



ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HCM
KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ



Bài giảng & Bài tập
CƠ KỸ THUẬT - ỨNG DỤNG
(Dành cho các ngành không chuyên Kỹ thuật Cơ khí)

Biên soạn: VƯƠNG THÀNH TIÊN

Email: tienvuong.uaf@gmail.com; mobile: 016 999 333 56

Tp. HCM, 08/2018

Contents

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU MÔN HỌC.....	2
1.1. Giới thiệu nội dung Cơ kỹ thuật (Engineering Mechanics).....	2
1.2. Các khái niệm cơ bản (Fundamental Concepts)	2
1.3. Đơn vị đo lường (Units of measurement)	3
1.4. Vectors	5
CHƯƠNG 2: ĐỘNG LỰC HỌC (DYNAMICS)	9
2.1. Động học chất điểm	9
2.2. Động học phẳng của vật rắn (Planar Kinematics of a Rigid Body).....	18
2.3. Động lực học chất điểm (Kinetics for a Particle)	34
2.4. Động lực học Cơ hệ và Vật rắn (Kinetics of System of Particles & Rigid – body) ..	36
CHƯƠNG 3: CÁC CƠ CẤU.....	46
3.1. Khái niệm cơ cấu & Máy	46
3.2. Cơ cấu thanh	51
3.3. Cơ cấu bánh răng	57
3.4. Một số cơ cấu khác	73
CHƯƠNG 4: CÁC BỘ PHẬN CỦA MÁY – CHI TIẾT MÁY (CTM).....	92
4.1. Khái niệm cơ bản về CTM – Chỉ tiêu làm việc	92
4.2. Các CTM ghép	112
4.3. Các CTM đỡ, mang & truyền động	139
4.4. Các ví dụ về bộ phận máy, lắp ráp.....	177

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1.1. Giới thiệu nội dung Cơ kỹ thuật (Engineering Mechanics)

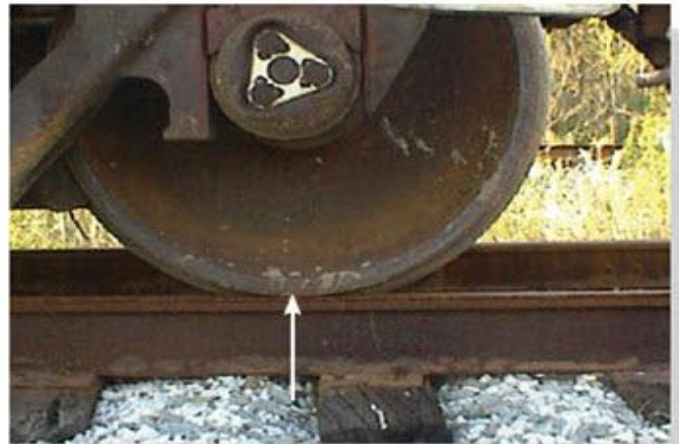
Nội dung bài giảng này trang bị cho sinh viên kiến thức cơ bản nhất để có thể hiểu biết về cấu tạo, nguyên lý làm việc, động lực học của các bộ phận cơ khí cũng như các thiết bị điện thường gặp trong kỹ thuật.

1.2. Các khái niệm cơ bản (Fundamental Concepts)

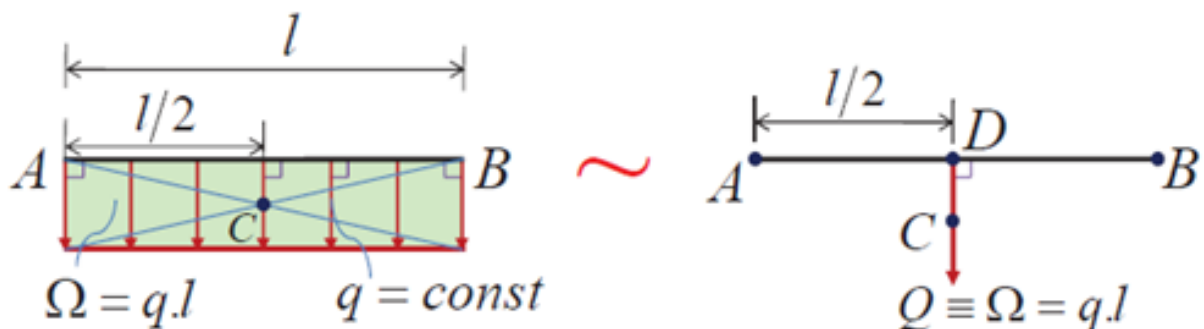
Chất điểm: chất điểm có khối lượng nhưng có thể bỏ qua kích thước. Ví dụ, kích thước của trái đất không đáng kể khi so với chiều dài quỹ đạo của nó, vì thế trái đất có thể được xem như là 1 chất điểm khi khảo sát chuyển động quanh quỹ đạo của nó.

Vật rắn tuyệt đối: vật rắn tuyệt đối có thể được xem như tập hợp của 1 số lượng lớn các chất điểm, trong đó, khoảng cách giữa các chất điểm luôn không đổi dưới tác dụng của tải trọng (lực, moment). Trong thực tế, hầu như tất cả vật rắn đều biến dạng dưới tác dụng của tải trọng, tuy nhiên, khi biến dạng nhỏ 1 cách tương đối, ta có thể xem như là vật rắn tuyệt đối để đơn giản cho bài toán động lực học.

Lực tập trung: lực tập trung biểu thị cho 1 tải trọng được xem như tác dụng tại 1 điểm trên vật rắn. Ta có thể thể hiện tải trọng bằng lực tập trung khi tải trọng tác dụng lên 1 diện tích rất nhỏ so với kích thước của vật rắn. Ví dụ: lực tập trung tại A; lực tác dụng lên diện tích tiếp xúc giữa bánh & đường ray.



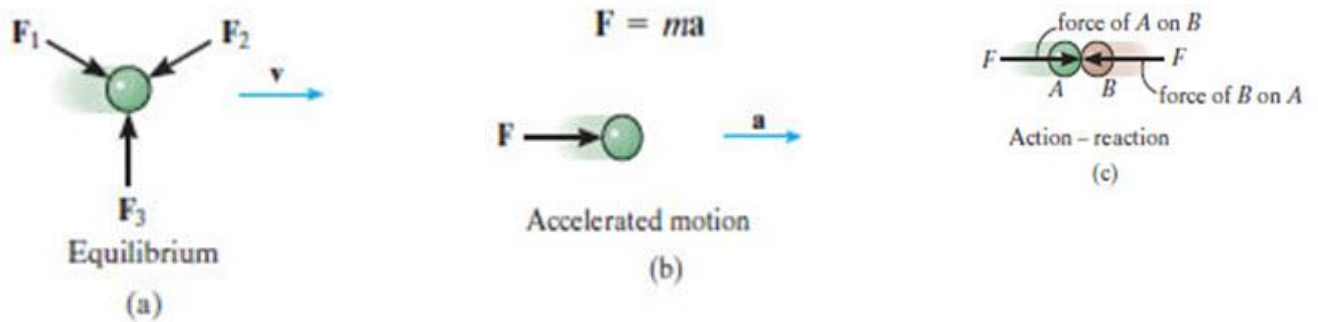
Tải phân bố (Distributed loading): Phân bố theo đường, phân bố đều,



Định luật Newton: Cơ kỹ thuật được hình thành trên cơ sở 3 định luật Newton. Các định luật này áp dụng cho chuyển động của 1 chất điểm được xác định trong 1 hệ qui chiếu “không gia tốc” (hệ qui chiếu quán tính). Chúng có thể được tóm tắt như sau:

Định luật 1: Chất điểm không chịu tác dụng của lực nào sẽ đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều, hình a.

Định luật 2: Dưới tác dụng của lực, chất điểm chuyển động với gia tốc có cùng hướng với lực và có giá trị tỉ lệ với cường độ của lực, hình b.



Định luật 3: Lực sinh ra do 2 chất điểm tác dụng vào nhau sẽ có cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn, hình c.

1.3. Đơn vị đo lường (Units of measurement)

Bảy đơn vị cơ bản trong hệ SI (Systemes Internationales d’Unites): chiều dài (**m**); thời gian (s); khối lượng (**kg**); cường độ dòng điện (**A**); nhiệt độ nhiệt động (**K**); lượng vật chất (**mol**) & cường độ sáng hay quang độ (**cd**)

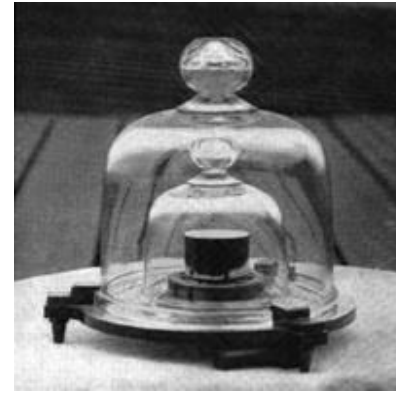
TT	Tên đơn vị cơ bản	Symbol for quantity	Symbol for dimension	SI base unit
1	Chiều dài	<i>l</i>	L	meter
2	Thời gian	<i>t</i>	T	second
3	Khối lượng	<i>m</i>	M	kilogram
4	Cường độ dòng điện	<i>I</i>	I	ampere
5	Nhiệt độ nhiệt động	<i>T</i>	Θ	kelvin
6	Lượng vật chất	<i>n</i>	N	mole
7	Cường độ sáng hay Quang độ	<i>l_v</i>	J	candela

Định nghĩa 3 đơn vị cơ bản trong hệ SI

Thời gian (s): là thời gian của 9.192.631.770 chu kỳ của máy phát sóng nguyên tử Sedi133 (Cs - 133)

Chiều dài (m): mét là khoảng chiều dài đi được của ánh sáng truyền trong chân không trong khoảng thời gian là 1/299.792.458 giây

Khối lượng (kg): là khối lượng của một khối bạch kim Iridi (Pt - Ir, đang lưu trữ tại Viện đo lường quốc tế, BI PM - Pháp), hình vẽ.



Ngoài ra, còn có 2 đơn vị phụ về góc là *radian (rad)* & *steradian (sr)* cũng có những định nghĩa riêng; ví dụ: radian là 1 góc (tại tâm vòng tròn) tương 1 cung có chiều dài bằng bán kính của vòng tròn.

TABLE 1-1 Systems of Units				
Name	Length	Time	Mass	Force
International System of Units	meter	second	kilogram	newton*
SI	m	s	kg	N $\left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}\right)$
U.S. Customary FPS	foot	second	slug*	pound
	ft	s	$\left(\frac{\text{lb} \cdot \text{s}^2}{\text{ft}}\right)$	lb

*Derived unit.

Chuyển đổi giữa các đơn vị đo (conversion of units)

Conversion of Units. Table 1-2 provides a set of direct conversion factors between FPS and SI units for the basic quantities. Also, in the FPS system, recall that 1 ft = 12 in. (inches), 5280 ft = 1 mi (mile), 1000 lb = 1 kip (kilo-pound), and 2000 lb = 1 ton.

TABLE 1-2 Conversion Factors			
Quantity	Unit of Measurement (FPS)	Equals	Unit of Measurement (SI)
Force	lb		4.448 N
Mass	slug		14.59 kg
Length	ft		0.304 8 m

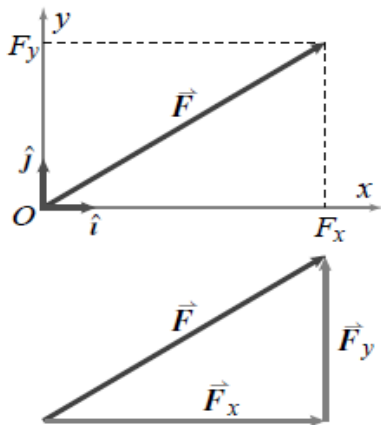
Tiếp đầu ngữ trong hệ SI (Prefixed in SI)

TABLE 1-3 Prefixes			
	Exponential Form	Prefix	SI Symbol
<i>Multiple</i>			
1 000 000 000	10^9	giga	G
1 000 000	10^6	mega	M
1 000	10^3	kilo	k
<i>Submultiple</i>			
0.001	10^{-3}	milli	m
0.000 001	10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001	10^{-9}	nano	n

* The kilogram is the only base unit that is defined with a prefix.

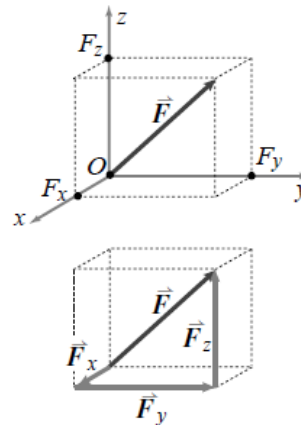
1.4. Vectors

Các thành phần của véc tơ



$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = F_x \hat{i} + F_y \hat{j}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$



$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y + \vec{F}_z = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

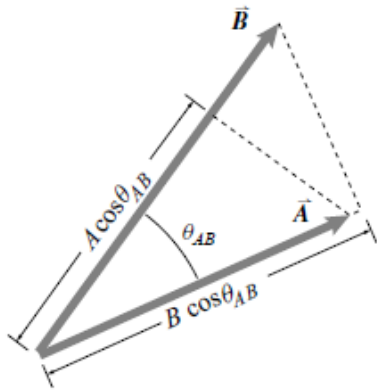
Cộng - Trừ - Nhân véc tơ với một số thực

$$[\vec{A} + \vec{B}]_{xyz} = [(A_x + B_x), (A_y + B_y), (A_z + B_z)]$$

$$[\vec{A} - \vec{B}]_{xyz} = [(A_x - B_x), (A_y - B_y), (A_z - B_z)]$$

$$[c\vec{A}]_{xyz} = [cA_x, cA_y, cA_z]$$

Tích vô hướng 2 véc tơ



$$\vec{A} \cdot \vec{B} \stackrel{\text{def}}{=} |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta_{AB}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$(a\vec{A}) \cdot \vec{B} = \vec{A} \cdot (a\vec{B}) = a(\vec{A} \cdot \vec{B})$$

$$\vec{A} \cdot (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + \vec{A} \cdot \vec{C}$$

$$\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = 1,$$

$$\hat{i} \cdot \hat{j} = \hat{j} \cdot \hat{k} = \hat{k} \cdot \hat{i} = 0$$

Chứng minh các công thức sau:

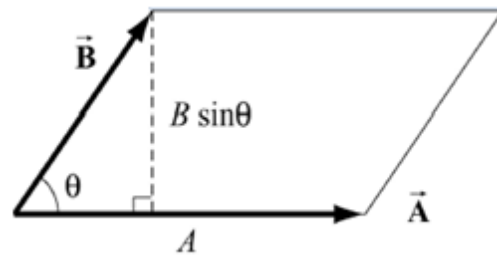
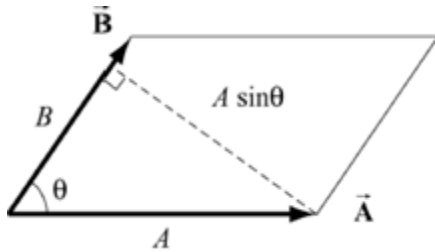
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y$$

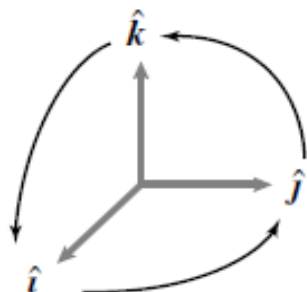
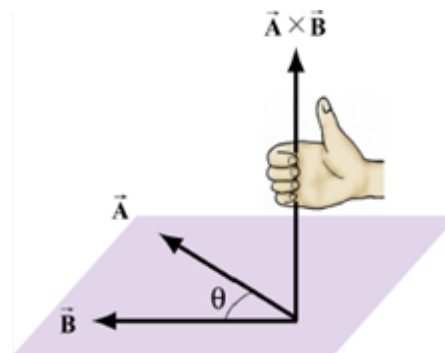
Tích hữu hướng 2 véc tơ

$$\vec{A} \times \vec{B} \stackrel{\text{def}}{=} |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta \hat{k}$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta = |\vec{A}| (|\vec{B}| \sin \theta) = (|\vec{A}| \sin \theta) |\vec{B}| \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$



QUY TẮC BÀN TAY PHẢI



$$\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$$

$$\vec{A} \times (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \times \vec{B} + \vec{A} \times \vec{C}$$

$$(a\vec{A}) \times \vec{B} = \vec{A} \times (a\vec{B}) = a(\vec{A} \times \vec{B})$$

$$\begin{aligned} \vec{A} \times \vec{B} &= [A_y B_z - A_z B_y] \hat{i} \\ &+ [A_z B_x - A_x B_z] \hat{j} \\ &+ [A_x B_y - A_y B_x] \hat{k} \end{aligned}$$

$$\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}, \quad \hat{j} \times \hat{k} = \hat{i}, \quad \hat{k} \times \hat{i} = \hat{j} \quad \vec{A} \times \vec{B} = \det \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\hat{i} \times \hat{i} = \hat{j} \times \hat{j} = \hat{k} \times \hat{k} = \vec{0}$$

Bài tập Chương 1

Bài 1: Pascal (Pa) là 1 đơn vị rất nhỏ của áp suất; $1 Pa = 1 N/m^2$

- a) Hãy đổi $1 Pa$ sang đơn vị lb/ft^2 .
- b) Áp suất khí quyển tại mực nước biển là $14,7 lb/in^2$, tương ứng với bao nhiêu Pascal?

Bài 2: Hãy chuyển đổi đơn vị của 3 giá trị sau đây:

- a) $20 lb.ft$ sang $N.m$.
- b) $450 lb/ft^3$ sang kN/m^3 .
- c) $15 ft/h$ sang mm/s .

Bài 3: Trong hệ Oxyz, cho véc tơ $\vec{r} = 3\vec{i} - 2\vec{j}$ (đơn vị dài). Hãy vẽ véc tơ \vec{r} theo hai cách:

- a) Dựa vào các thành phần của \vec{r}
- b) Dựa vào độ lớn và các góc chỉ phương của \vec{r}

Bài 4: Trong hệ Oxyz, một chất điểm tại O chịu tác dụng của 3 lực:

$$\vec{F}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j}; \quad \vec{F}_2 = -10\vec{j}; \quad \vec{F}_3 = 3\vec{i} + \vec{j} - 5\vec{k} \text{ (N)}.$$

Hãy xác định véc tơ tổng của các lực tác dụng lên chất điểm đó.

Bài 5: Hai lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 tác dụng lên một vật rắn. Biết các véc tơ tổng của chúng là $\vec{F} = 2\vec{i}$. Nếu $\vec{F}_2 = 10\vec{i} - 10\vec{j}$.

- a) Hãy xác định véc tơ \vec{F}_1 .
- b) Hãy vẽ véc tơ \vec{F}_1 , \vec{F}_2 và \vec{F} trong hệ Oxy.

Bài 6: Trong hệ Oxyz, chất điểm P có tọa độ (3, 2, 1) (m). Hãy xác định véc tơ vị trí \vec{r}_p theo 2 cách (tương tự bài 3) và vẽ chúng trong hệ tọa độ Oxyz.

Bài 7: Hai véc tơ \vec{a} và \vec{b} trong hệ Oxy được xác định bởi: $\vec{a} = 2\vec{i} - \vec{j}$; $\vec{b} = 4\vec{i} + 2\vec{j}$. Gọi θ là góc giữa 2 véc tơ.

- a) Hãy xác định góc θ , biểu thị \vec{a} và \vec{b} trong hệ Oxy.

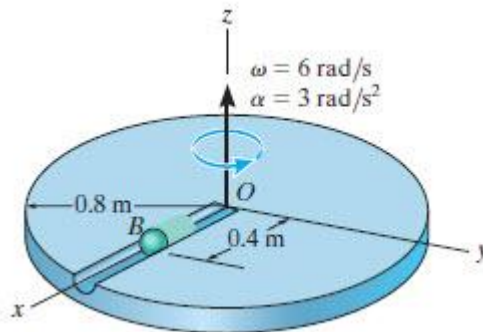
b) Hãy xác định véc tơ $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ theo 2 cách:

- Dựa vào định nghĩa tích hữu hướng.
- Dựa vào thành phần của véc tơ \vec{c}

CHƯƠNG 2: ĐỘNG LỰC HỌC (DYNAMICS)

Động lực học là phần tổng quát của cơ học nhằm nghiên cứu các quy luật **chuyển động** cơ học của các **vật thể** dưới tác dụng của lực.

Vật thể khảo sát được đưa ra dưới 2 mô hình là **chất điểm** và **vật rắn**, đã được trình bày trong chương 1.



Ví dụ: Chất điểm (viên bi) chuyển động trên 1 vật rắn (đĩa tròn) – trong khi vật rắn chuyển động quanh 1 trục.

Trong cơ học, **chuyển động** là sự thay đổi của vật thể trong không gian theo thời gian so với vật nào đó được chọn làm mốc. Để thuận tiện cho việc khảo sát chuyển động của vật thể, người ta thường gắn với vật làm mốc một hệ trục tọa độ (coordinate system) và gọi là **hệ qui chiếu** (reference frame). Nếu vật làm mốc cố định ta gọi là **hệ qui chiếu cố định** (fixed reference frame); nếu vật làm mốc (và hệ tọa độ gắn với nó) chuyển động ta gọi là **hệ qui chiếu động** (moving reference frame). Trong những nội dung của phần này, nếu không đề cập đến hệ qui chiếu động, có nghĩa là ta đang khảo sát vật thể trong hệ qui chiếu cố định.

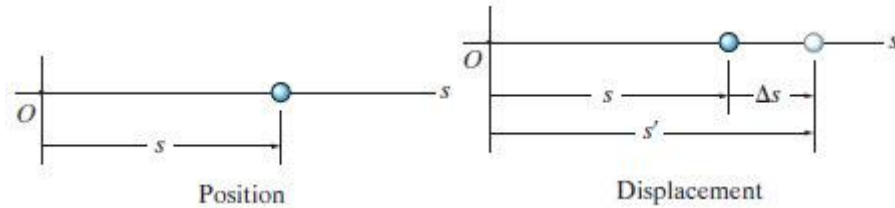
Hệ trục tọa độ thường dùng là: hệ trục tọa độ Descartes (Cartesian Coordinate System), hệ trục tọa độ cực (Polar Coordinate), hệ trục tọa độ trụ (Cylindrical Coordinate), và hệ tọa độ tự nhiên (Path Coordinate).

Nội dung của phần này được chia làm 2 phần chi tiết là động học (kinematics) và động lực học (kinetics); trong đó, động học khảo sát chuyển động cơ học của vật thể về mặt hình học, không quan tâm đến nguyên nhân gây ra chuyển động của chúng.

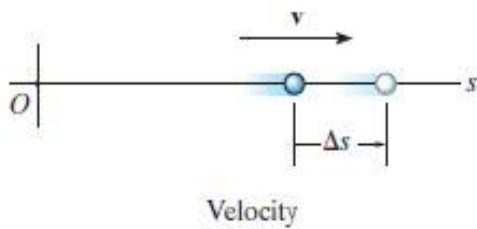
2.1. Động học chất điểm

Chất điểm chuyển động thẳng

Vị trí (position) – Chuyển vị (displacement)

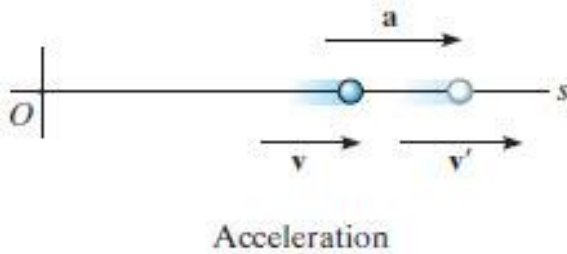


Vận tốc (Velocity) – vận tốc trung bình – vận tốc tức thời:



$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

Gia tốc (acceleration) – gia tốc trung bình – gia tốc tức thời:



(\Leftrightarrow)

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Acceleration

(e)

Khi gia tốc là hằng số: $a = a_c$

- Vận tốc là hàm của thời gian:

$$\int_{v_0}^v dv = \int_0^t a_c dt$$

(\Leftrightarrow)

$$v = v_0 + a_c t$$

Constant Acceleration

- Vị trí là hàm của thời gian:

$$\int_{s_0}^s ds = \int_0^t (v_0 + a_c t) dt$$

(\Leftrightarrow)

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_c t^2$$

Constant Acceleration

- Vận tốc là hàm của vị trí:

$$\int_{v_0}^v v \, dv = \int_{s_0}^s a_c \, ds$$

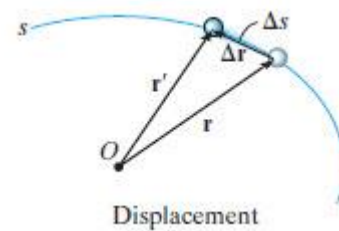
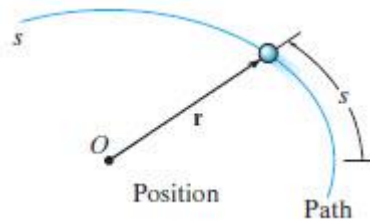
(\Rightarrow)

$$v^2 = v_0^2 + 2a_c(s - s_0)$$

Constant Acceleration

Chất điểm chuyển động cong

Vị trí: Khảo sát một động điểm trong không gian có quỹ đạo $s = s(t)$. Vị trí của động điểm được xác định từ điểm cố định O , được gọi là vector vị trí (\mathbf{r}). Độ lớn và phương-chiều của vector \mathbf{r} thay đổi khi động điểm chuyển động dọc theo quỹ đạo của nó; $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, còn gọi là phương trình chuyển động của động điểm.



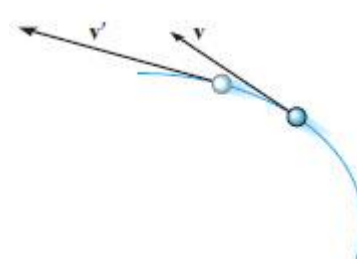
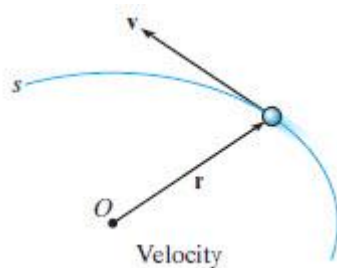
Chuyển vị: giả sử trong 1 khoảng thời gian nhỏ Δt , động điểm di chuyển 1 khoảng cách Δs dọc theo quỹ đạo đến vị trí mới, được xác định bởi $\mathbf{r}' = \mathbf{r} + \Delta \mathbf{r}$; vector $\Delta \mathbf{r}$ thể hiện sự thay đổi vị trí của động điểm, được gọi là vector chuyển vị.

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}' - \mathbf{r}$$

Vận tốc: $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \mathbf{v}_{avg}$: vận tốc trung bình

Vận tốc tức thời (tại 1 thời điểm t) được xác định bởi:

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \dot{\mathbf{r}}$$



- + Có phương theo phương tiếp tuyến của quỹ đạo.
- + Có chiều theo chiều chuyển động.

Khi $\Delta t \rightarrow 0$ thì $\Delta r \rightarrow \Delta s$ (chiều dài cung) $\rightarrow v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$

Ta có thể xác định tốc độ của động điểm bằng cách vi phân hàm quỹ đạo theo thời gian.

Gia tốc:

Gia tốc trung bình: $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v' - v}{\Delta t} = \mathbf{a}_{avg}$

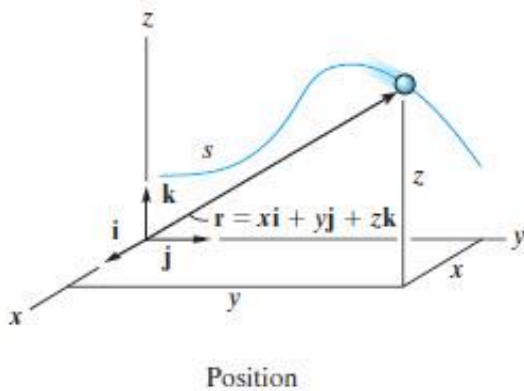


Gia tốc tức thời: $\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \ddot{\mathbf{r}}$

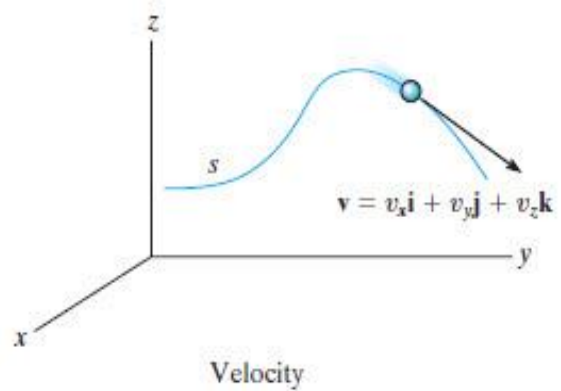
Khảo sát chuyển động của điểm bằng hệ tọa độ Descartes

Vị trí

Giả sử động điểm tại vị trí (x,y,z) trong hệ trục Descartes, hình a.



a)



b)

Vị trí của nó được xác định bởi vector vị trí: $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$

Phương trình:
$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (2.1)$$

Được gọi là phương trình chuyển động viết dưới dạng tham số (t) . Khi t , ta có phương trình $f(x,y,z) = 0$, gọi là phương trình quỹ đạo của động điểm.

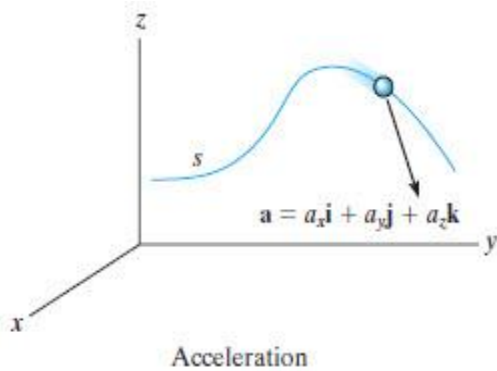
Vận tốc của động điểm, hình b:

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \dot{\mathbf{r}} = \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k}$$

Hay $\mathbf{v} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k} \quad (2.2)$

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}; \text{ với các góc chỉ phương: } \alpha, \beta, \text{ và } \gamma.$$

Gia tốc của động điểm:



$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \dot{\mathbf{v}} = \dot{v}_x \mathbf{i} + \dot{v}_y \mathbf{j} + \dot{v}_z \mathbf{k}$$

$$\text{Hay: } \mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} \quad (2.3)$$

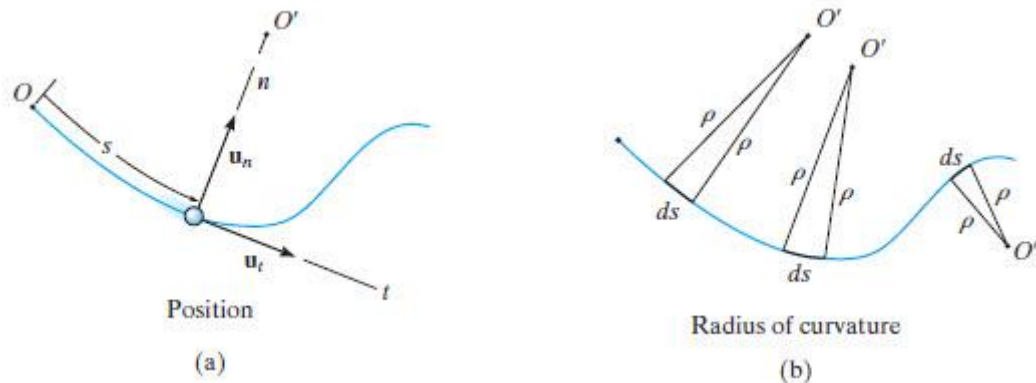
$$a_x = \dot{v}_x = \ddot{x}; a_y = \dot{v}_y = \ddot{y}; a_z = \dot{v}_z = \ddot{z}$$

Khảo sát chuyển động của điểm bằng hệ tọa độ tự nhiên (path or n, t, b coordinates)

Khi biết quỹ đạo chuyển động của chất điểm, rất thuận tiện để mô tả chuyển động của nó qua hệ tọa độ tự nhiên.

Động điểm chuyển động trong 2D.

Khảo sát chất điểm chuyển động trong mặt phẳng, theo đường cong cố định, hình a.



Tại thời điểm bất kỳ, **vị trí của chất điểm** $s = s(t)$ được xác định từ điểm O (chọn làm gốc) và chiều dương là chiều chuyển động.

Trong hệ tự nhiên, điểm **gốc tọa độ** trùng với vị trí của động điểm tại thời điểm khảo sát.

Trục tiếp tuyến (trục t), tiếp tuyến với đường cong tại điểm khảo sát, có chiều theo chiều chuyển động, vector đơn vị là \mathbf{u}_t .

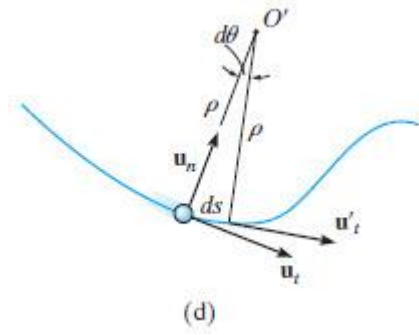
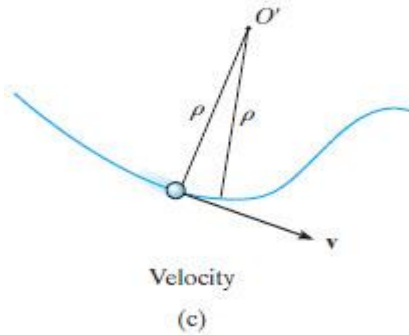
Về mặt hình học, có thể xem đường cong được tạo thành bởi liên tiếp các cung vi phân ds ; mỗi cung có bán kính cong ρ và tâm cong O' , hình b. **Trục pháp tuyến** (trục n), là duy nhất, vuông góc với trục tiếp tuyến, có chiều hướng về tâm cong O' ; vector đơn vị là \mathbf{u}_n , hình a.

Mặt phẳng chứa trục t và n được gọi là mặt phẳng mật tiếp. Trong 2D, nó chính là mặt phẳng chuyển động.

Vận tốc của động điểm:

Khi động điểm chuyển động, s là 1 hàm của thời gian. Vận tốc v luôn có phương tiếp tuyến với quỹ đạo, có chiều theo chiều chuyển động, độ lớn được xác định bởi đạo hàm của hàm quỹ đạo, $s = s(t)$; hình c, từ đó:

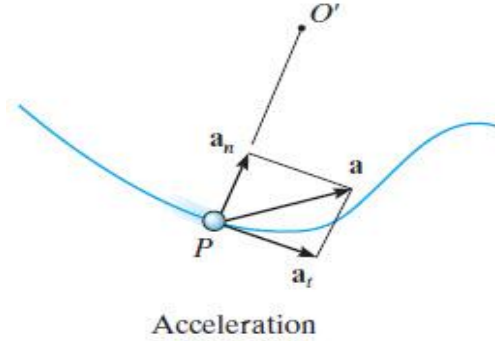
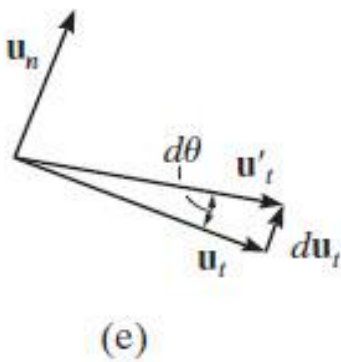
$$\mathbf{v} = v\mathbf{u}_t; \text{ trong đó, } v = \dot{s} \quad (2.4)$$



Gia tốc của động điểm:

$$\mathbf{a} = \dot{\mathbf{v}} = \frac{d}{dt}(v\mathbf{u}_t) = \dot{v}\mathbf{u}_t + v\dot{\mathbf{u}}_t$$

Để xác định $\dot{\mathbf{u}}_t$, chú ý rằng, khi động điểm di chuyển dọc theo cung ds trong khoảng thời gian dt , độ lớn của \mathbf{u}_t luôn không đổi. Tuy nhiên, phương –chiều thay đổi và trở thành \mathbf{u}'_t , hình e.



Trong hình e, $\mathbf{u}'_t = \mathbf{u}_t + d\mathbf{u}_t$, trong đó, $d\mathbf{u}_t$ nối 2 đầu của vector \mathbf{u}_t và \mathbf{u}'_t ; nó nằm trên 1 cung vô cùng bé có bán kính $u_t = 1$. Từ đó, $d\mathbf{u}_t$ có độ lớn là $du_t = (1) d\theta$ và chiều được xác định bởi \mathbf{u}_n , hình e.

Kết quả: $d\mathbf{u}_t = d\theta\mathbf{u}_n \rightarrow \dot{\mathbf{u}}_t = \dot{\theta}\mathbf{u}_n$. Từ hình d, ta có, $ds = \rho d\theta \rightarrow \dot{\theta} = \frac{\dot{s}}{\rho}$

Vì thế, $\dot{\mathbf{u}}_t = \dot{\theta}\mathbf{u}_n = \frac{\dot{s}}{\rho}\mathbf{u}_n = \frac{v}{\rho}\mathbf{u}_n$

Ta có: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n = a_t\mathbf{u}_t + a_n\mathbf{u}_n \quad (2.5)$

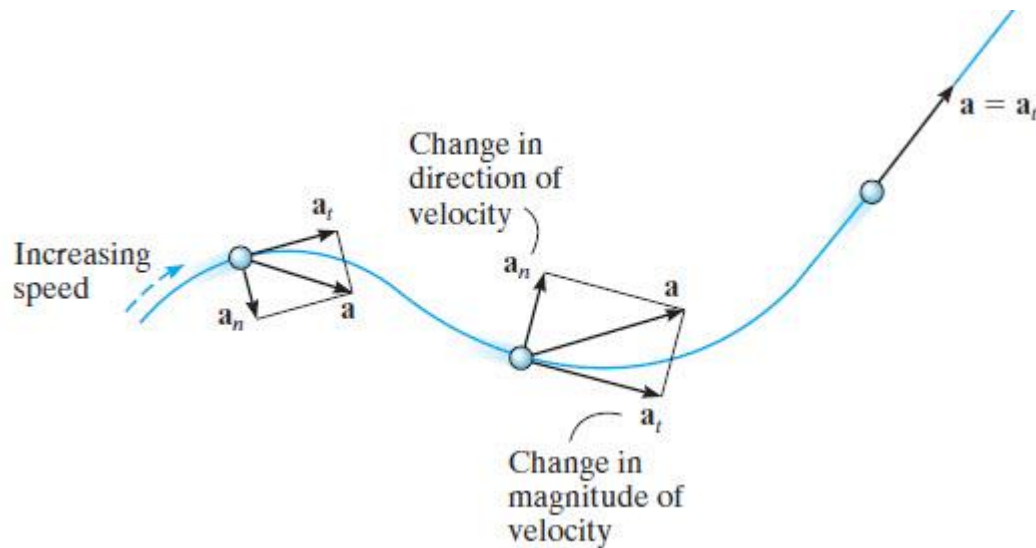
Trong đó: $a_t = \dot{v}$; và, $a_n = \frac{v^2}{\rho}$

Nếu phương trình quỹ đạo của đường cong là $y = f(x)$; bán kính cong tại 1 điểm (thời điểm bất kỳ) được xác định bởi:

$$\rho = \frac{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}}{|d^2y/dx^2|}$$

Trong hệ tự nhiên, gia tốc của động điểm gồm thành phần gia tốc tiếp (\mathbf{a}_t) và thành phần gia tốc pháp (\mathbf{a}_n). Gia tốc pháp luôn hướng về tâm cong nên trong 1 vài trường hợp còn được gọi là gia tốc hướng tâm (centripetal acceleration).

Nhận xét:



1) Nếu chất điểm chuyển động thẳng (phương – chiều vận tốc không thay đổi), $\rho \rightarrow \infty$; $a_n = 0$.

Lúc đó $\mathbf{a} = \mathbf{a}_t$.

Có thể kết luận rằng, thành phần gia tốc tiếp thể hiện sự thay đổi về độ lớn của vận tốc.

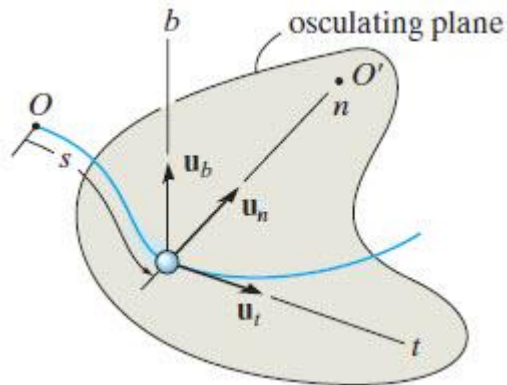
2) Nếu chất điểm chuyển động theo đường cong với tốc độ (speed) không đổi; $v = \text{const} \rightarrow a_t = \dot{v} = 0$. Lúc đó $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n$.

Có thể kết luận rằng, thành phần gia tốc pháp thể hiện sự thay đổi về phương – chiều của vận tốc.

Động điểm chuyển động trong 3D.

Trục t được xác định duy nhất. Trong 3D, có vô số đường thẳng vuông góc với trục t ; trong số đó ta chọn trục n là trục hướng về tâm cong (O'), được gọi là trục pháp tuyến chính của đường cong. Khi trục t và trục n đã được xác định, ta sẽ xác định được vận tốc và gia tốc của động điểm.

Khi \mathbf{u}_n và \mathbf{u}_t luôn vuông góc với nhau và nằm trong mp tiếp; trong 3D, vector đơn vị thứ ba, \mathbf{u}_b tạo thành 1 tam diện thuận với \mathbf{u}_t và \mathbf{u}_n (theo qui tắc bàn tay phải). Vector đơn vị \mathbf{u}_b xác định trục trùng pháp tuyến b như hình vẽ.



Chuyển động tương đối của hai động điểm (Relative – Motion of Two Particles)

Khái niệm về hệ quy chiếu động

Hệ quy chiếu, nói chung, bao gồm 1 vật làm mốc có gắn 1 hệ trục tọa độ.

Nếu vật làm mốc cố định ta gọi là **hệ quy chiếu cố định** (hệ cố định) hay **hệ tuyệt đối**. Chuyển động của 1 động điểm đối với hệ quy chiếu này (người quan sát gắn với hệ quy chiếu này) ta gọi là **chuyển động tuyệt đối** (vị trí, vận tốc, gia tốc tuyệt đối).

Nếu vật làm mốc có chuyển động ta gọi là **hệ quy chiếu động** (hệ động) hay **hệ tương đối**. Chuyển động của 1 động điểm đối với hệ quy chiếu này (người quan sát gắn với hệ quy chiếu này) ta gọi là **chuyển động tương đối** (vị trí, vận tốc, gia tốc tương đối).

Chuyển động của hệ động so với hệ cố định ta gọi là **chuyển động theo**. Chuyển động theo có thể là chuyển động tịnh tiến, quay quanh 1 trục cố định hoặc chuyển động song phẳng... sẽ được trình bày chi tiết trong các phần sau.

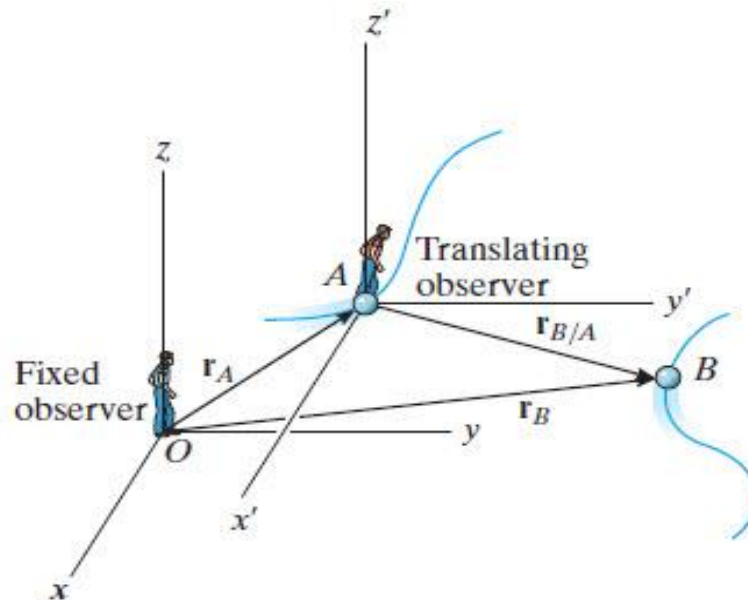
Trong các mục trên, chuyển động tuyệt đối (absolute motion) của chất điểm đã được khảo sát. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khi quỹ đạo chuyển động của chất điểm phức tạp, khảo sát động học sẽ dễ dàng hơn khi sử dụng hai hay nhiều hệ quy chiếu.

Ví dụ, chuyển động của 1 điểm tại đầu cánh quạt của 1 máy bay đang bay. Khảo sát chuyển động này sẽ dễ dàng khi, đầu tiên, xác định chuyển động của máy bay từ hệ quy chiếu cố định, sau đó cộng tác dụng (vector) với chuyển động tròn của chất điểm được quan sát từ hệ quy chiếu động là hệ quy chiếu gắn với máy bay.

Phần này chỉ hạn chế khảo sát với hệ quy chiếu động có chuyển động tịnh tiến; việc tính toán động học của chuyển động tương đối trong hệ quy chiếu chuyển động quay sẽ được trình bày trong 1 chương khác.

Vị trí:

Khảo sát 2 chất điểm A và B chuyển động theo một quỹ đạo bất kỳ, hình vẽ.



Vị trí tuyệt đối (absolute position) của mỗi chất điểm, \mathbf{r}_A và \mathbf{r}_B , được đo từ gốc O của hệ quy chiếu cố định Oxyz. Hệ quy chiếu thứ hai Ax'y'z' chuyển động theo A, và ta chỉ khảo sát trường hợp Ax'y'z' chuyển động tịnh tiến (các trục luôn song song với chính nó trong quá trình chuyển động). Vị trí của B được đo từ A, vector $\mathbf{r}_{B/A}$, được gọi là vector vị trí tương đối. Dùng phép cộng vector, ta có:

$$\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A} \tag{2.6}$$

Vận tốc:

Đạo hàm phương trình trên với chú ý rằng $\mathbf{r}_{B/A}$ chỉ thay đổi về độ lớn, phương – chiều không thay đổi, ta có quan hệ vận tốc:

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A} \tag{2.7}$$

Trong đó, \mathbf{v}_B ($= d\mathbf{r}_B/dt$) và \mathbf{v}_A ($= d\mathbf{r}_A/dt$) được gọi là vận tốc tuyệt đối, đó chính là vận tốc của A và B khi quan sát trong hệ quy chiếu cố định Oxyz; $\mathbf{v}_{B/A}$ ($= d\mathbf{r}_{B/A}/dt$) gọi là vận tương đối (của B so với A), chính là vận tốc của B khi quan sát trong hệ quy chiếu tịnh tiến Ax'y'z'.

Gia tốc:

Đạo hàm theo thời gian của phương trình vận tốc, ta có:

$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A + \mathbf{a}_{B/A} \tag{2.8}$$

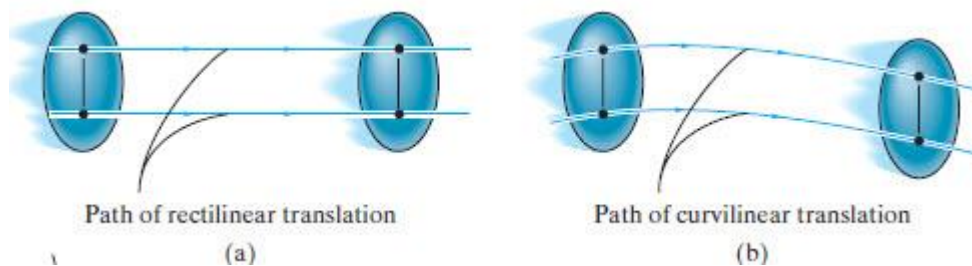
Trong đó, \mathbf{a}_B và \mathbf{a}_A là gia tốc tuyệt đối của B và A; $\mathbf{a}_{B/A}$ là gia tốc tương đối (của B so với A).

2.2. Động học phẳng của vật rắn (Planar Kinematics of a Rigid Body)

Chuyển động phẳng của vật rắn (Planar Rigid-Body Motion)

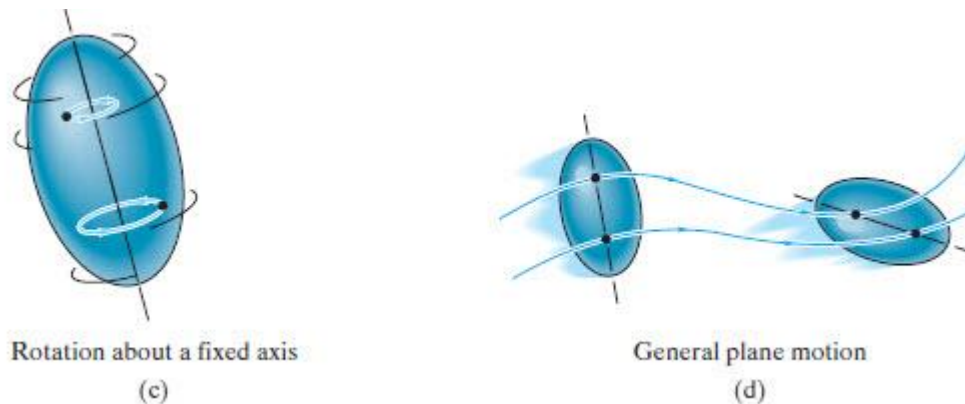
Vật rắn được gọi là chuyển động phẳng khi tất cả các điểm thuộc vật rắn chuyển động theo một quỹ đạo cách đều đến một mặt phẳng cố định (tham chiếu). Từ đơn giản đến phức tạp, ta có 3 loại chuyển động phẳng: tịnh tiến (translation), quay quanh 1 trục cố định (rotation about a fixed axis), và song phẳng (general plane motion).

Chuyển động tịnh tiến: khi 1 đường thẳng bất kỳ trên vật rắn luôn song song với chính nó trong suốt quá trình chuyển động.



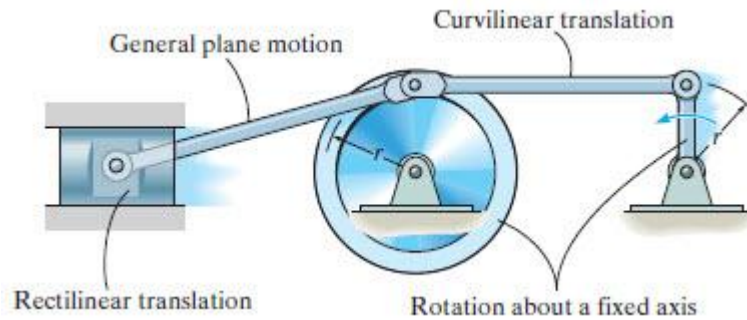
Khi quỹ đạo của 2 điểm bất kỳ trên vật rắn là các đường song song, ta gọi là tịnh tiến thẳng (rectilinear), hình a; khi quỹ đạo là các đường cong cách đều nhau, ta gọi là tịnh tiến cong (curvilinear), hình b.

Chuyển động quay quanh 1 trục cố định: khi tất cả những điểm của vật rắn (ngoại trừ các điểm nằm trên trục quay) chuyển động theo 1 quỹ đạo tròn, hình c.



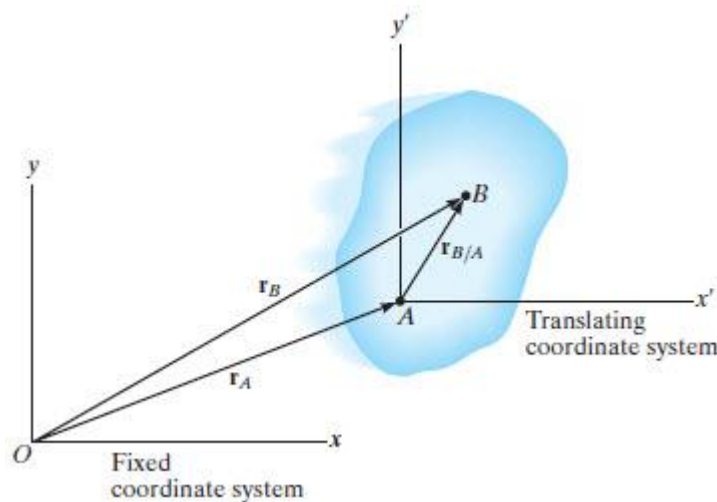
Chuyển động song phẳng: là sự chuyển động kết hợp tịnh tiến và quay quanh trục cố định của vật rắn, hình d. Trong đó, chuyển động tịnh tiến xảy ra trên 1 mặt phẳng tham chiếu và chuyển động quay xảy ra quanh 1 trục vuông góc với mặt phẳng tham chiếu, hình d.

Một ví dụ về 3 loại chuyển động phẳng của vật rắn được thể hiện ở hình vẽ.



Động học vật rắn chuyển động tịnh tiến

Khảo sát vật rắn chuyển động tịnh tiến trong mp(x-y), hình vẽ.



Vị trí giữa 2 điểm bất kỳ A và B trên vật rắn là: $\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A}$

Tại 1 thời điểm bất kỳ, quan hệ vận tốc giữa 2 điểm là: $\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A}$

Do chuyển động tịnh tiến và $AB = \text{const}$ (vật rắn), vì thế, $\mathbf{r}_{B/A}$ là vector hằng số, ta có:

Vận tốc: $\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A$

Gia tốc: $\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A$

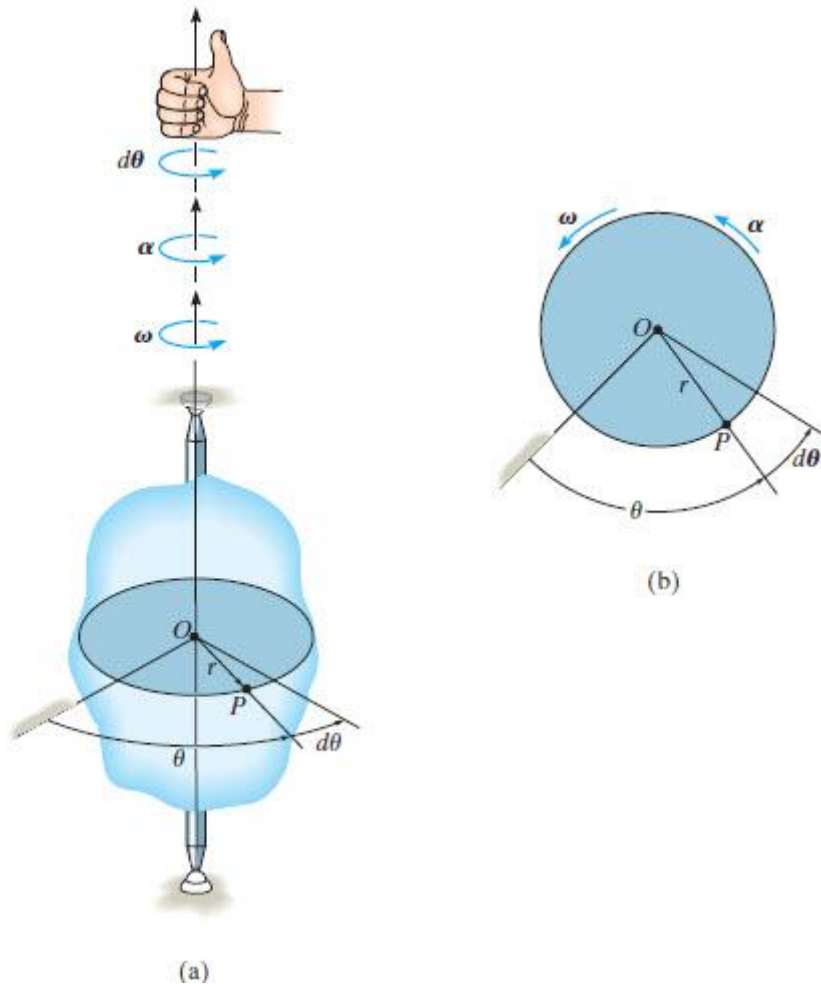
Nhận xét: Khi vật rắn chuyển động tịnh tiến thì tất cả các điểm trên vật rắn chuyển động với cùng vận tốc và gia tốc. Tại mỗi thời điểm, khi biết chuyển động của 1 điểm trên vật rắn có thể suy ra chuyển động của những điểm còn lại, như vậy bài toán động học vật rắn được đưa về bài toán động học điểm.

Động học vật rắn quay quanh trục cố định

Khi vật rắn quay quanh trục cố định, điểm P bất kỳ trên vật rắn chuyển động theo quỹ đạo tròn. Để nghiên cứu chuyển động quay của vật rắn, cần thiết phải có khái niệm về các thông số động học trong chuyển động quay.

Thông số động học của vật rắn quay

Chuyển động góc (Angular Motion): một điểm (không có kích thước) không thể có chuyển động góc; chỉ có 1 đường hay 1 vật rắn thực hiện 1 chuyển động góc. Ví dụ, vật rắn, hình a, và chuyển động góc của đường OP bán kính r.



Vị trí góc (Angular Position): tại thời điểm bất kỳ, vị trí góc của OP được xác định bởi góc θ , được đo từ 1 đường tham chiếu (cố định) đến OP.

Chuyển vị góc (Angular Displacement): sự thay đổi của vị trí góc có thể được xác định theo góc vi phân $d\theta$, được gọi là chuyển vị góc. Vector này có độ lớn là $d\theta$, có phương dọc theo trục quay, có chiều được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Hình b mô tả cả hai θ và $d\theta$ trong mặt phẳng, có chiều quay ngược chiều kim đồng hồ, vì thế, $d\theta$ đi qua O, có phương vuông góc với mp giấy, có chiều hướng ra ngoài.

Vận tốc góc (Angular Velocity): sự thay đổi của vị trí góc theo thời gian gọi là vận tốc góc. Trong khoảng thời gian dt chuyển vị góc là $d\theta \rightarrow$ vận tốc góc là ω .

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta}$$

Vector ω có độ lớn $\omega = d\theta/dt = \dot{\theta}$ (rad/s), có phương chiều theo phương chiều của vector $d\theta$. Trong mặt phẳng, hình b, chúng ta có thể thấy chiều quay ngược hay thuận chiều kim đồng hồ. Thường chọn chiều quay (chiều tác dụng của ω) ngược chiều kim đồng hồ là chiều dương, tương ứng với chiều của vector ω hướng ra ngoài mp giấy.

Gia tốc góc (Angular Acceleration) α : thể hiện sự thay đổi của vận tốc góc theo thời gian.

Độ lớn của vector này là: $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \dot{\omega}$; hay, $\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$

Vector gia tốc góc có phương dọc theo trục quay, chiều phụ thuộc vào vật đang tăng hay giảm tốc. Khi vật quay nhanh dần, α cùng chiều với ω , và ngược lại.

Các công thức thể hiện quan hệ giữa vị trí góc, vận tốc góc, gia tốc góc theo thời gian;

Biến đổi ta có: $\alpha d\theta = \omega d\omega$

Khi gia tốc góc là hằng số, tương tự như đối với chất điểm chuyển động thẳng với gia tốc là hằng số, ta có các phương trình sau đây:

(+)
(+)
(+)

$$\omega = \omega_0 + \alpha_c t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha_c t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha_c (\theta - \theta_0)$$

Constant Angular Acceleration

Động học của điểm trên vật rắn quay

Khi vật rắn quay, điểm P bất kỳ chuyển động theo quỹ đạo tròn, tâm O, bán kính r, hình c và được thể hiện trong mặt phẳng, hình d.

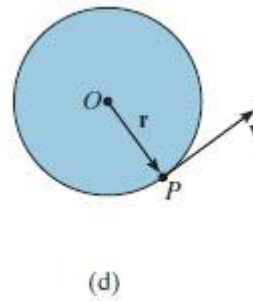
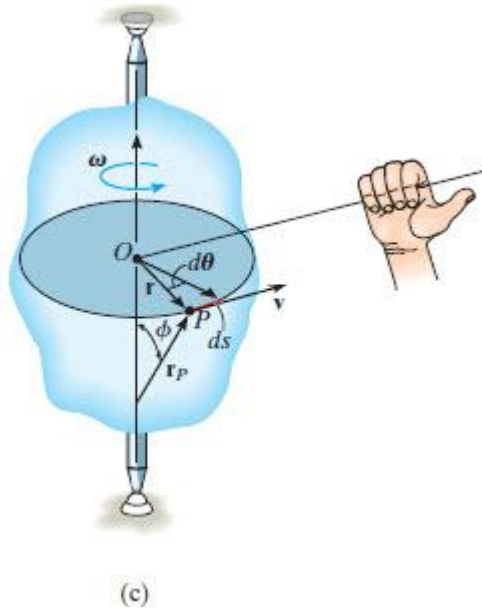
Vị trí và chuyển vị: vị trí của P được xác định bởi vector vị trí $\mathbf{r} = \mathbf{OP}$.

Khi vật rắn quay 1 góc vi phân $d\theta$, P có chuyển vị $ds = rd\theta$, hình c.

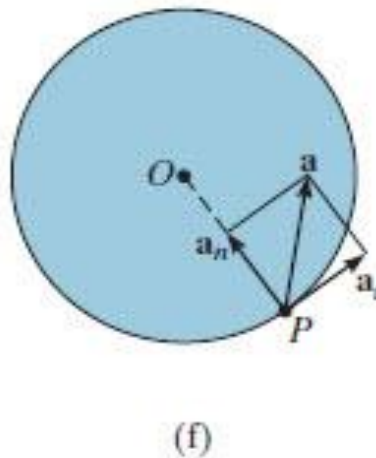
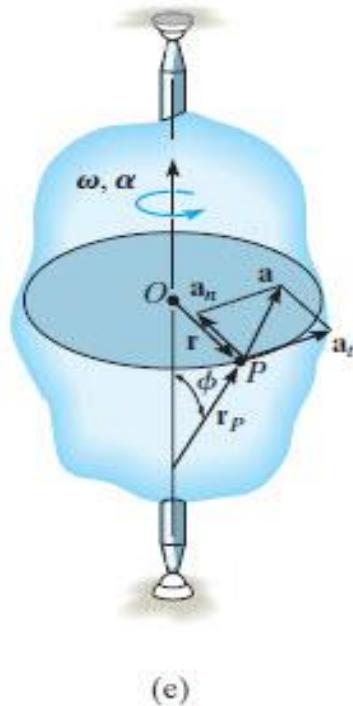
Vận tốc của P:

Độ lớn là: $v = ds/dt = rd\theta/dt = \omega r$ (2.9)

; có phương theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo (vuông góc với OP), có chiều theo chiều tác dụng của ω , hình d.



Gia tốc của điểm P, quỹ đạo của P là đường tròn, thuận tiện nhất là xác định nó theo thành phần gia tốc pháp và gia tốc tiếp, hình e và f.

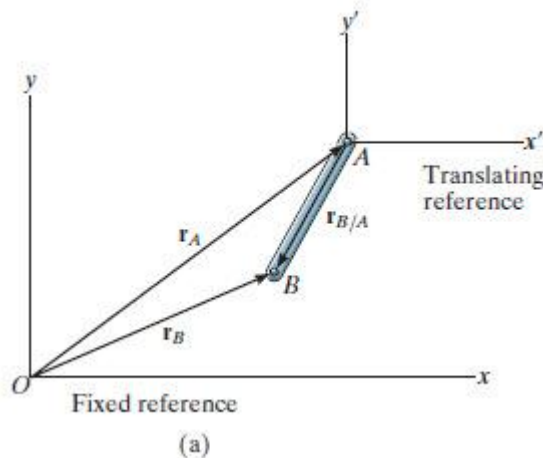


$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n = \dot{v}\mathbf{u}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{u}_n = \alpha r\mathbf{u}_t + \omega^2 r\mathbf{u}_n \quad (2.10)$$

Động học vật rắn chuyển động song phẳng

Chuyển động song phẳng của vật rắn có thể xem như là sự kết hợp của chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay. Để dễ dàng thấy được các thành phần chuyển động này, chúng ta sẽ dựa vào cách tính toán trong chuyển động tương đối với việc chọn 2 hệ qui chiếu: hệ cố định

Oxy và hệ động $Ax'y'$ có chuyển động tịnh tiến so với hệ cố định, trong đó A là điểm đã biết qui luật chuyển động, thường gọi là **điểm cực**, hình a.

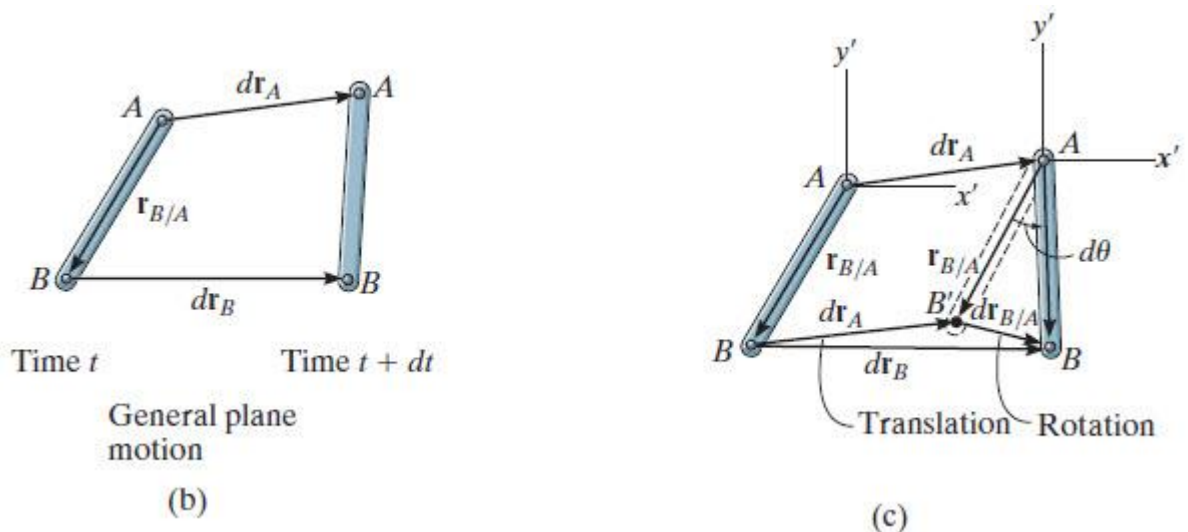


Trong hình a, \mathbf{r}_A và \mathbf{r}_B là vector vị trí (tuyệt đối) của 2 điểm A và B trên vật rắn (thanh AB).

Vị trí: $\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A}$ (2.11)

Trong đó $\mathbf{r}_{B/A}$ là vector vị trí (tương đối) của B so với A, hay gọi là vector vị trí của B trong hệ tương đối $Ax'y'$.

Chuyển vị: trong khoảng thời gian dt , 2 điểm A và B có chuyển vị $d\mathbf{r}_A$ và $d\mathbf{r}_B$, hình b.



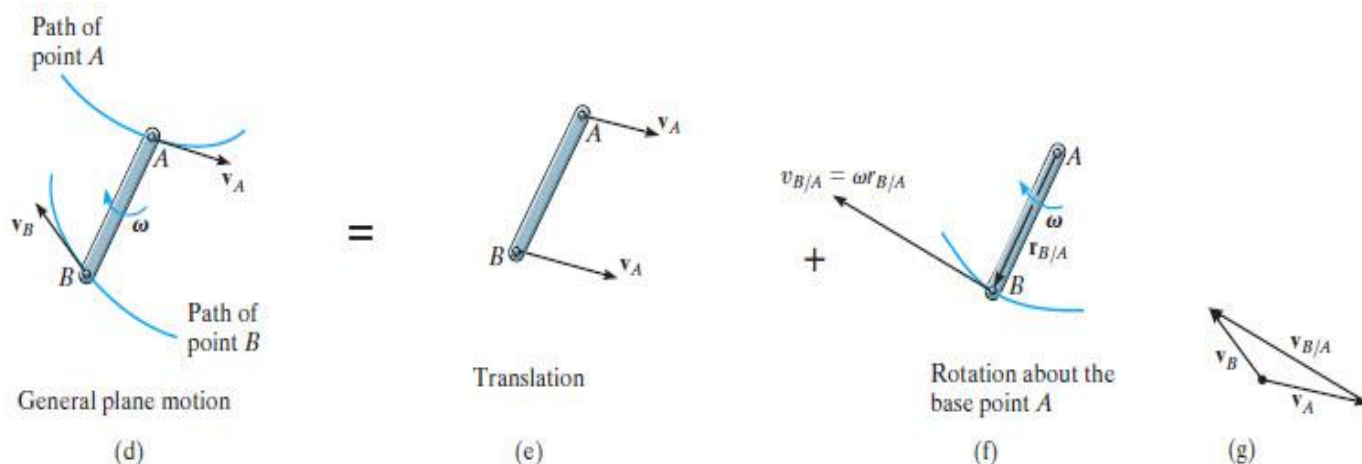
Nếu ta xem chuyển động song phẳng là tổng hợp của 2 chuyển động thành phần; đầu tiên là thành phần chuyển động tịnh tiến theo A với chuyển vị $d\mathbf{r}_A$ (từ AB ban đầu đến AB'), hình c; sau đó vật rắn (thanh AB) quay quanh trục cố định đi qua A với chuyển vị góc $d\theta$ và điểm B' thực hiện 1 chuyển vị tương ứng $d\mathbf{r}_{B/A}$ để di chuyển đến vị trí cuối cùng (B) của nó, hình c. Do quay quanh A nên, $d\mathbf{r}_{B/A} = \mathbf{r}_{B/A}d\theta$.

Chuyển vị của B là:
$$d\mathbf{r}_B = d\mathbf{r}_A + d\mathbf{r}_{B/A}$$

Vận tốc: lấy đạo hàm phương trình vị trí theo thời gian t , ta có:

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A} \quad (2.12)$$

Trong đó, $\mathbf{v}_B = d\mathbf{r}_B/dt$ và $\mathbf{v}_A = d\mathbf{r}_A/dt$ là vận tốc tuyệt đối của A và B; $\mathbf{v}_{B/A} = d\mathbf{r}_{B/A}/dt$ là vận tốc tương đối của B so với A, nó chính là vận tốc của B trên vật rắn quay quanh trục đi qua A, vì thế, có phương vuông góc với AB, có chiều theo chiều tác dụng của ω , có độ lớn $v_{B/A} = dr_{B/A}/dt = r_{B/A}d\theta/dt = r_{B/A}\omega$; hình d, e, f, và g. Trong đó, ω là vận tốc góc của vật rắn tại thời điểm khảo sát.



