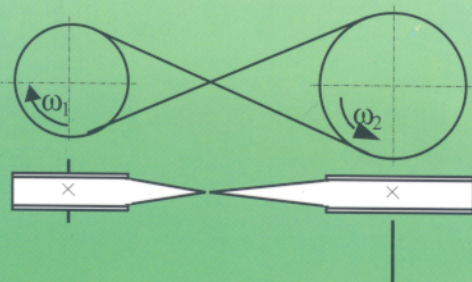
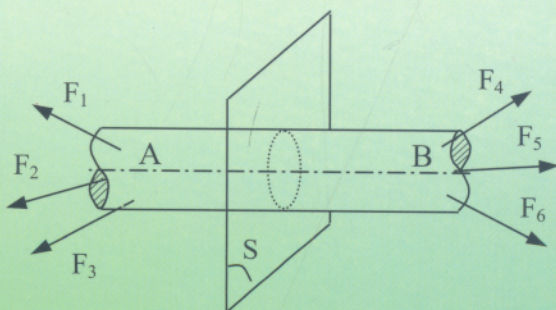
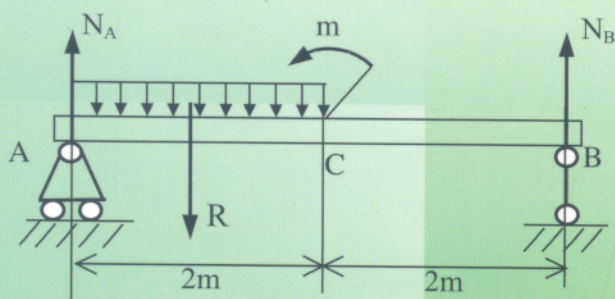


TỦ SÁCH DẠY NGHỀ

Phùng Văn Hồng - Nguyễn Đức Lợi

Giáo trình CƠ KỸ THUẬT

(Tài liệu dùng cho các trường
Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề)



NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

TỦ SÁCH DẠY NGHỀ

PHÙNG VĂN HỒNG - NGUYỄN ĐỨC LỢI

**GIÁO TRÌNH
CƠ KỸ THUẬT**

*(Tài liệu dùng cho các trường Trung học chuyên nghiệp
và Dạy nghề)*

**NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI
HÀ NỘI - 2005**

Lời nói đầu

Hiện nay, nhu cầu giáo trình dạy nghề để phục vụ cho các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề trên phạm vi toàn quốc ngày một tăng, đặc biệt là những giáo trình đảm bảo tính khoa học, hệ thống, ổn định và phù hợp với điều kiện thực tế công tác dạy nghề ở nước ta. Trước nhu cầu đó, Nhà xuất bản Lao động - Xã hội tổ chức xây dựng "Tủ sách dạy nghề" nhằm biên soạn, tập hợp và chọn lọc các giáo trình tiên tiến đang được giảng dạy tại một số trường có bề dày truyền thống thuộc các ngành nghề khác nhau để xuất bản.

Giáo trình cơ kỹ thuật được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu với những nội dung cơ bản phù hợp với công việc giảng dạy và học tập trong các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề. Nội dung giáo trình gồm các phần cơ bản sau:

Phần 1. Cơ học lý thuyết.

Phần 2. Sức bền vật liệu.

Phần 3. Chi tiết máy.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, mặc dù đã có nhiều cố gắng nhưng không tránh khỏi những hạn chế nhất định. Chúng tôi rất mong được sự góp ý kiến xây dựng của các nhà chuyên môn, các đồng nghiệp và bạn đọc để cho giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn.

NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

Phần I

CƠ HỌC LÝ THUYẾT

TĨNH HỌC

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ TIÊN ĐỀ TĨNH HỌC

1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1.1. Vật rắn tuyệt đối

Là vật mà khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ thuộc vật không thay đổi.

1.1.2. Lực

a) *Định nghĩa*: Lực là tương tác tương hỗ giữa các vật, kết quả là làm thay đổi trạng thái động học của các vật đó.

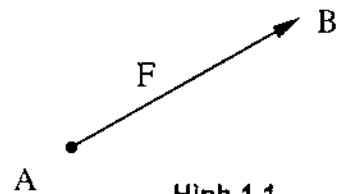
Theo hình thức tác dụng lực có hai loại:

- + Lực tác dụng trực tiếp: như phản lực, lực va chạm.
- + Lực tác dụng gián tiếp: như lực hấp dẫn, lực điện từ.

b) *Biểu diễn lực*: Đặc trưng cho mỗi lực có ba yếu tố là: điểm đặt lực, phương chiều tác dụng và trị số lực (tính bằng Niuton N).

Biểu diễn lực bằng véc tơ (hình 1.1): ký hiệu $\vec{AB}$

Để đơn giản ta ký hiệu lực là một chữ in hoa như F, N, P, Q.



Hình 1.1

Đơn vị lực: Niuton; ký hiệu: N.

Các bội số: Kilo Niuton (kN), $1\text{kN} = 10^3 \text{ N}$;

Mega Niuton (MN), $1\text{MN} = 10^6 \text{ N}$.

1.1.3. Hệ lực

a) *Hai lực trực đối*: Là hai lực cùng phương, cùng trị số nhưng ngược chiều nhau.

b) *Hệ lực*: Là tập hợp các lực cùng tác dụng vào một vật. Kí hiệu : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$

c) *Hệ lực tương đương*: Hai hệ lực tương đương khi chúng có cùng tác dụng cơ học.

Giả sử có hai hệ lực tương đương ta ký hiệu như sau : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_5) \sim (\vec{N}_1, \vec{N}_2, \vec{N}_3)$

d) *Hệ lực cân bằng*: Là hệ lực khi tác dụng vào vật, không làm thay đổi trạng thái của vật. Giả sử có hệ lực cân bằng, ta kí hiệu: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim 0$

e) *Hợp lực*: Là một lực tương đương với tác dụng của cả hệ lực. Kí hiệu: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim \vec{R}$

g) *Trạng thái cân bằng*: Một vật ở trạng thái cân bằng nếu vật đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều. Vật ở trạng thái cân bằng là vật đang chịu sự tác dụng của một hệ lực cân bằng.

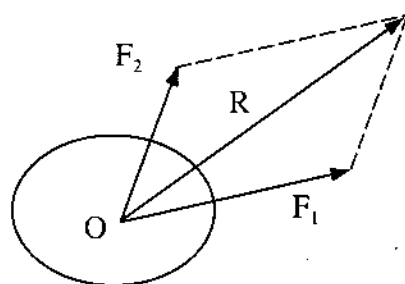
1.2. CÁC TIÊN ĐỂ TĨNH HỌC

1.2.1. *Tiên đề 1*: Điều kiện cần và đủ để hai lực tác dụng lên một vật rắn được cân bằng là chúng phải trực đối nhau.

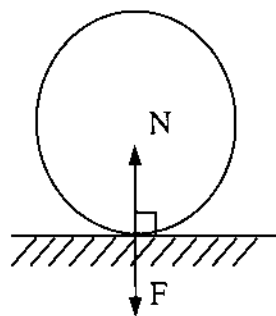
1.2.2. *Tiên đề 2*: Tác dụng của một hệ lực lên vật rắn không thay đổi khi thêm vào hay bớt đi hai lực cân bằng nhau.

Hệ quả: Tác dụng của lực lên vật rắn không thay đổi khi trượt lực trên đường tác dụng của nó.

1.2.3. *Tiên đề 3*: Hai lực đặt tại một điểm tương đương với một lực đặt tại điểm đó và được biểu diễn bằng đường chéo hình bình hành mà hai cạnh là hai lực đã cho (hình 1.2a).



a)



b)

Hình 1.2

1.2.4. *Tiên đề 4*: Lực tác dụng và phản lực là hai lực trực đối (hình 1.2b).

1.3. LIÊN KẾT VÀ PHẢN LỰC LIÊN KẾT

1.3.1. Liên kết

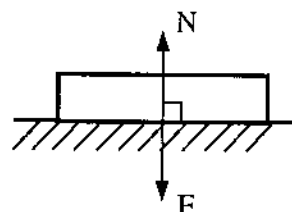
Vật rắn gọi là tự do khi nó có thể thực hiện chuyển động theo mọi phương trong không gian mà không bị cản trở. Ngược lại vật rắn không tự do khi một vài phương chuyển động của nó bị cản trở. Những điều kiện cản trở chuyển động của vật được gọi là liên kết.

Vật không tự do gọi là vật chịu liên kết (còn gọi là vật khảo sát).

Vật gây ra sự cản trở chuyển động của vật khảo sát gọi là vật gây liên kết.

Ví dụ:

Quyển sách đặt trên mặt bàn (hình 1.3) thì quyển sách là vật khảo sát, mặt bàn là vật gây liên kết.



Hình 1-3

1.3.2. Phản lực liên kết

Do tác dụng tương hỗ, vật khảo sát tác dụng lên vật gây liên kết một lực, gọi là lực tác dụng. Ngược lại, theo tiên đề 4, vật gây liên kết cũng tác dụng lên vật khảo sát một lực, lực đó gọi là phản lực liên kết (gọi tắt là phản lực).

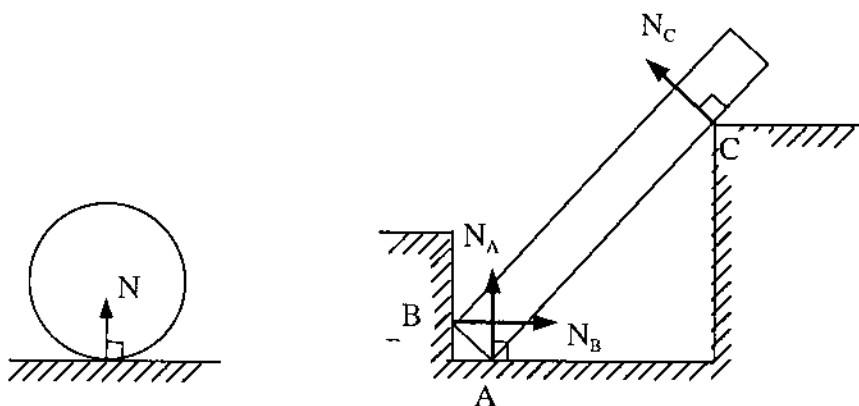
Ở ví dụ trên (hình 1.3) $\vec{F}$ là lực tác dụng, $\vec{N}$ là phản lực.

Phản lực liên kết đặt vào vật khảo sát (ở chỗ tiếp xúc giữa hai vật), cùng phương ngược chiều với chiều chuyển động bị cản trở của vật khảo sát. Trị số của phản lực phụ thuộc vào lực tác dụng lên vật khảo sát.

1.3.3. Các liên kết cơ bản

a) Liên kết tựa (không có ma sát)

Là liên kết cản trở vật khảo sát chuyển động theo phương vuông góc với mặt tiếp xúc chung giữa vật khảo sát và vật gây liên kết. Phản lực có phương vuông góc với mặt tiếp xúc chung, có chiều đi về phía vật khảo sát, thường ký hiệu là $\vec{N}$ (hình 1.4), ở phần này ta chưa khảo sát trị số.

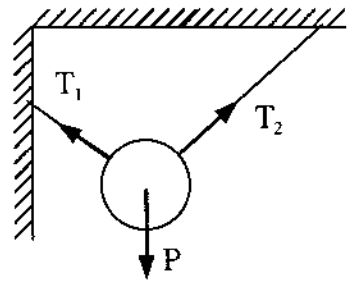


Hình 1.4

b) Liên kết dây mềm

Là liên kết cản trở vật khảo sát theo phương của dây (hình 1.5).

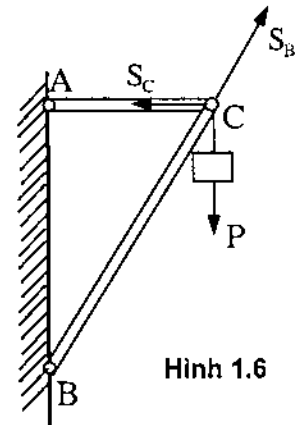
Phản lực liên kết dây có phương trùng với phương của dây, hướng từ vật khảo sát đi ra thường ký hiệu là $\vec{T}$, ở đây chưa xác định trị số.



Hình 1.5

c) Liên kết thanh

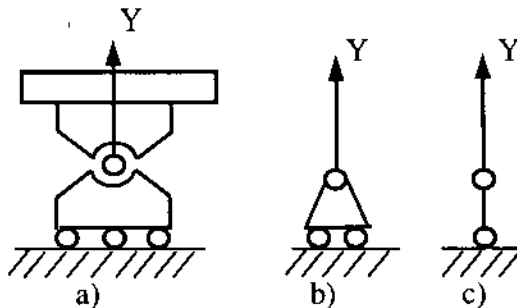
Liên kết thanh cản trở vật khảo sát chuyển động theo phương của thanh. Phản lực ký hiệu là $\vec{S}$, có phương dọc theo thanh, ngược chiều với xu hướng chuyển động của vật khảo sát khi bỏ liên kết (hình 1.6).



Hình 1.6

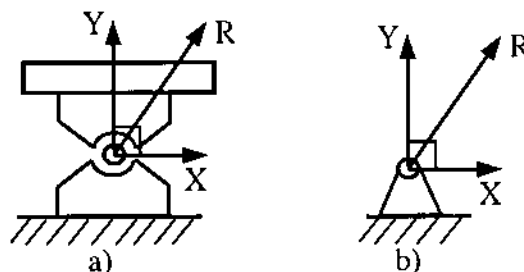
d) Liên kết bản lề

- Gối đỡ bản lề di động: Hình 1.7a biểu diễn gối đỡ bản lề di động, hình 1.7b và 1.7c là sơ đồ của gối đỡ bản lề di động. Phản lực gối đỡ bản lề di động có phương giống như liên kết tựa, đặt ở tâm bản lề, ký hiệu là $\vec{Y}$.



Hình 1.7

- Gối đỡ bản lề cố định: Hình 1.8a biểu diễn gối đỡ bản lề cố định, hình 1.8b là sơ đồ của gối đỡ bản lề cố định. Bản lề cố định cản trở vật khảo sát chuyển động theo phương nằm ngang và phương thẳng đứng. Vì vậy phản lực có hai thành phần $\vec{X}$ và $\vec{Y}$, phản lực toàn phần là $\vec{R} = \vec{X} + \vec{Y}$.



Hình 1.8

1.3.4. Giải phóng liên kết

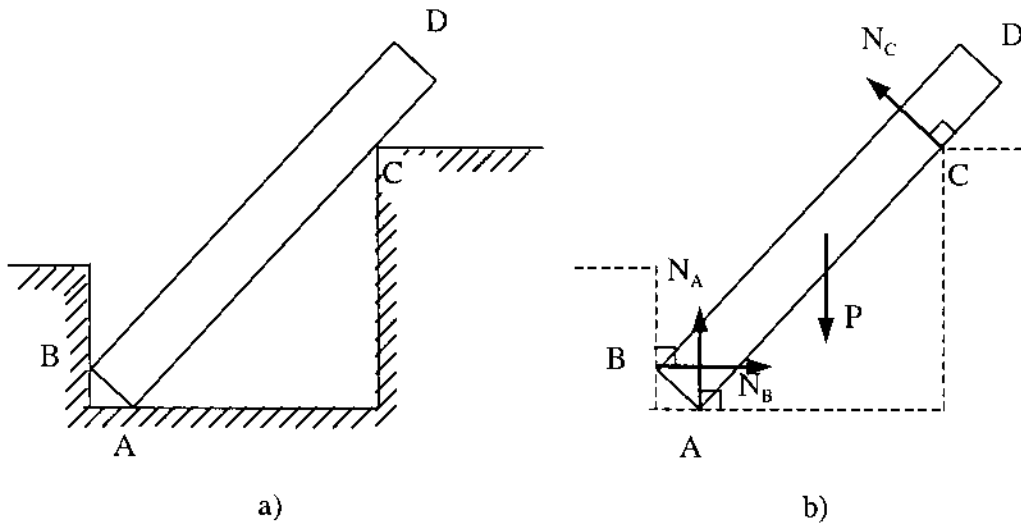
Khi khảo sát vật rắn, ta phải tách vật rắn khỏi các liên kết và xác định hệ lực tác dụng lên vật rắn đó. Hệ lực tác dụng gồm các lực đã cho và các phản lực.

Việc đặt các lực đã cho lên vật khảo sát thường không khó khăn, vấn đề quan trọng là đặt các phản lực cho đúng và đầy đủ. Để thực hiện điều đó ta lần lượt thay các liên kết bằng các phản lực liên kết tương ứng, công việc đó được gọi là giải phóng liên kết.

Sau khi giải phóng liên kết, vật khảo sát được coi như một vật tự do cân bằng dưới tác dụng của hệ lực gồm các lực đã cho và phản lực.

Ví dụ:

Thanh AD đặt trong máng như (hình 1.9a).



Hình 1.9

Sau khi giải phóng liên kết (hình 1.9b) hệ lực tác dụng vào thanh AD là $(\vec{P}, \vec{N}_A, \vec{N}_B, \vec{N}_C)$ trong đó $\vec{P}$ là lực tác dụng, còn lại là các phản lực.

CÂU HỎI ÔN TẬP

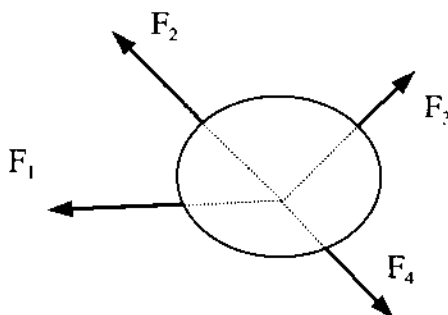
1. Lực là gì? Cách biểu diễn lực ?
2. Thế nào là hệ lực, hệ lực cân bằng, hệ lực tương đương ?
3. Thế nào là liên kết, phản lực liên kết? Có mấy liên kết cơ bản? Nêu cách xác định phản lực liên kết của những liên kết đó?
4. Thế nào là giải phóng liên kết? Khi giải phóng liên kết ta phải làm những gì?

Chương 2

HỆ LỰC PHẪNG ĐỒNG QUY

2.1. ĐỊNH NGHĨA

Hệ lực phẳng đồng quy là hệ lực có đường tác dụng của các lực nằm trên cùng một mặt phẳng và cắt nhau tại một điểm (hình 2.1).



Hình 2.1

2.2. HỢP HAI LỰC ĐỒNG QUY

2.2.1. Quy tắc hình bình hành lực

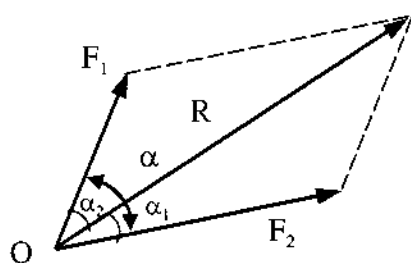
Giả sử có hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ đồng quy tại O, phương của hai lực hợp với nhau một góc α . Theo tiên đề 3, hợp lực $\vec{R}$ là đường chéo của hình bình hành (hình 2.2); $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

Để xác định hợp lực $\vec{R}$, ta phải xác định trị số, phương và chiều của nó.

- Trị số $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$

- Phương: nếu phương của R hợp với phương của F_1, F_2 một góc tương ứng là α_1, α_2 thì:

$$\sin \alpha_1 = \frac{F_1}{R} \sin \alpha \quad ; \quad \sin \alpha_2 = \frac{F_2}{R} \sin \alpha$$



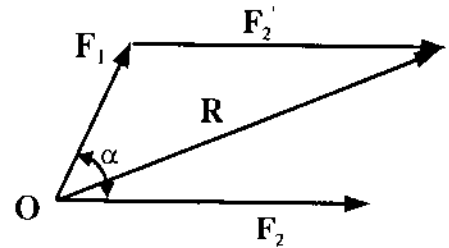
Hình 2.2

Tra bảng số ta xác định được trị số của các góc α_1 và α_2 - tức là xác định phương của $\vec{R}$;

- Chiều của R là chiều từ điểm đồng quy tới góc đối diện trong hình bình hành.

2.2.2. Quy tắc tam giác lực

Ta có thể xác định hợp lực $\vec{R}$ bằng cách: từ mút của lực $\vec{F}_1$, đặt lực $\vec{F}_2'$ song song và cùng trị số với $\vec{F}_2$, rõ ràng hợp lực $\vec{R}$ có gốc tại O và có mút trùng với mút của $\vec{F}_2'$ (hình 2.3).



Hình 2.3

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Ta nói hợp lực $\vec{R}$ khép kín tam giác lực bởi các lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

2.3. HỢP LỰC CỦA HỆ LỰC PHẪNG ĐỒNG QUY

2.3.1. Phương pháp đa giác lực

Giả sử cho hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4)$ đồng quy tại O. Muốn tìm hợp lực của hệ, trước hết ta hợp hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ theo quy tắc tam giác lực, ta được:

$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Tiếp tục, ta hợp hai lực $\vec{R}_1$ và $\vec{F}_3$ bằng cách tương tự, ta được:

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

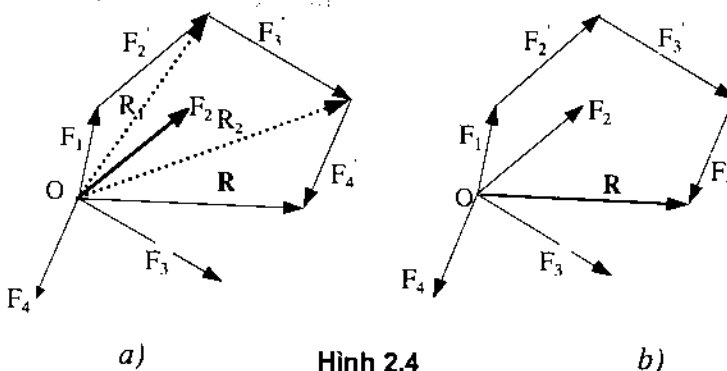
Cuối cùng ta hợp hai lực $\vec{R}_2$ và $\vec{F}_4$, ta được:

$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$\vec{R}$ là hợp lực của hệ lực phẳng đồng quy đã cho (hình 2.4a).

Từ cách làm trên ta có nhận xét, khi đi tìm hợp lực $\vec{R}_1, \vec{R}_2, \dots$ thấy xuất hiện một đường gấp khúc hình thành bởi các vectơ $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$. Vectơ $\vec{R}$ đóng kín đường gấp khúc thành đa giác.

Từ đó ta rút ra phương pháp tổng quát sau:



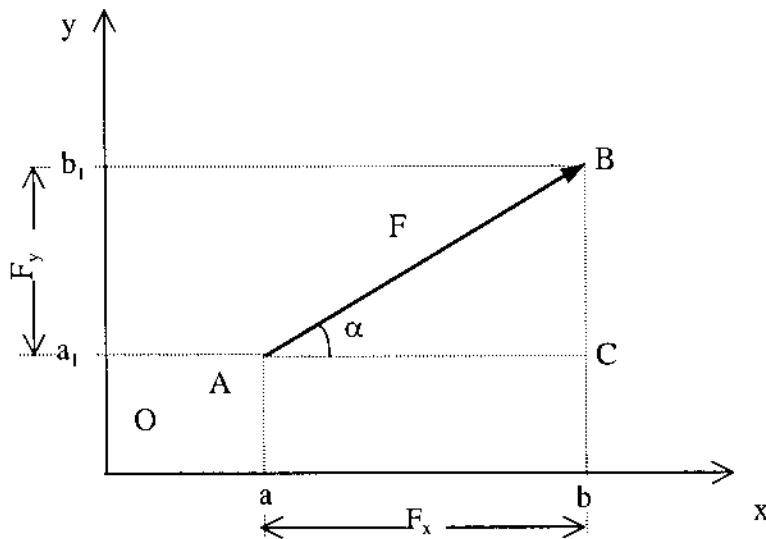
Hình 2.4

Phương pháp: Muốn tìm hợp lực của một hệ lực phẳng đồng qui, từ điểm đồng qui ta đặt liên tiếp các lực tạo thành một đường gấp khúc trong đó mỗi cạnh của đường gấp khúc biểu diễn một lực song song, cùng chiều và cùng trị số với một lực trong hệ. Lực $\vec{R}$ đặt tại điểm đồng qui đóng kín đường gấp khúc thành đa giác chính là hợp lực của hệ lực đã cho (hình 2.4b).

2.3.2. Phương pháp hình chiếu

a) Hình chiếu của lực

Giả sử cho lực $\vec{F} = \vec{AB}$ đặt trong hệ trục vuông góc xOy , phương của lực hợp với trục Ox một góc nhọn α . Từ điểm đặt và đầu mút của vectơ lực ta hạ các đường vuông góc xuống hai trục Ox và Oy (hình 2.5).



Hình 2.5

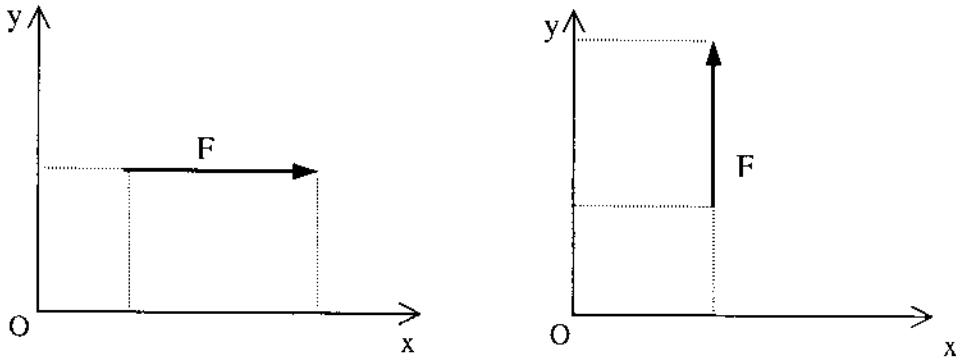
Độ dài đại số của đoạn ab , gọi là hình chiếu của lực $\vec{F}$ lên trục Ox , kí hiệu là F_x .

Độ dài đại số của đoạn a_1b_1 , gọi là hình chiếu của lực $\vec{F}$ lên trục Oy , kí hiệu là F_y .

$$\begin{cases} F_x = \pm F \cdot \cos \alpha \\ F_y = \pm F \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

Dấu hình chiếu là (+) khi chiều từ điểm chiếu gốc đến điểm chiếu mút cùng với chiều dương của trục, dấu hình chiếu là (-) trong trường hợp ngược lại.

Đặc biệt, nếu lực $\vec{F}$ song song với trục:



Hình 2.6

a)

b)

- Khi lực $\vec{F}$ song song với Ox (hình 2.6a): $F_x = \pm F$; $F_y = 0$

- Khi lực $\vec{F}$ song song với Oy (hình 2.6b): $F_y = \pm F$; $F_x = 0$

b) Xác định lực khi biết hình chiếu

Giả sử đã biết hình chiếu lực $\vec{F}$ là F_x, F_y , khi đó hoàn toàn xác định được lực $\vec{F}$.

- Về trị số: $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

- Về phương chiều: xác định góc α hợp giữa $\vec{F}$ và trục Ox, ta có $\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$. Tra bảng

số để tìm góc α khi biết trị số hàm tang của góc.

c) Hình chiếu của hợp lực của hệ lực phẳng đồng quy

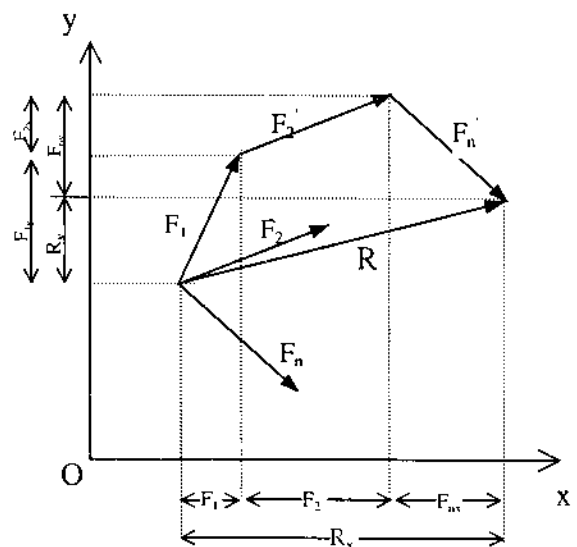
Giả sử cho hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ có hợp

lực là $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$, đã xác định được bằng phương pháp đa giác. Đặt hệ lực vào hệ trục vuông góc xOy, ta có hình chiếu của các lực trong hệ trục là $(F_{1x}, F_{2x}, \dots, F_{nx})$; $(F_{1y}, F_{2y}, \dots, F_{ny})$; hình chiếu hợp lực là R_x, R_y (hình 2.7).

Ta nhận thấy: "Hình chiếu của vectơ tổng bằng tổng hình chiếu của các vectơ thành phần"

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum_{i=1}^n F_{ix}$$

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum_{i=1}^n F_{iy}$$



Hình 2.7

d) Phương pháp

Khi tìm hợp lực của một hệ lực phẳng đồng qui ta làm như sau:

- Đặt hệ lực trong một hệ trục tọa độ vuông góc xOy.
- Xác định hình chiếu của các lực trong hệ.
- Tính hình chiếu của hợp lực theo công thức:

$$\begin{cases} R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum_{i=1}^n F_{ix} \\ R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum_{i=1}^n F_{iy} \end{cases}$$

Xác định $\vec{R}$ từ các hình chiếu R_x, R_y .

$$+ \text{Trị số : } R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n F_{ix}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n F_{iy}\right)^2}$$

$$+ \text{Phương : gọi góc hợp giữa } \vec{R} \text{ và trục Ox là } \alpha, \text{ ta có } \operatorname{tg} \alpha = \frac{R_y}{R_x}$$

2.4. ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA HỆ LỰC PHẪNG ĐỒNG QUI

Một hệ lực phẳng đồng qui có một hợp lực, như vậy điều kiện cân và đủ để một hệ lực phẳng đồng qui cân bằng là hợp lực của hệ bằng 0. Để hợp lực của hệ bằng 0 ta có các điều kiện sau.

2.4.1. Điều kiện hình học

Điều kiện cân và đủ để một hệ lực phẳng đồng qui cân bằng là đường gấp khúc dựng bởi các lực khi tìm hợp lực tự đóng kín thành đa giác.

2.4.2. Điều kiện giải tích

Theo phương pháp tìm hợp lực bằng hình chiếu thì

$$R = 0 \Leftrightarrow R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n F_{ix}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n F_{iy}\right)^2} = 0$$

Vì trong căn thức là hai số dương nên điều kiện sẽ tương đương với

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow & \begin{cases} R_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0 \\ R_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0 \end{cases} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Điều kiện:

Điều kiện cần và đủ để một hệ lực phẳng đồng quy cân bằng là tổng đại số hình chiếu của các lực lên hai trục tọa độ vuông góc đều bằng 0.

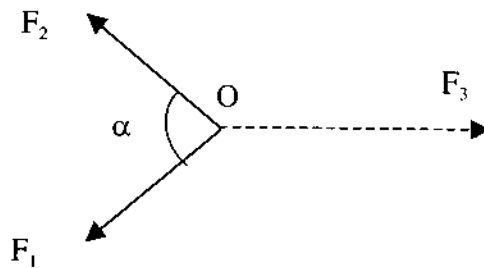
CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày cách tìm hợp lực của hệ lực phẳng đồng quy theo phương pháp hình học? Phát biểu điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng đồng quy theo phương pháp hình học?
2. Trình bày cách tìm hình chiếu của một lực trong hệ trục tọa độ vuông góc?
3. Trình bày phương pháp hình chiếu tìm hợp lực của một hệ lực phẳng đồng quy? Phát biểu điều kiện cân bằng của hệ theo phương pháp hình chiếu?

BÀI TẬP

1. Cho lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ đồng quy tại O với $F_1 = F_2$, $\alpha = 120^\circ$ (Hình 2.8). Hỏi phải đặt vào điểm O một lực $\vec{F}_3$ như thế nào để hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3)$ cân bằng.

ĐS: $\vec{F}_3$ nằm trên đường phân giác ngoài của α và có trị số $F_3 = F_2 = F_1$.



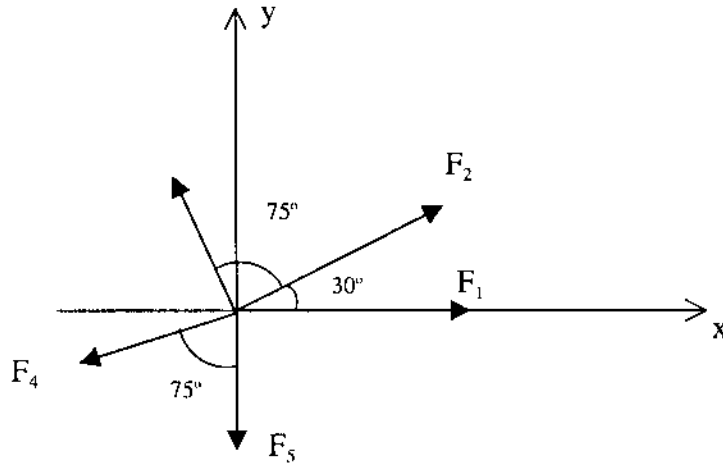
Hình 2.8

2. Một quả bóng bay có trọng lượng $P = 20\text{N}$, chịu lực đẩy của không khí lên phía trên là 50N và lực thổi của gió theo phương nằm ngang là 40N . Tìm hợp lực?

ĐS: $R = 500\text{N}$.

3. Một vật rắn chịu tác dụng của 5 lực đồng quy $F_1 = 200\text{N}$, $F_2 = 150\text{N}$, $F_3 = 100\text{N}$, $F_4 = 80\text{N}$, $F_5 = 120\text{N}$. Xác định hợp lực $\vec{R}$ của hệ.

ĐS: $R = 229\text{N}$; $(\vec{R}, O_x) = 7^\circ 45'$.



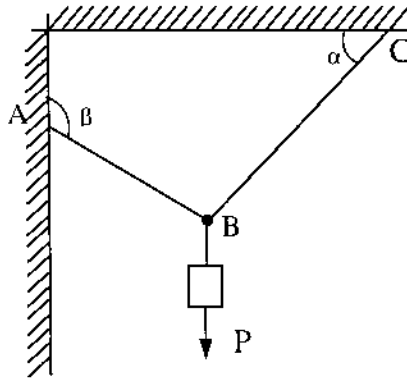
Hình 2.9

4. Giá ABC dùng để treo vật nặng trọng lượng $P = 1000N$, các góc cho trên hình vẽ. Xác định phản lực của thanh AB và AC (hình 2.10).

ĐS: $\vec{S}_B = 731,9N$; $\vec{S}_C = 896,1N$.

5. Một vật có khối lượng $m = 20kg$ được treo vào nút B của 2 sợi dây AB và BC (hình 2.11). Tính phản lực của 2 sợi dây đó, biết $\alpha = 60^\circ$; $\beta = 135^\circ$.

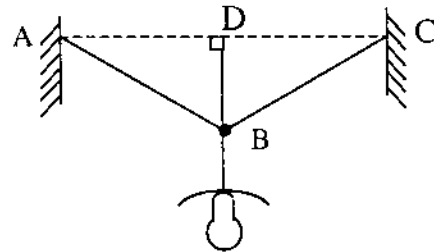
ĐS: $\vec{F}_A = 104N$; $\vec{T}_C = 147N$.



Hình 2.11

6. Một bóng đèn có trọng lượng $80N$ được gắn vào điểm giữa B của dây cáp ABC (hình 2.12). Hai đầu dây cáp gắn vào móc A và C trên mặt phẳng nằm ngang. Độ dài dây ABC là $16m$, độ lệch của điểm treo đèn với mặt ngang là $BD = 0,1m$. Xác định lực kéo $\vec{T}_A$ và $\vec{T}_C$ lên các phần tử AB và BC của dây.

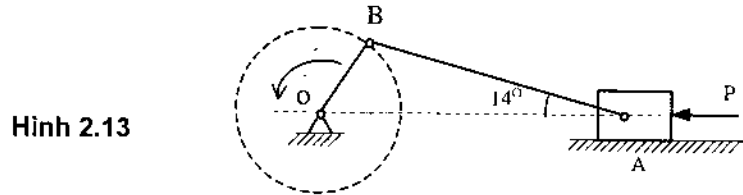
ĐS: $\vec{T}_A = \vec{T}_C = 320N$.



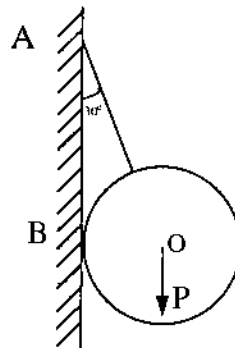
Hình 2.12

7. Lực $P = 25\text{kN}$ tác dụng lên pít tòng A. Thanh truyền AB làm với phương nằm ngang l góc 14° (Hình 2.13). Xác định áp lực của pít tòng lên xi lanh và lực tác dụng dọc theo thanh truyền. Bỏ qua trọng lượng của pít tòng và thanh truyền.

ĐS: $\vec{N} = 6,4\text{kN}$; $\vec{S}_{AB} = 25,8\text{kN}$.



8. Một quả cầu sắt có trọng lượng $P = 300\text{N}$ được giữ bởi sợi dây AO và tựa trên tường thẳng đứng (Hình 2.14). Xác định sức căng của sợi dây AO và phản lực tại B.



Hình 2.14

Chương 3

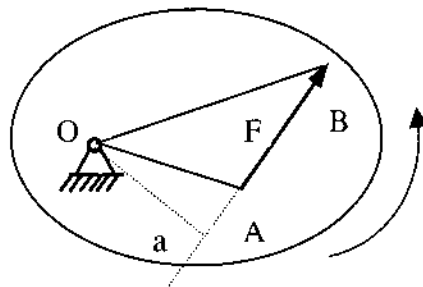
MÔ MEN CỦA LỰC ĐỐI VỚI MỘT ĐIỂM - NGẪU LỰC

3.1. MÔ MEN CỦA LỰC ĐỐI VỚI MỘT ĐIỂM

3.1.1. Khái niệm

Giả sử vật rắn có thể quay quanh điểm O cố định và chịu tác dụng của lực $\vec{F}$ (hình 3.1), kết quả là vật sẽ chuyển động quay quanh tâm O.

Tác dụng quay mà lực $\vec{F}$ gây ra cho vật gọi là mômen của lực $\vec{F}$ đối với điểm O, kí hiệu là $m_o(\vec{F})$.



Hình 3.1

Trị số mô men $m_o(\vec{F})$ phụ thuộc vào trị số của lực và khoảng cách từ điểm O tới phương của lực (còn gọi là cánh tay đòn), chiều quay phụ thuộc vào chiều của lực và vị trí của đường tác dụng của lực đối với điểm O, ta có:

$$m_o(\vec{F}) = \pm F.a \quad (3.1)$$

Trị số mô men cũng được xác định bằng hai lần diện tích tam giác do lực và điểm O tạo thành.

$$m_o(\vec{F}) = 2S_{\Delta OAB} \quad (3.2)$$

Qui ước:

$m_o(\vec{F})$ lấy dấu + nếu chiều của lực làm vật quay ngược chiều kim đồng hồ.

$m_o(\vec{F})$ lấy dấu - nếu chiều của lực làm vật quay cùng chiều kim đồng hồ.

Đơn vị:

Nếu lực tính bằng Niutơn (N), cánh tay đòn tính bằng mét (m) thì mô men tính bằng Niutơn mét (Nm).

Chú ý:

Nếu đường tác dụng của $\vec{F}$ đi qua O thì $m_o(\vec{F}) = 0$, vì cánh tay đòn $a = 0$.

3.1.2. Định lý Varinhong

Mômen của hợp lực của hệ lực phẳng đối với một điểm nào đó nằm trong mặt phẳng chứa các lực bằng tổng đại số mômen của các lực thành phần đối với điểm đó.

Nghĩa là : hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n) \sim \vec{R} \subset$ mặt phẳng P ; điểm $O \in P$, ta có :

$$m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2) + \dots + m_o(\vec{F}_n) \quad (3-3)$$

Chứng minh :

* Trường hợp hệ là hai lực đồng qui:

Giả sử hệ $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ đồng qui tại A có hợp lực là $\vec{R}$. O là điểm bất kỳ nằm trên mặt phẳng của hệ lực (hình 3.2). Ta phải chứng minh $m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$.

Thật vậy: Nối O với A, từ O kẻ Ox vuông góc với OA, rồi từ nút các lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ và $\vec{R}$ hạ các đường Bb, Cc, Dd vuông góc với Ox. Ta có :

$$m_o(\vec{F}_1) = 2S_{\Delta OAB} = OA \cdot Ob$$

$$m_o(\vec{F}_2) = 2S_{\Delta OAD} = OA \cdot Od$$

$$m_o(\vec{R}) = 2S_{\Delta OAC} = OA \cdot Oc$$

Theo hình vẽ $Oc = Ob + bc$

mà $bc = Od$, nên : $Oc = Ob + Od$

Vì thế :

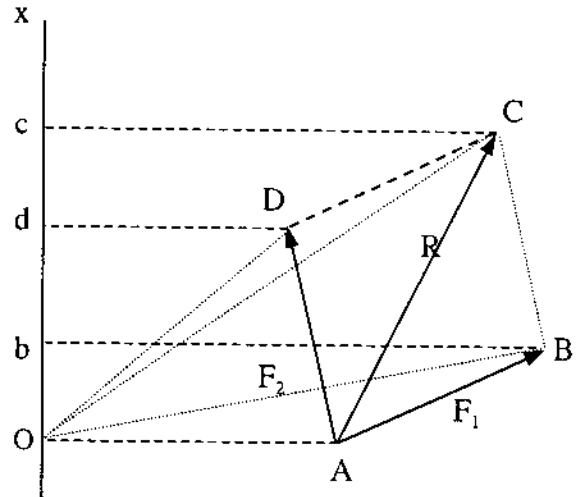
$$m_o(\vec{R}) = OA \cdot (Ob + Od) = OA \cdot Ob + OA \cdot Od \Rightarrow m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$$

* Trường hợp hệ là hai lực song song:

Giả sử hệ là hai lực song song $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ đặt tại A và B có hợp lực là $\vec{R}$. O là điểm bất kỳ nằm trên mặt phẳng của hệ lực (hình 3.3). Ta phải chứng minh

$$m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$$

Thật vậy, từ O ta kẻ đường Ox vuông góc với phương của các lực.



Hình 3.2

Ta có:

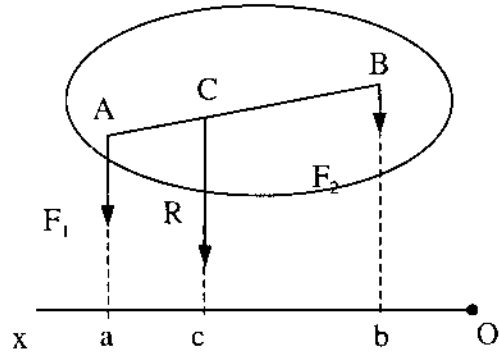
$$m_o(\vec{F}_1) = F_1 \cdot Oa$$

$$m_o(\vec{F}_2) = F_2 \cdot Ob$$

$$m_o(\vec{R}) = R \cdot Oc$$

Trong đó :

$$R = F_1 + F_2 ; Oc = Ob + bc$$



Hình 3.3

$$\text{Vì thế } m_o(\vec{R}) = (F_1 + F_2) \cdot (Ob + bc)$$

$$= F_1 \cdot Ob + F_1 \cdot bc + F_2 \cdot bc + F_2 \cdot Ob$$

$$\text{Nhưng } \frac{F_1}{F_2} = \frac{BC}{AC} = \frac{bc}{ca} \text{ hay } F_1 \cdot ca = F_2 \cdot bc$$

$$\text{Nên } m_o(\vec{R}) = F_1 \cdot Ob + F_1 \cdot bc + F_1 \cdot ca + F_2 \cdot Ob$$

$$= F_1 \cdot (Ob + bc + ca) + F_2 \cdot Ob$$

$$= F_1 \cdot Oa + F_2 \cdot Ob$$

$$\text{Suy ra } m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2).$$

* Trường hợp hệ gồm nhiều lực phẳng bất kỳ:

Giả sử hệ gồm n lực bất kỳ, $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n)$, O là một điểm nào đó nằm trên mặt phẳng chứa các lực.

