

**UBND TỈNH LÂM ĐỒNG
TRƯỜNG CAO ĐẲNG ĐÀ LẠT**

GIÁO TRÌNH

**MÔN HỌC/MÔ ĐUN: DUNG SAI, LẮP GHÉP VÀ ĐO LƯỜNG
KỸ THUẬT**

NGÀNH/NGHỀ: CÔNG NGHỆ Ô TÔ

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

Lâm Đồng, năm 2017

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Nội dung của giáo trình *Dung sai, lắp ghép và đo lường kỹ thuật* đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung được giảng dạy ở các trường dạy nghề, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới, đề cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo nghề.

Với mong muốn đó giáo trình được biên soạn, nội dung giáo trình bao gồm:

Chương 1: **Các khái niệm về hệ thống dung sai lắp ghép**

Chương 2: **Hệ thống dung sai lắp ghép**

Chương 3: **Dụng cụ đo thông dụng trong cơ khí**

Xin trân trọng cảm ơn Khoa Cơ khí Động lực, Trường Cao đẳng Nghề Đà Lạt cũng như sự giúp đỡ quý báu của đồng nghiệp đã giúp tác giả hoàn thành giáo trình này.

Mặc dù đã rất cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi sai sót, tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người đọc để lần xuất bản sau giáo trình được hoàn thiện hơn.

Đà Lạt, ngày 20 tháng 05 năm 2017

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: Nguyễn Thị Quý

MỤC LỤC

Chương 1. CÁC KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP	6
1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI LẮP GHÉP	6
1.1. Tính đối lẫn chức năng trong ngành cơ khí chế tạo	6
1.2. Kích thước, sai lệch giới hạn, dung sai	7
1.2.1. Kích thước	7
1.2.2. Sai lệch giới hạn (SLGH):	9
1.2.3. Dung sai	9
1.3. Lắp ghép và các loại lắp ghép	11
1.3.1. Khái niệm về lắp ghép	11
1.3.2. Các loại lắp ghép	12
1.4. Dung sai lắp ghép.	17
2. HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP BỀ MẶT TRÒN	19
2.1. Hệ thống dung sai	19
2.1.1. Công thức tính trị số dung sai	19
2.1.2. Cấp dung sai tiêu chuẩn (cấp chính xác)	19
2.1.3. Khoảng kích thước danh nghĩa	19
2.2. Hệ thống lắp ghép	20
2.2.1. Hệ thống lỗ cơ bản	20
2.2.2. Hệ thống trục cơ bản	21
2.2.3. Sai lệch cơ bản (SLCB)	21
2.2.4. Các lắp ghép tiêu chuẩn	23
3. DUNG SAI HÌNH DẠNG, VỊ TRÍ VÀ ĐỘ NHÁM BỀ MẶT	27
3.1. Dung sai hình dạng và vị trí bề mặt	27
3.1.1. Sai lệch hình dạng bề mặt trụ	27
3.1.2. Sai lệch hình dạng phẳng	29
3.1.3. Sai lệch vị trí bề mặt	30
3.2. NHÁM BỀ MẶT	34
3.2.1. Bản chất của nhám	34
3.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá nhám bề mặt	35
3.2.3. Ghi kích thước cho bản vẽ chi tiết	36
Chương 2. HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP	38
1. DUNG SAI KÍCH THƯỚC VÀ LẮP GHÉP CÁC MỐI GHÉP THÔNG DỤNG	39
1.1. Dung sai lắp ghép ổ lăn	39
1.1.1. Khái niệm	39
1.1.2. Dung sai lắp ghép ổ lăn	39
1.1.3. Ký hiệu ổ lăn trên bản vẽ	40
1.2. Dung sai lắp ghép then- then hoa	41
1.2.1. Dung sai mối ghép then	41
1.2.2. Dung sai lắp ghép then hoa	43
1.2.3. Dung sai lắp ghép côn	46

2. DUNG SAI MÔI GHÉP REN.....	47
2.1. Dung sai lắp ghép ren tam giác hệ mét.....	47
2.1.1. Các yếu tố cơ bản của ren.....	47
2.1.2. Dung sai lắp ghép ren.....	48
2.2. Dung sai lắp ghép ren thang.....	49
2.2.1. Các yếu tố cơ bản của ren hình thang.....	49
2.2.2. Dung sai lắp ghép và ren thang.....	49
2.2.3. Ghi ký hiệu sai lệch và lắp ghép ren trên bản vẽ.....	49
3. DUNG SAI TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG.....	50
3.1. Dung sai lắp ghép bánh răng.....	50
3.2. Các sai số để kiểm tra bánh răng.....	51
4. CHUỖI KÍCH THƯỚC.....	56
4.1. Chuỗi kích thước.....	56
4.1.1. định nghĩa.....	56
4.1.2. phân loại.....	56
4.2. Khâu (kích thước của chuỗi).....	56
4.3. Giải chuỗi kích thước.....	57
Chương 3. DỤNG CỤ ĐO THÔNG DỤNG TRONG CƠ KHÍ.....	68
1. CƠ SỞ ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT.....	68
1.1. Khái niệm đo lường kỹ thuật.....	68
1.2. Dụng cụ đo và phương pháp đo.....	69
2. CĂN MẪU.....	71
2.1. Cấu tạo, công dụng và các bộ căn mẫu.....	71
2.2. Cách bảo quản.....	73
3. THƯỚC CẶP.....	74
3.1. Thước cặp.....	74
3.2. Thước đo sâu đo cao.....	78
3.3. Cách bảo quản.....	79
4. PAN ME.....	79
4.1. Nguyên lý làm việc của panme.....	79
4.2. Cách sử dụng (cách đọc trị số).....	80
4.3. Cách bảo quản.....	81
5. ĐỒNG HỒ SO.....	82
5.1. Công dụng, cấu tạo và nguyên lý làm việc của đồng hồ so.....	82
5.2. Sử dụng và bảo quản.....	83
6. DỤNG CỤ ĐO GÓC.....	83
6.1. Công dụng và cấu tạo của góc mẫu, êke, thước đo góc vạn năng.....	83
6.2. Cấu tạo và nguyên lý của thước sin.....	88
Tài liệu tham khảo.....	90

GIÁO TRÌNH MÔN HỌC/MÔ ĐUN

Tên môn học: DUNG SAI, LẮP GHÉP VÀ ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT

Mã môn học: MH 10

Thời gian thực hiện môn học: 45 giờ; (Lý thuyết: 30 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 12 giờ; Kiểm tra: 03 giờ)

I. Vị trí, tính chất của môn học:

1. Vị trí: Môn học được bố trí giảng dạy song song với các môn học/ mô đun sau: MH 07, MH 08, MH 09, MH 11, MH 12, MĐ 13, MĐ 14.

2. Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

II. Mục tiêu môn học:

1. Về kiến thức:

- + Nêu và giải thích được hệ thống dung sai lắp ghép của TCVN
- + Trình bày đầy đủ các khái niệm, đặc điểm, ký hiệu của các mối lắp
- + Trình bày đầy đủ công dụng, cấu tạo, nguyên lý, phương pháp sử dụng và bảo quản các loại dụng cụ đo thường dùng

2. Về kỹ năng:

+ Đo, đọc chính xác kích thước và kiểm tra được độ không song song, không vuông góc, không đồng trục, không tròn, độ nhám đảm bảo chất lượng sản phẩm bằng các dụng cụ đo kiểm thường dùng trong ngành cơ khí chế tạo

+ Chuyển hoá được các ký hiệu dung sai thành các trị số gia công tương ứng

+ Thao tác sử dụng các loại dụng cụ đo đúng yêu cầu kỹ thuật

+ Sử dụng đúng các dụng cụ, thiết bị đo đảm bảo đúng chính xác và an toàn

3. Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Tuân thủ đúng quy định, quy phạm về dung sai và kỹ thuật đo

+ Rèn luyện tác phong làm việc nghiêm túc, cẩn thận.

+ Có khả năng tự nghiên cứu, tự học, tham khảo tài liệu liên quan đến môn học để vận dụng vào hoạt động học tập.

+ Vận dụng được các kiến thức tự nghiên cứu, học tập và kiến thức, kỹ năng đã được học để hoàn thiện các kỹ năng liên quan đến môn học một cách khoa học, đúng quy định.

Chương 1

CÁC KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP

1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI LẮP GHÉP

1.1. Tính đổi lẫn chức năng trong ngành cơ khí chế tạo

a. Bản chất của tính đổi lẫn chức năng

Mỗi chi tiết trong bộ phận máy hoặc bộ phận máy trong máy đều thực hiện một chức năng xác định, ví dụ: đai ốc vặn vào bu lông có chức năng bắt chặt, pít tông trong xi lanh thực hiện chức năng nén khí, gây nổ và phát lực. Khi chế tạo hàng loạt pít tông hàng loạt đai ốc cùng loại, nếu lấy bất kỳ đai ốc hoặc pít tông của loại vừa chế tạo lắp vào bộ phận máy mà bộ phận máy đó đều thực hiện đúng chức năng yêu cầu của nó thì loạt đai ốc và loạt pít tông đã chế tạo đạt được tính đổi lẫn chức năng. Vậy tính đổi lẫn chức năng của loạt chi tiết là khả năng thay thế cho nhau không cần phải lựa chọn hoặc sửa chữa gì thêm mà vẫn đảm bảo chức năng yêu cầu của bộ phận máy hoặc máy mà chúng lắp thành.

Loạt chi tiết đạt được tính đổi lẫn chức năng hoàn toàn nếu mọi chi tiết trong loạt đều đạt tính đổi lẫn chức năng. Còn nếu có một hoặc một vài chi tiết trong loạt không đạt tính đổi lẫn chức năng thì loạt chi tiết ấy đạt tính đổi lẫn chức năng không hoàn toàn.

Sở dĩ loạt chi tiết đạt được tính đổi lẫn chức năng là vì chúng được chế tạo giống nhau, tất nhiên không thể giống nhau tuyệt đối được mà chúng có sai khác nhau trong phạm vi cho phép nào đó. Chẳng hạn các thông số hình học của chi tiết như kích thước, hình dạng,... chỉ được sai khác nhau trong một phạm vi cho phép gọi là dung sai. Giá trị dung sai ấy được người thiết kế tính toán và quy định dựa trên nguyên tắc của tính đổi lẫn chức năng.

b. Vai trò của tính đổi lẫn đối với sản xuất và sử dụng

Tính đổi lẫn chức năng là nguyên tắc của thiết kế và chế tạo. Nếu các chi tiết được thiết kế, chế tạo theo nguyên tắc đổi lẫn chức năng thì chúng không phụ thuộc vào địa điểm sản xuất. Đó là điều kiện để ta có thể hợp tác và chuyên môn hóa sản xuất. Sự hợp tác và chuyên môn hóa sản xuất sẽ dẫn đến sản xuất

tập trung quy mô lớn, tạo khả năng áp dụng kỹ thuật tiên tiến, trang bị máy móc hiện đại và dây chuyền sản xuất năng suất cao. Nhờ đó mà vừa đảm bảo chất lượng lại giảm giá thành sản phẩm.

Mặt khác thiết kế, chế tạo chi tiết theo nguyên tắc đổi lẫn chức năng tạo điều kiện thuận lợi cho việc sản xuất các chi tiết dự trữ thay thế. Nhờ đó mà quá trình sử dụng các sản phẩm công nghiệp sẽ tiện lợi rất nhiều.

Trong đời sống: ta dễ dàng thay một bóng đèn hỏng bằng một bóng đèn mới với cùng một đui đèn, hoặc dễ dàng thay ổ bi đã mòn hỏng của một xe máy bằng một ổ bi mới cùng loại. Trong sản xuất, giả dụ một bánh răng trong máy bị gãy hỏng, ta có ngay một bánh răng dự trữ cùng loại thay thế vào là máy lại tiếp tục hoạt động được ngay. Do đó giảm thời gian ngừng máy để sửa chữa sử dụng máy triệt để hơn, mang lại lợi ích lớn về kinh tế và quản lý sản xuất.

1.2. Kích thước, sai lệch giới hạn, dung sai

1.2.1. Kích thước

Là giá trị đo bằng số của các đại lượng đo như chiều dài, chiều rộng, chiều cao, đường kính ... theo đơn vị đo được lựa chọn.

Trong công nghệ chế tạo máy đơn vị đo thông dụng nhất là milimét (mm) và quy ước trên bản vẽ không ghi mm.

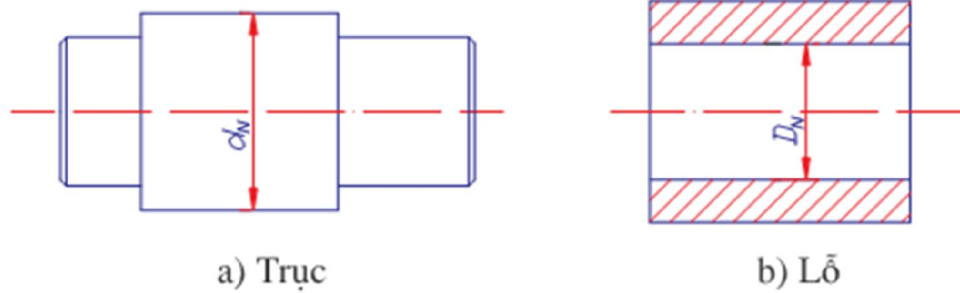
Ví dụ chi tiết máy có đường kính 19,95 mm, chiều dài 125,5 mm thì trên bản vẽ chỉ ghi 19,95 và 125,5.

a. Kích thước danh nghĩa (KTDN)

Là kích thước được xác định xuất phát từ chức năng của chi tiết sau đó quy tròn về phía lớn hơn theo các giá trị của dãy kích thước tiêu chuẩn.

Ví dụ: Khi tính toán người thiết kế xác định được kích thước của chi tiết trục là 27,876 mm theo giá trị của dãy kích thước tiêu chuẩn ta quy tròn về 30 mm. Vậy ta nói rằng kích thước danh nghĩa của chi tiết trục là 30 mm.

KTDN là kích thước được dùng làm gốc để xác định sai lệch giới hạn (SLGH) và kích thước giới hạn (KTGH).



Hình 1.1. Kích thước danh nghĩa của trục và lỗ

- KTDN của chi tiết trục ký hiệu là: d_N .
- KTDN của chi tiết lỗ ký hiệu là: D_N .

b. Kích thước thực

Là kích thước đo được trực tiếp trên chi tiết bằng dụng cụ đo và phương pháp đo chính xác nhất mà kỹ thuật đo có thể đạt được.

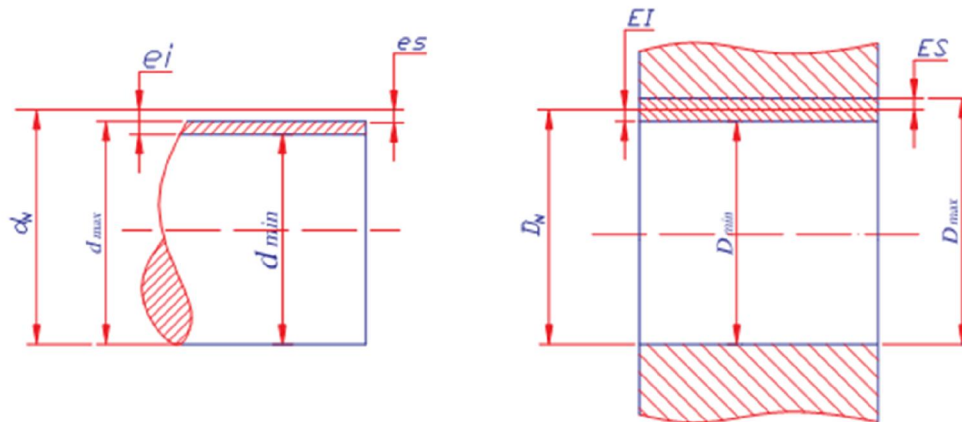
- Ký hiệu :
- Chi tiết lỗ: D_t .
 - Chi tiết trục: d_t .

Ví dụ: Khi đo kích thước đường kính trục bằng pan me có giá trị vạch chia là 0,01 mm, kết quả đo nhận được là 24,98 mm, đó chính là kích thước thực của trục với sai số cho phép là $\pm 0,01$ mm.

c. Kích thước giới hạn

Khi gia công bất kỳ một kích thước nào đó ta cần phải xác định một phạm vi cho phép của sai số gia công kích thước chi tiết đó. Phạm vi cho phép này được giới hạn bởi 2 kích thước quy định gọi là kích thước giới hạn (KTGH)

- Kích thước giới hạn lớn nhất:
 - + Đối với chi tiết lỗ: D_{max} .
 - + Đối với chi tiết trục: d_{max} .
- Kích thước giới hạn nhỏ nhất :
 - + Đối với chi tiết lỗ: D_{min} .
 - + Đối với chi tiết trục: d_{min} .



Hình 1.2. sơ đồ biểu diễn kích thước giới hạn

Như vậy chi tiết gia công đạt yêu cầu khi kích thước thực của nó thỏa mãn yêu cầu sau:

$$D_{\min} \leq D_t \leq D_{\max}$$

$$d_{\min} \leq d_t \leq d_{\max}.$$

1.2.2. Sai lệch giới hạn (SLGH):

Là hiệu đại số giữa KTGH và KTDN.

- SLGH trên: là hiệu đại số giữa KTGH lớn nhất và KTDN.

Ký hiệu:

+ Với chi tiết lỗ: $ES = D_{\max} - D_N$.

+ Với chi tiết trục: $es = d_{\max} - d_N$.

- SLGH dưới:

+ Với chi tiết lỗ: $EI = D_{\min} - D_N$.

+ Với chi tiết trục: $ei = d_{\min} - d_N$

* Chú ý: Trị số SLGH mang dấu “+” khi KTGH > KTDN.

Mang dấu “-” khi KTGH < KTDN và bằng “0” khi KTGH = KTDN

1.2.3. Dung sai

Là phạm vi cho phép của sai số. Trị số dung sai bằng hiệu đại số giữa KTGH lớn nhất và KTGH nhỏ nhất hoặc bằng hiệu đại số giữa SLGH trên và SLGH dưới.

Ký hiệu: T (toleran).

- Dung sai kích thước lỗ: $T_D = D_{\max} - D_{\min}$.

Hoặc $T_D = ES - EI$.

- Dung sai kích thước trục: $T_d = d_{\max} - d_{\min}$.

Hoặc $T_d = es - ei$.

* **Chú ý:** Dung sai luôn có giá trị dương vì KTGH lớn nhất bao giờ cũng lớn hơn KTGH nhỏ nhất.

Trị số dung sai càng nhỏ thì phạm vi của sai số càng nhỏ tức là yêu cầu độ chính xác về kích thước càng cao. Ngược lại trị số dung sai càng nhỏ thì yêu cầu độ chính xác chế tạo càng thấp.

Vậy dung sai đặc trưng cho độ chính xác thiết kế.

Ví dụ 1: Cho một chi tiết trục có $KTDN = 32$ mm, KTGH lớn nhất là 32,050 mm, KTGH nhỏ nhất là 32,034 mm. Tính trị số SLGH và dung sai ?

Giải:

- Tính SLGH: $es = d_{\max} - d_N = 32,050 - 32 = 0,050$ mm.

$ei = d_{\min} - d_N = 32,034 - 32 = 0,034$ mm.

- Dung sai kích thước trục:

$T_d = es - ei = 0,050 - 0,034 = 0,016$ mm.

Ví dụ 2: Cho chi tiết lỗ có $KTDN = 45$ mm. KTGH lớn nhất 44,992 mm, KTGH nhỏ nhất là 44,967 mm. Tính trị số các SLGH và dung sai?

Giải:

- Tính trị số các SLGH:

$ES = D_{\max} - D_N = 44,992 - 45 = -0,008$ mm.

$EI = D_{\min} - D_N = 44,967 - 45 = -0,033$ mm.

- Tính trị số dung sai:

$T_D = ES - EI = (-0,008) - (-0,033) = 0,025$ mm.

Ví dụ 3: Biết $KTDN$ của chi tiết trục là 28 mm và các SLGH $es = -0,020$ mm, $ei = -0,041$ mm. Tính các KTGH và dung sai. Nếu gia công xong người ta đo được kích thước thực là 27,976 mm thì chi tiết trục có đạt yêu cầu không?

Giải :

- Tính KTGH: $d_{\max} = d_n + es = 28 + (-0,020) = 27,980$ mm

$$D_{\min} = d_n + e_i = 28 + (-0,041) = 27,959 \text{ mm}$$

Ta biết rằng chi tiết trục gia công đạt yêu cầu khi $d_{\min} < d_t < d_{\max}$

Trong trường hợp này chi tiết trục sau khi gia công

$$27,959 \text{ mm} < 27,976 \text{ mm} < 28 \text{ mm}$$

Vậy chi tiết đã gia công đạt yêu cầu đề ra.

1.3. Lắp ghép và các loại lắp ghép

1.3.1. Khái niệm về lắp ghép :

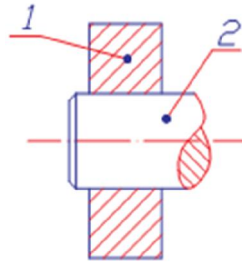
Hai hay một số chi tiết phối hợp với nhau một cách cố định hoặc di động thì tạo thành một mối ghép.

Những bề mặt mà dựa theo chúng các chi tiết phối hợp với nhau gọi là bề mặt lắp ghép.

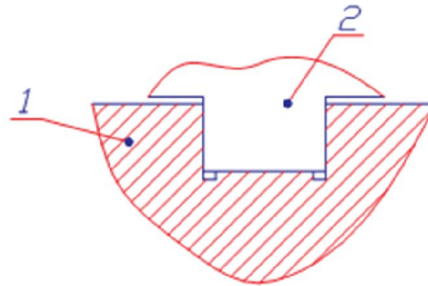
Bề mặt lắp ghép bao gồm :

- Bề mặt bao ngoài: ký hiệu D .
- Bề mặt bị bao bên trong: ký hiệu d .

Ví dụ: Lắp ghép giữa trục và lỗ, giữa rãnh và con trượt.



Hình 1.3. 1- lỗ ; 2 – trục



Hình 1.4. 1- Rãnh trượt; 2- Con trượt

KTDN chung cho cả bề mặt bao và bề mặt bị bao $D_N = d_N$.

Trong chế tạo cơ khí thường sử dụng các loại lắp ghép:

- Lắp ghép bề mặt trơn:
- + Lắp ghép trụ trơn.
- + Lắp ghép phẳng.
- Lắp ghép côn trơn.
- Lắp ghép ren.
- Lắp ghép truyền động bánh răng.

Đặc tính của lắp ghép được xác định bởi hiệu số giữa bề mặt bao và bề mặt bị bao.

Nếu $D - d > 0$ Lắp ghép có độ dôi.

Nếu $D - d < 0$ lắp ghép có độ hở.

Dựa vào đặc tính của lắp ghép người ta chia lắp ghép thành 3 nhóm : lắp lỏng, lắp chặt, lắp trung gian.

1.3.2. Các loại lắp ghép

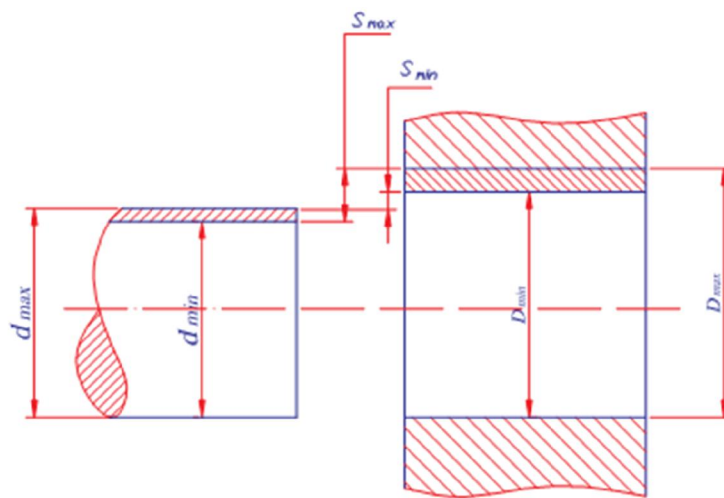
a. Nhóm lắp lỏng:

Trong nhóm lắp ghép này kích thước lỗ luôn lớn hơn kích thước trục đảm bảo lắp ghép luôn có độ hở.

Độ hở của lắp ghép ký hiệu là S .

$$S = D - d.$$

Tương ứng với các KTGH của lỗ và trục lắp ghép có độ hở giới hạn :



Hình 1.5. Nhóm lắp ghép lỏng

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei.$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI = es.$$

Đối với một lắp ghép thì $D_N = d_N$.

$$\text{Độ hở trung bình : } S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$$

Nếu kích thước của loạt chi tiết được phép dao động trong khoảng

$D_{\max} - D_{\min}$ (đối với chi tiết lỗ) từ $d_{\max} - d_{\min}$ (đối với chi tiết trục).

Thì độ hở của lắp ghép cũng được phép dao động trong khoảng từ $S_{\max} - S_{\min}$.

Tức là trong khoảng dung sai của độ hở.

$$T_s = S_{\max} - S_{\min}.$$

$$\text{Hoặc } T_s = T_D + T_d.$$

Vậy dung sai độ hở bằng tổng dung sai kích thước lỗ và dung sai kích thước trục.

Dung sai độ hở gọi là dung sai lắp ghép lỏng, đặc trưng cho mức độ chính xác yêu cầu của lắp ghép.

Ví dụ :

Cho kiểu lắp ghép lỏng trong đó kích thước lỗ là $\Phi 52^{+0.030}_0$

Trục $\Phi 52^{-0.030}_{-0.060}$

Tính KTGh, độ hở giới hạn độ hở trung bình, dung sai độ hở.