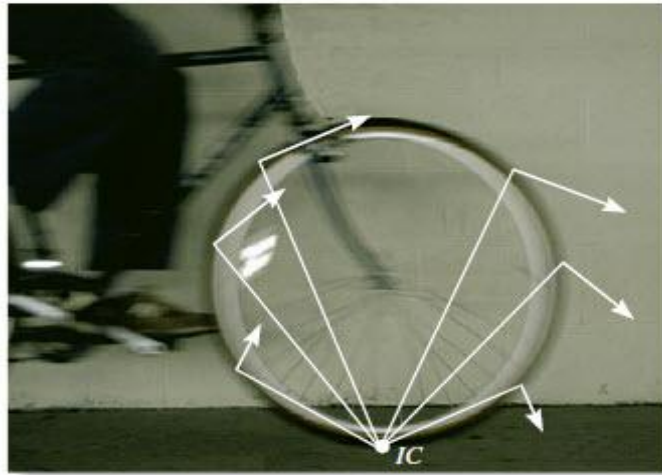
Xác định vận tốc theo tâm vận tốc tức thời IC (Instantaneous Center of Zero Velocity)

Người ta chứng minh được rằng khi vật chuyển động song phẳng, tại mỗi vị trí bất kỳ, luôn tồn tại 1 điểm có vận tốc bằng không, ta gọi là tâm vận tốc tức thời IC. Nếu chọn IC làm điểm cực (trong chuyển động song phẳng), vận tốc của điểm B (bất kỳ) trên vật rắn là:

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_{IC} + \mathbf{v}_{B/IC} = \mathbf{v}_{B/IC} \quad (2.13)$$

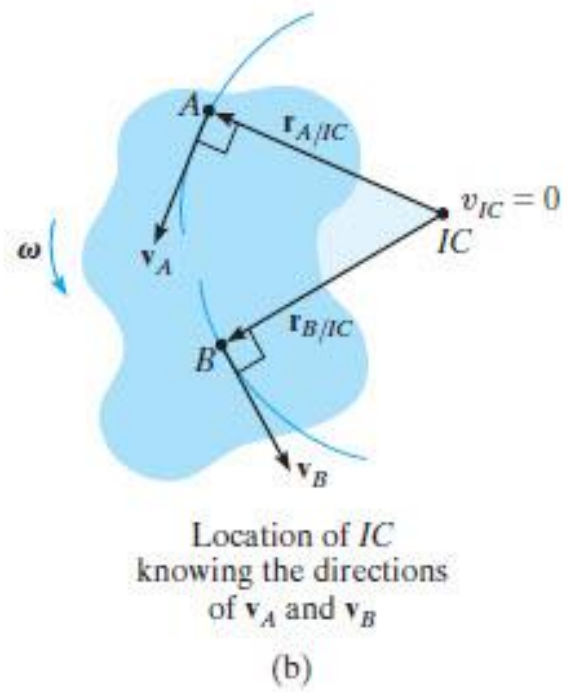
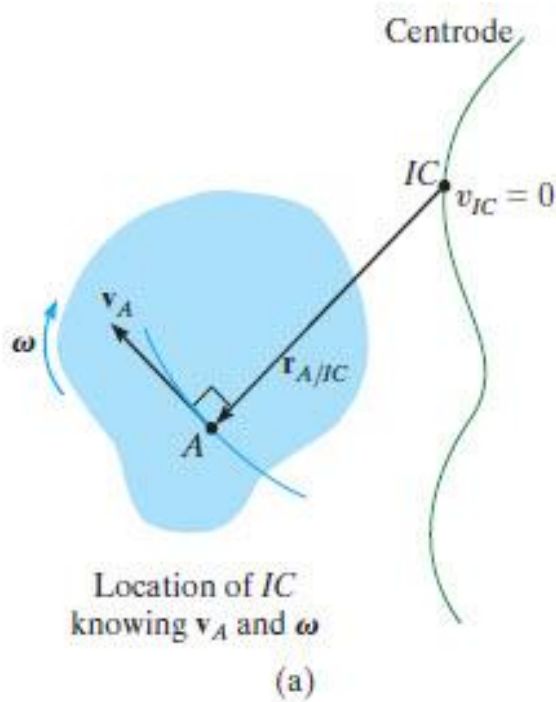
Như vậy, tại mỗi thời điểm khảo sát ta có thể xem như vật rắn quay quanh trục (tức thời) đi qua IC và vuông góc với mặt phẳng chuyển động. Vận tốc điểm B có phương vuông góc với $r_{B/IC}$, có chiều theo chiều tác dụng của ω , có độ lớn là $v_B = \omega r_{B/IC}$. Trong đó ω là vận tốc góc tại thời điểm khảo sát.

Ví dụ, IC của bánh xe đang chạy trên đường là điểm tiếp xúc của bánh và bề mặt đường, hình vẽ.



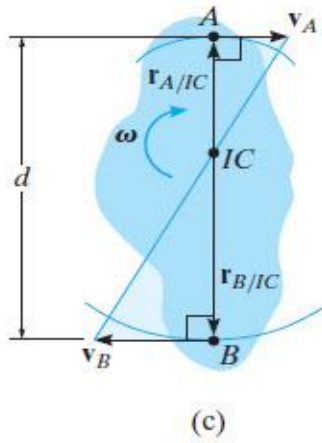
Vị trí của IC có thể được xác định dựa trên cơ sở là vận tốc của 1 điểm bất kỳ trên vật rắn luôn vuông góc với vector vị trí tương đối từ IC đến điểm đó. Trong thực hành có thể xác định tâm vận tốc tức thời IC theo một số trường hợp sau:

Trường hợp 1: Biết \mathbf{v}_A và vận tốc góc ω ; với IC nằm trên đường nằm trên đường vuông góc với \mathbf{v}_A và $r_{A/IC} = v_A/\omega$; ta xác định IC, hình a.

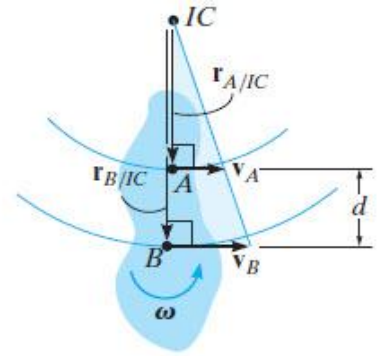


Trường hợp 2: \mathbf{v}_A không song song với \mathbf{v}_B . Chỉ cần biết phương của \mathbf{v}_A và \mathbf{v}_B , có thể xác định IC, hình b.

Trường hợp 3: \mathbf{v}_A song song với \mathbf{v}_B . Biết vector \mathbf{v}_A và \mathbf{v}_B ; xác định IC dựa trên tam giác đồng dạng; trong hình c: $r_{A/IC} + r_{B/IC} = d$; trong hình d: $r_{A/IC} - r_{B/IC} = d$.



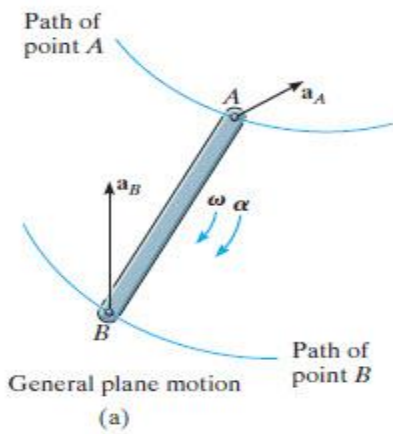
(c)



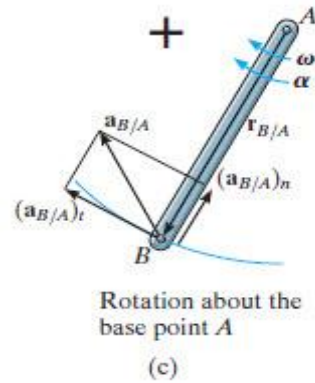
Location of IC
knowing v_A and v_B

(d)

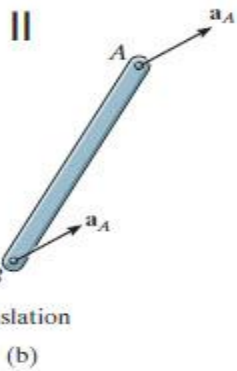
Gia tốc: Hình vẽ mô tả hình học của gia tốc trong chuyển động song phẳng.



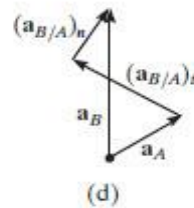
(a)



(c)



(b)



(d)

Đạo hàm theo thời gian của phương trình vận tốc, ta có phương trình gia tốc:

$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A + \mathbf{a}_{B/A}$$

Trong đó \mathbf{a}_B và \mathbf{a}_A là gia tốc (tuyệt đối) của A và B; $\mathbf{a}_{B/A}$ là gia tốc tương đối, chính là gia tốc của B trên vật rắn khi nó quay quanh trục đi qua A và vuông góc với mặt phẳng chuyển động.

$$\mathbf{a}_{B/A} = (\mathbf{a}_{B/A})_t + (\mathbf{a}_{B/A})_n; \text{ trong đó: } (\mathbf{a}_{B/A})_t = \alpha \mathbf{r}_{B/A}, \text{ và } (\mathbf{a}_{B/A})_n = \omega^2 \mathbf{r}_{B/A}, \text{ với } \alpha \text{ là gia tốc góc.}$$

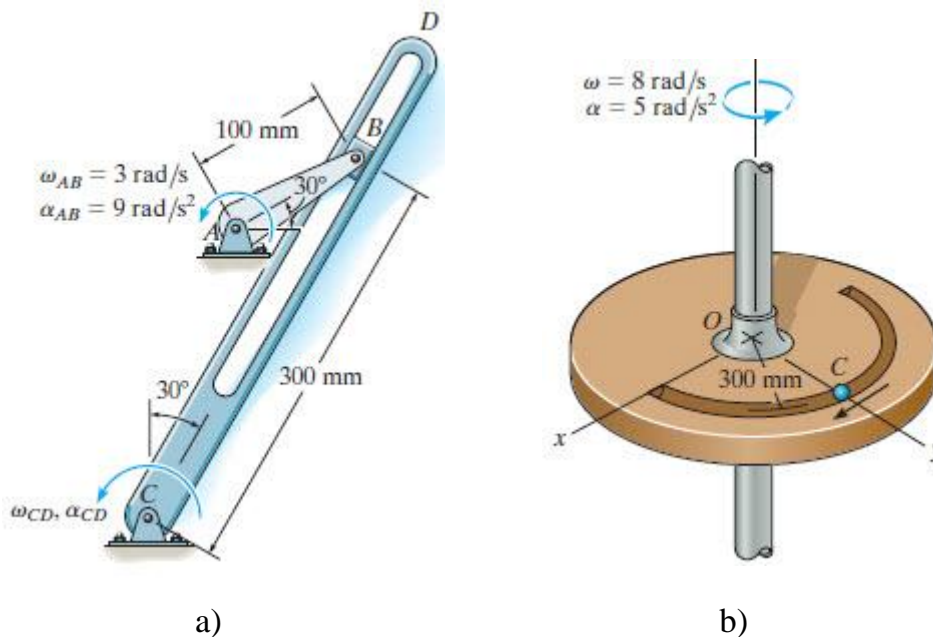
Phương trình gia tốc có thể viết dưới dạng;

$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A + (\mathbf{a}_{B/A})_t + (\mathbf{a}_{B/A})_n \quad (2.14)$$

Chuyển động phức hợp của điểm

Khái niệm

Trong các phần trước, chúng ta đã dùng hệ qui chiếu cố định và hệ qui chiếu động có chuyển động tịnh tiến để tính toán chuyển động tương đối của 2 động điểm và 2 điểm trên vật rắn chuyển động song phẳng. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khi các vật rắn nối với nhau bằng các liên kết cho phép trượt tương đối, hay khảo sát chuyển động của 2 điểm trên 1 cơ cấu trong khi các điểm này không cùng nằm trên 1 vật rắn, hình a; cũng như khảo sát chuyển động của động điểm khi chúng di chuyển trên 1 quỹ đạo có chuyển động quay, hình b, thì việc chọn hệ động chuyển động tịnh tiến không còn phù hợp nữa. Cách tốt nhất trong trường hợp này là dùng cách tính toán chuyển động tương đối, bằng cách dùng hệ tọa độ (hệ qui chiếu động) vừa tịnh tiến vừa quay. Ta gọi chuyển động của các điểm như vậy là chuyển động phức hợp.



Nội dung của phần này chỉ giới thiệu các phương trình vận tốc, gia tốc, và giải thích chúng để có thể ứng dụng giải quyết các bài toán có chuyển động phức hợp. Việc chứng minh các phương trình này có thể tham khảo ở các tài liệu khác.

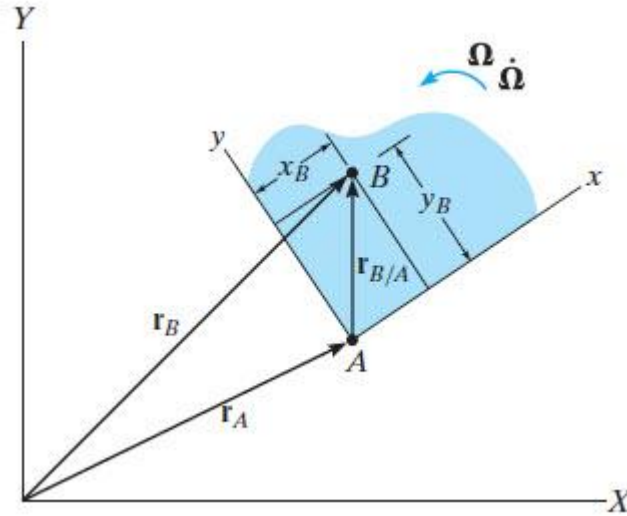
Phương trình vị trí

Khảo sát 2 điểm A và B. Giả sử A là 1 điểm trên vật rắn chuyển động song phẳng và B là 1 điểm bất kỳ có chuyển động tương đối so với vật rắn. Chọn hệ cố định có hệ trục là OXY; hệ động gắn liền với vật rắn có hệ trục là Axy, hình vẽ.

Vector \mathbf{r}_A và \mathbf{r}_B thể hiện vị trí tuyệt đối của 2 điểm A và B.

Vector $\mathbf{r}_{B/A}$ thể hiện vị trí tương đối của B. Nếu tại thời điểm khảo sát, toạ độ của B trong hệ trục Axy là (x_B, y_B) , ta có, $\mathbf{r}_{B/A} = x_B \mathbf{i} + y_B \mathbf{j}$; trong đó \mathbf{i} và \mathbf{j} là các vector đơn vị của Ax và Ay. Vector $\mathbf{r}_{B/A}$ cũng có thể được mô tả trong hệ trục OXY theo các vector đơn vị \mathbf{I} và \mathbf{J} .

Phương trình (quan hệ giữa các vector) vị trí là: $\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A}$ (2.15)



Giả sử tại thời điểm khảo sát, điểm A có vận tốc là v_A và gia tốc là a_A ; vận tốc góc và gia tốc góc của vật rắn (hay của Axy) là Ω và $\dot{\Omega}$.

Phương trình vận tốc

Đạo hàm phương trình vị trí theo thời gian, ta có phương trình vận tốc, có thể viết dưới dạng:

$$(\mathbf{v}_B)_a = (\mathbf{v}_B)_e + (\mathbf{v}_B)_r \quad (2.16)$$

Chú ý: “a” viết tắt của “absolute”; “e” viết tắt của “evolutional”, và “r” viết tắt của “relative”.

Trong đó:

+ $(\mathbf{v}_B)_a$ gọi là vận tốc tuyệt đối của điểm B, còn được ký hiệu là \mathbf{v}_B .

+ $(\mathbf{v}_B)_e$ gọi là vận tốc theo, là vận tốc tuyệt đối của 1 điểm trên vật rắn (B^*) đang trùng với B tại thời điểm khảo sát, \mathbf{v}_{B^*} . Khi vật rắn (hệ động) chuyển động song phẳng, quan hệ vận tốc giữa 2 điểm trên vật rắn (A và B^*) là: $\mathbf{v}_{B^*} = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B^*/A}$, trong đó, $\mathbf{v}_{B^*/A}$ có phương vuông góc với $\mathbf{r}_{B^*/A}$, có chiều theo chiều tác dụng của Ω , có độ lớn là $v_{B^*/A} = \Omega r_{B^*/A}$.

+ $(\mathbf{v}_B)_r$ là vận tốc tương đối của điểm B, còn được ký hiệu là $\mathbf{v}_{B/A}$, chính là vận tốc của điểm B so với vật rắn.

Phương trình vận tốc có thể viết lại như sau:

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B^*/A} + \mathbf{v}_{B/A}$$

Phương trình gia tốc

Đạo hàm phương trình vận tốc theo thời gian, ta có phương trình gia tốc, có thể viết dưới dạng:

$$(\mathbf{a}_B)_a = (\mathbf{a}_B)_e + (\mathbf{a}_B)_r + \mathbf{a}_c \quad (2.17)$$

Trong đó:

+ $(\mathbf{a}_B)_a$ gọi là gia tốc tuyệt đối của điểm B, còn được ký hiệu là \mathbf{a}_B .

+ $(\mathbf{a}_B)_e$ gọi là gia tốc theo, là gia tốc tuyệt đối của 1 điểm trên vật rắn (B^*) đang trùng với B tại thời điểm khảo sát, \mathbf{a}_{B^*} . Khi vật rắn (hệ động) chuyển động song phẳng, quan hệ gia tốc giữa 2 điểm trên vật rắn (A và B^*) là: $\mathbf{a}_{B^*} = \mathbf{a}_A + \mathbf{a}_{B^*/A}$, trong đó, $\mathbf{a}_{B^*/A}$ có thể xác định theo thành phần gia tốc pháp và tiếp; $\mathbf{a}_{B^*/A} = (\mathbf{a}_{B^*/A})_t + (\mathbf{a}_{B^*/A})_n$.

+ $(\mathbf{a}_B)_r$ là gia tốc tương đối của điểm B, còn được ký hiệu là $\mathbf{a}_{B/A}$, chính là gia tốc của điểm B so với vật rắn.

+ \mathbf{a}_c là gia tốc Coriolis, được xác định bởi: $\mathbf{a}_c = 2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}_{B/A}$ (2.18)

Đối với bài toán phẳng, khi động điểm B chuyển động trong mặt phẳng chuyển động (mp Axy).

Độ lớn của gia tốc Coriolis là: $a_c = 2\Omega v_{B/A}$; gia tốc Coriolis có phương - chiều chính là phương - chiều của vận tốc tương đối $\mathbf{v}_{B/A}$ quay đi 90° theo chiều tác dụng của vector vận tốc góc $\boldsymbol{\Omega}$.

Nhận xét:

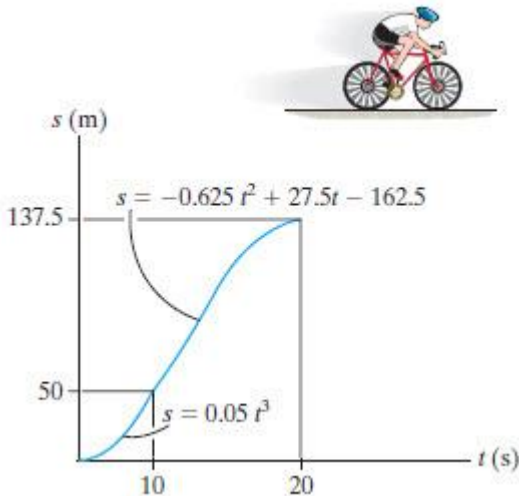
- 1) Nếu hệ động (vật rắn) chuyển động tịnh tiến thì $\Omega = 0$; không tồn tại gia tốc Coriolis.
- 2) Nếu không có chuyển động tương đối giữa động điểm B (xem như B là 1 điểm trên vật rắn), $v_{B/A} = 0$; không tồn tại gia tốc Coriolis.

Phương trình gia tốc có thể viết lại như sau:

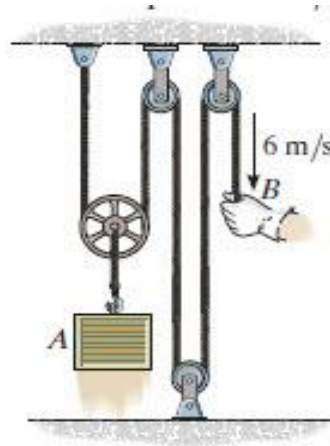
$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A + \mathbf{a}_{B^*/A} + \mathbf{a}_{B/A} + \mathbf{a}_c$$

Bài tập Chương 2: Phần Động học

Bài 1: Phương trình chuyển động của người đi xe đạp (chạy trên 1 đường thẳng) được mô tả bởi đồ thị như hình vẽ. Hãy vẽ đồ thị $v(t)$ và $a(t)$.



Hình bài 1



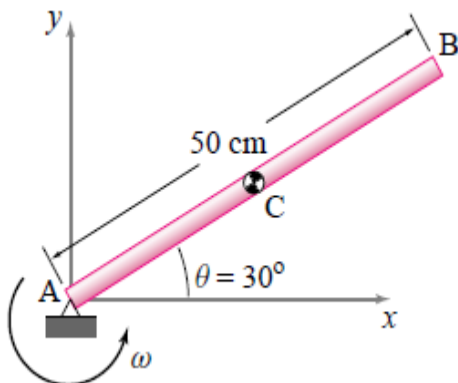
Hình bài 3

Bài 2: Vận tốc của 1 chất điểm được thể hiện bởi phương trình $\mathbf{v} = \{16t^2\mathbf{i} + 4t^3\mathbf{j} + (5t + 2)\mathbf{k}\}$ m/s, trong đó thời gian t tính bằng giây. Nếu chất điểm ở tại gốc tọa độ khi $t = 0$. Hãy xác định độ lớn của gia tốc & vị trí của chất điểm khi $t = 2$ s.

Bài 3: Xác định tốc độ của khối A nếu đầu dây B được kéo xuống với tốc độ 6m/s.

Bài 4: Bánh xe vô lăng bán kính $R = 0,2$ m quay nhanh đều từ trạng thái nghỉ, một điểm trên vành bánh xe qua 10 giây có vận tốc $v = 10$ m/s, tìm gia tốc góc của vật, gia tốc pháp và gia tốc tiếp của điểm trên vành bánh xe lúc $t = 15$ giây.

Bài 5: Một thanh đồng chất AB có chiều dài $\ell = 50$ cm quay quanh A. Tại thời điểm khảo sát, thanh quay chậm dần đều với gia tốc góc $\alpha = 0,1$ rad/s².



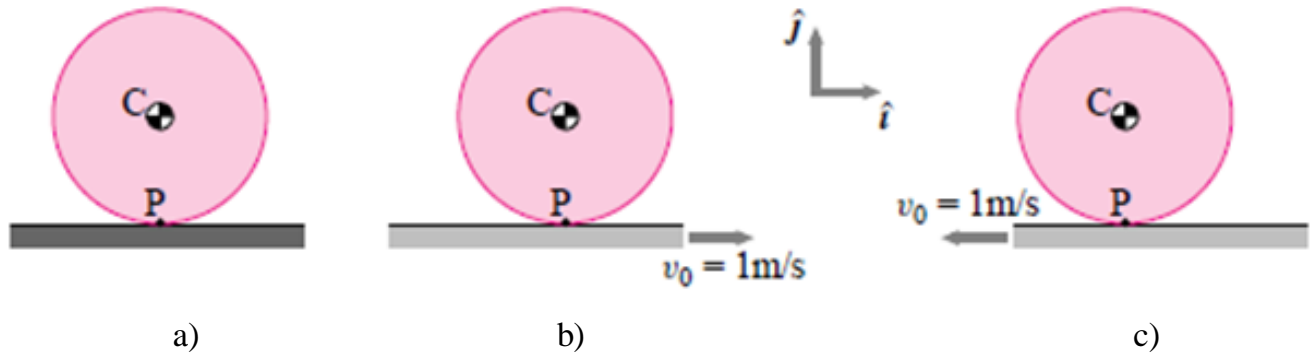
a) Vận tốc điểm C (điểm giữa AB) là $v_C = 7,5$ cm/s. Hãy xác định: Vận tốc góc của thanh; vận tốc điểm B trên thanh.

b) Xác định gia tốc của điểm B.

Bài 6: Một đĩa tròn bán kính $R = 20 \text{ cm}$ (lăn về phía trước, theo chiều của i) trên 1 băng tải nằm ngang với vận tốc góc $\omega = 10 \text{ rad/s}$, như hình vẽ.

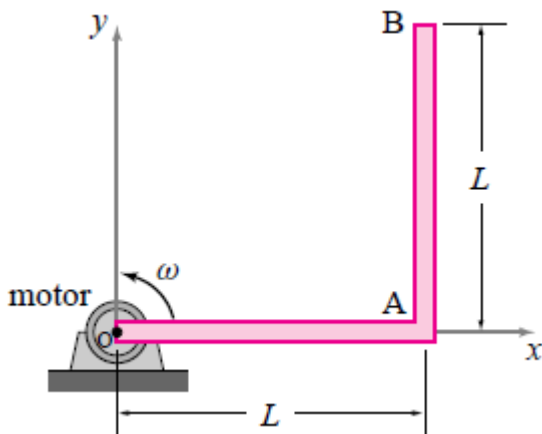
a) Hãy viết điều kiện lăn không trượt của đĩa tròn.

b) Giả sử đĩa lăn không trượt trên băng tải. Hãy xác định vận tốc tâm C của đĩa tròn trong trường hợp sau: Băng tải cố định (hình a); Băng tải chuyển động với vận tốc \vec{v}_0 (hình b); Băng tải chuyển động với vận tốc \vec{v}_0 (hình c).



c) Xét trường hợp a (băng tải đứng yên); tại thời điểm khảo sát, đĩa đang lăn nhanh dần với gia tốc của tâm là $a_C = 2 \text{ m/s}^2$. Hãy xác định gia tốc của điểm P (trên đĩa).

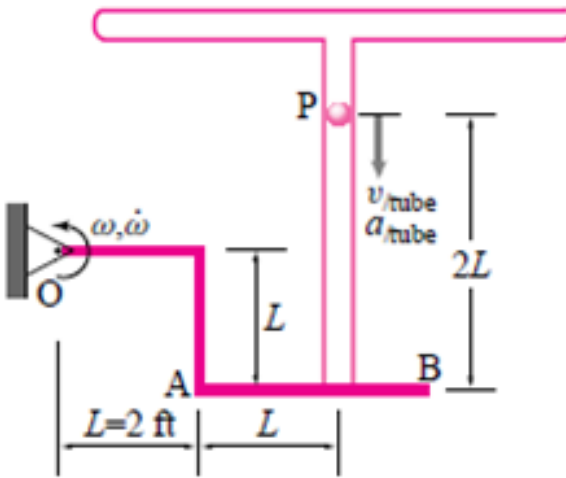
Bài 7: Motor dẫn động cho thanh OAB quay quanh trục đi qua O . Tại thời điểm khảo sát thanh đang ở vị trí như hình vẽ, có vận tốc góc $\omega = 4,0 \text{ rad/s}$ và quay chậm dần đều với gia tốc góc $\alpha = 2 \text{ rad/s}^2$.



Biết: $L = 0,5 \text{ m}$. Hãy xác định:

- a) Vận tốc của điểm A, điểm B
- b) Gia tốc của điểm A, điểm B

Bài 8 (Bài tập mở rộng, khuyến khích giải): Một ống hình chữ T được hàn với tay đòn OAB như hình vẽ.



Tay đòn đang quay với vận tốc góc $\omega = 5 \text{ rad/s}$ và gia tốc góc $\varepsilon = 2,5 \text{ rad/s}^2$. Tại thời điểm khảo sát, chất điểm P đang rơi xuống với vận tốc 5 m/s và gia tốc $2,5 \text{ m/s}^2$ so với ống. Biết $L = 0,5 \text{ m}$.

a) Hãy xác định vận tốc tuyệt đối của chất điểm P.

b) Hãy xác định gia tốc tuyệt đối của chất điểm P.

Hướng dẫn & kết quả

Bài 2: $\mathbf{a} = 80,2 \text{ m/s}^2$; vị trí $(42,7, 16,0, 14,0)$

Bài 3: $v_A = -3 \text{ m/s}$

Bài 4: $\varepsilon = 5 \text{ rad/s}^2$; $a^n = 11,25 \text{ m/s}^2$; $a^t = 10 \text{ m/s}^2$

Bài 5: a) $\vec{\omega} = 0,3\vec{k} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$; $\vec{\alpha} = -0,1\vec{k} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)$; $|\vec{v}_B| = 15 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$; b) $\vec{a}_B = -(1,4\mathbf{i} + 6,6\mathbf{j}) \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$

Bài 6:

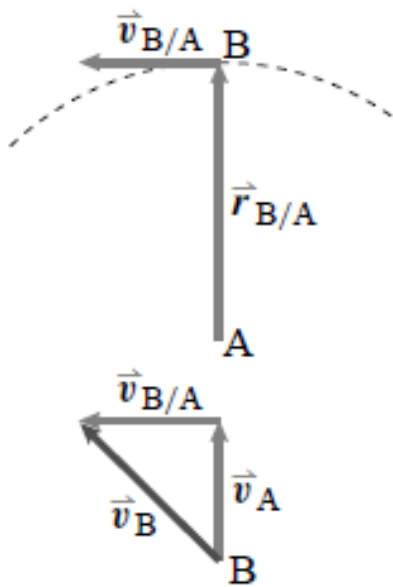
a) Tại điểm tiếp xúc, điểm P trên đĩa đang trùng với điểm Q trên băng tải.

Điều kiện lăn không trượt: $\vec{v}_P = \vec{v}_Q$

b) hình a: $\mathbf{v}_C = 2\mathbf{i} \text{ (m/s)}$; hình b: $\mathbf{v}_C = 3\mathbf{i} \text{ (m/s)}$; và hình c: $\mathbf{v}_C = 1\mathbf{i} \text{ (m/s)}$.

c) $\mathbf{a}_P = 20\mathbf{j} \text{ (m/s}^2\text{)}$

Bài 7:



Vận tốc:

$$v_A = 2 \text{ m/s}; v_B = 2\sqrt{2} \text{ m/s}; v_{B/A} = 2 \text{ m/s}$$

Gia tốc:

$$\vec{a}_A = -\omega^2 \cdot \vec{r}_A + \vec{\alpha} \times \vec{r}_A$$

$$a_A = \sqrt{(\omega^2 \times OA)^2 + (\alpha \cdot OA)^2} = \sqrt{65}$$

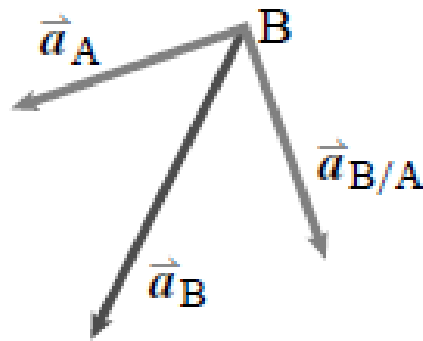
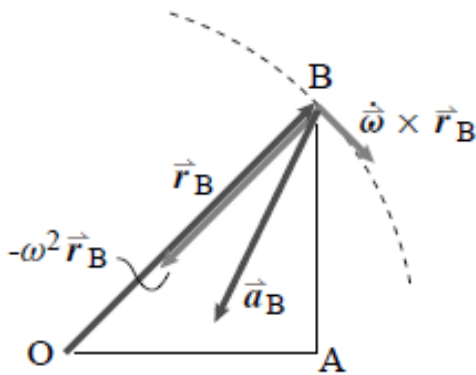
Tương tự:

$$a_B = \sqrt{(\omega^2 \times OB)^2 + (\alpha \cdot OB)^2} = \sqrt{130}$$

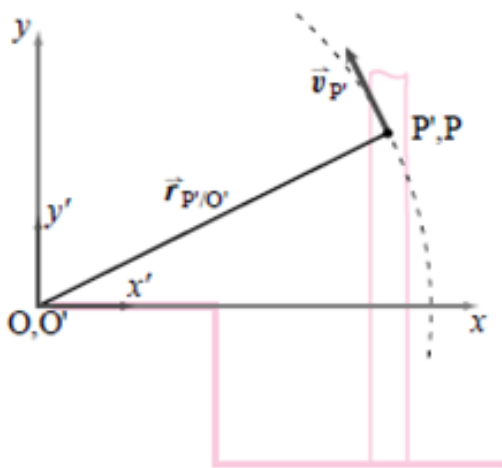
Có phương chiều được xác định bởi tg

$$\vec{a}_{B/A} = \vec{a}_B - \vec{a}_A$$

$$a_{B/A} = \sqrt{65}$$



Bài 8:



- Hệ cố định Oxy, gắn với vật làm mốc cố định A.
- Hệ động O'x'y' (trong đó O' trùng O), gắn với tay quay OAB.
- Chuyển động quay của OAB trong hệ cố định là chuyển động theo.
- Chuyển động của điểm P (viên bi) đang rơi trong ống chữ T là chuyển động tương đối.
- Chuyển động của động điểm P so với hệ Oxy là chuyển động tuyệt đối.

a) Vận tốc tuyệt đối của điểm P:

$$\vec{v}_P = \vec{v}_{P^*} + \vec{v}_r; \text{ trong đó: } \vec{v}_{P^*} = \vec{\omega} \times \vec{r}_{OP}; \vec{v}_r \text{ đã biết.}$$

ĐS: $v_P = 2,5 \text{ m/s}$, nằm ngang hướng từ phải qua trái.

b) ĐS: $a_P = \{23,75i - 12,5j\}$

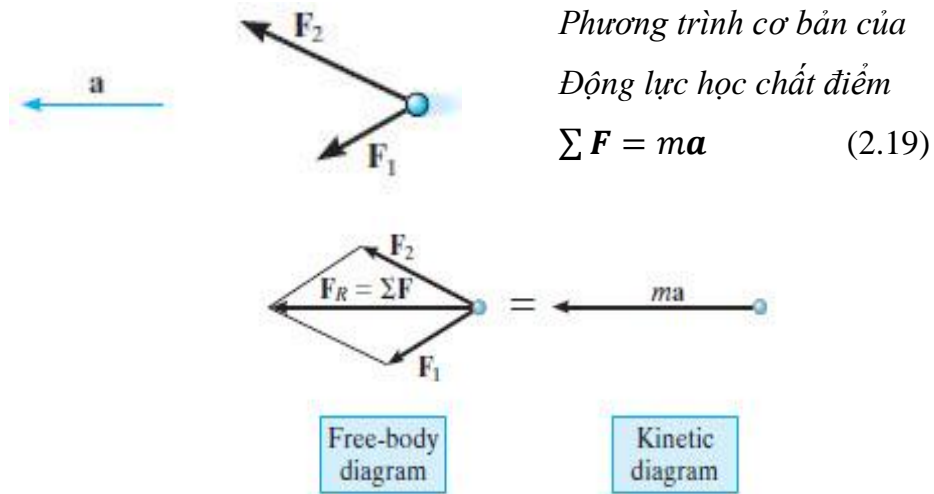
2.3. Động lực học chất điểm (Kinetics for a Particle)

Định luật 2 Newton – Phương trình cơ bản của động lực học chất điểm

Nếu khối lượng của một chất điểm là m , định luật 2 Newton có thể được thể hiện bởi phương trình sau:

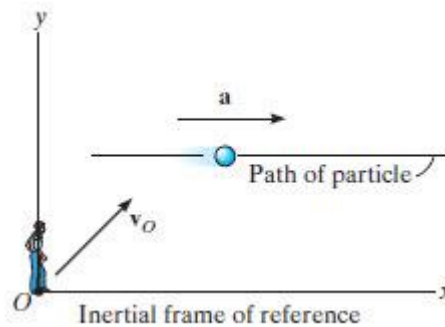
$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

Khi có nhiều lực tác dụng lên 1 chất điểm, hợp lực (\mathbf{F}_R) là tổng vector của các lực; $\mathbf{F}_R = \Sigma \mathbf{F}$; phương trình được viết như sau:

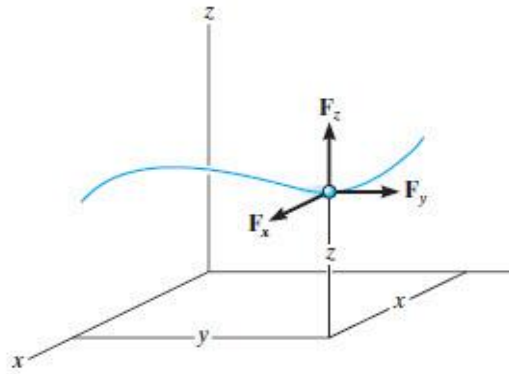


Inertial Reference Frame (Hệ qui chiếu quán tính)

Hệ qui chiếu cố định hay chuyển động tịnh tiến thẳng không gia tốc.



Phương trình chuyển động viết trong hệ trục Descartes

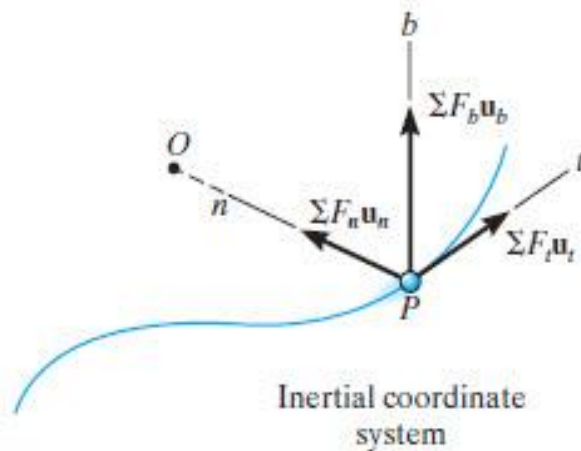


Khi 1 chất điểm chuyển động tương đối so với 1 hệ qui chiếu quán tính Oxyz, lực tác dụng lên chất điểm cũng như gia tốc của nó có thể được mô tả theo các thành phần trên các trục:

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}; \Sigma F_x \mathbf{i} + \Sigma F_y \mathbf{j} + \Sigma F_z \mathbf{k} = m(a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k})$$

Hay: $\Sigma F_x = ma_x$; $\Sigma F_y = ma_y$; và $\Sigma F_z = ma_z$ (2.20)

Phương trình chuyển động viết trong hệ trục tự nhiên



Khi chất điểm chuyển động theo 1 quỹ đạo cong đã biết, phương trình chuyển động của chất điểm có thể được viết theo các phương tiếp tuyến, pháp tuyến và trục pháp tuyến.

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}; \Sigma F_t \mathbf{u}_t + \Sigma F_n \mathbf{u}_n + \Sigma F_b \mathbf{u}_b = m\mathbf{a}_t + m\mathbf{a}_n$$

Hay: $\Sigma \mathbf{F}_t = m\mathbf{a}_t$; $\Sigma \mathbf{F}_n = m\mathbf{a}_n$; và $\Sigma \mathbf{F}_b = 0$ (2.21)

Hai bài toán cơ bản của Động lực học

- Bài toán thuận: Biết chuyển động của chất điểm, tìm lực tác dụng lên chất điểm đã gây ra cho chuyển động đó.

Cách giải: Tìm gia tốc của chất điểm sau đó dùng phương trình cơ bản của ĐLH ($m\vec{a} = \Sigma_1^n \vec{F}_k$) để xác định lực cần tìm.

- Bài toán nghịch: cho biết các lực tác dụng lên vật thể và những điều kiện đầu của chuyển động; xác định chuyển động của chất điểm (phương trình chuyển động, vận tốc, gia tốc) dưới tác dụng của các lực ấy.

Cách giải:

Bước 1: Chọn vật khảo sát (dựa vào yêu cầu của bài toán).

Bước 2: Lập phương trình (**vi phân**) chuyển động bao gồm:

+ Chọn hệ tọa độ: gốc tọa độ thường chọn tại vị trí ban đầu của điểm, riêng bài toán dao động chọn tại vị trí cân bằng tĩnh \Rightarrow điều kiện đầu.

+ Mô tả động điểm tại vị trí bất kỳ với chiều trục phù hợp (sao cho $x > 0$, $v_x > 0$, ...).

+ Giải quyết bài toán FBD.

+ Viết **phương trình vi phân chuyển động**.

Bước 3: Giải phương trình (vi phân) theo yêu cầu bài toán với các điều kiện đầu.

2.4. Động lực học Cơ hệ và Vật rắn (Kinetics of System of Particles & Rigid – body)

Đặc trưng hình học khối của cơ hệ và vật rắn

Khi khảo sát động lực học của cơ hệ người ta không chỉ quan tâm đến khối lượng của chúng mà còn quan tâm đến sự phân bố khối lượng ấy trong không gian. Các đặc trưng liên quan đến sự phân bố khối lượng của cơ hệ hay vật rắn là khối tâm (Center of Mass) và mô men quán tính khối lượng (Mass Moment of Inertia), gọi tắt là momen quán tính.

Khối tâm cơ hệ - vật rắn

Đối với mọi cơ hệ, tại mỗi thời điểm khảo sát luôn có duy nhất 1 vị trí trong không gian được xem như là vị trí trung bình của khối lượng của cơ hệ, đặc trưng cho sự phân bố khối lượng của cơ hệ, vị trí đó được gọi là khối tâm của cơ hệ, thường được kí hiệu bởi C, CW, G, hay \otimes . Xác định khối tâm của vật rắn, cụm thiết bị, một máy là vấn đề thường gặp của 1 kỹ sư.

Khối tâm của tàu thuyền phải đủ thấp để tàu thuyền ổn định; lực đẩy trên 1 thiết bị không gian phải hướng về khối tâm của khối lượng để không làm cho thiết bị bị quay; Truy tìm quỹ đạo của khối tâm của máy bay gặp nạn có thể xác định có hay không nó đã va chạm với 1 đối tượng khác; bất kỳ 1 chi tiết quay trong 1 máy phải có khối tâm nằm trên trục quay, nếu không nó sẽ dẫn đến những rung động lớn.

Mặt khác, nhiều tính toán trong cơ học sẽ đơn giản đi rất nhiều thông qua việc sử dụng khối tâm. Đặc biệt sự phân bố trọng lực phức tạp của toàn bộ chất điểm trên 1 vật rắn có thể xem tương đương với 1 lực (đơn) đặt tại khối tâm (gọi là trọng tâm của vật rắn) và nhiều đại lượng quan trọng trong động lực học cơ hệ cũng được thể hiện đơn giản hơn nhiều nhờ sử dụng khối tâm...

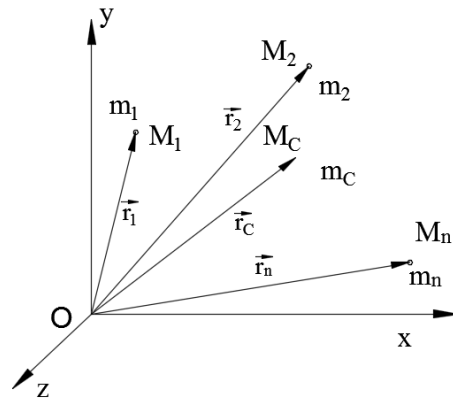
Khối tâm của cơ hệ:

Xét cơ hệ có n chất điểm M_1, M_2, \dots, M_n có khối lượng và vị trí tương ứng là m_1, m_2, \dots, m_n và $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_n$.

Khối tâm của cơ hệ, điểm C, được xác định bởi

$$\mathbf{r}_C = \frac{\sum m_i \mathbf{r}_i}{m} \quad (2.22)$$

Trong đó: $m = \sum m_i = m_1 + m_2 + \dots + m_n$



Khối tâm của vật rắn:

$$\mathbf{r}_C = \frac{\int \mathbf{r} dm}{m} \quad (2.23)$$

Trong đó: \mathbf{r} là vector vị trí của phân tử khối lượng dm , và m là khối lượng của vật rắn.

Mô men quán tính đối với 1 trục

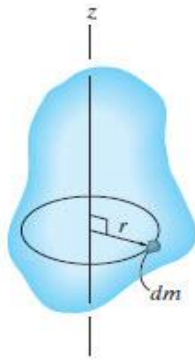
Mô men quán tính đối với 1 trục là số đo mức độ mà 1 khối lượng cách xa so với 1 trục tham chiếu, đại lượng này được xem như là số đo quán tính trong chuyển động quay quanh trục đó.

Mô mem quán tính của cơ hệ đối với 1 trục

Là tổng các tích khối lượng (m_i) của mỗi chất điểm với bình phương khoảng cách từ điểm ấy đến trục z, ($d_{i/z}$).

$$I_z = \sum_1^n m_i d_{i/z}^2 \quad (\text{kgm}^2) \quad (2.24)$$

Mô mem quán tính của vật rắn đối với 1 trục



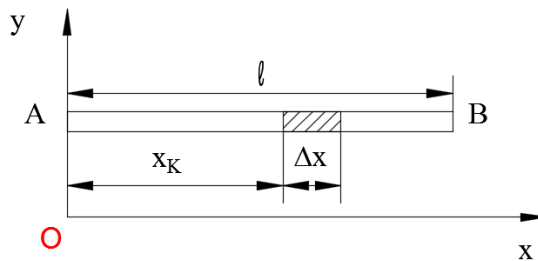
$$I_Z = \int_m r^2 dm \quad (2.25)$$

Trong đó, r (cánh tay đòn) là khoảng cách từ phân tử khối lượng dm đến trục z .

Mô men quán tính của một số vật rắn có hình dạng thường gặp

- Thanh mỏng, đồng chất, có chiều dài ℓ , khối lượng M .

$$I_y = I_{Oy} = \frac{1}{3} M \ell^2$$

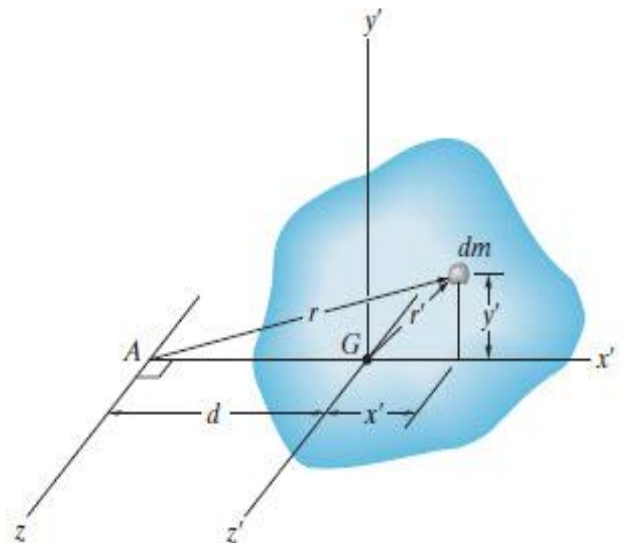


Tấm hình chữ nhật, mảnh, đặc, đồng chất có khối lượng M , kích thước a và b .

Khi nghiên cứu ĐLH phẳng, trục được chọn cho việc tính toán thường là trục đi qua khối tâm (C , G) và vuông góc với mặt phẳng chuyển động. Momen quán tính đối với trục đi qua khối tâm dễ dàng trong việc tính toán, và thường cho trong các Sổ tay kỹ thuật. Quan hệ giữa momen quán tính của trục đi qua khối tâm và momen quán tính của các trục song song với nó được thể hiện qua nội dung của **định lý trục song song** (Parallel – Axis Theorem) sau đây:

Mô men quán tính của vật rắn đối với trục (Az) đã cho bằng tổng mô men quán tính của nó đối với trục song song với trục đó qua khối tâm (G) của vật và tích của khối lượng vật với bình phương khoảng cách giữa các trục.

$$I_{Az} = I_{Gz'} + Md^2 \quad (2.26)$$



Trong đó, $I_{Gz'}$ là moment quán tính đối với trục z' đi qua khối tâm, M là khối lượng của vật rắn, và d là khoảng cách giữa 2 trục song song (Az và Gz').

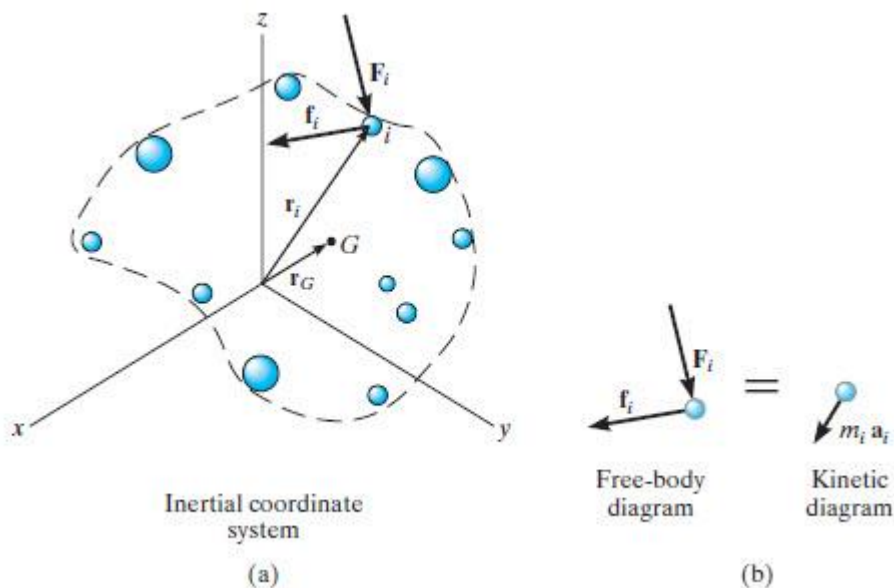
Trong kỹ thuật, moment quán tính của vật rắn còn được xác định qua **bán kính quán tính** ρ (Radius of Gyration), dưới dạng: $I_{\Delta} = M\rho_{\Delta}^2$ (2.27)

Trong đó, ρ_{Δ} gọi là bán kính quán tính của vật đối với trục Δ .

Các định luật Newton

Phương trình chuyển động của cơ hệ

Tại thời điểm khảo sát, xét 1 chất điểm thứ i bất kỳ trong cơ hệ, có khối lượng m_i , chịu tác dụng của hệ lực gồm cả hai nội lực và ngoại lực. Nội lực, ký hiệu \mathbf{f}_i , là hợp lực của tất cả các lực mà các chất điểm khác tác dụng lên chất điểm thứ i và \mathbf{F}_i là hợp lực của các ngoại lực, hình a.



FBD và sơ đồ động lực học của chất điểm thứ i được thể hiện trong hình b. Phương trình chuyển động của chất điểm là: $\mathbf{F}_i + \mathbf{f}_i = m_i \mathbf{a}_i$

Khi cơ hệ có n chất điểm thì ta lập được 1 hệ gồm n phương trình chuyển động, mô tả đặc điểm chuyển động của cơ hệ.

Nếu cộng vector tất cả các phương trình này ta có: $\Sigma \mathbf{F}_i + \Sigma \mathbf{f}_i = \Sigma m_i \mathbf{a}_i$

Theo định luật 3 Newton, $\Sigma \mathbf{f}_i = 0$, **phương trình chuyển động viết cho cơ hệ** trở thành:

$$\Sigma \mathbf{F}_i = \Sigma m_i \mathbf{a}_i$$

Chú ý: trong phương trình trên, $\Sigma \mathbf{F}_i$ là tổng của các ngoại lực tác dụng lên cơ hệ.

Gọi \mathbf{r}_G là vector vị trí của khối tâm G , ta có: $m\mathbf{r}_G = \Sigma m_i \mathbf{r}_i$.

Đạo hàm phương trình này 2 lần theo thời gian ta có: $m\mathbf{a}_G = \Sigma m_i\mathbf{a}_i$

Từ đó ta có: $\Sigma \mathbf{F}_i = m\mathbf{a}_G$ (2.28)

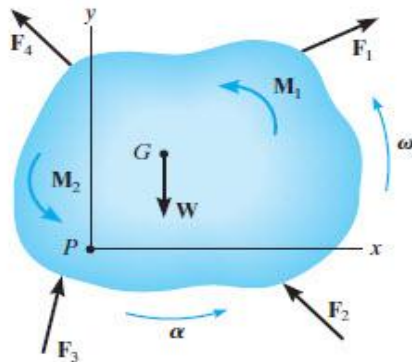
Trong đó, m là khối lượng của cơ hệ và \mathbf{a}_G là gia tốc của khối tâm.

Phương trình (2.28) thể hiện nội dung **định luật chuyển động khối tâm** của cơ hệ: *Khối tâm của cơ hệ chuyển động như 1 chất điểm có khối lượng bằng khối lượng của cơ hệ và chịu tác dụng của lực được biểu diễn bằng vec tơ chính của hệ ngoại lực đã đặt vào cơ hệ.*

Áp dụng giải toán: khi tổng hình chiếu các ngoại lực (tác dụng lên cơ hệ) theo một phương nào đó (phương x) luôn bằng không thì $(a_G)_x = 0$; $(v_G)_x = \text{const}$; giả sử tại thời điểm đầu $(v_G)_{x0} = 0$ thì $x_G = \text{const}$; vị trí khối tâm theo phương x không thay đổi

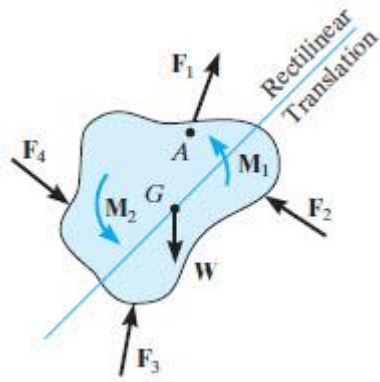
Phương trình chuyển động của vật rắn

Phần này chỉ giới hạn trình bày tóm tắt, mang tính ứng dụng để giải quyết bài toán động lực học phẳng của vật rắn chịu tải phẳng phẳng tương ứng. Vật rắn chịu tác dụng của các lực và moment ngẫu lực, chuyển động phẳng được mô tả trong hình sau:



Dùng các định luật Newton cùng với các đại lượng đặc trưng hình học khối của vật rắn; kết quả của việc phân tích và tính toán cho ta các phương trình chuyển động tương ứng với các trường hợp chuyển động phẳng của vật rắn, viết dưới dạng các phương trình đại số như sau:

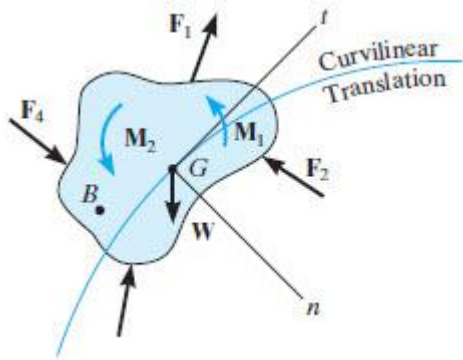
Vật rắn chuyển động tịnh tiến:



Tình tiến thẳng

Phương trình chuyển động:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= m(a_G)_x \\ \Sigma F_y &= m(a_G)_y \\ \Sigma M_{Gz} &= 0 \end{aligned} \quad (2.29)$$

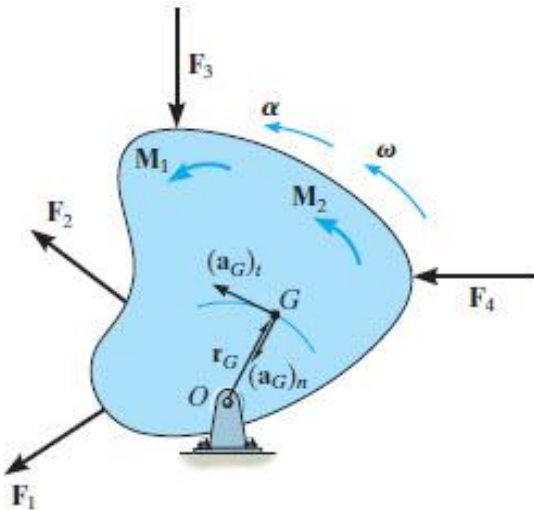


Tình tiến cong

Phương trình chuyển động:

$$\begin{aligned} \Sigma F_n &= m(a_G)_n \\ \Sigma F_t &= m(a_G)_t \\ \Sigma M_{Gz} &= 0 \end{aligned} \quad (2.30)$$

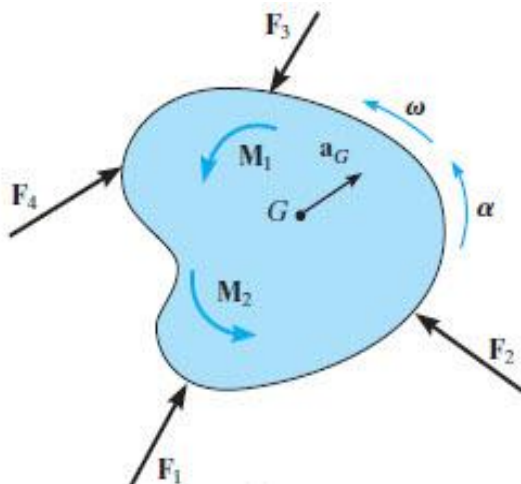
Vật rắn chuyển động quay quanh 1 trục cố định:



Phương trình chuyển động:

$$\begin{aligned} \Sigma F_n &= m(a_G)_n = m\omega^2 r_G \\ \Sigma F_t &= m(a_G)_t = m\alpha r_G \\ \Sigma M_{Gz} &= I_{Gz}\alpha \\ \text{Hay, } \Sigma M_{Oz} &= I_{Oz}\alpha \end{aligned} \quad (2.31)$$

Vật rắn chuyển động song phẳng:



Phương trình chuyển động:

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= m(a_G)_x \\ \Sigma F_y &= m(a_G)_y \\ \Sigma M_{Gz} &= I_{Gz}\alpha\end{aligned}\quad (2.32)$$

Trong đó:

+ ΣF_x và ΣF_y là tổng hình chiếu của các lực theo trục x và trục y; ΣF_n và ΣF_t là tổng hình chiếu của các lực theo trục pháp tuyến và trục tiếp tuyến tương ứng.

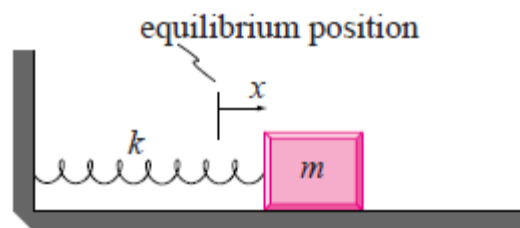
+ Gz là trục đi qua khối tâm G và vuông góc với mặt phẳng chuyển động; Oz là trục đi qua O và song song với Gz .

+ I_{Gz} và I_{Oz} là moment quán tính của vật rắn đối với trục Gz và Oz tương ứng; m là khối lượng của vật rắn

+ a_G là gia tốc của khối tâm G ; ω và α là vận tốc góc và gia tốc góc của vật rắn.

Bài tập Chương 2: Động lực học

Bài 1: Hệ gồm lò xo và vật nặng khối lượng m như hình vẽ.



Bỏ qua ma sát, hãy viết phương trình chuyển động của vật nặng.

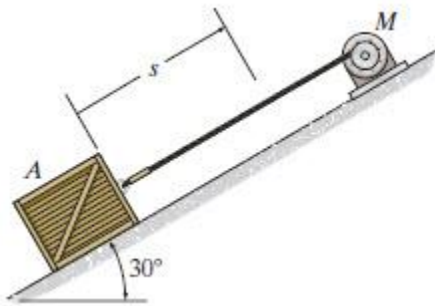
Biết phương trình chuyển động (dao động điều hòa) của hệ là: $x(t) = R\cos(\lambda t - \Phi)$

Tại thời điểm đầu vị trí của khối lượng m là $x_0 = 25\text{mm}$ và vận tốc đầu là $v_0 = 160\text{mm/s}$. Biết tần số tự nhiên của dao động là $f = 2$ (chu kỳ/giây).

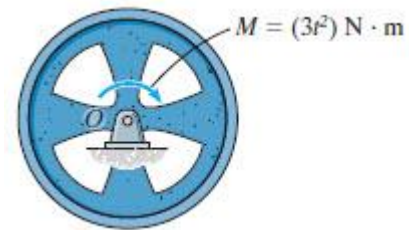
a) Hãy tìm chu kỳ dao động T và tần số góc λ .

- b) Hãy tìm biên độ dao động R và góc pha Φ .
- c) Hãy xác định chuyển vị, vận tốc & gia tốc của khối lượng tại thời điểm $t = 1,5s$.
- d) Tìm vận tốc & gia tốc lớn nhất của hệ.
- e) Hãy vẽ đồ thị mô tả phương trình chuyển động $x(t)$. Trên đồ thị này hãy chỉ ra những đại lượng R , $R\cos \Phi$, và T .

Bài 2: Một motor cuốn dây cáp để kéo 1 vật nặng 20kg, di chuyển khoảng cách 6m trong 3 giây (bắt đầu từ trạng thái nghỉ) với 1 gia tốc là hằng số, hình vẽ. Biết hệ số ma sát giữa vật & mp nghiêng là $\mu = 0,3$. Hãy xác định lực căng của dây cáp.



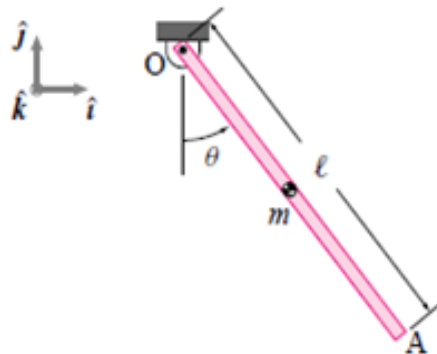
Hình bài 2



Hình bài 3

Bài 3: Bánh đà 60kg có bán kính quán tính là $k_0 = 300mm$. Nếu bánh chịu 1 moment (ngẫu lực) $M = 3t^2$ (Nm), trong đó t tính bằng giây. Hãy xác định vận tốc góc của bánh đà khi $t = 4s$ (bắt đầu từ trạng thái nghỉ).

Bài 4: Một thanh đồng chất, khối lượng m , chiều dài ℓ : quay quanh khớp bản lề tại O . Tại thời điểm khảo sát vị trí của thanh được xác định bởi góc θ so với phương đứng như hình vẽ.



- a) Hãy viết phương trình vi phân chuyển động của thanh

b) Hãy xác định phản lực \vec{R} tại khớp quay quanh O theo các thông số θ , $\dot{\theta}$, và $\ddot{\theta}$ theo các hằng số g , m , l .

c) Giả sử dao động của thanh là nhỏ ($\sin\theta \approx \theta$), hãy viết phương trình vi phân chuyển động của thanh theo $\ddot{\theta}$, $\dot{\theta}$; từ đó xác định tần số góc và chu kỳ chuyển động của thanh.

d) Viết phương trình chuyển động của thanh. Giả sử tại thời điểm đầu, vị trí của thanh là $\theta = \frac{\pi}{2}$ và $\omega = \dot{\theta} = 0$.

Hướng dẫn & Kết quả

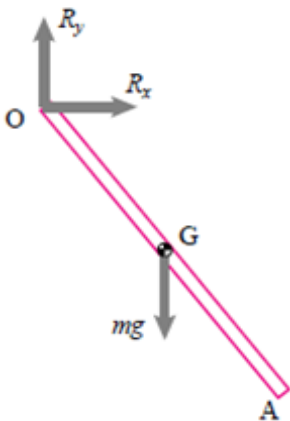
Bài 1:

- a) $T = 0,5 \text{ s}$; $\lambda = 4\pi \text{ rad/s}$
- b) $R = 28,06 \text{ mm}$; $\Phi = 0,471 \text{ rad}$
- c) $x = 25 \text{ mm}$; $v_x = 160 \text{ mm/s}$; $a_x = -3,93 \text{ m/s}^2$
- d) $v_{\max} = 0,35 \text{ m/s}$; $a_{\max} = 4,43 \text{ m/s}^2$
- e) Vẽ đồ thị chính xác như có thể & ghi chú rõ ràng.

Bài 2: $T = 176 \text{ N}$

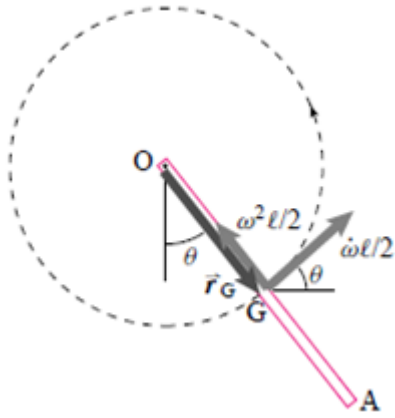
Bài 3: $\omega = 11,85 \text{ rad/s}$

Bài 4:



$$I_{Oz} = \frac{ml^2}{3}$$

$$\Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{3g}{2l} \sin\theta = 0 \quad (1)$$



b) $\Sigma \vec{F}_K^\ell = m\vec{a}_G$; trong đó $\Sigma \vec{F}_K^\ell = \vec{R}_x + \vec{R}_y + m\vec{g}$ (hình a)

$$\vec{a}_G = \vec{a}_G^n + \vec{a}_G^t \text{ (hình b)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_x = m \frac{\ell}{2} (\ddot{\theta} \cos \theta - \dot{\theta}^2 \sin \theta) \\ R_y = mg + m \frac{\ell}{2} (\ddot{\theta} \sin \theta - \dot{\theta}^2 \cos \theta) \end{cases}$$

c) Khi $\sin \theta \approx \theta \Rightarrow$ phương trình vi phân chuyển động

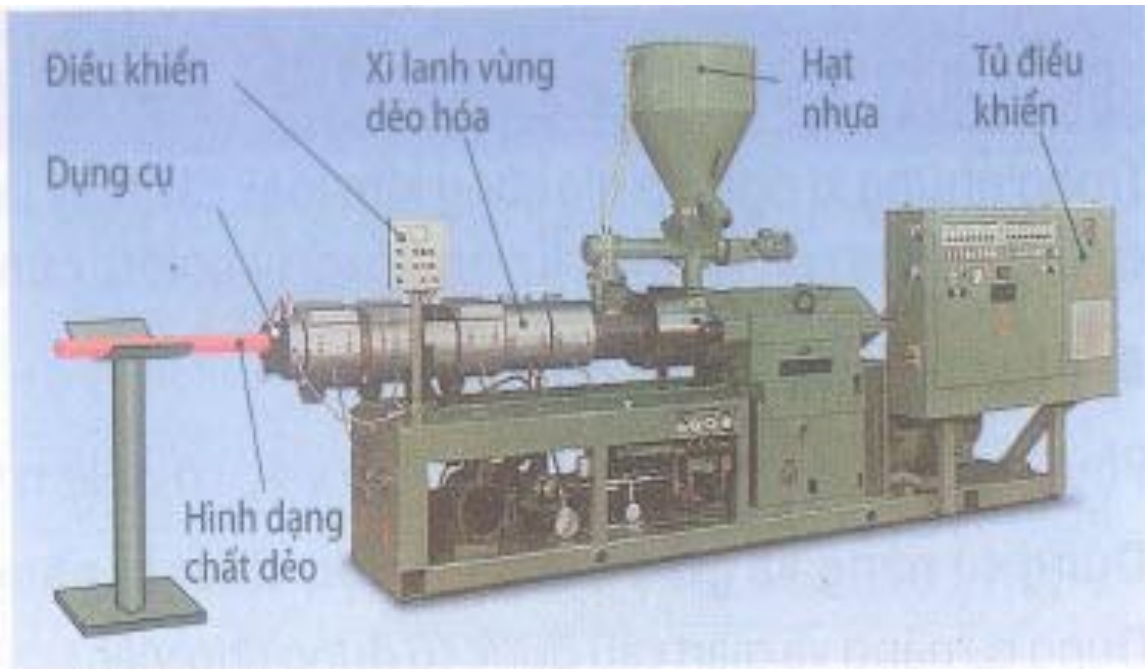
$$\ddot{\theta} + \frac{3g}{2\ell} \theta = 0 \quad (2)$$

$$\text{Tần số góc } \lambda = \omega = \sqrt{\frac{3g}{2\ell}}; \text{ chu kỳ } T = 2\pi \sqrt{\frac{2\ell}{3g}}$$

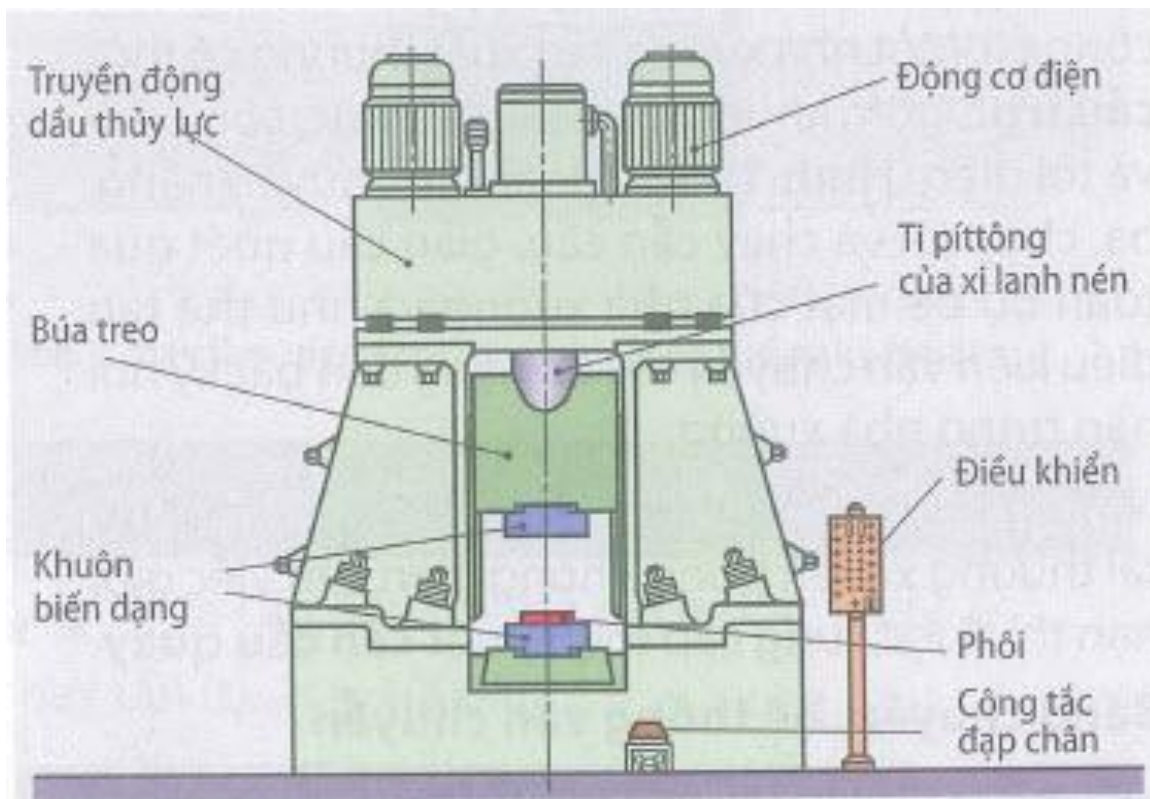
CHƯƠNG 3: CÁC CƠ CẤU

3.1. Khái niệm cơ cấu & Máy

Máy (công tác) = Nguồn dẫn động → các Cơ cấu → bộ phận công tác



Máy đùn ép nhựa (dẻo)

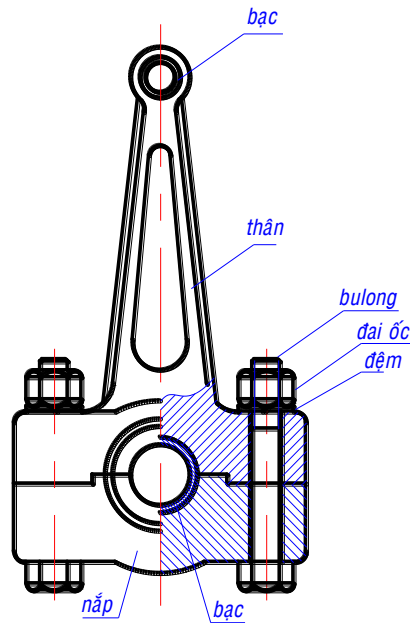


Máy rèn dập

Khái niệm cơ bản

Khâu và khớp động

Khâu: Một hay một số tiết máy liên kết cứng với nhau tạo thành một bộ phận có chuyển động tương đối so với bộ phận khác trong cơ cấu hay máy được gọi là khâu.