Ta phải chứng minh:

$$m_o(\vec{R}) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2) + \dots + m_o(\vec{F}_n)$$

Thật vậy, bằng cách xét từng đôi lực, đầu tiên xét hai lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ có hợp lực $\vec{R}_1$. Hai lực này hoặc đồng qui, hoặc song song nên theo chứng minh trên ta có:

$$m_o(\vec{R}_1) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2)$$

Tiếp tục xét hai lực $\vec{R}_1$ và $\vec{F}_3$, có hợp lực $\vec{R}_2$:

$$m_o(\vec{R}_2) = m_o(\vec{R}_1) + m_o(\vec{F}_3) = m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2) + m_o(\vec{F}_3)$$

Tiếp tục xét lần lượt như thế cho đến lực cuối cùng $\vec{F}_n$, có hợp lực của hệ lực là $\vec{R}$ ta sẽ có điều phải chứng minh.

3.2. NGẪU LỰC

3.2.1. Định nghĩa

Hệ gồm hai lực song song, ngược chiều, có trị số bằng nhau gọi là một ngẫu lực, ký hiệu $(\vec{F}, \vec{F})$.

Khoảng cách giữa đường tác dụng của hai lực gọi là cánh tay đòn của ngẫu lực (hình 3.4).

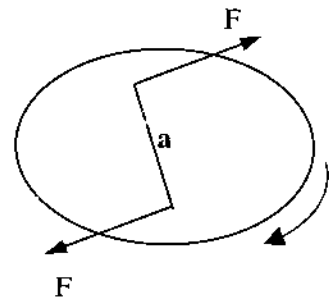
Ngẫu lực có tác dụng làm cho vật chuyển động quay, tác dụng quay gọi là mômen của ngẫu lực.

Ngẫu lực được xác định bởi 3 yếu tố:

- Mặt phẳng tác dụng của ngẫu lực: Là mặt phẳng chứa các lực của ngẫu lực.

- Chiều quay của ngẫu lực: Là chiều quay của vật do ngẫu lực gây nên.

+ Qui ước: Chiều quay dương khi vật quay ngược chiều kim đồng hồ và âm khi thuận chiều kim đồng hồ (hình 3.5).



Hình 3.4



Hình 3.5

- Trị số mômen của ngẫu lực: Là tích số giữa trị số của lực với cánh tay đòn của ngẫu lực. Ký hiệu là m.

$$m = F.a \quad (3-4)$$

3.2.2. Tính chất của ngẫu lực trên mặt phẳng

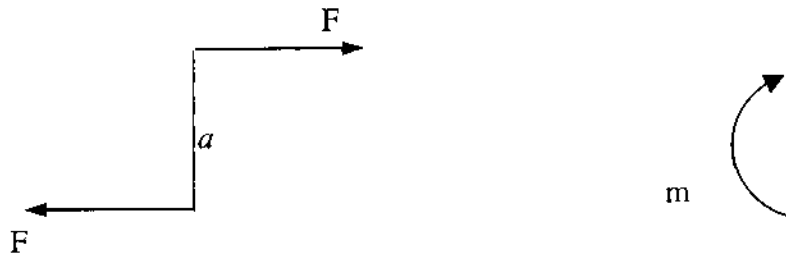
a) Tính chất 1

Tác dụng của một ngẫu lực không thay đổi khi ta di chuyển vị trí của ngẫu lực trong mặt phẳng tác dụng của nó.

b) Tính chất 2

Có thể biến đổi lực và cánh tay đòn của ngẫu lực tùy ý, miễn là bảo đảm trị số mômen và chiều quay của nó.

Từ các tính chất trên có thể rút ra : tác dụng của ngẫu lực trên mặt phẳng hoàn toàn được đặc trưng bằng chiều quay và trị số mômen của nó. Điều này cho phép biểu diễn một ngẫu lực bằng chiều quay và trị số mômen như (hình 3.6).



Hình 3.6

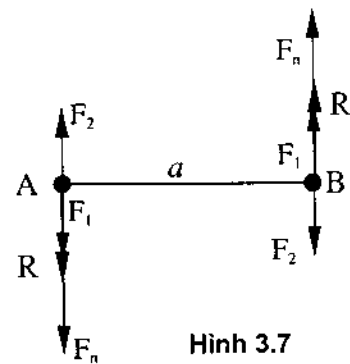
3.2.3. Hợp hệ ngẫu lực phẳng- điều kiện cân bằng của hệ ngẫu lực phẳng

a) Hợp hệ ngẫu lực phẳng

Giả sử cho hệ ngẫu lực phẳng có mômen lần lượt là $m_1, m_2, \dots, m_n$ (hình 3.7). Biến đổi hệ ngẫu lực này thành hệ ngẫu lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_1); (\vec{F}_2, \vec{F}_2); \dots; (\vec{F}_n, \vec{F}_n)$ có cùng cánh tay đòn a .

Hợp lực $\vec{R}$ của các lực $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ đặt tại A,B là hai lực song song, ngược chiều, có cùng trị số:

$R = R_A = R_B = |F_1 - F_2 + \dots + F_n|$ tạo thành ngẫu lực $(\vec{R}, \vec{R})$ (hình 3.7).



Hình 3.7

Ngẫu lực $(\vec{R}, \vec{R})$ gọi là ngẫu lực tổng hợp, có mômen:

$$\begin{aligned} M &= R \cdot a = F_1 \cdot a - F_2 \cdot a + \dots + F_n \cdot a \\ &= m_1 + m_2 + \dots + m_n \end{aligned}$$

Như vậy :

"Một hệ ngẫu lực phẳng cho ta một ngẫu lực tổng hợp có mômen bằng tổng đại số mômen của các ngẫu lực thuộc hệ".

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \quad (3-5)$$

Ví dụ :

Hệ ngẫu lực phẳng gồm $m_1 = 60 \text{ Nm}$; $m_2 = 120 \text{ Nm}$; $m_3 = -30 \text{ Nm}$.

- Hãy xác định ngẫu lực tổng hợp .
- Nếu ngẫu lực tổng hợp có cánh tay đòn là 0,5 m, trị số lực của nó bằng bao nhiêu?

Bài giải :

- Theo công thức tính ngẫu lực tổng hợp M ta có:

$$M = m_1 + m_2 + m_3 = 60 + 120 - 30 = 150 \text{ Nm.}$$

- Theo công thức $M = R.a$, vậy $R = \frac{M}{a} = \frac{150}{0,5} = 300 \text{ N}$.

b) Điều kiện cân bằng của hệ ngẫu lực phẳng

Muốn một hệ ngẫu lực phẳng cân bằng thì ngẫu lực tổng hợp của nó phải cân bằng, nghĩa là $M = 0$. Mà $M = \sum_{i=1}^n m_i$, nên điều kiện cân bằng của hệ ngẫu lực phải là:

$$\sum_{i=1}^n m_i = 0 \quad (3-6)$$

"Điều kiện cân và đủ để một hệ ngẫu lực phẳng cân bằng là tổng đại số mômen của các ngẫu lực thuộc hệ bằng 0".

3.2.4. Định lý dời lực

"Khi dời lực song song sang một điểm khác thì phải thêm vào một ngẫu lực, ngẫu lực có mômen bằng mômen của lực đối với điểm dời đến".

Chứng minh:

Giả sử lực $\vec{F}$ đặt tại điểm A, cần dời lực đến điểm B, cần chứng minh:

$$\vec{F}_A \sim \vec{F}_B + m = m_B(\vec{F}) \quad (3-7)$$

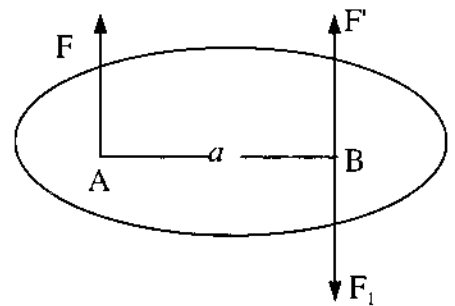
Thật vậy: Hệ lực tác dụng lên vật ban đầu là $\vec{F}$. Theo tiên đề 3, tại điểm B ta thêm vào hai lực cân $\vec{F}'$ và $\vec{F}_1$ sao cho các lực song song và bằng trị số lực F (hình 3.8).

Như vậy: $\vec{F} \sim (\vec{F}', \vec{F}_1, \vec{F}')$

Mặt khác: $\vec{F}'$ và $\vec{F}_1$ hình thành một ngẫu lực có trị số mômen :

$$m = F.a = m_B(\vec{F}).$$

Suy ra có điều phải chứng minh: $\vec{F}_A \sim \vec{F}_B + m = m_B(\vec{F})$



Hình 3.8

3.3. THU HỆ LỰC PHẪNG - ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA HỆ LỰC PHẪNG

3.3.1. Thu hệ lực phẳng

Hệ lực phẳng là hệ lực mà đường tác dụng của các lực nằm trong cùng một mặt phẳng, dưới tác dụng của hệ, vật rắn có thể vừa chuyển động tịnh tiến, vừa chuyển động quay.

Để tổng hợp một hệ lực phẳng ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$) ta làm như sau:

- Dời các lực về một điểm O trên mặt phẳng để biến hệ thành hệ lực phẳng đồng qui và hệ ngẫu lực phẳng (hình 3.9). Ta có:

$$\vec{F}_1 \sim \vec{F}_1' + m_1 \quad | \quad m_1 = m_o(\vec{F}_1)$$

$$\vec{F}_2 \sim \vec{F}_2' + m_2 \quad | \quad m_2 = m_o(\vec{F}_2)$$

...

$$\vec{F}_n \sim \vec{F}_n' + m_n \quad | \quad m_n = m_o(\vec{F}_n)$$

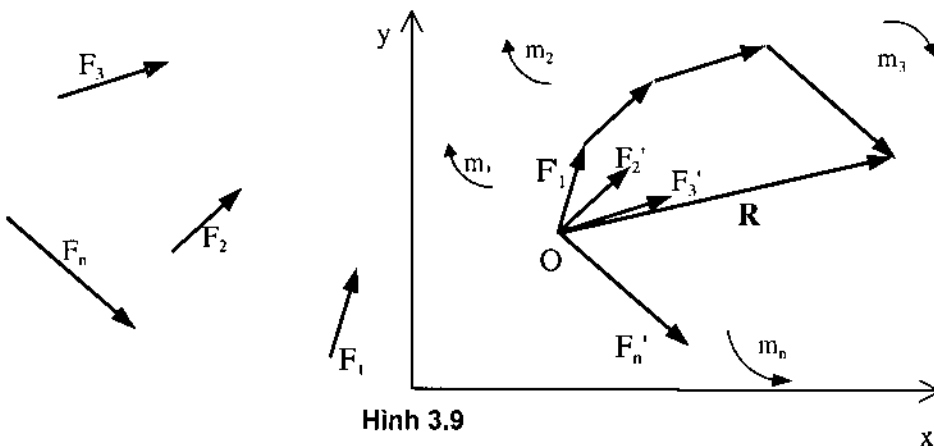
$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim (\vec{F}_1', \vec{F}_2', \dots, \vec{F}_n') + (m_1 + m_2 + \dots + m_n)$$

- Tổng hợp hệ lực phẳng đồng qui ta thu được hợp lực $\vec{R}$ (gọi là vectơ chính).

- Tổng hợp hệ ngẫu lực phẳng ta thu được ngẫu lực có mômen M (gọi là mômen chính)

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim \vec{R} + M \quad (3-8)$$

Như vậy khi thu hệ lực phẳng về một điểm ta được một hợp lực và một ngẫu lực, hợp lực có tác dụng làm vật chuyển động, ngẫu lực có tác dụng làm vật chuyển động quay.



Hình 3.9

3.3.2. Điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng

Như đã biết, khi thu hệ lực phẳng sẽ được một lực tổng hợp $\vec{R}$ và một ngẫu lực tổng hợp M. Để hệ lực phẳng cân bằng thì cả $\vec{R}$ và M phải đồng thời bằng 0.

$$\begin{cases} R = 0 \\ M = 0 \end{cases} \quad (3-9)$$

Vì $\vec{R}$ là hợp của một hệ lực phẳng đồng qui nên khi đặt hệ lực trong hệ trục xOy, ta có:

$$R = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} R_x = F'_{1x} + F'_{2x} + \dots + F'_{nx} = 0 \\ R_y = F'_{1y} + F'_{2y} + \dots + F'_{ny} = 0 \end{cases}$$

Nhưng vì $\vec{F}_1$ song song và bằng $\vec{F}'_1$; $\vec{F}_2$ song song và bằng $\vec{F}'_2$, ... nên $\vec{F}_{1x} = \vec{F}'_{1x}$; $\vec{F}_{2x} = \vec{F}'_{2x}$; ... nên ta có:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \end{cases}$$

M là hợp của hệ ngẫu lực phẳng $m_1, m_2, \dots, m_n$, theo điều kiện cân bằng của hệ ngẫu lực phẳng:

$$\begin{aligned} M = 0 &\Leftrightarrow m_1 + m_2 + \dots + m_n = 0 \\ &\Leftrightarrow m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2) + \dots + m_o(\vec{F}_n) = 0 \end{aligned}$$

Kết hợp hai điều kiện ta có:

$$\begin{aligned} \begin{cases} R = 0 \\ M = 0 \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0 \\ F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0 \\ m_o(\vec{F}_1) + m_o(\vec{F}_2) + \dots + m_o(\vec{F}_n) = 0 \end{cases} \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \\ \sum_{i=1}^n m_o(\vec{F}_i) = 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3-10)$$

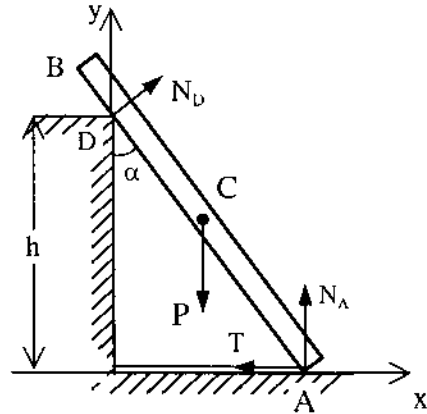
Điều kiện:

Điều kiện cần và đủ để một hệ lực phẳng cân bằng là, tổng đại số hình chiếu của các lực lên hai trục tọa độ vuông góc và tổng đại số mômen của các lực đối với một điểm bất kỳ nằm trong mặt phẳng tác dụng của các lực đều bằng 0.

Ví dụ :

Thanh AB dài 4m, đầu A tựa trên mặt đất, đầu B tựa trên tường cao tại điểm D và lập với tường một góc $\alpha = 30^\circ$ (hình 3.10). Thanh được giữ cân bằng nhờ dây kim loại AE nằm trên mặt đất.

Xác định phản lực tác dụng lên thanh tại các điểm A và D, sức căng T của dây. Biết trọng lượng thanh $P = 200\text{N}$ và đặt tại điểm C chính giữa thanh, chiều cao của tường $h = 3\text{m}$.



Hình 3.10

Bài giải:

Thanh cân bằng dưới tác dụng của hệ lực $(\vec{P}, \vec{N}_A, \vec{N}_D, \vec{T})$ trong đó trọng lực $\vec{P}$ đã cho, $\vec{T}$ là sức căng dây, $\vec{N}_A$ và $\vec{N}_D$ là phản lực tại các điểm A và D (hình 3.10).

Áp dụng điều kiện cân bằng (3-10) của hệ lực phẳng, ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \\ \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \\ \sum_{i=1}^n m_a(\vec{F}_i) = 0 \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_x + N_{Ax} + N_{Dx} + T_x = 0 \\ P_y + N_{Ay} + N_{Dy} + T_y = 0 \\ m_A(\vec{P}) + m_A(\vec{N}_A) + m_A(\vec{N}_D) + m_A(\vec{T}) = 0 \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} -T + N_D \cdot \cos 30^\circ = 0 \\ -P + N_A + N_D \cdot \sin 30^\circ = 0 \\ P \cdot CA \cdot \cos 60^\circ - N_D \cdot DA = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \end{array}$$

Từ (3) ta có : $N_D = \frac{P \cdot CA \cdot \cos 60^\circ}{DA} = \frac{200 \cdot \sqrt{3}}{6} = 57,7\text{N}$, trong đó $DA = \frac{h}{\cos 30^\circ} = \frac{6}{\sqrt{3}}$

Từ (1) ta có $T = N_D \cdot \cos 30^\circ = \frac{200 \cdot \sqrt{3}}{6} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 50\text{N}$

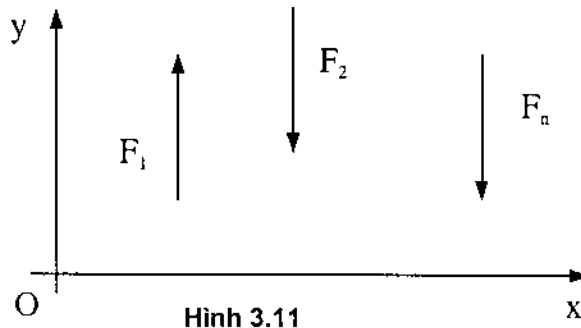
Từ (2) ta có $N_A = P - N_D \cdot \sin 30^\circ = 200 - 50 \cdot \frac{1}{2} = 175\text{N}$

3.3.3. Điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng song song

Hệ lực phẳng song song là một trường hợp đặc biệt của hệ lực phẳng, nên từ điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng ta suy ra điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng song song.

Chương 3. Mô men của lực đối với một điểm - ngẫu lực

Giả sử có hệ lực phẳng song song ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$) (hình 3.11). Chọn hệ trục vuông góc xOy sao cho trục Oy song song với phương các lực.



Hình 3.11

Hiển nhiên nhận thấy $\sum F_{ix} = 0$, nên điều kiện cân bằng (3-10) có thể viết là :

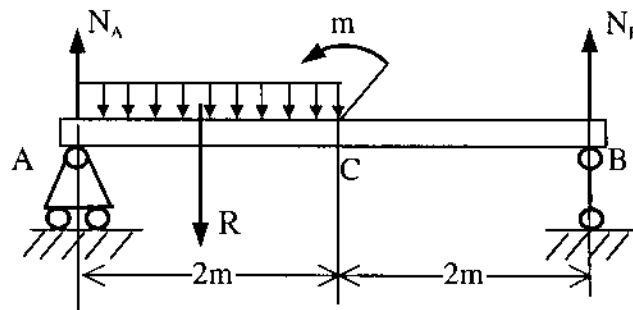
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \\ \sum_{i=1}^n m_o(\vec{F}_i) = 0 \end{cases} \quad (3-11)$$

Điều kiện:

"Điều kiện cần và đủ để một hệ lực phẳng song song cân bằng là tổng đại số hình chiếu của các lực lên trục toạ độ song song với chúng và tổng đại số mômen của các lực đối với một điểm bất kỳ nằm trên mặt phẳng tác dụng của các lực đều bằng không".

Ví dụ:

Dầm AB chịu tác dụng của lực phân bố đều có tải trọng $q = 5 \text{ kN/m}$ và ngẫu lực có mômen $m = 1 \text{ kNm}$ (hình 3.12). Xác định phản lực ở các gối đỡ A và B.



Hình 3-12

Bài giải:

Lực phân bố đều q có hợp lực $R = AC \cdot q = 2 \times 5 = 10 \text{ kN}$ đặt tại điểm giữa của đoạn

AC, có phương thẳng đứng, phản lực $\vec{N}_A, \vec{N}_B$ có phương song song với $\vec{R}$. Như vậy dầm AB cân bằng dưới tác dụng của một hệ lực phẳng song song ($\vec{R}, \vec{N}_A, \vec{N}_B, m$). Theo điều kiện cân bằng (3-11):

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \\ \sum_{i=1}^n m_A(\vec{F}_i) + m = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -R + \vec{N}_A, \vec{N}_B = 0 \\ -R.1 + Y_B.4 + 2 = 0 \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

Từ phương trình (2) ta có: $\vec{N}_A = \frac{R-2}{4} = \frac{10-2}{4} = 2 \text{ kN}$

Từ phương trình (1) ta có: $\vec{N}_B = R - N_B = 10 - 2 = 8 \text{ kN}$.

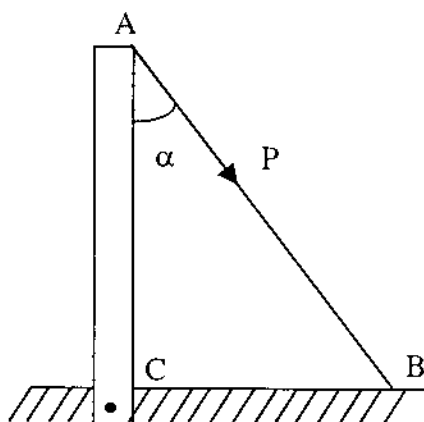
CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Mômen của lực đối với một điểm là gì? Viết biểu thức tính mômen và cho biết qui ước về dấu?
2. Phát biểu và viết biểu thức toán học của định lý Varinhong?
3. Ngẫu lực là gì? Nêu các tính chất và cách biểu diễn ngẫu lực trong mặt phẳng?
4. Phát biểu định lý dời lực?
5. Phát biểu và viết phương trình cân bằng của hệ lực phẳng, hệ lực phẳng song song?

BÀI TẬP

1. Dây AB = a buộc vào cột thẳng đứng AC dưới 1 góc α và chịu lực kéo P. Xác định mô men của lực đó đối với điểm C. Với giá trị α bao nhiêu thì mô men có giá trị lớn nhất.

$$\text{ĐS: } m_C(\vec{P}) = \frac{P.a.\sin 2\alpha}{2}; \alpha = 45^\circ.$$



Hình 3.13

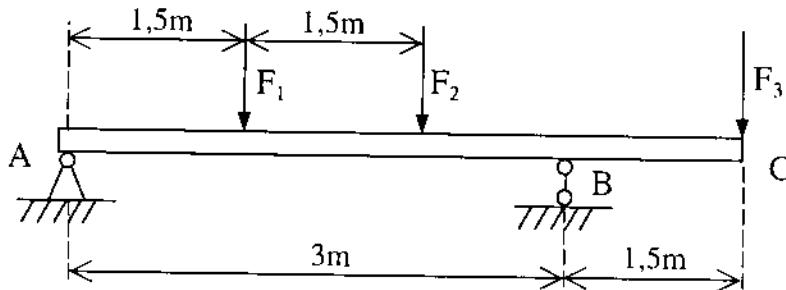
2. Tìm mômen của lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ đối với điểm O.

Biết $F_1 = 8\text{N}$, $F_2 = 6\text{N}$, $OA = 4\text{m}$, $OB = 6\text{m}$, các góc cho trên hình vẽ.

ĐS: $m_o(\vec{F}_1) = 32\text{Nm}$; $m_o(\vec{F}_2) = 18\text{Nm}$.

3. Hãy xác định tổng đại số mômen của các lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ đặt vào xà AC đối với hai gối đỡ A và B, cho biết $F_1 = 438\text{N}$, $F_2 = 146\text{N}$, $F_3 = 292\text{N}$, các kích thước cho trên hình vẽ.

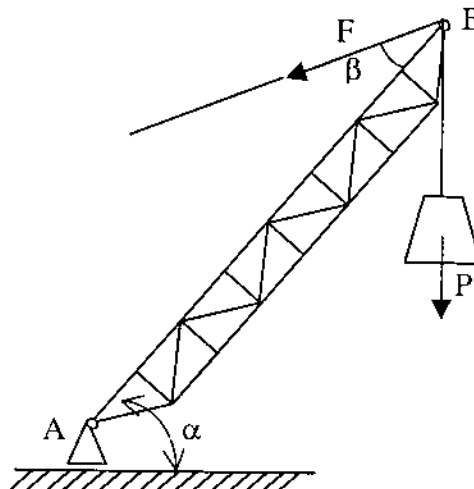
ĐS: $m_A(\vec{F}_1) = -2701\text{N.m}$; $m_B(\vec{F}_1) = 803\text{N.m}$



Hình 3.15

4. Cần trục có trụ AB = 15m hợp với phương nằm ngang 1 góc $\alpha = 60^\circ$ được kéo bởi lực $F = 500\text{ kN}$ hợp với phương AB một góc $\beta = 45^\circ$. Xác định trọng lượng vật được nâng P_1 , trị số và hướng của phản lực ở bản lề A.

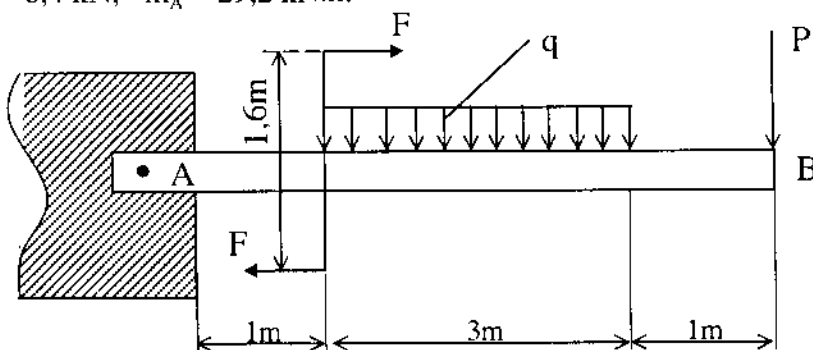
ĐS: $P_1 = 706\text{ kN}$; $R_x = 480\text{ kN}$; $R_y = 911\text{ kN}$; $r = 1030\text{ kN}$; $\alpha = 62^\circ$.



Hình 3.16

5. Dầm AB có đầu A bị ngàm chặt vào tường và chịu lực tác dụng của các ngoại lực $P = 4 \text{ kN}$, ngẫu lực $(\vec{F}, \vec{F})$ có $F = 2 \text{ kN}$, lực phân bố đều $q = 0,8 \text{ kN/m}$. Kích thước cho trên hình vẽ. Xác định phản lực tại điểm A bị kẹp chặt.

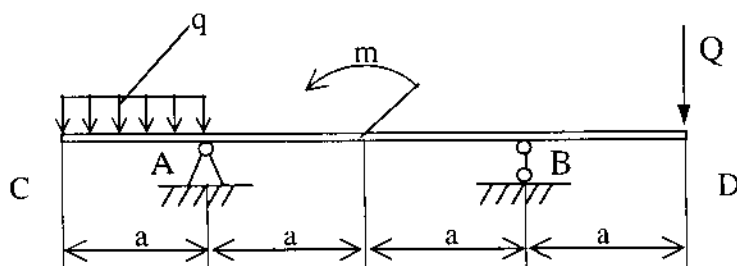
ĐS: $y_A = 6,4 \text{ kN}$; $m_A = 29,2 \text{ kN.m}$



Hình 3.17

6. Dầm CD đặt trên hai gối đỡ A và B. Dầm chịu tác dụng của ngẫu lực có mô men $m = 8 \text{ kN.m}$, lực có trị số $Q = 20 \text{ kN}$ và lực phân bố đều $q = 20 \text{ kN/m}$. Xác định phản lực tại các gối đỡ biết $a = 0,8 \text{ m}$.

ĐS: $Y_A = 15 \text{ kN}$; $Y_B = 21 \text{ kN}$.



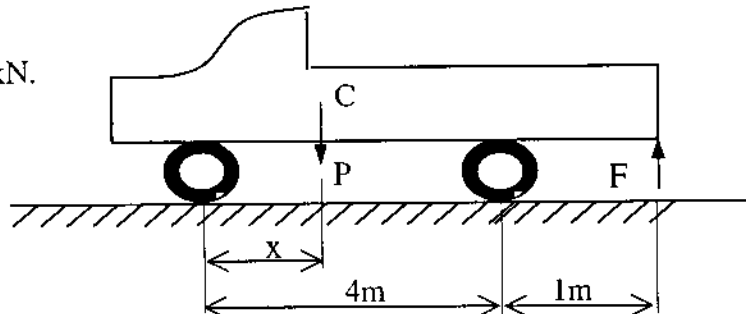
Hình 3.18

7. Ô tô có sơ đồ trên hình 3.19.

a. Khi không chở hàng trục trước của lực có trị số bằng $1,5 \text{ kN}$, trục sau 1 kN . Xác định khoảng cách x từ trọng tâm xe tới trục trước.

b. Muốn thay bánh sau người ta đặt kích ở cuối xe. Tìm trị số lực $\vec{F}$ nhỏ nhất mà kích tác dụng vào xe.

ĐS: $x = 1,6 \text{ m}$; $F = 0,8 \text{ kN}$.

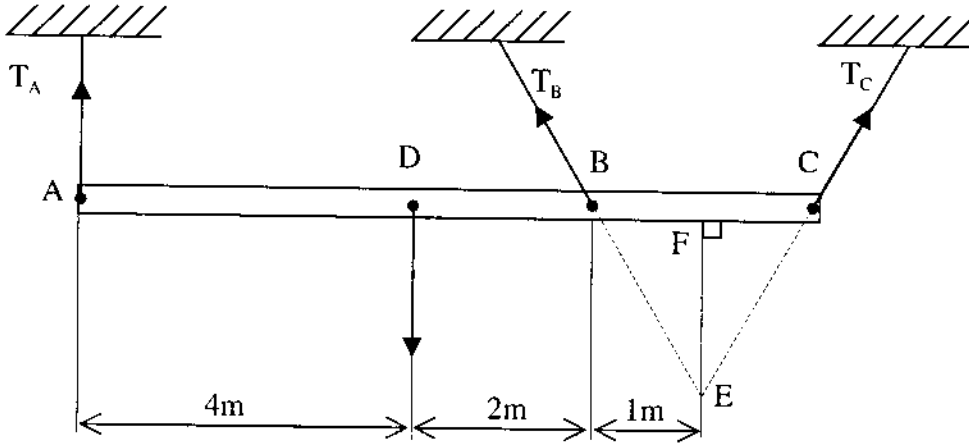


Hình 3.19

Chương 3. Mô men của lực đối với một điểm - ngẫu lực

8. Một phần của dàn cầu treo bằng ba sợi dây cáp phân bố như hình 3.20, khối lượng của phần dàn này $m = 420 \text{ kg}$ và đặt ở điểm D các kích thước cho trên hình vẽ. Tìm phản lực các dây cáp nếu dàn AC nằm ngang.

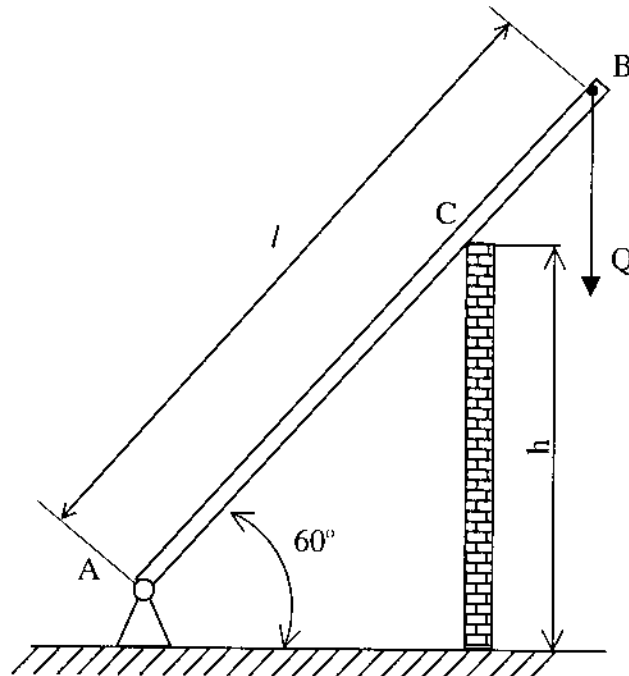
ĐS: $T_A = 1800 \text{ N}$; $T_B = 1759 \text{ N}$; $T_C = 1243 \text{ N}$.



Hình 3.20

9. Thanh AB dài $l = 8 \text{ m}$, nặng 12 kg bắt bản lề cố định tại A và tỳ lên tường C cao $h = 3 \text{ m}$ (hình 3.21). Đầu B treo một vật có khối lượng $M = 20 \text{ kg}$. Xác định phản lực tại các gối đỡ A và chỗ tỳ C.

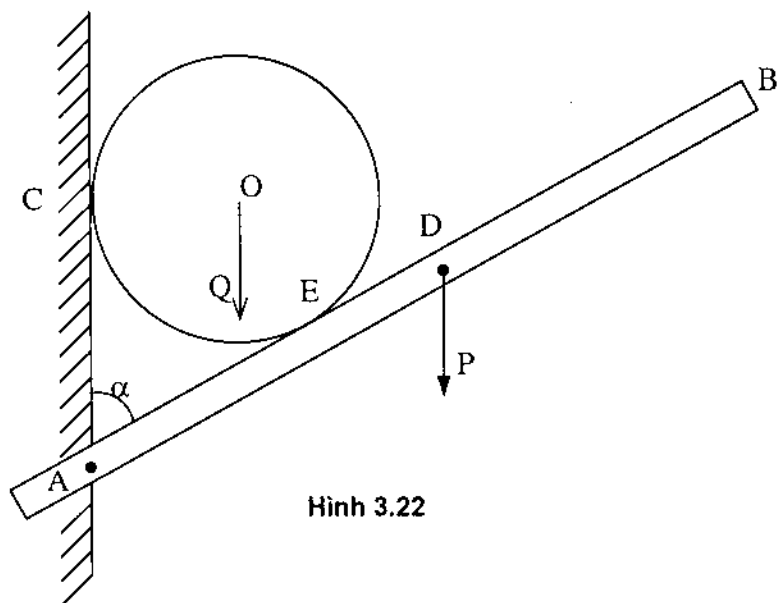
ĐS: $X_A = 260 \text{ N}$; $Y_A = 170 \text{ N}$; $N_C = 300 \text{ N}$.



Hình 3.21

10. Thanh AB dài $l = 0,8\text{m}$, có khối lượng $m_1 = 10\text{kg}$ ngàm chặt vào tường tại đầu A và hợp với tường góc $\alpha = 60^\circ$. Trong góc DAB đặt một ống tròn khối lượng $m_2 = 18\text{kg}$ tiếp xúc với thanh tại E, khoảng cách $AE = a = 0,3\text{m}$. Xác định phản lực tại ngàm A.

ĐS: $X_A = 103,8\text{N}$; $Y_A = 280\text{N}$; $M_A = 96,9\text{N.m}$.



Chương 4

TRỌNG TÂM CỦA VẬT RẮN - TÍNH ỔN ĐỊNH CÂN BẰNG

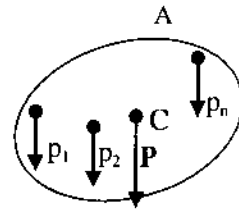
4.1. TRỌNG TÂM

4.1.1. Khái niệm

Giả sử có vật rắn A (hình 4.1), hãy tưởng tượng chia vật thành n phần nhỏ, sao cho mỗi phần tử có thể coi là một chất điểm.

Mỗi phần tử chịu một lực hút của trái đất tương ứng là $\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots, \vec{p}_n$.

Vì khoảng cách giữa các phần tử quá nhỏ so với khoảng cách từ chúng tới tâm trái đất, cho nên hệ lực $(\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots, \vec{p}_n)$ có thể coi là song song cùng chiều, có hợp lực là $\vec{P}$, đặt tại điểm C cố. Vì $\vec{P}$ là hợp của hệ lực song song nên:



Hình 4.1

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$$

Lực $\vec{P}$ gọi là trọng lực, điểm đặt C của trọng lực gọi là trọng tâm, ta có:

Định nghĩa:

"Trọng tâm của một vật rắn là điểm đặt của trọng lực".

4.1.2. Tọa độ trọng tâm của hình phẳng

Giả sử có vật rắn là tấm phẳng S, có diện tích F chiều dày b và khối lượng riêng γ .

Đặt tấm phẳng vào một hệ trục tọa độ vuông góc xOy, chia tấm phẳng ra thành n phần, mỗi phần có diện tích là $F_1, F_2, \dots, F_n$ và trọng lực tương ứng là $\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots, \vec{p}_n$ đặt tại các điểm $c_1(x_1, y_1); c_2(x_2, y_2); \dots; c_n(x_n, y_n)$ trong hệ trục; trọng lực của tấm phẳng là $\vec{P}$, đặt tại điểm C (x_c, y_c) ; (hình 4.2).

Vì $\vec{P}$ là hợp lực của hệ lực phẳng nên theo định lý Varinhong ta có:

$$m_o(\vec{P}) = m_o(\vec{p}_1) + m_o(\vec{p}_2) + \dots + m_o(\vec{p}_n) = \sum_{i=1}^n m_o(\vec{p}_i)$$

(ta lấy điểm O trùng với điểm gốc tọa độ và đặt Oy song song với các lực).

Theo cách đặt hệ trục ta có:

$$m_o(\vec{P}) = P \cdot x_c$$

$$m_o(\vec{p}_1) = p_1 \cdot x_1$$

$$m_o(\vec{p}_2) = p_2 \cdot x_2$$

...

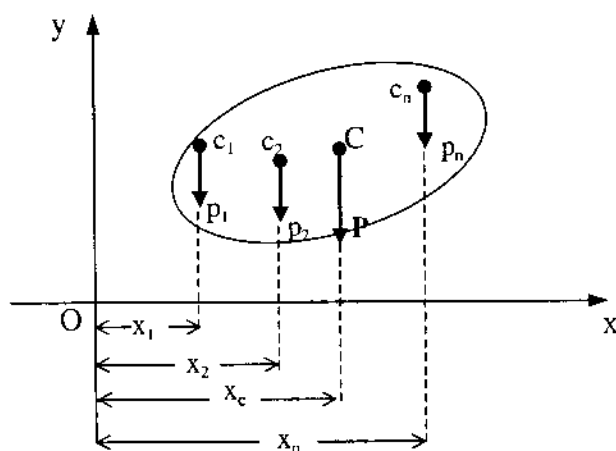
$$m_o(\vec{p}_n) = p_n \cdot x_n$$

suy ra :

$$P \cdot x_c = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \dots + p_n \cdot x_n$$

$$= \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$$

$$\Rightarrow x_c = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i}{P}$$



Hình 4.2

Thay vai trò của trục Ox bằng trục Oy, bằng cách làm tương tự ta cũng được kết quả:

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot y_i}{P}$$

Mặt khác ta có : $P = m \cdot g = (V \cdot \gamma) \cdot g = (F \cdot b \cdot \gamma) \cdot g = F \cdot b \cdot \gamma \cdot g$

$$p_i = m_i \cdot g = (V_i \cdot \gamma) \cdot g = (F_i \cdot b \cdot \gamma) \cdot g = F_i \cdot b \cdot \gamma \cdot g$$

Thay thế vào công thức trên ta có :

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot b \cdot \gamma \cdot g \cdot x_i}{F \cdot b \cdot \gamma \cdot g} = \frac{b \cdot \gamma \cdot g \sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F \cdot b \cdot \gamma \cdot g} \Leftrightarrow x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F}$$

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot b \cdot \gamma \cdot g \cdot y_i}{F \cdot b \cdot \gamma \cdot g} = \frac{b \cdot \gamma \cdot g \sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F \cdot b \cdot \gamma \cdot g} \Leftrightarrow y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F}$$

Như vậy toạ độ trọng tâm của tấm phẳng trong hệ trục là :

$$C\left(\frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F}; \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F}\right) \quad (4-1)$$

4.1.3. Các phương pháp xác định trọng tâm hình phẳng

a) *Phương pháp thực nghiệm:* (áp dụng cho mọi hình phẳng)

Cơ sở thực nghiệm:

Nếu ta treo một vật bằng 1 dây mềm, để cho vật cân bằng, phương kéo dài của dây sẽ đi qua trọng tâm của vật.

Dụng cụ: dây dọi, thước, bút.

Phương pháp:

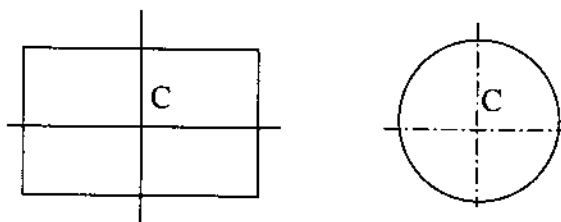
- + Liên kết dây dọi với 1 điểm trên vật, vạch dấu phương dây cắt qua vật.
- + Làm tương tự với 1 điểm khác không nằm trên đường đã vạch dấu ta có đường đánh dấu thứ 2.
- + Giao điểm của 2 đường đánh dấu là trọng tâm của vật.

b) *Phương pháp hình học:* (áp dụng cho hình phẳng đồng chất)

Cơ sở thực nghiệm:

- + Nếu hình phẳng có trục đối xứng trọng tâm sẽ nằm tại trục đối xứng.
- + Nếu hình phẳng có trục đối xứng trọng tâm sẽ nằm trên trục đối xứng, trọng tâm là giao điểm của các trục đối xứng. Như vậy một hình phẳng phải có ít nhất 2 trục đối xứng mới xác định được trọng tâm bằng phương pháp này.
- + Trọng tâm của tam giác nằm tại giao điểm của 3 đường trung tuyến.

Ví dụ:



Hình 4.4

c) *Phương pháp tọa độ:* (áp dụng cho hình phẳng đồng chất)

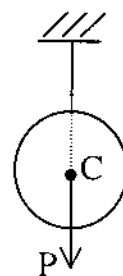
Cơ sở thực nghiệm:

Là công thức tọa độ trọng tâm (4-1)

$$C\left(\frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F}; \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F}\right)$$

Phương pháp:

Tiến hành theo 5 bước sau:



Hình 4.3

+ *Bước 1:* Xác định một hệ trục tọa độ xOy cho vật .

+ *Bước 2:* Chia tấm phẳng thành một số hình đặc biệt (hình 4.5), đặt tên cho các phần, đo xác định các kích thước.

