



ISO 9001:2000

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

TRẦN QUỐC HÙNG



GIÁO TRÌNH

DUNG SAI - KỸ THUẬT ĐO

EBOOKBKMT.COM

HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP



NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRẦN QUỐC HÙNG

GIÁO TRÌNH
DUNG SAI - KỸ THUẬT ĐO

(Giáo trình dùng cho sinh viên ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

LỜI NÓI ĐẦU

Môn học *Dung sai – Kỹ thuật đo* là môn học cơ sở và được giảng dạy cho sinh viên ngành Công nghệ Kỹ thuật Cơ khí với các chuyên ngành như Công nghệ Chế tạo máy, Công nghệ Kỹ thuật Ô tô, Công nghệ kỹ thuật cơ điện tử ở bậc Cao đẳng và Đại học ... của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Môn học nhằm cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản nhất về dung sai và lắp ghép các mối ghép thường dùng trong ngành chế tạo máy, cách giải quyết bài toán về độ chính xác của các chi tiết máy trên cơ sở các yêu cầu kỹ thuật của máy hay bộ phận máy cũng như giới thiệu một số phương pháp đo và dụng cụ đo thông dụng để đo kiểm các thông số hình học của chi tiết máy.

Với mục đích trên, quyển sách này được biên soạn dùng làm giáo trình cho môn học *Dung sai – Kỹ thuật đo* đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành có liên quan khi học các môn học khác, khi thực hiện các đề án môn học hoặc đề án tốt nghiệp.

Dựa trên đề cương môn học, tác giả cố gắng lựa chọn lượng kiến thức vừa đủ và cơ bản nhất, phù hợp với sinh viên của nhiều chuyên ngành, nhiều hệ đào tạo khác nhau. Các bài đọc thêm trong một số chương nhằm tăng cường thêm một số kiến thức có thể giúp ích cho sinh viên chuyên ngành trong quá trình học môn học này. Tuy vậy, chắc chắn quyển sách này không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Tác giả rất mong nhận được mọi ý kiến đóng góp của người đọc. Xin chân thành cảm ơn.

Tác giả

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
PHẦN I: DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP	7
<i>Chương I. Các khái niệm cơ bản</i>	7
1.1. Các khái niệm cơ bản về dung sai và lắp ghép	7
1.2. Khái niệm về tính đối lẫn chức năng	17
<i>Chương II. Dung sai và lắp ghép bề mặt trơn</i>	23
2.1. Khái niệm về miền dung sai	23
2.2. Hệ thống dung sai	27
2.3. Ghi ký hiệu dung sai và lắp ghép trên bản vẽ	29
2.4. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép bề mặt trơn	31
Bài đọc thêm: Dung sai kích thước góc	59
<i>Chương III. Sai lệch hình dạng và vị trí – Nhám bề mặt</i>	65
3.1. Sai lệch hình dạng và sai lệch vị trí	65
3.2. Nhám bề mặt	83
<i>Chương IV. Dung sai và lắp ghép các chi tiết điển hình</i>	95
4.1. Dung sai và lắp ghép ổ lăn	95
4.2. Dung sai và lắp ghép mối ghép then và then hoa	106
4.3. Dung sai và lắp ghép mối ghép ren	113
Bài đọc thêm: Dung sai truyền động bánh răng	134
<i>Chương V. Chuỗi kích thước</i>	145
5.1 Khái niệm	145
5.2 Giải chuỗi kích thước	148
5.3 Ghi kích thước trên bản vẽ chi tiết	157

<i>Chương VI. Các vấn đề cơ bản của kỹ thuật đo</i>	175
6.1. Khái niệm	175
6.2. Các phương pháp đo và kiểm tra cơ bản	177
6.3. Các đặc trưng đo lường của thiết bị đo	180
6.4. Sai số đo	182
6.5. Xử lý kết quả đo	183
<i>Chương VII. Đo kích thước dài</i>	189
7.1. Khái niệm	189
7.2. Các loại dụng cụ đo kiểu cơ khí thông dụng	190
Bài đọc thêm: Máy đo quang học	211
<i>Chương VIII. Đo kích thước góc</i>	217
8.1. Đo góc bằng phương pháp đo trực tiếp	217
8.2. Đo góc bằng phương pháp đo gián tiếp	224
Bài đọc thêm: Đo kiểm ren	232
<i>Chương IX. Đo sai lệch hình dạng và vị trí</i>	239
9.1. Đo sai lệch hình dạng	239
9.2. Đo sai lệch vị trí tương quan giữa các bề mặt	246
Bài đọc thêm: Máy đo độ tròn – Máy đo tọa độ	258
Bảng thuật ngữ	261
Phụ lục	267
Tài liệu tham khảo	317

Phần I
DUNG SAI LẮP GHÉP

Chương I

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Mục tiêu chương I: sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. Trình bày được các khái niệm cơ bản về dung sai và lắp ghép.
2. Phân biệt được các nhóm lắp ghép: lắp ghép có độ hở, lắp ghép có độ dôi và lắp ghép trung gian.
3. Tính toán được các thông số đặc trưng của lắp ghép và của các chi tiết tham gia trong lắp ghép.
4. Trình bày được khái niệm về tính đối lẫn chức năng.
5. Phân biệt được hai hình thức đối lẫn chức năng: đối lẫn hoàn toàn và đối lẫn không hoàn toàn.

1.1 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

1.1.1 Kích thước

Kích thước là giá trị bằng số của đại lượng đo chiều dài (đường kính, chiều dài ...) theo đơn vị đo được lựa chọn.

Trong ngành cơ khí, đơn vị đo thường dùng cho kích thước dài là milimét (mm) và qui ước không cần ghi ký hiệu "mm" trên bản vẽ.

1. Kích thước danh nghĩa

Kích thước danh nghĩa là kích thước mà dựa vào chức năng và điều kiện làm việc của chi tiết để tính toán xác định và chọn theo trị số kích thước tiêu chuẩn.

Ký hiệu kích thước danh nghĩa của lỗ (hay bề mặt bao) là D và của trục (hay bề mặt bị bao) là d .

Kích thước danh nghĩa phải được tiêu chuẩn hóa như vậy là để giảm bớt số lượng cỡ phôi thanh, số lượng dụng cụ cắt, dụng cụ đo lường và các trang bị công nghệ khác cho việc chế tạo và kiểm tra chi tiết. Việc hạn chế số lượng các kích thước được sử dụng còn làm giảm được chủng loại sản phẩm và các chi tiết đã được tiêu chuẩn hóa (vít, bulông, chốt, lò xo, bánh răng ...). Do đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc chế tạo và nâng cao mức lắp lẫn.

Kích thước tiêu chuẩn gồm 4 dãy số cấp số nhân có công bội lần lượt là $\sqrt[5]{10}$ (1,6), $\sqrt[10]{10}$ (1,25), $\sqrt[20]{10}$ (1,12), $\sqrt[40]{10}$ (1,06) với số hạng đầu là

0,001mm và số hạng cuối là 20.000mm. Đây là những dãy số Renard được ký hiệu lần lượt là R_a5 , R_a10 , R_a20 , R_a40 (bảng 1.1). Khi sử dụng nên ưu tiên chọn các kích thước trong các dãy theo thứ tự trên. Trong trường hợp có lý do đặc biệt về kỹ thuật, tiêu chuẩn cho phép sử dụng dãy R_a80 ($\sqrt[80]{10} = 1,03$).

2. Kích thước thực

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

Trong thực tế, không thể xác định kích thước thực một cách chính xác tuyệt đối và cũng khó đạt được độ chính xác cao nhất như trên. Do đó, tiêu chuẩn cho phép xem kích thước thực là kích thước được xác định bằng cách đo với sai số cho phép.

Sau khi gia công, kích thước thực của loạt chi tiết thường không giống nhau và cũng không giống với kích thước danh nghĩa do tác động của các loại sai số phát sinh trong quá trình gia công.

Ký hiệu kích thước thực của lỗ (hay bề mặt bao) là D_t và của trục (hay bề mặt bị bao) là d_t .

3. Kích thước giới hạn

Kích thước giới hạn là kích thước lớn nhất và nhỏ nhất giới hạn phạm vi cho phép của kích thước chi tiết.

Như vậy có hai kích thước giới hạn và được ký hiệu như sau:

- Kích thước giới hạn lớn nhất (Ký hiệu D_{\max} , d_{\max})
- Kích thước giới hạn nhỏ nhất (Ký hiệu D_{\min} , d_{\min})

Đó là hai giới hạn của kích thước mà người thiết kế phải xác định sao cho vừa đảm bảo yêu cầu làm việc của chi tiết vừa phải thỏa mãn điều kiện gia công được một cách kinh tế nhất. Chi tiết gia công được xem là đạt yêu cầu về kích thước khi kích thước thực của nó phải thỏa mãn bất đẳng thức sau:

$$D_{\min} \leq D_t \leq D_{\max} \quad (\text{đối với chi tiết lỗ}) \quad (1.1a)$$

$$d_{\min} \leq d_t \leq d_{\max} \quad (\text{đối với chi tiết trục}) \quad (1.1b)$$

Bảng 1.1: Dãy kích thước tiêu chuẩn

R_a5	R_a10	R_a20	R_a40	R_a5	R_a10	R_a20	R_a40	R_a5	R_a10	R_a20	R_a40	R_a5	R_a10	R_a20	R_a40				
1	1	1	1	10	10	10	10	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000				
			1,05				10,5				105				1060				
		1,1	11			110	1120												
		1,15	11,5			120	1180												
	1,2	1,2	1,2	12	12	12	125	125	125	125	1250	1250	1250	1250	1250				
			1,3			13									130	1320			
		1,4	14		140	1400													
		1,5	15		150	1500													
		1,6	1,6		1,6	1,6		16	16	16	16	160	160	160	160	1600	1600	1600	1600
						1,7					17				170				1700
1,8	18			180	1800														
1,9	19			190	1900														
2,0	2,0		2,0	20	20	20	200	200	200	200	2000	2000	2000	2000	2000				
			2,1			21									210	2120			
	2,2		22		220	2240													
	2,4		24		240	2360													
	2,5		2,5		2,5	2,5		25	25	25	25	250	250	250	250	2500	2500	2500	2500
						2,6					26				260				2650
2,8		28		280	2800														
3,0		30		300	3000														
3,2		3,2	3,2	32	32	32	320	320	320	320	3150	3150	3150	3150	3150				
			3,4			34									340	3350			
		3,6	36		360	3550													
		3,8	38		380	3750													
		4,0	4,0		4,0	4,0		40	40	40	40	400	400	400	400	4000	4000	4000	4000
						4,2					42				420				4250
4,5	45			450	4500														
4,8	48			480	4750														
5,0	5,0		5,0	50	50	50	500	500	500	500	5000	5000	5000	5000	5000				
			5,3			53									530	5300			
	5,6		56		560	5600													
	6,0		60		600	6000													
	6,3		6,3		6,3	6,3		63	63	63	63	630	630	630	630	6300	6300	6300	6300
						6,7					67				670				6700
7,1		71		710	7100														
7,5		75		750	7500														
8,0		8,0	8,0	80	80	80	800	800	800	800	8000	8000	8000	8000	8000				
			8,5			85									850	8500			
		9,0	90		900	9000													
		9,5	95		950	9500													

1.1.2 Sai lệch giới hạn

Sai lệch giới hạn là hiệu đại số giữa kích thước giới hạn và kích thước danh nghĩa.

Ứng với hai kích thước giới hạn sẽ có hai sai lệch giới hạn.

1. Sai lệch giới hạn trên (Ký hiệu ES, es): hiệu đại số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước danh nghĩa.

$$\text{Đối với lỗ} \quad ES = D_{\max} - D \quad (1.2a)$$

$$\text{Đối với trục} \quad es = d_{\max} - d \quad (1.2b)$$

2. Sai lệch giới hạn dưới (Ký hiệu EI, ei): hiệu đại số giữa kích thước giới hạn nhỏ nhất và kích thước danh nghĩa.

$$\text{Đối với lỗ} \quad EI = D_{\min} - D \quad (1.3a)$$

$$\text{Đối với trục} \quad ei = d_{\min} - d \quad (1.3b)$$

Ghi chú:

- Sai lệch giới hạn có thể dương, âm hoặc bằng 0.
- Sai lệch giới hạn trên luôn luôn lớn hơn sai lệch giới hạn dưới.
- Đơn vị của sai lệch giới hạn có thể là mm hoặc μm .

1.1.3 Dung sai

Dung sai là hiệu giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước giới hạn nhỏ nhất.

Ký hiệu của dung sai là T

$$\text{Đối với lỗ} \quad T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (1.6a)$$

$$\text{Đối với trục} \quad T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (1.6b)$$

Ghi chú:

- Dung sai luôn luôn dương ($T > 0$).
- Dung sai có thể được bố trí đối xứng (gọi là dung sai đối xứng) hoặc không đối xứng qua đường 0 (gọi là dung sai không đối xứng).
- Đơn vị của dung sai có thể là mm hoặc μm .

Trên bản vẽ chi tiết, một kích thước nào đó sẽ được ghi gồm các yếu tố sau:

2 Kích thước danh nghĩa.

2 Sai lệch giới hạn (trên và dưới). Tất cả đều phải cùng một đơn vị là mm.

Ví dụ: Bề mặt lỗ: $\Phi 30^{+0,033}$; $\Phi 65^{+0,035}_{-0,020}$; $\Phi 150 \pm 0,020$

Bề mặt trục: $\Phi 80^{+0,089}_{+0,059}$; $\Phi 100_{-0,046}$

Các dạng khác: $45 \pm 0,05$; $250_{-0,105}$; $125^{+0,072}_{-0,107}$

1.1.4 Lắp ghép

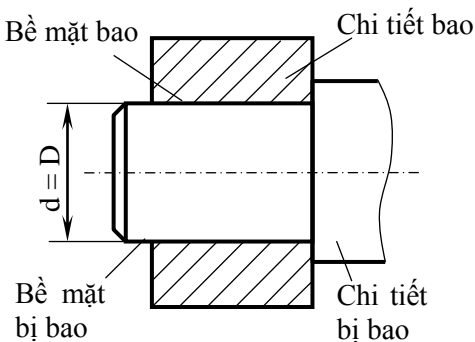
Lắp ghép là sự phối hợp giữa hai hay nhiều chi tiết với nhau để thành một bộ phận máy hay một máy có ích. Ví dụ như đai ốc lắp với bulông có tác dụng bắt chặt; bánh răng lắp với trục để truyền chuyển động hoặc biến đổi chuyển động; pittông lắp với xy lanh trong hệ thống động cơ nổ ...

Trong một mối ghép, có các khái niệm sau:

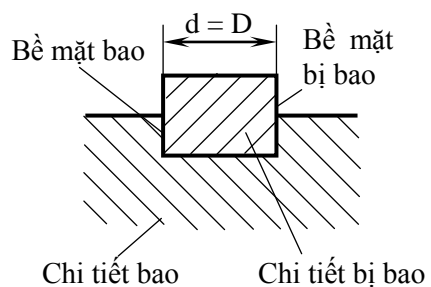
– Bề mặt tiếp xúc giữa hai chi tiết lắp ghép với nhau gọi là bề mặt lắp ghép.

– Kích thước của bề mặt lắp ghép là kích thước lắp ghép. Một lắp ghép bao giờ cũng có chung một kích thước danh nghĩa cho cả hai chi tiết lắp ghép và được gọi là kích thước danh nghĩa của lắp ghép.

– Bề mặt lắp ghép được chia làm hai loại: bề mặt bao và bề mặt bị bao. Bề mặt lắp ghép có thể là mặt trụ (hình 1.1) hay các mặt phẳng song song (hình 1.2).



Hình 1.1: Lắp ghép mặt trụ



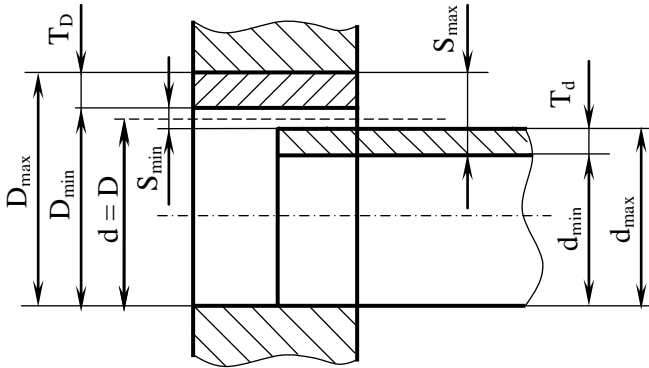
Hình 1.2: Lắp ghép mặt phẳng

– Đặc tính của lắp ghép được xác định bởi hiệu số giữa kích thước bao và kích thước bị bao. Dựa vào đặc tính này, lắp ghép được phân làm ba nhóm như sau:

1. Lắp ghép có độ hở

Lắp ghép có độ hở là lắp ghép trong đó kích thước bao luôn luôn lớn hơn kích thước bị bao để tạo thành độ hở trong lắp ghép (hình 1.3). Độ hở trong lắp ghép được ký hiệu là S .

Lắp ghép có độ hở được sử dụng trong trường hợp các chi tiết có chuyển động tương đối với nhau sau khi lắp. Chuyển động tương đối đó có thể là chuyển động quay, chuyển động tịnh tiến hoặc chuyển động lắc.



Hình 1.3: Lắp ghép có độ hở

Đặc trưng của lắp ghép này là:

+ Độ hở lớn nhất: $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ (1.7a)

+ Độ hở nhỏ nhất: $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$ (1.7b)

+ Độ hở trung bình: $S_{tb} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$ (1.7c)

+ Dung sai độ hở: $T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d$ (1.7d)

2. Lắp ghép có độ dôi

Lắp ghép có độ dôi là lắp ghép trong đó kích thước bao luôn luôn nhỏ hơn kích thước bị bao để tạo thành độ dôi trong lắp ghép (hình 1.4). Độ dôi trong lắp ghép được ký hiệu là N .

Lắp ghép có độ dôi được sử dụng trong trường hợp các chi tiết cần cố định với nhau sau khi lắp. Độ dôi phải đủ lớn để thắng được ngoại lực tác dụng và giữ chặt hai chi tiết với nhau trong quá trình làm việc.

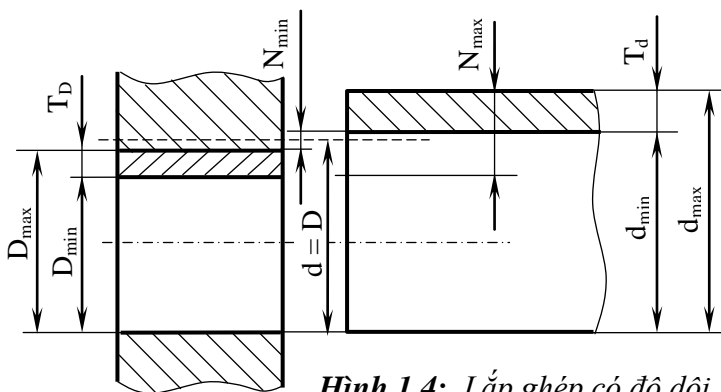
Đặc trưng của lắp ghép này là:

+ Độ dôi lớn nhất: $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$ (1.8a)

+ Độ dôi nhỏ nhất: $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES$ (1.8b)

+ Độ dôi trung bình:
$$N_{tb} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} \quad (1.8c)$$

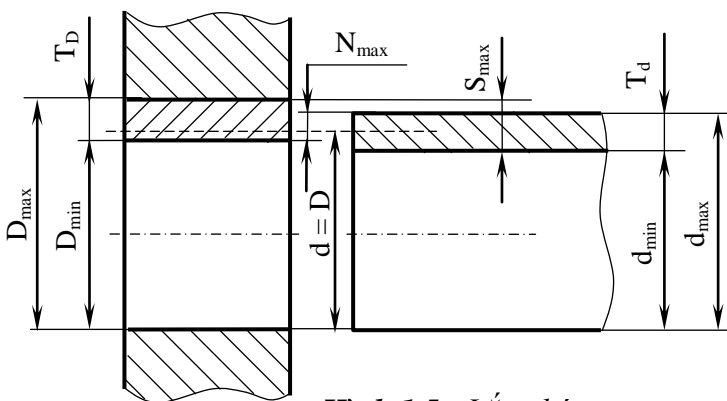
+ Dung sai độ dôi:
$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d \quad (1.8d)$$



Hình 1.4: Lắp ghép có độ dôi

3. Lắp ghép trung gian

Lắp ghép trung gian là lắp ghép trong đó có thể có độ hở hoặc độ dôi tùy theo kích thước thực của cặp chi tiết lắp ghép với nhau (hình 1.5)



Hình 1.5: Lắp ghép trung gian

Đặc trưng của lắp ghép này là:

+ Độ hở lớn nhất:
$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1.9a)$$

+ Độ dôi lớn nhất:
$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI \quad (1.9b)$$

+ Dung sai lắp ghép:
$$T_{S,N} = N_{\max} + S_{\max} = T_D + T_d \quad (1.9c)$$

1.1.5 Sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép

Để biểu diễn một lắp ghép đơn giản và nhanh chóng, người ta vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép theo qui ước như sau:

– Lập một hệ trục tọa độ vuông góc, trong đó trục hoành biểu thị cho vị trí của kích thước danh nghĩa (gọi là đường 0 vì tại vị trí đó sai lệch của kích thước bằng 0) và trục tung biểu thị cho giá trị của sai lệch giới hạn theo μm .

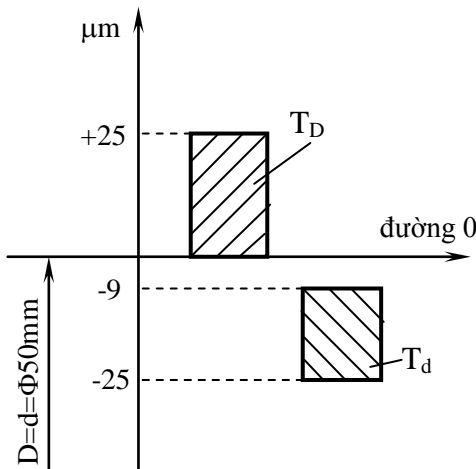
– Lần lượt vẽ miền dung sai của lỗ và trục. Sai lệch giới hạn có thể ở trên đường 0 nếu là sai lệch dương và ở dưới đường 0 nếu là sai lệch âm.

Ghi chú:

+ Trên trục tung, ghi các giá trị sai lệch giới hạn của lỗ và trục theo μm .

+ Trên sơ đồ, miền dung sai của lỗ và trục được biểu thị bằng các hình chữ nhật có chiều ngang tùy ý và được gạch chéo trái chiều nhau.

Ví dụ: Vẽ sơ đồ phân bố dung sai lắp ghép của lỗ và trục có kích thước sau: $D = \Phi 50^{+0,025}$; $d = \Phi 50_{-0,050}^{-0,009}$



Hình 1.6: Sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép

Dựa vào sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép, có thể dễ dàng xác định:

- + Kích thước giới hạn của lỗ và trục.
- + Sai lệch giới hạn của lỗ và trục.
- + Dung sai của lỗ và trục.

+ Đặc tính của lắp ghép: lắp ghép có độ hở khi miền dung sai của lỗ nằm trên miền dung sai của trục, lắp ghép có độ dôi khi miền dung sai của lỗ nằm dưới miền dung sai của trục, lắp ghép trung gian khi miền dung sai của lỗ và miền dung sai của trục có phần chung (giao nhau).

1.2 KHÁI NIỆM VỀ TÍNH ĐÔI LẦN CHỨC NĂNG

1.2.1 Bản chất của tính đôi lần chức năng

Trong quá trình thiết kế và chế tạo một máy hay một bộ phận máy, tùy theo chức năng và điều kiện làm việc của chúng mà người thiết kế phải lựa chọn và qui định cho chúng một số thông số kỹ thuật nhất định nào đó như độ chính xác, độ ổn định, độ bền, hiệu suất ... Tất nhiên, người ta mong muốn cho máy có thông số kỹ thuật vừa kinh tế vừa hợp lý nhất, biểu hiện bằng một trị số A_{Σ} nào đó, nhưng đồng thời cũng phải chấp nhận cho thông số kỹ thuật của máy dao động trong một phạm vi cho phép, gọi là dung sai thông số kỹ thuật của máy và ký hiệu là $T_{A_{\Sigma}}$.

Nhưng máy và bộ phận máy được tạo thành do sự phối hợp, lắp ghép của nhiều chi tiết máy với nhau. Những chi tiết máy này cũng đòi hỏi phải có những thông số kỹ thuật A_i nào đó như độ chính xác về kích thước, về hình dáng hình học và vị trí tương quan ... Vì trong quá trình gia công các chi tiết máy do tác động của nhiều nhân tố phức tạp làm cho thông số kỹ thuật của chi tiết máy A_i không đạt được giá trị như mong muốn mà sẽ sai khác đi một lượng nhất định nên cũng cần phải qui định cho thông số kỹ thuật của chi tiết máy một lượng dao động cho phép T_{A_i} (gọi là dung sai thông số kỹ thuật của chi tiết máy).

Để xác định được $T_{A_{\Sigma}}$, cần phải xuất phát từ mối quan hệ giữa thông số kỹ thuật của máy A_{Σ} và của chi tiết máy A_i như sau:

$$A_{\Sigma} = f(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) = \sum_{i=1}^n f(A_i) \quad (1.10)$$

Từ biểu thức (1.10), mối quan hệ giữa dung sai thông số kỹ thuật của máy $T_{A_{\Sigma}}$ và của chi tiết máy T_{A_i} được biểu diễn như sau:

$$T_{A_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial A_i} \right| T_i \quad (1.11)$$

Nhờ mối quan hệ (1.11) trên, có thể xác định được dung sai thông số kỹ thuật của chi tiết máy T_{A_i} sau khi biết dung sai thông số kỹ thuật của máy $T_{A_{\Sigma}}$. Như vậy, những máy và chi tiết máy được thiết kế và chế tạo trên cơ sở đảm bảo thỏa mãn quan hệ (1.11) thì sẽ có "tính đôi lần chức năng".

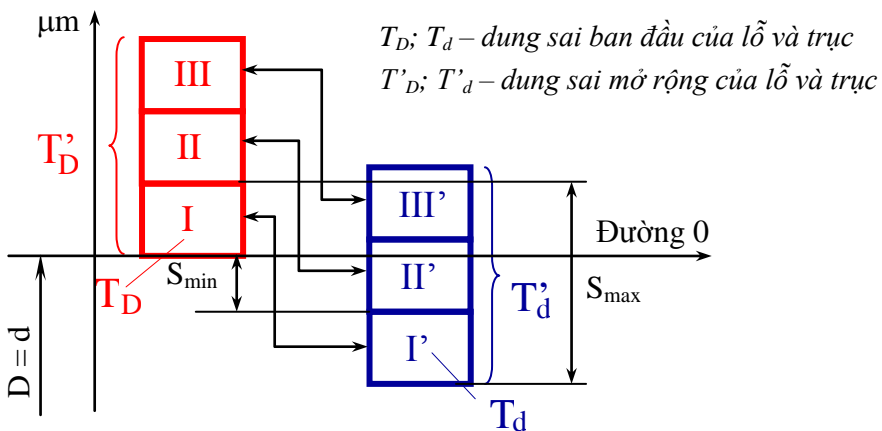
Tính đối lẫn chức năng là một nguyên tắc thiết kế và chế tạo để đảm bảo cho các máy và chi tiết máy cùng loại, cùng cỡ có thể thay thế cho nhau mà không cần phải sửa chữa hoặc lựa chọn nhưng vẫn đảm bảo mọi yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế.

