng lên bánh răng 5 và 6 : } F_{t5} = \frac{2.T_3}{d_5} = \frac{2.T_3}{m.z_5} = \frac{2.600000}{4.28} = 10714,3 \text{ N}$$

$$F_{r5} = F_{t5}.\text{tg}\alpha = 10714,3.\text{tg}20 = 3900 \text{ N}$$

$$\text{Lực tác dụng lên bánh răng 6 : } F_{t6} = F_{t5} = 10714,3 \text{ N}; F_{r6} = F_{r5} = 3900 \text{ N}$$

Ví dụ 4: Hệ thống truyền động như hình (truyền từ động cơ trục I sang trục II đến trục III và IV đến trục công tác V) với 1, 2 – bánh răng côn răng thẳng có môđun m_e ; 3, 4 – bánh răng trụ răng nghiêng có môđun m_n ; 5, 6 – bánh răng trụ răng thẳng có môđun m . Cho biết số vòng quay của trục động cơ $n_{dc} = 2980 \text{ vg/ph}$; tỉ số truyền bộ truyền đai $u_d = 2,5$; số răng các bánh răng: $z_1 = 18$, $z_2 = 44$, $z_5 = 28$, $z_6 = 82$; tỉ số truyền $u_{34} = z_4/z_3 = 4$; tỉ số bộ truyền xích $u_x = 2$. Môđun các cặp bánh răng như nhau $m_n = m = 4 \text{ mm}$. Xác định:

1. Số vòng quay của trục công tác V.
2. Số răng z_3 , z_4 và góc nghiêng β để khoảng cách trục $a_{34} = a_{56}$.
3. Phương và chiều các lực tác dụng lên các bánh răng, bánh đai và đĩa xích.
4. Khi thay đổi chiều quay trục động cơ thì phương chiều các lực thay đổi thế nào?



Giải bài 5:

TÓM TẮT SỐ LIỆU:

$n_{dc} = 2980$ vg/ph; $u_d = 2,5$; $u_{34} = z_4/z_3 = 4$; $u_x = 2$; $z_1 = 18$; $z_2 = 44$; $z_5 = 28$; $z_6 = 82$;
 $m_n = m = 4$ mm.

BÀI GIẢI :

1. Số vòng quay của trục công tác V:

$$\frac{n_{dc}}{n_V} = u \rightarrow n_V = \frac{n_{dc}}{u} = \frac{n_{dc}}{u_d \times u_{12} \times u_{34} \times u_{56} \times u_x} = \frac{n_{dc}}{u_d \times \frac{z_2}{z_1} \times u_{34} \times \frac{z_6}{z_5} \times u_x} = \frac{2980}{2,5 \times \frac{44}{18} \times 4 \times \frac{82}{28} \times 2} \approx 21 \text{ vg/ph}$$

2. Khoảng cách trục a_{34}

$$a_{34} = \frac{m_n \times (z_3 + z_4)}{2 \times \cos \beta} = \frac{m_n \times z_3 \times (1 + u_{34})}{2 \times \cos \beta} = a_{56} \leftrightarrow \frac{m_n \times z_3 \times (1 + u_{34})}{2 \times \cos \beta} = \frac{m \times (z_5 + z_6)}{2} = 220$$
$$\leftrightarrow \cos \beta = \frac{m_n \times z_3 \times (1 + u_{34})}{440}$$

Mặt khác, ta lại có: $8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$

Vậy ta có:

$$\cos 20^\circ \leq \cos \beta \leq \cos 8^\circ \leftrightarrow \cos 20^\circ \leq \frac{m_n \times z_3 \times (1 + u_{34})}{440} \leq \cos 8^\circ$$
$$\leftrightarrow \frac{440 \times \cos 20^\circ}{m_n \times (1 + u_{34})} \leq z_3 \leq \frac{440 \times \cos 8^\circ}{m_n \times (1 + u_{34})} \leftrightarrow \frac{440 \times \cos 20^\circ}{4 \times (1 + 4)} \leq z_3 \leq \frac{440 \times \cos 8^\circ}{4 \times (1 + 4)} \leftrightarrow 20,67 \leq z_3 \leq 21,79$$