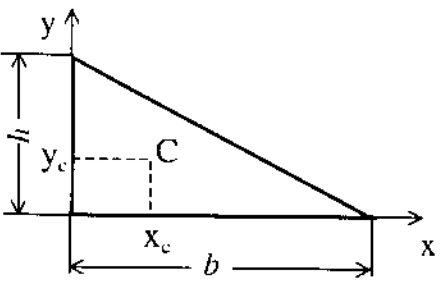
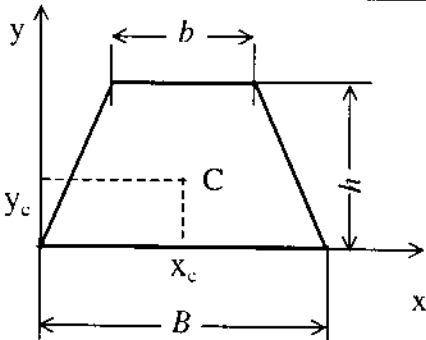
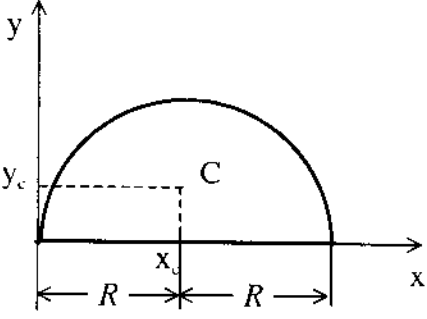
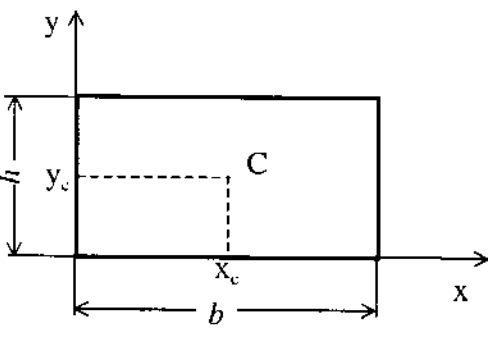
+ *Bước 3:* Xác định diện tích của các phần và cả tấm phẳng, xác định tọa độ trọng tâm của từng phần trong hệ trục đã xác định.

+ *Bước 4:* Thay các giá trị đã xác định vào công thức cơ sở để xác định tọa độ trọng tâm của tấm phẳng x_c, y_c .

+ *Bước 5:* Dóng các điểm x_c, y_c trên 2 trục vào để xác định trọng tâm của vật.

Chương 4. Trọng tâm của vật rắn - tính ổn định cân bằng

Toạ độ trọng tâm tương đối, diện tích một số hình đặc biệt

Hình vẽ	Diện tích	Vị trí trọng tâm
	$\frac{1}{2} b.h$	$x_c = \frac{1}{3} b$ $y_c = \frac{1}{3} h$
	$\frac{B+b}{2} .h$	$x_c = \frac{1}{2} B$ $y_c = \frac{B+2b}{B+b} . \frac{h}{3}$
	$\frac{\pi.d^2}{8}$	$x_c = R$ $y_c = 0,2122.d$ $(d = 2R)$
	$b.h$	$x_c = \frac{b}{2}$ $y_c = \frac{h}{2}$

Hình 4.5

Bài tập ứng dụng: Xác định toạ độ trọng tâm hình phẳng bằng bìa cứng như hình 4.6.

Bài giải :

Xác định hệ trục xOy như hình vẽ.

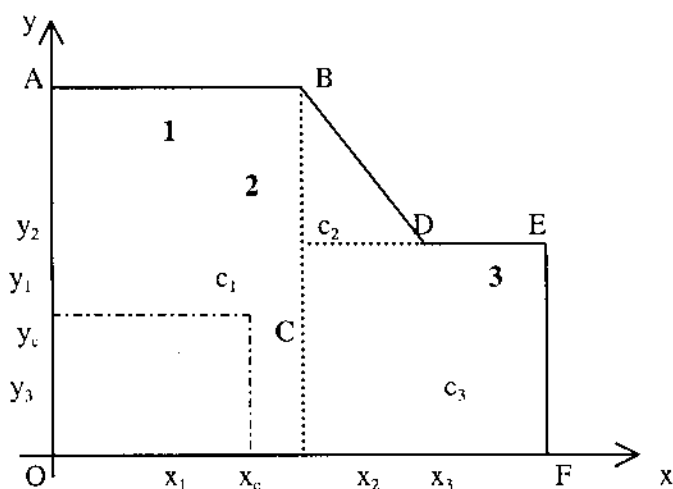
Chia tấm phẳng làm 3 phần : 1, 2, 3.

Các kích thước đo được OA = 28, AB = 18, DE = 7, EF = 16, OF = 34(cm)

Ta có : $F_1 = 504$ $F_2 = 54$ $F_3 = 256$ $F = 814$

$x_1 = 9$ $x_2 = 21$ $x_3 = 26$

$y_1 = 14$ $y_2 = 20$ $y_3 = 8$



Hình 4.6

Thay vào công thức :

$$x_c = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3}{F} = \frac{504 \cdot 9 + 54 \cdot 21 + 256 \cdot 26}{814} = 15,1$$

$$y_c = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3}{F} = \frac{504 \cdot 14 + 54 \cdot 20 + 256 \cdot 8}{814} = 12,5$$

Từ điểm x_c, y_c trên 2 trục dóng vào ta xác định được trọng tâm C.

Chú ý:

Khi xác định trọng tâm của các hình khuyết thiếu, ta vận dụng phương pháp và thay đổi như sau:

- Coi những phần khuyết là những phần tử được phân chia.

- Khi áp dụng công thức (4-1), các phần khuyết sẽ có trị số diện tích mang dấu (-).

Ví dụ:

Xác định trọng tâm của tấm phẳng đã cho trên hình 4.6. Biết $AB = 45 \text{ cm}$, $AD = 60 \text{ cm}$, $R = 20 \text{ cm}$.

Bài giải:

Chọn hệ trục tọa độ là xAy. Coi hình phẳng là tam giác ABD trừ đi nửa hình tròn. Gọi hình tam giác là (1); nửa hình tròn là (2). Ta có:

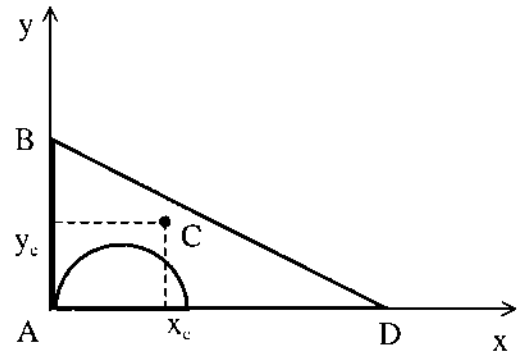
$$F_1 = 1350 \text{ cm}^2; x_1 = 20 \text{ cm}; y_1 = 15 \text{ cm}.$$

$$F_2 = 628 \text{ cm}^2; x_2 = 20 \text{ cm}; y_2 = 8,5 \text{ cm}.$$

Diện tích hình phẳng

$$F = F_1 - F_2 = 1350 - 628 = 722 \text{ cm}^2.$$

Toạ độ trọng tâm của hình phẳng:



Hình 4.7

$$x_c = \frac{F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2}{F} = \frac{1350 \cdot 20 - 628 \cdot 20}{722} = 20 \text{ cm}$$

$$y_c = \frac{F_1 \cdot y_1 - F_2 \cdot y_2}{F} = \frac{1350 \cdot 15 - 628 \cdot 8,5}{722} = 20,6 \text{ cm}$$

Toạ độ trọng tâm C của hình là: $C(20; 20,6)$

4.2. TÍNH CÂN BẰNG ỔN ĐỊNH

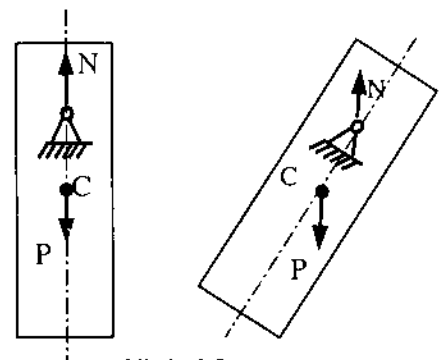
4.1.1. Khái niệm chung

Giả sử một vật rắn có xu hướng quay quanh một tâm cố định nào đó, vật có thể ở vào một trong ba trạng thái sau đây:

a) Cân bằng ổn định

Cân bằng ổn định xảy ra khi trọng tâm của vật thấp hơn tâm quay (hình 4.8).

Ở vị trí ban đầu, trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ cân bằng nhau. Nếu nghiêng vật so với vị trí cân bằng thì xuất hiện ngẫu lực $(\vec{P}, \vec{N})$ có khuynh hướng quay vật trở về vị trí ban đầu, giữ cho vật ổn định ở trạng thái cân bằng.

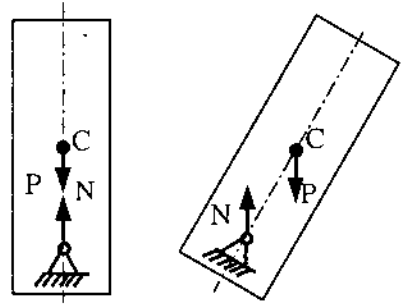


Hình 4.8

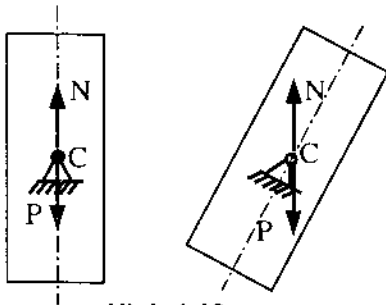
b) Cân bằng không ổn định

Cân bằng không ổn định xảy ra khi trọng tâm của vật ở cao hơn tâm quay (hình 4.8).

Nếu vật lệch không nhiều so với vị trí cân bằng thì xuất hiện ngẫu lực ($\vec{P}$, $\vec{N}$) có khuynh hướng quay vật xa vị trí ban đầu, làm vật càng bị mất cân bằng nhiều hơn.



Hình 4.9



Hình 4.10

c) Cân bằng phiếm định

Cân bằng phiếm định xảy ra khi trọng tâm của vật trùng với tâm quay (hình 4.9).

Trường hợp này trọng tâm của vật cố định với tâm quay, vật vẫn được cân bằng ở mọi vị trí.

4.1.2. Điều kiện cân bằng ổn định của vật tựa trên mặt phẳng nằm ngang

Giả sử vật rắn tựa trên mặt phẳng ngang chịu tác dụng của các lực $\vec{P}$; $\vec{P}_1$; $\vec{P}_2$; $\vec{P}_x$ (hình 4.11).

Ta nhận thấy một số lực có xu hướng làm cho vật bị lật đổ quanh một điểm nào đó (điểm lật), trong ví dụ ở hình 4.11 ta xác định điểm B là điểm lật; $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ là những lực có xu hướng gây lật.

Một số lực có tác dụng giữ cho vật ổn định cân bằng, chống lại tác dụng gây lật,

trong ví dụ ở hình 4.11 ta xác định $\vec{P}$, $\vec{P}_x$ là những lực có tác dụng giữ vật ổn định.

Gọi tác dụng gây lật là mômen lật, ký hiệu là $M_{lật}$:

$M_{lật}$ = Tổng mômen của các lực gây lật đối với điểm lật.

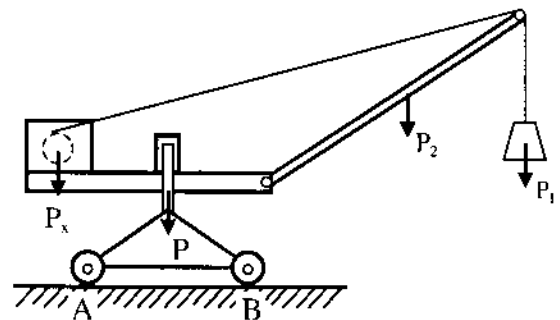
Gọi tác dụng giữ vật ổn định là $M_{ổn}$:

$M_{ổn}$ = Tổng mômen của các lực giữ vật ổn định đối với điểm lật.

Theo hình 4.11 ta có:

$$M_{lật} = m_B(\vec{P}_1) + m_B(\vec{P}_2)$$

$$M_{ổn} = m_B(\vec{P}) + m_B(\vec{P}_x)$$



Hình 4.11

Khi $M_{\text{ổn}} = M_{\text{lật}}$ thì vật ở trạng thái cân bằng giới hạn. Muốn cho vật cân bằng ổn định thì $M_{\text{ổn}} > M_{\text{lật}}$ hay:

$$k = \frac{M_{\text{ổn}}}{M_{\text{lật}}} > 1 \quad (k \text{ là hệ số ổn định về lật})$$

Điều kiện:

Để một vật tựa trên mặt phẳng ngang cân bằng thì hệ số ổn định $k > 1$. Thông thường chọn $k = 1,5 - 2$.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trọng tâm là gì ? Trình bày các phương pháp xác định trọng tâm của hình phẳng ?
2. Trình bày các trạng thái cân bằng của vật ?
3. Nêu điều kiện cân bằng ổn định của vật rắn tựa trên mặt phẳng ngang? Ý nghĩa của hệ số ổn định k ?

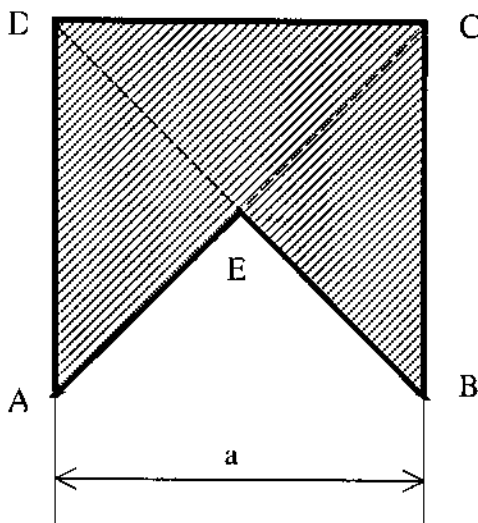
BÀI TẬP

1. Tìm toạ độ trọng tâm của hình phẳng đồng chất có kích thước trên (hình 4.12)

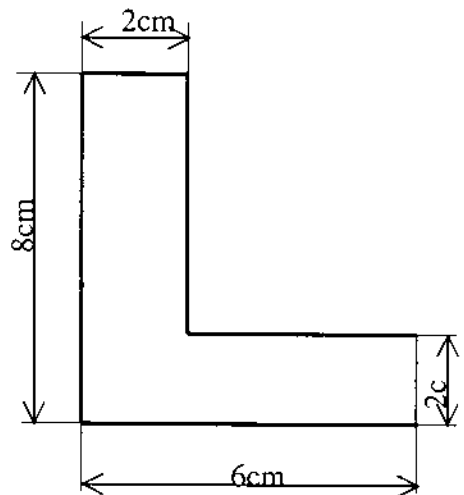
ĐS: $x_C = 2\text{cm}$; $y_C = 3\text{cm}$.

2. Cho tấm phẳng đồng chất hình vuông ABCD cạnh a . E là giao điểm của 2 đường chéo ($AE = EB$) khoét bỏ tam giác vuông AEB. Tính x_C và y_C . Hình 4.13

ĐS: $x_C = a/2$; $y_C = 0,61a$



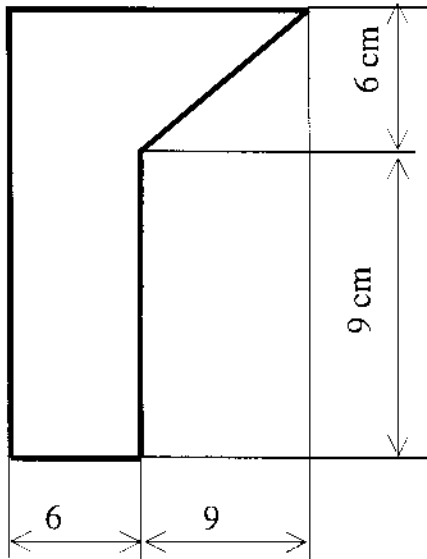
Hình 4.13



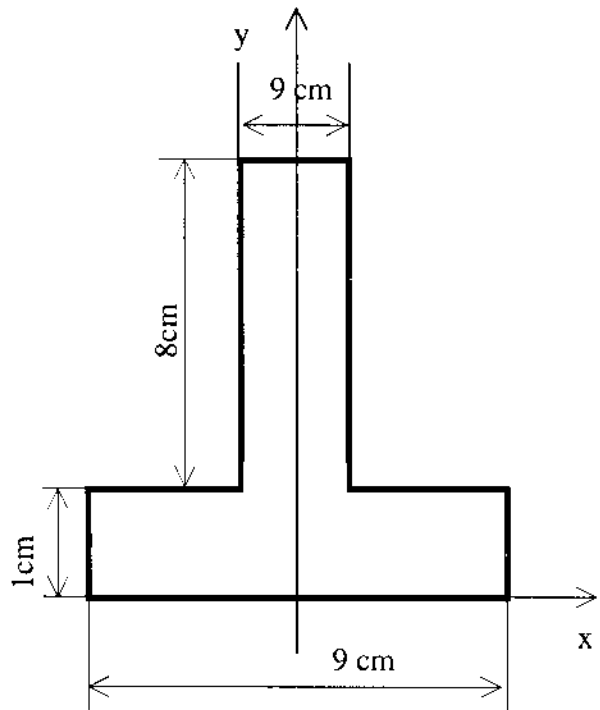
Hình 4.12

3. Tìm tọa độ trọng tâm của hình phẳng đồng chất có kích thước trên hình 4.14.

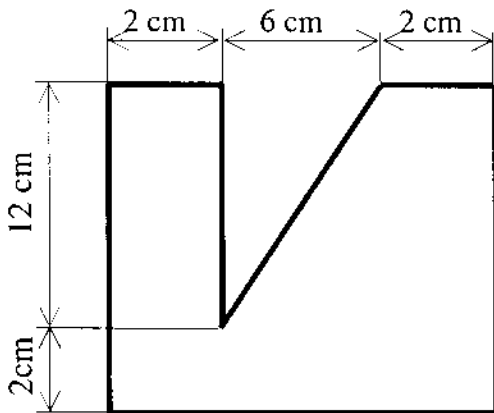
ĐS: $C(0; 2,62\text{cm})$.



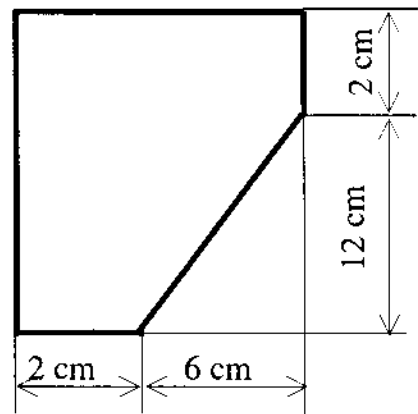
Hình 4.15



Hình 4.14

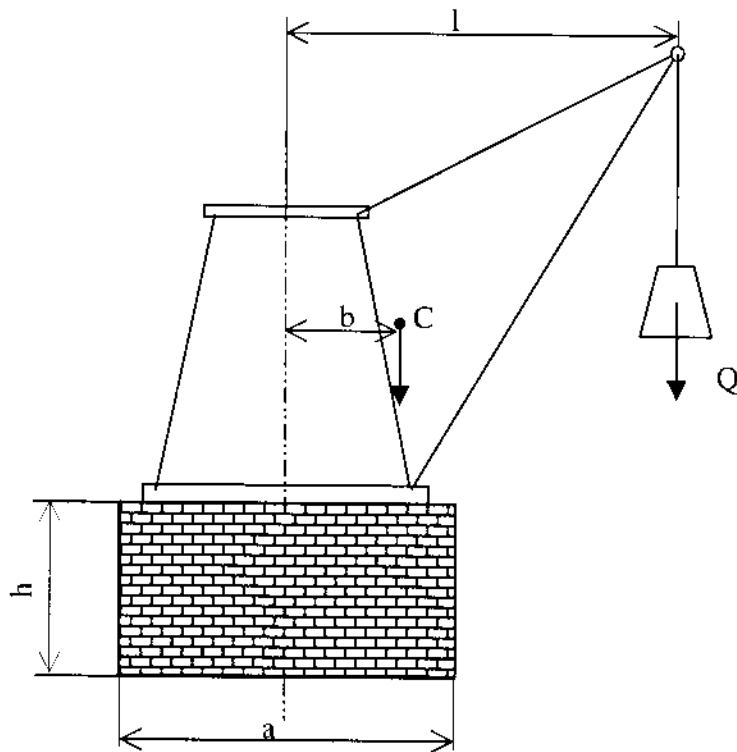


Hình 4.16



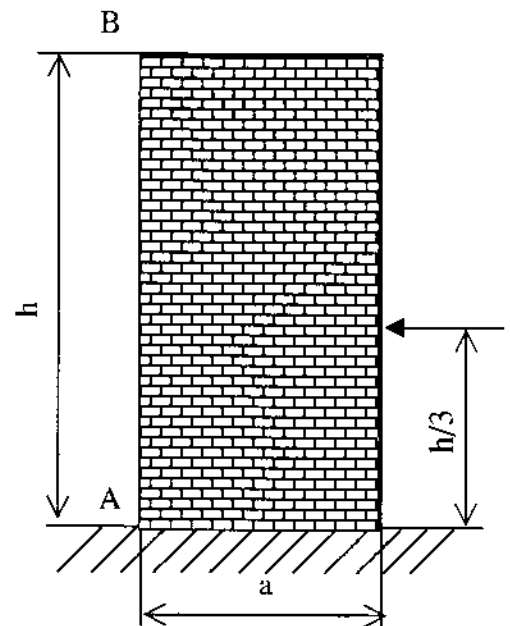
Hình 4.17

4. Cần trục được gắn chặt với móng bằng đá. Trọng lượng cần trục $R = 40 \text{ kN}$ và đặt ở C cách trục đứng một đoạn $b = 0,75\text{m}$. Cần trục nâng tải trọng $Q = 25 \text{ kN}$ đặt cách trục một đoạn $l = 4\text{m}$, móng đá có diện tích đáy là hình vuông cạnh $a = 2\text{m}$, trọng lượng riêng đáy móng $\alpha = 20 \text{ kN/m}^3$. Xác định chiều cao h của móng để hệ số ổn định $k = 2$.



Hình 4.18

5. Tính bề dày cần thiết của tường chắn đất AB xây bằng gạch. Giả thiết áp lực $\bar{Q}$ của đất lên tường chắn tính theo một mét chiều dài tường có trị số là 60 kN và đặt ở $1/3$ chiều cao tính từ dưới lên. Trọng lượng riêng của gạch là $\alpha = 20 \text{ kN/m}^2$. Hệ số ổn định $k = 1,5$.



Hình 4.19

Chương 5

MA SÁT

5.1. MA SÁT TRƯỢT

5.1.1. Định nghĩa

Ma sát trượt là lực cản trở xuất hiện khi một vật trượt hoặc có khuynh hướng trượt trên bề mặt một vật khác, kí hiệu là F_{ms} .

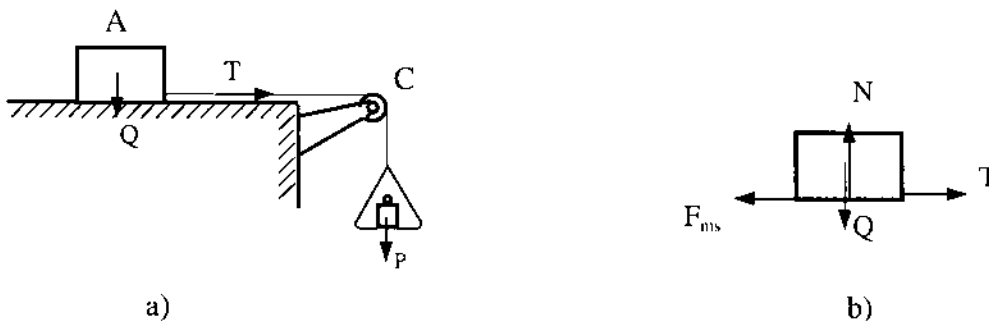
Nguyên nhân sinh ra ma sát trượt là do mặt tiếp xúc giữa các vật không tuyệt đối nhẵn.

5.1.2. Các định luật về ma sát trượt

a) Thí nghiệm Culông

Trên mặt bàn nằm ngang không nhẵn đặt vật A có trọng lực Q, vật được liên kết với dây mền và luồn qua ròng rọc C, đầu kia của dây treo đĩa cân (hình 5.1a).

Khi chưa đặt quả cân vật A cân bằng dưới tác dụng của hai lực ($\vec{Q}, \vec{N}$). Cho đĩa cân có trọng lực P nhỏ vào đĩa thấy vật vẫn cân bằng, điều này chứng tỏ giữa vật Q và mặt bàn có lực ma sát.



Hình 5.1

Ta nhận thấy vật chịu tác dụng của hệ $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{Q}) \sim \vec{T}$ là hệ không cân bằng suy ra ở mặt tiếp xúc giữa vật và mặt bàn phải tồn tại phản lực tiếp tuyến F_{ms} sao cho hệ $(\vec{P}, \vec{T}, \vec{Q}, \vec{F}_{ms}) \sim 0$ (hình 5.1b).

Vì N trực đối với Q nên suy $F_{ms} = T = P$ (đĩa cân).

Tiếp tục tăng trọng lượng vào đĩa cân, đến một giới hạn nào đó thì vật Q bắt đầu trượt, chứng tỏ lực ma sát có giới hạn lớn nhất, gọi giới hạn lớn nhất là F_{max} , nếu ta thay đổi trọng lượng Q của vật thì giới hạn F_{max} cũng thay đổi, chứng tỏ F_{max} phụ thuộc vào Q hay N.

Trong quá trình vật trượt ta bỏ bớt quả cân ở đĩa cân thấy vật vẫn tiếp tục trượt, điều này chứng tỏ khi vật trượt lực ma sát giảm.

b) Các định luật về ma sát trượt

- Lực ma sát trượt tiếp tuyến với mặt tiếp xúc, ngược chiều với chiều khuynh hướng chuyển động và có trị số nằm trong một giới hạn từ 0 đến $F_{\max}$.

- Lực ma sát trượt lớn nhất tỷ lệ với phản lực pháp tuyến : $F_{\max} = f.N$ (trong đó f gọi là hệ số ma sát trượt, giá trị của f phụ thuộc vào vật liệu và tình trạng bề mặt).

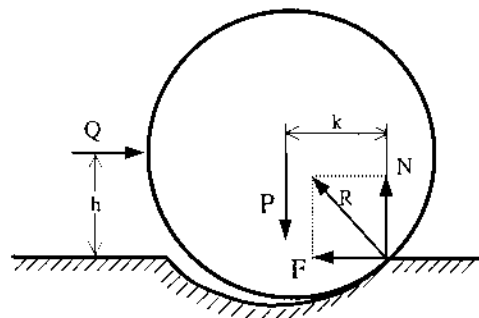
- Lực ma sát tĩnh lớn hơn lực ma sát động.

5.2. MA SÁT LĂN

5.2.1. Định nghĩa

Ma sát lăn là sự cản trở xuất hiện khi một vật lăn hoặc có khuynh hướng lăn tương đối trên bề mặt một vật khác.

Nguyên nhân sinh ra ma sát lăn là do mặt tiếp xúc giữa các vật không tuyệt đối cứng, làm sinh các mô trên bề mặt xuất hiện mômen cản trở sự lăn.



Hình 5.2

5.2.2. Định luật về ma sát lăn

a) Thí nghiệm

Xét con lăn trọng lực $\vec{P}$ đặt trên mặt ngang không tuyệt đối cứng (hình 5.2). Tác dụng lực Q cách mặt ngang một khoảng h , Khi lực Q còn ở một giới hạn nhất định con lăn ở trạng thái cân bằng và chịu tác dụng của hệ lực gồm $(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{R}) \sim (\vec{P}, \vec{Q}, \vec{N}, \vec{F})$. Theo điều kiện cân bằng ta có:

$$\sum F_x = Q - F = 0$$

$$\sum F_y = N - P = 0$$

Từ hai phương trình trên ta suy ra: $Q = F$ và $N = P$ và như vậy hệ $(\vec{P}, \vec{Q}, \vec{N}, \vec{F})$ hình thành 2 ngẫu lực:

- + Ngẫu lực $(\vec{F}, \vec{Q})$ có mômen Q.h có khuynh hướng làm con lăn chuyển động.
- + Ngẫu lực $(\vec{P}, \vec{N})$ có mômen N.d cản trở sự lăn của vật gọi là ngẫu lực ma sát lăn.

b) Định luật

- Ngẫu lực ma sát lăn có giới hạn từ 0 - $m_{\max}$.

$$0 < m_{ms} < m_{\max}$$

- Trị số ma sát lăn lớn nhất tỷ lệ với phản lực pháp tuyến.

$$m_{\max} = k.N \quad (k \text{ gọi là hệ số ma sát lăn đo bằng đơn vị độ dài } m)$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Ma sát trượt là gì ? Trình bày thí nghiệm Culông ?
2. Phát biểu các định luật về ma sát trượt ?
2. Ma sát lăn là gì ? Trình bày thí nghiệm chứng tỏ sự tồn tại của ma sát lăn ?
3. Phát biểu các định luật về ma sát lăn ?

ĐỘNG HỌC

Chương 6

CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

6.1. KHÁI NIỆM

6.1.1. Định nghĩa

Chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định là chuyển động mà trong đó có hai điểm của vật là cố định.

Đường thẳng đi qua hai điểm cố định gọi là trục quay, những điểm không nằm trên trục quay vạch nên những đường tròn vuông góc với trục quay và có tâm nằm trên trục quay.

Các chuyển động quay thường gặp trong thực tế như: chuyển động của trục máy, vô lăng, bánh răng, puli . . .

6.1.2. Góc quay

Giả sử vật rắn cho trên hình 6.1 quay quanh trục cố định z . Xác định mặt phẳng P cố định và mặt Q di động theo vật. Lúc đầu để cho Q trùng với P , khi vật quay tới một thời điểm t nào đó, Q hợp với P một góc φ gọi là góc quay.

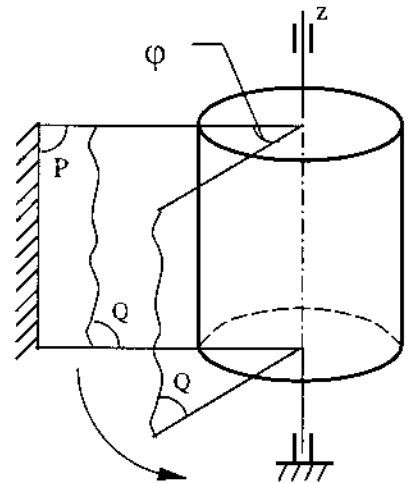
Trị số của φ phụ thuộc vào thời gian quay, hay nói cách khác φ là hàm số của t .

$$\varphi = f(t) \quad (6-1)$$

Phương trình (6.1) hoàn toàn xác định vị trí của vật theo thời gian t được gọi là phương trình cơ bản của chuyển động quay.

Đơn vị của góc quay φ là rad (radian). Radian là góc phẳng ở tâm chắn một cung có chiều dài bằng bán kính vòng tròn.

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ 17' 44,8''$$



Hình 6.1

Trong kỹ thuật góc quay thường được tính theo số vòng quay n , quan hệ giữa n và φ được tính như sau:

Khi vật quay được 1 vòng thì góc quay là 2π (rad), khi vật quay được n vòng thì góc quay φ (rad) tương ứng là:

$$\varphi = 2\pi n \text{ (rad)} \quad (6-2)$$

6.1.3. Vận tốc góc

Vận tốc góc là đại lượng biểu thị cho tốc độ và chiều quay của vật, kí hiệu là ω .

Biểu diễn vận tốc góc bằng vectơ, vectơ vận tốc góc $\vec{\omega}$ xác định như sau:

- Phương là phương trục quay, nhìn theo chiều của ω thấy vật quay ngược chiều kim đồng hồ.

- Độ dài biểu thị tốc độ quay tính bằng rad/s (hình 6.2).

Giả sử trong thời gian t vật quay được một góc φ , tại thời điểm $t + \Delta t$ vật quay được góc $\varphi + \Delta\varphi$. Như vậy trong thời gian Δt vật quay được góc $\Delta\varphi$.

Tỉ số: $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ được gọi là vận tốc góc trung bình, kí hiệu là ω_{tb} .

$$\omega_{tb} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

Khi thời điểm $t + \Delta t$ rất gần nhau, tức $\Delta t \approx 0$, vận tốc góc trung bình tiến tới vận tốc góc tức thời ω .

đơn vị góc

Đơn vị: $\omega = \frac{\text{đơn vị góc}}{\text{đơn vị thời gian}} = \text{rad/s}$.

đơn vị thời gian

Trong kỹ thuật, vận tốc góc còn được tính theo số vòng quay trong một phút, ký hiệu là n (vg/ph).

Như ta đã biết, cứ một vòng quay ứng với một góc 2π rad. Vậy với n vòng tương ứng với góc quay $2\pi n$ rad, một phút bằng 60s, vậy ta có:

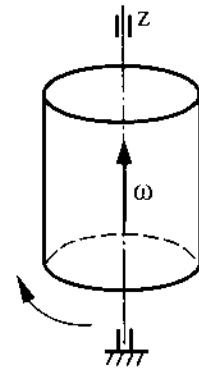
$$n(\text{vg/ph}) = \frac{2\pi n}{60s} = \frac{\pi n}{30} (\text{rad/s}) \quad (6-3)$$

Công thức (6-3) biểu thị quan hệ giữa hai đơn vị vận tốc góc.

6.1.4. Gia tốc góc

Đại lượng đặc trưng cho độ biến thiên của vận tốc góc trong chuyển động quay gọi là gia tốc góc, kí hiệu là ϵ .

Giả sử trong thời gian Δt vận tốc góc biến thiên một lượng là $\Delta\omega$.



Hình 6.2

+ Tỷ số $\Delta\omega/\Delta t = \varepsilon_{tb}$ (gia tốc góc trung bình trong thời gian Δt)

+ Khi $\Delta t \rightarrow 0$ thì gia tốc góc trung bình ε_{tb} sẽ tiến tới gia tốc góc tức thời tại thời ε .

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad (6-4)$$

Đơn vị:

$$\text{đơn vị của } \varepsilon = \frac{\text{đơn vị vận tốc góc}}{\text{đơn vị thời gian}} = \frac{\text{rad/s}}{\text{s}} = \text{rad/s}^2$$

6.2 CÁC CHUYỂN ĐỘNG QUAY CƠ BẢN

6.2.1 Chuyển động quay đều

Là chuyển động mà trong những khoảng thời gian bằng nhau vật quay được những góc quay bằng nhau, ($\omega = \text{hằng số}$).

Phương trình chuyển động:

$$\varphi = \omega \cdot t \quad \text{hay} \quad \omega = \varphi/t \quad (6-5)$$

6.2.2 Chuyển động quay biến đổi đều

Là chuyển động mà trong những khoảng thời gian bằng nhau vận tốc góc ω biến thiên những lượng bằng nhau, nói cách khác, chuyển động quay biến đổi đều là chuyển động quay có gia tốc góc không đổi ($\varepsilon = \text{hằng số}$).

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

Khi vật chuyển động nhanh dần $\omega > \omega_0$ suy ra $\omega - \omega_0 > 0 \Rightarrow \varepsilon > 0$

Khi vật chuyển động chậm dần $\omega < \omega_0$ suy ra $\omega - \omega_0 < 0 \Rightarrow \varepsilon < 0$

Như vậy trong chuyển động quay nhanh dần gia tốc góc có trị số dương, và trong chuyển động quay chậm dần gia tốc góc có trị số âm.

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} \varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \\ \omega = \omega_0 + \varepsilon t \end{cases} \quad (6-6)$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định ? cho ví dụ ?
2. Trình bày khái niệm góc quay, vận tốc góc, gia tốc góc ?
3. Viết phương trình chuyển động quay đều, chuyển động quay biến đổi đều ?

BÀI TẬP

1. Một trục máy trong giai đoạn mở máy chuyển động nhanh dần đều sau 5 phút đạt vận tốc $n = 120$ vòng /phút. Tính gia tốc góc của trục và số vòng trục quay được trong thời gian đó.

ĐS: $\varepsilon = \frac{\pi}{75} \text{ rad/s}^2$; $N = 300$ vòng.

2. Một tàu thủy tắt máy khi chân vịt của tàu có vận tốc góc $\omega = 20\pi$ (rad/s). Sau 20 giây thì chân vịt ngừng hẳn. Tìm gia tốc góc của chân vịt và số vòng chân vịt đã quay được sau khi tắt máy (giả sử trong quá trình đó chân vịt quay chậm dần đều).

ĐS: $\varepsilon = \pi(\text{rad/s}^2)$; $N = 100$ vòng.

3. Một trục máy từ trạng thái nghỉ bắt đầu quay nhanh dần đều, sau 5 giây quay được 12,5 vòng. Tìm vận tốc góc của trục máy sau 5 giây đó.

ĐS: $\omega = 10\pi$ (rad/s) hay $n = 300$ vòng/phút.

4. Một quạt gió quay với vận tốc $n = 960$ v/p. Tính đường kính cánh quạt, biết vận tốc của điểm ngoài cùng của cánh quạt là 20m/s.

ĐS: $d = 0,4\text{m}$

5. Điểm A nằm trên vành pu li chuyển động với vận tốc 50 m/s. Điểm B nằm trên bán kính OA với khoảng cách $AB = 20\text{cm}$ chuyển động với vận tốc 10 m/s. Xác định vận tốc góc và đường kính của pu li.

ĐS: $\omega = 2$ (rad/s); $d = 50\text{cm}$.

6. Tại thời điểm khảo sát, vô lăng có vận tốc góc $\omega = 2\pi$ (rad/s) và gia tốc góc $\varepsilon = 3$ (rad/s²). Tính vận tốc, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của 1 điểm M thuộc vô lăng cách trục quay 0,8m.

ĐS: $v = 5\text{m/s}$; $a_t = 31,5\text{m/s}^2$; $a_c = 2,4\text{m/s}^2$; $a = 31,6\text{m/s}^2$.

ĐỘNG LỰC HỌC

Chương 7

CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG

7.1. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA ĐỘNG LỰC HỌC

7.1.1. Định luật Niuton I (định luật quán tính)

Nếu không có lực nào tác dụng vào chất điểm thì chất điểm hoặc đứng yên, hoặc chuyển động thẳng đều.

Gọi $\vec{F}$ là lực tác dụng, v là vận tốc của điểm. Định luật được biểu diễn như sau:

$$F = 0 \text{ thì } v = \text{hằng số}$$

Tức gia tốc của điểm $a = 0$

7.1.2. Định luật Niuton II

a) Khối lượng

Từ định luật Niuton I suy ra: vận tốc của chất điểm thay đổi (có gia tốc) khi có lực tác dụng vào chất điểm.

Thực nghiệm cho thấy rằng: khi một chất điểm chịu tác dụng lần lượt của nhiều lực khác nhau thì tỷ số giữa lực tác dụng và gia tốc tương ứng là một hằng số:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \dots = \frac{F_n}{a_n} = \text{hằng số}$$

Hằng số này gọi là khối lượng của chất điểm. Ký hiệu là m . Đơn vị khối lượng là kg.

Ước số : gam (g) $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$

Bội số : Tạ $1 \text{ tạ} = 100 \text{ kg}$

Tấn $1 \text{ tấn} = 1000 \text{ kg}$

b) Định luật

Gia tốc của chất điểm tỉ lệ thuận với lực tác dụng vào nó và tỉ lệ nghịch với khối lượng của nó.

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{hay} \quad F = ma \quad (7-1)$$

Phương trình (7-1) thiết lập mối quan hệ giữa lực và chuyển động, được gọi là phương trình cơ bản của động lực học.

Từ biểu thức (7-1) ta thấy: với cùng một lực tác dụng, nếu chất điểm có khối lượng càng lớn thì gia tốc càng nhỏ, vận tốc biến thiên ít, chuyển động càng gần với chuyển động quán tính.

Như vậy khối lượng của chất điểm biểu thị cho số đo quán tính của chất điểm đó.

7.1.3. Định luật Niuton III (định luật tương tác)

Lực tác dụng tương hỗ giữa hai chất điểm là hai lực trực đối.

7.2. CÔNG

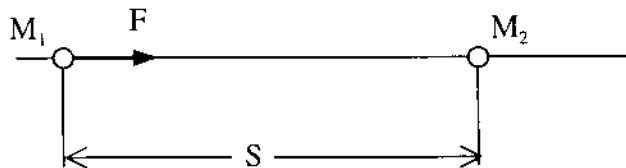
7.2.1. Công của lực trong chuyển động thẳng

Khi lực tác dụng lên một vật rắn làm cho vật rắn di chuyển được một đoạn đường nào đó, ta nói lực đó đã sản ra một công.

Định nghĩa:

Công là đại lượng có giá trị bằng tích số giữa lực tác dụng với quãng đường đi được theo phương của lực, kí hiệu là A.

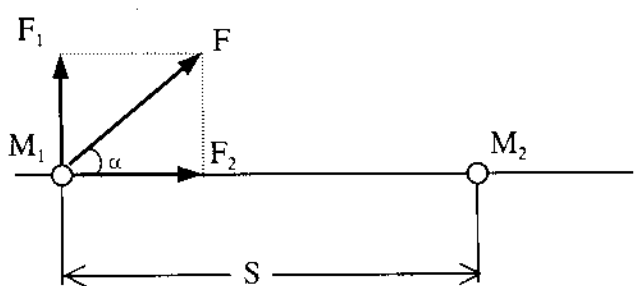
$$A = F \cdot S \quad (7-2)$$



Hình 7.1

Trong trường hợp phương của lực hợp với phương chuyển động một góc α (hình 7.2). Ta phân tích lực $\vec{F}$ ra hai thành phần:

Lực $\vec{F}_1$ vuông góc với phương chuyển động và $\vec{F}_2$ nằm trên phương chuyển động. Vì $\vec{F}_1$ không gây ra chuyển động theo phương chuyển động nên công của $\vec{F}_1$ bằng 0. Khi đó công A của lực $\vec{F}$ bằng công của lực $\vec{F}_2$:



Hình 7.2

$$A = F_2 \cdot S$$

mà $F_2 = F \cdot \cos\alpha$

suy ra $A = F \cdot S \cdot \cos\alpha$

Nếu: $0 < \alpha < 90^\circ$, $\cos\alpha > 0$ thì công $A > 0$. Ta nói lực gây ra một công động.

Nếu: $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$, $\cos\alpha < 0$ thì công $A < 0$. Ta nói lực gây ra một công cản.

Đơn vị công = (đơn vị lực) x (đơn vị độ dài).

Với $F = 1\text{N}$, $S = 1\text{ m}$ thì $A = 1\text{N} \times 1\text{ m} = 1\text{Nm}$

Đơn vị 1Nm được gọi là Jun, kí hiệu là (J): $1\text{J} = 1\text{Nm}$

Jun là công được tạo nên khi một lực 1 Niuton dời điểm đặt 1 mét theo phương của lực.

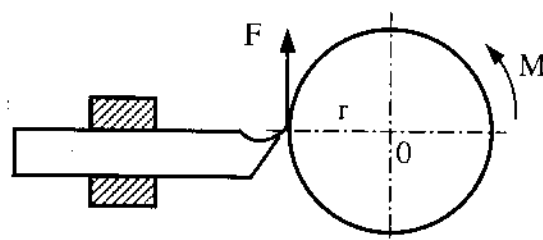
7.2.2. Công của lực trong chuyển động quay

Trong kỹ thuật thường phải tính công của chuyển động quay, ví dụ công của lực cắt gọt dao tiện tác dụng lên chi tiết gia công (hình 7.3).

$$A = F \cdot S = F \cdot r \cdot \varphi$$

Ở đây tích $F \cdot r$ là mômen quay của lực $\vec{F}$ đối với trục quay, ký hiệu là M . Ta có:

$$A = M \cdot \varphi \quad (7-3)$$



Hình 7.3

7.2.3. Công của ngẫu lực

Xét công của ngẫu lực ($\vec{F}_A, \vec{F}_B$) đặt vào vô lăng đường kính AB (hình 7.4) khi điều khiển máy.