Tuy nhiên, tùy theo khả năng chế tạo và yêu cầu về độ chính xác mà tính đối lẫn chức năng được thỏa mãn theo một trong hai hình thức sau:

2 Đối lẫn hoàn toàn: được sử dụng khi dung sai chế tạo có khả năng đáp ứng hoàn toàn yêu cầu của thiết kế, nghĩa là chi tiết không yêu cầu độ chính xác quá cao hoặc khả năng chế tạo có thể thỏa mãn được dung sai thiết kế của chi tiết. Các chi tiết đã được tiêu chuẩn hay các chi tiết phụ tùng dự trữ thường được chế tạo có tính đối lẫn hoàn toàn để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thay thế sửa chữa sau này.

2 Đối lẫn không hoàn toàn: được sử dụng khi dung sai chế tạo không thể thỏa mãn yêu cầu của thiết kế. Đó có thể là do khả năng chế tạo còn kém hay yêu cầu của thiết kế quá cao (dung sai quá nhỏ).

Muốn chế tạo được, người ta phải mở rộng dung sai của chi tiết sao cho quá trình chế tạo chi tiết có thể thực hiện được. Sau đó để đảm bảo yêu cầu của thiết kế, chi tiết sẽ được phân thành từng nhóm theo kích thước thật của chúng và các chi tiết trong nhóm tương ứng sẽ được lắp ráp với nhau. Như vậy những chi tiết trong cùng một nhóm sẽ có tính đối lẫn chức năng hoàn toàn, còn cả loạt chi tiết chỉ có tính đối lẫn chức năng không hoàn toàn.



Hình 1.7: Sơ đồ lắp ghép theo phương pháp đối lẫn không hoàn toàn

Đối lẫn không hoàn toàn cho phép chi tiết được chế tạo với dung sai lớn hơn dung sai thiết kế và thường được thực hiện đối với công việc lắp ráp trong phạm vi nội bộ phân xưởng hoặc nhà máy.

Tuy nhiên, đôi lần không hoàn toàn cũng có một số nhược điểm như tốn thời gian và công sức cho việc phân nhóm chi tiết trước khi lắp và có khả năng tăng tỉ lệ phế phẩm lên rất lớn.

1.2.2 Hiệu quả của tính đổi lần chức năng

Tính đổi lần chức năng có một vai trò hết sức quan trọng trong ngành cơ khí chế tạo máy. Hiệu quả của nó đảm bảo sản xuất ra những sản phẩm có chất lượng cao, giá thành hạ đồng thời lại tạo thuận lợi cho việc sử dụng, sửa chữa và thay thế các phụ tùng hư hỏng. Có thể phân tích hiệu quả của nó ở các mặt như sau:

1. Đối với thiết kế: Do hình dáng, kết cấu và các thông số kỹ thuật của chi tiết máy và bộ phận máy đã được thống nhất hóa và tiêu chuẩn hóa nên giảm được thời gian, công sức và chi phí cho quá trình thiết kế.

2. Đối với sản xuất: Tính đổi lần chức năng là điều kiện cơ bản và cần thiết mở đường cho việc phát triển sản xuất, phân công sản xuất và tiến tới chuyên môn hóa sản xuất. Nhờ chuyên môn hoá sản xuất, các nhà máy có điều kiện trang bị những máy móc chuyên dùng có năng suất cao, áp dụng các biện pháp công nghệ tiên tiến, sử dụng công nhân không đòi hỏi tay nghề cao vì mặt hàng sản xuất ổn định, tổ chức kỹ thuật và quản lý sản xuất đơn giản ... Tất cả những điều đó đem lại hiệu quả kinh tế rất lớn.

3. Đối với sử dụng: Nhờ tính đổi lần chức năng nên luôn có sẵn những chi tiết cùng loại cùng cỡ đã được chế tạo trước để dự trữ. Nếu có chi tiết nào hư hỏng, luôn có ngay chi tiết mới thay thế mà vẫn đảm bảo yêu cầu làm việc. Nhờ đó:

2 Giảm được thời gian chết của máy do chờ đợi chế tạo chi tiết thay thế, tận dụng được thời gian làm việc của máy.

2 Giảm nhẹ được việc tổ chức bộ phận sửa chữa, chế tạo các chi tiết hư hỏng nghĩa là giảm được việc đầu tư máy móc thiết bị, con người lao động cho khâu này dẫn đến đơn giản trong việc quản lý và tổ chức nhà máy. Mặt khác không phải nơi nào cũng có thể chế tạo được các chi tiết thay thế một cách dễ dàng và kinh tế như trong sản xuất hàng loạt.

CÂU HỎI ÔN TẬP

- Hiệu đại số giữa kích thước giới hạn nhỏ nhất và kích thước danh nghĩa là:
 - Dung sai.
 - Sai lệch giới hạn dưới.
 - Sai lệch giới hạn trên.
 - Sai lệch giới hạn.
- Tiêu chuẩn hóa kích thước danh nghĩa nhằm:
.....
- Ưu và nhược điểm của tính đối lẫn không hoàn toàn là:
.....
- Loạt chi tiết gia công có kích thước $D = \phi 34$, $T_D = 34\mu\text{m}$, $EI = -16,5\mu\text{m}$. Đánh giá hai chi tiết với kích thước thực sau đây $D_{t1} = \phi 33,9825$ và $D_{t2} = \phi 34,0165$ có đạt yêu cầu không?
 - Chi tiết 1 đạt, chi tiết 2 không đạt.
 - Chi tiết 2 đạt, chi tiết 1 không đạt.
 - Cả hai chi tiết đều đạt.
 - Cả hai chi tiết đều không đạt.
- Chi tiết có kích thước danh nghĩa $D = \phi 24\text{mm}$, $ES = 4,5\mu\text{m}$, $EI = -4,5\mu\text{m}$. Kích thước giới hạn của chi tiết là:
 - $D_{\max} = \phi 24,0045\text{mm}$; $D_{\min} = \phi 23,9945\text{mm}$.
 - $D_{\max} = \phi 24,045\text{mm}$; $D_{\min} = \phi 23,9955\text{mm}$.
 - $D_{\max} = \phi 24,0045\text{mm}$; $D_{\min} = \phi 23,955\text{mm}$.
 - $D_{\max} = \phi 24,0045\text{mm}$; $D_{\min} = \phi 23,9955\text{mm}$.
- Chi tiết có kích thước $D_{\max} = \phi 42,006\text{mm}$, $D_{\min} = \phi 41,983\text{mm}$. Ghi kích thước đó trên bản vẽ như sau:
 - $\phi 42 \begin{smallmatrix} -0,006 \\ -0,083 \end{smallmatrix}$.
 - $\phi 42 \begin{smallmatrix} -0,006 \\ -0,017 \end{smallmatrix}$.
 - $\phi 42 \begin{smallmatrix} +0,006 \\ -0,083 \end{smallmatrix}$.
 - $\phi 42 \begin{smallmatrix} +0,006 \\ -0,017 \end{smallmatrix}$.
- Cho một lắp ghép có độ dôi, N_{\max} được tính bằng công thức sau:
 - $N_{\max} = D_{\min} - d_{\max}$.
 - $N_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$.
 - $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$.
 - $N_{\max} = d_{\min} - D_{\max}$.

8. Trong các mối lắp sau, mối lắp nào là lắp ghép có độ hở:

a. $D = \phi 63^{+0,030}$ mm; $d = \phi 63_{-0,033}^{-0,014}$ mm.

b. $D = \phi 75_{-0,073}^{-0,038}$ mm; $d = \phi 75_{-0,019}$ mm.

c. $D = \phi 24_{-0,033}$ mm; $d = \phi 24_{-0,021}$ mm.

d. $D = \phi 110^{+0,035}$ mm; $d = \phi 110_{+0,06}^{+0,085}$ mm.

9. Cho một lắp ghép có $D = \phi 34_{-0,017}^{+0,006}$ mm, $d = \phi 34^{+0,019}$ mm. Tính dung sai của lắp ghép $T_{S,N}$:

a. 42 μ m.

b. 23 μ m.

c. 36 μ m.

d. 25 μ m.

10. Cho một chi tiết lỗ có $D = \phi 110^{+0,035}$. Chọn chi tiết trục có kích thước d sao cho tạo ra lắp ghép trung gian với $S_{max} = 32\mu$ m:

a. $\phi 110_{+0,012}^{+0,032}$.

c. $\phi 110_{+0,003}^{+0,025}$.

b. $\phi 110_{-0,032}^{-0,012}$.

d. $\phi 110_{+0,032}^{+0,054}$.

BÀI TẬP

1. Tính các kích thước giới hạn và dung sai của các chi tiết sau:

$$D = \Phi 80^{-0,046}; d = \Phi 40 \pm 0,012; D = \Phi 120_{-0,058}^{-0,004};$$

$$d = 100_{+0,012}^{+0,047}; D = \Phi 90_{-0,048}^{+0,006}$$

2. Với các kích thước của lỗ và trục cho dưới đây, hãy:

2 Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.

2 Xác định các kích thước giới hạn của lỗ và trục.

2 Xác định đặc tính của lắp ghép (độ hở hoặc độ dôi giới hạn) và dung sai của lắp ghép.

a. $D = \Phi 30^{+0,021}$; $d = \Phi 30_{-0,058}^{-0,004}$.

b. $D = \Phi 120 \pm 0,027$; $d = \Phi 120_{-0,035}$.

c. $D = \Phi 63^{+0,030}$; $d = \Phi 63^{+0,085}_{+0,066}$.

3. Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép với các số liệu sau:

a. $D = d = \Phi 50\text{mm}$, $ei = 20\mu\text{m}$, $N_{\max} = 60\mu\text{m}$, $S_{\max} = 10\mu\text{m}$, $T_D = 40\mu\text{m}$.

b. $D = d = \Phi 80\text{mm}$, $es = 0$, $N_{\max} = 40\mu\text{m}$, $T_d = 30\mu\text{m}$, $T_D = 50\mu\text{m}$.

c. $D = d = \Phi 35\text{mm}$, $T_d = 23\mu\text{m}$, $EI = 0$, $S_{\max} = 15\mu\text{m}$, $T_D = 25\mu\text{m}$.

d. $D = d = \Phi 75\text{mm}$, $ES = 0$, $N_{\max} = 65\mu\text{m}$, $N_{\min} = 8\mu\text{m}$, $T_d = 25\mu\text{m}$.

Chương II

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP BỀ MẶT TRƠN

Mục tiêu chương II: Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. Phân biệt được lắp ghép có độ hở, lắp ghép độ dôi, lắp ghép trung gian trong hệ thống lỗ cũng như trong hệ thống trục.
2. Tính toán và chọn được lắp ghép có đặc tính phù hợp với điều kiện làm việc của mỗi ghép bề mặt trơn.
3. Tra được sai lệch giới hạn và tính được dung sai, kích thước giới hạn cho các chi tiết tham gia trong lắp ghép.
4. Xác định được độ hở hoặc độ dôi giới hạn của lắp ghép đã chọn.
5. Tính toán được xác suất xuất hiện độ hở hoặc độ dôi của một lắp ghép trung gian.
6. Đọc hiểu được và ghi được ký hiệu dung sai và lắp ghép trên bản vẽ chi tiết và bản vẽ lắp.

Lắp ghép bề mặt trơn là lắp ghép thông dụng nhất trong ngành cơ khí chế tạo máy. Dung sai và lắp ghép bề mặt trơn được quy định trong TCVN 2244-1999 và TCVN 2245-1999.

2.1. KHÁI NIỆM VỀ MIỀN DUNG SAI

Miền dung sai của một kích thước bao gồm hai yếu tố: trị số dung sai và vị trí dung sai.

2.1.1. Trị số dung sai

Trị số dung sai phụ thuộc vào cấp chính xác kích thước và giá trị kích thước danh nghĩa. TCVN 2244-1999 quy định chia mức độ chính xác của kích thước chi tiết ra làm 20 cấp theo thứ tự độ chính xác giảm dần: 01; 0; 1; 2; 3; ...; 18; trong đó:

- Cấp chính xác 01; 0; 1; 2; 3; 4: dùng cho các kích thước có yêu cầu độ chính xác rất cao như kích thước mẫu chuẩn, kích thước lắp ghép trong dụng cụ đo, dụng cụ kiểm tra.

- Cấp chính xác từ 5 đến 11: dùng cho các kích thước lắp ghép trong các máy móc thông dụng.

- Cấp chính xác từ 12 đến 18: dùng cho các kích thước không lắp ghép hoặc các kích thước của các môi ghép thô.

Dung sai tiêu chuẩn được ký hiệu là IT (IT01, IT0, IT1, ..., IT18) và với khoảng kích thước đến 500 trị số dung sai được tính theo công thức dung sai sau:

– Đối với cấp chính xác từ 5 đến 18

$$IT = a.i \text{ (}\mu\text{m)} \tag{2.1}$$

Trong đó: a – hệ số chính xác, phụ thuộc vào cấp chính xác.

i – đơn vị dung sai, phụ thuộc vào kích thước danh nghĩa D và được tính theo công thức sau:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D \tag{2.2}$$

(với D tính theo mm, i tính theo μm)

Công thức dung sai	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
Trị số dung sai	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i
Công thức dung sai	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Trị số dung sai	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

– Đối với cấp chính xác 01, 0, 1

Công thức dung sai	IT01	IT0	IT1
Trị số dung sai	0,3 + 0,008D	0,5 + 0,012D	0,8 + 0,020D

– Các trị số dung sai đối các cấp chính xác 2, 3, 4 là các số hạng gần đúng (vì đã được qui tròn) của một cấp số nhân mà số hạng thứ nhất và cuối cùng là các trị số dung sai của cấp chính xác 1 và 5.

Dựa vào các công thức dung sai trên, có thể xác định trị số dung sai cho tất cả các kích thước danh nghĩa ở các cấp chính xác. Nhưng việc thành lập một bảng tiêu chuẩn dung sai như thế sẽ rất dài và khó sử dụng. Mặt khác, khi tính trị số dung sai cho các giá trị kích thước danh nghĩa gần nhau, sự khác biệt là không đáng kể. Do đó, tiêu chuẩn qui định chia dãy kích thước từ 0 ÷ 500mm ra thành từng khoảng và mỗi khoảng chỉ qui định một trị số dung sai tính theo kích thước trung bình nhân D_{tb} của

khoảng đó sao cho trị số qui định này không khác trị số dung sai của những kích thước biên quá $5 \div 8\%$ (bảng 1, phụ lục 1).

$D_{tb} = \sqrt{D_{max} \cdot D_{min}}$, với D_{max} và D_{min} là hai giá trị biên của khoảng kích thước đó.

Dãy kích thước từ $0 \div 500$ được chia thành 13 khoảng cơ bản. Các khoảng cơ bản là: $0 \div 3$; $3 \div 6$; $6 \div 10$; $10 \div 18$; $18 \div 30$; $30 \div 50$; $50 \div 80$; $80 \div 120$; $120 \div 180$; $180 \div 250$; $250 \div 315$; $315 \div 400$; $400 \div 500$. Ngoài ra, với những kích thước lớn hơn 10, mỗi khoảng cơ bản còn được chia thành một số khoảng trung gian.

2.1.2. Vị trí dung sai

Để xác định vị trí của miền dung sai, người ta đưa ra khái niệm "*sai lệch cơ bản*". Sai lệch cơ bản là một trong hai sai lệch giới hạn của kích thước (sai lệch trên hoặc dưới) nhưng gần với đường 0 nhất.

Tiêu chuẩn qui định có 28 sai lệch cơ bản của lỗ và 28 sai lệch cơ bản của trục, được ký hiệu bằng một (hoặc hai) chữ cái. Chữ hoa ký hiệu cho lỗ (chi tiết bao), chữ thường ký hiệu cho trục (chi tiết bị bao). Sơ đồ bố trí sai lệch cơ bản của lỗ và trục cho trên hình 2.1.

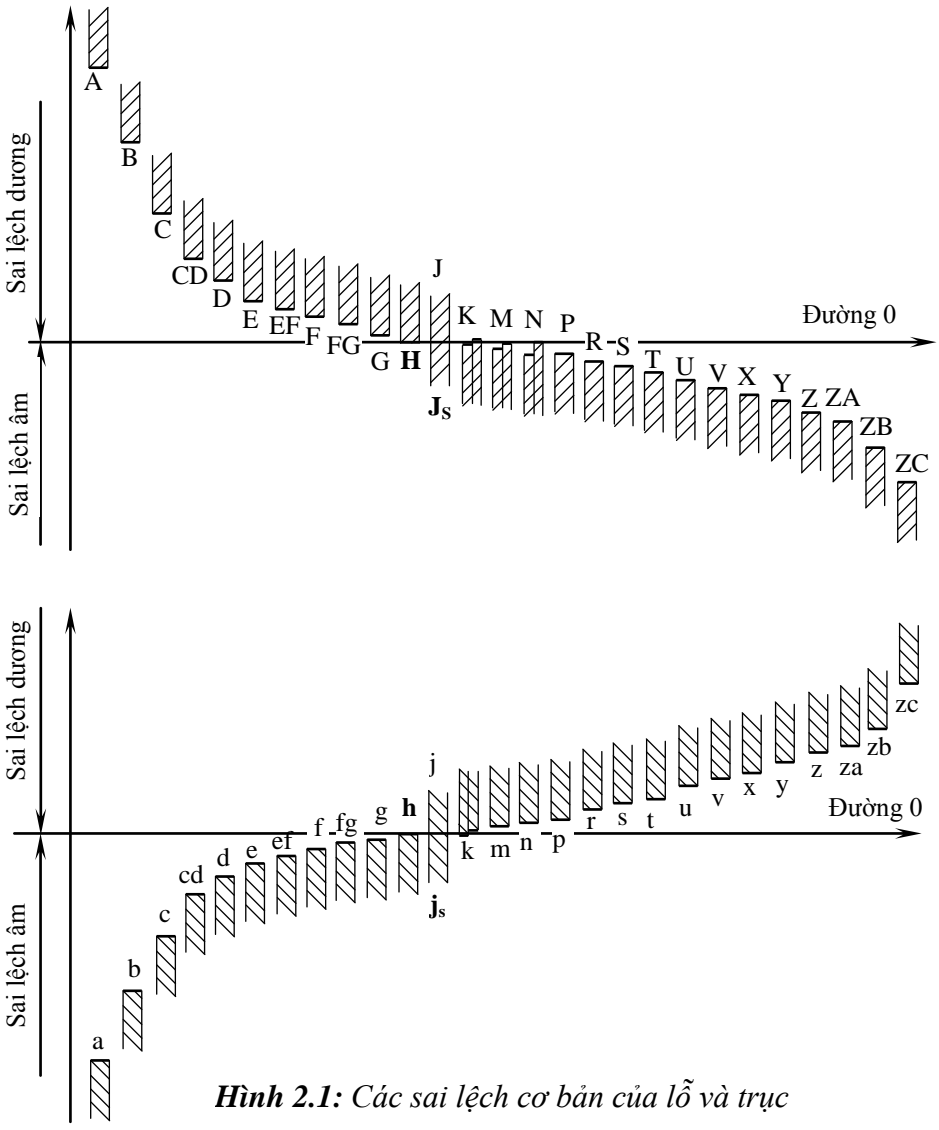
Một số các sai lệch cơ bản đặc biệt cần quan tâm. Sai lệch cơ bản của lỗ H có $EI = 0$, sai lệch cơ bản của trục h có $es = 0$. Đối với sai lệch cơ bản J_s và j_s , miền dung sai phân bố đối xứng qua đường không.

Trị số và dấu của các sai lệch cơ bản khác được qui định trong TCVN 2244-1999. Theo qui tắc chung, các sai lệch cơ bản của lỗ và trục có cùng một chữ ký hiệu sẽ bằng nhau về trị số nhưng ngược dấu (trừ một số trường hợp).

Sai lệch thứ hai (gọi là sai lệch không cơ bản) có thể là sai lệch trên hoặc sai lệch dưới và được xác định như sau:

$$\text{Với lỗ} \quad EI = ES - T_D \text{ hoặc } ES = EI + T_D \quad (2.3a)$$

$$\text{Với trục} \quad ei = es - T_d \text{ hoặc } es = ei + T_d \quad (2.3b)$$



Hình 2.1: Các sai lệch cơ bản của lỗ và trục

2.1.3. Miền dung sai

Miền dung sai được tạo ra bằng cách phối hợp một sai lệch cơ bản với một cấp chính xác. Ví dụ: H7, Js5, F8 và h6, m7, s5 ...

Tuy nhiên, nếu phối hợp một cách bất kỳ thì số lượng miền dung sai rất nhiều và khó sử dụng. Vì vậy, tiêu chuẩn chỉ quy định 72 miền dung sai tiêu chuẩn của lỗ và 81 miền dung sai tiêu chuẩn của trục (bảng 2 và 3, phụ lục 1), trong đó có 10 miền dung sai ưu tiên của lỗ và 16 miền dung sai ưu tiên của trục là những miền dung sai khuyến khích sử dụng để đảm bảo tính đổi lẫn cao.

Sai lệch giới hạn của lỗ đối với kích thước từ 1 đến 500mm cho trong bảng 6 và của trục cho trong bảng 7, phụ lục 1.

2.2. HỆ THỐNG DUNG SAI

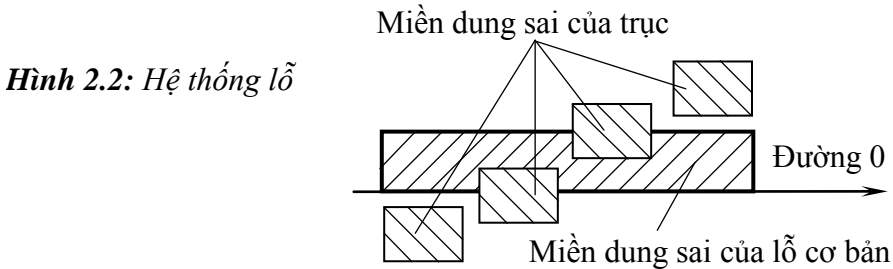
2.2.1. Phân loại

Tiêu chuẩn qui định có hai hệ thống dung sai.

1. Hệ thống lỗ

Hệ thống lỗ là tập hợp các lắp ghép mà trong đó độ hở hoặc độ dôi của lắp ghép có được bằng cách ghép các trục khác nhau với lỗ cơ bản.

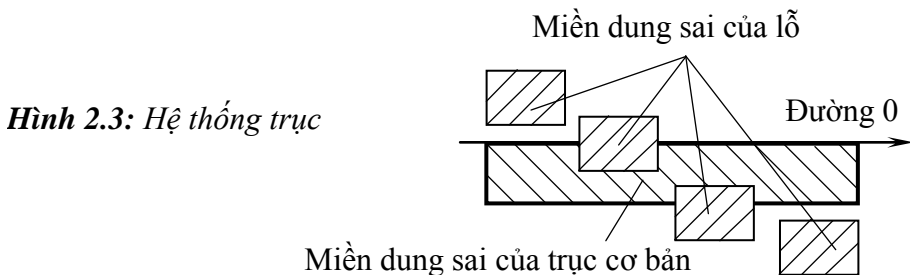
Lỗ cơ bản trong hệ thống lỗ là lỗ có $EI = 0$. Sơ đồ lắp ghép trong hệ thống lỗ cho trong hình 2.2



2. Hệ thống trục

Hệ thống trục là tập hợp các lắp ghép mà trong đó độ hở hoặc độ dôi của lắp ghép có được bằng cách ghép các lỗ khác nhau với trục cơ bản.

Trục cơ bản trong hệ thống trục là trục có $es = 0$. Sơ đồ lắp ghép trong hệ thống trục cho trong hình 2.3.



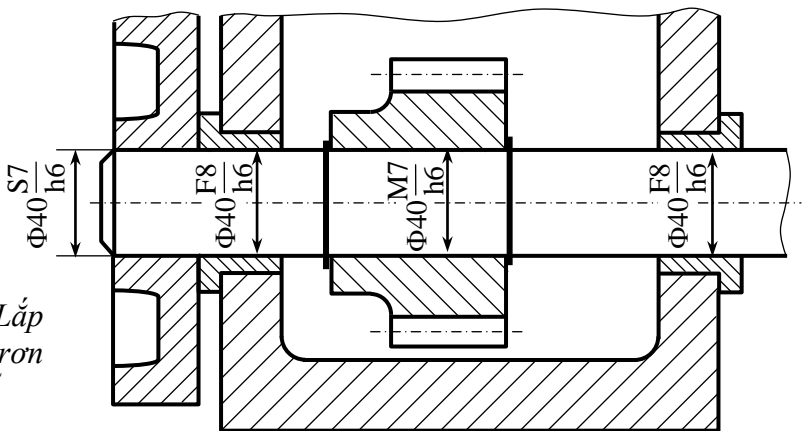
2.2.2. Chọn hệ thống dung sai

Việc quyết định hệ thống dung sai cho lắp ghép phải dựa vào các yêu cầu về kết cấu chi tiết, tính công nghệ và tính kinh tế kỹ thuật trong quá trình gia công chi tiết.

Thông thường, khi chọn hệ thống dung sai, người ta chọn theo hệ thống lỗ vì khi đó ở mỗi cấp chính xác chỉ cho một miền dung sai lỗ. Do đó khi cùng kích thước danh nghĩa và cùng cấp chính xác, các lỗ sẽ có cùng kích thước giới hạn. Điều này làm cho quá trình gia công lỗ thuận lợi vì số lượng lỗ có kích thước khác nhau được giới hạn bớt. Ngoài ra, vì dụng cụ gia công lỗ, kiểm tra lỗ thường có kích thước không điều chỉnh được nên chỉ thích hợp cho một miền dung sai nhất định.

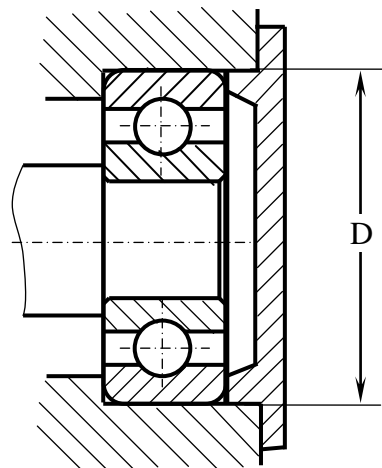
Tuy nhiên trong một số trường hợp, do yêu cầu về kết cấu và tính công nghệ mà phải chọn lắp ghép trong hệ thống trục. Cụ thể là:

– Trên một trục trơn lắp với nhiều lỗ mà lắp ghép ở những vị trí đó có đặc tính lắp ghép khác nhau (hình 2.4).



Hình 2.4: Lắp ghép trục trơn với nhiều lỗ

– Trục là một chi tiết đã được tiêu chuẩn hóa và đã được gia công sẵn như lắp ghép vòng ngoài của ổ lăn với lỗ vỏ hộp (hình 2.5).



