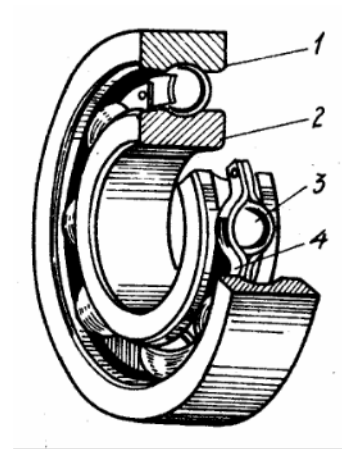
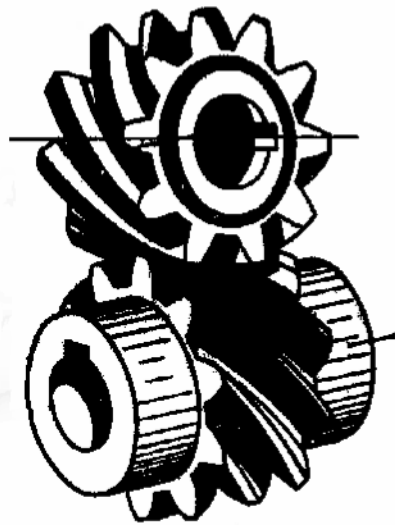


VŨ NGỌC PI - TRẦN THỌ
NGUYỄN THỊ QUỐC DUNG - NGUYỄN THỊ HỒNG CẨM

CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY VÀ CHI TIẾT MÁY



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP THÁI NGUYÊN

Lời nói đầu

Để đáp ứng yêu cầu về giảng dạy và đào tạo tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái nguyên, Bộ môn Nguyên lý chi tiết máy Khoa Cơ khí tiến hành biên soạn tập giáo trình “Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy”. Đây chính là tên gọi mới, ứng với những thay đổi về nội dung và yêu cầu của nó so với giáo trình “Chi tiết máy” quen thuộc trước đây.

Tập sách được biên soạn theo kế hoạch giảng dạy 120 tiết, hai học phần (trong đó có 96 tiết lý thuyết, 11 tiết hướng dẫn bài tập, 13 tiết thí nghiệm và thực hành), nhằm phối hợp với đồ án môn học tiến hành đồng thời với bài giảng lý thuyết của học phần II và chia thành 5 nội dung chính như sau:

Phần I: Những vấn đề cơ bản về thiết kế máy và chi tiết máy, do TS. Trần Thọ biên soạn.

Phần II: Truyền động cơ khí, gồm:

- Những vấn đề chung về truyền động cơ khí ;
- Truyền động bánh ma sát, do Ths. Nguyễn thị Hồng Cẩm biên soạn.
- Truyền động đai, do Ths. Nguyễn thị Hồng Cẩm biên soạn.
- Truyền động bánh răng, do Ths. Nguyễn thị Quốc Dung biên soạn.
- Truyền động trục vít - bánh vít, do Ths. Nguyễn thị Quốc Dung biên soạn.
- Truyền động xích, do Ths. Nguyễn thị Hồng Cẩm biên soạn.
- Hệ thống truyền dẫn cơ khí, do TS. Trần Thọ biên soạn.

Phần III: Các tiết máy đỡ nối, gồm:

- Trục, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Ổ lăn, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Ổ trượt, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Khớp nối, do TS. Trần Thọ biên soạn.

Phần IV: Cơ sở thiết kế tự động, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.

Phần V: Các tiết máy ghép, gồm:

- Mối ghép then và then hoa, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Mối ghép đinh tán, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Mối ghép ren, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Mối ghép hàn, do Ths. Vũ Ngọc Pi biên soạn.
- Mối ghép có độ dôi, do TS. Trần Thọ biên soạn.

Tập sách này chỉ bao gồm các bài giảng lý thuyết của hai học phần nói trên. Các nội dung liên quan đến bài tập, thí nghiệm, thực hành và đồ án môn học được biên soạn riêng.

Chắc rằng quá trình biên soạn không tránh khỏi sai sót về nội dung cũng như hình thức. Chúng tôi rất mong nhận được các ý kiến phê bình đóng góp quý báu của bạn đọc, xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả.

Phần I

NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ THIẾT KẾ MÁY VÀ CHI TIẾT MÁY

Bài 1: BÀI MỞ ĐẦU

§1- Khái niệm và định nghĩa chi tiết máy

Chi tiết máy (hay *tiết máy*, viết tắt là CTM) là phần tử cấu tạo hoàn chỉnh của máy; nó được chế tạo ra không kèm theo một nguyên công lắp ráp nào. Các chi tiết máy thường được lắp ghép cố định với nhau thành *nhóm chi tiết máy*. Để thuận tiện lắp ghép, thay thế, bảo quản và sử dụng, người ta còn liên kết nhiều chi tiết máy và nhóm chi tiết máy theo một chức năng nào đó tạo thành *cụm chi tiết máy* hay *bộ phận máy*, *blok máy*.

