

Chương II

CƠ CẤU BỐN KHÂU BẢN LỀ

Bài 3. NGUYÊN LÝ CẤU TẠO

VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA CƠ CẤU BỐN KHÂU BẢN LỀ

Mục tiêu : - Nêu được nguyên lý cấu tạo của cơ cấu bốn khâu bản lề.

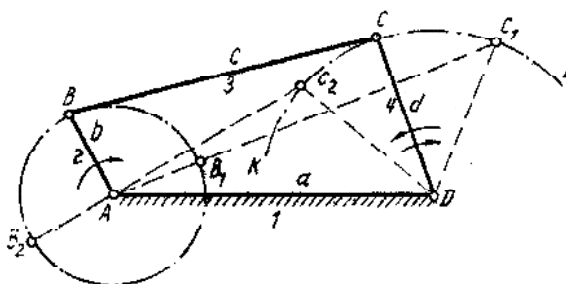
- Nêu được điều kiện quay toàn vòng của khâu dẫn

- Trình bày được cấu tạo nguyên lý truyền động các dạng biến thể của cơ cấu bốn khâu bản lề.

I. Nguyên lý cấu tạo và chuyển động

Cơ cấu bốn khâu bản lề là dạng cơ bản của các loại cơ cấu phẳng dùng khớp thấp.

Các loại cơ cấu nói chung và cơ cấu bốn khâu bản lề nói riêng, cơ cấu nào cũng có một khâu cố định gọi là giá. Các khâu còn lại có chuyển động tương đối với nhau gọi là khâu động. Trong các khâu động, khâu có chuyển động quay và quay với vận tốc không đổi gọi là khâu dẫn, các khâu còn lại gọi là khâu bị dẫn.



Hình 3.1

Hình 3.1 là lược đồ biểu diễn cấu tạo của cơ cấu bốn khâu bản lề. Trong cơ cấu này, khâu AD có chiều dài a là giá, khâu đối diện với giá được gọi là thanh truyền, hai khâu còn lại gọi là khâu nối giá.

Trong quá trình chuyển động, khâu AB là khâu dẫn thực hiện chuyển động quay quanh A, khâu bị dẫn CD lắc qua lắc lại quanh D thường gọi là cần lắc. Quá trình chuyển động truyền từ khâu dẫn đến khâu bị dẫn thông qua thanh truyền BC có chuyển động song phẳng.

Xét chu trình chuyển động của khâu dẫn : Khi khâu dẫn $AB = b$ quay được một vòng thì cần lắc $CD = d$ thực hiện khoảng chạy kép trên cung $\widehat{C_1C_2}$. Hai vị trí C_1D và C_2D gọi là hai vị trí giới hạn hay vị trí biên (vị trí để xác định góc lắc C_1DC_2). Ứng với vị trí biên, tay quay AB và thanh truyền BC đều ở vị trí thẳng hàng:

– Vị trí duỗi thẳng $AB_1C_1 = AB + BC = b + c$

– Vị trí trập giữa tay quay và thanh truyền là AB_2 và B_2C_2

II. Điều kiện quay toàn vòng của khâu dẫn

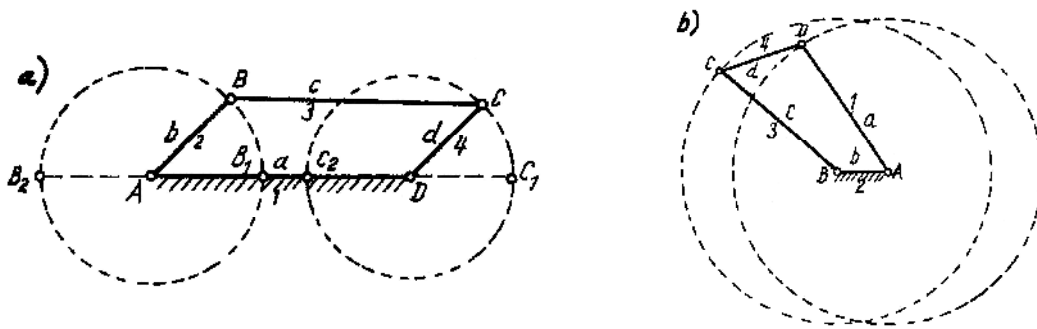
Định lý Grashop

“ Cơ cấu bốn khâu bản lề có khâu quay toàn vòng khi và chỉ khi nào tổng chiều dài của khâu ngắn nhất và khâu dài nhất nhỏ hơn hoặc bằng tổng chiều dài của hai khâu còn lại. Và khi đó:

a. Khi chọn khâu kề với khâu ngắn nhất làm giá thì khâu ngắn nhất là tay quay, khâu đối diện với tay quay là cần lắc (h3.1).

b. Khi chọn khâu ngắn nhất làm giá, thì cả hai khâu nối giá đều là tay quay (h3.2b).

c. Khi chọn khâu đối diện với khâu ngắn nhất làm giá thì cả hai khâu nối giá đều là cần lắc và khâu ngắn nhất sẽ quay toàn vòng ”.