Hình 2.5: Lắp ghép vòng ngoài ổ lăn với lỗ vỏ hộp

2.2.3. Lắp ghép

Lắp ghép là sự phối hợp giữa một miền dung sai của lỗ và một miền dung sai của trục theo hệ thống lỗ hay hệ thống trục.

Tuy nhiên, để việc sử dụng được thuận lợi, tiêu chuẩn giới hạn bớt số lượng lắp ghép trên cơ sở vừa đủ cho các yêu cầu làm việc và không nên sử dụng lắp ghép khác ngoại trừ các yêu cầu đặc biệt. Các lắp ghép này được gọi là lắp ghép tiêu chuẩn. TCVN 2245-1999 qui định có 69 lắp ghép trong hệ thống lỗ (bảng 4, phụ lục 1) và 61 lắp ghép trong hệ thống trục (bảng 5, phụ lục 1) đối với kích thước danh nghĩa từ 1 đến 500 mm. Trong những lắp ghép tiêu chuẩn trên, người ta khuyến khích ưu tiên sử dụng một số lắp ghép (gọi là lắp ghép ưu tiên). Có 17 lắp ghép ưu tiên trong hệ thống lỗ và 10 lắp ghép ưu tiên trong hệ thống trục.

Trong những trường hợp có lý do xác đáng, cho phép chọn các lắp ghép không qui định trong tiêu chuẩn bằng cách phối hợp các miền dung sai tiêu chuẩn của lỗ và trục nhưng cần đảm bảo hai điều kiện:

- Các lắp ghép được sử dụng trong hệ thống lỗ hay hệ thống trục.
- Khi trị số dung sai của lỗ và trục trong lắp ghép khác nhau, dung sai của lỗ phải được chọn lớn hơn nhưng không được vượt quá hai cấp chính xác.

2.3. GHI KÝ HIỆU DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP TRÊN BẢN VẼ

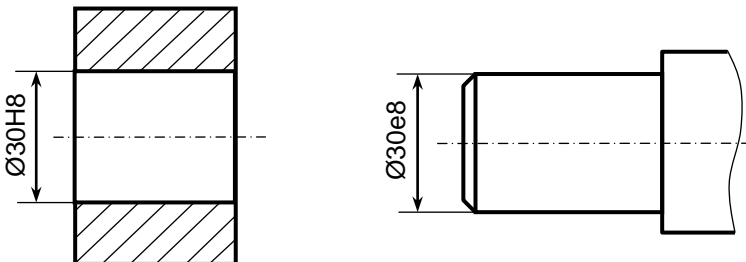
2.3.1. Ghi ký hiệu dung sai

Ký hiệu dung sai được ghi trên bản vẽ chi tiết.

1. Nếu để kiểm tra bằng calíp giới hạn, ký hiệu dung sai gồm:

- Kích thước danh nghĩa.
- Miền dung sai (Sai lệch cơ bản và cấp chính xác).

Ví dụ: $\Phi 18H7$; $\Phi 30e8$; $\Phi 50J_6$...



Hình 2.6: Ghi ký hiệu miền dung sai trên bản vẽ chi tiết

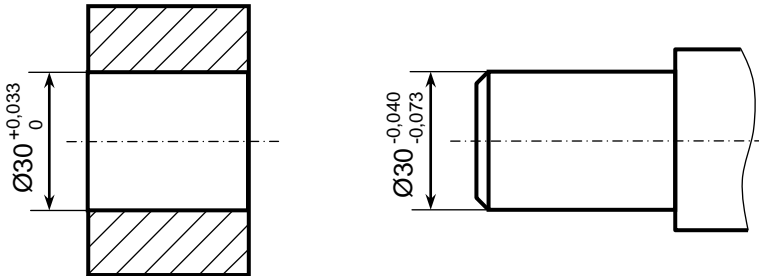
2. Nếu để gia công và đo bằng dụng cụ đo có mặt số, ký hiệu dung sai gồm:

- Kích thước danh nghĩa.
- Sai lệch giới hạn (Sai lệch giới hạn trên và sai lệch giới hạn dưới).

Ví dụ: $\Phi 18^{+0,018}$; $\Phi 30_{-0,073}^{-0,040}$; $\Phi 50 \pm 0,008$

Cho phép ghi kết hợp cả hai cách trên:

Ví dụ: $\Phi 18H7^{(+0,018)}$; $\Phi 30e8^{(-0,040)}$; $\Phi 50J_s6^{(\pm 0,008)}$

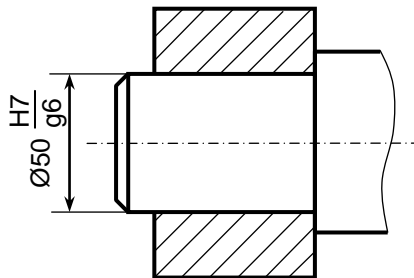


Hình 2.7: Ghi ký hiệu dung sai trên bản vẽ chi tiết

2.3.2. Ghi ký hiệu lắp ghép

Ký hiệu lắp ghép được ghi trên bản vẽ lắp, gồm có:

- Kích thước danh nghĩa.
- Miền dung sai của lỗ.
- Miền dung sai của trục.



Hình 2.8: Ghi ký hiệu lắp ghép trên bản vẽ lắp

Ví dụ: $\Phi 50 \frac{H7}{f7}$ hoặc $\Phi 50H7/f7$ hoặc $\Phi 50H7-f7$

Trên bản vẽ lắp cũng có thể ghi các sai lệch giới hạn thay cho miền dung sai của nó.

$$\phi 50 \begin{bmatrix} +0,025 \\ 0 \\ -0,025 \\ -0,050 \end{bmatrix} \text{ hoặc ghi kết hợp } \phi 50 \frac{H7}{f7} \begin{bmatrix} +0,025 \\ 0 \\ -0,025 \\ -0,050 \end{bmatrix}$$

2.4. CHỌN LẮP GHÉP CHO MỖI GHÉP BỀ MẶT TRON

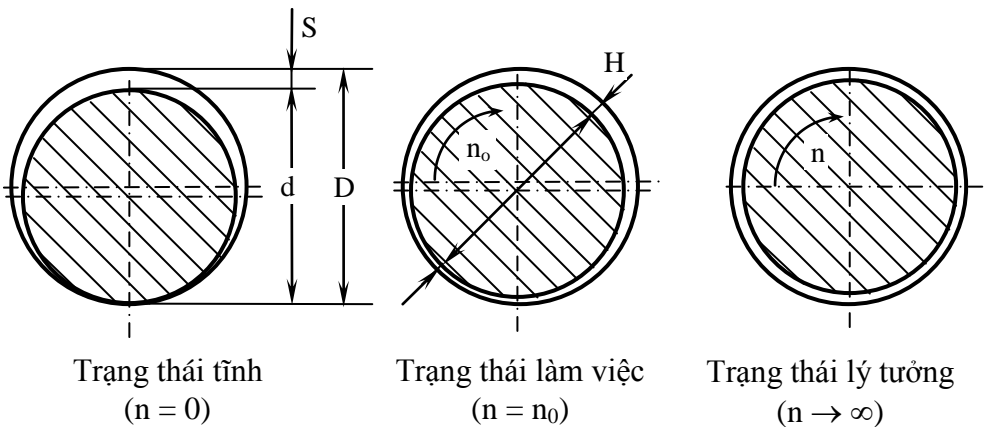
Chọn lắp ghép thực chất là chọn sự phối hợp giữa miền dung sai của lỗ và miền dung sai của trục trong hệ thống lỗ hay hệ thống trục. Mỗi lắp ghép khác nhau sẽ cho đặc tính lắp ghép khác nhau (độ hở và độ dôi khác nhau). Vì vậy, trước tiên phải dựa vào chức năng, yêu cầu kỹ thuật của mỗi ghép để chọn hệ thống dung sai, sau đó mới xác định đặc tính lắp ghép cho phù hợp. Có hai trường hợp để xác định đặc tính lắp ghép tùy theo qui mô sản xuất và kinh nghiệm thiết kế:

- Tính toán độ hở, độ dôi cần thiết và chọn lắp ghép theo giá trị đã tính toán.
- Chọn lắp ghép theo kinh nghiệm của người thiết kế.

2.4.1. Chọn lắp ghép có độ hở

1. Trạng thái làm việc của mỗi ghép có độ hở

Xét trường hợp chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ trượt trong bộ phận máy (hình 2.9).



Hình 2.9: Các trạng thái làm việc của mỗi ghép ổ trượt

– Ở trạng thái tĩnh, trục và lỗ tiếp xúc nhau phía dưới, tạo ra độ hở S ở một phía.

– Ở trạng thái làm việc, lúc mới khởi động, trục lăn trên ổ và dôi dần điểm tiếp xúc lên phía trên. Khi trục quay đạt tốc độ bình thường n_0 , do ma sát giữa dầu và trục tạo thành dòng chảy của dầu bôi trơn trên bề mặt, áp lực của dòng dầu đủ lớn để nâng trục lên không cho tiếp xúc giữa trục và bạc. Độ hở của ổ được phân ra thành hai phần không bằng nhau:

h – độ hở ở chỗ bạc và trục gần nhau nhất, gọi là chiều dày chêm dầu.

H – độ hở phía đối diện.

– Ở trạng thái lý tưởng, khi không có tải trọng và $n \rightarrow \infty$, đường tâm của trục mới gần trùng với đường tâm bạc.

2. Tính toán độ hở và chọn lắp ghép

Ở trạng thái làm việc, ổ trượt phải đảm bảo hai yêu cầu:

– Làm việc với hiệu suất tốt nhất.

– Làm việc với chế độ ma sát ướt.

Độ hở sẽ được tính theo yêu cầu thứ nhất để chọn kiểu lắp tương ứng, sau đó sẽ kiểm tra lại theo yêu cầu thứ hai.

Bước 1: Tính độ hở để mỗi ghép làm việc với hiệu suất tốt nhất.

Theo lý thuyết thủy động học, quan hệ giữa h và S với các thông số của mỗi ghép như sau:

$$h \times S = \frac{\eta \cdot n \cdot d^2}{183600 \times p} \times \frac{1}{1 + d} \times 10^{10} [\mu\text{m}^2] \quad (2.4)$$

Với η – độ nhớt tuyệt đối của dầu bôi trơn (bảng phụ lục 9), [Ns/m²].

n – tốc độ quay tương đối giữa trục và bạc [vòng/phút].

d – đường kính danh nghĩa của mỗi ghép [mm].

l – chiều dài bề mặt lắp ghép [mm].

p – áp suất trung bình trên bề mặt lắp ghép [N/m²].

$$p = \frac{P}{l \times d} \times 10^6 \quad (2.5)$$

P – phụ tải tác dụng lên ổ [N].

Để mỗi ghép làm việc với hiệu suất tốt nhất, theo thực nghiệm $h = 1/4S$. Như vậy, độ hở ở trạng thái tĩnh ứng với trường hợp mỗi ghép

làm việc với hiệu suất tốt nhất được gọi là độ hở tốt nhất S_{tn} . Thay $h = 1/4S$ vào (2.4) để tính S_{tn} :

$$S_{tn} = \sqrt{\frac{4\eta.n.d^2}{183600 \times p} \times \frac{1}{1+d} \times 10^{10}} [\mu\text{m}] \quad (2.6)$$

Khi làm việc, các nhấp nhô trên bề mặt bị mòn rất nhanh trong thời gian chạy rà ban đầu nên độ hở sẽ tăng lên một lượng bằng $2(R_{Z1} + R_{Z2})$, với R_{Z1} , R_{Z2} là chiều cao nhấp nhô trung bình của bề mặt trục và lỗ, phụ thuộc vào độ nhám bề mặt trục và lỗ.

Vì vậy phải chọn lắp ghép có độ hở ban đầu S_{bd} bằng:

$$S_{bd} = S_{tn} - 2(R_{Z1} + R_{Z2}) \quad (2.7)$$

Có S_{bd} , tra bảng tiêu chuẩn để chọn kiểu lắp có độ hở trung bình S_{tb} gần nhất với giá trị S_{bd} , với $S_{tb} = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}$ (2.8)

trong đó S_{max} , S_{min} là độ hở lớn nhất và nhỏ nhất của lắp ghép đã chọn.

Bước 2: Kiểm tra lại yêu cầu làm việc với chế độ ma sát ướt.

Muốn thế, chiều dày nhỏ nhất của chêm dầu h_{min} phải thỏa mãn bất đẳng thức sau:

$$h_{min} / k (R_{Z1} + R_{Z2}) \quad (2.9)$$

với k là hệ số an toàn, tính đến sai lệch hình dạng của bề mặt chi tiết lắp, thường chọn $k = 2 \div 3$.

$$\Rightarrow h_{min} / 2 (R_{Z1} + R_{Z2}) \quad (2.10)$$

Khi đó h_{min} được tính theo công thức sau:

$$h_{min} = \frac{\eta.n.d^2}{183600 \times p} \times \frac{1}{1+d} \times \frac{10^{10}}{[S_{max} + 2(R_{Z1} + R_{Z2})]} [\mu\text{m}] \quad (2.11)$$

Nếu h_{min} tính được không thỏa mãn bất đẳng thức (2.10) thì cần phải giảm trị số S_{max} , nghĩa là phải chọn một lắp ghép khác có S_{max} nhỏ hơn, đủ để h_{min} thỏa mãn bất đẳng thức trên. Nhưng việc chọn lắp ghép khác này vẫn phải đảm bảo độ hở trung bình S_{tb} gần bằng độ hở ban đầu S_{bd} .

Lưu ý: Khi tra bảng chọn lắp ghép, trước hết phải chọn lắp ghép ưu tiên. Nếu lắp ghép đó không thỏa, mới chọn đến lắp ghép tiêu chuẩn.

Ví dụ: chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ trượt làm việc với các thông số sau: $d = \Phi 80$ mm, $l = 100$ mm, $n = 750$ vòng/ph, $P = 6000$ N, bôi trơn bằng dầu công nghiệp 45, độ nhám bề mặt trục cấp 8, bề mặt lỗ cấp 7.

Giải

Bước 1: Tính độ hở tốt nhất của mối ghép theo công thức:

$$S_{\text{tn}} = \sqrt{\frac{4\eta \cdot n \cdot d^2}{183600 \times p} \times \frac{1}{1+d} \times 10^{10}} [\mu\text{m}]$$

Dầu công nghiệp 45 có $\eta = 0,036 \text{ Ns/m}^2$, áp suất:

$$p = \frac{P}{l \times d} \times 10^6 = 375 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$\Rightarrow S_{\text{tn}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,036 \times 800 \times 80^2}{183600 \times 375 \times 10^4} \times \frac{100}{100+80} \times 10^{10}} \approx 77 \mu\text{m}$$

Độ nhám bề mặt trục cấp 8 $\Rightarrow R_{Z1} = 2,5 \mu\text{m}$.

Độ nhám bề mặt lỗ cấp 7 $\Rightarrow R_{Z2} = 5 \mu\text{m}$.

Vậy độ hở ban đầu $S_{\text{bd}} = S_{\text{tn}} - 2(R_{Z1} + R_{Z2}) = 77 - 2(2,5 + 5) = 62 \mu\text{m}$

Dựa vào bảng tiêu chuẩn, chọn lắp ghép ưu tiên $\Phi 80 \frac{H7}{f7}$ có:

$ES = 30 \mu\text{m}$, $EI = 0$ và $es = -30 \mu\text{m}$, $ei = -60 \mu\text{m}$

$$\Rightarrow S_{\text{tb}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60 \mu\text{m} \approx S_{\text{bd}}$$

Bước 2: Kiểm tra lại yêu cầu làm việc với chế độ ma sát ướt.

$$\begin{aligned} h_{\text{min}} &= \frac{\eta \cdot n \cdot d^2}{183600 \times p} \times \frac{1}{1+d} \times \frac{10^{10}}{[S_{\text{max}} + 2(R_{Z1} + R_{Z2})]} [\mu\text{m}] \\ &= \frac{0,036 \times 800 \times 80^2}{183600 \times 375 \times 10^4} \times \frac{100}{100+80} \times \frac{10^{10}}{(90+15)} = 14,7 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Do không đạt về điều kiện ma sát ướt nên chọn lại lắp ghép tiêu chuẩn $\Phi 80 \frac{H7}{f6}$ có:

$ES = 30 \mu\text{m}$, $EI = 0$ và $es = -30 \mu\text{m}$, $ei = -49 \mu\text{m}$

$$\Rightarrow S_{\text{tb}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2} = \frac{79 + 30}{2} = 54,5 \mu\text{m} \approx S_{\text{bd}}$$

$$\text{Tính lại } h_{\text{min}} = \frac{0,036 \times 800 \times 80^2}{183600 \times 375 \times 10^4} \times \frac{100}{100+80} \times \frac{10^{10}}{(79+15)} = 15,8 \mu\text{m}$$

Kiểm nghiệm lại điều kiện ma sát ướt:

$$h_{\min} = 15,8\mu\text{m} > 2 (R_{Z1} + R_{Z2}) = 15\mu\text{m}.$$

Vậy lắp ghép trên thỏa mãn yêu cầu của mỗi ghép.

3. Chọn lắp ghép có độ hở theo kinh nghiệm

a. Lắp ghép $\frac{H}{h}$

Đây là nhóm lắp ghép có độ hở ít nhất ($S_{\min} = 0$). Lắp ghép này dùng khi:

– Mỗi ghép cần có chuyển động tịnh tiến và đảm bảo độ chính xác định tâm cao giữa các chi tiết.

– Mỗi ghép cố định của các chi tiết lắp ghép tháo lắp nhanh và thường xuyên nhưng cần phải có chi tiết phụ.

Lắp ghép $\frac{H5}{h4}, \frac{H6}{h5}$ dùng cho lắp ghép giữa nòng ụ động và thân ụ động máy tiện, lắp ghép giữa pittông và xy lanh.

Lắp ghép $\frac{H7}{h6}$ dùng cho mỗi ghép cố định của các chi tiết lắp ghép tháo lắp nhanh và thường xuyên nhưng cần phải có chi tiết phụ như lắp ghép bánh răng thay thế với trục trong máy công cụ, lắp ghép dao phay trên trục...

Lắp ghép $\frac{H8}{h7}$ dùng thay thế cho $\frac{H7}{h6}$ khi độ chính xác định tâm hoặc yêu cầu dẫn hướng thấp hơn.

b. Lắp ghép $\frac{H}{g} \left(\frac{G}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép có độ hở nhỏ, đảm bảo định tâm tốt cho mỗi ghép có chuyển động tương đối.

Lắp ghép $\frac{H7}{g6}, \frac{G7}{h6}$ dùng cho lắp ghép giữa biên với ổ trục khuỷu, con trượt với sống trượt của máy công cụ, trục chính máy công cụ với ổ trục... Trường hợp có yêu cầu mức độ chính xác cao hơn thì thay thế bằng $\frac{H6}{g5}, \frac{G6}{h5}$.

c. Lắp ghép $\frac{H}{f} \left(\frac{F}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép có độ hở vừa phải, đảm bảo các chi tiết quay tương đối với nhau với vận tốc trung bình ở chế độ làm việc nhẹ và trung bình như lắp ghép bánh răng quay lồng không trên trục, trục quay trơn trong ổ trượt, con trượt với sống trượt, chốt của bánh lệch tâm với đầu thanh truyền...

Các lắp ghép thông dụng trong nhóm này gồm có $\frac{H6}{f6} \left(\frac{F7}{h5} \right)$, $\frac{H7}{f7} \left(\frac{F8}{h6} \right)$, $\frac{H8}{f7} \left(\frac{F8}{h7} \right)$, $\frac{H8}{f8} \left(\frac{F8}{h8} \right)$...

d. Lắp ghép $\frac{H}{e} \left(\frac{E}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép có độ hở tương đối lớn, được sử dụng cho mỗi ghép tương tự như nhóm lắp ghép H/f nhưng đảm bảo các chi tiết quay tương đối với nhau với vận tốc cao, tải trọng lớn.

Các lắp ghép thông dụng trong nhóm này gồm có $\frac{H7}{e7} \left(\frac{E8}{h6} \right)$, $\frac{H7}{e8} \left(\frac{E8}{h7} \right)$, $\frac{H8}{e8} \left(\frac{E8}{h8} \right)$, $\frac{H8}{e9} \left(\frac{E9}{h8} \right)$...

e. Lắp ghép $\frac{H}{d} \left(\frac{D}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép có độ hở lớn nhằm bù trừ cho sai lệch lớn về vị trí các bề mặt lắp ghép hoặc làm việc trong điều kiện có biến dạng nhiệt như ổ ma sát ướt với trục tua bin, ổ trục lắp với trục của các loại máy nghiền, máy cán...

Các lắp ghép thông dụng trong nhóm này gồm có $\frac{H7}{d8} \left(\frac{D8}{h6} \right)$, $\frac{H8}{d8} \left(\frac{D8}{h8} \right)$, $\frac{H8}{d9} \left(\frac{D9}{h8} \right)$, $\frac{H9}{d9} \left(\frac{D9}{h9} \right)$...

2.4.2. Chọn lắp ghép trung gian

Lắp ghép trung gian là lắp ghép có thể có độ hở hoặc độ dôi nhỏ dùng để định tâm trong các mối ghép cố định có tháo lắp trong quá trình

sử dụng. Những mối lắp thực hiện theo lắp ghép trung gian thì không nhờ độ dôi trong mối lắp để truyền lực hoặc moment xoắn mà nhờ các chi tiết phụ trong mối ghép như then, chốt, vít ...

Mỗi loại lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ hở và độ dôi khác nhau. Việc chọn lắp ghép trung gian thường dựa vào kinh nghiệm với những nguyên tắc chung như sau:

- Phụ tải càng lớn thì mối ghép phải càng chặt, nghĩa là phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ dôi càng lớn.

- Cùng một điều kiện làm việc như nhau, kích thước lắp ghép càng lớn thì phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ dôi càng giảm để dễ dàng lắp ráp.

- Với mối ghép cần tháo lắp thường xuyên thì phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ hở nhiều hơn xác suất xuất hiện độ dôi.

Để xác định xác suất xuất hiện độ hở hoặc độ dôi của một lắp ghép trung gian, có thể dùng phương pháp tính xác suất.

1. Tính xác suất xuất hiện độ hở hoặc độ dôi

Giả thiết rằng kích thước lỗ và trục sau khi gia công là các đại lượng ngẫu nhiên phân bố theo qui luật chuẩn (còn gọi là qui luật chính qui hay qui luật Gauss) và theo lý thuyết xác suất, hàm mật độ xác suất xuất hiện của kích thước sẽ là phương trình có dạng:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} \quad (2.12)$$

trong đó: σ 2 sai lệch bình phương trung bình, được tính như sau:

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (2.13)$$

Với $x_1 = d_1 - d_{tb}$; $x_2 = d_2 - d_{tb}$; ...; $x_n = d_n - d_{tb}$

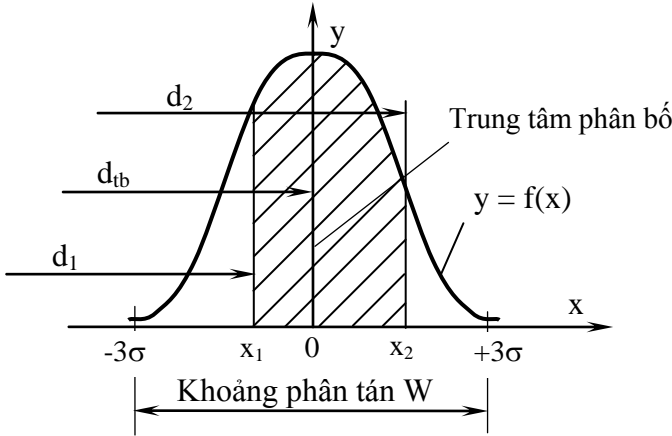
d_1, d_2, \dots, d_n 2 giá trị các kích thước chi tiết 1, 2, ..., n

d_{tb} 2 giá trị trung bình của loạt chi tiết.

$$d_{tb} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.14)$$

Đường biểu diễn của hàm mật độ có dạng như hình 2.10. Xác suất xuất hiện của kích thước lớn nhất nằm ở giá trị trung bình của chi tiết và được gọi là trung tâm phân bố.

Khoảng phân tán của kích thước hầu hết nằm trong vùng $W = 6\sigma$.



Hình 2.10: Đường cong phân bố kích thước

Nếu trung tâm phân bố trùng trung tâm dung sai và khoảng phân tán của kích thước bằng dung sai, có thể xem như toàn bộ chi tiết gia công đều đạt yêu cầu $W = T$.

Xác suất xuất hiện P của chi tiết trong một vùng nào đó có kích thước từ d_1 đến d_2 được tính bằng công thức sau:

$$P_{(x_1 \div x_2)} = \int_{x_1}^{x_2} y dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \quad (2.15)$$

Đặt biến số $z = \frac{x}{\sigma} \Rightarrow dz = \frac{dx}{\sigma}$, ta có:

$$\begin{aligned} P_{(x_1 \div x_2)} &= P_{(z_1 \div z_2)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \\ &= \Phi(z_2) - \Phi(z_1) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Với $z_1 = \frac{x_1}{\sigma}$ và $z_2 = \frac{x_2}{\sigma}$

Giá trị của hàm $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$ được tra trong bảng 2.1.

Để tính xác suất xuất hiện độ hở hoặc độ dôi của một lắp ghép trung gian cần nghiên cứu qui luật phân bố của đại lượng tổng (là độ hở và độ dôi của lắp ghép) khi thực hiện lắp ngẫu nhiên một chi tiết lỗ với một chi tiết trục.

Theo lý thuyết xác suất, do các đại lượng ngẫu nhiên thành phần (là kích thước lỗ và kích thước trục) phân bố theo qui luật chuẩn nên đại lượng tổng cũng phân bố theo qui luật chuẩn. Khi đó, sai lệch bình phương trung bình của đại lượng tổng này được tính:

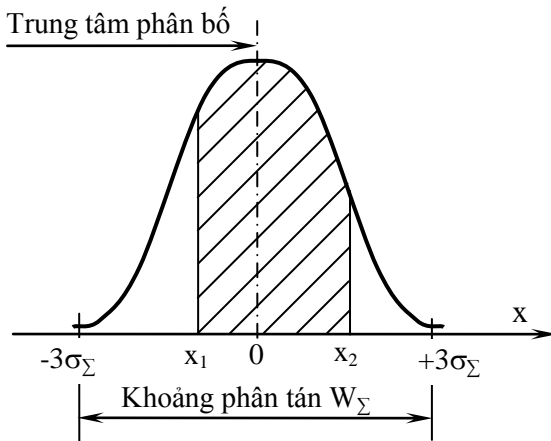
$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} \quad (2.17)$$

Với σ_D 2 sai lệch bình phương trung bình của loạt kích thước lỗ.

σ_d 2 sai lệch bình phương trung bình của loạt kích thước trục.

$$\sigma_D = \frac{T_D}{6} \quad \text{và} \quad \sigma_d = \frac{T_d}{6} \quad (2.18)$$

Đường cong phân bố của đại lượng tổng (cũng là đường cong phân bố độ hở và độ dôi của lắp ghép) có dạng hình quả chuông với khoảng phân tán là $W_{\Sigma} = 6\sigma_{\Sigma}$.