Giải:

Theo số liệu đã cho ta có:

$$\text{Lỗ: } ES = 0,030, EI = 0. \text{ Trục } es = -0,030, ei = -0,060$$

- Tính KTGh:

$$D_{\max} = D_N + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ mm.}$$

$$D_{\min} = d_N + EI = 52 \text{ mm}$$

$$d_{\max} = d_N + es = 52 + (-0,030) = 51,97 \text{ mm}$$

$$d_{\min} = d_N + ei = 52 + (-0,060) = 51,94 \text{ mm.}$$

$$T_D = ES - EI = 0,030 \text{ mm.}$$

$$T_d = es - ei = (-0,030) - (-0,060) = 0,030 \text{ mm.}$$

- Tính độ hở giới hạn, độ hở trung bình:

$$S_{max} = ES - EI = 0,030 - (-0,060) = 0,030 \text{ mm}$$

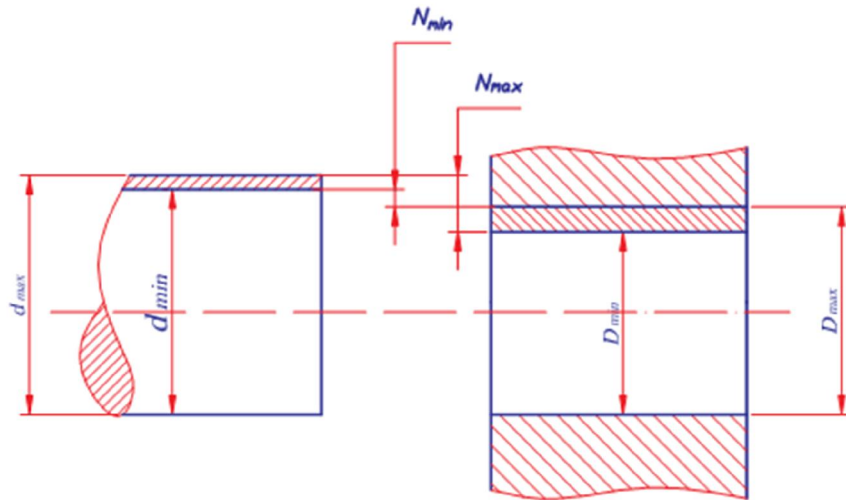
$$S_{min} = EI - es = 0 - (-0,030) = 0,030 \text{ mm.}$$

b. Nhóm lắp chặt :

Trong nhóm lắp ghép này kích thước lỗ luôn nhỏ hơn kích thước trục, đảm bảo lắp ghép luôn có độ dôi. Độ dôi của lắp ghép ký hiệu là N.

$$N = d - D.$$

Tương ứng với các KTGH của trục và lỗ ta có:



Hình 1.6. Nhóm lắp ghép chặt

Độ dôi giới hạn: $N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES.$$

Độ dôi trung bình : $N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2}$

Dung sai độ dôi : $T_N = N_{max} - N_{min}$

Vậy: Dung sai độ dôi bằng tổng dung sai kích thước lỗ và dung sai kích thước trục.

Ví dụ: Cho kiểu lắp chặt trong đó kích thước lỗ $\Phi 45_0^{+0,025}$ kích thước trục $\Phi 45_{+0,034}^{+0,050}$. Tính độ dôi giới hạn, độ dôi trung bình dung sai độ dôi

Giải:

Với số liệu đã cho ta có :

Lỗ $\{ES = 0,025 \quad EI = 0, \quad \text{Trục} \{es = 0,050 \quad ei = 0,034$

- Tính độ dôi giới hạn : $N_{\max} = es - EI = 0,050 - 0 = 0,050 \text{ mm}$

$N_{\min} = ei - ES = 0,034 - 0,025 = 0,009 \text{ mm}.$

- Độ dôi trung bình:

$$N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,050 + 0,009}{2} = 0,0295 \text{ mm}.$$

- Tính dung sai: $T_N = T_D + T_d = (ES - EI) + (es - ei)$

$$= (0,025 - 0) + (0,050 - 0,034) = 0,041 \text{ mm}$$

c. Lắp trung gian

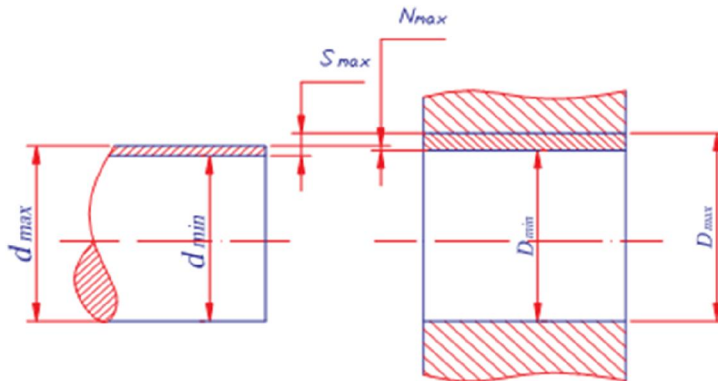
Trong nhóm lắp ghép này miền dung sai kích thước lỗ nằm xen kẽ miền dung sai kích thước trục. Như vậy kích thước lỗ được phép dao động trong phạm vi có thể nhỏ hơn hoặc hơn kích thước trục. Lắp ghép nhận được có thể là độ hở hoặc độ dôi.

- Trường hợp nhận được lắp ghép có độ hở lớn nhất

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$$

- Trường hợp nhận được lắp ghép có độ dôi lớn nhất :

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$$



Hình 1.7. Nhóm lắp ghép trung gian

Trong nhóm lắp ghép này độ hở và độ dôi nhỏ nhất tương ứng với trường hợp thực hiện lắp ghép mà kích thước lỗ bằng kích thước trục. Nghĩa là độ hở lớn nhất $S_{\max} = 0$, Độ dôi lớn nhất $N_{\max} = 0$.

Dung sai lắp ghép trung gian :

$$T_{SN} = S_{\max} + N_{\max}$$

$$\text{Hoặc } T_{SN} = T_D + T_d$$

- Trường hợp $S_{\max} > N_{\max}$ ta tính độ hở trung bình

$$S_m = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2}$$

- Trường hợp $S_{\max} < N_{\max}$ ta tính độ dôi trung bình

$$N_m = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2}$$

Ví dụ: Cho kiểu lắp trung gian trong đó kích thước lỗ $\Phi 82_0^{+0,035}$. Kích thước trục $\Phi 82_{+0,023}^{+0,045}$ Tính KTGH, dung sai kích thước lỗ và trục. Độ hở, Độ dôi giới hạn và trung bình. Tính dung sai của lắp ghép?

Giải :

Theo số liệu đã cho ta có: Lỗ $\{E S = +0,035 \quad EI = 0,$

Trục $\{e s = +0,045 \quad ei = +0,023.$

- Tính các KTGH :

- $D_{\max} = D_N + ES = 82 + 0,035 = 82,035 \text{ mm}$

$$D_{\min} = D_N + EI = 82 \text{ mm.}$$

$$d_{\max} = d_N + es = 82 + 0,045 = 82,045 \text{ mm}$$

$$d_{\min} = d_N + ei = 82 + 0,023 = 82,023 \text{ mm}$$

- Tính độ hở, độ dôi giới hạn, trung bình :

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 82,035 - 82,023 = 0,012 \text{ mm}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 82,045 - 82 = 0,045 \text{ mm}$$

$$T_D = ES - EI = 0,035 \text{ mm}$$

$$T_d = es - ei = 0,045 - 0,023 = 0,022 \text{ mm}$$

Trong trường hợp này $N_{\max} > S_{\max}$ nên ta tính độ dôi trung bình

$$N_m = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,045 - 0,012}{2} = 0,0165 \text{ mm}$$

- Dung sai của lắp ghép :

$$T_{N,S} = N_{\max} + S_{\max} = 0,045 + 0,012 = 0,057 \text{ mm}$$

$$\text{Hoặc } T_{N,S} = T_D + T_d = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ mm}$$

1.4. Dung sai lắp ghép.

Để thuận lợi và đơn giản cho việc tính toán người ta biểu diễn lắp ghép dưới dạng sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép trên hệ trục tọa độ vuông góc

- Trục hoành biểu thị vị trí của KTDN, ứng với vị trí đó sai lệch kích thước = 0 nên trục hoành được gọi là đường 0.

- Trục tung biểu thị sai lệch của kích thước tính bằng micômét(μm),

$$1\mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm.}$$

- Sai lệch kích thước phân bố về 2 phía của đường 0. Sai lệch (+) bố trí phía trên đường 0, sai lệch (-) bố trí phía dưới đường 0.

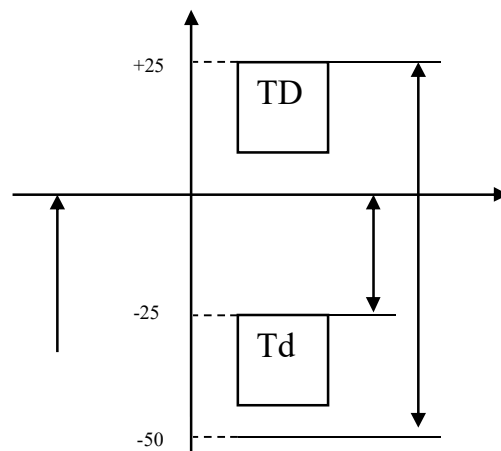
Miền giới hạn bởi 2 SLGH là miền dung sai kích thước biểu thị bằng 2 cạnh của hình chữ nhật.

- Từ sơ đồ phân bố miền dung sai ta xác định được đặc tính của lắp ghép và tính toán được các thông số trực tiếp trên sơ đồ như: KTGH, độ hở hoặc độ dôi giới hạn, trung bình và dung sai của lắp ghép

Ví dụ 1:

Cho lắp ghép có KTDN 40 mm, sai lệch giới hạn kích thước lỗ ES = +25 μm , EI = 0. Trục es = -25 μm , ei = -50 μm . Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép và tính trị số độ hở hoặc độ dôi giới hạn, dung sai của lắp ghép trực tiếp trên sơ đồ.

Giải :



- Vẽ hệ trục tọa độ vuông góc, trên trục tung lấy 1 điểm có tung độ $=25\mu\text{m}$ ứng với SLGH trên của lỗ (ES) và 0 ứng với SLGH dưới của lỗ là (EI). Vẽ hình chữ nhật có cạnh đứng là khoảng cách giữa 2 SLGH trên và dưới.

Cũng tương tự như trên ta lấy 2 điểm có tung độ $-25\mu\text{m}$ và $-50\mu\text{m}$. Vẽ hình chữ nhật biểu diễn miền dung sai của trục.

- Xác định đặc tính của lắp ghép dựa vào vị trí tương quan giữa 2 miền dung sai. Trong ví dụ này miền dung sai của lỗ T_D nằm phía trên miền dung sai của trục T_d nghĩa là kích thước lỗ luôn lớn hơn kích thước trục. Đó là lắp lỏng. Độ hở giới hạn được xác định trực tiếp trên sơ đồ

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \text{ hoặc } S_{\max} = ES - EI = 25\mu\text{m} - (-50\mu\text{m})$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-25\mu\text{m}).$$

$$\text{Dung sai của độ hở: } T_S = S_{\max} - S_{\min} = 75\mu\text{m} - 25\mu\text{m} = 50\mu\text{m}.$$

Ví dụ 2:

Cho lắp ghép có $KTDN = 62\text{ mm}$. SLGH kích thước lỗ

$ES = +30\mu\text{m}$ $EI = 0$, trục $es = +60\mu\text{m}$, $ei = +41\mu\text{m}$. Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép xác định đặc tính của lắp ghép. Tính trị số KTGH, độ hở hoặc độ dôi giới hạn, dung sai của lắp ghép trực tiếp trên sơ đồ.

Ví dụ 3:

cho lắp ghép có $KTDN d_N = 36\text{ mm}$ sai lệch giới hạn các kích thước

$$\text{Lỗ } ES = +25\mu\text{m}$$

$$EI = 0$$

$$\text{Trục } es = +18\mu\text{m}$$

$$ei = +2\mu\text{m}$$

biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn tương ứng

Giải

Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép trên hình vẽ

- Nhìn trên sơ đồ ta thấy miền dung sai của lỗ nằm xen lẫn với miền dung sai của trục. Như vậy kích thước lỗ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích thước trục. Do đó lắp ghép tạo thành có thể có độ hở hoặc độ dôi. Đó là lắp trung gian

Độ hở giới hạn lớn nhất

$$S_{\max} = ES - ei = 25 - 2 = 23 \mu\text{m}$$

$$N_{\max} = es - EI = 18 - 0 = 18 \mu\text{m}$$

$$\text{Dung sai độ dôi } T_{\text{SN}} = S_{\max} + N_{\max} = 23 + 18 = 41 \mu\text{m}.$$

2. HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP BỀ MẶT TRƠN

2.1. Hệ thống dung sai

2.1.1. Công thức tính trị số dung sai

$$T = a.i$$

i: Đơn vị dung sai

a: Hệ số phụ thuộc vào mức độ chính xác của kích thước

2.1.2. Cấp dung sai tiêu chuẩn (cấp chính xác)

Tiêu chuẩn quy định 20 cấp chính xác ký hiệu IT01, IT0, IT1, ..., IT18

Các cấp chính xác từ IT1 ÷ IT18 được sử dụng phổ biến hiện nay

IT1 ÷ IT4 sử dụng đối với các kích thước yêu cầu độ chính xác rất cao như các dụng cụ đo

2.1.3. Khoảng kích thước danh nghĩa

Đối với độ chính xác đã cho tất cả các KTDN cách nhau 1 mm thì các bảng dung sai sẽ rất lớn, đồng thời sự khác nhau về dung sai của 2 đường kính kề nhau sẽ không đáng kể. Vì vậy để đơn giản cho việc xây dựng hệ thống dung sai toàn bộ các đường kính danh nghĩa từ 1 – 500 mm được chia thành 13 khoảng cơ bản và 22 khoảng trung gian như trong bảng 1.1

kích thước danh nghĩa đến 500 mm			
Khoảng chính		Khoảng trung gian	
Trên	Đến và bao gồm	Trên	Đến và bao gồm
-	3		
3	6		
6	10		
10	18	10	14
		14	18

18	30	18 24	24 30
30	50	30 40	40 50
50	80	50 65	65 80
80	120	80 100	100 120
120	180	120 140 160	140 160 180
180	250	180 200 225	200 225 250
250	315	250 280	280 315
315	400	315 355	355 400
400	500	400 450	450 500

2.2. Hệ thống lắp ghép

2.2.1. Hệ thống lỗ cơ bản

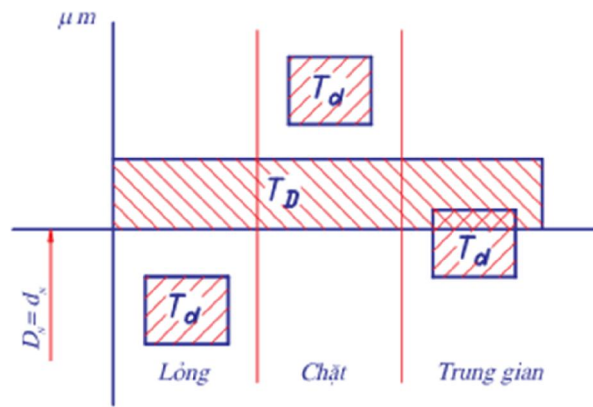
Là hệ thống các kiểu lắp ghép mà vị trí miền dung sai lỗ là cố định còn muốn có các kiểu lắp ghép có đặc tính khác nhau ta thay đổi vị trí miền dung sai trục so với KTDN

Sai lệch cơ bản của lỗ được ký hiệu: H

$$H \quad \{ \quad ES = + T_D$$

$$\quad \{ \quad EI = 0$$

T_D : trị số dung sai kích thước lỗ cơ bản

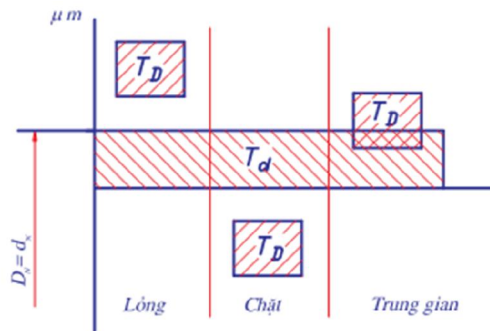


Hình 1.8. Sơ đồ biểu diễn hệ thống lỗ cơ bản

2.2.2. Hệ thống trục cơ bản

Là hệ thống các kiểu lắp mà vị trí miền dung sai trục là cố định còn muốn có được các kiểu lắp có đặc tính khác nhau ta thay đổi miền dung sai của lỗ so với KTDN

Sai lệch cơ bản của trục cơ bản được ký hiệu: h



Hình 1.9. Sơ đồ biểu diễn hệ thống trục cơ bản

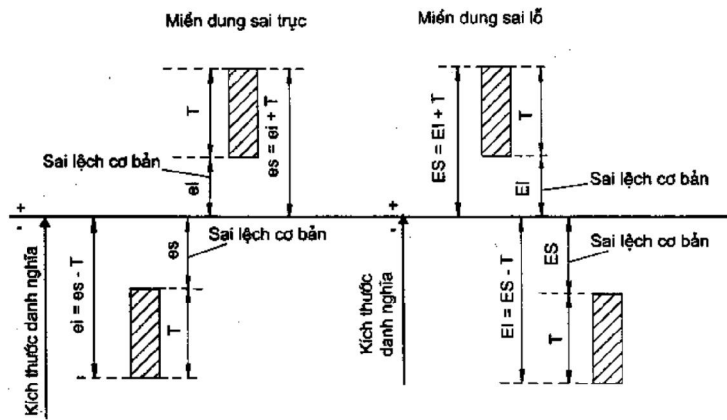
$$h \begin{cases} es = 0 \\ ei = -T_d \end{cases}$$

$$\begin{cases} es = 0 \\ ei = -T_d \end{cases}$$

T_d : Trị số dung sai kích thước trục cơ bản được xác định tùy thuộc vào cấp chính xác và kích thước danh nghĩa

2.2.3. Sai lệch cơ bản (SLCB)

Là sai lệch xác định vị trí của miền dung sai so với kích thước danh nghĩa. Nếu miền dung sai nằm phía trên kích thước danh nghĩa thì SLCB là sai lệch dưới (ei hoặc EI), còn nếu nằm phía dưới kích thước danh nghĩa thì SLCB là sai lệch trên (es hoặc ES)



Hình 1.10. Sơ đồ biểu diễn sai lệch cơ bản

Để có hàng loạt kiểu lắp thì phải quy định một dãy miền dung sai trực và một dãy miền dung sai lỗ có vị trí khác nhau tức là có SLCB khác nhau

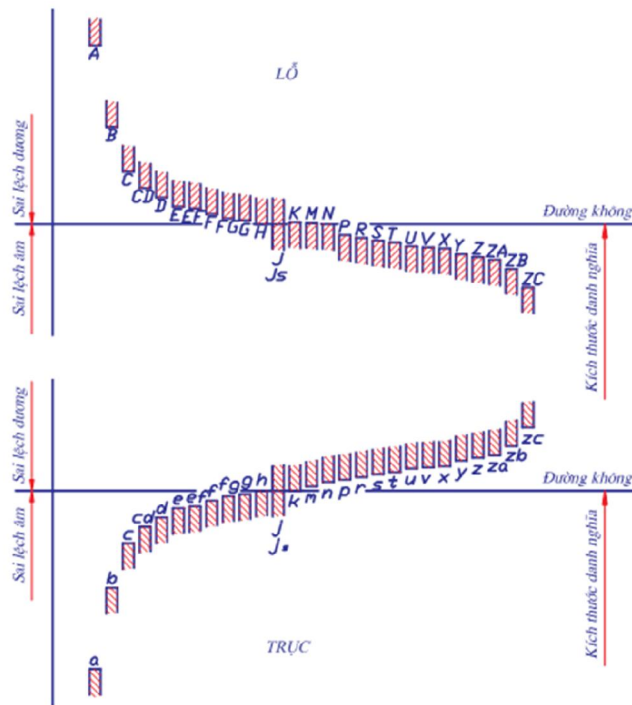
Xuất phát từ yêu cầu thực tế tiêu chuẩn đã quy định một dãy SLCB của trục ký hiệu bằng chữ thường 1, b, c, z, za, zb, zc và một dãy SLCB của lỗ ký hiệu bằng chữ in hoa A, B, C...Z., ZA, Zb, ZC

Ta nhận thấy rằng muốn hình thành một kiểu lắp ghép trong hệ thống lỗ cơ bản ta phối hợp miền dung sai của lỗ có SLCB H với miền dung sai bất kỳ của trục

VD : phối hợp miền dung sai có SLCB H với miền dung sai trục có SLCB là f ta được kiểu lắp H/f

Khi phối hợp miền dung sai trục có SLCB h với bất kỳ miền dung sai nào

của lỗ ta được kiểu lắp theo hệ trục có bậc $\frac{F}{h}$ $\frac{E}{h}$



Hình 1.11. Vị trí các miền dung sai ứng với các sai lệch cơ bản của trục và lỗ

2.2.4. Các lắp ghép tiêu chuẩn

a. Các lắp ghép tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn TCVN2244- 99 đã quy định một dãy kiểu lắp trong hệ thống lỗ cơ bản và một dãy kiểu lắp trong hệ thống trục cơ bản

Các kiểu lắp tiêu chuẩn được phân thành 3 nhóm sau:

- Nhóm lắp lỏng gồm các kiểu lắp:

+ Trong hệ lỗ cơ bản: $\frac{H}{a}, \frac{H}{b}, \dots, \frac{H}{h}$

+ Trong hệ trục cơ bản: $\frac{A}{h}, \frac{B}{h}, \dots, \frac{H}{h}$

Độ hở của lắp ghép giảm dần từ $\frac{H}{a}$ đến $\frac{H}{h}$.

- Nhóm lắp ghép trung gian

+ Trong hệ lỗ cơ bản: $\frac{H}{j_s}, \frac{H}{k}, \frac{H}{m}, \frac{H}{n}$

+ Trong hệ trục cơ bản: $\frac{J_s}{h}, \frac{K}{h}, \frac{M}{h}, \frac{N}{h}$

Độ dôi tăng dần từ $\frac{H}{j_s}$ đến $\frac{H}{n}$.

- Nhóm lắp chặt:

+ Trong hệ lỗ cơ bản: $\frac{H}{p}, \frac{H}{r}, \dots, \frac{H}{zc}$

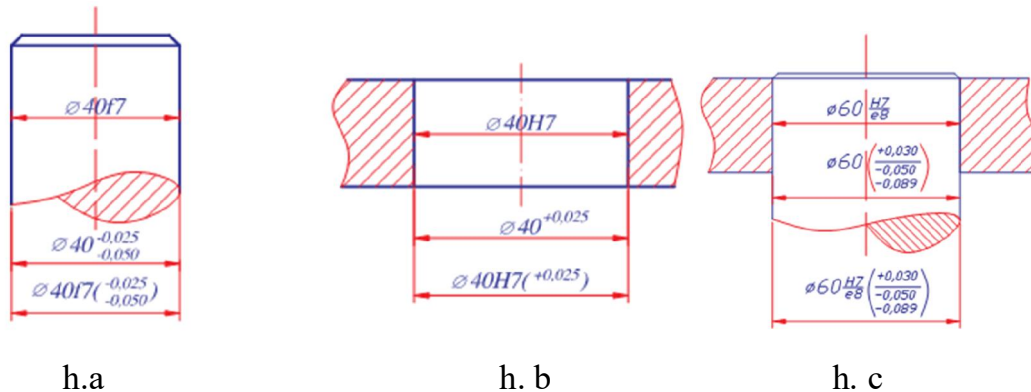
+ Trong hệ trục cơ bản: $\frac{P}{h}, \frac{R}{h}, \dots, \frac{ZC}{h}$

Độ dôi tăng dần từ $\frac{H}{p}$ đến $\frac{H}{zc}$

Sai lệch giới hạn của kích thước ứng với các miền dung sai tiêu chuẩn đã được tính và đưa thành bảng tiêu chuẩn, vì vậy khi cần biết trị số sai lệch giới hạn kích thước ứng với miền dung sai bất kì nào.

b. Ký hiệu miền dung sai của kích thước và lắp ghép

Trên bản vẽ chi tiết các SLGH được ghi ký hiệu bằng chữ hoặc bằng số theo mm bên cạnh KTDN



Hình 1.12. Ký hiệu sai lệch trên bản vẽ

- (h 1.12a) ghi ký hiệu trên bản vẽ chi tiết trục

+ Ký hiệu bằng chữ

$\Phi 40f7$: đường kính danh nghĩa của trục là 40 mm

Sai lệch giới hạn kích thước ứng với miền f7

+ Ký hiệu bằng số

Đường kính danh nghĩa của trục là 40 mm, SLGH trên của trục $e_s = -0,025$ mm, SLGH dưới của trục $e_i = 0,050$ mm

+ Ghi phối hợp

- Hình 1.12b biểu thị cách ghi ký hiệu trên bản vẽ chi tiết lỗ

$\Phi 40H7$ đường kính danh nghĩa của lỗ là 40 mm, SLCB kích thước ứng với miền H7

Ghi bằng số

Đường kính danh nghĩa của lỗ 40 mm

SLGH trên ES = + 0,025 mm

SLGH dưới EI = 0

+ Ghi phối hợp $\Phi 40H7$

- Trường hợp ký hiệu bằng số nếu trị số SLGH bằng nhau mà dấu ngược nhau thì cho phép ghi dấu (\pm) trước giá trị sai lệch $\Phi 32 \pm 0,125$ mm

Ghi ký hiệu lắp ghép

Trên bản vẽ lắp ký hiệu lắp ghép được ghi dưới dạng phân số sau KTDN

VD:

$\Phi 40H7/f7$

Đường kính danh nghĩa của lắp ghép là 40 mm

- SLKT lỗ ứng với miền H7

- SLGH kích thước trục ứng với miền f7

- Lắp ghép trong hệ lỗ cơ bản kiểu H7/f7

Bài tập: cho lắp ghép trụ trơn có KTDn = 52 mm, miền dung sai kích thước lỗ là H8, miền dung sai kích thước trục là e8. Hãy ghi ký hiệu sai lệch, lắp ghép bằng chữ hoặc bằng số trên bản vẽ chi tiết, bản vẽ lắp. Vẽ sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép xác định đặc tính của lắp ghép, độ hở hoặc độ dôi giới hạn và dung sai của lắp ghép