Ta có:

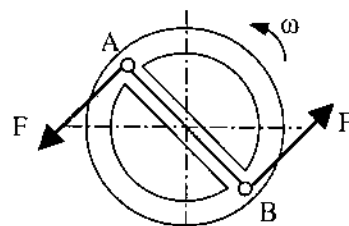
+ Công của lực $\vec{F}_A$ là $A_1 = F_A \cdot OA \cdot \varphi = F \cdot OA \cdot \varphi$

+ Công của lực $\vec{F}_B$ là $A_2 = F_B \cdot OB \cdot \varphi = F \cdot OB \cdot \varphi$

+ Công của ngẫu lực ($\vec{F}_A, \vec{F}_B$) sẽ là:

$$A = A_1 + A_2 = F \cdot OA \cdot \varphi + F \cdot OB \cdot \varphi$$

$$= F \cdot (OA + OB) \cdot \varphi = F \cdot AB \cdot \varphi$$



Hình 7.4

Ở đây tích $F \cdot AB$ chính là mômen của ngẫu lực $(\vec{F}, \vec{F})$, kí hiệu là M , ta có:

$$A = M \cdot \varphi \quad (7-4)$$

Công của ngẫu lực bằng tích số giữa mômen của chính ngẫu lực với góc quay của vật.

7.3. CÔNG SUẤT VÀ HIỆU SUẤT

7.3.1. Công suất

Trong kỹ thuật để đánh giá khả năng làm việc của máy móc, cần tính công thực hiện trong một đơn vị thời gian, đại lượng đó được gọi là công suất. Kí hiệu là P .

$$P = \frac{A}{t} \quad (7-5)$$

Công suất đo bằng số công thực hiện chia cho khoảng thời gian tương ứng.

Đơn vị công suất = đơn vị công / đơn vị thời gian.

$$\text{Với } A = 1J, t = 1s \text{ thì } P = \frac{1J}{1s} = J/s$$

Đơn vị J/s được gọi là Oát, kí hiệu W ; $1W = 1J/s$

"Oát là công suất của một máy sản ra công 1 Jun trong thời gian 1 giây".

Bội số của oát là:

$$\text{Kilôoát (kW)} : 1kW = 10^3 W$$

$$\text{Mégaoát (MW)} : 1MW = 10^6 W$$

Thay $A = M \cdot \varphi$ vào biểu thức (7-5), ta có công suất trong chuyển động quay là:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{M \cdot \varphi}{t}$$

$$\text{trong đó} \quad \frac{\varphi}{t} = \omega$$

$$\text{hay :} \quad P = M \cdot \omega \quad (7-6)$$

Công suất của vật quay bằng tích số giữa mômen quay với vận tốc góc.

7.3.2. Hiệu suất

Trong cơ học lực tác dụng được chia làm hai loại:

a) *Lực động*: Luôn hướng theo chiều chuyển động, có công $A_d > 0$.

b) *Lực cản*: Hướng ngược chiều chuyển động, có công $A_c < 0$.

Lực cản bao gồm:

- Lực cản có ích: Như đối với cần trục lực cản có ích là trọng lực của vật được nâng

lên, trong máy cắt gọt kim loại lực cản có ích là lực cắt gọt. Công của lực cản có ích gọi là công cản có ích, kí hiệu là A_{ci} .

- Lực cản vô ích: Là lực cản do ma sát hoặc sự cản trở của môi trường bên ngoài.

Như vậy công của máy chủ yếu được sử dụng để thắng lực cản có ích, phần còn lại để thắng lực cản vô ích. Chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng của máy móc là tỉ số giữa công lực cản có ích và công lực động. Tỉ số đó được gọi là hiệu suất, kí hiệu là η (đọc là ê ta), ta có:

$$\eta = \frac{A_{ci}}{A_d} = \frac{P_{ci}}{P_d} \quad (7-7)$$

Phần công mất đi của máy để thắng lực cản vô ích là không thể tránh khỏi, cho nên A_{ci} luôn luôn nhỏ hơn đơn vị (1), và thường được biểu thị ở dạng phần trăm như: $0,78 = 78\%$; $0,95 = 95\%$. Máy có hiệu suất càng gần đơn vị thì chất lượng càng cao.

7.4. ĐỘNG NĂNG, THẾ NĂNG VÀ ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG

7.4.1. Động năng

a) Định nghĩa

Giả sử chất điểm M có khối lượng m chuyển động với vận tốc v. Đại lượng $\frac{m.v^2}{2}$ biểu thị cho năng lượng của chất điểm trong chuyển động được gọi là động năng của chất điểm. Ký hiệu là E_c .

$$E_c = \frac{m.v^2}{2} \quad (7-8)$$

Định nghĩa:

Động năng của chất điểm bằng nửa tích số giữa khối lượng với bình phương vận tốc của nó.

Đơn vị : nếu $m = \text{kg}$, $v = \text{m/s}$ ta có:

$$E_c = 1\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 1 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} . \text{m} = 1 \text{ Nm} = 1\text{J}$$

Vậy đơn vị động năng là Jun.

b) Định lý biến thiên động năng

Định lý:

Biến thiên động năng của chất điểm trên một đoạn đường nào đó bằng công của lực tác dụng lên chất điểm cũng trên đoạn đường đó.

$$A = \frac{m.v^2}{2} - \frac{m.v_0^2}{2} \quad (7-9)$$

Chứng minh:

Thật vậy: chất điểm M chuyển động thẳng nhanh dần đều từ vị trí M_1 đến M_2 dưới tác dụng của lực không đổi $\vec{F}$, ta có:

$$F = ma$$

trong đó :
$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow F = m \frac{v - v_0}{t}$$

Theo công thức (7-2):
$$A = F.s = m \frac{v - v_0}{t} s$$

mặt khác:
$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} = v_0 t + \frac{v - v_0}{t} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{v + v_0}{2} \cdot t$$

nên:
$$A = m \cdot \frac{v - v_0}{t} \cdot \frac{v + v_0}{2} \cdot t = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Suy ra
$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \quad (\text{định lý đã được chứng minh}).$$

7.4.2. Thế năng

a) Định nghĩa

Dạng năng lượng xác định bởi vị trí tương đối của một vật so với một vật khác (hoặc giữa các phần của cùng một vật) gọi là thế năng. Ký hiệu là E_p .

Ví dụ:

- Một vật có khối lượng m ở độ cao h so với mặt đất tích lũy một thế năng

$$E_p = m.g.h$$

- Lò xo súng hơi khi nén lại tích lũy thế năng, bật cò súng năng lượng đó chuyển thành động năng làm cho pitông chuyển động gây áp lực đẩy viên đạn chuyển động.

b) Định lý biến thiên thế năng

Công của một chất điểm sinh ra trên một đoạn đường nào đó trong quá trình chuyển động bằng thế năng điểm đầu trừ đi thế năng điểm cuối.

$$A = mgh_1 - mgh_2 = \frac{m.v_2^2}{2} - \frac{m.v_1^2}{2} \quad (7-10)$$

Chứng minh:

Thật vậy, xét chất điểm có khối lượng m rơi tự do ở độ cao h (hình 7.5), sẽ sinh một công $A = P.h = mgh$. Ta nói chất điểm có thế năng $E_p = mgh$.

Khi rơi tới vị trí M_1 , chất điểm có vận tốc v_1 và có động năng $\frac{mv_1^2}{2}$. Rơi tới vị trí M_2 , chất điểm có vận tốc v_2 và có động năng $\frac{mv_2^2}{2}$.

Áp dụng định lý động năng trên quãng đường M_1M_2 ta có:

$$A = P \cdot (h_1 - h_2) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\text{Suy ra: } A = mg \cdot (h_1 - h_2) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$= mgh_1 - mgh_2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A = E_{p1} - E_{p2}$$

Định lý đã được chứng minh.

7.4.3. Định luật bảo toàn cơ năng

Công thức (7-9) có thể viết dưới dạng:

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}$$

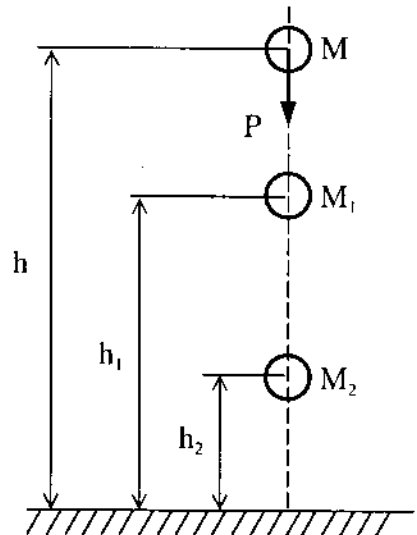
$$\text{hay: } E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2} \quad (7-11)$$

Đẳng thức này chỉ ra: tổng động năng và thế năng ở các vị trí bất kỳ là bằng nhau.

Ta có định luật bảo toàn cơ năng:

Trong chuyển động của chất điểm chịu tác dụng bởi trọng lực, tổng động năng và thế năng (hay cơ năng toàn phần) của chất điểm tại vị trí bất kỳ là không đổi.

$$E = E_p + E_c = mgh + \frac{mv^2}{2}$$



Hình 7.5

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khối lượng của vật rắn là gì? Khối lượng khác trọng lực ở điểm nào?
2. Phát biểu các định luật của Niuton về động lực học?
3. Công là gì? Cho biết cách xác định công của lực trong chuyển động thẳng, chuyển động quay?

4. Động năng là gì ? Phát biểu và viết biểu thức định lý biến thiên động năng ?
5. Thế năng là gì ? Phát biểu và viết biểu thức định lý thế năng, định luật bảo toàn cơ năng?

BÀI TẬP

1. Vật có khối lượng $m = 20 \text{ kg}$ chuyển động trên đường thẳng nằm ngang với vận tốc 5 m/s . Tác dụng lên vật một lực cùng phương ngược chiều với chuyển động có trị số 10 N . Hỏi sau thời gian bao lâu vật dừng lại?

ĐS: $t = 10 \text{ s}$.

2. Trên mặt phẳng nghiêng có góc nghiêng là 30° . Vật có khối lượng 1 kg được kéo lên phía trên với vận tốc không đổi. Tính lực kéo, lấy $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ và cho hệ số ma sát là $0,004$.

ĐS: $5,035 \text{ N}$.

3. Công suất có ích của một máy bơm là 3 kW . Người ta dùng bơm để bơm nước từ dưới giếng sâu 10 m lên mặt đất. Tính khối lượng nước bơm được trong 1 giờ lấy $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

ĐS: 108 m^3 .

4. Một chiếc máy nâng làm việc trong 8 giờ đưa được một khối lượng vật liệu 3000 tấn lên cao 9 m . Hỏi công suất của máy biết hiệu suất là 60% lấy $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

ĐS: $P = 16 \text{ kW}$.

5. Trên trục động cơ điện gắn pu li có đai truyền đường kính 200 mm , pu li kéo căng đai bởi các lực $T_1 = 500 \text{ N}$, $T_2 = 200 \text{ N}$. Tần số quay của trục động cơ là 2950 vòng/phút. Xác định công của các lực làm quay pu li một vòng và công suất do động cơ phát ra.

ĐS: $A_{T_1} = 314 \text{ J}$; $A_{T_2} = -125,6 \text{ J}$; $P = 9,26 \text{ kW}$.

6. Một viên đạn có khối lượng 10 g bắn vào một tấm gỗ dày 10 cm với vận tốc 40 m/s . Sau khi đã xuyên qua gỗ, nó còn tiếp tục chuyển động với vận tốc 200 cm/s . Xem chuyển động của đoạn trong gỗ là chậm dần đều. Tính sức cản của gỗ.

ĐS: $F_{\text{cản}} = 789 \text{ N}$.

7. Người ta ném một vật có khối lượng 1 kg theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên với vận tốc 50 m/s . Tính động năng của vật lúc bắt đầu chuyển động và thế năng ở vị trí cao nhất. So sánh hai kết quả, lấy $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

ĐS: $E_c = E_p = 1250 \text{ J}$.

8. Một quả cầu có khối lượng 100 g lăn trên mặt phẳng nằm ngang với vận tốc 50 cm/s . Nếu coi ma sát không đáng kể, quả cầu có thể lăn tới đỉnh một mặt phẳng nghiêng cao $2,5 \text{ cm}$ hay không? Lấy $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

ĐS: Không được vì $E_c = E_p/2 = 0,0125 \text{ J}$.

Chương 8

ĐỘNG LƯỢNG - VA CHẠM

8.1. ĐỘNG LƯỢNG

8.1.1. Xung lượng của lực

Tác dụng lực $\vec{F}$ lên chất điểm có khối lượng M , kết quả là lực làm cho chất điểm biến thiên về phương chiều và tốc độ chuyển động. Ta nói lực $\vec{F}$ gây cho chất điểm một xung lượng, xung lượng của lực phụ thuộc vào trị số của lực và thời gian tác dụng. Kí hiệu là S .

Nếu lực $\vec{F}$ không đổi thì xung lượng của F bằng tích số giữa F và khoảng thời gian tác dụng:

$$S = F.t \quad (8-1)$$

Đơn vị : Niuton giây (Ns)

8.1.2. Động lượng

Khi cho hai chất điểm (hai viên bi) có khối lượng m_1, m_2 chuyển động với vận tốc v_1, v_2 ($v_1 > v_2$) thực hiện cú va chạm (hình 8.1), kết quả quan sát thấy:



Hình 8.1

- Viên bi m_2 chuyển động nhanh lên, viên bi m_1 chuyển động chậm đi.
- Nếu $m_2 < m_1$ thấy m_2 chuyển động nhanh hơn nhiều trong điều kiện m_1, m_2 có cùng vận tốc như thí nghiệm trên.
- Nếu $m_2 > m_1$ nhiều lần, khi va chạm tốc độ của m_2 tăng không đáng kể và m_1 có thể dừng lại hoặc chuyển động ngược trở lại.

Như vậy vận tốc và khối lượng của chất điểm đều ảnh hưởng tới việc truyền động. Tích số $m.v$ đặc trưng cho sự truyền chuyển động của chất điểm gọi là động lượng của chất điểm:

Định nghĩa:

"Động lượng của chất điểm là đại lượng vectơ, có giá trị bằng tích khối lượng của chất điểm với vectơ vận tốc của nó, đơn vị là $kg.m/s$ ".

8.1.3. Định lý biến thiên động lượngĐịnh lý:

"Biến thiên động lượng của chất điểm trong một khoảng thời gian bằng xung lực tác dụng lên chất điểm trong thời gian đó".

Chứng minh :

Giả sử chất điểm có khối lượng m , có vận tốc ban đầu v_0 , chịu tác dụng của lực không đổi $\vec{F}$, chất điểm sẽ chuyển động với gia tốc a . Sau khoảng thời gian t , chất điểm có vận tốc v . Ta cần chứng minh:

$$m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0 = \vec{F} \cdot t \quad (8-2)$$

Thật vậy: từ biểu thức (8-2), ta có:

$$(8-2) \quad \Leftrightarrow m \cdot (v - v_0) = F \cdot t$$

$$\Leftrightarrow m \cdot \frac{v - v_0}{t} = F$$

$$\Leftrightarrow m \cdot a = F \quad (8-3)$$

Biểu thức (8-3) là phương trình hiển nhiên đúng, định lý đã được chứng minh.

Chú ý:

Nếu chất điểm chịu tác dụng của nhiều lực thì thay vai trò của lực $\vec{F}$ bằng hợp lực $\vec{R}$.

8.1.4. Định luật bảo toàn động lượng

Giả sử tại thời điểm t_1 chất điểm có khối lượng m_1 , vận tốc v_1 va chạm với chất điểm m_2 , vận tốc v_2 . Với giả thiết $v_2 > v_1$ và cùng phương chiều.

Khi va chạm chất điểm m_2 tác dụng lên chất điểm m_1 lực $\vec{F}$, và chất điểm m_1 cũng tác dụng lên chất điểm m_2 lực $\vec{F}'$ trực đối với $\vec{F}$, như vậy ($F = -F'$).

Tại thời điểm t_2 sau va chạm hai chất điểm có vận tốc $\vec{v}_1'$ và $\vec{v}_2'$. Áp dụng định lý động lượng cho mỗi chất điểm trong thời gian $t = t_2 - t_1$ ta có :

$$m_1 \cdot v_1' - m_1 \cdot v_1 = F \cdot t$$

$$m_2 \cdot v_2' - m_2 \cdot v_2 = F' \cdot t$$

Cộng hai phương trình trên ta được:

$$m_1 \cdot v_1' - m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2' - m_2 \cdot v_2 = F \cdot t + (-F) \cdot t = 0$$

$$\Leftrightarrow m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad (8-4)$$

Định luật:

Tổng động lượng các chất điểm tác dụng tương hỗ không thay đổi.

8.2. VA CHẠM

8.2.1. Hiện tượng va chạm

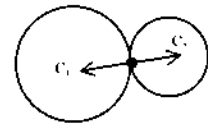
Là hiện tượng khi hai vật chuyển động (hoặc một chuyển động một đứng yên) tiếp xúc đột ngột với nhau. Quá trình va chạm xảy ra trong một khoảng thời gian rất ngắn có tính tức thời ($10^{-3}s$), nên vận tốc của các vật biến thiên rất lớn, và lực tương tác giữa các vật rất lớn - gọi là lực va chạm. Do vậy khi khảo sát hiện tượng va chạm ta có thể bỏ qua các lực khác như trọng lực, lực ma sát...

Nhìn chung các vật tham gia vào quá trình va chạm đều bị biến dạng, trong các điều kiện như nhau, sự biến dạng của các vật bị va chạm thường khác nhau tùy thuộc vào tính chất vật lý của chúng. Va chạm được chia làm 2 loại:

- Va chạm không đàn hồi : sau va chạm hai vật dính lại thành một .
- Va chạm đàn hồi hoàn toàn: sau va chạm hình dạng các vật được phục hồi, không có biến dạng dư.

8.2.2. Va chạm thẳng xuyên tâm

Va chạm xảy ra dưới nhiều hình thức, trong chương trình ta chỉ xét va chạm thẳng xuyên tâm, đó là hình thức mà phương của lực tác dụng tương hỗ đi qua trọng tâm của hai vật (hình 8.2).



Hình 8.2

Thí nghiệm:

Giả sử có quả cầu A khối lượng m rơi theo phương thẳng đứng tới va chạm vào mặt phẳng cố định B (hình 8.3), cả hai cùng một loại vật liệu.

Gọi $\vec{v}$ là vận tốc của quả cầu trước thời điểm va chạm và $\vec{u}$ là vận tốc quả cầu sau khi va chạm nảy lên. Quả cầu được thả từ độ cao h_1 sau va chạm nảy lên tới độ cao h_2 .

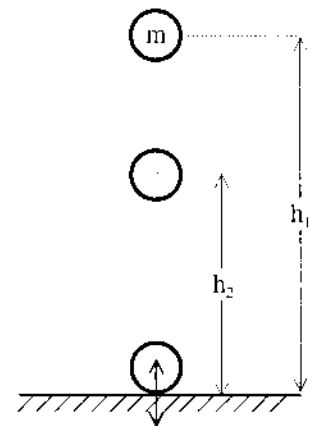
Thí nghiệm chứng tỏ:

-Với những vật nhất định, trị số u luôn nhỏ hơn v , tỉ số $\frac{u}{v} < 1$, đặt $\frac{u}{v} = k$; k gọi là hệ số hồi phục của vật va chạm, trị số k phụ thuộc vào tính đàn hồi của vật liệu, được xác định bằng thực nghiệm.

Áp dụng công thức: $v = \sqrt{2gh_1}$; $u = \sqrt{2gh_2}$ ta có :

$$k = \frac{\sqrt{2gh_1}}{\sqrt{2gh_2}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (8-5)$$

Xác định độ cao h_1, h_2 ta xác định được hệ số hồi phục k .



Hình 8.3

Ví dụ:

Thép tôi $k = 0,78$; thép thường $k = 0,55$; gỗ $k = 0,5$.

- Hiện tượng va chạm diễn ra hai giai đoạn:

+ Giai đoạn 1: Trong thời gian t_1 , vật tham gia va chạm bị biến dạng co lại cho đến khi vận tốc bằng 0.

+ Giai đoạn 2: Trong khoảng thời gian t_2 , do đàn hồi quả cầu lấy lại hình dạng cũ, vận tốc lúc này tăng từ 0 đến $\vec{u}$, quả cầu rời khỏi mặt B và va chạm kết thúc.

Áp dụng định lý động lượng cho từng giai đoạn.

$$+ \text{Giai đoạn 1:} \quad 0 - (-mv) = N_1 \cdot t_1 = S_1 \quad (1)$$

$$+ \text{Giai đoạn 2:} \quad m \cdot u - 0 = N_2 \cdot t_2 = S_2 \quad (2)$$

Trong đó N là lực va chạm, S_1, S_2 là xung lực va chạm của hai giai đoạn, chia (1) cho (2) ta có:

$$k = \frac{mv}{mu} = \frac{S_1}{S_2} \quad (8-6)$$

Tức là tỉ số xung lực va chạm trong hai giai đoạn bằng hệ số hồi phục. Vậy xung lực va chạm:

$$S = S_1 + S_2 = mv + mu = m \cdot (v + u) = mv(1+k)$$

Lực va chạm có trị số biến đổi trong cả hai giai đoạn rất khó xác định, ta chỉ tính trị số trung bình:

$$N_{TB} = \frac{S}{T} = \frac{mv(1+k)}{t} \quad (8-7)$$

8.2.3. Sự giảm động năng khi va chạm

Các vật trước khi va chạm có một vận tốc xác định nào đó, chúng có một động năng. Sau khi va chạm, vận tốc của chúng biến đổi và giảm đi làm động năng cũng giảm, nguyên nhân của sự giảm động năng là khi va chạm các vật bị biến dạng và nóng lên, năng lượng đã có sự chuyển hoá từ cơ năng thành nhiệt năng.

Bằng thực nghiệm, người ta đã chứng minh được rằng động năng của hai vật va chạm không đàn hồi trong trường hợp một vật đứng yên là:

$$E_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot E_1 \quad (8-8)$$

Trong đó : E_2 là động năng của vật sau va chạm.

E_1 là động năng ban đầu của vật.

Công thức (8-8) $\Leftrightarrow E_2 = \frac{1}{1 + \frac{m_1}{m_2}} \cdot E_1$

Nghĩa là: "Động năng giảm đi chỉ phụ thuộc vào tỷ số khối lượng giữa hai vật".

Nếu m_2 lớn hơn nhiều m_1 thì tỷ số m_1/m_2 rất bé, như vậy động năng coi như được bảo toàn.

Ví dụ:

Khi rèn nếu dùng đe có khối lượng lớn hơn nhiều so với búa thì động năng mất đi hầu như biến thành công hữu ích để tạo nên biến dạng vật rèn.

Trường hợp ngược lại nếu m_1 lớn hơn nhiều m_2 thì sự giảm động năng tăng lên. Ví dụ khi đóng đinh, khối lượng của búa lớn hơn nhiều so với đinh, nên hầu như toàn bộ động năng của búa đều biến thành công hữu ích để đinh lún sâu vào gỗ.

Đặt $\frac{m_2}{m_1 + m_2} = \eta$, công thức (8-8) trở thành: $\eta = \frac{E_2}{E_1}$ (8-9)

η biểu thị cho tỷ số giữa năng lượng hữu ích với năng lượng tiêu thụ và được gọi là hiệu suất va chạm. η càng lớn, càng gần tới đơn vị thì năng lượng hữu ích dùng để làm biến dạng vật càng lớn và ngược lại.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Xung lực là gì ? Phát biểu định lý biến thiên về động lượng ?
2. Viết và giải thích biểu thức của định luật bảo toàn động lượng ?
3. Thế nào là va chạm ? Va chạm đàn hồi hoàn toàn ? Va chạm không đàn hồi ?
4. Hệ số hồi phục là gì ? Viết và giải thích công thức tính hệ số hồi phục?

BÀI TẬP

1. Nòng pháo có trọng lượng 110 kN đặt nằm ngang. Trọng lượng viên đạn là 540N. Vận tốc viên đạn lúc ra khỏi nòng súng $v = 900$ m/s. Xác định trị số giật lùi của nòng súng ở thời điểm viên đạn bay ra.

ĐS: $v = 4,42$ m/s.

2. Hai quả cầu không đàn hồi có khối lượng $m_1 = 10 \text{ kg}$, $m_2 = 3 \text{ kg}$ chuyển động cùng phương ngược chiều để gặp nhau với vận tốc $v_1 = 15 \text{ m/s}$, $v_2 = 5 \text{ m/s}$. Sau khi va chạm hai quả cầu dính lại với nhau. Hỏi sau đó chúng sẽ chuyển động như thế nào, tính vận tốc của chúng.

5. Một búa máy khối lượng $m_1 = 1,5 \text{ tấn}$ được thả rơi từ độ cao $h = 2 \text{ m}$ xuống đầu một cọc khối lượng $m_2 = 400 \text{ kg}$. Coi va chạm giữa búa và cọc không đàn hồi, xác định hiệu suất của búa và lực cản của đất, biết rằng mỗi lần đóng cọc lún xuống đất 4 cm .

ĐS: $\eta = 79\%$; $R_{\text{cản đất}} = - 592000 \text{ N}$.

Phần II

SỨC BỀN VẬT LIỆU

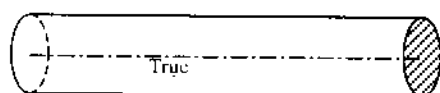
Chương 9

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ SỨC BỀN VẬT LIỆU

9.1. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG CỦA SỨC BỀN VẬT LIỆU (SBVL)

Nhiệm vụ của sức bền vật liệu là nghiên cứu các hình thức biến dạng của vật rắn thực dưới tác dụng của lực, từ đó đề ra phương pháp tính toán các chi tiết máy, kết cấu đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật, kinh tế.

Đối tượng nghiên cứu của sức bền vật liệu là các thanh có mặt cắt không đổi (hình 9.1)

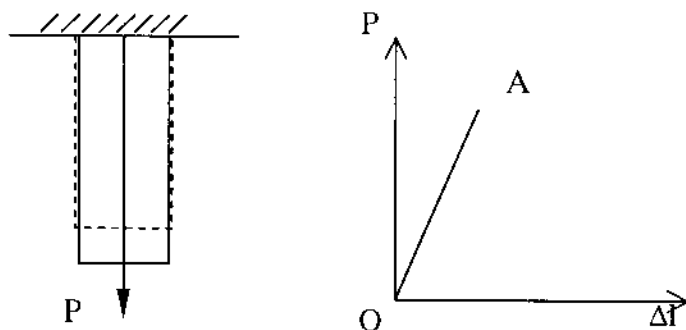


Hình 9.1

Mỗi thanh có một trục, trục của thanh là đường đi qua trọng tâm của các mặt cắt ngang.

9.2. Một số giả thuyết cơ bản về sức bền vật liệu

- + Giả thuyết vật liệu liên tục, đồng tính và đẳng hướng.
- + Giả thuyết vật liệu đàn hồi hoàn toàn trong một giới hạn nhất định của lực tác dụng.
- + Giả thuyết về quan hệ tỷ lệ bậc nhất giữa lực và biến dạng, trên đồ thị hình 9.2 biểu thị quan hệ giữa lực và biến dạng là đường bậc nhất OA.



Hình 9.2

Thực tế khi vật liệu chịu lực đều phát sinh biến dạng dư, nhưng ở một giới hạn nhất định của lực tác dụng, biến dạng dư rất nhỏ có thể xem là đàn hồi hoàn toàn. Phạm vi nghiên cứu của sức bền vật liệu cũng chỉ giới hạn trong các vật liệu thỏa mãn theo giả thuyết.

+ Giả thuyết vật liệu ở trạng thái tự nhiên: có nghĩa là khi không có ngoại lực tác dụng thì nội lực trong thanh đều bằng không.

9.3. NGOẠI LỰC, NỘI LỰC VÀ ỨNG SUẤT

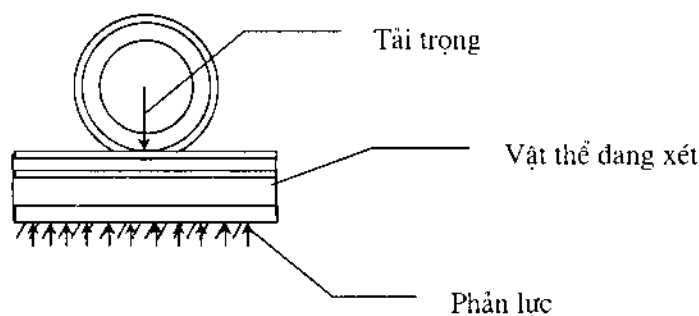
9.3.1. Ngoại lực

a) Định nghĩa

Ngoại lực là lực từ những vật thể khác hoặc môi trường xung quanh tác dụng lên vật thể đang xét và làm cho nó bị biến dạng.

Đối với ngoại lực cần phân biệt tải trọng và phản lực. Tải trọng là những lực tác dụng trực tiếp lên vật thể. Phản lực phát sinh ở chỗ tiếp xúc giữa các vật thể do kết quả của tải trọng tác dụng lên vật thể đang xét.

Ví dụ:



Hình 9.3

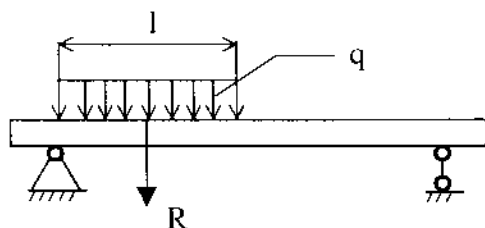
b) Phân loại

Căn cứ vào cách tác dụng, phân ngoại lực ra thành lực tập trung và lực phân bố.

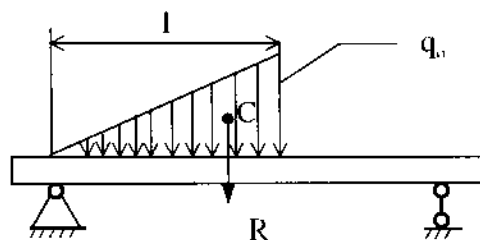
* **Lực tập trung:** Là lực tác dụng lên một diện tích truyền lực nhỏ so với diện tích của vật thể. Có thể coi diện tích đó là một điểm trên vật thể. Đơn vị của lực tập trung là Niuton (N).

* **Lực phân bố:** Là lực tác dụng liên tục trên một đoạn dài hay một diện tích truyền lực nhất định của vật thể.

+ Lực phân bố theo chiều dài: Đơn vị (N/m)



Hình 9.4a



Hình 9.4b

Trên chiều dài l có tác dụng của hệ lực phân bố đều (hình 9.4a) thì hợp lực của nó đặt ở điểm giữa đoạn phân bố và có trị số:

$$R = q \cdot l \quad (9-1)$$

Trên chiều dài l có tác dụng của hệ lực phân bố bậc nhất (hình 9.4b) thì hợp lực của nó đặt tại trọng tâm của hình phân bố và có trị số:

$$R = q_0 \cdot \frac{l}{2} \quad (9-2)$$

+ Lực phân bố diện tích: Đơn vị (N/m^2)

+ Lực phân bố thể tích: Đơn vị (N/m^3)

Căn cứ tính chất thay đổi theo thời gian, phân ngoại lực thành lực tĩnh và lực động.

+ Lực tĩnh là lực không thay đổi theo thời gian.

Ví dụ: Trọng lực của vật, áp lực của nước lên thành bể.

+ Lực động là lực thay đổi theo thời gian. Dưới tác dụng của lực động, các phần tử của vật chuyển động có gia tốc.

9.3.2. Nội lực - phương pháp mặt cắt

a) Nội lực

Là độ tăng của lực liên kết giữa các phần tử, xuất hiện khi vật thể bị biến dạng dưới tác dụng của ngoại lực.

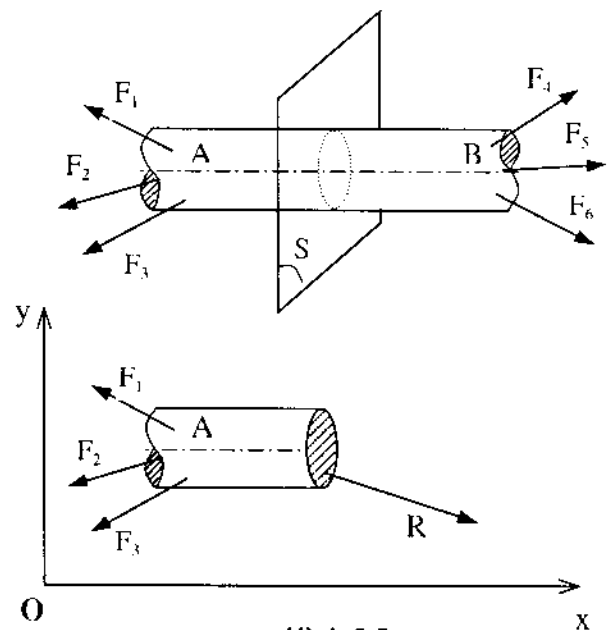
Nếu tăng ngoại lực thì nội lực cũng tăng để cân bằng với ngoại lực. Ở mỗi vật liệu nội lực chỉ tăng đến một giới hạn nhất định, nếu quá giới hạn đó vật liệu không đủ sức chống lại sẽ bị phá hỏng. Việc xác định nội lực phát sinh trong vật thể là một vấn đề cơ bản của sức bền vật liệu.

b) Xác định nội lực (phương pháp mặt cắt)

Xét thanh AB chịu tác dụng của hệ ngoại lực ($\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$) ~ 0.

Tưởng tượng cắt thanh thành 2 phần A, B bằng mặt phẳng S (hình 9.5a), gọi F là mặt giao tuyến của thanh AB với mặt S. Bỏ đầu B, giữ A để xét (hình 9.5b).

Để A cân bằng cần đặt vào mặt cắt một hệ lực phân bố, hệ lực phân



Hình 9.5

bố chính là nội lực cần tìm. Giả sử $\vec{R}$ là hợp lực của hệ phân bố. Vì đầu A ở trạng thái cân bằng cho nên hệ lực gồm ngoại lực và nội lực hợp thành một hệ cân bằng:

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{R}) \sim 0$$

$\vec{R}$ là gọi nội lực trên mặt cắt F, để xác định R ta đặt hệ lực vào hệ trục xOy (hình 9.5b), viết điều kiện cân bằng :

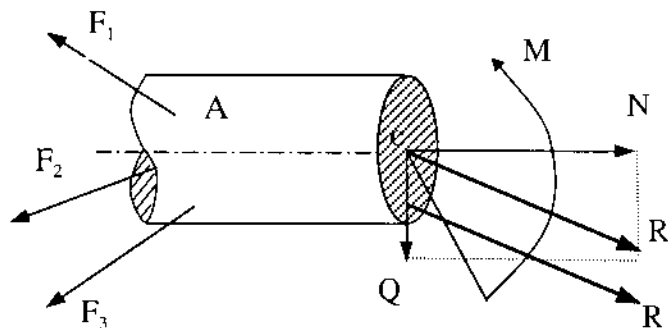
$$\begin{cases} F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + R_x = 0 \\ F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + R_y = 0 \end{cases}$$

Giải các phương trình để xác định trị số R.

Sau khi xác định được trị số, di chuyển $\vec{R}$ về trọng tâm của mặt cắt, theo định lý dời lực ta có:

$$\vec{R} \sim \vec{R}' + \vec{M} ; \text{ trong đó } M = m_c(\vec{R})$$

Sau đó phân tích $\vec{R}' = \vec{N} + \vec{Q}$ sao cho phương của $\vec{N}$ trùng với phương của trục, $\vec{Q}$ vuông góc với trục. Khi đó gọi M là mômen uốn; $\vec{N}$ gọi là lực dọc; $\vec{Q}$ gọi là lực cắt (hình 9.6).



Hình 9.6

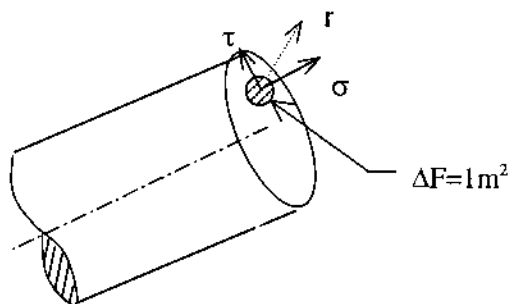
9.3.3. Ứng suất

Nội lực là một hệ lực phân bố liên tục trên mặt cắt nên cho phép ta xác định được nội lực trong một đơn vị diện tích mặt cắt. Nội lực trên một đơn vị diện tích mặt cắt gọi là ứng suất (hình 9.7).

Đơn vị ứng suất là: N/m².

Các bội số của đơn vị ứng suất: kN/m², MN/m².

Thực tế thường dùng MN/m².



Hình 9.7

Ứng suất được phân tích làm 2 thành phần:

- + Thành phần vuông góc với mặt cắt gọi là ứng suất pháp, ký hiệu là σ
- + Thành phần tiếp tuyến với mặt cắt gọi là ứng suất tiếp, ký hiệu là τ

Để xác định ứng suất, phải xác định được nội lực trong mặt cắt và biết được tình trạng phân bố của nó trong mặt cắt.

Nội lực

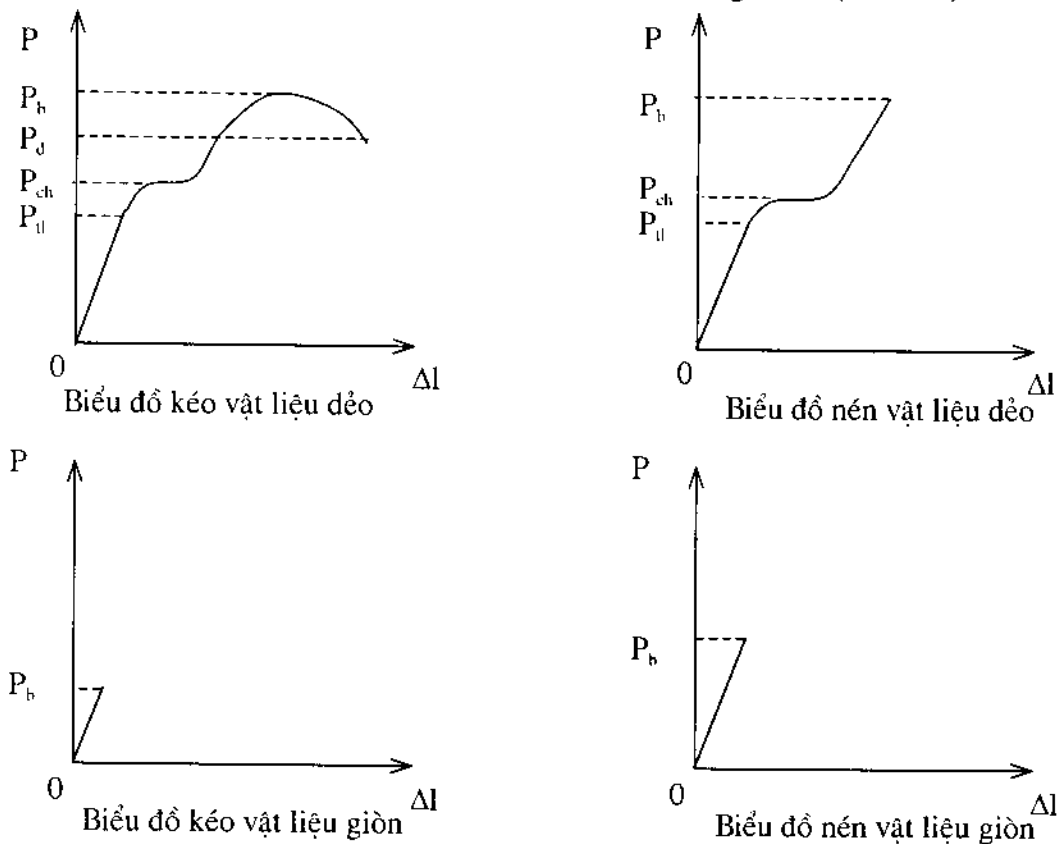
+ Nếu phân bố đều: Ứng suất = $\frac{\text{Nội lực}}{\text{Diện tích mặt cắt}}$ (9-3)

+ Nếu phân bố không đều: Cần phải tìm được qui luật phân bố, xác định được vùng phát sinh lớn nhất và đặt vấn đề xác định ứng suất lớn nhất trong mặt cắt.

9.4. ỨNG SUẤT CHO PHÉP - HỆ SỐ AN TOÀN

9.4.1. Tính chất cơ học của vật liệu

Để xác định tính chất cơ học của vật liệu, người ta tiến hành thử các mẫu vật liệu với các hình thức chịu lực khác nhau (chủ yếu là thử kéo, nén, cắt). Vật liệu được đưa vào thử cho đến khi bị phá hỏng. Kết quả thử nghiệm được ghi lại bằng số liệu, biểu đồ quan hệ giữa lực và biến dạng qua đó đưa ra những nhận xét đánh giá như (hình 9.8).



Hình 9.8

Kết quả thí nghiệm cho thấy:

Quá trình biến dạng của vật liệu dẻo diễn ra 3 giai đoạn như sau:

+ *Giai đoạn tỷ lệ*: Giới hạn lực là P_0 , trong giai đoạn này lực và biến dạng có quan hệ tỷ lệ bậc nhất. Gọi F_0 là diện tích mặt cắt ban đầu của mẫu thí nghiệm. Ứng suất $\sigma_0 = \frac{P_0}{F_0}$ gọi là giới hạn tỷ lệ.

+ *Giai đoạn chảy dẻo*: Lực tương ứng là P_{ch} , ở giai đoạn này trong vật liệu có hiện tượng trượt tinh thể (biến dạng tăng nhưng lực không tăng), biểu đồ có dạng nằm ngang. Ứng suất $\sigma_{ch} = P_{ch}/F_0$ gọi là giới hạn chảy dẻo.

+ *Giai đoạn đứt*: Vật liệu xuất hiện chỗ thắt lại ứng với lực đạt trị số cực đại trong quá trình thí nghiệm P_b , nhiệt độ của thanh tăng nhanh, sau đó lực giảm dần cho đến khi đứt ứng với trị số P_d . Ứng suất $\sigma_b = P_b/F_0$ gọi là giới hạn bền.

- Quá trình biến dạng của vật liệu giòn chỉ có một giai đoạn, khi tăng lực tới trị số P_b mẫu vật liệu sẽ đứt ngay hoặc vỡ vụn trong trường hợp nén, thí nghiệm kết thúc. Ứng suất $\sigma_b = P_b/F_0$ gọi là giới hạn bền, cũng là giới hạn duy nhất.

Các giới hạn (σ_0 ; σ_{ch} ; σ_b) và trong các trường hợp thử cắt (τ_0 ; τ_{ch} ; τ_b) là những đặc trưng cho tính chất cơ học của vật liệu. Mỗi vật liệu đều có giới hạn riêng của nó.

Từ kết quả thử nghiệm đã rút ra một số kết luận tổng quát sau:

- Vật liệu dẻo chịu kéo tương đương chịu nén.
- Vật liệu giòn chịu nén tốt hơn chịu kéo rất nhiều.
- Giới hạn bền kéo của vật liệu dẻo lớn hơn giới hạn bền kéo của vật liệu giòn.

