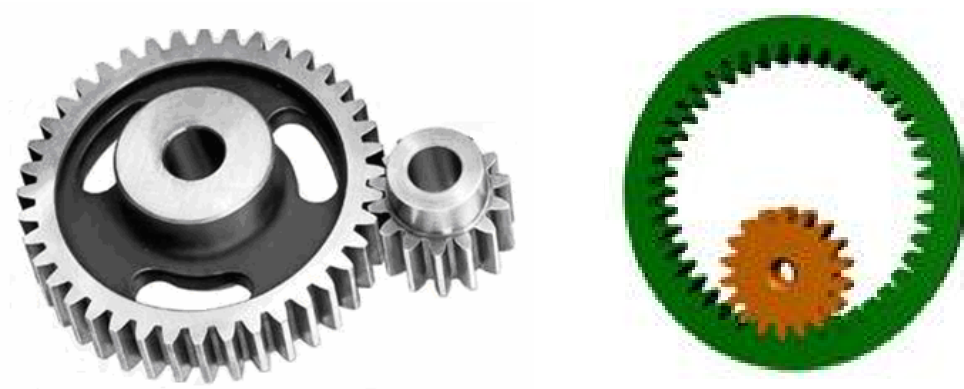


GIÁO TRÌNH

NGUYÊN LÝ MÁY



Thạc sĩ : Trần ngọc Nhuận

Mục lục

Bìa

Bài mở đầu

Chương 1

Cấu trúc và xếp loại cơ cấu

- A- Cấu trúc cơ cấu
 - I- Những định nghĩa và khái niệm cơ bản
 - II- Bậc tự do cơ cấu
- B- Xếp loại cơ cấu phẳng
 - I- Nhóm tĩnh định
 - II- Xếp loại cơ cấu
 - III- Cơ cấu thay thế

Chương 2

Phân tích động học cơ cấu phẳng

- I- Khái niệm chung
- II- Phân tích động học cơ cấu loại 2 bằng phương pháp vẽ
 - A- Phương pháp hoạ đồ véc tơ
 - B- Phương pháp đồ thị
- III- Phân tích động học cơ cấu loại 3
- IV- Phân tích động học cơ cấu phẳng loại cao bằng phương pháp vẽ

Chương 3

Phân tích lực trên cơ cấu phẳng

- I- Lực trên cơ cấu
- II- Lực quán tính
- III- Xác định áp lực khớp động và tính lực khâu dẫn

Chương 4

Lực ma sát

- I- Khái niệm và phân loại
- II- Ma sát trượt khô
- III- Ma sát trong khớp tịnh tiến
- IV- Ma sát trong cơ cấu chêm và ren vít
- V- Ma sát trong khớp quay
- VI- Ma sát lăn
- VII- Ma sát ướt

Chương 5

Cơ cấu phẳng toàn khớp loại thấp

- I- Đại cương- ứng dụng
- II- Đặc điểm làm việc của cơ cấu 4 khâu phẳng
- III- Phương pháp tâm quay tức thời

Chương 6

Cơ cấu Cam

- I- Đại cương và phân loại
- II- Phân tích động học cơ cấu Cam
- III- Phân tích lực học cơ cấu Cam
- IV- Tổng hợp động học cơ cấu Cam

Chương 7

Cơ cấu Bánh răng phẳng

- I- Khái niệm và phân loại
- II- Biên dạng thân khai
- III- Lực tác dụng trên bộ truyền bánh răng
- IV- Khái niệm về cách tạo và cắt biên dạng thân khai

V- Những thông số cơ bản của bánh răng thân khai được cắt . . .

VI- Các chế độ dịch dao

VII- Hiện tượng cắt lẹm chân răng, số răng tối thiểu và . . .

VIII- Các chế độ ăn khớp của cặp bánh răng thân khai.

IX- Bánh răng trụ tròn răng thẳng, trụ tròn răng nghiêng, răng chữ V

Chương 8

Cơ cấu bánh răng không gian

I- Cặp bánh răng trụ chéo

II- Cặp bánh vít - trục vít trụ tròn

III- Cặp bánh răng nón

Chương 9

Hệ bánh răng

I- Hệ bánh răng thường

II- Hệ bánh răng vi sai

III- Tổng hợp động học hệ vi sai

Chương 10

Một số cơ cấu đặc biệt

I- Khớp cardano

II- Cơ cấu Man

III- Truyền động đai

1- Công thức Euler

2- Mô men ma sát

Chương 11

Chuyển động thực của máy

I- Phương trình chuyển động của máy

II- Chuyển động thực của máy

III- Làm đều chuyển động máy

Chương 12

Hiệu suất

I- Định nghĩa

II- Hiệu suất của máy

1- Trường hợp các phần tử nối nối tiếp

2- Trường hợp các phần tử nối song

3- Trường hợp tổng quát

4- Hiệu suất của một vật chuyển động trên mặt phẳng nghiêng

5- Hiệu suất của cơ cấu bánh răng

6- Hiệu suất hệ bánh răng hành tinh

Chương 13

Điều chỉnh tự động chuyển động máy

I- Một số khái niệm cơ bản

II- Một số bộ điều chỉnh kiểu ly tâm

Chương 14

Cân bằng máy

I- Mục đích và nội dung cân bằng máy

II- Cân bằng Roto cứng

III- Cân bằng Roto mềm

IV- Cân bằng khối lượng cơ cấu nhiều khâu

Tài liệu tham khảo

Bài Mở Đầu

I) Đối tượng nghiên cứu của môn học:

Bao gồm máy và cơ cấu.

1) Máy: Do một số cơ cấu hợp thành, có chuyển động xác định và có nhiệm vụ biến đổi hoặc sử dụng cơ năng trong việc thực hiện những quá trình công nghệ.

Để cơ khí hoá và tự động hoá các quá trình sản xuất trong công nghiệp, nông nghiệp, ngư nghiệp và các ngành kinh tế khác đòi hỏi phải sử dụng rộng rãi các loại máy móc, thiết bị hiện đại khác nhau. Tất cả các loại máy móc này, căn cứ vào chức năng có thể chia ra làm hai nhóm chính sau:

a) Máy biến đổi năng lượng: Dùng để biến đổi năng lượng từ dạng này sang dạng khác như: Trong động cơ đốt trong, năng lượng của nhiên liệu nổ và giãn nở trong xy lanh được chuyển thành cơ năng truyền vào trục khuỷu của động cơ. Cũng tương tự như vậy trong các tuốc bin năng lượng của các chất lỏng chuyển động lại được chuyển thành cơ năng lái máy phát điện để chuyển đổi thành điện năng. Máy biến đổi năng lượng thành cơ năng người ta gọi là động cơ, máy biến đổi cơ năng sang các dạng năng lượng khác được gọi theo tính chất biến đổi: máy phát điện, máy nén khí...

b) Máy công tác: Dùng để biến đổi trạng thái, tính chất, hình dáng, kích thước, vị trí... của vật liệu hay đối tượng được gia công. Các loại máy này nói chung có nhiệm vụ thực hiện những quá trình công nghệ khác nhau trong sản xuất như: máy vận chuyển, máy tiện, máy phay, máy mài, máy bào, ... được chia thành 2 loại: Máy vận chuyển và máy công nghệ.

Hai dạng máy được phân biệt như trên chỉ là tương đối, vì đa số các loại máy công tác hiện nay đều có động cơ dẫn động riêng. Vì vậy những loại máy này còn được gọi là máy tổ hợp. Đồng thời nếu trong máy tổ hợp còn trang bị đầy đủ các thiết bị như: thiết bị theo dõi, kiểm tra, điều chỉnh... có tác dụng thay thế ít nhiều chức năng điều khiển và kiểm tra của con người đối với quá trình sản xuất thì được gọi là máy tự động. Ngoài ra khoa học ngày càng phát triển dẫn đến càng có nhiều loại máy có đầy đủ các chức năng đặc biệt như thay thế con người trong việc tiến hành suy diễn, tính toán (máy tính), thay chức năng vận chuyển, lắp ráp với mức độ chính xác cao (Robot)... Tuy nhiên dù thế nào đi nữa thì máy vẫn làm việc dựa theo các nguyên tắc trên.

Dù rằng có bao nhiêu loại máy nhưng nói chung cần phải có những kết cấu đảm bảo thực hiện được những quy luật chuyển động đã cho của bộ phận làm việc. Những kết cấu này thường được gọi là những cơ cấu và thường là do những vật thể rắn ghép lại, hoặc các kết cấu hoạt động được nhờ truyền động khí nén, thủy lực, điện từ động cơ đến trục máy công tác hay bộ phận làm việc gọi là cơ cấu truyền động hay khí động. Trong giáo trình này không nghiên cứu những khâu mềm, các vi mạch trong computer (phần này được trình bày trong các môn học chuyên môn).

Để tự động kiểm tra và điều chỉnh các quy trình sản xuất trên máy móc người ta còn trang bị những dụng cụ đo, hệ thống tự động điều chỉnh khi có sai lệch về thông số. Bộ phận quan trọng của động cơ, máy công tác, dụng cụ đo, bộ điều chỉnh là các cơ cấu; các cơ cấu lại do các khâu hợp thành. Vì thế để nghiên cứu và tính toán thiết kế máy cần thiết phải biết rõ các thông số, đặc trưng, tải tác dụng, nhiệm vụ... Môn học Lý thuyết máy bước đầu giải quyết: *Nghiên cứu cấu tạo, động học và động lực học của cơ cấu và máy.*

2) Cơ cấu: Cơ cấu trong máy là một tập hợp nhân tạo các vật thể có chuyển động xác định. Cơ cấu cũng bao gồm nhiều loại, tùy theo chức năng, nhiệm vụ người ta phân ra các loại sau đây:

a) Cơ cấu chính: Là những cơ cấu trực tiếp hoàn thành những nhiệm vụ công nghệ

b) Cơ cấu truyền động: Có nhiệm vụ truyền chuyển động quay giữa các trục với tỷ số truyền cố định nào đó (truyền động đai, truyền động ma sát, bánh răng...). Thông thường giữa động cơ dẫn động và máy công tác, tốc độ của chúng luôn luôn khác nhau, do vậy cơ cấu truyền động đóng vai trò rất quan trọng trong việc tạo ra một tốc độ nhất định và phối hợp chuyển động cho chính xác.

c) Cơ cấu biến đổi chuyển động, cơ cấu điều khiển, điều chỉnh: Có nhiệm vụ biến đổi chuyển động từ dạng này sang dạng khác, ví dụ biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến (cơ cấu tay quay con trượt, cơ cấu cam...), biến chuyển động quay liên tục thành chuyển động gián đoạn (cơ cấu Man...). Ngoài ra cơ cấu còn một số chức năng khác như điều chỉnh vị trí của bộ phận làm việc hoặc thực hiện một quỹ đạo nhất định, hoặc điều chỉnh cho một thông số nào đó không thay đổi hoặc thay đổi trong khoảng cho phép..., người ta gọi chung là cơ cấu điều chỉnh, điều khiển.