Ví dụ thanh truyền bao gồm nhiều tiết máy nối cứng với nhau, tất cả các tiết máy không có chuyển động tương đối với nhau khi thanh truyền chuyển động. Thanh truyền được coi là 1 khâu.

Khâu có thể là vật rắn biến dạng, không biến dạng hoặc có dạng dây dẻo (ví dụ, dây đai, xích). Khâu có thể là một chi tiết máy (bánh răng, bánh đai...) hoặc một số chi tiết máy ghép cứng lại với nhau (tay biên, cụm piston...).

Khớp động – chuỗi động

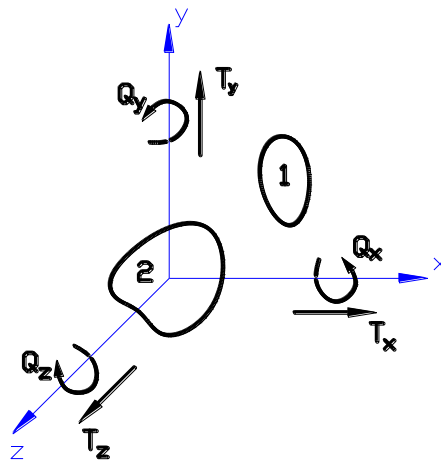
Khớp động: Mối nối động giữa hai khâu liên nhau để hạn chế một phần chuyển động tương đối giữa chúng được gọi là khớp động (gọi tắt là khớp). Toàn bộ chỗ tiếp xúc giữa hai khâu trong khớp động được gọi là thành phần khớp động.

Thông số xác định vị trí tương đối giữa các thành phần khớp động trên cùng một khâu gọi là kích thước động, nó ảnh hưởng đến các thông số động học, động lực học cơ cấu.

Khớp động được phân loại theo nhiều cách :

a. Phân loại theo số bậc tự do bị hạn chế (hay số ràng buộc)

Nếu để rời 2 khâu trong không gian, sẽ có 6 khả năng chuyển động tương đối độc lập với nhau bao gồm: 3 khả năng chuyển động tịnh tiến theo 3 trục; ký hiệu T_x, T_y, T_z và 3 chuyển động quay quanh 3 trục; ký hiệu Q_x, Q_y, Q_z . Mỗi khả năng chuyển động như vậy được gọi là một bậc tự do. Nói cách khác, hai khâu để rời trong không gian có 6 bậc tự do tương đối với nhau.



Nếu cho hai khâu tiếp xúc với nhau, tạo thành khớp động thì giữa chúng xuất hiện những ràng buộc về mặt hình học hạn chế bớt bậc tự do tương đối của nhau. Như vậy khớp làm giảm đi số bậc tự do của khâu. Số bậc tự do bị khớp hạn chế bớt được gọi là số ràng buộc. Khớp có k ràng buộc được gọi là khớp loại k ($0 < k < 6$; bảng 1). Ví dụ: khớp ràng buộc 1 bậc tự do giữa 2 khâu, số bậc tự do còn lại là 5, khớp được gọi là khớp loại 1.

Chú ý: Trong mặt phẳng chỉ có khớp loại 4 và khớp loại 5.

b. Phân loại theo tính chất tiếp xúc

- Khớp loại cao: khi các phần tử khớp động là đường hay điểm. Ví dụ khớp bánh ma sát, bánh răng, cơ cấu cam...

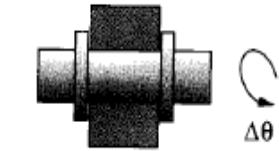
- Khớp loại thấp: khi các phần tử khớp động là các mặt. Ví dụ khớp quay (bản lề), khớp tịnh tiến, khớp cầu...

c. Phân loại theo tính chất của chuyển động tương đối giữa các khâu: khớp tịnh tiến,

khớp quay, khớp phẳng và khớp không gian. Khớp phẳng dùng để nối động các khâu trong cùng

một mặt phẳng hay trên những mặt phẳng song song nhau, khớp không gian nội động các khâu nằm trên những mặt phẳng không song song nhau.

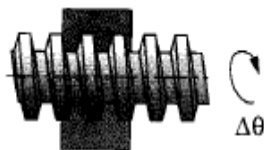
Bảng 1. Các loại khớp động



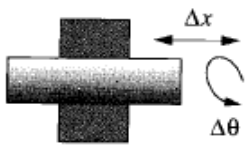
Revolute (R) joint—1 *DOF*



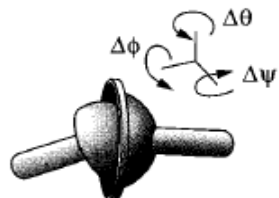
Prismatic (P) joint—1 *DOF*



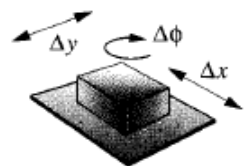
Helical (H) joint—1 *DOF*



Cylindric (C) joint—2 *DOF*



Spherical (S) joint—3 *DOF*

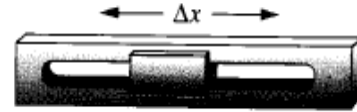


Planar (F) joint—3 *DOF*

(a) The six lower pairs

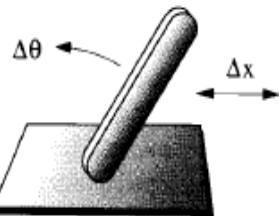


Rotating full pin (R) joint (form closed)

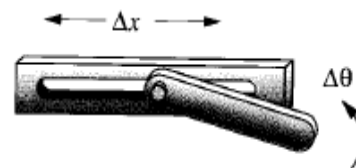


Translating full slider (P) joint (form closed)

(b) Full joints - 1 *DOF* (lower pairs)

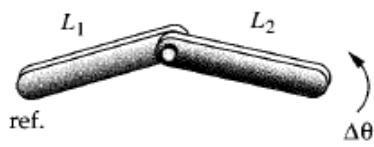


Link against plane (force closed)

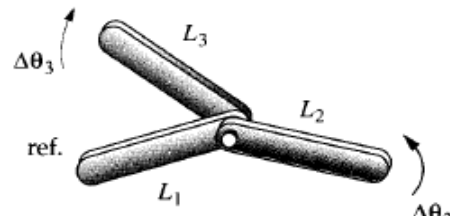


Pin in slot (form closed)

(c) Roll-slide (half or RP) joints - 2 *DOF* (higher pairs)

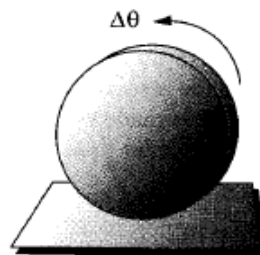


First order pin joint - one *DOF*
(two links joined)



Second order pin joint - two *DOF*
(three links joined)

(d) The order of a joint is one less than the number of links joined

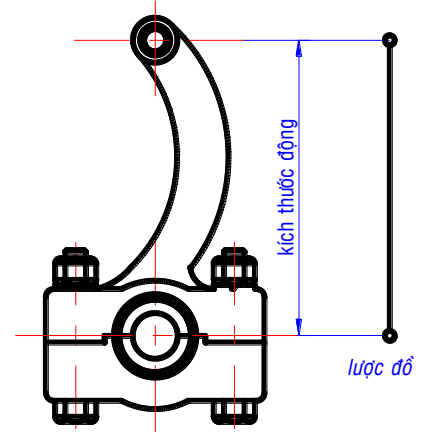


May roll, slide, or roll-slide, depending on friction

(e) Planar pure-roll (R), pure-slide (P), or roll-slide (RP) joint - 1 or 2 *DOF* (higher pair)

Lược đồ động

Để thuận tiện trong quá trình giải quyết bài toán nguyên lý máy, các khâu được biểu diễn bằng các sơ đồ đơn giản gọi là lược đồ của khâu. Lược đồ khâu phải thể hiện đầy đủ thành phần khớp động và các kích thước ảnh hưởng đến tính chất động học của cơ cấu. Kích thước này được gọi là kích thước động. Thông thường, kích thước động là kích thước giữa tâm các thành phần khớp động trên khâu. Ví dụ:



Cũng như khâu, để thuận tiện trong quá trình nghiên cứu cơ cấu và máy, các khớp động được biểu diễn bằng các hình vẽ qui ước gọi là lược đồ động của khớp (gọi tắt là lược đồ).

Cơ cấu và Máy

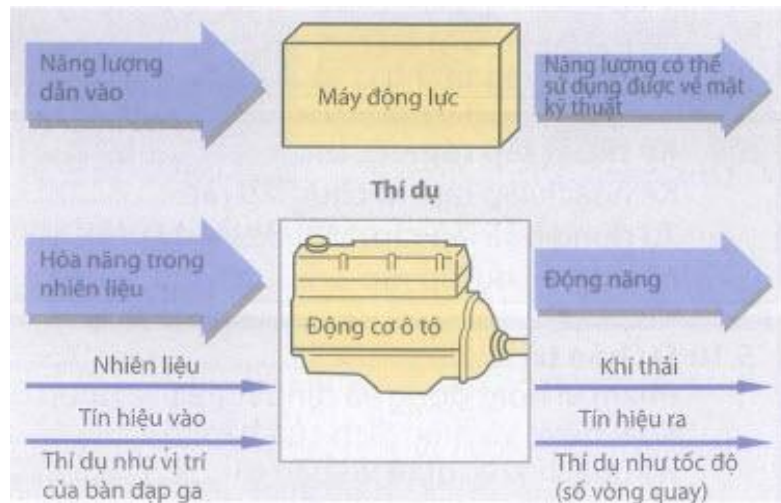
Cơ cấu: Cơ cấu là tập hợp các khâu và khớp cùng thực hiện một chuyển động nhất định trong máy. Các loại cơ cấu chủ yếu dùng trong ngành cơ khí:

- + Cơ cấu nhiều thanh.
- + Cơ cấu cam.
- + Cơ cấu bánh răng (truyền động bánh răng).
- + Cơ cấu bánh ma sát.
- + Cơ cấu dĩa: truyền động đai, truyền động xích...
- + Và một số cơ cấu chuyên dùng khác như: Cơ cấu Malte, cơ cấu Các-đăng, cơ cấu bánh cóc,...

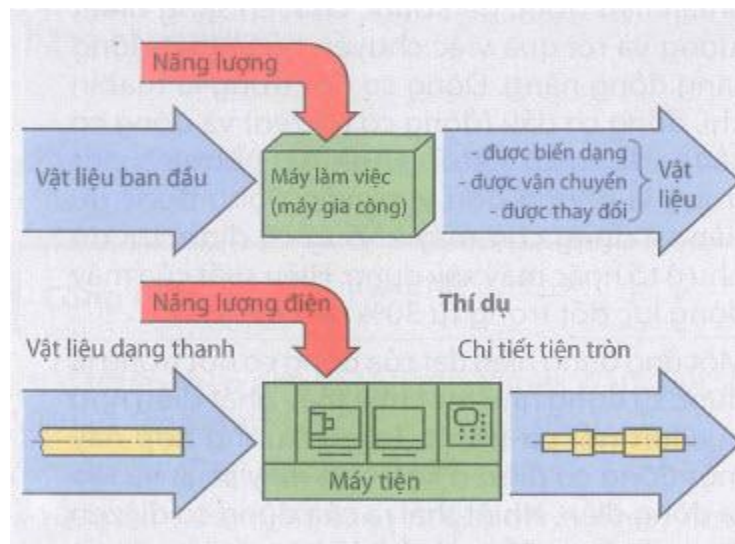
Máy: Máy là tập hợp những cơ cấu có nhiệm vụ biến đổi hoặc sử dụng năng lượng để tạo ra công có ích. Như vậy máy cũng bao gồm các vật thể chuyển động nhưng có nhiệm vụ cao hơn là biến đổi hoặc sử dụng năng lượng tạo ra công có ích.

Theo công dụng máy được chia làm 2 loại:

- Máy biến đổi năng lượng, gồm máy biến đổi từ cơ năng thành năng lượng khác như máy nén khí, máy phát điện..., máy biến đổi từ năng lượng khác thành cơ năng (thường gọi là động cơ) như động cơ điện, động cơ đốt trong, tuabin thủy lực...



- Máy công tác là những máy sử dụng cơ năng để làm thay đổi trạng thái, tính chất, hình dạng, kích thước, vị trí... của các vật thể, ví dụ, máy cắt gọt kim loại, máy nông nghiệp, máy vận chuyển...



Theo phương pháp điều khiển, máy được chia thành: máy điều khiển bằng tay, máy bán tự động và máy tự động. Trong máy tự động, tất cả các nguyên công đều được thực hiện theo chương trình định sẵn, nhờ sử dụng các thiết bị điện tử, điện – khí nén, điện – thủy lực,... ví dụ: máy cắt kim loại điều khiển theo chương trình số CNC (Computerized Numerical Control), các máy sản xuất được điều khiển theo chương trình lô-gic PLC (Programed Logic Control),...

3.2. Cơ cấu thanh

Cơ cấu 4 khâu bản lề

So với các loại cơ cấu khác, cơ cấu nhiều thanh có những đặc điểm sau: lâu mòn, tuổi thọ cao, khả năng truyền lực lớn; có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo và lắp ráp; dễ dàng thay đổi kích thước động; khó thiết kế cơ cấu theo 1 quy luật chuyển động cho trước. Các khớp động thường gặp trong cơ cấu thanh phẳng, hình vẽ.

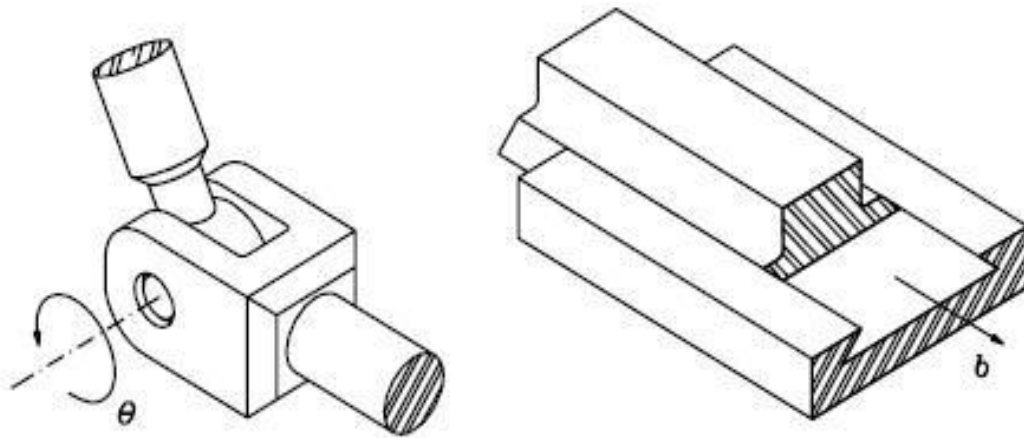
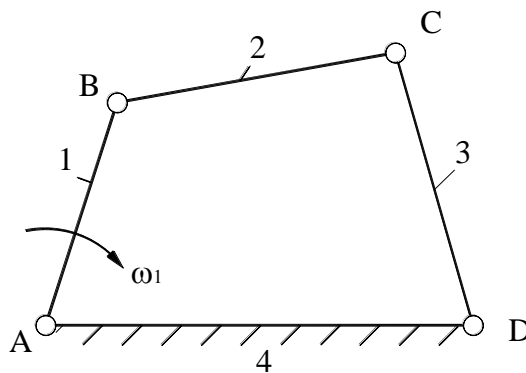


FIGURE 4.1. Revolute and prismatic pair.

- Trong cơ cấu thanh, cơ cấu 4 khâu bản lề là cơ cấu thường gặp và điển hình nhất. Cơ cấu 4 khâu bản lề là cơ cấu gồm có 4 khâu nối với nhau bằng các khớp quay (còn gọi là khớp bản lề), hình sau gọi là lược đồ động của cơ cấu 4 khâu bản lề.



Hình: lược đồ động của cơ cấu 4 khâu bản lề

Trong đó:

Khâu 1 gọi là khâu dẫn (có kèm ký hiệu mũi tên chỉ chiều quay). Khâu dẫn là khâu có quy luật chuyển động được biết trước, thông thường nó được nối với giá (khâu cố định AB) bằng 1 khớp quay. Các khâu còn lại gọi là khâu bị dẫn gồm:

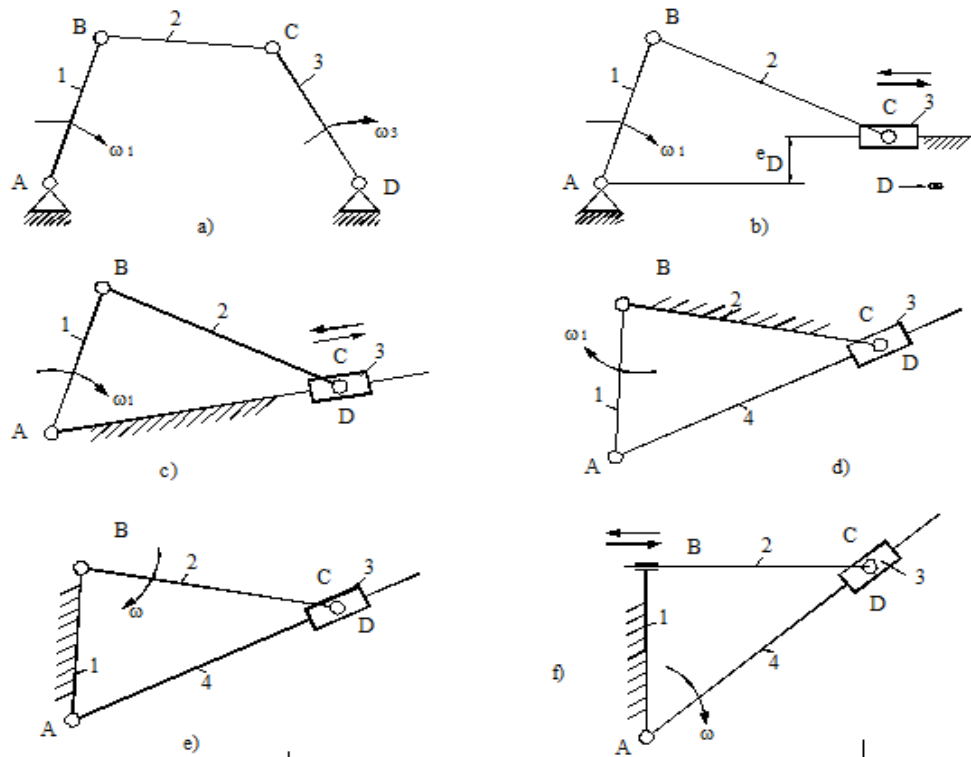
+ Khâu đối diện với khâu cố định gọi là thanh truyền có chuyển động song phẳng: khâu 2.

+ Khâu 3, nếu quay được toàn vòng gọi là tay quay, nếu không quay được toàn vòng gọi là cần lắc.

Các biến thể

Hình a là cơ cấu 4 khâu bản lề, cho chiều dài khâu 3 lớn vô cùng, điểm D lùi xa vô tận, chuyển động khâu 3 trở thành tịnh tiến theo phương trượt x-x. Nếu x-x không đi qua tâm A, ta có cơ cấu tay quay – con trượt lệch tâm (hình b), nếu xx đi qua tâm A, ta có cơ cấu tay quay – con trượt đúng tâm (hình c).

(***) Ta biết rằng, chuyển động tương đối giữa các khâu không thay đổi khi đổi giá (khâu cố định). Trên cơ cấu tay quay – con trượt chính tâm, nếu chọn khâu 2 làm giá, ta có cơ cấu xy-lanh quay (còn gọi là cơ cấu cu-lít lắc như ở hình d) và nếu lấy khâu 1 làm giá, ta có cơ cấu cu-lít như hình e.



Hình: các biến thể của cơ cấu 4 khâu bản lề

Sự hình thành của cơ cấu thanh phẳng chỉ chứa khớp thấp.

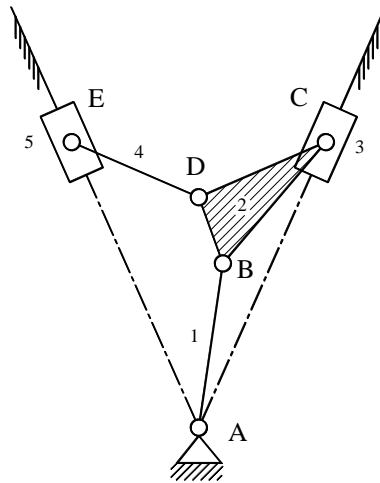
Trong cơ cấu thanh phẳng, khớp thấp là các khớp quay (khớp A, B, C trong hình a,b,c,d) và khớp tịnh tiến (khớp D trong hình a,b,c,d,e và khớp B và D trong hình f).

Theo quan niệm của Át-xua thì cơ cấu thanh phẳng được tạo thành bởi các nhóm Át-xua nối với nhau, nối với khâu dẫn và nối với giá.

Ví dụ: Cơ cấu 4 khâu bản lề, hình a, được hình thành bởi nhóm Át-xua (loại 2 gồm 2 khâu và 3 khớp) gồm khâu 2 và khâu 3 và 3 khớp quay B, C và D nối với giá tại khớp D và nối với khâu dẫn tại khớp B.

Cơ cấu tay quay con trượt, hình c, được hình thành bởi nhóm Át-xua (loại 2 gồm 2 khâu và 3 khớp) gồm khâu 2 và khâu 3 và 3 khớp, khớp quay B, C và khớp trượt D, nối với giá tại khớp trượt D và nối với khâu dẫn tại khớp B.

Xét cơ cấu động cơ khí nén 2 piston trong hình sau.



+ Chỉ xét riêng nhóm Át-xua gồm khâu 2 và 3 (có 3 khớp A, B và C), ta có cơ cấu động cơ khí nén 1 piston (trong đó khâu 1 là khâu dẫn). Nếu muốn có cơ cấu động cơ khí nén 2 piston ta chỉ cần nối thêm nhóm Át-xua (2 khâu 4,5 - 3 khớp D, E và F). Cơ cấu này gồm 2 nhóm Át-xua nối với nhau, nối với khâu dẫn và nối với giá.

+ Đây cũng là lược đồ của cơ cấu động cơ 2 xy lanh nếu piston-khâu 3 và piston-khâu 5 là các khâu dẫn. Lúc này cơ cấu được tạo thành bởi 1 nhóm Át-xua (loại 3, gồm 4 khâu 2, 3, 4, 5 và 6 khớp, khớp quay B, C, D và E, và 2 khớp tịnh tiến của khâu 3, 5 so với giá).

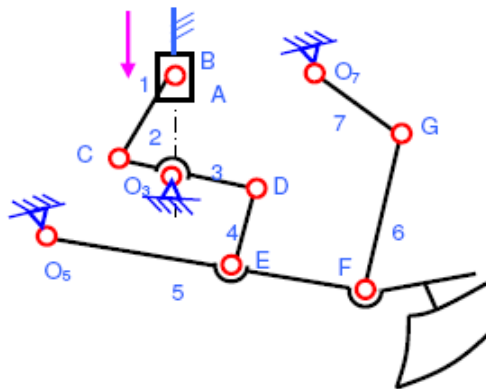
1) Phân tích động học cơ cấu thanh phẳng

Phương pháp giải tích: phương pháp này được xây dựng dựa trên cơ sở áp dụng các phương pháp toán học vào việc nghiên cứu. Ưu điểm của phương pháp này là cho phép đạt độ chính xác cao, các thông số khác nhau được biểu thị bằng các biểu thức giải tích. Vì thế có thể dễ dàng nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số này đối với các thông số khác. Nhưng nó đòi hỏi những kiến thức nhất định về hình học giải tích, giải tích tenxơ ma trận, giải tích vectơ, hàm biến phức, phương trình vi phân, tích phân...

Phương pháp vẽ (gồm phương pháp đồ thị và phương pháp hoạ đồ vectơ) nói chung thuận tiện vì nó cho phép giải bài toán một cách nhanh gọn mà vẫn đạt được độ chính xác cần thiết trong kỹ thuật. Ngoài ra, trong nhiều trường hợp, quan hệ giữa các bài tính Nguyên lý máy được cho dưới dạng các đồ thị vì thế dùng phương pháp vẽ hoạ đồ vectơ và phương pháp đồ thị sẽ thuận tiện hơn.

Một số ứng dụng của cơ cấu thanh

Cơ cấu nâng hạ lưới cà.

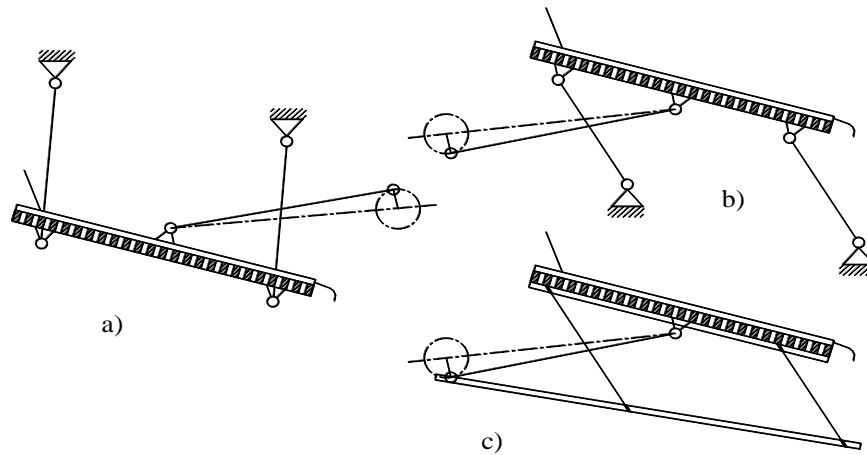


Hình cơ cấu nâng hạ lưới cà

Trong cơ cấu này, lưới cà được gắn với khâu 5, được nâng-hạ nhờ việc điều chỉnh vị trí của piston thủy lực (khâu 1).

Cơ cấu máy sàng lắc phẳng.

Đây là dạng cơ cấu 4 khâu bản lề phẳng.

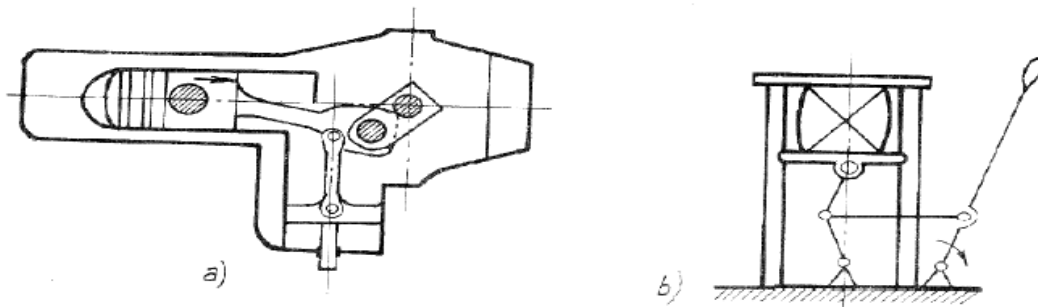


Hình: một số lược đồ cơ cấu sàng

- + Hình a là sơ đồ máy sàng lắc phẳng có khung sàng đặt nghiêng trên các thanh đỡ treo.
- + Hình b là sơ đồ máy sàng lắc phẳng có khung sàng đặt nghiêng trên các thanh đỡ đứng.
- + Hình c là sơ đồ máy sàng lắc phẳng có khung sàng đặt ngang trên các thanh đỡ đàn hồi.

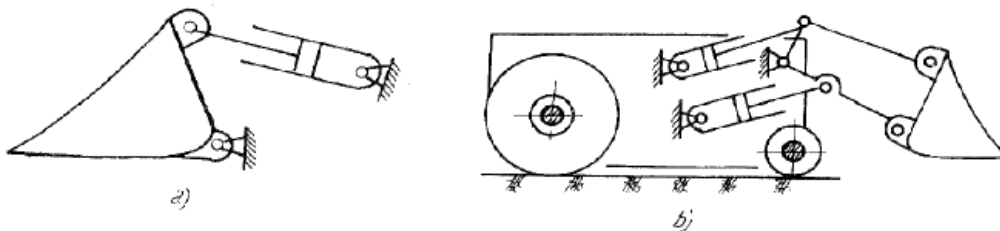
Bài tập Chương 3: Cơ cấu thanh

Bài 1: Vẽ lược đồ động & tính bậc tự do của 2 cơ cấu máy nén (hình 1.a&b)



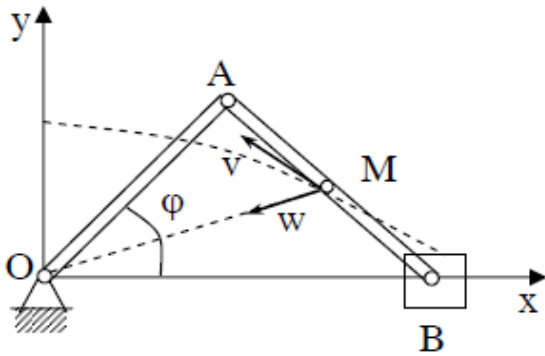
Hình 1

Bài 2: Vẽ lược đồ động & tính bậc tự do 2 cơ cấu máy xúc (hình 2 a&b)



Hình 2

Bài 5: Cho cơ cấu (tay quay - con trượt) như hình vẽ.



Hãy xác định quỹ đạo, vận tốc và gia tốc của điểm M (điểm giữa của thanh truyền AB).

Xác định vận tốc, gia tốc của con trượt B.

Biết: $OA = AB = 2a$; $\varphi = \omega t$ ($\omega = \text{const}$)

Kết quả:

- Quỹ đạo là đường ellip có phương trình:

$$\frac{x_M^2}{9a^2} + \frac{y_M^2}{a^2} = 1$$

- $v_M = \omega a \sqrt{9\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t}$

- $a_M = \sqrt{\omega^4(x^2 + y^2)} = \omega^2 r$; $\cos(\vec{a}; \vec{Ox}) = \frac{a_x}{\omega^2 r}$; $\cos(\vec{a}; \vec{Oy}) = \frac{a_y}{\omega^2 r}$

3.3. Cơ cấu bánh răng

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.

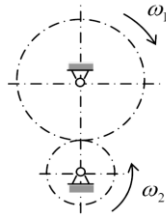
Phân loại.

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

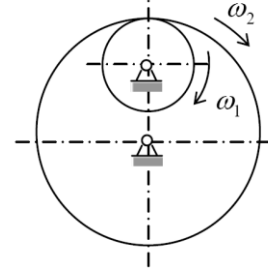
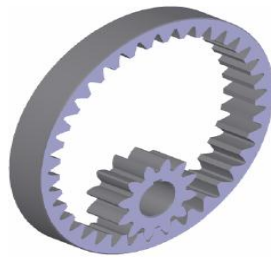
+ Theo sự phân bố của răng trên bánh răng: bánh răng thẳng, bánh răng xoắn (nghiêng), bánh răng chữ V.

+ Theo biên dạng răng: *bánh răng thân khai*, có biên hình của răng là đường thân khai của đường tròn, được sử dụng phổ biến nhất. Ngoài ra còn có bánh răng xyclôic, bánh răng Nô-vi-cốp.

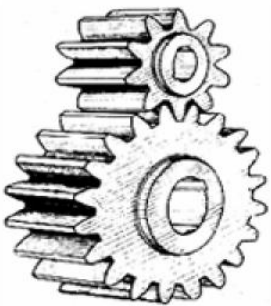
+ Theo tính chất chuyển động: cặp bánh răng phẳng, cặp bánh răng không gian.



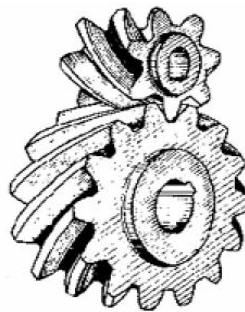
a) Ăn khớp ngoài tiếp



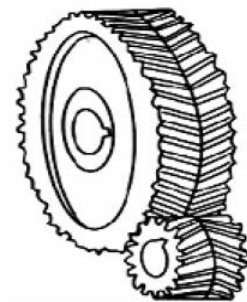
b) Ăn khớp nội tiếp



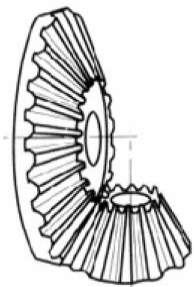
c) Bánh răng thẳng



d) Bánh răng xoắn
(ngiêng)



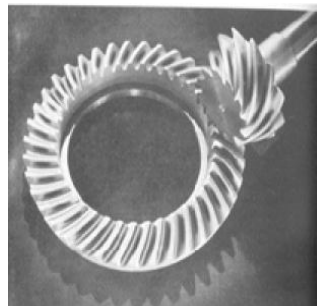
e) Bánh răng
chữ V



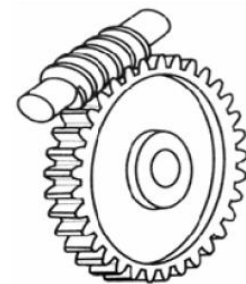
f) Bánh
răng nón



g) Bánh
răng trụ chéo



h) Bánh răng nón
chéo



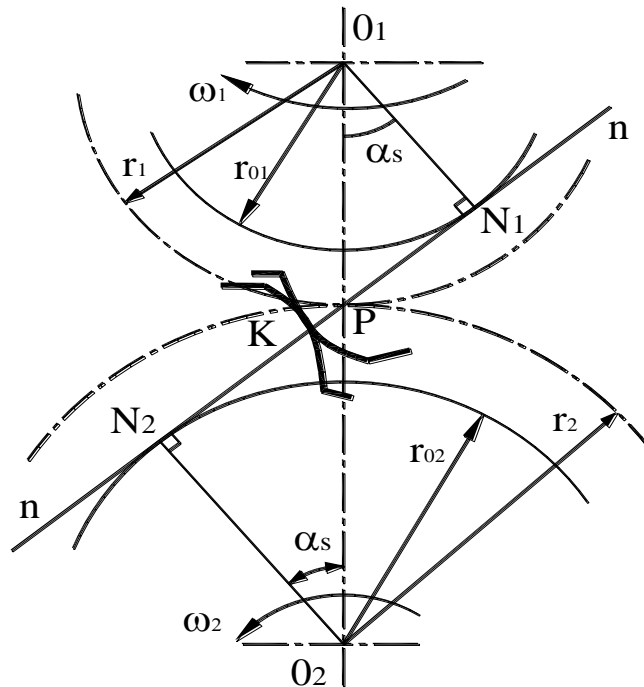
k) Cơ cấu trục
vít – bánh vít

Hình: phân loại bánh răng

Cơ cấu bánh răng phẳng

Thông số hình học-động học của ăn khớp thân khai tiêu chuẩn

Hình sau mô tả 1 cặp răng trong bánh răng thân khai đang ăn khớp với nhau tại điểm K.



Hình: cặp răng trong bánh răng thân khai đang ăn khớp

- Vòng tròn bán kính r_{01} và r_{02} gọi là vòng tròn cơ sở (tạo ra các biên hình thân khai của 2 bánh răng).

- Đường n-n là tiếp tuyến chung của 2 vòng tròn cơ sở, là pháp tuyến chung của 2 biên hình tại điểm tiếp xúc. Tất cả những điểm tiếp xúc (điểm ăn khớp K) đều nằm trên đường thẳng này, gọi là đường ăn khớp.

- P là giao điểm của đường ăn khớp và đường nối tâm, gọi là điểm cực.

- Các vòng tròn bán kính $r_1 = O_1P$ và $r_2 = O_2P$ gọi là các vòng lăn, vòng chia, vòng tròn ban đầu.

- Góc α_s gọi là góc áp lực. Trong ăn khớp tiêu chuẩn, $\alpha_s = 20^\circ$

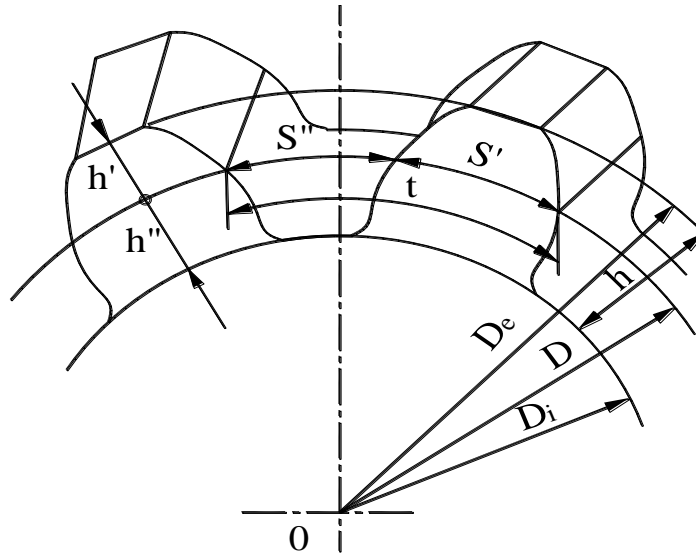
- $A = O_1O_2 = r_1 + r_2$, gọi là khoảng cách trục (tâm).

Chú ý:

Trong ăn khớp thân khai, tỉ số truyền i_{12} là hằng số và độ dịch tâm không ảnh hưởng đến tỉ số truyền.

$$|i_{12}| = \left| \frac{\omega_1}{\omega_2} \right| = \frac{O_2P}{O_1P} = \frac{O_2N_2}{O_1N_1} = \frac{r_{02}}{r_{01}} = \text{const} \quad (3.1)$$

Hình sau thể hiện các thông số hình học cơ bản của 1 **bánh răng trụ tròn răng thẳng, thân khai và tiêu chuẩn.**



Hình: các thông số hình học cơ bản

- Khoảng cách giữa 2 biên hình liên tiếp của răng đo theo vòng tròn ban đầu gọi là *bước răng*. Ký hiệu: t

- **Môđun của răng**: tỷ số t/π gọi là môđun của răng, ký hiệu: m

$$m = t/\pi \quad (3.2)$$

Để tiện việc thiết kế và chế tạo, các kích thước của bánh răng đều được tính thông qua môđun. Trị số của môđun được chọn theo điều kiện bền, tính theo milimét và *được tiêu chuẩn hoá*: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100.

- Kích thước về *chiều cao*:

$$+ \text{Chiều cao đầu răng: } h' = f' \cdot m \text{ (với } f' = 1) \quad (3.3)$$

$$+ \text{Chiều cao chân răng: } h'' = f'' \cdot m \text{ (với } f'' = 1,25) \quad (3.4)$$

Chú ý: đối với răng cắt ngắn, $f' = 0,8$; $f'' = 1$

$$+ \text{Chiều cao của răng: } h = h' + h'' \quad (3.5)$$

- Đường kính vòng tròn chia: $D (=2r)$

Gọi Z là số răng của bánh răng $\Rightarrow Z.t = \pi.D \Rightarrow D = m.Z$ (3.6)

- Đường kính vòng tròn đỉnh răng: $D_e = D + 2h'$ (3.7)

- Đường kính vòng tròn chân răng: $D_i = D - 2h''$ (3.8)

- Chiều rộng của răng S' ; chiều rộng kẽ răng S''

$$S' = S'' = t/2 \quad (3.9)$$

- Khi 2 bánh răng ăn khớp nhau thì tỷ số truyền:

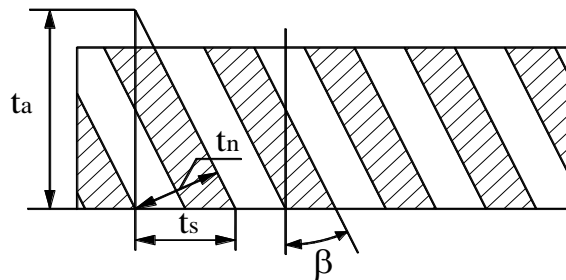
$$|i_{12}| = r_{02}/r_{01} = r_2/r_1 = mZ_2/mZ_1 \Rightarrow |i_{12}| = Z_2/Z_1 \quad (3.10)$$

i_{12} mang dấu dương khi 2 bánh quay cùng chiều nhau và ngược lại.

- Khoảng cách giữa 2 trục quay: $A = O_1O_2 = \frac{1}{2} m(Z_1 \pm Z_2)$ (3.11)

Dấu +: ăn khớp ngoài; dấu - : ăn khớp trong.

Đối với bánh răng trụ tròn răng nghiêng, hình sau, ta chú ý thêm 1 số thông số khác.



Hình: triển khai 1 bánh răng nghiêng trên mặt phẳng

- Góc nghiêng của răng là β .

Chú ý: khi 2 bánh răng nghiêng ăn khớp thì $\beta_1 = -\beta_2$

- Bước pháp tuyến, bước ngang & bước dọc; tương ứng ta có mô đun pháp, mô đun ngang & mô đun dọc.

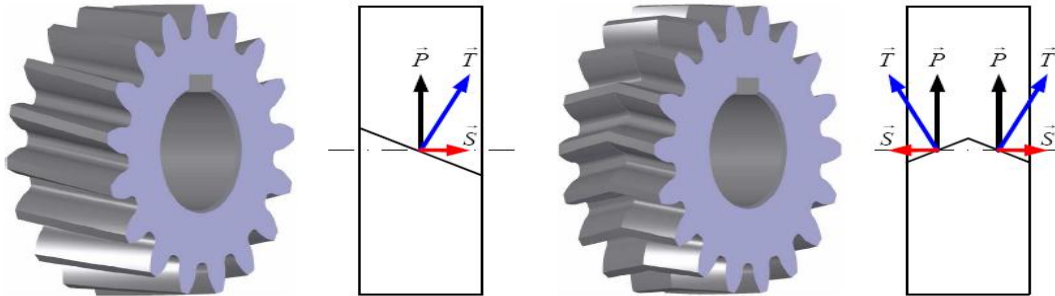
- Ưu nhược điểm của bánh răng nghiêng so với bánh răng thẳng tương ứng

+ Ưu điểm: làm việc êm dịu và khả năng tải cao hơn.

+ Nhược điểm:

Trong quá trình truyền động, trên bánh răng thẳng chỉ có lực vòng và lực hướng kính nhưng trên bánh răng nghiêng xuất hiện *lực dọc trục* có xu hướng đẩy khối bánh răng dọc theo phương của trục, hình a.

Để phát huy ưu điểm của bánh răng nghiêng và lực dọc trục không quá lớn, thường chọn $\beta = 8^\circ - 15^\circ$. Cũng có thể khử các lực dọc trục bằng cách dùng bánh răng chữ V, hình b.

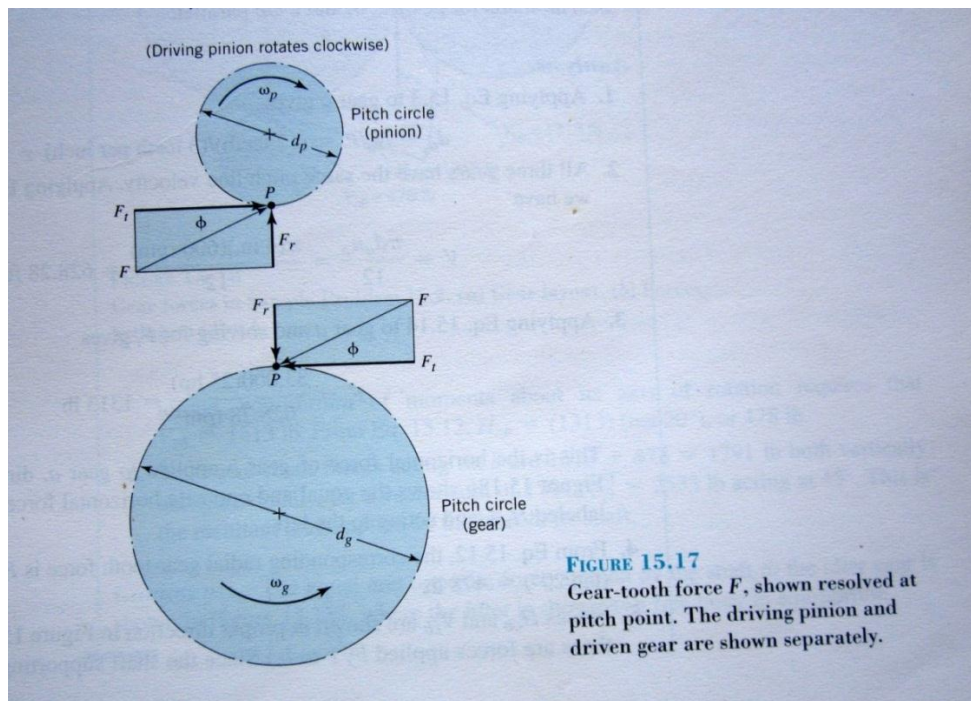


a) lực dọc trục trên bánh răng nghiêng

b) bánh răng hình chữ V

Hình: lực dọc trục trên bánh răng nghiêng và bánh răng chữ V

Phân tích lực bánh răng trụ răng thẳng



Hình: Lực tác dụng lên răng của bánh răng thẳng

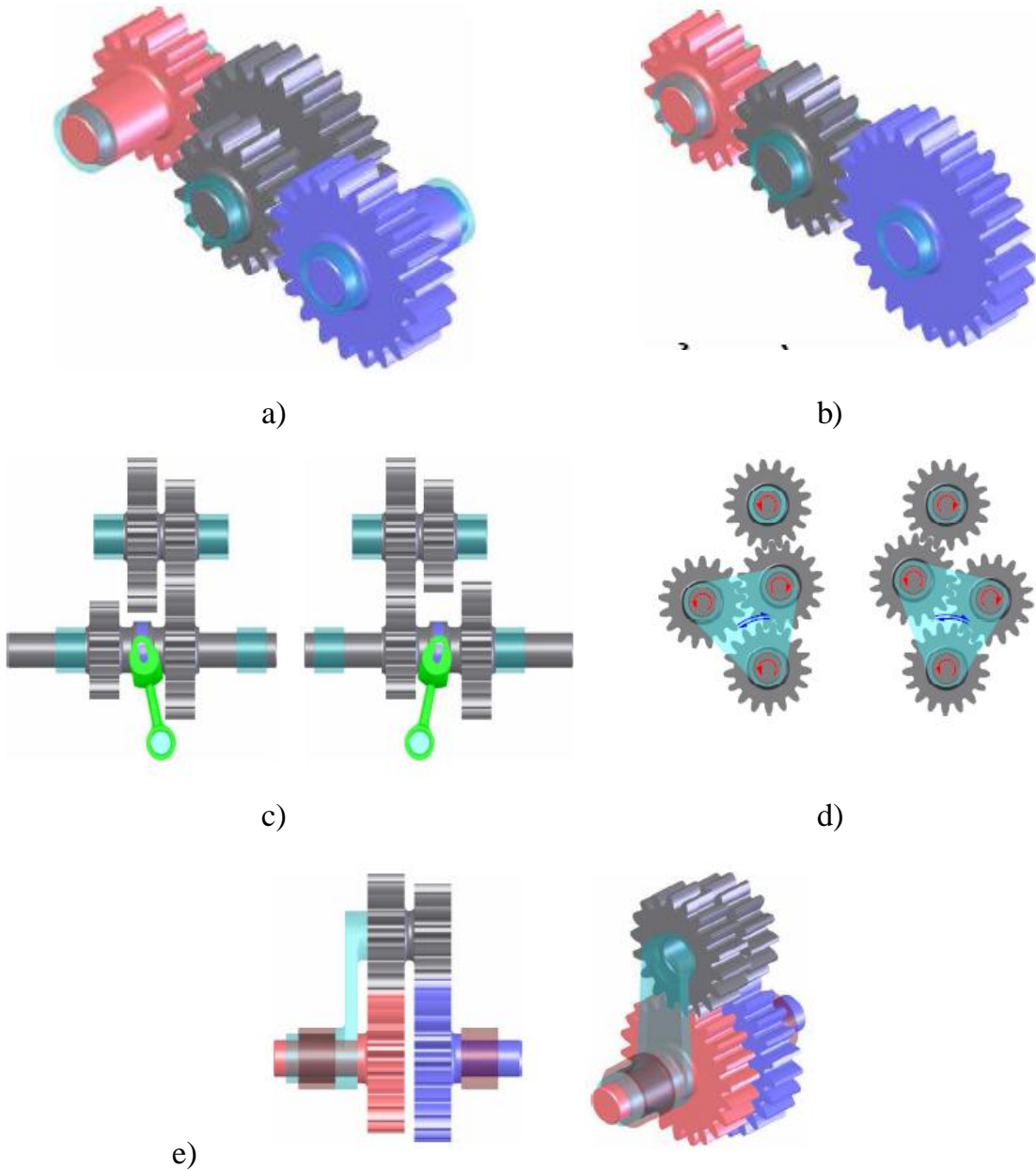
Khi tính toán có thể xem như lực ma sát sinh ra trên bề mặt răng không đáng kể.

+ Lực vòng: $F_{t1} = 2T_1 / d_{w1} = F_{t2}$ (3.12)

+ Lực hướng tâm: $F_{r1} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha_w = F_{r2}$ (3.13)

+ Lực pháp tuyến: $F_{n1} = F_{n2} = F_{t1} / \cos \alpha_w$ (3.14)

Hệ bánh răng



Hình: hệ bánh răng

Do nhu cầu thực tế, ta không chỉ sử dụng một cặp bánh răng mà sử dụng *nhiều cặp bánh răng nối với nhau*, tạo thành một hệ thống và được gọi là hệ thống bánh răng hay hệ bánh răng, hình trên.

Công dụng: sử dụng hệ bánh răng có thể đạt được những công dụng khác nhau như:

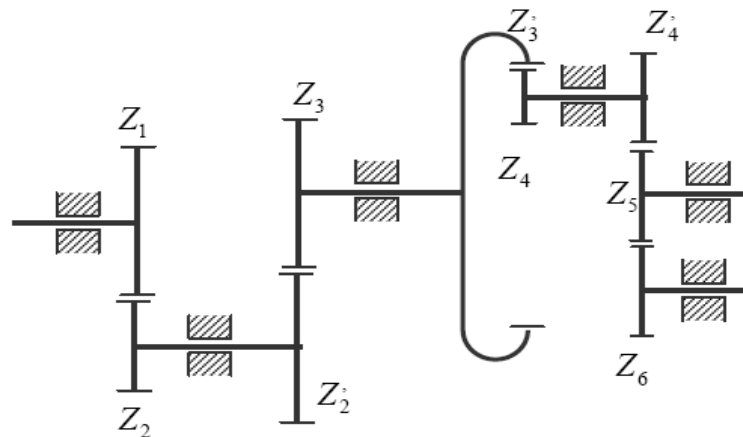
- + Thực hiện tỷ số truyền lớn (hình a).
- + Cần truyền chuyển động quay giữa những trục cách xa nhau (hình b).
- + Truyền chuyển động giữa các trục cần thay đổi tỷ số truyền (hộp số) (hình c).
- + Thay đổi chiều quay (hình d).
- + Hợp nhiều chuyển động thành 1 chuyển động, hay chia 1 chuyển động thành nhiều chuyển động độc lập nhau (bộ vi sai) (hình e)

Phân loại: có 2 loại cơ bản là **hệ bánh răng thường** và **hệ bánh răng vi sai**.

Hệ bánh răng thường

Hệ bánh răng thường là hệ bánh răng trong đó tất cả các trục đều có đường trục cố định.

Ví dụ: Hệ bánh răng ở hình sau.



Hình: Hệ bánh răng thường

Tỷ số truyền:

$$i_{16} = \frac{\omega_1}{\omega_6} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{\omega_2}{\omega_3} \cdot \frac{\omega_3}{\omega_4} \cdot \frac{\omega_4}{\omega_5} \cdot \frac{\omega_5}{\omega_6}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{\omega_2'}{\omega_3} \cdot \frac{\omega_3'}{\omega_4} \cdot \frac{\omega_4'}{\omega_5} \cdot \frac{\omega_5}{\omega_6} \\
&= \left(-\frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \left(-\frac{Z_3}{Z_2}\right) \cdot \left(\frac{Z_4}{Z_3}\right) \cdot \left(-\frac{Z_5}{Z_4}\right) \cdot \left(-\frac{Z_6}{Z_5}\right) \\
&= (-1)^4 \cdot \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \left(\frac{Z_3}{Z_2}\right) \cdot \left(\frac{Z_4}{Z_3}\right) \cdot \left(\frac{Z_5}{Z_4}\right) \cdot \left(\frac{Z_6}{Z_5}\right)
\end{aligned}$$

Tổng quát, gọi k là số cặp bánh răng ngoài tiếp trong hệ có n bánh răng, công thức tính tỷ số truyền có dạng:

$$i_{1n} = (-1)^k \cdot \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \left(\frac{Z_3}{Z_2'}\right) \cdot \dots \cdot \left(\frac{Z_n}{Z_{n-1}'}\right) \quad (3.15)$$

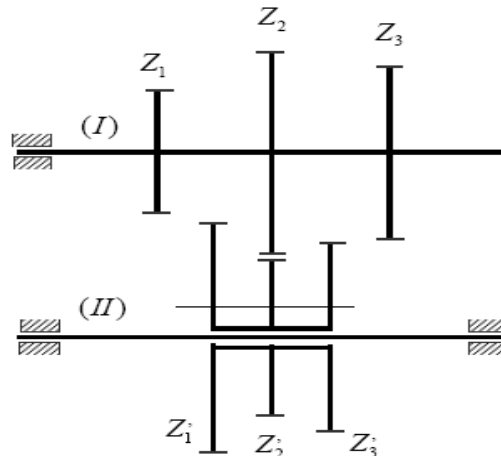
+ Nếu $i_{1n} < 0$ thì bánh răng 1 và bánh răng thứ n quay ngược chiều nhau và ngược lại.

+ Bánh răng 5 không làm ảnh hưởng đến giá trị của tỷ số truyền, nó được gọi là bánh răng trung gian.

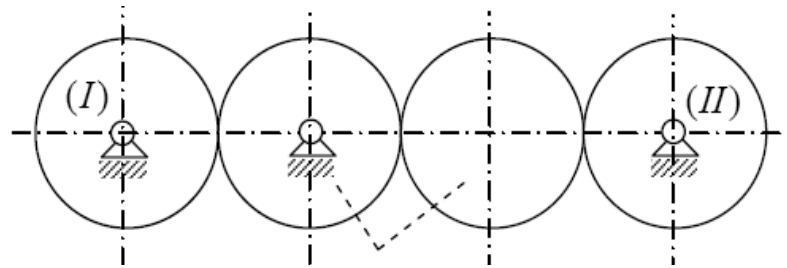
Ứng dụng

- Hệ bánh răng thường được dùng để thực hiện các tỷ số truyền lớn, mà một cặp bánh răng không thể thực hiện được (hộp giảm tốc), thể hiện trong ví dụ trên.

- Dùng thực hiện nhiều tỷ số truyền khác nhau (hộp số), hình sau, trong đó BR1 ăn khớp với BR1', hoặc BR2 ăn khớp với BR2', hoặc BR3 ăn khớp với BR3'. Như vậy, với một giá trị số vòng quay trên trục (I) có thể nhận được 3 giá trị số vòng quay trên trục (II), ta thường nói hộp số này có 3 số.

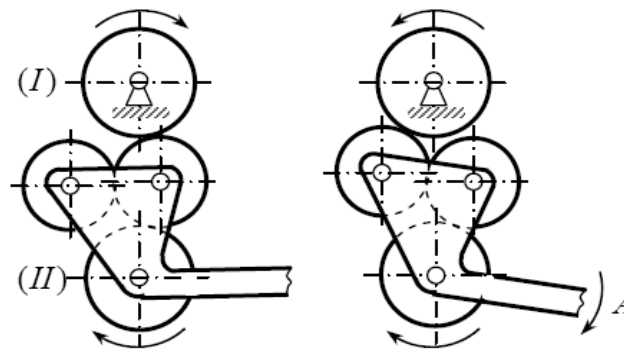


- Dùng để truyền động giữa hai trục xa nhau với một tỷ số truyền chính xác, hình sau.



Dùng 1 cặp bánh răng để truyền từ trục I sang trục II dẫn đến không hợp lý về mặt kích thước và chế tạo. Nếu dùng bộ truyền đai hay xích thì tỷ số truyền không thật chính xác.

- Dùng để đảo chiều quay trục bị dẫn, hình vẽ. Khi kéo chạc A xuống, trục II sẽ đổi chiều quay.



Bài tập Chương 3: Cơ cấu bánh răng

Bài 1 (ví dụ): Cho cặp BR (thẳng) thân khai, tiêu chuẩn, ăn khớp đúng với mô-đun $m = 4$ (mm); tỉ số truyền $i_{12} = -3$. Biết khoảng cách trục $A = 200$ (mm).

1.1. Hãy xác định bán kính vòng tròn ban đầu (vòng lăn, vòng chia) r_1 & r_2 ; bán kính vòng tròn đỉnh răng r_{e1} & r_{e2} ; và bán kính vòng tròn chân răng r_{i1} & r_{i2} .

1.2. Hãy xác định số răng của các bánh răng Z_1 & Z_2 .

1.3. Hãy xác định chiều rộng của răng S_1' & S_2' ; chiều rộng của kẽ răng S_1'' & S_2'' (đo theo vòng tròn ban đầu).

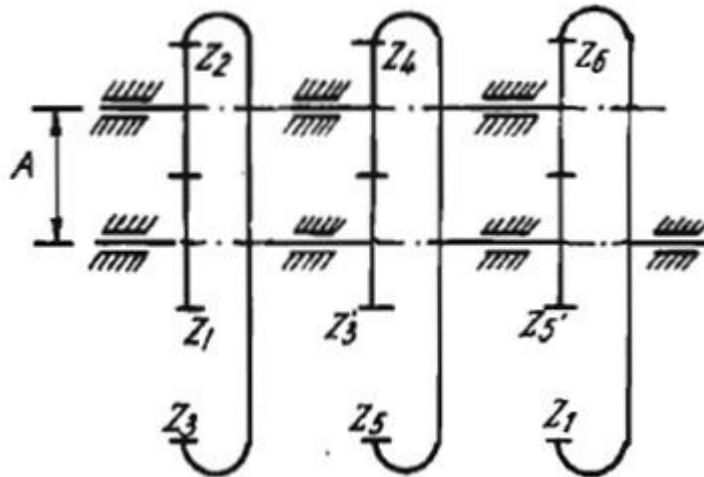
Bài 2: Cho cặp BR (thẳng) thân khai, tiêu chuẩn, ăn khớp đúng với mô-đun $m = 2$ (mm); tỉ số truyền $i_{12} = -4$. Biết khoảng cách trục $A = 130$ (mm).

2.1. Hãy xác định bán kính vòng tròn ban đầu (vòng lăn, vòng chia) r_1 & r_2 ; bán kính vòng tròn đỉnh răng r_{e1} & r_{e2} ; và bán kính vòng tròn chân răng r_{i1} & r_{i2} .

2.2. Hãy xác định số răng của các bánh răng Z_1 & Z_2 .

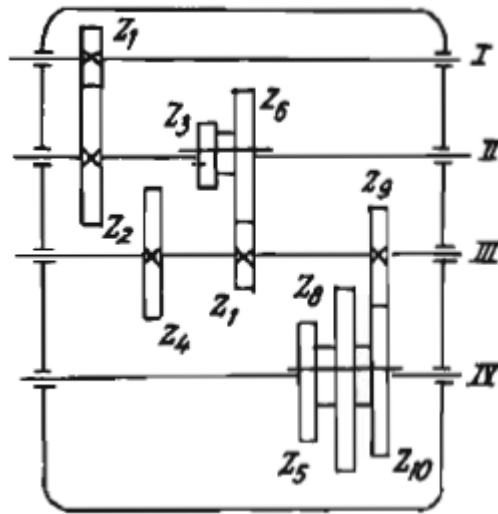
2.3. Hãy xác định chiều rộng của răng S_1' & S_2' ; chiều rộng của kẽ răng S_1'' & S_2'' (đo theo vòng tròn ban đầu).

Bài 3: Tính tỉ số truyền i_{17} và khoảng cách trục A của hệ bánh răng, nếu các bánh răng đều tiêu chuẩn, ăn khớp đúng với mô-đun $m = 5$ mm, số răng tương ứng là $Z_1 = Z_2 = Z_3' = Z_4 = Z_5' = Z_6 = 20$ và $Z_3 = Z_5 = Z_7$.

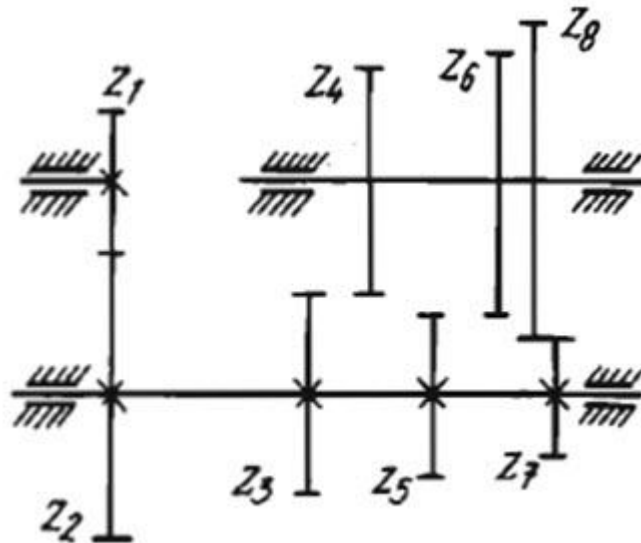


Bài 4: Cho hệ bánh răng trong hộp số trên hình vẽ, với số răng của các bánh răng là, $Z_1 = 20$, $Z_2 = 52$, $Z_3 = 22$, $Z_6 = 40$, $Z_7 = 32$, $Z_9 = 41$, $Z_{10} = 67$; các bánh răng đều tiêu chuẩn và cùng mô-đun, số vòng quay của trục dẫn động I là $n_1 = 1000$ vòng/phút. Xác định:

1. Số răng các bánh răng 4, 5 và 8
2. Số tỷ số truyền của hệ.
3. Tốc độ của trục bị động IV ứng với mọi số.



Bài 5: Trong hộp tốc độ có 3 bánh răng di động trượt (Z_4 , Z_6 , Z_8) để nhận được các tỷ số truyền sau: $i_{14} = 1.53$, $i_{16} = 2.8$, $i_{18} = 4.316$. Các bánh răng đều tiêu chuẩn, ăn khớp đúng với mô-đun $m = 6mm$ và khoảng cách trục $A = 180mm$, số răng tương ứng là $Z_1 = 20$, $Z_2 = 40$ (hình vẽ). Hãy tính số răng các bánh răng còn lại.



Bài 6: Tìm hiểu tất cả các website sau đây:

<http://www.bisongear.com>

<http://www.grainger.com>

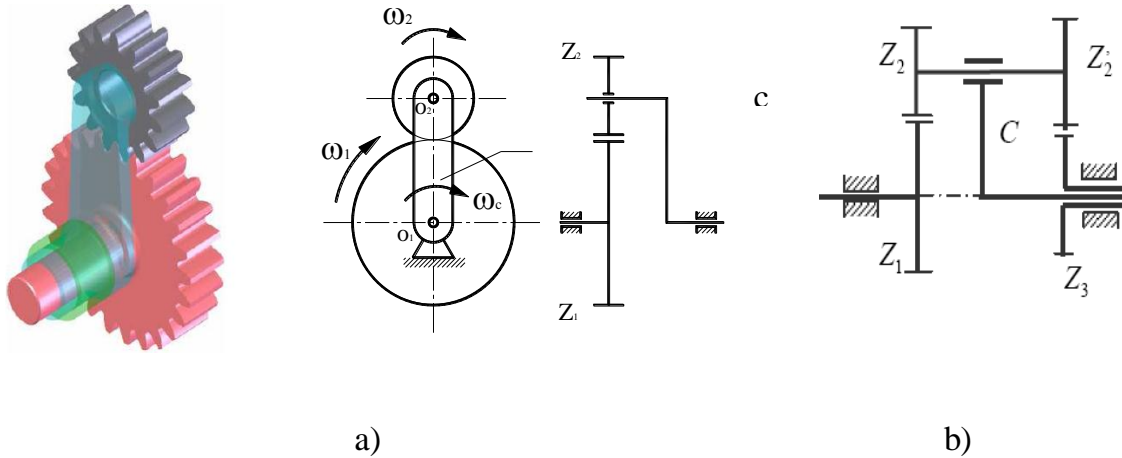
<http://www.renold.com>

<http://www.andantex.com>

- Nội dung chính của các website là gì?
- Hãy cho nhận xét về:
 - + Độ rõ của các website
 - + Sự dễ dàng, thuận tiện trong tra cứu.

Giới thiệu hệ bánh răng vi sai

Hệ bánh răng vi sai là hệ bánh răng trong đó mỗi cặp bánh răng có ít nhất một bánh răng có đường trục di động.

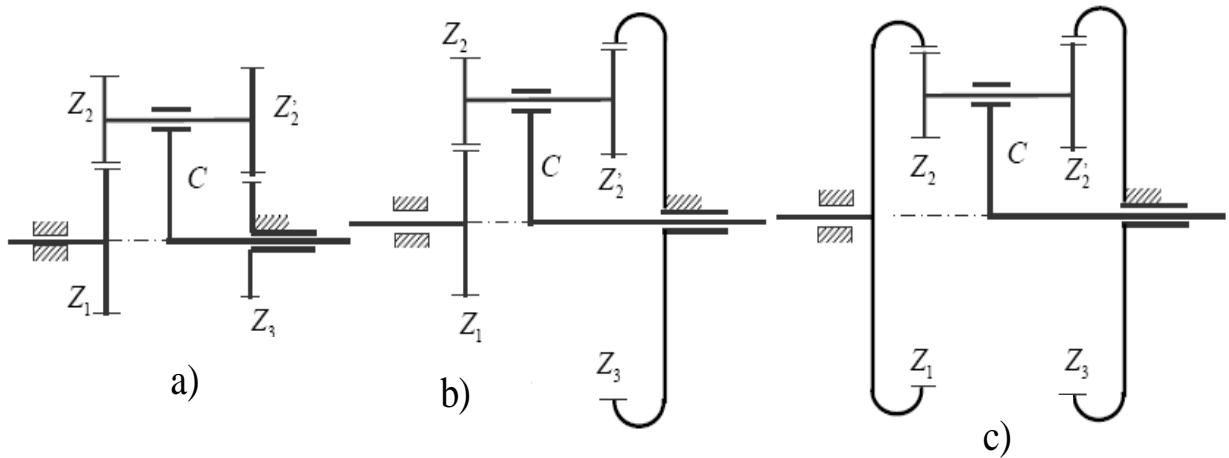


Hình: hệ bánh răng vi sai

Bánh răng có đường trục cố định gọi là bánh răng trung tâm (bánh răng 1 và 3), bánh răng có đường trục di động gọi là bánh răng vệ tinh (bánh răng 2 và 2'). Khâu động mang trục của bánh vệ tinh gọi là cần (cần C), khi cố định cần hệ vi sai trở thành hệ thường.

(***) Quan hệ giữa vận tốc trong 1 hệ vi sai được tính dựa vào công thức Willis.

Ví dụ xét hệ vi sai trong hình sau, trong trường hợp này các bánh răng trung tâm 3 là bánh răng cố định ($\omega_3 = 0$), gọi là hệ hành tinh.