+ Vậy $z_3 = 21 \rightarrow z_4 = u_{34} \times z_3 = 4 \times 21 = 84$ răng

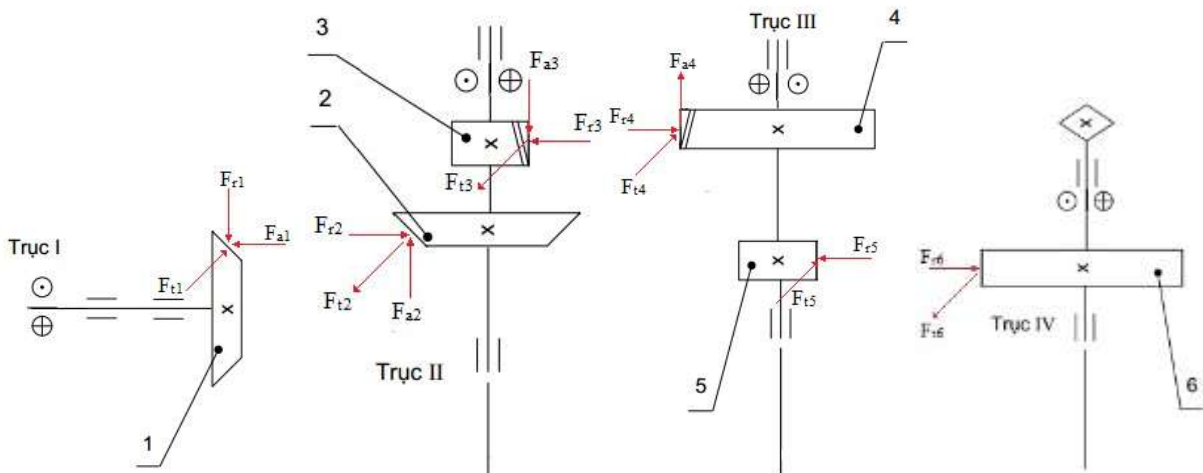
$$\text{Và } \beta = \arccos \left[\frac{m_n \times z_3 \times (1 + u_{34})}{440} \right] = \arccos \left[\frac{4 \times 21 \times (1 + 4)}{440} \right] \approx 17,34^\circ$$

3. Phân tích lực

Ở cặp bánh đai thì lực tác dụng lên hai bánh chủ yếu là lực F_r và lực vòng có ích F_t . Lực trên nhánh căng F_1 và trên nhánh chùng F_2 được dời song song về tâm của bánh đai và tìm hợp lực tại đó, ta được F_r . Và $F_r = (2 \div 3)F_t$.

Ở cặp bánh xích, lực tác dụng chủ yếu lên hai bánh là lực F_r và F_t . Và khi này $F_r \approx F_t$.

Ta phân tích các lực tác dụng lên các bánh răng theo các hình sau đây: Lưu ý khi làm bài thì ta phải vẽ đúng theo sơ đồ tương đối của đề bài, kể cả bánh đai, bánh xích và trục công tác. Bài làm ở đây chỉ mang tính chất tham khảo



4. Khi thay đổi chiều quay của trục động cơ thì chỉ có các lực F_t , F_a thay đổi. (vẽ hình lại)

5. Các dạng hỏng, hiệu suất và bôi trơn của bộ truyền động bánh răng

5.1. Các dạng hỏng và vật liệu chế tạo

5.1.1. Các dạng hỏng

Trong quá trình làm việc, trên bánh răng có thể xuất hiện các dạng hỏng sau:

- Gãy răng bánh răng, là dạng hỏng nguy hiểm nhất, bộ truyền không tiếp tục làm việc được nữa và còn gây nguy hiểm cho các chi tiết máy lân cận. Gãy răng có thể do quá tải, hoặc do bị mỏi, khi ứng suất uốn trên tiết diện chân răng vượt quá giá trị cho phép.