Các cơ cấu không nhất thiết được hình thành bằng các khâu cứng, nó cũng có thể là khâu mềm (truyền động đai).

II) Nội dung nghiên cứu:

Bao gồm 3 nội dung chính: Cấu trúc, động học và động lực học cơ cấu, máy.

1) Cấu trúc: Tìm hiểu cấu trúc và xếp loại cơ cấu.

2) Động học: Tìm hiểu quy luật chuyển vị, quy luật vận tốc, quy luật gia tốc của các điểm quan trọng, của các khâu chuyển động trong cơ cấu.

3) Động lực học: Tính lực tác dụng trong máy, lực tác dụng lên các khâu, các khớp động, mối quan hệ và đi cân bằng máy.

Ba nội dung trên được nghiên cứu dưới 2 dạng:

a) Bài toán phân tích:

Đi phân tích cấu trúc, phân tích động học và phân tích động lực học nhằm mục đích biết được quy luật chuyển động của cơ cấu, mối quan hệ chuyển động của các khâu, xác định lực tác dụng lên các khâu, các khớp động trong cơ cấu. Mối quan hệ của chúng với chuyển động và nhiệm vụ của cơ cấu.

b) Bài toán tổng hợp:

Có nhiệm vụ đi chọn một lược đồ máy hay sơ đồ động máy, cơ cấu và các kích thước, trọng tâm, khối lượng các khâu nhằm thỏa mãn những điều kiện động học và động lực học đã cho.

III) Phương pháp nghiên cứu:

Trong giáo trình này chỉ giới hạn nghiên cứu cơ cấu gồm toàn khâu với giả thiết là rắn tuyệt đối, cho nên việc phân tích động học và động lực học của cơ cấu, máy đều có thể sử dụng những phương pháp của môn học cơ lý thuyết (tất nhiên trong môn học Lý thuyết máy sẽ có những đặc điểm và phương pháp tối ưu riêng). Thông thường sử dụng 2 phương pháp:

1) Phương pháp vẽ:

Bao gồm phương pháp hoạ đồ véc tơ và phương pháp đồ thị. Các phương pháp này giúp chúng ta giải bài toán nhanh, gọn mà vẫn đảm bảo được độ chính xác cao, rất cần thiết trong các bài toán kỹ thuật.

2) Phương pháp giải tích:

Phương pháp này có ưu điểm là đạt được độ chính xác tương đối cao, đặc biệt là cho biết được mối quan hệ và ảnh hưởng của các thông số với nhau. Tuy nhiên quá trình thiết lập và tính toán nhiều khi phức tạp và có khi thiếu dữ liệu để giải.

Điều đáng chú ý ở đây: tuy môn học có cơ sở lý thuyết chặt chẽ, xây dựng trên kết quả của môn học Cơ lý thuyết và một số môn học cơ bản khác nhưng vẫn là một môn học kỹ thuật, do vậy vấn đề nghiên cứu, phương pháp thực nghiệm có một ý nghĩa quan trọng. Vì vậy trong giáo trình này chủ yếu trình bày nhiều về phương pháp vẽ.

IV) Vị trí của môn học:

Từ những nội dung đã trình bày ở trên, môn học này là một trong những môn học kỹ thuật cơ sở của ngành cơ khí và một số ngành khác. Đây là môn học thừa hưởng, kế thừa môn học Cơ lý thuyết, một phần trong môn học Sức bền vật liệu, cơ chất lỏng, dao động trong kỹ thuật. . . là nội dung phương hướng để bước vào môn học Chi tiết máy. Nắm chắc nguyên lý làm việc, lựa chọn sơ đồ động, phối hợp chuyển động. . . và đi đến tính toán sức bền, hình dáng kết cấu, chỉ tiêu công nghệ, chỉ tiêu làm việc . . . để hoàn thành một máy nào đó theo các yêu cầu cần thiết đặt ra. Môn học Lý thuyết máy có tác dụng trực tiếp trong việc cơ khí hoá và tự động hoá. Ngoài ra muốn tìm hiểu tính năng cấu tạo và hoạt động của máy, dĩ nhiên chúng ta phải tiến hành phân tích động học, động lực học và phải biết cách thức làm đều chuyển động máy, cân bằng máy để hạn chế sự rung động, hạn chế sự ảnh hưởng tác động giữa các khâu và giữa cơ cấu này đối với các cơ cấu khác trong máy, hay những máy bên cạnh. Chính vì vậy, những kiến thức của môn học này là rất cần thiết mà mỗi cán bộ kỹ thuật nói chung cần phải nắm vững.

Chương 1:

CẤU TRÚC VÀ XẾP LOẠI CƠ CẤU

A/ CẤU TRÚC CƠ CẤU :

I/ Những định nghĩa và khái niệm cơ bản:

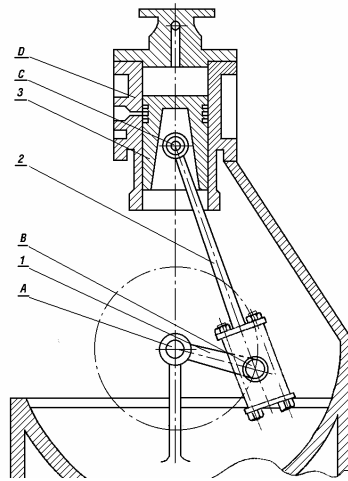
1/ Khâu và tiết máy :

a. Tiết máy (Chi tiết máy) :

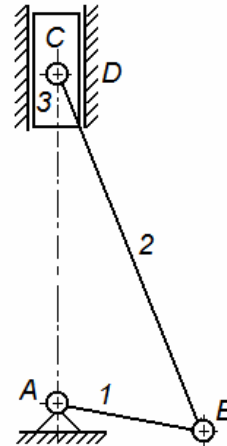
Là phần nhỏ nhất không thể tháo rời được nữa của cơ cấu hay máy.

b. Khâu :

Những bộ phận có chuyển động tương đối đối với nhau trong cơ cấu hay máy được gọi là các khâu. Khâu có thể là một hoặc nhiều chi tiết máy hợp thành được ghép cứng lại với nhau. Do đó khâu là phần quan trọng trong môn học này



(a)



(b)

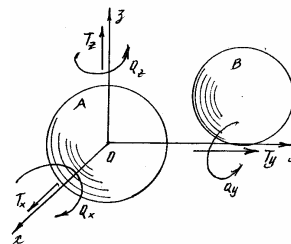
Hình 1.1 – Lược đồ cơ cấu động cơ

Hình 1.1: Tay quay 1 quay quanh trục cố định A, thanh truyền 2 có chuyển động song phẳng, pit tông 3 chuyển động tịnh tiến trong xy lanh 4 cố định. Như thế, các khâu có chuyển động tương đối với nhau, mỗi khâu có chuyển động riêng biệt. Ở thanh truyền 2, khâu này gồm nhiều tiết máy được ghép cứng với nhau. Trong ngành chế tạo máy hiện nay, người ta còn dùng các khâu đàn hồi (lò xo, màng mỏng...), khâu dẻo (đai, cáp, xích...), chất lỏng và chất khí (dầu, nước, hơi...)... để truyền chuyển động. Các cơ cấu có khâu biến dạng đặc biệt nói trên là đối tượng nghiên cứu trong các tài liệu chuyên khảo khác. Trong phạm vi giáo trình này không nghiên cứu.

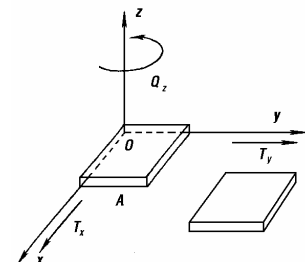
2/ Bậc tự do của khâu – nối động :

a) Bậc tự do :

Xét hai khâu A, B để rời nhau trong không gian, ta xét xem khâu B có tất cả bao nhiêu chuyển động so với A. Muốn vậy, người ta gắn cho A một hệ trục tọa độ. Đứng trong A quan sát B, lúc này xem như A đang đứng yên còn B chuyển động tự do. Rõ ràng B có tất cả 6 chuyển động tương đối độc lập riêng biệt so với A : Đó là 3 chuyển động tịnh tiến theo 3 phương: T_x , T_y , T_z và 3 chuyển động quay quanh 3 trục: Q_x , Q_y , Q_z .



(a)



(b)

Hình 1.2

Người ta gọi mỗi khả năng chuyển động này là một bậc tự do (hình 1.2.a). Bậc tự do là số tối đa các khả năng chuyển động tương đối độc lập.

Bây giờ chúng ta xét trong mặt phẳng (hình 1.2.b), ví dụ chọn mặt phẳng xOy chẳng hạn. Rõ ràng trong trường hợp này B vốn dĩ đã được hạn chế sẵn 3 bậc tự do rồi : Đó là chuyển động tịnh tiến theo phương Oz , chuyển động quay quanh trục Ox và Oy . Do đó chỉ còn tồn tại 3 bậc tự do là 3 chuyển động : T_x , T_y và Q_z , tương ứng có 3 bậc tự do.

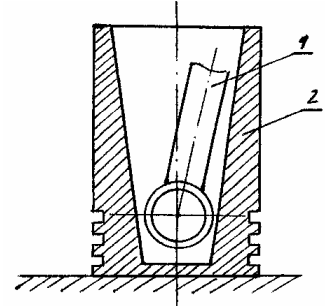
Nếu như xét n khâu để rời nhau trong không gian thì số bậc tự do tương đối đối với một khâu nào đó của tất cả các khâu còn lại sẽ tăng theo tỉ lệ thuận với số khâu được xét :

Trong không gian : Bậc tự do là $6(n-1)$.

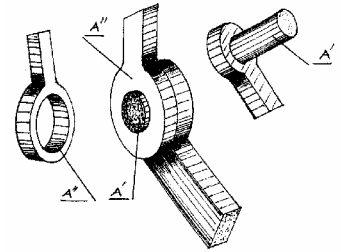
Trong mặt phẳng : Bậc tự do là $3(n-1)$.

b) Nối động :

Các khâu để rời nhau có chuyển động không xác định đối với nhau. Trong cơ cấu hay máy, mỗi khâu đều có chuyển động xác định và phụ thuộc vào các khâu khác, tức là chúng có những ràng buộc mật thiết với nhau. Muốn có được điều này, bắt buộc phải hạn chế bớt chuyển động thừa, nghĩa là đi hạn chế bớt số bậc tự do không cần thiết. Người ta thực hiện điều này bằng cách buộc các khâu tiếp xúc với nhau theo một quy luật nào đó trong quá trình chuyển động. Việc làm như thế gọi là nối động 2 khâu. Mỗi bậc tự do bị hạn chế trong một phép nối động được gọi là một ràng buộc. Trong hình 1.3, đó là một dạng nối động 2 khâu: nối động thanh truyền 1 với pit - tông 2, lúc này khâu 1 có chuyển động xác định (thực chất ở đây là đi hạn chế 5 bậc tự do thừa trong yêu cầu chuyển động).