Hình 2.11: Đường cong phân bố độ hở và độ dôi

Xác suất xuất hiện của đại lượng tổng trong một vùng nào đó được tính bằng công thức sau:

$$P_{(x_1 \div x_2)} = P_{(z_1 \div z_2)} = \Phi(z_2) - \Phi(z_1) \quad (2.19)$$

$$\text{Với } z_1 = \frac{x_1}{\sigma_{\Sigma}} \quad \text{và} \quad z_2 = \frac{x_2}{\sigma_{\Sigma}}$$

Giá trị của hàm $\Phi(z)$ cũng được tra trong bảng 2.1.

Bảng 2.1: Bảng trị số tích phân hàm $\Phi(Z)$

Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$
0,00	0,0000	0,25	0,0985	0,65	0,2420	1,05	0,3530
0,01	0,0040	0,26	0,1025	0,66	0,2455	1,06	0,3555
0,02	0,0080	0,27	0,1065	0,67	0,2485	1,07	0,3575
0,03	0,0120	0,28	0,1105	0,68	0,2520	1,08	0,3600
0,04	0,0160	0,29	0,1140	0,69	0,2550	1,09	0,3620
0,05	0,0200	0,30	0,1180	0,70	0,2580	1,10	0,3645
0,06	0,0240	0,31	0,1215	0,71	0,2610	1,11	0,3665
0,07	0,0284	0,32	0,1255	0,72	0,2640	1,12	0,3685
0,08	0,0320	0,33	0,1295	0,73	0,2675	1,13	0,3710
0,09	0,0360	0,34	0,1330	0,74	0,2705	1,14	0,3730
0,10	0,0400	0,35	0,1370	0,75	0,2735	1,15	0,3750
0,11	0,0440	0,36	0,1405	0,76	0,2765	1,16	0,3770
0,12	0,0480	0,37	0,1445	0,77	0,2795	1,17	0,3790
0,13	0,0515	0,38	0,1480	0,78	0,2825	1,18	0,3810
0,14	0,0555	0,39	0,1515	0,79	0,2850	1,19	0,3830
0,15	0,0595	0,40	0,1555	0,80	0,2880	1,20	0,3850
0,16	0,0635	0,41	0,1590	0,81	0,2910	1,21	0,3870
0,17	0,0675	0,42	0,1630	0,82	0,2940	1,22	0,3890
0,18	0,0715	0,43	0,1665	0,83	0,2965	1,23	0,3905
0,19	0,0755	0,44	0,1700	0,84	0,2995	1,24	0,3925
0,20	0,0795	0,45	0,1735	0,85	0,3025	1,25	0,3945
0,21	0,0830	0,46	0,1770	0,86	0,3050	1,26	0,3960
0,22	0,0870	0,47	0,1810	0,87	0,3080	1,27	0,3980
0,23	0,0910	0,48	0,1845	0,88	0,3105	1,28	0,4000
0,24	0,0950	0,49	0,1880	0,89	0,3135	1,29	0,4015
0,25	0,0985	0,50	0,1915	0,90	0,3160	1,30	0,4030
0,26	0,1025	0,51	0,1950	0,91	0,3185	1,31	0,4050
0,27	0,1065	0,52	0,1985	0,92	0,3210	1,32	0,4065
0,28	0,1105	0,53	0,2020	0,93	0,3240	1,33	0,4080
0,29	0,1140	0,54	0,2055	0,94	0,3265	1,34	0,4100
0,15	0,0595	0,55	0,2090	0,95	0,3290	1,35	0,4115
0,16	0,0635	0,56	0,2125	0,96	0,3315	1,36	0,4130
0,17	0,0675	0,57	0,2155	0,97	0,3340	1,37	0,4145
0,18	0,0715	0,58	0,2190	0,98	0,3365	1,38	0,4160
0,19	0,0755	0,59	0,2225	0,99	0,3390	1,39	0,4175
0,20	0,0795	0,60	0,2255	1,00	0,3415	1,40	0,4190
0,21	0,0830	0,61	0,2290	1,01	0,3440	1,41	0,4205
0,22	0,0870	0,62	0,2325	1,02	0,3460	1,42	0,4220
0,23	0,0910	0,63	0,2355	1,03	0,3485	1,43	0,4235
0,24	0,0950	0,64	0,2390	1,04	0,3510	1,44	0,4250

Bảng 2.1 (tiếp theo): Bảng trị số tích phân hàm $\Phi(Z)$

Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$	Z	$\Phi(Z)$
1,45	0,4265	1,85	0,4680	2,25	0,4880	2,65	0,4960
1,46	0,4280	1,86	0,4685	2,26	0,4881	2,66	0,4961
1,47	0,4290	1,87	0,4695	2,27	0,4885	2,67	0,4962
1,48	0,4305	1,88	0,4700	2,28	0,4887	2,68	0,4963
1,49	0,4320	1,89	0,4705	2,29	0,4890	2,69	0,4964
1,50	0,4332	1,90	0,4715	2,30	0,4893	2,70	0,4965
1,51	0,4345	1,91	0,4720	2,31	0,4895	2,71	0,4966
1,52	0,4355	1,92	0,4725	2,32	0,4898	2,72	0,4967
1,53	0,4370	1,93	0,4730	2,33	0,4900	2,73	0,4968
1,54	0,4380	1,94	0,4740	2,34	0,4903	2,74	0,4969
1,55	0,4395	1,95	0,4745	2,35	0,4905	2,75	0,4970
1,56	0,4405	1,96	0,4750	2,36	0,4908	2,76	0,4971
1,57	0,4420	1,97	0,4755	2,37	0,4910	2,77	0,4972
1,58	0,4430	1,98	0,4760	2,38	0,4913	2,78	0,4973
1,59	0,4440	1,99	0,4765	2,39	0,4915	2,79	0,4974
1,60	0,4450	2,00	0,4775	2,40	0,4918	2,80	0,4974
1,61	0,4465	2,01	0,4780	2,41	0,4920	2,81	0,4975
1,62	0,4475	2,02	0,4785	2,42	0,4923	2,82	0,4976
1,63	0,4485	2,03	0,4790	2,43	0,4925	2,83	0,4977
1,64	0,4495	2,04	0,4795	2,44	0,4927	2,84	0,4977
1,65	0,4505	2,05	0,4800	2,45	0,4930	2,85	0,4978
1,66	0,4515	2,06	0,4805	2,46	0,4931	2,86	0,4979
1,67	0,4525	2,07	0,4810	2,47	0,4932	2,87	0,4979
1,68	0,4535	2,08	0,4813	2,48	0,4934	2,88	0,4980
1,69	0,4545	2,09	0,4815	2,49	0,4936	2,89	0,4981
1,70	0,4555	2,10	0,4820	2,50	0,4938	2,90	0,4981
1,71	0,4565	2,11	0,4825	2,51	0,4940	2,91	0,4982
1,72	0,4575	2,12	0,4830	2,52	0,4941	2,92	0,4982
1,73	0,4580	2,13	0,4835	2,53	0,4943	2,93	0,4983
1,74	0,4590	2,14	0,4838	2,54	0,4945	2,94	0,4984
1,75	0,4600	2,15	0,4840	2,55	0,4946	2,95	0,4984
1,76	0,4610	2,16	0,4845	2,56	0,4948	2,96	0,4985
1,77	0,4615	2,17	0,4850	2,57	0,4949	2,97	0,4985
1,78	0,4625	2,18	0,4853	2,58	0,4951	2,98	0,4986
1,79	0,4635	2,19	0,4855	2,59	0,4952	2,99	0,4986
1,80	0,4640	2,20	0,4860	2,60	0,4953	3,00	0,4986
1,81	0,4650	2,21	0,4865	2,61	0,4955	3,50	0,4998
1,82	0,4655	2,22	0,4868	2,62	0,4956	4,00	0,4999
1,83	0,4665	2,23	0,4870	2,63	0,4957	5,00	0,49999
1,84	0,4670	2,24	0,4875	2,64	0,4959		

Ví dụ: Áp dụng tính xác suất xuất hiện độ hở và độ dôi của lắp ghép $D = d = \Phi 50 \frac{H7}{k6}$

Tra bảng có $ES = 25\mu\text{m}$, $EI = 0$, $es = 18\mu\text{m}$, $ei = 2\mu\text{m}$

Sai lệch bình phương trung bình của đại lượng độ hở và độ dôi:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{\frac{T_D}{6} + \frac{T_d}{6}} = \sqrt{\frac{25^2}{6} + \frac{16^2}{6}} \approx 5\mu\text{m}$$

Miền phân bố độ hở và độ dôi của lắp ghép là:

$$W_{\Sigma} = 6\sigma_{\Sigma} = 6 \times 5 = 30\mu\text{m}.$$

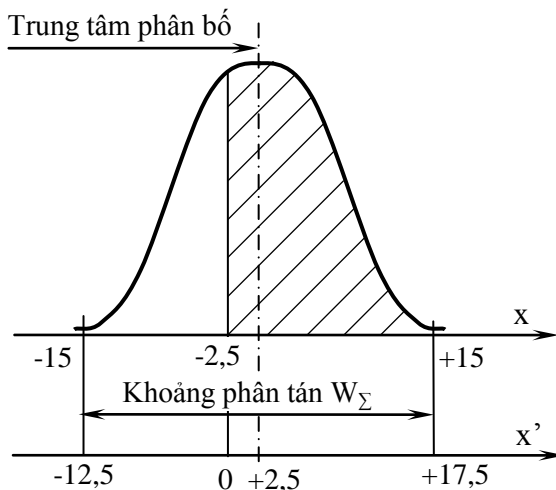
Trung tâm phân bố độ hở và độ dôi là điểm ứng với giá trị độ hở hoặc độ dôi nhận được khi kích thước lỗ và kích thước trục có xác suất lớn nhất lắp với nhau. Kích thước lỗ và kích thước trục có xác suất lớn nhất là kích thước lỗ trung bình D_{tb} và kích thước trục trung bình d_{tb} .

$$D_{tb} = \Phi 50,0125 \text{ và } d_{tb} = \Phi 50,010.$$

Giá trị độ hở của lắp ghép tương ứng với kích thước trung bình D_{tb} và d_{tb} :

$$S = D_{tb} - d_{tb} = \Phi 50,0125 - \Phi 50,010 = 0,0025 = 2,5\mu\text{m}.$$

Đường cong phân bố độ hở và độ dôi của lắp ghép $\Phi 50 \frac{H7}{k6}$ có dạng:



Hình 2.12: Đường cong phân bố độ hở và độ dôi của lắp ghép $\frac{H7}{k6}$

Trục x – trục phân bố độ hở và độ dôi

Trục x' – trục giá trị độ hở hoặc độ dôi với qui ước:

Dấu +: cho giá trị độ hở

Dấu -: cho giá trị độ dôi

Xác suất xuất hiện độ hở của lắp ghép chính là diện tích của vùng gạch chéo trên đồ thị và được tính theo công thức (2.19):

$$P_{(x_1 \div x_2)} = P_{(z_1 \div z_2)} = \Phi(z_2) - \Phi(z_1)$$

$$\text{Với } x_1 = -2,5 \Rightarrow z_1 = \frac{x_1}{\sigma_\Sigma} = \frac{-2,5}{5} = -0,5$$

$$x_2 = 15 \Rightarrow z_2 = \frac{x_2}{\sigma_\Sigma} = \frac{15}{5} = 3$$

$$\begin{aligned} P_{(x_1 \div x_2)} &= P_{(z_1 \div z_2)} = \Phi(z_2) - \Phi(z_1) = \Phi(3) - \Phi(-0,5) \\ &= \Phi(3) + \Phi(0,5) = 0,4986 + 0,1915 = 0,6901 \approx 69\% \end{aligned}$$

Vậy xác suất xuất hiện độ hở của lắp ghép là 69% và xác suất xuất hiện độ dôi của lắp ghép là 31%

2. Chọn lắp ghép trung gian theo kinh nghiệm

Có thể chọn lắp ghép trung gian theo một số hướng dẫn sau:

a. Lắp ghép $\frac{H}{n} \left(\frac{N}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép trung gian mà xác suất xuất hiện độ dôi rất lớn (trên 99%) và là lắp ghép chặt nhất trong các lắp ghép trung gian. Lắp ghép này dùng khi:

– Mỗi ghép chịu tải lớn, có va đập, chỉ tháo khi đại tu và phải dùng máy ép.

– Mỗi ghép cần đảm bảo sự cố định của các chi tiết lắp ghép mà không cần có chi tiết phụ.

Lắp ghép $\frac{H7}{n6} \left(\frac{N7}{h6} \right)$ dùng cho lắp ghép bánh răng trên trục của máy búa, máy đập ..., lắp ghép của chốt định vị cố định với thân đồ gá của máy công cụ.

Lắp ghép $\frac{H6}{n5} \left(\frac{N6}{h5} \right)$ dùng cho lắp ghép tương tự nhưng có yêu cầu mức độ chính xác cao hơn như lắp ghép giữa chốt piston với lỗ piston.

b. Lắp ghép $\frac{H}{m} \left(\frac{M}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép trung gian mà xác suất xuất hiện độ dôi khá lớn (trên 80%). Lắp ghép này dùng thay thế cho lắp ghép H/n khi mỗi ghép có điều kiện làm việc tương tự lắp ghép H/n nhưng tăng chiều dài l của mỗi ghép so với đường kính d (tỉ lệ $l/d = 1,5 \div 2d$) hoặc khi không cho phép biến dạng lớn của chi tiết sau khi lắp.

Lắp ghép thông dụng trong nhóm này là $\frac{H7}{m6} \left(\frac{M7}{h6} \right)$ được sử dụng cho mỗi ghép cố định và có chi tiết phụ như bánh răng lắp với trục của hộp giảm tốc có công suất lớn, cam lắp trên trục phân phối, ly hợp vấu lắp trên trục ... Lắp ghép $\frac{H6}{m5} \left(\frac{M6}{h5} \right)$ dùng cho mỗi ghép có yêu cầu mức độ chính xác cao hơn.

c. Lắp ghép $\frac{H}{k} \left(\frac{K}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép trung gian thông dụng nhất, xác suất xuất hiện độ hở và độ dôi gần tương đương nhau nhưng do sai lệch hình dạng của chi tiết lắp nên dường như không cảm nhận được độ hở khi lắp. Độ dôi nhận được không lớn, thường độ dôi trung bình $N_{tb} = 1 \div 5 \mu m$, độ chính xác định tâm tốt, dùng cho mỗi ghép cố định, hay tháo lắp.

Lắp ghép thông dụng trong nhóm này là $\frac{H7}{k6} \left(\frac{K7}{h6} \right)$ được sử dụng cho mỗi ghép cố định và có chi tiết phụ như bánh răng, bánh đai, bánh đà, tay gạt, vô lăng ... với trục, bạc lót lắp trong moay ơ của bánh răng quay lồng không trên trục.

Với mỗi ghép có yêu cầu mức độ chính xác cao hơn như bánh răng lắp với trục của các xích động học trong máy công cụ có thể sử dụng lắp ghép $\frac{H6}{k5} \left(\frac{K6}{h5} \right)$. Với các máy có yêu cầu độ chính xác thấp như máy

nông nghiệp, có thể sử dụng lắp ghép $\frac{H8}{k7} \left(\frac{K8}{h7} \right)$ để thay thế.

d. Lắp ghép $\frac{H}{j_s} \left(\frac{J_s}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép trung gian nhưng chủ yếu có độ hở (khoảng 99%) với mức độ độ hở nhỏ, dùng cho mỗi ghép cần tháo lắp nhanh, dễ dàng và thường xuyên, lực tháo lắp không lớn như lắp ghép bánh răng

thay thế với trục trong máy công cụ, lắp ghép nắp chặn với thân máy, lắp ghép của các chốt để định vị các bộ phận máy...

Các lắp ghép trong nhóm này gồm có $\frac{H7}{j_s 6} \left(\frac{J_s 7}{h6} \right)$, $\frac{H6}{j_s 5} \left(\frac{J_s 6}{h5} \right)$, $\frac{H8}{j_s 7} \left(\frac{J_s 8}{h7} \right)$ được chọn tùy theo yêu cầu mức độ chính xác.

2.4.3. Chọn lắp ghép có độ dôi

1. Đặc điểm của lắp ghép có độ dôi

Lắp ghép có độ dôi dùng cho mỗi ghép cố định giữa hai chi tiết với nhau và không tháo lắp trong quá trình sử dụng. Độ dôi trong lắp ghép sẽ tạo nên lực ma sát đủ lớn giữ chặt hai chi tiết với nhau để truyền lực dọc trục hoặc moment xoắn mà không cần chi tiết phụ khác.

Từ đặc điểm này, yêu cầu của mỗi ghép có độ dôi là:

- Độ dôi phải đủ lớn để giữ chặt hai chi tiết dưới tác dụng của tải trọng.
- Độ dôi không quá lớn, đảm bảo bề mặt chi tiết không bị phá hỏng.

Hai yêu cầu trên là cơ sở để tính độ dôi nhỏ nhất cho phép $[N_{\min}]$ và độ dôi lớn nhất cho phép $[N_{\max}]$ hay độ dôi của lắp ghép N phải thỏa điều kiện:

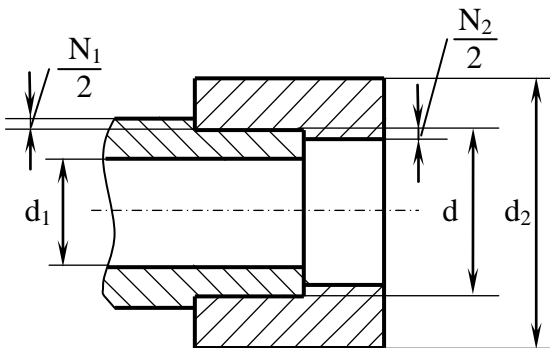
$$[N_{\min}] \leq N \leq [N_{\max}] \quad (2.20)$$

2. Tính và chọn lắp ghép có độ dôi

Bước 1: Tính độ dôi nhỏ nhất cho phép $[N_{\min}]$.

Xét một mối ghép giữa trục rỗng và bạc như hình 2.13, với d là kích thước danh nghĩa của lắp ghép. Trước khi lắp, đường kính trục lớn hơn đường kính lỗ bạc. Sau khi lắp mối ghép sẽ có độ dôi N . Như vậy, trục bị nén lại một lượng N_1 và bạc bị nở rộng ra một lượng N_2 :

$$N = N_1 + N_2 \quad (2.21)$$



Hình 2.13: Lắp ghép giữa trục rỗng và bạc

Theo lý thuyết sức bền vật liệu, mối quan hệ giữa áp suất và độ dôi tuân theo qui luật sau:

$$10^{-3} \frac{N_1}{d} = p \frac{C_1}{E_1} \quad (2.22)$$

$$10^{-3} \frac{N_1}{d} = p \frac{C_1}{E_1} \quad (2.23)$$

Cộng (2.22) và (2.23) sẽ có:

$$10^{-3} \frac{N}{d} = p \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \Rightarrow p = \frac{N \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} \quad (2.24)$$

Trong đó: p – áp suất trên bề mặt lắp ghép có độ dôi $[N/m^2]$.

N – độ dôi của lắp ghép $[\mu m]$.

d – kích thước đường kính của lắp ghép $[mm]$.

E_1, E_2 – môđun đàn hồi của vật liệu chi tiết bị bao (trục) và chi tiết bao (lỗ). Với thép, $E = (2,1 \div 2,2) \cdot 10^{11} [N/m^2]$; Với gang, $E = (1,2 \div 1,4) \cdot 10^{11} [N/m^2]$

C_1, C_2 – các hệ số tính toán, được xác định như sau:

Chi tiết trục:
$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad (2.25)$$

Chi tiết lỗ:
$$C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2 \quad (2.26)$$

μ_1, μ_2 – hệ số poisson của vật liệu (với thép $\mu = 0,3$; với gang $\mu = 0,25$).

Tùy theo điều kiện làm việc của mối ghép, xét các trường hợp sau:

a. Trường hợp mối ghép chỉ chịu lực dọc trục P : Lực ma sát P_{ms} do độ dôi tạo ra phải thắng được lực tác dụng P .

$$P_{ms} = p \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot 10^{-6} / P \quad (2.27)$$

Với f – hệ số ma sát ($f = 0,08$ khi lắp nguội; $f = 0,14$ khi lắp nóng).

d, l – đường kính và chiều dài của mối ghép $[mm]$.

Thay p từ (2.24) vào (2.27):

$$N \geq \frac{P}{f \cdot \pi \cdot l} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) 10^9 = [N_{\min}] \quad (2.28)$$

b. Trường hợp mỗi ghép chỉ chịu moment xoắn M_x : Moment ma sát M_{ms} do độ dôi tạo ra phải thẳng được moment xoắn M_x .

$$M_{ms} = p \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot (d/2) \cdot 10^{-9} / M_x \quad (2.29)$$

Thay p từ (2.24) vào (2.29):

$$N \geq \frac{2M_x}{d \cdot f \cdot \pi \cdot l} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) 10^{12} = [N_{\min}] \quad (2.30)$$

c. Trường hợp mỗi ghép chịu cả lực dọc trục P và moment xoắn M_x : Lực ma sát P_{ms} do độ dôi tạo ra phải thẳng được cả hai thành phần trên.

$$P_{ms} = p \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot 10^{-6} / \sqrt{P^2 + \left(\frac{2M_x}{d} \right)^2} 10^6 \quad (2.31)$$

Thay p từ (2.24) vào (2.31):

$$N \geq \frac{\sqrt{P^2 + \left(\frac{2M_x}{d} \right)^2} 10^6}{f \cdot \pi \cdot l} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) 10^9 = [N_{\min}] \quad (2.32)$$

Bước 2: Tính độ dôi lớn nhất cho phép $[N_{\max}]$ để chi tiết không bị phá hủy. Muốn thế ứng suất sinh ra trong chi tiết phải nhỏ hơn ứng suất giới hạn chảy cho phép của chi tiết.

$$\text{Với chi tiết trục: } \sigma_1 = \frac{2 \cdot p \cdot d^2}{d^2 - d_1^2} \leq [\sigma_{c1}] \quad (2.33)$$

$$\text{Với chi tiết lỗ: } \sigma_2 = \frac{2 \cdot p \cdot d_2^2}{d_2^2 - d^2} \leq [\sigma_{c2}] \quad (2.34)$$

σ_{c1} , σ_{c2} – ứng suất giới hạn chảy cho phép của vật liệu chi tiết trục và lỗ.

Bảng 2.2: Giá trị giới hạn chảy cho phép của vật liệu $[\sigma]$ (N/m²)

Mác thép	$[\sigma]$ (N/m ²)	Mác thép	$[\sigma]$ (N/m ²)	Mác thép	$[\sigma]$ (N/m ²)	Mác thép	$[\sigma]$ (N/m ²)
15	24×10^7	30	30×10^7	45	36×10^7	30Г	32×10^7
20	26×10^7	35	32×10^7	15Г	25×10^7	40Г	36×10^7
25	28×10^7	40	34×10^7	20Г	28×10^7		

Thay p từ (2.24) vào (2.33) và (2.34), từ đó tính được độ dôi lớn nhất để cả hai chi tiết không bị phá hủy:

$$N_{\max 1} \leq \frac{[\sigma_{c1}](d^2 - d_1^2) \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) d \cdot 10^3}{2d^2} \quad [\mu\text{m}] \quad (2.35)$$

$$N_{\max 2} \leq \frac{[\sigma_{c2}](d_2^2 - d^2) \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) d \cdot 10^3}{2d_2^2} \quad [\mu\text{m}] \quad (2.36)$$

Để cả hai chi tiết đều không bị phá hủy, chọn $[N_{\max}]$ là giá trị nhỏ trong hai giá trị $N_{\max 1}$ và $N_{\max 2}$.

Trong thực tế, khi lắp ghép có độ dôi, nhấp nhô bề mặt bị san phẳng đi một lượng $K(R_{Z1} + R_{Z2})$, với K là hệ số lún ép (thường $K = 1,2$).

Như vậy, độ dôi lớn nhất và nhỏ nhất cho phép $[N_{\max}]$, $[N_{\min}]$ phải cộng thêm một lượng là $1,2(R_{Z1} + R_{Z2})$ và lắp ghép được chọn phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$N_{\max} \leq [N_{\max}] + 1,2(R_{Z1} + R_{Z2}) \quad (2.37)$$

$$N_{\min} \geq [N_{\min}] + 1,2(R_{Z1} + R_{Z2}) \quad (2.38)$$

Ví dụ: Chọn lắp ghép có độ dôi cho mỗi ghép có các thông số sau: $d = \Phi 100\text{mm}$, $d_1 = \Phi 45\text{mm}$, $d_2 = \Phi 240\text{mm}$, $l = 148\text{mm}$, $M_x = 2700\text{Nm}$. Vật liệu cả hai chi tiết lắp ghép là thép 45. Độ nhám bề mặt lỗ cấp 6 và bề mặt trục cấp 7. Hệ số ma sát $f = 0,14$.

Giải

Bước 1: Tính độ dôi nhỏ nhất cho phép $[N_{\min}]$ theo (2.30)

với
$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 = \frac{100^2 + 45^2}{100^2 - 45^2} - 0,3 = 1,2$$

$$C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu_2 = \frac{240^2 + 100^2}{240^2 - 100^2} + 0,3 = 1,7$$

$$E_1 = E_2 = 2,1 \times 10^{11} \text{ [N/m}^2\text{]}, \quad \sigma_{c1} = \sigma_{c2} = 36 \times 10^7 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$\Rightarrow [N_{\min}] = \frac{2 \times 2700}{0,14 \times 3,14 \times 100 \times 148} \left(\frac{1,2 + 1,7}{2,1 \times 10^{11}} \right) 10^{12} = 11 \mu\text{m}$$

Bước 2: Tính độ dôi lớn nhất theo (2.35) và (2.36)

$$N_{\max 1} = \frac{36 \times 10^7 (100^2 - 45^2) \left(\frac{1,2 + 1,7}{2,1 \times 10^{11}} \right) 100 \times 10^3}{2 \times 100^2} = 198 \mu\text{m}$$

$$N_{\max 2} = \frac{36 \times 10^7 (240^2 - 100^2) \left(\frac{1,2 + 1,7}{2,1 \times 10^{11}} \right) 100 \times 10^3}{2 \times 240^2} = 205 \mu\text{m}$$

Chọn $[N_{\max}] = N_{1\max} = 198 \mu\text{m}$

Nếu kể đến các nhấp nhô bề mặt bị san phẳng thì:

$$N_{\min} = [N_{\min}] + 1,2(R_{Z1} + R_{Z2}) = 11 + 1,2(5+10) = 29 \mu\text{m}$$

$$N_{\max} = [N_{\max}] + 1,2(R_{Z1} + R_{Z2}) = 198 + 1,2(5+10) = 216 \mu\text{m}$$

Độ nhám bề mặt trục cấp 7 $\Rightarrow R_{Z1} = 5 \mu\text{m}$.