Hình 3.2

Thật vậy, từ (h 3.2) ta thấy: muốn cho tay quay AB quay toàn vòng thì AB phải qua hai vị trí AB_1 và AB_2 (tương ứng với hai vị trí biên của cần lắc CD, đồng thời AB và BC thẳng hàng).

Trên hình 3.1, xét ΔAC_1D có :

$$AC_1 \leq AD + DC_1 \quad (1)$$

$$\text{Hay: } b + c \leq a + d$$

Xét ΔAC_2D có :

$$AD \leq AC_2 + C_2D \quad (2)$$

Trong đó : $AC_2 = B_2C_2 - B_2A = c - b$

$$(2) \rightarrow a \leq c - b + d$$

$$\text{hay } a + b \leq c + d$$

cuối cùng, ta có điều kiện để khâu AB quay toàn vòng quanh A là:

$$\begin{cases} b + c \leq a + d \\ a + b \leq c + d \end{cases}$$

III. Biến thể của cơ cấu bốn khâu bản lề

Cơ cấu bốn khâu bản lề đã xét ở trên là dạng cấu tạo cơ bản, cơ cấu này được dùng trong thực tế dưới những dạng biến thể khác nhau (các dạng biến thể này về mặt nguyên lý cấu tạo là không thay đổi).

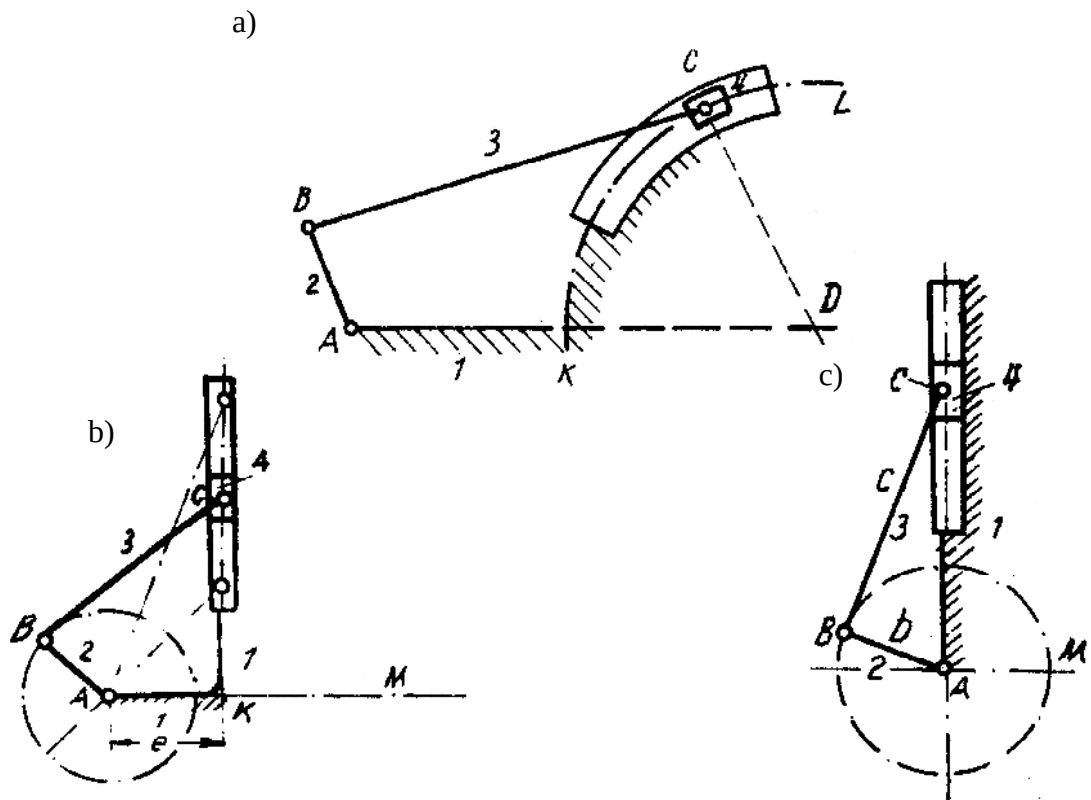
1. Cơ cấu tay quay con trượt

Giả sử khớp D lùi rất xa, tức là bán kính cần lắc CD rất lớn. Lúc đó khớp C sẽ có quỹ đạo là cung $\widehat{KL}$ gần như là một đường thẳng. Khâu CD sẽ trở thành con trượt (4) trượt trong rãnh cong KL (3.3a)

Khi bán kính CD tiến tới vô cùng lớn (∞), quỹ đạo đường cong của khớp C sẽ trở thành đường thẳng, con trượt (4) sẽ chuyển động tịnh tiến qua lại, ta có cơ cấu tay quay con trượt lệch tâm (h 3.3b).