Hình 1.3

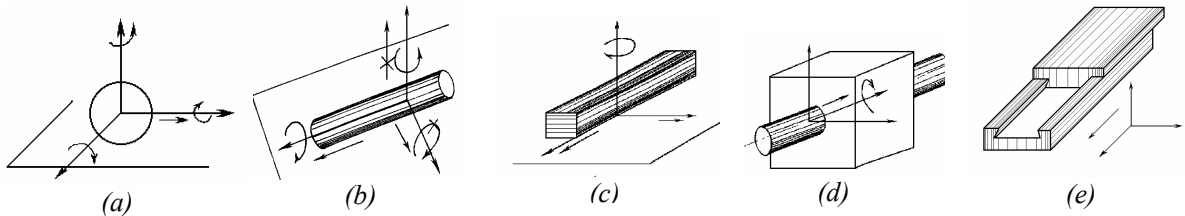


Hình 1.4

3) Khớp động và thành phần khớp động :

Khi nối động 2 khâu thì chỗ tiếp xúc trên mỗi khâu gọi là thành phần khớp động, hai thành phần khớp động trong một phép nối động 2 khâu gọi là một khớp động. Ở hình 1.4, A'' và A' là những thành phần khớp động.

Chúng ta xét một số khớp động sau đây (hình 1.5) :



Hình 1.5

a : Tiếp xúc điểm, hạn chế 1 bậc tự do : T_z

b : Tiếp xúc đường, hạn chế 2 bậc tự do: T_z , Q_y .

c : Tiếp xúc mặt, hạn chế 3 bậc tự do : T_z , Q_y , Q_x .

d : Tiếp xúc mặt, hạn chế 4 bậc tự do : T_z , T_y , Q_z , Q_y .

e : Tiếp xúc mặt, hạn chế 5 bậc tự do : T_z , T_y , Q_x , Q_y , Q_z .

4/ Phân loại khớp động :

Với việc hạn chế bớt số bậc tự do thừa dẫn đến tính chất, đặc điểm của mỗi khớp động cũng khác nhau. Người ta phân loại khớp động theo các đặc điểm sau:

a) Phân loại theo tính chất tiếp xúc :

Bao gồm 2 loại :

Khớp loại cao : Có thành phần tiếp xúc là điểm hoặc đường.

Khớp loại thấp : Có thành phần tiếp xúc theo mặt.

Độ bền và tính chịu mài mòn của khớp động phụ thuộc vào hình dạng và kết cấu của nó. Khớp loại thấp có tính chịu mài mòn cao hơn khớp loại cao bởi vì có diện tích tiếp xúc giữa các phần tử lớn hơn. Vì thế trong chế tạo máy hiện đại, do cần nâng cao tốc độ và tải trọng, người ta cố gắng chỉ sử dụng khớp loại thấp trong cơ cấu, song không phải trường hợp nào cũng dùng cơ cấu toàn khớp loại thấp là hợp lý. Các khớp loại cao có các phần tử có hình dạng rất khác nhau, nên nếu trong cơ cấu có khớp loại cao sẽ dễ dàng thực hiện được mọi quy luật chuyển động cần thiết với số khâu rất ít, kết cấu đơn giản hơn so với cơ cấu toàn khớp loại thấp.

b) Phân loại theo số bậc tự do tương đối bị hạn chế :

Bao gồm 5 loại sau đây :

Khớp loại 1 : Hạn chế 1 bậc tự do.

Khớp loại 2 : Hạn chế 2 bậc tự do.

Khớp loại 3 : Hạn chế 3 bậc tự do.

Khớp loại 4 : Hạn chế 4 bậc tự do.

Khớp loại 5 : Hạn chế 5 bậc tự do.

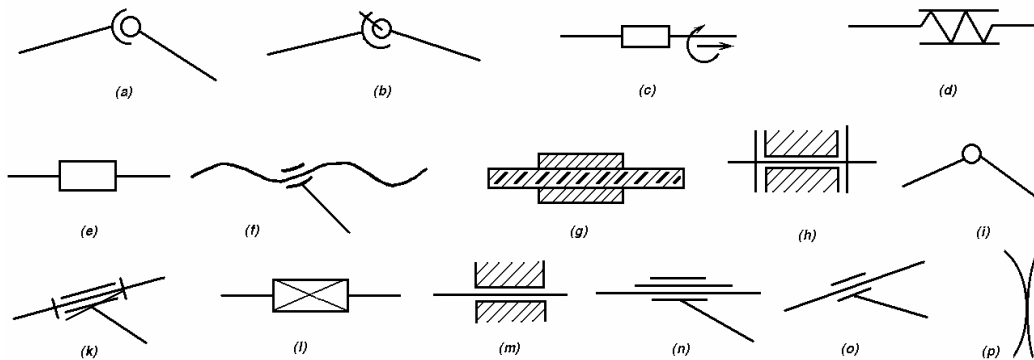
c) Khớp phẳng :

Tên gọi chung cho những khớp dùng để nối động 2 khâu trong cùng một mặt phẳng hay các mặt phẳng song song, hạn chế 1 hoặc 2 bậc tự do như : khớp loại 4, khớp cam, khớp bánh răng có trục song song, khớp tịnh tiến, khớp bản lề...

5/ Chuỗi động và cơ cấu, máy :

a) Lược đồ khớp :

Dùng để biểu diễn khớp động, mục đích là để thuận lợi trong việc nghiên cứu, phân tích cơ cấu, máy; người ta quy ước biểu diễn khớp động bằng hình vẽ như sau (hình 1.6.) :



a. Khớp cầu loại 3. b. Khớp cầu loại 4. c, o. Khớp trụ loại 4. d, e, f, g: Khớp vít loại 5
l, m, n: Khớp tịnh tiến. h, i, k: Khớp quay loại 5. p: khớp cao

Hình 1.6 (Lược đồ một số khớp động)

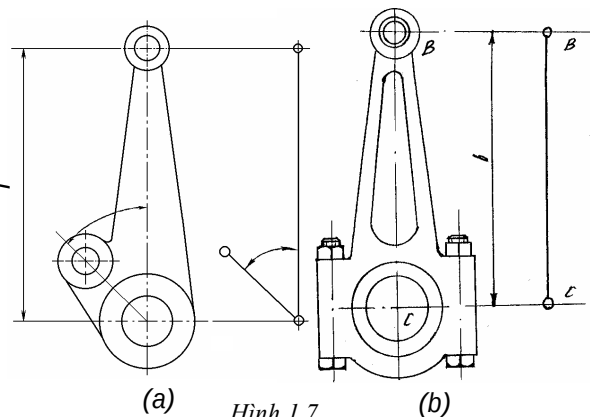
b) Lược đồ khâu :

Khâu cũng được biểu diễn bằng lược đồ và phải thỏa mãn 2 điều kiện sau :

- Chiều dài khâu biểu diễn bằng lược đồ đúng bằng kích thước động của khâu.
- Biểu diễn đầy đủ các khớp động có trên khâu.

c) Chuỗi động :

Là tập hợp các khâu liên kết với nhau bằng các khớp động trong một hệ thống, chuỗi động bao gồm:



Hình 1.7

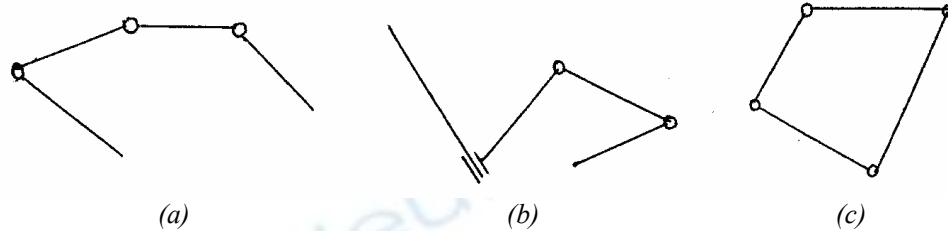
- Chuỗi động phẳng :

Các điểm trên các khâu chuyển động trên cùng một mặt phẳng hay các mặt phẳng song song với nhau (hình 1.8.a, 1.8.b).

- Chuỗi động không gian :

Các điểm trên các khâu chuyển động trên các mặt phẳng không song song với nhau (hình 1.8.c).

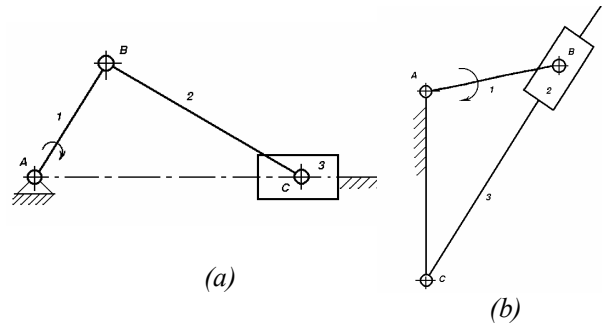
Chuỗi động phẳng hay chuỗi động không gian còn có thể là chuỗi động kín hay chuỗi động hở. Nếu trong chuỗi động mỗi khâu tham gia ít nhất là 2 khớp động được gọi là chuỗi động kín (chuỗi động phức tạp) (hình 1.8.c); nếu trong chuỗi động có khâu tham gia chỉ 1 khớp động gọi là chuỗi động hở (chuỗi động đơn giản) (hình 1.8.a, 1.8.b).



Hình 1.8

d) Cơ cấu :

Là một chuỗi động trong đó có một khâu cố định, còn những khâu khác chuyển động theo một quy luật nhất định. Khâu cố định gọi là giá. Tùy theo tính chất chuyển động của các khâu trong cơ cấu so với giá người ta phân biệt : Tay quay (có chuyển động quay được toàn vòng quanh trục nối với giá), thanh truyền (có chuyển động song phẳng), con trượt (có chuyển động tịnh tiến qua lại so với giá hay một khâu khác, culit (khâu chuyển động dùng làm bộ phận dẫn hướng cho con trượt) xem hình 1.9.



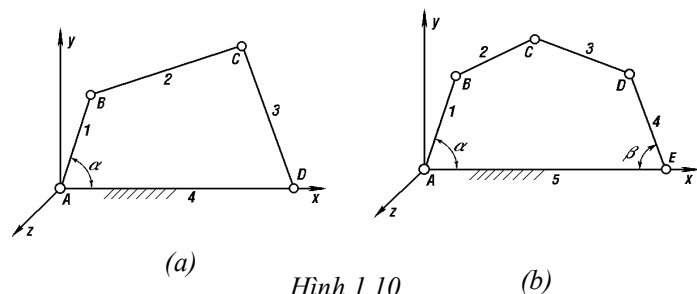
Hình 1.9

e) Máy :

Là một hoặc nhiều cơ cấu hợp thành có chuyển động xác định. Theo quan điểm của các nhà chế tạo máy : Máy là tập hợp hoàn chỉnh các kết cấu cơ học, thực hiện những chuyển động để biến đổi năng lượng, vật liệu và thông tin với mục đích thay thế hay giảm bớt sức lao động của con người.