Độ nhám bề mặt lỗ cấp 6 $\Rightarrow R_{Z2} = 10 \mu\text{m}$.

Chọn lắp ghép $\Phi 100 \frac{H8}{u8}$ có $N_{\min} = 70 \mu\text{m}$, $N_{\max} = 178 \mu\text{m}$ thỏa mãn điều kiện trên.

3. Chọn lắp ghép có độ dôi theo kinh nghiệm

a. Lắp ghép $\frac{H}{p} \left(\frac{P}{h} \right)$

Đây là nhóm lắp ghép có độ dôi ít nhất. Lắp ghép này dùng khi:

- Mỗi ghép truyền moment xoắn hoặc lực dọc trục nhỏ.
- Mỗi ghép có thành mỏng, không cho phép có biến dạng lớn khi lắp.
- Mỗi ghép có kích thước lớn, tải nặng, cần định tâm tốt và cần phải có chi tiết phụ.

Lắp ghép $\frac{H7}{p6} \left(\frac{P7}{h6} \right)$ là các lắp ghép ưu tiên, dùng cho mỗi ghép

giữa bạc cố định với tấm dẫn hướng của đồ gá khoan, khoét, doa; bạc và bánh răng nhỏ lắp với trục của hộp tốc độ máy công cụ; bánh răng lớn lắp với trục của hộp giảm tốc chịu tải nặng. Có thể thay bằng lắp ghép

$\frac{H6}{p5} \left(\frac{P6}{h5} \right)$ khi có yêu cầu mức độ chính xác cao.

$$b. \text{ Lắp ghép } \frac{H}{r}, \frac{H}{s}, \frac{H}{t} \left(\frac{R}{h}, \frac{S}{h}, \frac{T}{h} \right)$$

Nhóm lắp ghép này gồm các lắp ghép có độ dôi trung bình, được dùng khi:

- Mỗi ghép cố định mà chi tiết lắp ghép bằng kim loại màu hoặc hợp kim nhẹ như bạc ổ trượt lắp với thân ổ khi chịu tải trọng nặng và có va đập.
- Mỗi ghép mà độ bền của chi tiết lắp ghép không cho phép có độ dôi lớn.

Các lắp ghép được sử dụng thông dụng của nhóm này là $\frac{H7}{r6}, \frac{H7}{s6}, \frac{H7}{t6} \left(\frac{R7}{h6}, \frac{S7}{h6}, \frac{T7}{h6} \right)$

$$c. \text{ Lắp ghép } \frac{H}{u}, \frac{H}{x}, \frac{H}{z} \left(\frac{U}{h}, \frac{X}{h}, \frac{Z}{h} \right)$$

Đây là nhóm lắp ghép có độ dôi lớn, được dùng với các mối ghép có tải nặng, va đập và rung động mà không cần chi tiết phụ. Khi lắp, cần sử dụng kết hợp phương pháp lắp nóng và ép dọc.

Các lắp ghép được sử dụng thông dụng của nhóm này là $\frac{H7}{r6}, \frac{H7}{s6}, \frac{H7}{t6} \left(\frac{R7}{h6}, \frac{S7}{h6}, \frac{T7}{h6} \right)$

4. Chọn phương pháp lắp các chi tiết trong lắp ghép có độ dôi

Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của mỗi lắp như kết cấu và hình dạng của các chi tiết, kích thước lắp ghép, độ dôi của lắp ghép ... mà có thể chọn các phương pháp sau:

a. Lắp các chi tiết trong môi trường nhiệt độ bình thường dưới tác dụng của lực ép từ các loại máy ép cơ hoặc thủy lực. Phương pháp này đơn giản, dễ thực hiện, không yêu cầu trang thiết bị công nghệ phức tạp và thường chỉ áp dụng cho các mối lắp có độ dôi không quá lớn ($N_{tb} \leq 0,001D$). Tuy nhiên, phương pháp này cũng có nhược điểm là có thể phá hỏng bề mặt các chi tiết và gây biến dạng chi tiết nếu chi tiết có độ cứng vững kém.

b. Nung nóng chi tiết bao trước khi ép

Lượng giãn nở của chi tiết bao khi nung nóng chẳng những phải lớn hơn độ dôi của lắp ghép mà còn tạo ra một độ hở cần thiết S khi lắp. Nhiệt độ nung nóng t_D của chi tiết bao được tính theo công thức:

$$t_D = \frac{N_{\max} + S_{ct}}{\alpha \cdot D} + t_0 \quad (2.39)$$

Với: N_{\max}] độ dôi lớn nhất của lắp ghép [mm]

S_{ct}] độ hở cần thiết khi lắp [mm]. Thường chọn S bằng độ hở nhỏ nhất S_{\min} trong lắp ghép $\frac{H7}{g6}$.

D] kích thước danh nghĩa của lắp ghép [mm]

t_0] Nhiệt độ môi trường [$^{\circ}\text{C}$]

α] hệ số giãn dài của vật liệu.

Với thép C, $\alpha = (10,6 \div 13,2) \cdot 10^{-6} \cdot \text{độ}^{-1}$

Với thép hợp kim, $\alpha = (11 \div 17) \cdot 10^{-6} \cdot \text{độ}^{-1}$

Với gang, $\alpha = (8,6 \div 11) \cdot 10^{-6} \cdot \text{độ}^{-1}$

Nhược điểm của phương pháp nung nóng chi tiết bao là có thể làm cong vênh chi tiết và làm thay đổi cấu trúc của vật liệu chi tiết.

c. Nung nóng chi tiết bao đồng thời làm lạnh chi tiết bị bao trước khi ép

Trong trường hợp độ dôi quá lớn hoặc yêu cầu về chất lượng cao của mối ghép, cần phải tiến hành nung nóng chi tiết bao đồng thời làm lạnh chi tiết bị bao. Với chi tiết bao có thành mỏng không thể nung nóng được, chỉ có thể làm lạnh chi tiết bị bao. Nhiệt độ làm lạnh t_d của chi tiết bị bao được tính theo công thức:

$$t_d = t_0 - \frac{N_{\max} + S_{ct}}{\alpha \cdot d} \quad (2.40)$$

Nhiệt độ làm lạnh t_d cần đạt đến âm hàng trăm độ C nên phải tiến hành trong môi trường nitơ lỏng hay oxy lỏng (-196°C).

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Giá trị dung sai T phụ thuộc vào
2. Các cấp chính xác dùng cho kích thước lắp ghép trong máy móc thông dụng là:
 - a. Cấp chính xác từ 01 đến 4.
 - b. Cấp chính xác từ 5 đến 18.
 - c. Cấp chính xác từ 5 đến 11.
 - d. Cấp chính xác từ 12 đến 18.
3. Dãy các sai lệch cơ bản từ J_s (j_s) đến N (n) dùng thể hiện trong:
 - a. Lắp ghép có độ dôi.
 - b. Lắp ghép trung gian.
 - c. Lắp ghép có độ hở.
 - d. Tất cả đều đúng.
4. Sai lệch cơ bản là:
5. Biết sai lệch cơ bản của lỗ là R , dung sai lỗ là T_D . Sai lệch không cơ bản còn lại là:
 - a. Sai lệch trên và được tính $ES = T_D + EI$.
 - b. Sai lệch trên và được tính $ES = T_D - EI$.
 - c. Sai lệch dưới và được tính $EI = T_D + ES$.
 - d. Sai lệch dưới và được tính $EI = ES - T_D$.
6. Cho chi tiết có kích thước $d = \phi 63n7$, miền dung sai của chi tiết:
 - a. nằm hoàn toàn trên đường 0.
 - b. nằm hoàn toàn dưới đường 0.
 - c. phân bố từ đường 0 trở lên.
 - d. phân bố đối xứng qua đường 0.
7. Hệ thống trục được sử dụng trong các trường hợp:
8. Trục cơ bản trong hệ thống trục là trục có:
 - a. Sai lệch giới hạn trên bằng 0.
 - b. Sai lệch giới hạn dưới bằng 0.
 - c. Sai lệch giới hạn trên và dưới đều dương.
 - d. Sai lệch giới hạn trên và dưới đều âm.
9. Cho hai lắp ghép $\phi 56G7/h6$ và $\phi 56N8/h7$:
 - a. Kích thước giới hạn lớn nhất của lỗ trong hai lắp ghép trên bằng nhau.
 - b. Kích thước giới hạn nhỏ nhất của lỗ trong hai lắp ghép trên bằng nhau.

- c. Kích thước giới hạn lớn nhất của trục trong hai lắp ghép trên bằng nhau.
- d. Kích thước giới hạn nhỏ nhất của trục trong hai lắp ghép trên bằng nhau.
10. Lắp ghép có độ hở dùng:
- a. Dãy các sai lệch cơ bản từ A (a) đến H (h).
- b. Dãy các sai lệch cơ bản từ J (j) đến N (n).
- c. Dãy các sai lệch cơ bản từ P (p) đến ZC (zc).
- d. Dãy các sai lệch cơ bản từ A (a) đến G (g).
11. Cho hai lắp ghép $\phi 25H7/g6$ và $\phi 105G7/h6$:
- a. Sai lệch giới hạn trên của lỗ trong hai lắp ghép đó bằng nhau.
- b. Sai lệch giới hạn dưới của trục trong hai lắp ghép đó bằng nhau.
- c. Sai lệch giới hạn trên của lỗ trong lắp ghép thứ 1 bằng sai lệch giới hạn dưới của trục trong lắp ghép thứ 2.
- d. Sai lệch giới hạn dưới của lỗ trong lắp ghép thứ 1 bằng sai lệch giới hạn trên của trục trong lắp ghép thứ 2.
12. Loạt chi tiết trục có kích thước $d = \phi 125^{+0,061}_{+0,043}$. Chọn chi tiết lỗ sao cho tạo ra lắp ghép có độ dôi trong hệ thống lỗ:
- a. $D = \phi 125^{+0,039}_{+0,014}$.
- b. $D = \phi 125 \pm 0,012$.
- c. $D = \phi 125_{-0,025}$.
- d. $D = \phi 125^{+0,025}$.
13. Lắp ghép cho mỗi ghép cố định giữa bánh răng và trục trong hộp tốc độ có thể chọn:
- a. $\frac{H7}{f7}$
- b. $\frac{F7}{h6}$
- c. $\frac{H8}{s7}$
- d. $\frac{H7}{k6}$
14. Lắp ghép cho mỗi ghép của bánh răng quay lồng không trên trục có thể chọn:
- a. $\frac{H6}{j_s 5}$
- b. $\frac{H7}{g6}$
- c. $\frac{K7}{h6}$
- d. $\frac{H7}{s6}$
15. Cho hai lắp ghép $\phi 30H7/k6$ và $\phi 30K7/h6$. Hai lắp ghép đó có:
- a. cùng độ hở S_{\max} và độ dôi N_{\max} .
- b. cùng độ hở S_{\max} nhưng khác độ dôi N_{\max} .

- c. cùng độ dôi N_{\max} nhưng khác độ hở S_{\max} .
 d. độ hở S_{\max} và độ dôi N_{\max} đều khác nhau.

16. Sắp xếp các lắp ghép sau đây theo thứ tự mức độ độ hở tăng dần (nếu cùng kích thước danh nghĩa):

- a. $\frac{G7}{h6}; \frac{E8}{h8}; \frac{F8}{h8}; \frac{F8}{h7}; \frac{E9}{h8}; \frac{H7}{h6}$.
 b. $\frac{E9}{h8}; \frac{E8}{h8}; \frac{F8}{h8}; \frac{F8}{h7}; \frac{G7}{h6}; \frac{H7}{h6}$.
 c. $\frac{H7}{h6}; \frac{G7}{h6}; \frac{F8}{h7}; \frac{F8}{h8}; \frac{E8}{h8}; \frac{E9}{h8}$.
 d. $\frac{H7}{h6}; \frac{G7}{h6}; \frac{F8}{h8}; \frac{F8}{h7}; \frac{E9}{h8}; \frac{E8}{h8}$.

17. Với một kiểu lắp có độ hở trong hệ thống lỗ đã chọn, muốn thay đổi độ hở nhỏ nhất S_{\min} , cần phải chọn lại:

- a. cấp chính xác của lỗ.
 b. cấp chính xác của lỗ và trục.
 c. sai lệch cơ bản của lỗ.
 d. sai lệch cơ bản của trục.

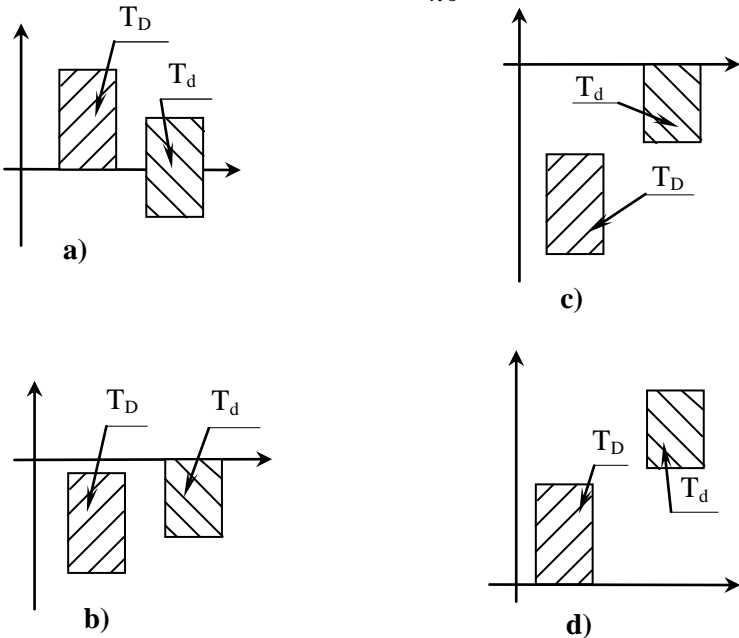
18. Cho lắp ghép trung gian H7/m6. Để tăng khả năng xuất hiện độ hở trong lắp ghép, chọn lại lắp ghép sau:

- a. H7/j₆ b. H7/f₆ c. H7/r₆ d. H7/n₆

19. Để giảm độ hở của lắp ghép H7/f₇, chọn lại lắp ghép sau:

- a. H7/k₆ b. H7/g₆ c. G7/h₆ d. H7/e₇

20. Sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép $\frac{P7}{h6}$ có dạng sau:



BÀI TẬP

1. So sánh mức độ chính xác của các cặp chi tiết sau:

- $d_1 = \Phi 63\text{mm}$, $T_{d1} = 30\mu\text{m}$ và $d_2 = \Phi 140\text{mm}$, $T_{d2} = 63\mu\text{m}$.
- $D_1 = \Phi 20\text{mm}$, $T_{D1} = 21\mu\text{m}$ và $D_2 = \Phi 125\text{mm}$, $T_{D2} = 25\mu\text{m}$.
- $d_1 = \Phi 40\text{mm}$, $T_{d1} = 25\mu\text{m}$ và $d_2 = \Phi 150\text{mm}$, $T_{d2} = 40\mu\text{m}$.

2. Hãy sắp xếp các chi tiết sau theo thứ tự mức độ chính xác tăng dần:

- $d_1 = \Phi 27_{-0,021}$, $d_2 = \Phi 125_{-0,039}^{-0,014}$, $d_3 = \Phi 64 \pm 0,023$.
- $D_1 = \Phi 64_{+0,019}$, $D_2 = \Phi 216 \pm 0,01$, $D_3 = \Phi 30_{+0,007}^{+0,028}$.

3. Cho một lắp ghép trong hệ thống lỗ có kích thước danh nghĩa $d = D = \phi 60\text{mm}$, $N_{\max} = 15\mu\text{m}$, $T_D = T_d$, miền dung sai trực phân bố đối xứng qua đường 0.

- Tính các sai lệch giới hạn của lỗ và trục.
- Tính các kích thước giới hạn của lỗ và trục.
- Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.
- Xác định độ hở hoặc độ dôi và dung sai của lắp ghép.

4. Cho một lắp ghép trong hệ thống trục có kích thước danh nghĩa $d = D = \phi 50\text{mm}$, $T_D = 42 \mu\text{m}$, $N_{\max} = 60 \mu\text{m}$, $S_{\max} = 15 \mu\text{m}$.

- Tính các sai lệch giới hạn của lỗ và trục.
- Tính các kích thước giới hạn của lỗ và trục.
- Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.
- Xác định độ hở hoặc độ dôi và dung sai của lắp ghép.

5. Cho một lắp ghép trong hệ thống trục có kích thước danh nghĩa $d = D = \phi 80\text{mm}$, cấp chính xác của trục là cấp 7, mức độ chính xác của lỗ thấp hơn của trục một cấp, sai lệch cơ bản của lỗ là F.

- Tính các sai lệch giới hạn của lỗ và trục.
- Tính các kích thước giới hạn của lỗ và trục.
- Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.
- Xác định độ hở hoặc độ dôi và dung sai của lắp ghép.

6. Cho các lắp ghép sau:

$$\frac{H8}{f8} ; \frac{F7}{h6} ; \frac{H7}{m6} ; \frac{T7}{h6} ; \frac{H6}{n5} ; \frac{M7}{h6} ; \frac{H7}{s6} ; \frac{U8}{h7}$$

a. Với kích thước danh nghĩa $D = d = \phi 80$, hãy chọn một lắp ghép trung gian trong hệ thống trục từ các lắp ghép trên và tra bảng tìm sai lệch giới hạn của lỗ và trục.

b. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

7. Cho các lắp ghép sau:

$$\frac{H8}{f8} ; \frac{F7}{h6} ; \frac{H7}{m6} ; \frac{T7}{h6} ; \frac{H6}{k5} ; \frac{M7}{h6} ; \frac{H7}{s6} ; \frac{U8}{h7}$$

a. Với kích thước danh nghĩa $D = d = \phi 50$, hãy chọn một lắp ghép có độ dôi trong hệ thống lỗ từ các lắp ghép trên và tra bảng tìm sai lệch giới hạn của lỗ và trục.

b. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

8. Với kích thước danh nghĩa $D = d = \phi 60$, hãy dựa vào bảng tiêu chuẩn để chọn một lắp ghép có độ hở trong hệ thống lỗ.

a. Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.

b. Xác định dung sai và kích thước giới hạn của lỗ và trục.

c. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

9. Với kích thước danh nghĩa $D = d = \phi 100$, hãy dựa vào bảng tiêu chuẩn để chọn một lắp ghép có độ dôi trong hệ thống trục.

a. Vẽ sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.

b. Xác định dung sai và kích thước giới hạn của lỗ và trục.

c. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

10. Giải thích các ký hiệu lắp ghép và tra bảng tìm sai lệch giới hạn của lỗ và trục trong các lắp ghép sau:

$$d = D = \phi 100 \frac{H8}{s7} ; \quad d = D = \phi 25 \frac{M7}{h6} ;$$

$$d = D = \phi 56 \frac{E8}{h7} ; \quad d = D = \phi 120 \frac{H6}{g5} ; \quad d = D = \phi 150 \frac{U8}{h7}$$

11. Với các lắp ghép đã cho dưới đây, hãy lựa chọn theo từng loại các lắp ghép có độ hở, lắp ghép trung gian và lắp ghép có độ dôi trong hệ thống lỗ cũng như trong hệ thống trục:

$$\frac{H8}{f8}; \frac{H6}{j_s5}; \frac{E9}{h8}; \frac{H6}{h5}; \frac{H8}{s7}; \frac{J_s7}{h6}; \frac{R7}{h6}; \frac{F7}{h6}; \frac{H7}{m6}; \frac{T7}{h6}; \frac{H6}{k5}; \frac{M7}{h6}; \frac{H7}{p6}; \frac{U8}{h7}; \frac{H7}{g6}$$

12. Sắp xếp các lắp ghép sau theo thứ tự độ hở tăng dần (nếu cùng một kích thước danh nghĩa):

$$\frac{H8}{f8}; \frac{H6}{h5}; \frac{H8}{f7}; \frac{H9}{d9}; \frac{H7}{f7}; \frac{H8}{e8}; \frac{H7}{g6}; \frac{H7}{h6}; \frac{H8}{e9}$$

13. Sắp xếp các lắp ghép sau theo thứ tự độ dôi giảm dần (nếu cùng một kích thước danh nghĩa):

$$\frac{R7}{h6}; \frac{U8}{h7}; \frac{P7}{h6}; \frac{T7}{h6}; \frac{P6}{h5}; \frac{S7}{h6}$$

14. Tính toán chọn lắp ghép có độ hở cho mỗi ghép ổ trượt với các điều kiện sau:

$$D = d = \phi 65\text{mm}, l = 100\text{mm}, P = 5000\text{N}, n = 750\text{vòng/ph.}$$

Bôi trơn bằng dầu công nghiệp 30, độ nhám bề mặt trục cấp 8, bề mặt lỗ cấp 7.

15. Tính toán chọn lắp ghép có độ hở cho mỗi ghép ổ trượt với các điều kiện sau:

$$D = d = \phi 80\text{mm}, l = 120\text{mm}, P = 15000\text{N}, n = 1000\text{vòng/ph}$$

Bôi trơn bằng dầu công nghiệp 45, độ nhám bề mặt trục cấp 8, bề mặt lỗ cấp 7.

16. Tính toán chọn lắp ghép có độ hở cho mỗi ghép ổ trượt với các điều kiện sau:

$$D = d = \phi 30\text{mm}, l = 45\text{mm}, p = 15 \times 10^4 \text{ N/m}^2, n = 600\text{vòng/ph.}$$

Bôi trơn bằng dầu công nghiệp 20, độ nhám bề mặt trục cấp 7, bề mặt lỗ cấp 6.

17. Tính toán chọn lắp ghép có độ hở cho mỗi ghép ổ trượt với các điều kiện sau:

$$D = d = \phi 70\text{mm}, l = 100\text{mm}, P = 12000\text{N}, n = 1200\text{vòng/ph}$$

Bôi trơn bằng dầu tuyền bin 22, độ nhám bề mặt trục cấp 8, bề mặt lỗ cấp 7.

18. Tính toán chọn lắp ghép có độ dôi cho mỗi ghép cố định với các điều kiện sau:

$D = d = \phi 120\text{mm}$, $d_1 = \phi 50\text{mm}$, $d_2 = \phi 240\text{mm}$, $l = 180\text{mm}$,
 $M_x = 6000\text{Nm}$.

Vật liệu của cả hai chi tiết lắp ghép là thép 45. Độ nhám bề mặt lỗ cấp 7 và trục cấp 8. Hệ số ma sát $f = 0,14$.

19. Tính toán chọn lắp ghép có độ dôi cho mỗi ghép cố định với các điều kiện sau:

$D = d = \phi 50\text{mm}$, $d_1 = \phi 20\text{mm}$, $d_2 = \phi 80\text{mm}$, $l = 75\text{mm}$,
 $P = 50000\text{N}$.

Vật liệu của cả hai chi tiết lắp ghép là thép 40. Độ nhám bề mặt lỗ và trục là cấp 7. Hệ số ma sát $f = 0,14$.

20. Tính toán chọn lắp ghép có độ dôi cho mỗi ghép cố định với các điều kiện sau:

$D = d = \phi 80\text{mm}$, $d_1 = \phi 40\text{mm}$, $d_2 = \phi 160\text{mm}$, $l = 160\text{mm}$,
 $M_x = 1000\text{Nm}$, $P = 20000\text{N}$.

Vật liệu của cả hai chi tiết lắp ghép là thép 35. Độ nhám bề mặt lỗ cấp 7 và trục cấp 8. Hệ số ma sát $f = 0,14$.

21. Tính xác suất xuất hiện độ hở và độ dôi của các lắp ghép sau:

a. $D = d = \Phi 60 \frac{H7}{m6}$

b. $D = d = \Phi 90 \frac{K7}{h6}$

c. $D = d = \Phi 80 \frac{H7}{js6}$

Bài đọc thêm

DUNG SAI KÍCH THƯỚC GÓC

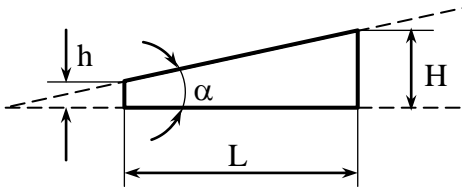
1. Kích thước góc

Kích thước góc danh nghĩa được tiêu chuẩn hóa theo TCVN 259-86 (bảng 2.10) gồm có 3 dãy giá trị mà khi sử dụng ưu tiên theo thứ tự từ dãy 1 đến dãy 3.

Bảng 2.3: Dãy kích thước góc danh nghĩa

Dãy 1	Dãy 2	Dãy 3	Dãy 1	Dãy 2	Dãy 3	Dãy 1	Dãy 2	Dãy 3
0 ⁰	0 ⁰	0 ⁰		10 ⁰	10 ⁰			70 ⁰
		0 ⁰ 15'			12 ⁰		75 ⁰	75 ⁰
	0 ⁰ 30'	0 ⁰ 30'	15 ⁰	15 ⁰	15 ⁰			80 ⁰
		0 ⁰ 45'			18 ⁰			85 ⁰
	1 ⁰	1 ⁰		20 ⁰	20 ⁰	90 ⁰	90 ⁰	90 ⁰
		1 ⁰ 30'			22 ⁰			100 ⁰
	2 ⁰	2 ⁰			25 ⁰			110 ⁰
		2 ⁰ 30'	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	120 ⁰	120 ⁰	120 ⁰
	3 ⁰	3 ⁰			35 ⁰			135 ⁰
		4 ⁰		40 ⁰	40 ⁰			150 ⁰
5 ⁰	5 ⁰	5 ⁰	45 ⁰	45 ⁰	45 ⁰			165 ⁰
		6 ⁰			50 ⁰			180 ⁰
		7 ⁰			55 ⁰			270 ⁰
	8 ⁰	8 ⁰	60 ⁰	60 ⁰	60 ⁰			360 ⁰
		9 ⁰			65 ⁰			

Kích thước góc được sử dụng cho bề mặt nghiêng và bề mặt côn. Với bề mặt nghiêng, có hai khái niệm là độ nghiêng S và góc nghiêng α (hình 2.14).



$$S = \frac{H-h}{L} = \text{tg}\alpha \quad (2.41)$$

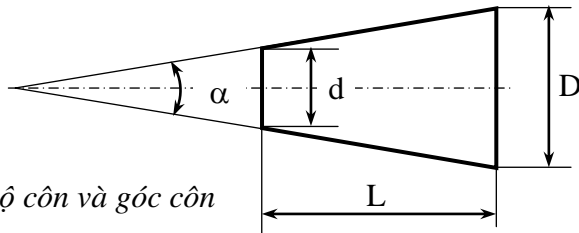
Hình 2.14: Độ nghiêng và góc nghiêng

Bảng 2.4: Trị số độ nghiêng và góc nghiêng tiêu chuẩn

Độ nghiêng	Góc nghiêng	
	Theo độ	Theo radian
1: 500	6'52,5"	0,0020000
1: 200	17'11,3"	0,0050000
1: 100	34'22,6"	0,0100000
1: 50	1 ^o 8'44,7"	0,0199971
1: 20	2 ^o 51'44,7"	0,0499586
1: 10	5 ^o 42'38,1"	0,0996685

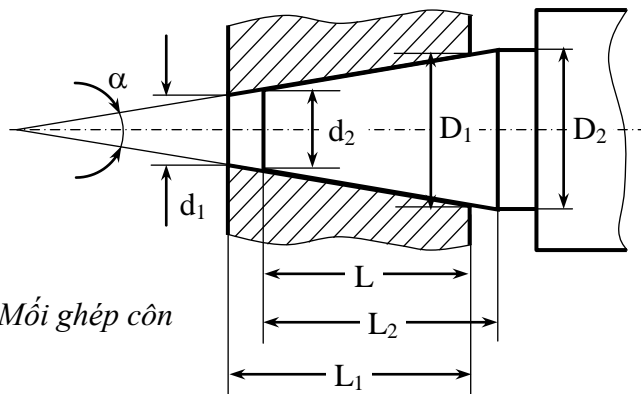
Với bề mặt côn, hai khái niệm tương ứng là độ côn K và góc côn α (hình 2.15).

$$K = \frac{D-d}{L} = 2\text{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.42)$$



Hình 2.15: Độ côn và góc côn

Mối ghép được tạo nên bằng các bề mặt côn trong và côn ngoài của các chi tiết lắp ghép côn được gọi là *mối ghép côn*.