Hình: Hệ bánh răng hành tinh

Xét hệ bánh răng hành tinh ở hình a. Theo định lý Willis, xét hệ vi sai trong chuyển động tương đối với cần C, ta có:

$$i_{13}^c = \frac{\omega_1^c}{\omega_3^c} = \frac{\omega_1 - \omega_c}{\omega_3 - \omega_c}$$

Do $\omega_3 = 0$, ta có:

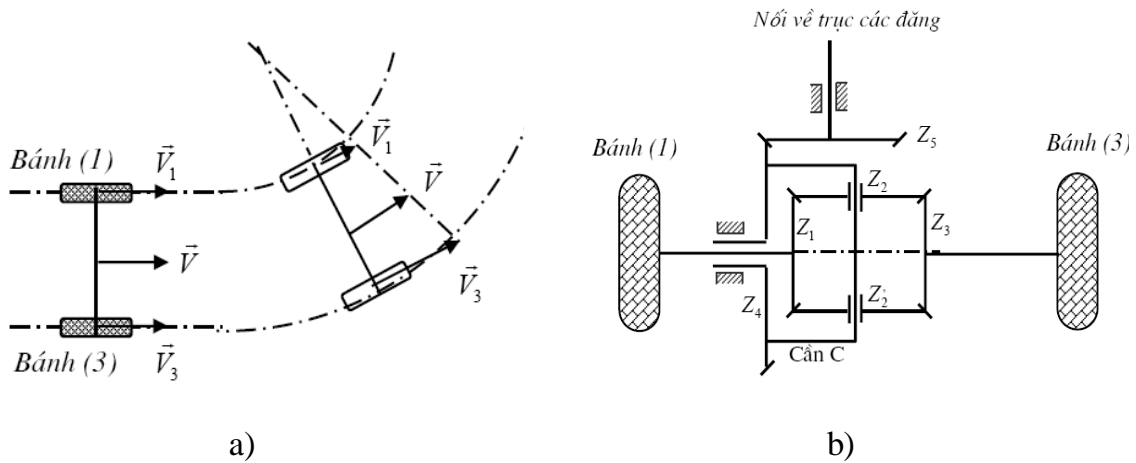
$$\Rightarrow i_{13}^c = \frac{\omega_1 - \omega_c}{-\omega_c} = 1 - i_{1c}$$

Trong đó i_{13}^c tính như trong hệ thường,

$$\text{với } i_{13}^c = \left(-\frac{Z_2}{Z_1}\right) \left(-\frac{Z_3}{Z_2}\right)$$

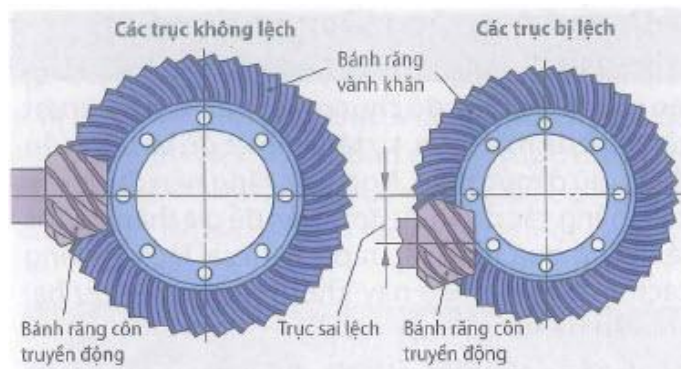
Một ví dụ về Ứng dụng của hệ vi sai

Hệ vi sai có hai bậc tự do, do đó nó được sử dụng trong các trường hợp cần tổng hợp hai chuyển động quay độc lập thành một chuyển động quay, hay phân tích một chuyển động quay thành hai chuyển động quay độc lập. Ví dụ, hộp vi sai trong ô tô.



Cơ cấu bánh răng không gian

- Bánh răng nón



Bánh răng nón răng thẳng, răng nghiêng hoặc cung tròn được sử dụng cho các trục giao nhau. Trong bánh răng nón cung tròn, các trục có thể sai lệch với nhau bởi 1 dạng đặc biệt của răng.

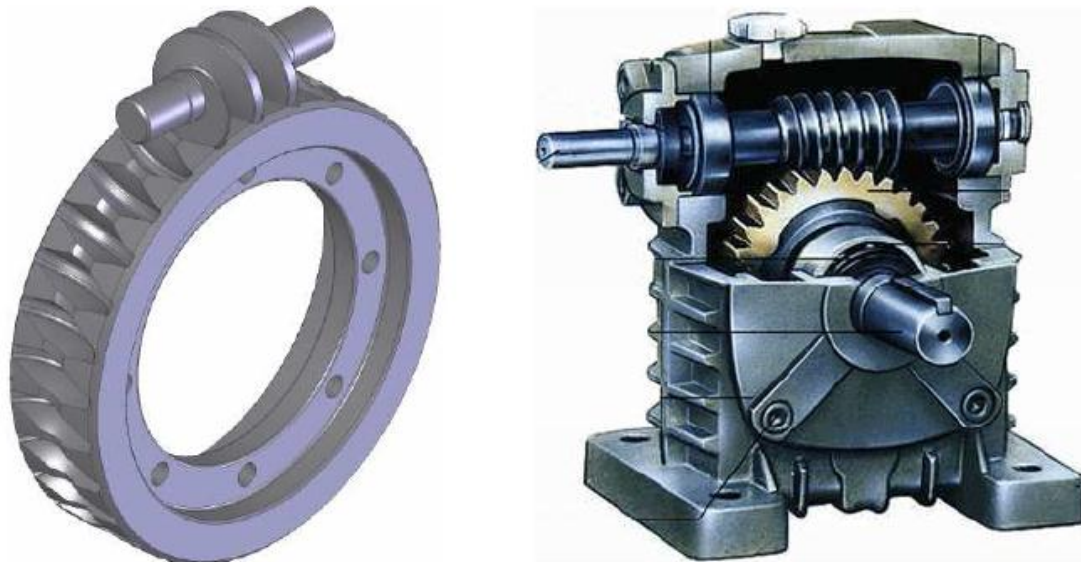
- Cặp bánh vít – trục vít

Trục vít – bánh vít dùng để truyền chuyển động giữa hai trục chéo nhau. Thường gặp nhất là loại trục vít – bánh vít mà góc giữa 2 trục bằng 90° và dạng trục vít – bánh vít là hình trụ.

a) Cấu tạo

Giả sử có 1 cặp bánh răng trụ chéo, truyền chuyển động quay giữa hai trục vuông góc nhau ($\gamma = 90^\circ$). Cặp bánh răng này có đặc điểm: góc nghiêng β_1 rất lớn, β_2 nhỏ. Vì

thể đường răng của bánh răng 1 được quấn nhiều vòng trên bánh răng. Số răng của bánh răng 1 không thể nhiều được, vì bước của đường xoắn có giá trị nhất định. Thông thường $Z_1 = 1 \div 4$. Số răng Z_1 còn gọi là số đầu mối, bánh răng 1 được gọi là trục vít, bánh răng 2 được gọi là bánh vít.



Hình: mô tả trục vít – bánh vít

Vì vậy, thực chất của cơ cấu trục vít – bánh vít là một cặp bánh răng trụ chéo. Cấu tạo mặt răng giống như bánh răng trụ chéo.

b) Đặc điểm chính của cơ cấu trục vít – bánh vít

- Tỷ số truyền: $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$

- Nhận xét: số đầu mối ren của trục vít Z_1 rất nhỏ, trong khi đó Z_2 có thể lấy lớn. Vì vậy cơ cấu này có ưu điểm cơ bản là tỷ số truyền có thể rất lớn, nhưng kích thước cơ cấu vẫn nhỏ gọn.

c) Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

Ưu điểm: - Tỷ số truyền lớn - Làm việc êm, không ồn - Có khả năng tự hãm - Có độ chính xác động học cao.

Nhược điểm: - Hiệu suất thấp, sinh nhiệt nhiều - Vật liệu chế tạo bánh vít bằng kim loại màu để giảm ma sát nên đắt tiền.

Phạm vi sử dụng

- Chỉ sử dụng cho công suất bé ($< 60KW$) - Có tỉ số truyền lớn nên sử dụng rộng rãi trong các cơ cấu phân độ - Có khả năng tự hãm nên thường sử dụng trong các cơ cấu nâng: trục, tời, ...

3.4. Một số cơ cấu khác

3.4.1. Cơ cấu cam

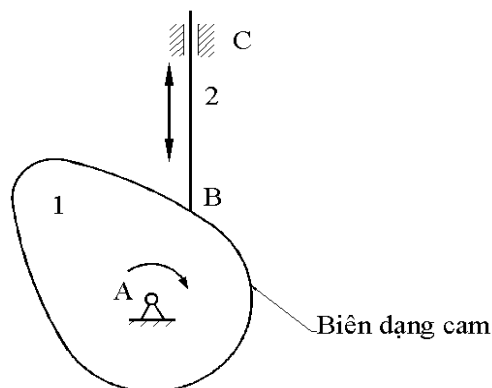
Khái niệm về cơ cấu cam

Cơ cấu cam là cơ cấu khớp loại cao, có khả năng thực hiện được những chuyển động có chu kỳ phức tạp của khâu bị dẫn với độ chính xác cao.

Khâu dẫn của cơ cấu được gọi là cam, còn khâu bị dẫn được gọi là cần (hình vẽ).

+ O_1B là kích thước động của khâu 1, O_1B thay đổi trong quá trình làm việc.

+ Khớp cao giữa khâu 1 và khâu 2 là B.

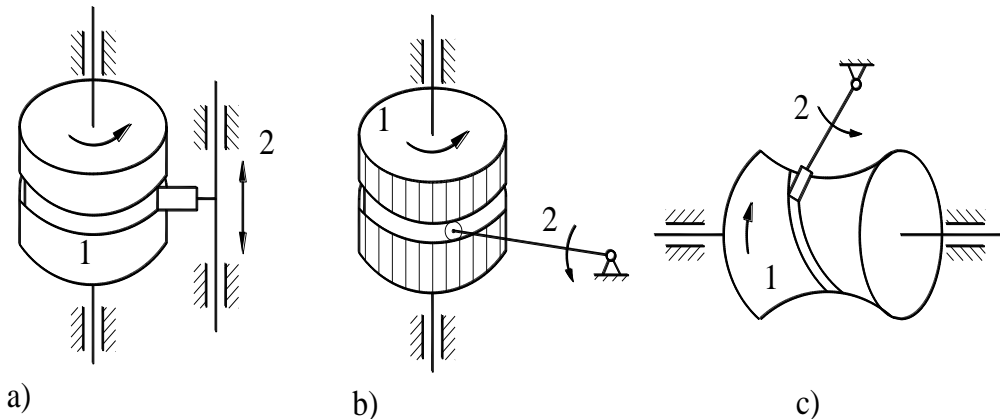


Ưu nhược điểm

- Ưu điểm: Chọn biên hình cam (thiết kế cơ cấu cam) theo một quy luật chuyển động cho trước (của cần) thì dễ dàng.

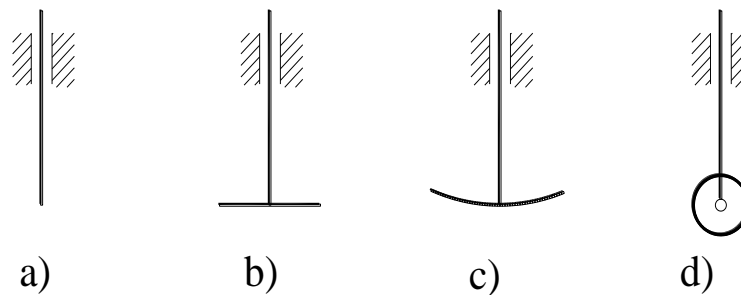
- Nhược điểm: Có khớp cao B tiếp xúc theo điểm hay theo đường, dẫn đến hao mòn nhanh ở bề mặt làm việc; có khuynh hướng tháo khớp; khó khăn trong việc chế tạo chính xác bề mặt làm việc của cam.

Phân loại:

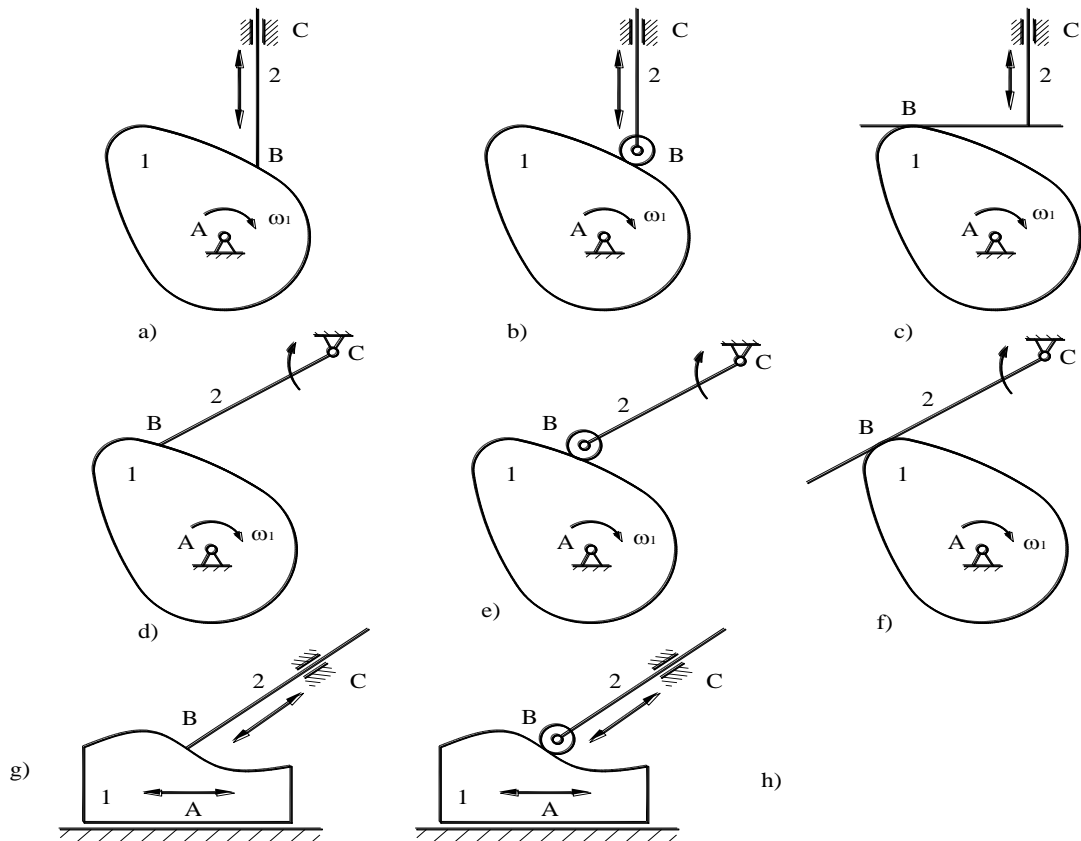


Theo mặt phẳng chuyển động của cam và cần, ta có cam phẳng và cam không gian. Nếu mặt phẳng chuyển động của cam trùng hay song song với mặt phẳng chuyển động của cần đẩy, ta có cam phẳng; nếu mặt phẳng chuyển động của cam cắt mặt phẳng chuyển động của cần đẩy ta có cam không gian, hình vẽ.

Theo hình dạng đầu cần ta có các loại: cần đầu nhọn (hình a), cần đầu bằng (hình b), cần đầu cong (hình c), cần đầu con lăn (hình d).



Theo chuyển động của cần: cam cần tịnh tiến (hình a,b,c,g,h) và cam cần lắc (quay) (hình d,e,f)



Hình: mô tả sự phân loại cơ cấu cam

Các thông số cơ bản của cam

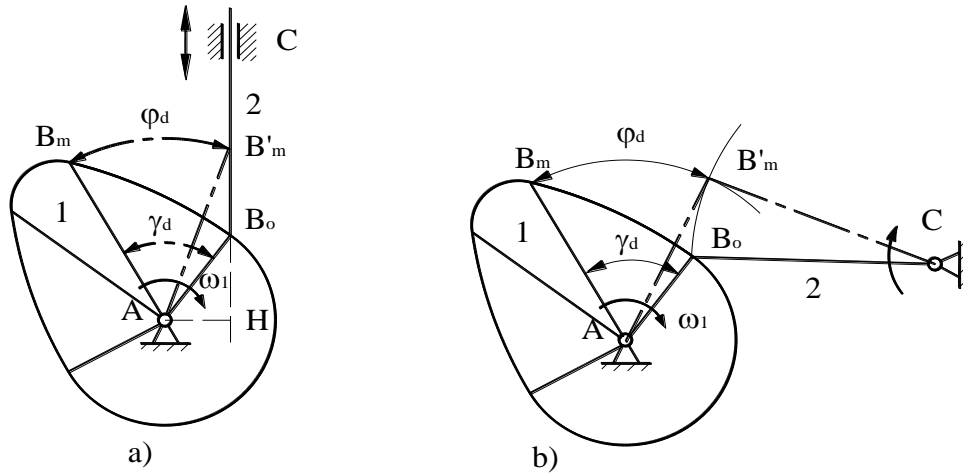
Thông số hình học của cam

- Bán kính vectơ lớn nhất R_{\max} và bán kính vectơ nhỏ nhất R_{\min} của biên dạng cam.
- Các *góc công nghệ*: là góc được xác định trên biên dạng cam ứng với các cung làm việc khác nhau của biên dạng này. Để cần chuyển động qua lại và có lúc dừng thì trên biên dạng cam phải có 4 góc công nghệ, hình vẽ.
 - + Góc công nghệ đi xa γ_d : ứng với giai đoạn cần đi xa tâm cam.
 - + Góc công nghệ đứng xa γ_x : ứng với giai đoạn cần đứng yên ở vị trí xa tâm cam nhất.
 - + Góc công nghệ về gần γ_v : ứng với giai đoạn cần về gần tâm cam.

+ Góc công nghệ đứng gần γ_g : ứng với giai đoạn cần đứng yên ở vị trí gần tâm cam nhất.

Để cần chuyển động qua lại, tối thiểu trên biên dạng cam phải có 2 góc γ_d, γ_v .

- Các góc định kỳ là góc quay của cam ứng với các giai đoạn chuyển động khác nhau của cần.



Hình: Góc công nghệ và góc định kỳ trên cơ cấu cam

+ Góc định kỳ đi xa φ_d : ứng với giai đoạn cần đi xa tâm cam.

+ Góc định kỳ đứng xa φ_x : ứng với giai đoạn cần đứng yên ở vị trí xa tâm cam nhất.

+ Góc định kỳ về gần φ_v : ứng với giai đoạn cần về gần tâm cam.

+ Góc định kỳ đứng gần φ_g : ứng với giai đoạn cần đứng yên ở vị trí gần tâm cam nhất.

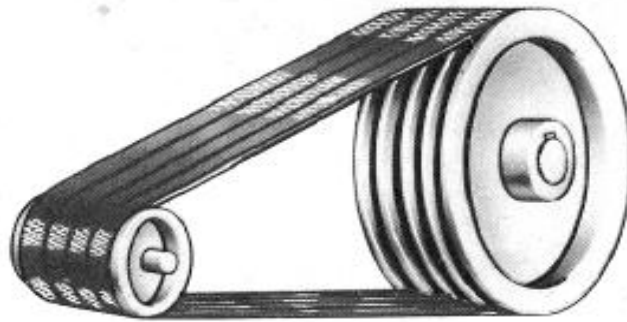
Nói chung, các góc công nghệ và các góc định kỳ tương ứng không bằng nhau:

$$\gamma_d \neq \varphi_d; \quad \gamma_v \neq \varphi_v$$

3.4.2. Cơ cấu đai truyền

Nguyên lý làm việc

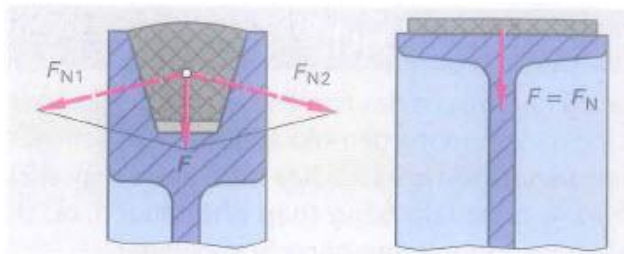
Bộ truyền đai hoạt động theo nguyên lý ma sát: công suất từ bánh chủ động (bánh nhỏ) truyền cho bánh bị động nhờ vào lực ma sát sinh ra giữa dây đai và bánh đai.



Hình: mô tả chung về cơ cấu đai

Ma sát sinh ra giữa hai bề mặt xác định theo công thức: $F_{ms} = f \cdot N$

Trong đó f là hệ số ma sát giữa dây và bánh đai, phụ thuộc vào vật liệu chế tạo dây đai và bánh đai, vào dạng hình học tiếp xúc (dạng phẳng hay dạng rãnh hình thang).



Hình: các lực trên đai thang & đai dẹt

Như vậy, để có lực ma sát thì cần thiết phải có áp lực pháp tuyến. Trong bộ truyền đai, để tạo lực pháp tuyến thì phải tạo lực căng đai ban đầu.

Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

* *Ưu điểm:*

- + Kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, giá thành rẻ.
- + Truyền động mềm dẻo, giảm được xung động khi tải trọng va đập.
- + Làm việc êm dịu, không ồn.
- + Đảm bảo an toàn khi quá tải.
- + Khoảng cách truyền động lớn.

* *Nhược điểm:*

- + Cồng kềnh, nhất là khi công suất lớn.
- + Không đảm bảo được độ chính xác về tỷ số truyền do có hiện tượng trượt đai.
- + Lực tác dụng lên trục và gối đỡ lớn do phải có lực căng đai ban đầu.
- + Không làm việc được ở những nơi có dầu mỡ, nước.
- + Tuổi thọ không cao (nhất là dây đai).

* *Phạm vi ứng dụng:*

- + Công suất truyền có thể đạt đến 200 HP.
- + Tốc độ đai có thể đạt tới 30m/s đối với truyền động trung bình; 50 – 60m/s đối với truyền động tốc độ cao; 100 – 120m/s đối với truyền động siêu cao.
- + Tỷ số truyền có thể đạt tới $i \leq 5$, nếu có thiết bị căng đai có thể đạt tới $i \geq 10$.

Phân loại

a) *Phân loại dây đai.*

* **Đai dẹt** (đai phẳng): Có tiết diện ngang là hình chữ nhật (mỏng). Đai dẹt, người ta chia ra:

+ Đai da: Có hai loại, loại một lớp và loại hai lớp. Đai da có tuổi thọ cao, chịu tải lớn, chịu va đập tốt. Tuy nhiên giá thành đắt, không làm việc được nơi ẩm ướt, axit.

+ Đai dệt: Có hai loại:



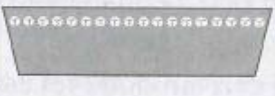
- Đai vải: Khối lượng nhỏ, giá rẻ, dùng thích hợp với các bộ truyền tốc độ cao, công suất nhỏ. Khả năng tải và tuổi thọ thấp, không làm việc được nơi ẩm ướt, nhiệt độ cao.

- Đai len: Có thể làm việc với tải va đập, ít chịu ảnh hưởng của môi trường. Khả năng chịu tải kém, giá cao.

+ Đai vải cao su: Được chế tạo theo TCVN 217-66 theo ba loại A, B, C.

+ Đai làm bằng vật liệu tổng hợp: Độ bền cao, tốc độ làm việc và tuổi thọ cao, mềm dẻo, chịu va đập và tải lớn.

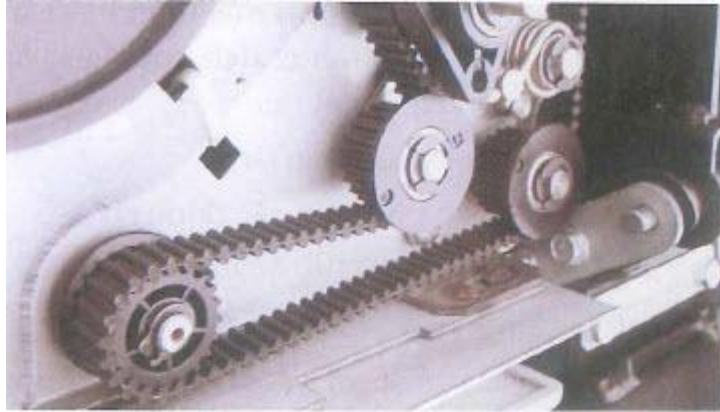
* **Đai thang**: Có tiết diện mặt cắt ngang là hình thang.

Bảng 1: Các loại đai hình thang	
Dạng (mặt cắt)	Đặc điểm
	Ứng dụng đa năng; hiệu suất cao; các bánh đai lớn hơn bánh đai bình thường; loại đai được sử dụng nhiều nhất
	Đặc biệt có thể truyền tải công suất cao, đường kính bánh đai nhỏ hơn, độ bền nhiệt cao hơn
	Vững vàng trước dao động và va đập, không bị xoắn trong các rãnh, cho khoảng cách trục lớn và bánh đai nhỏ
	Linh hoạt, uốn cong bền; độ giãn nhỏ, phân phối lực đều trên các bánh đai
	Độ bền lực ngang và tính thích nghi với hình dạng rất tốt, ứng dụng trong bộ hộp số có thể điều chỉnh được tốc độ (Trang 429)

Đai thang được chế tạo thành một vòng tròn khép kín, bên trong là những lớp sợi tổng hợp xếp chồng lên nhau, bên ngoài là lớp vải cao su.

Đai thang được làm việc với bánh đai có xẻ rãnh hình thang tương ứng. Do diện tích tiếp xúc lớn và nhờ có rãnh hình nêm nên khả năng ma sát tốt. Đai thang được chế tạo theo tiêu chuẩn hoá.

* **Đai răng:** Được sử dụng phổ biến ở các loại ô tô công suất nhỏ, máy công cụ, máy in...



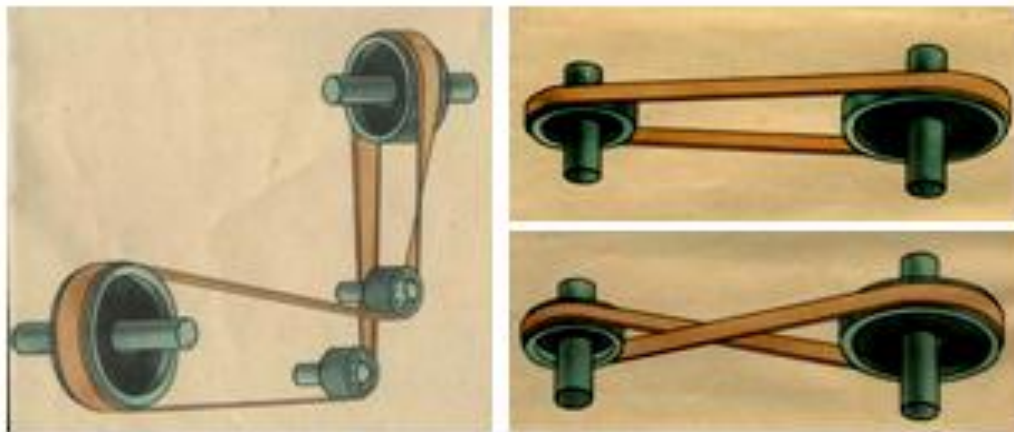
Hình: đai răng được sử dụng trong máy photocopy

b) Phân loại cơ cấu.

* Phân loại theo đây đai: + Bộ truyền đai phẳng + Bộ truyền đai thang + Bộ truyền đai tròn + Bộ truyền đai hình lược + Bộ truyền đai răng.

* Phân loại theo số cấp truyền: + Cơ cấu đai truyền đơn giản + Cơ cấu đai truyền nhiều cấp.

* Phân loại theo kiểu truyền động: truyền động giữa hai trục song song cùng chiều, truyền động giữa hai trục song song ngược chiều, truyền động giữa các trục chéo nhau hình sau.



Hình: các kiểu truyền động

Các thông số hình học & động học cơ bản:

Các thông số hình học

- Góc ôm trên bánh dẫn (bánh nhỏ)

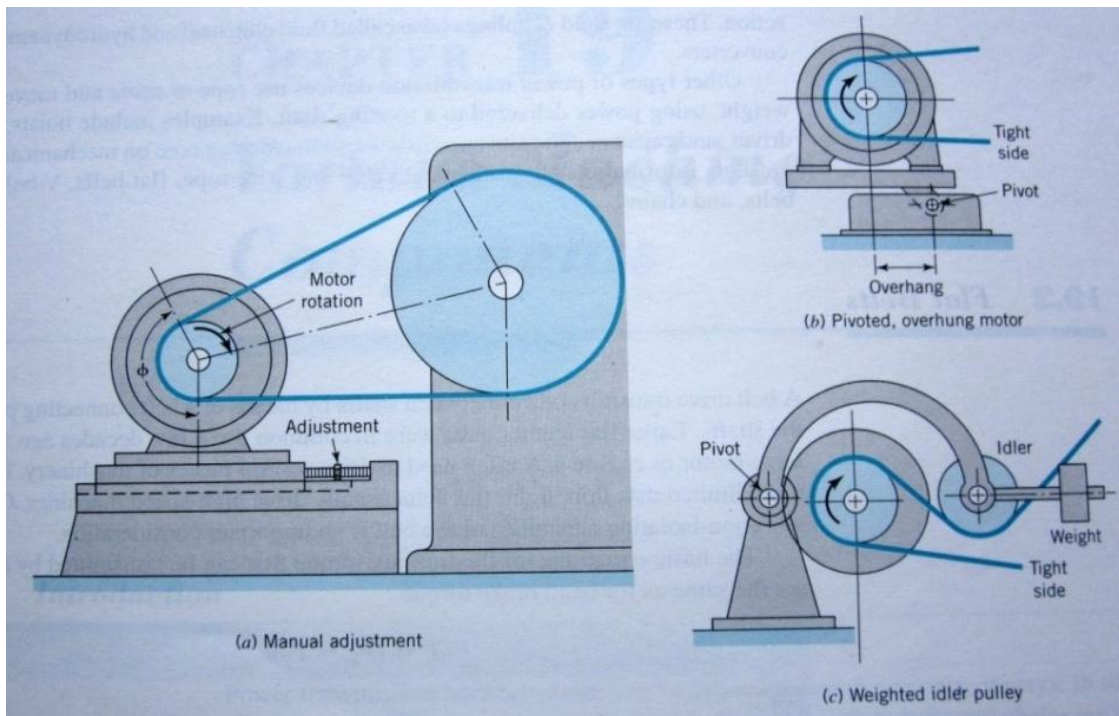
$$\Phi_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_1 - d_2}{a}$$

- Chiều dài đai:

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

- L chọn theo tiêu chuẩn, xác định a (khoảng cách trục)

$$a = \frac{k + \sqrt{k^2 - 8\Delta^2}}{4} \text{ với } k = L - \pi \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ và } \Delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$$



Các thông số động học

Gọi v_1, v_2 là vận tốc tiếp tuyến của hai điểm bất kỳ nằm trên dây (bánh dẫn) và dây (bánh bị dẫn). Khi không có hiện tượng trượt đai thì: $v_1 = v_2$

Mặt khác ta có: $v_1 = r_1 \cdot \omega_1; v_2 = r_2 \cdot \omega_2$

Suy ra: $r_1 \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \omega_2$, hay, $\omega_1 / \omega_2 = d_2 / d_1 = i_{12}$

Trong đó, i được gọi là tỉ số truyền của bộ truyền đai.

Nếu gọi n_1, n_2 là số vòng quay của các bánh dẫn và bánh bị dẫn trong một phút, ta có:

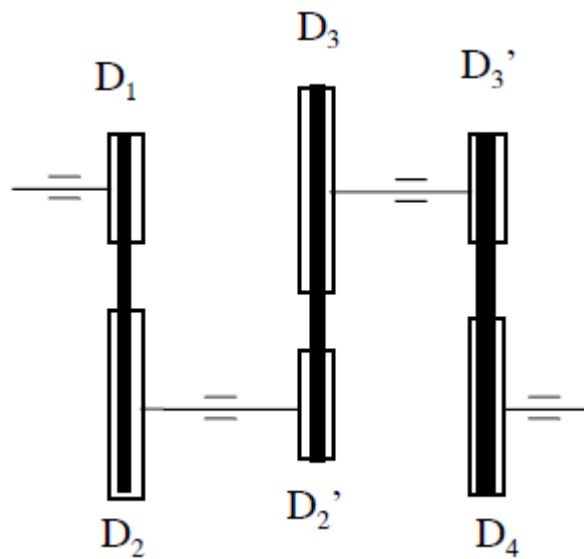
$$n_1/n_2 = d_2/d_1 = i_{12} \quad (3.16)$$

Nhận xét: Trong một bộ truyền, đường kính của các bánh đai tỷ lệ nghịch với số vòng quay của chúng.

Đối với bộ truyền đai nhiều cấp, ví dụ hình sau:

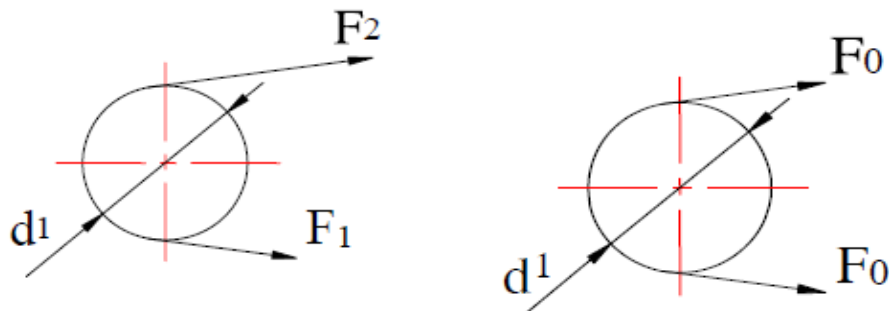
Tỷ số truyền từ bánh đai 1 đến bánh đai 4 là:

$$\begin{aligned} i_{14} = n_1/n_4 &= (n_1/n_2) \cdot (n_2/n_3) \cdot (n_3/n_4) = (n_1/n_2) \cdot (n_2/n_3) \cdot (n_3/n_4) \\ &= (d_2/d_1) \cdot (d_3/d_2) \cdot (d_4/D_3) \end{aligned}$$



Hình: bộ truyền đai nhiều cấp

Lực trên cơ cấu đai:



Hình: Lực tác dụng lên đai

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}; F_t = F_1 - F_2$$

Mô men có thể truyền trên đai:

$$T = (F_1 - F_2) \frac{d_1}{2} \text{ hoặc } T = F_t \frac{d_1}{2}$$

Chú ý: Công suất truyền

$$N = T \cdot \omega \text{ (W), khi } T \text{ (Nm), } \omega \text{ (rad/s)}$$

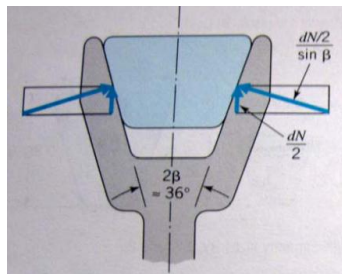
$$N = F_t \cdot V \text{ (W), khi } F_t \text{ (N), } V \text{ (m/s)}$$

$$V = \omega \cdot r = \frac{2\pi n}{60} \cdot r \text{ (m/s), khi } n \text{ (vòng/phút), } r \text{ (m)}$$

Lực ly tâm tạo ra lực căng phụ: $F_v = q_m \cdot V^2$ (N), khi q_m (kg/m), V (m/s)

Phương trình Euler có kể đến lực căng phụ:

$$\frac{F_1 - F_v}{F_2 - F_v} = e^{f' \Phi}, \text{ trong đó: } f' \text{ là hệ số ma sát thay thế, } f' = f / \sin \beta$$



Hình: Cách xác định góc β

ở đây: Φ được tính bằng đơn vị rad.

Lực tác dụng lên trục bánh đai:

$$F_r \approx 2F_0 \sin\left(\frac{\Phi}{2}\right)$$

Bài tập Chương 3: Cơ cấu đai:

Bài 1: Bộ truyền đai có góc ôm trên pully nhỏ là 150° . Lực căng trên nhánh chùng $F_2 = 40\text{N}$, pully nhỏ (gắn trên trục motor) có đường kính $d_1 = 100\text{mm}$; bỏ qua lực ly tâm, hệ số ma sát $f = 0,33$. Xác định momen tải của pully.

Bài 2: Trong một bộ truyền đai, bánh đai nhỏ 1 (bánh dẫn) có đường kính $d_1 = 100\text{mm}$, góc ôm $\Phi = 160^\circ$. Lực căng đai trên nhánh chùng là 40N , hệ số ma sát $f = 0,3$; bỏ qua lực ly tâm. Hãy xác định khả năng truyền momen của bánh đai.

Nếu thêm 1 bánh căng đai (hình vẽ), góc ôm tăng lên $\Phi = 200^\circ$. Nếu lực căng trên nhánh chùng không đổi, khả năng truyền momen của bánh đai tăng lên bao nhiêu phần trăm?

Bài 3: Một motor điện công suất 25HP, số vòng quay trên trục $n = 1750$ vòng/phút, được dùng để dẫn động cho 1 máy công tác, thông qua 1 bộ truyền đai thang gồm nhiều đai. Đai thang (size 5V) được sử dụng có góc nghiêng $2\beta = 36^\circ$, trọng lượng riêng trên chiều dài đơn vị là $Q_m = 2,2$ N/m. Bánh đai (nhỏ, bánh 1) lắp trên trục motor có đường kính (danh nghĩa) là $d_1 = 90$ mm, góc ôm $\Phi = 165^\circ$. Giả sử lực căng đai tối đa (cho phép) là 670N và hệ số ma sát (nhỏ nhất) là $f = 0,2$. Hãy xác định:

1. Số dây đai cần thiết.
2. Lực tác dụng lên trục 1 bánh đai

Bài giải (mẫu)

Thừa nhận:

- Đai chỉ chịu 1 lực căng tối đa là 670N \Rightarrow Lực căng đai trên nhánh căng tối đa là $F_1 = 670$ N.
 - Hệ số ma sát có giá trị là $f = 0,2$.
 - Bộ truyền đai truyền công suất 25HP và công suất truyền được chia đều cho mỗi đai.
1. Số đai cần thiết, $Z = ?$

Phương trình Euler có tính đến tác dụng của lực ly tâm:

$$\frac{F_1 - F_v}{F_2 - F_v} = e^{f' \Phi_1}, \quad \text{ở đây: } f' = f / \sin\beta$$

- Tính F_v : $F_v = q_m \cdot V^2$

$$Q_m = q_m \cdot g, \text{ chọn } g = 10 \text{m/s}^2 \Rightarrow q_m = Q_m / g = 0,22 \text{ (kg/m)}$$

$$V = \omega_1 \cdot r_1 = \frac{2\pi n_1}{60} \cdot \frac{d_1}{2} = \frac{\pi \cdot 1750}{60} \cdot 90 \cdot 10^{-3} \approx 8,3 \text{ (m/s)}$$

$$\Rightarrow F_v = (0,22) \cdot (8,3)^2 = 15,2 \text{ (N)}$$

- Tính $e^{f' \Phi_1}$

$$\Phi_1 = 165^\circ = 2,88 \text{ (rad)}; f' = \frac{0,2}{\sin(18^\circ)} = \frac{2}{3} \Rightarrow e^{\frac{2}{3} \cdot 2,88} = 6,45$$

- Xác định lực vòng F_t ; $F_t = F_1 - F_2$

Dùng phương trình Euler:

$$\frac{670-15,2}{F_2-15,2} = 6,45 \Rightarrow F_2 = 116,7 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow F_t = F_1 - F_2 = 670 - 116,7 = 553,3 \text{ (N)}$$

- Số đai cần thiết, Z

Công suất truyền trên mỗi đai là: $N_1 = F_t \cdot V = 553,3 \cdot 8,3 = 4592 \text{ (W)}$

Tổng số đai cần thiết là:

$$Z = \frac{N}{N_1} = \frac{0,75 \cdot 25 \cdot 10^3}{4592} = 4,083 \text{ (đai)}$$

Chọn $Z = 4$

2. Lực tác dụng lên trục là:

Lực tác dụng của mỗi đai lên trục:

$$F_r = 2F_0 \cdot \sin\left(\frac{\Phi_1}{2}\right) = (F_1 + F_2) \cdot \sin\left(\frac{\Phi_1}{2}\right)$$

$$= (670 + 116,7) \cdot \sin\left(\frac{165^\circ}{2}\right) = 779 \text{ (N)}$$

Tổng lực tác dụng lên trục là:

$$F_{r(\text{tổng})} = Z \cdot F_r = 4 \cdot 779 = 3116 \text{ (N)}$$

Bài 4: Một bộ truyền đai thang (đơn, 1 đai) có $2\beta = 36^\circ$, được sử dụng để truyền công suất từ pully dẫn có $d_1 = 125\text{mm}$, $n_1 = 3500$ vòng/phút đến pully bị dẫn có $d_2 = 250\text{mm}$; góc ôm trên pully dẫn là $\Phi = 170^\circ$; hệ số ma sát (nhỏ nhất) $f = 0,2$. Lực căng tối đa (cho phép) của đai là 1120N . Hãy xác định công suất tối đa (cho phép) có thể được truyền bởi bộ truyền này.

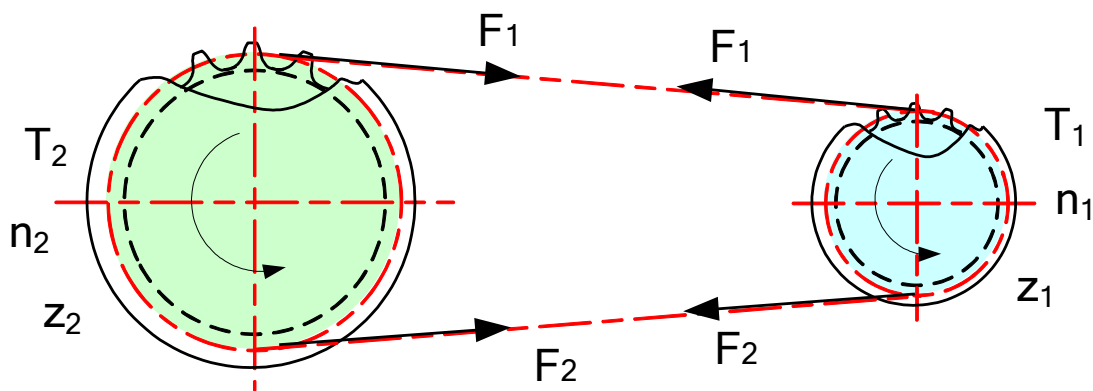
- a) Hãy xác định giá trị của F_1 và F_2 khi bộ truyền hoạt động tại tốc độ như cũ nhưng chỉ truyền công suất 3HP.

Bài 5: Review the website <http://www.grainger.com>. Perform for product search for V-belts. Select an A-type V-belt with a length of 32 in. List the manufacturer, description, and price.

3.4.3. Cơ cấu xích

Khái niệm:

Nguyên lý làm việc



Hình: mô tả bộ truyền xích

Bộ truyền xích thực hiện truyền động từ bánh xích chủ động (bánh 1) sang bánh xích bị động (bánh 2) nhờ vào sự ăn khớp giữa răng trên đĩa xích và các mắt xích.

Phân loại

Theo công dụng chung, xích được chia làm ba loại: xích kéo; xích tải và xích truyền động.



Hình: Xích tải (xích chuỗi) & xích truyền động (xích bản lè)

Trong chương này chúng ta chỉ tìm hiểu về xích truyền động. Xích truyền động được chia làm 3 loại chính: xích ống, xích con lăn và xích răng.

Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

Ưu điểm:

- Không có hiện tượng trượt như bộ truyền đai, có thể làm việc khi có quá tải đột ngột, hiệu suất cao.
- Không đòi hỏi phải căng xích, nên lực tác dụng lên trục và ổ nhỏ hơn
- Kích thước bộ truyền nhỏ hơn bộ truyền đai nếu cùng công suất
- Góc ôm không có ý nghĩa như bộ truyền đai nên có thể truyền cho nhiều bánh xích bị dẫn

Nhược điểm:

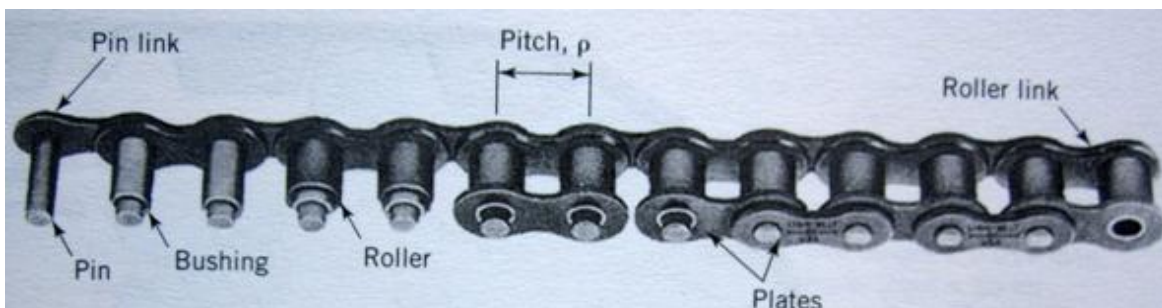
- Bản lề xích bị mòn nên gây tải trọng động, ồn.
- Có tỉ số truyền tức thời thay đổi, vận tốc tức thời của xích và bánh bị dẫn thay đổi.
- Phải bôi trơn thường xuyên và phải có bánh điều chỉnh xích.
- Mau bị mòn trong môi trường có nhiều bụi hoặc bôi trơn không tốt.

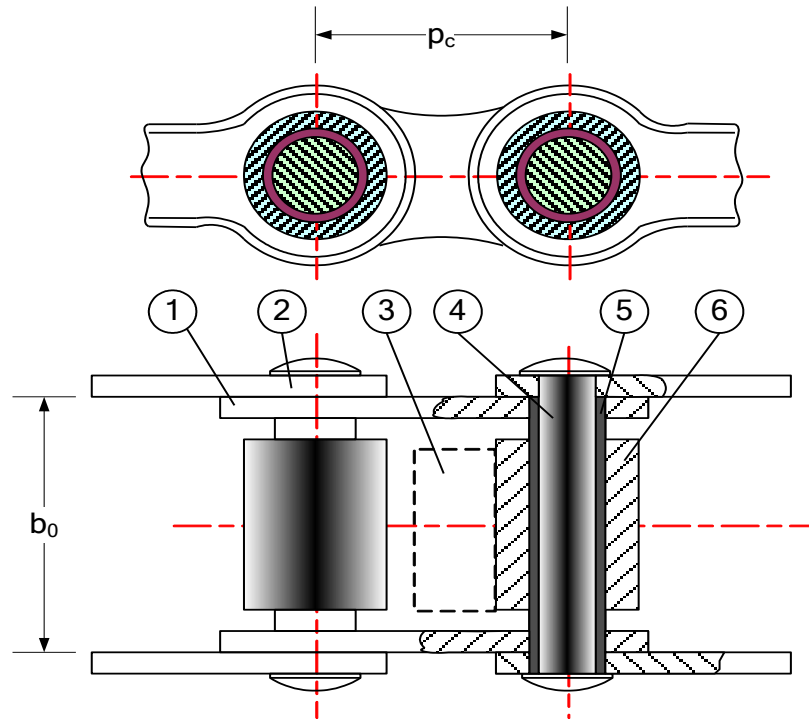
Phạm vi sử dụng

- Truyền công suất và chuyển động giữa trục có khoảng cách xa, cho nhiều trục đồng thời trong trường hợp $n < 500v/p$
- Công suất truyền thông thường $< 100 \text{ kW}$
- Tỉ số truyền < 6 , hiệu suất $0,95..0,97$

Kết cấu xích truyền động

a) **Kết cấu xích con lăn & xích ống con lăn, hình sau.**





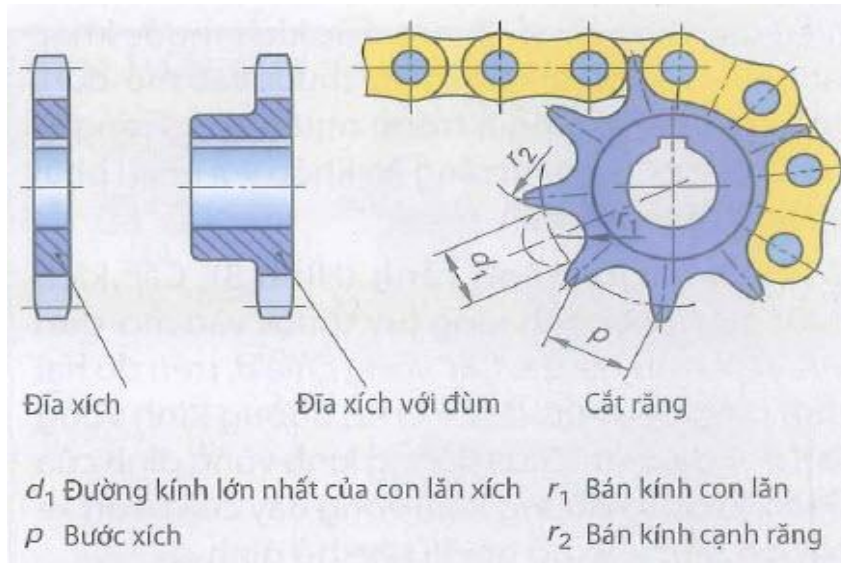
Hình: cấu tạo của xích con lăn & xích ống con lăn

Má trong 1 (lắp chặt với ống 5), xen kẽ với má ngoài 2 (lắp chặt với chốt 4), có thể xoay tương đối với nhau. Ống 5 và chốt 4 có khe hở cho phép xoay tương đối với nhau, tạo thành bản lề.

Xích ống con lăn giống xích con lăn nhưng không có con lăn 6, nên mòn nhanh hơn. Tuy nhiên, khối lượng nhỏ và giá thành thấp hơn.

Kết cấu đĩa xích

Kết cấu đĩa xích như hình trên. Biên dạng và kích thước răng xích phụ thuộc vào loại và kích thước của xích.



Hình: mô tả đĩa xích

Thông số hình học cơ cấu xích

Bước xích p_c , được chọn theo tiêu chuẩn, là thông số cơ bản bộ truyền xích. Bước xích càng lớn thì khả năng tải càng cao, tuy nhiên, tải trọng động, va đập và tiếng ồn cũng tăng theo, nhất là khi làm việc với vận tốc cao. Để tăng khả năng tải có thể tăng số dây xích (xích ống con lăn) hoặc tăng chiều rộng xích (xích răng).

Số răng đĩa xích: thông thường $Z_1 < Z_2$, nếu số răng nhỏ thì xích mau bị mòn (vì góc xoay bản lề lớn) và tải trọng động cũng như va đập. Do đó, ta hạn chế số răng nhỏ nhất. Thông thường, khi $v \geq 2\text{m/s}$ thì $z_{\min} \geq 19$, khi $v \leq 2\text{m/s}$ thì $z_{\min} = 11 \dots 15$. Trong thiết kế có thể tính theo công thức: $z_1 = 29 - 2u$. Để tránh tuôn xích khi xích mòn, phải hạn chế số răng lớn nhất. $z_{\max} \leq 100 \dots 120$ (xích con lăn), $z_{\max} \leq 120 \dots 140$ (xích răng).

Số răng đĩa xích nên lấy theo số lẻ vì khi đó mỗi răng xích sẽ lần lượt ăn khớp với tất cả các mắt xích, như vậy răng xích sẽ mòn đều hơn.

Đường kính vòng chia, vòng tròn chia đi qua tâm bản lề xích, được xác định theo công thức:

$$d = \frac{p_c}{\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} \approx \frac{p_c z}{\pi} \quad (3.17)$$

Khoảng cách trục a và số mắt xích X

- Khoảng cách trục a_{\min} được giới hạn bởi khe hở nhỏ nhất của hai đĩa xích từ 30..50mm

- Chiều dài xích xác định theo công thức:

$$L = 2a + \pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a} \quad (3.18)$$

- Số mắt xích X : (*nên chọn là số chẵn*)

$$X = \frac{L}{p_c} = \frac{2a}{p_c} + \frac{(z_1 + z_2)}{2} + \frac{[(z_2 - z_1)/2\pi]^2 p_c}{a} \quad (3.19)$$

Thông số về vận tốc và lực.

Vận tốc trung bình bộ truyền xích:

$$v = \frac{n.z.p_c}{60000} \quad (3.20)$$

n – số vòng quay của đĩa xích; z – số răng của đĩa xích; và p_c – bước xích

Tỉ số truyền trung bình: $u = n_1 / n_2 = z_2 / z_1$ (3.21)

Thông thường $u \leq 8$

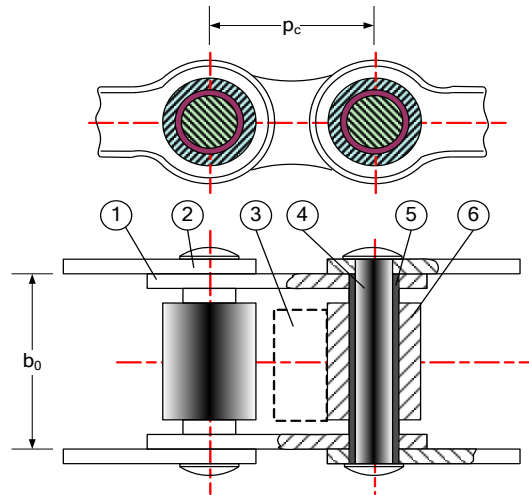
Lực tác dụng trong bộ truyền xích: lực vòng F_t liên hệ với lực trên nhánh căng F_1 và nhánh chùng F_2 là:

$$F_1 - F_2 = F_t \quad (3.22)$$

Bài tập Chương 3: Cơ cấu xích

Bài 1: Hãy nêu ưu-nhược điểm của cơ cấu xích so với cơ cấu đai.

Bài 2: Dựa vào hình vẽ sau, hãy trình bày cấu tạo của xích con lăn.



Bài 3: Review the website <http://www.grainger.com>. Conduct a product search for roller chains. Select an ANSI #40, standard single-riveted steel roller chain. List the manufacturer, description, and price.

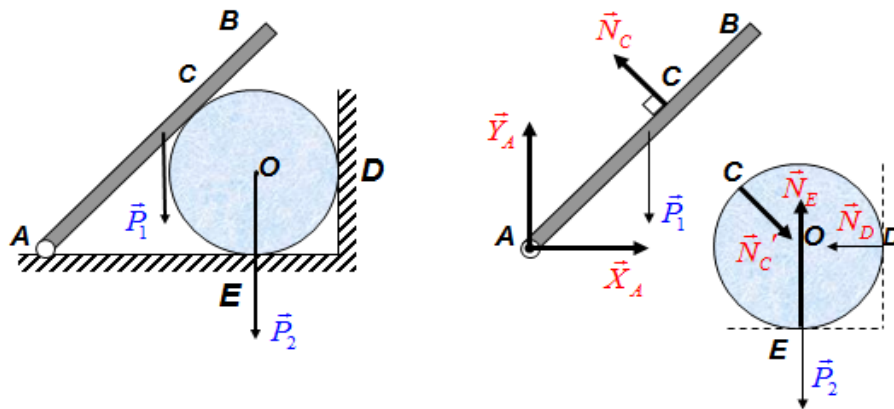
CHƯƠNG 4: CÁC BỘ PHẬN CỦA MÁY – CHI TIẾT MÁY (CTM)

4.1. Khái niệm cơ bản về CTM – Chỉ tiêu làm việc

4.1.1. Tải trọng & Ứng suất

Tải trọng:

Tải trọng tác dụng lên 1 vật thể, 1 chi tiết máy là lực từ bên ngoài tác dụng vào vật thể bao gồm ngoại lực và phản lực liên kết, hình 1.



Hình 1: Ngoại lực gồm lực bên ngoài (trọng lực) & các phản lực

Nội lực:

Trong vật thể, giữa các phần tử cấu tạo lên vật có các lực liên kết để giữ cho vật có một hình dạng nhất định. Khi có ngoại lực tác dụng, lực liên kết đó sẽ tăng lên để chống lại biến dạng do ngoại lực gây ra. Phản lực liên kết tăng thêm đó được gọi là nội lực.

Nội lực là độ tăng của lực liên kết giữa các phần tử cấu tạo lên vật khi chúng bị biến dạng. Nội lực là lực thụ động, nó chỉ xuất hiện khi có ngoại lực tác dụng vào vật.

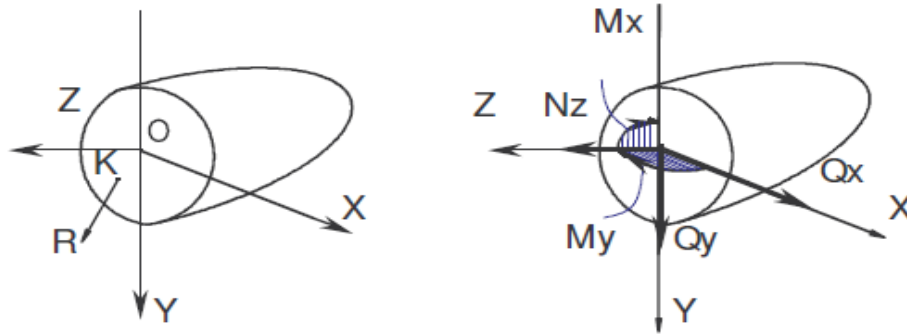
Trong trường hợp tổng quát, nội lực trên 1 mặt cắt ngang có thể thu gọn thành một lực R và một mô men M, hình 2. Để tiện tính toán người ta thường chia lực R làm ba thành phần theo ba phương x, y, z, bao gồm:

- + Thành phần lực nằm trên trục z gọi là **lực dọc**, ký hiệu N_z .
- + Thành phần lực nằm trên trục x và y gọi là lực ngang (**lực cắt**), ký hiệu Q_x, Q_y .

Mô men M cũng được chia làm ba thành phần:

+ Thành phần mô men quay xung quanh các trục x và y gọi là mô men uốn ký hiệu là: M_x, M_y

+ Thành phần mô men quay xung quanh trục z gọi là mô men xoắn, ký hiệu là: M_z



Hình 2: các thành phần nội lực

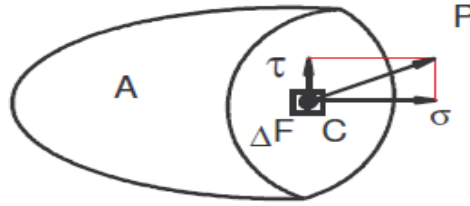
Sáu thành phần đó gọi là sáu thành phần nội lực, tuy nhiên, không phải bao giờ trên mọi mặt cắt ngang đều có đủ sáu thành phần nội lực. Tùy từng trường hợp chịu lực, trên mặt cắt ngang có thể chỉ có một thành phần, ta gọi đó là chịu lực đơn giản. Nếu trên mặt cắt ngang có nhiều thành phần nội lực thì ta gọi đó là chịu lực phức tạp.

Ứng suất:

Như ta đã biết, sự biến dạng của vật thể phụ thuộc vào ngoại lực tác dụng và khả năng chống lại sự biến dạng của vật thể.

Khả năng chống lại sự biến dạng của vật thể bao gồm nhiều yếu tố, nhưng chủ yếu là hai yếu tố cơ bản là vật liệu cấu tạo lên vật thể và kích thước của vật thể. Ứng với mỗi loại vật liệu khác nhau thì khả năng chống lại sự biến dạng cũng khác nhau. Kích thước của vật thể càng lớn thì khả năng chống lại biến dạng sẽ tốt hơn ứng với cùng một loại vật liệu như nhau.

Đặc trưng cho khả năng chống lại biến dạng (khả năng chịu lực) trên một đơn vị diện tích mặt cắt ngang được gọi là ứng suất.



Hình 3: mô tả ứng suất

Ứng suất tại một điểm nào đó trên mặt cắt ngang là cường độ nội lực tại điểm đó.

Đơn vị của ứng suất là: N/mm^2 , kN/mm^2 ; N/cm^2 , kN/cm^2 .

Giả sử lấy 1 điểm C nào đó trên mặt cắt phần A. Ta lấy 1 diện tích ΔF chứa C. Trên diện tích ΔF có nội lực phân bố với hợp lực là véc tơ ΔP , hình 3.

Ta có: $\Delta P/\Delta F = p_{tb}$, được gọi là *ứng suất trung bình* tại C.

Nếu ΔF tiến đến 0 thì p_{tb} tiến đến một giới hạn. Giới hạn đó được gọi là *ứng suất toàn phần* tại điểm C, ký hiệu là p .

$$p = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F}$$

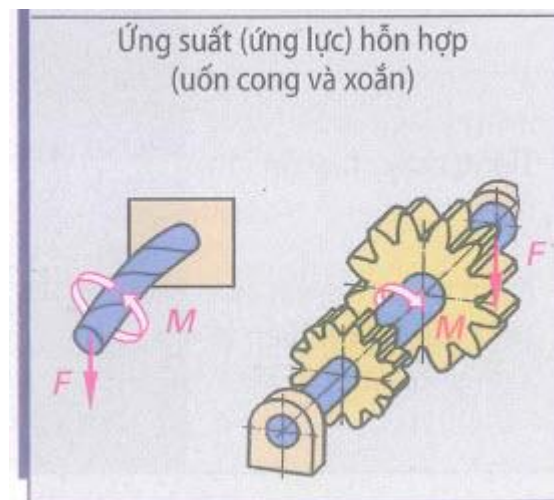
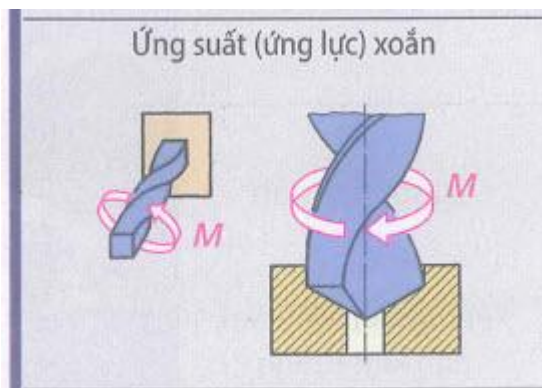
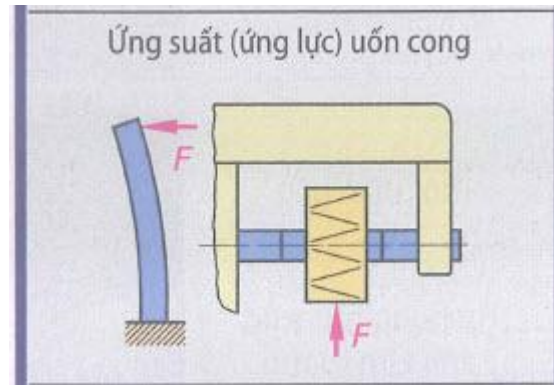
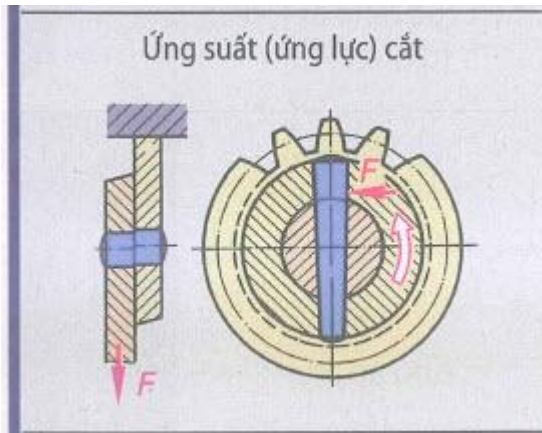
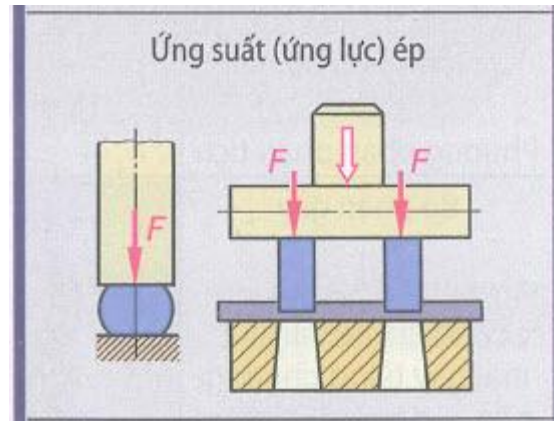
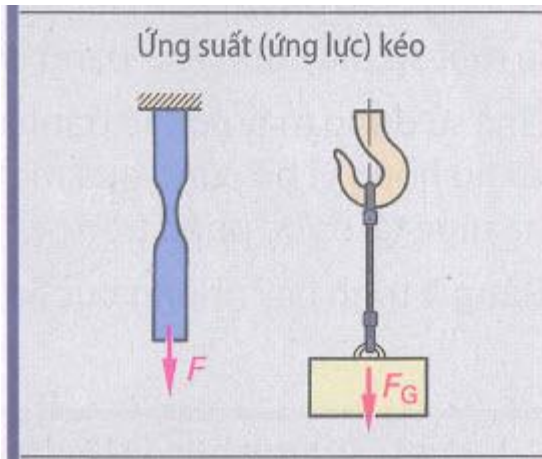
Trong tính toán thường chia ứng suất ra làm hai thành phần, hình 1.3.

Thành phần vuông góc với mặt cắt ngang gọi là *ứng suất pháp*, ký hiệu là σ .

Thành phần nằm trong mặt cắt gọi là *ứng suất tiếp*, ký hiệu là τ .

$$\text{Nhu vậy, } p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

Ứng suất xuất hiện trong CTM do lực và moment tác dụng vào chúng. Các loại ứng suất (US) bao gồm: US kéo, US nén, US cắt, US uốn, US xoắn, và US hỗn hợp khi đồng thời xuất hiện các loại ứng suất trên, hình 4.



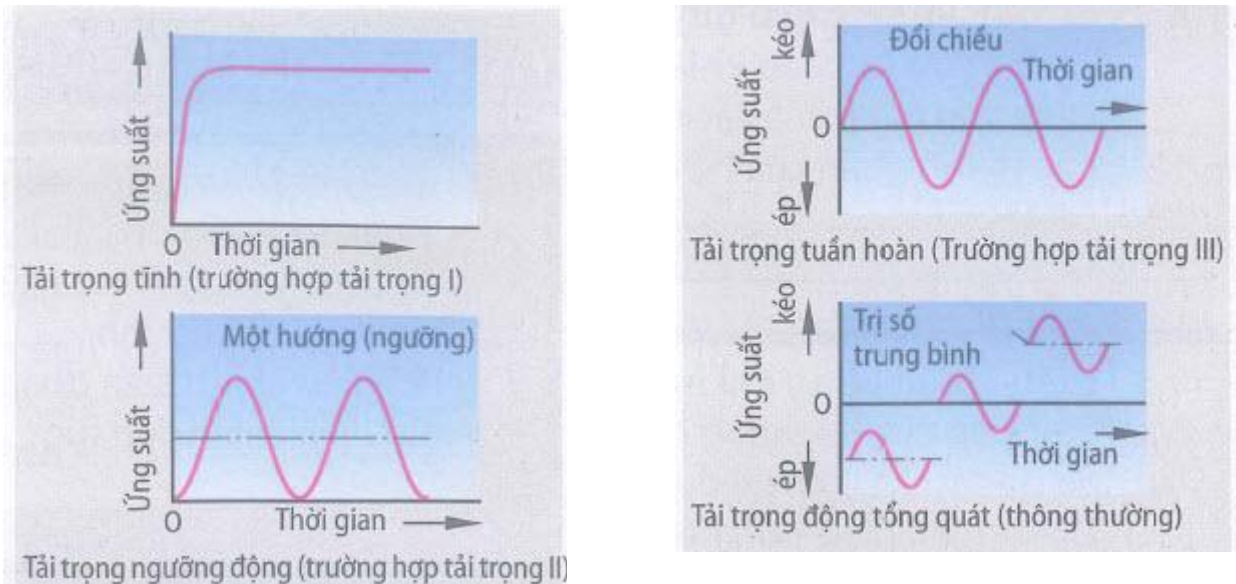
Hình 4: Lực, momen tác dụng & các loại ứng suất tương ứng

Ứng suất làm cho vật liệu bị gãy – hỏng được gọi là **độ bền của vật liệu** đó. Đối với mỗi loại ứng suất ta có một độ bền tương ứng; ví dụ độ bền kéo cho ứng suất kéo, độ bền nén cho ứng suất nén

Các loại tải trọng:

Tải trọng tác dụng vào CTM có thể nhận những độ lớn khác nhau theo trình tự thời gian của chúng, ta có các loại tải trọng sau, hình 5:

Tải trọng tĩnh (trường hợp tải trọng I) tác động lực vào CTM tăng lên và từ đó US tăng từ không đến trị số tối đa và sẽ không đổi. Ví dụ tải trọng trên trục truyền của 1 quạt máy lúc bật lên tạo ra ứng suất trong trục tăng từ không đến trị số tối đa và giữ không đổi.



Hình 5: Đặc điểm của tải trọng tĩnh & tải trọng động

Tải trọng động là tải trọng tạo ra US thay đổi theo thời gian; ví dụ tải trọng ngưỡng động (trường hợp tải trọng II), tải trọng tuần hoàn (trường hợp tải trọng III), hoặc tải trọng tổng quát (thông thường).

Các loại ứng suất:

Ứng suất giới hạn quyết định, σ_{lim} , của 1 CTM, 1 bộ phận máy là US gây ra gãy hỏng hoặc biến dạng hư hại; US này phụ thuộc vào vật liệu, trường hợp tải và loại ứng suất. Vì thế ở trường hợp ứng suất kéo tĩnh (tải trọng tĩnh gây ra US kéo), vật liệu dẻo,

ứng suất giới hạn quyết định sẽ là **giới hạn đàn hồi R_e** hay **giới hạn giãn nở 0,2% $R_{p0,2}$** ; đối với vật liệu giòn là độ bền kéo R_m . Với ứng suất động (gây ra bởi tải trọng động), ứng suất giới hạn quyết định là **độ bền mỏi**.

Ứng suất cho phép:

Vì nguyên nhân an toàn, US cho phép $[\sigma]$ phải nhỏ hơn US giới hạn quyết định, được xác định bởi:

$[\sigma] = \sigma_{lim}/n$; trong đó $n > 1$ được gọi là **hệ số an toàn**.

Ví dụ: vật liệu (dẻo) của 1 sợi dây chịu kéo có giới hạn đàn hồi là $R_e = 540 \text{ N/mm}^2$. Ứng suất cho phép sẽ là bao nhiêu khi hệ số an toàn là $n = 1,8$?

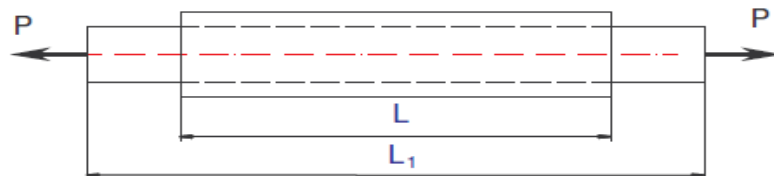
Lời giải: $[\sigma] = R_e/n = (540 \text{ N/mm}^2)/1,8 = 300 \text{ N/mm}^2$.