II) Bậc tự do của cơ cấu :

Xét cơ cấu bốn khâu bản lề phẳng (hình 1.10.a), Chiều dài các khâu đã biết trước. Cho trước thông số α , ứng với một giá trị α nhất định ta đều xác định được vị trí B và C, như vậy vị trí cơ cấu hoàn toàn xác định. Đối với cơ cấu ở hình 1.10.b, với thông số α cho trước, điểm C và D không thể nào xác định được vị trí tương ứng, cần thêm một thông số β nữa mới xác định được vị trí khâu BC và CD. Như vậy ứng với cơ cấu ở hình 1.10.a chỉ cần một thông số là có thể xác định được hoàn toàn vị trí cơ cấu, còn đối với hình 1.10.b thì phải cần đến 2 thông số. Người ta định nghĩa bậc tự do của cơ cấu như sau : *Bậc tự do của cơ cấu là số thông số cần phải cho trước để có thể xác định được hoàn toàn vị trí cơ cấu.* Sau đây chúng ta đi xét từng loại cơ cấu.



Hình 1.10

1). Cơ cấu không gian :

Gọi W_0 là số bậc tự do tương đối tổng cộng của các khâu để rời đối với giá, R là tổng số các ràng buộc của tất cả các khớp động có trong cơ cấu, lúc này bậc tự do của cơ cấu được tính như sau :

$$W = W_0 - R$$

Với n là số khâu động có trong cơ cấu thì $W_0 = 6n$. Tổng số ràng buộc R được tính như sau:

a. Ràng buộc trực tiếp, ràng buộc gián tiếp, ràng buộc trùng :

Xét hình 1.10.a, gắn vào cơ cấu một hệ trục tọa độ như hình vẽ. Hai khâu trong cơ cấu được nối động với nhau bởi một khớp động, phép nối động này được gọi là nối động trực tiếp. Nếu khâu 1 và 2 chưa có ràng buộc trực tiếp với nhau bởi khớp B thì cũng được nối gián tiếp thông qua 3 khớp A , C và D cùng với khâu 4 và 3. Vì hiển nhiên chúng bị ràng buộc là không thể nào chuyển động theo phương z , không thể nào quay quanh trục Ox và Oy , tức là khâu 1, 2 chỉ còn lại 3 bậc tự do tương đối, người ta gọi ràng buộc đó là ràng buộc gián tiếp. Bây giờ để nối trực tiếp 1 và 2 thì phải dùng khớp động chỉ có 1 bậc tự do tức là dùng khớp loại 5. Đối với khớp này có 5 ràng buộc, trong đó có 3 ràng buộc trùng với 3 ràng buộc gián tiếp giữa khâu 1 và 2. Ta nói rằng trong cơ cấu này có 3 ràng buộc trùng (số ràng buộc trùng với số ràng buộc gián tiếp). Rõ ràng số ràng buộc trùng chỉ có ở những khớp đóng kín chuỗi động mà thôi.

b. Công thức tính :

Tổng số ràng buộc R được tính như sau :

$$R = 1P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4 + 5P_5 - r$$

$$R = \sum kP_k - r$$

r : Số ràng buộc trùng, P_k : Số khớp loại k (ví dụ P_5 là khớp loại 5, hạn chế 5 bậc tự do).

k : Số bậc tự do bị hạn chế (số ràng buộc trong từng khớp động).

Công thức tính bậc tự do của cơ cấu như sau :

$$W = W_0 - R = 6n - \Sigma kP_k + r \quad (1.1)$$

Đối với hình 1.10.a thì $n = 3$, chỉ tồn tại khớp loại 5 với $P_5 = 4$; số ràng buộc trùng $r = 3$

$$W = 6 * 3 - 5 * 4 + 3 = I$$

Đối với hình 1.10.b thì $n = 4$; $P_5 = 5$; $r = 3$

$$W = 6 * 4 - 5 * 5 + 3 = 2$$

2) Cơ cấu phăng :

Trong mặt phẳng thì $W_0 = 3n$ và $R = \sum kP_k - r = 2P_5 + P_4 - r$

$$\text{Do đó :} \quad W = 3n - (2P_5 + P_4) + r \quad (1.2)$$

Thông thường trong cơ cấu phẳng thì $r = 0$, chỉ trừ trong cơ cấu chỉ chứa toàn khớp tịnh tiến thì r mới tồn tại (đối với cơ cấu này chúng ta sẽ có công thức tính sau).

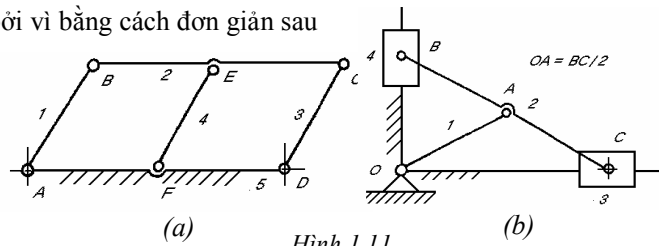
a. Ràng buộc thừa :

Xét cơ cấu hình 1.11a. Với $AB = CD = EF$; $BC = AD$; $BE = AF$. Lúc này bậc tự do cơ cấu là:

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + r = 3.4 - 2.6 + 0 = 0$$

Thực chất cơ cấu này có 1 bậc tự do, bởi vì bằng cách đơn giản sau

đây có thể tìm được bậc tự do của cơ cấu :
Giữ 1 khâu cố định nếu cơ cấu không chuyển động thì bậc tự do của cơ cấu là 1; nếu cơ cấu chuyển động hãy giữ tiếp khâu nữa, nếu cơ cấu không chuyển động, bậc tự do cơ cấu là 2...



Nhìn vào hình vẽ khâu 4 và 2 khớp thêm vào nhằm mục đích tăng độ cứng vững cho cơ cấu chứ không tham gia truyền chuyển động, nếu bỏ khâu 4 đi thì chuyển động của cơ cấu không có gì thay đổi. Do vậy ở đây người ta đã thêm vào 1 khâu và 2 khớp với :

$$W = 3n - 2P5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 2 = -1$$

Điều đó chứng tỏ rằng đã thêm vào 1 ràng buộc, người ta gọi đó là số ràng buộc thừa. Vậy công thức tính bậc tự do cơ cấu phẳng được viết lại như sau :

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + r^* \quad (1.3)$$

(r^* : số ràng buộc thừa).

Bậc tự do của cơ cấu trên là :

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 + 1 = 1.$$

Hình 1.11b cũng tương tự

b. Bậc tự do thừa :

Xét cơ cấu cam ở hình 1.12. (với $r^* = 0$)

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + r^* = 9 - (2 \cdot 3 + 1) = 2$$

Nhưng thực chất bậc tự do của cơ cấu là 1.

Trong cơ cấu này người ta thêm vào con lăn 2 tức là thêm vào 1 chuyển động quay thừa, vì nếu bỏ con lăn ra chuyển động của cơ cấu không có gì thay đổi; ở đây người ta thêm con lăn vào với mục đích biến ma sát trượt thành ma sát lăn, giảm tiêu hao công suất làm cho cơ cấu chuyển động dễ dàng hơn. Thêm vào 1 chuyển động là thêm vào 1 bậc tự do thừa. Gọi s là số bậc tự do thừa thì :

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + r - s = 9 - (2 \cdot 3 + 1) - 1 = 1$$

Từ những tính toán trên, việc tính bậc tự do không phụ thuộc vào việc chọn khâu nào làm giá cả. Công thức tính bậc tự do trong cơ cấu phẳng như sau :

$$W = 3n - (2P_5 + P_4) + r^* - s \quad (1.4)$$

c. Cơ cấu phẳng chỉ chứa toàn khớp tịnh tiến :

Đối với loại cơ cấu này, khớp tịnh tiến chỉ cho chuyển động tịnh tiến theo 2 phương cho nên khớp loại 5 trong mặt phẳng dĩ nhiên đã hạn chế sẵn 4 bậc tự do . Vì vậy công thức tính được viết như sau :

$$W = 2n - P_5 \quad (1.5)$$

3) Khâu dẫn và khâu bị dẫn :

a. Khâu dẫn :

Là khâu có thông số vị trí cho trước hay là khâu có quy luật chuyển động cho trước, ví dụ trong hình 1.10.a. khâu 1 được cho trước quy luật chuyển động ω_1 lúc này khâu 1 là khâu dẫn. Việc chọn khâu nào làm khâu dẫn phụ thuộc vào khâu nào có quy luật chuyển động xác định. Thông thường khâu dẫn là khâu nối giá bằng khớp quay, có vận tốc góc xác định. Trong trường hợp này do khâu dẫn gắn liền với giá cho nên cơ cấu có bao nhiêu bậc tự do thì có bấy nhiêu khâu dẫn.

b. Khâu bị dẫn :

Ngoài khâu dẫn và giá ra các khâu còn lại đều là khâu bị dẫn.

B/ XẾP LOẠI CƠ CẤU PHẪNG :

Để nghiên cứu một cách có hệ thống các cơ cấu, cần phải nắm vững đặc tính và cấu trúc, do vậy cần phải xếp loại chúng. Có rất nhiều phương pháp xếp loại, ở chương này chúng ta nghiên cứu phương pháp dựa vào đặc điểm cấu trúc và việc giải quyết các bài tính động học, động lực học cơ cấu, phương pháp này được B.ACCYP (1870 – 1920) đề xuất và được АРТОБОЛЕВСКИЙ (1905) phát triển. Do vậy phương pháp này gọi là phương pháp Axua - Actobolepski.