Giải

Với số liệu đã cho ta ghi ký hiệu bằng chữ trên bản vẽ

Để ghi ký hiệu bằng số ta dựa vào KTDN và miền dung sai tra bảng phụ lục 1 và 2 ta được SLGH kích thước của lỗ $\Phi 42H8$

ES = + 0,046 mm

$$EI = 0$$

Trục $\Phi 52e8$

$$es = -0,060 \text{ mm}$$

$$ei = -0,106 \text{ mm}$$

- Vẽ sơ đồ phân bố miền dung sai

- Nhìn trên sơ đồ ta thấy miền dung sai kích thước lỗ nằm phía trên miền dung sai kích thước trục đây là lắp lỏng

- Độ hở giới hạn

$$S_{\max} = ES - ei = 0,046 - (-0,106) = 0,152 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,06) = 0,060 \text{ mm}$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 0,152 - 0,060 = 0,092 \text{ mm}$$

VD2: cho lắp ghép trụ tròn có KTDN là 68 mm miền dung sai kích thước lỗ là H7, kích thước trục là n6/ Lập sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép, xác định đặc tính của lắp ghép độ hở hoặc độ dôi giới hạn của lắp ghép

Giải

Tra bảng phụ lục 1, 2

Lắp ghép $\Phi 68H7/n6$

$$\text{Lỗ } ES = +0,030 \text{ mm}$$

$$EI = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Trục } es = +0,039 \text{ mm}$$

$$ei = +0,020 \text{ mm}$$

- Nhìn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép ta thấy miền dung sai kích thước lỗ và trục nằm xen kẽ nhau do vậy lắp ghép $\Phi 68H7/n6$ là lắp ghép trung gian

Độ hở độ dôi giới hạn

$$N_{\max} = es - EI = 39 \mu\text{m}$$

$$S_{\max} = ES - ei = 30 - 20 = 10 \mu\text{m}$$

3. DUNG SAI HÌNH DẠNG, VỊ TRÍ VÀ ĐỘ NHÁM BỀ MẶT

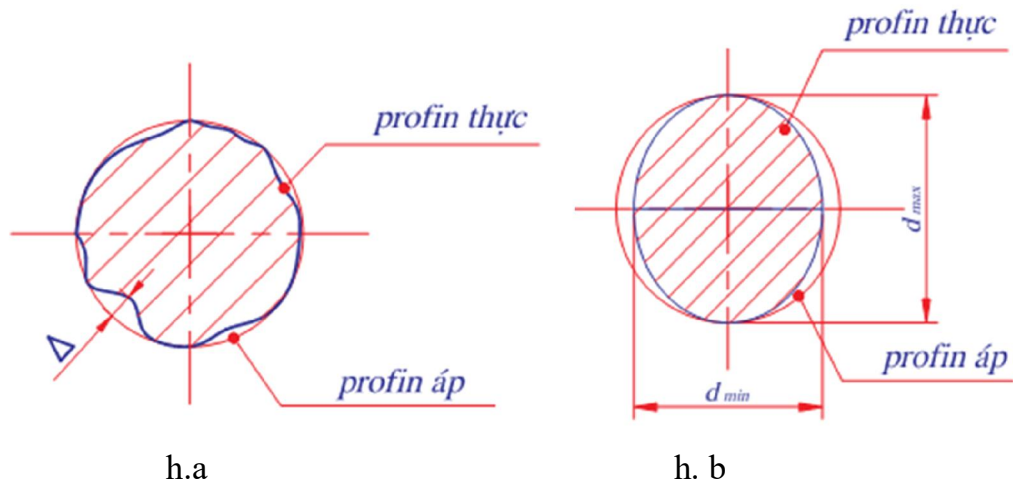
3.1. Dung sai hình dạng và vị trí bề mặt

3.1.1. Sai lệch hình dạng bề mặt trụ

Đối với chi tiết trụ trơn sai lệch được xét theo 2 phương

a. Sai lệch mặt cắt ngang

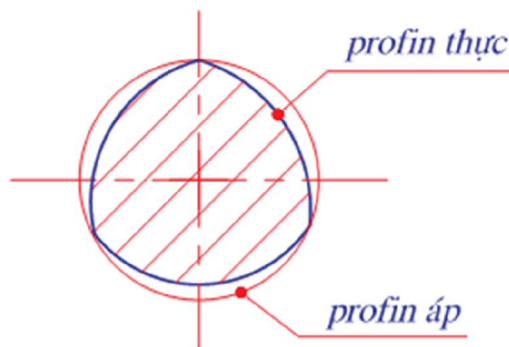
Bao gồm:



Hình 1.13. Sai lệch mặt cắt ngang độ tròn và độ ô van

+ Sai lệch độ tròn là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của profín thực đến vòng tròn áp (h 1.13. a)

+ Độ ô van: là sai lệch độ tròn mà profín thực là hình ô van (h 1.13 b)

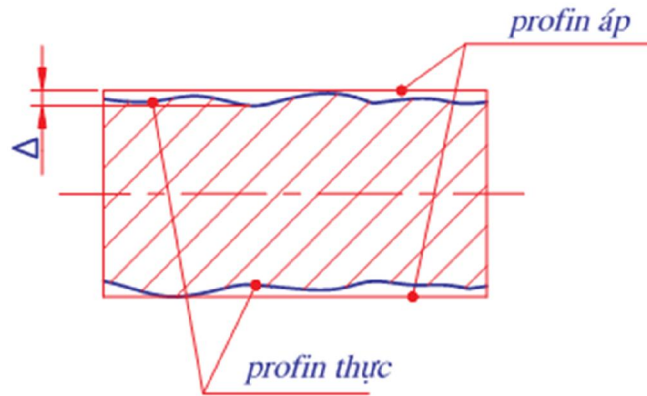


Hình 1.14. Sai lệch độ phân cạnh

+ Độ phân cạnh: là sai lệch độ tròn mà profín thực là hình nhiều cạnh (hình 1.13)

b. Sai lệch profín mặt cắt dọc:

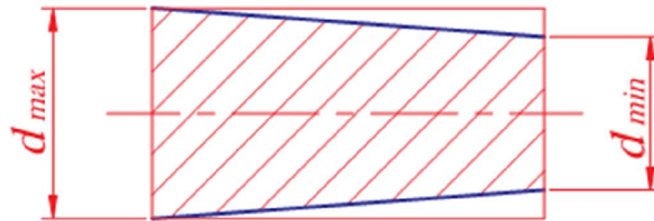
Là khoảng cách lớn nhất từ các điểm trên profin thực đến phía tương ứng của profin áp



Hình 1.15. Sai lệch profin theo mặt cắt dọc

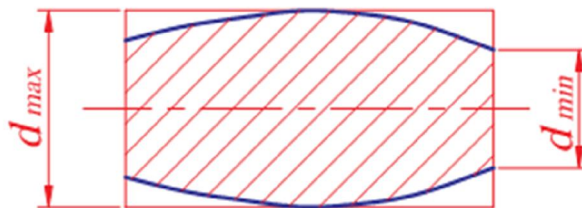
Khi phân tích các sai lệch hình dạng theo phương dọc người ta xét các dạng thành phần

- Độ côn: Là sai lệch profin mặt cắt dọc mà các đường sinh là những đường thẳng nhưng không song song với nhau



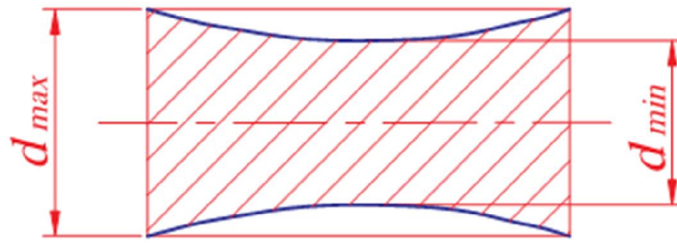
Hình 1.16. Sai lệch profin độ côn

- Độ phình: là sai lệch profin mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và các đường kính tăng từ mép biên đến giữa mặt cắt



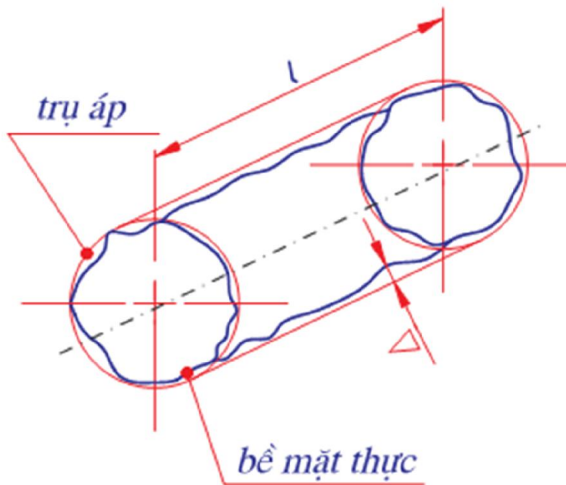
Hình 1.17. Sai lệch profin độ phình

- Độ thắt: là sai lệch profin mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và đường kính giảm từ mép biên đến giữa mặt cắt



Hình 1.18. Sai lệch profile độ thắt

- Sai lệch độ trụ: là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực tới mặt trụ áp trong giới hạn của phân chuẩn



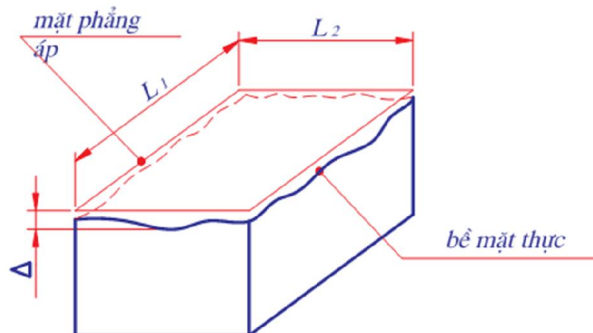
Hình 1.19. Sai lệch độ trụ

3.1.2. Sai lệch hình dạng phẳng

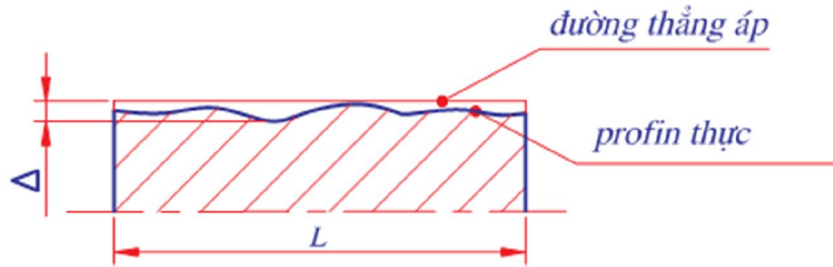
Đối với bề mặt phẳng thì sai lệch hình dạng bao gồm:

- Sai lệch về độ phẳng là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm trên bề mặt thực tới mặt phẳng áp trong giới hạn của phân chuẩn (L) (h 1.20)

- Sai lệch độ thẳng: là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của profile thực đến đường thẳng áp trong giới hạn phân chuẩn (h 1.21)



Hình 1.20. Sai lệch profin độ phẳng

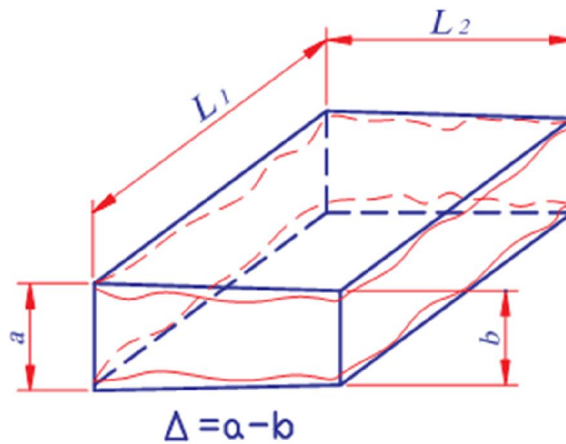


Hình 1.21. Sai lệch profin độ thẳng

Đối với những mặt phẳng hẹp và dài thì sai lệch độ phẳng được đặc trưng bằng chính sai lệch độ thẳng theo chiều dài chi tiết

3.1.3. Sai lệch vị trí bề mặt

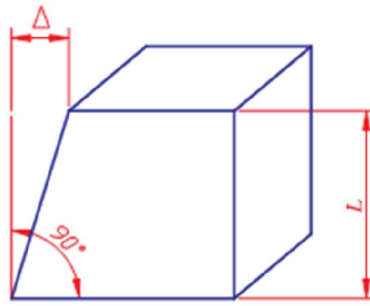
- Sai lệch độ song song của mặt phẳng là hiệu Δ khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất giữa các mặt phẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn



Hình 1.22. Sai lệch độ song song của mặt phẳng

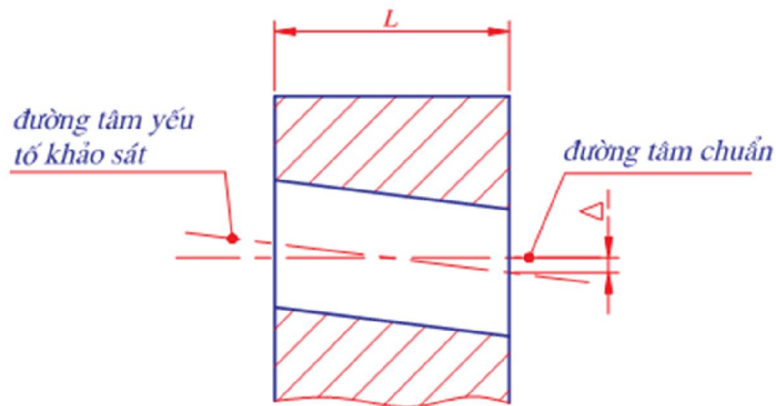
- Sai lệch độ song song các đường tâm: là tổng hình học Δ các sai lệch về độ song song các hình chiếu của đường tâm lên 2 mặt phẳng vuông góc, mặt trong 2 mặt phẳng này là mặt phẳng chung của đường tâm (h 1.22)

- Sai lệch về độ vuông góc của các mặt phẳng là sai lệch góc giữa các mặt phẳng so với góc vuông biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài phần chuẩn



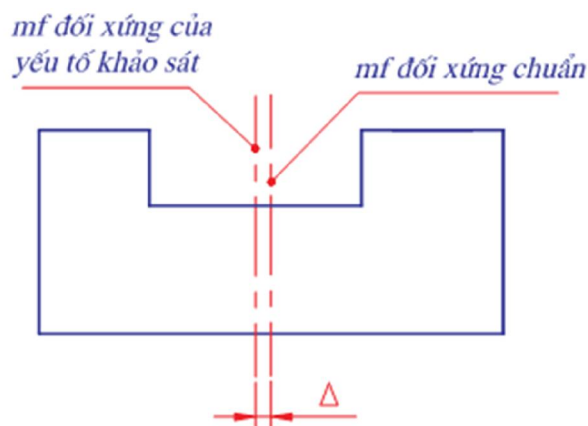
Hình 1.23. Sai lệch vuông góc

- Sai lệch độ vuông góc của mặt phẳng hoặc đường tâm đối với đường tâm là sai lệch góc giữa mặt phẳng hoặc đường tâm và đường tâm chuẩn so với góc vuông, biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn



Hình 1.24. Sai lệch về độ đồng tâm

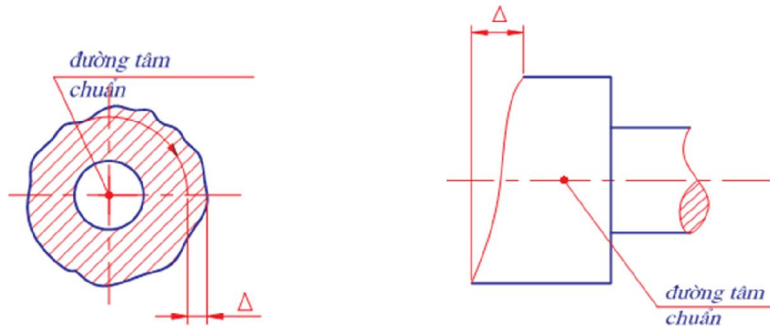
- Sai lệch về độ đồng tâm đối với đường tâm bề mặt chuẩn là khoảng cách lớn nhất Δ giữa đường tâm của bề mặt quay được khảo sát và đường tâm của bề mặt chuẩn trên chiều dài phần chuẩn



Hình 1.25. Sai lệch về độ đối xứng

- Sai lệch về độ giao nhau của các đường tâm là khoảng cách nhỏ nhất giữa các đường tâm giao nhau danh nghĩa

- Độ đảo hướng kính là hiệu khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất Δ từ các điểm trên profin thực của bề mặt quay đến đường tâm chuẩn trong mặt cắt vuông góc với đường tâm chuẩn



Hình 1.26. Độ đảo hướng kính

- Độ đảo mặt mút: là hiệu khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất Δ từ các điểm trên profin thực của mặt mút đến mặt phẳng vuông góc với đường tâm chuẩn.

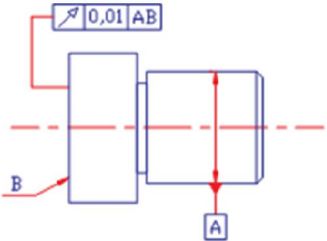
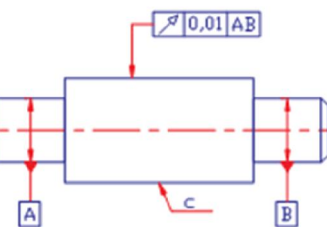
*** Ghi ký hiệu sai lệch, dung sai hình dạng vị trí bề mặt trên bản vẽ**

Theo TCVN10-85 trên bản vẽ người ta dùng các dấu hiệu để chỉ các sai lệch và trị số dung sai của chúng

- ô thứ nhất dấu hiệu của sai lệch
- ô thứ hai ghi trị số sai lệch tính bằng mm
- ô thứ 3 ký hiệu bằng chữ chuẩn hoặc yếu tố liên quan với sai lệch vị trí bề mặt

Loại sai lệch	Tên sai lệch	Dấu hiệu
Sai lệch hình dạng	Sai lệch độ phẳng	
	Sai lệch độ thẳng	
	Sai lệch độ trụ	
	Sai lệch độ tròn	
	Sai lệch profin mặt cắt dọc trục	
Sai lệch vị trí bề mặt	Sai lệch độ song song	
	Sai lệch độ vuông góc	
	Sai lệch độ đồng trục	
	Sai lệch độ đối xứng	
	Sai lệch độ đảo mặt đầu	
	Sai lệch độ đảo hướng tâm	

Ký hiệu	Yêu cầu kỹ thuật
	<ul style="list-style-type: none"> - Dung sai độ phẳng của bề mặt là 0,05mm - Dung sai độ thẳng là 0,1 mm trên toàn bộ chiều dài
	<ul style="list-style-type: none"> - Dung sai độ trụ bề mặt là 0,01 mm - Dung sai độ tròn là 0,03 mm
	<ul style="list-style-type: none"> - Dung sai độ song song của bề mặt B so với bề mặt A là 0,1 mm trên chiều dài 100 mm - Dung sai độ vuông góc của mặt C so với A là 0,1 mm

	<p>- Dung sai độ đảo mặt B so với đường tâm mặt A là 0,04 mm</p>
	<p>- Dung sai độ đảo hướng kính của bề mặt là 0,01 mm so với đường tâm 2 mặt A và B</p>

3.2. NHÁM BỀ MẶT

3.2.1. Bản chất của nhám

Các bề mặt của chi tiết gia công theo phương pháp nào cũng không thể đạt độ nhẵn tuyệt đối mà vẫn còn những mấp mô. Những mấp mô này là kết quả của vết dao để lại, của rung động trong quá trình cắt của tính chất không đồng nhất của vật liệu và nhiều nguyên nhân khác nữa

Tuy nhiên không phải toàn bộ mấp mô thuộc về nhám bề mặt. Để làm rõ vấn đề này ta xét một phần của bề mặt đã được khuếch đại trên hình vẽ và trên đó có những loại mấp mô sau:

- Các mấp mô có độ cao h_1 thuộc về sai lệch hình dạng
- Những mấp mô có độ cao h_3 thuộc về nhám bề mặt
- Những mấp mô có độ cao h_2 thuộc về sóng bề mặt

Vậy nhám là mức độ cao thấp của những mấp mô xét trong phạm vi hẹp của bề mặt gia công. Độ nhẵn thấp khi độ nhám lớn và ngược lại

Chi tiết có độ nhẵn càng cao thì khả năng chống ăn mòn càng tốt đồng thời hạn chế các vết nứt phát sinh trong quá trình làm việc

- Trong các mối ghép có độ hở, độ nhẵn thấp sẽ làm cho chi tiết nhanh mòn
- Trong lắp ghép có độ dôi độ nhẵn thấp nhám làm giảm độ bền của mối ghép

3.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá nhám bề mặt

Để đánh giá nhám bề mặt người ta dùng các yếu tố hình học của nhám làm chỉ tiêu và các chỉ tiêu này được xác định trong phạm vi chiều dài chuẩn L và được tính toán so với đường trung bình của profin bề mặt

Đường trung bình có dạng profin danh nghĩa của bề mặt trong giới hạn chiều dài chuẩn, nó chia profin thực sao cho tổng bình phương khoảng cách từ các điểm trên profin đến đường trung bình (y_1, y_2, y_3, \dots) là nhỏ nhất. TCVN2511-95 quy định 2 chỉ tiêu sau để đánh giá nhám bề mặt

a. Sai lệch trung bình số học của profin Ra

Là trị số trung bình của khoảng cách từ các điểm trên đường nhấp nhô đến đường trung bình $0-0'$ các khoảng cách đó là $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ và chỉ lấy giá trị tuyệt đối và được đo theo phương pháp tuyến với đường trung bình

$$F_1 + F_3 + F_5 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + F_6 + \dots + F_n$$

b. Chiều cao trung bình nhám (mấp mô) theo mười điểm Rz

Là chiều cao trung bình của tổng các giá trị tuyệt đối của chiều cao 5 đỉnh cao nhất và chiều sâu của 5 đáy thấp nhất của profin trong giới hạn chiều dài chuẩn

Trong 2 thông số trên khi trị số Ra, Rz càng lớn thì độ nhẵn bề mặt càng thấp chỉ tiêu Ra được sử dụng phổ biến cho phép ta đánh giá chính xác những bề mặt có độ nhám trung bình

Căn cứ vào 2 thông số này TCVN2511-78 chia nhám bề mặt ra 14 cấp nhám cấp 1 là lớn nhất, nhám cấp 14 là nhỏ nhất

Bảng 1.2: Các thông số bề mặt nhám

Độ nhám bề mặt	Loại	Thông số nhám μm		Chiều dài chuẩn L (mm)
		Ra	Rz	
1	-	-	Từ 320 đến 160	0,8
2	-	-	Dưới 160 đến 80	
3	-	-	Dưới 80 đến 40	
4	-	-	Dưới 40 đến 20	2,5
5	-	-	Dưới 20 đến 10	

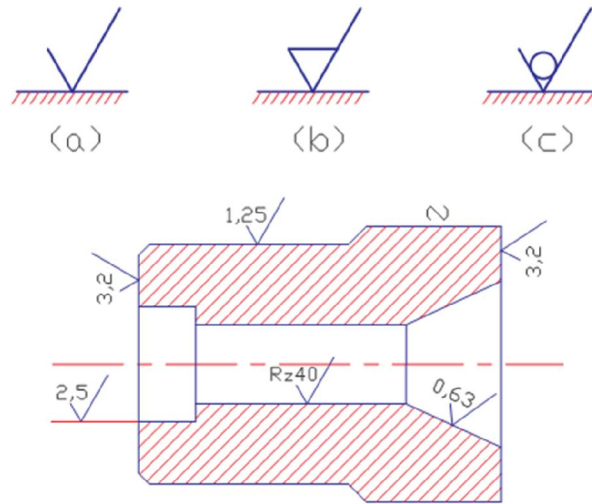
6	A	Từ 2,5 đến 2,0	-	0,8	
	b	Dưới 2,0 đến 1,6	-		
	c	Dưới 1,6 đến 1,25	-		
7	a	Dưới 1,25 đến 1,00	-		
	b	Dưới 1,00 đến 0,80	-		
	c	Dưới 0,80 đến 0,63	-		
8	a	Dưới 0,63 đến 0,50	-		
	b	Dưới 0,50 đến 0,40	-		
	c	Dưới 0,40 đến 0,16	-		
9	a	Dưới 0,33 đến 0,25	-		0,25
	b	Dưới 0,25 đến 0,20	-		
	c	Dưới 0,20 đến 0,16	-		
10	a	Dưới 0,16 đến	-		
	b	0,125	-		
	c	Dưới 0,125 đến	-		
		0,100	-		
11	a	Dưới 0,08 đến	-		
	b	0,063	-		
	c	Dưới 0,063 đến	-		
		0,050	-		
12	a	Dưới 0,04 đến	-		
	b	0,032	-		
	c	Dưới 0,032 đến	-		
		0,025	-		
13	a	-	Từ 0,100 đến 0,080	0,08	
	b	-	Dưới 0,080 đến		
	c	-	0,063		Dưới 0,063 đến
			0,050		
14	a	-	Dưới 0,05 đến 0,04	0,025	
	b	-	Dưới 0,04 đến		
	c	-	0,032		Dưới 0,032 đến
			0,025		

3.2.3. Ghi kích thước cho bản vẽ chi tiết

Trong các bản vẽ thiết kế để thể hiện yêu cầu nhám bề mặt người ta dùng ký hiệu chữ V lịch “ $\sqrt{\text{ }}$ ” và trên đó ghi bằng số của chi tiêu Ra, Rz

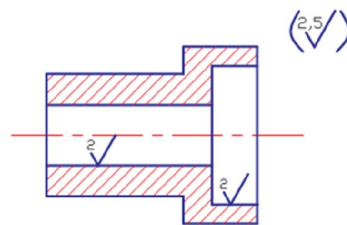
Nếu trị số Ra thì chỉ ghi giá trị bằng số nên giá trị của Rz thì ghi ký hiệu Rz trước giá trị bằng số

VD:



Hình 1.27. Ký hiệu nhám trên bản vẽ

Nếu phần lớn các bề mặt của chi tiết có cùng một cấp độ nhám kí hiệu chung ở góc bên phải bản vẽ và đặt trong dấu ngoặc đơn.(hình 1.28)



Hình 1.28.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Câu 1. Trong tiêu chuẩn TCVN quy định có bao nhiêu cấp chính xác? Ký hiệu cụ thể của từng cấp.