Khoảng lệch tâm e gọi là tâm sai.

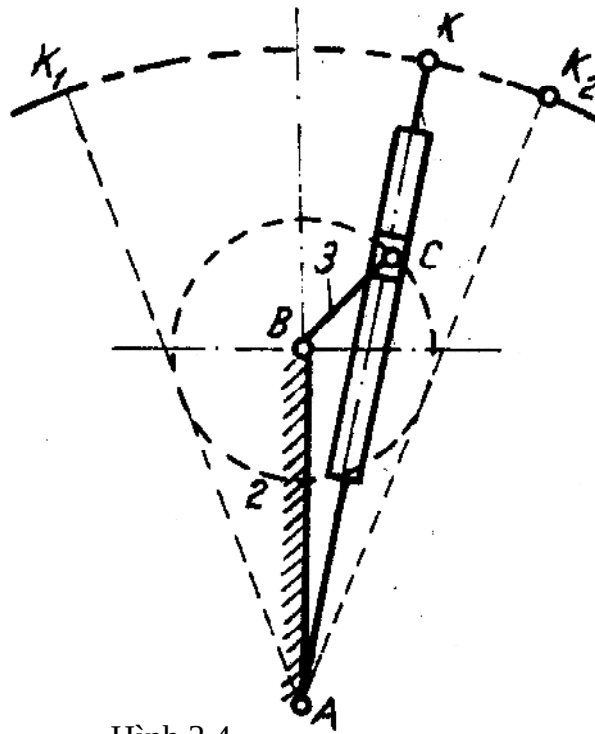
Khi tâm sai $e = 0$, quỹ chuyển động của con trượt đi qua tâm quay của tay quay, ta có cơ cấu tay quay con trượt trùng tâm (h 3.3c)



Hình 3.3

2. Cơ cấu culít quay

Trường hợp đổi khâu 2 làm giá và kích thước khâu 2 lớn hơn khâu 3 ($AB > BC$) ta có cơ cấu culít quay như (h 3.4)



Hình 3.4

Bài 4. PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU BỐN KHÂU BẢN LỀ

- Mục tiêu:
- Xác định được quỹ đạo của điểm thuộc khâu trên cơ cấu bốn khâu bản lề.
 - Vẽ được lược đồ cơ cấu, đồ thị biến thiên hành trình và vận tốc con trượt của cơ cấu tay quay con trượt và thanh trượt của cơ cấu culít.
 - Xác định được vận tốc của điểm thuộc khâu của cơ cấu và khâu bản lề tại một điểm bất kỳ bằng phương pháp vẽ.

Phân tích động học cơ cấu là nghiên cứu quy luật chuyển động của cơ cấu khi đã biết trước lược đồ động của cơ cấu và quy luật chuyển động của khâu dẫn.

Nội dung

Bài toán phân tích động học cơ cấu bao gồm ba bài toán :

- + Bài toán vị trí và quỹ đạo
- + Bài toán vận tốc
- + Bài toán gia tốc

Ý nghĩa

- Xác định vị trí phối hợp và sử dụng chuyển động của các cơ cấu để hoàn thành nhiệm vụ của các máy đặt ra, bố trí không gian, vỏ máy v.v...
- Vận tốc và gia tốc là những thông số cần thiết phản ánh chất lượng làm việc của máy.

Phương pháp giải

- Tùy theo nội dung, yêu cầu của từng bài toán, ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau: giải tích, đồ thị, họa đồ vectơ v.v ...

- Đặc điểm của các phương pháp:

* Phương pháp đồ thị, phương pháp họa đồ vectơ

Ưu điểm:

- + Đơn giản, cụ thể, dễ nhận biết và kiểm tra

Nhược điểm:

- + Thiếu chính xác do có sai số dựng hình, sai số đọc v.v ...
- + Phương pháp đồ thị, kết quả cho quan hệ giữa một đại lượng động học theo một thông số nhất định thường là khâu dẫn.
- + Phương pháp họa đồ vectơ, kết quả không liên tục, chỉ ở các điểm rời rạc.