9.4.2. Ứng suất cho phép - hệ số an toàn

Sau khi xác định được tính chất cơ học của các loại vật liệu, dựa vào các giới hạn đặc trưng ta lập các điều kiện tính toán các chi tiết máy, cấu kiện đảm bảo các mục tiêu của sức bền vật liệu.

- Ứng suất nguy hiểm: Khi một thanh chịu lực không đàn hồi hoàn toàn có nghĩa thanh đã bị hỏng, khi đó ta nói trong thanh đạt đến giới hạn ứng suất nguy hiểm, ký hiệu là σ_0 , τ_0 . Với vật liệu dẻo chọn $\sigma_0 = \sigma_{ch}$, $\tau_0 = \tau_{ch}$; vật liệu giòn chọn $\sigma_0 = \sigma_b$.

- Ứng suất cho phép: Để một chi tiết máy hay cấu kiện đảm bảo làm việc được an toàn, phải hạn chế ứng suất lớn nhất phát sinh ở một giới hạn không được tiến đến giới hạn nguy hiểm. Giới hạn đó bằng một phần của giới hạn nguy hiểm gọi là ứng suất cho phép. Ký hiệu là $[\sigma]$, $[\tau]$...

Ứng suất cho phép được tính theo công thức:

$$[\sigma] = \sigma_0/n ; [\tau] = \tau_0/n$$

Chương 9. Những khái niệm cơ bản về sức bền vật liệu

Trong đó n gọi là hệ số an toàn. Hệ số an toàn được chọn lớn hay nhỏ tùy thuộc vào mức độ quan trọng, tuổi thọ của chi tiết máy cần tính toán sức bền. Ứng suất cho phép cùng hệ số an toàn của các loại vật liệu được cho sẵn trong các sổ tay về vật liệu.

Bảng ứng suất cho phép $[\sigma]$ của một số vật liệu

Vật liệu	Tính ra MN/m ²	
	Kéo	Nén
Thép xây dựng CT3	$1,6 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$
Thép xây dựng CT5	$1,4 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$
Đồng	$(0,3 - 1,2) \cdot 10^2$	
Nhôm	$(0,3 - 0,8) \cdot 10^2$	
Đuya ra	$(0,8 - 1,5) \cdot 10^2$	
Gang xám	$(0,28 - 0,8) \cdot 10^2$	$(1,2 - 1,5) \cdot 10^2$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nhiệm vụ và đối tượng chủ yếu của sức bền vật liệu?
2. Nêu những giả thuyết về vật liệu? Vì sao cần đưa ra những giả thuyết đó?
3. Ngoại lực là gì? Khi nào ngoại lực được coi là lực tập trung và lực phân bố?
4. Nội lực là gì? Nêu phương pháp xác định nội lực?
5. Ứng suất là gì? Đơn vị của ứng suất?
6. Ứng suất cho phép là gì? Ứng suất cho phép được xác định như thế nào và nó có ý nghĩa gì?

Chương 10

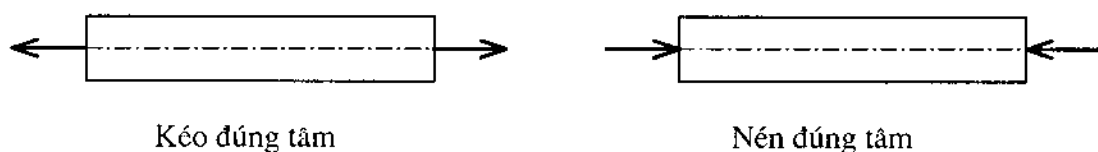
CÁC TRƯỜNG HỢP CHỊU LỰC CƠ BẢN CỦA THANH

10.1. THANH CHỊU KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

10.1.1. Định nghĩa

Một thanh chịu kéo (nén) đúng tâm khi trên mọi mặt cắt ngang nội lực chỉ có lực dọc (N).

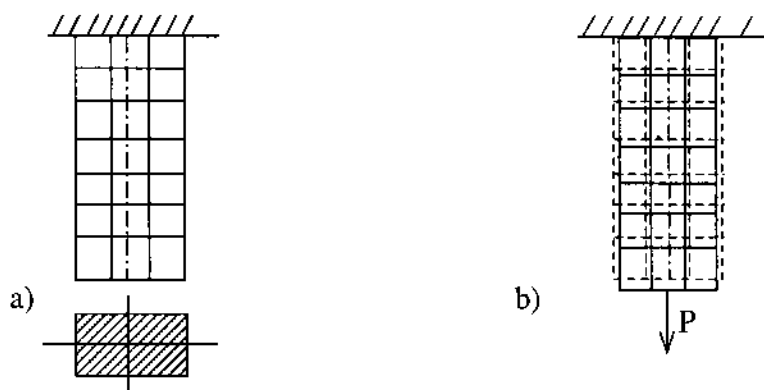
Ví dụ: Thanh chịu tác dụng của hai lực trực đối đặt trùng phương với trục của thanh



Hình 10.1

10.1.2. Ứng suất trong thanh chịu kéo (nén)

Trước khi một thanh chịu lực, ta kẻ trên mặt ngoài thanh những đường thẳng vuông góc với trục thanh biểu thị các mặt cắt ngang và những đường thẳng song song với trục biểu thị cho những thớ dọc thanh (hình 10.2a).



Hình 10.2

Khi tác dụng lực kéo P , nhận thấy những đoạn thẳng vuông góc với trục thanh di chuyển về phía dưới, nhưng vẫn thẳng và vuông góc với trục thanh. Những đường thẳng song song với trục dịch gần lại với nhau nhưng vẫn thẳng và song song với trục thanh (hình 10.2b). Từ những quan sát đó ta có kết luận:

Khi một thanh chịu kéo (nén):

- Các mặt cắt ngang vẫn phẳng và vuông góc với trục thanh.
- Các thớ dọc của thanh có độ giãn dài như nhau vẫn thẳng và song song với trục thanh.

Như vậy nội lực phân bố trên mặt cắt phải có phương song song với trục thanh (vuông góc với mặt cắt), tức là trên mặt cắt chỉ có ứng suất pháp. Mặt khác vì các thớ dọc có độ giãn dài đồng nhất nên nội lực phân bố đều trên mặt cắt.

Ta ký hiệu ứng suất trong thanh chịu kéo, nén là σ_k, σ_n . Biểu thức liên hệ giữa ứng suất σ với nội lực như sau:

$$\sigma_{k,n} = \pm \frac{N}{F} \quad (10-1)$$

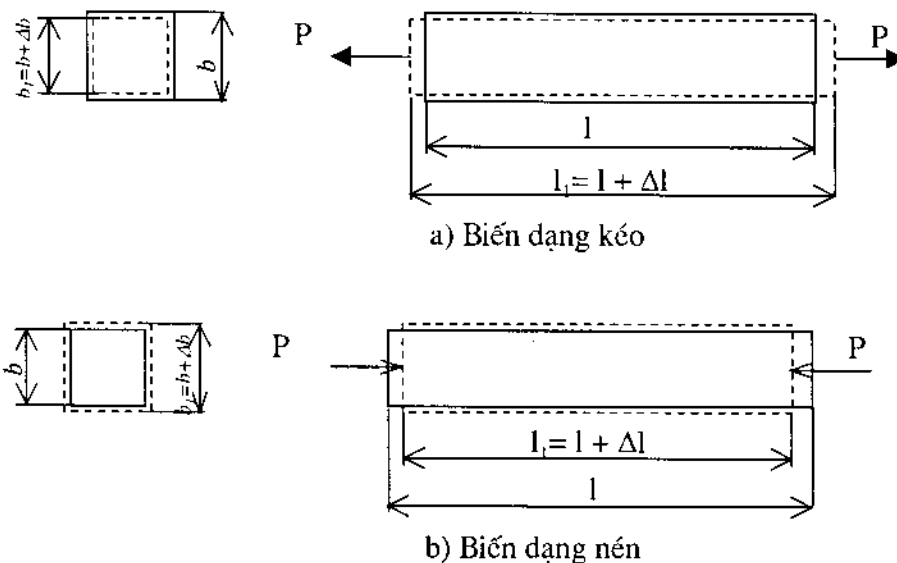
Dấu (+) nếu thanh chịu kéo, dấu (-) nếu thanh chịu nén.

10.1.2. Biến dạng - Định luật Húc

a) Biến dạng

Dưới tác dụng của lực kéo P , thanh sẽ dài thêm ra nhưng chiều ngang hẹp bớt lại (hình 10.3a) (thanh bị biến dạng vẽ nét đứt). Còn dưới tác dụng của lực nén P , thanh sẽ co ngắn lại, nhưng chiều ngang lớn thêm (hình 10.3b)

Chiều dài thanh biến đổi một đoạn $\Delta l = l_1 - l$ gọi là biến dạng dọc tuyệt đối. Nếu thanh dài ra (kéo) Δl gọi là độ giãn dọc tuyệt đối và có trị số dương; nếu thanh ngắn lại (nén), Δl gọi là độ co tuyệt đối và có trị số âm. Tỷ số $\frac{\Delta l}{l} = \epsilon$ gọi là biến dạng dọc tương đối, ϵ là một hư số.



Hình 10.3

b) Định luật Húc

Qua nhiều thí nghiệm kéo và nén trên các vật liệu khác nhau, nhà vật lý Rôbe Húc đã tìm thấy: " Khi lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn nào đó thì biến dạng dọc tuyệt đối Δl luôn tỷ lệ thuận với lực P ". Kết luận được viết dưới dạng biểu thức toán học sau:

$$\Delta l = \frac{N.l}{E.F} \quad \text{Vì } N = P \text{ nên có thể viết: } \Delta l = \frac{P.l}{E.F} \quad (10-2)$$

Trong đó E gọi là môđun đàn hồi khi kéo (nén) của vật liệu, nó đặc trưng cho độ cứng của vật liệu và có khả năng chống lại biến dạng đàn hồi. Trị số E được xác định bằng thí nghiệm, có đơn vị là N/m^2 , trong kỹ thuật thường dùng MN/m^2 được cho trong sổ tay kỹ thuật. Tích $E.F$ gọi là độ cứng trong kéo (nén), công thức trên có thể biến đổi như sau:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{N}{E.F} \quad \text{Trong đó} \quad \frac{\Delta l}{l} = \varepsilon \quad \text{và} \quad \sigma = \frac{N}{F}$$

$$\text{Suy ra :} \quad \sigma = \varepsilon.E$$

Định luật:

"Ở một giới hạn nào đó của tải trọng biến dạng đàn hồi, ứng suất kéo (nén) σ tỷ lệ với biến dạng trượt tương đối ε "

$$\sigma = \varepsilon.E \quad (10-3)$$

Bảng môđun đàn hồi của một số vật liệu

Vật liệu	E (tính bằng MN/m^2)
Thép	2.10^5
Gang xám, gang trắng	$1,15.10^5 - 1,6.10^5$
Đồng và hợp kim đồng	1.10^5
Nhôm và đũa ra	$0,7.10^5$

10.1.3. Tính toán về kéo - nén

a) Điều kiện bền

Muốn một thanh chịu kéo (nén) bền thì ứng suất pháp lớn nhất phát sinh trong thanh phải nhỏ hơn hay tối đa bằng ứng suất cho phép của vật liệu chế tạo thanh, nghĩa là:

$$|\delta|_{\text{Max,min}} = \left| \pm \frac{N}{F} \right| \leq [\delta_{k,n}] \quad (10-4)$$

Trong đó:

σ_{max} : Là ứng suất lớn nhất trong thanh chịu kéo;

σ_{min} : Là ứng suất nhỏ nhất (trị tuyệt đối lớn nhất) trong thanh chịu nén .

b) Chọn kích thước mặt cắt

Từ điều kiện bền ta có công thức tính diện tích mặt cắt của thanh:

$$F \geq \frac{N}{[\sigma]} \quad (10-5)$$

Ví dụ:

Một thanh thép tròn đường kính 40mm chịu tác dụng của lực kéo đúng tâm $P = 10^2$ kN. Hãy kiểm tra tính bền kéo, biết ứng suất cho phép của thép $[\sigma] = 120\text{MN/m}^2$.

Bài giải.

Diện tích mặt cắt của thanh thép tròn l:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} = 1256\text{mm}^2 = 1256 \cdot 10^{-6}(\text{m}^2)$$

Ứng suất phát sinh trong thanh:

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{10^5}{1256 \cdot 10^{-6}} = 80\text{MN/m}^2$$

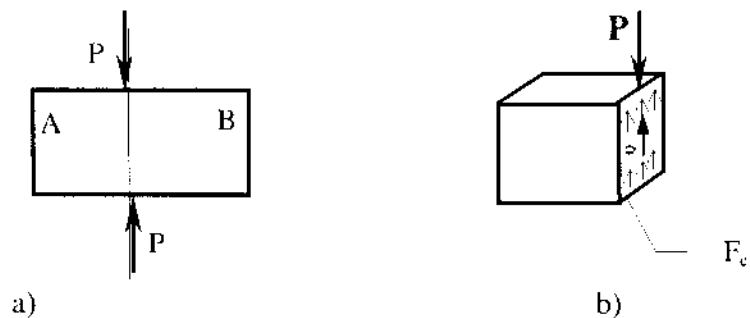
Như vậy: $\sigma = 80\text{MN/m}^2 < [\sigma] = 120\text{MN/m}^2$

Kết luận: thanh thép an toàn khi chịu kéo.

10.2. CẮT

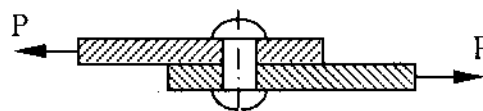
10.2.1. Định nghĩa

Khi một thanh chịu tác dụng của hai lực song song, có trị số bằng nhau nhưng ngược chiều, đặt thẳng góc với trục của thanh và nằm trong hai mặt cắt rất gần nhau của thanh thì thanh chịu cắt (hình 10.4a).



Hình 10.4

Ví dụ: Thân đinh tán trong mối ghép đinh tán chịu cắt (hình 10.5).



Hình 10.5

10.2.2. Nội lực - ứng suất

Ta xác định nội lực bằng phương pháp mặt cắt. Tưởng tượng cắt thanh AB thành 2 phần A, B bỏ phần B giữ lại A để xét (hình 10.4b). Để phần A cân bằng cần đặt vào mặt cắt lực $\vec{Q}$ cân bằng với $\vec{P}$, suy ra $Q = P$.

$\vec{Q}$ là hợp lực của hệ lực phân bố (τ_c) trên mặt cắt F_c . Với giả thiết sự phân bố nội lực trên mặt cắt thanh chịu cắt là đều ta có: $\tau_c \cdot F_c = Q = P$

$$\tau_c = \frac{P}{F_c} \quad (10-6)$$

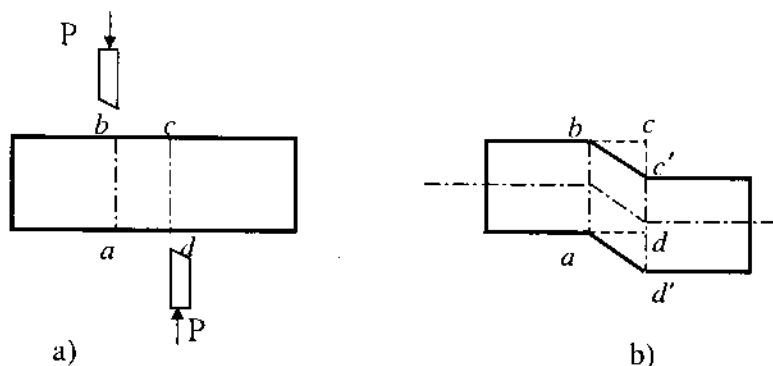
Trong đó: τ_c : ứng suất tiếp

P: lực sinh cắt

F_c : diện tích mặt bị cắt.

10.2.3. Biến dạng

Trong quá trình phát sinh hiện tượng cắt, ta thấy hình hộp giới hạn bởi hai mặt cắt abcd (hình 10.6a) biến dạng thành hình bình hành abc'd' (hình 10.6b).



Hình 10.6

Nếu coi ab cố định thì cd đã dời chỗ sang vị trí c'd'. Vì thế biến dạng trong cắt là biến dạng trượt.

Gọi $cc' = dd' = \Delta S$ là độ trượt tuyệt đối.

Tỷ số $\frac{\Delta S}{bc}$ gọi là độ trượt tương đối, vì biến dạng rất nhỏ nên góc γ nhỏ nên $\tan \gamma \approx \gamma$, và γ coi là độ trượt tương đối.

10.2.4. Định luật Húc

Định luật: Ứng suất cắt τ_c tỷ lệ thuận với độ trượt tương đối γ .

$$\tau_c = \gamma \cdot G \quad (10-7)$$

G gọi là môđun đàn hồi trong cắt, đơn vị là MN/m². Môđun đàn hồi biến dạng cắt được xác định bằng thực nghiệm và tra trong sổ tay kỹ thuật.

10.2.5 Tính toán về cắt

a) Điều kiện bền

Để một thanh chịu cắt bền thì ứng suất lớn nhất phát sinh trong thanh phải nhỏ hơn hay tối đa bằng ứng suất cắt cho phép của vật liệu chế tạo thanh.

$$\tau_c \leq [\tau_c] \Leftrightarrow \frac{P}{F_c} \leq [\tau_c] \quad (10-8)$$

b) Chọn mặt cắt thanh chịu cắt

Từ điều kiện bền ta suy ra, muốn một thanh chịu cắt bền diện tích mặt chịu cắt phải thoả mãn điều kiện:

$$F_c \geq \frac{P}{[\tau_c]} \quad (10-9)$$

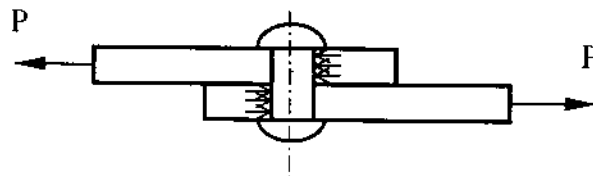
10.3. DẬP

10.3.1. Định nghĩa

Dập là hiện tượng nén cục bộ xảy ra trên một diện tích truyền lực tương đối nhỏ của hai cấu kiện ép vào nhau.

Trên mặt bị dập sẽ phát sinh ứng suất pháp gọi là ứng suất dập. Ký hiệu σ_d .

Ví dụ: Thân đỉnh tán chịu dập do thành lỗ ép vào nó (hình 10.7).



Hình 10.7

10.3.2. Ứng suất

Giả thiết nội lực dập phân bố đều trên mặt dập, ta có:

P là hợp lực của nội lực dập vào mặt cắt dập; F là diện tích mặt chịu dập.

$$\sigma_d = \frac{P}{F_d} \quad (10-11)$$

10.3.3. Tính toán về dập

a) Điều kiện cường độ

$$\sigma_d = \frac{P}{F_d} \leq [\sigma_d] \quad (10-12)$$

b) Chọn mặt cắt đập

$$F_d \geq \frac{P}{[\sigma_d]} \quad (10-13)$$

Ví dụ:

Mối ghép đinh tán truyền tải trọng $P = 5 \text{ kN}$. Hai tấm ghép dày $h = 10 \text{ mm}$, đường kính đinh tán $d = 10 \text{ mm}$, vật liệu chế tạo đinh có $[\tau_c] = 80 \text{ MN/m}^2$, $[\sigma_d] = 60 \text{ MN/m}^2$.

Hãy kiểm tra cường độ đinh tán.

Bài giải.

1) Về cắt

Thân đinh tán chịu cắt ở mặt cắt tiếp xúc giữa hai tấm ghép, nội lực cắt $Q = P$, ta có:

$$\tau_c = \frac{P}{F_c} = \frac{P}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\frac{3,14 \cdot (10^{-3})^2}{4}} = 63,7 \text{ MN/m}^2$$

$$\tau_c = 63,7 \text{ MN/m}^2 < 80 \text{ MN/m}^2 = [\tau_c]$$

Vậy đinh tán an toàn về cường độ khi chịu cắt.

2) Về đập

Để đơn giản ta giả thiết ứng suất đập phân bố đều trên mặt cắt qua trục đinh tán

$$\delta_d = \frac{P}{F_d} = \frac{P}{d \cdot h} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^{-2} \cdot 10^{-2}} = 50 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_d = 50 \text{ MN/m}^2 < 60 \text{ MN/m}^2 = [\sigma_d]$$

Nên đinh tán an toàn khi chịu đập.

10.4. XOẮN

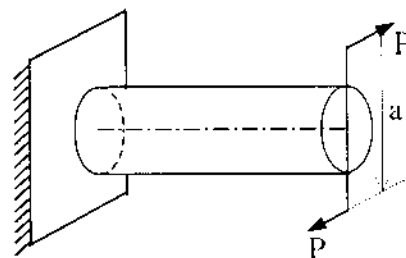
10.4.1. Định nghĩa

Một thanh cân bằng dưới tác dụng của ngoại lực là các ngẫu lực nằm trong các mặt cắt của thanh, thanh sẽ chịu xoắn.

Trong giới hạn chương trình ta chỉ xét thanh có mặt cắt tròn chịu xoắn.

Ví dụ:

Thanh mặt cắt tròn một đầu cố định và một đầu tự do chịu tác dụng của ngẫu lực $m = P \cdot a$ (hình 10.8).



Hình 10.8

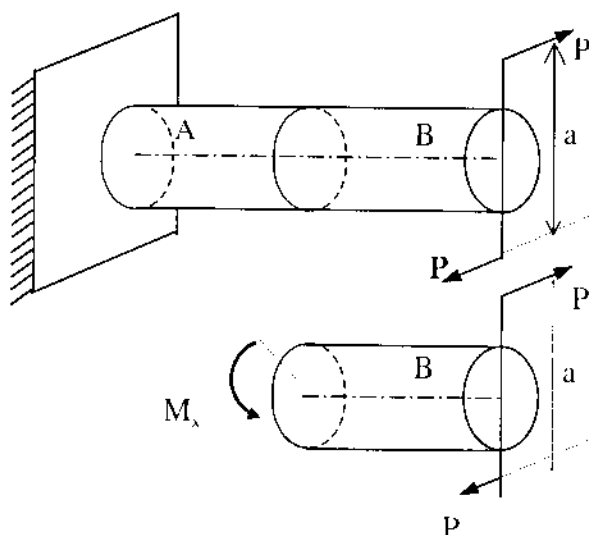
10.4.2. Nội lực

Để xác định nội lực ta dùng phương pháp mặt cắt.

Tưởng tượng cắt thanh AB chịu xoắn thành 2 phần A, B, bỏ đầu A giữ lại B để xét.

Để đầu B cân bằng cần đặt vào mặt cắt nội lực M_x có trị số mômen bằng và ngược chiều với ngẫu lực (P, P) , (hình 10.9).

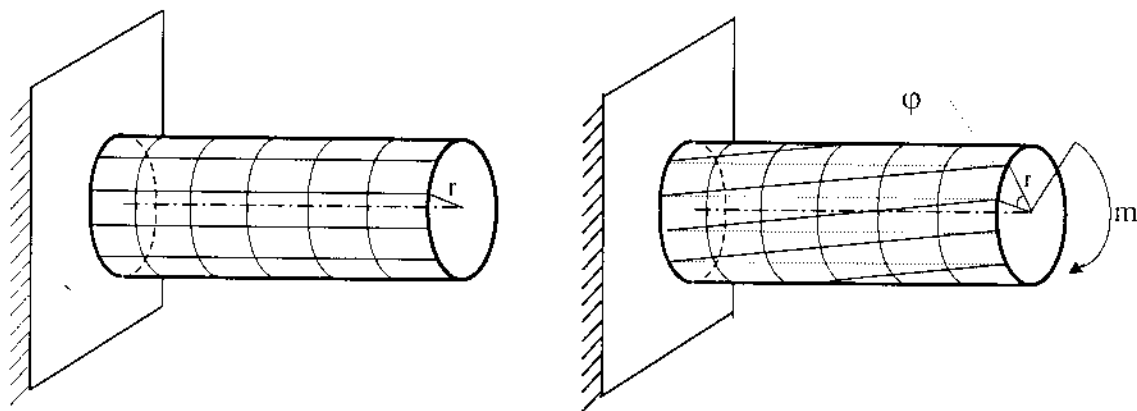
$$M_x = m = P.a$$



Hình 10.9

10.4.3. Biến dạng trong thanh chịu xoắn

Xét thanh có mặt cắt tròn, kẻ các đường sinh biểu thị cho thớ dọc, các đường vuông góc với trục thanh biểu thị cho các mặt cắt của thanh, các đường đó tạo thành các ô chữ nhật (hình 10.10). Ở mặt đầu thanh kẻ một bán kính r .



Hình 10.10

Tác dụng vào thanh ngẫu lực m , nhận thấy:

- Khi chịu xoắn, các mặt cắt của thanh xoay quanh trục một góc nào đó nhưng vẫn tròn với bán kính cũ, vẫn phẳng và vuông góc với trục của thanh.
- Khoảng cách giữa hai mặt cắt trước và khi chịu xoắn không đổi.
- Trước và khi chịu xoắn, bán kính của mặt cắt vẫn thẳng và có chiều dài không đổi.

Gọi góc xoay bán kính mặt đầu là góc xoắn tuyệt đối, kí hiệu là φ (hình 10.10).

Tỷ số $\frac{\varphi}{l} = \theta$ gọi là góc xoắn tương đối, trong đó l là chiều dài của thanh.

Dưới tác dụng của ngẫu lực, các phần tử vật liệu trên các mặt cắt dịch chuyển một góc trượt tương đối γ ,

Ta có quan hệ giữa φ và γ ở mặt ngoài của thanh:

$$\gamma \cdot l = \varphi \cdot r \text{ hay } \gamma = \varphi \cdot \frac{r}{l} \text{ hay } \gamma = \theta \cdot r$$

Một điểm cách trục một khoảng ρ sẽ thực hiện một góc trượt $\gamma_\rho = \theta \cdot \rho$

Như vậy biến dạng trượt trong thanh chịu xoắn thay đổi liên tục tăng dần từ trong thanh ra mặt ngoài thanh.

Tại trục độ trượt nhỏ nhất: $\gamma = 0$

Tại điểm cách trục một khoảng ρ : $\gamma_\rho = \theta \cdot \rho$

Tại mặt ngoài γ đạt trị số lớn nhất: $\gamma_{\max} = \theta \cdot r$

10.4.4. Ứng suất trên mặt cắt thanh chịu xoắn

Qua quan sát biến dạng của thanh chịu xoắn, có thể kết luận trên mặt cắt của thanh không có ứng suất pháp mà chỉ có ứng suất tiếp τ , phương chiều của ứng suất vuông góc với bán kính đi qua điểm đang xét.

Theo định luật Húc về biến dạng trượt: $\tau = \gamma \cdot G$

Vì trị số γ trong mặt cắt của thanh biến đổi từ 0 đến giá trị lớn nhất ứng với vị trí các điểm từ tâm ra mặt ngoài. Do đó trị số ứng suất tiếp cũng thay đổi từ 0 đến $\tau_{\max}$.

$$\tau_{\max} = \gamma_{\max} \cdot G = \theta \cdot r \cdot G$$

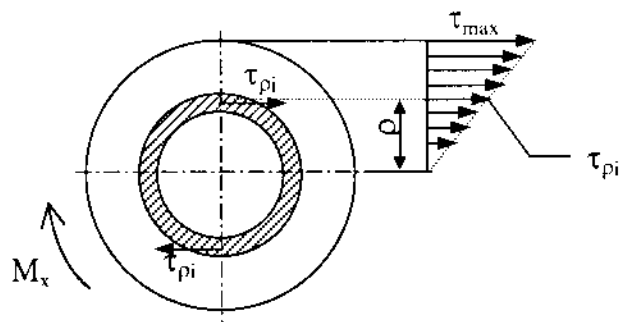
Ta có thể biểu thị sự biến đổi của ứng suất bằng biểu đồ (hình 10.11)

Theo biểu đồ ta có:

$$\tau_\rho = \tau_{\max} \cdot \rho / r$$

Để giải quyết bài toán sức bền ta phải tìm được mối quan hệ giữa mômen nội lực M_x với ứng suất lớn nhất $\tau_{\max}$ phát sinh ở mặt ngoài thanh, để có mối quan hệ đó ta làm như sau:

Chia mặt F thành n phần $F_1, F_2, F_3, \dots (F_i)$ sao cho các phần tử đủ nhỏ để có thể coi nội lực phân bố đều bởi ứng suất tương ứng là $\tau_{\rho 1}, \tau_{\rho 2}, \tau_{\rho 3}, \dots (\tau_{\rho i})$.



Hình 10.11

$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$; Khoảng cách từ các phần tử diện tích được chia tới tâm là $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$.

Như vậy nội lực xoắn trên mỗi phần tử diện tích F_i ký hiệu là M_i được xác định như sau:

$$M_i = \tau_{\rho_i} \cdot F_i \cdot \rho_i$$

Mà $M_x = \Sigma M_i = \Sigma \tau_{\rho_i} \cdot F_i \cdot \rho_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$

Từ đó ta có: $M_x = \sum_{i=1}^n \tau_{\rho_i} \cdot F_i \cdot \rho_i$

Theo công thức tính $\tau_{\rho} = \tau_{\max} \cdot \rho / r$

Ta có: $M_x = \sum_{i=1}^n \frac{\tau_{\max} \cdot \rho_i}{r} \cdot F_i \cdot \rho_i = \frac{\tau_{\max}}{r} \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot \rho_i^2$

Đặt $J_0 = \sum_{i=1}^n F_i \rho_i^2$ (J_0 gọi là mô men quán tính độc cực, đơn vị là m^4)

Thay biểu thức vào trên ta có:

$$M_x = \frac{\tau_{\max}}{r} \cdot J_0$$

Đặt $\frac{J_0}{r} = W_0$

Suy ra: $M_x = \tau_{\max} \cdot W_0$ hay $\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_0}$ (10-14)

W_0 đặc trưng cho khả năng chống xoắn của thanh được gọi là môđun chống xoắn, đơn vị là m^3 . Với thanh có mặt cắt hình tròn:

$$J_0 = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \approx 0,1 \cdot d^4 \quad \text{và} \quad W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,2 \cdot d^3$$

10.4.5. Tính toán về xoắn

a) Điều kiện cường độ

Để một thanh chịu xoắn bền thì ứng suất lớn nhất phát sinh trên thanh phải nhỏ hơn hay tối đa bằng ứng suất cho phép của vật liệu chế tạo thanh.

$$\tau_{\max} = \frac{M_x}{W_0} \leq [\tau] \quad (10-15)$$

b) Chọn mặt cắt

Từ điều kiện cường độ ta suy ra:

$$W_0 \geq \frac{M_x}{[\tau]} \quad (10-16)$$

Chú ý: Với những trục truyền chuyển động quay công suất P, mômen xoắn ngoại lực tính theo công thức:

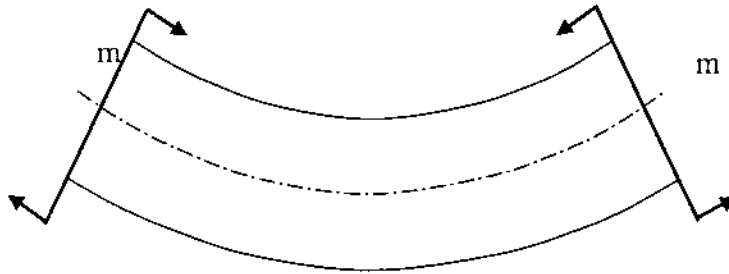
$$m = 9,55 \cdot \frac{P}{n} \text{ (Nm)}$$

Trong đó: công suất P tính bằng oát, vận tốc góc n tính bằng vg/ph.

10.5. UỐN PHẪNG

10.5.1. Định nghĩa

Trong trường hợp một thanh thẳng cân bằng dưới tác dụng của các ngẫu lực nằm trong mặt phẳng đối xứng của thanh, thanh sẽ chịu uốn (hình 10.12). Mặt phẳng đối xứng chứa các ngẫu lực gọi là mặt phẳng tải trọng, thanh chịu uốn gọi là dầm.



Hình 10.12

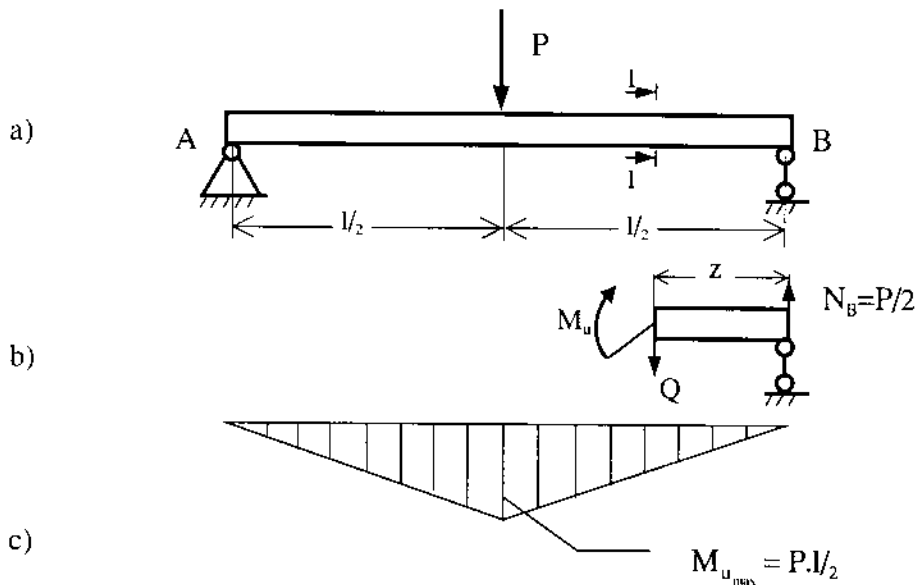
10.5.2. Nội lực

Xét thanh AB chịu uốn, để xác định nội lực ta dùng phương pháp mặt cắt. Tưởng tượng cắt thanh AB thành hai phần bằng mặt cắt ngang cách đầu B một khoảng z. Bỏ đầu A, giữ đầu B để xét (hình 10.13b).

Để đầu B cân bằng cần đặt vào mặt cắt:

- Lực $\bar{Q}$ song song và bằng phản lực tác dụng vào gối đỡ B nhưng ngược chiều. ($Q = P/2$)

- Ngẫu lực M_u bằng mômen của ngẫu lực do $(\bar{P}, \bar{Q})$ tạo thành, $M_u = -\frac{P}{2} \cdot z$

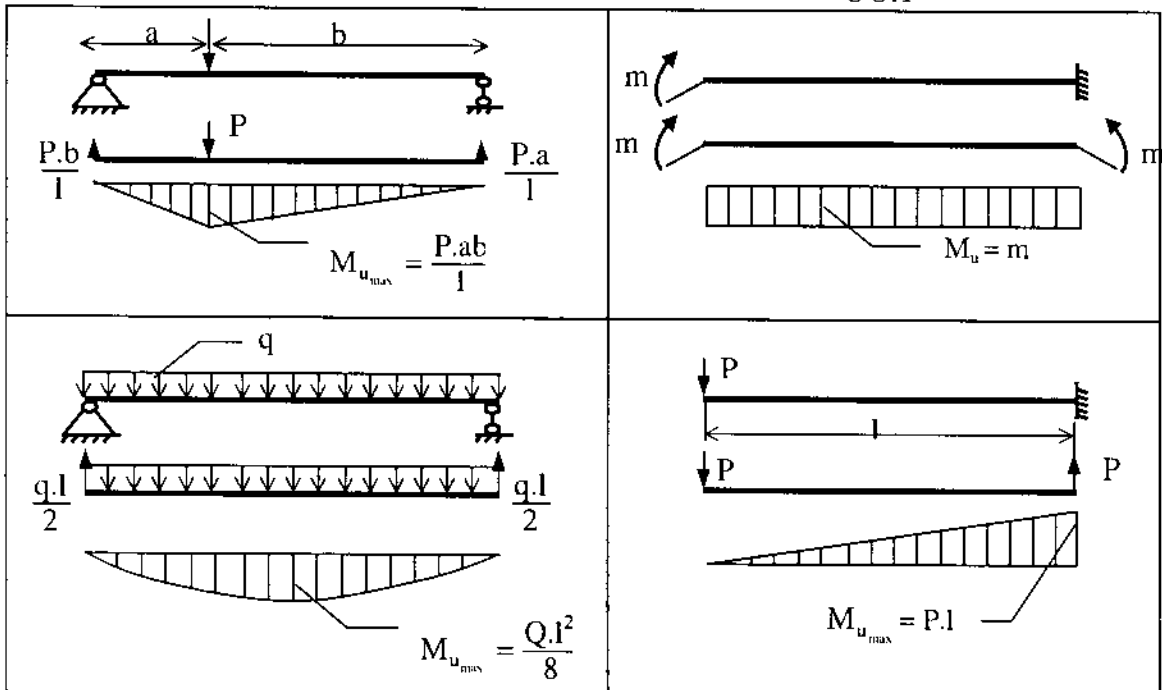


Hình 10.13

Như vậy nội lực trên mặt cắt có hai thành phần M_u gọi là mômen uốn, Q gọi là lực cắt. Trong phạm vi giáo trình ta chỉ xét thành phần M_u .

Xét nội lực uốn M_u ta thấy: nếu cho mặt cắt 1-1 di chuyển dọc thanh thì khoảng cách z sẽ biến đổi, dẫn tới $M_u = P.z/2$ cũng thay đổi. Sự biến đổi của M_u được biểu diễn bằng biểu đồ nội lực (hình 10.13c). Như vậy trên thanh cắt tồn tại một mặt cắt có mômen uốn lớn nhất ký hiệu là $M_{u_{\max}} = P.L/4$, gọi là mặt cắt nguy hiểm.

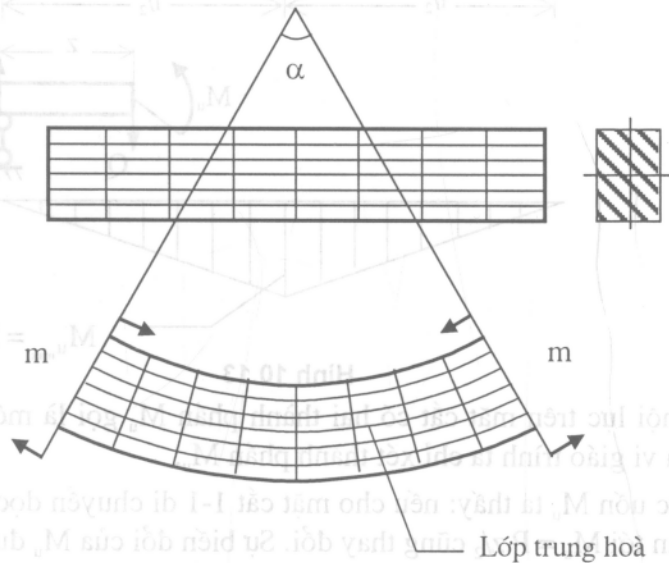
Biểu đồ nội lực uốn của các dầm thường gặp



Hình 10.14

10.5.3. Biến dạng

Để tiện quan sát biến dạng, ta xét một dầm thẳng mặt cắt hình chữ nhật. Ở mặt bên của dầm ta kẻ những đường thẳng song song với trục dầm tượng trưng cho các thớ dọc, kẻ những đường thẳng vuông góc với trục dầm tượng trưng cho các mặt cắt (hình 10.15).

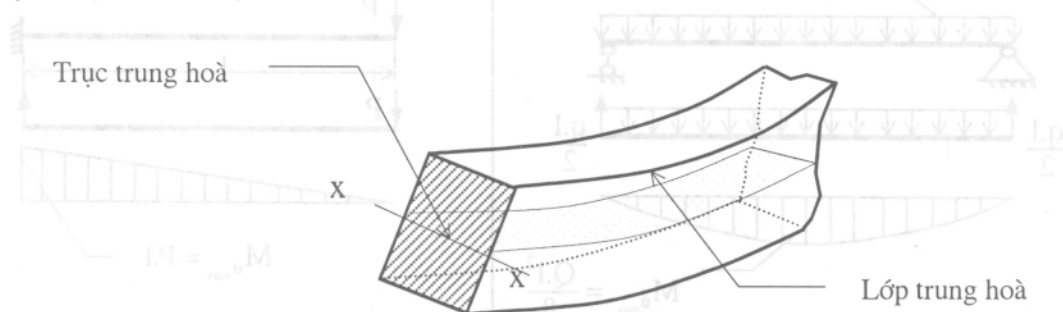


Hình 10.15

Khi tác dụng lực uốn ta thấy, những đường thẳng kẻ vuông góc với trục của dầm vẫn là những đường thẳng vuông góc với trục dầm đã bị uốn cong, những đường thẳng kẻ song song với trục dầm trở thành những đường cong đồng dạng với trục dầm đã uốn cong.

Giả thiết biến dạng trong dầm tương tự như biến dạng mặt ngoài của nó, ta có kết luận:

- Trước và khi chịu uốn, các mặt cắt ngang vẫn phẳng và vuông góc với trục.
- Khi dầm chịu uốn, các thớ dọc thay đổi chiều dài một cách liên tục từ những lớp thớ bị co lại đến những lớp thớ bị giãn dài ra, có một lớp có chiều dài không đổi gọi là lớp trung hoà. Giao tuyến giữa lớp trung hoà với mặt cắt gọi là trục trung hoà, ký hiệu (x-x). Với mặt cắt đối xứng có trục trung hoà vuông góc với trục đối xứng và đi qua trọng tâm của mặt cắt (hình 10.16).



Hình 10.16

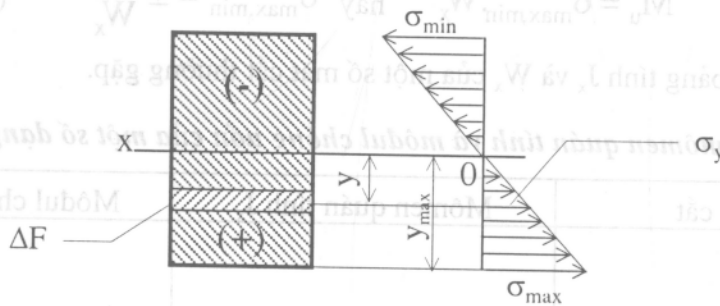
Như vậy biến dạng trong thanh là biến dạng dọc không đồng nhất. Biến dạng dọc tương đối ϵ biến đổi liên tục. Tại lớp trung hoà $\epsilon = 0$; ϵ tăng dần về phía mặt thanh bị cong lồi và giảm dần về phía mặt thanh bị cong lõm. Biến dạng đạt trị số cực đại $\epsilon_{\max}$ tại mặt thanh bị lồi và cực tiểu $\epsilon_{\min}$ tại mặt thanh bị lõm.

10.5.4. Ứng suất trên mặt cắt dầm chịu uốn

a) Sự phân bố ứng suất trên mặt cắt dầm chịu uốn

Từ quan sát biến dạng ở trên, ta thấy trên mặt cắt dầm chịu uốn phát sinh ứng suất pháp, ký hiệu σ_y .

Theo định luật Húc về biến dạng dọc: $\sigma = \epsilon \cdot E$, vì biến dạng dọc tương đối, ϵ biến đổi liên tục từ trong thanh ra mặt ngoài thanh nên ứng suất trong mặt cắt của thanh cũng thay đổi tỷ lệ với ϵ . Sự phân bố ứng suất trong mặt cắt của dầm được biểu thị bằng biểu đồ (hình 10.17).