Câu 2. Có bao nhiêu sai lệch cơ bản? Ký hiệu từng loại.

Câu 3. Có mấy cách ghi kích thước có sai lệch trên bản vẽ, nêu nội dung cụ thể của từng cách ghi đó.

Câu 4. Nêu đặc điểm, công dụng của mỗi lắp ghép có độ dôi và những yêu cầu của của mỗi lắp ghép có độ dôi.

Câu 5. Trình bày các phương pháp lắp ghép mỗi ghép có độ dôi.

Câu 6. Cho biết đặc điểm, công dụng của lắp ghép trung gian. Nói rằng - lắp ghép trung gian có thể có độ hở hoặc độ dôi, nghĩa là thế nào. Tại sao lắp ghép trung gian có thể đạt được độ đồng tâm cao.

Câu 7. Chi tiết làm việc với độ trung bình thì dùng lắp ghép gì để lắp ghép trục với ổ trục. Nên chọn những lắp ghép nào đối với các bánh răng lắp cố định, bánh răng di - trượt bánh răng lồng không trên trục và bánh răng thay thế.

Câu 8. Tại sao trục đặt trên 3 hay nhiều gối đỡ lại phải dùng loại lắp ghép $\frac{H8}{e8}$

nếu dùng lắp ghép $\frac{H8}{h7}$ có được không? tại sao.

Câu 9. Phân biệt những yếu tố của độ chính xác gia công, cho ví dụ.

Câu 10. Nêu những nguyên nhân gây ra sai số trong quá trình gia công.

Câu 11. Sai số hệ thống là gì ? cho ví dụ ? Phân biệt sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên ? Cho biết nguyên nhân sinh ra các loại sai số đó.

Câu 12. Nêu các dạng sai số về hình dạng và vị trí các bề mặt của chi tiết gia công ? Nêu những ví dụ cụ thể.

Câu 13. Thế nào là nhám bề mặt? Ảnh hưởng của nhám bề mặt đến chất lượng sản phẩm như thế nào.

Câu 14. Cho biết các thông số để đánh giá nhám bề mặt? Ký hiệu và cách ghi nhám bề mặt trên bản vẽ kỹ thuật.

Chương 2

HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP

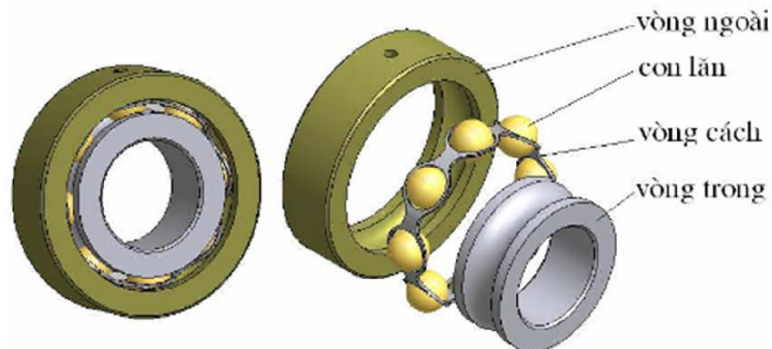
1. DUNG SAI KÍCH THƯỚC VÀ LẮP GHÉP CÁC MỐI GHÉP THÔNG DỤNG

1.1. Dung sai lắp ghép ổ lăn

1.1.1. Khái niệm

Ổ lăn là một bộ phận máy đã được tiêu chuẩn và chế tạo sẵn. Khi thiết kế chế tạo các thiết bị dụng cụ người ta chỉ việc mua về và sử dụng.

Cấu tạo ổ lăn gồm:



Hình 2.1. Cấu tạo ổ lăn

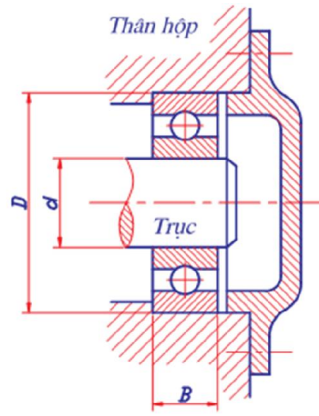
- Vòng trong
- Vòng ngoài
- Con lăn (bi)

Ổ lăn được chế tạo theo 5 cấp chính xác ký hiệu là 0, 6, 5, 4, 2 (TCVN 1484 - 85) độ chính xác tăng dần từ 0 - 2. Trong chế tạo cơ khí thường sử dụng ổ lăn cấp chính xác 0 và 6. Trong trường hợp cần độ chính xác quay cao số vòng quay lớn thì sử dụng cấp chính xác 5 hoặc 4 ổ lăn cấp chính xác 2 được dùng khi yêu cầu độ chính xác đặc biệt cao (hộp số tự động ô tô)

1.1.2. Dung sai lắp ghép ổ lăn :

Ổ lăn lắp với trục theo bề mặt trụ trong của vòng trong và lắp với lỗ thân hộp theo mặt trụ ngoài của vòng ngoài. Vì vậy miền dung sai kích thước trục và lỗ được chọn theo lắp ghép bề mặt trơn TCVN2244-99

Miền dung sai kích thước của ổ lăn là D và d là không thay đổi và đã được xác định khi chế tạo ổ



Hình 2.2. Miền dung sai kích thước của ổ lăn

Tuỳ theo kết cấu ổ lăn, điều kiện và dạng tải trọng tác dụng lên vòng ổ lăn mà chọn dung sai kích thước trục và lỗ thân hộp theo TCVN1482 – 85

Bảng 2.1. Các miền dung sai cho lắp ghép ổ lăn

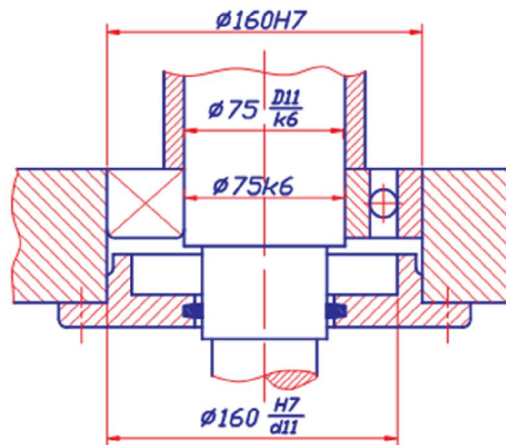
Cấp chính xác của ổ	Miền dung sai của các chi tiết lắp với vỏ	
	Trục	Lỗ hộp
0 và 6	-	P7
	n6	N7
	m6	M7
	k6	K7
	js6; j6	Js7 ; J7
	h6; h7	H7, H8
	h8	H9
	g6	G7
	f7	F8
5,4,2	n5	N6
	m5	M6
	k5	K5
	js5; j5	Js6, J6
	h5	H6
	g5	G6

1.1.3. Ký hiệu ổ lăn trên bản vẽ

Ký hiệu của ổ lăn được ghi cùng cấp chính xác.

VD: ổ 6-205 có nghĩa là ổ có cấp chính xác là 6, số hiệu 205

Riêng với ổ cấp chính xác 0 thì không ghi ký hiệu cấp chính xác mà chỉ ghi số hiệu



Hình 2.3. Ghi ký hiệu của ổ lăn

VD: ổ 305 là ổ có cấp chính xác 0, số hiệu 305

Bảng 2.2. Các miền dung sai cho các dạng chịu tải khác nhau của vòng ổ lăn

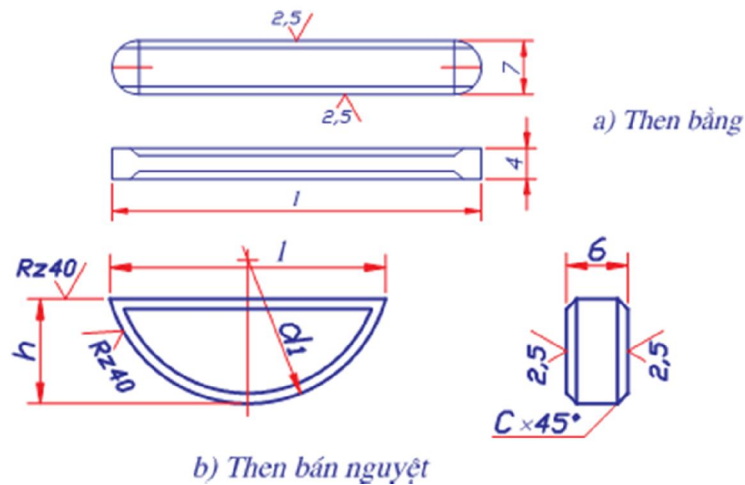
Dạng chịu tải của vòng	Các miền dung sai	
	Của vòng trong với trục	Của vòng ngoài với thân hộp
Cục bộ	h5, h6, js5, js6, g6, f6	H6, H7, H8, Js6, Js7, G7
Chu kỳ	n6, m6, k6, n5, m5, k5	K7, M7, N7, P7, K6, M6, N6
Dao động	Js6, js5	Js7, Js6

1.2. Dung sai lắp ghép then- then hoa

1.2.1. Dung sai mối ghép then

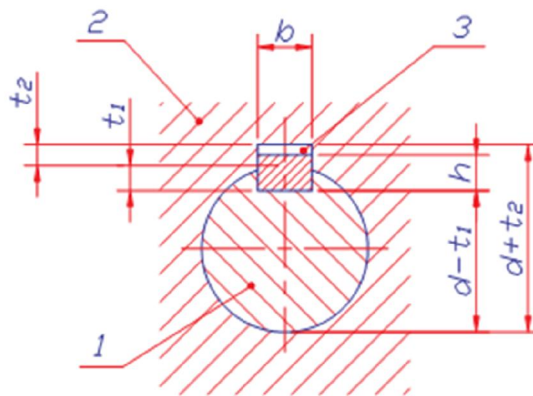
Lắp ghép then được sử dụng rất phổ biến để cố định các chi tiết trên trục như: bánh răng, puly, bánh đai, tay quay..và thực hiện chức năng truyền mô men xoắn hoặc dẫn hướng chính xác khi các chi tiết cần di trượt dọc trục

Then gồm: then bằng, then bán nguyệt (a, b)



Hình 2.4. Mối ghép then và ghi ký hiệu mối ghép then

Trên (h 2.5) là mặt cắt ngang của mối ghép then với chức năng truyền mômen xoắn và dẫn hướng



Hình 2.5. Mặt cắt ngang mối ghép then

Lắp ghép then được thực hiện theo bề mặt bên và theo kích thước b
Then được lắp với trục và rãnh bậc (bánh răng hoặc bánh đai). Dung sai kích thước lắp ghép then tra theo tiêu chuẩn dung sai lắp ghép bề mặt tron

- Miền dung sai kích thước b của then được chọn là h9
- Miền dung sai kích thước b của rãnh trục có thể chọn là N9, H9
- Miền dung sai kích thước b của rãnh bậc có thể chọn là JS9 hoặc D10
- Tùy theo chức năng của mối ghép có thể chọn kiểu lắp tiêu chuẩn như sau:

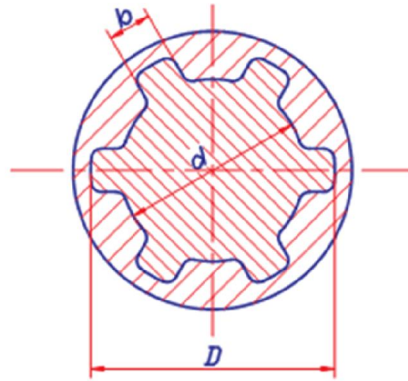
+ Trường hợp bậc cố định trên trục chọn kiểu lắp như hình a

+ Trường hợp then dẫn hướng chọn kiểu lắp như hình b

1.2.2. Dung sai lắp ghép then hoa

* Khái niệm về mối ghép then hoa

Trong thực tế khi cần truyền mômen xoắn lớn và yêu cầu độ chính xác định tâm cao giữa trục và bạc thì sử dụng mối ghép then hoa

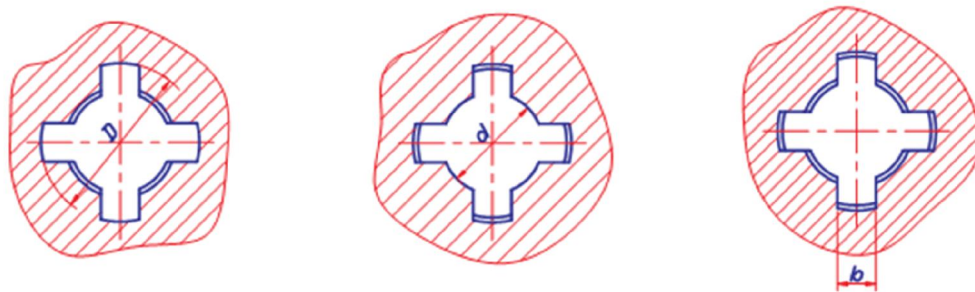


Hình 2.6. Mối ghép then hoa

Mối ghép then hoa gồm:

- Then hoa dạng răng chữ nhật
- Then hoa dạng răng hình thang
- Then hoa dạng răng tam giác
- Then hoa dạng răng thân khai

Nhưng sử dụng phổ biến là then hoa dạng răng chữ nhật



Hình 2.7. Các loại mối ghép then hoa

Trên hình vẽ biểu thị mặt cắt ngang của mối ghép then hoa răng chữ nhật

- Để đảm bảo chức năng truyền lực thì lắp ghép thực hiện theo kích thước b
- Để đảm bảo độ đồng tâm giữa bạc và trục thì thực hiện lắp ghép theo D, d, b thường sử dụng lắp ghép đồng tâm theo D vì nó kinh tế hơn

*** Dung sai kích thước**

Lắp ghép then hoa chỉ thực hiện theo 2 trong 3 yếu tố kích thước

Khi thực hiện đồng tâm theo D thì lắp ghép theo D và b

- Khi thực hiện đồng tâm theo d thì lắp ghép theo d và b

- Khi thực hiện đồng tâm theo b thì lắp ghép chỉ theo b TCVN2324-78 quy định dãy miền dung sai của kích thước lắp ghép trong bảng 4.2, 4.9. SLGH ứng với các miền dung sai tra theo bảng TCVN2245 – 99 bảng 1.2

Những miền dung sai có đóng khung là những miền dung sai sử dụng ưu tiên

Bảng 2.3. Cấp chính xác và cấp lắp ghép của then hoa theo các phương pháp định tâm khác nhau.

Định tâm theo đường kính trong d											
Lắp ghép của đường kính định tâm d						Lắp ghép theo chiều rộng b					
$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{Js5}$	$\frac{H7}{Js7}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$		$\frac{F8}{d8}$	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F8}{h9}$
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{Js6}$	$\frac{H7}{Js7}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{F8}{Js7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{Js7}$	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$
						$\frac{D9}{f7}$	$\frac{D9}{f8}$	$\frac{D9}{f9}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{Js7}$
						$\frac{D9}{k7}$	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f7}$	$\frac{F10}{f8}$	$\frac{F10}{f9}$
						$\frac{F10}{h7}$	$\frac{F10}{h8}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{Js7}$	$\frac{F10}{k7}$	$\frac{F10}{d10}$

Định tâm theo đường kính ngoài D											
Lắp ghép các đường kính định tâm D						Lắp ghép theo chiều rộng b					
$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H7}{f7}$				$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{F8}{h8}$	
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{Js6}$	$\frac{H7}{n6}$				$\frac{F8}{Js7}$	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}$		
						$\frac{D9}{Js7}$	$\frac{F10}{e9}$	$\frac{F10}{f7}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{Js10}{d10}$	

Định tâm theo mặt bên của then (lắp ghép theo chiều rộng b)

$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{Js7}$	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f8}$	$\frac{D9}{f9}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{Js7}$	$\frac{D9}{k7}$
$\frac{D10}{d10}$	$\frac{D10}{d8}$	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f8}$	$\frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{h8}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{Js7}$	$\frac{F10}{k7}$	$\frac{Js10}{d9}$

Bảng 2.4. Miền dung sai của đường kính không định tâm TCVN 2244 – 77

Kích thước không định tâm	Phương pháp định tâm	Miền dung sai	
		Trục	Bạc
D	Theo D hoặc b	a11	H11
D	Theo d hoặc b		H12

*** Ký hiệu lắp ghép then hoa trên bản vẽ**

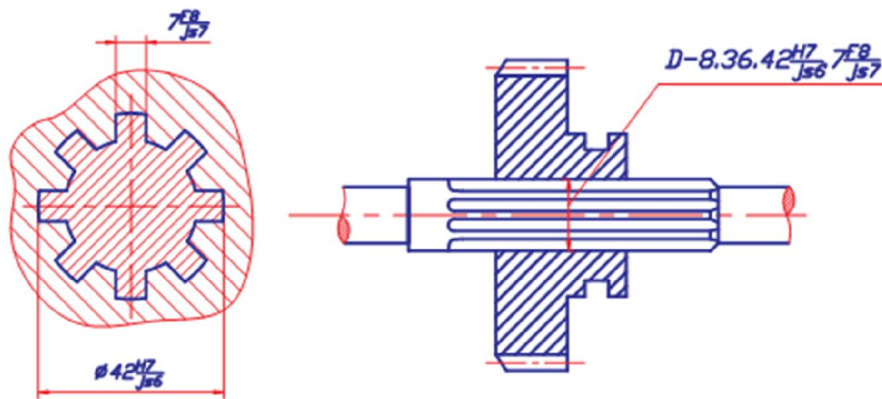
Lắp ghép then hoa được ghi ký hiệu giống như các lắp ghép bề mặt trơn khác, nếu trên bản vẽ có mặt cắt ngang của môi ghép

Trong trường hợp không thể hiện mặt cắt ngang thì ghi ký hiệu như sau

Ví dụ: $d - 8.36 \frac{H7}{f7} . 40. \frac{H12}{a11} . 7 \frac{F10}{f9}$

Lắp ghép thực hiện đồng tâm theo bề mặt kích thước d, số răng then hoa

Z = 8, lắp ghép theo yêu tố đồng tâm d là bề mặt không thực hiện đồng tâm D có KTDN là 40 mm miền dung sai kích thước bạc then hoa là H12, miền dung sai kích thước d của trục là a11, kiểu lắp ghép theo bề mặt bên b là $7 \frac{F10}{f9}$ Trên bản vẽ chi tiết



Hình 2.8. Ghi ký hiệu môi ghép then hoa

- Trên bản vẽ bạc then hoa: d - 8.36H7.40H12. 7F10

- Trên bản vẽ trục then hoa: d - 8.36f7.40a11.7f9

1.2.3. Dung sai lắp ghép côn

a. Góc côn và độ côn :

Lắp ghép côn tron được sử dụng phổ biến là nhờ các tính chất ưu việt của nó như: độ kín, độ bền cao, có thể dễ dàng điều chỉnh khe hở hoặc độ dôi nhờ sự thay đổi vị trí dọc trục của chi tiết, tự định tâm tốt, khả năng tháo lắp nhanh mà không làm hư hỏng bề mặt lắp ghép của các chi tiết lắp ghép. Vị trí hướng trục của chúng được xác định so với mặt phẳng chuẩn đã chọn (mặt phẳng chuẩn vuông góc với đường tâm côn)

- Khoảng cách chuẩn Z_p là khoảng cách giữa 2 mặt chuẩn của côn

Khoảng cách chuẩn giới hạn $Z_{p \max}, Z_{p \min}$

Dung sai khoảng cách chuẩn $T_p = Z_{p \max} - Z_{p \min}$

$Z_{p \max}, Z_{p \min}$: là khoảng cách chuẩn giới hạn ở vị trí ban đầu của côn lắp ghép

b. Dung sai kích thước góc :

Lắp ghép côn thực hiện theo kích thước góc vì vậy dung sai lắp ghép côn cũng chính là dung sai kích thước góc . Dung sai kích thước góc được ký hiệu là AT.

Trị số dung sai được tính bằng hiệu số của góc giới hạn lớn nhất và góc giới hạn nhỏ nhất : $AT = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$

Dung sai góc có thể biểu thị bằng đơn vị góc (radian hoặc độ , phút , giây, góc) hoặc bằng đơn vị dài micrômét (μm).

c. Cấp chính xác

Dung sai kích thước góc được quy định tùy thuộc cấp chính xác chế tạo kích thước góc, tiêu chuẩn việt nam TCVN 260- 86 quy định 17 cấp chính xác chế tạo kích thước góc ký hiệu 1, 2,.....,17. Độ chính xác giảm dần từ 1 đến 17. Trong chế tạo cơ khí cấp chính xác từ 7 - 12 được sử dụng phổ biến.

Cấp chính xác 7,8 được sử dụng khi chế tạo các chi tiết côn độ chính xác cao. Yêu cầu định tâm tốt như đầu định tâm của trục lắp với bánh răng, lỗ côn trong bánh răng độ chính xác cao, chuỗi côn của dụng cụ cắt ...

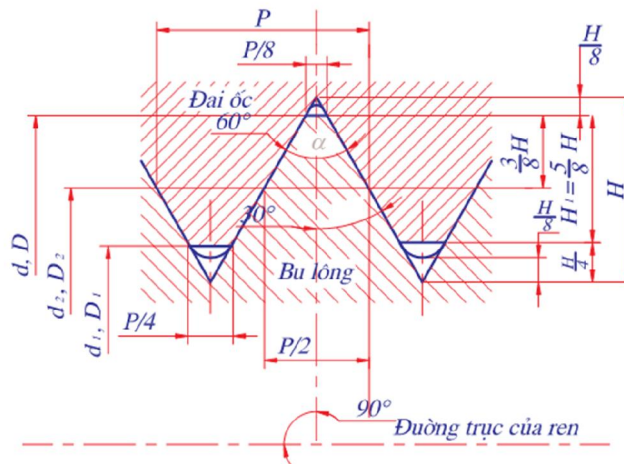
Cấp chính xác 9 đến 12 sử dụng đối với những chi tiết côn độ chính xác bình thường như côn của khớp nối ma sát, mũi tâm và lỗ tâm, răng góc trong các bàn trượt...

Trị số dung sai góc ứng với các cấp chính xác và các khoảng chiều dài dang nghĩa L khác nhau, tra trong các bảng TCVN 260-86

2. DUNG SAI MỐI GHÉP REN

2.1. Dung sai lắp ghép ren tam giác hệ mét

2.1.1. Các yếu tố cơ bản của ren



Hình 2.9. Mối ghép ren

Mặt cắt dọc theo trục ren

Các yếu tố kích thước cơ bản của ren được trình bày theo TCVN2248-77.

Trên hình vẽ là mặt cắt dọc theo trục ren để thể hiện profin ren của mối ghép

- Chi tiết bao là đai ốc
- Chi tiết bị bao là bulông

Ren đai ốc còn gọi là ren trong, ren bulông (vít) gọi là ren ngoài

- + Đường kính ngoài d và D
- + Đường kính trong của ren d_1, D_1
- + Đường kính trung bình d_2, D_2
- + Bước ren p
- + Góc profin ren α

2.1.2. Dung sai lắp ghép ren

Khác với lắp ghép trục trơn ảnh hưởng đến tính lắp lẫn của ren không chỉ có kích thước đường kính mà còn có cả bước ren p và góc prôfin ren α người ta đã quy lượng ảnh hưởng của chúng về phương của đường kính trung bình gọi là lượng bù hướng kính của đường kính trung bình cho sai số bước ren f_p

$$f_p = 1,732 \Delta p n$$

$\Delta p n$: sai số tích lũy n bước ren

Lượng bù hướng kính của đường kính trung bình cho sai số góc prôfin ren

Đường kính trung bình có tính đến ảnh hưởng của sai số bước và prôfin ren gọi là đường kính trung bình biểu kiến trị số của chúng

$$d_{2'} = d_{2th} + f_p + f_\alpha \text{ (ren vít)}$$

$$D_{2'} = D_{2th} - (f_p + f_\alpha) \text{ (ren đai ốc)}$$

Như vậy để đảm bảo tính đôi lẫn của ren, tiêu chuẩn chỉ quy định dung sai kích thước đường kính ren d_2, d_1, D_2, D_1

Cấp chính xác chế tạo ren quy định theo TCVN1917-93

Lắp ghép ren: cũng có đặc tính lắp có độ hở, độ dôi, lắp trung gian

Bảng.2.5 Miền dung sai kích thước ren (lắp ghép có độ hở)

Loại chính xác	Chiều dài vắn ren								
	S			N			L		
	Miền dung sai ren ngoài								
Chính xác		(3h4h)				4g	4h		(5h4h)
Trung bình	5g6g	(5h6h)	6d	6e	6f	6g	6h	(7e6e)	7g6g (7h6h)
Thô						8g	(8h)		(9g8g)
Miền dung sai ren trong									
Chính xác		4H			4H	5H			6H
Trung bình	5G	5H	6G		5H	6H	(7G)		7H
Thô			7G			7H	(8G)		8H
1. <input type="checkbox"/> Miền dung sai được ưu tiên sử dụng. 2. () Miền dung sai hạn chế sử dụng. 3. Khi chiều dài vắn ren thuộc nhóm ngắn (S) và nhóm dài (L) thì cho phép sử dụng miền dung sai được quy định cho chiều dài vắn ren thuộc nhóm bình thường (N).									