Hình 2.16: Mối ghép côn

Bảng 2.7: Trị số độ côn và góc côn tiêu chuẩn

Độ côn	Góc côn		Độ côn	Góc côn	
	Theo độ	Theo radian		Theo độ	Theo radian
1: 200	17'11,3"	0,005000	1: 7	8 ⁰ 10'16,4"	0,142615
1: 100	34'22,6"	0,010000	1: 5	11 ⁰ 25'13,6"	0,199337
1: 50	1 ⁰ 8'45,2"	0,019999	1: 3	18 ⁰ 55'28,7"	0,330297
1: 30	1 ⁰ 54'34,9"	0,033330	1: 1,866	30 ⁰	0,523599
1: 20	2 ⁰ 51'51,1"	0,049990	1: 1,207	45 ⁰	0,785398
1: 15	3 ⁰ 49'5,9"	0,066642	1: 0,866	60 ⁰	1,047198
1: 12	4 ⁰ 46'18,8"	0,083285	1: 0,652	75 ⁰	1,308997
1: 10	5 ⁰ 43'29,3"	0,099915	1: 0,500	90 ⁰	1,570796
1: 8	7 ⁰ 9'9,6"	0,124838	1: 0,289	120 ⁰	2,094395
Côn Morse					
N ⁰	Độ côn	Góc côn		Đường kính D, mm	
		Theo độ	Theo radian		
0	1: 19,212	2 ⁰ 58'54"	0,052039	9,045	
1	1: 20,047	2 ⁰ 51'26"	0,049872	12,065	
2	1: 20,020	2 ⁰ 51'41"	0,049940	17,780	
3	1: 19,922	2 ⁰ 52'32"	0,050185	23,825	
4	1: 19,254	2 ⁰ 58'31"	0,051926	31,267	
5	1: 19,002	3 ⁰ 00'53"	0,052614	44,399	
6	1: 19,180	2 ⁰ 59'12"	0,052126	36,348	

Cũng như lắp ghép bề mặt trơn, lắp ghép của mỗi ghép côn được phân thành ba nhóm: lắp ghép động, lắp ghép khít và lắp ghép cố định.

– Lắp ghép động bảo đảm chuyển động quay tương đối, khả năng tháo lắp nhẹ nhàng, nhanh chóng và điều chỉnh được khe hở giữa các chi tiết lắp bằng cách di chuyển dọc trục. Lắp ghép động thường dùng các giá trị độ côn và góc côn lớn.

– Lắp ghép khít có khả năng trượt tương đối nhưng bảo đảm độ kín (không thoát hoặc thấm khí, nước, dầu ...) khi được mài rà các chi

tiết của cặp côn. Lắp ghép khít thường dùng các giá trị độ côn và góc côn trung bình.

– Lắp ghép cố định bảo đảm độ dôi cần thiết tạo ra lực ma sát giữa các bề mặt côn để truyền moment xoắn giữa các chi tiết lắp. Độ dôi được thực hiện bằng cách kéo hoặc ép các chi tiết côn theo phương dọc trục. Lắp ghép cố định thường dùng các giá trị độ côn và góc côn nhỏ.

2. Dung sai kích thước góc

Dung sai kích thước góc được ký hiệu là AT (Angle Tolerance) và được biểu diễn dưới hai dạng (hình 2.17):

Dung sai góc theo đơn vị góc AT_α được tính theo công thức:

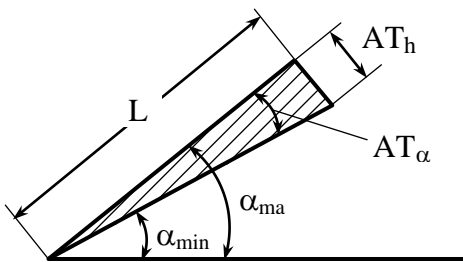
$$AT_\alpha = \alpha_{\max} - \alpha_{\min} \quad (2.43)$$

Đơn vị của dung sai góc có thể là phút-giây hoặc μrad .

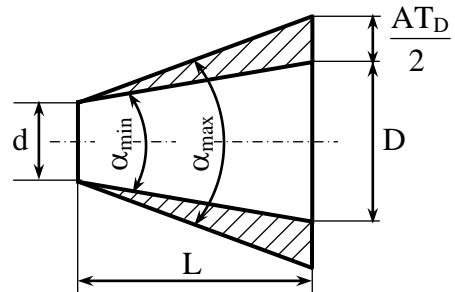
Dung sai góc theo đơn vị dài AT_h (μm) là độ dài đoạn vuông góc với một cạnh của góc tại vị trí cách đỉnh của góc một khoảng L. AT_h được tính theo công thức:

$$AT_h = AT_\alpha \cdot L \cdot 10^{-3} \mu\text{m} \quad (2.44)$$

(với AT_α được tính bằng μrad và L bằng mm)



Hình 2.17: Dung sai góc nghiêng



Hình 2.18: Dung sai góc côn

Với bề mặt côn, dung sai góc côn phụ thuộc vào chiều dài côn L và lấy $AT_D \approx AT_h$

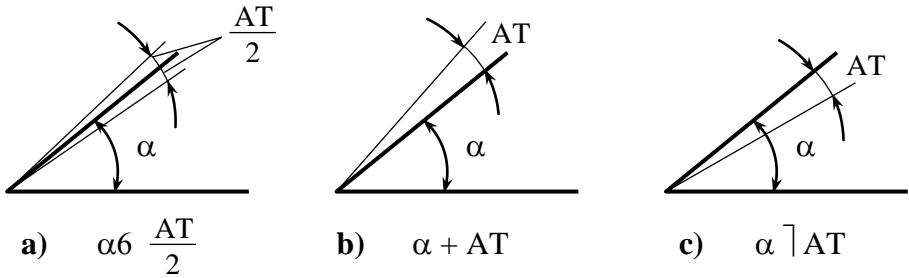
TCVN 260-86 qui định có 17 cấp chính xác kích thước góc và được ký hiệu từ cấp 1, 2, 3, ..., 17 với mức độ chính xác giảm dần. Trị số dung sai góc thay đổi ứng với cấp chính xác và chiều L khác nhau (bảng 2.6).

Bảng 2.6: Trị số dung sai góc

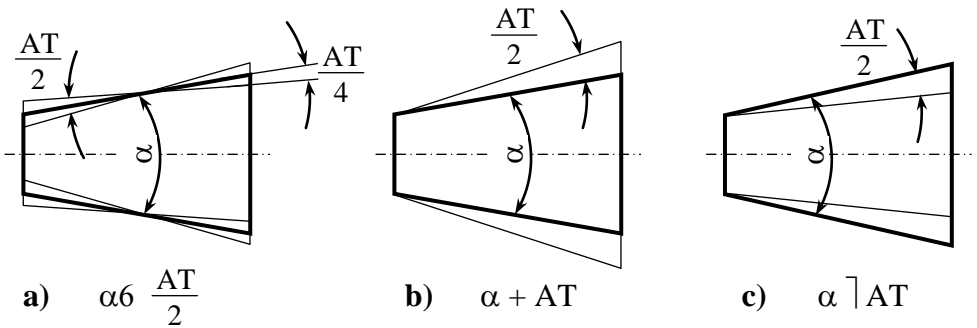
Khoảng chiều dài L, mm	Cấp chính xác								
	5			6			7		
	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn
	μrad	ph-gi		ph-gi	μrad		ph-gi	μrad	
Đến 10	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"
Trên 10 ÷ 16	250	52"	50"	400	1'22"	1'220	630	2'10"	2'
" 16 " 25	200	41"	40"	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"
" 25 " 40	160	33"	32"	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"
" 40 " 63	125	26"	26"	200	41"	40"	315	1'05"	1'
" 63 " 100	100	21"	20"	160	33"	32"	250	52"	50"
" 100 " 160	80	16"	16"	125	26"	26"	200	41"	40"
" 160 " 250	63	13"	12"	100	21"	20"	160	33"	32"
" 250 " 400	50	10"	10"	80	16"	16"	125	26"	26"
" 400 " 630	40	8"	8"	63	13"	12"	100	21"	20"
" 630 " 1000	31,5	6"	6"	50	10"	10"	80	16"	16"
" 1000 " 1600	25	5"	5"	40	8"	8"	63	13"	12"
" 1600 " 2500	20	4"	4"	31,5	6"	6"	50	10"	10"

Khoảng chiều dài L, mm	Cấp chính xác								
	8			9			10		
	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn
	μrad	ph-gi		μrad	ph-gi		μrad	ph-gi	
Đến 10	1250	4'18"	4'	2000	6'52"	6'	3150	10'49"	10'
Trên 10 ÷ 16	1000	3'26"	3'	1600	5'30"	5'	2500	8'35"	8'
" 16 " 25	800	2'45"	2'45"	1250	4'18"	4'	2000	6'52"	6'
" 25 " 40	630	2'10"	2'	1000	3'26"	3'	1600	5'30"	5'
" 40 " 63	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"	1250	4'18"	4'
" 63 " 100	400	1'22"	1'20"	630	2'10"	2'	1000	3'26"	3'
" 100 " 160	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"
" 160 " 250	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"	630	2'10"	2'
" 250 " 400	200	41"	40"	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"
" 400 " 630	160	33"	32"	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"
" 630 " 1000	125	26"	26"	200	41"	40"	315	1'05"	1'
" 1000 " 1600	100	21"	20"	160	33"	32"	250	52"	50"
" 1600 " 2500	80	16"	16"	125	26"	26"	200	41"	40"

Miền dung sai góc nghiêng hoặc góc côn chủ yếu là phân bố đối xứng so với vị trí góc danh nghĩa (hình 2.19a và 2.20a). Tuy nhiên, do những yêu cầu đặc biệt có thể chọn cách phân bố một phía (phân bố dương như hình 2.19b, c hoặc phân bố âm như hình 2.20b, c).



Hình 2.19: Phân bố miền dung sai góc nghiêng



Hình 2.20: Phân bố miền dung sai góc côn

Chương III

SAI LỆCH HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ NHÁM BỀ MẶT

Mục tiêu chương III: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:






1. Phân biệt được các loại sai lệch hình dạng và sai lệch vị trí của chi tiết.
2. Đọc hiểu được ý nghĩa ký hiệu các loại sai lệch hình dạng và sai lệch vị trí cho trên bản vẽ chi tiết.
3. Chọn được loại sai lệch hình dạng, sai lệch vị trí và xác định được giá trị sai lệch phù hợp với điều kiện làm việc của chi tiết trong bộ phận máy hoặc máy.
4. Đọc hiểu được ý nghĩa ký hiệu sai lệch hình dạng, sai lệch vị trí ghi trên bản vẽ chi tiết.
5. Ghi được ký hiệu các loại sai lệch hình dạng và sai lệch vị trí đã chọn lên trên bản vẽ chi tiết.
6. Trình bày được khái niệm về nhám bề mặt và ảnh hưởng của nhám bề mặt đến chất lượng làm việc của chi tiết.
7. Đọc hiểu được ý nghĩa ký hiệu nhám bề mặt ghi trên bản vẽ chi tiết.
8. Chọn được mức độ nhám bề mặt phù hợp với điều kiện làm việc của chi tiết trong bộ phận máy hoặc máy.
9. Ghi được ký hiệu nhám bề mặt đã chọn lên trên bản vẽ chi tiết.

Ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của chi tiết máy ngoài yếu tố về kích thước còn có sai lệch hình dạng bề mặt, sai lệch vị trí tương quan giữa các bề mặt và nhám bề mặt của chi tiết, đặc biệt là các chi tiết có yêu cầu cao về độ chính xác kích thước, các chi tiết quan trọng trong bộ phận máy hoặc trong máy chính xác.

Vì vậy, để đảm bảo yêu cầu của các thông số chức năng của máy khi làm việc, trên bản vẽ chế tạo chi tiết không chỉ qui định dung sai kích thước mà còn cả dung sai hình dạng và vị trí bề mặt, nhám bề mặt.

3.1. SAI LỆCH HÌNH DẠNG VÀ SAI LỆCH VỊ TRÍ

Thuật ngữ và ký hiệu sai lệch hình dạng và sai lệch vị trí

Loại sai lệch	Tên sai lệch	Ký hiệu
Sai lệch hình dạng	Độ thẳng	—
	Độ phẳng	
	Độ tròn	○
	Độ trụ	
	Sai lệch prôphin mặt cắt dọc	=
Sai lệch vị trí bề mặt	Độ song song	//
	Độ vuông góc	⊥
	Độ đồng tâm	⊙
	Độ đối xứng	≡
	Độ giao nhau giữa các đường tâm	×
	Độ nghiêng	∠
	Sai lệch vị trí	⊕
Sai lệch tổng hình dạng và vị trí bề mặt	Độ đảo (hướng tâm, mặt đầu)	
	Độ đảo toàn phần (hướng tâm, mặt đầu)	
	Sai lệch hình dạng của prôphin cho trước	∩
	Sai lệch hình dạng của bề mặt cho trước	

Các định nghĩa cần thiết:

– Bề mặt danh nghĩa là bề mặt lý tưởng có dạng danh nghĩa, không có sai lệch nào.

– Bề mặt thực là bề mặt giới hạn của vật thể và ngăn cách nó với môi trường xung quanh.

– Bề mặt áp là bề mặt có dạng danh nghĩa, tiếp xúc với bề mặt thực của chi tiết sao cho khoảng cách từ nó đến điểm xa nhất của bề mặt thực trong giới hạn của phần chuẩn là nhỏ nhất.

3.1.1. Sai lệch hình dạng bề mặt

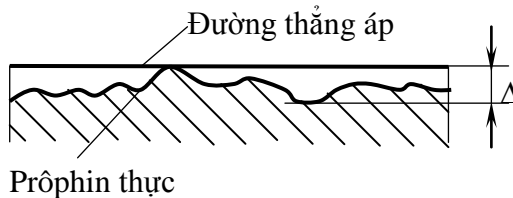
Sai lệch hình dạng bề mặt là sự không phù hợp giữa bề mặt thực (hoặc prôphin thực) so với bề mặt danh nghĩa (hoặc prôphin danh nghĩa) và có giá trị bằng khoảng cách lớn nhất từ bề mặt thực (hoặc prôphin thực) đến bề mặt áp (hoặc prôphin áp) lấy theo phương pháp tuyến của bề mặt áp (hoặc prôphin áp).

Dưới đây trình bày một số loại sai lệch hình dạng của bề mặt.

1. Đối với mặt phẳng

a. Độ thẳng (Ký hiệu 2)

Độ thẳng trong mặt phẳng là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của prôphin thực đến đường thẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.1).



Hình 3.1: Sai lệch độ thẳng

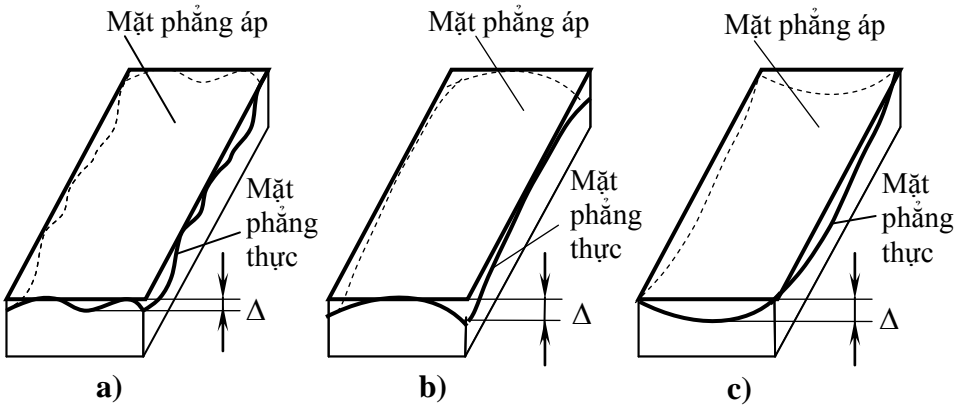
b. Độ phẳng (Ký hiệu \square)

Độ phẳng là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực đến mặt phẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.2a).

Các dạng sai lệch thành phần của độ phẳng là:

– Độ lồi là sai lệch mà giá trị giảm dần từ mép vào giữa (hình 3.2b).

– Độ lõm là sai lệch mà giá trị tăng dần từ mép vào giữa (hình 3.2c).



Hình 3.2: Sai lệch độ phẳng

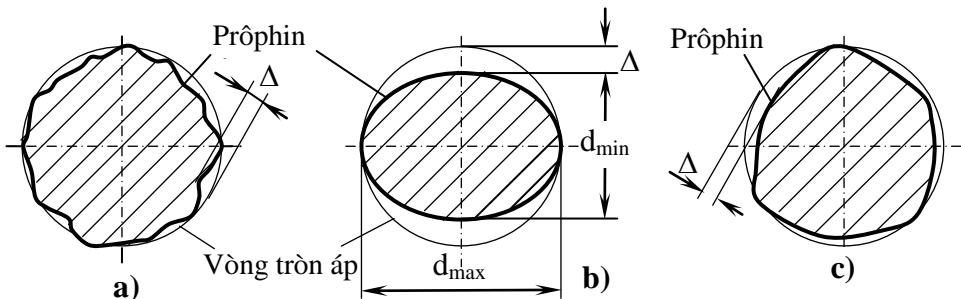
2. Đối với mặt trụ

a. Độ tròn (Ký hiệu \bigcirc) là khoảng cách lớn nhất từ các điểm của prôphin thực đến vòng tròn áp (hình 3.3a). Các dạng sai lệch thành phần của độ tròn là:

– *Độ ôvan* là sai lệch mà prôphin thực là hình ôvan có đường kính lớn nhất và nhỏ nhất nằm trên hai phương vuông góc với nhau (hình 3.3b). Trị số độ ôvan được xác định bằng hiệu giữa đường kính lớn nhất và nhỏ nhất của mặt cắt ngang, nghĩa là bằng hai lần trị số của độ không tròn:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \quad (3.1)$$

– *Độ phân cạnh* là sai lệch mà prôphin thực là hình nhiều cạnh (hình 3.3c)



Hình 3.3: Sai lệch độ tròn

b. Độ trụ (Ký hiệu \mathcal{N}) là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực đến mặt trụ áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.4a).

Các dạng sai lệch thành phần của độ trụ là:

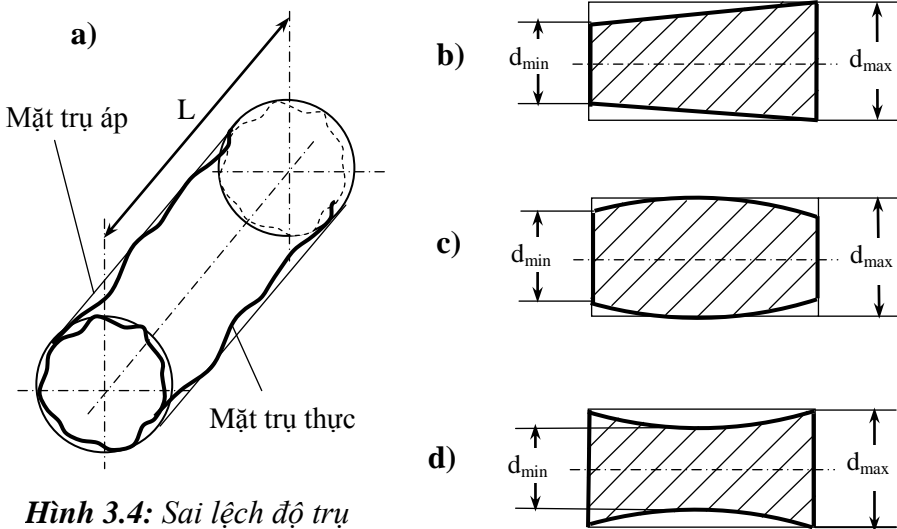
– Độ côn là sai lệch của prôphin mặt cắt dọc mà các đường sinh là đường thẳng nhưng không song song với nhau (hình 3.4b).

– Độ phình: là sai lệch của prôphin mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và đường kính tăng từ mép đến giữa mặt cắt (hình 3.4c).

– Độ thắt là sai lệch của prôphin mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và đường kính giảm từ mép đến giữa mặt cắt (hình 3.4d).

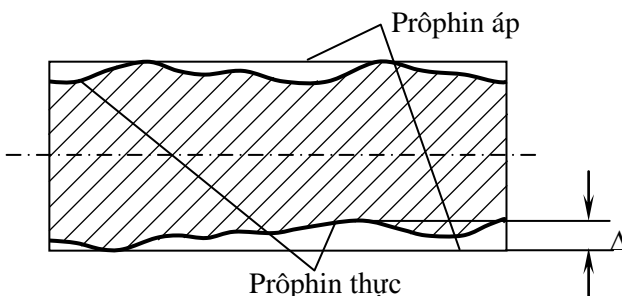
Trị số của độ côn, độ phình, độ thắt được xác định theo công thức:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \quad (3.2)$$



Hình 3.4: Sai lệch độ trụ

c. Sai lệch prôphin mặt cắt dọc (Ký hiệu \Rightarrow) là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm trên đường sinh của bề mặt thực, nằm trong mặt phẳng đi qua trục của nó đến phía tương ứng của prôphin áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.5).



Hình 3.5: Sai lệch prôphin mặt cắt dọc

3.1.2. Sai lệch vị trí bề mặt

Sai lệch vị trí là sai lệch giữa vị trí thực của yếu tố khảo sát (bề mặt, đường tâm hoặc mặt phẳng đối xứng) so với vị trí danh nghĩa.

Vị trí danh nghĩa của yếu tố khảo sát được xác định bởi kích thước dài hoặc kích thước góc từ yếu tố khảo sát tới yếu tố chuẩn. Chuẩn có thể là mặt phẳng, đường tâm (với bề mặt trụ, mặt côn, ren ...) hoặc điểm (như đỉnh của mặt côn, tâm của mặt cầu).

Dung sai vị trí là giá trị giới hạn sai lệch cho phép về vị trí bề mặt. Để đảm bảo cho việc qui định dung sai vị trí một cách đúng đắn trong quá trình thiết kế, chế tạo và kiểm tra sản phẩm, người ta đưa ra khái niệm *dung sai vị trí phụ thuộc* và *dung sai vị trí không phụ thuộc*.

Dung sai vị trí không phụ thuộc có trị số không đổi trong cả loạt chi tiết được chế tạo theo bản vẽ đã cho và không phụ thuộc vào kích thước thực của yếu tố chuẩn.

Dung sai vị trí phụ thuộc có trị số thay đổi đối với các chi tiết khác nhau trong cả loạt và phụ thuộc vào kích thước thực của yếu tố chuẩn.

Để ký hiệu dung sai vị trí phụ thuộc, sau trị số dung sai có ghi thêm chữ M trong vòng tròn: (M)

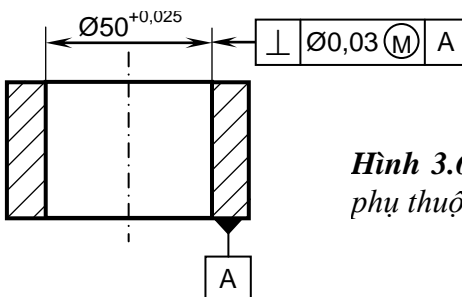
Giá trị toàn phần của dung sai vị trí phụ thuộc đối với một chi tiết nào đó trong loạt T_{pt} được tính như sau:

$$T_{pt} = T_{min} + T_{bs} \quad (3.3)$$

T_{min} – giá trị nhỏ nhất của dung sai vị trí phụ thuộc. Nó được cho trên bản vẽ và là thành phần không đổi trong cả loạt chi tiết.

T_{bs} – giá trị bổ sung của dung sai vị trí phụ thuộc. Nó tùy thuộc vào kích thước thực của bề mặt khảo sát.

Ví dụ: Hình 3.6 biểu thị yêu cầu dung sai phụ thuộc về độ vuông góc giữa đường tâm lỗ với mặt đầu A.

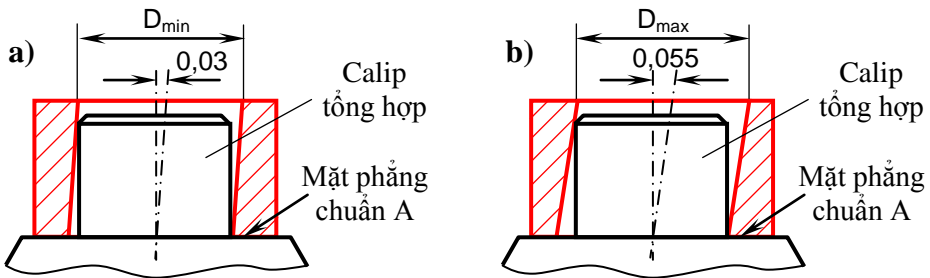


Hình 3.6: Ký hiệu dung sai phụ thuộc trên bản vẽ

Giá trị $T_{\min} = 0,03$ không đổi còn T_{bs} thay đổi tùy thuộc vào kích thước thực của lỗ $\varnothing 50$.

Nếu kích thước thực của lỗ đạt giá trị nhỏ nhất $D_{\min} = \varnothing 50$ thì độ không vuông góc lớn nhất cho phép chỉ là $0,03$ theo mọi hướng mới đảm bảo yêu cầu của lắp ghép; nghĩa là $T_{\text{pt}} = T_{\min} = 0,03$ còn $T_{\text{bs}} = 0$ (hình 3.7a).

Tuy nhiên, nếu kích thước thực của lỗ đạt giá trị lớn nhất $D_{\max} = \varnothing 50,025$ thì cho phép tăng độ không vuông góc lớn nhất thành $T_{\text{pt}} = T_{\min} + T_{\text{bs}} = T_{\min} + T_D = 0,03 + 0,025 = 0,055$. Mặc dầu độ không vuông góc tăng lên như vậy nhưng khi lắp ráp vào chi tiết khác hoặc khi kiểm tra bằng calip tổng hợp vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật (hình 3.7b).