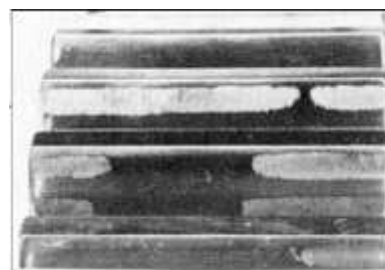


- Tróc rỗ mặt răng, trên mặt răng có những lỗ nhỏ và sâu, làm hỏng mặt răng, bộ truyền làm việc không tốt nữa. Tróc rỗ thường xảy ra ở những bộ truyền có độ rắn mặt răng cao, ứng suất tiếp xúc không lớn lắm và được bôi trơn đầy đủ. Nguyên nhân là do ứng suất tiếp xúc thay đổi, mặt răng bị mỏi, xuất hiện các vết nứt trên bề mặt. Vết nứt lớn dần lên, đến một mức nào đó sẽ làm tróc ra một mảnh kim loại, để lại vết lõm.

- Mòn răng, ở phía chân răng và đỉnh răng có trượt biên dạng, nên răng bị mài mòn. Mòn làm yếu chân răng và làm nhọn đỉnh răng. Mòn thường xảy ra ở những bộ truyền có ứng suất tiếp xúc trung bình và bôi trơn không đầy đủ.

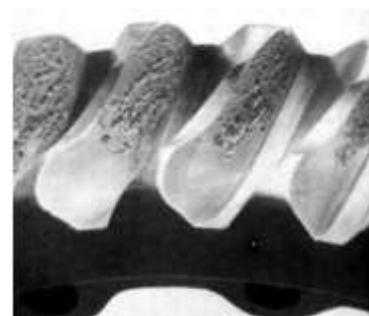


- Dính, xước mặt răng, trên bề mặt răng có dính các mẫu kim loại, kèm theo những vết xước. Dính xước làm mặt răng bị hỏng, bộ truyền làm việc không tốt nữa. Dính xước thường xảy ra ở các bộ truyền có độ rắn mặt răng thấp, ứng suất lớn, và vận tốc làm việc cao. Nguyên nhân là do ứng suất lớn và nhiệt độ cao làm vật liệu tại chỗ tiếp xúc đạt đến trạng thái chảy dẻo. Kim loại bị bứt ra dính lên mặt răng đối diện, tạo thành các vấu. Các vấu này cào xước mặt răng trong những lần vào ăn khớp tiếp theo. Cứ như thế mặt răng bị phá hỏng.



- Biến dạng dẻo bề mặt răng, trên bánh răng dẫn có rãnh ở phía giữa, còn trên bánh răng bị dẫn có gờ ở phía giữa răng, dạng răng bị thay đổi, bộ truyền ăn khớp không tốt nữa. Dạng hỏng này thường xuất hiện ở các bộ truyền có độ rắn mặt răng thấp, ứng suất tiếp xúc lớn, và vận tốc làm việc thấp. Nguyên nhân là do ứng suất lớn, lưu lại trên mặt răng lâu, lớp mặt răng mềm ra, kim loại bị xô đẩy từ chỗ nọ sang chỗ kia. Do chiều của lực ma sát, trên răng bánh dẫn kim loại bị đẩy về phía chân răng và đỉnh răng, còn trên bánh bị dẫn kim loại dồn về phía giữa răng.

- Bong mặt răng, có những vảy kim loại tách ra khỏi bề mặt răng, tạo nên những vết lõm nông và rộng. Bong mặt răng làm thay đổi biên dạng răng, giảm chất lượng bề mặt, bộ truyền làm việc không tốt nữa. Dạng hỏng này thường có ở những bộ truyền mặt răng được tôi, sau khi thấm nitơ, thấm than. Nguyên nhân là do nhiệt luyện và hóa nhiệt luyện không tốt, tổ chức kim loại trên mặt răng bị phá hỏng, kém bền vững. Dưới tác dụng của ứng suất lớn và thay đổi, một lớp mỏng kim loại đã bị tách khỏi mặt răng.