2.2. Dung sai lắp ghép ren thang

Môi ghép ren thang được sử dụng để truyền chuyển động tịnh tiến như vít me, vít bàn xe dao trên máy tiện, vít nâng của máy ép

2.2.1. Các yếu tố cơ bản của ren hình thang

Prôfin ren và các thông số kích thước cơ bản của ren vít và đai ốc được quy định theo TCVN2254-77 và được chỉ dẫn trên hình vẽ

Đường kính ngoài d , D

- Đường kính trung bình d_2 , D_2

- Đường kính trong d_1 , D_1

- Bước ren p

- Góc prôfin ren α

2.2.2. Dung sai lắp ghép và ren thang

- Dung sai lắp ghép ren, sai lệch cơ bản và cấp chính xác chế tạo ren quy định theo TCVN4683-89 và TCVN2255-77

Đường kính trong d_1 của ren vít phải ở cùng cấp chính xác với đường kính trung bình d_2

2.2.3. Ghi ký hiệu sai lệch và lắp ghép ren trên bản vẽ

*** Đối với ren hệ mét**

Trên bản vẽ lắp ký hiệu lắp ghép ren được ghi dưới dạng phân số, tử số ký hiệu đối với ren trong, mẫu số ký hiệu đối với ren ngoài

VD: M12x1-7H/7g6g

Ren hệ mét (M) đường kính $d = 12$ mm, bước ren $p = 1$ mm miền dung sai đường kính trung bình D_2 và đường kính trong D_1 đều là 7H

Miền dung sai đường kính trung bình d_2 là 7g, đường kính ngoài d là 6g

Trên bản vẽ chi tiết

- Đối với ren đai ốc: M12x1-7H

- Đối với ren vít: M12x1-7g6g

*** Đối với ren thang**

tương tự như ren hệ mét sai lệch và dung sai kích thước chi tiết ren hình thang được ký hiệu như sau:

Tr20x4.7H - đối với ren đai ốc (ren trong)

Tr20x4.7e - đối với ren vít (ren ngoài)

Trong đó

Tr : chỉ ren hình thang

- Đường kính danh nghĩa $d_N = 20$ mm

- Bước ren $p = 4$ mm

- Miền dung sai ren trong là H7, miền dung sai ren ngoài là 7e

Nếu là ren trái thêm chữ LH sau bước ren

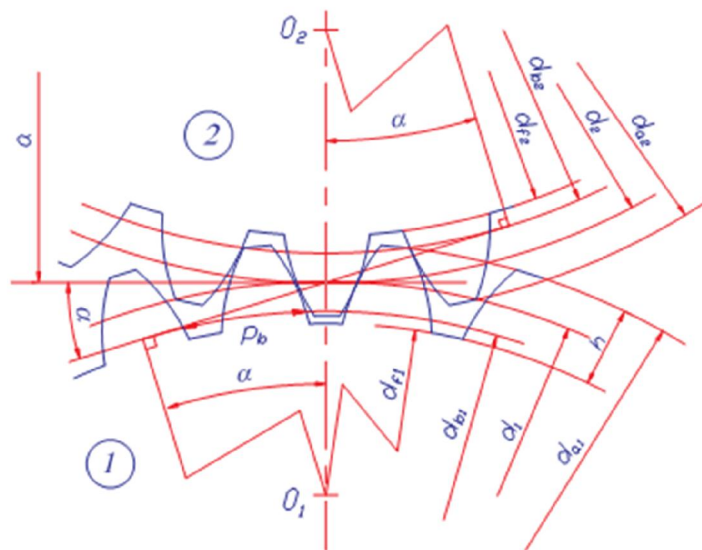
3. DUNG SAI TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

3.1. Dung sai lắp ghép bánh răng

- Truyền động bánh răng được dùng rất phổ biến trong các máy móc và thiết bị cơ khí để truyền chuyển động quay từ trục này sang trục khác với mômen xoắn lớn

- Bánh răng trong truyền động có nhiều loại: bánh răng trụ răng thẳng, răng nghiêng, răng côn, răng cong

Về dạng profile răng gồm: Dạng răng thân khai và xicloit



Hình 2.10. Các thông số kích thước cơ bản truyền động bánh răng

- Đường kính vòng chia

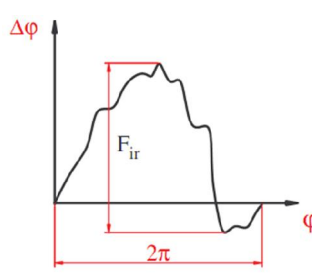
- Đường kính vòng chân răng
- Đường kính vòng đỉnh răng
- Đường kính vòng cơ bản
- Chiều cao của răng: h
- Chiều rộng bánh răng: b
- Góc ăn khớp của truyền động α
- Bước răng p

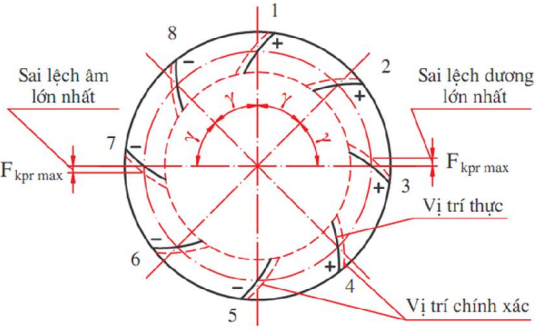
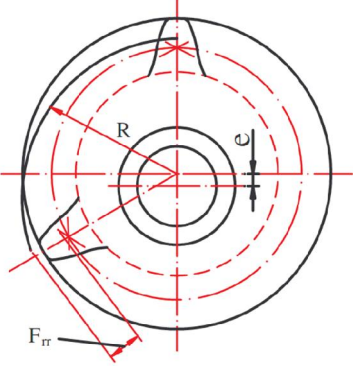
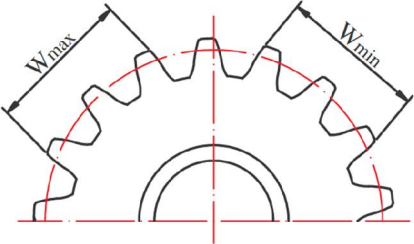
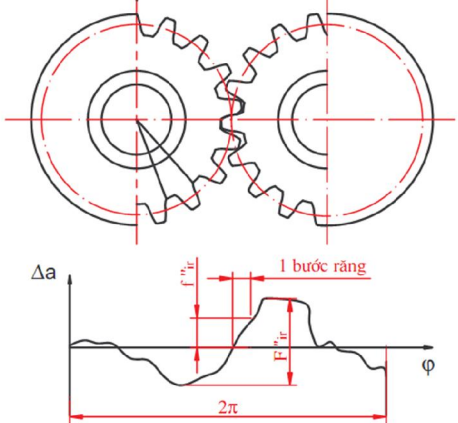
3.2. Các sai số để kiểm tra bánh răng

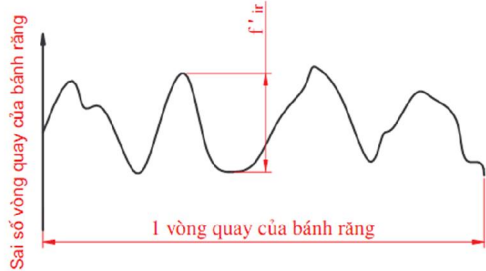
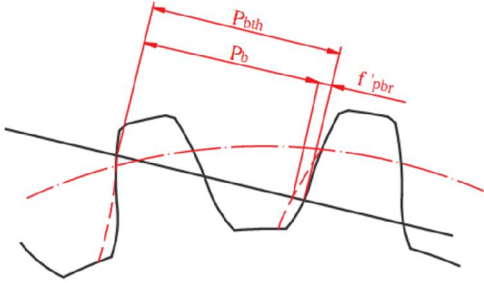
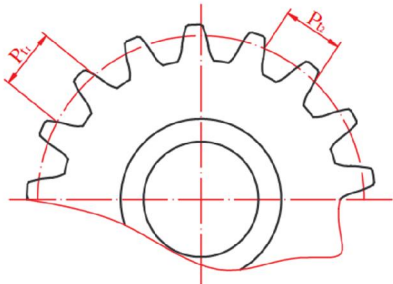
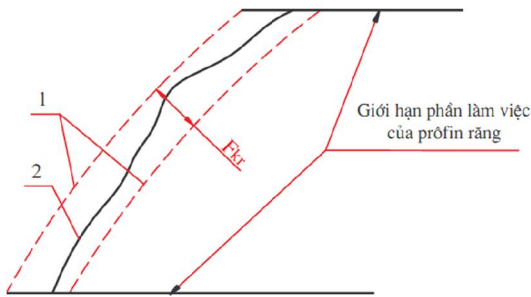
a. Các yêu cầu kỹ thuật của truyền động bánh răng (sai số)

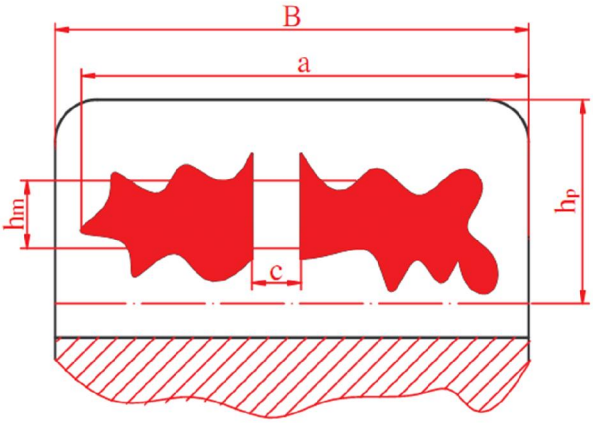
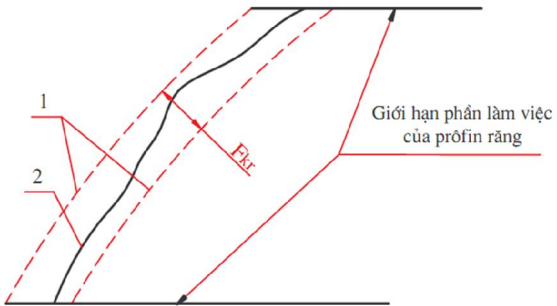
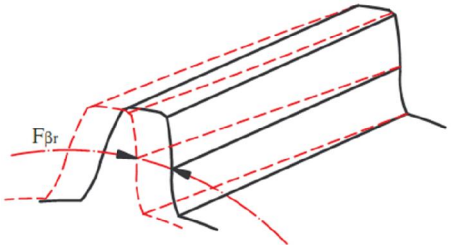
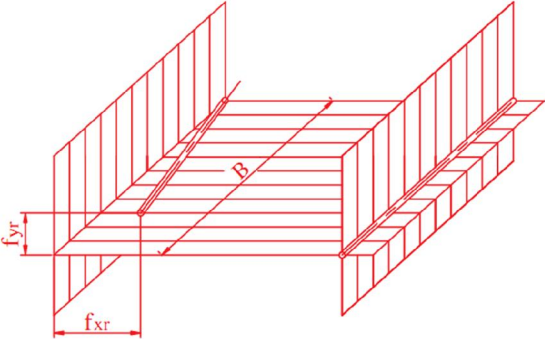
- Yêu cầu “mức chính xác động học” là yêu cầu sự phối hợp chính xác về góc quay của bánh dẫn và bánh bị dẫn của truyền động
- Yêu cầu “mức làm việc êm” tức là bánh răng phải có tốc độ quay ổn định không có sự thay đổi tức thời về tốc độ gây va đập và ồn
- Yêu cầu về “mức tiếp xúc mặt răng” lớn đặc biệt là tiếp xúc theo chiều dài
- Yêu cầu “độ hở mặt bên” giữa các mặt răng phía không làm việc của cặp răng ăn khớp (mức khe hở cạnh răng)

Bảng 2.6. Các chỉ tiêu đánh giá mức chính xác truyền động bánh răng

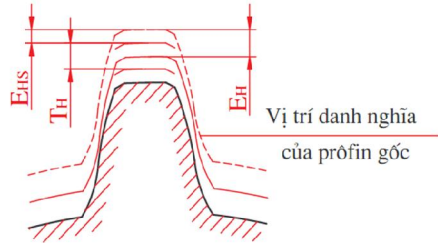
Chỉ tiêu đánh giá	Kí hiệu	Định nghĩa
Sai số động học của bánh răng 	F_{ir}	Sai số lớn nhất của góc quay bánh răng trong giới hạn một vòng quay khi nó ăn khớp với bánh mẫu chính xác.
Sai số tích lũy bước răng của bánh răng	F_{pkr}	Sai số lớn nhất về vị trí tương quan của hai profin răng cùng tên bất kỳ do theo vòng tròn đồng tâm với tâm quay bánh răng và đi qua giữa

		chiều cao răng.
<p>Độ đảo hướng tâm của vành răng</p> 	F_{rr}	Độ dao động lớn nhất của khoảng cách từ dây cung cố định trên răng (hoặc rãnh răng) đến tâm quay bánh răng.
<p>Độ dao động khoảng pháp tuyến chung</p> 	F_{vwr}	Hiệu pháp tuyến chung lớn nhất và nhỏ nhất đo trên cùng một bánh răng: $F_{vwr} = W_{max} - W_{min}$
<p>Độ dao động khoảng cách trục đo ứng với một vòng quay của bánh răng</p> 	F''_{ir}	Hiệu khoảng cách trục đo lớn nhất và nhỏ nhất trong một vòng quay của bánh răng.

<p>Sai số động học cục bộ của bánh răng</p> 	f_{ir}	<p>Hiệu lớn nhất giữa sai số động học cục bộ lớn nhất và nhỏ nhất kề sát nhau trong một vòng quay bánh răng</p>
<p>Sai lệch của bước ăn khớp</p> 	f_{pbr}	<p>Hiệu giữa bước ăn khớp thực và bước ăn khớp danh nghĩa: $f_{pbr} = P_{bth} - P_b$</p>
<p>Sai lệch bước răng</p> 	f_{ptr}	<p>Hiệu giữa hai bước vòng bất kỳ đo trên cùng một đường tròn của bánh răng: $f_{ptr} = P_{t1} - P_{t2}$</p>
<p>Sai số profin</p> 	f_{fr}	<p>Khoảng cách pháp tuyến giữa hai profin răng lý thuyết bao lấy profin răng thực, trong giới hạn phân làm việc của profin răng.</p>
<p>Vết tiếp xúc tổng</p>		<p>Phần bề mặt bên của răng trên đó có vết tiếp xúc của nó với răng của bánh răng ăn khớp. Vết tiếp</p>

		<p>xúc được đánh giá theo hai chiều:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Theo chiều cao răng $h_m/h_p \cdot 100\%$ - Theo chiều dài răng: $(a-c)/B \cdot 100\%$
<p>Sai số tổng của đường tiếp xúc</p>  <p>Giới hạn phần làm việc của profin răng</p>	F_{kr}	<p>Khoảng cách pháp tuyến giữa hai đường tiếp xúc danh nghĩa bao lấy đường tiếp xúc thực.</p>
<p>Sai số hướng răng</p> 	F_{br}	<p>Khoảng cách giữa hai hướng răng lý thuyết nằm trên mặt trụ đi qua giữa chiều cao răng và bao lấy hướng răng thực.</p>
<p>Độ không song song của các đường trục Độ xiên của các đường trục</p> 	f_{xr} f_{yr}	<p>f_{xr} - độ không song song của hình chiếu các đường tâm quay của bánh răng trên mặt phẳng lý thuyết chung của chúng (đo trên chiều dài bằng chiều rộng bánh răng)</p> <p>f_{yr} - Độ không song song của hình chiếu các đường tâm quay của bánh răng trên</p>

		mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng lý thuyết chung của chúng.
Lượng dịch chuyển của profin	E_h	Lượng dịch chuyển của profin gốc so với vị trí danh nghĩa của nó



b. Ghi kí hiệu cấp chính xác và dạng răng đối tiếp

Theo TCVN1067-84 cấp chính xác chế tạo bánh răng được quy định 12 cấp ký hiệu từ 1, 2, ... 12 cấp chính xác giảm dần từ 1 đến 12

Tiêu chuẩn cũng quy định và meilen dung sai của độ hở mặt bên ký hiệu: h, d, c, b, a, z, y, x

Ghi ký hiệu cấp chính xác và dạng răng đối tiếp

Trên bản vẽ thiết kế chế tạo bánh răng thì cấp chính xác và dạng đối tiếp được ghi ký hiệu như sau:

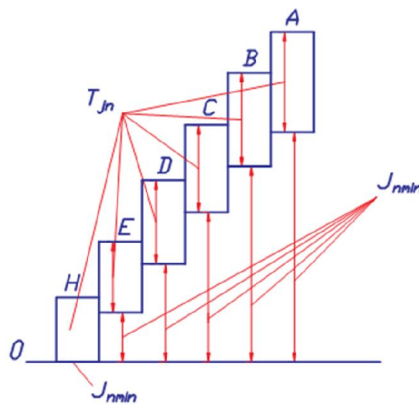
VD: 7-8-8BTCVN1067-84

+ 7: Cấp chính xác của mức chính xác động học

+ 8: Cấp chính xác của mức làm việc êm

+ 8: Cấp chính xác của mức tiếp xúc mặt răng

+ B: Dạng đối tiếp mặt răng và dung sai độ hở mặt bên tương ứng là b



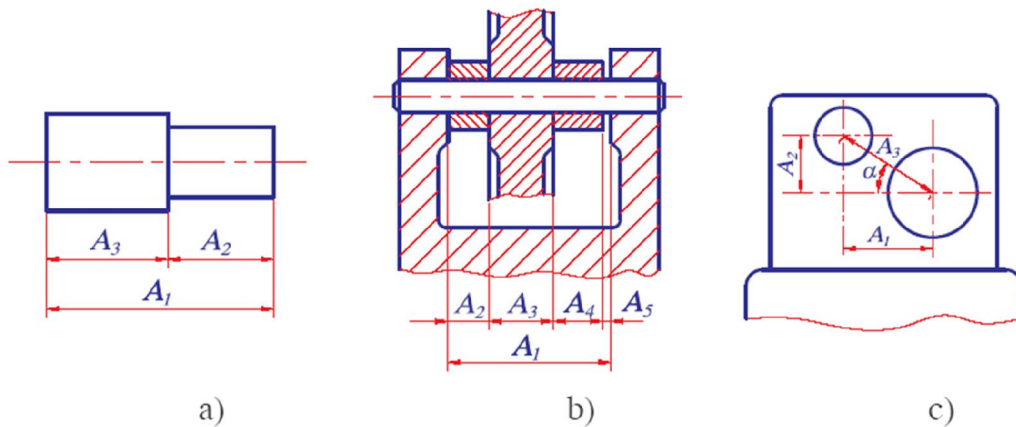
Hình 2.11. Các dạng đối tiếp mặt răng và dung sai độ hở mặt bên

4. CHUỖI KÍCH THƯỚC

4.1. Chuỗi kích thước

4.1.1. định nghĩa

Chuỗi kích thước là một tập hợp các kích thước có quan hệ lẫn nhau tạo thành một vòng kín và xác định vị trí các bề mặt (hoặc đường tâm) của một hoặc một số chi tiết. Như vậy để hình thành chuỗi kích thước phải có 2 điều kiện: các kích thước quan hệ nối tiếp nhau và tạo thành vòng kín. Dựa theo khái niệm trên ta đưa ra 3 ví dụ chuỗi kích thước như hình vẽ.



Hình 2.12. chuỗi kích thước

4.1.2. phân loại

Chuỗi kích thước có nhiều loại, trong kỹ thuật ta phân chúng thành 2 loại:

- Chuỗi kích thước chi tiết: Các kích thước của chuỗi còn gọi là khâu, thuộc về một chi tiết, như hình a và c

- Chuỗi kích thước lắp: các khâu của chuỗi là kích thước các chi tiết khác nhau lắp ghép trong bộ phận máy hoặc máy, như chuỗi hình b.

Về mặt hình học người ta có thể phân loại chuỗi thành: chuỗi đường thẳng, chuỗi mặt phẳng và chuỗi không gian.

thí dụ như chuỗi đường thẳng: các khâu của chuỗi song song với nhau nằm trong cùng một mặt phẳng hoặc trong mặt phẳng song song với nhau, như chuỗi hình a và b.

4.2. Khâu (kích thước của chuỗi)

Dựa vào đặc tính các khâu ta phân ra hai loại:

- Khâu thành phần, A_i : là khâu mà kích thước của chúng do quá trình gia công quyết định và không phụ thuộc lẫn nhau.

- Khâu khép kín, A_Σ : là khâu mà kích thước của nó hoàn toàn phụ thuộc vào kích thước các khâu thành phần. Trong quá trình gia công và lắp ráp thì khâu khép kín không được thực hiện trực tiếp, mà nó là kết quả của sự thực hiện các khâu thành phần, nghĩa là nó được hình thành cuối cùng trong trình tự công nghệ. Ví dụ: chuỗi hình b thì các khâu A_1, A_2, A_3, A_4 là các khâu thành phần, chúng được thực hiện trực tiếp khi gia công các chi tiết 1,2,3,4 và độc lập với nhau. Khe hở A_5 là khâu khép kín, nó được hình thành sau khi lắp các chi tiết thành bộ phận lắp. kích thước của khâu khép kín $A_\Sigma = A_5$ hoàn toàn phụ thuộc vào các kích thước A_1, A_2, A_3, A_4 của các chi tiết tham gia lắp ghép.

Cũng tương tự như trên, trong chuỗi hình a, muốn phân biệt khâu thành phần và khâu khép kín ta phải dựa vào trình tự công nghệ gia công. Khâu nào hình thành cuối cùng trong trình tự công nghệ là khâu khép kín. Chẳng hạn ta gia công A_2 rồi A_1 thì A_3 sẽ hình thành và hoàn toàn phụ thuộc vào A_2, A_1 nên A_3 là khâu khép kín. Nếu ta thay đổi trình tự công nghệ thì khâu khép kín cũng thay đổi.

Trong một chuỗi chỉ có một khâu khép kín, A_Σ , còn lại là các khâu thành phần, A_i . Trong các khâu thành phần còn chia ra:

+ Khâu thành phần tăng (khâu tăng): là khâu mà khi ta tăng hoặc giảm kích thước của nó thì kích thước khâu khép kín cũng tăng hoặc giảm theo.

+ Khâu thành phần giảm (khâu giảm): là khâu mà khi ta tăng hoặc giảm kích thước của nó thì ngược lại, kích thước khâu khép kín lại giảm hoặc tăng. ví dụ chuỗi hình b, với A_5 là khâu khép kín thì A_1 là khâu tăng, còn A_2, A_3, A_4 là khâu giảm.

4.3. Giải chuỗi kích thước

Giải chuỗi kích thước, thường phải giải hai loại bài toán sau:

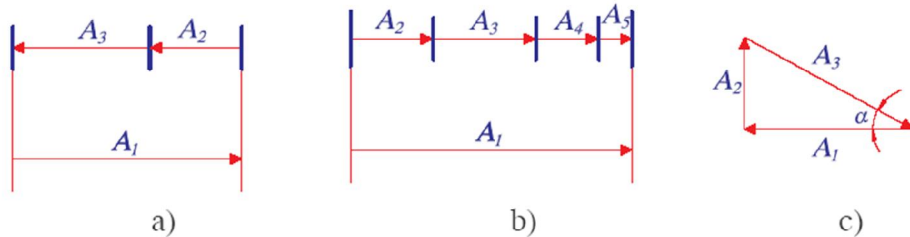
- Bài toán 1: Với kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai đã cho của các khâu thành phần, A_i , phải xác định kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của khâu khép kín A_Σ . Ví dụ: với kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai của các

khâu thành phần A_1, A_2, A_3, A_4 trong chuỗi hình b, cần phải xác định khe hở A_5 (khâu khép kín) là bao nhiêu. Bài toán 1 thường được sử dụng để tính toán kiểm tra chuỗi kích thước.

- Bài toán 2: Với kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai đã cho của khâu khép kín, A_Σ , cần xác định sai lệch giới hạn và dung sai của các khâu thành phần, A_i . Chẳng hạn khi thiết kế bộ phận máy hoặc máy, xuất phát từ yêu cầu chung của chúng (khâu khép kín), ta tính toán xác định sai lệch giới hạn và dung sai của các kích thước chi tiết (các khâu thành phần) lắp thành bộ phận máy hoặc máy ấy. Bài toán 2 thường được sử dụng để tính toán thiết kế độ chính xác kích thước của chi tiết trong các bộ phận máy hoặc máy.

Muốn giải hai bài toán trên ta phải xác lập các công thức quan hệ về kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai giữa các khâu thành phần và khâu khép kín.

Để thuận tiện cho việc giải chuỗi người ta thường sơ đồ hóa các chuỗi. Các chuỗi trên hình 4.1 a, b, c được sơ đồ hóa thành các chuỗi trên hình 4.2 a, b, c.



Hình 2.13. Sơ đồ hóa chuỗi kích thước

- Quan hệ kích thước.

Từ ba sơ đồ trên và với điều kiện khép kín chuỗi ta xác lập công thức quan hệ kích thước như sau:

+ Chuỗi 1, hình 4.2a với $A_\Sigma = A_3$ ta có: $A_\Sigma = A_3 = A_1 - A_2$

+ Chuỗi 2, hình 4.2b với $A_\Sigma = A_5$ ta có: $A_\Sigma = A_5 = A_1 - A_2 - A_3 - A_4$

+ Chuỗi 3, hình 4.2c với $A_\Sigma = A_3$ ta có: $A_\Sigma = A_3 = \cos \alpha \cdot A_1 + \sin \alpha \cdot A_2$

(Trong đó $\cos \alpha \cdot A_1$ và $\sin \alpha \cdot A_2$ là hình chiếu của khâu A_1, A_2 lên phương khâu khép kín A_3)

Từ ba trường hợp trên ta đi đến công thức tổng quát như sau:

$$A_{\Sigma} = \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 + \dots + \beta_n A_n$$

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \beta_i A_i \quad (4.1)$$

Trong đó n là khâu thành phần của chuỗi;

β_i là hệ số ảnh hưởng, biểu thị mức độ ảnh hưởng của các khâu thành phần đến các khâu khép kín. β_i có giá trị ± 1 trong các chuỗi đường thẳng (chuỗi 1,2) và lấy giá trị $+1$ với các khâu tăng và -1 với các khâu giảm. Trong chuỗi phẳng như hình 4.2c thì giá trị của β_i có thể là sin hoặc cos của một góc α nào đó và mang dấu (+) ở khâu tăng, mang dấu (-) ở khâu giảm.

Khi xác định khâu tăng và khâu giảm của chuỗi kích thước ta xét sơ đồ chuỗi như là 1 vòng kín các véc tơ kích thước nối tiếp nhau. Véc tơ kích thước hoặc véc tơ hình chiếu của kích thước trên phương khâu khép kín mà ngược chiều với khâu khép kín thì khâu tăng còn cùng chiều với khâu khép kín là khâu giảm.