I/ Nhóm tĩnh định :

1) Nguyên lý tạo thành cơ cấu :

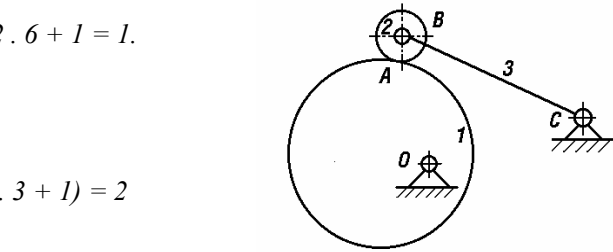
Mỗi cơ cấu gồm một hoặc nhiều khâu dẫn, nối với giá và với một số nhóm có bậc tự do bằng không. Có thể viết thành công thức như sau :

$$W = W + 0 + 0 + 0 + \dots + 0 \quad (1.6a)$$

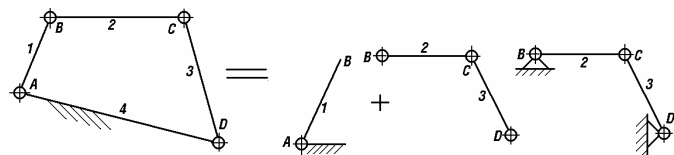
$$(cơ\ cấu\ có\ w\ bậc\ tự\ do) = (số\ khâu\ dẫn) + (các\ nhóm\ có\ bậc\ tự\ do\ bằng\ 0)$$

Xét một cơ cấu toàn khớp loại thấp (P_5), khớp cao có thể quy về khớp loại thấp (xem phần sau). Nhóm tĩnh định được gọi khi thỏa mãn 2 điều kiện sau đây:

$$* W = 3n - 2P_5 = 0 \quad (1.6b)$$



Hình 1.12



Hình 1.13

** Nhóm tối giản.*

Ngoài ra người ta gọi là nhóm tĩnh định cũng vì khi nối các khớp chờ của nhóm với giá, chuỗi động sẽ trở thành một dàn tĩnh định.

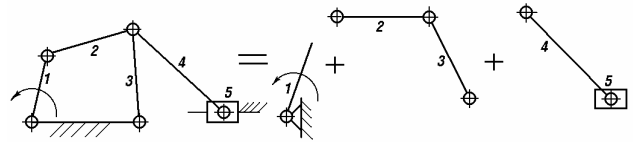
Ví dụ 1 : Xét cơ cấu 4 khâu bản lề (hình 1.13)

$$W = W + 0 \text{ hay } I = I + 0$$

B, D được gọi là các khớp chờ.

Ví dụ 2 : Xét cơ cấu băng tải lác (hình 1.14.)

Bậc tự do được tính: $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$



Hình 1.14

Tại C là 2 khớp, chúng được nối với nhau theo sơ đồ sau (hình 1.15):

Công thức cấu tạo cơ cấu:

$$W = W + 0 + 0$$

$$\text{Hay } I = I + 0 + 0$$

2) Xếp loại nhóm :

Bao gồm 2 tập hợp chính sau đây :

- Tập hợp những nhóm không chứa 1 chuỗi động kín nào.
- Tập hợp những nhóm có chứa ít nhất là 1 chuỗi động kín.

a. Những nhóm không chứa một chuỗi động kín nào :

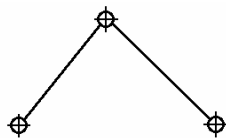
Từ $W = 3n - 2P5 = 0 \Rightarrow 3n = 2P5$. Người ta xếp loại như sau :

* $n = 2 \Rightarrow P5 = 3$: Nhóm loại 2.

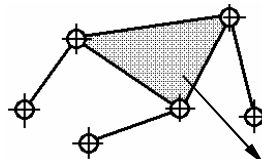
* $n = 4 \Rightarrow P5 = 6$: Nhóm loại 3.

* $n = 6 \Rightarrow P5 = 9$: Nhóm loại 4.

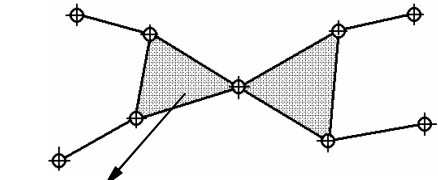
Ví dụ :



Nhóm loại 2



Nhóm loại 3

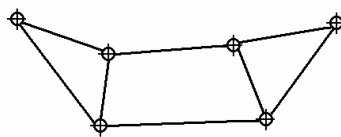


Khâu cơ sở Nhóm loại 4

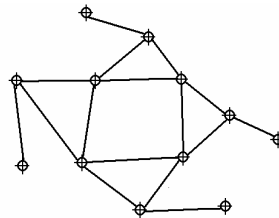
Hình 1.16

b. Những nhóm có chứa ít nhất là một chuỗi động kín :

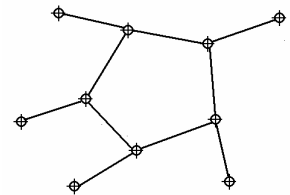
Được xếp loại theo số cạnh của chuỗi động kín đơn (là chuỗi động kín không chứa một chuỗi động nào bên trong nó) nhiều cạnh nhất của nhóm và được xếp loại từ loại 4 trở lên..



Loại 4 bậc 2



Loại 4 bậc 4



Loại 5 bậc 5.

Hình 1.17.

Người ta căn cứ vào số khớp chờ của nhóm để xác định bậc của nhóm, bậc tối thiểu của nhóm là 2, như vậy nhóm loại 2 đều có bậc là 2.

Chú ý : Nếu trong nhóm chỉ chứa toàn là khớp tịnh tiến thì điều kiện tĩnh định của nhóm chỉ là điều kiện cần chứ không đủ. Thật vậy theo ví dụ ở hình 1.18:..

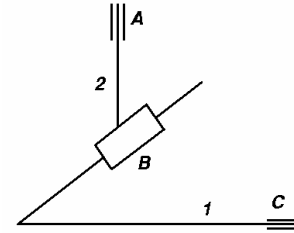
Ta có $n = 2$; $P5 = 3$ nhưng $W = 1$. Dễ dàng thấy hơn nếu ta gắn 2 khớp chờ A và C với giá thì nhóm trên không trở thành một đàn tĩnh định (lúc này $W = 2n - P5 = 4 - 3 = 1$).

II/ Xếp loại cơ cấu :

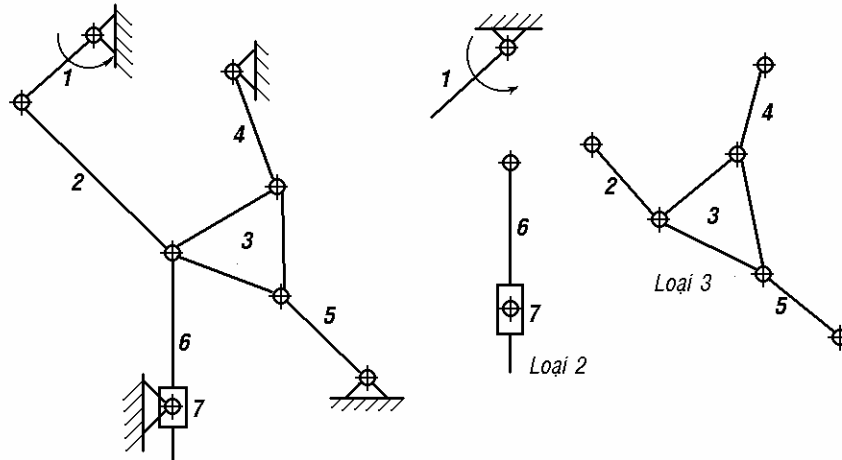
1) Nguyên tắc xếp loại :

- Nếu cơ cấu không chứa một nhóm tĩnh định nào thì đó là cơ cấu loại 1 : gồm 1 khâu nối với giá bằng khớp loại 5.
- Nếu cơ cấu chỉ chứa một nhóm tĩnh định thì loại của cơ cấu là loại của nhóm.
- Nếu cơ cấu có chứa nhiều nhóm tĩnh định thì loại của cơ cấu chính là loại của nhóm được xếp loại cao nhất.

Ví dụ : Xét cơ cấu sau đây (hình 1.19)



Hình 1.18

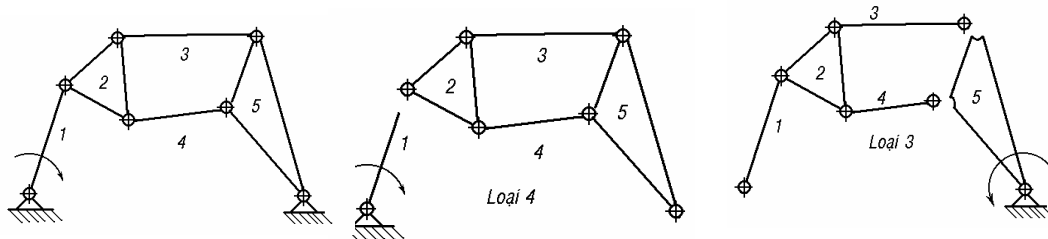


Hình 1.19

Khâu dẫn là khâu AB. Cơ cấu được xếp loại là cơ cấu loại 3.

2) Những điều chú ý :

- Khi tách nhóm tĩnh định ra khỏi cơ cấu phải chọn trước khâu dẫn, vì nếu khâu dẫn thay đổi thì nhóm tĩnh định tách ra cũng thay đổi và do đó loại của cơ cấu cũng thay đổi. Hình 1.20. nói lên điều đó.
- Khi tách nhóm tĩnh định ra khỏi cơ cấu thì phần còn lại của cơ cấu phải là một cơ cấu hoàn chỉnh, nghĩa là bậc tự do của cơ cấu không thay đổi.



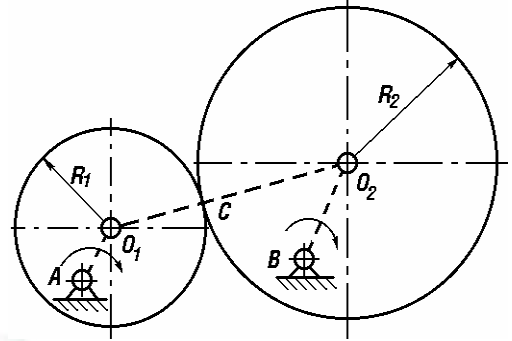
Hình 1.20

Nếu chọn khâu 1 làm khâu dẫn ta có cơ cấu loại 4 (hình 1.20.a). Nếu chọn khâu 5 làm khâu dẫn ta có cơ cấu loại 3 (hình 1.20.b).

- Khi tách nhóm tĩnh định ra khỏi cơ cấu, người ta tách những nhóm đơn giản trước và là những nhóm ở xa khâu dẫn nhất, nếu tách không được mới tách đến những nhóm phức tạp.
- Với những cơ cấu có khớp loại cao, người ta thay thế những khớp cao thành khớp thấp rồi mới xếp loại.

III/ Cơ cấu thay thế :

Xét hình 1.21. Đây là một cơ cấu có khớp loại cao, gồm 2 đĩa tròn tiếp xúc với nhau tại C mà trục quay các đĩa không trùng với tâm. Khi đĩa 1 quay thì đĩa 2 cũng quay tùy theo quy luật cho trước của khâu 1. Rõ ràng khoảng cách $O_1O_2 = R_1 + R_2 = \text{const}$. O_1O_2 cũng chính là đường pháp tuyến chung của 2 biên dạng cong đang tiếp xúc tại C . Như vậy nếu tại O_1 và O_2 đặt 2 chốt bản lề nối bằng khâu 3 có chiều dài bằng $l = O_1O_2$ thì quy luật chuyển động của cơ cấu vẫn như cũ không có gì thay đổi. Do vậy 2 khớp O_1 , O_2 và khâu 3 là một ràng buộc thừa. Ngược lại ta xét cơ cấu AO_1O_2B thì 2 đĩa tròn là 1 ràng buộc thừa. Bởi vậy, có thể phá bỏ khớp C đi mà chuyển động của khâu 2 vẫn không có gì thay đổi so với lúc ban đầu. Lúc này ta đã thay thế cơ cấu trên bằng cơ cấu 4 khâu bản lề AO_1O_2B .