Hình 3.7: Dung sai phụ thuộc về độ vuông góc

Như vậy, tùy theo kích thước thực của lỗ mà giá trị toàn phần của dung sai vị trí phụ thuộc có thể thay đổi từ $0,03 \div 0,055$. Do đó sử dụng dung sai vị trí phụ thuộc có tính kinh tế hơn dung sai vị trí không phụ thuộc vì cho phép dung sai được mở rộng, dễ gia công hơn.

Với bề mặt lỗ (bề mặt bao), dung sai phụ thuộc nhỏ nhất T_{\min} tính cho trường hợp lỗ nhỏ nhất D_{\min} , còn với bề mặt trục (bề mặt bị bao) T_{\min} tính cho trường hợp trục lớn nhất d_{\max} .

Khi kiểm tra sai lệch có dung sai vị trí phụ thuộc, phải dùng calip để đo bằng phương pháp đo tổng hợp, còn kiểm tra sai lệch có dung sai vị trí không phụ thuộc phải dùng dụng cụ đo để đo bằng phương pháp đo yếu tố.

Các loại sai lệch vị trí bề mặt gồm có:

1. Độ song song (Kí hiệu //)

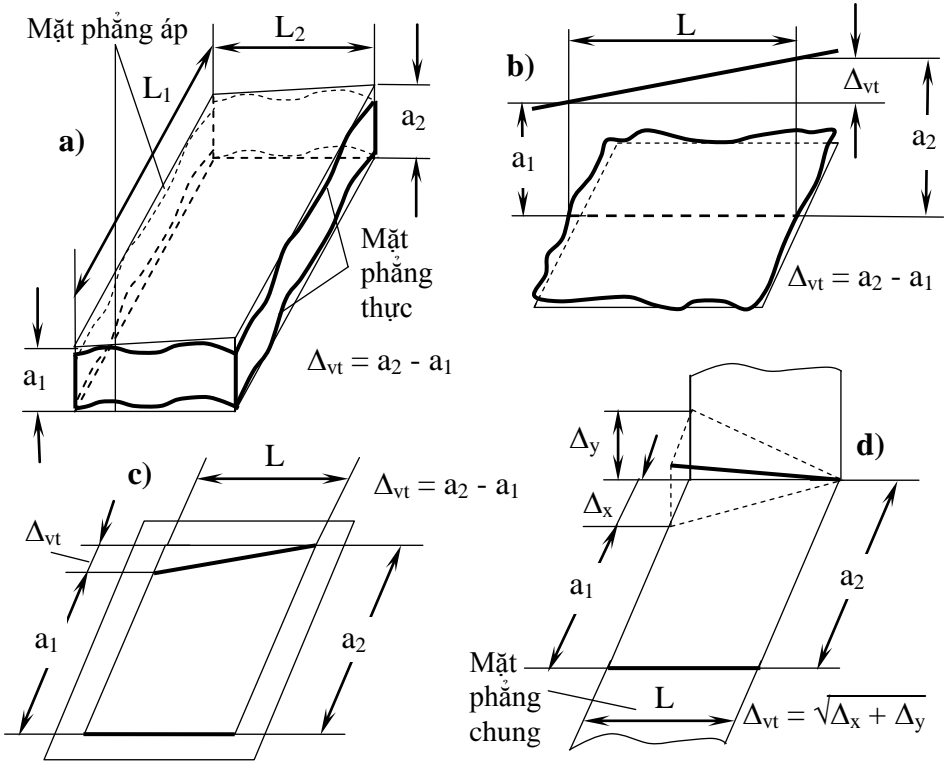
Độ song song có các trường hợp sau:

- Độ song song giữa các mặt phẳng là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất Δ_{vt} giữa các mặt phẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.8a).

– Độ song song giữa đường tâm (hoặc đường thẳng) và mặt phẳng là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất Δ_{vt} giữa các đường tâm (hoặc đường thẳng) và mặt phẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.8b).

– Độ song song giữa các đường tâm (hoặc đường thẳng) trong mặt phẳng là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất Δ_{vt} giữa các đường tâm (hoặc đường thẳng) trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.8c).

– Độ song song giữa các đường tâm (hoặc đường thẳng) trong không gian là tổng hình học Δ_{vt} các sai lệch về độ song song các hình chiếu của đường tâm (hoặc đường thẳng) lên hai mặt phẳng vuông góc (một trong hai mặt phẳng này là mặt phẳng chung của đường thẳng) (hình 3.8d). Mặt phẳng chung của các đường trong không gian là mặt phẳng đi qua một đường thẳng và một điểm của đường thẳng khác.



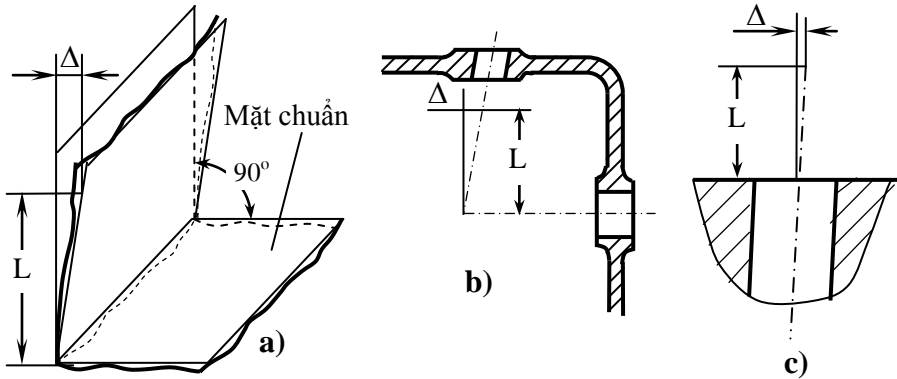
Hình 3.8: Sai lệch độ song song

2. Độ vuông góc (Kí hiệu \perp): có các trường hợp sau

– Giữa 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 của phần chuẩn L (hình 3.9a).

– Giữa các đường tâm (đường thẳng) là sai lệch góc giữa các đường tâm (đường thẳng) so với góc vuông, biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn L (hình 3.9b)

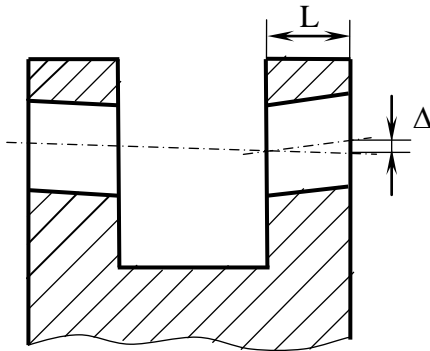
– Giữa đường tâm (đường thẳng) với mặt phẳng là sai lệch góc giữa đường tâm (đường thẳng) và mặt phẳng chuẩn so với góc vuông, biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn L và đường xác định trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng chuẩn và đi qua đường tâm (đường thẳng) khảo sát (hình 3.9c).



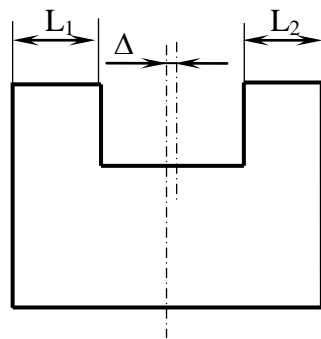
Hình 3.9: Sai lệch độ vuông góc

3. Độ đồng tâm (Ký hiệu \odot)

Độ đồng tâm là khoảng cách lớn nhất Δ giữa đường tâm của bề mặt được khảo sát và đường tâm của bề mặt chuẩn trên chiều dài của phần chuẩn L (hình 3.10).



Hình 3.10: Sai lệch độ đồng tâm



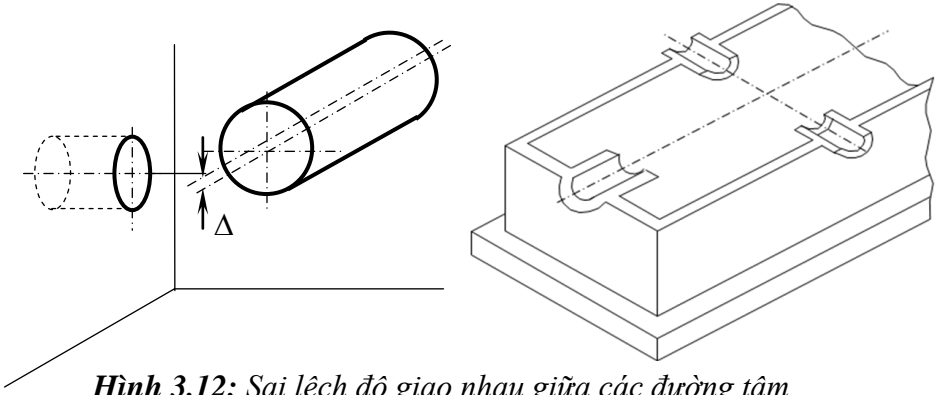
Hình 3.11: Sai lệch độ đối xứng

4. Độ đối xứng (Ký hiệu \equiv)

Độ đối xứng là khoảng cách lớn nhất Δ giữa mặt phẳng (hoặc đường tâm) đối xứng của phần tử được khảo sát và mặt phẳng đối xứng của phần tử chuẩn trong giới hạn của phần chuẩn L (hình 3.11).

5. Độ giao nhau giữa các đường tâm (Ký hiệu \times)

Độ giao nhau giữa các đường tâm là khoảng cách lớn nhất Δ giữa các đường tâm giao nhau danh nghĩa (hình 3.12).

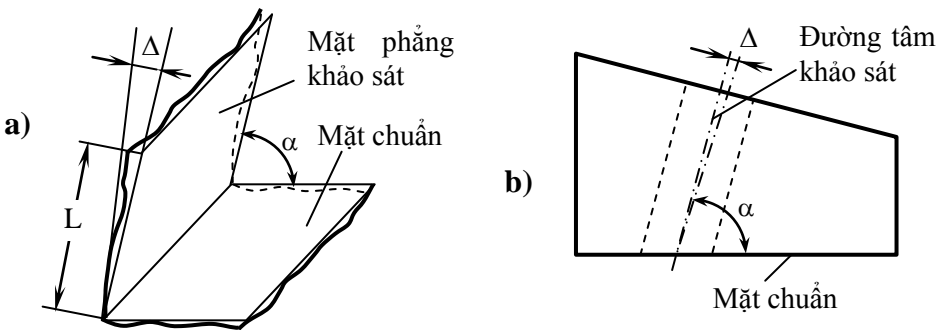


Hình 3.12: Sai lệch độ giao nhau giữa các đường tâm

6. Độ nghiêng (Ký hiệu \sphericalangle): có các trường hợp

– Độ nghiêng của mặt phẳng là sai lệch góc giữa mặt phẳng và mặt chuẩn so với góc danh nghĩa α , biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn L (hình 3.13a).

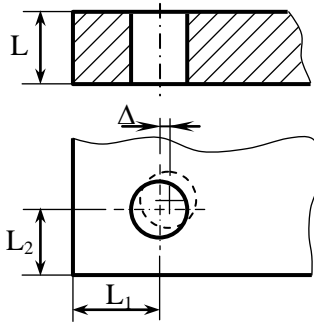
– Độ nghiêng của đường tâm là sai lệch góc giữa đường tâm bề mặt tròn xoay và mặt chuẩn so với góc danh nghĩa α , biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn L (hình 3.13b).



Hình 3.13: Sai lệch độ nghiêng

7. Sai lệch vị trí (Ký hiệu \oplus)

Sai lệch vị trí là khoảng cách lớn nhất Δ giữa vị trí thực của yếu tố (đường tâm, mặt phẳng đối xứng) và vị trí danh nghĩa của nó trong giới hạn chiều dài chuẩn (hình 3.14).



Hình 3.14: Sai lệch vị trí

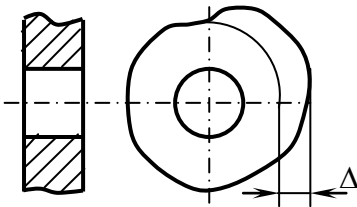
3.1.3. Sai lệch tổng cộng về hình dạng và vị trí

1. Độ đảo

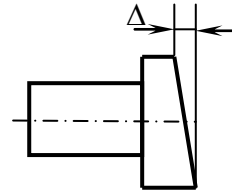
Độ đảo bao gồm:

– **Độ đảo hướng tâm** (ký hiệu \nearrow) là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ các điểm của prôphin thực của bề mặt quay tới đường tâm chuẩn trong mặt cắt vuông góc với đường tâm chuẩn (hình 3.15).

– **Độ đảo mặt đầu** (ký hiệu \nwarrow) là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ các điểm của prôphin thực của mặt đầu tới mặt phẳng vuông góc với đường tâm chuẩn (hình 3.16).



Hình 3.15: Sai lệch độ đảo hướng tâm

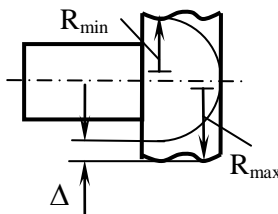


Hình 3.16: Sai lệch độ đảo mặt đầu

2. Độ đảo toàn phần

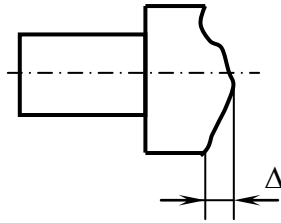
Độ đảo toàn phần bao gồm:

– **Độ đảo hướng tâm toàn phần** (ký hiệu \nearrow) là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ các điểm trên bề mặt thực tới đường tâm chuẩn trong giới hạn của phần chuẩn (hình 3.17).



Hình 3.17: Sai lệch độ đảo hướng tâm toàn phần

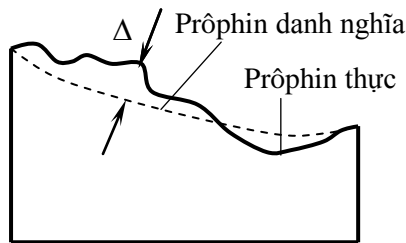
Độ đảo mặt đầu toàn phần (ký hiệu ∇) là hiệu số khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ tất cả các điểm của mặt đầu tới mặt phẳng vuông góc với đường tâm chuẩn (hình 3.18).



Hình 3.18: Sai lệch độ đảo mặt đầu toàn phần

3. Sai lệch hình dạng của rôphin cho trước (ký hiệu \ominus)

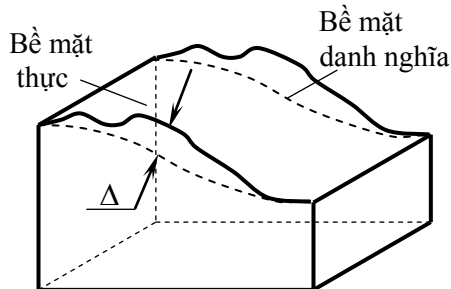
Sai lệch hình dạng của rôphin cho trước là sai lệch lớn nhất Δ từ các điểm của rôphin thực tới rôphin danh nghĩa, theo phương pháp tuyến với rôphin danh nghĩa trong giới hạn của phần chuẩn (hình 3.19).



Hình 3.19 Sai lệch hình dạng của rôphin cho trước

4. Sai lệch hình dạng của bề mặt cho trước (ký hiệu $\omin�$)

Sai lệch hình dạng của bề mặt cho trước là sai lệch lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực tới bề mặt danh nghĩa, theo phương pháp tuyến với bề mặt danh nghĩa trong giới hạn của phần chuẩn (hình 3.20).



Hình 3.20 Sai lệch hình dạng của bề mặt cho trước

3.1.4. Dung sai hình dạng và vị trí

Sai lệch hình dạng và vị trí cũng có ảnh hưởng quan trọng đến chất lượng làm việc của chi tiết máy và máy. Tuy nhiên, việc ứng dụng xác suất để tính toán xác định dung sai các sai lệch này từ dung sai thông số kỹ thuật của máy còn rất nhiều hạn chế. Các khó khăn gây nên tình trạng đó là do chưa có những nghiên cứu đầy đủ về ảnh hưởng của sai lệch hình dạng và vị trí đến chất lượng làm việc của chi tiết máy và máy, về qui luật phân bố và các trị số đặc trưng của nó cũng như qui luật phân bố chưa rõ ràng ... Do đó, qui định dung sai cho các loại sai số này thường là theo kinh nghiệm đã được hướng dẫn trong các sổ tay kỹ thuật.

Đối với mỗi loại sai lệch hình dạng hoặc vị trí, tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 384-1993) qui định có 16 cấp chính xác từ cấp 1 đến cấp 16 với mức độ chính xác giảm dần. Giá trị dung sai của các loại sai lệch hình dạng và vị trí ứng với các cấp chính xác khác nhau được cho trong các bảng từ 8 đến, phụ lục 2.

Muốn xác định dung sai hình dạng và vị trí khi thiết kế các chi tiết máy, trước hết cần chọn cấp chính xác của các loại sai lệch hình dạng và vị trí, sau đó dựa vào kích thước danh nghĩa để tra ra dung sai hình dạng và vị trí theo bảng tiêu chuẩn.

Dung sai độ phẳng và độ thẳng của một bề mặt khảo sát có thể chọn theo dung sai kích thước xác định vị trí của bề mặt đó (bảng 3.1).

Thông thường: $T_{hd} < T_{kt}$

T_{hd} – Dung sai độ phẳng và độ thẳng của bề mặt khảo sát.

T_{kt} – Dung sai kích thước xác định vị trí của bề mặt khảo sát.

Bảng 3.1: Quan hệ giữa dung sai độ phẳng và độ thẳng với dung sai kích thước

Dung sai kích thước giữa các bề mặt T_{kt} , μm	Mức chính xác hình học tương đối (% T_{kt})		
	Thường (60%)	Nâng cao (40%)	Cao (25%)
	Dung sai độ phẳng và độ thẳng T_{hd} , μm		
Từ 3 đến 5	2,5	1,6	1
Trên 5 đến 8	4	2,5	1,6
“ 8 “ 12	6	4	2,5
“ 12 “ 20	10	6	4

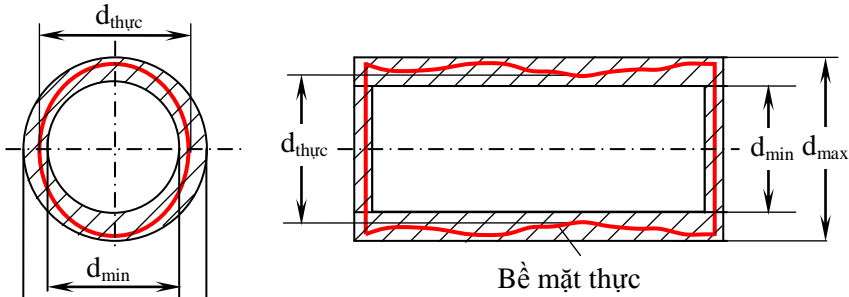
“ 20 “ 30	16	10	6
“ 30 “ 50	25	16	10
“ 50 “ 80	40	25	16
“ 80 “ 120	60	40	25
“ 120 “ 200	100	60	40
“ 200 “ 300	160	100	60
“ 300 “ 500	250	160	100
“ 500 “ 800	400	250	160
“ 800 “ 1200	600	400	250
“ 1200 “ 2000	1000	600	400
“ 2000 “ 3000	1600	1000	600

Dung sai hình dạng của mặt trụ có quan hệ mật thiết với cấp chính xác kích thước của mặt trụ đó. Do đó, có thể chọn cấp chính xác hình dạng theo cấp chính xác kích thước như hướng dẫn trong bảng 3.2.

Bảng 3.2: *Quan hệ giữa cấp chính xác hình dạng với cấp chính xác kích thước*

Mức chính xác hình học tương đối	Cấp chính xác kích thước											
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	Cấp chính xác hình dạng											
Thường	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Nâng cao		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cao			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Đặc biệt cao				1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nếu không có chỉ dẫn về sai lệch hình dạng và vị trí trên bản vẽ thì tất cả các sai lệch ấy đều nằm trong giới hạn dung sai kích thước của bề mặt tương ứng, tức là trong phạm vi đường sinh giới hạn của chi tiết. Ví dụ nếu không ghi độ tròn, độ trụ của một bề mặt trụ trên bản vẽ có nghĩa là cho phép lấy dung sai độ tròn, độ trụ bằng dung sai đường kính của bề mặt trụ đó (hình 3.21).



Hình 3.21: Sai lệch độ tròn, độ trụ

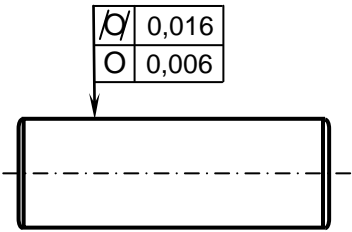
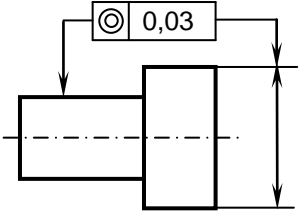
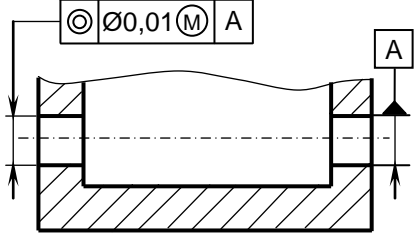
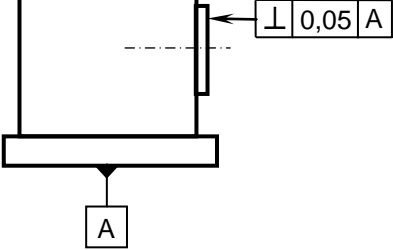
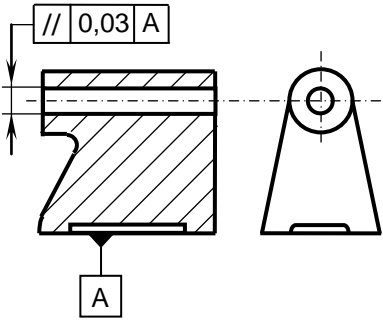
3.1.5. Cách ghi ký hiệu sai lệch hình dạng và vị trí

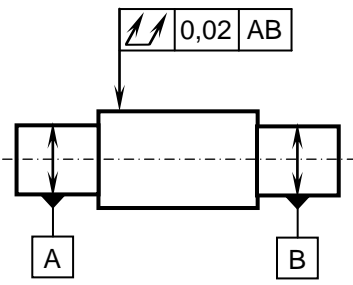
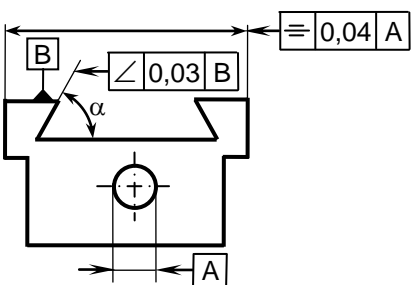
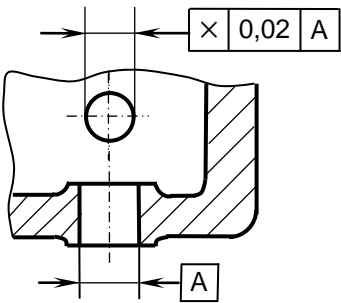
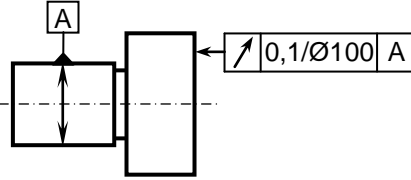
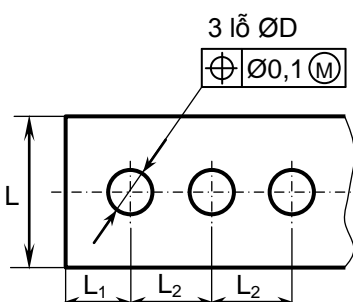
Ký hiệu ghi trên bản vẽ chi tiết là một khung chữ nhật có 2 đến 3 ô, gồm có những nội dung sau:

- Ô 1: Ghi dấu hiệu của loại sai lệch hình dạng hoặc vị trí.
- Ô 2: Ghi trị số sai lệch cho phép (mm). Có thể ghi giá trị tuyệt đối, giá trị tương đối hoặc cả hai. Dung sai vị trí phụ thuộc được ký hiệu bằng chữ M trong vòng tròn: \textcircled{M} và được đặt sau trị số sai lệch.
- Ô 3: Ghi chữ cái ký hiệu chuẩn hoặc yếu tố liên quan đến sai lệch vị trí (có thể có hoặc không có ô này).

Bảng 3.3: Ký hiệu và yêu cầu kỹ thuật của dung sai hình dạng và vị trí trên bản vẽ chi tiết

TT	Ký hiệu	Yêu cầu kỹ thuật
1		<p>Dung sai độ song song giữa hai bề mặt khảo sát là 0,05 mm</p> <p>Dung sai độ phẳng của bề mặt khảo sát là 0,02 mm trên chiều dài 100 mm</p>
2		<p>Dung sai độ tròn của bề mặt khảo sát là 0,012 mm</p>

TT	Ký hiệu	Yêu cầu kỹ thuật
3		<p>Dung sai độ trụ của bề mặt khảo sát là 0,016 mm</p> <p>Dung sai độ tròn của bề mặt khảo sát là 0,006 mm</p>
4		<p>Dung sai độ đồng tâm giữa hai bề mặt khảo sát là 0,03 mm</p>
5		<p>Dung sai phụ thuộc về độ đồng tâm của bề mặt khảo sát so với mặt A là 0,01 mm (theo mọi hướng)</p>
6		<p>Dung sai độ vuông góc của bề mặt khảo sát so với mặt A là 0,05 mm</p>
7		<p>Dung sai độ song song của bề mặt khảo sát so với mặt A là 0,03 mm</p>

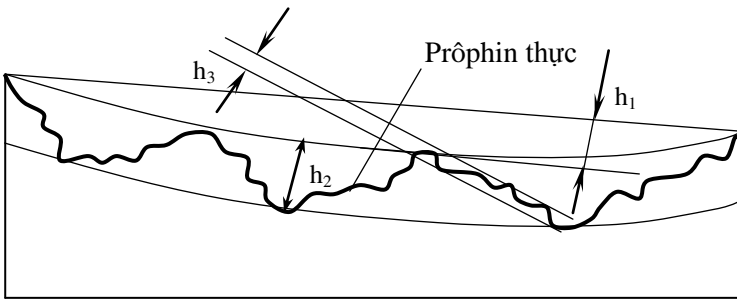
TT	Ký hiệu	Yêu cầu kỹ thuật
8		<p>Dung sai độ đảo hướng tâm toàn phần của bề mặt khảo sát so với đường tâm chung của hai mặt A và B là 0,01 mm</p>
9		<p>Dung sai độ đối xứng của hai mặt bên khảo sát so với đường tâm lỗ A là 0,04 mm</p> <p>Dung sai độ nghiêng của bề mặt khảo sát so với mặt B là 0,03 mm</p>
10		<p>Dung sai độ giao nhau của đường tâm bề mặt khảo sát so với đường tâm mặt A là 0,02 mm</p>
11		<p>Dung sai độ đảo mặt đầu của bề mặt khảo sát so với đường tâm mặt A là 0,1 mm theo đường kính Ø100</p>
12		<p>Dung sai phụ thuộc về vị trí của các đường tâm lỗ là 0,1 mm (theo mọi hướng)</p>

3.2. NHÁM BỀ MẶT

3.2.1. Khái niệm

Bề mặt của chi tiết sau khi gia công thường không bằng phẳng một cách lý tưởng mà có những nhấp nhô. Nhấp nhô trên bề mặt có nhiều loại khác nhau. Quan sát một phần bề mặt đã được khuếch đại (hình 3.22), có thể nhận thấy được các loại nhấp nhô sau:

- Nhấp nhô có chiều cao h_1 là sai lệch hình dạng hình học đại quang.
- Nhấp nhô có chiều cao h_2 là độ sóng bề mặt.
- Nhấp nhô có chiều cao h_3 là nhám bề mặt. Đây là những nhấp nhô tế vi trên bề mặt xét trong phạm vi chiều dài chuẩn l rất nhỏ.