* Phương pháp giải tích

Ưu điểm

- + Cho mối quan hệ giữa các đại lượng bằng biểu thức giải tích, dễ dàng cho việc khảo sát dùng máy tính.

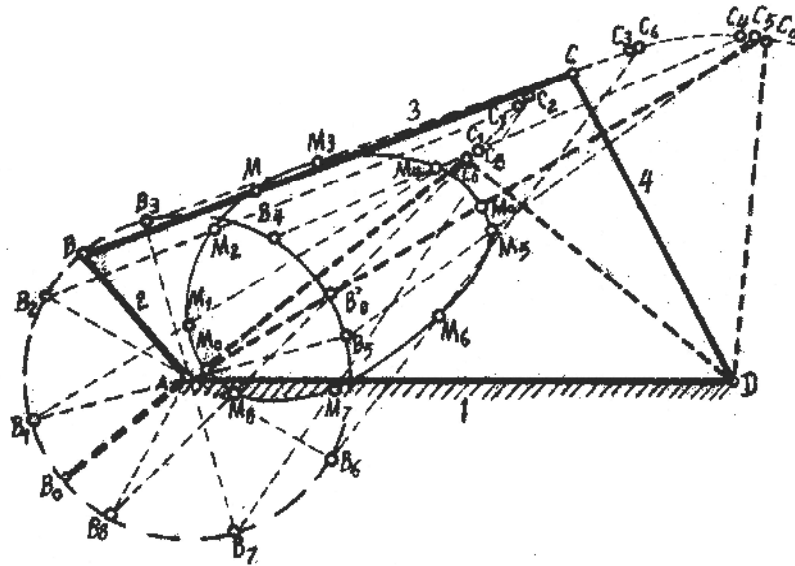
+ Độ chính xác cao

Nhược điểm

+ Đối với một số cơ cấu, công thức giải tích rất phức tạp và rất khó kiểm tra.

I. Xác định quỹ đạo của điểm thuộc khâu trên cơ cấu

Giả sử cho trước lược đồ cơ cấu bốn khâu bản lề như hình vẽ



Hình 4.1

Cơ cấu cho ở vị trí bất kỳ ABCD. Trình tự xác định quỹ đạo của điểm M trên thanh truyền BC được tiến hành như sau:

- Vẽ lược đồ cơ cấu theo tỷ lệ xích tự chọn

Công thức biểu thị tỷ lệ xích cơ cấu là:

$$\mu = \frac{\text{Kích thước thực}}{\text{Kích thước trên bản vẽ}}$$

$$\mu_1 = \frac{l_{AB}}{AB} \left[\frac{m}{mm} \right]$$

- Chia vòng tròn tay quay ra n phần bằng nhau (n càng lớn, quỹ đạo điểm M càng chính xác). Ở đây, ta chia n = 8 phần, tức là xác định được tám vị trí tay quay: AB₁, AB₂ v.v... AB₈. Ngoài ra, xác định thêm hai vị trí biên AB₀ và AB_{0'}.
- Ứng với các vị trí tay quay, ta dễ dàng xác định được vị trí của các khâu còn lại trong cơ cấu bằng cách lấy B₁, B₂ v.v... làm tâm, mở khẩu độ compa quay các cung có bán kính r = BC (biểu diễn theo tỷ lệ). Các cung này cắt quỹ đạo của điểm C (vòng tròn tâm D, bán kính CD) tại điểm C₁, C₂ v.v... C₈.

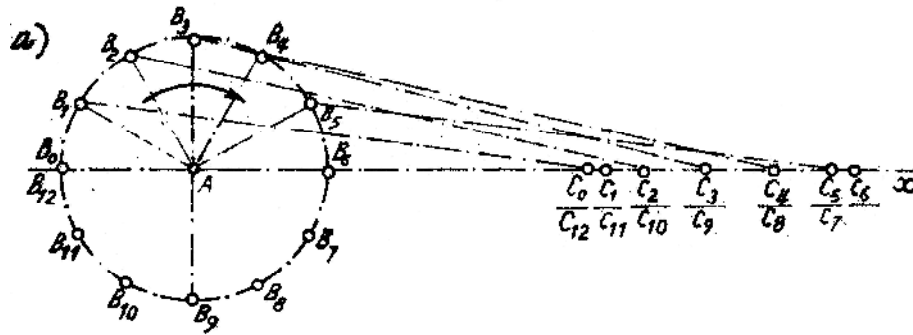
Nối B₁C₁, B₂C₂ v.v... B₈C₈, ta được tám vị trí của thanh truyền, qua đó xác định được tám vị trí của điểm M trên thanh truyền BC.