5.1.2. Vật liệu chế tạo

Bánh răng chủ yếu được chế tạo bằng thép, ngoài ra có thể dùng gang, hoặc vật liệu phi kim loại. Tùy theo cách nhiệt luyện, và độ rắn mặt răng, có thể chia bánh răng thép ra hai nhóm chính:

a. Nhóm bánh răng có độ rắn bề mặt $HB \leq 350$:

Trước khi cắt răng, người ta nhiệt luyện phôi liệu bằng tôi cải thiện hoặc thường hoá. Sau khi cắt răng không phải tôi và sửa răng. Để hạn chế dính xước răng, và đảm bảo sức bền đều cho hai bánh răng, vì số chu kỳ ứng suất của bánh 1 lớn hơn của bánh 2, nên chọn vật liệu bánh răng nhỏ khác vật liệu bánh răng lớn. Thường chọn bánh dẫn có $HB_1 = HB_2 + (30 \div 50)$, HB_2 là độ rắn mặt răng bánh bị dẫn. Đối với các bánh răng chịu tải trọng nhỏ và trung bình nên chọn thép C40, C45, C50Mn, tôi cải thiện. Đối với các bánh răng chịu tải nhỏ dùng trong các cơ cấu không quan trọng, có thể chọn thép CT51, CT61, C40, C45, thường hoá.

b. Nhóm bánh răng có độ rắn bề mặt $HB > 350$

Các bánh răng thuộc nhóm này, được gia công phức tạp hơn. Phôi liệu được ủ cho ổn định, sau đó đem cắt răng. Thực hiện tôi bề mặt: thường thấm than, thấm nitơ, thấm xianua trước khi tôi. Sau khi tôi phải gia công sửa răng bằng nguyên công mài hoặc nghiền. Nên chọn hai bánh răng bằng cùng một loại vật liệu, nhiệt luyện đạt độ rắn bề mặt như nhau. Thường dùng các thép có hàm lượng cacbon thấp như thép C15, C20, 15Cr, 20Cr, bề mặt được thấm than trước khi tôi.

5.2. Hiệu suất bộ truyền động bánh răng Hiệu suất $\eta = \frac{P_2}{P_1}$; Với P_1 là công suất trên trục dẫn; P_2 là công suất trên trục bị dẫn. Thông thường đối với

- Bộ truyền bánh răng trụ bôi trơn liên tục bằng dầu $\eta = 0,97 \div 0,99$
- Bộ truyền bánh răng trụ bôi trơn định kỳ bằng mỡ $\eta = 0,93 \div 0,95$
- Bộ truyền bánh răng côn bôi trơn liên tục bằng dầu $\eta = 0,95 \div 0,98$
- Bộ truyền bánh răng côn bôi trơn định kỳ bằng mỡ $\eta = 0,92 \div 0,94$

5.3. Bôi trơn bộ truyền động bánh răng

Để giảm mất mát công suất do ma sát, giảm mài mòn răng và đề phòng các chi tiết máy bị han gỉ cần bôi trơn bộ truyền thường xuyên. Đối với bộ truyền để hở của những máy không quan trọng có thể **bôi trơn định kỳ bằng mỡ**. Đối với bộ truyền kín, ta có hai kiểu bôi trơn là bôi trơn ngâm dầu và bôi trơn lưu thông.