Theo quan điểm sử dụng, chi tiết máy được chia thành hai nhóm:

- *Các chi tiết máy có công dụng chung*. Đó là các chi tiết máy được dùng phổ biến trong nhiều loại máy khác nhau với công dụng hoàn toàn giống nhau nếu chúng cùng một loại. Ví dụ như trục, bánh răng, bu lông, vít, đai ốc...

- *Các chi tiết máy có công dụng riêng*. Đó là các chi tiết máy chỉ được dùng trên một số máy nhất định. Ví dụ như pit tông, trục khuỷu, cam ...

§2- Nhiệm vụ, nội dung và tính chất môn học Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy (sau đây gọi tắt là môn học Chi tiết máy)

Chi tiết máy là môn khoa học nghiên cứu các phương pháp tính toán thiết kế hợp lý máy và chi tiết máy có công dụng chung. Nhiệm vụ của nó là trang bị cho người học những kiến thức cơ bản về cấu tạo, nguyên lý làm việc và phương pháp tính toán thiết kế các CTM có công dụng chung, tạo cơ sở vững chắc để vận dụng vào việc thiết kế, sử dụng, khai thác các loại máy và thiết bị cơ khí.

Đây là môn học vừa mang tính lý thuyết vừa mang tính thực nghiệm. Lý thuyết tính toán được xây dựng trên cơ sở những kiến thức về toán học, vật lý học, cơ học lý thuyết, nguyên lý máy, sức bền vật liệu..., và được xác minh, hoàn thiện qua thí nghiệm và thực tiễn sản xuất.

Đây cũng là môn học kỹ thuật cơ sở mang tính “bản lề” để chuyển từ kỹ thuật cơ sở sang kỹ thuật chuyên môn của các ngành cơ khí.

Nội dung môn học gồm bốn phần chính sau đây:

- Cơ sở tính toán thiết kế máy và chi tiết máy.
- Các tiết máy truyền động: bộ truyền bánh ma sát, bộ truyền đai, bộ truyền bánh răng, bộ truyền trục vít-bánh vít...
- Các tiết máy đỡ nối: trục, ổ trượt, ổ lăn, khớp nối, lò xo.
- Các tiết máy ghép: then, then hoa, đinh tán, hàn, ren, ghép có độ dôi.

Để học tốt môn học này, người học phải biết vận dụng sáng tạo lý thuyết vào thực tiễn; biết phân tích, tổng hợp, so sánh các phương án nhằm giải quyết tốt nhất các vấn đề liên quan đến thiết kế, sử dụng, khai thác máy và chi tiết máy. Yêu cầu thứ hai đối với người học là phải nâng cao tính độc lập, tự giác trong học tập, đặc biệt là trong phần làm đồ án thiết kế môn học.

§3- Lịch sử môn học và phương hướng phát triển

1-Chi tiết máy và máy đã có từ rất sớm và không ngừng phát triển

- Hình tượng về các chi tiết máy giản đơn đã xuất hiện từ thời cổ xưa trong các dụng cụ và vũ khí, trước hết là đòn bẩy và chêm.
- Từ xa xưa loài người đã biết sử dụng cánh cung, đó là phôi thai của lò xo.

- Hơn 4000 năm trước, người ta đã dùng con lăn trong vận chuyển; dùng bánh xe, ổ, trục trong các loại xe; dùng tời, puli trong các công trình xây dựng tháp, nhà thờ.
- 550 năm trước công nguyên, ở Hy Lạp, bánh răng, trục khuỷu, pa lăng đã được sử dụng.
- Hơn 200 năm trước công nguyên, Acsimet đã sử dụng vít trong máy kéo nước.
- Hộp giảm tốc truyền động bánh răng, trục vít đã sử dụng rộng rãi ở thế kỷ thứ 3.
- Dưới thời trung cổ nhiều thành tựu khoa học kỹ thuật bị mai một. Sang thời kỳ phục hưng, khoa học kỹ thuật được khôi phục, xuất hiện thêm một số máy mới. Bánh răng trụ chéo, ổ lăn, xích, đai, cáp, vít nâng và khớp nối được dùng rất phổ biến.
- Cuối thế kỷ 18 đầu 19 máy hơi nước ra đời, mối ghép đinh tán được sử dụng rộng rãi.
- Cũng từ đó đến nay, nhiều máy mới ra đời; nhiều chi tiết máy mới xuất hiện và thay đổi nhiều lĩnh vực như hàn, tán, ren vít, truyền động bánh răng...