Hình 10.17

Tại mặt ngoài phần thanh bị giãn phát sinh ứng suất pháp lớn nhất $\sigma_{\max} > 0$; ở phía ngoài phần thanh bị co phát sinh ứng suất nhỏ nhất $\sigma_{\min} < 0$. Ứng suất giảm dần vào đến trục trung hoà có trị số $\sigma = 0$.

Tại điểm cách trục trung hoà một khoảng cách y_i ứng suất là σ_{yi} , ta có quan hệ:

$$\sigma_{yi} = \sigma_{\max, \min} \cdot \frac{y_i}{y_{\max}}$$

Trong đó $y_{\max}$ là khoảng cách từ trục trung hoà tới vỏ thanh.

b) Tính ứng suất lớn nhất

Chia mặt cắt F thành n phần $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ có khoảng cách tới trục trung hoà là $y_1, y_2, \dots, y_n$ (y_i), mỗi phần đủ nhỏ để có thể coi trên đó có ứng suất σ_{yi} phân bố đều.

Như vậy nội lực uốn trên mỗi phần tử diện tích F_i ký hiệu là M_i được xác định như sau:

$$M_i = \sigma_{yi} \cdot F_i \cdot y_i$$

Mà $M_u = \sum M_i = \sum \sigma_{yi} \cdot F_i \cdot y_i$ ($i=1, 2, \dots, n$)

Từ đó ta có:

$$M_u = \sum_{i=1}^n \sigma_{yi} \cdot F_i \cdot y_i$$

Theo công thức tính $\sigma_{y_i} = \sigma_{\max, \min} \cdot y_i / y_{\max}$ ta có:

$$M_u = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{\max, \min} \cdot y_i}{y_{\max}} \cdot F_i \cdot y_i = \frac{\sigma_{\max, \min}}{y_{\max}} \cdot \sum F_i y_i^2$$

Đặt: $J_x = \sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i^2$ (J_x gọi là mô men quán tính của mặt cắt đối với trục trung hoà, đơn vị là m^4)

Thay vào biểu thức trên ta có:

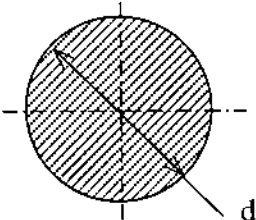
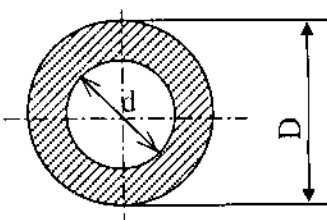
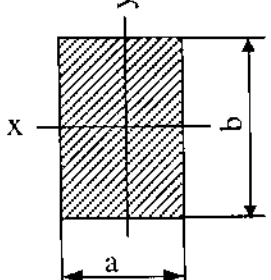
$$M_u = \frac{\sigma_{\max, \min}}{y_{\max}} \cdot J_x \quad \text{Đặt} \quad \frac{J_x}{y_{\max}} = W_x$$

W_x đặc trưng cho khả năng chống uốn của thanh được gọi là môđul chống uốn của mặt cắt đối với trục trung hoà, đơn vị là m^3 . Ta có:

$$M_u = \sigma_{\max, \min} W_x \quad \text{hay} \quad \sigma_{\max, \min} = \pm \frac{M_u}{W_x} \quad (10-17)$$

Dưới đây là bảng tính J_x và W_x của một số mặt cắt thường gặp.

Bảng mômen quán tính và môđul chống uốn của một số dạng mặt cắt

Dạng mặt cắt	Mômen quán tính J_x	Môđul chống uốn W_x
	$\frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$\frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3$
	$0,5 \cdot D^4 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$	$0,1 \cdot D^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$
	$J_x = \frac{a \cdot b^3}{12}$ $J_y = \frac{b \cdot a^3}{12}$	$W_x = \frac{a \cdot b^2}{6}$ $W_y = \frac{b \cdot a^2}{6}$

10.5.5. Tính toán về uốn

a) Điều kiện bền của thanh chịu uốn

Muốn một thanh chịu uốn bền thì ứng suất pháp lớn nhất tại mặt cắt nguy hiểm phải nhỏ hơn hay tối đa bằng ứng suất cho phép, nghĩa là:

$$\sigma_{\max, \min} = \pm \frac{M_u}{W_x} \leq [\sigma_{k, n}] \quad (10-17)$$

Khi áp dụng điều kiện cần chú ý: với dầm làm bằng vật liệu có $[\sigma_k] = [\sigma_n] = [\sigma]$ ta chỉ cần kiểm tra cường độ ứng suất kéo $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$; với dầm làm bằng vật liệu $[\sigma_k] < [\sigma_n]$ điều kiện bền của dầm bao gồm cả hai điều kiện.

$$\begin{cases} \sigma_{\max} \leq [\sigma_k] \\ |\sigma_{\min}| \leq [\sigma_n] \end{cases}$$

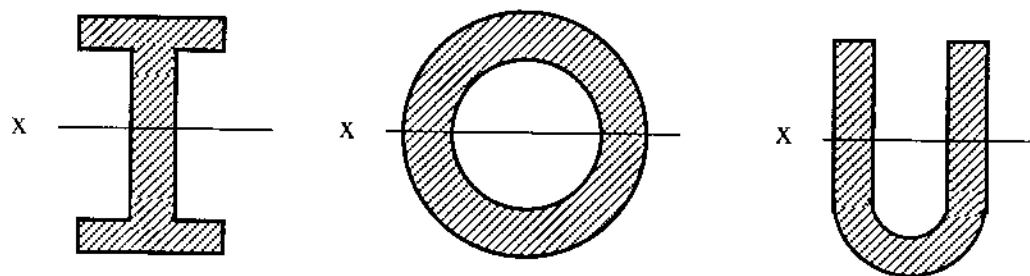
b) Chọn kích thước mặt cắt

Từ điều kiện bền, kích thước mặt cắt (W_x) chọn theo công thức:

$$W_x = \pm \frac{M_{u(\max)}}{[\sigma_{k, n}]} \quad (10-18)$$

c) Mặt cắt hợp lý của dầm

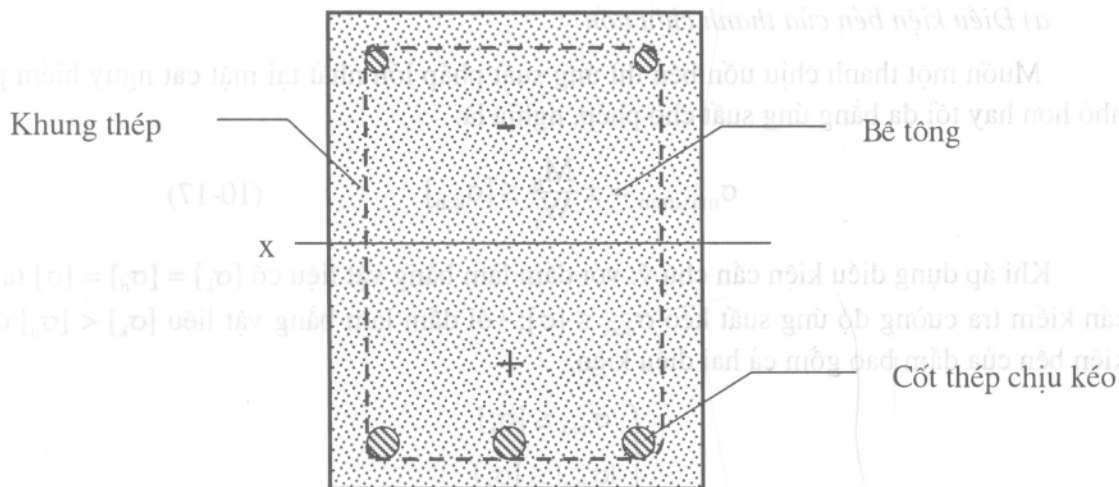
Căn cứ vào biểu đồ phân bố ứng suất ta thấy, vật liệu càng gần trục trung hoà chịu ứng suất càng nhỏ, vật liệu càng xa trục chịu ứng suất càng lớn. Cho nên khi thiết kế mặt cắt thanh chịu uốn nên đưa phần lớn vật liệu của mặt cắt ra xa trục trung hoà, làm như thế môđul chống uốn sẽ tăng lên và trị số $\sigma_{\max, \min}$ sẽ giảm xuống. Mặt cắt hợp lý của thanh chịu uốn thường thấy ở các dạng sau đây (hình 10.18):



Hình 10.18

Với các dầm bê tông cốt thép: Căn cứ vào tính chất cơ học của vật liệu, vật liệu giòn (bê tông) chịu nén tốt nhưng chịu kéo kém, nên khi đúc dầm cần tăng cường vật liệu chịu kéo tốt (kim loại - thép xây dựng) về phía phần thanh chịu kéo. Mặt cắt của dầm bê tông có dạng như sau (hình 10.19):

Vật liệu kim loại được tăng cường chủ yếu về phần thanh chịu kéo - xa trục trung hoà.



Hình 10-19

CÂU HỎI ÔN TẬP

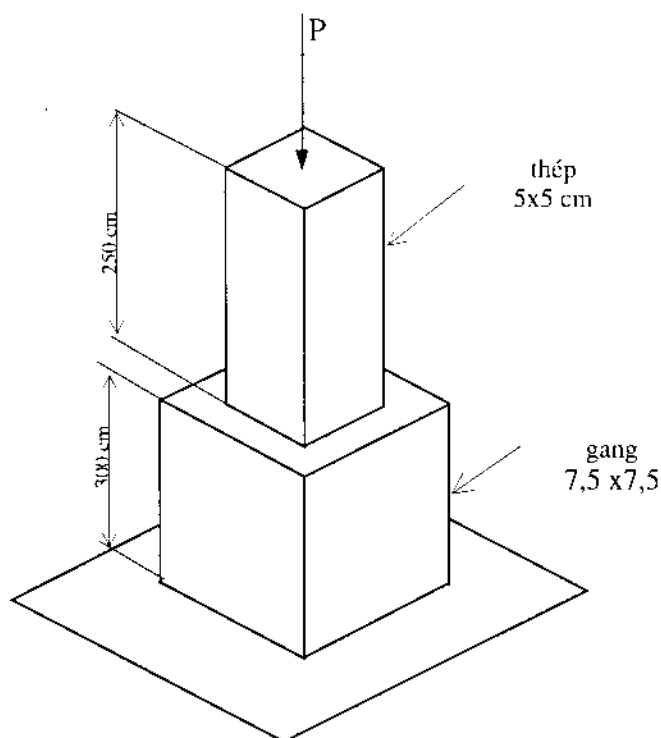
1. Thế nào là thanh chịu kéo, nén đúng tâm? Tên gọi, ký hiệu và cách tính ứng suất trong thanh chịu kéo, nén?
2. Viết và giải thích công thức tính biến dạng thanh chịu kéo, nén? Phát biểu định luật Húc về kéo, nén?
3. Thế nào là thanh chịu cắt, đập? Tên gọi, ký hiệu, cách tính ứng suất trong thanh chịu cắt, đập? Tính toán về cắt, đập như thế nào?
4. Thế nào là thanh chịu xoắn? Trong thanh chịu xoắn phát sinh ứng suất gì? Qui luật phân bố ra sao? Viết và giải thích công thức tính ứng suất lớn nhất trong mặt cắt thanh chịu uốn?
5. Thế nào là thanh chịu uốn? Nội lực trong thanh chịu uốn có tính chất gì? Nêu rõ thành phần ứng suất phát sinh? Qui luật phân bố ra sao?
6. Phát biểu và viết biểu thức điều kiện bền của thanh chịu kéo, nén, cắt, đập, xoắn, uốn?

BÀI TẬP

1. Với thanh thép dài $l = 4\text{m}$, đường kính $d = 12\text{m}$, cần phải đặt lực P như thế nào để nó bị giãn $0,5\text{cm}$? Ứng suất phát sinh khi tác dụng lực đó. Biết $E = 2 \cdot 10^5 \text{MN/m}^2$.
ĐS: $P = 2,8 \cdot 10^3 \text{KN}$; $\sigma = 200 \text{MN/m}^2$.
2. Thanh thẳng gồm 2 phần, phần trên bằng thép, phần dưới bằng gang có kích thước như hình 10.20. Dưới tác dụng của lực nén đúng tâm $\vec{P}$ thanh bị co lại một đoạn là $0,02\text{cm}$.

Xác định trị số của lực P . Biết mô đun đàn hồi của gang là $E = 1,2 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2$, của thép là $2 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2$.

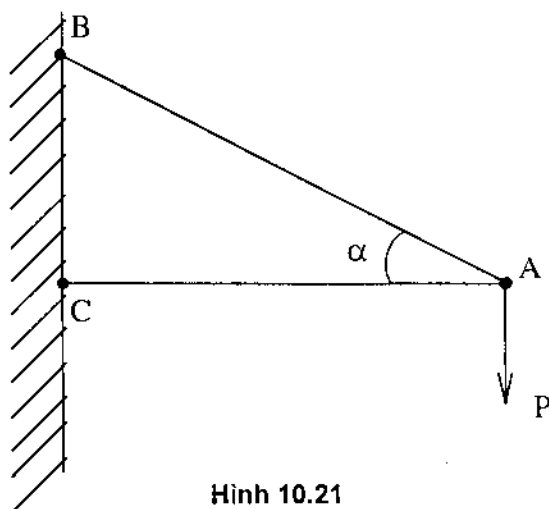
ĐS: $P = 212 \text{ kN}$.



Hình 10.20

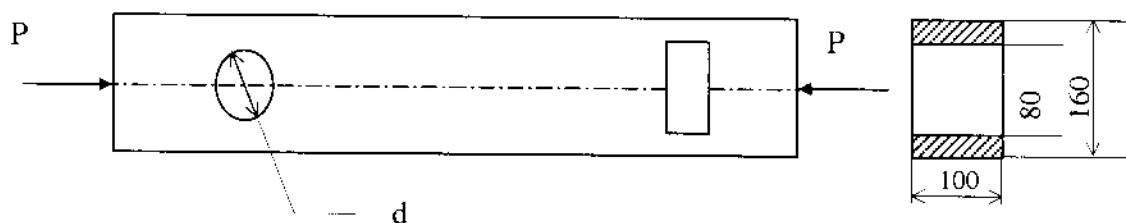
3. Giá đỡ ABC gồm thanh AB bằng thép mật cắt tròn ứng suất cho phép $\{\sigma\}_{\text{thép}} = 14 \text{ kN/cm}^2$ và thanh AC bằng gỗ mật cắt vuông, ứng suất cho phép $\{\sigma\}_{\text{gỗ}} = 1,3 \text{ kN/cm}^2$. Tại A có lực $P = 50 \text{ kN}$ tác dụng (hình 10.21). Xác định kích thước của các thanh đó. Biết $\alpha = 30^\circ$.

ĐS: $a \approx 90 \text{ mm}$; $d = 33 \text{ mm}$.



Hình 10.21

4. Kiểm tra cường độ của một thanh gỗ. Trên thanh có các lỗ thủng như hình 10.22. Lỗ tròn có đường kính $d = 60\text{cm}$, lỗ chữ nhật có kích thước là 4cm và 8cm . Thanh chịu lực nén $P = 72\text{kN}$.



Hình 10.22

Phần III

CHI TIẾT MÁY

Chương 11

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MÁY VÀ CƠ CẤU

11.1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

11.1.1 Khâu và chi tiết máy

a) Tiết máy

Tiết máy (còn gọi là chi tiết máy): Là bộ phận không thể tháo rời ra được nữa của máy. Chi tiết máy được chia làm hai nhóm:

+ Chi tiết máy thông thường như: vít, đai ốc, đinh tán, vòng đệm, bánh răng, trục,..v.v...

+ Chi tiết máy đặc biệt như: xi lanh, pít tông, thanh truyền, trục khuỷu.

Đối tượng nghiên cứu của phần này là các chi tiết máy thông thường có công dụng chung và được dùng trong nhiều máy khác nhau.

Ngày nay hầu hết các chi tiết máy đều được tiêu chuẩn hoá nhằm mục đích đảm bảo tính đồng nhất và khả năng đổi lẫn cho nhau, thuận tiện cho việc sử dụng và chế tạo hàng loạt.

b) Khâu

Là tập hợp của một hay vài chi tiết máy lắp ghép chặt với nhau tạo thành một vật thể động gọi là khâu động của cơ cấu hay của máy.

Ví dụ: Thanh truyền của động cơ đốt trong là một khâu động được lắp ghép từ các chi tiết như thân, nắp, ổ, các bulông...

Tất cả những chi tiết máy cố định hợp thành một hệ thống cứng và cố định gọi là khâu cố định hay giá.

Ví dụ: Thân động cơ, ổ trục,... trong bất kỳ cơ cấu hay máy nào đều chỉ có một khâu cố định và có nhiều khâu động.

11.1.2. Khớp động

Là chỗ nối động giữa hai khâu.

Khớp động phân ra hai loại: khớp sơ cấp và khớp cao cấp.

* Khớp sơ cấp: Là khớp mà chỗ tiếp xúc giữa các khâu là mặt như khớp bản lề, khớp cầu, khớp vít...

* Khớp cao cấp: Là khớp động mà chỗ tiếp giữa các khâu là đường hoặc điểm.

11.1.3 Chuỗi động

Là một hệ thống các khâu được nối với nhau bằng các khớp động. Chuỗi động được phân thành các loại sau:

* Chuỗi đơn giản: Là chuỗi trong đó mỗi khâu tham gia không quá 2 khớp động.

* Chuỗi phức tạp: Là chuỗi trong đó có ít nhất một khâu tham gia trên hai khớp động. Chuỗi động đơn giản và phức tạp đều chia ra làm chuỗi kín và chuỗi hở:

* Chuỗi kín: Là chuỗi động mà trong đó không có khâu nào chỉ có một khớp động.

* Chuỗi hở: Là chuỗi trong đó có những khâu chỉ tham gia vào một khớp động.

11.1.4 Cơ cấu

Cơ cấu là một loại chuỗi động trong đó khi cho trước chuyển động tương đối của một hay nhiều khâu đối với các khâu bất kỳ khác thì những khâu còn lại có chuyển động hoàn toàn xác định.

Khâu có chuyển động cho trước gọi là khâu dẫn, các khâu khác có qui luật chuyển động được xác định theo qui luật chuyển động của khâu dẫn gọi là khâu bị dẫn.

Như vậy đặc trưng cơ bản của cơ cấu là tính xác định của chuyển động của tất cả các khâu khi đã cho trước chuyển động của khâu dẫn.

11.1.5 Máy

Máy là tập hợp của một hay nhiều cơ cấu, dùng để thực hiện một công có ích cần thiết trong quá trình sản xuất hay biến đổi năng lượng.

Máy có nhiều loại khác nhau, căn cứ vào tính năng và tác dụng mà chia máy làm 3 loại.

a. *Máy năng lượng*: Có nhiệm vụ biến các dạng năng lượng thành cơ năng như động cơ điện, động cơ nổ v.v... hoặc biến đổi cơ năng thành các năng lượng khác như máy nén khí, máy phát điện v.v...

b. *Máy công tác*: Có nhiệm vụ biến đổi trạng thái, tính chất, hình dạng, vị trí của vật liệu hoặc đối tượng được gia công, như máy cắt gọt kim loại, máy dệt, máy in.

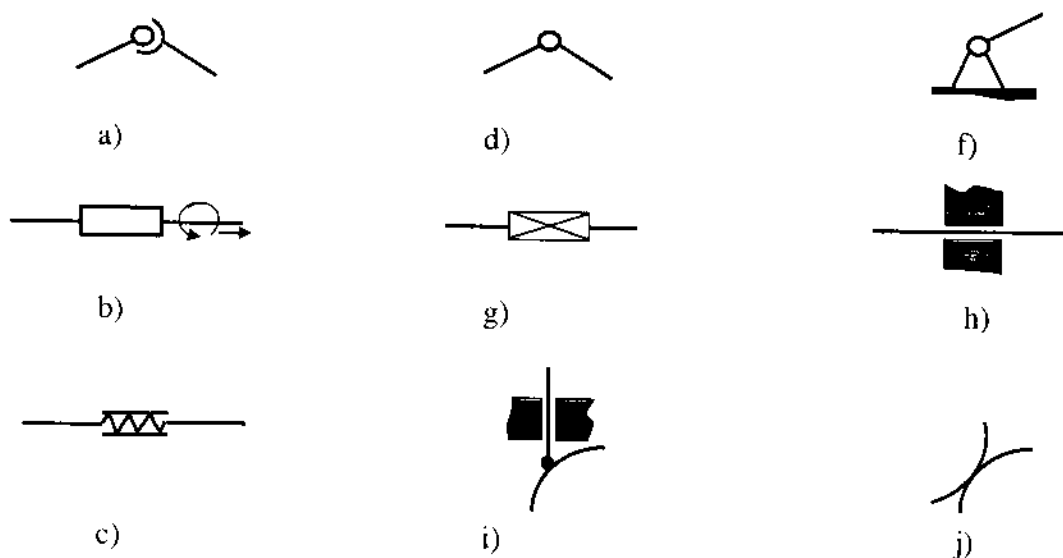
c. *Máy tổ hợp*: Là máy công tác có động cơ riêng để vừa tự cung cấp năng lượng vừa thực hiện nhiệm vụ công nghệ như các máy vận chuyển, máy gặt, đập liên hợp...

Máy tổ hợp có thể ở dạng vạn năng, sử dụng thông dụng trong nhiều ngành sản xuất, đồng thời máy tổ hợp còn phát triển ở dạng hoàn chỉnh, có trang bị thêm thiết bị điều khiển, theo dõi, kiểm tra... để tự động thực hiện quá trình công nghệ sản xuất nhằm không ngừng nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm và giảm nhẹ sức lao động của con người.

11.2 LƯỢC ĐỒ ĐỘNG VÀ SƠ ĐỒ ĐỘNG

11.2.1 Lược đồ khớp, khâu, cơ cấu

Để tiện cho việc nghiên cứu, các khớp động được biểu diễn bằng lược đồ qui ước đơn giản (hình 11.1).



Hình 11.1

a: Khớp cầu

b: Khớp trụ

c: Khớp vít

d, f: Khớp quay

g, h: Khớp tịnh tiến

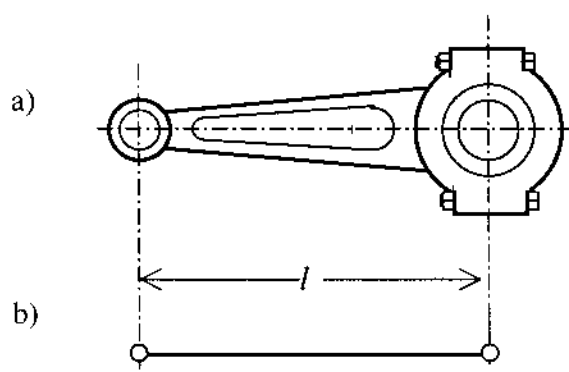
i: Cam

j: Khớp cao cấp

Các khâu trong cơ cấu được biểu diễn bằng các lược đồ. Trên lược đồ khâu phải biểu diễn đầy đủ các khớp động và cho các kích thước quyết định tính chất chuyển động của cơ cấu. Những kích thước này gọi là kích thước động của khâu.

Các kích thước động của khâu là các kích thước xác định vị trí tương đối của các khớp động trên khâu.

Ví dụ: Thanh truyền (hình 11.2a) trong cơ cấu thanh truyền tay quay có thể biểu diễn bằng lược đồ động như hình 11.2b, l là kích thước động của khâu.



Hình 11.2

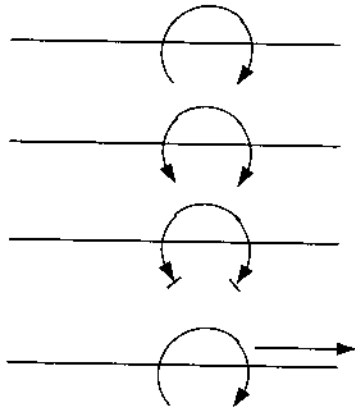
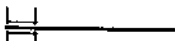
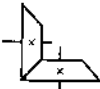
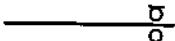
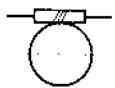
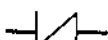
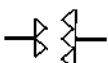
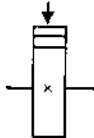
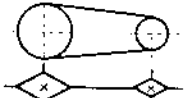
Khi các khâu, các khớp động trong một cơ cấu được lược đồ hoá thì ta có lược đồ cơ cấu.

11.2.2 Sơ đồ động

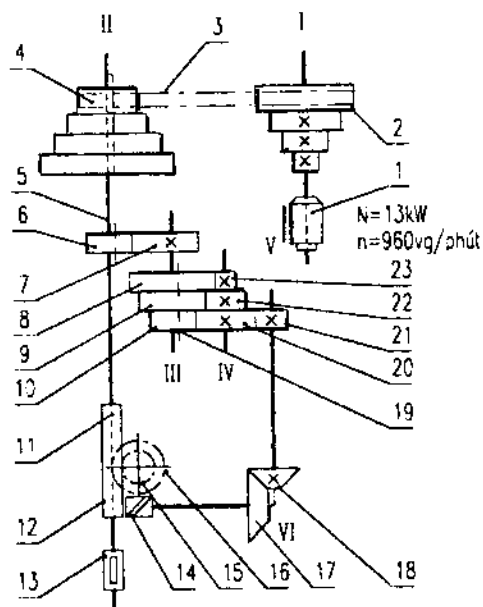
Trong máy các khâu nối động với nhau để truyền chuyển động và thực hiện một quy luật chuyển động nhất định. Để đơn giản khi vẽ, ta qui ước cách biểu diễn truyền động của các khâu bằng các hình vẽ trong bảng sau:

Một số ký hiệu quy ước dùng cho sơ đồ động

Tên gọi	Ký hiệu qui ước	Tên gọi	Ký hiệu qui ước
Chuyển động thẳng		Chuyển động quay	
- một phía		- một phía	
- hai phía		- hai phía	
- đi lại		- quay lắc	
- không liên tục		- không liên tục	
- có điều khiển		- có điều khiển	
- có giới hạn		- có giới hạn	
(khi cần phải xác định chiều dài khoảng di chuyển, số đo chiều dài đặt gần mũi tên)		(khi cần phải xác định góc quay thì trị số góc đặt gần mũi tên)	

Chuyển động quay của trục - Một phía (theo chiều kim đồng hồ) - Hai phía - Quay lắc - Chuyển động xoắn ốc (phải)			
Các loại trục, thanh truyền		Truyền động bánh răng trụ	
Ổ trượt		Bánh răng côn răng thẳng	
Ổ lăn		Bánh vít trục vít	
Khớp nối đàn hồi		Bánh răng thanh răng	
Ngàm cố vấu 1 phía		Truyền động đai	
Khớp an toàn		Phanh má	
Tay quay			
Truyền động bằng xích			

Ví dụ: Sơ đồ động máy khoan



CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1) Nêu định nghĩa về tiết máy, khâu, khớp động, chuỗi động?
- 2) Nêu định nghĩa về cơ cấu, máy?
- 3) Thế nào là lược đồ động, sơ đồ động?
- 4) Nêu định nghĩa về máy cơ khí, phân biệt máy năng lượng, máy công tác và máy tổ hợp.

Chương 12

CÁC MỐI GHÉP CƠ BẢN

Để hợp thành 1 máy, các tiết máy được liên kết với nhau dưới 2 hình thức: liên kết động và liên kết cố định.

- * Liên kết động như bản lề, trục, ổ trục, các cặp bánh răng, đai truyền v.v...
- * Liên kết cố định như mối ghép đinh tán, ghép bằng hàn, ghép bằng ren, then.

Liên kết cố định được sử dụng do sự cần thiết đơn giản hoá việc chế tạo, giảm nhẹ lắp ráp sửa chữa và vận chuyển. Tùy theo cách ghép, liên kết cố định được chia ra mối ghép tháo được và mối ghép không tháo được.

+ Mối ghép không tháo được: Để lắp ghép cố định các tiết máy hoặc các bộ phận máy lại với nhau. Sau khi lắp ghép không thể tháo rời chúng được, vì nếu tháo rời sẽ làm hư hỏng các tiết máy hoặc các bộ phận máy đó như mối ghép đinh tán, ghép bằng hàn.

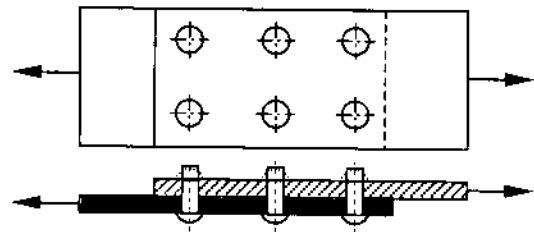
+ Mối ghép tháo được: Cho phép tách bộ phận hoặc tiết máy rời nhau khi cần thiết và sau đó lắp ráp lại bình thường như ghép bằng ren, ghép bằng then.

Mối ghép là yếu tố quan trọng của tổng thành máy. Nhiều sự cố của máy xảy ra là do kết cấu các mối ghép không hợp lý, hoặc chất lượng ghép không đạt yêu cầu kỹ thuật. Do vậy trong chương này chúng ta nghiên cứu về đặc điểm, phạm vi ứng dụng, kết cấu, trạng thái làm việc của các mối ghép.

12.1 GHÉP BẰNG ĐINH TÁN

12.1.1. Đặc điểm

Ghép bằng đinh tán là mối ghép không tháo được. Muốn ghép các thiết bị máy với nhau bằng đinh tán người ta phải đột hoặc khoan lỗ trên các tiết máy ghép, đặt đinh tán có 1 đầu mũ sẵn vào lỗ, sau đó dùng búa đặc biệt tán đầu mũ còn lại gọi là mũ tán (hình 12.1).



Hình 12.1

Đinh tán thường làm bằng kim loại dẻo có ít các bon như CT_2 , CT_3 , v.v... hoặc kim loại mầu như đồng, nhôm và tốt nhất là cùng mác thép với kim loại mối ghép. Lỗ đinh chế tạo bằng cách đột hoặc khoan, hoặc trước đột sau khoan. Đột là phương pháp có năng suất cao nhưng chỉ dùng với những tấm thép không dày quá 25mm, đột thường tạo nên những vết nứt nhỏ quanh mép lỗ, nên ở những mối ghép quan trọng cần chữa lại một lượng dư

khoảng 2 - 3mm theo đường kính, để sau khi đột tiến hành khoan làm mất các vết nứt do đột gây nên.

Mũi tán có thể tán nguội (không nung nóng) hoặc tán nóng (nung phần tán đến $t'' = 1000 - 1100^{\circ}\text{C}$) bằng búa tán đinh hoặc máy tán đinh khí ép.

Tán nguội dùng cho các đinh tán bằng thép có đường kính dưới 10mm hoặc đinh tán bằng kim loại màu có đường kính bất kỳ.

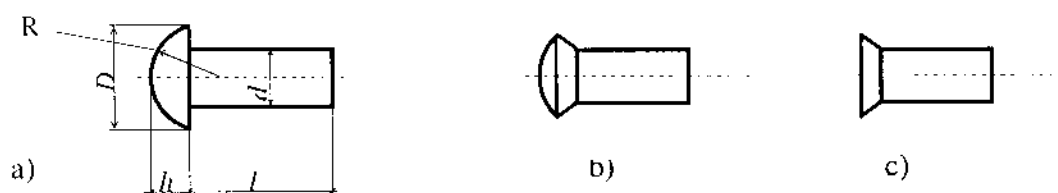
Tán nóng dùng cho các đinh tán có đường kính trên 10 mm. Để mối ghép được kín cần tán biên bằng cách dùng đục và búa tán quanh mép biên.

Tuỳ theo mũi đinh có thể chia ra các loại: đinh tán mũ tròn, mũ côn, mũ chìm, mũ nửa chìm (hình 12.2).

Đinh tán mũ tròn (hình 12.2a) để chế tạo nên được dùng nhiều hơn cả. Các kích thước của đinh tán mũ tròn: $R = (0,85 \div 1)d$; $D = (1,6 \div 1,75)d$; $h = (0,6 \div 0,65)d$.

và chiều dài thân đinh $l = \sum S + (1,5 \div 1,7) d$

(d : là đường kính thân đinh tán, S là chiều dày tấm ghép).



Hình 12.2

Khi thiếu chỗ để đặt đinh tán mũ tròn, dùng đinh tán mũ chìm hình 12.2b hoặc đinh tán mũ nửa chìm hình 12.2c. Trong trường hợp ghép vải hoặc da dùng đinh tán rỗng.

12.1.2. Ứng dụng

Mối ghép đinh tán có ưu điểm là chắc chắn, dễ kiểm tra chất lượng, ít làm hư hỏng các tiết máy khi cần tháo rời. Nhược điểm của mối ghép đinh tán là tốn kim loại, hình dạng và kết cấu không hợp lý, giá thành cao nên phạm vi ứng dụng của nó thu hẹp dần và trong nhiều trường hợp thay thế bằng mối ghép hàn.

Tuy nhiên ghép bằng đinh tán thường dùng trong các trường hợp sau:

* Những mối ghép đặc biệt quan trọng hoặc những mối ghép chịu tải trọng chấn động và đập (như dàn thành cầu).

* Những mối ghép nếu đốt nóng sẽ bị cong vênh hoặc giảm chất lượng, do đó không nên hàn.

* Những mối ghép bằng các vật liệu chưa hàn được.

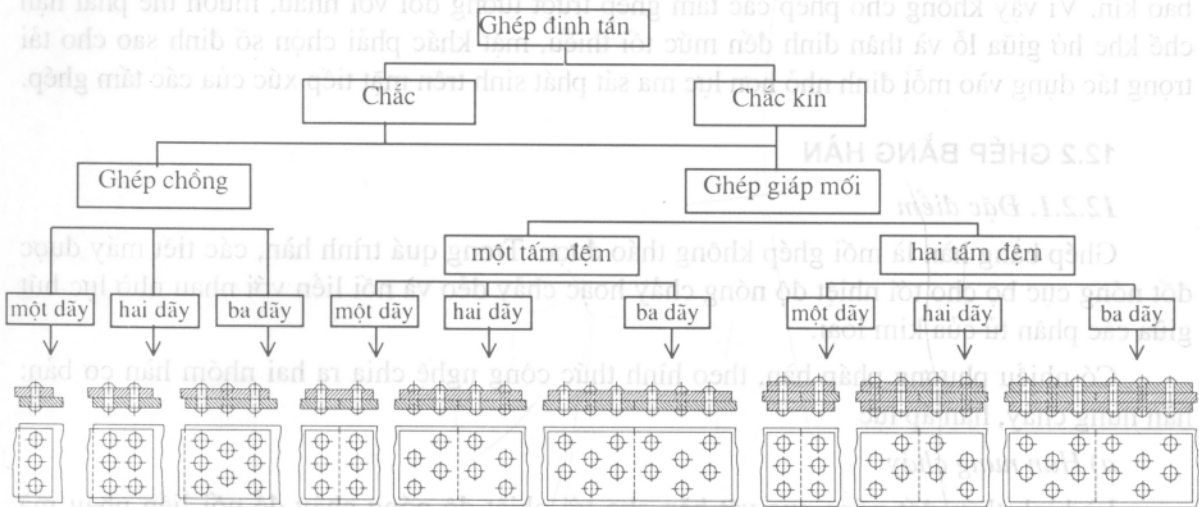
12.1.3. Kết cấu mối ghép đinh tán

Theo công dụng, mối ghép đinh tán được chia ra:

- Mối ghép chắc, được dùng trong các kết cấu như cầu, dàn trục...
- Mối ghép chắc kín, dùng trong chế tạo nồi hơi, bình chứa có áp suất cao...

Theo hình thức ghép nối ghép đỉnh tán chia ra:

- Mối ghép chồng có 1, 2 hoặc 3 dãy đỉnh tán.
- Mối ghép giáp mối có 1 hay 2 tấm đệm có 1, 2, 3 dãy đỉnh, hình vẽ 12.3 giới thiệu kết cấu của mối ghép đỉnh tán:



Hình 12.3

12.1.4. Trạng thái làm việc của mối ghép đỉnh tán

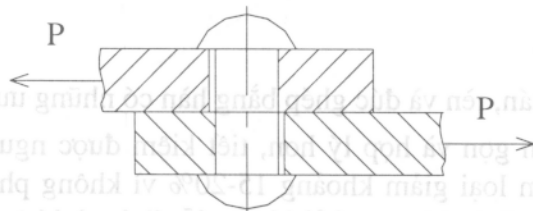
a) Trường hợp tán nóng

Lúc nguội thân đinh co lại theo chiều dọc và ngang, đinh co theo chiều dọc xiết chặt các tấm ghép lại với nhau, nhờ đó trên mặt tiếp xúc giữa các tấm ghép phát sinh lực ma sát F_{ms} (hình 12.4)

Tiết diện co lại tạo nên khe hở giữa lỗ và thân đinh.

Khi tải trọng nhỏ hơn lực ma sát, tải trọng truyền tấm ghép nọ sang tấm ghép kia nhờ lực ma sát.

Nếu tải trọng lớn hơn lực ma sát, các tấm ghép sẽ trượt tương đối với nhau một quãng bằng khe hở giữa lỗ và thân đinh làm cho đỉnh tán chịu cắt, đập và uốn ảnh hưởng đến độ bền của mối ghép.



Hình 12.4

b) Trường hợp tán nguội

Giữa lỗ và thân đinh không có khe hở, cho nên khi tải trọng tác dụng thì thân đinh truyền ngay tải trọng từ tấm ghép này sang tấm ghép khác làm cho đỉnh tán chủ yếu là chịu cắt.

Bởi vậy trong các mối ghép đinh tán người ta có xu hướng tán nguội, hoặc chỉ đốt nóng cục bộ phần đầu đinh cần tán mũ, gia công kích thước lỗ gấn bằng thân đinh và khi cho đinh vào lỗ phải đóng búa để hạn chế khe hở.

Đặc biệt trong mối ghép chắc kín không những phải đảm bảo sức bền mà còn phải đảm bảo kín. Vì vậy không cho phép các tấm ghép trượt tương đối với nhau, muốn thế phải hạn chế khe hở giữa lỗ và thân đinh đến mức tối thiểu, mặt khác phải chọn số đinh sao cho tải trọng tác dụng vào mỗi đinh nhỏ hơn lực ma sát phát sinh trên mặt tiếp xúc của các tấm ghép.

12.2 GHÉP BẰNG HÀN

12.2.1. Đặc điểm

Ghép bằng hàn là mối ghép không tháo được. Trong quá trình hàn, các tiết máy được đốt nóng cục bộ cho tới nhiệt độ nóng chảy hoặc chảy dẻo và nối liền với nhau nhờ lực hút giữa các phân tử của kim loại.

Có nhiều phương pháp hàn, theo hình thức công nghệ chia ra hai nhóm hàn cơ bản: hàn nung chảy, hàn áp lực

a) Hàn nung chảy

Là hình thức đốt nóng cục bộ vật hàn cho tới nhiệt độ nóng chảy để nối liền nhau mà không cần tới lực để ép chúng. Hàn nung chảy gồm có hàn điện, hàn hơi, hàn tia la ze v.v... trong đó hàn điện được dùng nhiều nhất có thể tiến hành bằng tay hoặc tự động, hàn hồ quang Plát-ma. Hàn tự động dưới lớp thuốc. Hàn nóng chảy đạt năng suất cao, đỡ tổn vật liệu que hàn, bảo đảm mối hàn đồng đều, có cơ tính cao và không phụ thuộc vào trình độ kỹ thuật của công nhân hàn. Hàn tay nhiệt lượng của hồ quang điện làm nóng chảy và lấp đầy rãnh. Để giữ cho kim loại không bị ô xi hoá và hồ quang cháy ổn định, ở ngoài que hàn quét 1 lớp thuốc hàn mỏng hoặc dây (với loại que hàn có lớp thuốc hàn mỏng sức bền mối hàn không được cao, loại que hàn có lớp thuốc hàn dây sức bền mối hàn cao hơn).

b) Hàn áp lực

Là hình thức đốt nóng cục bộ vật hàn tới trạng thái dẻo và phải dùng lực ép chúng lại. Hàn áp lực gồm hàn điện tiếp xúc (hàn điểm, hàn đường, hàn giáp mép), hàn khí ép, hàn cao tần, hàn rèn. Những kim loại như gang không thể hàn áp lực, thép có hàm lượng cacbon quá 0,1% hàn áp lực cũng rất khó khăn, trong hàn áp lực hàn điện tiếp xúc được dùng nhiều hơn cả.

12.2.2. Ứng dụng

So với ghép đinh tán, rèn và đúc ghép bằng hàn có những ưu điểm sau:

- Kết cấu mối hàn gọn và hợp lý hơn, tiết kiệm được nguyên vật liệu. So với ghép đinh tán khối lượng kim loại giảm khoảng 15-20% vì không phải ghép chồng hoặc dùng tấm đệm, không có mũ đinh, không phải khoan lỗ đinh và không bị lỗ đinh làm yếu tấm ghép. So với rèn và đúc khối lượng kim loại giảm tới trên 30% vì kết cấu hợp lý hơn, vừa đảm bảo sức bền đồng đều vừa tiết kiệm được vật liệu như trong sản xuất bệ và hộp máy, trong chế tạo bánh răng phần vành làm bằng kim loại có sức bền cao hơn để hàn với phần đĩa bằng kim loại bình thường.

- Công nghệ hàn nhanh gọn hơn, không phải khoan lỗ, tán đinh hoặc phải có những thiết bị lớn để đột và tán, không phải nấu chảy cùng 1 lúc khối lượng lớn kim loại, không phải làm khuôn mẫu. Đặc biệt hàn tự động năng suất cao.

- Dùng hàn có thể phục hồi và sửa chữa các tiết máy hỏng một phần hoặc bị mài mòn.

- Giá thành sản phẩm hàn chỉ bằng 50 - 70% giá thành ghép bằng đinh tán hoặc đúc, nhất là sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

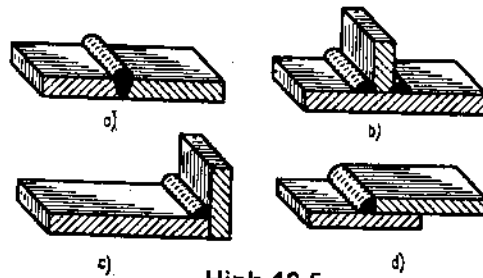
- Do những ưu điểm nói trên, mối ghép hàn ngày càng được sử dụng rộng rãi trong chế tạo máy, chế tạo nồi hơi, bể nước, đường ống, cầu cống, công trình xây dựng v.v...

Tuy nhiên ghép bằng hàn cũng có nhược điểm là chất lượng mối hàn phụ thuộc nhiều vào trình độ công nhân hàn. Sẽ khó kiểm tra chất lượng và các khuyết tật bên trong mối hàn nếu không có những thiết bị đặc biệt.

12.2.3. Các loại mối hàn

- Theo công dụng chia mối hàn ra làm 2 loại: hàn chắc và hàn chắc - kín.

- Theo hình thức ghép chia ra hàn giáp mép, hàn chồng, hàn góc.