Bôi trơn ngâm dầu: Bánh răng được ngâm trong dầu ở trong hộp. Cách bôi trơn này thường dùng khi vận tốc $v \leq 12 \text{ m/s}$. Khi vận tốc vòng lớn, công suất mất mát do khuấy dầu tăng lên, dầu dễ bị biến chất do bắn tóe, mặt khác các chất cặn bã ở đáy hộp dễ bị khuấy động và hắt vào chỗ ăn khớp làm cho răng chóng bị mài mòn. Vì vậy cần đảm bảo lượng dầu ngâm cần thiết. Khi vận tốc của bộ truyền gần bằng 12 m/s thì bánh răng được ngâm trong dầu với chiều cao là $(0,75 \div 2)h$ nhưng không nhỏ hơn 10mm. Trong đó: h là chiều cao răng. Đối với bánh răng côn, mức dầu nên ngập chiều rộng bánh răng lớn. Khi vận tốc nhỏ $(0,8 \div 1,5) \text{ m/s}$, lấy chiều sâu ngâm dầu bằng $1/6$ bán kính bánh răng cấp nhanh và bằng $1/4$ bán kính bánh răng cấp chậm. Lượng dầu bôi trơn thường vào khoảng $(0,4 \div 0,8)$ lít cho 1kW công suất truyền.

Bôi trơn lưu thông: Phương pháp này dùng cho bộ truyền có vận tốc lớn (lớn hơn $12 \div 14$) m/s. Dầu bôi trơn có áp suất $(0,5 \div 1,75) \text{ at}$ được bơm từ bể qua các đường ống, qua các vòi phun đến bôi trơn chỗ ăn khớp. Đối với bánh răng nghiêng hoặc bánh răng chữ V nên đặt vòi phun sao cho các tia dầu bắn theo chiều quay của bánh răng.

BÀI TẬP TỰ LÀM

Bài tập 1. Bánh bị dẫn $z_1 = 21$ răng, đường kính vòng đỉnh $d_{e1} = 126,5 \text{ mm}$. Xác định môđun m của răng biết rằng chiều cao đỉnh bằng môđun ($h_a = m$).

Bài tập 2. Hãy xác định khoảng cách trục A và số răng lớn Z_2 của bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng, biết đường kính vòng chia bánh nhỏ $D_1 = 100 \text{ mm}$; số răng bánh nhỏ $Z_1 = 25$; tỷ số truyền $i = 2,4$.

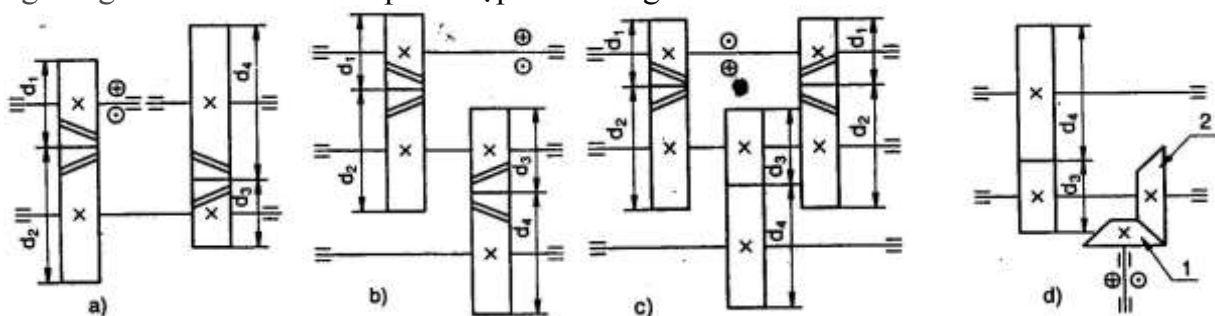


Bài tập 3. Bộ truyền bánh răng trụ răng nghiêng có khoảng cách trục $a = 940 \text{ mm}$, $m_n = 16 \text{ mm}$. Các bánh răng không dịch chỉnh, tỉ số truyền $i = 5,1$. Xác định số răng và góc nghiêng răng.

Bài tập 4. 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 $P = 15 \text{ kW}$, số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 980 \text{ vg/ph}$, tỉ số truyền $i = 4$, tổng số răng $z_1 + z_2 = 99$, môđun pháp $m_n = 4 \text{ mm}$, góc nghiêng răng $\beta = 8^\circ 6' 34''$.