2- Lý thuyết tính toán chi tiết máy đã xuất hiện rất sớm, không ngừng phát triển và ngày càng hoàn thiện

- Lý thuyết tính toán xác định tỷ số truyền và lực tác dụng ra đời từ thời cổ Hy Lạp.
- Thế kỷ thứ 3 đã có ghi chép về hộp giảm tốc truyền động bánh răng, trục vít.
- Thời kỳ phục hưng đã có những công trình nghiên cứu về bánh răng trụ chéo, ổ lăn, xích, bản lề, đai, cáp, vít nâng, khớp nối...
- Cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20, với sự phát triển mạnh của KHKT, lĩnh vực Cơ học tách thành nhiều ngành khoa học. Cũng từ đây Chi tiết máy trở thành môn khoa học độc lập.
- Nhiều nhà bác học nổi tiếng đã có những đóng góp xuất sắc cho khoa học Chi tiết máy như Lêôna Đờ Vanh xi, Ôle, Pêtrop, Râynoł, Misen, Vilít ...

3- Phương hướng phát triển

- Công nghiệp phát triển đòi hỏi ngày càng nhiều thiết bị máy móc với trình độ tự động hoá cao, đòi hỏi khoa học chi tiết máy phải có sự phát triển đồng bộ.
- Ngoài các phương pháp tính toán kinh điển, việc ứng dụng tin học trong tính toán tối ưu và tự động hoá thiết kế chi tiết và bộ phận máy đã, đang và sẽ đóng vai trò hết sức quan trọng, nhất là trong thời đại công nghệ thông tin hiện nay.

§4- Giới thiệu tài liệu tham khảo

Bạn đọc có thể tìm đọc các tài liệu tham khảo ghi ở mục Tài liệu tham khảo, trong đó chủ yếu là các tài liệu :

- 1- Nguyễn Trọng Hiệp, *Chi tiết máy*, tập I, II, NXB Đại học và Giáo dục chuyên nghiệp, 1994.
- 2- Trịnh Chát, *Cơ sở Thiết kế máy và Chi tiết máy*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 1998.
- 3- В.Н. Кудрявцев, *Детали машин*, Ленинград Машиностроение 1980.
- 4- М.Н. Иванов, *Детали машин*, Москва Издательство “Высшая школа” 1984.

Bài 2: ĐẠI CƯƠNG VỀ THIẾT KẾ MÁY VÀ CHI TIẾT MÁY

§1-Khái quát các yêu cầu đối với máy và chi tiết máy

1- Khả năng làm việc

Đó là khả năng của máy và chi tiết máy có thể hoàn thành các chức năng đã định. Khả năng làm việc bao gồm các chỉ tiêu: độ bền, độ cứng, độ bền mòn, độ chịu nhiệt, độ chịu dao động, tính ổn định.

Đây là yêu cầu hàng đầu và cũng là yêu cầu cơ bản của máy và chi tiết máy.

2- Hiệu quả sử dụng

Máy phải có năng suất, hiệu suất cao, tiêu tốn ít năng lượng, có độ chính xác hợp lý, chi phí thấp về thiết kế, chế tạo, vận hành, sử dụng, đồng thời phải có kích thước và trọng lượng nhỏ gọn.

3- Độ tin cậy cao

Độ tin cậy là tính chất của máy, bộ phận máy và chi tiết máy, thực hiện được chức năng đã định, đồng thời vẫn đảm bảo các chỉ tiêu về hiệu quả sử dụng trong suốt thời gian làm việc nào đó hoặc trong suốt quá trình thực hiện khối lượng công việc đã định .

Khi mức độ cơ khí hoá và tự động hoá càng cao thì độ tin cậy càng có ý nghĩa quan trọng. Vì rằng chỉ một cơ cấu hay một bộ phận nào đó bị hỏng thì có thể làm đình trệ hoạt động của cả dây chuyền sản xuất.

4- An toàn trong sử dụng

Trong điều kiện sử dụng bình thường, máy hoặc chi tiết máy không gây tai nạn nguy hiểm cho người sử dụng hoặc không gây hư hại cho các thiết bị và các đối tượng khác xung quanh.

5/ Tính công nghệ và tính kinh tế

Trên nguyên tắc đảm bảo khả năng làm việc, trong điều kiện sản xuất hiện tại, máy và chi tiết máy chế tạo ra ít tốn công sức nhất, có giá thành thấp nhất, cụ thể là:

- Kết cấu phải đơn giản, hợp lý, phù hợp với điều kiện và quy mô sản xuất,
- Có phương pháp chế tạo phối hợp lý,
- Cấp chính xác và độ nhám đúng mức...

§2- Nội dung, đặc điểm, và trình tự thiết kế máy và chi tiết máy

1- Nội dung và trình tự thiết kế máy

- Xác định nguyên tắc hoạt động và chế độ làm việc của máy được thiết kế.
- Lập sơ đồ chung toàn máy và các bộ phận của máy thoả mãn các yêu cầu cho trước.
- Xác định tải trọng (lực và mômen) tác dụng lên các bộ phận máy và đặc tính thay đổi của tải trọng.

- Chọn vật liệu chế tạo các chi tiết máy.