Khái niệm về biến dạng:

Sự biến dạng của vật thể phụ thuộc vào nhiều các yếu tố, nhưng chủ yếu là phụ thuộc vào vật liệu, kích thước vật thể và cường độ ngoại lực tác dụng vào vật thể.

Sự biến dạng của vật thể cũng rất đa dạng, nó phụ thuộc vào hướng tác dụng lực, điểm đặt lực... ; người ta chia biến dạng của vật thể ra làm hai loại cơ bản là biến dạng dài và biến dạng góc.

Biến dạng dài: Là loại biến dạng mà các mặt cắt ngang trên thanh có sự thay đổi về khoảng cách, ví dụ thanh chịu kéo như hình 6.



Hình 6: biến dạng dài của thanh

Để đặc trưng cho biến dạng dài, người ta đưa vào khái niệm độ biến dạng dài tuyệt đối (độ dãn dài tuyệt đối) ký hiệu là Δl : $\Delta l = L_1 - L$

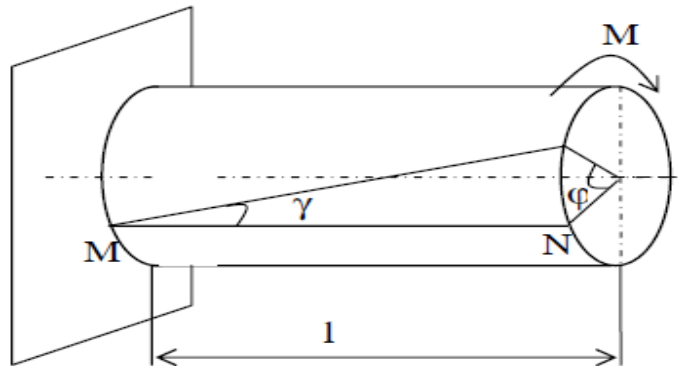
Trong đó: L - là chiều dài ban đầu của thanh (cm); L_1 - là chiều dài của thanh sau khi biến dạng (cm); Tỷ số, $\epsilon = \Delta l/L$

; được gọi là độ biến dạng dài tỷ đối (độ biến dạng dài tương đối).

Biến dạng góc (biến dạng trượt): là loại biến dạng mà khoảng cách giữa các mặt cắt ngang trên thanh không có sự thay đổi, nhưng giữa chúng có hiện tượng trượt tương đối với nhau.

Ví dụ khi thanh tròn chịu xoắn, biến dạng của thanh được thể hiện bởi sự xoay của mặt cắt ngang quanh trục của nó. Góc xoay giữa hai mặt cắt được gọi là góc xoắn của đoạn thanh giới hạn bởi các mặt cắt đó. Xét đoạn thanh chịu xoắn như hình 7.

Sau khi biến dạng mặt cắt tại khoảng cách l sẽ xoay đi một góc φ so với mặt cắt tại ngàm, gọi là **góc xoắn hay góc xoay** giữa 2 mặt cắt ngang.



Hình 7: mô tả biến dạng của thanh tròn chịu xoắn

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nội lực là gì?
2. Người ta phân biệt những loại tải trọng nào? Hãy vẽ đồ thị mô tả tải trọng tuần hoàn.
3. Ứng suất là gì? Ứng suất phụ thuộc vào yếu tố nào? Kể tên các loại ứng suất và cho các ví dụ tương ứng.
4. Độ bền của 1 vật liệu được hiểu như thế nào?
5. Ứng suất cho phép là gì? Cách xác định ứng suất cho phép?

6. Cho biết kích thước ban đầu (khi chưa chịu tải) của 1 thanh là 500mm; sau khi chịu tải kéo thanh có chiều dài là 550mm.

a) Hãy xác định độ giãn dài tuyệt đối của thanh.

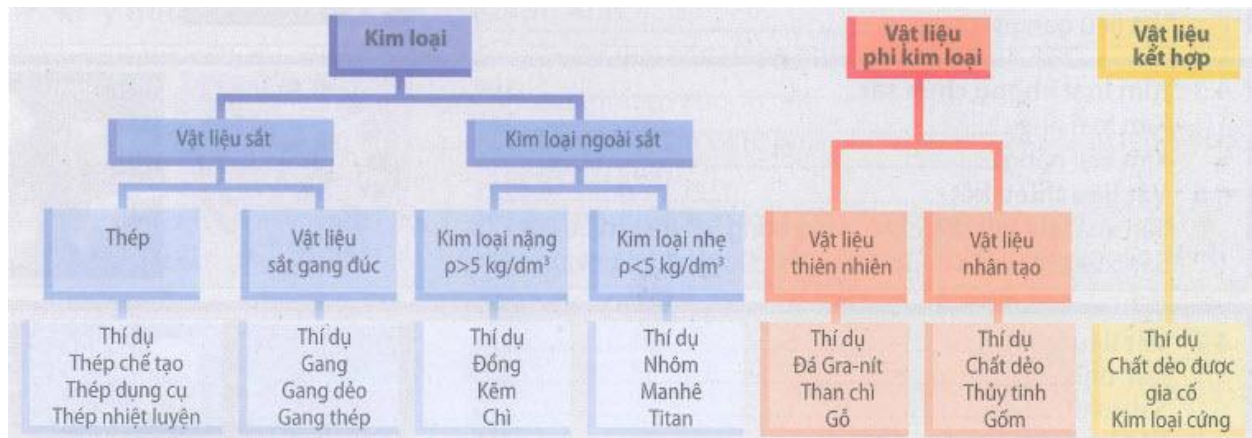
b) Hãy xác định độ biến dạng dài tương đối của thanh.

4.1.2. Các khái niệm cơ bản về CTM

Đại cương về vật liệu:

Phân loại vật liệu:

Để có cái nhìn tổng quát về tính đa dạng của vật liệu, người ta sắp xếp thành từng nhóm vật liệu theo thành phần hỗn hợp (hợp kim) hoặc theo cùng đặc tính trong nhóm vật liệu, hình 1.



Hình 1: Phân loại vật liệu thành nhóm

Ba nhóm chính của vật liệu là kim loại, phi kim loại và vật liệu kết hợp. Chúng có thể được tiếp tục chia thành nhóm phụ, thí dụ như vật liệu sắt chia thành 2 nhóm phụ là vật liệu thép và vật liệu gang hoặc kim loại ngoài sắt phân ra 2 nhóm kim loại nặng và kim loại nhẹ.

Vật liệu kim loại:

+ **Thép:** Thép là những vật liệu gốc sắt. với độ bền cao. Chúng được chủ yếu đưa vào sản xuất những cơ phận phải chịu và truyền lực: ốc, vít, bulông, bánh xe răng, prôfin (thép hình), trục, hình 2.

+ **Gang sắt đúc:** Gang sắt là những vật liệu gốc sắt có tính dễ đúc. Gang được đúc thành

cấu kiện có hình dáng phức tạp mà phương pháp đúc dễ thực hiện nhất, thí dụ thân hộp động cơ, hình 2.



Hình 2: Chi tiết bằng vật liệu sắt

+ **Kim loại nặng:** (Tỷ trọng ρ nặng hơn 5 kg/dm^3)

Kim loại nặng như là đồng, kẽm, crôm, kền, chì. Chúng được sử dụng vì những đặc tính điển hình. Thí dụ như đồng dùng làm dây quấn động cơ điện và máy phát điện vì khả năng dẫn điện tốt, hình 3; **Crôm** và **kền**, thí dụ là các yếu tố hợp kim trong thép để đạt được các tính chất nhất định hoặc để cải thiện.



Hình 3: Cấu kiện bằng kim loại ngoài sắt

+ **Kim loại nhẹ:** (Tỷ trọng ρ nhẹ hơn 5 kg/dm^3)

Kim loại nhẹ là nhôm, manhê và ti-tan. Đây là những vật liệu nhẹ có loại có độ bền cao. Lĩnh vực ứng dụng chính của chúng là những cấu kiện nhẹ, thí dụ cho ô tô hoặc máy bay, hình 3.

Vật liệu phi kim loại:

+ **Vật liệu thiên nhiên:** đây là những chất có trong thiên nhiên như các loại đá hoặc gỗ. Ứng dụng: thí dụ đá granit dùng làm nền cho bàn kiểm tra (bàn máp, marbre), hình 4.



Hình 4: Cấu kiện bằng vật liệu phi kim loại

+ **Vật liệu nhân tạo:** thuộc vào loại này là nhóm vật liệu lớn gốc chất dẻo cũng như thủy tinh và gốm. Chất dẻo có đặc điểm nhẹ, cách điện, từ loại mềm dẻo như cao su đến loại đã định hình (dạng ổn định) và cứng, ứng dụng của chúng rất đa dạng từ vật liệu làm bánh xe cho đến cấu kiện của hộp số nhỏ, hình 4. Vật liệu gốm trong công nghiệp được ứng dụng vì độ cứng và độ bền mài mòn thí dụ như mảnh dao cắt, vòi phun, vòng trượt.

Vật liệu kết hợp (compozit)

Vật liệu kết hợp được thành hình do sự kết nối của nhiều loại vật liệu với nhau và thống nhất trong một vật liệu mới có những đặc tính ưu điểm của từng vật liệu riêng lẻ. Thí dụ **chất dẻo được gia cố bằng sợi thủy tinh** có độ bền cao, dẻo dai và nhẹ, hình 5.

Một loại vật liệu kết nối khác là **kim loại cứng**, có độ cứng của hạt cứng và độ dẻo của kim loại kết nối, hình 5. Kim loại cứng được dùng làm vật liệu cắt.



Hình 5: Cấu kiện bằng vật liệu composit

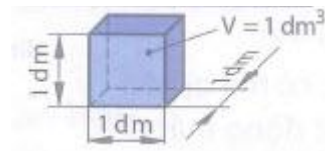
Lý tính của vật liệu:

Lý tính mô tả đặc tính của vật liệu, không lệ thuộc vào hình dáng, được thể hiện qua những đại lượng vật lý.

Tỉ trọng:

Tỉ trọng là tỉ số của khối lượng m và dung tích V của 1 thể tích

$$\rho = m/V$$



Người ta có thể tưởng tượng bằng hình ảnh tỉ trọng là khối lượng của một khối vuông đều cạnh với cạnh dài 1dm. Đơn vị tỉ trọng là kg/dm^3 , g/cm^3 , hoặc t/m^3 cho chất đặc và chất lỏng, hoặc kg/m^3 cho chất khí, bảng 1.

Bảng 1: Tỉ trọng của các chất			
Chất	Tỉ trọng kg/dm^3	Chất	Tỉ trọng kg/dm^3
Nước	1	Đồng	8,9
Nhôm	2,7	Chì	11,3
Thép thường	7,8	Vonfram	19,3
Không khí (0°C, 1,013 bar): $\rho=1,29 kg/m^3$			

Điểm hoá lỏng (nhiệt độ nóng chảy):

Điểm hóa lỏng là nhiệt độ từ đó vật liệu bắt đầu nóng chảy. Điểm này được đặt đơn vị là

độ Celcius (°C) hay độ Kelvin (K), bảng 2.

Kim loại nguyên chất có một điểm hóa lỏng chính xác, tuy nhiên, kim loại hỗn hợp (hợp kim), thí dụ như thép và hợp kim CuZn, có một khoảng hóa lỏng.

Chất	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Chất	Nhiệt độ nóng chảy (°C)
Thiếc	232	Đồng	1083
Chì	327	Sắt	1536
Nhôm	658	Vonfram	3387

Chất	Phần trăm	Chất	Phần trăm
Đồng	100%	Kẽm	29%
Bạc	106%	Sắt, thép	17%
Nhôm	62%	Chì	8%

Tính dẫn điện (khả năng dẫn điện):

Tính dẫn điện mô tả khả năng dẫn điện của 1 chất.

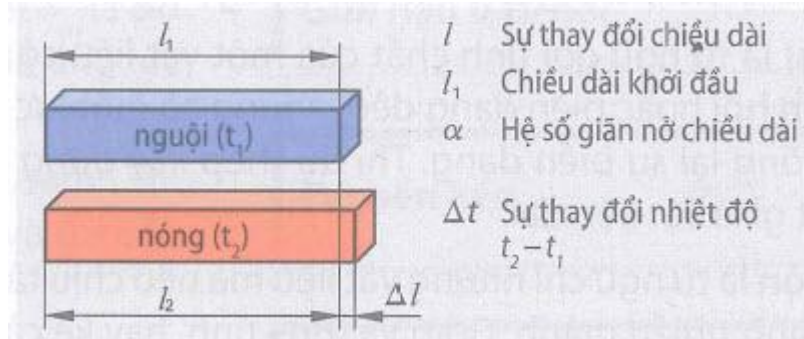
Bạc, đồng, nhôm là những chất dẫn điện rất tốt. Chúng được dùng làm vật liệu dẫn điện, bảng 3.

Những chất không dẫn điện được gọi là vật liệu cách điện. Thuộc vào nhóm này là những chất dẻo, gốm, thủy tinh.

Giãn nở chiều dài do nhiệt, hình 6.

Hệ số giãn nở nhiệt theo chiều dài, α , là độ dài thay đổi Δl của một vật thể có chiều dài l_m khi nhiệt độ thay đổi $\Delta t = 1^\circ\text{C}$.

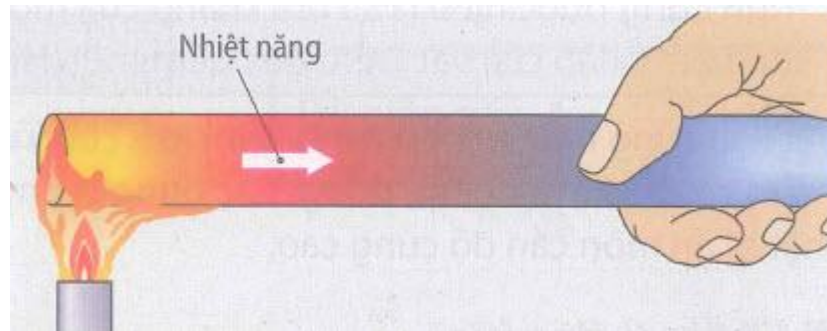
Sự gia tăng chiều dài Δl ở dụng cụ đo đạc, ở cấu kiện hoặc ở chi tiết gang đúc phải được lưu tâm giải quyết. Những chi tiết gang bị rút nhỏ lại sau khi đúc, phải được thêm kích thước để bù trừ.



Hình 6: Giãn nở chiều dài do nhiệt

Tính dẫn nhiệt:

Tính dẫn nhiệt là thước đo về khả năng hấp thụ nhiệt lượng của 1 chất, hình 7.



Hình 7: Tính dẫn nhiệt

Kim loại có khả năng dẫn nhiệt cao, đặc biệt là đồng, nhôm và sắt hoặc thép. Chất dẻo, thủy tinh, không khí có khả năng dẫn nhiệt thấp, chúng được dùng để cách nhiệt.

Tính cơ học – công nghệ của vật liệu:

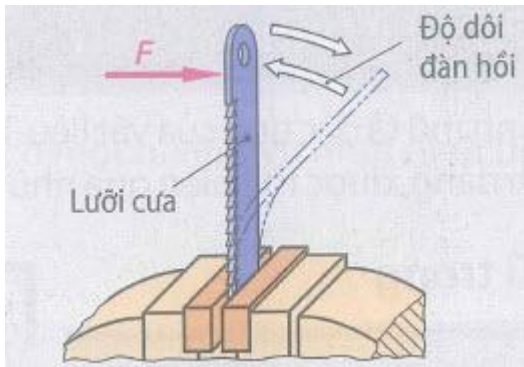
Tính cơ học - công nghệ là đặc trưng cho sức chịu đựng của vật liệu dưới tác động lực trong trường hợp sử dụng và sản xuất của cấu kiện.

Biến dạng đàn hồi & biến dạng dẻo:

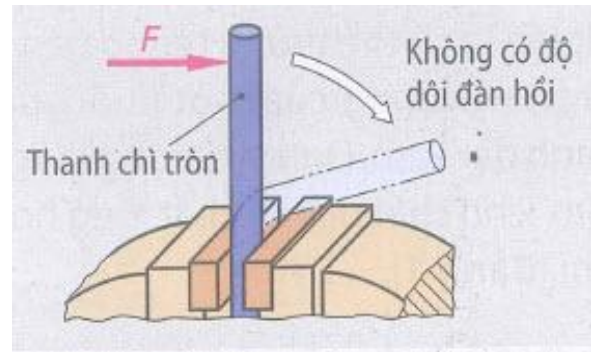
Dưới tác động lực, các vật liệu biến dạng rất khác nhau.

Một lưỡi cưa bằng vật liệu dụng cụ đã tôi chẳng hạn, có thể bị uốn cong và đàn hồi trở về

dạng ban đầu sau khi lực tác động mất đi, hình 8. Phản ứng này được gọi là biến dạng đàn hồi (biến dạng co giãn) hay **tính đàn hồi** của vật liệu. Thí dụ như thép của lưỡi cưa hoặc lò-xo có tính chất đàn hồi thuần túy. Ngược lại, một thanh chì khi bị uốn cong sẽ giữ được phần lớn hình dáng của sự biến dạng. Vật liệu này **biến dạng dẻo** gần như hoàn toàn, hình 9. Tính chất này được gọi là tính biến dạng dẻo của vật liệu. Thí dụ như thép hoặc sắt ở nhiệt độ rền hầu như có tính biến dạng dẻo thuần túy.



Hình 8: Tính đàn hồi của lưỡi cưa

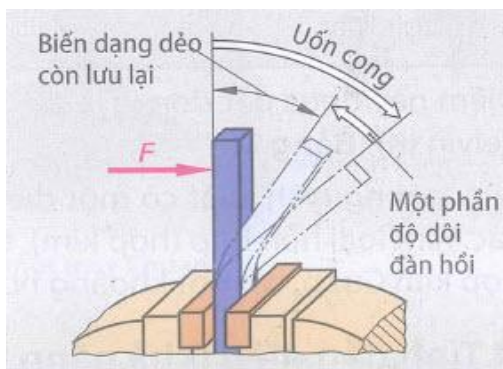


Hình 9: Tính biến dạng của thanh chì

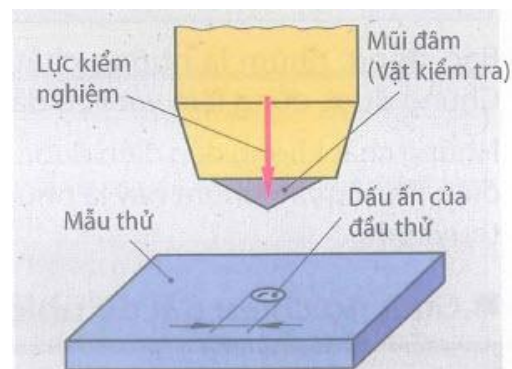
Phản ứng biến dạng đàn hồi-dẻo

Một thanh thép carbon hình vuông cho thấy khi bị uốn cong, có cả phần biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo.

Khi uốn cong nhiều, thanh thép sẽ chỉ đàn hồi lại một phần mà thôi, phần còn lại sẽ tồn tại thành biến dạng dẻo, hình 10. Trong trường hợp tải trọng cao, vật liệu này có biến dạng đàn hồi - dẻo.



Hình 10: Biến dạng đàn hồi – dẻo



Hình 11: Xác định độ cứng

Nhiều vật liệu có tính biến dạng dẻo và đàn hồi như thép không tôi, hợp kim nhôm và hợp kim đồng.

Độ dai, độ giòn và độ cứng

Dai là từ ngữ gọi tính chất của một vật liệu có thể dễ biến dạng đàn hồi hoặc biến dạng dẻo, nhưng có một lực đối kháng rất cao chống lại sự biến dạng. Thí dụ thép xây dựng hoặc thép không sét gỉ là vật liệu dai.

Giòn là từ ngữ chỉ những vật liệu mà nếu chịu tải đột ngột sẽ bị vỡ thành nhiều mảnh. Gôm và thủy tinh, hay kể cả một số loại gang sắt và thép tôi không đúng phương pháp cũng được xem là giòn.

Tính **cứng** được hiểu là sự đối kháng của 1 vật liệu đối với sự thâm nhập của vật liệu kiểm tra, hình 11.

Vật liệu cứng như là thép đã tôi, kim loại cứng và bột mài. Vật liệu mềm có thể kể là nhôm, đồng. Các dụng cụ, mặt trượt cũng như mặt bị ăn mòn cần độ cứng cao.

Độ bền kéo, giới hạn đàn hồi:

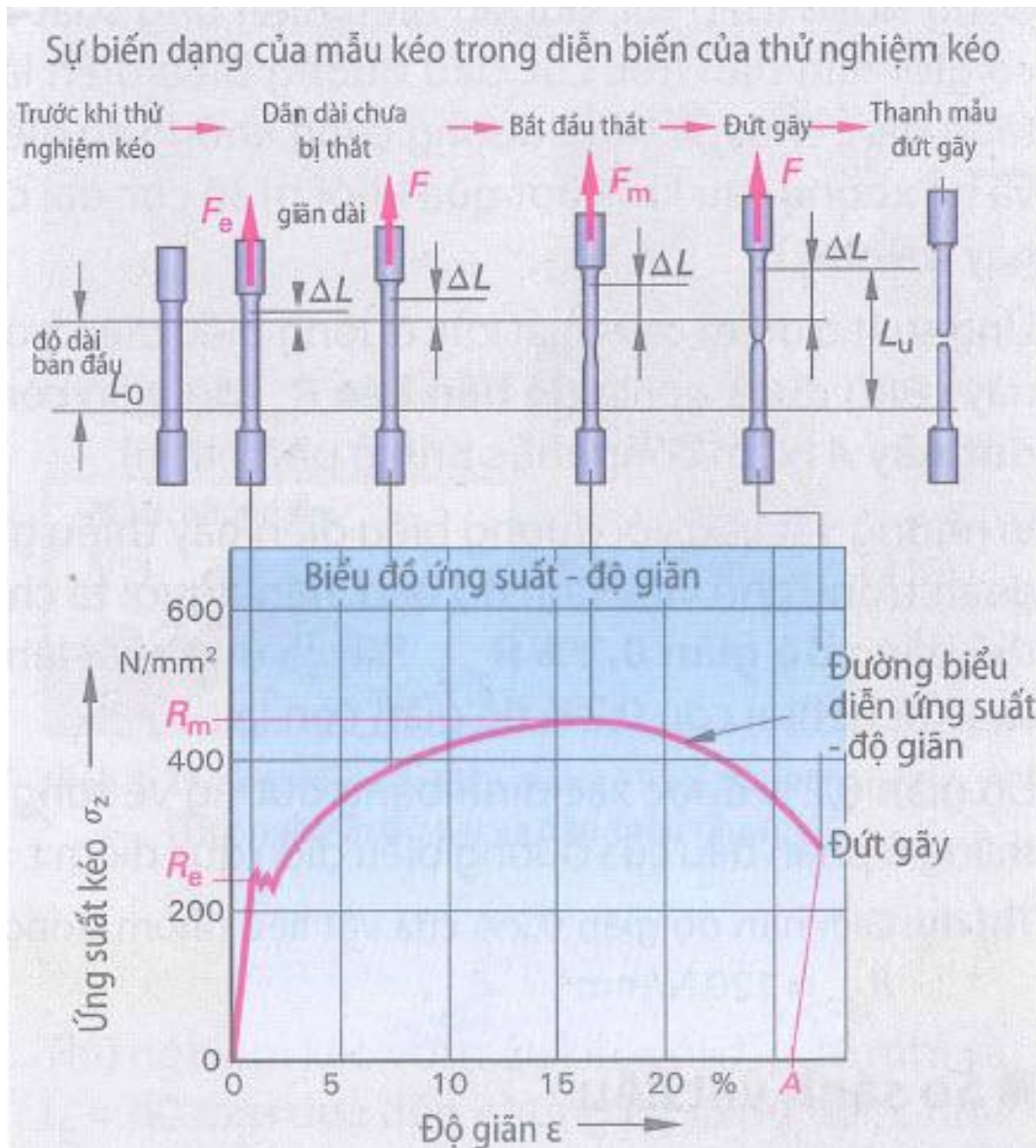
Để diễn tả độ lớn của ứng suất kéo trong một cấu kiện không lệ thuộc vào kích thước của vật này, người ta sử dụng số chia giữa lực kéo tác động F và tiết diện của cấu kiện S_0 . Đại lượng này được gọi là ứng suất kéo σ_z ; $\sigma_z = F / S_0$; có đơn vị là N/mm^2 .

Để xác định độ lớn cho khả năng chịu tải của một vật liệu người ta dùng ứng suất kéo trong mẫu thử nghiệm ở một tình trạng biến dạng nhất định, hình 12.

Khi mẫu thử bị tác động với một sức kéo nhỏ, đầu tiên nó sẽ chỉ giãn (biến dạng) đàn hồi. Điều này xảy ra khi lực kéo tác động dưới mức lực giới hạn của sự biến dạng đàn hồi F_e . Nếu nâng cao lực kéo lớn hơn mức lực giới hạn F_e , thì sự giãn chiều dài của thanh mẫu bắt đầu tăng mạnh hơn. Tình trạng này được gọi là vật liệu bị "kéo dài". Sự biến dạng chủ yếu là phân biến dạng dẻo.

Ứng suất kéo nằm sát kề mức kéo giãn trong vật liệu được gọi là **giới hạn đàn hồi R_e** . Tác động lực của giới hạn là tỉ số F_e chia cho S_0 và là giới hạn cho sự tác động của một vật liệu mà không có hậu quả biến dạng dẻo đáng kể ($R_e = F_e/S_0$).

Nếu tác động lực kéo ở thanh mẫu kiểm nghiệm dẫn đến ứng suất tăng cao hơn giới hạn đàn hồi, thanh mẫu sẽ bắt đầu thắt lại và cuối cùng bị đứt, hình 12. Ứng suất trong vật liệu ở lực kéo lớn nhất F_m là **độ bền kéo R_m** . Ứng suất này được tính bằng tỷ số F_m và S_0 ($R_m = F_m/S_0$) và là ứng suất kéo tối đa có thể đạt được trong vật liệu.



Hình 12: biểu đồ ứng suất & biến dạng của thép S235JR

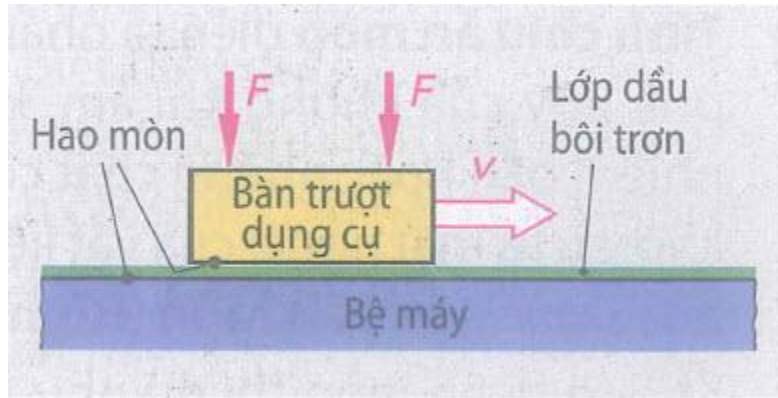
Giới hạn đàn hồi R_e và độ bền kéo R_m có cùng đơn vị N/mm^2 . Thí dụ thép S235JR có giới hạn đàn hồi là $R_e = 235 N/mm^2$ và độ bền kéo $R_m = 360 N/mm^2$.

Độ giãn, giới hạn giãn gãy

Do tác động của lực, thanh mẫu thử bị kéo dài ra, hình 12. Tỉ số giữa sự tăng độ dài L chia cho chiều dài ban đầu L_0 ($\Delta L/L_0$, tính theo phần trăm) được gọi là **độ giãn ϵ** . Độ giãn ngay tại thời điểm gãy thanh mẫu gọi là độ giãn gãy A . Độ giãn gãy là kích cỡ độ giãn tối đa của một vật liệu.

Độ bền mài mòn

Giữa hai chi tiết máy tiếp xúc có chuyển động tương đối với nhau, thí dụ như bộ máy và bàn trượt dọc của một máy tiện, sự ma sát và hao mòn ở bề mặt của cấu kiện xuất hiện, hình 13.



Hình 13: Hao mòn bề mặt trượt

Ngoài sự phối hợp vật liệu và dầu bôi trơn, độ bền mài mòn của cấu kiện còn tùy thuộc vào dạng ứng lực như: lực, tốc độ, nhiệt độ, thời gian tác động, loại di chuyển và môi trường xung quanh.

CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1) Hãy sắp xếp các kim loại đồng, sắt, titan, kẽm, manhe, chì và nhôm vào nhóm kim loại nhẹ hoặc kim loại nặng.
- 2) Một chi tiết có khối lượng 6,48 kg và thể tích 2,4 dm³.
 - a. Vật liệu của chi tiết này có tỉ trọng bao nhiêu?
 - b. Vật liệu này có thể là vật liệu gì?
- 3) Hãy mô tả khả năng biến dạng đàn hồi – dẻo của một thanh thép.
- 4) Giới hạn đàn hồi R_e và sức bền kéo R_m của 1 vật liệu cho biết điều gì?

4.1.3. Các chỉ tiêu về khả năng làm việc của CTM

Độ bền:

Độ bền là khả năng tiếp nhận tải trọng của CTM mà không bị phá hỏng.

Độ bền là chỉ tiêu quan trọng nhất đối với phần lớn CTM: nếu CTM không đủ bền thì bên trong xuất hiện biến dạng dư đủ lớn làm thay đổi hình dạng CTM, phá hoại điều kiện làm

việc bình thường của Máy, có thể phá hỏng ngay bản thân của CTM (gãy, vỡ hoặc hư hại bề mặt làm việc).

Có hai dạng phá hỏng:

+ Phá hỏng tĩnh: do ứng suất làm việc vượt quá giới hạn bền tĩnh của vật liệu, thường do quá tải đột ngột gây ra.

+ Phá hỏng mỏi: do tác dụng lâu dài của ứng suất thay đổi, có giá trị vượt qua giới hạn bền mỏi của vật liệu.

Nghiên cứu độ bền thường gắn với thời hạn phục vụ hay tuổi thọ của CTM.

Phương pháp tính thông dụng về độ bền là so sánh ứng suất tính toán với ứng suất cho phép; điều kiện bền có dạng: $\sigma \leq [\sigma]$; $\tau \leq [\tau]$; Từ điều kiện đảm bảo hệ số an toàn lớn hơn hệ số an toàn cho phép: $s \geq [s]$

Độ cứng:

+ **Độ cứng** là khả năng chống lại sự thay đổi hình dáng và kích thước của chi tiết máy dưới tác dụng của tải trọng.

Theo tính chất của tải trọng, ta có độ cứng tĩnh hay động. Ngoài ra, người ta có độ cứng thể tích và độ cứng tiếp xúc

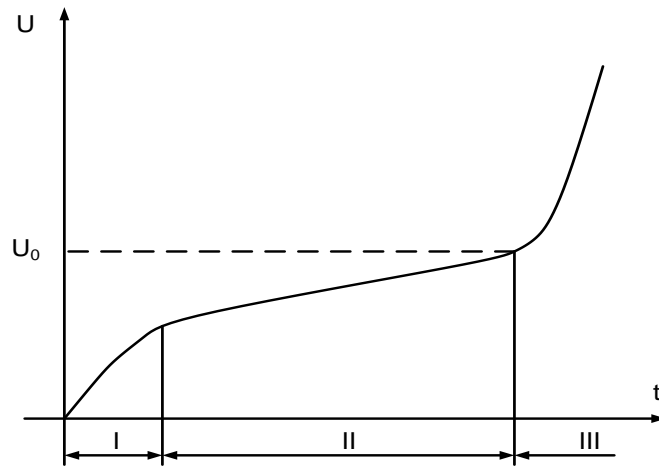
+ **Tính toán độ cứng** dựa vào điều kiện: chuyển vị dài hoặc chuyển vị góc không vượt quá giá trị cho phép.

+ **Phương pháp nâng cao độ cứng:** độ cứng là một chỉ tiêu quan trọng trong quá trình thiết kế. Người thiết kế phải tính toán, chọn vật liệu, chọn hình dáng chi tiết (kết cấu) sao cho máy và chi tiết máy có độ cứng cao nhưng vẫn đảm bảo tiết kiệm vật liệu và có tính công nghệ. Một số phương pháp nâng cao độ cứng như sau: dùng vật liệu hợp lý (có modun đàn hồi cao); chọn hình dáng tiết diện ngang hợp lý; trong kết cấu có thể tạo gân sườn tăng độ cứng vững; chọn kết cấu chịu tải trọng hợp lý.

Độ chịu mòn:

Sự mài mòn là sự thay đổi về hình dáng, kích thước, trạng thái bề mặt do tàn phá lớp bề mặt khi chịu tác hại của sự cọ xát.

Đồ thị biểu thị lượng mòn theo thời gian được thể hiện ở hình 14. Trong đó, giai đoạn (I) là giai đoạn mài rà, khi đó bề mặt chi tiết có độ nhấp nhô cao do gia công, cho nên trong giai đoạn này các nhấp nhô trên bề mặt bị san phẳng, vì vậy hiện tượng mòn xảy ra ở mức độ lớn. Giai đoạn (II) là giai đoạn mòn ổn định. Giai đoạn (III) là giai đoạn phá hủy do thay đổi điều kiện mòn



Hình 14: biểu đồ mòn

Các chi tiết máy bị mòn khi làm việc sẽ gây một số hậu quả sau:

+ Làm việc không chính xác + Giảm hiệu suất + Giảm sức bền chi tiết máy + Gây tiếng ồn do va đập giữa các bộ phận

Biện pháp giảm mòn

Hiện tượng mòn không hoặc ít xảy ra khi giữa hai bề mặt tiếp xúc tồn tại lớp dầu bôi trơn. Nếu không tạo được lớp dầu bôi trơn thì phải khống chế áp suất trên bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn giá trị cho phép. Chúng ta có các phương pháp giảm mòn sau:

+ Sử dụng vật liệu giảm ma sát: đồng thanh, gang chịu mài mòn
 + Giảm tải cho bề mặt chịu ma sát, phân bố tải trọng đều trên bề mặt tiếp xúc tránh tập trung

+ Bôi trơn và làm nguội tốt, giảm độ nhám bề mặt, tính toán hợp lý vận tốc trượt để hình thành lớp dầu bôi trơn trên bề mặt ma sát.

+ Hạn chế hạt mài rơi bề mặt ma sát bằng cách che chắn, hoặc trên bề mặt tạo những rãnh chứa hạt mài sinh ra trong quá trình làm việc.

Độ chịu nhiệt:

Trong quá trình làm việc, máy sẽ sinh nhiệt. Nguồn nhiệt sinh ra bao gồm sự ma sát giữa các chi tiết, động cơ nhiệt, máy gia công nóng ... Các nguồn nhiệt này sẽ gây một số tác hại trên thiết bị:

- + Giảm khả năng tải của chi tiết máy, làm thay đổi cơ tính của vật liệu.
 - + Có thể phá vỡ lớp dầu bôi trơn hình thành giữa các bề mặt tiếp xúc gây mòn nhanh chi tiết, thậm chí gây nên hiện tượng dính giữa hai chi tiết tiếp xúc.
 - + Giảm độ chính xác của máy do biến dạng nhiệt.
- Do đó, trong một số chi tiết làm việc trượt nhiều như trục vít, ổ trượt thì khi thiết kế phải tính toán nhiệt để có biện pháp khắc phục khi nhiệt độ sinh ra lớn.
- **Biện pháp nâng cao khả năng chịu nhiệt** của chi tiết máy là chọn vật liệu có khả năng chịu nhiệt và tăng cường biện pháp bôi trơn làm mát

Độ ổn định dao động:

+ Khi chi tiết máy không được cân bằng động, bị biến dạng dưới tác dụng của tải trọng làm việc với vận tốc cao thì sẽ gây nên những rung động trong máy, gây ra tiếng ồn và giảm chất lượng gia công. Đặc biệt, khi tần số dao động riêng trùng với tần số của máy thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng với biên độ dao động cực đại có thể phá hỏng máy.

+ Khi tính toán dao động thường không tính cho từng chi tiết riêng biệt mà tiến hành tính toán cho cả hệ.

Kết luận: Năm chỉ tiêu chủ yếu về khả năng làm việc của chi tiết nói chung, khi thiết kế căn cứ vào tình hình làm việc cụ thể của máy và chi tiết máy, phân tích và tìm ra các dạng hỏng nguy hiểm nhất (chỉ tiêu quan trọng nhất), dựa trên cơ sở đó chọn vật liệu và kích thước chi tiết máy, những chỉ tiêu còn lại đồng thời sẽ được thỏa mãn hoặc thứ yếu.

Phá hủy do mỏi:

Hiện tượng phá hủy mỏi

Phần lớn các chi tiết máy làm việc với ứng suất thay đổi (chịu tải trọng động) và trong thực tế các chi tiết máy này bị hỏng với ứng suất thấp hơn nhiều so với khi làm việc với ứng suất tĩnh (chịu tải trọng tĩnh).

Quá trình hỏng bắt đầu từ những vết nứt rất nhỏ trên chi tiết máy. Khi số chu kỳ làm việc tăng thì các vết nứt này cũng phát triển và cuối cùng là phá hủy chi tiết. Đó là *phá hủy mỏi*. Khả năng cản sự phá hủy mỏi của vật liệu gọi là sức bền mỏi

Các phương pháp nâng cao độ bền mỏi

Nhân tố ảnh hưởng đến độ bền mỏi bao gồm: vật liệu và phương pháp nhiệt luyện, hình dáng và kích thước chi tiết, đặc điểm của tải trọng và ứng suất ... Các phương pháp nâng cao độ bền mỏi gồm:

Phương pháp thiết kế:

- + Kết cấu và hình dáng chi tiết hợp lý
- + Giảm sự tập trung ứng suất

Phương pháp công nghệ:

- + Dùng phương pháp gia công đặc biệt để tạo cấu trúc tinh thể vật liệu có hạt nhỏ mịn, tạo trên bề mặt ứng suất dư là nén
- + Nhiệt, hoá luyện bề mặt
- + Dùng các phương pháp gia công đặc biệt: phun bi, lăn ép, lăn ép rung... tạo bề mặt cứng nguội (ứng suất dư nén)

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày khái niệm về độ bền, độ cứng, độ chịu mòn, độ chịu nhiệt, và độ ổn định dao động.
2. Trình bày các biện pháp nâng cao độ cứng, độ chịu mòn, độ chịu nhiệt của CTM.
3. Trình bày hiện tượng phá hủy do mỏi.

4.2. Các CTM ghép

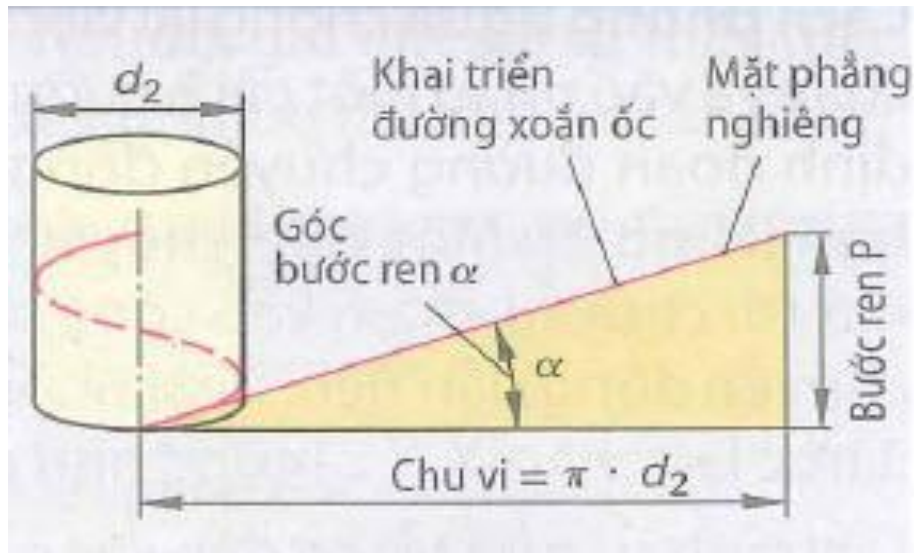
4.2.1. Ren & Kết nối (mối ghép) bu lông

Ren:

Sự hình thành:

Đường xoắn ốc (đường ren) được hình thành khi 1 điểm di chuyển song song với trục hình trụ và điểm này nằm trên bề mặt hình trụ quay tròn.

Khoảng cách di chuyển của điểm sau mỗi vòng quay của hình trụ gọi là **bước ren**, kí hiệu P. Triển khai hình xoắn ốc cho ta 1 mặt phẳng nghiêng, hình 1.

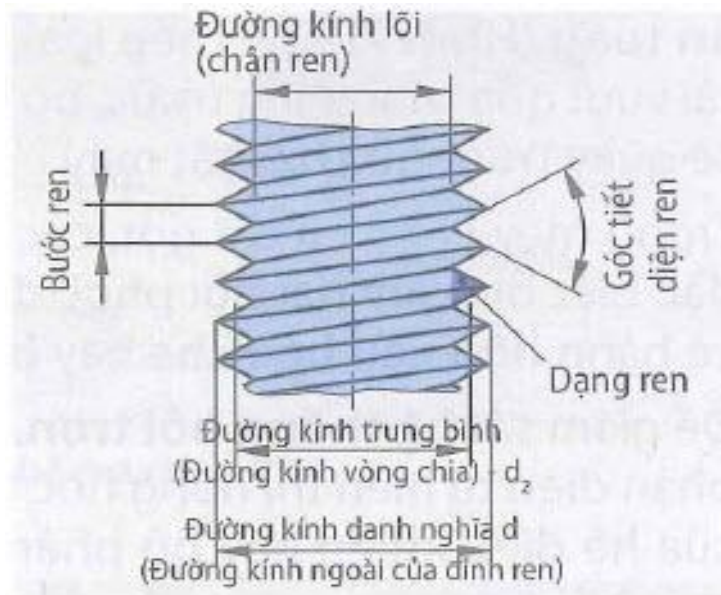


Hình 1: Sự hình thành của ren; bước ren

Góc xoắn α (góc bước ren α) của ren là góc nằm trong đường chu vi và đường xoắn ốc được triển khai.

Các thông số hình học của ren: hình 2.

+ **Đường kính danh nghĩa** của ren (đường kính đỉnh ren): d.



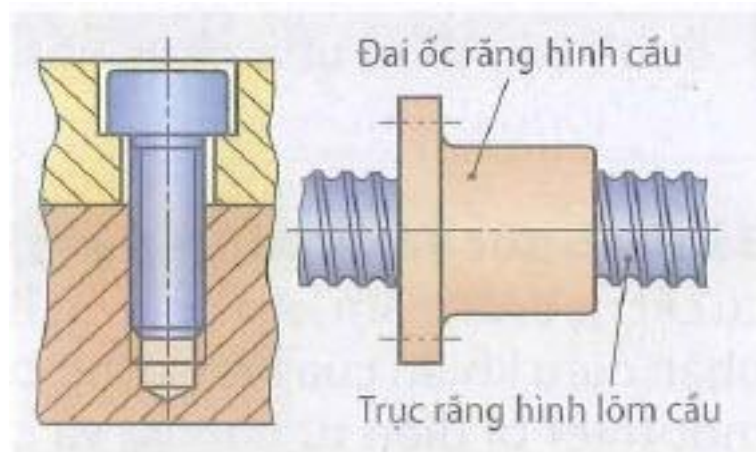
Hình 2: Thông số hình học & ký hiệu

- + Đường kính chân ren: d_1 .
- + Đường kính trung bình: $d_2 = (d + d_1)/2$.
- + Bước ren P , được tiêu chuẩn hoá.
- + Góc tiết diện ren γ ; + Dạng ren (tiết diện ren.
- + Góc xoắn α (góc bước ren α) của ren.

Các loại ren:

Ren dùng trong công nghiệp có thể được chia theo mục đích sử dụng, theo dạng ren, và theo số đầu mỗi ren (số dây ren).

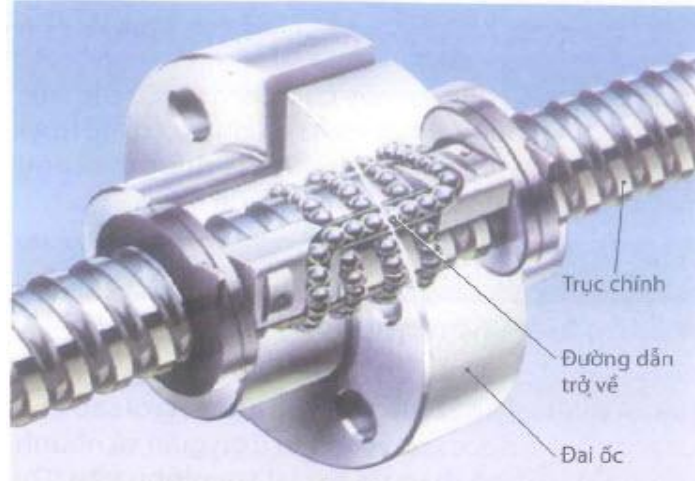
+ **Phân loại theo mục đích sử dụng** ta có ren ghép chặt & ren di chuyển (truyền động), hình 3.



Hình 3: ren ghép chặt & ren truyền động

Ren ghép chặt, ví dụ bu long – đai ốc, dùng để siết chặt các tiết máy với nhau. Để ngăn mối ghép không tự tháo lỏng thường dùng ren nhọn, bước ren nhỏ và góc tiết diện ren lớn.

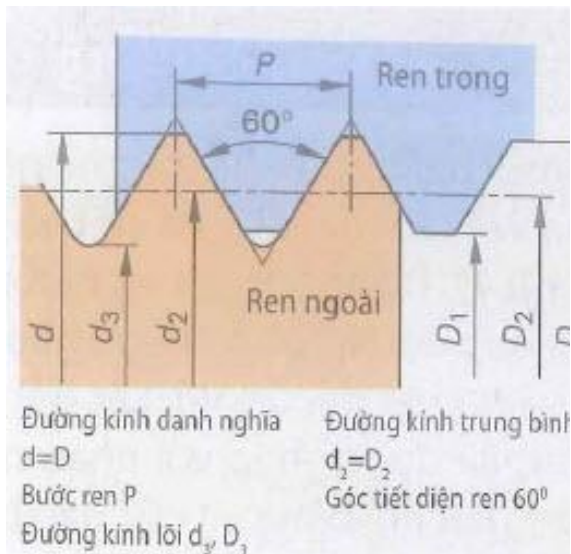
Ren truyền động biến 1 chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến, hình vẽ, thường dùng ren hình thang với bước ren lớn và góc tiết diện ren nhỏ.



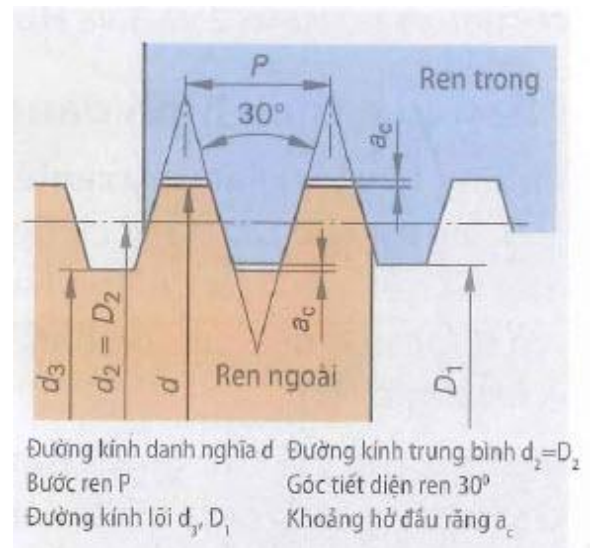
Hình: truyền động visme-đai ốc (truyền động bằng ren cầu)

Truyền động này gồm trục ren và đai ốc, trục ren quay và đẩy đai ốc (được gắn vào bộ phận cần chuyển động). Truyền động bằng ren cầu cho phép chuyển động với 1 vận tốc rất nhỏ mà không bị xóc khi trượt (hiệu ứng dính trượt).

+ **Phân loại theo dạng ren** ta có ren nhọn, ren hình thang,...



Hình 4: ren nhọn



Hình 5: ren hình thang

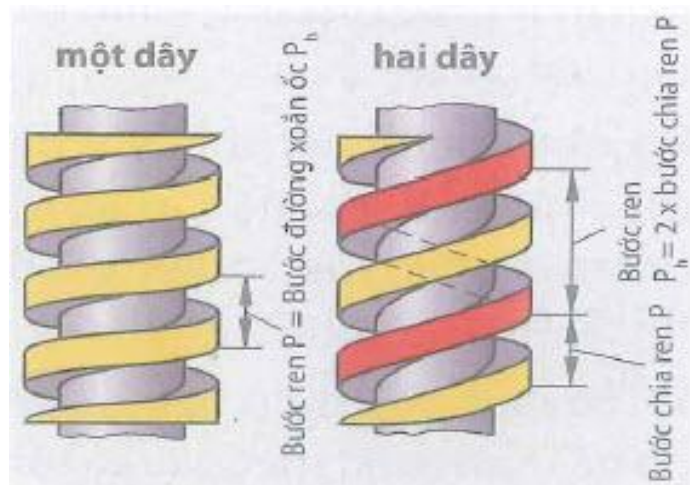
Ren nhọn: ren hệ Mét theo tiêu chuẩn ISO có góc tiết diện 60° , hình 4. Ren hệ Mét được chia ra ren thường & ren nhuyễn (ren bước ngắn). Ren thường có bước ren được phân bố theo đường kính danh nghĩa. Trong phần đặt tên ren chỉ có kí tự M và đường kính danh nghĩa được nêu ra, ví dụ M16. Ren nhuyễn có bước ren nhỏ hơn ren thường, vì

thể, ren loại này tự hãm và không cần khoá an toàn cho bu lông. Đường kính danh nghĩa và bước ren được nêu ra trong phần đặt tên ren, ví dụ M16x1,5.

Ren hình thang: góc tiết diện ren 30°, hình 5, chúng thường được sử dụng làm ren chuyển động, chẳng hạn như trục chính của máy ép trục vis. Trong phần đặt tên ren có kí hiệu ngắn Tr, đường kính danh nghĩa và bước ren được nêu ra, ví dụ Tr24x6.

+ **Phân loại ren theo chiều quay:** ta có ren trái & ren phải. Ren trái được vặn ngược chiều kim đồng hồ và được sử dụng khi ren phải tự tháo ra, chẳng hạn như ghép chặt các đĩa mài. Ren trái được nhận biết qua việc bổ sung các chữ cái LH (Left Hand) vào kí hiệu, ví dụ M16 – LH.

+ **Phân loại theo số đầu mối ren** (số dây ren), hình 6.



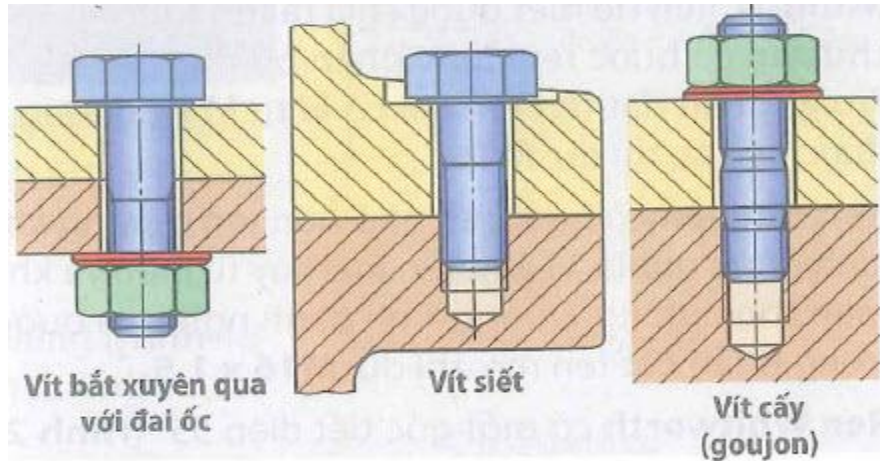
Hình 6: ren phải, 1 đầu mối & 2 đầu mối

Chúng được sử dụng khi yêu cầu 1 chuyển động tịnh tiến lớn tương ứng với 1 vòng quay, ví dụ trục vis ép. Trong việc đặt tên ren nhiều đầu mối, theo sau đường kính danh nghĩa và bước ren là bước chia ren P, ví dụ, Tr32x18 P6 (18:6 = 3 đầu mối ren), đây là ren hình thang, đường kính danh nghĩa $d = 32\text{mm}$, bước ren $P = 18\text{mm}$ và bước chia ren 6mm.

Mối ghép bu lông:

Mối ghép bulông có thể thực hiện với **vít bắt xuyên qua với tán (đai ốc), vít siết và vít cấy (goujon)**, hình 7. Trong mối ghép vít bắt xuyên qua với tán (đai ốc), những phần

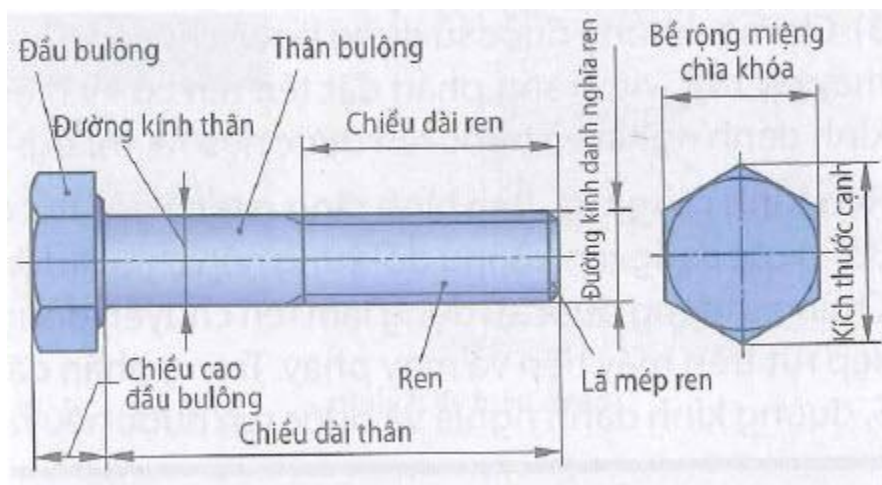
được ghép với nhau bị ép khi siết chặt đai ốc. Với mỗi ghép bằng vít, các chi tiết máy được ghép với nhau nhờ có ren trong. Trong mỗi ghép bằng vít cấy, đầu bulông được thay thế bằng đai ốc.



Hình 7: mỗi ghép bu lông

Bu-lông:

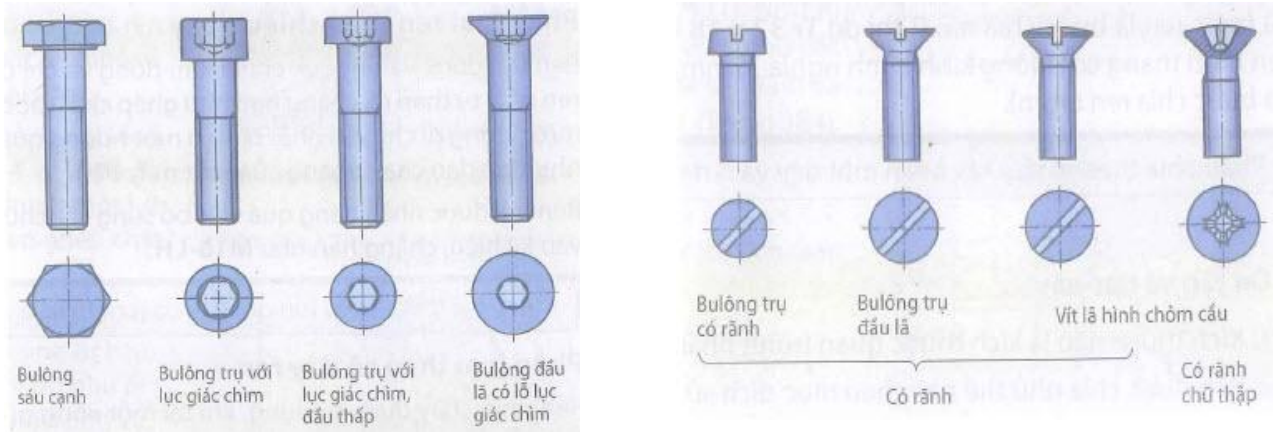
Bulông không được chịu tải cắt (trừ vít định vị) cũng như uốn. Để tránh bị tải uốn, thí dụ như tại các bề mặt tiếp xúc của chi tiết đúc, các bề mặt áp (tì) với các đầu bulông được làm phẳng (hình 7 - giữa). Các bu lông được phân biệt qua hình dạng đầu, kích thước thân, kích thước ren (hình 8) và các chi tiết khác.



Hình 8: các kích thước của bu-lông

Phân loại theo hình dạng đầu bu-lông: hình 9.

+ **Bu-lông đầu lục giác (sáu cạnh)**: cung cấp một cơ chế dẫn tốt cho các dụng cụ siết hoặc mở ren. Ở một số kiểu như ren thường hay ren nhuyễn thì ren được tiện đến đầu bulông. Đầu này thường có một gờ đĩa tì.



Hình 9: hình dạng các đầu bu-lông

+ **Bulông trụ với lục giác chìm** được sử dụng khi khoảng cách giữa các bulông nhỏ hoặc đầu bulông không được nhô ra từ các chi tiết. Bu-lông lục giác chìm được sản xuất dưới dạng bulông đầu cao (chiều cao đầu bu-lông bằng đường kính thân, $h = d$), đầu thấp và dạng có độ bền cao có hoặc không có phần dẫn chìa khóa.

Bu-lông đầu 6 cạnh và bu-lông trụ với lục giác chìm được sử dụng nhiều nhất trong chế tạo máy.

+ **Bu-lông lã với đầu lục giác chìm** có chiều cao đầu thấp hơn so với bulông có lỗ lục giác bên trong. Chúng được sử dụng phần lớn khi các chi tiết với thành dày thấp được gắn chặt với những tấm mỏng. Vì đầu dạng hình nón của nó nên định tâm với chi tiết.

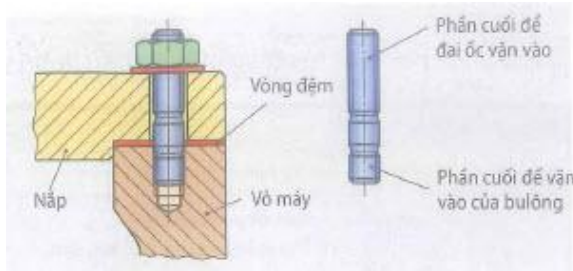
+ **Vít rãnh** được siết chặt với một tuốc nơ vít. Vì thế chúng được cung cấp với một kích thước ren tương đối nhỏ. Các lực kẹp đạt được ít hơn nhiều, thí dụ như so với vít lục giác.

+ **Vít có rãnh chữ thập** có thể siết chặt hơn vít rãnh do bề mặt mang theo sâu và rộng hơn và tự định tâm qua vắn vít.

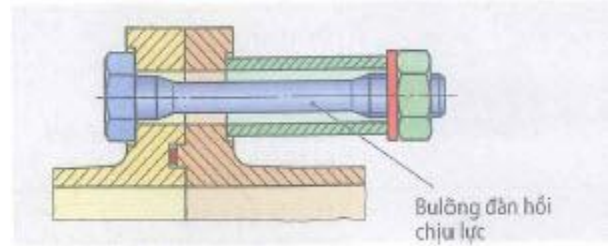
Phân loại theo dạng thân:

+ Với **vít cấy** (goujon) ren trong của cấu kiện được giữ gìn, thí dụ như tua bin, thân máy, bộ trục, hình 10. Người ta ngăn chặn việc quay theo khi siết chặt hay nói lỏng đai ốc

bằng cách vặn vít cấy vào thật mạnh hoặc khóa với chất keo dán. Vít cấy được sử dụng thay cho bulông có đầu khi kết nối phải được tháo ra thường xuyên.



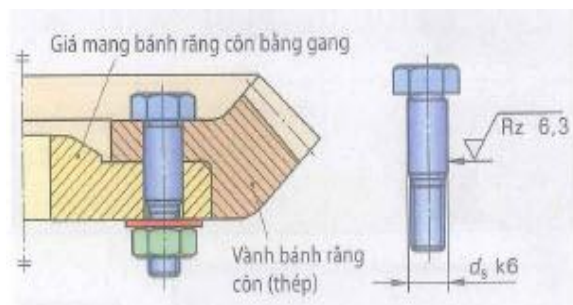
Hình 10: vít cấy



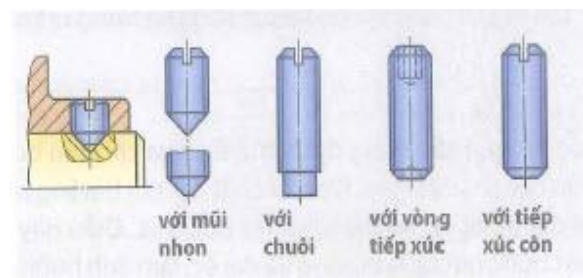
Hình 11: bu-lông đàn hồi chịu lực

+ Đối với **bulông đàn hồi chịu lực**, chẳng hạn như thanh truyền và kết nối mặt bích ở áp suất cao, thân bulông mỏng dài khi siết chặt bị kéo dài đàn hồi, hình 11. Do đó bulông chịu lực không cần phải hãm ren. Đường kính thân lớn khoảng 90% đường kính lõi vít. Nếu muốn bulông chịu lực đáp ứng nhiệm vụ của nó đúng cách, thì lực siết ban đầu phải cao. **Bulông đàn hồi chịu lực được sử dụng khi chịu tải động và ở chiều dài thân lớn.**

+ **Bu-lông định vị chính xác** được sử dụng khi kết nối bulông phải chịu lực ngang hoặc vị trí của các chi tiết với nhau được bảo đảm, hình 12. Kết nối bằng bulông định vị rất tốn kém vì thân bulông được mài và các lỗ được doa.



Hình 12: bu-lông định vị chính xác



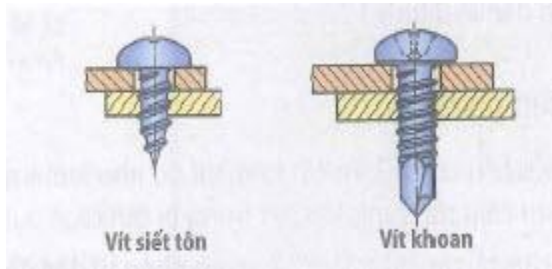
Hình 13: chốt ren

+ **Chốt ren** được sử dụng chủ yếu để bảo đảm vị trí của các chi tiết với các trục trên trục quay và trục. Phần cuối của nó thường được tôi cứng và có hình dạng khác nhau tùy theo cách siết chặt trên trục, hình 13.

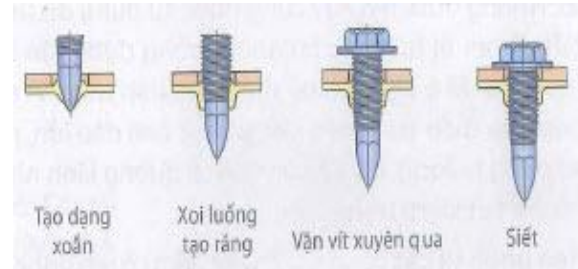
+ **Vít siết thép lá (tôn)** được tôi cứng và có ren cạnh bên với bước ren lớn, hình 14. Chúng được sử dụng để ghép các tấm kim loại có độ dày đến 2,5mm. Khi siết vào, chúng

tự tạo ra ren đai ốc.

+ **Vít khoan** có cấu trúc tương tự như các vít siết thép lá (tôn), nhưng ở đầu thân có thêm mũi khoan để khoan các lỗ vít, hình 14. Điều này cho phép khoan tấm có bề dày đến 10mm.



Hình 14: vít siết tôn & vít khoan



Hình 15: vít khoan chảy

+ **Vít khoan chảy** đòi hỏi vòng quay cao khi siết vào. Bằng cách ép lên vít, nhiệt ma sát được sinh ra giữa mũi vít hình côn và tấm: Vật liệu tấm bắt đầu chảy. Qua đó xuất hiện lỗ vít, vít tạo thành ren đai ốc trong lỗ này, hình 15. Khi ngụy ren trong co lại với vít được vận vào. Vì vậy thường không cần thiết bổ sung thêm khóa cho vít.

Đai ốc:

Đai ốc được sản xuất tùy theo mục đích sử dụng dưới nhiều dạng khác nhau (Bảng 1).

Bảng 1: Đai ốc			
Hình dạng	Ký hiệu / Sử dụng	Hình dạng	Ký hiệu / Sử dụng
	Đai ốc sáu cạnh Trong kết nối với bulông sáu cạnh, vít rãnh và vít cấy		Đai ốc có lỗ cài chốt Khi kết nối bulông cần được khóa với chốt pi (gu pi)
	Ốc có mũ Ngăn ngừa hư hại và ăn mòn phần cuối ren; Bảo vệ khỏi bị thương do cạnh bên của phần cuối ren.		Ốc chuẩn Khi kết nối bulông thường xuyên phải tháo ra. Thí dụ trong gá lắp.
	Đai ốc có khóa Khi kết nối bulông thường phải tháo ra bằng tay, thí dụ như trong gá lắp.		Đai ốc xẻ rãnh Để chỉnh và điều chỉnh thêm độ hở dọc trục và giữ chặt ổ lăn trên trục máy.
	Đai ốc nổi Cho khớp ren nổi ống		Ốc câu máy Làm vòng móc để vận chuyển máy

Đai ốc sáu cạnh thường được sử dụng trong kết nối bu-lông đầu lục giác.

Các lực kéo tác động được truyền qua các đầu bulông và đai ốc trên các chi tiết máy. Khi siết chặt kết nối bulông bị kéo ra, ngược lại đai ốc bị ép lại theo hướng dọc trục. Điều này tạo ra sự khác biệt bước ren giữa bulông và đai ốc, làm ảnh hưởng bước ren đầu tiên chịu tác động mạnh nhất. Tác động lên các bước ren sau đó giảm dần đi.

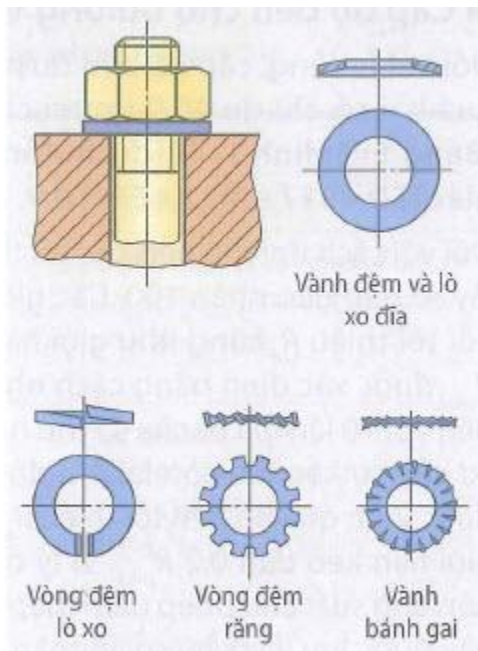
Đệm hãm ốc (đệm bu-lông, long-dền):

Nhờ siết chặt có kiểm soát trong bulông tạo ra một lực siết ban đầu F_v bảo đảm kết nối bulông được an toàn, thí dụ: khi sử dụng bulông dài mà cần phải bổ sung đệm hãm ốc.

+ **Đệm hãm.** Lực siết ban đầu có thể bị rã đi qua việc giãn nở của vật liệu, thí dụ: biến dạng dẻo của vít và làm phẳng bề mặt. Làm phẳng là san bằng độ nhám bề mặt phía trong ren và dưới đầu bulông.

Hãm bằng vành đệm cân bằng tổng số giãn nở và làm phẳng độ nhám bề mặt cũng như ngăn ngừa không cho phép lực siết ban đầu bị giảm đi.

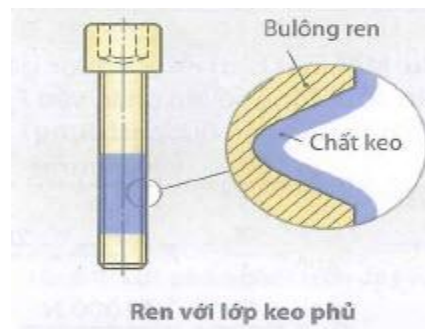
+ **Vành đệm và lò xo đĩa** được liệt kê vào loại hãm bằng vành đệm, hình dạng giống nhau, chỉ khác nhau qua kích thước, hình 16. Các bộ phận đàn hồi khác, chẳng hạn như **vòng đệm lò xo (đệm chẻ), vòng đệm răng và đĩa vành bánh gai** sẽ không có tác dụng nữa khi độ bền bulông lớn hơn 8,8 vì chúng không còn đàn hồi khi chịu ứng lực lớn.



Hình 16: Đệm bu-lông



Hình 17: Vít có vành gai



Hình 18: Ren với lớp keo phủ

+ **Khóa chống xoay.** Với kết nối bulông chịu tải động mạnh mẽ theo hướng trục, thì

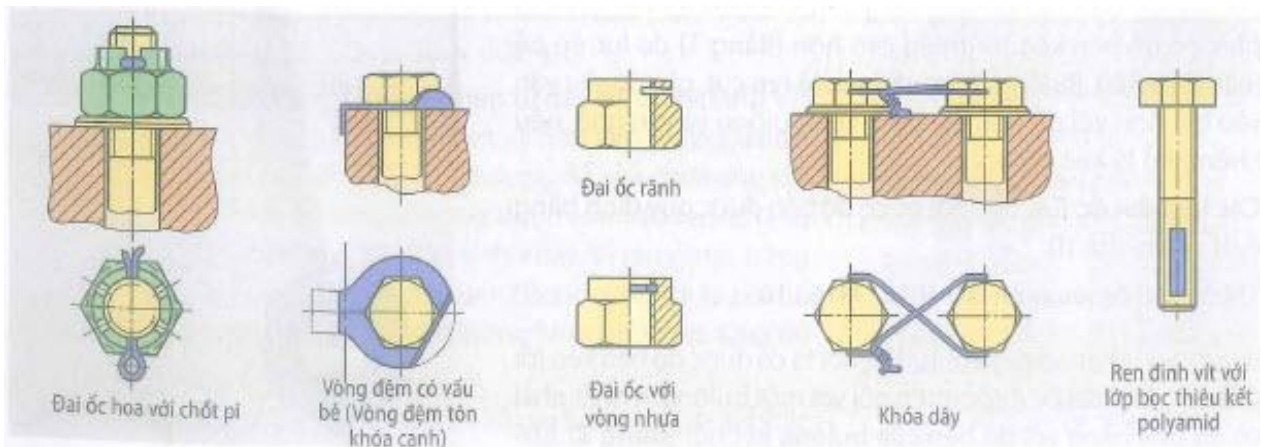
chuyển động trượt có thể xảy ra, thí dụ, giữa những mặt ren của bulông và đai ốc, chuyển động này gây ra biến dạng của kết nối bulông. Điều này có thể làm các kết nối bulông bị lỏng ra và xoay.