Hình 12.5

a) Hàn giáp mép

b) Hàn chữ T

c) Hàn góc

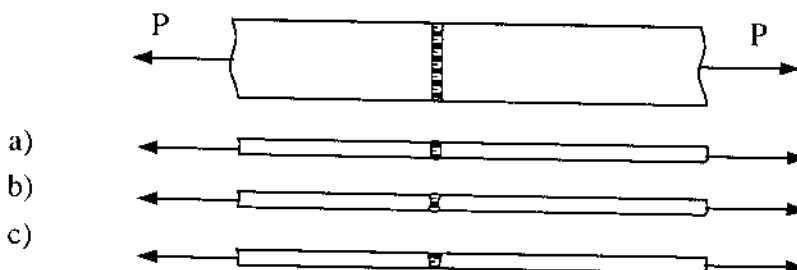
d) Hàn chồng

a) Hàn giáp mép

Dùng để hàn 2 tiết máy lại với nhau (hình 12.5a). Tùy theo chiều dày của kim loại được hàn, các mép được chuẩn bị theo những dạng khác nhau:

- Vát mép dạng chữ I dùng khi ghép vật mỏng có chiều dày $S < 8\text{mm}$ (hình 12.6a).

- Vát mép dạng chữ V, X dùng khi chiều dày vật ghép lớn hơn (hình 12.6b, c)



Hình 12.6

b) Mối hàn chồng

Dùng để ghép hai tấm nối được chồng lên nhau (hình 12.5d). Mối ghép này ít dùng hơn so với hàn giáp mép vì tốn nhiều kim loại, mặt khác hai tấm ghép không cùng nằm trong một mặt phẳng làm cho kết cấu thiếu cân xứng.

c) Mối hàn góc

Để ghép các tiết máy có bề mặt vuông góc với nhau, có thể hàn một bên hoặc hai bên tùy theo cách ghép (hình 12.5c) và trạng thái chịu lực của mối hàn.

Mối hàn góc hai bên được dùng phổ biến vì có độ bền cao, nhất là khi chịu tải trọng tĩnh, nên phần lớn dùng trong các kết cấu chịu uốn.

d) Mối hàn chữ T:

Hình 12.5b được dùng phổ biến, có độ bền cao, đặc biệt chịu tải trọng tĩnh nên phần lớn được dùng trong các kết cấu làm việc chịu uốn. Có thể hàn một bên hoặc hai bên tùy trạng thái chịu lực của mối ghép.

12.2.4. Trạng thái làm việc của mối ghép hàn

Sức bền của mối hàn phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- + Chất lượng của que hàn và vật liệu được hàn.
- + Trình độ kỹ thuật hàn.
- + Đặc tính của tải trọng (tĩnh hoặc động).

Chất lượng mối hàn phụ thuộc vào vật liệu được hàn và que hàn. Nếu vật liệu được hàn không có tính hàn tốt, hoặc que hàn xấu, mối hàn sẽ có nhiều khuyết tật, bị nứt nóng, hoặc nứt nguội... các loại thép ít và vừa cacbon là những vật liệu có tính hàn tốt.

Chất lượng hàn còn phụ thuộc vào kỹ thuật hàn. Nếu kỹ thuật hàn không đảm bảo, hàn sót hoặc hàn chưa ngấu, mối hàn ngậm xỉ v.v... sẽ làm cho sức bền mối hàn giảm thấp, nhất là khi chịu tải trọng lớn hoặc va đập.

Phát sinh ứng suất dư và ứng suất tập trung trong mối hàn có ảnh hưởng lớn đến sức bền mỗi của mối ghép. Vì vậy trong mối ghép chịu tải trọng thay đổi và va đập, phải đặc biệt chú ý về hình dạng và kết cấu.

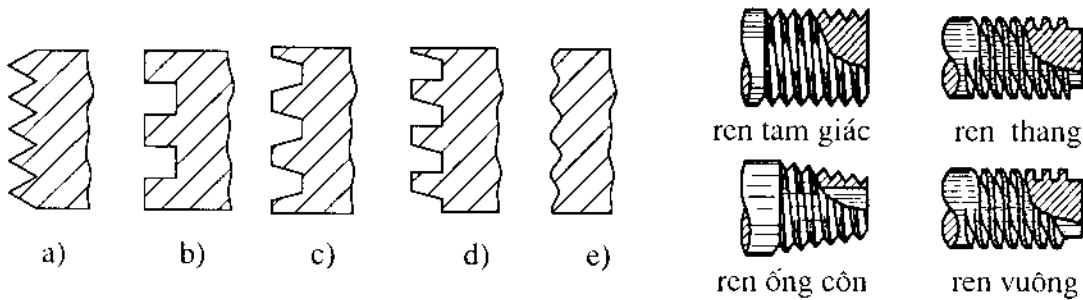
Trong các mối hàn, mối hàn giáp mép có sức bền mỗi cao hơn cả vì ít phát sinh ứng suất tập trung và ứng suất dư hơn so với các kiểu khác. Cần tránh hàn ở những chỗ có thể gây ứng suất tập trung do kết cấu mối ghép tạo nên. Mối hàn phải có chiều dày đều nhau, không nên để 1 lượng kim loại lớn tập trung ở chỗ giao nhau của các mối hàn. Để nâng cao sức bền của mối hàn có thể dùng phương pháp phun bi hoặc miết vào mối hàn. Nên bố trí mối hàn sao cho dễ hàn và dễ kiểm tra.

12.3 GHÉP BẰNG REN

12.3.1. Đặc điểm

Ghép bằng ren là mối ghép tháo được, tức là khi cần thiết có thể tháo rời bộ phận hoặc tiết máy của mối ghép và sau đó lại có thể lắp ráp lại mà không làm hư hỏng bộ phận hoặc tiết máy được ghép.

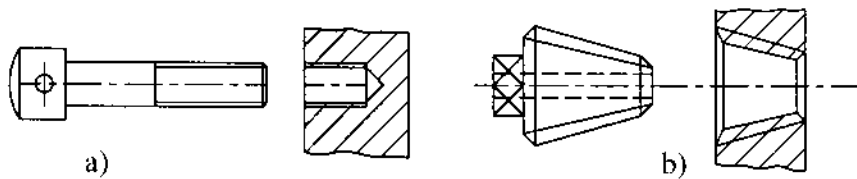
Căn cứ vào biên dạng của ren chia ra: ren tam giác (hình 12.9a), ren vuông (hình 12.9b), ren hình thang (hình 12.9c), ren răng cưa (hình 12.9d), ren tròn (hình 12.9e).



Hình 12.9

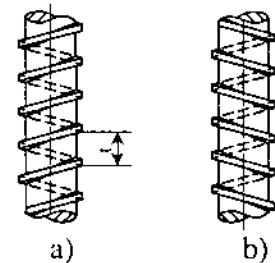
Căn cứ vào hình dạng bề mặt hình thành, chia thành ren trụ và ren côn.

Căn cứ vào vị trí của ren trên bề mặt của trục hay lỗ, chia thành ren ngoài và ren trong, ren côn ren ngoài và ren côn ren trong (hình 12.10)



Hình 12.10

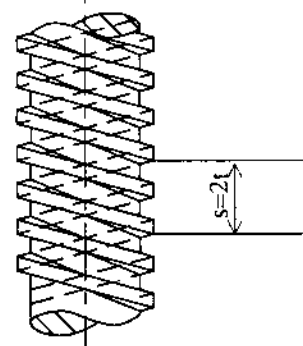
Căn cứ vào hướng xoắn, chia thành ren phải và ren trái. Ren phải có hướng đi lên từ trái sang phải (hình 12.11a), lúc muốn vặn vít hay đai ốc vào mối ghép thì vặn theo chiều kim đồng hồ. Ren trái có hướng ngược lại (hình 12.11b).



Hình 12.11

Căn cứ theo số đầu mối, chia thành ren một đầu mối, ren 2 đầu mối v.v... Nhìn vào mặt đầu có bao nhiêu đường xuất phát của ren là có bấy nhiêu đầu mối (hình 12.12).

Ren nhiều đầu mối dùng trong các mối ghép cần tháo lắp nhanh. Ren và các tiết máy chủ yếu của mối ghép bằng ren (bu lông, đai ốc, vít cấy và vít) phần lớn được tiêu chuẩn và chế tạo ở những nhà máy chuyên trách để cung cấp theo yêu cầu sản xuất (xem TCVN).



Hình 12.12

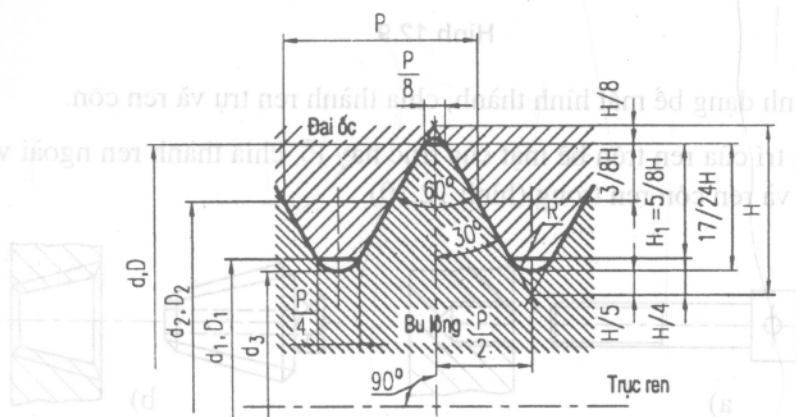
12.3.2. Ứng dụng

Mối ghép ren có ưu điểm là vắn chắc, chắc chắn, dễ tháo lắp, dễ chế tạo và sửa chữa nên được dùng nhiều trong các mối ghép cần tháo lắp thường xuyên. Nhược điểm của mối ghép ren là khi chịu tải trọng biến đổi, thường phát sinh ứng suất tập trung ở chân ren làm cho chân ren bị dạn nứt, dẫn tới tuổi thọ kém.

Ren dùng để ghép chặt, ghép kín và truyền động.

a) Ren để ghép chặt

Biến dạng của ren ghép chặt có hình tam giác (hình 12.13), mặt cắt có hình nên có ma sát lớn, tự hãm tốt, diện tích chân ren chiếm cả bước nên rất khỏe.



Hình 12.13

Tùy theo góc đỉnh ren 2α , ta có ren tam giác hệ mét ($2\alpha = 60^\circ$) và ren tam giác hệ Anh (có $2\alpha = 55^\circ$).

Ren tam giác hệ mét có 2 loại:

+ Ren hệ mét bước lớn, ký hiệu M kèm theo đường kính danh nghĩa (mm) ví dụ M10, M14, M30. Ren bước lớn dùng trong mối ghép vỏ mỏng hoặc mối ghép chịu lực lớn, hoặc biến đổi.

+ Ren hệ mét bước nhỏ, ký hiệu M kèm theo đường kính danh nghĩa (mm) ví dụ M10 x 0,5; M 24 x 2. Ren bước nhỏ dùng trong các chi tiết cần có sự điều chỉnh dọc trục nhỏ, yêu cầu chính xác.

b) Ren ghép kín

Có 2 loại thường dùng: ren ống và ren côn.

+ Ren ống hình trụ ký hiệu Ô, kèm theo đường kính ren theo hệ Anh. Ví dụ Ô2" (" là inch, đọc là in sơ, là đơn vị đo độ dài của Anh, 1 inch = 25,4mm). Ren ống hình côn ký hiệu ÔC, kèm theo đường kính ren theo hệ Anh ví dụ ÔC 3/4".

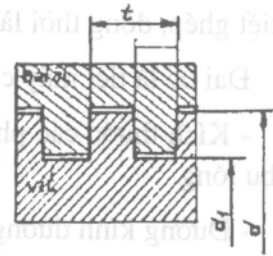
Kích thước ren ống hình trụ và hình côn ghi trong ký hiệu là kích thước lòng ống chứ không phải kích thước đường kính ngoài của ren. Ví dụ như ký hiệu Ô2" thì theo tiêu chuẩn kích thước đường kính ngoài của ren là 59,616mm và đường kính lòng ống là 50mm.

+ Ren côn hệ Anh với biên dạng góc 60° ký hiệu là C, kèm theo đường kính ren hệ Anh. Ví dụ C2”.

c) Ren truyền động

Có 2 loại ren thường dùng: ren vuông và ren thang

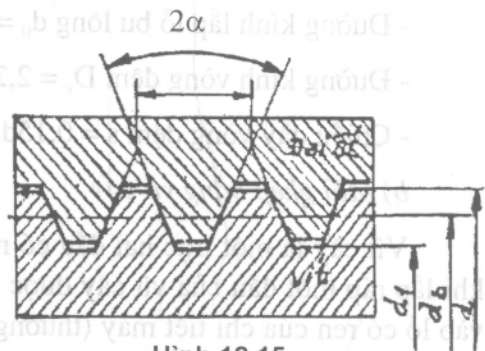
- Ren vuông: Dùng để truyền động vì có hiệu suất cao trước đây dùng trong cơ cấu vít, nay ít dùng vì khi mòn sinh khe hở trục, sức bền kém (chiều rộng chân ren vuông chỉ chiếm có nửa bước). Chế tạo, lắp ghép khó chính xác. Ren vuông chưa được tiêu chuẩn hoá (hình 12.14).



Hình 12.14

- Ren thang: Có tiết diện hình thang cân, có góc ở đỉnh $2\alpha = 30^\circ$, cùng đường kính danh nghĩa có 3 loại bước: lớn, vừa, nhỏ. Hiệu suất kém ren vuông nhưng sức bền chân ren cao (so cùng một bước).

Ren thang dễ lắp ráp có thể điều chỉnh khe hở khi mòn bằng cách bóp đai ốc có sê rãnh dọc. Ren thang được dùng nhiều trong truyền động như vít kích, vít nén. Ren thang đã được tiêu chuẩn hoá. Ren thang 1 đầu mỗi ký hiệu là Th, kèm theo đường kính ngoài và bước ren.



Hình 12.15

Ví dụ: Th 36 x 6 là ren thang có đường kính ngoài 36mm và bước 6mm một đầu mỗi.

Ren thang nhiều đầu mỗi ký hiệu là Th, kèm theo đường kính ngoài, sau đó ghi trong ngoặc đơn 2 số, số thứ nhất là số đầu mỗi, số thứ hai là bước.

Ví dụ:

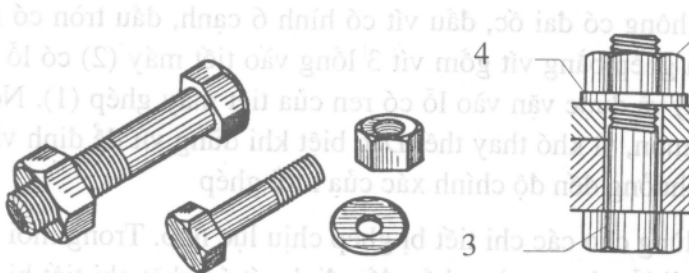
Th 80 x (3 x 20) là ren thang có đường kính ngoài 80mm, 3 đầu mỗi, bước 20mm.

12.3.3. Các mối ghép bằng ren

a) Mối ghép bằng bu-lông

Gồm tiết máy ghép 1 và 2, bu lông 3, vòng đệm 4 và đai ốc 5 (hình 12.16).

Mối ghép bu lông có ưu điểm dễ tháo lắp các tiết máy bằng bất kỳ vật liệu nào, dùng ghép các tiết máy có chiều dày không lớn, cần tháo lắp thường xuyên.



Hình 12.16

Thân bu lông, vòng đệm, đai ốc đều được tiêu chuẩn hoá. Bu lông thân hình trụ, đầu hình 6 cạnh (có khi vuông hoặc tròn) đầu còn lại có ren. Vòng đệm dùng để bảo vệ bề mặt chi tiết ghép, đồng thời làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc mặt tiết máy ghép với đai ốc.

Đai ốc là tiết máy có lỗ ren dùng để vặn vào đầu bu lông, thường đầu có 6 cạnh.

- Kích thước các phần tử của mối ghép bu lông được tính theo đường kính ngoài của ren bu lông.

- Đường kính đường tròn ngoại tiếp với hình 6 cạnh của đầu bu lông và đai ốc $D = 2d$ (d là đường kính ngoài của ren).

- Chiều cao đầu bu lông $h = 0,7d$

- Chiều dài phần ren $l_0 = 2d$

- Chiều cao đai ốc $H = 0,8d$

- Đường kính lắp lỗ bu lông $d_0 = 1,1d$

- Đường kính vòng đệm $D_v = 2,2d$

- Chiều dày vòng đệm $s = 0,15d$

b) Mối ghép bằng vít cấy

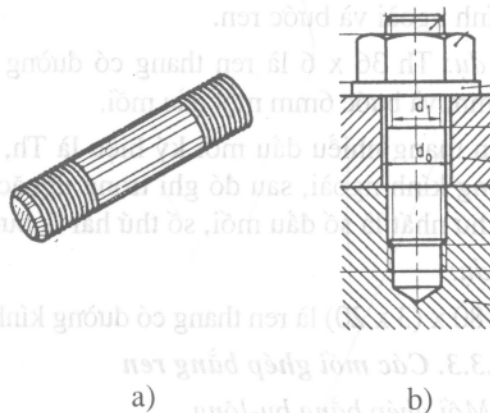
Vít cấy là một trục hai đầu có ren, khi lắp ráp một đầu của vít cấy được lắp vào lỗ có ren của chi tiết máy (thường là cốt máy), lồng chi tiết máy mỏng, vòng đệm, đầu kia vặn đai ốc ta có mối ghép vít cấy (hình 12.17b).

Mối ghép thường được sử dụng trong các mối ghép thường phải tháo lắp để sửa chữa. Khi tháo, vặn đai ốc ra khỏi vít cấy (không tháo phần ren lắp giữa vít cấy với lỗ có ren tránh làm hỏng tiết máy).

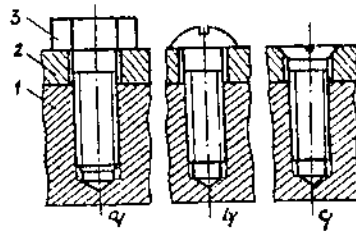
c) Mối ghép đinh vít

Trong mối ghép bằng vít không có đai ốc, đầu vít có hình 6 cạnh, đầu tròn có rãnh hoặc đầu chìm (hình 12.18). Mối ghép bằng vít gồm vít 3 lồng vào tiết máy (2) có lỗ tròn (lỗ tròn có đường kính bằng $1,1d$) và được vặn vào lỗ có ren của tiết máy ghép (1). Nên ít tháo lắp tránh cho lỗ ren khỏi bị mòn, vì khó thay thế. Đặc biệt khi dùng vít để định vị lại, nên ít tháo lắp để không làm ảnh hưởng đến độ chính xác của mối ghép

Mối ghép đinh vít thường dùng cho các chi tiết bị ghép chịu lực nhỏ. Trong mối ghép này, phần ren đinh vít được lắp với lỗ có ren, còn phần đầu đinh vít ép chặt chi tiết bị ghép kia mà không cần đến đai ốc (hình 12.18).



Hình 12.17



Hình 12.18

12.3.4. Trạng thái làm việc

Tùy theo hình thức chịu lực, trạng thái làm việc của mối ghép bằng ren hoặc được ghép lỏng hoặc ghép căng.

Khi ghép lỏng vít hoặc đai ốc vặn vừa đủ chặt, bu lông hoặc vít không có lực căng ban đầu, thân bu lông chịu cắt và dập như trong đinh tán. Khi ghép căng đòi hỏi phải vặn chặt đai ốc hoặc vít để tạo nên lực căng ban đầu trước khi chịu tải trọng tác dụng. Khi vặn chặt đai ốc hoặc vít, thân bu lông hoặc vít chịu tác dụng của các phản lực từ các tấm ghép lên mặt đai ốc và mặt tựa của đầu bu lông đồng thời tạo nên mô men ma sát trên bề mặt ren. Vì vậy ghép căng có tính tự hãm cao, được dùng trong mối ghép chịu tải trọng động. Tuy nhiên, nếu dùng lực vặn quá lớn sẽ làm cháy ren, dẫn đến hư hỏng mối ghép. Để khắc phục tình trạng này nên dùng vòng đệm hãm (vòng đệm vênh), hoặc dùng 2 đai ốc hoặc chốt chẻ.

Trong quá trình mối ghép ren làm việc có thể xảy ra các dạng hỏng sau :

- + Thân bu lông bị kéo đứt tại tiết diện có ren hoặc sát đầu bu lông.
- + Ren bị hỏng do dập mòn, cháy ren.
- + Đầu bu lông bị dập, cắt hoặc uốn.

12.4. GHÉP BẰNG THEN

12.4.1. Đặc điểm và phạm vi ứng dụng của mối ghép bằng then

- Then được dùng trong mối ghép giữa trục và các tiết máy truyền động như ghép bánh răng, đĩa xích, pu li với trục.

- Then truyền mômen quay từ các tiết máy đến trục hoặc ngược lại, đôi lúc còn chịu cả lực chiều trục và trượt tương đối của các tiết máy đối với trục và then.

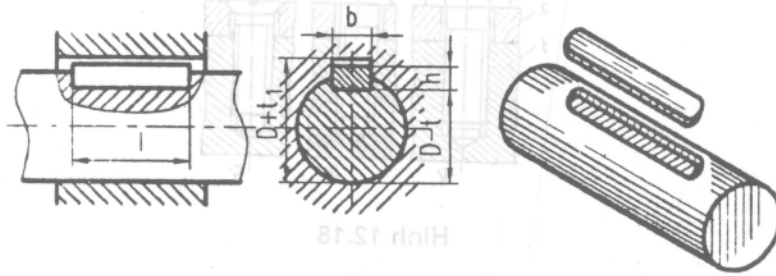
- Ghép bằng then là mối ghép tháo được, cấu tạo đơn giản, chắc chắn nên được dùng rộng rãi. Tuy nhiên phương pháp này có nhược điểm là không truyền được mômen quay lớn và không đảm bảo độ đồng tâm giữa trục và tiết máy lắp trên trục, do phải phay rãnh trên trục nên mặt cắt trục nhỏ đi, chân rãnh có ứng suất tập trung nên làm giảm sức bền của trục.

12.4.2. Các loại then

Trong phương pháp ghép bằng then có 4 loại then là : then bằng, then vát, then bán nguyệt và then hoa.

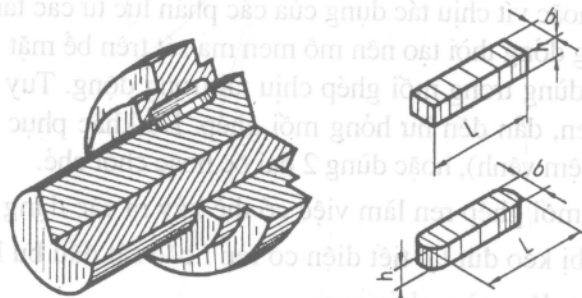
a) Then bằng : $b \times h \times l$

- Ký hiệu: Then bằng A18 × 11 × 100 TCVN 4216 - 86 là kiểu đầu tròn có kích thước rộng 18mm, cao 11mm, dài 100mm.



Hình 12.19

- Then bằng không có kiểu (A) đầu tròn và kiểu B đầu vuông, là loại then ghép lỏng. Hình 12.20 có khe hở nhỏ giữa mặt trên của then bằng và đáy rãnh của tiết máy lắp trên trục. Khi ghép không có lực căng ban đầu truyền lực nhờ hai mặt bên của then nên đảm bảo độ đồng tâm giữa trục và tiết máy lắp trên trục.

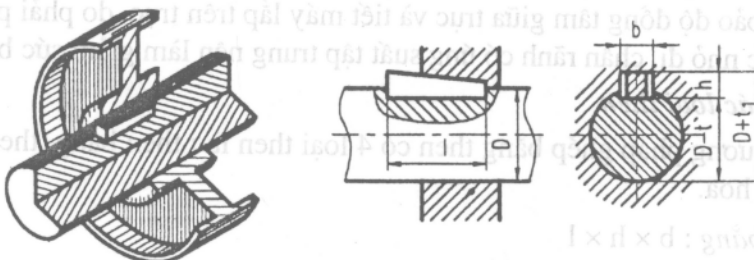


Hình 12.20

b) Then vát

- Kí hiệu: Then vát A18 × 11 × 100 TCVN 4214 - 86 là kiểu có đầu mấu có kích thước rộng 18mm, cao 11mm, dài 100mm.

- Then vát có một mặt nghiêng, kiểu A đầu có mấu, kiểu B đầu bằng (hình 12.21). Khi ghép các tiết máy lên trục, phải dùng lực đóng then tạo nên lực ma sát ở mặt tiếp xúc giữa then với tiết máy lắp trên trục.

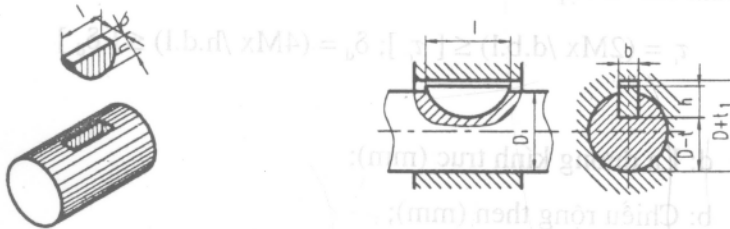


Hình 12.21

Mối ghép then vát truyền động nhờ lực ma sát này, nhưng do mặt nghiêng gây nên độ đảo tiết máy lắp trên trục, mặt khác lại phải gia công rãnh nghiêng trong lỗ của tiết máy, nên ít được dùng.

c) *Then bán nguyệt*

- Kí hiệu: Then bán nguyệt 6×10 TCVN 4217 - 86 có kích thước chiều rộng 6mm, cao 10mm.



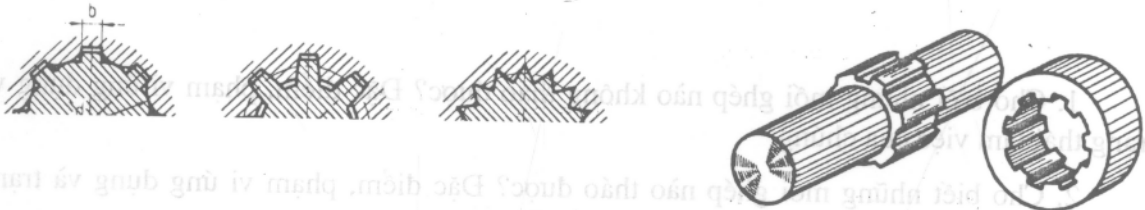
Hình 12.22

- Then bán nguyệt có hình viên phân, mặt cắt ngang là hình chữ nhật (hình 12.22). Điều kiện làm việc như then bằng, có khả năng tự điều chỉnh cho phù hợp với độ nghiêng trên trục. Loại then này có nhược điểm là rãnh trên trục phay quá sâu làm giảm độ bền của trục.

d) *Then hoa*

Có trục răng là tiết máy hình trụ, ở mặt ngoài phân bố đều các rãnh (rãnh then) giữa các rãnh là răng. Răng ăn khớp với rãnh của tiết máy lồng vào trục tạo thành mối ghép then hoa.

Biên dạng của răng thường là hình chữ nhật, thân khai và tam giác (hình 12.23).



Hình 12.23

12.4.3. Trạng thái làm việc

Then truyền mô men quay từ tiết máy lắp trên trục hoặc ngược lại, mô men quay được tính theo công thức: (hình 12.24)

$$M_x = (9,55 \times N)/n \quad (N.m)$$

Trong đó

N: Công suất tính bằng oát;

n: Tốc độ góc tính bằng vòng/phút.

Từ M_x ta tính được lực tác động vào then

$$P = 2M_x/d$$

d: Đường kính trục (m).

Với then bằng và then bán nguyệt khi truyền động then làm việc nhờ hai mặt bên, đồng thời chịu cắt bởi hai mặt ngang m - r và chịu đập ở nửa mỗi mặt bên. Do đó phải kiểm tra then theo ứng suất cắt và đập.

$$\tau_c = (2M_x / d.b.l) \leq [\tau_c]; \delta_d = (4M_x / h.d.l) \leq [\delta_d]$$

Trong đó:

d: Là đường kính trục (mm);

b: Chiều rộng then (mm);

l: Chiều dài then (mm);

M_x : Mô men xoắn (N.mm)

$[\tau_c]$: Ứng suất cắt cho phép (N/mm²);

$[\delta_d]$: Ứng suất đập cho phép (N/mm²)

Trong quá trình làm việc then ghép lỏng thường có dạng hư hỏng là then bị cắt và mặt bên bị đập.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Cho biết những mối ghép nào không tháo được? Đặc điểm, phạm vi ứng dụng và trạng thái làm việc của chúng.
2. Cho biết những mối ghép nào tháo được? Đặc điểm, phạm vi ứng dụng và trạng thái làm việc của chúng?
3. Cho biết kết cấu của các mối ghép đinh tán, hàn, bulông, vít cấy, vít và then. Phân biệt sự giống nhau và khác nhau của chúng.

Chương 13

CƠ CẤU TRUYỀN CHUYỂN ĐỘNG QUAY

Cơ cấu truyền chuyển động quay chủ yếu là truyền công suất tốc độ và chiều quay từ nguồn động lực đến cơ cấu làm việc. Tùy theo hình thức truyền động mà chia ra làm 2 loại:

- + Cơ cấu truyền chuyển động bằng ăn khớp như cơ cấu bánh răng, cơ cấu xích, bánh vít - trục vít.
- + Cơ cấu truyền chuyển động bằng ma sát như cơ cấu đai truyền, cơ cấu bánh ma sát.

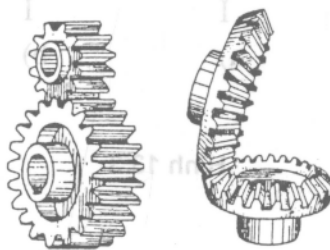
A. CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG ĂN KHỚP

13.1 CƠ CẤU BÁNH RĂNG

13.1.1. Khái niệm

Cơ cấu bánh răng dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục theo 1 tỷ số truyền nhất định nhờ sự ăn khớp của hai khâu có răng. Khâu có răng gọi là bánh răng.

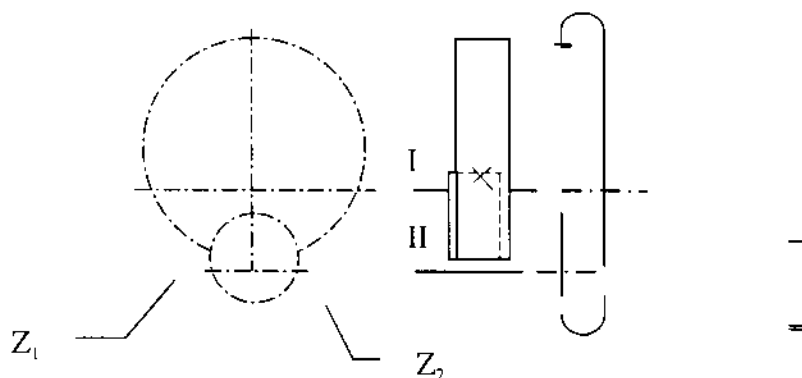
Bánh răng có 2 loại chủ yếu: bánh răng trụ dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục song song và bánh răng côn dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục cắt nhau (thường cắt 90°) (hình 13.1).



Hình 13.1

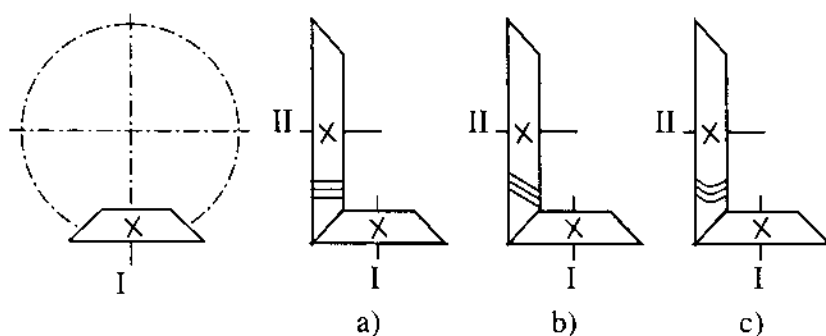
Cơ cấu bánh răng đơn giản nhất gồm 1 cặp bánh răng ghép cố định trên 2 trục, nhờ ăn khớp giữa các răng của 2 bánh răng, nên khi trục dẫn 1 quay làm cho trục bị dẫn 2 quay theo. Hình 13.1 là lược đồ cơ cấu bánh răng trụ ăn khớp ngoài quay ngược chiều nhau trong đó hình 13.1a là lược đồ cơ cấu bánh răng trụ răng thẳng, hình 13.1b là lược đồ cơ cấu bánh răng trụ răng nghiêng, hình 13.1c là lược đồ cơ cấu bánh răng trụ răng nghiêng chữ V.

Hình 13.2 là lược đồ cơ cấu bánh răng trụ ăn khớp trong quay cùng chiều với nhau.



Hình 13.2

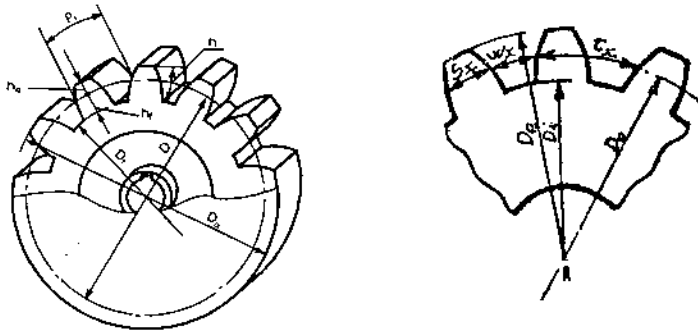
Hình 13.3 là lược đồ cơ cấu bánh răng côn, răng thẳng (hình 13.3a), răng nghiêng (hình 13.3b) và răng cong (hình 13.3c)



Hình 13.3

Các cơ cấu bánh răng đơn giản nói trên gồm 3 khâu, khâu dẫn là bánh răng 1 có số răng Z_1 lắp cố định (đánh dấu x trên trục) trên trục I khâu bị dẫn là bánh răng 2 có số răng Z_2 lắp cố định trên trục 2, khâu còn lại là giá (trên hình vẽ không biểu diễn).

Trong một bánh răng trụ, răng thân khai do Ô-le tìm ra năm 1760 là hay dùng nhất (hình 13.4). Mỗi khoảng trống giữa 2 răng là rãnh răng (Wx); hai cạnh bên của mỗi răng là 2 đoạn đường cong gọi là biên dạng răng (chiều dày răng: Sx), chiều cao của răng được giới hạn bởi vòng đỉnh răng D_e và vòng chân răng D_f . Cung giữa 2 biên dạng cùng phía của 2 răng kề nhau gọi là bước răng (t_x) vòng chia D_0 .



Hình 13.4

Vật liệu làm bánh răng đòi hỏi bề mặt của răng phải cứng để chống mài mòn, nhưng phần lõi răng và thân bánh răng phải dẻo để chống uốn và va chạm. Vì vậy hầu hết bánh răng truyền động kín (ở hộp số, hộp giảm tốc...) được chế tạo bằng thép và tôi mặt ngoài, bánh răng truyền động hở (ví dụ ở các tời) chế tạo bằng gang xám.

Để giảm bớt lực ma sát khi ăn khớp phải dùng mỡ bôi trơn trên các mặt răng, có thể dùng mỡ Sê li đôn, hoặc dầu AK-10, AK-15, dầu công nghiệp 30 để bôi trơn.

13.1.2. Tỷ số truyền động

a) Tỷ số truyền của một cặp bánh răng

Tỷ số tốc độ góc giữa trục dẫn và trục bị dẫn của 1 cặp bánh răng được gọi là tỷ số truyền.

$$i_{12} = (W_1/W_2) = n_1/n_2 = \pm Z_2/Z_1 \quad (3-1)$$

Trong đó:

W_1, W_2 : Tốc độ góc của bánh răng 1 và 2.

n_1, n_2 : Số vòng quay trong 1 phút của bánh răng 1 và 2.

Z_1, Z_2 : Số răng của bánh răng 1 và 2.

Lấy dấu (+) khi ăn khớp trong quay cùng chiều.

Lấy dấu (-) khi ăn khớp ngoài quay ngược chiều.

Công thức này chỉ dùng cho các bánh răng trụ.

Truyền động của 1 cặp bánh răng chỉ đạt được 1 tỷ số truyền nhất định và tỷ số đó không thể quá lớn, vì vậy thường dùng hệ thống những cặp bánh răng truyền động cho nhau vừa thực hiện được tỷ số truyền lớn, vừa đạt được nhiều tỷ số truyền khác nhau.

b) Tỷ số truyền của hệ bánh răng thường

- Hệ bánh răng thường là hệ tất cả các bánh răng đều quay quanh các trục cố định

Hình 13.5 là lược đồ hệ bánh răng thường: gồm 3 cặp bánh răng Z_1Z_2 ; Z'_2Z_3 ; Z'_3Z_4 truyền động từ trục dẫn I đến trục bị dẫn IV qua các trục trung gian II và III.

Tỷ số truyền của hệ bánh răng thường này là tỷ số tốc độ góc giữa trục dẫn I và trục bị dẫn IV.

$$i_{14} = W_1/W_4 = n_1/n_4$$

Trong đó tỷ số truyền của từng cặp bánh răng là:

$$i_{12} = W_1/W_2 = (-Z_2/Z_1);$$

$$i_{23} = W_2/W_3 = (-Z_3/Z'_2);$$

$$i_{34} = W_3/W_4 = (-Z_4/Z'_3)$$

Nhân các tỷ số truyền với nhau:

$$i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} = W_1/W_2 \cdot W_2/W_3 \cdot W_3/W_4 = W_1/W_4 = i_1/i_4$$

hay $i_{14} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} = W_1/W_4 = n_1/n_4$

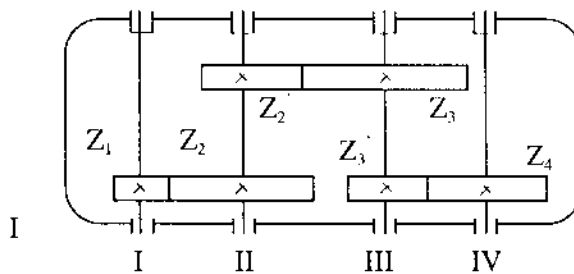
$$i_{14} = (-1)^3 \cdot Z_2/Z_1 \cdot Z_3/Z'_2 \cdot Z_4/Z'_3$$

Tổng quát cho các hệ bánh răng thường có số bánh răng từ 1 đến K là:

$$i_{1k} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{(K-1)k} \quad (3-2)$$

hay: $i_{1k} = (-1)^n \cdot Z_2/Z_1 \cdot Z_3/Z'_2 \cdot Z_4/Z'_3 \dots Z_k/Z'_{k-1} \quad (3-3)$

Trong đó, m là số cặp bánh răng ăn khớp ngoài, nếu trong hệ có tổng số cặp bánh răng là n, số cặp bánh răng ăn khớp trong là p thì $m = n - p$



Hình 13.5

Ví dụ:

Cho hộp giảm tốc 3 cấp có lược đồ như hình 3.5. Hãy tính tỉ số truyền của hộp, số vòng quay trong 1 phút của trục bị dẫn? Biết $n_1 = 1450$ vòng/phút.

$$Z_1 = 18; Z_2 = 45; Z'_2 = 25; Z_3 = 50; Z'_3 = 22; Z_4 = 66;$$

Bài giải:

Áp dụng công thức (3-3) ta có: $m = 3$

$$i_{14} = n_1/n_4 = (-1)^3 \cdot (45/18) \cdot (50/25) \cdot (66/22) = -15$$

(Dấu - chứng tỏ trục IV quay ngược chiều với trục I)

$$n_4 = n_1/i_{14} = 1450/15 \approx 97 \text{ (vòng/phút)}$$

13.1.3. Ứng dụng

Cơ cấu bánh răng được sử dụng phổ biến trong nhiều thiết bị máy móc vì:

- + Truyền động chính xác, tỷ số truyền ổn định.
- + Thực hiện được tỷ số truyền lớn và cực lớn, đạt được nhiều tỷ số truyền khác nhau.
- + Có thể thay đổi chiều quay của trục bị dẫn, tổng hợp từ 2 nguồn chuyển động thành 1 chuyển động và ngược lại.

So với các cơ cấu truyền động khác, cơ cấu bánh răng có nhiều ưu điểm nổi bật như:

- + Gọn nhẹ, chiếm ít chỗ, khả năng truyền tải lớn.
- + Hiệu suất truyền động cao.
- + Sử dụng lâu dài, làm việc chắc chắn.
- + Dễ bảo quản, thay thế.

Tuy nhiên cơ cấu bánh răng còn có nhược điểm:

- + Đòi hỏi chế tạo và lắp ghép phải chính xác.
- + Có nhiều tiếng ồn khi vận tốc lớn.
- + Chịu va đập kém.

Trong quá trình làm việc, bánh răng thường gặp các dạng hư hỏng sau:

- + Mặt răng bị tróc từng mảng, do chế tạo và lắp ghép thiếu chính xác, độ tiếp xúc 2 mặt răng quá nhỏ nên không đủ sức chịu đựng, bị dính vào nhau nên khi rời ra tróc từng mảng.
- + Răng bị nứt mẻ, thường do trục bị cong hoặc lắp trục không song song, ứng suất tập trung vào 1 phía khiến răng bị nứt mẻ.
- + Răng bị mài mòn do bôi trơn kém, hoặc sử dụng lâu ngày. Bộ bánh răng tốt khi làm việc phát ra tiếng kêu đều.

Để tránh các hư hỏng nói trên, cần phải thực hiện chế độ sử dụng và bảo quản hợp lý:

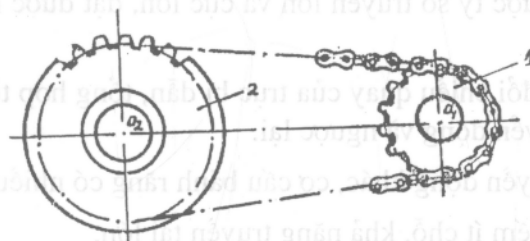
- + Phải bảo đảm độ chính xác về khoảng cách tâm, độ song song hoặc vuông góc giữa các trục, khe hở cạnh răng và độ tiếp xúc mặt răng.
- + Phải thực hiện chế độ bôi trơn đủ và đúng loại dầu mỡ, tránh bụi bặm và vật bẩn lẫn vào, nhất là các bộ truyền tải lớn và độ chính xác cao.

13.2. CƠ CẤU XÍCH

13.2.1. Khái niệm

Cơ cấu xích dùng để truyền chuyển động quay giữa các trục khá xa nhau (có thể đến 8m) nhờ sự của các mắt xích và răng của đĩa.

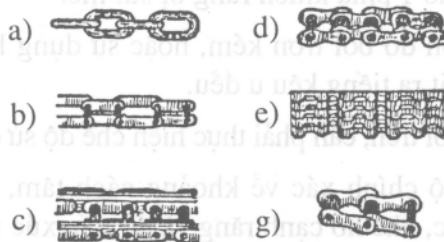
Hình 13.6 là lược đồ cơ cấu xích, gồm khâu dẫn có đĩa xích có một số răng z_1 lắp cố định trên trục I, khâu bị dẫn có đĩa xích 2 với số răng z_2 lắp cố định trên trục II, khâu trung gian là một chuỗi mắt xích nối với nhau bằng bản lề, khâu còn lại là giá, ngoài ra có thể lắp thêm các thiết bị phụ như bánh răng xích, thiết bị bôi trơn và hộp che chắn.