- Tính toán động học, động lực học, xác định hình dạng, tính toán kết cấu sơ bộ của chi tiết máy, bộ phận máy để thoả mãn khả năng làm việc; kết hợp với các yêu cầu về tiêu chuẩn hoá, lắp ghép, công nghệ và các yêu cầu khác để xác định kích thước của chi tiết máy, bộ phận máy và máy.

- Lập thuyết minh máy (bao gồm hướng dẫn sử dụng, vận hành và sửa chữa máy).

2- Nội dung và trình tự thiết kế chi tiết máy

Thiết kế chi tiết máy là một bộ phận của thiết kế máy. Nội dung thiết kế máy được thể hiện qua trình tự sau:

- Lập sơ đồ tính toán: vì kết cấu của chi tiết máy khá phức tạp phải được sơ đồ hoá, kể cả sơ đồ tải trọng.

- Xác định tải trọng tác dụng lên chi tiết máy.

- Chọn vật liệu thích hợp với điều kiện làm việc của chi tiết máy, dự kiến khả năng gia công, xem xét các yếu tố kinh tế liên quan.

- Tính toán các kích thước của chi tiết máy theo theo các chỉ tiêu chủ yếu về khả năng làm việc.

- Dựa theo tính toán và các điều kiện chế tạo, lắp ráp... xác định kết cấu cụ thể của chi tiết máy với đầy đủ các kích thước, dung sai, độ nhám bề mặt, các yêu cầu về công nghệ.

- Tính toán kiểm nghiệm theo các chỉ tiêu chủ yếu về khả năng làm việc theo kết cấu thực và điều kiện làm việc cụ thể. Nếu thấy không thoả mãn các quy định thì phải thay đổi kích thước kết cấu và kiểm tra lại.

3- Đặc điểm tính toán thiết kế chi tiết máy

Trong thực tế việc tính toán thiết kế chi tiết máy gặp một số khó khăn: hình dạng chi tiết máy khá phức tạp, các yếu tố tải trọng không biết chính xác, khuôn khổ kích thước, trọng lượng, giá thành chế tạo phụ thuộc nhiều thông số chưa hoàn toàn xác định. Vì vậy khi tính toán thiết kế chi tiết máy cần phải quan tâm các đặc điểm sau đây:

- Vừa sử dụng công thức lý thuyết, vừa phải sử dụng các hệ số thực nghiệm thông qua các đồ thị, hình vẽ và bảng biểu.

- Tính toán xác định kích thước của chi tiết máy thường tiến hành qua hai bước: tính thiết kế và tính kiểm nghiệm, trong đó bước tính kiểm nghiệm sẽ quyết định lần cuối các thông số và kích thước cơ bản của chi tiết máy.

- Trong tính toán số ẩn số thường nhiều hơn số phương trình, do đó thường phải căn cứ vào quan hệ giữa lực và biến dạng, căn cứ vào quan hệ kết cấu hoặc kết hợp với vẽ hình để giải quyết.

- Có thể có nhiều giải pháp cho cùng một nội dung thiết kế, vì thế cần phải chọn được phương án tối ưu. Vấn đề này được giải quyết tốt khi sử dụng các chương trình tối ưu hoá và tự động hoá thiết kế chi tiết máy và thiết bị cơ khí trên máy vi tính.

§3- Tải trọng và ứng suất

1- Tải trọng

a- Khái niệm

Tải trọng được hiểu là tác dụng bên ngoài đặt lên chi tiết máy trong quá trình làm việc. Trong thiết kế cơ khí, tải trọng là lực và mômen tác dụng lên chi tiết máy.

b- Phân loại

Tải trọng làm việc: là tải trọng thực sự tác dụng lên chi tiết máy trong quá trình làm việc.

Theo tính chất thay đổi theo thời gian, tải trọng được chia thành :

- *Tải trọng tĩnh:* là tải trọng có phương, chiều, trị số không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể theo thời gian.

- *Tải trọng thay đổi:* là tải trọng có hoặc trị số, hoặc phương chiều thay đổi theo thời gian. Đây là loại tải trọng phổ biến trong thực tế, trong đó có *tải trọng va đập* (là tải trọng đột ngột tăng mạnh rồi giảm ngay trong khoảng khắc).