Khóa chống xoay ngăn ngừa việc lỏng ra và xoay của kết nối bulông.

+ **Vít có vành gai, đai ốc có vành gai và keo dán** được sử dụng như khóa chống xoay, hình 17 & 18. Vít có vành gai và đai ốc có vành gai có răng khóa chạy tròn hướng tâm ép lên chi tiết do siết chặt kết nối và ngăn chặn sự tự động lỏng qua khớp. Tính năng hãm của nó còn tốt đến khi độ cứng chi tiết thấp hơn độ cứng của răng.

Chất kết dính nằm phủ trên ren bulông, được đặt trong các con nhộng nhỏ và được bôi mỏng chung quanh với một chất làm cứng. Khi siết vào làm vỡ con nhộng, chất kết dính và chất làm cứng trộn với nhau và cứng lại trong vòng 24 giờ. Chất kết dính cũng có thể được sử dụng cho các bề mặt được tôi cứng.

+ **Khóa chống lỏng kết nối:** kết nối bu-lông có thể rời nhau hoàn toàn sau khi bị nối lỏng, thí dụ như qua những chấn động.



Hình 19: khóa chống lỏng kết nối

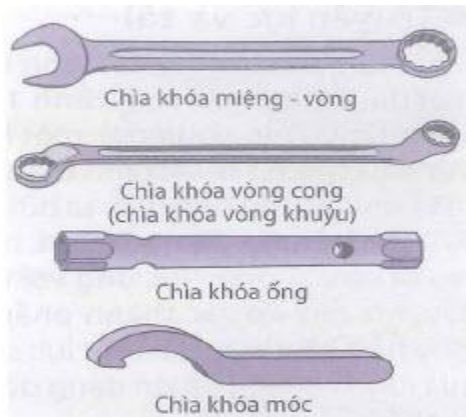
Khóa chống lỏng kết nối ngăn chặn sự tách rời của các cơ phận được ghép vào nhau.

Khóa chống lỏng kết nối, hình 19, được sử dụng, thí dụ như **đai ốc hoa với chốt pi, vòng đệm tôn khóa cạnh, đai ốc có rãnh, đai ốc với vòng nhựa, dây khóa và vít bọc nhựa.**

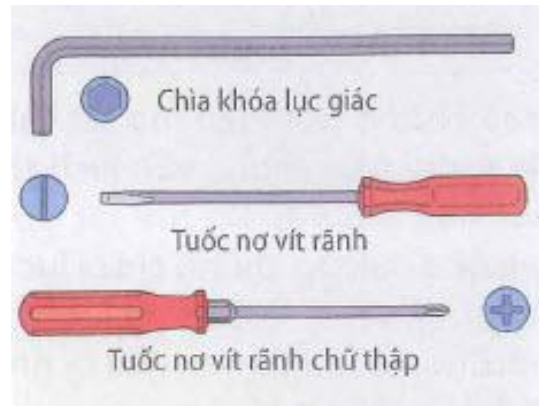
Siết mối ghép bu-lông:

Để **siết** bulông lục giác **bằng tay**, người ta thường sử dụng chìa khóa miệng, chìa khóa vòng, chìa khóa ống, các đai ốc rãnh với chìa khóa móc, hình 20, bulông trụ lục giác

chìm với chìa khóa lục giác, vít rãnh với một tuốc nơ vít, hình 21.

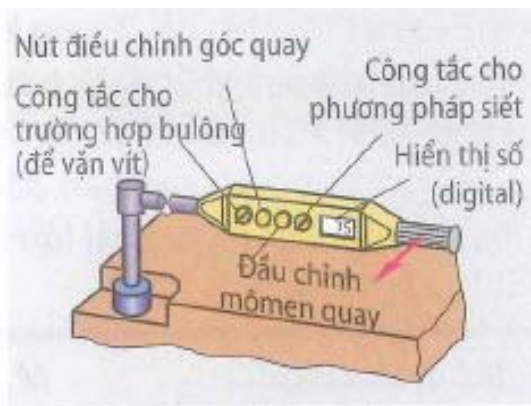


Hình 20: chìa khoá bu-lông



Hình 21: Tuốc nơ vít

Mối ghép bulông được siết với **phương pháp siết bằng mômen xoắn**, thí dụ: bằng cần lực siết với mômen xoắn điều chỉnh được, hình 22.



Hình 22: cần lực siết điện tử



Hình 23: máy siết-tháo bằng xung lực

Trong sản xuất hàng loạt, người ta sử dụng **máy siết đai ốc** bằng khí nén hay thủy lực với mômen xoắn định trước hay **máy siết xung động** với lực tác động tiếp tuyến, hình 23. Vì ở tất cả các phương pháp siết chặt, phần lớn mômen xoắn được tạo ra theo yêu cầu để vượt qua những ma sát khác biệt đáng kể giữa các đầu bulông hoặc đai ốc và bề mặt tựa và trong các vòng ren, các lực ban đầu dao động rất mạnh. Để đạt được một lực siết ban đầu thì đường kính của bulông phải bảo đảm được chọn đủ lớn.

Sự an toàn của kết nối bu-lông tùy thuộc vào lực siết ban đầu F_v , đạt được khi siết ốc.

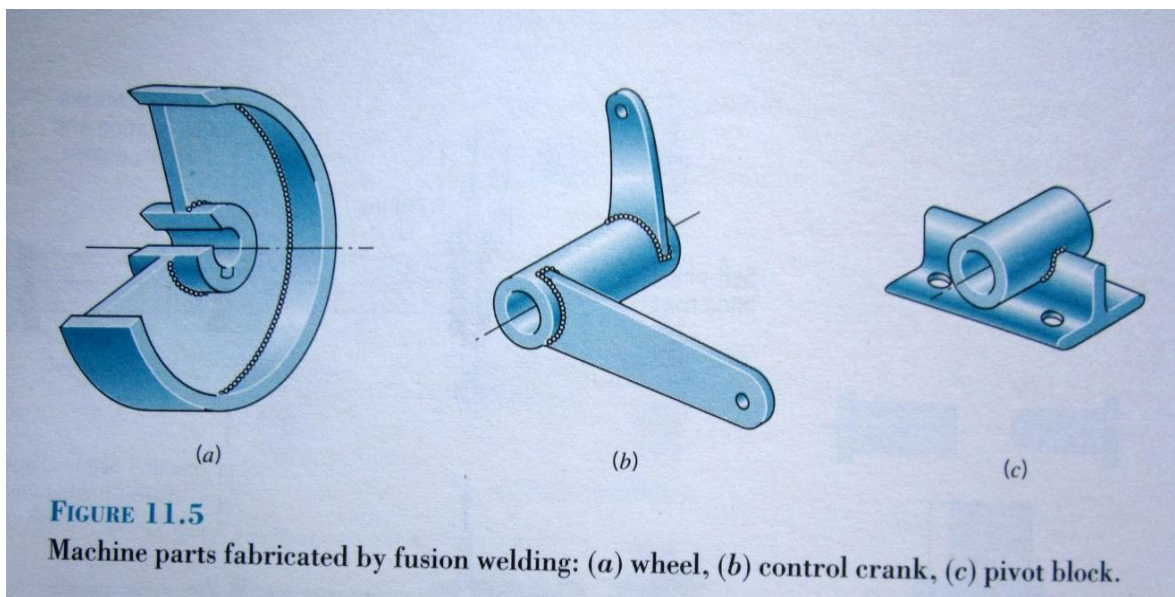
CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1) Hãy cho biết các thông số hình học của ren. Các kích thước nào là kích thước quan trọng nhất của ren?
- 2) Ren được chia như thế nào theo mục đích sử dụng? Ren truyền động có nhiệm vụ gì? Đặc điểm của ren này?
- 3) Giải thích các kí hiệu sau đây: M20 & M20x1,5; Tr24x3; M18-LH; và Tr30x12 P3.
- 4) Bu-lông có thể được phân biệt thế nào theo hình dạng đầu của nó?
- 5) Tại sao ứng suất kéo của bu-lông không được lớn hơn R_e hoặc $R_{p0,2}$?

4.2.2. Mối ghép bằng hàn

Hàn là kết nối vật liệu (cứng) của 2 chi tiết với nhau. Trong đó, vật liệu được điền vào khoảng hở mối hàn qua nhiệt hay ma sát trong trạng thái lỏng hay đàn hồi. Trong hầu hết các phương pháp hàn, vật liệu bổ sung phải được điền đầy vào khe hở mối hàn.

Sự phát triển trong kỹ thuật và công nghệ hàn đã cung cấp nhiều giải pháp cho việc lắp ghép và chế tạo các bộ phận, thí dụ trong sản xuất thiết bị, thiết kế kết cấu thép và kết cấu vật liệu nhẹ, xây dựng cầu, xe hơi, các bộ thân máy và sản xuất các bồn chứa cũng như cho các bộ phận bằng chất dẻo.

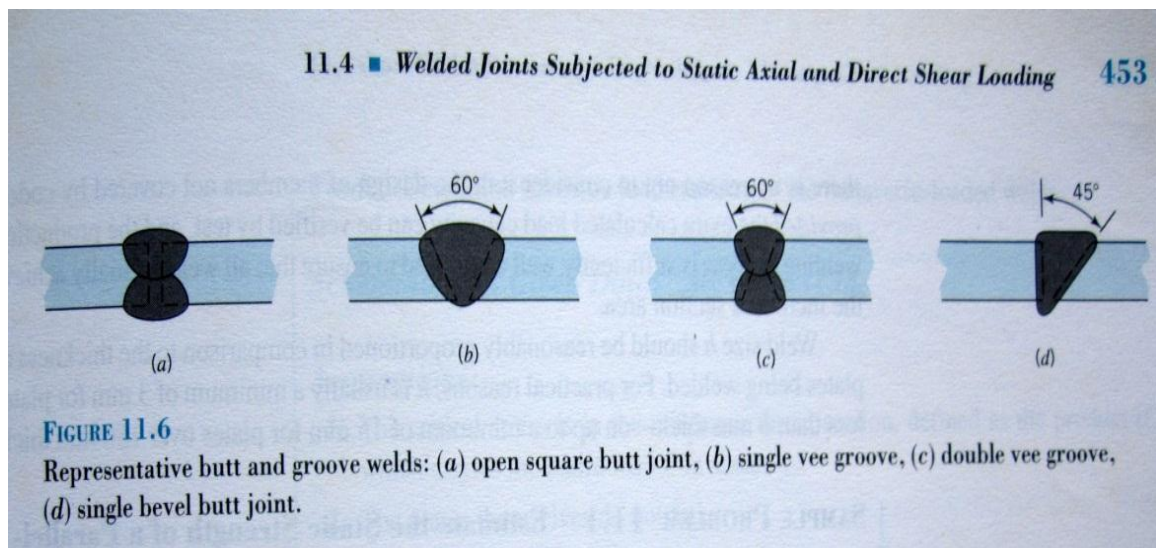


Hình 1: Những tiết máy được chế tạo bằng hàn

Các chi tiết máy có thể được chế tạo bằng hàn thường có chi phí thấp hơn so với phương pháp đúc hay gò, rèn, dập... Một ví dụ được thể hiện trong hình 1.

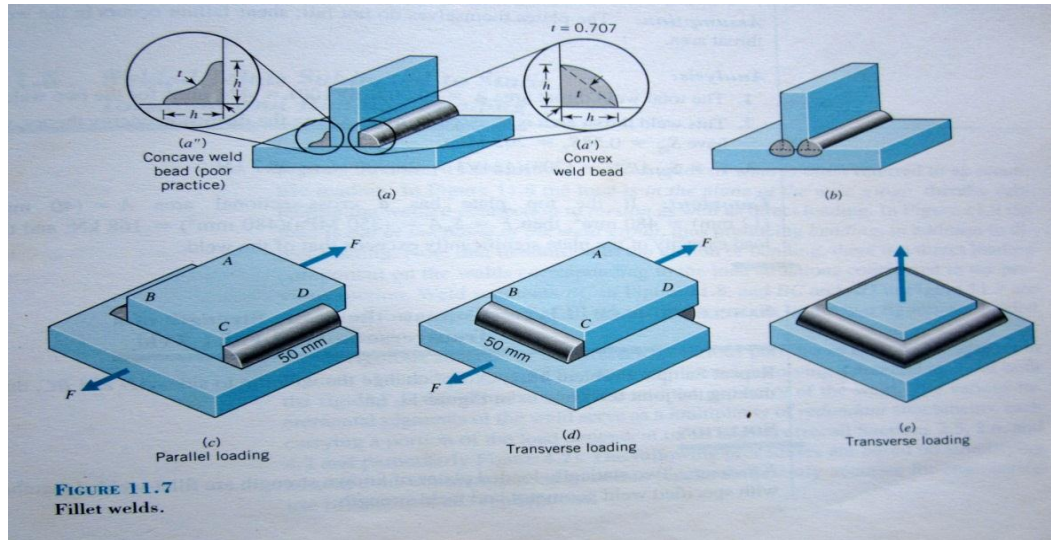
Phân loại

- Theo công nghệ, có:
 - + Mối ghép bằng **hồ quang điện, hàn hơi**... làm kim loại bị nóng chảy và gắn lại với nhau, không cần lực ép chúng.
 - + Mối ghép bằng **hàn tiếp xúc**, làm kim loại bị dẻo và dùng lực để ép chúng.
 - + Mối ghép bằng **hàn vẩy**, không nung chảy kim loại được ghép mà chỉ nung chảy vật liệu hàn.
- Theo công dụng, có:
 - + Mối **hàn chắc**.
 - + Mối **hàn chắc, kín**.
- Theo hình dạng kết cấu, có:
 - + Hàn **giáp mối**, hình 2.



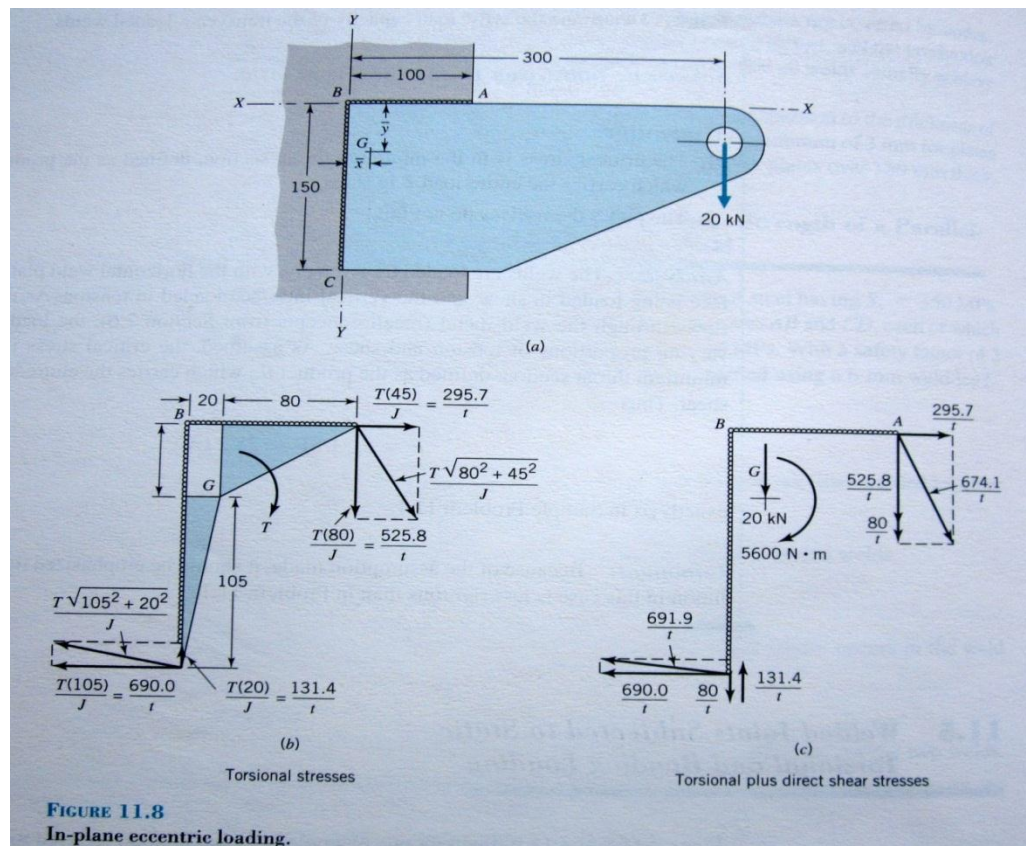
Hình 2: Hàn giáp mối (a) dạng hình vuông; (b) rãnh chữ V đơn; (c) rãnh chữ V đôi; (d) một cạnh nghiêng

+ Hàn *chông*, hình 3.



Hình 3: Hàn fillet, Hàn chông (lap joint)

+ Hàn *góc*, hình 4.



Hình 4: Một dạng của hàn góc (corner joint) & mô tả cách tính toán mỗi hàn

Ưu nhược điểm:

Ưu điểm:

- + Hàn tạo điều kiện đa dạng hoá các khả năng tạo hình & khả năng thiết kế, sắp đặt.
- + Sự chồng lên và cấu kiện kết nối thêm, thí dụ như vít, được loại bỏ.
- + Sức bền của mối hàn thường lớn hoặc lớn hơn của chi tiết hàn.
- + Các mối hàn tạo kết nối kín và không tháo ra được.
- + Có khối lượng nhỏ so với ghép bằng đinh tán; kim loại được tận dụng vì không bị lỗ đinh làm yếu – tiết kiệm công sức, giảm được giá thành (dễ tự động hóa, có năng suất cao)

Nhược điểm:

- + Tinh thể thay đổi ở vùng hàn có thể làm giảm sức bền của chi tiết hàn.
- + Sự cong vênh (méo) và sự co ngót của chi tiết hàn phải được chú ý.
- + Không phải tất cả các vật liệu đều thích hợp để hàn.
- + Vật liệu khác nhau không thể hàn được với nhau hoặc chỉ giới hạn trong điều kiện nhất định.
- + Chất lượng mối hàn phụ thuộc nhiều vào trình độ của công nhân hàn & khó kiểm tra khuyết tật bên trong mối hàn.

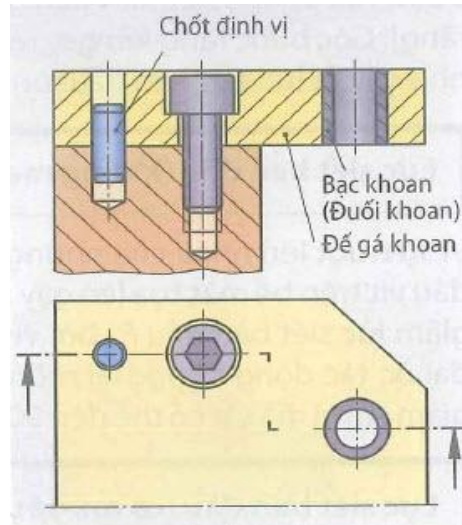
CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1) Vẽ hình mô tả 1 mối hàn giáp mối, 1 mối hàn chồng, và 1 mối hàn góc.
- 2) Trình bày ưu nhược điểm của mối ghép bằng hàn.

4.2.3. Mối ghép bằng chốt

Mục đích sử dụng: Chốt là mối ghép có thể tháo được. Chốt được sử dụng làm:

- + Chốt định vị để bảo đảm vị trí các chi tiết, hình 1.



Hình 1: chốt định vị

- + Chốt gắn chặt cho mối ghép chịu lực và/hoặc cho mối ghép chắc.
- + Chốt cắt để ngăn ngừa thiệt hại cho các chi tiết máy.

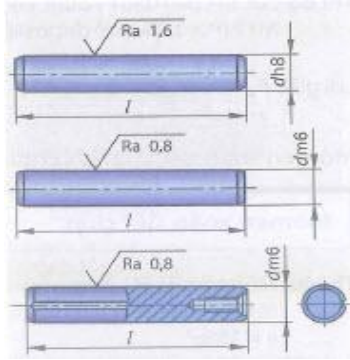
Các dạng chốt: bao gồm chốt trụ, chốt côn, và chốt có khía.

Chốt trụ chủ yếu được sử dụng như là chốt định vị, hình 2, chốt trụ không tôi được sản xuất với bậc dung sai $h8$ và $m6$, chốt được tôi được sản xuất với bậc dung sai $m6$, hình 3. Chốt đã tôi được sử dụng cho các chi tiết chịu áp lực cao. Để tạo điều kiện dễ dàng cho lắp ráp, chốt được vát cạnh.

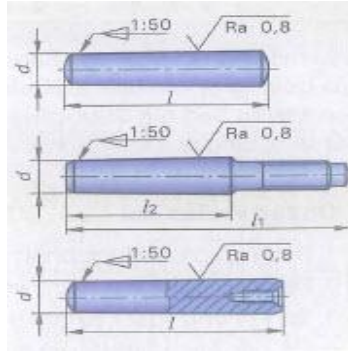
Để không khí thoát ra khỏi lỗ đáy trong quá trình lắp ráp, chốt trụ với rãnh dọc được sử dụng. Để tháo gỡ những chốt này có lỗ ren trong chốt, hình 2.

Chốt côn thường được sử dụng như là chốt gắn chặt. Nó có hình nón, độ côn $C = 1: 50$, hình 3. Chốt côn lắp căng sẽ đàn hồi khi bị đóng bằng búa đẩy vào trong lỗ khoan. Tuy nhiên các kết nối bằng lực và bằng khớp được hình thành lại không chắc chắn khi bị rung. Để tháo ra từ lỗ cắt, người ta sử dụng các chốt côn với ren bên ngoài hoặc bên trong, hình 3.

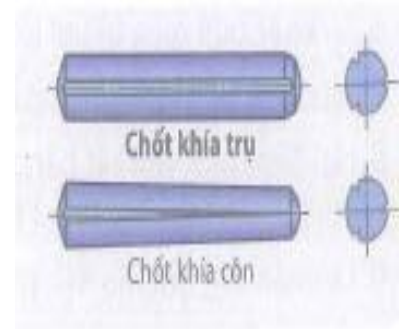
Chốt có khía được sử dụng cho việc kết nối các chi tiết chịu tải thấp ít khi phải tháo ra, hình 4. Nó có ba khía dọc trên chu vi bị biến dạng đàn hồi do lắp căng vào trong lỗ gắn đã được gia công bằng lưỡi khoan xoắn.



Hình 2: chốt trụ



Hình 3: chốt côn



Hình 4: chốt có khía

CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1) Vì sao chốt định vị chính xác được sử dụng?
- 2) Tại sao chốt trụ có rãnh dọc lại được sử dụng cho các lỗ cắt?
- 3) Độ côn của các chốt côn là bao nhiêu?

4.2.4. Mối ghép bằng đinh tán (Ri vê)

Nhiệm vụ:

Mối ghép đinh tán là kết nối không tháo được, mối ghép này có thể được chia ra làm 3 loại là chắc, chắc và kín cũng như kín.

Mối ghép chắc có thể chịu được lực lớn. Mối ghép **chắc và kín** phải chịu cùng lúc các lực lớn và làm kín các bộ phận kết nối. Mối ghép **kín** phải nối các thành phần lại với nhau và làm kín với nhau.

Trong cơ khí, mối ghép đinh tán truyền thống đã gần như hoàn toàn được thay thế bằng hàn. Tuy nhiên, trong sản xuất ghép tấm kim loại, thí dụ như trong ô tô và khung xe, đinh tán được sử dụng ngày càng nhiều. Ngành công nghiệp máy bay không thể thiếu đinh tán, bởi vì hợp kim nhôm có thể tôi cứng được sử dụng nhiều, sức bền của nó bị giảm mạnh khi hàn. Vì thế, việc sản xuất một Airbus cần đến 3.500.000 đinh tán là một thí dụ, hình 1.



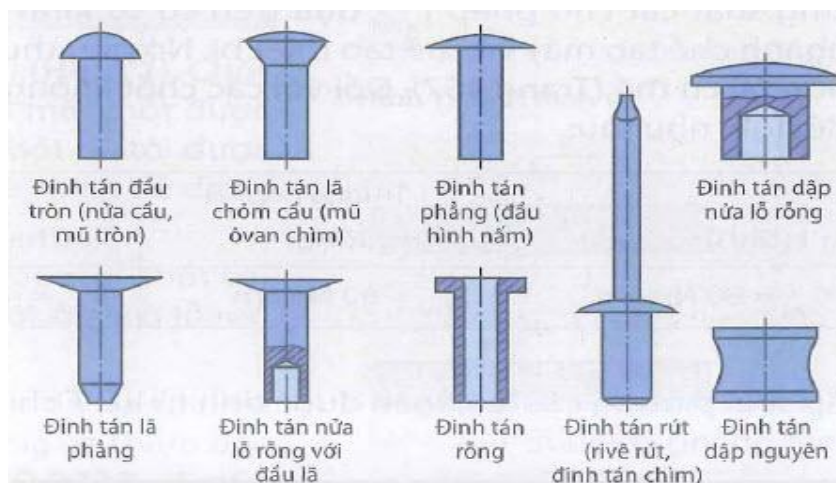
Hình 1: máy bay Airbus

Ưu điểm của mối ghép đinh tán so với mối ghép bằng hàn:

- + Không thay đổi cấu trúc và do đó không giảm sức bền và độ giòn ở các tấm kết nối.
- + Các nguyên vật liệu khác nhau cũng như bề mặt tinh chế, ví dụ như tấm đánh bóng hoặc phủ lớp có thể ghép vào nhau.
- + Cũng có thể được thực hiện với khả năng tiếp cận một chiều.
- + Tiêu thụ năng lượng ít.
- + Không gây nguy hiểm sức khoẻ từ khí & bức xạ ánh sáng.

Các loại đinh tán:

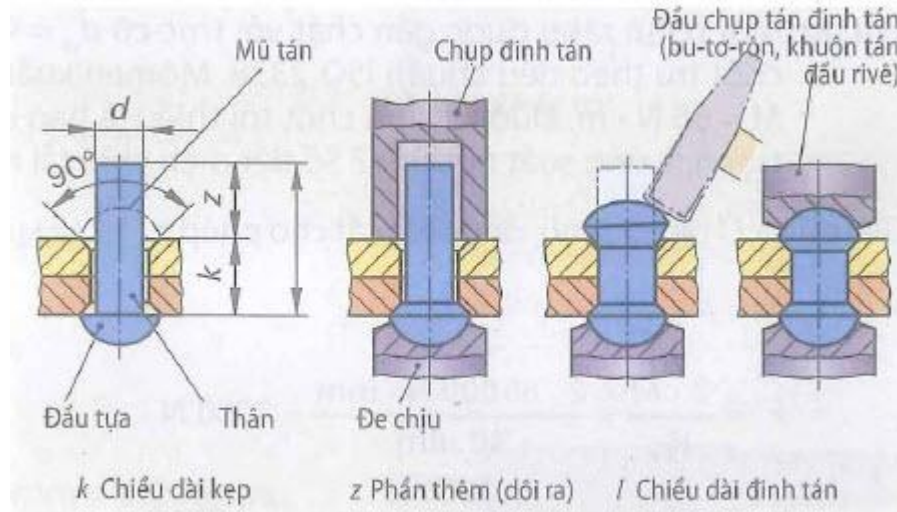
Đinh tán có thể được **phân loại** theo dạng đầu, kiểu thân đinh, và các phương pháp tán đinh, hình 2.



Hình 2: các loại đinh tán

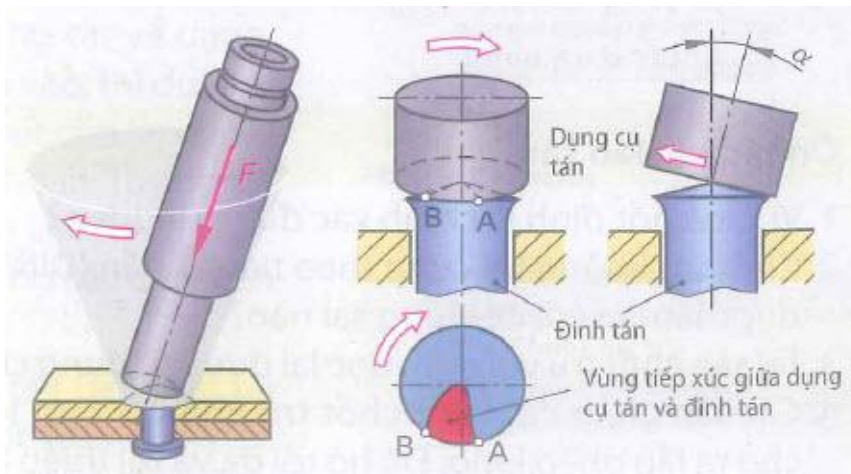
Phương pháp tán đinh:

+ **Tán bằng búa.** Các đinh tán định dạng sẵn bao gồm đầu đinh tán, thân và đầu tán khóa, hình 3. Các chi tiết đã khoan và lỗ được ép với chup đinh tán. Qua cách tán thì lỗ được hoàn toàn điền đầy. Sau đó, phần thân lòi ra từ lỗ đinh được tán thành đầu mũ tán.



Hình 3: tán đinh tán bằng búa

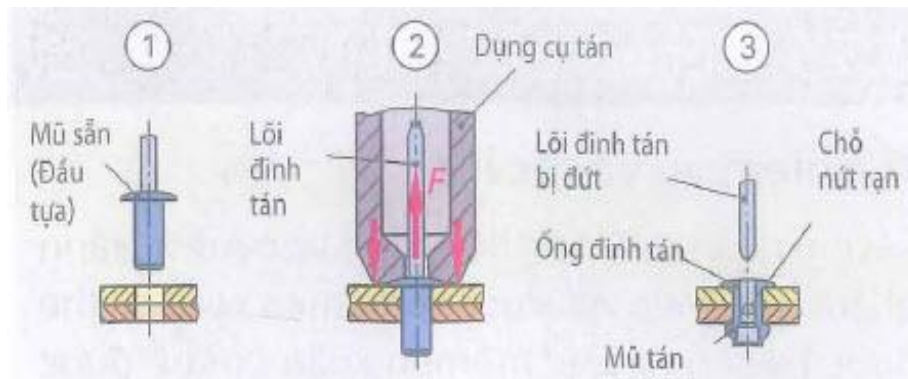
+ **Tán xoay vòng.** Cách tán xoay vòng thì dụng cụ tán xoay vòng ép theo trục đinh tán làm biến dạng vật liệu thành dạng đầu đinh tán mong muốn, hình 4.



Hình 4: tán đinh tán xoay vòng

+ **Đinh tán rút (ri vê rút).** Đinh tán rút được sử dụng khi vị trí đinh tán chỉ có thể tiếp cận được từ một phía. Nó bao gồm một ống đinh tán và lõi đinh tán. Đinh tán này có một chỗ rạn nứt định trước. Với một công cụ tán thì đầu của lõi được kéo vào cuối thân nhô ra của đinh tán rộng. Do đó làm biến dạng dẻo và hình thành mũ tán. Khi đạt được áp lực

lớn như có thể thì lõi đinh tán đứt tại chỗ định trước, hình 5.



Hình 5: đinh tán rút

Vật liệu đinh tán:

Vật liệu được sử dụng làm đinh tán là thép, đồng, đồng-kẽm và hợp kim nhôm, trong trường hợp đặc biệt cũng có nhựa và titan. Để ngăn ngừa ăn mòn do điện hóa và rơi lỏng của mối ghép khi bị nung nóng, các đinh tán nên có cùng vật liệu như các bộ phận được ghép vào

Đinh tán cần có đủ sức bền và dễ biến dạng tốt.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Mối ghép đinh tán được phân loại theo nhu cầu đặt ra như thế nào?
- 2) Những ưu điểm nào của mối ghép đinh tán so với mối ghép hàn?
- 3) Trong trường hợp nào sử dụng đinh tán rút?
- 4) Đinh tán được sản xuất từ những vật liệu nào?
- 5) Tại sao vật liệu của các chi tiết và của đinh tán nên giống nhau?

4.2.5. Kết nối trục – đùm (moay ơ)

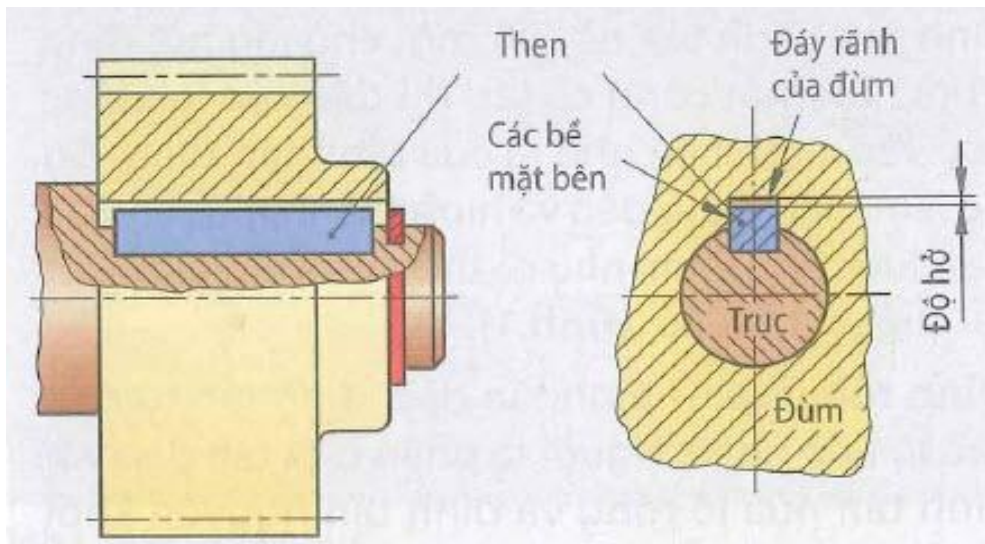
Nhiệm vụ & các loại kết nối:

Các bộ phận máy như bộ ly hợp và bánh răng phải được ghép với trục mà mômen xoắn có thể được truyền đi. Các mômen xoắn có thể được truyền đi bằng kết nối dạng khớp, kết nối dạng khớp có tải trước, kết nối dạng lực hay kết nối bằng vật liệu.

Các kết nối trục – đùm truyền các moment xoắn.

Kết nối dạng khớp (kết nối chặt)

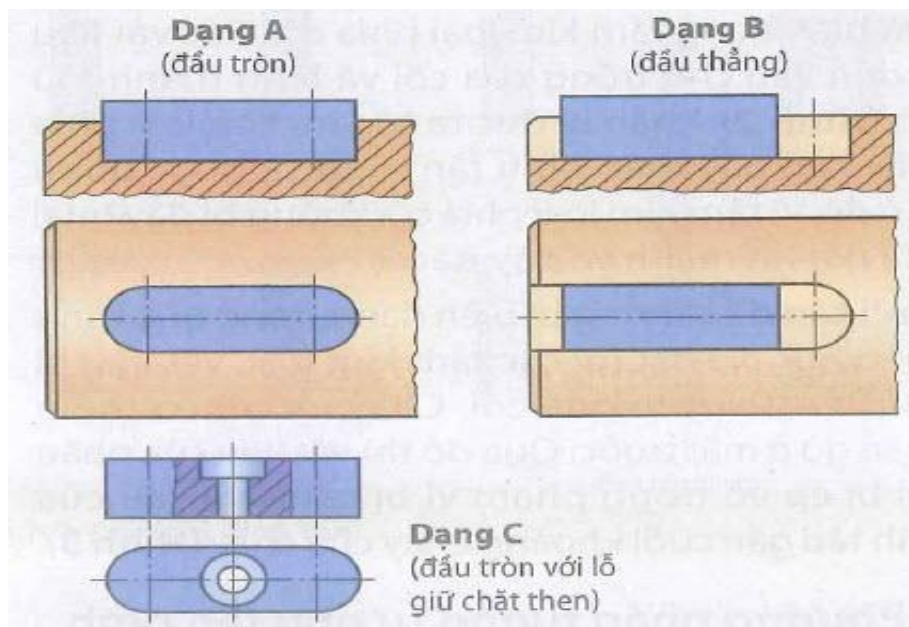
+ **Kết nối với then bằng – trượt** là kết nối kéo theo đơn thuần. Các mặt bên song song của then nằm trong các rãnh của trục và đùm, hình 1.



Hình 1: kết nối then

Giữa mặt trên của then và mặt dưới của ổ trục là độ hở. Đối với các tải trọng va đập kết nối này không thích hợp, bởi vì then và bề mặt chính và phụ của các rãnh bị biến dạng do đó có thể bị phá hủy. Đối với loại bánh răng phải đẩy trượt trên một trục khi sang số, then sẽ được lắp trượt với rãnh của đùm bằng dung sai tương ứng.

Các dạng then, hình 2:



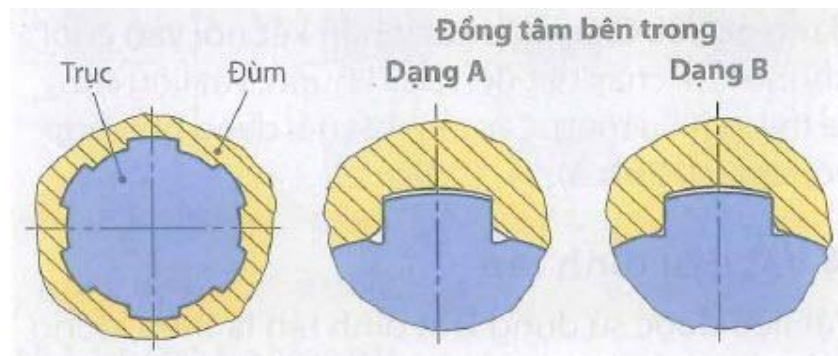
Hình 2: các dạng then

Dạng A có đầu gọt tròn. Các then này được ráp vào rãnh trục, các rãnh này được gia công với máy phay lỗ dài.

Dạng B có đầu thẳng. Các trục rãnh cần thiết được sản xuất với các máy phay đĩa hay phay ngón.

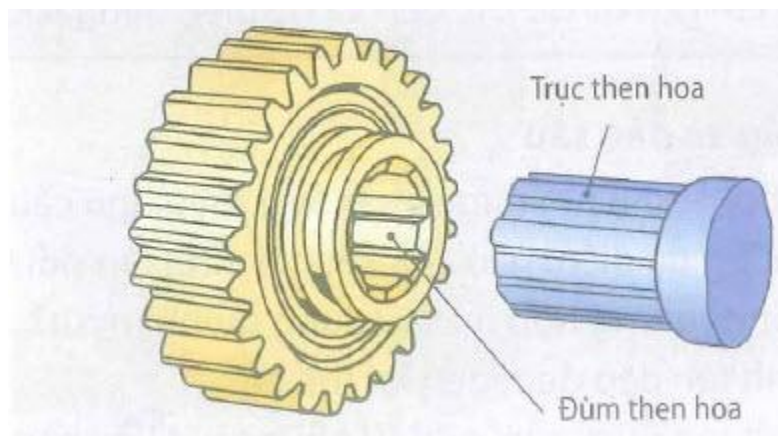
Dạng C tương tự mẫu A, nhưng có thêm một lỗ cho vít giữ lại để có thể giữ then trong rãnh.

+ **Kết nối bằng trục then hoa** được sử dụng cho kết nối kéo theo với sức chịu đựng cao, thí dụ như trục truyền dẫn của máy công cụ. Nhờ số chắn của các rãnh hình thành số chắn của then (không phải "nêm") mà các mômen xoắn được truyền ổn định và được chia đều trên bề mặt xung quanh, hình 3.



Hình 3: các dạng trục then hoa

Trục và đùm của một kết nối then hoa với dung sai phù hợp có thể di chuyển dọc trục. Do đó, ta áp dụng chúng để di chuyển bánh răng, hình 4.



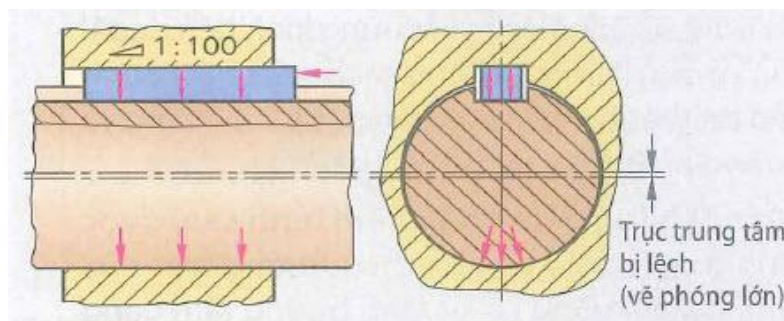
Hình 4: kết nối trục then hoa

Sự định tâm của đùm trên trục thường được thực hiện bằng định tâm phía trong của trục và đùm, hình 3.

Các chi tiết máy với kết nối then hoa dễ di chuyển dọc trục và có thể truyền moment xoắn lớn.

Kết nối ghép chặt có tải trước (có ứng suất trước)

+ **Kết nối bằng nêm** được chế tạo từ then có một độ dốc bằng 1:100 và mặt bên có độ hở ít trong các rãnh trục và đùm. Khi then được ghép vào thì trục và đùm được đẩy chặt vào với nhau, hình 5.

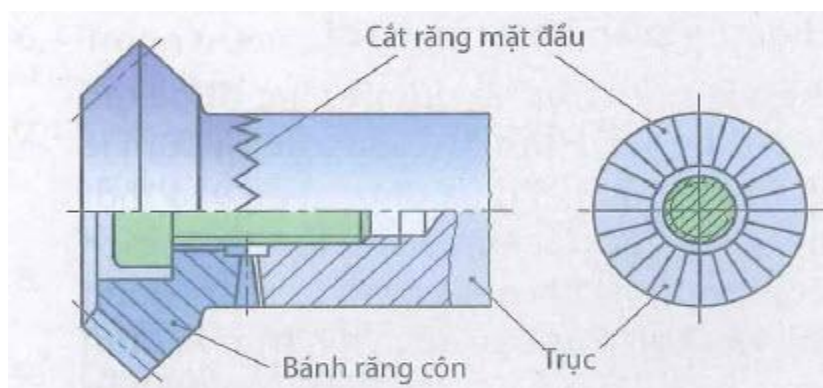


Hình 5: kết nối bằng then (nêm)

Qua kết nối chặt này, tâm của trục và đùm hơi dịch một chút so với nhau. Sự dịch chuyển này không được ảnh hưởng đến chức năng của các bộ phận ghép.

Vì sự thay đổi trong trục trung tâm dẫn đến sự mất cân bằng nên kết nối này không phù hợp với tốc độ cao.

+ **Kết nối bằng răng mặt đầu (mặt mút)** là các chi tiết kết nối tự định tâm, ở đây nơi bề mặt phẳng hướng tâm các răng sắp xếp khớp vào nhau, hình 6.



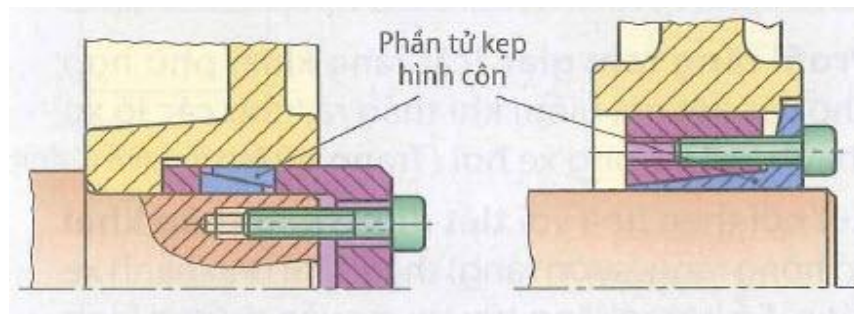
Hình 6: kết nối răng mặt đầu

Nhờ khả năng chính xác của bàn quay tròn có chia độ, kết nối này được sử dụng trong các bộ truyền động (hộp số) vì chiếm ít chỗ.

Kết nối lực (ma sát):

Với kết nối lực phù hợp thì đùm và trục có thể ghép căng với bất cứ góc nào. Các trục lúng và không bị suy yếu vì rãnh và lỗ khoan ngang.

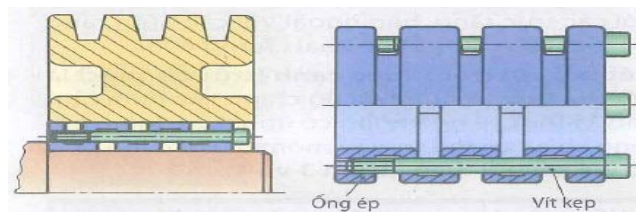
+ **Kết nối bằng lực siết lò xo vòng** (vòng chặn lò xo) được tạo thành bằng cách thắt chặt lẫn nhau các cầu kiện hình côn, hình 7.



Hình 7: kết nối căng bằng lực siết với lò xo vòng

Qua một lực hướng trục tạo ra bởi bulông các vòng được nở rộng hướng tâm hay ép vào nhau và lắp căng trục và đùm với nhau.

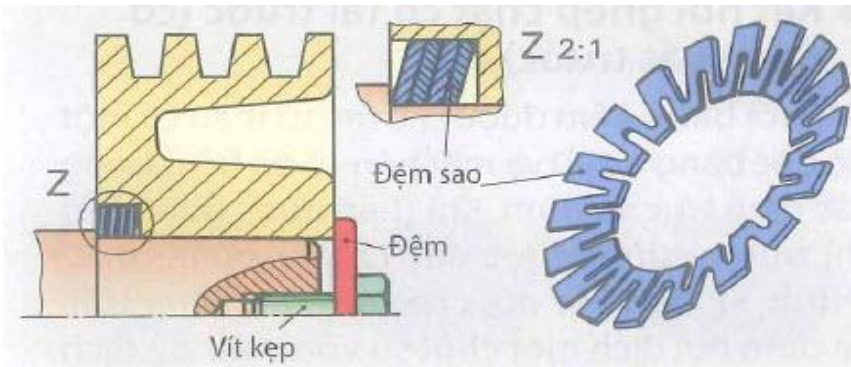
+ **Kết nối bằng ống ép:** Ống ép là những phần tử kẹp bằng thép đàn hồi với các rãnh tiện trên đường kính bên ngoài và lỗ trong, hình 8.



Hình 8: ống kẹp

Bằng cách siết chặt các vít kẹp thì thành đứng hơi xiên được làm thẳng và đường kính bị thay đổi một chút.

+ **Kết nối bằng đệm khía (đệm hình sao)** được hình thành bởi kẹp xiết theo hướng trục của những đệm vòng có xẻ rãnh hướng tâm dạng côn dẹt, hình 9.



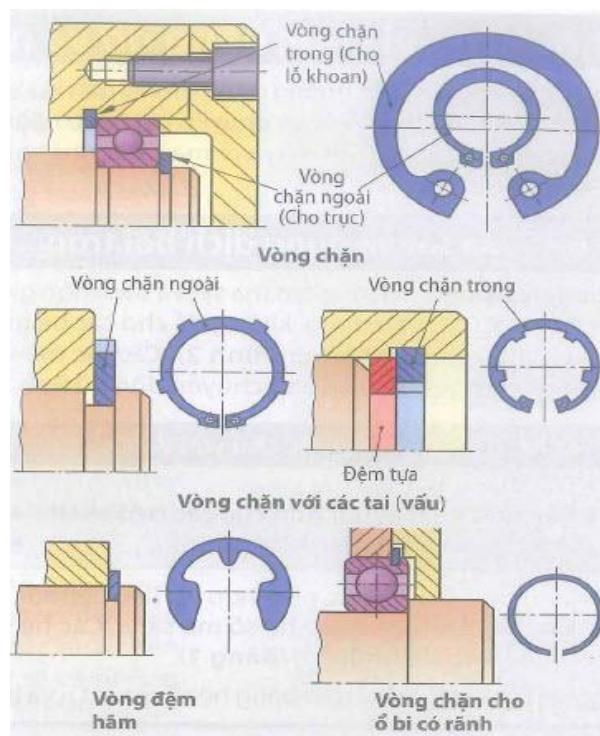
Hình 9: kết nối bằng đệm khía (vòng đệm hình sao)

Những tấm vòng được ép thẳng sẽ ép vào lỗ khoan của bộ phận ngoài và trục, số lượng của những đệm vòng lệ thuộc vào mômen xoắn phải truyền đi.

Khoá chặn trục:

Kết nối dạng khớp (kết nối chặt) trục-đùm và các thành phần như ổ bi, có thể dịch chuyển trên các trục hoặc lỗ, phải được bảo đảm an toàn cheo chiều dọc trục. Khóa được thực hiện qua kết nối chặt (khớp) hay kết nối lực ma sát.

+ **Khóa trục theo dạng khớp.** Các lực dọc trục tác động phụ thuộc vào loại cơ cấu khóa và các cấu trúc thiết kế của các chi tiết máy, hình 10.

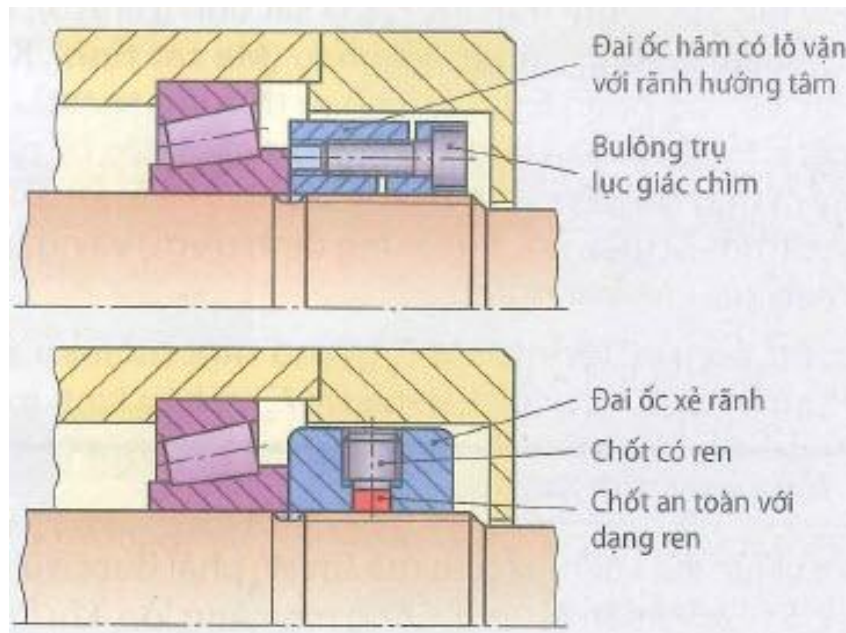


Hình 10: khoá trục theo dạng khớp

Thí dụ, các rãnh ở trục cho một vòng chặn có một khoảng cách đủ lớn từ đầu trục. Mặt tựa của chi tiết máy được giữ an toàn nên nằm sát vòng chặn với diện tích tiếp xúc càng lớn càng tốt. Nếu các chi tiết máy với cạnh vạt lớn hay bo tròn cần được chặn, chúng được hỗ trợ thêm đệm chịu hoặc vòng chặn được sử dụng với các tai (vấu) phân bố ở chu vi. Các cơ cấu khóa dạng khớp đòi hỏi gia công thêm cho trục. Điều này có thể dẫn đến việc suy yếu của tiết diện trục, tác dụng khóa bổ sung hoặc mất cân bằng.

+ **Khóa trục theo dạng lực ma sát.** Với các chi tiết khóa trục theo dạng lực ma sát, chẳng hạn như đai ốc xẻ rãnh hoặc các loại đai ốc có lỗ vặn, có thể tránh những bất lợi trên. Bên cạnh vị trí an toàn hướng trục của các cấu kiện bất kỳ, có thể điều chỉnh chính xác với các đai ốc trên, thí dụ độ dôi (độ rơ) của ổ đĩa côn hay ổ đĩa trụ hướng trục qua việc vặn đai ốc răng nhuyễn của trục.

Việc khóa thực hiện qua biến dạng của một đai ốc có lỗ vặn được với một bulông lục giác chìm (hình 11), hoặc bằng chốt ren được ép vào chốt an toàn lên thân ren của trục ren (hình 11 - dưới).



Hình 11: khoá trục theo lực ma sát

Khóa chặn trục được sử dụng là: + Vòng hãm + Vòng chặn + Vòng hãm với tai + Đai ốc xẻ rãnh + Vòng đệm hãm.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Kết nối trục và đùm có thể chia ra thành các nhóm nào?
- 2) Ghép then hoa thuộc loại kết nối nào? Sự khác nhau giữa mỗi ghép then & mỗi ghép then hoa?
- 3) Làm thế nào để bảo đảm ngăn chặn đùm (moay-ơ) di chuyển dọc trục?
- 4) Đĩa tựa (đệm tựa) có chức năng gì?

4.3. Các CTM đỡ, mang & truyền động

Ổ trục (bộ trục) và bộ phận dẫn hướng có nhiệm vụ dẫn hướng các chi tiết máy chính xác và chuyển các lực từ động đến tĩnh đến các chi tiết máy với ma sát ít nhất như có thể, hình 1.



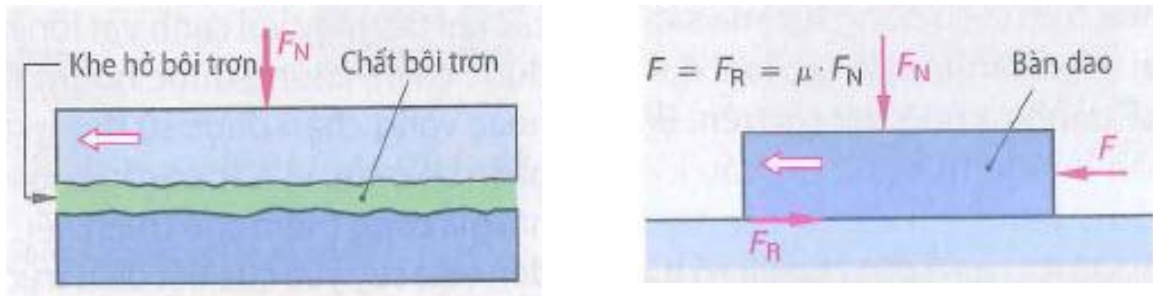
Hình 1: Trục chính của máy công cụ được đỡ bởi các ổ trục

4.3.1. Giới thiệu về ma sát & chất bôi trơn

Chất bôi trơn làm giảm ma sát và hao mòn giữa các bộ phận chuyển động, không để cho các bề mặt của chúng chạm vào nhau. Các lực ma sát F_R tác động ngược với hướng chuyển động, hình 2.

Ma sát:

Lực ma sát phụ thuộc vào lực thẳng góc (lực pháp tuyến) F_N , sự phối hợp vật liệu của các bề mặt tiếp xúc, chế độ bôi trơn, và loại ma sát. Chúng được thể hiện qua hệ số ma sát.

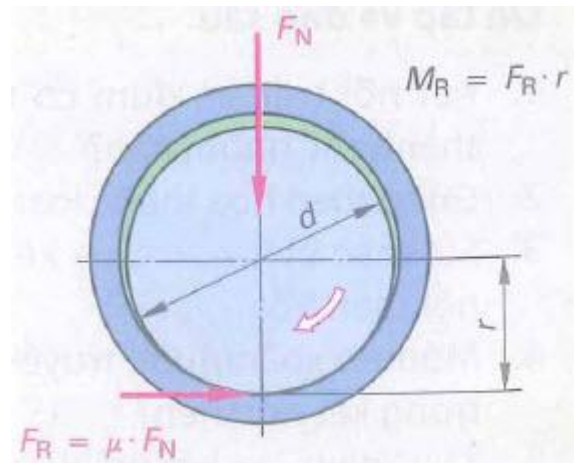


Hình 2: chất bôi trơn & ma sát giữa các bề mặt

Lực ma sát được xác định bởi: $F_R = \mu F_N$

Trong đó, μ là hệ số ma sát được xác định bằng thực nghiệm, bảng 1.

Bảng 1: Hệ số ma sát			
Phối hợp vật liệu	Hệ số ma sát μ ở		
	Ma sát tĩnh	Ma sát trượt	Ma sát trượt
	Trạng thái bôi trơn		
Thép với	khô		được bôi trơn
Gang xám	0,2	0,18	0,09
Thép	0,2	0,15	0,07
Hợp kim Cu-Sn	0,2	0,1	0,04
Lớp ma sát	0,6	0,5	0,25



Hình: moment ma sát

Trong bộ trục lực ma sát F_R gây ra một mômen xoắn ma sát M_R , hình vẽ, là tích số của lực ma sát F_R và bán kính trục r : $M_R = F_R \cdot r$

Lực hay moment ma sát tạo ra công ma sát, thường đây là công mất mát, sinh ra nhiệt làm hỏng CTM, giảm hiệu suất của máy. Công ma sát W_R được xác định bởi:

$$W_R = F_R \cdot v \cdot t$$

Trong đó, v là vận tốc và t là thời gian làm việc (tiếp xúc).

Ví dụ: một đuôi trục với $d = 40\text{mm}$ chịu 1 lực $F_R = 2,5 \text{ kN}$. Tốc độ quay của nó là $n = 500$ vòng/phút, hệ số ma sát $\mu = 0,04$; chạy trong thời gian 5 giờ. Hãy xác định F_R , M_R , và W_R .

$$F_R = \mu \cdot F_N = 0,04 \cdot 2500\text{N} = 100\text{N}.$$

$$M_R = F_R \cdot r = 100N \cdot 0,02m = 2 \text{ Nm}$$

$$W_R = F_R \cdot v \cdot t = F_R \cdot (\pi dn/60) \cdot t = 100N \cdot (\pi \cdot 0,04m \cdot 500\text{vong/phút}/60) \cdot 5 \cdot 3600s = 1.884.000$$

J

$$= 1,884 \text{ MJ}$$

Chất bôi trơn;

Các chức năng quan trọng của chất bôi trơn là: + giảm ma sát + giảm chấn động va chạm + chống ăn mòn + tản nhiệt, và + loại bỏ các hạt mài mòn.

Các loại chất bôi trơn gồm:

+ **Chất bôi trơn dạng lỏng (dung dịch):** Dầu khoáng sản hoặc các loại dầu tổng hợp thường được sử dụng làm dung dịch bôi trơn

Dầu khoáng sản có nguồn gốc từ dầu mỏ và bao gồm các chuỗi hydrocarbon có độ nhớt cao hơn và thấp hơn tùy thuộc vào chiều dài chuỗi phân tử. Dầu khoáng sản có chứa các chất bổ sung (chất phụ gia) giữ được độ nhớt không thay đổi, đặc biệt là trong một phạm vi nhiệt độ rộng hơn, thí dụ tăng cường độ nén và khả năng chống lão hóa. Tùy loại, chúng có thể được sử dụng giữa -20°C đến 100°C .

Dầu tổng hợp chủ yếu có nhiều tính năng thuận lợi hơn về mặt tương quan giữa độ nhớt- nhiệt độ và có sức chống lão hóa cao hơn so với dầu khoáng, nhưng lại đắt tiền.

+ **Mỡ bôi trơn:** Mỡ bôi trơn được làm từ các loại dầu khoáng sản hay dầu tổng hợp, được làm đặc với xà phòng bari, natri, và lithium thành dung dịch bôi trơn dạng nhão. Chúng được sử dụng trong ổ bi và ổ bạc trượt, thí dụ như khi các ổ này phải được bít kín chống bụi.

+ **Chất bôi trơn rắn:** Chất bôi trơn rắn được sử dụng, nếu màng phim của các loại dầu bôi trơn hay mỡ bôi trơn không thể hình thành do tốc độ trượt thấp hoặc khi nhiệt độ hoạt động rất thấp hoặc rất cao. Chất bôi trơn rắn được sử dụng thí dụ như bột than chì, molybden disulfua (MoS_2) và nhựa PTFE. Các hạt của bột than chì và MoS_2 có dạng tấm nhỏ. Trong khe bôi trơn chúng làm bằng phẳng mặt nhấp nhô của vật liệu và trượt lên nhau. Chất bôi trơn rắn thường được trét dưới dạng bột nhão hoặc keo sơn (sơn trượt) trên bề mặt. Trong dạng bột nhão chúng được kết hợp với dầu và được sử dụng để bôi

trơn trong phạm vi ma sát hỗn hợp, thí dụ, cho bộ truyền động trục vít và ốc vít. Keo sơn là chất bôi trơn rắn được kết hợp với nhựa cứng. Chúng bôi trơn trục ren và đường trượt.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Lực cần thiết để di chuyển bàn trượt dụng cụ là bao nhiêu nếu $F_N = 8\text{kN}$, hệ số ma sát là $\mu = 0,09$?
- 2) Người ta phân biệt bao nhiêu loại ma sát? Loại ma sát nào xảy ra trong 1 ổ bi rãnh?
- 3) Chất bôi trơn có nhiệm vụ gì? Người ta phân biệt bao nhiêu loại chất bôi trơn? Chất bôi trơn rắn được sử dụng trong trường hợp nào?

4.3.2. Ổ trục

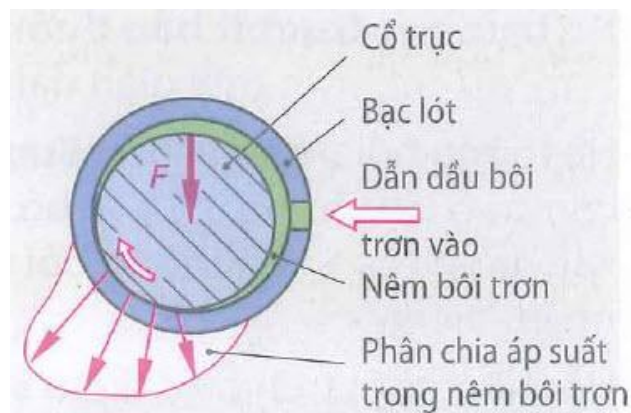
Ổ trượt:

Với ổ trục bạc trượt, cổ trục quay trong một bạc lót hay ống lót (Hình 1). Các lực F mà ổ trục phải chịu tác động, tạo ra một lực ma sát F_R khi quay, lực này tác động ngược lại chiều chuyển động. Để giữ được lực ma sát nhỏ và nhờ đó mômen xoắn ma sát cũng nhỏ, phải có đủ dung dịch bôi trơn giữa các bề mặt trượt.

Ta **phân biệt bôi trơn** thủy động và thủy tĩnh.

Bôi trơn thủy động:

Trong ổ trục bạc trượt với bôi trơn thủy động, màng bôi trơn được sinh ra bởi chuyển động quay của cổ trục, hình 3.

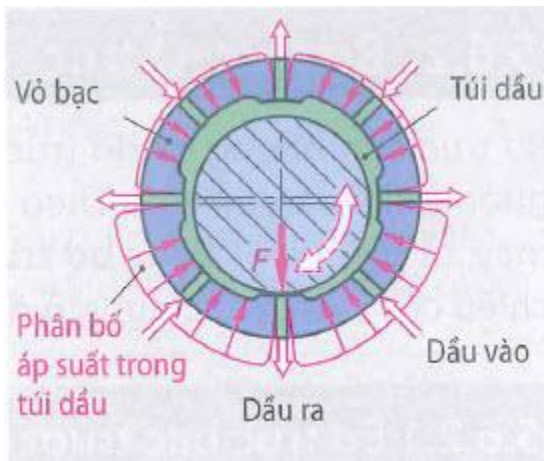


Hình 3: sự phân bố áp suất trong màng bôi trơn

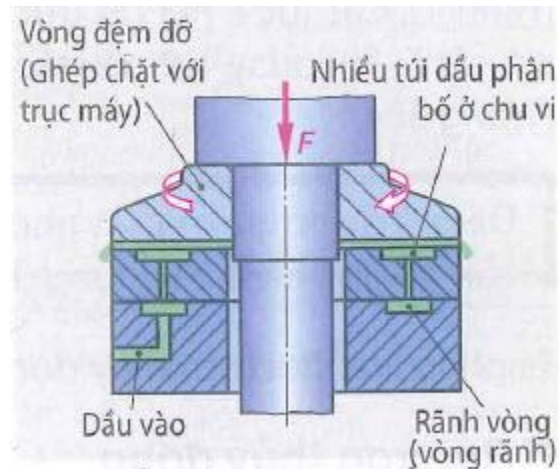
Khi trục bắt đầu chạy, cổ trục và ống lót ổ trục chưa hoàn toàn cách nhau bởi màng (lớp phim) bôi trơn (Ma sát hỗn hợp). Với tốc độ tăng, dầu bôi trơn cung cấp phía bên không chịu tải được cổ trục kéo vào khe bôi trơn hẹp. Áp lực tăng trong khe bôi trơn làm cho cổ trục được nâng lên và do đó làm giảm ma sát. Với tốc độ trượt đủ lớn, khoảng cách giữa các phần trượt đủ lớn để cổ trục nổi trên màng dầu (Ma sát ướt).

Bôi trơn thủy tĩnh:

Trong ổ trục bạc trượt với bôi trơn thủy tĩnh, dầu bị ép vào các túi dầu, các túi này được phân phối trên chu vi của ổ trượt, hình 4 & 5. Ở đây mỗi túi được cung cấp với một khối lượng dòng chảy đều. Áp lực dầu được tạo ra bên ngoài ổ trượt từ các bơm đặc biệt.



Hình 4: Ổ trục dọc trục đỡ thủy tĩnh



Hình 5: Ổ trượt hướng trục thủy tĩnh

Khi trục chịu tải, tâm trục bị đẩy về hướng lực tác động. Bởi vì khối lượng dòng chảy đều, áp lực tăng về phía có khe hẹp, áp lực giảm về phía khác. Nhờ vậy, trục được đẩy trở lại vào tâm ổ trượt. Ngay cả lúc dừng lại và khởi động ban đầu thì trục và ống lót không chạm vào nhau. Do đó, sự trượt bị giật xóc (hiệu ứng dính trượt) được loại trừ. Bôi trơn thủy tĩnh được dùng thí dụ như trục chính máy tiện, nơi yêu cầu năng lực chịu tải lớn và độ đảo có độ chính xác cao.

Ưu điểm:

- + Không mòn lúc khởi động.
- + Tăng nhiệt ít.
- + Độ chính xác cao cho độ đảo.
- + Không có hiệu ứng trượt bị giật xóc.

Nhược điểm:

- + Phức tạp, thiết bị bôi trơn đắt tiền.
- + Cần thiết theo dõi cẩn thận hệ thống bôi trơn.

Vật liệu bôi trơn

Vật liệu ổ trục, vật liệu cổ trục và chất bôi trơn trong ổ trượt phải được phối hợp với nhau.

Các hợp kim thích hợp cho **vật liệu ổ trục** là đồng, thiếc, chì, kẽm, nhôm và các kim loại thiêu kết, chất dẻo như polyamide, cho các mục đích thấp là gang với graphít (than chì) tấm.

Vật liệu bạc trượt nên có các đặc điểm sau:

- + Độ bền mài mòn cao.
- + Độ dẫn nhiệt cao.
- + Khả năng thấm ướt tốt qua chất bôi trơn.
- + Khả năng nhận những hạt lạ của vật liệu khác do mài mòn nằm chìm vào.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

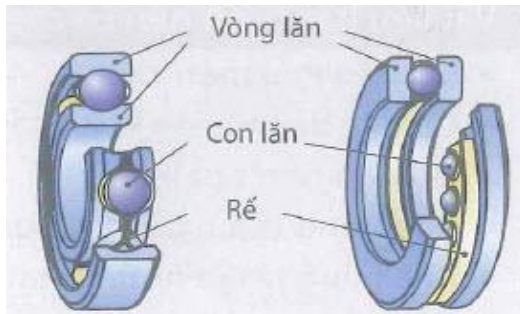
- 1) Lớp màng bôi trơn được hình thành như thế nào trong ổ trục bạc trượt với dầu bôi trơn bằng thủy động lực?
- 2) Tại sao ổ trục bôi trơn bằng thủy tĩnh chạy không bị mòn?
- 3) Ưu và nhược điểm của bôi trơn thủy tĩnh so với bôi trơn thủy động?
- 4) Nguyên nhân nào có thể gây ra sự tăng nhiệt mạnh của dầu bôi trơn? Tại sao phải sử dụng bộ làm nguội dầu, khi dầu bôi trơn bị nóng lên?
- 5) Những vật liệu nào được sử dụng làm vật liệu ổ trục bạc trượt?

Ổ lăn (ổ bi):

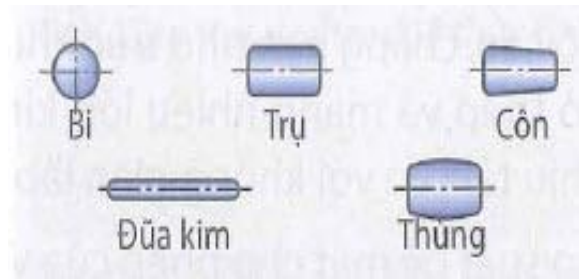
Cấu tạo:

Ổ ổ lăn, lực truyền từ cổ trục đến vỏ máy qua các con lăn, chúng lăn giữa hai vòng lăn trong và ngoài, hình 6. Qua đó ma sát lăn sinh ra nhỏ hơn ma sát (trượt) trong ổ trục bạc trượt. Đặc biệt ổ lăn có lợi thế so với ổ trục bạc trượt với dầu bôi trơn thủy động là ma sát

nhỏ hơn ở tốc độ thấp và khi khởi động.



Hình 6: cấu tạo & tên gọi ổ lăn



Hình 7: các dạng con lăn

Bi, bi trụ, bi côn, bi thùng (trống) và bi đĩa được sử dụng làm con lăn, hình 7. Các con lăn có thể được sắp xếp một hoặc hai hàng (hai dãy). Vòng cách giữ các con lăn với một khoảng cách đều nhau và ngăn chặn con lăn rơi ra khi tháo rời ổ lăn.