Bài tập 5. Xác định lực tác dụng lên các bánh răng hộp giảm tốc bánh răng côn răng thẳng một cấp theo các số liệu: công suất truyền $P = 10,9 \text{ kW}$, số vòng quay bánh dẫn $n_1 = 235 \text{ vg/ph}$, $z_1 = 25$, môđun vòng ngoài $m_e = 8 \text{ mm}$, $z_2 = 50$, chiều rộng răng $b_w = 70 \text{ mm}$.

Bài tập 6. Xác định phương, chiều và giá trị các lực tác dụng lên các cặp bánh răng theo sơ đồ hình dưới đây. Cho biết $T_1 = 80000 \text{ Nmm}$, $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, $z_3 = 18$, $z_4 = 54$ (riêng trên hình a thì $z_1 = z_3$ và $z_2 = z_4$). Môđun các cặp bánh răng như nhau $m = m_n = 4 \text{ mm}$ (đối với bánh răng côn $m_e = 4 \text{ mm}$). Góc nghiêng răng: bánh răng chữ V là 30° , các bánh răng nghiêng là 10° . Góc ăn khớp các cặp bánh răng $\alpha = 20^\circ$.



Bài tập 7. Hãy tính mômen cực đại và giá trị các góc của mặt nón lăn δ_1 ; δ_2 của cặp bánh răng nón răng thẳng, biết rằng chiều dài đường sinh $L = 158 \text{ mm}$; số răng bánh răng nhỏ $Z_1 = 25$; số răng bánh răng lớn $Z_2 = 75$; các trục cắt nhau góc 90° .

Bài tập 8. Hãy xác định môđun mặt mút lớn trong bộ truyền động bánh răng côn răng thẳng biết rằng: môđun trung bình $m_{tb} = 6,3 \text{ mm}$; chiều dài răng $B = 75 \text{ mm}$; số răng bánh răng nhỏ $Z_1 = 25$; số răng bánh răng lớn $Z_2 = 50$.

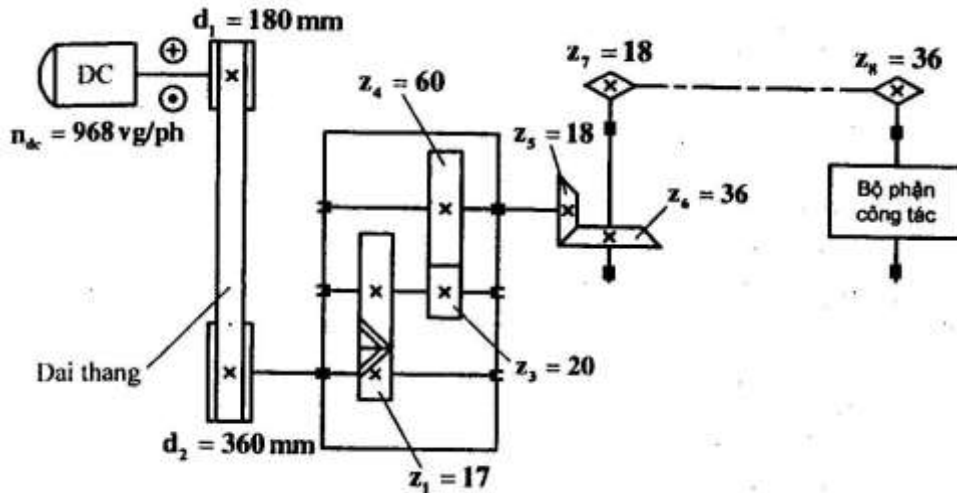
Bài tập 9. Hãy tính lực tác động trong bộ truyền động bánh răng côn răng thẳng nếu biết rằng công suất $N = 10,9 \text{ kW}$; số vòng quay bánh nhỏ $n_1 = 235 \text{ vg/ph}$; số răng bánh nhỏ $Z_1 = 25$; môđun mặt mút lớn $m_s = 8 \text{ mm}$; số răng bánh răng lớn $Z_2 = 50$; chiều dài răng $b = 70 \text{ mm}$.