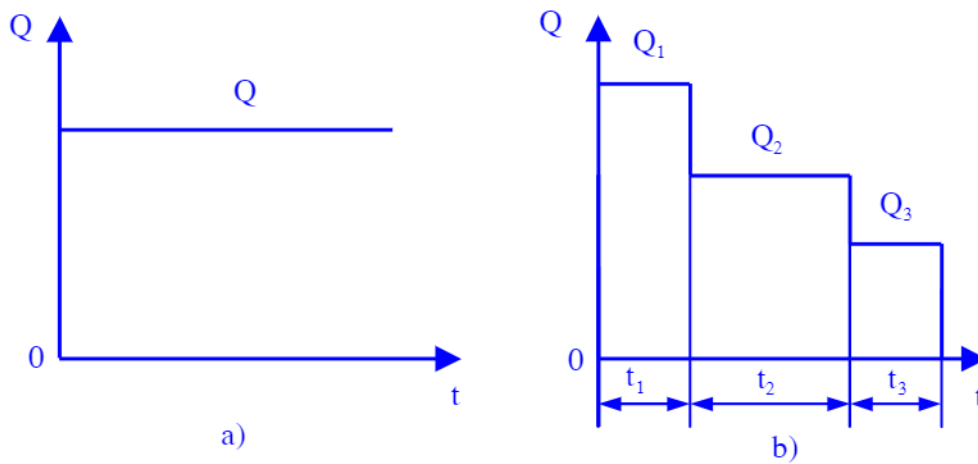
Tải trọng thường được biểu diễn dưới dạng biểu đồ $Q(t)$. Ví dụ hình 1.2.1a là biểu đồ tải không đổi, hình 1.2.1b là biểu đồ tải thay đổi.

Trong tính toán thiết kế, người ta sử dụng các khái niệm tải trọng danh nghĩa, tải trọng tương đương, tải trọng tính toán:

- *Tải trọng danh nghĩa Q_{dn} :* là tải trọng chọn một trong số các tải trọng tác dụng lên máy trong chế độ làm việc thay đổi ổn định, đại diện cho chế độ tải tác dụng lên máy hoặc chi tiết máy; tải trọng lớn nhất hoặc tải trọng tác dụng lâu dài nhất thường được chọn làm tải trọng danh nghĩa.

Ví dụ: Chế độ tải thay đổi $Q_1(t) = Q_1(t_1), Q_2(t_2), Q_3(t_3)$ như trên hình 1.2.1b có thể chọn $Q_{dn} = Q_1 = Q_{max}$ hoặc $Q_{dn} = Q_2(t_2 = t_{max})$.

- *Tải trọng tương đương Q_{td} :* là tải trọng quy ước không đổi, có tác dụng tương đương với chế độ tải đã cho theo một chỉ tiêu nào đó. Tải trọng tương đương được xác định từ tải trọng danh nghĩa thông qua hệ số tính toán.



Hình 1.2.1: Sơ đồ tải trọng

Ví dụ: Tải trọng tương đương Q_{td} khi tính theo điều kiện bền về khả năng làm việc thì

$$Q_{td} = Q_{dn} K_L$$

trong đó K_L là hệ số tuổi thọ và phụ thuộc vào đồ thị thay đổi tải trọng và việc chọn tải trọng nào làm tải trọng danh nghĩa.

- Tải trọng tính toán Q_{tt} : là tải trọng dùng để tính toán xác định kích thước của chi tiết máy. Trị số của nó phụ thuộc vào tải trọng tương đương và hàng loạt nhân tố như sự tập trung tải trọng, tải trọng động, điều kiện vận hành... Tải trọng tính toán thường được biểu diễn dưới dạng:

$$Q_{tt} = Q_{td} K_{tt} K_d K_{dk}$$

$$Q_{tt} = Q_{dn} K_L K_{tt} K_d K_{dk}$$

trong đó:

K_{tt} - hệ số tập trung tải trọng; nó phản ánh sự phân bố không đều của tải;

K_d - hệ số tải trọng động; nó phản ánh mức độ động lực tác dụng lên chi tiết máy;

K_{dk} - hệ số điều kiện vận hành; nó phản ánh điều kiện làm việc của chi tiết máy và phương thức truyền tải ;

Đặt : $K = K_L K_{tt} K_d K_{dk}$ và gọi K là hệ số tải trọng, ta có:

$$Q_{tt} = K Q_{dn}$$

Chú ý: tải trọng danh nghĩa, tải trọng tương đương, tải trọng tính toán là các khái niệm tải trọng mang tính quy ước dùng trong tính toán và thiết kế.

2- Ứng suất

a- Khái niệm, phân loại

Tải trọng tác dụng lên chi tiết gây nên ứng suất trong nó. Ứng suất là cường độ phân bố nội lực trên đơn vị diện tích.

Đơn vị đo ứng suất là MPa (đọc là mêga Pascal); Tiêu chuẩn cũ là N/mm^2 , đôi khi dùng kN/mm^2 .

Ghi chú: $1Pa = 1N/m^2$,

$$1MPa = 10^6 Pa = 1N/mm^2$$

Tùy theo điều kiện làm việc cụ thể, tải trọng tác dụng lên chi tiết máy có thể gây ra các loại ứng suất như: ứng suất kéo (nén), ứng suất uốn, ứng suất cắt, ứng suất tiếp xúc...