Hình 1.21

Bậc tự do cơ cấu ban đầu là : $W = 3.2 - (2.2 + 1) = 1$

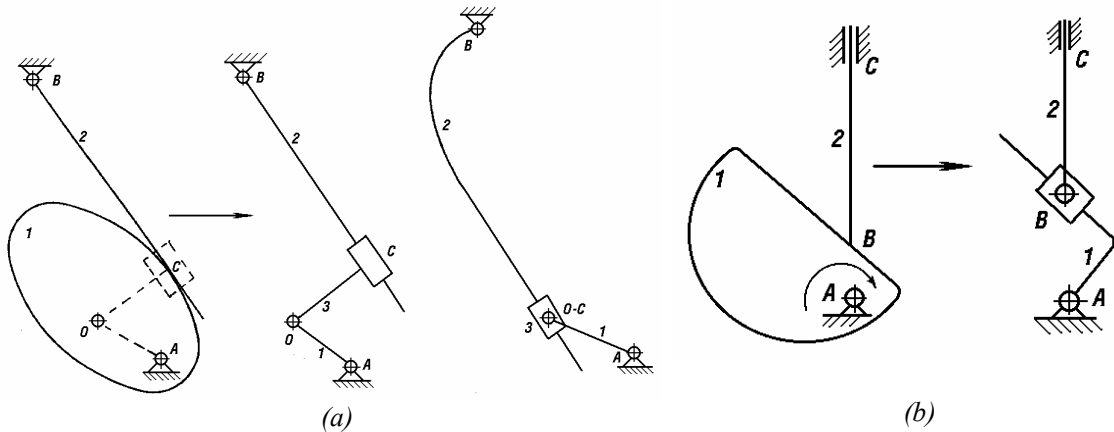
Bậc tự do cơ cấu sau khi thay thế : $W = 3.3 - 4.2 = 1$

1) Điều kiện thay thế :

- Bậc tự do của cơ cấu trước và sau khi thay thế không thay đổi.
- Quy luật chuyển động của cơ cấu không có gì thay đổi.

2) Nguyên tắc thay thế :

Dùng 1 khâu và 2 khớp thấp thay thế cho 1 khớp cao, các khớp thấp đặt tại tâm quay của các thành phần khớp cao (Đặt khớp thấp tại tâm cong để đảm bảo được vận tốc gia tốc không thay đổi giống như lúc ban đầu). Việc thay thế khớp cao đối với đường cong bất kỳ thì cơ cấu thay thế chỉ đúng với tại thời điểm thay thế, sang thời điểm khác phải có cơ cấu thay thế khác tương ứng (hình 1.22 trình bày một số cơ cấu thay thế ứng với tại thời điểm đang thay thế).



Hình 1.22

Chương 2

PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU PHẪNG

I/ KHÁI NIỆM CHUNG :

1) Nhiệm vụ :

Đi xác định quy luật chuyển động của cơ cấu khi đã biết lược đồ động của cơ cấu và quy luật chuyển động của khâu dẫn.

2) Nội dung :

Đi thực hiện 3 bài toán sau đây :

- Xác định vị trí các khâu và quỹ đạo của một điểm nào đó trên khâu vẽ ra trong quá trình chuyển động. Vẽ đồ thị chuyển vị của khâu bị dẫn và tính hệ số năng suất (hệ số về nhanh).
- Xác định vận tốc từng điểm trên khâu và vận tốc góc của khâu trong cơ cấu.
- Xác định gia tốc từng điểm trên khâu và gia tốc góc của khâu.

3) Mục đích :

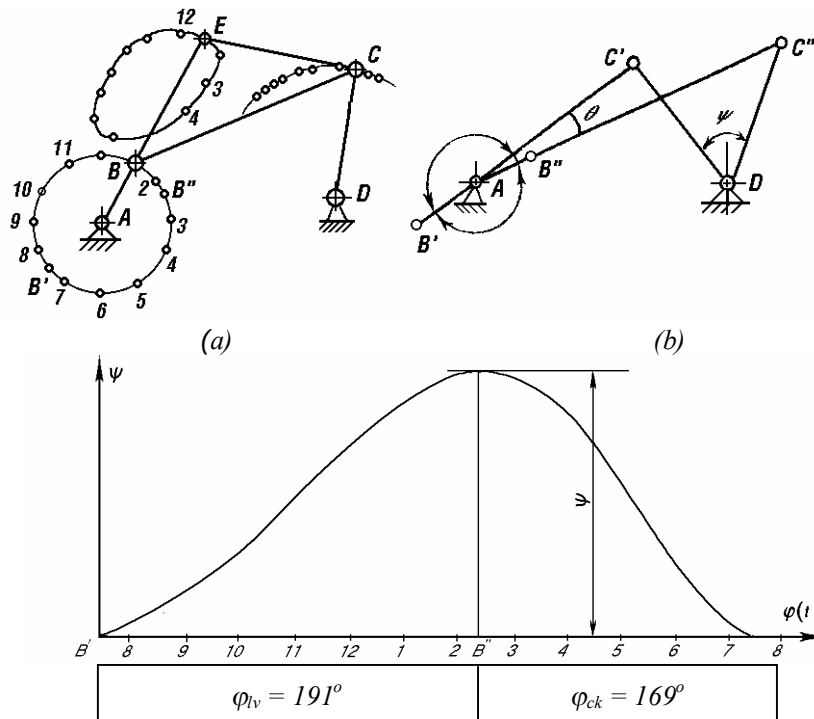
- Khi biết được quy luật chuyển vị, quy luật vận tốc, quy luật gia tốc, người ta có thể dễ dàng tìm hiểu được tính năng của cơ cấu hay máy, nhất là trong những cơ cấu biến chuyển động tịnh tiến thành chuyển động quay hay ngược lại.
- Phân tích động học cơ cấu chính được ứng dụng để thiết kế máy, ví dụ : Để phối hợp động tác giữa các cơ cấu khác nhau trong cùng một bộ máy.
- Để cải thiện chuyển động của máy, người ta phải biết được quy luật biến thiên vận tốc gia tốc.

Giữa ba bài toán này, chúng có mối liên quan về trình tự : giải được bài toán trước mới giải được bài toán sau và ngược lại. Nhất thiết không thể bỏ qua bước nào.

II/ PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU PHẪNG LOẠI 2 BẰNG PHƯƠNG PHÁP VẼ:

A) PHƯƠNG PHÁP HẠ ĐỒ VÉC TƠ :

1) Bài toán vị trí :



Hình 2.1- Quỹ đạo các điểm và đồ thị chuyển vị $\psi = \psi(\varphi)$

* **Hạ đồ cơ cấu** : Là hạ đồ xác định vị trí tương ứng của các khâu trong cơ cấu ứng với từng vị trí của khâu dẫn.

* **Lược đồ cơ cấu** : Trong họa đồ cơ cấu, hình vẽ biểu diễn vị trí tương ứng của các khâu ứng với một vị trí xác định của khâu dẫn người ta gọi là lược đồ cơ cấu.

Vẽ họa đồ chuyển vị của cơ cấu 4 khâu bản lề sau đây (hình 2.1) :

Người ta tiến hành như sau :

Vẽ giá AD , vẽ quỹ đạo của điểm B trên khâu dẫn AB , đó chính là vòng tròn tâm A bán kính AB . Trên vòng tròn này chọn n vị trí B_i ($i = 1, 2, \dots, n$) bất kỳ của điểm B , thông thường người ta chia đều vòng tròn đó ra làm n phần bằng nhau ($n = 6; 8; 10; \dots$), n càng lớn thì quỹ đạo tìm được càng chính xác. Sau đó ứng với từng điểm B_i đi xác định C_i , để dàng làm được việc đó (hình 2.1.a). Trong hình 2.1.b thể hiện 2 vị trí biên của khâu bị dẫn CD , một vị trí tương ứng với vị trí tay quay AB và thanh truyền BC duỗi thẳng và 1 vị trí ứng với tay quay AB và thanh truyền BC chập vào nhau. Góc θ gọi là góc kẹp giữa hai vị trí tay quay ứng với trường hợp trên. Nếu $\theta \neq 0$ thì thanh CD chỉ lắc qua lắc lại, nếu $\theta = 0$ thì thanh CD quay toàn vòng động học. Góc ψ gọi là góc lắc, $\psi = \psi(\varphi)$ (φ : góc quay khâu dẫn), hoặc tính theo thời gian t : $\psi = \psi(t)$.

Người ta đưa ra hệ số k để đánh giá khả năng làm việc của cơ cấu. k : hệ số về nhanh hay còn gọi là hệ số năng suất, là tỷ số giữa thời gian làm việc và thời gian chạy không :

$$k = t_{lv} / t_{ck} = \varphi_{lv} / \varphi_{ck} = (180^\circ + \theta) / (180^\circ - \theta) \geq 1 \quad (2.1)$$

Hình 2.1.c biểu diễn độ biến thiên $\psi = \psi(t)$ hay $\psi = \psi(\varphi)$. Quỹ đạo của điểm E nào đó trên thanh truyền BC cũng được vẽ như trong hình 2.1.a. Rõ ràng đây chỉ là bài toán dựng hình đơn giản.

2) Bài toán về vận tốc :

a. Một vài điểm cần chú ý để giải bài toán về vận tốc :

+ Khi véc tơ $\vec{a}$ nào đó được biểu diễn bằng 2 tổng véc tơ sau đây :

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \dots + \vec{a}_n \\ \vec{a} &= \vec{b}_1 + \vec{b}_2 + \vec{b}_3 + \dots + \vec{b}_n \end{aligned} \quad (2.2)$$

Đa giác lực (véc-tơ) được vẽ như hình vẽ 2.2 :

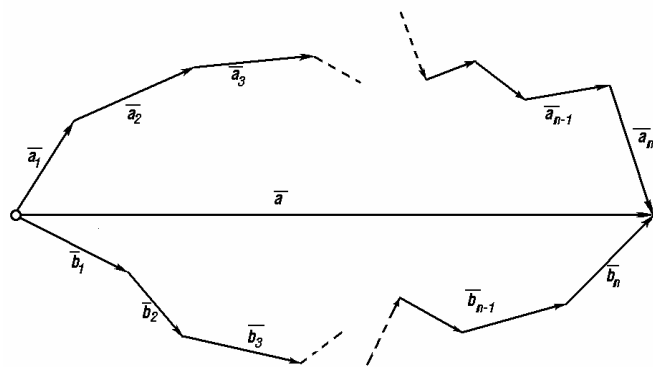
Có mấy nhận xét sau :

* 3 véc tơ $\vec{a}; \vec{a}_1; \vec{b}_1$ cùng chung một góc.