Nối các điểm M₁, M₂ v.v... M₈ ta được quỹ đạo của điểm M cần tìm.

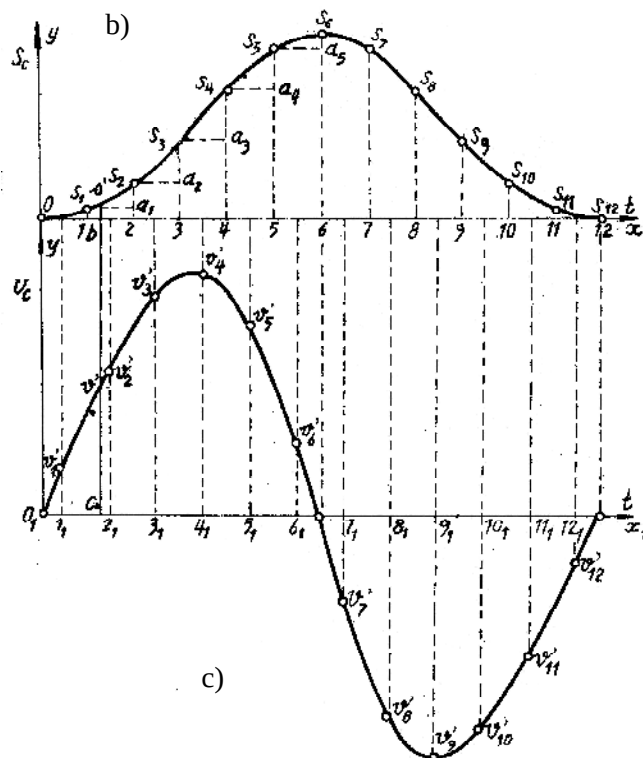
II. Phân tích động học cơ cấu tay quay con trượt

Cho cơ cấu tay quay con trượt trùng tâm như hình vẽ

Quá trình phân tích động học con chạy C được tiến hành theo trình tự sau:



Hình 4.2a



Hình 4.2 b, c

1. Vẽ lược đồ cơ cấu

Chọn tỷ lệ xích $\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB} \left[\frac{\text{m}}{\text{mm}} \right]$ từ đó vẽ được lược đồ cơ cấu như H (4.2a)

2. Đồ thị biến thiên hành trình con trượt

Chia vòng tròn tay quay ra n phần bằng nhau (ở đây chọn $n = 12$), ta xác định được mười hai vị trí của cơ cấu. Các vị trí của tay quay là $AB_0, AB \dots AB_{12} \equiv AB_0$. Tương ứng với các vị trí của con trượt C là $C_0C_1, C_0C_2 \dots C_0C_{12}$ được xác định bằng

cách lấy các điểm B_0, B_1 làm tâm, mở khẩu độ compa có bán kính $r = BC = \frac{l_{BC}}{\mu_1}$, quay các cung, cắt quỹ đạo A_x của con trượt tại các điểm $C_0, C_1 \dots C_{12}$. Các đoạn $C, C_1, C_0, C_2 \dots$ biểu diễn khoảng chạy tương ứng của con trượt C ứng với mỗi góc quay của tay quay theo tỷ lệ xích đã chọn.

Khoảng chạy thực được tính bằng công thức:

$$S_1 = C_0 C_1 \cdot \mu_l$$

Lập hệ trục tọa độ sOt trong đó

– Trục hoành Ot biểu thị thời gian của tay quay quay một vòng (đồ thị hành trình lập cho chu kỳ là một vòng quay của tay quay theo tỷ lệ xích:

$$\mu_t = \frac{\text{Thời gian quay một vòng của tay quay}}{\text{Độ dài biểu diễn trên hình vẽ}}$$

– Trục tung Os biểu thị cho khoảng chạy của con trượt theo tỷ lệ xích :

$$\mu_s = \frac{S_{\max}}{y_{\max}} = \frac{C_0 C_6 \cdot \mu}{y_{\max}}$$

Trên cơ sở đó vẽ đồ thị biến thiên hành trình con trượt (h 4.2b)

3. Đồ thị biến thiên vận tốc của con trượt

Đồ thị biến thiên vận tốc của con trượt được thiết lập với các giá trị vận tốc trung bình.

$$V_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Ứng với mỗi khoảng chạy của con trượt, tính được trị số vận tốc trung bình của nó là

$$\begin{aligned} \Delta s_1 &= s_2 - s_1 \\ \Delta t &= \frac{t}{12} \\ V_{tb1} &= \frac{s_2 - s_1}{\Delta t} = \frac{a_1 s_2 \cdot \mu}{\Delta t} \text{ m/s} \\ V_{tb2} &= \frac{s_3 - s_2}{\Delta t} = \frac{a_2 s_3 \cdot \mu}{\Delta t} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Lập hệ trục tọa độ vO_1t trong đó:

Trục hoành O_1t biểu thị thời gian t cùng tỷ lệ xích với đồ thị hành trình.