Theo đặc điểm phụ thuộc thời gian, ứng suất được phân thành:

- *Ứng suất không đổi* (hay còn gọi là ứng suất tĩnh): là ứng suất mà chiều, trị số không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể theo thời gian. Ví dụ ứng suất trong dây cáp khi treo vật tĩnh, ứng suất trong bu lông sau khi vận chặt không chịu lực ngoài. Nói chung, loại ứng suất này ít gặp trong thực tế.

- *Ứng suất thay đổi* : là ứng suất có trị số hoặc chiều hoặc cả hai yếu tố thay đổi theo thời gian. Đây là loại ứng suất phổ biến trong các chi tiết máy.

b- Chu trình ứng suất, các thông số đặc trưng của chu trình ứng suất, phân loại chu trình ứng suất

Ứng suất thay đổi được đặc trưng bằng *chu trình ứng suất*. Đó là một vòng thay đổi ứng suất từ trị số ban đầu qua trị số giới hạn này sang trị số giới hạn khác rồi trở về giá trị ban đầu. Thời gian thực hiện một chu trình ứng suất gọi là *chu kỳ ứng suất*.

Chu trình ứng suất được đặc trưng bằng 3 thông số:

- Biên độ ứng suất $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$;
- Ứng suất trung bình $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$;
- Hệ số tính chất chu trình $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$.

Chú ý: Trong các công thức trên, σ_{\max} , σ_{\min} là giá trị đại số max, min của ứng suất. Khi tính toán cho ứng suất tiếp, ta thay các ký hiệu σ bằng τ .

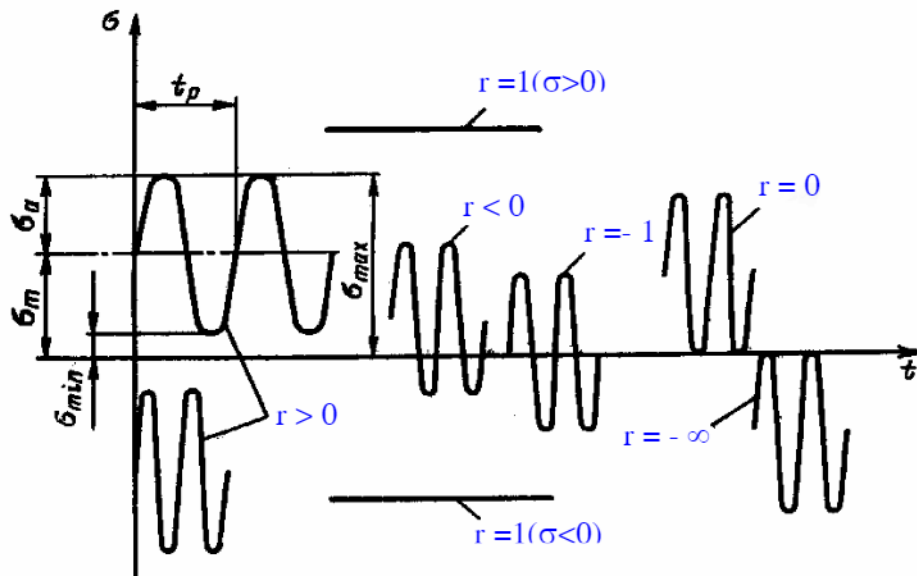
Phân loại chu trình ứng suất:

+*Phân theo giá trị của hệ số tính chất chu trình r (hình 1.2.2):*

- Khi $r = -1$: chu trình đối xứng;
- Khi $r = 0$: chu trình mạch động dương, lúc này $\sigma_{\min} = 0$; khi $r = -\infty$: chu kỳ mạch động âm, lúc này $\sigma_{\max} = 0$.

- Khi $r < 0$ và $r \neq -1$: chu trình không đối xứng khác dấu; khi $r > 0$: chu trình không đối xứng cùng dấu (âm hoặc dương).

Có thể xem chu trình mạch động là trường hợp đặc biệt của chu trình không đối xứng cùng dấu, trong đó một giới hạn của ứng suất có giá trị bằng 0.



Hình 1.2.2: Phân loại chu trình ứng suất theo hệ số tính chất chu trình

+*Phân theo tính chất thay đổi của của biên độ và ứng suất trung bình:*

- Chu trình ứng suất ổn định: Khi cả ứng suất trung bình và biên độ ứng suất đều không thay đổi theo thời gian.

- Chu trình ứng suất bất ổn định: Khi ứng suất trung bình, hoặc biên độ ứng suất, hoặc cả hai đều thay đổi theo thời gian.

Chú ý rằng, máy có thể làm việc ổn định (ở chế độ bình ổn) hoặc không ổn định (ở chế độ không bình ổn) do đó ứng suất trong chi tiết máy có thể thay đổi ổn định hoặc thay đổi bất ổn định.

c- Ứng suất tiếp xúc

Ứng suất tiếp xúc là ứng suất sinh ra trên bề mặt tiếp xúc chung khi các chi tiết máy trực tiếp tiếp xúc nhau và có tác dụng tương hỗ đối với nhau. Cần phân biệt hai trường hợp: tiếp xúc trên diện tích tích rộng và tiếp xúc trên diện tích hẹp.