Trong một chuỗi có n khâu thành phần, nếu ta đánh số thứ tự từ 1 đến m là các khâu tăng thì từ $m+1$ đến n sẽ là các khâu giảm (với $m < n$). Như vậy công thức 4.1 có thể viết dưới dạng:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m |\beta_i| A_i - \sum_{i=m+1}^n |\beta_i| A_i \quad (4.2)$$

Đối với chuỗi đường thẳng ta có:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m A_i - \sum_{i=m+1}^n A_i \quad \text{với } m < n \quad (4.3)$$

Trên cơ sở phương trình cơ bản của chuỗi kích thước (4.3), xác lập các công thức quan hệ về sai lệch giới hạn và dung sai giữa các khâu thành phần và khâu khép kín để giải các chuỗi kích thước đường thẳng.

2. Giải chuỗi kích thước bằng phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn

Khi giải theo phương pháp này thì dung sai của các khâu thành phần và khâu khép kín được tính sao cho chúng đảm bảo tính đổi lần chức năng hoàn toàn. Theo công thức quan hệ (4.3) và để đảm bảo tính đổi lần chức năng hoàn

toàn thì khâu khép kín, A_{Σ} , sẽ đạt giá trị lớn nhất, $A_{\Sigma \max}$, khi các khâu thành phần tăng là lớn nhất, $A_{i \max}$, các khâu thành phần giảm là nhỏ nhất, $A_{i \min}$, do đó:

$$A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \min} \quad (4.4)$$

Cũng tương tự ta có giá trị bé nhất của khâu khép kín $A_{\Sigma \min}$:

$$A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \max} \quad (4.5)$$

Công thức quan hệ (4.4) và (4.5) chính là điều kiện để giải chuỗi bằng phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn. Từ ba công thức quan hệ (4.3), (4.4) và (4.5) dễ dàng thiết lập các công thức quan hệ về sai lệch giới hạn và dung sai để giải bài toán 1 và 2.

1. Giải bài toán 1: Biết kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của các khâu thành phần A_i , tìm kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai của khâu khép kín.

- Dung sai khâu khép kín: từ các công thức (4.4), (4.5) ta tính được:

$$\begin{aligned} T_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma \min} \\ T_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma \min} \\ &= \left[\sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \min} \right] - \left[\sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \max} \right] \\ T_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m T_i + \sum_{i=m+1}^n T_i = \sum_{i=1}^n T_i \end{aligned} \quad (4.6)$$

Như vậy dung sai của khâu khép kín T_{Σ} bao giờ cũng bằng tổng dung sai của các khâu thành phần T_i .

- Sai lệch giới hạn của khâu khép kín.

Từ công thức quan hệ (4.4) và (4.3) ta tính được sai lệch trên ES_{Σ} của khâu khép kín

$$\begin{aligned} ES_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma} \\ &= \left[\sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \min} \right] - \left[\sum_{i=1}^m A_i - \sum_{i=m+1}^n A_i \right] \\ ES_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m ES_i - \sum_{i=m+1}^n ei_i \end{aligned} \quad (4.7)$$

Từ công thức (4.5) và (4.3) ta cũng tính được:

$$\begin{aligned}
EI_{\Sigma} &= A_{\Sigma \min} - A_{\Sigma} \\
&= \left[\sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{i=m+1}^n A_{i \max} \right] - \left[\sum_{i=1}^m A_i - \sum_{i=m+1}^n A_i \right] \\
EI_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m EI_i - \sum_{i=m+1}^n es_i
\end{aligned}
\tag{4.8}$$

Ở đây ES_i, EI_i là sai lệch giới hạn trên và dưới của khâu tăng.

es_i, ei_i là sai lệch giới hạn trên và dưới của khâu giảm.

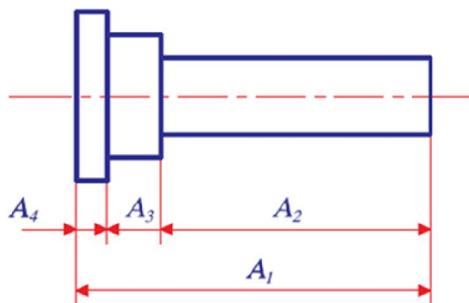
Thay các giá trị bằng số dung sai và sai lệch giới hạn các khâu thành phần vào công thức (4.6), (4.7) và (4.8) ta tính được dung sai và sai lệch giới hạn của khâu khép kín.

Ví dụ: cho chi tiết như hình 2.14, với các kích thước:

$$A_1 = 60^{+0,1}_{-0,2}$$

$$A_2 = 50^{\pm 0,1}$$

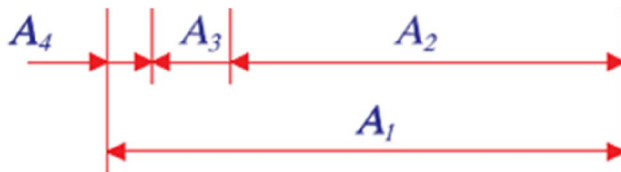
$$A_3 = 8^{+0,1}$$



Hình 2.14.

Hãy tính kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai của khâu A_4 . Biết trình tự công nghệ gia công là A_2, A_3, A_1 .

Giải: Sơ đồ chuỗi được hiển thị như hình 2.15. với trình tự công nghệ gia công là A_2, A_3 rồi A_1 thì A_4 là khâu hình thành cuối cùng trong trình tự công nghệ nên A_4 là khâu khép kín $A_{\Sigma} = A_4$. véctơ kích thước A_1 ngược chiều với véctơ kích thước A_4 nên A_1 là khâu tăng còn A_2, A_3 là khâu giảm.



Hình 2.15

Theo số liệu ta có:

$$A_1 = 60_{-0,2}^{+0,1} \begin{cases} ES_1 = \pm 0,1mm \\ EI_1 = -0,2mm \\ T_1 = 0,3mm \end{cases}$$

$$A_2 = 50_{-0,1}^{+0,1} \begin{cases} es_2 = +0,1mm \\ ei_2 = -0,1mm \\ T_2 = 0,2mm \end{cases}$$

$$A_3 = 8_{-0,1}^{+0,1} \begin{cases} es_3 = +0,1mm \\ ei_3 = 0mm \\ T_3 = 0,1mm \end{cases}$$

+ Kích thước danh nghĩa của khâu khép kín được tính theo (4.3):

$$A_{\Sigma} = A_4 = 60 - 50 - 8 = 2 \text{ mm}$$

+ Dung sai khâu lắp ghép được tính theo (4.6)

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_i = 0,3 + 0,2 + 0,1 = 0,6 \text{ mm}$$

+ sai lệch giới hạn của khâu khép kín được tính theo (4.7) và (4.8)

$$ES_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m ES_i - \sum_{i=m+1}^n ei_i = +0,1 - (-0,1 + 0) = +0,2 \text{ mm}$$

$$EI_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m EI_i - \sum_{i=m+1}^n es_i = -0,2 - (+0,1 + 0,1) = -0,4 \text{ mm}$$

Vậy:
$$A_{\Sigma} = A_4 = 2_{-0,4}^{+0,2}$$

2. Bài toán 2: Biết sai lệch kích thước và dung sai của khâu khép kín, tính sai lệch giới hạn và dung sai của các khâu thành phần. Kích thước danh nghĩa của các khâu thành phần hoàn toàn phụ thuộc vào kết cấu nên sau khi thiết kế kết cấu là ta đã biết kích thước danh nghĩa của chúng mà không cần tính ở bài toán này. Với chuỗi có n khâu thành phần thì bài toán có n ẩn số.

Dựa vào công thức (4.6) ta không thể tính được dung sai của n khâu thành phần (n ẩn số). Muốn tính được ta phải đưa vào giả thiết để khử đi (n-1) ẩn số.

- Giả thiết các khâu thành phần được chế tạo cùng một cấp chính xác, tức là có cùng hệ số cấp chính xác:

$$a_1 = a_2 = \dots = a_n = a$$

Vậy dung sai của khâu bất kì nào (T_i) đều được tính theo công thức $T_i = a \cdot i$

Theo (4.6) ta có:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_i = \sum_{i=1}^m a \cdot i_i \rightarrow a = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad (4.9)$$

Từ công thức (4.9), với dung sai đã cho của khâu khép kín T_{Σ} , với các chỉ số đơn vị dung sai i_i của các khâu được tra theo bảng công thức tính trị số dung sai tiêu chuẩn ($IT=a \cdot i$) và trị số đơn vị dung sai, i , sẽ tính được hệ số cấp chính xác chung cho các khâu thành phần (a).

Kích thước danh nghĩa(mm)		Cấp dung sai tiêu chuẩn											
		T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Trên	Đến và bao gồm	Công thức tính dung sai tiêu chuẩn (kết quả tính bằng micromet)											
-	500	i	0i	6i	5i	0i	4i	00i	60i	50i	00i	40i	000i
		Trị số đơn vị i											
Khoảng kích thước danh nghĩa mm	Trên đến 3	Tr.3	Tr.6	Tr.10	Tr.18	Tr.30	Tr.50	Tr.80	Tr.120Đ.180	Tr.180	Tr.250	Tr.315	
		Đ.6	Đ.10	Đ.18	Đ.30	Đ.50	Đ.80	Đ.120		Đ.250	Đ.315	Đ.400	
$i=0,45\sqrt[3]{D}+0,001D$	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3,22	3,54	

- Từ a, tra cấp chính xác chung cho các khâu theo bảng

- Biết kích thước danh nghĩa, biết cấp chính xác chung của các khâu thành phần, tra sai lệch giới hạn và dung sai cho

(n-1) khâu thành phần, với quy ước là:

+ Khâu tăng, coi như lỗ có sai lệch cơ bản H.

+ Khâu giảm coi như trục có sai lệch cơ bản h.

Chẳng hạn khâu thành phần tăng có kích thước danh nghĩa là 100mm ở cấp chính xác chung là 10 thì ta coi như lỗ 100H10, còn khâu giảm có kích thước danh nghĩa là 50 mm thì ta coi như trục 50h10.

Sai lệch giới hạn và dung sai của (n-1) khâu thành phần tra theo bảng sai lệch giới hạn kích thước lỗ và trục đối với kích thước đến 500 mm TCVN 2245-99.

Còn lại các khâu thành phần là thứ k là A_k thì sai lệch giới hạn và dung sai của nó được xác định bằng tính toán. Làm như vậy là để bù lại những sai số mà ta đã phạm phải chẳng hạn như sự khác nhau giữa hệ số a đã chọn và hệ số a tính theo công thức (4.9).

- Tính sai lệch giới hạn và dung sai của khâu A_k

+ Nếu A_k là khâu tăng thì:

Từ (4.7) ta có:

$$ES_k = ES_{\Sigma} - \sum_{i=1}^{m-1} ES_i - \sum_{i=m+1}^n ei_i \quad (4.10)$$

Từ (4.8) ta có:

$$EI_k = EI_\Sigma - \sum_{i=1}^{m-1} EI_i - \sum_{i=m+1}^n es_i \quad (4.11)$$

+ Nếu A_k là khâu giảm thì:

Từ (4.8) ta có:

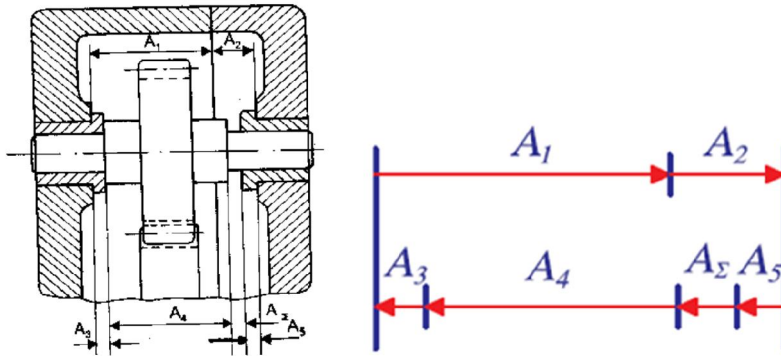
$$es_k = \sum_{i=1}^m EI_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} es_i - EI_\Sigma \quad (4.12)$$

Từ (4.7) ta có

$$ei_k = \sum_{i=1}^m ES_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} ei_i - ES_\Sigma \quad (4.13)$$

Ví dụ: Cho bộ phận lắp như hình. Yêu cầu chung của bộ phận lắp này là đảm bảo khe hở giữa mặt mút vai trục và mặt mút bạc ổ trục trong giới hạn $A_\Sigma = 1+0,75$ mm để cho bánh răng quay tự do mà không có dịch chuyển chiều trục lớn.

Yêu cầu chung ấy chính là khâu khép kín của chuỗi kích thước như sơ đồ hình 2.16.



Hình 2.16

Hãy giải chuỗi kích thước để xác định sai lệch giới hạn và dung sai các kích thước chi tiết.

Giải: - Dựa vào sơ đồ chuỗi hình 4.5 xác định khâu tăng, khâu giảm.

Ta có: A_1, A_2 là khâu tăng;

A_3, A_4, A_5 là khâu giảm.

- Với giả thiết các khâu thành phần được chế tạo ở cùng một cấp chính xác, ta tính hệ số cấp chính xác chung a theo

công thức (4.9):

$$a = \frac{T_\Sigma}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad \text{Trong đó } T_\Sigma = 750\mu\text{m, } i_i \text{ - tra bảng}$$

$$a = \frac{750}{2,75 + 1,56 + 2 \times 0,73 + 2,52} \approx 97$$

Dựa theo bảng tra cấp chính xác chung cho các khâu là 11.

Cấp 11 có hệ số $a = 100$ gần với 97 nhất.

- Tra sai lệch giới hạn và dung sai của (n-1) khâu thành phần theo bảng 1 và 2 phụ lục.

+ Khâu tăng:

$$A_1 = 101H11 = 101^{+0,22} \begin{cases} ES = +0,22 \text{ mm} \\ EI = 0 \end{cases}$$

$$A_2 = 50H11 = 50^{+0,16} \begin{cases} ES = +0,16 \text{ mm} \\ EI = 0 \end{cases}$$

+ Khâu giảm:

$$A_3 = A_5 = 5h11 = 5_{-0,075} \begin{cases} es = 0 \\ ei = -0,075 \text{ mm} \end{cases}$$

- Khâu để tính là khâu $A_k = A_4$, đó là khâu giảm.

+ Sai lệch trên của khâu A_k được tính theo công thức (4.12):

$$es_k = es_4 = 0 - 0 - 0 = 0$$

+ Sai lệch dưới của khâu A_k được tính theo công thức (4.13):

$$ei_k = ei_4 = (+0,22 + 0,16) - (-0,075 \times 2) - 0,75 = -0,22 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy: } A_4 = 140_{-0,22}$$

- Kết Quả giải chuỗi kích thước ta được:

$$A_1 = 101^{+0,22}$$

$$A_2 = 50^{+0,16}$$

$$A_3 = A_5 = 5_{-0,075}$$

$$A_4 = 140_{-0,22}$$

* Kiểm tra lý thuyết

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Câu 1. Tiêu chuẩn đã quy định dung sai cho những yếu tố kích thước nào của ren vít và đai ốc trong lắp ghép ren.

Câu 2. Thế nào là đường kính trung bình biểu kiến, nêu công thức tính nó với ren vít và đai ốc.

Câu 3. Tiêu chuẩn quy định có mấy cấp chính xác chế tạo ổ lăn, kí hiệu chúng như thế nào.

Câu 4. Nêu phương pháp chọn kiểu lắp tiêu chuẩn cho lắp ghép ổ lăn với trục và với lồng thân hộp.

Câu 5. Nêu các miền dung sai tiêu chuẩn được qui định đối với kích thước chiều rộng b của then, rãnh trục và rãnh bạc.

Câu 6. Từ các miền dung sai tiêu chuẩn hãy chọn một kiểu lắp cho mối ghép then khi bạc cố định trên trục.

Câu 7. Có mấy phương pháp thực hiện đồng tâm hai chi tiết then hoa và cho biết ưu nhược điểm của từng phương pháp, tương ứng với các phương pháp đó thì lắp ghép được thực hiện theo yếu tố kích thước nào.

Câu 8. Trình bày cách ghi kí hiệu lắp ghép then hoa trên bản vẽ.

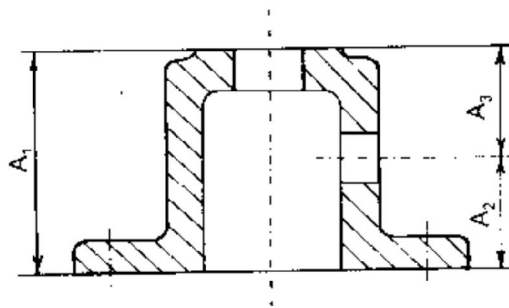
Câu 9. Nêu các yêu cầu kĩ thuật đối với truyền động bánh răng, một truyền động bánh răng bất kì thì cần có những yêu cầu nào.

Câu 10. Tiêu chuẩn TCVN 1067-84 qui định cấp chính xác chế tạo bánh răng nêu phương pháp chọn cấp chính xác cho truyền động bánh răng khi thiết kế.

Câu 11. Thế nào là chuỗi kích thước. cho ví dụ minh hoạ?

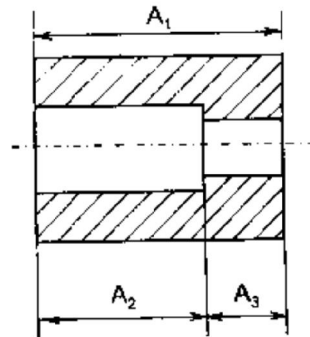
Câu 12. Thế nào là khâu thành phần tăng, khâu thành phần giảm của chuỗi kích thước, cho ví dụ?

Bài 1. Cho chuỗi kích thước chi tiết như hình 2.17 hãy giải thích chuỗi kích thước để xác định sai lệch và dung sai kích thước A_2 . Biết trình tự công nghệ gia công là: A_1, A_2 . Với $A_1 = 100_{-0,1}$; $A_3 = 45^{+0,15}$



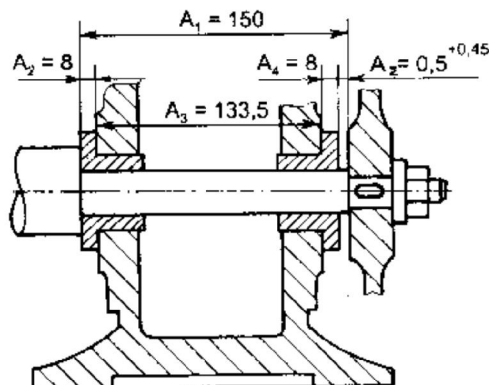
Hình 2.17.

Bài 2. Cho chuỗi kích thước chi tiết như hình 2.18 hãy giải thích chuỗi kích thước để xác định sai lệch và dung sai kích thước A_2 . Biết trình tự công nghệ gia công là: A_1, A_2, A_3 . Với $A_1 = 120_{-0,15}$; $A_3 = 40^{\pm 0,16}$



Hình 2.18.

Bài 3. Cho chuỗi kích thước lắp như hình 2.19 yêu cầu chung của bộ phận lắp (khâu khép kín) là $A_\Sigma = 0,5^{+0,45}$. Hãy giải thích chuỗi kích thước lắp để xác định sai lệch và dung sai cho các kích thước chi tiết: A_1, A_2, A_3, A_4 ,



Hình 2.19

Chương 3

DỤNG CỤ ĐO THÔNG DỤNG TRONG CƠ KHÍ

1. CƠ SỞ ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT

1.1. Khái niệm đo lường kỹ thuật

a. Vị trí của công tác đo lường

Trong quá trình chế tạo và lắp ráp các chi tiết máy, cần đo để kiểm tra và đánh giá chất lượng kỹ thuật của sản phẩm. Nói cách khác đo lường là công cụ để kiểm soát, kiểm tra chất lượng sản phẩm, vì vậy đo lường là khâu quan trọng không thể thiếu trong sản xuất.

Thực chất đó là việc so sánh đại lượng cần đo với một đơn vị đo để tìm ra tỷ lệ giữa chúng. Độ lớn của đối tượng cần đo được biểu diễn bằng trị số của tỷ lệ nhận được kèm theo đơn vị dùng so sánh.

Cùng với yêu cầu và sự phát triển không ngừng của sản xuất, đo lường kỹ thuật cũng có những bước tiến mạnh mẽ, độ chính xác đo lường đạt được ngày càng cao.

- + Cuối thế kỷ 19 có calip tiêu chuẩn, calip giới hạn.
- + Năm 1850 có thước cặp.
- + Năm 1867 có panme.
- + Năm 1869 có căn mẫu.
- + Năm 1907 có minlimet đo tới 0,001 mm.
- + Năm 1921- 1925 có máy đo dùng khí nén.

+ Năm 1930 có các máy đo dùng điện.

+ Ngày nay có các máy đo quang học máy đo điện tử hiện đại có thể đo những khoảng cách nhỏ nhất 4 – 5 phần triệu mm.

b. Đơn vị đo.

Đo lường là việc xác định độ lớn của đối tượng đo, đó là việc thiết lập quan hệ giữa đại lượng cần đo với một đại lượng có cùng tính chất vật lý được dùng làm đơn vị đo thông qua các dụng cụ đo và các phương pháp đo khác nhau.

Đơn vị đo là yếu tố chuẩn mực dùng để so sánh, độ lớn của đơn vị đo cần được quy định thống nhất mới đảm bảo việc thống nhất trong giao dịch mua bán, chế tạo sản phẩm để thay thế, lắp lẫn...

Các đơn vị đo cơ bản và đơn vị đo dẫn xuất hợp thành hệ thống đơn vị được quy định trong bảng đơn vị đo hợp pháp của nhà nước dựa trên quy định của hệ thống đo lường thế giới SI.

* Đơn vị đo chiều dài:

Đơn vị đo chiều dài cơ bản là “mét”, đơn vị dẫn xuất thường dùng là mm và micro mét: $1\text{ m} = 1000\text{ mm}$

$1\text{ mm} = 1000\text{ }\mu\text{m}$

Ngoài ra có thể dùng đơn vị “inhso”,

$1'' = 25,4\text{ mm}$

* Đơn vị đo góc

Đơn vị cơ bản là “độ”, ký hiệu là: “ $^{\circ}$ ”

$1^{\circ} = 1/360\text{ vòng tròn}$

$1^{\circ} = 60\text{ phút} = 60'$

$1' = 60\text{ giây} = 60''$

1.2. Dụng cụ đo và phương pháp đo

a. Dụng cụ đo

Dụng cụ đo có thể chia thành 2 nhóm chính:

* Nhóm mẫu đo:

Là những vật thể chế tạo theo bội số hoặc ước số của đơn vị đo gồm: góc mẫu, căn mẫu, ke...

* Nhóm thiết bị đo:

Bao gồm các dụng cụ đo: Thước cặp, panme... và các máy đo như: Ớp ti mét, máy đo dùng khí nén, máy đo bằng điện...

b. Phương pháp đo.

Phương pháp đo là cách đo, thủ thuật để xác định thông số cần đo. Tùy thuộc vào cơ sở để phân loại phương pháp đo mà ta có các phương pháp đo khác nhau.

- Dựa vào quan hệ đầu đo với chi tiết đo: Chia ra phương pháp đo tiếp xúc và phương pháp đo không tiếp xúc.

+ Phương pháp đo tiếp xúc: là phương pháp đo giữa đầu đo và bề mặt chi tiết đo tồn tại một áp lực gọi là áp lực đo, áp lực này làm cho vị trí đo ổn định, vì thế kết quả đo tiếp xúc rất ổn định. Tuy nhiên do có áp lực đo khi đo tiếp xúc không tránh khỏi sai số do các biến dạng có liên quan đến áp lực đo gây ra đặc biệt là khi đo các chi tiết vật liệu mềm dễ biến dạng hoặc các hệ đo kém cứng vững.

+ Phương pháp đo không tiếp xúc: Là phương pháp đo không có áp lực đo giữa yếu tố đo và bề mặt chi tiết đo như khi ta đo bằng máy quang học, vì không có áp lực đo nên khi đo bề mặt chi tiết không bị biến dạng hoặc bị cào xước... phương pháp này thích hợp với các chi tiết nhỏ, mềm, mỏng, dễ biến dạng, các sản phẩm không cho phép có vết xước.

- Dựa vào quan hệ các giá trị chỉ thị trên dụng cụ đo và giá trị của đại lượng đo.

Chia biện pháp đo tuyệt đối và phương pháp đo tương đối (phương pháp đo so sánh)

+ Phương pháp đo tuyệt đối: Toàn bộ giá trị cần đo được chỉ thị trên dụng cụ đo, phương pháp đo này đơn giản, ít nhầm lẫn nhưng hành trình đo dài nên độ chính xác kém.

+ Phương pháp đo tương đối (phương pháp so sánh): Giá trị chỉ thị trên dụng cụ đo chỉ cho ta sai lệch giữa giá trị đo và giá trị chuẩn dùng khi chỉnh “0” cho dụng cụ đo. Kết quả đo phải là tổng các giá trị chuẩn và giá trị chỉ thị:

$$Q = Q_0 + \Delta_x$$

Trong đó: Q_0 : kích thước của mẫu chỉnh “0”

Q : kích thước cần xác định (kết quả đo)

Δ_x : là giá trị chỉ thị của dụng cụ.

Độ chính xác của phép đo so sánh phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của mẫu và quá trình chỉnh “0”.

- Dựa vào quan hệ giữa đại lượng cần đo và đại lượng được đo

Chia ra phương pháp đo trực tiếp và phương pháp đo gián tiếp

+ Phương pháp đo trực tiếp: là phương pháp đo thẳng vào kích thước cần đo, trị số đo đọc trực tiếp trên phần chỉ thị của dụng cụ đo, ví dụ như khi ta đo đường kính bằng thước cặp và panme...

+ Phương pháp đo gián tiếp: ở phương pháp này không đo chính kích thước cần đo mà thông qua việc đo một đại lượng khác để xác định tính toán kích thước cần đo, ví dụ: đo 2 cạnh góc vuông suy ra cạnh huyền.

Việc lựa chọn mối quan hệ nào trong các mối quan hệ trên phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu đối với đại lượng đo, cần chọn sao cho đơn giản, các phép đo dễ thực hiện với yêu cầu về trang thiết bị đo ít và có khả năng thực hiện.