Hình 13.6

Đôi khi dùng 1 xích để truyền động từ đĩa dẫn sang nhiều đĩa bị dẫn. Xích thường được chia làm 3 loại:

- Xích trục (hình 13.7a) làm việc với vận tốc thấp dưới 0,25m/s và tải trọng lớn dùng ở các tời palăng, xích cấu tạo bởi các vòng hoặc các tấm phẳng nối lại với nhau.
- Xích kéo (hình 13.7b) làm việc với vận tốc không quá 2m/s, để vận chuyển các vật nặng trong các máy trục băng tải, thang máy và các máy vận chuyển khác.
- Xích truyền động làm việc với vận tốc cao để truyền cơ năng từ trục này sang trục khác, gồm xích ống (hình 13.7c), xích ống con lăn (hình 13.7d), xích răng (hình 13.7e), xích định hình (hình 13.7g).



Hình 13.7

13.2.2. Tỷ số truyền động

$$i_{12} = n_1/n_2 = z_2/z_1 \quad (13 - 7)$$

Trong đó:

n_1, n_2 : Là số vòng quay trong 1 phút của đĩa dẫn và đĩa bị dẫn;

z_1, z_2 : Là số răng của đĩa dẫn và đĩa bị dẫn.

Tỷ số truyền bị hạn chế bởi khuôn khổ kích thước của bộ truyền, thông thường $i \leq 8$. Cần chú ý rằng vận tốc của đĩa xích càng lớn thì đĩa xích càng chóng mòn, tải trọng động càng lớn thì xích làm việc càng ồn. Vì vậy thường lấy vận tốc xích không quá 15m/s, mặt khác số răng đĩa càng ít xích càng chóng mòn, va đập của mắt xích vào đĩa càng tăng, xích làm việc càng ồn.

13.2.3. Ứng dụng

Cơ cấu xích được dùng trong các trường hợp sau:

Các trục có khoảng cách trung bình, nếu dùng truyền động bánh răng thì phải thêm nhiều bánh răng trung gian không cần thiết.

Yêu cầu kích thước nhỏ gọn và làm việc không trượt. Cơ cấu xích được dùng trong các máy vận chuyển và máy nông nghiệp.

Ưu điểm của cơ cấu xích:

- Có thể truyền động giữa 2 trục cách nhau đến 8m.
- Khuôn khổ kích thước gọn nhỏ hơn so với truyền động đai.
- Không bị trượt như trong truyền động đai.
- Hiệu suất cao, có thể đạt tới 98% nếu được chăm sóc tốt và sử dụng hết khả năng tải.
- Lực tác dụng lên trục nhỏ hơn so với truyền động đai.
- Có thể cùng 1 lúc truyền động cho nhiều trục.

Nhược điểm:

- Đòi hỏi chế tạo và lắp ghép chính xác hơn so với bộ truyền bằng đai, chăm sóc phức tạp.
- Chóng mòn, nhất là khi bôi trơn không tốt và làm việc nơi có nhiều bụi.
- Vận tốc tức thời của xích và đĩa bị dẫn không ổn định nhất là khi số răng của đĩa ít.
- Có tiếng ồn khi làm việc, giá thành cao.

Trong quá trình làm việc, cơ cấu xích thường gặp những hư hỏng sau:

- Xích và đĩa xích bị mòn, làm bước xích tăng lên, xích ăn khớp với răng đĩa ở gần đỉnh răng nên dễ làm cho xích trượt khỏi đĩa xích.

- Khi lắp, 2 đĩa xích không cùng nằm trên 1 mặt phẳng làm cho xích bị vắn, lắp quá căng gây tải trọng phụ hoặc quá trùng gây ra va đập khi vận tốc lớn.

Để tránh các hư hỏng trên cần phải thực hiện chế độ bảo quản sử dụng cơ cấu xích hợp lý, chủ yếu là bôi trơn tốt, không để cát bụi bám vào làm cho xích và đĩa chống mòn, không để rơi vật cứng vào chỗ ăn khớp, phải che chắn với các xích truyền động có tốc độ lớn.

13.3. CƠ CẤU BÁNH VÍT - TRỤC VÍT

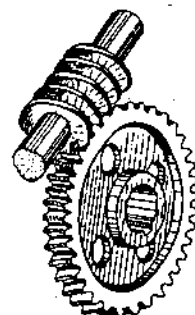
13.3.1. Khái niệm

Cơ cấu bánh vít - trục vít thuộc nhóm cơ cấu bánh răng đặc biệt dùng để chuyển động quay giữa 2 trục chéo nhau (thường chéo 90°) (hình 13.8)

- Bánh vít giống như một bánh răng nghiêng.

- Trục vít cấu tạo giống như 1 trục truyền, trên trục đó có nhiều vòng ren dùng để ăn khớp với bánh vít.

Trục vít làm liền với trục bằng thép hợp kim, bánh vít có thể làm liền hoặc ghép. Vành bánh đồng thanh với đĩa bằng gang.



Hình 13.8

13.3.2. Tỷ số truyền động

Thông thường trục vít là khâu dẫn truyền chuyển động quay cho bánh vít góc, z_1 là số mỗi ren của trục vít (trục vít có thể có 1, 2, 3 hoặc 4 mỗi ren); z_2 là số răng của bánh vít

$$i_{12} = n_1/n_2 = z_2/z_1 \quad (13-8)$$

Vì số mỗi ren của trục vít nhỏ có khi lấy $z_2 = 1$, cho nên bộ truyền bánh vít - trục vít có thể đạt được tỷ số truyền rất lớn mà các bộ truyền khác không thực hiện được.

13.3.3. Ứng dụng

Cơ cấu bánh vít - trục vít có hiệu suất thấp nên thường chỉ dùng để truyền công suất nhỏ và trung bình (thường không quá 50 - 60 kW), tỷ số truyền trong khoảng 8 đến 100, đặc biệt có thể tới 1000 nhưng chỉ dùng với công suất nhỏ. Cơ cấu này thường dùng trong các máy trục, máy cắt kim loại, ô tô...

Ưu điểm:

- + Tỷ số truyền lớn, làm việc êm, ít ồn.
- + Có khả năng tự hãm.

Nhược điểm:

- + Hiệu suất thấp, trong các bộ truyền tự hãm hiệu suất càng thấp.

+ Cần dùng vật liệu giảm ma sát (đồng thanh) để làm bánh vít nên giá thành cao.

+ Do đặc điểm về kết cấu, cơ cấu bánh vít - trục vít đòi hỏi lắp và gia công chính xác, đảm bảo chế độ bôi trơn, nếu không chất lượng sử dụng giảm nhiều, phát nhiệt lớn, mài mòn nhanh, hiệu suất thấp.

Để cơ cấu bánh vít - trục vít làm việc tốt cần bảo đảm điều kiện sau:

+ Đường tâm của bánh vít - trục vít phải chính xác, không nghiêng lệch và bảo đảm kích thước.

+ Giữa bánh răng vít và ren trục vít phải có khe hở cần thiết.

+ Mặt cạnh tiếp xúc tốt, cơ cấu quay nhẹ nhàng, trơn. Nếu quay nặng chứng tỏ lắp ghép không tốt, bị nghiêng lệch nhiều, khe hở bé, cần phải điều chỉnh kịp thời.

B. CƠ CẤU TRUYỀN ĐỘNG MA SÁT

13.4. CƠ CẤU ĐAI TRUYỀN

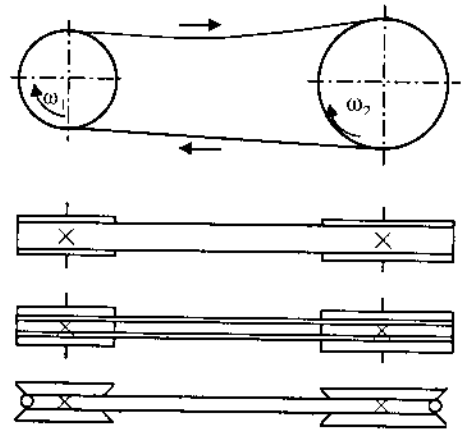
13.4.1. Khái niệm

Cơ cấu đai truyền dùng để truyền chuyển động quay giữa 2 trục đặt cách xa nhau.

Bộ truyền đơn giản gồm đai mềm bất căng ôm qua 2 bánh đai ghép cố định trên 2 trục, nhờ ma sát giữa dây đai và bánh đai nên khi trục dẫn quay trục bị dẫn quay theo.

Hình 13.16 là lược đồ bộ truyền đai đơn giản, trong đó hình 13.16a là lược đồ bộ truyền đai dẹt, hình 13.16b là lược đồ bộ truyền đai thang, hình 13.16c là lược đồ bộ truyền đai tròn.

Bộ truyền đai dẹt và đai thang được dùng rộng rãi, còn bộ truyền đai tròn chỉ dùng trong các máy khâu, máy thực phẩm, các khí cụ có công suất nhỏ.

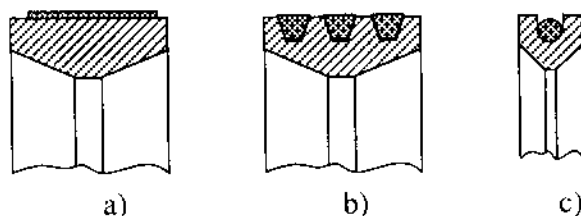


Hình 13.6

Đai dẹt: Có tiết diện hình chữ nhật (hình 13.17a) làm bằng da thuộc, bằng vải dẹt thành nhiều lớp đúc với cao su. Đai dẹt bằng vải cao su được dùng phổ biến nhất vì có sức hơn, tính đàn hồi cao, đồng thời ít chịu sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm, tuy nhiên không để dây dầu nhất là dầu khoáng dễ làm hỏng cao su. Đai vải dùng thích hợp ở các truyền động có vận tốc cao, công suất nhỏ. Đai da khả năng chịu tải lớn, chịu va đập tốt, làm việc bền lâu, nhưng giá thành cao, không nên dùng ở nơi có axit hoặc ẩm ướt.

Đai thang: Có tiết diện là hình thang gồm lớp sợi tằm cao su chịu tải, lớp vải cao su chịu kéo, lớp cao su chịu kéo và lớp vải cao su bọc quanh đai. Mặt làm việc là 2 mặt bên ép vào rãnh cũng có tiết diện là hình thang. Đai thang được chế tạo thành vòng liền nên làm việc ổn định (hình 13.7b).

Đai tròn: Có tiết diện hình tròn làm bằng da hoặc sợi tấm cao su (hình 13.17c).

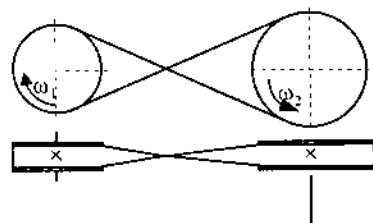


Hình 13.17

Có 4 kiểu truyền động đai là truyền động thường, truyền động chéo, truyền động nửa chéo, và truyền động góc.

Truyền động thường (hình 13.16)

Là kiểu thường dùng nhất để truyền động giữa 2 trục song song quay cùng chiều. Để tăng góc ôm giữa đai và bánh đai cho bộ truyền làm việc tốt hơn (tăng ma sát) nên bố trí chiều quay của trục dẫn sao cho nhánh trùng (nhánh bị dẫn) của đai lên trên và đặt bánh đai ở gần bánh đai nhỏ.



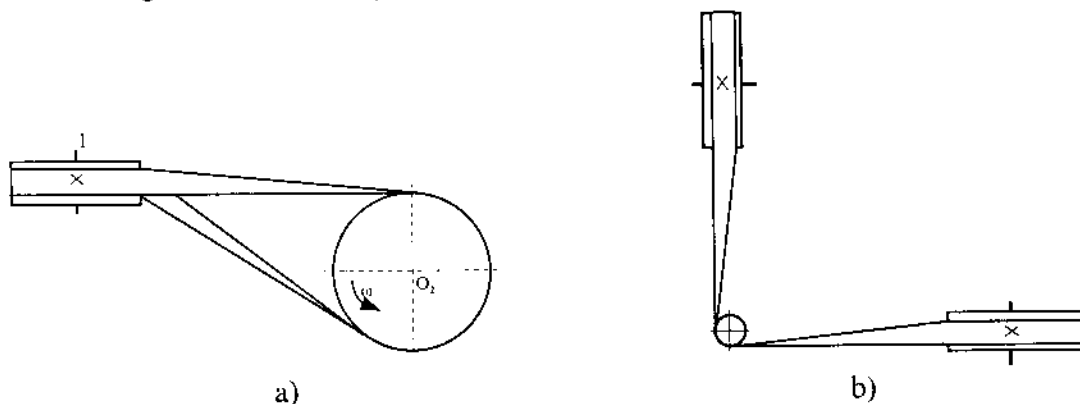
Hình 13.16

Truyền động chéo (hình 13.18)

Dùng để truyền chuyển động giữa hai trục song song quay ngược chiều, góc ôm được tăng lên nhưng có nhược điểm là dây đai chóng mòn do cọ sát tại chỗ bắt chéo.

Truyền động nửa chéo (hình 13.19a)

Dùng để truyền động giữa 2 trục chéo nhau (thường chéo 90°). Để tránh đai trượt khỏi ngoài bánh đai thì phải bố trí đai đi vào bánh nào thì đường tâm đai phải nằm trên mặt phẳng trung tâm của bánh đai ấy, góc hợp bởi đường tâm của nhánh ra với mặt phẳng trung tâm đó không lớn hơn 25° . Truyền động nửa chéo chỉ làm việc được 1 chiều.



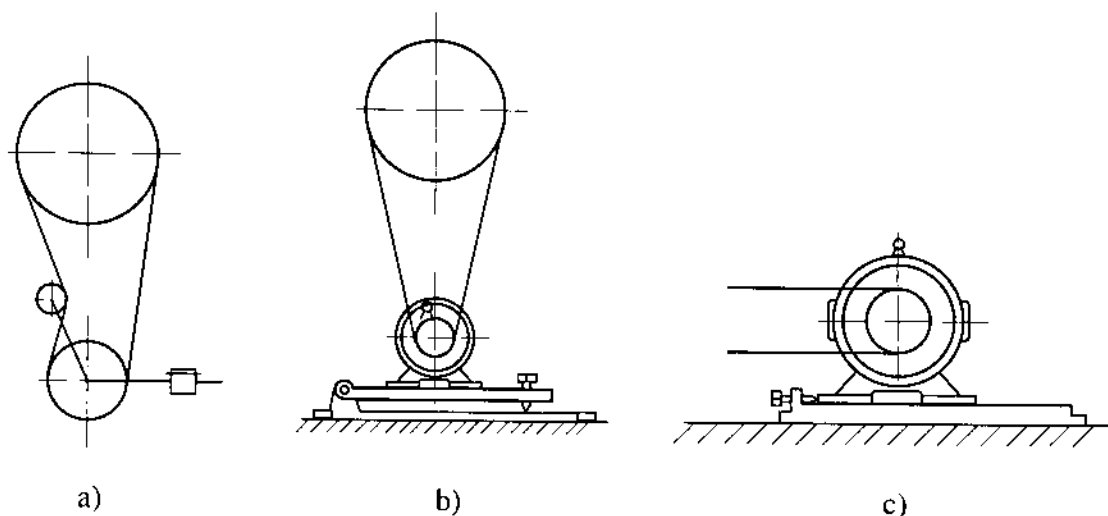
Hình 13.19

Truyền động góc (hình 13.19b)

Dùng để truyền động giữa 2 trục cắt nhau (thường cắt 90°). Cơ cấu này phải có bánh đổi hướng và bộ truyền làm việc được 2 chiều.

Trong quá trình làm việc đai sẽ bị giãn dài ra, vì vậy cần dùng 1 số biện pháp điều chỉnh sức căng của đai như sau:

- + Cắt ngắn bớt dây đai rồi nối lại (chỉ dùng với đai dẹt).
- + Dùng bánh căng đai lắp vào nhánh chùng và gắn bánh đai nhỏ (hình 13.20a).
- + Thay đổi khoảng cách 2 trục nhờ trọng lượng bản thân động cơ (hình 13.20b), điều chỉnh bằng vít (hình 13.20c)



Hình 13.20

13.4.2. Tỷ số truyền động

Trong truyền động đai có 2 dạng trượt của đai trên bánh đai là trượt trơn và trượt đàn hồi.

Trượt trơn xảy ra khi bộ truyền làm việc quá tải, trượt đàn hồi xảy ra do sự đàn hồi của dây đai khi làm việc.

Do trượt đàn hồi nên tỷ số của truyền đai không ổn định:

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1 - \epsilon)}$$

Trong đó: n_1, n_2 : Là số vòng quay trong 1 phút của trục dẫn và bị dẫn.

D_1, D_2 : Là đường kính của bánh đai dẫn và bị dẫn.

ϵ : Hệ số trượt đàn hồi ($\epsilon = 0,01 \div 0,02$ với đai vải cao su).

Trong phép tính gần đúng có thể bỏ qua hệ số trượt

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Thông thường với đai dẹt $i \leq 5$; đai thang $i \leq 10$

13.4.3. Ứng dụng

Cơ cấu đai truyền có khả năng giữ được an toàn khi quá tải (trượt trơn) nên được dùng để dẫn động từ động cơ đến hộp số hoặc các cơ cấu làm việc.

Ưu điểm:

- + Truyền động êm, không có tiếng ồn do vật liệu làm dây đai có tính đàn hồi.
- + Giữ được an toàn cho các thiết bị máy khác khi quá tải (vì lúc này dây đai trượt trơn hoàn toàn trên bánh đai).
- + Chế tạo và lắp ráp đơn giản, dễ bảo quản, giá thành hạ.

Nhược điểm:

- + Khuôn khổ và kích thước lớn, công kênh.
 - + Tỷ số truyền không ổn định.
 - + Cần có lực căng lớn để tạo ra ma sát giữa đai và bánh đai do đó tăng tải trọng lên trục và ổ đỡ.
 - + Tuổi thọ thấp, nhất là khi để dầu mỡ rơi vào hoặc làm việc với tốc độ cao.
- Trong quá trình làm việc bộ truyền động đai thường gặp 1 số hư hỏng như sau:*
- + Đai chạy ra khỏi bánh đai: do 2 trục bánh đai không song song với nhau hoặc bánh đai lệch với tâm quay.
 - + Đai truyền trượt trơn trên bánh đai, do đai bị trùng hoặc do quá tải gây ra.
 - + Có tiếng kêu phành phạch, máy làm việc hơi rung là do mối nối cứng, đai cộm lên gây nên va đập.
 - + Đai có thể bị đứt gây tai nạn nếu không có bảo hiểm.

Để tránh những hư hỏng trên cần thực hiện chế độ sử dụng và bảo quản hợp lý chủ yếu là:

- + Phải đảm bảo lực căng đai đủ sức truyền tải, trục 2 bánh đai song song với nhau và bánh đai không bị lệch tâm quay, với đai dẹt chỗ nối phải đúng quy cách.
- + Không để dầu mỡ rớt vào làm hỏng đai, phải che chắn an toàn nhất là các bộ truyền động đai có tải trọng lớn hoặc tốc độ nhanh.
- + Đai và bánh đai trước lúc vận hành cần được lau sạch bụi bặm, dùng nước xà phòng ấm rửa.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Như thế nào là hệ thống bánh răng thường, công thức tính tỉ số truyền của hệ thống bánh răng thường?
2. Cho biết cấu tạo và ứng dụng của cơ cấu bánh răng, cơ cấu xích, cơ cấu bánh vít-trục vít, cơ cấu đai truyền.
3. Nêu các ưu khuyết điểm và các dạng hư hỏng của các cơ cấu truyền chuyển động quay, các biện pháp khắc phục chúng.

Chương 14

CƠ CẤU BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG

14.1. CƠ CẤU BÁNH RĂNG - THANH RĂNG

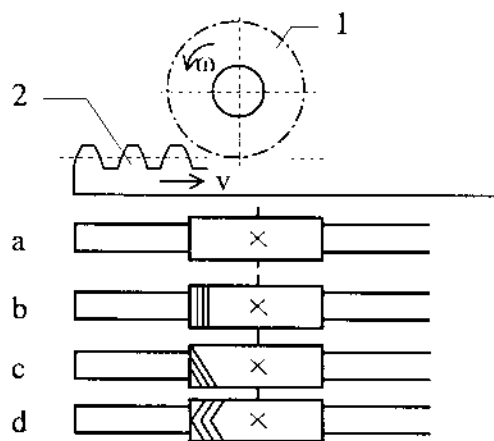
14.1.1. Khái niệm

Cơ cấu bánh răng - thanh răng là biến thể của cơ cấu bánh răng, gồm bánh răng (1) ăn khớp với thanh răng (2) và giá (3).

Thanh răng là một phần của bánh răng có đường kính vô cùng lớn. Khi bánh răng quay theo chiều vận tốc góc ω quanh tâm O của giá, thanh răng chuyển động tịnh tiến trên giá theo chiều vận tốc v .

Khi bánh răng quay theo chiều ngược lại thì thanh răng cũng chuyển động theo chiều tịnh tiến ngược lại.

Hình 14.1 là lược đồ cơ cấu bánh răng - thanh răng, trong đó hình 14.1a ký hiệu chung không chỉ rõ loại răng, hình 14.1b, c, d chỉ rõ răng thẳng, răng nghiêng và răng chữ V.



Hình 14.1

14.1.2. Ứng dụng

Cơ cấu bánh răng - thanh răng biến chuyển động quay của bánh răng thành chuyển động tịnh tiến của thanh răng được dùng nhiều trong các thiết bị máy móc. Như trong máy tiện dùng để biến chuyển động quay của tay quay thành chuyển động tịnh tiến của bàn trượt dọc trong kích răng - biến chuyển động của tay quay thành chuyển động nâng hạ vật của con đội v.v...

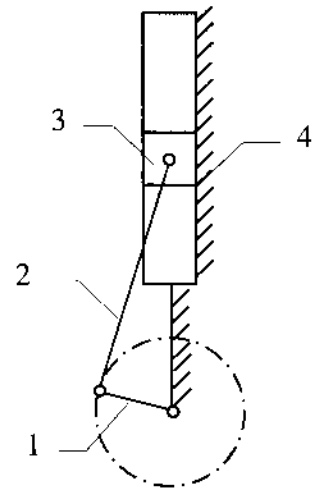
14.2. CƠ CẤU TAY QUAY - CON TRƯỢT

14.2.1. Khái niệm

Cơ cấu tay quay - con trượt gồm có 4 khâu (hình 14.2) tay quay (1), thanh truyền (2), con trượt (3) và giá (4). Khi tay quay (1) quay, thanh truyền (2) truyền chuyển động quay từ tay quay (1) đến con trượt (3) làm con trượt chuyển động tịnh tiến thẳng trong rãnh trượt.

Khi con trượt ở vị trí thấp nhất hoặc cao nhất thì tay quay (1) và thanh truyền (2) nằm trên một đường thẳng, tại các vị trí đó con trượt chuyển sang hành trình ngược lại.

Nếu cơ cấu tay quay - con trượt dùng để biến chuyển động quay của tay quay thành chuyển động tịnh tiến đi lại của con trượt thì tay quay là khâu dẫn, con trượt là khâu bị dẫn và thanh truyền là khâu trung gian. Ngược lại nếu cơ cấu tay quay - con trượt dùng để biến chuyển động thẳng tịnh tiến đi lại của con trượt thành chuyển động của tay quay thì con trượt lại là khâu dẫn và tay quay trở thành khâu bị dẫn, còn thanh truyền là khâu trung gian.



Hình 14.2

14.2.2. Ứng dụng

Cơ cấu tay quay - con trượt có khả năng truyền tải lớn nên được dùng nhiều trong kỹ thuật như ở động cơ đốt trong, máy hơi nước, nó được dùng để biến chuyển động tịnh tiến của pít tông thành chuyển động quay đều của trục cơ, ở máy búa hơi để biến chuyển động quay của trục cơ thành chuyển động tịnh tiến đi lại của đầu búa làm nhiệm vụ rèn đập...

14.3. CƠ CẤU VÍT - ĐAI ỐC

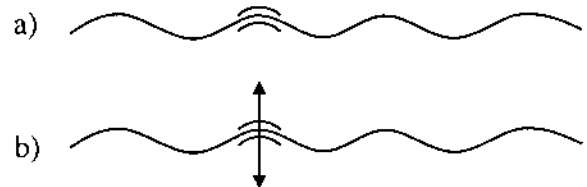
14.3.1. Khái niệm

Cơ cấu vít - đai ốc gồm có 3 khâu: vít (1), đai ốc (2) và giá (3). Vít có cấu tạo như một trục, trục đó được gia công ren hình thang hoặc hình vuông trên chiều dài truyền động và được gọi là vít truyền động.

Đai ốc cũng được gia công loại ren tương ứng với ren của vít, có thể là đai ốc liền hay đai ốc ghép 2 nửa tùy theo công dụng của cơ cấu vít - đai ốc.

Nếu cơ cấu vít - đai ốc dùng để biến chuyển động quay của vít thành chuyển động tịnh tiến đi lại của đai ốc thì vít là khâu dẫn và đai ốc là khâu bị dẫn (hình 14.3a).

Trường hợp vít quay liên tục đai ốc chuyển động tịnh tiến gián đoạn thì ta dùng đai ốc ghép 2 nửa, khi cần chuyển động thì xiết chặt 2 nửa với nhau lại, khi ngừng chuyển động thì thôi xiết chặt 2 nửa lại (hình 14.3b).



Hình 14.3

Nếu cơ cấu vít - đai ốc dùng vít vừa thực hiện chuyển động quay vừa tịnh tiến đồng thời thì cố định đai ốc vào giá.

14.3.2. Ứng dụng

Cơ cấu vít - đai ốc dùng thích hợp trong các truyền động gián đoạn như vít me máy tiện để thực hiện chuyển động đi lại của bàn xe dao, vít kích để nâng hạ vật, vít máy nén.

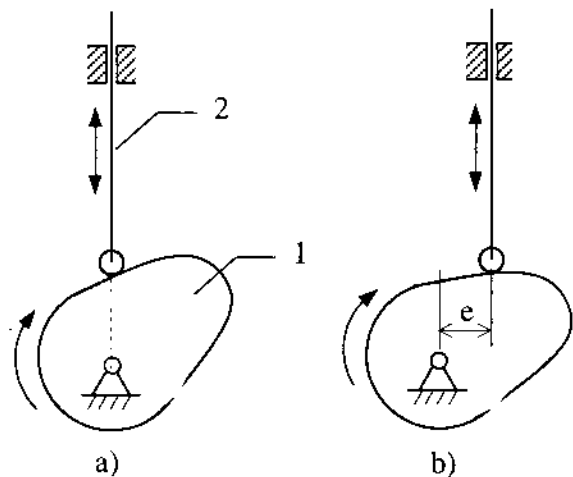
14.4. CƠ CẤU CAM - CẦN ĐẨY

14.4.1. Khái niệm

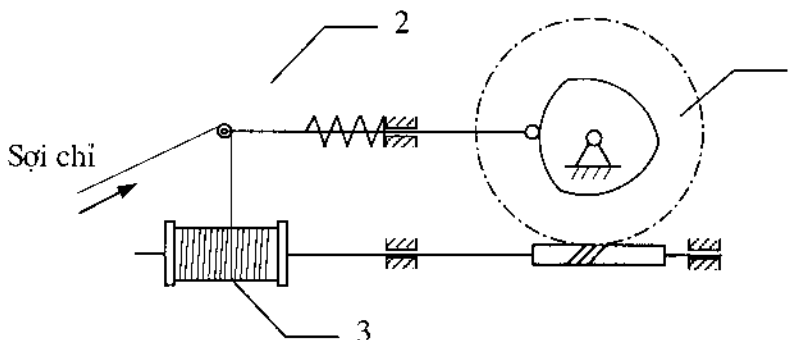
Cơ cấu cam - cần đẩy gồm có 3 khâu: khâu thứ nhất (1) là cam thường có chuyển động quay đều, truyền động cho khâu bị dẫn (2) gọi là cần đẩy, có chuyển động tịnh tiến thẳng đi lại thông qua con lăn tỷ trên mặt cam, khâu còn lại là giá. Nếu quỹ đạo của cần đẩy đi qua tâm quay của cam, ta có cơ cấu cam - cần đẩy trùng tâm (hình 14.4a). Nếu quỹ đạo của cần cách tâm quay của cam một khoảng e thì gọi là cơ cấu cam - cần đẩy lệch tâm. Khoảng cách e gọi là tâm sai (hình 14.4b).

14.4.2. Ứng dụng

Cơ cấu cam - cần đẩy biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Được dùng trong các máy cắt kim loại tự động, trong cơ cấu điều tiết nhiên liệu của động cơ đốt trong, trong các máy dệt và các máy công nghiệp khác. Hình 14.5 là sơ đồ máy cuốn chỉ, cam (1) quay làm cần đẩy (2) tịnh tiến thẳng đi lại, trên đầu B của cần đẩy có luôn chỉ để rải đều sợi chỉ vào ống (3), đồng thời truyền động phối hợp qua bộ truyền trục vít - bánh vít để đảm bảo tốc độ quay của ống chỉ với hành trình kép của cần đẩy.



Hình 14.4

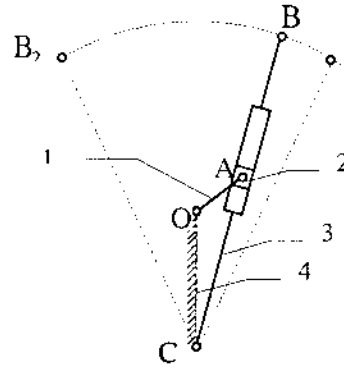


Hình 14.5

14.5. CƠ CẤU CU LÍT

14.5.1. Khái niệm

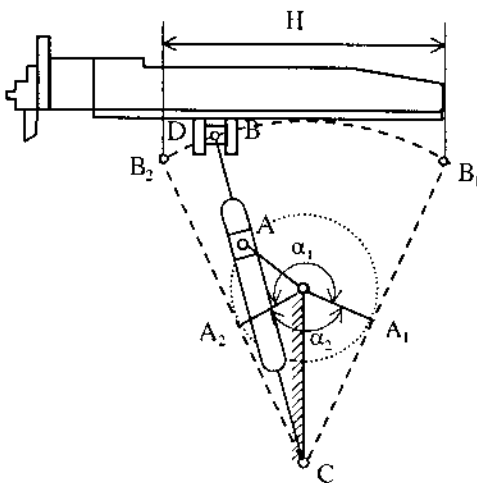
Cơ cấu cu lít gồm 4 khâu: khâu dẫn (1) là tay quay OA quay quanh tâm O nằm trên giá (4), đầu A lắp con trượt 2 truyền chuyển động cho cu lít 3 là cần BC lắc qua lại một góc nào đó quanh tâm C nằm trên giá (4). Cung B_1B_2 là quỹ đạo của đầu B (hình 14.6)



Hình 14.6

14.5.2 Ứng dụng

Cơ cấu cu lít biến chuyển động quay của khâu dẫn thành chuyển động lắc qua lại một góc nhất định của khâu bị dẫn. Thường được dùng trong máy bào. Hình 14.7 là lược đồ cơ cấu cu lít dùng trong máy bào ngang. Xét chu kỳ vòng quay ta thấy tay quay OA quay một vòng, cần lắc CB lắc qua lại một góc B_1CB_2 . Đầu B lại trượt tương đối trong rãnh trượt D và truyền chuyển động làm cho đầu bào thực hiện một hành trình kép với khoảng chạy H. Đặc điểm cần chú ý là khi tay quay quay một góc α_1 với thời gian t_1 thì cần lắc lắc một



Hình 14.7

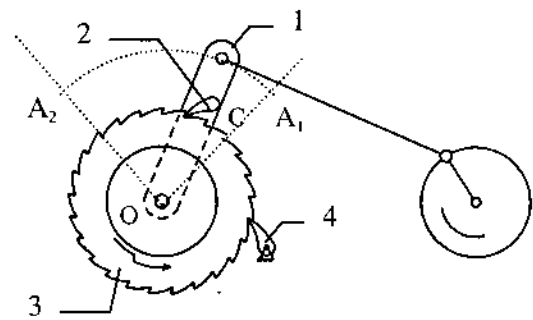
góc B_1CB_2 , đầu bào thực hiện quá trình cắt với khoảng chạy H. Tay quay tiếp tục quay một góc α_2 với thời gian t_2 tương ứng, cần lắc đảo chiều và lắc một góc B_2CB_1 . Lúc này đầu bào cũng đảo chiều thực hiện quá trình chạy không với khoảng chạy H. Vì $\alpha_1 > \alpha_2$ nên $t_1 > t_2$ suy ra $\frac{H}{t_1} < \frac{H}{t_2}$ tức

là quá trình cắt gọt chuyển động chậm hơn quá trình chạy không. Đây là ưu điểm nổi bật về ứng dụng của cơ cấu cu lít, vì trong quá trình cắt gọt đòi hỏi phải có vận tốc nhất định để thỏa mãn yêu cầu bề mặt gia công. Quá trình chạy không dao bào không cắt gọt nên cần có vận tốc nhanh để giảm thời gian phụ.

14.6 CƠ CẤU BÁNH RĂNG CỐC

14.6.1. Khái niệm

Cơ cấu bánh răng cóc gồm khâu dẫn là cần lắc (1), lắc qua lại quay trục O (cùng trục hình học với bánh răng cóc), trên cần lắc (1) đặt một con cóc (2) quay được quanh bản lề C, khâu bị dẫn bánh răng cóc (3), cóc hãm (4), khâu còn lại là giá (hình 14.8).



Hình 14.8

Khi khâu dẫn thực hiện chuyển động lắc từ A_1 đến A_2 , cóc (2) lọt vào rãnh của bánh răng cóc sẽ đẩy bánh răng cóc quay cùng chiều một góc tương ứng. Khi khâu dẫn quay ngược lại (hành trình về) thì cóc (2) trượt trên lưng các răng của bánh răng cóc nên bánh răng cóc đứng yên, con cóc (4) có tác dụng hãm không cho bánh răng cóc quay ngược lại.

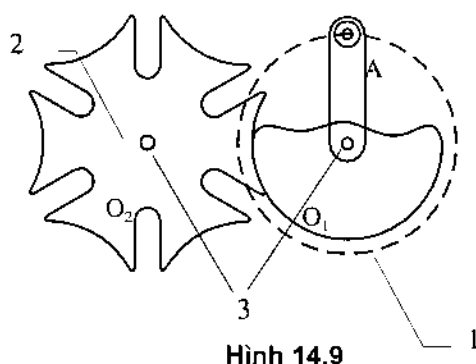
14.6.2. Ứng dụng

Cơ cấu bánh răng cóc biến chuyển động quay của khâu dẫn thành chuyển động quay gián đoạn của khâu bị dẫn. Thường được dùng trong các máy đóng đồ hộp, máy chiếu phim.

14.7. CƠ CẤU MAN TƠ (MALTE)

14.7.1. Khái niệm

Cơ cấu Man tơ là một cơ cấu có 3 khâu (hình 14.9) gồm khâu dẫn là tay quay (1), trên đầu có lắp chốt A, khâu bị dẫn (2) là một bánh răng có nhiều rãnh hướng tâm, giá (3) là các trục quay O_1, O_2 . Tay quay quay đều quanh trục O_1 .



Khi chốt A lọt vào một rãnh của đĩa (2) làm cho đĩa (2) quay quanh trục O_2 . Khi chốt A ra khỏi rãnh thì vòng bán nguyệt đi vào cung hãm làm cho đĩa (2) dừng quay cho đến lúc chốt A lọt vào rãnh tiếp theo của đĩa (2), sẽ làm cho đĩa (2) quay tiếp. Tùy theo yêu cầu số lần gián đoạn trong 1 vòng quay của khâu bị dẫn mà chế tạo số rãnh tương ứng, với cơ cấu như hình 14.9. Đĩa có 6 rãnh tức là đĩa phải quay 6 lần gián đoạn mới thực hiện được 1 vòng quay, nói cách khác khâu dẫn quay 6 vòng thì khâu bị dẫn quay được 1 vòng sau 6 lần gián đoạn.

14.7.2. Ứng dụng

Cơ cấu biến đổi chuyển động quay liên tục của khâu dẫn thành chuyển động quay gián đoạn của khâu bị dẫn, thường được dùng trong các máy tự động và bán tự động.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hãy nêu các cơ cấu biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Cho biết cấu tạo và ứng dụng của các cơ cấu đó.
2. Hãy nêu các cơ cấu biến đổi chuyển động quay thành chuyển động lắc. Cho biết cấu tạo và ứng dụng của các cơ cấu đó.
3. Hãy nêu các cơ cấu biến đổi chuyển động quay liên tục thành chuyển động quay gián đoạn. Cho biết cấu tạo và ứng dụng của các cơ cấu đó.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
PHẦN I : CƠ HỌC LÝ THUYẾT	5
TĨNH HỌC	
<i>Chương 1:</i> NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ TIÊN ĐỀ TĨNH HỌC	5
1.1 Những khái niệm cơ bản	5
1.2 Các tiên đề tĩnh học	6
1.3 Liên kết và phản lực liên kết	7
<i>Chương 2:</i> HỆ LỰC PHẪNG ĐỒNG QUY	10
2.1 Định nghĩa	10
2.2 Hợp hai lực đồng quy	10
2.3 Hợp lực của hệ lực phẳng đồng quy	11
2.4 Điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng đồng quy	14
<i>Chương 3:</i> MÔ MEN CỦA LỰC ĐỐI VỚI MỘT ĐIỂM - NGẪU LỰC	18
3.1 Mô men của lực đối với một điểm	18
3.2 Ngẫu lực	21
3.3 Thu hệ lực phẳng - điều kiện cân bằng của hệ lực phẳng	24
<i>Chương 4:</i> TRỌNG TÂM CỦA VẬT RẮN - TÍNH ỔN ĐỊNH CÂN BẰNG	33
4.1 Trọng tâm	33
4.2 Tính cân bằng ổn định	39
<i>Chương 5:</i> MA SÁT	44
5.1 Ma sát trượt	44
5.2 Ma sát lăn	45
ĐỘNG HỌC	
<i>Chương 6:</i> CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH	47
6.1 Khái niệm	47
6.2 Các chuyển động quay cơ bản	49

ĐỘNG LỰC HỌC

<i>Chương 7:</i>	CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG	51
7.1	Các định luật cơ bản của động lực học	51
7.2	Công	52
7.3	Công suất và hiệu suất	54
7.4	Động năng, thế năng và định luật bảo toàn cơ năng	55
<i>Chương 8:</i>	ĐỘNG LƯỢNG - VA CHẠM	59
8.1	Động lượng	59
8.2	Va chạm	61
	PHẦN II : SỨC BỀN VẬT LIỆU	65
<i>Chương 9 :</i>	NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ SỨC BỀN VẬT LIỆU	65
9.1	Nhiệm vụ và đối tượng của sức bền vật liệu (SBVL)	65
9.2	Một số giả thuyết cơ bản về sức bền vật liệu	65
9.3	Ngoại lực, nội lực và ứng suất	66
9.4	Ứng suất cho phép - hệ số an toàn	69
<i>Chương 10 :</i>	CÁC TRƯỜNG HỢP CHỊU LỰC CƠ BẢN CỦA THANH	72
10.1	Thanh chịu kéo - nén đúng tâm	72
10.2	Cắt	75
10.3	Dập	77
10.4	Xoắn	78
10.5	Uốn phẳng	82
	PHẦN III: CHI TIẾT MÁY	91
<i>Chương 11:</i>	NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MÁY VÀ CƠ CẤU	91
11.1	Những khái niệm cơ bản	91
11.2	Lược đồ động và sơ đồ động	93
<i>Chương 12:</i>	CÁC MỐI GHÉP CƠ BẢN	97
12.1	Ghép bằng đinh tán	97
12.2	Ghép bằng hàn	100
12.3	Ghép bằng ren	102
12.4	Ghép bằng then	107

<i>Chương 13: CƠ CẤU TRUYỀN CHUYỂN ĐỘNG QUAY</i>	111
<i>A. Cơ cấu truyền động ăn khớp</i>	111
13.1 Cơ cấu bánh răng	111
13.2 Cơ cấu xích	116
13.3 Cơ cấu bánh vít - Trục vít	118
<i>B. Cơ cấu truyền động ma sát</i>	119
13.4 Cơ cấu đai truyền	119
<i>Chương 14: CƠ CẤU BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG</i>	124
14.1 Cơ cấu bánh răng- thanh răng	124
14.2 Cơ cấu tay quay - con trượt	124
14.3 Cơ cấu vít - đai ốc	125
14.4 Cơ cấu cam - cần đẩy	126
14.5 Cơ cấu cu lít	127
14.6 Cơ cấu bánh răng cóc	127
14.7 Cơ cấu Man tơ (Malte)	128

GIÁO TRÌNH CƠ KỸ THUẬT

(Tài liệu dùng cho các trường Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề)

NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

Tầng 6, 41B Lý Thái Tổ, Hà Nội

ĐT: (04) 9347039; 9346024

Fax: (04) 9348283

Chịu trách nhiệm xuất bản:

NGUYỄN ĐÌNH THIÊM

Chịu trách nhiệm nội dung:

NGUYỄN BÁ NGỌC

Biên tập và sửa bản in:

BAN BIÊN TẬP SÁCH GIÁO TRÌNH DẠY NGHỀ

Trình bày bìa:

THANH HUYỀN

In 1.000 cuốn khổ 19 × 27 (cm) tại Xí nghiệp In Nhà xuất bản Lao động - Xã hội.
Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 48-85/XB-QLXB của Cục Xuất bản cấp
ngày 21/01/2005.

In xong và nộp lưu chiểu Quý III/2005.

NHÀ XUẤT BẢN LAO ĐỘNG - XÃ HỘI

TẦNG 6, 41B LÝ THÁI TỔ, HÀ NỘI

TEL: 04.9346024 - 9344313

FAX: 04.9348283

TÌM ĐỌC

TỦ SÁCH DẠY NGHỀ

- GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN NGUỘI SỬA CHỮA
Bùi Xuân Doanh
- VẼ KỸ THUẬT
Trần Kim Anh
- GIÁO TRÌNH VẬT LIỆU CƠ KHÍ
Lương Văn Quân
- DUNG SAI LẮP GHÉP
Hoàng Thị Lệ
- ĐIỆN KỸ THUẬT (Tập I, Tập II)
Nguyễn Viết Hải
- GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT CHUYÊN MÔN NGHỀ TIỆN
Phạm Đình Thọ
- KỸ THUẬT HÀN
Phan Văn Thành
- CẨM NANG KỸ THUẬT ĐA NGÀNH DÀNH CHO KỸ SƯ
PGS.TS. Đàm Xuân Hiệp - GS.TS. Trần Văn Định - TS. Trương Huy Hoàng
- ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG
Phùng Minh Hiền - Nguyễn Minh Phương - Lưu Văn Long
- CÔNG NGHỆ - KỸ THUẬT HÀN
Nghiêm Đình Thắng - Nguyễn Mạnh Tùng - Nguyễn Văn Bảy
- CÔNG NGHỆ THỰC HÀNH NGHỀ HÀN
Trần Minh Hùng

Hệ sách Anh Minh
18.000



0160413

22_giao trinh co ky thuat



10113442

Giá: 22.000 Đồng