Trục tung O_1v biểu thị vận tốc trung bình của con trượt theo tỷ lệ xích

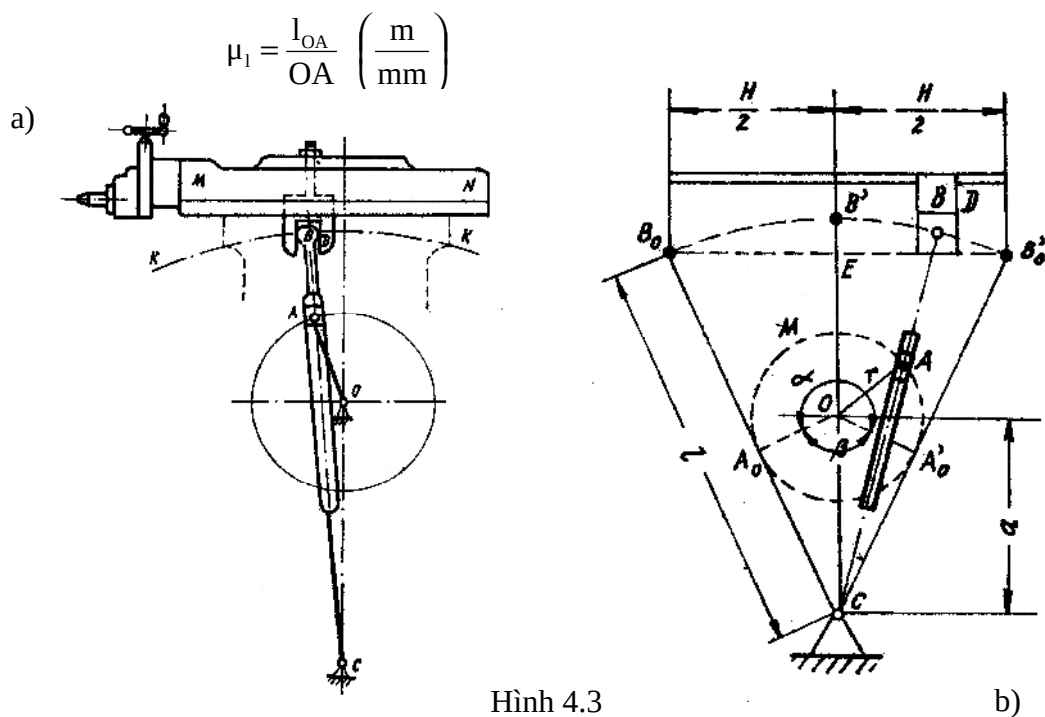
$$\mu_v = \frac{\text{Trị số vận tốc trung bình}}{\text{Tung độ biểu diễn}} \left(\frac{m}{s.mm} \right)$$

từ đó vẽ được đồ thị biến thiên vận tốc của con trượt (h 4.2c)

III. Phân tích động học cơ cấu culit

Cho cơ cấu culit như hình vẽ, h 4.3a

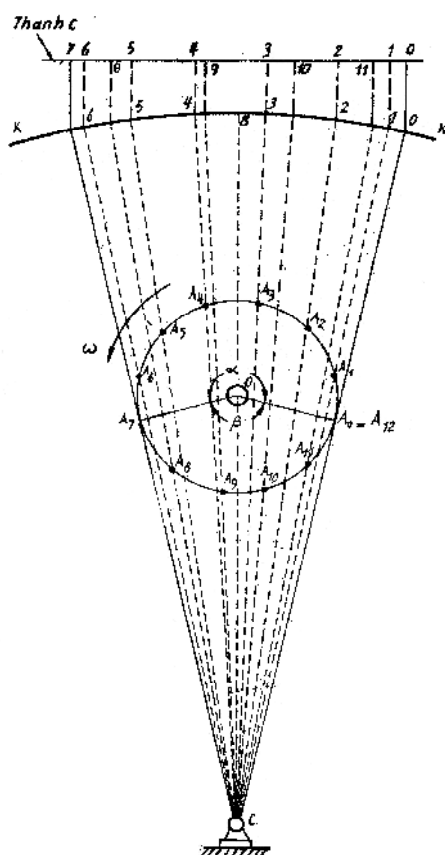
1. Vẽ lược đồ cơ cấu theo tỷ lệ xích đã chọn (h 4.3b)