* 3 véc tơ $\vec{a}; \vec{a}_n; \vec{b}_n$ cùng chung một nút.

* Các véc tơ $\vec{a}_1; \vec{a}_2; \vec{a}_3 \dots; \vec{b}_1; \vec{b}_2; \vec{b}_3 \dots$ nối tiếp nhau.

Điều đó dẫn đến vấn đề là muốn tìm được $\vec{a}$ thì các véc tơ trong phương trình trên phải biết được các thông số xác định: đó là phương chiều và trị số. Bây giờ giả sử rằng véc tơ $\vec{a}$ chưa biết nhưng đã xác định bởi phương trình 2.2, trong đó $\vec{a}_1; \vec{a}_2; \vec{a}_3 \dots; \vec{a}_{n-1}; \vec{b}_1; \vec{b}_2; \vec{b}_3 \dots; \vec{b}_{n-1}$ đều biết các thông số xác định, chỉ riêng $\vec{a}_n$ và $\vec{b}_n$ biết phương, lúc này phương trình véc tơ trên tồn tại 2 ẩn số đó là giá trị của $\vec{a}_n$ và $\vec{b}_n$, tìm $\vec{a}$ bằng cách vẽ như hình 2.2. Vẽ tất cả các véc tơ $\vec{a}_1; \vec{a}_2; \vec{a}_3 \dots; \vec{a}_{n-1}; \vec{b}_1; \vec{b}_2; \vec{b}_3 \dots; \vec{b}_{n-1}$, sau đó vẽ phương véc tơ $\vec{a}_n$ và $\vec{b}_n$, hai phương này gặp nhau tại 1 điểm m , m chính là nút của véc tơ $\vec{a}$.



Hình 2.2

Rõ ràng phương trình véc tơ chỉ chứa từ 2 ẩn số trở xuống mới giải được, còn nếu số ẩn lớn hơn 2 thì phải tìm cách khử bớt số ẩn đó đi để số ẩn còn lại chỉ bằng 2 hoặc nhỏ hơn 2.

+ Khi 2 điểm A, B cùng thuộc 1 khâu thì $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$

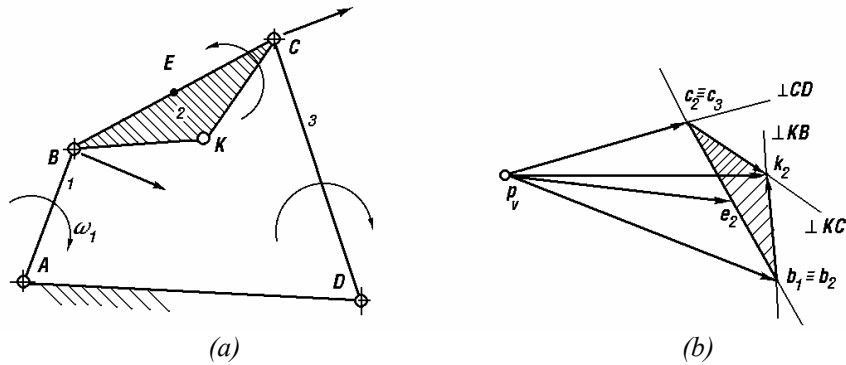
Với $\vec{V}_B$: vận tốc điểm B; $\vec{V}_A$: Vận tốc điểm A; $\vec{V}_{BA}$: Vận tốc tương đối của điểm B đối với điểm A, chính là vận tốc điểm B quay quanh A, có phương vuông góc với AB, có giá trị bằng $\omega_{BA} l_{BA}$.

+ Khi hai điểm A_1, A_2 trùng nhau cùng thuộc hai khâu khác nhau thì $\vec{V}_{A_2} = \vec{V}_{A_1} + \vec{V}_{A_2 A_1}$ trong đó $\vec{V}_{A_2 A_1}$ là vận tốc tương đối của điểm A_2 so với A_1 .

+ Chọn tỷ lệ xích để vẽ: Tỷ lệ xích bản vẽ được định nghĩa là tỷ số giữa giá trị thật trên giá trị biểu diễn. Người ta thường ký hiệu μ_l (tỷ lệ xích lược đồ cơ cấu), μ_v (tỷ lệ xích họa đồ vận tốc), μ_a (tỷ lệ xích họa đồ gia tốc), μ_p (tỷ lệ xích họa đồ lực). Việc chọn tỷ lệ xích tùy thuộc vào khuôn khổ bản vẽ đã chọn.

b. Ví dụ 1:

Cho cơ cấu 4 khâu bản lề như hình 2.3.a. Biết kích thước tất cả các khâu. Vận tốc tay quay AB quay đều với ω_1 bằng hằng số. Xác định $\vec{V}_C, \vec{V}_K, \vec{\omega}$ của các khâu ứng với thời điểm như hình vẽ 2.3a



Hình 2.3

Ta tiến hành như sau:

$$V_{B_1} = V_{B_2} = \omega_1 l_{AB} \quad (2.3)$$

$\vec{V}_{B_1}$ có chiều vuông góc với AB và theo chiều quay của ω_1 .

B_2, C_2 cùng thuộc khâu 2, do vậy ta viết được:

$$\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{B_2} + \vec{V}_{C_2 B_2} \quad (2.4)$$

Trong đó $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_3}$, Vectơ này chưa biết giá trị nhưng đã biết được phương là vuông góc với CD, $\vec{V}_{B_1} = \vec{V}_{B_2}$ đã biết đầy đủ về giá trị và phương chiều. $\vec{V}_{C_2 B_2}$ là vận tốc tương đối của điểm C_2 đối với B_2 , có phương vuông góc với BC. Như vậy phương trình (2.4) chỉ tồn tại là 2 ẩn số, đó là giá trị của $\vec{V}_{C_2}$ và $\vec{V}_{C_2 B_2}$, do vậy có thể giải bằng phương pháp họa đồ vectơ.

Chọn tỷ lệ xích họa đồ: $\mu_v = V_{B_1} / p_v b_1$, có thứ nguyên là (m/s)/mm. Vẽ vectơ $\overrightarrow{p_v b_1}$ hoặc $\overrightarrow{p_v b_2}$ biểu diễn vận tốc điểm B_1 hoặc B_2 (phụ thuộc vào tỷ lệ xích đã chọn). Từ b_1 vẽ phương của vận tốc $\vec{V}_{C_2 B_2}$, tức là phương vuông góc với BC. Từ p_v vẽ phương $\vec{V}_{C_2}$ (vuông góc với CD), giao điểm của phương $\vec{V}_{C_2}$ và phương $\vec{V}_{C_2 B_2}$ chính là mút C_2 hay C_3 của vận tốc $\vec{V}_{C_2 B_2}$ và $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_3}$ (hình 2.3b).

Vectơ $\overrightarrow{p_v c_2}$ biểu thị vectơ $\vec{V}_{C_2}$, $\overrightarrow{b_2 c_2}$ biểu thị vectơ $\vec{V}_{C_2 B_2}$.

Phương chiều như họa đồ đã chỉ (hình 2.3.b). Giá trị được tính như sau:

$$V_{C_2} = V_{C_3} = \mu_v \cdot p_v c_2 \quad V_{C_2 B_2} = \mu_v \cdot b_2 c_2 \quad (\text{m/s})$$

$$\text{Vận tốc góc khâu 3: } \omega_3 = V_{C_3} / l_{CD} = \mu_v \cdot p_v c_2 / l_{CD} \quad (\text{rad/s})$$

Chiều quay khâu 3 phụ thuộc vào chiều $\vec{V}_{C_3}$.

Vận tốc góc khâu 2 được tính như sau :

$$\omega_2 = V_{C_2B_2} / l_{BC} = \mu_V \cdot b_2 c_2 / l_{BC} \quad (\text{rad/s})$$

Để xác định vận tốc điểm K thuộc khâu 2, ta tiến hành tương tự:

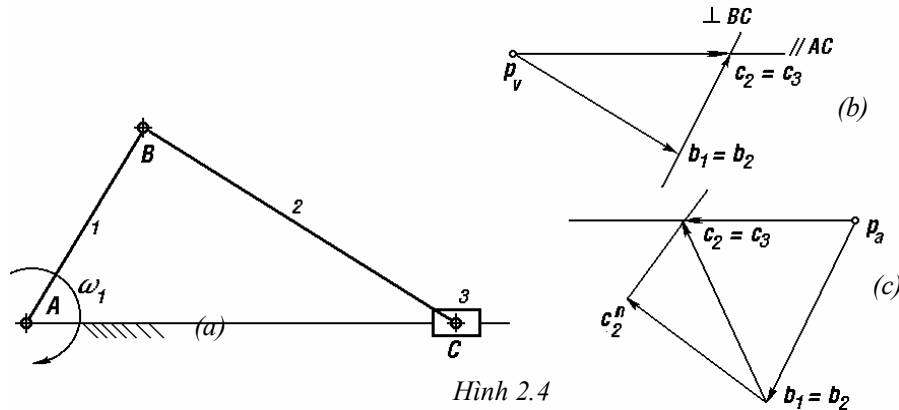
$$\vec{V}_{K_2} = \vec{V}_{B_2} + \vec{V}_{K_2B_2} \quad \text{hoặc} \quad \vec{V}_{K_2} = \vec{V}_{C_2} + \vec{V}_{K_2C_2} \quad (2.5)$$

Ta thu được họa đồ như hình vẽ. Điểm E_2 ta cũng suy được ($V_{E_2B_2} = \omega_2 \cdot l_{EB}$ và $V_{C_2B_2} = \omega_2 \cdot l_{BC}$, do vậy ta có được tỉ số sau : $l_{EB} / l_{BC} = V_{E_2B_2} / V_{C_2B_2}$). Từ đó ta thấy rằng chỉ cần lấy điểm e_2 trên b_2c_2 tỉ lệ với điểm E_2 trên khâu BC tương ứng theo tỉ số $l_{EB} / l_{BC} = V_{E_2B_2} / V_{C_2B_2}$, $\vec{p}_v e_2$ chính là véc tơ biểu diễn vận tốc điểm E_2 .

Nhận xét :

- P_V gọi là cực họa đồ vận tốc.
- Tất cả các véc tơ có gốc tại p và có mút tại $b_1, b_2, c_2, c_3, e_2, \dots$ biểu thị vận tốc tuyệt đối các điểm tương ứng $B, C, E, \dots$ trên các khâu thuộc cơ cấu.
- Tất cả các véc tơ không có gốc tại p như $\vec{b_2c_2}, \vec{b_2k_2}, \vec{c_2k_2}, \dots$ biểu diễn vận tốc tương đối giữa 2 điểm tương ứng : C_2 đối với B_2, K_2 đối với B_2, K_2 đối với $C_2, \dots$
- Hình nối các điểm cùng thuộc một khâu đồng dạng thuận với hình nối các mút véc tơ biểu diễn vận tốc tuyệt đối các điểm đó trên họa đồ vận tốc.