Trong quá trình đo không thể tránh khỏi sai số, sai số đo phụ thuộc vào nhiều yếu tố như, độ mòn, độ chính xác của dụng cụ đo, trình độ và khả năng người đo, phụ thuộc vào việc lựa chọn dụng cụ đo và phương pháp đo...

Vì vậy nắm phương pháp sử dụng dụng cụ và lựa chọn được phương pháp đo hợp lý là những yếu tố không kém phần quan trọng quyết định kết quả đo.

2. CĂN MẪU

2.1. Cấu tạo, công dụng và các bộ căn mẫu

a. Công dụng

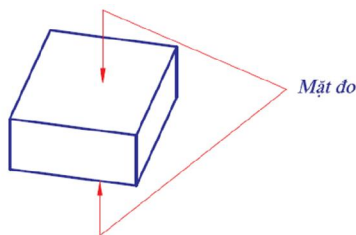
Căn mẫu dùng để kiểm tra chiều dài với độ chính xác cao, dùng để truyền kích thước từ độ dài tiêu chuẩn tới vật gia công và dùng để kiểm tra các dụng cụ đo khác.

b. Cấu tạo

Căn mẫu là khối hình hộp chữ nhật có 2 mặt đo phẳng, song song với nhau và được mài chính xác. Chiều dài vuông góc hạ từ 1 điểm bất kỳ của bề mặt đo của căn mẫu xuống bề mặt đo đối diện với nó gọi là kích thước làm việc căn mẫu

Căn mẫu thường được cấu tạo thành bộ. Có 19 miếng; 38 miếng; 83 miếng. Bộ 83 miếng được dùng thông dụng nhất.

Bộ 83 miếng bao gồm:



Hình 3.1. Căn mẫu

1 miếng	1,005 mm
49 miếng	1,01; 1,02; 1,03;.....;1,49
20 miếng	0,5; 1; 1,5.....;10
4 miếng	1,6; 1,7; 1,8; 1,9
9 miếng	10; 20; 30.....100

Kích thước đo < 10 mm thì kích thước mặt đo 9 x 30 mm

Kích thước đo > 10 mm thì kích thước mặt đo 9 x 35 mm

Kích thước danh nghĩa của căn mẫu dày tới 5,5 mm thì ghi ở mặt đo, dày > 5,5 mm ghi ở mặt bên.

* Cách chọn và ghép căn mẫu

- Nguyên tắc chọn ghép căn mẫu:

Căn mẫu có đặc điểm các bề mặt đo được gia công tinh cẩn thận và có sự bám dính với nhau. Nếu đẩy miếng căn nọ theo miếng căn kia lực bám dính của 2 miếng là tương đối lớn và chỉ có thể tách chúng ra bằng cách đẩy chúng ra bằng cách đẩy miếng nọ theo miếng kia nhưng tối đa chỉ được 4 miếng và chọn miếng nhỏ nhất có phần thập phân nhỏ nhất trở đi.

- Cách ghép: trước khi ghép căn mẫu phải rửa sạch lớp mỡ trên căn mẫu bằng xăng sau đó lau sạch. Khi ghép dùng tay ấn cho hai mặt đo của hai miếng căn dính vào nhau rồi đẩy cho mặt này miết lên mặt kia, các miếng căn sẽ dính vào nhau thành một khối. Khi muốn tách rời các miếng căn t đẩy cho 2 mặt đo trượt ra khỏi nhau không tách chúng theo phương vuông góc với mặt ghép vì như vậy phải dùng một lực lớn và dễ tuột tay làm văng những miếng căn ra.

- Ví dụ:

Chọn căn mẫu để kiểm tra kích thước 17,105 mm

Miếng căn thứ nhất chọn có trị số phù hợp với trị số cuối cùng của kích thước đã cho. Cụ thể là miếng 1,005 mm

Miếng 1	1,005
Kích thước còn lại	16,1
Miếng 2	1,1
Kích thước còn lại	15
Miếng 3	5
Kích thước còn lại	10
Miếng 4	10

2.2. Cách bảo quản

Căn mẫu là dụng cụ đo có độ chính xác cao nên việc sử dụng và bảo quản phải chu đáo:

Không sờ tay vào các mặt đo của căn.

Không trượt mặt đo của căn mẫu lên mặt bên của miếng căn khác

Khi ghép nên cầm căn gần với miếng vải lót trên bàn để phòng căn bị rơi xuống đất mặt bàn

Các miếng căn ghép không được để lâu vì như vậy các mặt đo mau han gỉ

Khi sử dụng xong phải tháo căn ra và dùng xăng rửa sạch, lau khô, bôi trơn, đặt vào hộp đúng vị trí. Chú ý khi thao tác không dùng tay và dùng phanh gấp

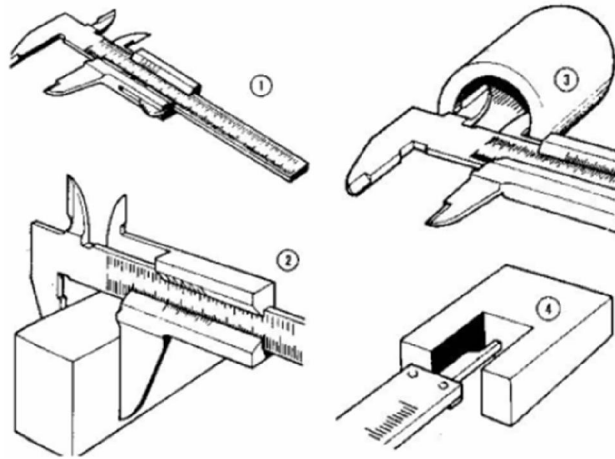
Hộp căn mẫu phải để ở những nơi nhiệt độ ít thay đổi, không để nắng rọi vào, tránh để những nơi ẩm hoặc có hóa chất.

3. THƯỚC CẶP

3.1. Thước cặp

a. Công dụng

Dụng cụ đo kiểu thước cặp gồm các loại thước cặp thông thường để đo trong, đo ngoài, thước cặp đo bánh răng và các loại đo chiều dài, chiều rộng, chiều cao, đường kính, các kích thước bên trong như chiều rộng rãnh, đường kính lỗ, chiều sâu rãnh, lỗ, bậc.



Hình 3.2. Công dụng của thước cặp

Có nhiều loại thước cặp với độ chính xác khác nhau:

- Thước cặp 1/10 đo chính xác 0,1mm
- Thước cặp 1/20 đo chính xác 0,05mm
- Thước cặp 1/50 đo chính xác 0,02mm
- Thước cặp có đồng hồ và thước cặp hiện số kiểu điện tử có độ chính xác 0,01mm.

b. Cấu tạo :

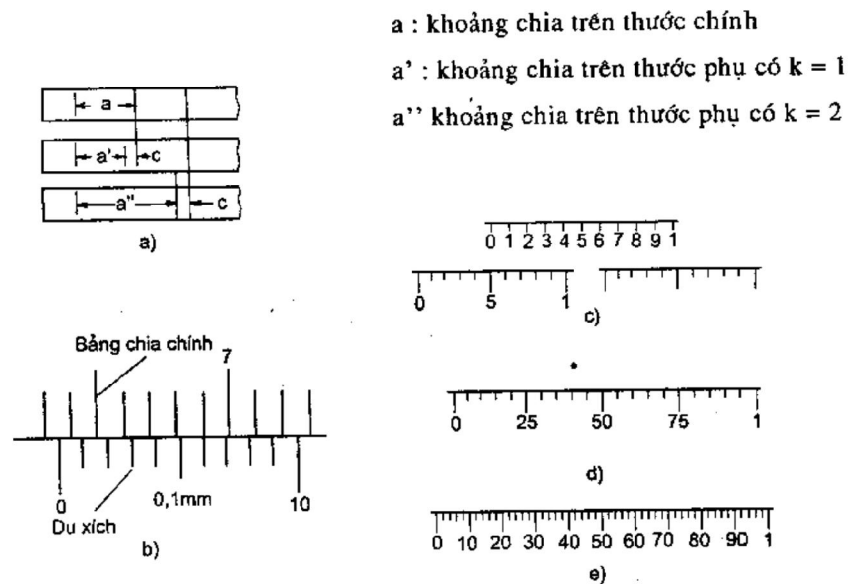
Gồm hai phần cơ bản: Thân thước mang thước chính gắn với đầu đo cố định và thước động mang thước phụ còn gọi là du xích, gắn với đầu đo động. Khoảng cách giữa hai đầu đo là kích thước đo được đọc phần nguyên trên thước chính và phần lẻ trên thước phụ. Điểm “0” của thước phụ là vật chỉ thị để đọc giá trị trên thước chính; sau đó quan sát thấy hai vạch nào trên thước chính và thước phụ trùng nhau thì vạch chia trên thước chính sẽ chỉ cho ta số đọc phần lẻ trên thước phụ.

Nói chung thước chính có giá trị chia độ là 1 mm. Giá trị chia của thước là giá trị chia của thước phụ, giá trị này phụ thuộc vào cấu tạo của từng thước cơ bản là độ lớn của khoảng chia và số vạch chia trên thước phụ. Hình 3.3 mô tả cấu tạo các kiểu thước. Gọi khoảng cách chia trên thước chính là a, nếu muốn giá trị chia độ trên thước phụ là c thì vạch chia trên thước phụ sẽ là n với:

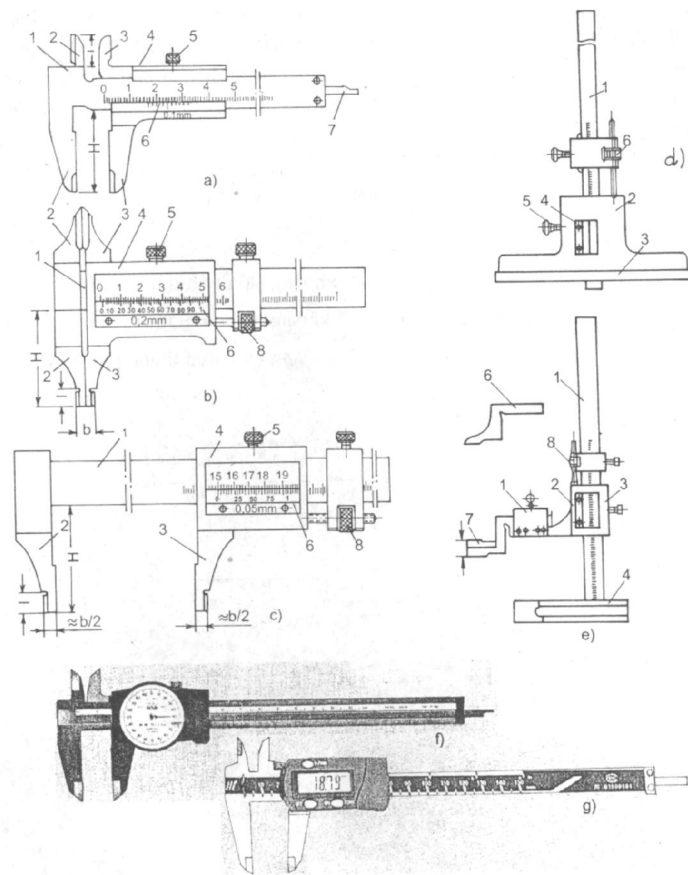
$$n = a/c$$

Bởi vậy muốn thước chính có $a = 1\text{mm}$, nếu thước phụ có $n = 20$ vạch thì giá trị chia độ của thước $c = a/n = 1/20 = 0,05\text{mm}$. Trên hình 3.3c, d, e là cấu tạo của thước phụ có $c = 0,1\text{ mm}$, $c = 0,05\text{ mm}$, $c = 0,02\text{ mm}$. Giá trị đọc số trên hình 3.3b là 63,6 mm.

Để đọc số dễ dàng, chuyển vị của thước động có thể thông qua bộ truyền thanh răng bánh răng làm quay kim chỉ thị của đồng hồ trên bảng chia với khoảng chia lớn. Loại thước cặp có đồng hồ này có thể có giá trị chia đến 0,01 mm, Chuyển vị của thước động có thể đưa vào bộ đếm cơ khí để tạo ra thước cặp hiện số cơ khí. Ngoài ra người ta còn tạo ra loại thước cặp hoặc thước đo cao hiện số kiểu điện tử bằng cách gắn thang chia chính trên thước tĩnh, đầu đọc trên thước động. Loại thước này có thể gắn với các bộ xử lý điện tử để cho ngay kết quả đo. Giá trị chia thước này đến 0,01 mm.



Hình 3.3. Cấu tạo của thước phụ



Hình 3.4. Các loại thước đo

a,b,c: các loại thước cặp thông thường; d: thước cặp đo sâu; e: thước đo cao; f: thước cặp đồng hồ; g: thước cặp hiện số điện tử.

- + Thước cặp 1/10 đo chính xác tới phần mười micrô mét
- + Thước cặp 1/20 đo chính xác tới 0,05 mm
- + Thước cặp 1/50 đo chính xác tới 0,02 mm

Cấu tạo: gồm thân thước chính 1 mang mỏ đo cố định 4, khung trượt 2, con trượt 6, du xích 3, mỏ đo động 5, vít hãm 10, 7, đai ốc 8, trên thước chính 1 có chia kích thước theo milimét

c. Nguyên lý du xích

Để dễ dàng đọc được chính xác cả phần lẻ của mm, du xích của thước cặp được chế tạo theo nguyên lý sau:

- Khoảng cách giữa 2 vạch trên thước chính là 1 mm

Khoảng cách giữa 2 vạch trên du xích nhỏ hơn khoảng cách giữa 2 vạch trên thước chính.

Cứ n khoảng trên du xích thì $n - 1$ khoảng trên thước chính là n , khoảng cách giữa 2 vạch trên du xích là b ta có

$$a(n-1) = b.n$$

từ biểu thức ta có:

$$an - a = b.n$$

$$a.n - b.n = a$$

$$a - b = a/n$$

Vậy hiệu số độ dài mỗi khoảng trên thước chính và mỗi khoảng trên du xích bằng tỷ số giữa độ dài mỗi khoảng trên thước chính với số khoảng trên du xích.

Tỷ số a/n là giá trị mỗi vạch trên du xích

Thước cặp 1/10 du xích $n = 10$ nên $a/n = 1/10 = 0,1$ tức là giá trị của thước là 0,1 mm

+ Thước cặp 1/20 du xích $n = 20$ nên $a/n = 1/20 = 0,05$ tức là giá trị của thước là 0,05 mm

+ Thước cặp 1/50 du xích $n = 50$ nên $a/n = 1/50 = 0,02$ tức là giá trị của thước là 0,02 mm

Cách sử dụng

d. Cách đo:

- Khi đo xem vạch “0” của du xích ở vị trí nào của thước chính ta đọc phần nguyên của kích thước trên thước chính

- Xem vạch nào của du xích trùng với vạch của thước chính ta đọc phần lẻ của kích thước theo vạch đó của du xích (tại vị trí trùng)

$$\text{kích thước đo } L = m + k.a/n$$

Trong đó:

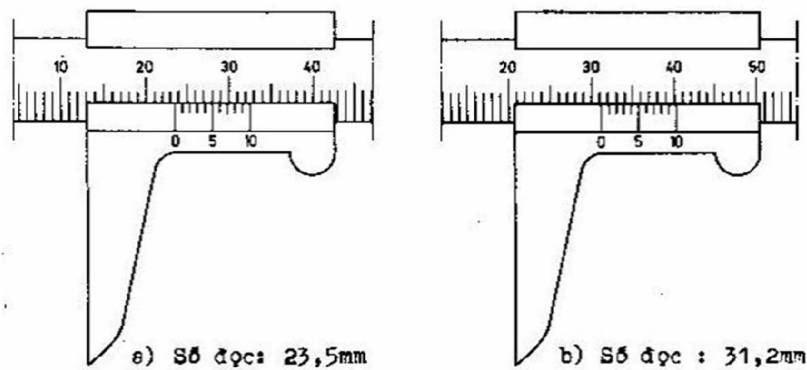
L: kích thước đo

k: vạch của du xích trùng với vạch của thước chính

m: số vạch của thước chính nằm bên trái vạch “0” của du xích

a/n : giá trị của thước

ví dụ:



Hình 3.5

* Cách bảo quản sử dụng

Không được dùng thước để đo khi vật đang quay, không đo các mặt thô, bẩn. Không ép mạnh hai vỏ đo vào vật đo, làm như vậy kích thước đo được không chính xác và thước bị biến dạng.

Cần hạn chế việc lấy thước ra khỏi vật đo để đọc trị số tránh cho mỏ thước đo bị mòn.

Thước đo xong phải đặt đúng vị trí ở trong hộp, không đặt thước trùng lên những dụng cụ khác hoặc đặt các dụng cụ khác lên thước.

Luôn giữ cho thước không bị bụi bẩn bám vào thước, nhất là bụi đá mài, phoi gang dung dịch tưới.

Hàng ngày hết ca làm việc, phải lau chùi thước bằng giẻ sạch và bôi dầu mỡ bảo quản.

3.2. Thước đo sâu đo cao :

Hai loại thước này cũng là loại thước có du xích nên về cấu tạo cơ bản giống thước cặp chỉ khác một chút về cấu tạo của mỏ đo cố định và mỏ đo động. Thước đo cao thường dùng làm dụng cụ vạch dấu. Thước đo sâu để đo chiều sâu lỗ, bậc, rãnh.

Cách đo:

- Kiểm tra độ chính xác của thước khi đo

- Khi đo giữ cho mặt phẳng của thước song song với kích thước cần đo đây nhẹ mở đo động thiết gần sát vật đo, vặn vít 7 hãm con trượt 6 với thước chính, vặn đai ốc 8 cho mỏ đo động tiếp xúc từ từ với vật đo.

- Đo trên tiết diện tròn phải đo theo 2 chiều và đo ở 3 vị trí thì kết quả đo mới chính xác.

- Trường hợp phải lấy thước ra khỏi vật đo mới đọc được kích thước thì vặn vít 10 cố định khung 2 với thước 1

- Khi đo chiều rộng rãnh, đường kính lỗ nhỏ phải cộng thêm kích thước 2 mỏ đo vào trị số đọc trên thước chính (thường kích thước 2 mỏ đo là 10 mm)

3.3. Cách bảo quản

- Không được dùng thước để đo khi vật đang quay không đo các chi tiết thô bản, không ép mạnh 2 mỏ đo vào chi tiết.

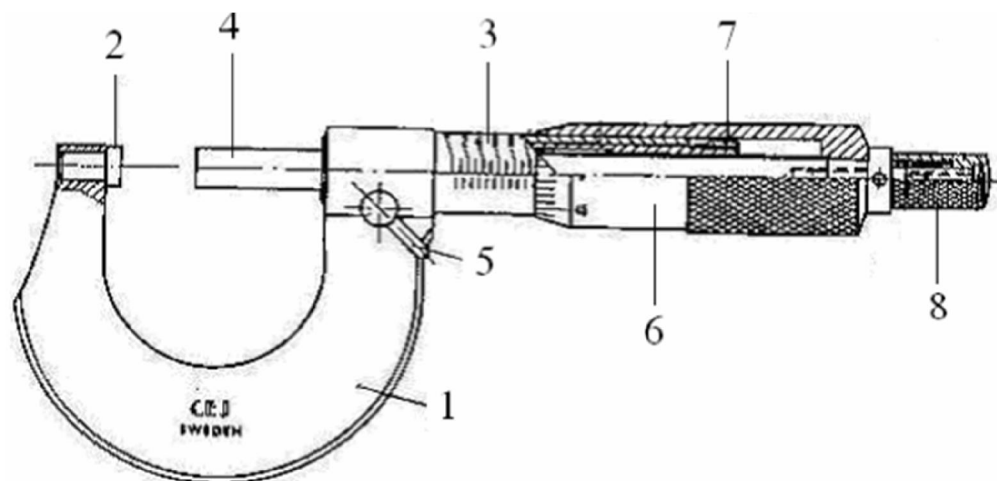
- Cần hạn chế việc lấy thước ra khỏi chi tiết đo rồi mới đọc kích thước

- Giữ gìn thước sạch sẽ, sau mỗi lần sử dụng lau sạch bằng giẻ mềm và bôi dầu, mỡ bảo quản

4. PAN ME

4.1. Nguyên lý làm việc của panme

Dụng cụ đo kiểu panme là dụng cụ đo có dùng bộ chuyển vít – đai ốc để tạo chuyển động đo. Đầu đo động được gắn với giá cố định. Thông thường bước ren vít $p = 0,5 \text{ mm}$.



Hình 3.6 Cấu tạo panme

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1: Thân | 5: Vít hãm |
| 2: Đầu đo cố định | 6: Thước động |
| 3: Ống cố định (ống xẻ rãnh) | 7: Nắp |
| 4: Đầu đo động (vít vi cấp) | 8: Núm giới hạn áp lực đo |

Thân 1 có ép chặt đầu đo cố định 2 và ống 3. Đầu bên phải của ống 3 có xẻ 3 rãnh và có ren trong để ăn khớp với phần cuối của đầu đo động 4. Bên ngoài có ren côn để vặn đai ốc 5 để điều chỉnh độ hở giữa vít 4 và đai ốc 3. vít 4 một đầu là đầu đo động, một đầu lắp cố định với ống 6 bằng nắp 7

- Trên ống 3 khắc vạch 1 mm và nửa mm

- Trên mặt côn của ống 6 chia 50 khoảng bằng nhau có 50 vạch. Bước ren của vít 4 là 0,5 mm. Vì vậy khi ống 6 quay đi một vạch (1/50 vòng) thì vít 4 sẽ tiến được một đoạn

$$- L = 0,5 \times 1/50 = 0,01 \text{ mm}$$

Ta nói giá trị mỗi vạch trên thước động 6 là 0,01 mm. Trên pan me có núm 8 ăn khớp với một chốt dùng để giới hạn áp lực đo.

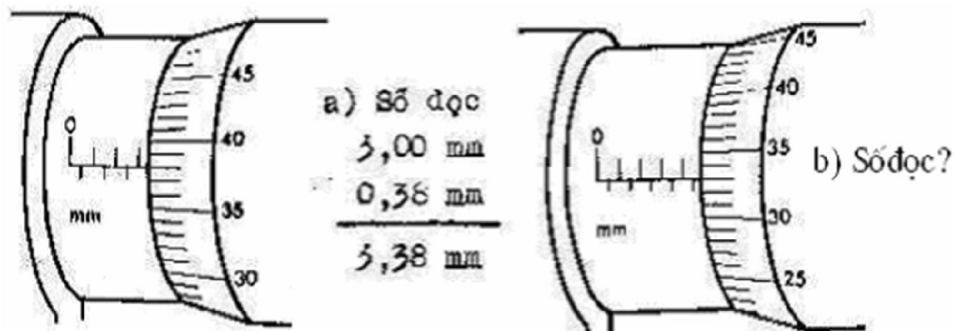
Đai ốc 10 dùng để hãm đầu đo 4 với ống 3 không bị xô dịch khi đọc trị số

4.2. Cách sử dụng (cách đọc trị số)

- Cách đọc trị số: dựa vào mép thước động 6 đọc được số mm và nửa mm trên ống cố định 3.

Dựa vào vạch chuẩn trên ống cố định 3 đọc được số phần trăm mm trên mặt côn của thước động 6.

VD:



Hình 3.7.

Trên (h a): theo mép ống 6 ta đọc được 3 mm trên ống 3. Theo vạch chuẩn trên ống 3 ta đọc được 0,38 mm trên phần côn của thước động 6. Vậy trị số đo được là

$$L = 3 \text{ mm} + 0,38 \text{ mm} = 3,38 \text{ mm}$$

Trên (h b): trị số đo học sinh thực hành

Khi đọc trị số cần chú ý phân biệt rõ vạch mm và vạch nửa mm trên ống 3 và chiều đỉnh số trên mặt côn của ống 6.

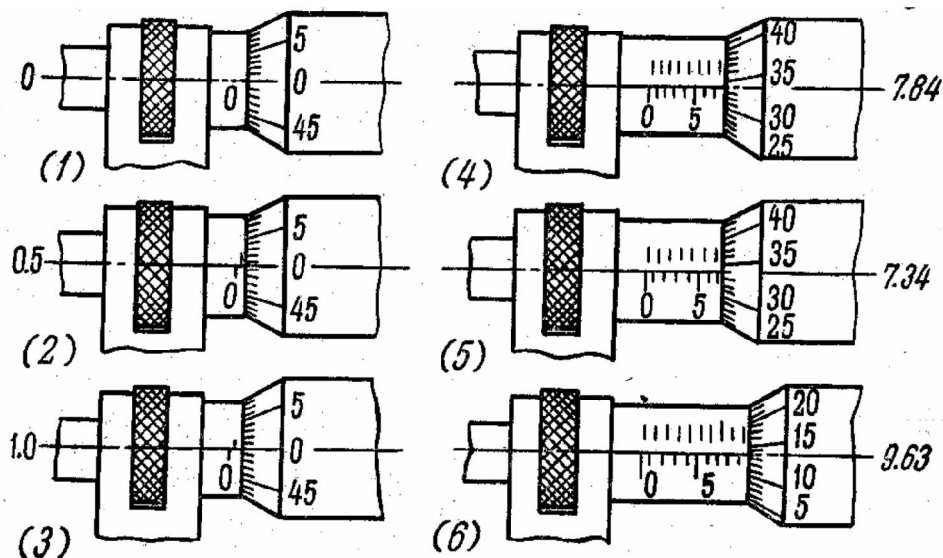
Cách đo:

- Trước khi đo cho 2 đầu đo tiếp xúc đều và khít nhau thì vạch 0 trên mặt côn của ống 6 thẳng hàng với vạch chuẩn trên ống 3. Vạch “0” trên ống 3 trùng với mép ống 0 (với pan me 0 – 25) là pan me đảm bảo độ chính xác.

- Khi đo tay trái cầm thân pan me, tay phải vặn cho đầu đo động tiến gần sát vật đo thì vặn núm 8 để đầu đo tiếp xúc với vật đo đúng áp lực đo.

- Phải giữ cho đường tâm của 2 mỏ đo trùng với đường tâm của vật đo.