Bài tập 10. Bộ truyền bánh răng côn răng thẳng có các thông số hình học đã biết: môđun vòng trung bình $m_{tb} = 6 \text{ mm}$, chiều rộng vành răng $b = 75 \text{ mm}$, số răng bánh dẫn $z_1 = 25$, số răng bánh bị dẫn $z_2 = 50$. Hãy xác định:

- Môđun vòng ngoài m_s
- Góc mặt côn chia ϕ_1, ϕ_2 .

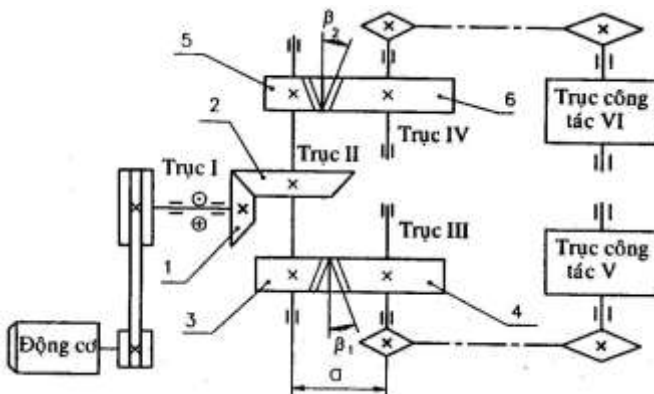
Bài tập 11. Hệ thống truyền động truyền chuyển động từ động cơ sang bộ truyền đai thang, hộp giảm tốc 2 cấp dạng khai triển, bộ truyền bánh răng côn để hở, bộ truyền xích và đến bộ phận công tác với các số liệu cho trên hình.

- Xác định số vòng quay bộ phận công tác.
- Phân tích lực tác dụng lên các trục I, II, III, IV.
- Khi thay đổi chiều quay trục động cơ thì phương, chiều các lực tác dụng cặp bánh răng 1-2 và 5-6 thay đổi như thế nào?



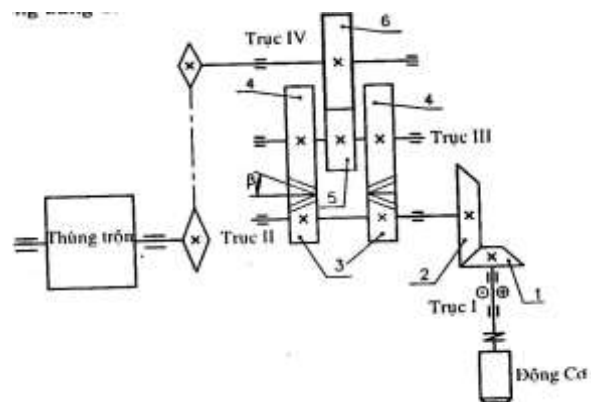
Bài tập 12. Hệ thống truyền động như hình với 1, 2 - bánh răng côn răng thẳng có môđun m_s ; 3, 4 và 5, 6 - các cặp bánh răng trụ răng nghiêng có môđun m_n . Cho biết số vòng quay động cơ, $n_{dc} = 1980$ v/g/ph. Số răng các bánh răng: $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, $z_3 = 24$, $z_4 = 72$, tỉ số truyền cặp bánh răng 5-6: $i_{56} = 2$, tỉ số truyền hai bộ truyền xích giống nhau $i_x = 2,5$, tỉ số truyền bộ truyền đai $i_d = 2$. Môđun các cặp bánh răng $m_n = m_e = 4$. Góc ăn khớp các cặp bánh răng $\alpha = 20^\circ$. Xác định:

- Số vòng quay trục công tác V và VI.
- Phương và chiều các lực tác dụng lên các bánh răng.
- Tìm góc β_1 để $a = 200$ mm.
- Số răng z_5 , z_6 và góc nghiêng β_2 để trục III và IV đồng tâm, biết rằng $20^\circ \geq \beta_2 \geq 8^\circ$.