Khi hai vật thể tiếp xúc với nhau trên diện tích tương đối rộng, ứng suất sinh ra vuông góc với bề mặt tiếp xúc và được gọi là *ứng suất đập hoặc áp suất*.

Để đơn giản, coi áp suất phân bố đều trên bề mặt tiếp xúc. Chẳng hạn tại bản lề (hoặc ổ trượt) đường kính d , chiều dài l , chịu tải hướng kính F gây ra áp suất p_0 phân bố đều trên nửa mặt trụ đối ứng với lực F (hình 1.2.3).

Từ điều kiện cân bằng lực:

$$F = 2 \int p_0 l \frac{d}{2} \cos \alpha d\alpha = p_0 l d$$

Ứng suất dập sẽ được xác định như sau:

$$\sigma_d = p_0 = \frac{F}{ld} \quad (1.2.1)$$

Khi hai vật thể tiếp xúc với nhau trên một diện tích rất nhỏ (khi mới bắt đầu tiếp xúc là đường - sau này gọi là *tiếp xúc đường* - như ép hai hình trụ hay hình trụ với mặt phẳng; hoặc khi mới bắt đầu là điểm - sau này gọi là *tiếp xúc điểm* - như khi ép hai hình cầu hay hình cầu với mặt phẳng). Ứng suất pháp tuyến ở vùng này phân bố theo hình parabol trong mặt cắt ngang của dải tiếp xúc;

giá trị lớn nhất của ứng suất nén này được gọi là *ứng suất tiếp xúc*, ký hiệu là σ_H và được xác định theo lý thuyết của Héc. Việc áp dụng các công thức của Héc đòi hỏi vật thể (tiết máy) phải thoả mãn các điều kiện:

- Vật liệu đồng nhất và đẳng hướng.
- Vật liệu làm việc trong vùng giới hạn đàn hồi, biến dạng tuân theo định luật Húc.
- Diện tích tiếp xúc rất nhỏ so với bề mặt vật thể.
- Lực tác dụng có phương pháp tuyến chung của hai bề mặt tiếp xúc.

Trường hợp tiếp xúc đường (hai hình trụ tiếp xúc nhau trên hình 1.2.4a):

- Vùng tiếp xúc có dạng hình chữ nhật.
- Ứng suất tiếp xúc tính theo công thức

Héc:

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{\frac{q_H}{2\rho}} \quad (\text{MPa}) \quad (1.2.2)$$

Trong đó: Z_M - hằng số đàn hồi của vật liệu các vật thể tiếp xúc:

$$Z_M = \sqrt{\frac{2E_1 E_2}{\pi[E_2(1-\mu_1^2) + E_1(1-\mu_2^2)]}}$$

Với: E_1, E_2 và μ_1, μ_2 là mô đun đàn hồi và hệ số Poat xông của vật liệu hình trụ 1 và 2 (MPa);

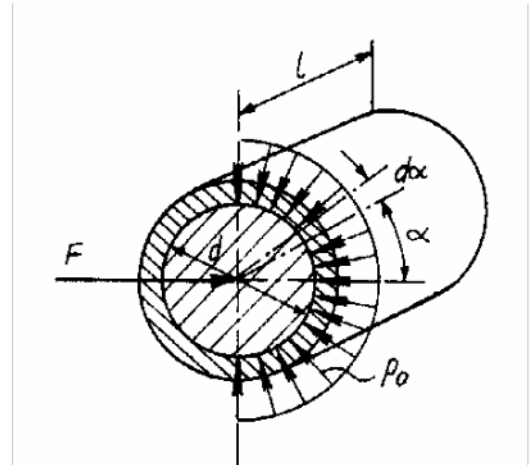
ρ - bán kính cong tương đương:

$$\rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 \pm \rho_1} \quad (\text{mm});$$

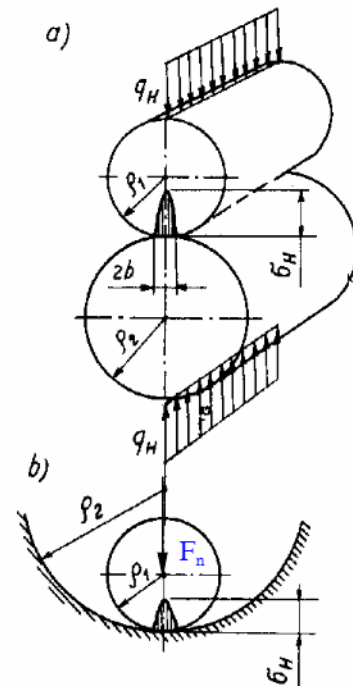
ρ_1, ρ_2 là bán kính cong tại đường tiếp xúc ban đầu của vật thể thứ 1 và thứ 2 (mm).