- Trường hợp phải lấy pan me ra khỏi vị trí đo mới đọc được trị số thì vặn đai ốc 10 để hãm cố định đầu đo động trước khi lấy pan me ra.



Hình 3.8. Đọc panme

4.3. Cách bảo quản

- Không được dùng pan me đo khi vật đang quay không đo các mặt thô, bẩn. Không vặn trực tiếp ống 6 để mỏ đo động ép vào vật đo.

- Trường hợp bất đắc dĩ mới lấy thước ta khỏi vật đo để đọc trị số.
- Giữ gìn các mặt đo và thước cẩn thận sạch sẽ.

Trước và sau khi đo phải lau sạch các đầu đo rồi bôi dầu hoặc mỡ bảo quản rồi đặt đúng vị trí trong hộp đựng.

5. ĐỒNG HỒ SO

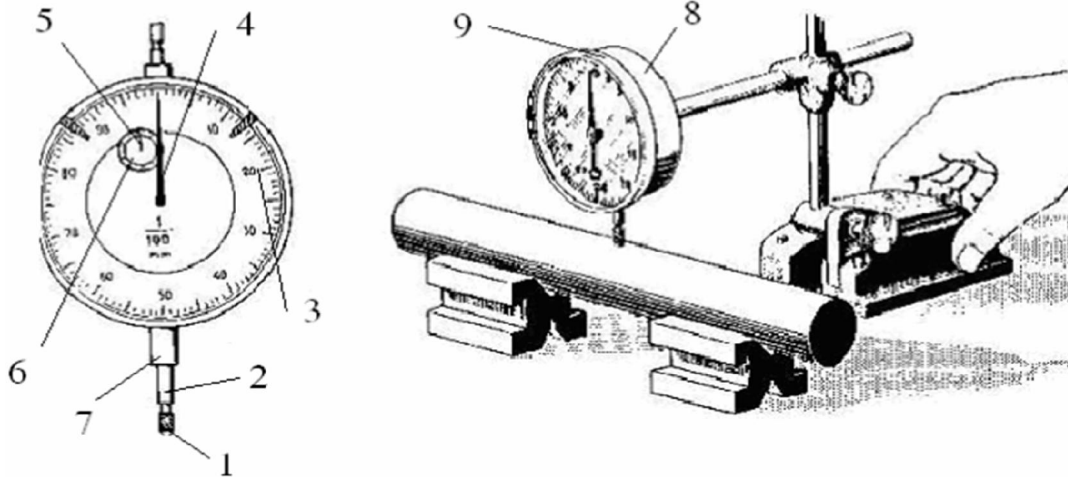
5.1. Công dụng, cấu tạo và nguyên lý làm việc của đồng hồ so

a. Công dụng

Đồng hồ so được sử dụng để kiểm tra sai lệch hình dạng hình học của chi tiết gia công như độ côn, độ cong, độ ô van đồng thời có thể kiểm tra vị trí tương đối giữa các chi tiết lắp ghép với nhau hoặc kiểm tra độ song song, độ vuông góc, độ đảo, độ không đồng trục của các chi tiết gia công hoặc lắp ráp.

b. Cấu tạo:

Đồng hồ so là dụng cụ đo được chế tạo theo nguyên tắc chuyển động của thanh răng và bánh răng. Trong đó chuyển động lên xuống của thanh đo được truyền qua hệ thống bánh răng làm quay kim đồng hồ trên mặt số.



Hình 3.9. Sơ đồ cấu tạo và sơ đồ nguyên lý của đồng hồ so

1-2 Đầu đo

7: Ống dẫn hướng

3- Mặt số lớn

8: Thân

4-5 Kim

9: Nắp

6- Mặt số nhỏ

- Mặt số lớn của đồng hồ chia 100 vạch. Giá trị mỗi vạch là 0,01 mm nghĩa là khi thanh đo 8 dịch chuyển lên xuống một đoạn 0,01 mm thì kim đồng hồ 3 quay đi một vạch. Khi kim 3 quay hết một vòng (100 vạch) thì thanh đo 8 dịch chuyển một đoạn là 1 mm và lúc đó kim 6 trên mặt số nhỏ 5 quay đi 1 vạch. Vậy giá trị 1 vạch trên mặt số nhỏ là 1 mm.

* Nguyên lý làm việc: thanh đo 8 chuyển động lên xuống làm quay bánh răng 21, 16 răng, bánh răng 22 = 100 răng lắp cùng trục với bánh răng 21 quay làm bánh răng 23 quay (23 – 10 răng) làm cho kim 3 quay.

Trên trục của bánh răng 24 có lắp kim đồng hồ 6. Lò xo 10 giữ cho thanh đo luôn đi xuống tạo áp lực đo khoảng 80 – 200 g

Lò xo 11 có tác dụng giữ cho kim đồng hồ luôn ở vị trí cân bằng (chỉ vạch 0 khi không đo)

5.2. Sử dụng và bảo quản

- Gá đồng hồ so lên giá đỡ vạn năng hoặc phụ kiện riêng.
- Tùy từng trường hợp mà điều chỉnh cho đầu đo tiếp xúc với chi tiết cần kiểm tra.
- Xoay cho mặt số lớn cho kim đồng hồ chỉ đúng vạch “0” sau đó di chuyển đồng hồ cho đầu đo tiếp xúc suốt trên mặt chi tiết cần kiểm tra
 - Vừa di chuyển vừa theo dõi để đọc trị số trên đồng hồ.
 - Trong quá trình sử dụng phải nhẹ nhàng tránh va đập làm vỡ mặt đồng hồ
 - Không dùng tay ấn mạnh vào đầu đo
 - Khi sử dụng xong phải đặt đồng hồ vào đúng vị trí trong hộp đựng để ở nơi thoáng mát.
 - Không có nhiệm vụ sửa chữa tuyệt đối không được tháo đồng hồ ra.

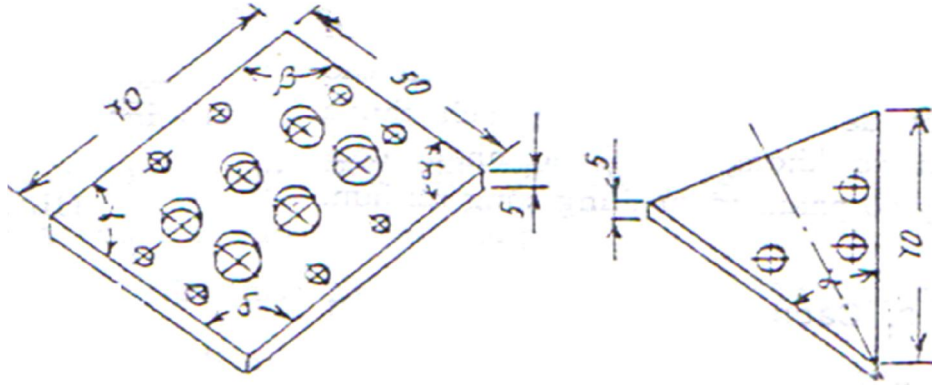
6. DỤNG CỤ ĐO GÓC

6.1. Công dụng và cấu tạo của góc mẫu, êke, thước đo góc vạn năng

6.1.1. Góc mẫu

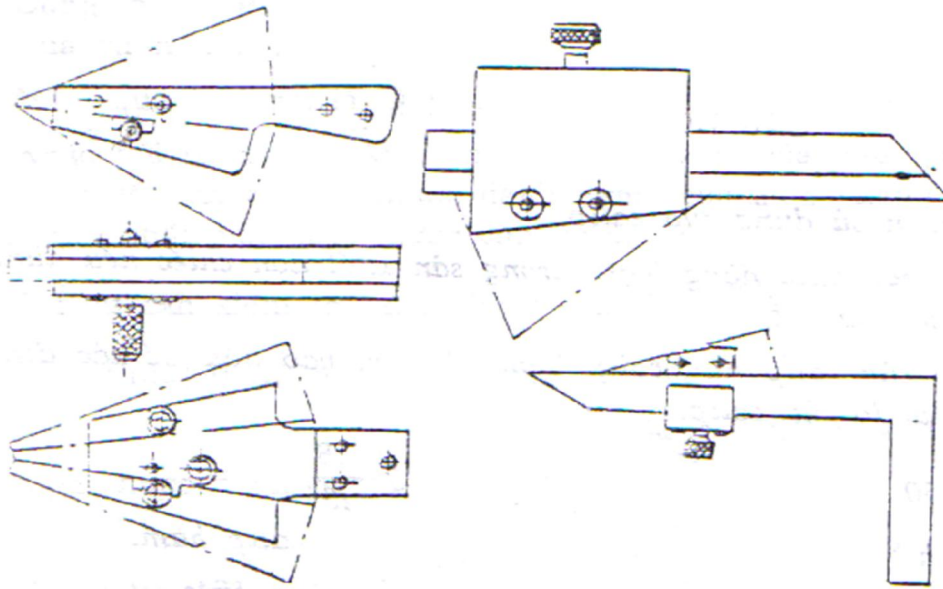
Góc mẫu dùng để đo, kiểm tra góc, chia khắc vạch trên các dụng cụ đo góc, kiểm tra các calíp đo góc.

Góc mẫu là những khối thép được chế tạo chính xác theo hai loại: loại tam giác và loại tứ giác (hình 3.10). Loại hình tam giác có một góc đo, loại hình tứ giác có 4 góc đo. Trị số đo của các góc cách nhau 1° , cách nhau $10'$, cách nhau $1''$ và có góc mẫu trong đó một góc bằng $10^\circ 00' 30''$.



Hình 3.10. Góc mẫu tam giác và góc mẫu tứ giác

Cũng như căn mẫu, góc mẫu được chế tạo thành từng bộ 94 miếng, 36 miếng, 19 miếng và bộ 5 miếng.

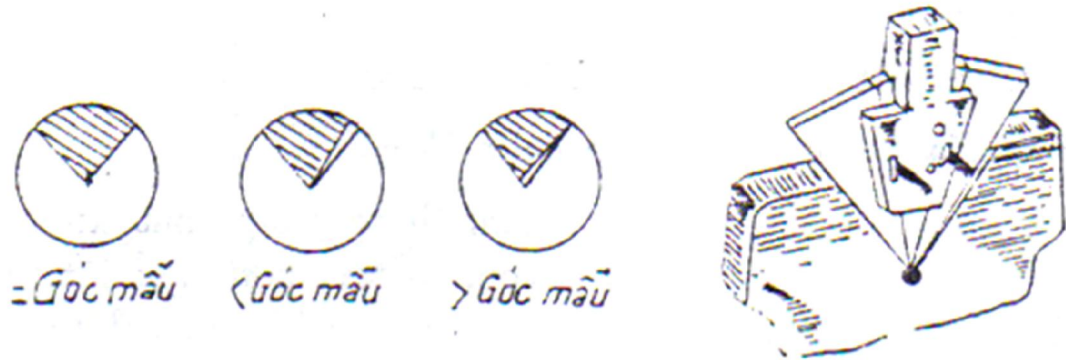


Hình 3.11. Dụng cụ ghép các góc mẫu

Khi dùng góc mẫu, có thể dùng từng miếng riêng hoặc có thể ghép nhiều miếng lại với nhau bằng những dụng cụ kẹp (hình 3.11). Phạm vi đo của góc mẫu từ 10° đến 350° (cách nhau $30''$).

Phương pháp chọn góc mẫu cũng tương tự như phương pháp chọn căn mẫu.

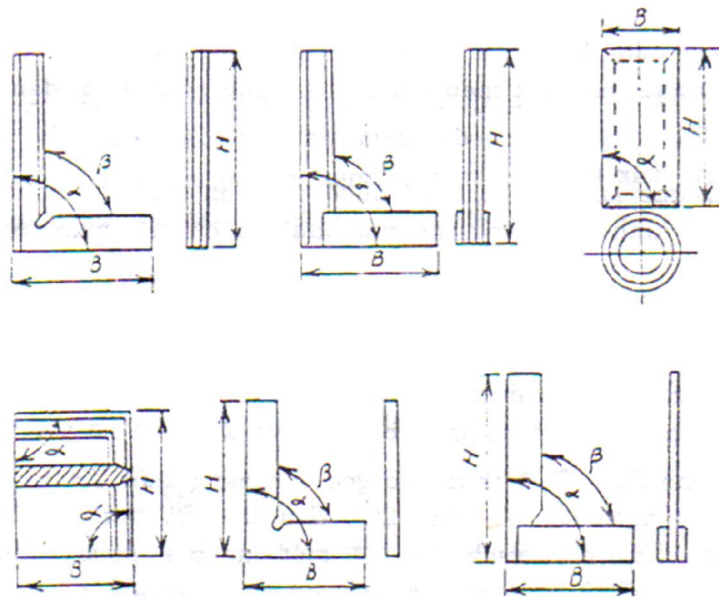
Khi đo, đặt góc mẫu sát vào cạnh của góc cần kiểm tra, sau đó đưa lên ngang tầm mắt nhìn khe sáng giữa hai mặt tiếp xúc giữa góc mẫu và vật đo; nếu khe sáng đều thì góc của vật đo đúng với góc mẫu (hình 3.12).



Hình 3.12. Cách sử dụng góc mẫu

Góc mẫu được chế tạo theo hai cấp chính xác. Góc mẫu chính xác cấp 1 cho phép dung sai của góc là $\pm 10''$. Góc mẫu chính xác cấp 2 cho phép dung sai của góc là $\pm 30''$. Độ thẳng của các mặt đo của góc mẫu cho phép sai lệch 0,3 μm trên chiều dài các cạnh.

6.1.2 Thước eke



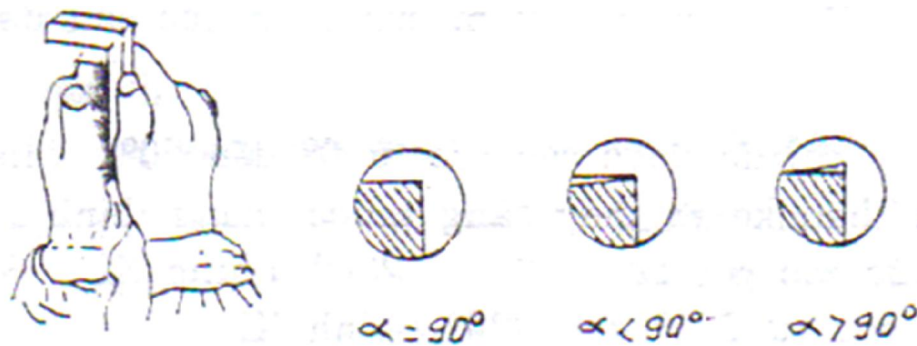
Hình 3.13. Thước eke sử dụng trong kỹ thuật

Êke chủ yếu dùng để kiểm tra góc vuông, êke còn được dùng nhiều trong việc vạch dấu, kiểm tra độ sáng của mặt phẳng, kiểm tra vị trí tương đối của các chi tiết khi lắp ráp, kiểm tra độ chính xác của máy.

Trong chế tạo cơ khí, thường dùng các loại ke 90° , 120° , trong đó êke 90° được dùng nhiều hơn.

Êke thường chế tạo bằng thép cacbon dụng cụ Y8 hoặc thép hợp kim dụng cụ X hoặc XΓ.

Khi dùng ke để kiểm tra góc vuông, ta áp một cạnh của ke sát với một mặt góc vuông của vật; đưa cả vật và êke lên ngang tầm mắt, nhìn khe sáng giữa cạnh kia của ke và mặt vuông góc của vật. Nếu khe sáng giữa cạnh êke và mặt phẳng đều thì góc của vật bằng góc của êke. Nếu khe sáng lớn dần ra phía ngoài thì góc của vật nhỏ hơn góc của êke và ngược lại (hình vẽ 3.20).

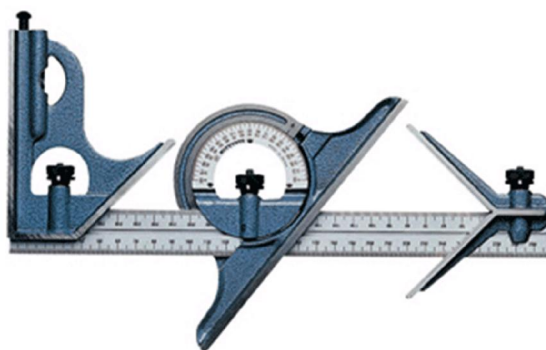


Hình 3.14. Sử dụng êke

6.1.3 Thước đo góc vạn năng

a. Công dụng

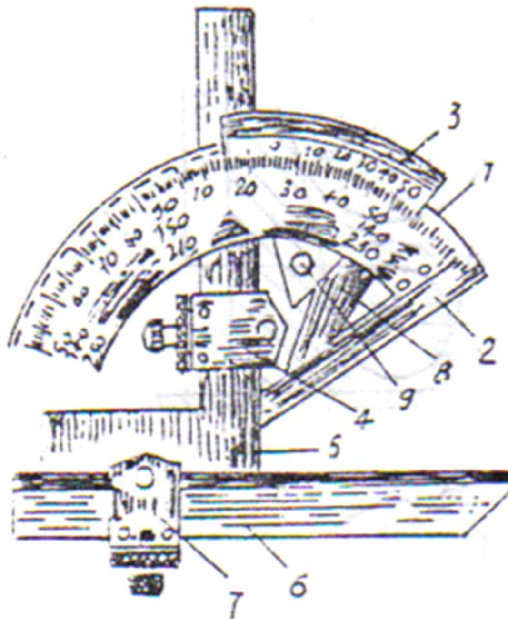
Thước đo góc vạn năng sử dụng một thước đo góc và một cây thước thẳng được gắn với nhau sao cho thước đo góc di chuyển được trong thước thẳng. Thước đo góc vạn năng có độ chính xác cao nhất. Muốn xác định trị số thực của góc ta dùng loại thước này.



Hình 3.15. Thước đo góc vạn năng

b. Cấu tạo

Thước đo góc vạn năng kiểu YH của Liên Xô, dùng để đo các góc trong và góc ngoài từ 0° đến 320° . Cấu tạo của thước gồm có thước chính 1 hình quạt, trên thước chính chia vạch theo độ, một đầu của thước chính có ghép cố định thanh 2 làm mặt đo. Du xích 3 và thước chính 1 có thể chuyển động tương đối được với nhau. Phần 8 ghép liền với du xích 3 và lắp với ke 5 bằng kẹp 4. Ke 5 lắp với thước thẳng 6 bằng kẹp 7. Núm vặn 9 dùng để điều chỉnh vị trí của thước chính.



Hình 3.16. Thước đo góc vạn năng kiểu YH

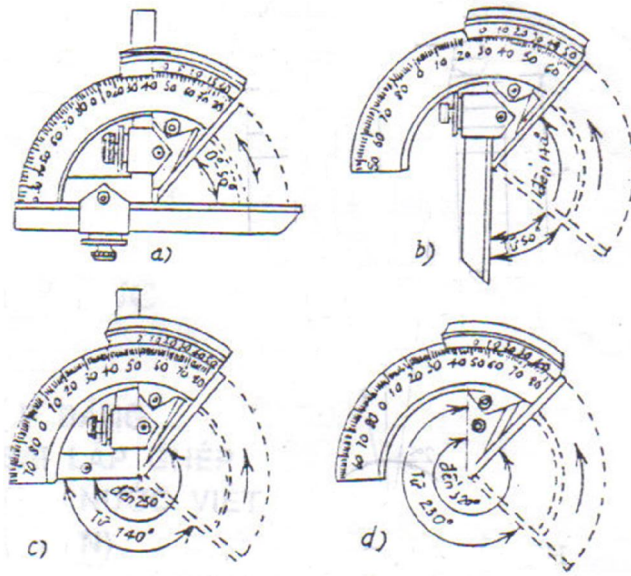
Khi sử dụng, tùy theo độ lớn và đặc điểm của từng góc cần đo, có thể lắp thước theo nhiều cách khác nhau để đo.

Khi lắp cả thước và ke thì đo được các góc 0° đến 50° (hình 3.17.a). Khi đo các góc từ 50° đến 140° thì tháo ke ra thay bằng thước thẳng (hình 3.17.b). Khi lắp ke, bỏ thước thẳng ra sẽ đo được các góc từ 140° đến 230° (hình 3.17.c). Khi không lắp ke và thước thẳng sẽ đo được các góc từ 230° đến 320° .

Thước chính có thể điều chỉnh lên xuống trên ke để đo những góc không có đỉnh nhọn.

Nguyên lý du xích của thước đo vạn năng giống như nguyên lý của thước cặp. Vì thế, cách đọc trị số đo cũng giống như cách đọc trị số đo trên thước cặp.

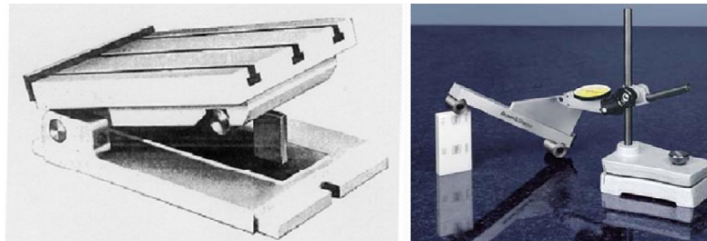
Ta thường gặp loại thước có $a = 1^\circ$; $n = 30$ do đó $\frac{a}{n} = \frac{1^\circ}{30} = \frac{60'}{30} = 2'$. Như vậy, giá trị mỗi vạch trên du xích của thước đo góc vạn năng này là $2'$.



Hình 3.17. Phương pháp sử dụng thước đo góc

6.2 Cấu tạo và nguyên lý của thước sin

a. Cấu tạo



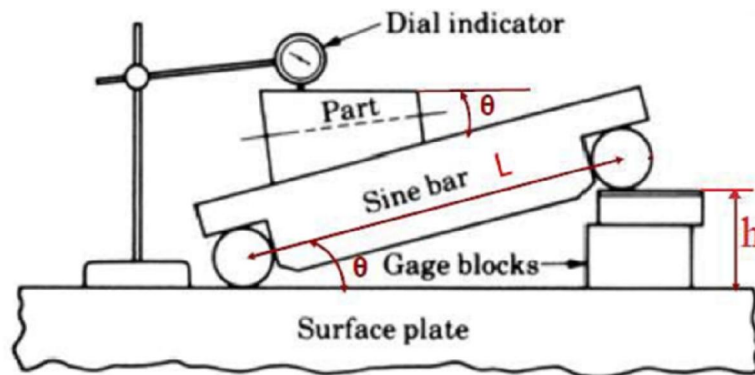
Hình 3.18: Cấu tạo của thước sin

b. Nguyên lý làm việc

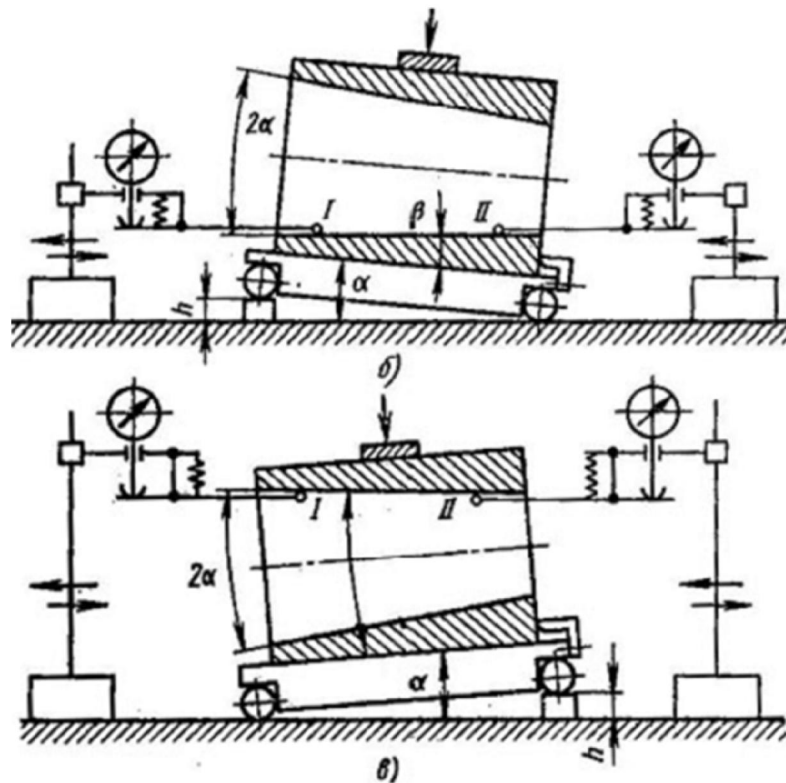
Hai hình trụ (hoặc con lăn) bằng nhau về đường kính được lắp ở phần cuối của thước.

Khoảng cách giữa hai con lăn phải chính xác thường 127mm hoặc 254mm.

Một con lăn hình trụ sẽ được đặt trên mặt phẳng chuẩn còn con lăn còn lại được đặt trên khối căn mẫu với độ cao là h . lúc này $\sin\theta = h/l$.



Hình 3.19. Gá đặt thước sin



Hình 3.20. Sử dụng thước sin đo góc nghiêng của mặt côn

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Câu 1. Nêu công dụng, cấu tạo và đặc điểm của căn mẫu?

Câu 2. Trình bày cách sử dụng và bảo quản căn mẫu?

Câu 3. Trình bày nguyên lý cấu tạo, cách sử dụng và bảo quản các loại panme?

Câu 4. Nêu cách đọc trị số đo trên panme, những chú ý trong quá trình sử dụng, bảo quản?

Câu 5. Trình bày công dụng và cách sử dụng đồng hồ so?

Câu 6. Trình bày những nội dung cơ bản của các phương pháp đo góc? Cho biết ưu khuyết điểm và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]- An Hiệp – Trần Vĩnh Hưng, *Dung sai và đo lường cơ khí*, Nhà xuất bản giao thông vận tải

[2]- PGS. TS Ninh Đức Tôn, *Giáo trình dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường*, Vụ trung học chuyên nghiệp dạy nghề, Nhà xuất bản giáo dục

[3]- PGS. TS Ninh Đức Tôn, *Dung sai và lắp ghép*, Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam

[4] – *Các tiêu chuẩn Nhà nước Việt Nam về Dung sai*