Vòng ổ lăn và các con lăn được làm bằng thép chịu lực, thí dụ 100Cr6 hoặc 100CrMo6. Rế (lồng ổ trục) được làm bằng thép hoặc tấm đồng thau, thau rắn hoặc nhựa polyamit.

Ưu nhược điểm (so với ổ trượt):

Ưu điểm:

- + Ma sát và độ tăng nhiệt thấp, tiêu thụ chất bôi trơn ít.
- + Khả năng chịu tải cao ở tốc độ thấp.
- + Khả năng trao đổi được cho nhau theo kích thước được chuẩn hóa (tiêu chuẩn hoá).
- + Cân bằng sự uốn cong của trục máy với vòng bi nhào.

Nhược điểm:

- + Nhạy cảm với chất bẩn, va đập, bụi bẩn và nhiệt độ cao.
- + Tiếng ồn tăng hơn.
- + Đường kính lắp ổ lớn hơn.
- + Khả năng chịu tải ít hơn ở cùng kích thước lắp ráp và độ giảm chấn thấp.

Các loại ổ lăn:

Theo các hình dạng cơ bản của con lăn người ta phân biệt ổ bi và ổ đĩa, hình 8.

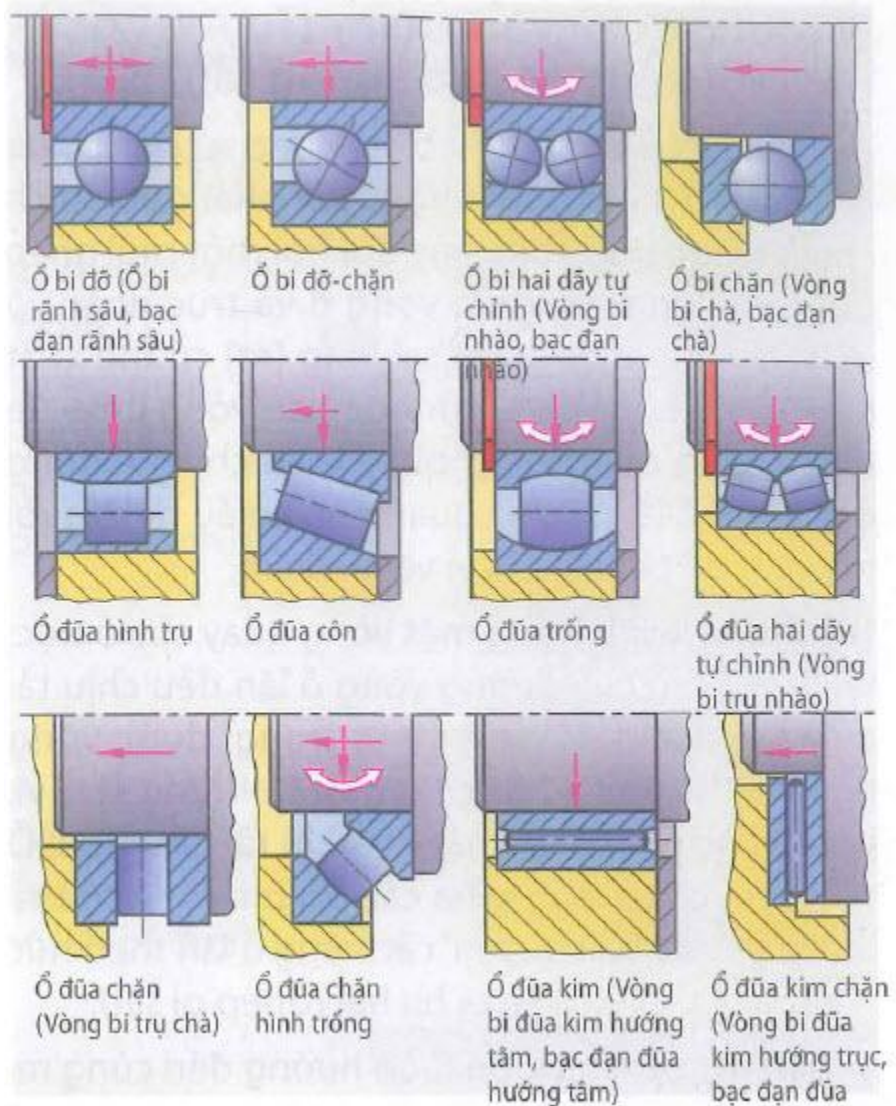
Ổ bi

- + **Ổ bi rãnh** loại một và hai dãy thích hợp cho tải trọng hướng tâm vừa và tải trọng dọc

trục nhỏ và tốc độ cao.

+ **Ổ bi đỡ- chặn** có thể chịu các lực dọc trục theo một hướng và lực hướng tâm. Chúng thường được cài đặt từng cặp và dự ứng lực.

+ **Ổ bi chặn** và **ổ đĩa chặn** chỉ có thể chịu lực dọc trục. Chúng được cài đặt kết hợp với ổ bi đỡ.



Hình 8: các loại ổ lăn

Ổ đĩa

+ **Ổ đĩa hình trụ** được sử dụng cho tải hướng tâm cao và trục lớn.

+ **Ổ đĩa côn** có thể chịu lực hướng tâm lớn cũng như lực dọc trục theo một hướng.

Chúng thường được cài đặt từng cặp.

+ **Ổ bi hai dãy tự chỉnh, ổ đĩa hai dãy tự chỉnh, ổ bi hành trống (ổ đĩa cầu) và bạc đạn nhào bi trụ hướng tâm** có thể bù đắp cho sự lệch tâm, điều này được tạo ra chẳng hạn như lỗi chế tạo và trục bị bẻ cong.

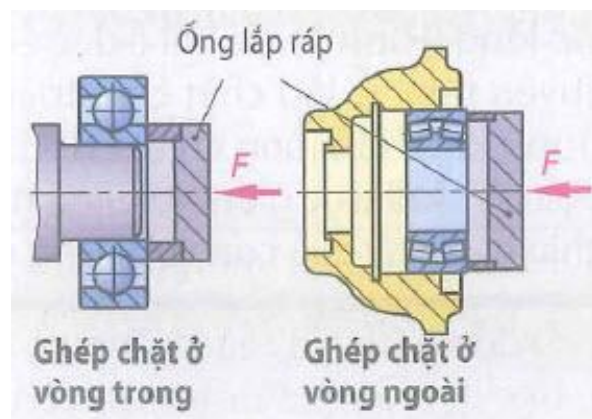
+ **Ổ đĩa kim** cần kết cấu có không gian nhỏ. Nó có thể được cài đặt mà không cần vòng ổ lăn giữa trục và vỏ máy (Vành bi kim).

Tháo & lắp ổ lăn:

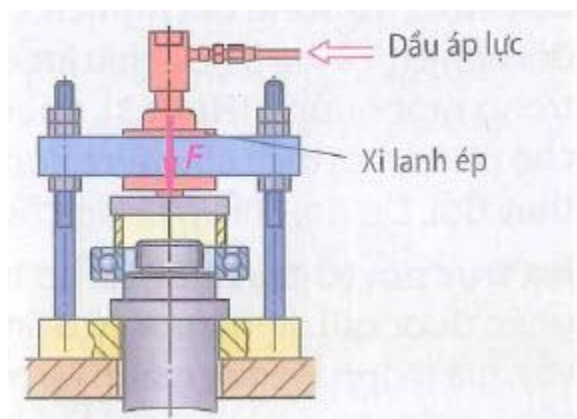
Các chú ý khi Lắp ổ lăn:

+ Ổ lăn rất nhạy cảm với ô nhiễm và ăn mòn. Do đó khi lắp ráp phải chú ý rất nhiều về sự sạch sẽ. Các ổ lăn phải luôn luôn được bảo quản trong bao bì gốc của chúng. Dầu chống ăn mòn dính vào ổ trục, cho đến khi lắp ráp mới được chùi đi nếu cần thiết.

+ Khi lắp ráp một ổ trục điều được chú ý trên hết là lực ép vào không được truyền qua các con lăn, hình 9. Các ống lắp ráp vì thế phải luôn được đặt vào vòng ổ lăn với lắp ghép chặt.



Hình 9: lắp ráp với ống lót ép

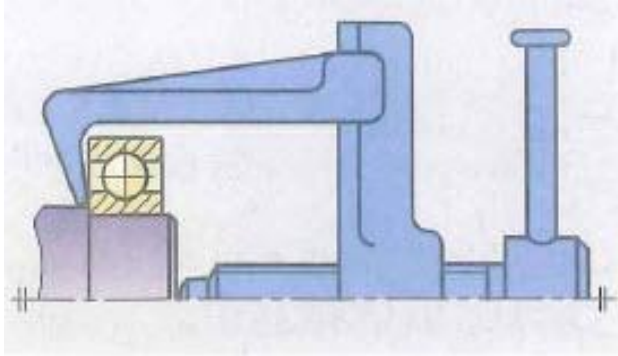


Hình 10: lắp ráp với máy ép thủy lực

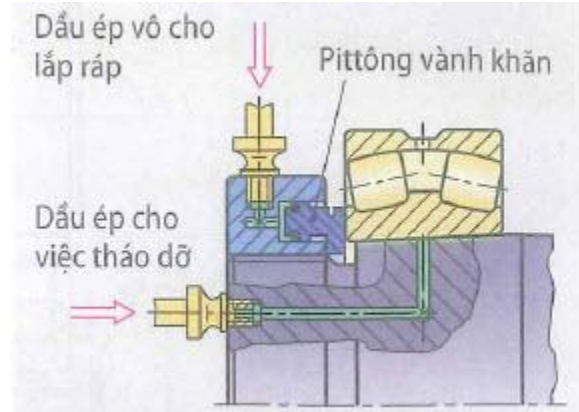
+ Với máy ép cơ khí hoặc thủy lực, ổ lăn có thể được lắp một cách nhanh chóng và chắc chắn, hình 10.

Tháo các ổ lăn:

Để tháo những ổ lăn thì các loại **cảo** thích hợp được sử dụng. Điều **lưu ý** là, các lực tháo không được truyền qua các con lăn, hình 11.



Hình 11: tháo ổ lăn bằng cảo



Hình 12: tháo ổ lăn bằng thủy lực

Với **phương pháp thủy lực**, ổ lăn cố định lớn có thể được tháo ra, hình 12.

Bôi trơn ổ lăn:

Trong ổ lăn, dung dịch bôi trơn hình thành một lớp tách biệt giữa các con lăn và các vòng của ổ. Ngoài ra, dung dịch bôi trơn còn bảo vệ ổ trước sự ăn mòn và ngăn ngừa sự xâm nhập của chất bẩn khi bôi trơn bằng mỡ.

Để bôi trơn ổ lăn, chỉ được sử dụng chất bôi trơn do các nhà sản xuất đề nghị.

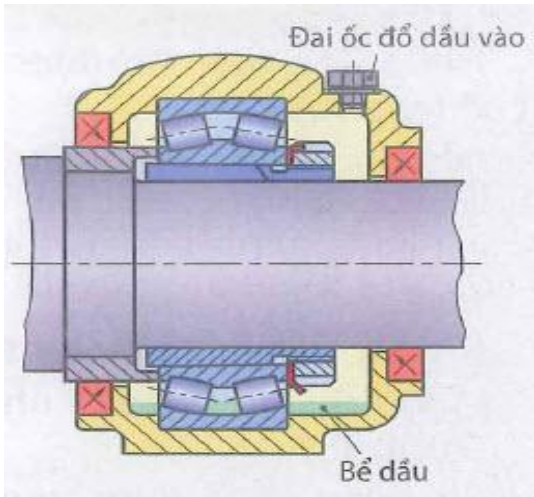
+ **Mỡ bôi trơn.** Vì khả năng bôi trơn thêm đơn giản và bít kín tốt nên đa số ổ lăn được bôi trơn với mỡ, do đó một nửa của khoang trống chứa đầy những mỡ. Ổ lăn với vòng kín đã nhận đầy mỡ từ nhà sản xuất, đủ cho tuổi thọ của ổ.

+ **Dầu bôi trơn.** Dầu bôi trơn chỉ được sử dụng cho ổ lăn, khi nhiệt ma sát được chuyển đi vì tốc độ cao, hoặc vì các chi tiết máy lân cận, thí dụ như các bánh răng trong hộp số cũng được bôi trơn bằng dầu.

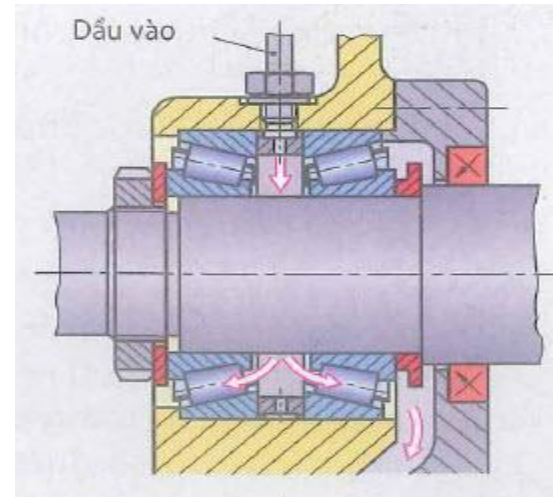
Tùy thuộc vào nguồn cung cấp dầu bôi trơn, người ta phân biệt bôi trơn với bồn dầu, dầu bôi trơn tuần hoàn, phun sương dầu bôi trơn và bôi trơn dầu với không khí.

Trong **bôi trơn bồn dầu**, mỗi con lăn phía dưới chìm sâu tới phân nửa trong bồn dầu, hình 13. Nhờ chuyển động quay nên tất cả các phần của ổ trục sẽ được cung cấp dầu đầy đủ.

Khi **bôi trơn tuần hoàn**, dầu bôi trơn được cung cấp bởi một máy bơm dầu cho ổ trục, hình 14. Dầu tràn ra từ ổ trục chảy thông qua ống dẫn trở lại trong các bồn chứa dầu.



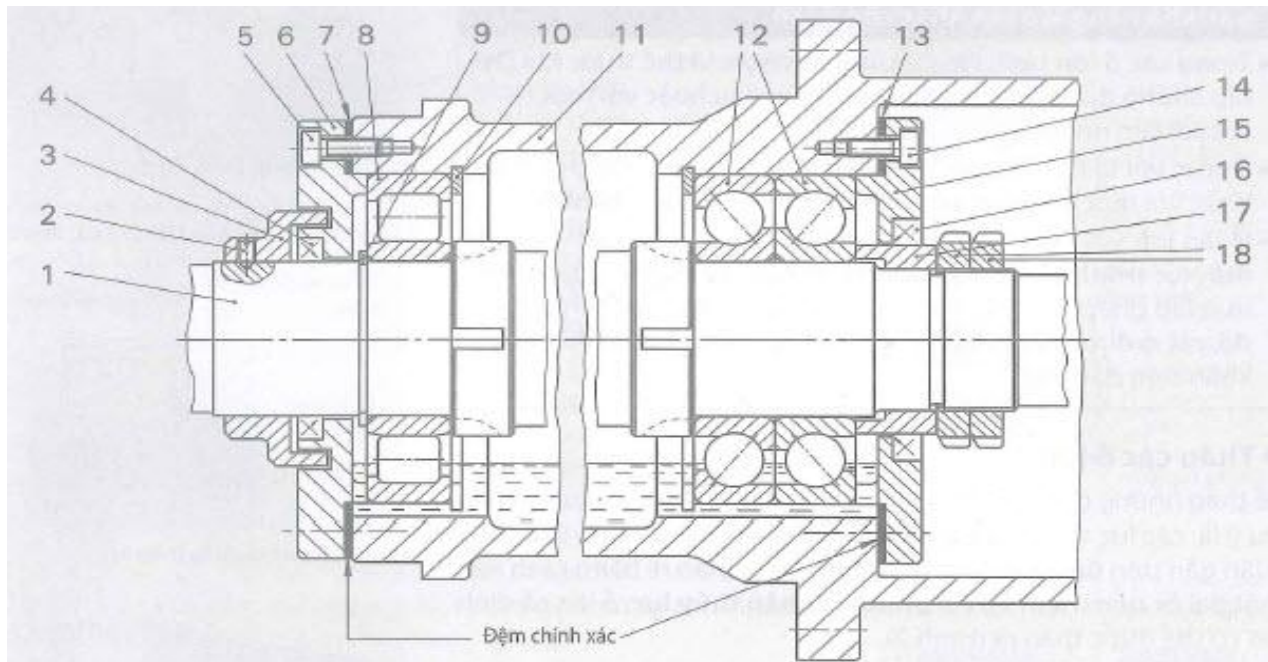
Hình 13: bôi trơn bằng bể dầu



Hình 14: bôi trơn tuần hoàn

Đối với ổ lăn đặc biệt có tốc độ cao, **phun sương dầu bôi trơn** và **bôi trơn dầu với không khí** được sử dụng. Đối với phun sương dầu bôi trơn, dầu đang chảy liên tục được phun sương bằng khí nén và thổi đến điểm bôi trơn, trong bôi trơn dầu với không khí thì dầu được thổi trong những khoảng thời gian nhất định vào ổ trục.

CÂU HỎI ÔN TẬP:



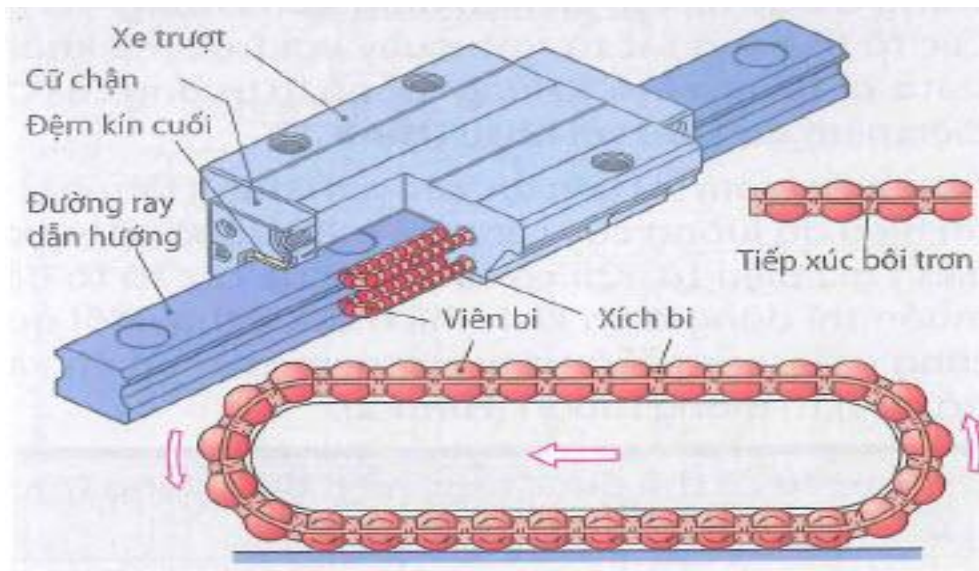
Hình: Ổ trục của trục máy bơm

- 1) Hãy kể tên & nói rõ nhiệm vụ của tất cả các chi tiết máy trong hình vẽ trên.
- 2) Những loại ổ lăn nào được sử dụng trong ổ trục của trục máy bơm trên?
- 3) Những loại bôi trơn nào được sử dụng?
- 4) Ổ lăn (chi tiết 8) được lắp ráp như thế nào?
- 5) Trình bày ưu nhược điểm của ổ lăn so với ổ trượt?
- 6) Những điểm nào cần lưu ý khi lắp & tháo một ổ lăn?

4.3.3. Bộ phận dẫn hướng

Khái niệm:

Bộ phận dẫn hướng tạo ra chuyển động thẳng của các bộ phận máy, thí dụ như băng trượt ở máy công cụ, hình 1.



Hình 1: dẫn hướng với đường ray

Bộ phận dẫn hướng phải có các đặc điểm sau:

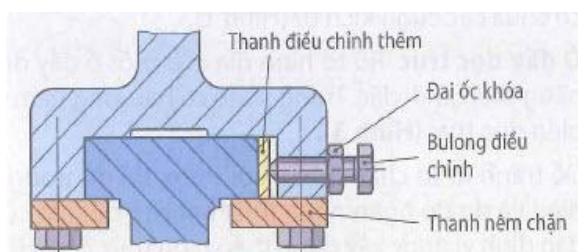
- + Độ chính xác cao cho việc dẫn hướng với độ hở nhỏ và độ cứng vững cao,
- + Khả năng điều chỉnh độ hở dẫn hướng,
- + Ma sát thấp và ít mài mòn,
- + Tính chất làm giảm xóc tốt như có thể,
- + Bảo dưỡng và khả năng bôi trơn đơn giản,
- + Đệm kín chống bụi bẩn và phoi bào

Các dạng dẫn hướng:

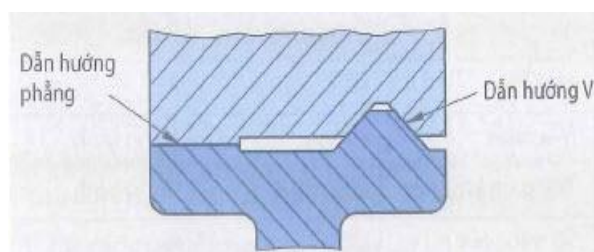
Dẫn hướng có thể được chia theo **dạng của quỹ đạo dẫn hướng**, theo **hướng của các lực truyền lên** thành dẫn hướng (dẫn hướng mở và **đóng**), cũng như theo loại ma sát ở thành dẫn hướng (dẫn hướng trượt và lăn).

+ Theo **dạng của quỹ đạo (đường) dẫn hướng**, ta phân biệt ra dẫn hướng phẳng, dẫn hướng V, mòng đuôi én. Để khai thác những lợi thế của một số dẫn hướng, có thể kết hợp lại các dạng khác nhau.

Dẫn hướng phẳng rất dễ sản xuất, ở vài ứng dụng nhất định, chúng cần một thanh chỉnh thêm để có thể điều chỉnh độ hở và một thanh khóa nhằm ngăn cản việc bàn trượt bị nâng lên, hình 2. Dẫn hướng phẳng chỉ có thể chịu lực vuông góc với mặt dẫn hướng.



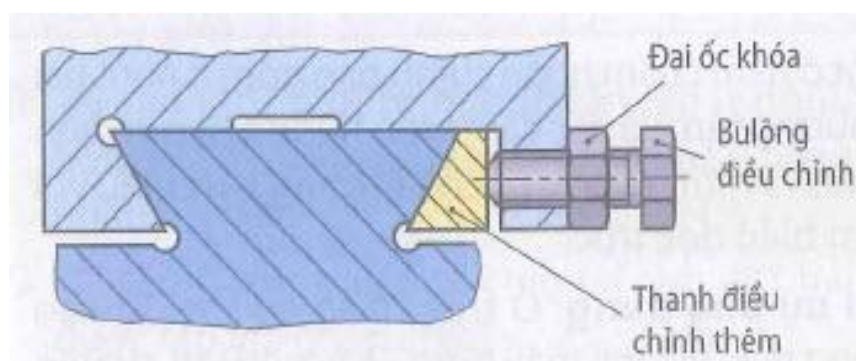
Hình 2: dẫn hướng phẳng



Hình 3: phối hợp dẫn hướng V & phẳng

Dẫn hướng V có thể cũng chịu được lực cắt ngang nhỏ vì có bề mặt nghiêng. Nếu bị mòn, nó tự điều chỉnh. Một thanh khóa ngăn cản việc nâng bàn dao lên. Dẫn hướng V thường được kết hợp với dẫn hướng phẳng, hình 3.

Mòng đuôi én ngăn chặn được việc bị nâng lên khỏi bàn do hình dạng của nó. Với một thanh chỉnh thêm người ta có thể điều chỉnh độ hở hoặc cân bằng độ mòn, hình 4.



Hình 4: dẫn hướng đuôi én

Mòng đuôi én có bề cao thấp, nhưng chi phí sản xuất đắt.

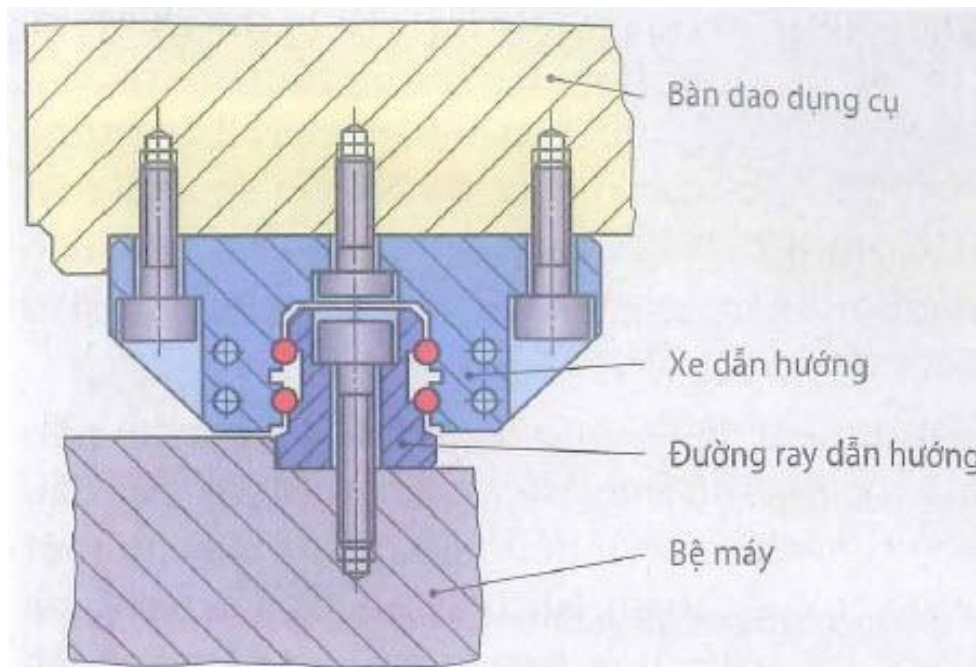
+ Dẫn hướng mở và đóng:

Trong **dẫn hướng mở**, các bàn trượt chỉ chịu các lực theo hướng nhất định. Chẳng hạn như ở đường dẫn kết hợp trong hình 3, lực thẳng góc lớn, nhưng chỉ có lực ngang nhỏ.

Đường **dẫn hướng đóng** cho phép truyền lực ở tất cả các hướng vuông góc với hướng chuyển động, hình 1 & 5.

+ Dẫn hướng lăn & trượt:

Dẫn hướng lăn có cùng ưu điểm và nhược điểm như ổ bi. Lực được truyền bằng bi hoặc con lăn, chúng quay tròn, thí dụ, giữa một đường ray dẫn hướng và một xe dẫn hướng, hình 5.

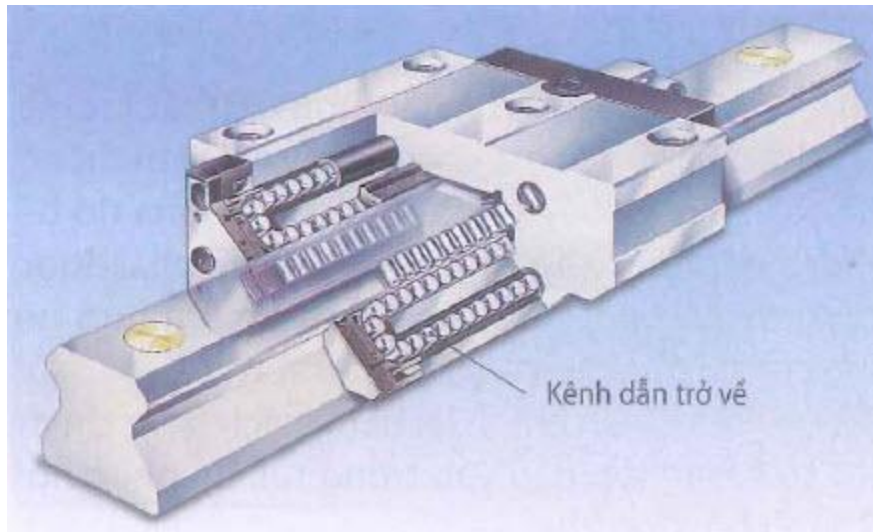


Hình 5: bộ phận dẫn hướng lăn của bàn dao

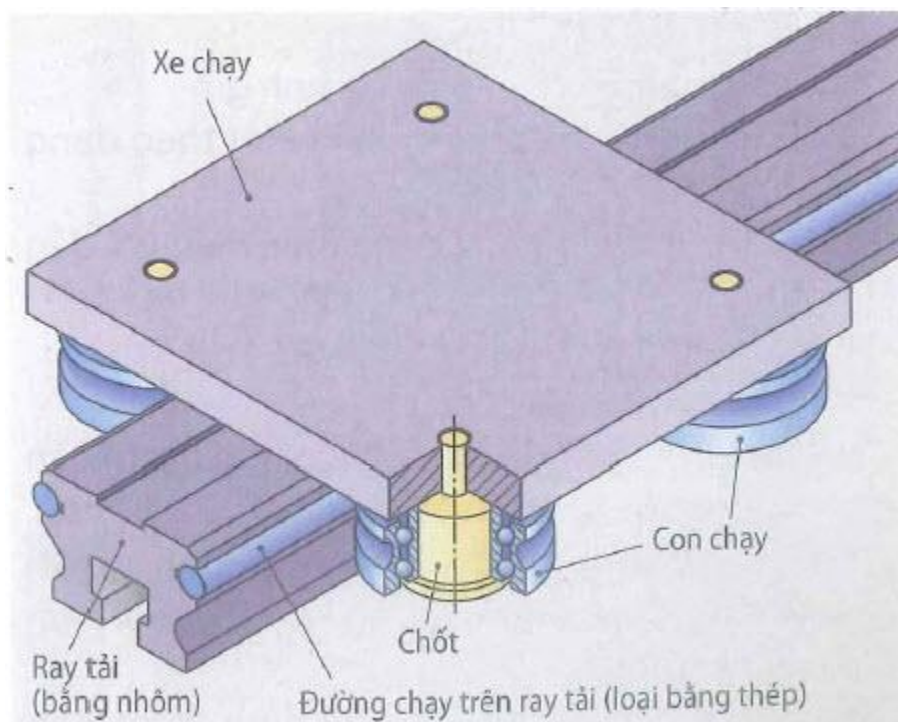
Do áp lực bề mặt cao nên đường ray và xe dẫn hướng, thí dụ được bắt ốc với băng trượt và băng máy của máy công cụ, được tôi cứng và mài bóng trong phạm vi di chuyển.

Trong dẫn hướng lăn với đoạn đường di chuyển dài, các con lăn chạy trở lại vị trí ban đầu của vùng tải sau khi rời khỏi vùng tải trong một đường dẫn trở về, hình 6.

Trong dẫn hướng với con lăn, thí dụ như dẫn hướng thép tròn mài nhẵn gắn trong đường ray chịu bằng nhôm. Các trục thép dẫn xe chạy, các con lăn của xe lăn sát (không độ hở) trên trục thép, hình 7.



Hình 6: đường dẫn trở về của con lăn

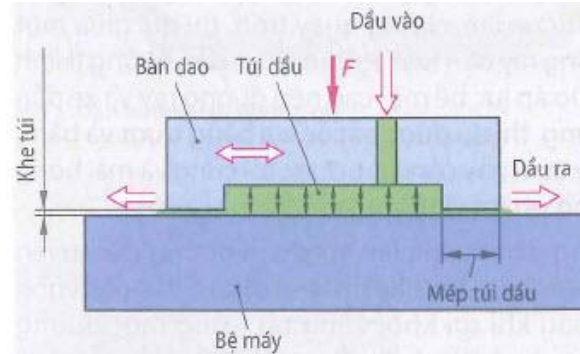
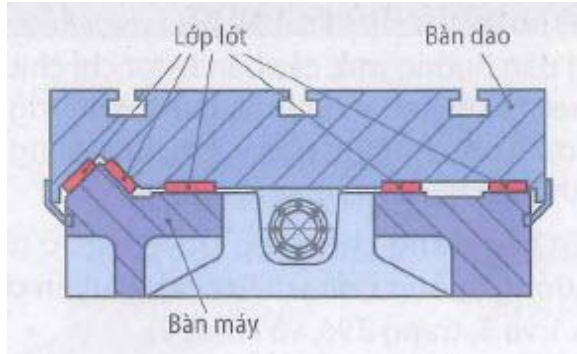


Hình 7: dẫn hướng bằng con lăn

Bên cạnh đường dẫn cho các chuyển động thẳng, đường ray chịu tải có những dạng đường cung, bán nguyệt và hình tròn, cũng được sử dụng thí dụ như cho các thiết bị lắp ráp, vận chuyển.

Dẫn hướng trượt được bôi trơn như Ổ trục bạc trượt. Bởi vì tốc độ trượt thấp thường

xuất hiện, ma sát hỗn hợp trong đường dẫn được bôi trơn bằng thủy động. Máy công cụ vì thế thường có đường dẫn bọc nhựa, chúng có các tính chất trượt tốt và chống giảm xóc và chi phí sản xuất thấp hơn, hình 8.



Hình 8: đường dẫn tráng nhựa ở băng máy Hình 9: nguyên tắc dẫn hướng thủy tĩnh

Ngoài ra, hệ số ma sát tĩnh cũng nhỏ như hệ số ma sát trượt. Nhờ vậy phần lớn tránh được hiệu ứng bị giật xóc khi trượt. Lớp nhựa bọc ngoài cho các đường dẫn này thường được dán lên những bộ phận dẫn hướng được gia công sẵn.

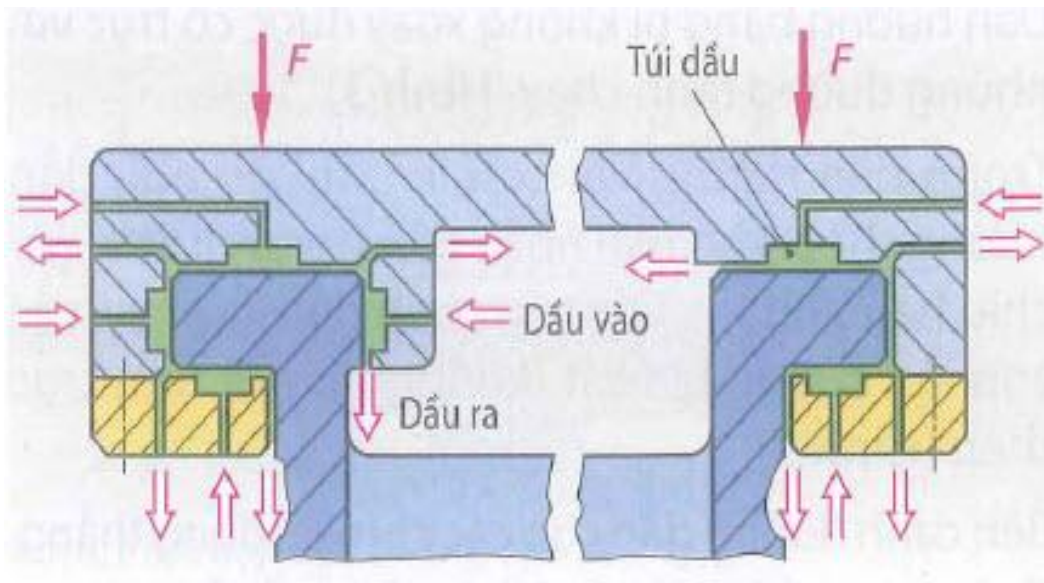
Dẫn hướng lăn và trượt được sử dụng chủ yếu trong ngành cơ khí và thiết bị xử lý để dẫn hướng chính xác bàn trượt.

Đối với dẫn hướng trượt với bôi trơn **thủy tĩnh** thì dầu áp lực được bơm bằng máy bơm đến nhiều túi được sắp xếp, thí dụ trên băng máy (bàn trượt). Dầu tràn ra từ các khe túi, do đó bàn dao nổi trên dầu, hình 9. Ma sát giữa băng máy và đường dẫn được giới hạn bởi ma sát ướt (chất lỏng).

Nếu áp suất dầu không có, thì băng máy nằm trên bìa túi. Khi mở máy thì máy bơm, bơm dầu liên tục, phân phối đều nhau đến từng túi một bằng bộ điều khiển. Nhờ vậy, áp lực dầu trong túi tăng nhanh đến mức bàn trượt được nâng cao lên 0,025mm từ mép túi. Bàn trượt di chuyển gần như không có ma sát trên đường dẫn.

Để dẫn hướng có thể chịu tải cũng như các lực gia công lớn khác nhau mà không thay đổi vị trí thẳng đứng của băng máy với đường dẫn và qua đó bề rộng khe thay đổi, áp suất trong mỗi túi phải được phù hợp với tải. Thí dụ, khi tải trọng lớn hơn bề rộng của túi nhỏ đi, vì vậy áp suất tăng lên trong túi này. Bộ điều khiển chỉnh lại bằng cách bơm thêm một số lượng lớn dầu vào trong túi, để phục hồi lại đúng bề rộng khe.

Vì một chiếc túi chỉ có thể chịu và truyền các lực thẳng góc với bề mặt của nó, nên các túi phải được sắp xếp sao cho có thể chịu được các lực từ các hướng khác nhau, hình 10.



Hình 10: dẫn hướng thủy tĩnh ở băng máy

Trong dẫn hướng trượt **khí tĩnh học**, khí nén được sử dụng thay cho dầu, ma sát thậm chí còn thấp hơn so với dẫn hướng trượt thủy tĩnh lực.

Trong dẫn hướng trượt thủy tĩnh và khí tĩnh ta tránh được hiệu ứng dính trượt.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Dẫn hướng có những đặc tính gì? Dẫn hướng nào được phân biệt theo dạng của nó?
- 2) Dẫn hướng đóng nghĩa là gì? Dẫn hướng mở có bất lợi gì?
- 3) Tại sao hay xảy ra ma sát hỗn hợp trong dẫn hướng với bôi trơn thủy động?
- 4) Tại sao dính trượt (hiệu ứng dính trượt) không được mong muốn cho việc bôi trơn dẫn hướng? Trong dẫn hướng nào thì dính trượt nên tránh?
- 5) Tại sao ma sát trong dẫn hướng trượt khí tĩnh lực thấp hơn so với thủy tĩnh lực?
- 6) Túi nào trong hình 10 được đòi hỏi phải giữ băng máy ở vị trí đúng khi chịu lực F ? Tại sao các băng máy trong hình 3 ở cùng một độ cao ngay cả khi lực F lớn hơn?
- 7) Những túi nào trong hình 10 được cần đến để giữ cho các bàn dao ở vị trí của nó khi lực gia công không thẳng đứng?

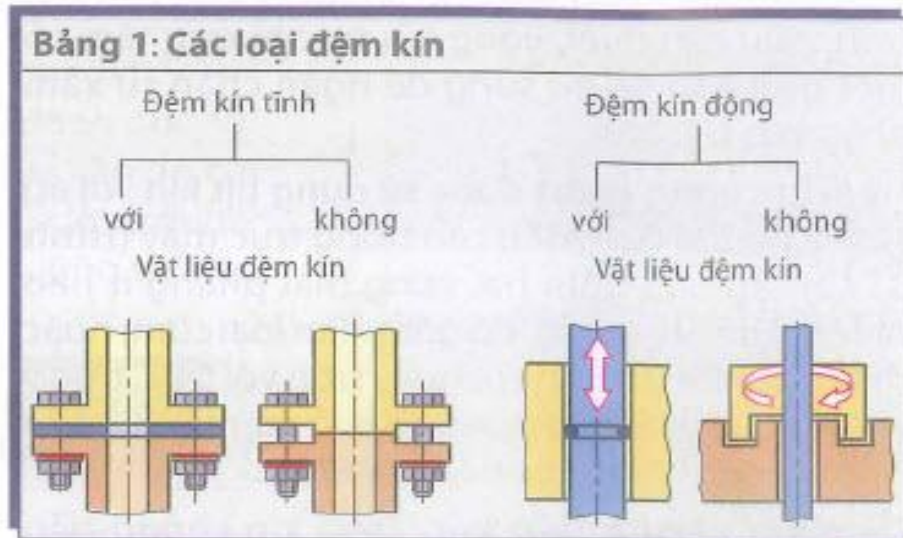
4.3.4. Đệm kín (phốt)

Nhiệm vụ:

Miếng đệm kín cần phải ngăn chặn hay giảm bớt sự rò rỉ hoặc sự xâm nhập của chất lỏng, khí hoặc chất rắn vào những chỗ tách ra của các bộ phận máy, thí dụ như bụi.

Các loại đệm kín:

Người ta phân biệt đệm kín tĩnh và đệm kín di chuyển (đệm kín động, **Bảng 1**).

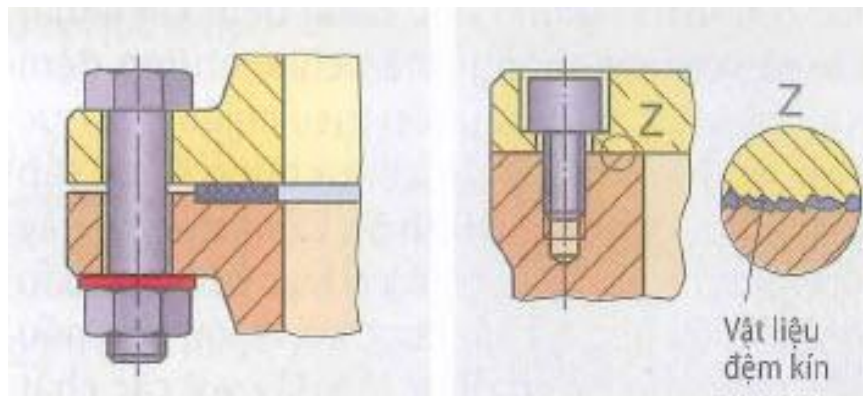


Đệm kín cố định (tĩnh)

Đệm kín tĩnh bít kín giữa các bộ phận máy, chúng không di chuyển tương đối với nhau.

Đệm kín bị biến dạng đàn hồi hoặc biến dạng dẻo khi lắp ráp.

+ **Vòng đệm phẳng.** Vòng đệm phẳng có diện tích bề mặt rộng, hình 1. Nếu có yêu cầu áp lực cao, người ta sử dụng các miếng đệm với lớp kim loại hoặc vỏ kim loại gấp mép.



Hình 1: vòng đệm phẳng Hình 2: đệm kín lỏng

+ **Vật liệu đệm kín lỏng.** Vật liệu đệm kín lỏng phủ đầy hoàn toàn khoảng gồ ghề của bề mặt đệm kín và cứng lại sau khi ứng dụng, hình 2.

+ **Vành đệm có biên dạng (prôfin).** Thường các vòng đệm được sử dụng là vòng đệm tròn (thường gọi là vòng O). Trong kết nối với vòng đệm, các vòng O cao su đàn hồi như là chi tiết chịu lực căng trước để bít kín pittông và ti pittông được sử dụng trong các xi lanh thủy lực, hình 3.



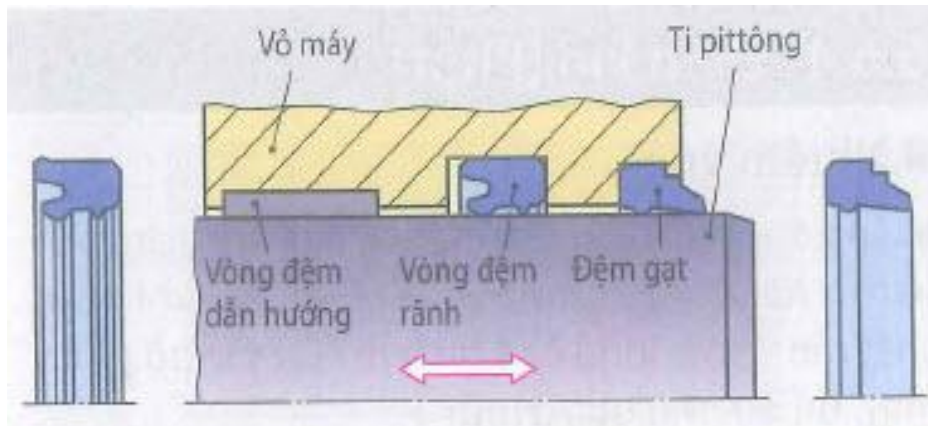
Hình 3: đệm (có biên dạng) làm kín pittông

Đệm kín di chuyển (động):

Đệm kín di chuyển bít kín giữa các bộ phận di chuyển đối với nhau. Vì sự bít kín không bao giờ hoàn hảo, luôn luôn xảy ra rò rỉ nhỏ. Người ta phân biệt đệm kín tiếp xúc và không tiếp xúc.

+ **Đệm kín mài.** Đệm kín mài được ép vào một chi tiết chuyển động. Để giữ cho ma sát được nhỏ, bề mặt được yêu cầu phải trơn nhẵn và cứng. Các tạp chất và sự bôi trơn không đầy đủ hoặc thiếu sót của bề mặt trượt gây ra nhiều hao mòn ở chỗ chuyển động và bít kín. Đệm kín mài phải được bít kín tĩnh cùng một lúc.

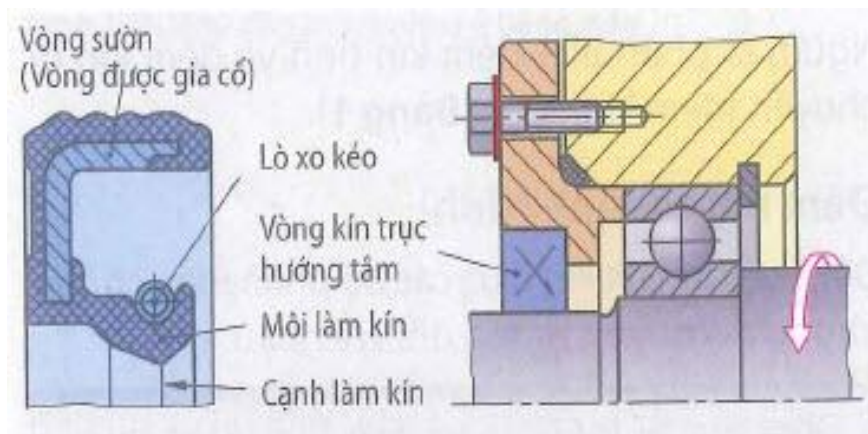
+ **Vòng đệm rãnh** được sử dụng chủ yếu như một đệm kín của ti pittông trong xi lanh thủy lực. Các hiệu ứng bít kín hình thành bởi tải riêng ban đầu và do nén các môi kín trong khi lắp đặt. Vòng đệm rãnh bít kín động đối với thanh truyền, tĩnh đối với vỏ máy, hình 4.



Hình 4: vòng đệm rãnh & đệm gạt

+ **Đệm gạt** được cài đặt trong các xi lanh thủy lực để gạt bụi bẩn và phoi sắt từ ti pittông chạy vào, hình 4.

+ **Vòng kín trục hướng tâm** là vành tì với một dạng môi đặc biệt, hình 5.



Hình 5: vòng kín trục hướng tâm

Chúng được sử dụng cho các đệm kín của trục ở áp suất thấp. Cạnh kín và môi đệm kín ngăn chặn sự thoát ra của dầu bôi trơn. Nếu cần thiết, vòng kín trục hướng tâm có một môi bảo vệ bổ sung để ngăn chặn sự xâm nhập của bụi bẩn.

Vật liệu cho đệm kín:

Tùy thuộc vào yêu cầu, vật liệu đệm kín phải định hình được qua biến dạng hay đàn hồi, có độ bền hóa học, bền nhiệt và chống lão hóa, chống mài mòn và có ma sát thấp. Tùy theo yêu cầu người ta sử dụng các vật liệu bít kín như **than chì**, **nhựa** (thí dụ như polytetrafluorethylene), **kim loại** (thép mềm, đồng, chì) và **bột nhão bít kín** từ loại nhựa đàn hồi vĩnh viễn.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Người ta phân biệt các loại đệm kín nào?
- 2) Vòng đệm trục – hướng tâm được sử dụng để làm gì?

4.3.5. Lò xo

Lò xo biến dạng đàn hồi khi chịu tải, hình 1. Công (năng lượng) làm biến dạng được lưu trữ vào lò xo và trả lại khi xả tải.



Hình 1: lò xo không khí & lò xo xoắn kéo trong máy dệt vải

Nhiệm vụ:

Lò xo được sử dụng cho hấp thụ va đập và rung động (đàn hồi cho các loại xe, lò xo cao su trong bộ ly hợp), ép các bộ phận máy lên nhau (Lò xo ly hợp), để lưu trữ năng lượng siết (Bộ phận kéo theo) và thu hồi những chi tiết máy (Xi lanh khí nén tác động đơn giản).

Đặc tính:

Lực cần thiết để làm biến dạng một lò xo lớn hơn khi đoạn đường co giãn của lò xo ngày càng tăng. Sự phụ thuộc của lực vào độ co giãn được thể hiện bởi các biểu đồ. Đường đặc trưng của lò xo được sử dụng để đánh giá tính chất đàn hồi. Nó có thể là đường thẳng, tăng lên hoặc giảm xuống, hình 2.

Đường biểu diễn lò xo chạy cong lên bắt buộc lực càng lớn cho sự biến dạng của lò xo.

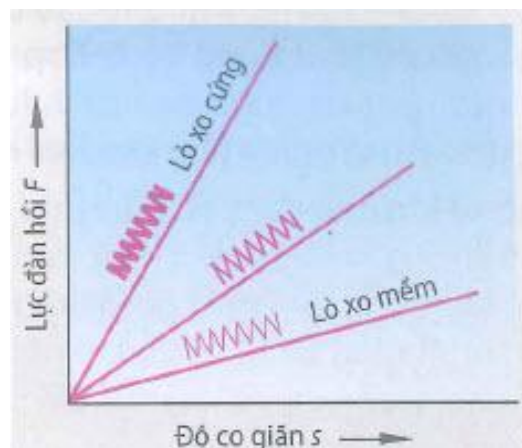
Đối với các đường biểu diễn thẳng thì độ co giãn tăng gấp đôi khi lực tăng gấp đôi.

Những lò xo có độ co giãn lớn với lực thay đổi nhỏ được gọi là "mềm", những lò xo có

độ co giãn nhỏ với lực thay đổi lớn được gọi là "cứng", hình 3.



Hình 2: biểu đồ lực – biến dạng



Hình 3: biểu đồ - độ cứng hằng số

Tỷ lệ của lực đàn hồi F đối với độ co giãn được gọi là độ cứng lò xo, R.

Độ cứng:

$$R = F/s$$

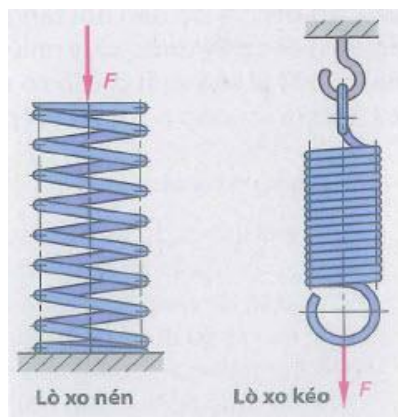
Thí dụ: Lực F cần lớn bao nhiêu để một lò xo nén có độ cứng $R = 60 \text{ N/mm}$ và độ co giãn $s = 3 \text{ mm}$?

Lời giải: $F = R \cdot s = 60 \text{ N/mm} \cdot 3 \text{ mm} = 180 \text{ N}$

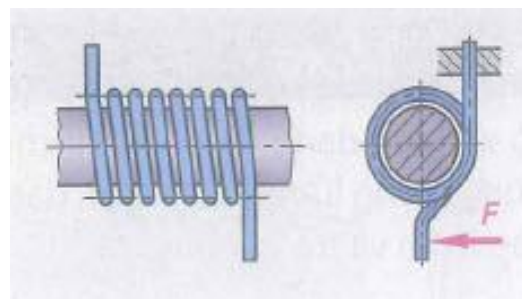
Các loại lò xo:

Lò xo được phân chia theo các **loại tải** như lò xo nén, lò xo kéo, lò xo uốn cong và lò xo xoắn. Phân biệt theo **hình dạng bên ngoài**, thí dụ như lò xo xoắn ốc trụ, lò xo vắn, lò xo đĩa, lò xo vòng, lò xo cao su và lò xo khí nén.

+ **Lò xo xoắn ốc trụ** thường được làm bằng dây thép đàn hồi, tiết diện tròn, cuộn thành vòng và được sử dụng như lò xo kéo và nén, hình 4.



Hình 4: lò xo xoắn ốc trụ



Hình 5: lò xo vắn xoắn ốc

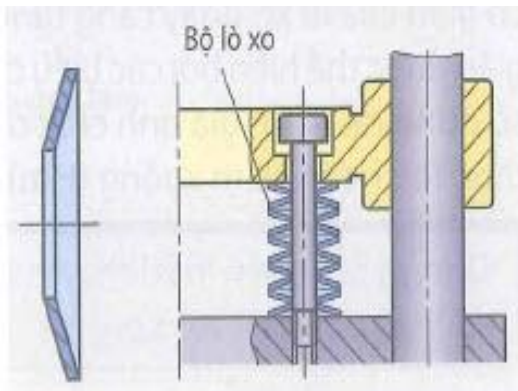
Chúng có các đường biểu diễn thẳng và đặc biệt thích hợp cho độ co giãn lớn.

+ **Lò xo vận xoắn ốc** là cuộn dây có hình trụ chịu tải theo chiều của vòng cuộn, hình 5. Chúng được sử dụng thí dụ như lò xo bật lại của chốt cửa.

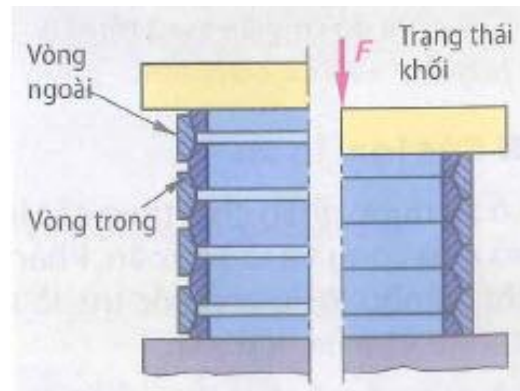
+ **Lò xo đĩa** là lò xo nén từ vòng đệm hình nón, chịu tải nén theo hướng trục, hình 6.

Lò xo đĩa phù hợp với các lực đàn hồi lớn với độ co giãn nhỏ.

Lò xo đĩa được xếp cùng chiều hoặc thay đổi xen kẽ thành tầng của chồng lò xo. Trong tầng cùng chiều thì lực đàn hồi được tăng lên, trong tầng xen kẽ thì độ co giãn được tăng lên. Các lò xo đĩa được sử dụng, chẳng hạn như trong chế tạo dụng cụ, chế tạo máy và chế tạo gá lắp.



Hình 6: lò xo đĩa

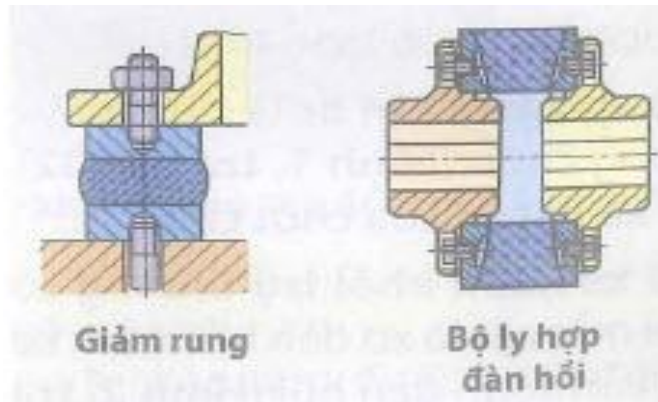


Hình 7: lò xo vòng

+ **Lò xo vòng** được làm bằng vòng thép đóng kín tiếp xúc với nhau ở mặt côn của chúng, hình 7. Nó chịu một lực tác động theo hướng trục, các vòng ngoài được mở rộng đàn hồi, vòng trong bị nén đàn hồi.

Lò xo vòng có thể được tác động cho đến khi các bề mặt phẳng vòng trong cao hơn một chút chạm vào nhau và hình thành một khối, hình 7. Do ma sát ở các bề mặt hình côn nên đạt được một giảm xóc tốt. Lò xo vòng được sử dụng, thí dụ, để đệm thép cán trong các nhà máy cán thép và bộ phận đệm giảm chấn cho các toa xe lửa.

+ **Lò xo cao su** chủ yếu được sử dụng cho giảm rung và những cú sốc thí dụ như trong bộ ly hợp. Thành phần cao su này được gia cố vòng chắn trong quá trình lưu hóa hoặc dán trong ống bằng kim loại hoặc giữa tấm kim loại có thể chịu tải cắt và nén, hình 8.



Hình 8: lò xo cao su

+ **Lò xo khí nén, hình 1**, được sử dụng, thí dụ đàn hồi cho xe động cơ. Chúng có không khí hoặc khí khác làm phần tử đàn hồi. Lực đàn hồi này sẽ tác dụng qua một pittông chuyển động với khí bị bọc quanh trong một xi lanh. Lò xo khí nén có đường biểu diễn cong lên và thường kết hợp với giảm chấn thủy lực (bộ giảm chấn).

Vật liệu lò xo

Đối với việc sản xuất các lò xo, người ta sử dụng thép lò xo là chủ yếu, độ bền và độ đàn hồi tăng cao bằng cách tôi, ram hoặc rèn nguội (kéo). Dây được xử lý nhiệt trước khi sản xuất các lò xo hoặc sau khi sản xuất các lò xo như lò xo đĩa và lò xo vụn. Thép lò xo là thép thường hoặc với thép hợp kim với Silicon và Crôm.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Lò xo được sử dụng với mục đích gì?
- 2) Độ cứng của lò xo nén lớn bao nhiêu khi một lực cần thiết là 400 N, để nén lò xo 1 đoạn là 5,5 mm?
- 3) Tính đàn hồi của lò xo vòng hoạt động như thế nào?

4.3.6. Các CTM truyền động

Trục & lạp (cốt trục):

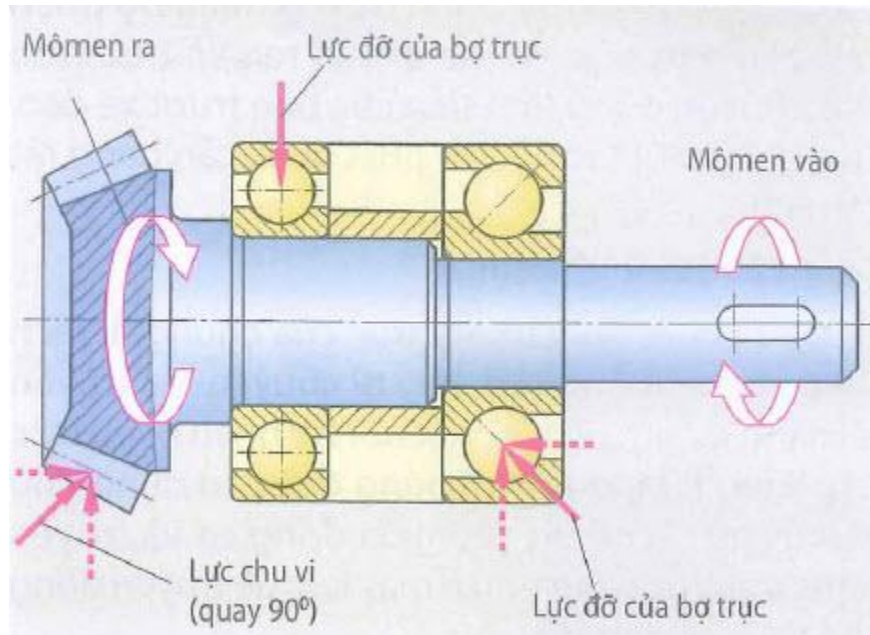
Trục truyền chuyển động quay và mômen xoắn, và do đó tải năng lượng. Ngược lại lạp (cốt trục) được dùng để tiếp nhận các chi tiết quay. Nó không truyền tải năng lượng.

Trục:

Trục được truyền động trực tiếp từ động cơ và bộ ly hợp hoặc qua các bánh răng, dây xích và dây đai.

Tải, thiết kế, Ổ trục

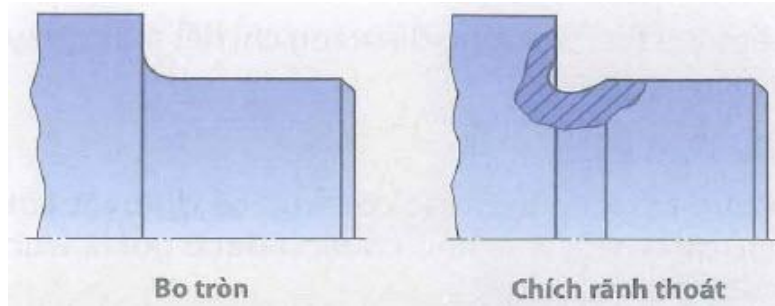
+ **Tải.** Trục chịu tải qua những lực xuất hiện khi bị uốn và qua mômen xoắn, hình 1.



Hình 1: tải (lực & moment) tác dụng lên trục

+ **Thiết kế.** Các **đường kính** của trục phải đủ lớn để không vượt quá ứng suất giới hạn cho phép của uốn và xoắn. **Sự phân bậc đường kính** phụ thuộc vào đường kính bên trong của các thành phần liên quan (bộ ly hợp, vòng vít, vòng bi, bánh răng) và cách làm thế nào để các thành phần này được lắp ghép với nhau sau đó.

Nơi **chuyển tiếp giữa hai đường kính** xuất hiện hiệu ứng rãnh khía. Điều này làm giảm độ bền mỏi của trục. Có thể hạn chế nhược điểm này bằng cách bo tròn nơi chuyển tiếp hoặc bằng cách chích rãnh thoát đã được chuẩn hóa vào vai trục, hình 2.



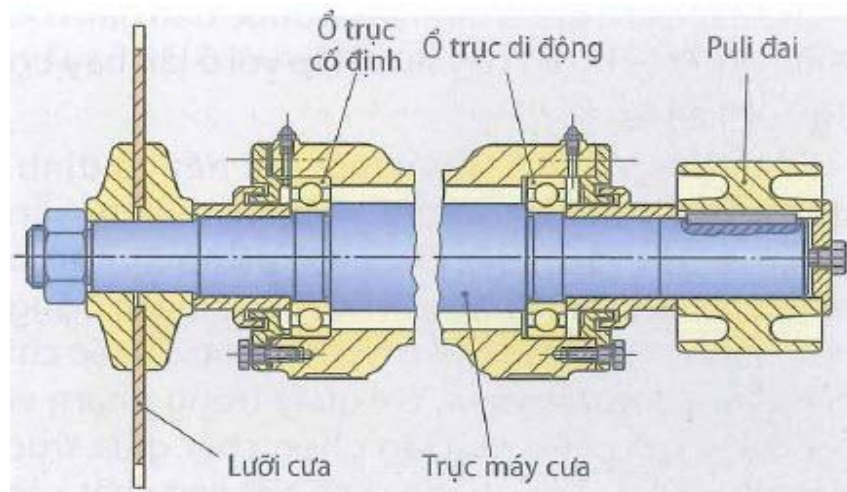
Hình 2: chuyển tiếp giữa 2 đường kính của trục

+ **Ổ trục.** Trục máy thường được đỡ trong hai ổ trục. Những trục này truyền các lực hướng tâm và hướng trục lên vỏ máy. Trục rất dài, thon nhỏ cũng như trục khuỷu và trục cam của động cơ đốt trong phải được đỡ trên ít nhất là hai ổ trục để tránh bị cong và rung.

Các loại trục:

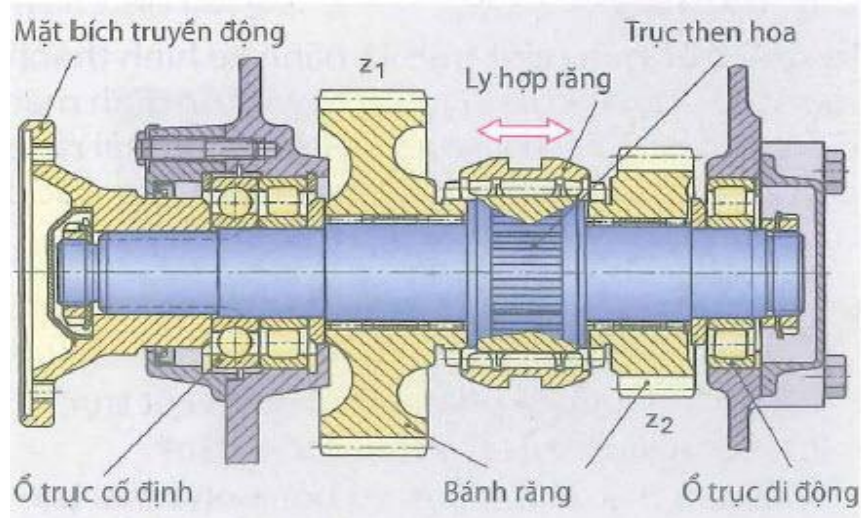
Trục máy có thể được phân loại theo chức năng của chúng thành trục truyền động và trục truyền động bánh răng, trục chính, trục Các đăng (Cardan) cũng như trục khuỷu và trục cam.

+ **Trục truyền động.** Trục truyền động tiếp tục truyền mômen xoắn tới trục khác, máy móc hoặc dụng cụ. Thí dụ như trong hình 3, trục máy cưa được quay bởi các puli truyền mômen xoắn vào lưỡi cưa.



Hình 3: trục mang lưỡi cưa tròn của máy cưa

+ **Trục truyền động bánh răng (Trục hộp số)** có nhiệm vụ thay đổi vòng quay với bánh răng.

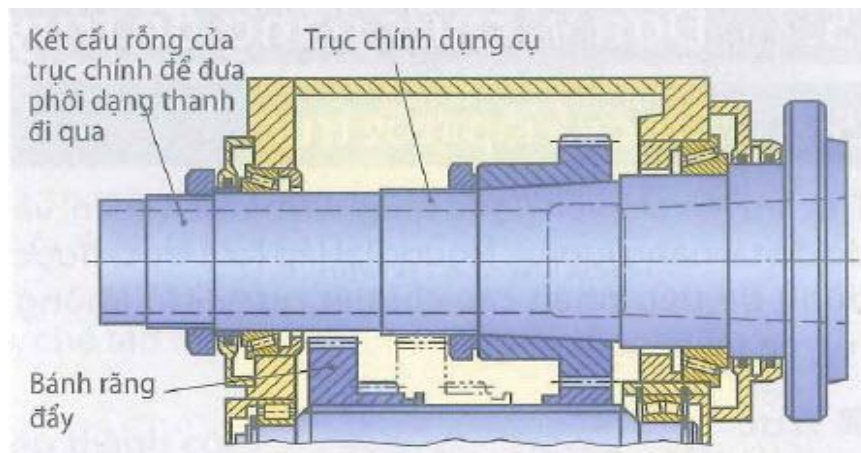


Hình 4: trục truyền động bánh răng

Trục hộp số, hình 4 được truyền động qua mặt bích. Việc phát động được truyền ra bằng bánh răng trái Z_1 hoặc bánh răng phải Z_2 . Hai bánh răng được luân phiên sang số chuyển đổi qua các ly hợp bánh răng (khớp nối bánh răng).

+ Trục chính

Trục trong máy công cụ thực hiện các chuyển động cắt gọt và dẫn tiến thì được gọi là trục gia công (trục chính), hình 5.



Hình 5: trục chính của 1 máy tiện

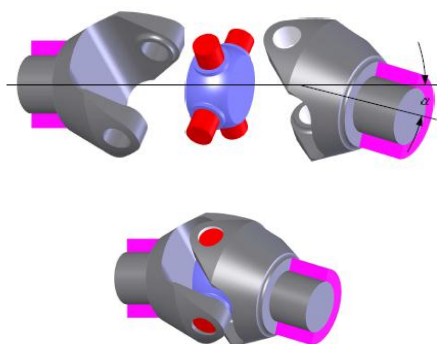
Thí dụ như máy tiện vạn năng ngoài trục chính để thu nhận bộ phận kẹp còn một trục vít-me để cắt ren và trục trơn cho chuyển động tịnh tiến của bàn trượt xe dao. Trục chính với tốc độ cao phải được cân bằng rất cẩn thận.

+ Trục Các đăng (Cơ cấu / Khớp Cardan)

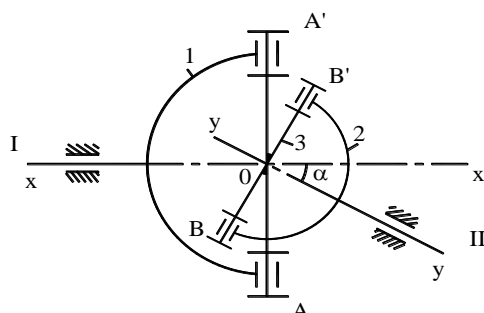
Cơ cấu các-đăng hay *khớp nối trục các-đăng* dùng để truyền chuyển động quay giữa 2 trục *giao nhau một góc α* không lớn lắm, nhưng có thể thay đổi được trong khi cơ cấu đang hoạt động.

a) Nguyên lý cấu tạo

- Hình a thể hiện cơ cấu thực, hình b là lược đồ động của cơ cấu các-đăng.



a)

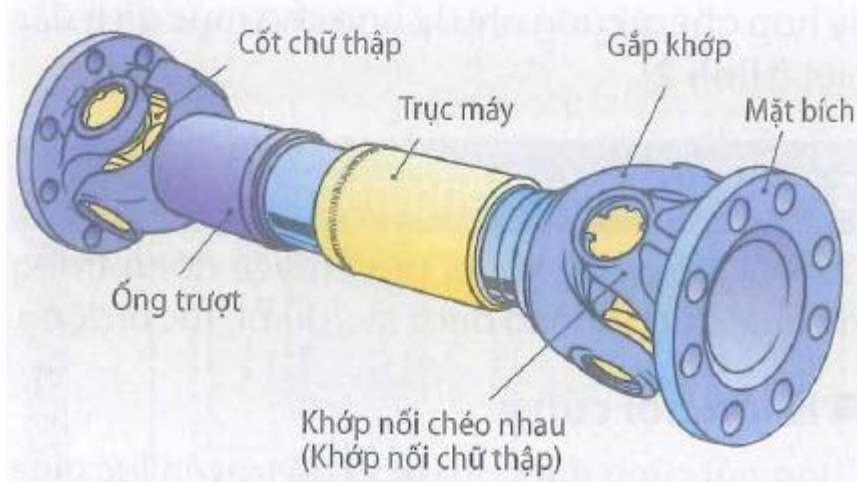


b)

Hình: cơ cấu Các-đăng

- Cơ cấu các-đăng gồm trục I và II có thể quay quanh tâm x-x, y-y giao nhau một góc α . Trục I mang chạc 1, trục II mang chạc 2. Hai chạc 1 và 2 cùng nối với khâu chữ thập 3 bằng hai khớp bản lề ở A-A' và B-B' với các điều kiện $A-A' \perp x-x$, $B-B' \perp y-y$, $A-A' \perp B-B'$; x-x và y-y giao nhau ở O cũng chính là điểm giao nhau giữa A-A' và B-B'. Các kích thước $OA = OA' = OB = OB' = R$.