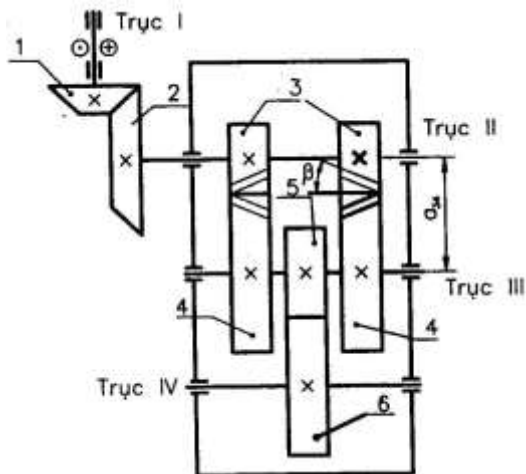
Bài tập 13. Hệ thống truyền động như hình 5.6 (truyền từ trục I sang trục II, III và trục IV đến thùng trộn với 1, 2 - bánh răng côn răng thẳng có môđun m_e ; 3, 4 - bánh răng trụ răng nghiêng chữ V có môđun m_n ; 5, 6 - bánh răng trụ răng thẳng có môđun m . Cho biết số vòng quay trục I là $n_1 = 985$ v/g/ph và mômen xoắn $T_1 = 53300$ Nmm. Số răng các bánh răng: $z_1 = 18$, $z_2 = 36$, $z_3 = 20$, $z_4 = 60$, tỉ số truyền $i_{34} = z_4/z_3 = 3,15$, tỉ số truyền bộ truyền xích $i_x = 2$. Xác định:

- Số vòng quay trục thùng trộn.
- Phương và chiều các lực tác dụng lên trục II.
- Mômen xoắn trên thùng trộn, giả sử hiệu suất hệ thống truyền động bằng 1?



Bài tập 14. Hệ thống truyền động như hình (truyền từ trục I sang trục II, III và trục IV với 1, 2 - bánh răng côn răng thẳng có môđun m_e ; 3, 4 - bánh răng trụ răng nghiêng chữ V có môđun m_n ; 5, 6 - bánh răng trụ răng thẳng có môđun m . Cho biết số vòng quay trục I là $n_1 = 986$ vg/ph. Số răng các bánh răng: $z_1 = 23$, $z_2 = 46$, $z_5 = 20$, $z_6 = 40$ và tỉ số truyền $i_{34} = z_4/z_3 = 3,15$. Xác định:

- Số vòng quay trục IV.
- Phương và chiều các lực tác dụng lên các bánh răng. Khi thay đổi chiều quay thì phương chiều các lực thay đổi như thế nào?
- Nêu chỉ tiêu tính toán thiết kế cho từng cặp bánh răng? Giải thích tại sao?
- Số răng z_3 , z_4 và góc nghiêng β ($40^\circ \geq \beta \geq 30^\circ$) nếu cho trước khoảng cách trục $a_{34} = 250\text{mm}$ và môđun các cặp bánh răng như nhau $m = m_n = m_e = 4\text{mm}$.



Bài tập 15. Hệ thống truyền động như hình 5.8 (truyền từ động cơ - trục I sang trục II, III và trục IV đến thùng trộn) với 1, 2 - bánh răng côn răng thẳng có môđun m_e ; 3, 4 - bánh răng trụ răng chữ V (răng nghiêng) có môđun m_n ; 5, 6 - bánh răng trụ răng thẳng có môđun m . Cho biết số vòng quay trục I là $n_1 = 968$ vg/ph, số răng các bánh răng: $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, $z_5 = 22$, $z_6 = 44$ và tỉ số truyền $i_{34} = z_4/z_3 = 3$, tỉ số truyền bộ truyền xích $i_x = 2$. Môđun cặp bánh răng nghiêng $m_n = 4\text{mm}$. Xác định:

- Số vòng quay trục thùng trộn.
- Số răng z_3 , z_4 và góc nghiêng β ($40^\circ \geq \beta \geq 30^\circ$) với khoảng cách trục $a_{34} = 220\text{ mm}$.
- Phương và chiều các lực tác dụng lên các bánh răng và các đĩa xích.