Hình 4.3

2. Đồ thị biến thiên hành trình và vận tốc của thanh trượt

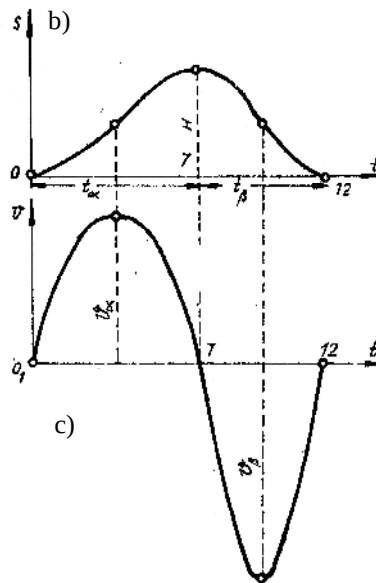
Chia vòng tròn tay quay ra 12 phần ứng với α có 7 phần ($A_0 - A_7$) và β có 5 phần ($A_7 - A_{12}$) (h 4.4a)



Hình 4.4a

Từ $A_0 - A_{12}$ xác định được vị trí của cần lắc BC là $C - 0, C - 1, C - 2$ v.v... (các điểm 0, 1, 2 v.v... nằm trên cung kk). Từ các điểm này kẻ các đường thẳng đứng sẽ cắt quỹ đạo của thanh trượt C tại các điểm $0', 1', 2', \dots$ (h 4.4a). Các đoạn có $0' - 1', 0' - 2' \dots$ biểu thị khoảng chạy s_1, s_2 của thanh trượt C theo tỷ lệ xích μ_s .

Lập hệ trục tọa độ có tung độ Os biểu thị khoảng chạy theo tỷ lệ xích μ_s , hoành độ Ot biểu thị thời gian t theo tỷ lệ xích μ_t ta vẽ được đồ thị biến thiên hành trình thanh trượt



Hình 4.4 b, c

Tương tự. Để vẽ đồ thị biến thiên vận tốc của thanh trượt ta cũng tính $v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Ở đây, cần chú ý đến vận tốc lúc làm việc $v_{tb\alpha}$ và vận tốc lúc chạy không $v_{tb\beta}$:

$$\Delta t_\alpha = \frac{t_\alpha}{7}$$

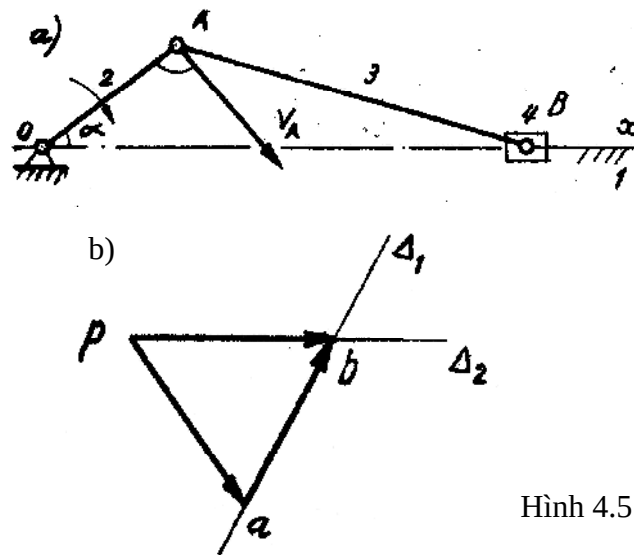
$$\Delta t_\beta = \frac{t_\beta}{7}$$

Lập hệ trục tọa độ vO_1t . Trục tung biểu diễn vận tốc của thanh trượt theo tỷ lệ xích $\mu_v = \frac{v_{tb}}{y}, \left(\frac{m}{s.mm} \right)$, trục hoành theo tỷ lệ xích μ_t . Ta vẽ được đồ thị biến thiên vận tốc của thanh trượt.

IV. Xác định vận tốc của điểm thuộc khâu của cơ cấu bốn khâu bản lề

Giả sử có hai cơ cấu tay quay con trượt như hình vẽ.

Tay quay OA quay với vận tốc góc không đổi cho trước. Tại vị trí đó dễ dàng xác định vận tốc của con trượt B bằng phương pháp họa đồ vận tốc như sau:



Hình 4.5

Với các kích thước cho trước và vị trí đã cho (góc α), ta vẽ được lược đồ cơ cấu theo tỷ lệ xích μ tự chọn.