Cấu tạo của cơ cấu Các đăng thể hiện ở hình sau. Ngoại trừ các khớp nối chữ thập, trên trục thường có ống trượt để bù trừ sai lệch chiều dài.

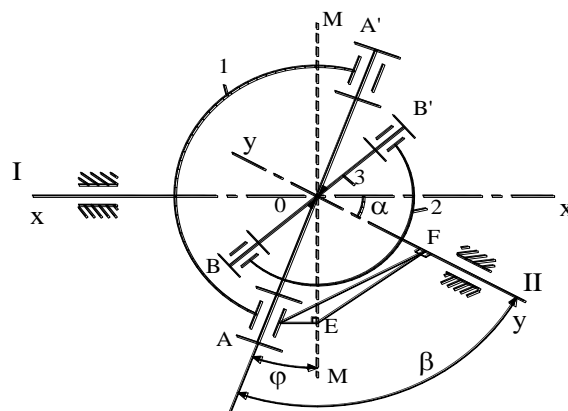


Hình: cấu tạo của khớp nối cardan trên trục

(***) b) Tỷ số truyền

- Trong quá trình chuyển động, quỹ đạo của $A-A'$ là vòng tròn tâm O , bán kính R , nằm trong mặt phẳng vuông góc với $x-x$ và đi qua tâm O . Tương tự, quỹ đạo của $B-B'$ là vòng tròn tâm O , bán kính R , nằm trong mặt phẳng vuông góc với $y-y$ và đi qua tâm O .

- Trong quá trình chuyển động, vị trí của $A-A'$ thay đổi, được đặc trưng bằng thông số φ là góc giữa $A-A'$ và $M-M$; trong đó $M-M$ là giao tuyến của mặt phẳng chứa các đường tâm quay $x-x$, $y-y$ và mặt phẳng chứa quỹ tích của $A-A'$ (hình 9.47); $\varphi = \angle AOM$



Hình: thông số hình học cơ cấu Cac-đăng

- Tỷ số truyền được tính theo công thức sau:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{1 - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \varphi}{\cos \alpha}$$

- Nhận xét:

+ Khi cơ cấu chuyển động, góc φ thay đổi từ 0 đến 2π ; $\cos^2 \varphi$ thay đổi từ 0 đến 1 nên tỉ số truyền i_{12} sẽ thay đổi từ $1/\cos \alpha$ đến $\cos \alpha$. Như vậy khi $\omega_1 = \text{const}$ thì ω_2 thay đổi từ $\omega_{2\min} = \omega_1 \cdot \cos \alpha$ đến $\omega_{2\max} = \omega_1 / \cos \alpha$.

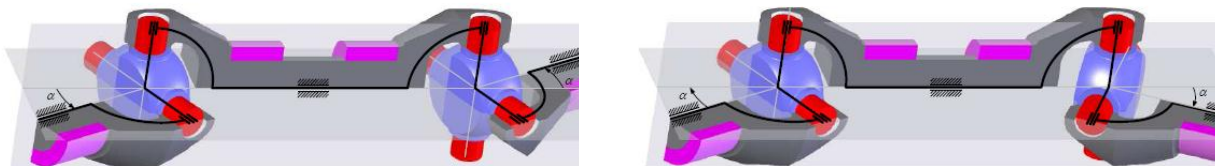
+ Độ không đều của trục bị dẫn được đánh giá qua hệ số δ :

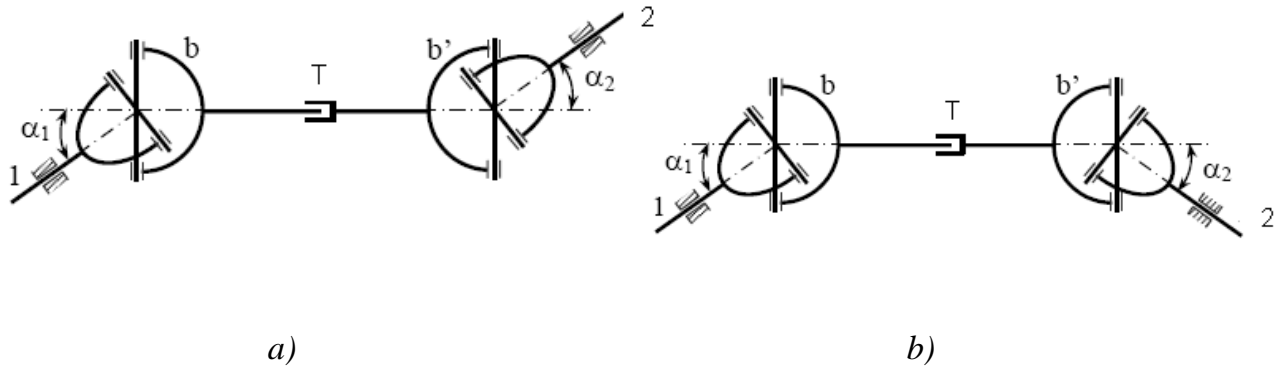
$$\delta = \frac{\omega_{2\max} - \omega_{2\min}}{\omega_1} = \text{tg} \alpha \cdot \sin \alpha$$

Rõ ràng góc giao nhau α giữa 2 trục càng lớn thì độ không đồng đều càng lớn, nghĩa là trục bị dẫn động càng bị dao động xoắn trong quá trình chuyển động dẫn đến khả năng bền của trục bị giảm nhiều. Đây là lý do góc giao nhau α trong cơ cấu các-đăng không được lớn.

Cơ cấu Các-đăng kép

Trong thực tế ta hay dùng 2 cơ cấu các-đăng mắc liên tiếp gọi là các-đăng kép như hình vẽ, có trục 1 và 2 đối xứng nhau (hình a), hoặc trục 1 và 2 song song nhau (hình b). Chuyển động được truyền từ trục 1 đến trục trung gian T với tỉ số truyền i_{T1} được tính như ở cơ cấu các-đăng đơn, trục trung gian T lại truyền cho trục 2 với tỉ số truyền i_{T2} cũng được tính như ở cơ cấu các-đăng đơn.





Hình: Cơ cấu Các-đăng kép

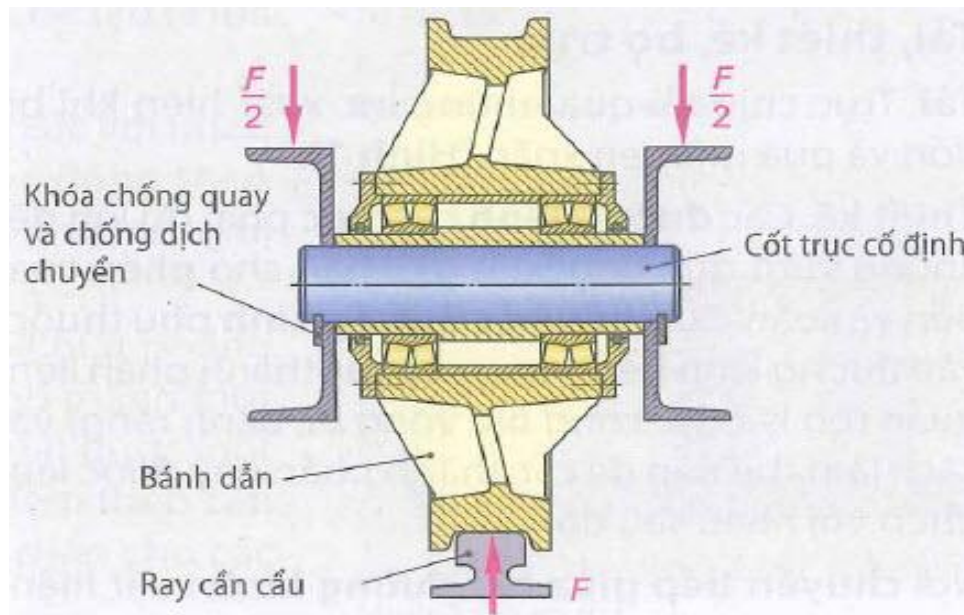
Cốt trục:

Cốt trục được sử dụng để mang chi tiết máy quay hoặc dao động.

Người ta phân biệt các cốt trục cố định và cốt trục quay, cốt trục nhỏ cố định được gọi là trục bulông trơn.

+ Cốt trục cố định

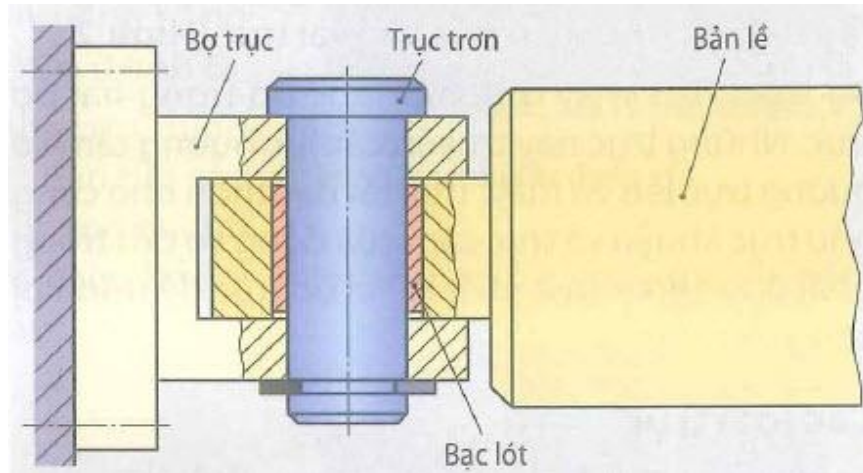
Trong các cốt trục cố định phải được bảo đảm để không quay, chi tiết này được lắp với ổ lăn hay ổ trục bạc, hình 6.



Hình 6: cốt trục cố định của bánh xe cần cầu

+ **Trục bu-lông trơn** kết nối một chi tiết cố định, chẳng hạn như bộ trục, với một chi tiết chuyển động, chẳng hạn như một bản lề, hình 7. Khi có nguy cơ trục trơn và các chi tiết

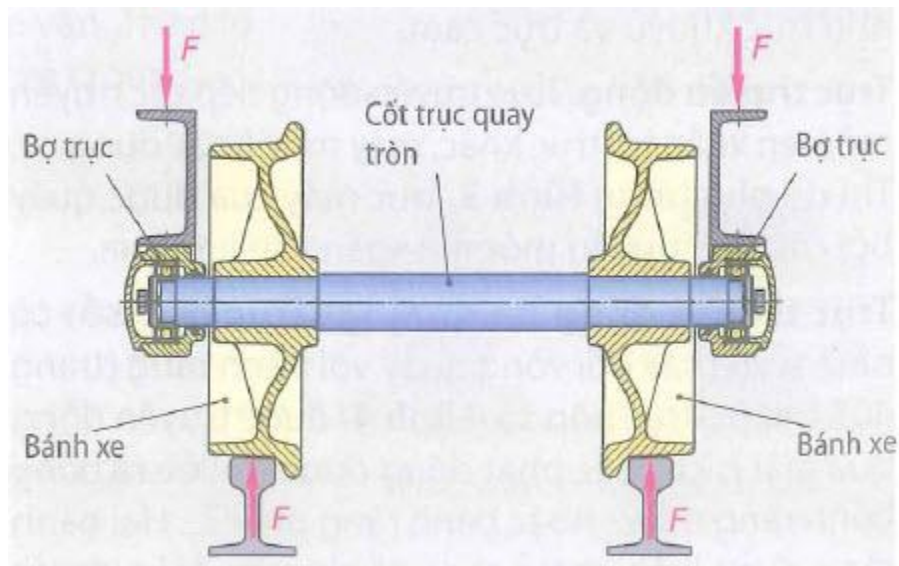
lúc chuyển động bị ăn mòn thì lắp ráp thêm bạc lót. Sau đó các chi tiết phải được đảm bảo, chỉ quay trong phạm vi bạc lót, thí dụ như qua lắp ghép chặt giữa trục trơn và bộ trục hoặc bằng cách siết kẹp chặt các trục trơn.



Hình 7: khớp nối với trục bu-lông trơn

+ Cốt trục quay

Khi cốt trục quay, cốt trục và bánh xe hình thành một đơn vị chắc chắn. Đơn vị này rất ổn định mặc dù ổ trục nằm cách xa nhau, hình 8.



Hình 8: các trục quay tròn của bánh xe chạy trên đường ray

Ngoài ra ta chỉ cần có chung hai ổ trục cho hai bánh xe. Các ổ trục được bôi trơn qua vỏ bộ trục cố định.

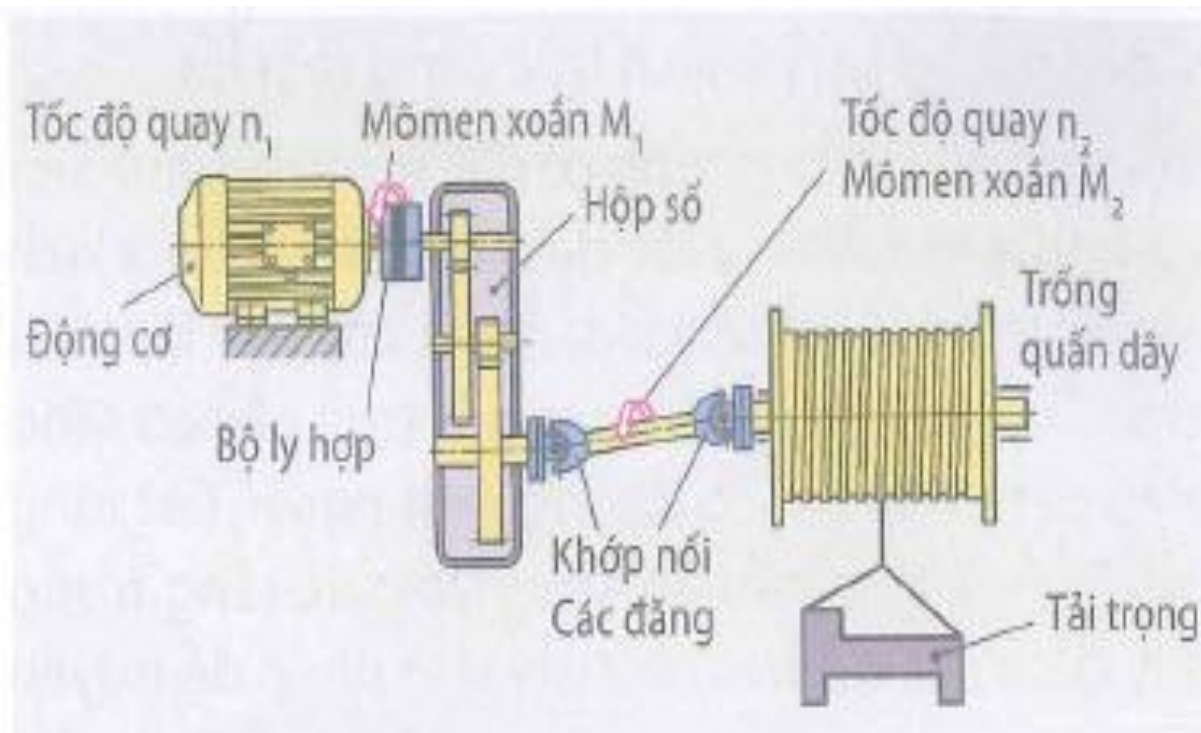
CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Làm thế nào để phân biệt trục và cốt trục?
- 2) Đường kính trục tùy thuộc vào đâu?
- 3) Tại sao trục phải được đỡ bởi ít nhất hai ổ trục?

Bộ ly hợp:

Bộ ly hợp được sử dụng để chuyển năng lượng giữa các trục máy. Chúng có thể thực hiện các nhiệm vụ khác nhau:

+ Kết nối trục, thí dụ như trục động cơ với trục hộp số, hình 1.



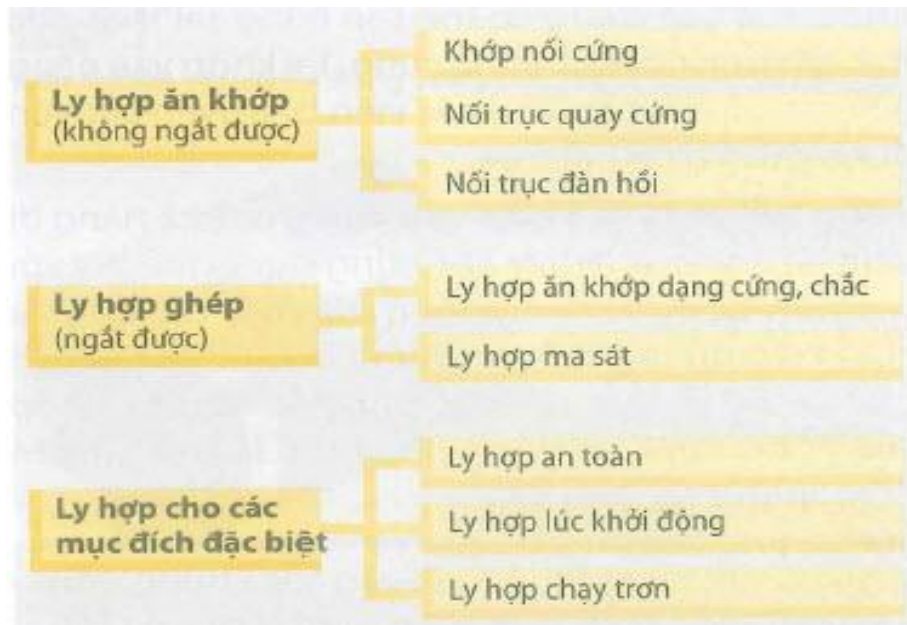
Hình 1: sử dụng ly hợp

- + Ngắt hoặc truyền mômen xoắn, thí dụ như bộ ly hợp xe hơi.
- + Sang đổi tốc độ ở hộp số, chẳng hạn như hộp số trong các máy công cụ.
- + Bảo vệ chống quá tải, thí dụ trong trường hợp va chạm mạnh của các máy NC.
- + Giảm chấn và chạm, thí dụ, khớp nối trong các thiết bị chuyển tải.
- + Cân bằng sự lệch trục, thí dụ như khớp nối Các đặng, hình 1.

Các loại ly hợp phụ thuộc chủ yếu vào nhiệm vụ được đáp ứng. Độ lớn kết cấu của ly hợp

phụ thuộc vào moment xoắn được truyền đi.

Ly hợp có thể được phân loại thành **ly hợp không ngắt được** (ly hợp ăn khớp) và **ly hợp ngắt được** (ly hợp ghép) cũng như **ly hợp cho mục đích đặc biệt**, hình 2.



Hình 2: các loại ly hợp

a) Ly hợp không ngắt được

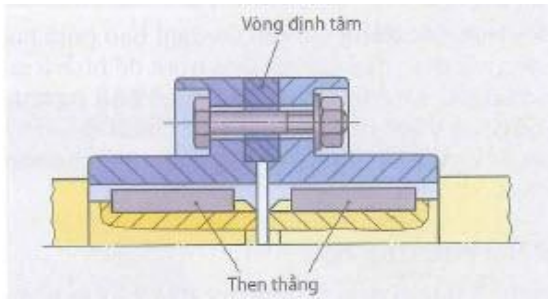
Đối với ly hợp ăn khớp, trục truyền động trong khi hoạt động không được tách khỏi trục bị động, bao gồm:

Khớp nối cứng

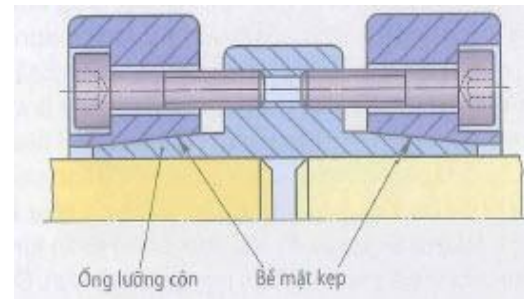
Khớp nối cứng được sử dụng để truyền lực giữa hai trục thẳng hàng, cũng như kết nối với nhau theo chiều dọc trục. Chúng không thể cân bằng khi trục lệch tâm.

Khớp nối cứng phần lớn là rẻ tiền và được sử dụng cho kết cấu nhỏ trong các truyền động đơn giản. Chúng cũng được sử dụng ở mômen xoắn và ở tốc độ rất cao, chẳng hạn như với các mặt xích rên.

+ **Khớp nối đĩa**. Với cách nối này, việc định tâm lẫn nhau của mặt xích trục được thực hiện bởi một gờ định tâm hoặc vòng định tâm, hình 3.



Hình 3: nối trục đĩa

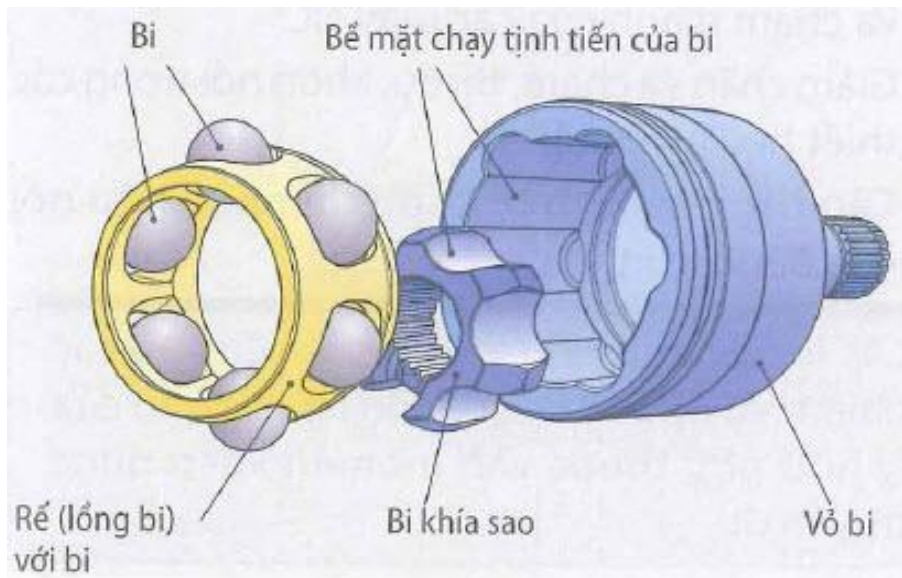


Hình 4: nối trục với ống lưỡng côn

+ **Khớp nối đĩa với ống lưỡng côn.** Thiết kế này kết hợp hai trục thẳng hàng có cùng đường kính với nhau, hình 4. Qua bề mặt kẹp hình côn được xẻ rãnh, khớp nối có thể gắn được với nhau ở cuối trục bằng lực mà không cần có các then. Tuy nhiên khớp nối này không thích hợp cho tải thay đổi và va chạm.

Nối trục quay cứng:

+ **Khớp nối chấu** (khớp nối vạn năng) có khả năng di chuyển dọc trục, hình 5.



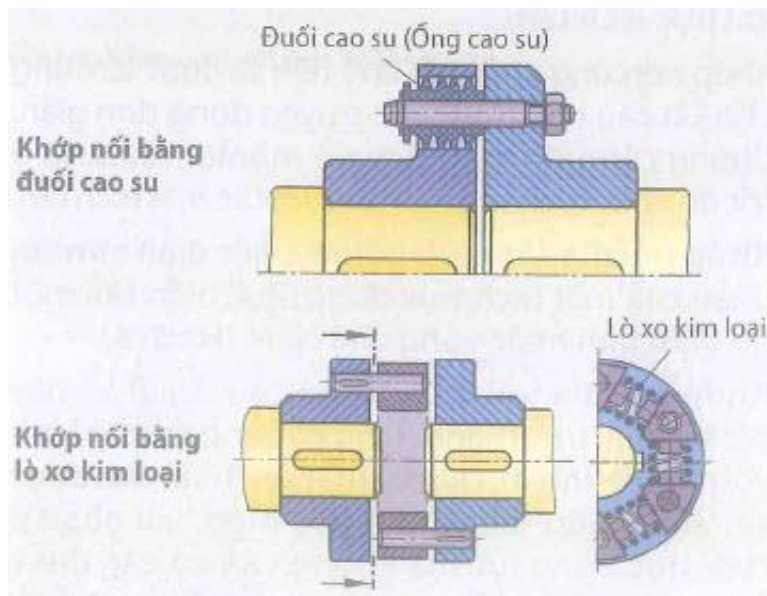
Hình 5: khớp nối chấu

Chúng được trang bị với các viên bi, được dẫn hướng bởi một cái lồng và chạy trên đường thẳng. Chúng cho phép sai lệch góc tới 20° và thay đổi dọc trục đến 30 mm. Khớp vạn năng được sử dụng phần lớn là trục truyền động trong các loại ô tô.

Nối trục đàn hồi:

Như nối trục quay cứng, nối trục đàn hồi cân bằng lệch trục theo chiều hướng tâm và dọc

trục. Do tính mềm dẻo bổ sung của nó ở trong hướng chu vi làm giảm các va chạm và rung động, giúp khởi động êm. Nối trục đàn hồi thường được sử dụng để truyền động máy thi công với mômen xoắn biến động mạnh, chẳng hạn như trong máy bơm pittông và máy nén pittông. Các chi tiết định hình làm bằng cao su cũng như lò xo xoắn ốc (hình trụ), lò xo lá và ống cao su xếp được sử dụng như là phần tử đàn hồi, hình 6.



Hình 6: nối trục đàn hồi

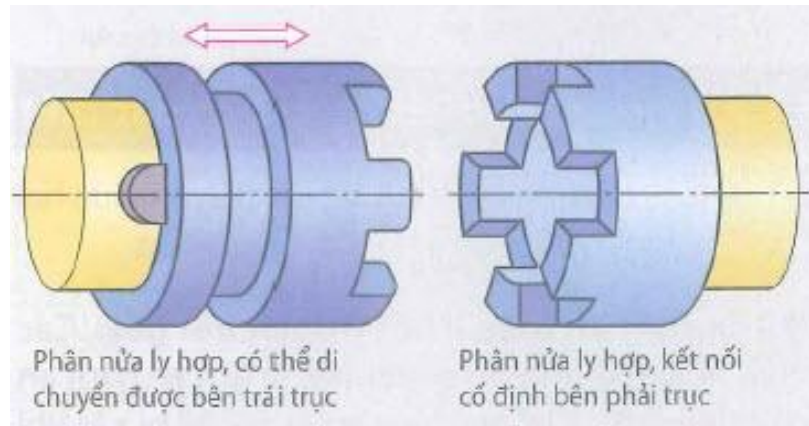
Nối trục bằng lò xo kim loại thì phù hợp cho nhiệt độ làm việc cao hơn. Để vận hành không có độ hở, các lò xo được cài đặt với lực căng ban đầu.

b) Ly hợp ngắt được

Ly hợp ngắt được (ly hợp ghép) được sử dụng khi kết nối hai trục có thể được tạm thời bị gián đoạn. Tùy thuộc vào việc truyền mômen xoắn, phân biệt giữa **ly hợp ghép trục cứng** và **ma sát**, chúng có thể được vận hành bằng cơ, thủy lực, khí nén, bằng điện từ.

Ly hợp trục cứng:

Trong ly hợp này mômen xoắn được truyền bằng cách khóa chặt các phần tử ghép nối khớp với nhau (vấu, răng, bulông, v.v), hình 7.

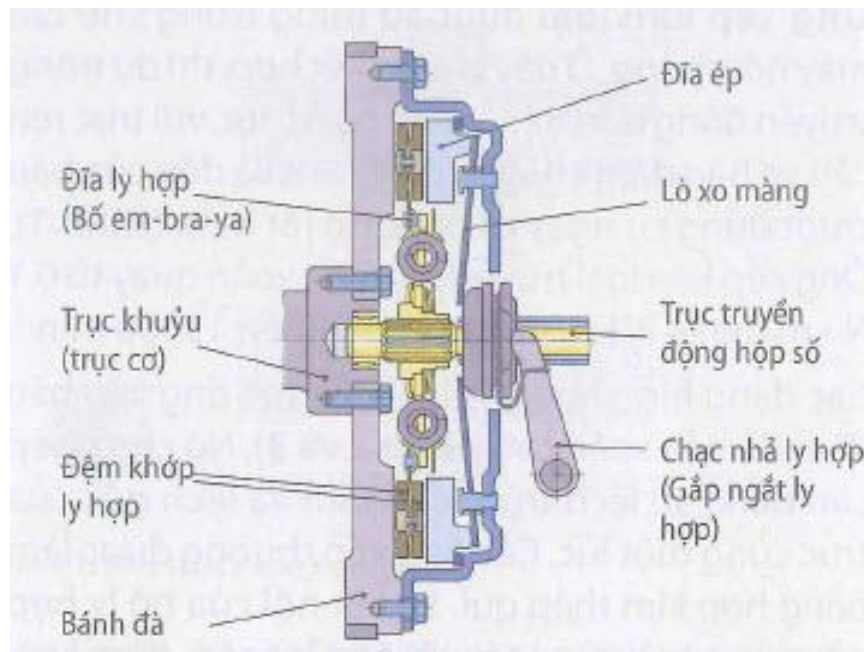


Hình 7: ly hợp vấu

Ở trạng thái đóng, không cần lực đóng bên ngoài để duy trì sự truyền lực. Sự kết nối giữa các phần chuyển động của bộ ly hợp và trục được làm qua kết nối lò xo trượt hoặc trục định hình (trục có profin). Ly hợp bánh răng được sử dụng trong chế tạo hộp số

Ly hợp trục cứng chỉ đóng – mở khi máy ngừng hoặc tốc độ giữa 2 trục chênh lệch thấp.

Ly hợp ma sát (khớp ly hợp kết nối bằng lực ma sát):



Hình 8: ly hợp ma sát

Đối với ly hợp ma sát các mômen xoắn truyền qua ma sát. Ngay cả khi ly hợp hoạt động các bề mặt ma sát cũng được ép với nhau bởi một lực đóng bên ngoài. Các ly hợp cũng

có thể được đóng mở theo tải và ở tốc độ cao, vì trục dẫn động được đưa vào từ từ khi các ly hợp vào khớp. Với mỗi lần đóng mở ly hợp ma sát thì nhiệt và mài mòn sinh ra, nên phải chuẩn bị đầy đủ cho việc tản nhiệt.

Tùy thuộc vào số lượng và hình dạng của bề mặt ma sát, ta phân biệt ly hợp đĩa đơn, ly hợp nhiều đĩa và ly hợp côn. Sau đây là 1 ví dụ về ly hợp đĩa đơn, hình 8.

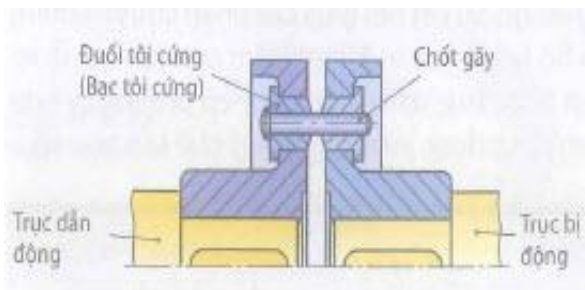
Trong ly hợp ma sát đĩa đơn, qua lực lò xo (Lò xo nén hoặc màng) một tấm nén được ép vào một đĩa di động dọc trục, hình 8. Các đĩa ly hợp đó ép ngược lại đối với bánh đà trên trục cam. Nhờ những miếng lót ma sát trên cả hai mặt của đĩa ly hợp, mômen xoắn được truyền từ bánh đà qua đĩa tới trục kéo. Muốn tách ly hợp, các đĩa ép được đẩy ra khỏi đĩa ly hợp với sự giúp đỡ của cơ cấu ngắt (vòng bi chà cắt ly hợp) và chạc nhả (càng ngắt) chống lại lực căng ban đầu của lò xo. Ly hợp đĩa ma sát đơn này chủ yếu được sử dụng trong xe hơi.

Ly hợp ma sát khi dừng lại hay đang chạy đều đóng mở được. Quá trình đóng mở có thể bằng cơ khí, thủy lực, khí nén hoặc điện từ.

c) Ly hợp cho các mục đích đặc biệt

Ly hợp an toàn:

+ **Ly hợp chót an toàn** (chót trượt, chót gãy). Các khớp nối an toàn đơn giản nhất là ly hợp chót an toàn, hình 9. Chúng được thiết kế để bị cắt khi các mômen xoắn vượt quá giới hạn cho phép.



Hình 9: ly hợp chót gãy



Hình 10: ly hợp trượt

+ **Ly hợp trượt** được chế tạo như ly hợp ma sát nhiều đĩa hoặc ly hợp ma sát đĩa đơn và truyền các mômen xoắn bằng lực của bề mặt ma sát, hình 10.

Các mômen xoắn được truyền do điều chỉnh lực ép của lò xo. Khi vượt quá mômen

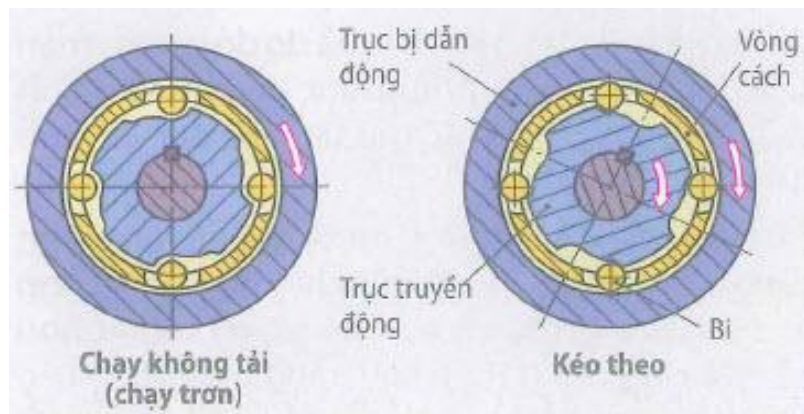
xoắn cho phép, ly hợp tự trượt.

Ly hợp lúc khởi động:

Ly hợp lúc khởi động thường được đặt lắp giữa động cơ và máy móc. Chúng cho phép các động cơ, chẳng hạn như một động cơ đốt trong, tăng tốc không tải. Chỉ tới một tốc độ nhất định, máy làm việc tự kết nối.

Ly hợp một chiều (ly hợp kết cấu líp hay khớp ly hợp vượt tự do)

Trong ly hợp một chiều hoặc ly hợp vượt tự do mômen được truyền bằng bánh cóc, bánh vấu, con lăn hay viên bi, các phần này đã được cài lắp giữa phần kéo và phần bị kéo của ly hợp, hình 11.



Hình 11: ly hợp một chiều

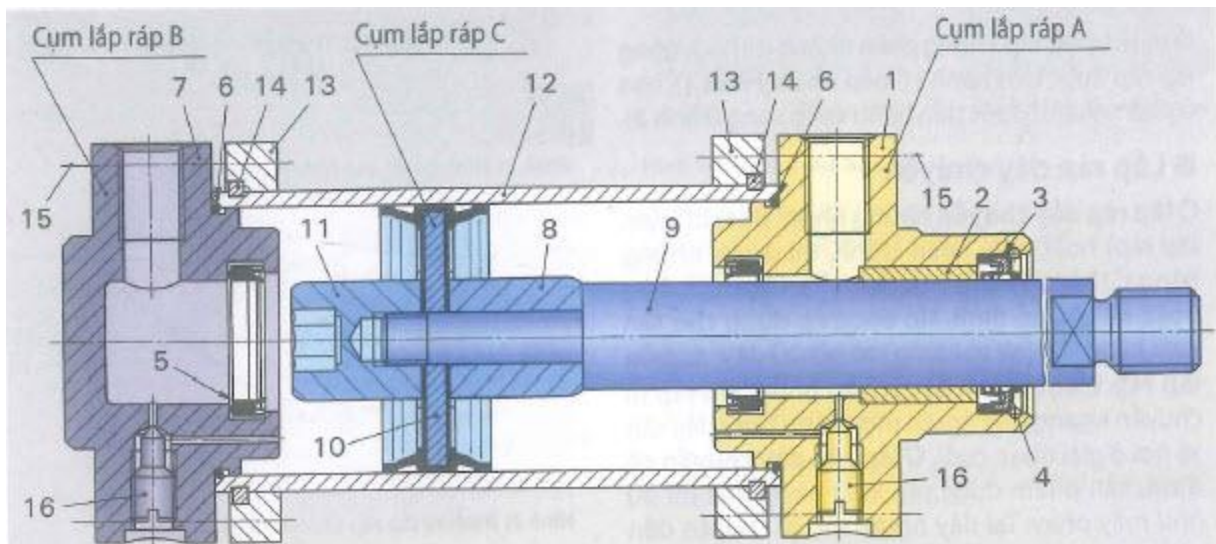
Khi trục kéo quay nhanh hơn so với trục đầu ra, các con lăn hình trụ bị đẩy về bên ngoài và bị kẹt giữa trục kéo và trục bị kéo; vỏ máy được kéo theo. Ngược lại, khi vỏ máy xoay nhanh hơn so với trục kéo, con lăn di chuyển vào bên trong và truyền lực bị gián đoạn.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Bộ ly hợp có nhiệm vụ gì?
- 2) Nối trục đàn hồi có ưu điểm gì so với nối trục quay cứng?
- 3) Đặc điểm làm việc của ly hợp an toàn?
- 4) Ly hợp 1 chiều đáp ứng nhiệm vụ gì?

4.4. Các ví dụ về bộ phận máy, lắp ráp

4.4.1. Xi lanh khí nén



Danh sách chi tiết: Xi lanh khí nén					
Vị trí	Số lượng	Tên	Vị trí	Số lượng	Tên
1	1	Nắp trước	9	1	Cây ti pittông
2	1	Bạc dẫn hướng	10	1	Pittông
3	1	Phốt chặn bụi	11	1	Pittông giảm chấn
4	1	Vòng chặn đàn hồi	12	1	Xi lanh
5	2	Roăng-giảm chấn	13	2	Mặt bích xi lanh
6	2	Vòng-O	14	2	Vòng chặn (circlip)
7	1	Nắp đáy	15	8	Vít lục giác chìm
8	1	Pittông giảm chấn	16	2	Vít chỉnh giảm chấn

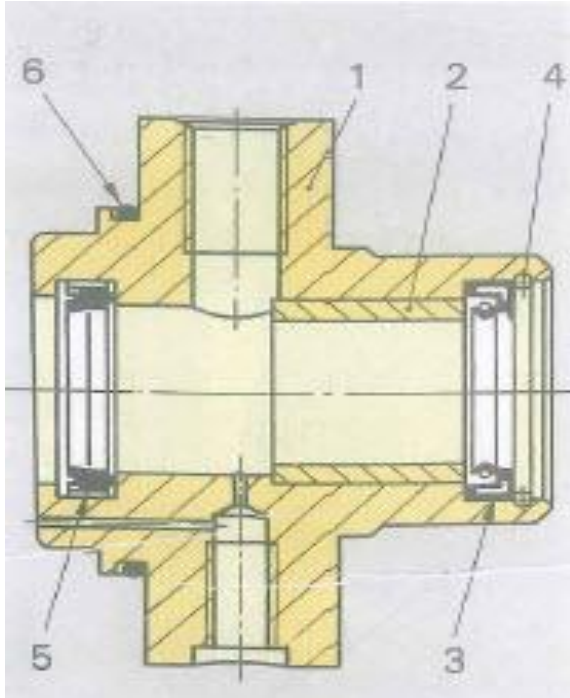
Hình 1: Xi lanh khí nén – bản vẽ tổng thể & danh sách chi tiết

Xi lanh khí nén, hình 1, gồm nhóm thiết bị (cụm lắp ráp) A (đầu xi lanh), nhóm thiết bị B (đáy xi lanh) và nhóm thiết bị C (pittông). Trước tiên mỗi nhóm thiết bị được lắp ráp riêng. Sau đó các nhóm thiết bị cùng với chi tiết rời khác được ráp lại với nhau cho ra xi lanh khí nén.

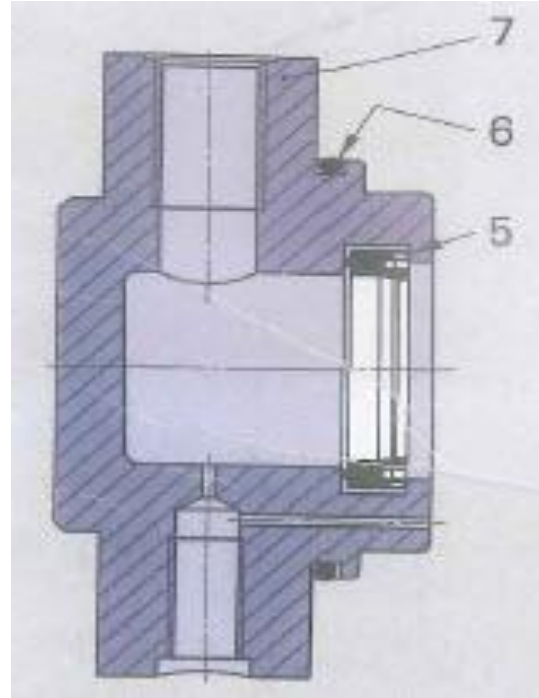
Lắp ráp cụm A:

Trước tiên bạc dẫn hướng (2) có bôi nhẹ lớp mỡ tại đường kính ngoài được lắp ghép với nắp trước (1) qua sự hỗ trợ của máy ép thủy lực, hình 2. Một bulông có bạc được sử dụng như dụng cụ trợ giúp định tâm ống lót vào đường kính trong của nó. Sau đó bộ phốt chặn bụi (3) được ép đến mặt tựa trong lỗ khoan tiếp nhận đã bôi mỡ với sự trợ giúp của một ống lót. Vị trí của nó được xác định bởi vòng hãm (vòng chặn đàn hồi) (4).

Vòng bít (roăng) giảm chấn (5) làm từ nhựa cao su đàn hồi, được đẩy vào bằng tay và đưa vào trong lỗ khoan. Nó tự định tâm trong rãnh khoan sau khi buông tay ra, trong đó nó phải có một độ rơ nhỏ dọc trục. Cuối cùng **vòng-O** (6) đã bôi mỡ trước đó được đặt vào trong rãnh có sẵn của nắp trước. Không được làm nó hư hại khi lắp ráp.



Hình 2: cụm A



Hình 3: cụm B

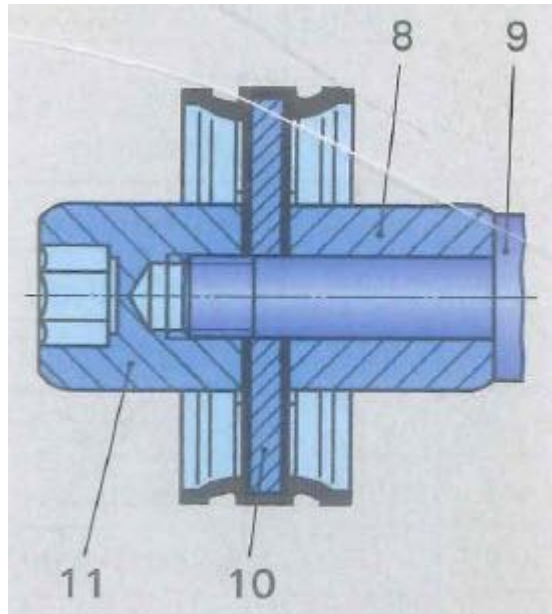
Lắp ráp cụm B:

Gồm có **nắp đáy** (7) và những **roăng** (5) và (6), hình 3. Nó được lắp ráp như những roăng tương đương của cụm A.

Lắp ráp cụm C:

Nhóm thiết bị (Cụm) C gồm tất cả các phần nối kết chặt với pittông (10), hình 4.

Trước tiên, bộ phận **pittông giảm chấn** (8) được đẩy vào trên phần cắt bước đã được bôi nhẹ lớp mỡ của **cây ti (cần pittông)** (9). **Pittông** (10) gồm một đĩa kim loại được bọc lớp cao su và hai mép làm kín được đẩy vào trên thanh pittông. Cuối cùng **pittông giảm chấn** (11) được vặn vào ren của cây ti pittông và được siết bằng chìa khóa sáu cạnh với một mômen xoắn (ngẫu lực siết) đã được định trước. Chìa vặn dùng cho việc chặn giữ đai ốc đứng yên, đặt vào chỗ mặt vạt để chịu của phần 9. Qua đó, những chi tiết được kẹp chặt đều và pittông (10) được bít kín tại mặt đầu của pittông giảm chấn (8) và (11).



Hình 4: cụm C

Lắp ráp hoàn tất:

+ **Thứ tự.** Trước tiên những mặt **bích xi lanh** (13) được đẩy qua **xi lanh** (12) và **vòng chặn** (circlip) (14) được đặt vào rãnh ở trong ống xi lanh, hình 1.

Trước khi lắp cụm C vào trong cụm A thì cây ti được bôi mỡ và sau đó đưa vào trong bạc dẫn hướng (2) của nắp trước. Trong quá trình đó phải đặc biệt chú ý là không được làm hư hại những vòng vít (roăng).

Sau đó những ngăn chứa chất bôi trơn tại pittông (10) được bôi đầy mỡ. Những ngăn này nằm ở giữa những mép làm kín và phần dẫn hướng và chia ra bởi những đường ngăn dọc trục thành nhiều túi. Pittông đã được nối kết được đưa vào cẩn thận trong xi lanh (12) xuyên qua cây ti pittông với cụm A để không làm hư mép làm kín của pittông và với nắp trước được đẩy vào trong nòng xi lanh, cho đến mặt phẳng của xi lanh, lỗ vạt của nó được làm kín bởi vòng O, nằm ở nắp trước (1).

Với **4 vít lục giác chìm** (15), mà trước tiên ở những vị trí chéo nhau được vặn vào nhẹ, sau đó mạnh dần và cuối cùng vặn chặt với mômen xoắn đã được quy định, nắp trước được vặn vít với mặt bích xi lanh.

Tương tự như thế cụm lắp ráp B được vặn vít với mặt bích của xi lanh.

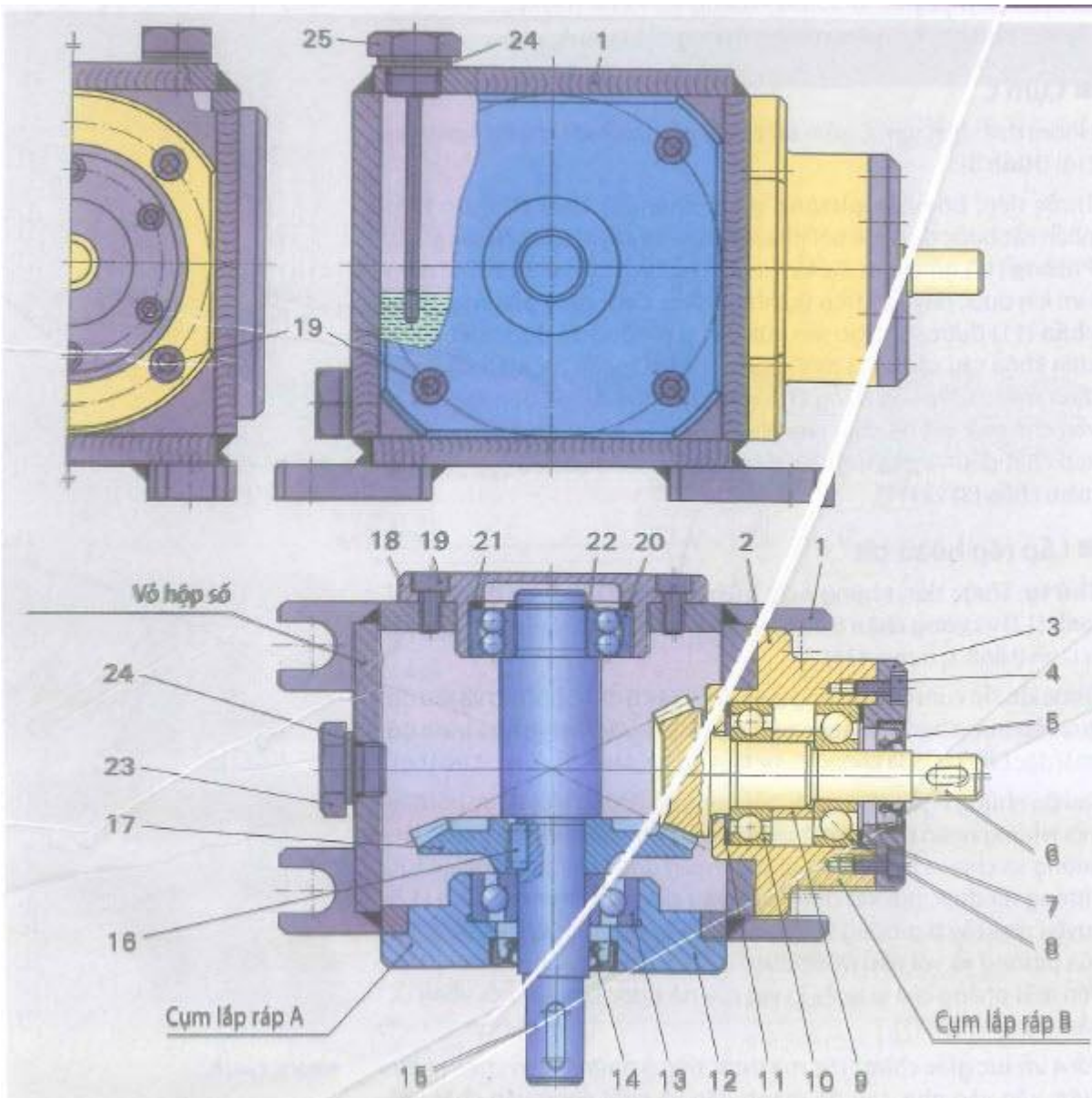
+ **Kiểm soát cuối** bắt đầu với việc **kiểm tra tính dễ di chuyển**. Qua đó pittông được chuyển động đến vị trí cuối bằng việc đẩy thanh pittông theo hướng dọc trục.

+ **Kiểm tra độ kín** (độ rò) diễn ra sau khi **vặn vít chỉnh giảm chấn (16)**. Tất cả bộ phận bít kín được kiểm tra trước tiên bằng áp suất khoảng 1 bar, sau đó hai ngăn xi lanh được kiểm tra độ kín với áp suất 6 bar.

+ Trong **kiểm tra chức năng** chung cuộc, việc giảm chấn ở vị trí cuối với vít chỉnh giảm chấn (16) được chỉnh. Sau đó vít chỉnh giảm chấn được giữ không bị long ra qua biến dạng cơ ở vành trên của lỗ khoan.

+ Sau khi **dán băng ghi loại thiết bị** thì xi lanh khí nén được đóng gói kín với màng co để gửi đi.

4.4.2. Hộp số bánh răng côn



Hình 1: bản vẽ tổng thể _ Hộp số bánh răng côn

Bảng 1: danh sách các chi tiết trong hộp số bánh răng côn

Danh sách chi tiết: Bộ truyền động bằng bánh răng côn (Hộp số bánh răng côn)								
Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết	Vị trí	Số lượng	Tên chi tiết
1	1	Vỏ hộp số	10	1	Vòng bi rãnh sâu	19	12	Vít đầu trụ
2	1	Vỏ bộ trục	11	1	Đệm chính xác	20	1	Vòng bi nhào
3	1	Nắp đậy bộ trục	12	1	Vỏ bộ trục	21	1	Đệm cách đàn hồi
4	6	Vít đầu trụ (tròn)	13	1	Vòng bi đỡ chặn			
5	1	Đệm kín trục quay	14	1	Đệm kín trục quay	22	1	Vòng chặn (circlip)
6	1	Bánh răng côn chủ động	15	1	Trục	23	1	Vít bít kín
7	1	Đệm chính xác	16	1	Then bằng	24	2	Vòng đệm phẳng
8	1	Vòng bi đỡ chặn	17	1	Bánh răng côn	25	1	Vít bít kín với que thăm nhốt
9	1	Vòng cách	18	1	Vỏ bộ trục			

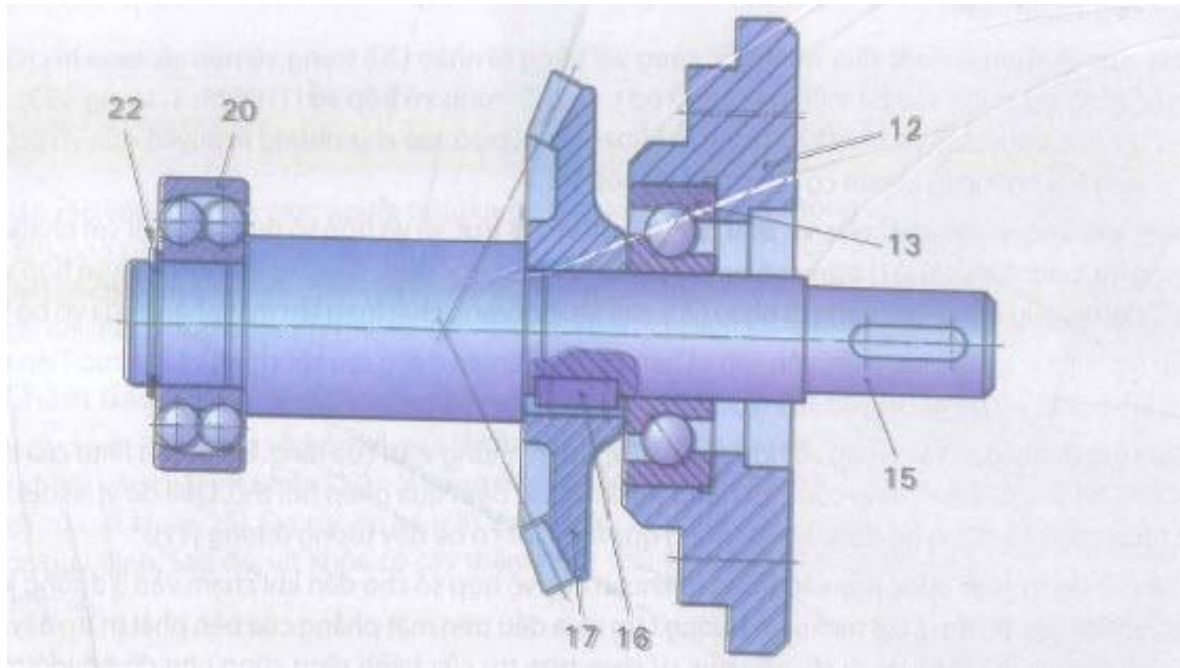
Hộp số bánh răng côn được lắp ráp thành 2 cụm hoàn chỉnh trước và sau đó ráp chung lại.

Quy tắc tổng quát về việc lắp ráp hộp số:

- + Đối với hộp số có môi hàn thì những mối hàn trong và ngoài vỏ hộp số phải được làm sạch.
- + Những ba-via do gia công để lại phải được loại bỏ, tất cả cạnh phải được làm cùn.
- + Sau khi làm sạch mặt trong vỏ cần có lớp sơn bảo vệ.
- + Kích thước của trục và vỏ phải được kiểm tra trước khi lắp ráp.
- + Độ lệch hình dạng mặt tựa và độ nhám (độ nhấp nhô) ở vị trí tựa của ổ trục phải được kiểm soát.
- + Nơi lắp ráp phải tuyệt đối không có bụi.
- + Dầu chống sét ri ở ổ bi phải được lau sạch trước khi lắp ráp.

Lắp ráp cụm A:

Cụm A gồm những phần thiết bị phải được ráp với nhau trước khi lắp ráp hoàn chỉnh với trục (15), hình 2.



Hình 2: cụm A

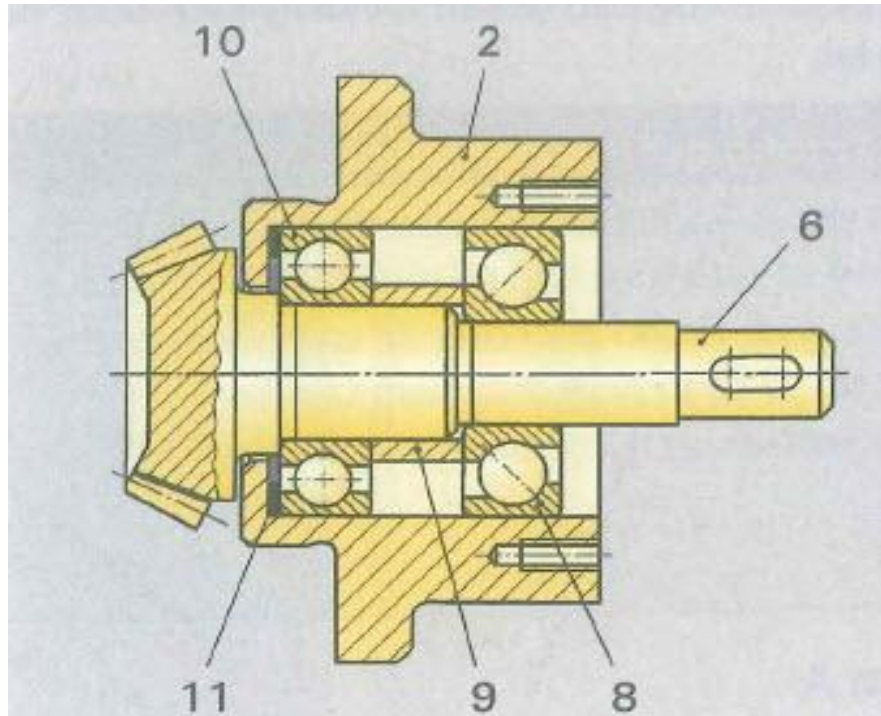
Bảng 2: Kế hoạch lắp ráp cụm A

TT	Bước thực hiện	Thiết bị làm việc	Hướng dẫn lắp ráp
1	Xử lý ba via và làm sạch các chi tiết rời nếu cần thiết, kiểm tra sự nguyên vẹn của chi tiết rời		
2	Lắp then (16) vào trục (15)		
3	Ép bánh răng côn (17) vào trục (15)	Máy ép thuỷ lực, bạc lắp ráp	Tra dầu sơ cho trục, định vị lỗ khoan vào then
4	Ép vòng bi (13) lên trục (15)	Thiết bị làm nóng, máy nén thuỷ lực, bạc lắp ráp	Nhiệt độ công bi tối đa 100oC. Lực ép vào phải tác dụng trên vòng trong, kiểm tra khe hở của vòng bi
5	Nén vòng bi (20) lên trục (15)	Như trình tự 4	Như trình tự 4
6	Lắp ráp vòng hãm (22)	Kềm mở hay kềm bung (trong & ngoài)	
7	Đẩy vỏ bọc trục (12) trên vòng bi		Tra dầu cho lỗ khoan
8	Kiểm tra tính dễ di chuyển của trục (15)		

Lắp ráp cụm B:

Cụm B bao gồm những bộ phận phải được lắp ráp trong vỏ bọc trục (2). Đó là những bộ phận (2),

(6), (8), (9), (10), & (11), hình 3.



Hình 3: cụm B

Sau khi đặt đệm lót (11) (nó sẽ được thay đổi bởi một đệm lót khác khi lắp ráp hoàn chỉnh), vòng bi rãnh sâu (10) được đẩy vào trong lỗ khoan của vỏ bộ trục, cho đến khi ở giữa các phần (10), (11), (2) không còn độ rơ nữa.

Vòng cách (9) trong hộp số truyền lực dọc trục trên vòng trong của ổ bi đỡ và chặn (8), được định tâm nhờ vào sự trợ giúp của ổ bi đỡ và chặn được đẩy vào trong lỗ khoan sau đó.

Vòng trong của ổ bi đỡ và chặn được tựa vào với ống lót để ép bánh răng côn chủ động (6).

Lắp ráp hoàn tất:

+ **Cài đặt cụm A.** Cụm A được đưa vào trước cùng với vòng bi nhào (20) trong vỏ hộp số, sau khi chất bít kín dạng lỏng được bôi vào bề mặt tựa của vỏ bộ trục (12) trong **vỏ hộp số (1)**, hình 4. Qua đây vỏ bộ trục được đẩy và xoay vào trong lỗ khoan vỏ hộp số sao cho những lỗ xuyên qua vỏ bộ trục thẳng hàng với những lỗ khoan có ren trong vỏ hộp số.

Qua việc vặn vào và vặn chặt nhẹ **vít đầu trụ (19)** thì vỏ bộ trục và vỏ hộp số được kết nối với nhau. Sau khi đặt đệm **cách đàn hồi (21)** trong **vỏ bộ trục (18)** thì vỏ bộ trục được đẩy vào lỗ khoan của vỏ hộp số và cùng lúc qua vòng ngoài của vòng bi nhào (20), sau khi bôi vòng chất lỏng lên mặt phẳng của vỏ bộ trục.

Vít đầu trụ (vít lục giác chìm) được vặn vào cả hai nơi với mômen đúng sau khi chỉnh vỏ bộ trục.

Tiếp theo là việc kiểm tra tính dễ di chuyển của trục (15).

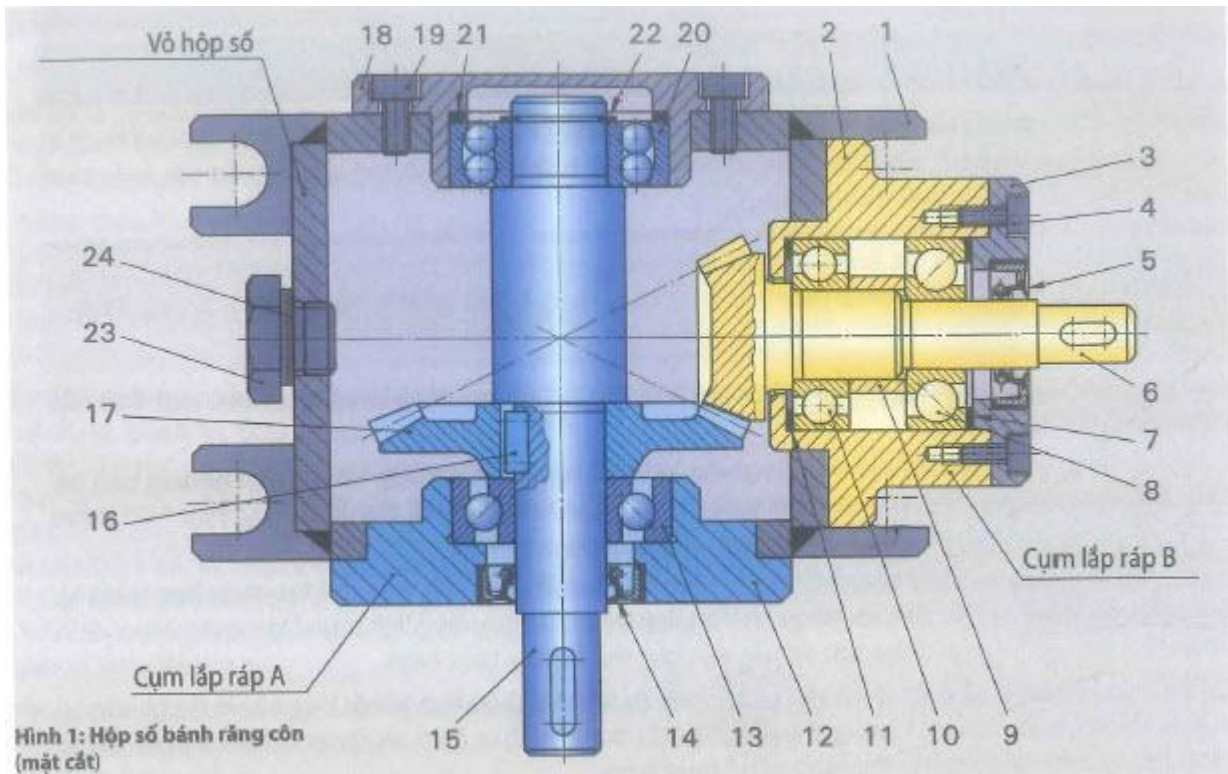
+ **Cài đặt cụm B.** Khi đưa vào trong vỏ hộp số phải để ý đến những vị trí của răng. Độ rơ của răng của bánh răng côn (17) và của bánh răng côn chủ động (6) được xác định qua ghép nối thử. Qua đó vị trí dọc trục; bánh răng côn chủ động (6) được khớp thông qua đệm lót có bề dày tương đương (11).

Đầu tiên vỏ bộ trục (2) được đẩy vào trong lỗ khoan của vỏ hộp số cho đến khi chạm vào 3 dưỡng kiểm khe hở với bề dày thí dụ là 0,8 mm nằm hướng tâm chia đều trên mặt phẳng của bên phải thân máy. Bây giờ người ta xác định tính dễ di chuyển qua sự chạy trơn tru của bánh răng cũng như độ hở (độ rơ) có ở giữa các răng của bánh răng côn bằng việc quay bánh răng côn chủ động với nhiều cách khác nhau: quay ngán, quay nhanh, quay qua, quay lại. Kích thước đúng cho việc lắp ráp sẽ được tìm ra qua việc đẩy cụm lắp ráp B đến gần hơn với các dưỡng kiểm mỏng hơn. Khi ở dưỡng kiểm với bề dày thí dụ như 0,4 mm mà độ dễ di chuyển còn xác định được, cụm B được đưa ra ngoài vỏ và tháo rời vì đệm lót chính xác (11) phải được thay thế bằng một vòng khác dày hơn 0,4 mm.

Sau khi lắp ráp lại, cụm B này được vặn chặt bởi 4 vít đầu trụ tại vỏ hộp số, trước đó chất lỏng bít kín đã được bôi vòng lên mặt phẳng của nó. Sau đó ta thực hiện xác định bề dày đúng của **đệm lót** (7). Khoảng cách giữa những mặt phẳng tương ứng của vỏ bộ trục (2) và nắp bộ trục (3) được xác định qua việc đặt vài đệm lót rất dày với khoảng cách đo. Qua việc cài đặt của một đệm lót mỏng hơn độ lớn khoảng cách đo để đạt tới, sau khi vặn sáu **vít đầu trụ** (4) thì giữa những mặt phẳng không còn độ rơ nữa.

Bây giờ cả hai **đệm kín trục hướng tâm** (5) và (14) được cài đặt. Những đệm kín này phải ở trong vỏ sao cho mép vòng hướng vào bên trong.

Để lắp ráp vòng bít của trục người ta sử dụng ống lót với bề dày mỏng và ở hai phần cuối là phần côn dài tại vòng bên ngoài. Qua các ống lót này, để ngăn ngừa sự hư hao của mép vòng khi kết nối then, thì những vòng đệm kín được đẩy vào trên trục. Vì giữa đường kính ngoài của vòng bít và lỗ khoan bộ trục có độ dôi, nên vòng được ép cho tới mặt tựa mà không bị làm lệch với sự trợ giúp của bạc.



Hình 4: hộp số bánh răng côn (mặt cắt)

Châm dầu

Dầu được rót đầy trong vỏ hộp số qua lỗ khoan của **vít khoá có cây thăm nhót (25)**, hình 1 sau khi đã vặn chặt **vít khoá (23)** với **vòng đệm phẳng (24)**. Mức dầu đúng được kiểm soát tại **cây thăm nhót** của vít khoá (25). Do sức ép bề mặt lớn vào những cạnh của răng nên bắt buộc phải sử dụng dầu được quy định. Sau đó, vít khoá có cây thăm nhót (25) với vòng đệm phẳng (24) được vặn chặt trong vỏ hộp số.

Chạy thử

Hộp số bánh răng côn được kiểm tra **có tải** qua nhiều giờ chạy thử. Chạy thử để xác định trước tất cả nguyên nhân gia tăng nhiệt độ do ma sát có giữ được trong giới hạn quy định hay không. Ngoài ra, vỏ được kiểm tra việc có thể rò rỉ.

Sau khi chạy thử thì dầu hộp số, lúc này chứa những phần bào mòn nhỏ, được xả ra. Sau đó lỗ xả dầu được vặn kín lại. Bây giờ, toàn bộ cụm B được kéo ra khỏi vỏ hộp số, để kiểm tra với **hình mẫu của cạnh bánh răng côn**. Sau khi cụm B được lắp ráp lại thì vỏ hộp số được làm đầy dầu mới và sẵn sàng đưa vào sử dụng.

CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1) Yêu cầu phải nắm rõ các bước lắp ráp xi lanh khí nén.
- 2) Những qui tắc tổng quát nào phải chú ý khi lắp ráp hộp số?
- 3) Việc chạy thử máy có mục đích gì?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R.C. Hibbeler, *Engineering Mechanics: Statics and Dynamics*; Twelfth edition 2010
- [2]. Vương Thành Tiên, *Bài giảng Cơ học lý thuyết*, ĐH Nông Lâm tp.HCM, 2017
- [6]. Trương Tích Thiện, *Bài giảng Cơ học lý thuyết*, Đại học Bách Khoa tpHCM
- [7]. Nguyễn Hữu Lộc, *Cơ sở thiết kế máy*, NXB khoa học kỹ thuật, 2000
- [8]. Vương Thành Tiên, Trương Quang Trường, *Giáo trình Nguyên lý máy*; ĐH Nông Lâm tp.HCM; 2010
- [9]. Robert C. Juvinall, Kurt M. Marshek, *Fundamentals of Machine Component Design*; John Wiley & Sons; 4th Edition 2006
- [10]. Nhóm dịch thuật, *Chuyên ngành cơ khí* (bản gốc tiếng Đức “FACHKUNDE METALL”, *tủ sách học nghề NHẤT NGHỆ TINH*, NXB Trẻ, 2013