Thật vậy : $b_2 c_2 \perp BC$ $\Delta (b_2c_2k_2) \sim \Delta (BCK)$
 $c_2 k_2 \perp CK$ $\Rightarrow$ (Đồng dạng thuận tức là thứ tự ký hiệu đi
 $b_2 k_2 \perp BK$ theo chiều tương ứng như nhau)



Hình 2.4

Ví dụ 2 : Xét cơ cấu tay quay con trượt (hình 2.4.a). Vận tốc góc khâu 1 bằng hằng số, xác định $\vec{V}_{C_3}$ (vận tốc góc khâu 3).

Ta tính được :

$$V_{B_1} = V_{B_2} = \omega_1 \cdot l_{AB}$$

$$\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_3} = \vec{V}_{B_2} + \vec{V}_{C_2B_2} \quad (2.6)$$

$\vec{V}_{C_2B_2}$: Phương vuông góc với BC ; $\vec{V}_{C_2}$: Phương song song với phương trượt.

Ta vẽ được họa đồ véc tơ như hình vẽ 2.4.b.

$\vec{p_v b_1}$ hoặc $\vec{p_v b_2}$ biểu thị véc tơ $\vec{V}_{B_1}, \vec{V}_{B_2}$; $\vec{b_2 c_2}$ biểu thị véc tơ $\vec{V}_{C_2B_2}$; $\vec{p c_2}$ biểu thị véc tơ $\vec{V}_{C_2}$ và $\vec{V}_{C_3}$.

Ví dụ 3 : Xét cơ cấu culít sau đây (hình 2.5a).

Ta có : $V_{B_1} = V_{B_2} = \omega_1 \cdot l_{AB}$

B_2 và B_3 là 2 điểm trùng nhau nhưng thuộc 2 khâu khác nhau, do vậy :

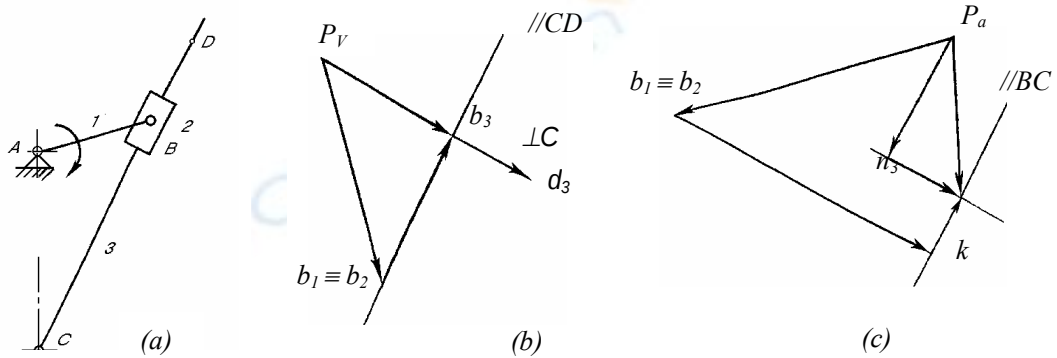
$$\vec{V}_{B_3} = \vec{V}_{B_2} + \vec{V}_{B_3 B_2} \quad (2.7)$$

$\vec{V}_{B_2}$: chiều vuông góc với AB , giá trị đã biết. $\vec{V}_{B_3 B_2}$: Vận tốc tương đối của điểm B_3 đối với B_2 , có phương song song với phương trượt BC . $\vec{V}_{B_3}$: Vận tốc điểm B_3 quay quanh C , có phương vuông góc với BC .

Phương trình (2.7) có 2 ẩn số, phương pháp vẽ như trình bày trên hình 2.5.b.

Véc tơ $\vec{p_v b_3}$ biểu diễn vận tốc điểm B_3 . Vận tốc điểm D_3 tìm được nhờ vào tính chất đồng dạng. Véc tơ $\vec{p_v d_3}$ biểu diễn vận tốc điểm D_3 .

$$\omega_3 = V_{B_3} / l_{BC} = \mu_V \cdot p_v b_3 / l_{BC} \quad (\text{chiều } \vec{\omega}_3 \text{ theo chiều } \vec{V}_{B_3})$$



Hình 2.5

3) Bài toán gia tốc :

a. Một số điều chú ý :

- Hai điểm A, B cùng thuộc một khâu, nếu biết gia tốc điểm A và $\vec{\omega}_{AB}$ thì gia tốc điểm B được tính như sau :

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}$$

Trong đó $\vec{a}_{BA}$ là gia tốc tương đối của điểm B đối với A , đó chính là gia tốc của B quay quanh điểm A :

$$\vec{a}_{BA} = \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau$$

Trong đó $\vec{a}_{BA}^n$: gia tốc hướng tâm, có chiều hướng từ B vào A , có giá trị được tính theo công thức :

$$a_{BA}^n = \omega_{BA}^2 \cdot l_{AB} = V_{BA}^2 / l_{AB}$$

$\vec{a}_{BA}^\tau$: Là gia tốc tiếp tuyến, có phương vuông góc với AB tại B , có chiều theo chiều quay của gia tốc góc. Giá trị được tính như sau :

$$a_{BA}^\tau = \varepsilon_{BA} \cdot l_{AB}$$

Do vậy ta tính được giá trị : $a_{BA} = l_{AB} \sqrt{\omega_{BA}^4 + \varepsilon_{BA}^2}$

Gia tốc $\vec{a}_{BA}$ làm với phương AB một góc α với $\tan \alpha = \varepsilon_{BA} / \omega_{BA}^2$.

- Khi A_1, A_2 trùng nhau nhưng thuộc hai khâu khác nhau, nối với nhau bằng khớp trượt thì :

* Nếu khâu 1 đang tịnh tiến (hình 2.6.a) :

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{A_2 A_1}$$

Với $\vec{a}_{A_2A_1}$: Gia tốc trượt tương đối giữa 2 điểm A_2 và A_1 có phương song song với phương trượt giữa 2 khâu 1 và 2.

* Nếu khâu 1 đang quay quanh 1 điểm cố định hoặc chuyển động song phẳng thì:

$$\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{A_2A_1} + \vec{a}_{A_2A_1}^k$$

Với $\vec{a}_{A_2A_1}^k$ là gia tốc coriôlít được xác định như sau :

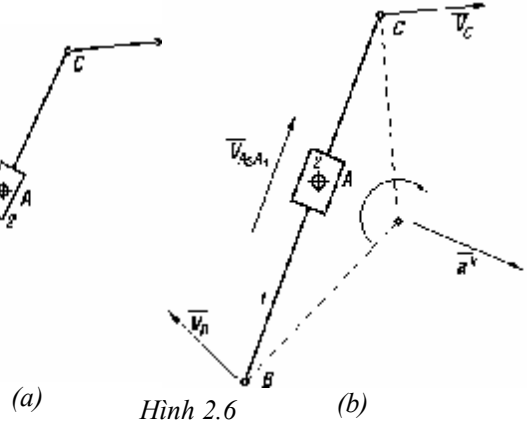
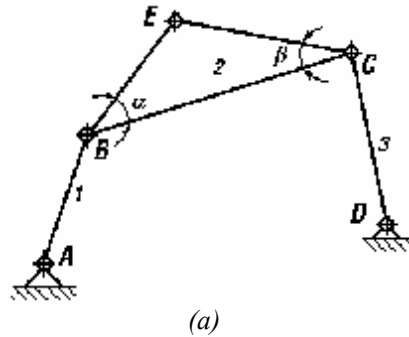
Gọi $\vec{V}_{A_2A_1}$ là vận tốc tương đối giữa điểm A_2 so với A_1 và ω_1 là vận tốc góc khâu 1 thì giá trị gia tốc Coriôlít được tính theo công thức :

$$a_{BA}^k = 2\omega_1 \cdot V_{A_2A_1}$$

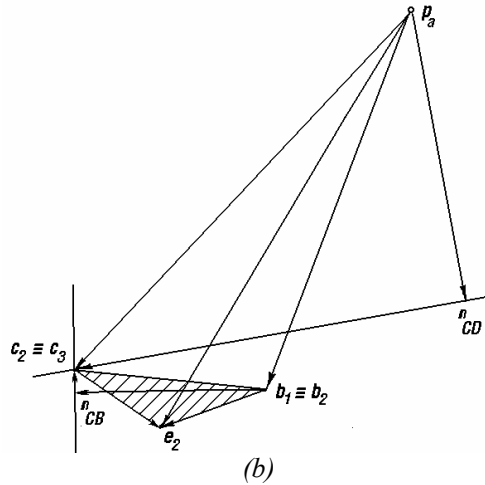
Chiều của gia tốc coriôlít được xác định theo chiều của vận tốc tương đối $\vec{V}_{A_2A_1}$ xoay đi một góc 90° theo chiều quay của $\vec{\omega}_1$ (hình 2.6.b).

b. Một số ví dụ cụ thể :

Ví dụ 1 : Xét cơ cấu 4 khâu bản lề $ABCD$ (hình 2.7.a). Cho trước kích thước các khâu, vận tốc góc khâu dẫn 1 bằng hằng số. Xác định gia tốc điểm C , E và gia tốc góc khâu 2 và khâu 3.



Hình 2.6



Hình 2.7

Ta tiến hành như sau :

$B_1 \equiv B_2$ và $\vec{a}_{B_1} = \vec{a}_{B_2}$; có chiều hướng từ B đi vào A ; có giá trị bằng $\omega_1^2 \cdot l_{AB}$

B , C cùng thuộc 1 khâu do đó ta viết được phương trình véc tơ :

$$\vec{a}_{C_2} = \vec{a}_{C_3} = \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{C_2B_2} = \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{C_2B_2}^n + \vec{a}_{C_2B_2}^\tau \quad (2.8)$$

Phương trình (2.8) tồn tại số ẩn lớn hơn 2. Do vậy ta phải tìm cách khử bớt ẩn số. Rõ ràng điểm C đang quay D cho nên ta cũng viết được :

$$\vec{a}_{C_3} = \vec{a}_{C_3D}^n + \vec{a}_{C_3D}^\tau \quad (2.9)$$

Từ (2.8) và (2.9) ta viết được :

$$\vec{a}_{C_2} = \vec{a}_{C_3} = \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{C_2B_2} = \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{C_2B_2}^n + \vec{a}_{C_2B_2}^\tau = \vec{a}_{C_3} = \vec{a}_{C_3D}^n + \vec{a}_{C_3D}^\tau \quad (2.10)$$

Phân tích :

- $\vec{a}_{C_3D}^n$: Chiều hướng từ C vào D ; giá trị là $\omega_3 \cdot l_{CD}$.