Như đã học ở Cơ lý thuyết, vận tốc của con trượt B được tính bằng công thức:

$$\begin{aligned}\vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_{Bx}\end{aligned}$$

Trong đó: $\vec{v}_A$ là vận tốc của điểm A (đầu tay quay) hoàn toàn xác định bằng công thức $v_A = \omega \cdot l_{OA} = \frac{\pi n}{30} \cdot l_{OA}$ (m/s), phương vuông góc với OA

$\vec{v}_{BA}$ là vận tốc tương đối của điểm B thuộc thanh truyền AB quay quanh A, có phương vuông góc BA

Mặt khác $\vec{v}_B = \vec{v}_{Bx}$ là vận tốc của con trượt có phương là phương Ox

Để xác định $\vec{v}_B$ ta vẽ họa đồ vận tốc như hình (4.5)

Chọn tỷ lệ xích $\mu_v = \frac{v_A}{p_a} \cdot \left(\frac{m}{s \cdot mm} \right)$, tức là tại điểm p vẽ $\vec{pa}$ tự chọn biểu thị $\vec{v}_A$. Qua a và p kẻ hai đường Δ_1, Δ_2 biểu thị phương của $\vec{v}_{BA}$ và $\vec{v}_B$, hai đường này cắt nhau tại b, ta được $\vec{ab}$ biểu thị $\vec{v}_{BA}$, $\vec{pb}$ biểu thị $\vec{v}_B$

Như vậy: Ta hoàn toàn xác định được vận tốc con trượt B.

$$v_B = pb \cdot \mu_v$$

Bài 5. ỨNG DỤNG CƠ CẤU BỐN KHÂU BẢN LỀ

Mục tiêu : - Nêu được các ứng dụng của cơ cấu bốn khâu bản lề

Cơ cấu 4 khâu bản lề có nhiều ưu điểm nổi bật như:

- Truyền động với khả năng truyền tải lớn
- Cấu tạo và chế tạo các khâu, khớp đơn giản.
- Có thể dễ dàng thay đổi các kích thước động học trên cơ cấu

Đồng thời cũng tồn tại một số nhược điểm:

- Khó thực hiện một cách chính xác các qui luật chuyển động cho trước, trong trường hợp cơ cấu có nhiều khâu dễ gây tổn thất công và dễ có hiện tượng tự hãm.
- Có những trường hợp không thực hiện được qui luật chuyển động khi bố trí cơ cấu 4 khâu hoặc nhiều khâu.

1. Ứng dụng truyền và biến đổi chuyển động

- Cơ cấu tay quay con trượt (h 3.3c) được dùng ở động cơ đốt trong, máy hơi nước để biến chuyển động tịnh tiến qua lại của piston thành chuyển động quay đều của trục khuỷu.
- Cơ cấu thanh truyền bình hành (h3.3a) dùng trong đầu máy xe lửa để truyền chuyển động quay toàn vòng giữa các bánh xe.
- Cơ cấu bốn khâu dạng tay quay cần lắc (h 3.1) được dùng trong máy dệt (gọi là cơ cấu batăng) và máy nghiền đá v.v... cơ cấu loại này dùng trong các trường hợp chịu tải va đập.
- Cơ cấu culit dùng trong máy bào.

2. Các ứng dụng khác

- Ứng dụng cơ cấu 4 khâu để vạch ra một quỹ đạo nào đó (cơ cấu thanh truyền bình hành để vẽ các đường song song).
- Cơ cấu 4 khâu dùng trong các cần trục để dịch chuyển các tải trọng, hoặc ứng dụng trong các thiết bị khác như cơ cấu vẽ elíp v.v...
- Cơ cấu 4 khâu còn được ứng dụng trong các thiết bị dụng cụ đo, kiểm tra, điều khiển v.v...

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phát biểu định lý Grashof về điều kiện quay toàn vòng của cơ cấu bốn khâu bản lề.
2. Trình bày phương pháp xác định quỹ đạo của điểm thuộc khâu của cơ cấu bốn khâu bản lề. Nếu cách vẽ hai vị trí biên của khâu bị dẫn (tự cho ví dụ).

3. Nêu rõ các bước lập đồ thị hành trình và vận tốc của các điểm của khâu của cơ cấu. Qua đó nêu rõ cách tính trị số của khoảng chạy s và vận tốc tại một thời điểm nào đó (trình bày đối với cơ cấu dạng tay quay cần lắc).
4. Cơ cấu bốn khâu bản lề có những ưu khuyết điểm gì?
5. Nêu công dụng của cơ cấu bốn khâu bản lề (Lấy thí dụ thực tế để dẫn chứng).
6. Nêu rõ những đặc điểm động học của cơ cấu culít dùng trong máy bào ngang?