Dấu + khi tiếp xúc ngoài; dấu - khi tiếp xúc trong.

Với vật liệu là kim loại (gang, thép, đồng thanh...) hệ số Poat xông $\mu = 0,25 \div 0,35$, lấy trung bình $\mu = 0,3$, công thức (1.2.2) có dạng :



Hình 1.2.3: Sơ đồ tính ứng suất dập



Hình 1. 2.4: Sơ đồ tính toán ứng suất tiếp xúc

a) Tiếp xúc đường b) Tiếp xúc điểm

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q_H E}{\rho}} \quad (\text{MPa}) \quad (1.2.3)$$

với E-mô đun đàn hồi tương đương:

$$E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}$$

Trường hợp tiếp xúc điểm (hai hình cầu tiếp xúc (hình.1.2.4b) hoặc hình cầu tiếp xúc với mặt phẳng):

- Vùng tiếp xúc có dạng hình tròn.
- Ứng suất tiếp xúc tính theo công thức Héc:

$$\sigma_H = 0,3883 \sqrt{\frac{F_n E^2}{\rho^2}} \quad (\text{MPa}) \quad (1.2.4)$$

Chú ý: Công thức (1.2.4) sử dụng khi vật liệu của hai chi tiết là kim loại.

3- Quan hệ giữa tải trọng và ứng suất

Trong điều kiện làm việc cụ thể của chi tiết máy, cùng một loại tải trọng tác dụng (không đổi hoặc thay đổi) có thể gây nên các loại ứng suất rất khác nhau : có thể là không đổi, có thể là thay đổi theo thời gian, có thể gây ra ứng suất trên bề mặt, có thể gây ra ứng suất bên trong chi tiết. Vì vậy phải xem xét phân tích cho từng trường hợp cụ thể.

Các yếu tố tải trọng và ứng suất có tác dụng quyết định đối với khả năng làm việc của chi tiết máy. Vì vậy đánh giá đúng tải trọng và ứng suất là vấn đề rất quan trọng trong tính toán thiết kế và sử dụng chi tiết máy và máy.

§4- Các chỉ tiêu chủ yếu về khả năng làm việc của chi tiết máy

Đó là độ bền, độ cứng, độ bền mòn, độ chịu nhiệt và độ ổn định dao động.

1. Độ bền

a- Khái niệm

Độ bền là khả năng tiếp nhận tải trọng của chi tiết máy mà không bị phá hỏng (không bị biến dạng dư quá mức cho phép hoặc không bị phá hủy). Độ bền là chỉ tiêu quan trọng nhất đối với phần lớn các chi tiết máy.

Người ta phân biệt hai dạng phá hỏng: *Phá hỏng tĩnh* và *phá hỏng mỏi* liên quan đến độ bền tĩnh và độ bền mỏi. Phá hỏng tĩnh là do ứng suất làm việc vượt quá giới hạn bền tĩnh của vật liệu và thường là do quá tải đột ngột gây nên còn phá hỏng mỏi là do tác dụng lâu dài của ứng suất thay đổi có giá trị vượt quá giới hạn bền mỏi của vật liệu.

Tùy theo dạng hỏng xảy ra trong thể tích hay trên bề mặt chi tiết máy, người ta phân biệt hai loại độ bền của chi tiết máy: *độ bền thể tích* và *độ bền bề mặt*. Để tránh biến dạng dư lớn hoặc gãy hỏng, chi tiết máy cần có đủ độ bền thể tích. Để tránh phá hỏng bề mặt làm việc, chi tiết máy phải có đủ độ bền bề mặt.

Khi tính toán độ bền thể tích cũng như độ bền bề mặt, ta chú ý đến tính chất thay đổi của ứng suất sinh ra trong chi tiết máy. Nếu ứng suất là không thay đổi, ta tính theo độ bền tĩnh, nếu ứng suất là thay đổi ta tính theo độ bền mỏi.

b- Phương trình cơ bản

Phương pháp tính độ bền phổ biến nhất hiện nay được tiến hành theo cách so sánh ứng suất tính toán khi chi tiết máy chịu tải (ký hiệu σ với ứng suất pháp và τ với ứng suất tiếp) với ứng suất cho phép ($[\sigma]$ và $[\tau]$).

Điều kiện bền được viết như sau:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{hoặc} \quad \tau \leq [\tau] \quad (1.2.4)$$

$$\text{với} \quad [\sigma] = \sigma_{\text{lim}} / s \quad \text{hoặc} \quad [\tau] = \tau_{\text{lim}} / s \quad (1.2.5)$$

Trong đó: σ_{lim} , τ_{lim} - ứng suất pháp và tiếp giới hạn, khi đạt đến trị số này vật liệu chi tiết máy bị phá hỏng.

s-hệ số an toàn.