Hình 3.22: Các loại nhấp nhô trên bề mặt chi tiết

Để phân biệt độ sóng và độ nhám bề mặt, có thể dùng tỉ lệ tương đối giữa bước p_i và chiều cao h_i sau:

$$\text{Độ nhám: } \frac{p_i}{h_i} = 0 \div 50; \text{ độ sóng: } \frac{p_i}{h_i} = 50 \div 100$$

3.2.2. Ảnh hưởng của nhám bề mặt đến chất lượng làm việc của chi tiết

– Ảnh hưởng đến tính chống mòn: Khi làm việc, các bề mặt của chi tiết chỉ tiếp xúc với nhau ở một số đỉnh nhấp nhô nên diện tích tiếp xúc thực chỉ bằng một phần diện tích tính toán. Do đó áp suất tại các điểm tiếp xúc đó rất lớn làm phá vỡ dòng chảy tầng của dầu bôi trơn, đẩy dầu ra chỗ tiếp xúc làm cho bề mặt tiếp xúc chóng mòn. Độ nhẵn bóng càng cao thì khả năng chống mài mòn càng tốt.

– Ảnh hưởng đến độ bền mỏi của chi tiết: Nhám bề mặt có ảnh hưởng lớn đến độ bền mỏi của chi tiết nhất là khi chi tiết chịu tải trọng chu kỳ đổi dấu, tải trọng động. Các nhấp nhô bề mặt càng lớn thì càng dễ bị tập trung ứng suất ở đáy các nhấp nhô, làm cho chi tiết dễ bị nứt, gãy.

– Ảnh hưởng đến tính chống ăn mòn: Các chỗ lõm của các nhấp nhô bề mặt là nơi dễ chứa đựng các axit, muối và các tạp chất khác có tác dụng ăn mòn bề mặt. Độ nhẵn bóng càng cao thì khả năng chống ăn mòn càng tốt.

– Ảnh hưởng đến độ chính xác của mối lắp ghép: Đối với lắp ghép có độ hở, các nhấp nhô bề mặt bị mòn rất nhanh trong thời gian ban đầu, làm cho khe hở lắp ghép tăng lên và độ chính xác lắp ghép bị phá hủy. Đối với lắp ghép có độ dôi, lúc hai chi tiết ép với nhau, các nhấp nhô bề mặt sẽ bị san phẳng, làm cho độ dôi trong mối ghép giảm và ảnh hưởng đến độ bền chắc của mối ghép.

3.2.3. Các chỉ tiêu đánh giá

Để đánh giá nhám bề mặt, người ta dùng một số yếu tố hình học của những nhấp nhô làm chỉ tiêu, nhưng phải xét trong một phạm vi nhỏ của bề mặt, giới hạn bằng chiều dài chuẩn l . Chiều dài chuẩn là chiều dài một khoảng bề mặt dùng để đo nhấp nhô tế vi của bề mặt mà không tính đến dạng nhấp nhô khác có bước lớn hơn nó. Giá trị của chiều dài chuẩn được qui định phụ thuộc vào nhám bề mặt.

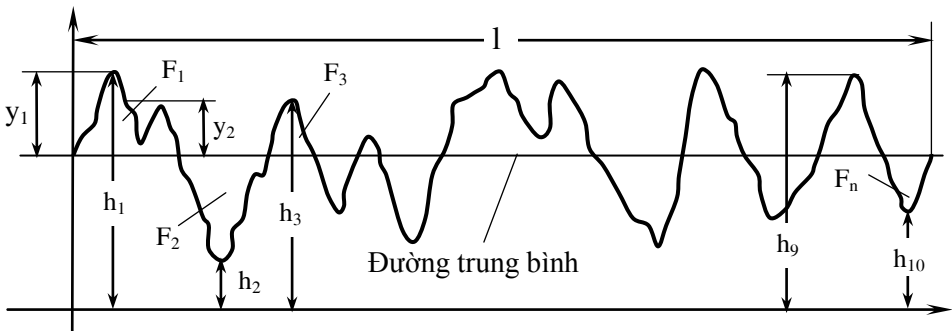
1. Sai lệch trung bình số học của prôphin R_a

Sai lệch trung bình số học của prôphin R_a là trị số trung bình của khoảng cách từ các điểm trên đường nhấp nhô đến đường trung bình OO' lấy theo giá trị tuyệt đối trong phạm vi chiều dài chuẩn l (hình 3.23).

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \text{ hoặc } R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad (3.4)$$

Đường trung bình là đường chia các nhấp nhô bề mặt thành hai phần sao cho diện tích của hai phần đó là bằng nhau

$$F_1 + F_3 + F_5 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + F_6 + \dots + F_n \quad (3.5)$$



Hình 3.23: Prôphin bề mặt

2. Chiều cao trung bình của prôphin theo 10 điểm R_z

Chiều cao trung bình của prôphin theo 10 điểm R_z là giá trị trung bình của 5 khoảng cách từ 5 đỉnh cao nhất đến 5 đáy thấp nhất của prôphin trong phạm vi chiều dài chuẩn l.

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \dots + h_9) - (h_2 + h_4 + \dots + h_{10})}{5}$$

$$\text{hay } R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i_{\max}} - \sum_{i=1}^5 h_{i_{\min}} \right) \quad (3.6)$$

Trị số R_a và R_z càng lớn thì nhám bề mặt càng lớn (mức độ bóng càng thấp) và ngược lại. Căn cứ vào hai thông số đó, TCVN 2511-1995 chia nhám bề mặt ra làm 14 cấp với mức độ nhám giảm dần (hay mức độ bóng càng cao). Ứng với mỗi cấp nhám bề mặt, sẽ có các trị số R_a và R_z tương ứng cho trong bảng 3.4.

Bảng 3.4: Thông số nhám bề mặt

Cấp độ nhám bề mặt	Thông số nhám (μm)		Chiều dài chuẩn l (mm)
	R_a	R_z	
1	Từ 80 đến 40	Từ 320 đến 160	8
2	Dưới 40 đến 20	Dưới 160 đến 80	
3	" 20 " 10	" 80 " 40	
4	" 10 " 5	" 40 " 20	2,5
5	" 5 " 2,5	" 20 " 10	
6	" 2,5 " 1,25	" 10 " 6,3	0,8
7	" 1,25 " 0,63	" 6,3 " 3,2	
8	" 0,63 " 0,32	" 3,2 " 1,6	
9	" 0,32 " 0,16	" 1,6 " 0,8	0,25
10	" 0,16 " 0,08	" 0,8 " 0,4	
11	" 0,08 " 0,04	" 0,4 " 0,2	
12	" 0,04 " 0,02	" 0,2 " 0,1	
13	" 0,02 " 0,01	" 0,1 " 0,05	0,08
14	" 0,01 " 0,005	" 0,05 " 0,025	


Bảng 3.5: Các giá trị tiêu chuẩn của R_a và R_z


R_a (μm)					R_z (μm)					
0,008						0,125	1,25	12,5	125	1250
0,010						0,160	1,6	16	160	1600
0,012	0,125	1,25	12,5	125		0,20	2,0	20	200	
0,016	0,160	1,6	16	160	0,025	0,25	2,5	25	250	
0,020	0,20	2,0	20	200	0,032	0,32	3,2	32	320	
0,025	0,25	2,5	25	250	0,040	0,40	4,0	40	400	
0,032	0,32	3,2	32	320	0,050	0,50	5,0	50	500	
0,040	0,40	4,0	40	400	0,063	0,63	6,3	63	630	
0,050	0,50	5,0	50		0,080	0,80	8,0	80	800	
0,063	0,63	6,3	63		0,100	1,00	10	100	1000	
0,080	0,80	8,0	80							
0,100	1,00	10	100							


Chú thích: Ưu tiên dùng trị số in đậm

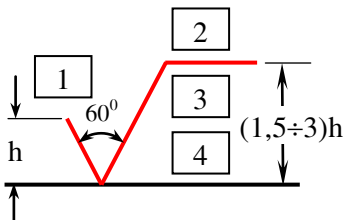
3.2.4. Ký hiệu nhám bề mặt trên bản vẽ

Có thể ghi trên bản vẽ một trong các ký hiệu sau:

 : dùng cho bề mặt yêu cầu gia công không phoi.

 : dùng cho bề mặt có yêu cầu gia công cắt gọt.

 : dùng cho bề mặt không qui định phương pháp gia công.



h: chiều cao khổ chữ trên bản vẽ

2 Vị trí 1: Ghi trị số R_a hoặc R_z . Từ độ nhám cấp 1÷5 và cấp 13, 14 thường dùng thông số R_z ; từ cấp 6 ÷ 12 thường dùng thông số R_a (nếu dùng R_a thì không cần ghi chữ "R_a" trong ký hiệu).

2 Vị trí 2: Ghi phương pháp gia công lần cuối (nếu có yêu cầu) như cạo, đánh bóng ...

2 Vị trí 3: Ghi trị số chiều dài chuẩn (nếu khác tiêu chuẩn).

2 Vị trí 4: Ghi ký hiệu hướng nhấp nhô (nếu có).

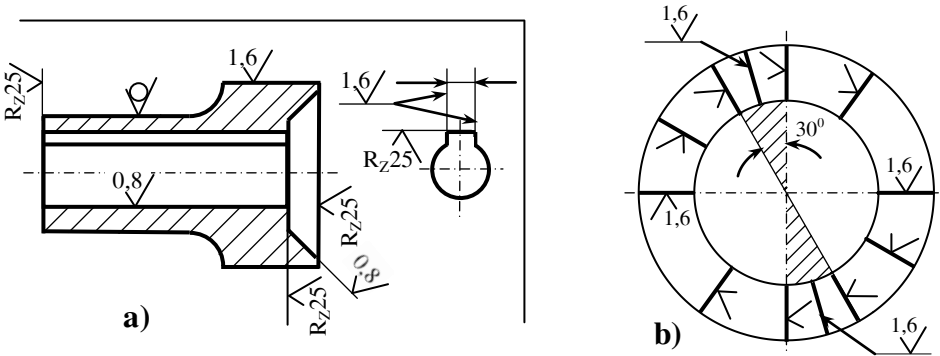
Các loại hướng nhấp nhô bề mặt và ký hiệu của chúng:

- Hướng nhấp nhô song song: ký hiệu =
- Hướng nhấp nhô vuông góc: ký hiệu \perp
- Hướng nhấp nhô đan chéo: ký hiệu \times
- Hướng nhấp nhô bất kỳ: ký hiệu M
- Hướng nhấp nhô xoay tròn: ký hiệu C
- Hướng nhấp nhô xoay hướng kính: ký hiệu R

Các vấn đề cần lưu ý khi ghi nhám bề mặt:

* Độ nhám của bề mặt đã được gia công ở giai đoạn tạo phôi và không cần gia công cắt gọt thêm sẽ được ký hiệu bằng dấu ∇ (hình 3.24a).

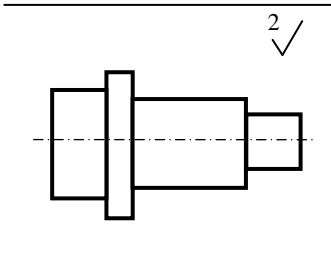
* Độ nhám của mỗi bề mặt chỉ ghi một lần trên bản vẽ và ký hiệu nên được đặt trên đường bao thấy. Nếu không đủ không gian, ký hiệu có thể đặt trên đường gióng hay trên giá ngang của đường gióng với đỉnh của ký hiệu chỉ vào bề mặt được ghi, theo như qui tắc ghi kích thước (hình 3.24b).



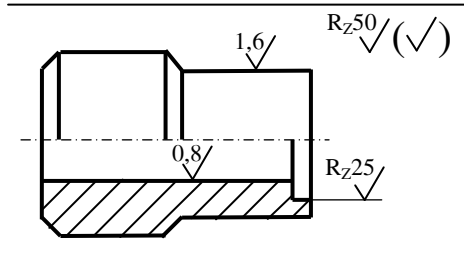
Hình 3.24: Cách ghi ký hiệu nhám bề mặt

* Nếu tất cả các bề mặt của chi tiết có cùng một cấp độ nhám thì chỉ ghi ký hiệu độ nhám chung ở góc trên bên phải của bản vẽ (hình 3.25).

* Nếu chỉ có một số bề mặt của chi tiết có cùng một cấp độ nhám thì chỉ ghi ký hiệu độ nhám chung cho các bề mặt đó ở góc trên bên phải của bản vẽ và để trong dấu ngoặc đơn dấu hiệu ∇ . Ký hiệu độ nhám của các bề mặt khác còn lại được ghi trực tiếp trên các bề mặt đó (hình 3.26).

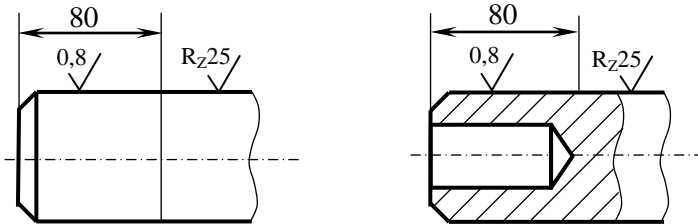


Hình 3.25: Ký hiệu nhám khi tất cả bề mặt có cùng độ nhám



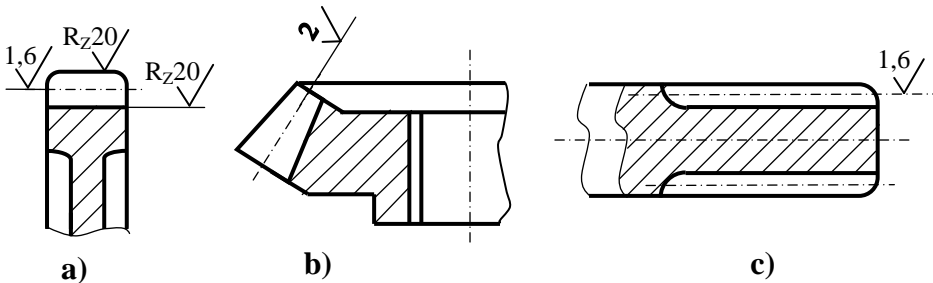
Hình 3.26: Ký hiệu nhám khi có một số bề mặt cùng độ nhám

* Nếu các phần của cùng một bề mặt có độ nhám khác nhau thì phải vẽ đường phân cách bằng nét liền mảnh, ghi kích thước tương ứng và ghi ký hiệu độ nhám cho từng phần. Đường phân cách không được vạch qua vùng ký hiệu vật liệu trên mặt cắt (hình 3.27).



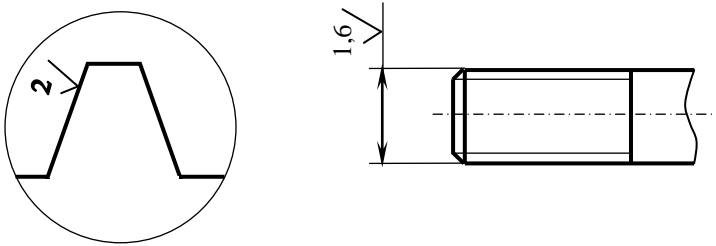
Hình 3.27: Ký hiệu nhám cho bề mặt có hai mức độ nhám khác nhau

* Độ nhám của mặt răng, then hoa... được ghi trực tiếp trên prôphin (nếu bản vẽ có) hoặc trên đường biểu diễn mặt chia (khi trên bản vẽ không vẽ prôphin của bánh răng hoặc của then hoa). Ký hiệu độ nhám của bề mặt đỉnh răng và mặt đáy răng được ghi trên đường biểu diễn mặt đỉnh và mặt đáy (hình 3.28).



Hình 3.28: Ký hiệu nhám của mặt răng, then hoa

* Ký hiệu nhám bề mặt làm việc của ren được ghi ngay trên prôphin ren (nếu bản vẽ có) hoặc bên cạnh kích thước đường kính ren (hình 3.29).



Hình 3.29: Ký hiệu nhám bề mặt làm việc của ren

3.2.5. Chọn trị số nhám bề mặt

Mức độ nhám bề mặt được chọn dựa vào điều kiện làm việc cụ thể của bề mặt, yêu cầu sử dụng của chi tiết máy và có mức độ tương ứng với cấp chính xác của kích thước, cấp chính xác của sai lệch hình dạng bề mặt. Chọn trị số nhám bề mặt quá nhỏ có thể dẫn đến gây khó khăn cho quá trình chế tạo. Có thể chọn trị số nhám bề mặt theo hướng dẫn trong bảng 3.6.

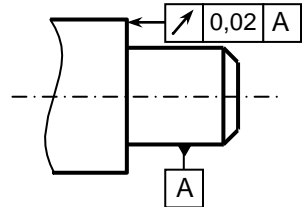
Bảng 3.6: Chọn trị số nhám bề mặt theo cấp chính xác kích thước

Cấp chính xác kích thước	Kích thước danh nghĩa, mm		
	Đến 50	Trên 50 đến 120	Trên 120 đến 500
	Giá trị R_a , μm		
IT5	Từ 0,1 đến 0,2	Từ 0,2 đến 0,4	Từ 0,4 đến 0,8
IT6	“ 0,2 “ 0,4	“ 0,4 “ 0,8	“ 0,8 “ 1,6
IT7	“ 0,4 “ 0,8	“ 0,8 “ 1,6	“ 1,6 “ 3,2
IT8	“ 0,8 “ 1,6	“ 1,6 “ 3,2	“ 1,6 “ 3,2
IT9	“ 1,6 “ 3,2	“ 1,6 “ 3,2	“ 3,2 “ 6,3

Chú thích: Giá trị R_a cho trong bảng ứng với mức chính xác thường của sai lệch hình dạng ($T_{hd} = 60\%T_{kt}$). Với mức chính xác của sai lệch hình dạng cao hơn, có thể chọn giá trị R_a nhỏ hơn giá trị trong bảng.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Độ trụ có các sai lệch thành phần là
.....
2. Độ giao nhau giữa các đường tâm là
.....
3. Dấu hiệu "∩" dùng để biểu thị cho sai lệch hình dạng hoặc vị trí nào?
 - a. Sai lệch hình dạng của bề mặt cho trước.
 - b. Sai lệch hình dạng của prôphin cho trước.
 - c. Độ giao nhau giữa các đường tâm.
 - d. Độ đảo hướng tâm toàn phần.
4. Ký hiệu độ đồng tâm là:
 - a. ↗
 - b. ✕
 - c. ⊙
 - d. ≡
5. Cho chi tiết như hình vẽ. Ý nghĩa của ký hiệu là:
 - a. Dung sai độ trụ của mặt A so với đường tâm là 0,02mm.
 - b. Dung sai độ đồng tâm của mặt A so với đường tâm là 0,02mm.
 - c. Dung sai độ đảo mặt đầu của mặt đang xét so với mặt A là 0,02mm.
 - d. Dung sai độ đảo hướng tâm của mặt đang xét so với mặt A là 0,02mm.
6. Sai lệch hình dạng và vị trí được ký hiệu bằng một khung chữ nhật có 2 đến 3 ô, trong đó ô thứ 2 ghi:
 - a. Dấu hiệu của loại sai lệch hình dạng hoặc vị trí.
 - b. Trị số sai lệch cho phép.
 - c. Bề mặt chuẩn hoặc yếu tố liên quan.
 - d. Một trong 3 yếu tố trên.
7. Sai lệch trung bình số học của prôphin R_a là
.....
8. Chiều cao trung bình của các nhấp nhô R_z là
.....



9. Nếu một bề mặt của chi tiết có độ nhám cấp 8 thì ký hiệu ghi trên bản vẽ của bề mặt đó là:

a. $0,18\sqrt{\quad}$

b. $Rz40\sqrt{\quad}$

c. $0,5\sqrt{\quad}$

d. $Ra8\sqrt{\quad}$

10. Nếu góc trên bên phải của một bản vẽ chi tiết có ghi ký hiệu độ nhám bề mặt $\sqrt{\quad}$, điều đó có nghĩa là:

a. Có một số bề mặt của chi tiết không qui định phương pháp gia công.

b. Có một số bề mặt của chi tiết cho phép dùng phương pháp gia công cắt gọt hoặc gia công không phoi.

c. Các bề mặt của chi tiết chưa ghi ký hiệu độ nhám thì dùng phương pháp gia công cắt gọt.

d. Các bề mặt của chi tiết chưa ghi ký hiệu độ nhám thì không cần gia công cắt gọt.

11. Với lắp ghép giữa lỗ và trục là $D=d=\phi 30 \frac{H7}{g6}$, nhám bề mặt của lỗ và trục nên chọn như sau:

a. Bề mặt lỗ $Rz20\sqrt{\quad}$; bề mặt trục $1,25\sqrt{\quad}$.

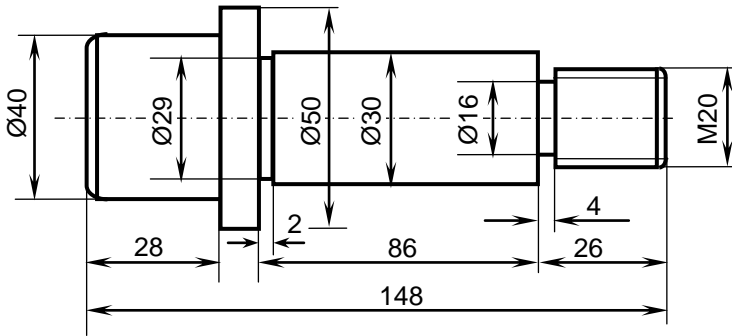
b. Bề mặt lỗ $2,5\sqrt{\quad}$; bề mặt trục $1,25\sqrt{\quad}$.

c. Bề mặt lỗ $1,25\sqrt{\quad}$; bề mặt trục $Rz20\sqrt{\quad}$.

d. Bề mặt lỗ $1,25\sqrt{\quad}$; bề mặt trục $2,5\sqrt{\quad}$.

BÀI TẬP

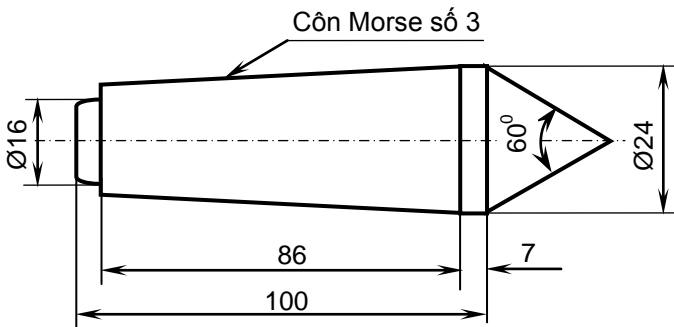
1. Cho một chi tiết như hình vẽ.



a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt lên bản vẽ đó. Biết rằng độ nhám của mặt trụ $\text{Ø}40$ là cấp 6, mặt trụ $\text{Ø}30$ là cấp 7, mặt làm việc của ren M20 là cấp 5 và các bề mặt còn lại là cấp 4.

b. Ghi ký hiệu dung sai độ đồng tâm của mặt trụ $\text{Ø}30$ so với mặt trụ $\text{Ø}40$ là $0,02\text{mm}$.

2. Cho một chi tiết như hình vẽ.



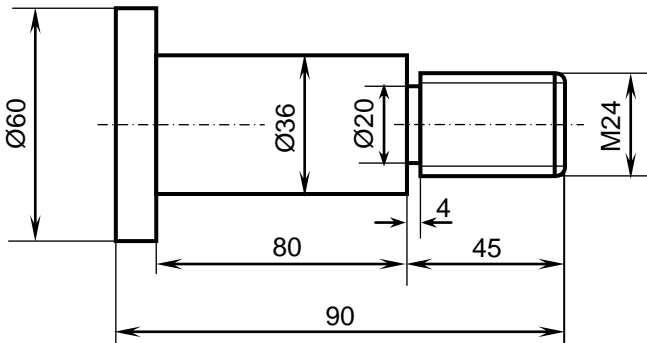
a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt lên bản vẽ đó. Biết rằng độ nhám bề mặt côn Morse là cấp 7, mặt côn 60° là cấp 8 và các bề mặt còn lại là cấp 4.

b. Ghi ký hiệu dung sai độ đồng tâm giữa hai mặt côn là $0,01\text{mm}$.

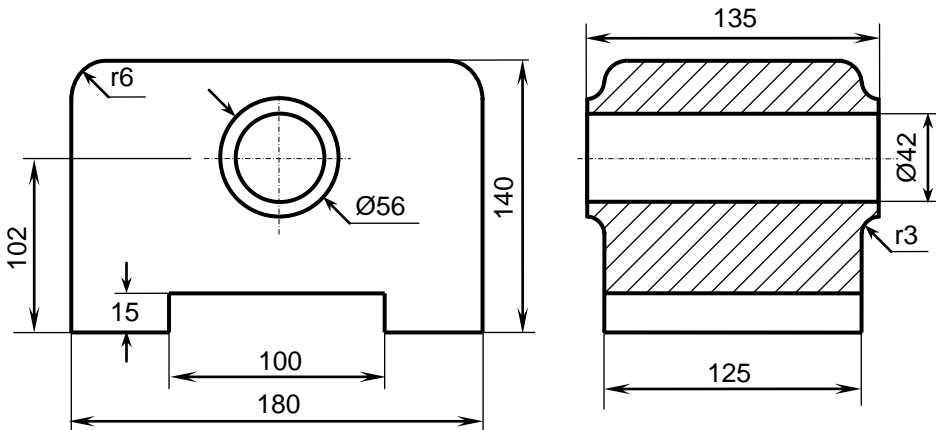
3. Cho một chi tiết như hình vẽ.

a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt lên bản vẽ đó. Biết rằng độ nhám của mặt đầu $\text{Ø}60$ là cấp 5, mặt trụ $\text{Ø}36$ là cấp 8, mặt ren là cấp 4 và các bề mặt còn lại là cấp 3.

b. Ghi ký hiệu dung sai độ đảo mặt đầu $\text{Ø}60$ so với mặt trụ $\text{Ø}36$ là $0,05\text{mm}$.



4. Cho một chi tiết như hình vẽ.



a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt lên bản vẽ đó. Biết rằng độ nhám của mặt đáy là cấp 7, mặt lỗ $\text{Ø}42$ là cấp 8, hai mặt đầu của lỗ $\text{Ø}42$ là cấp hai mặt bên của rãnh 100 là cấp 6, mặt trên của rãnh là cấp 4 và các bề mặt còn lại không gia công.

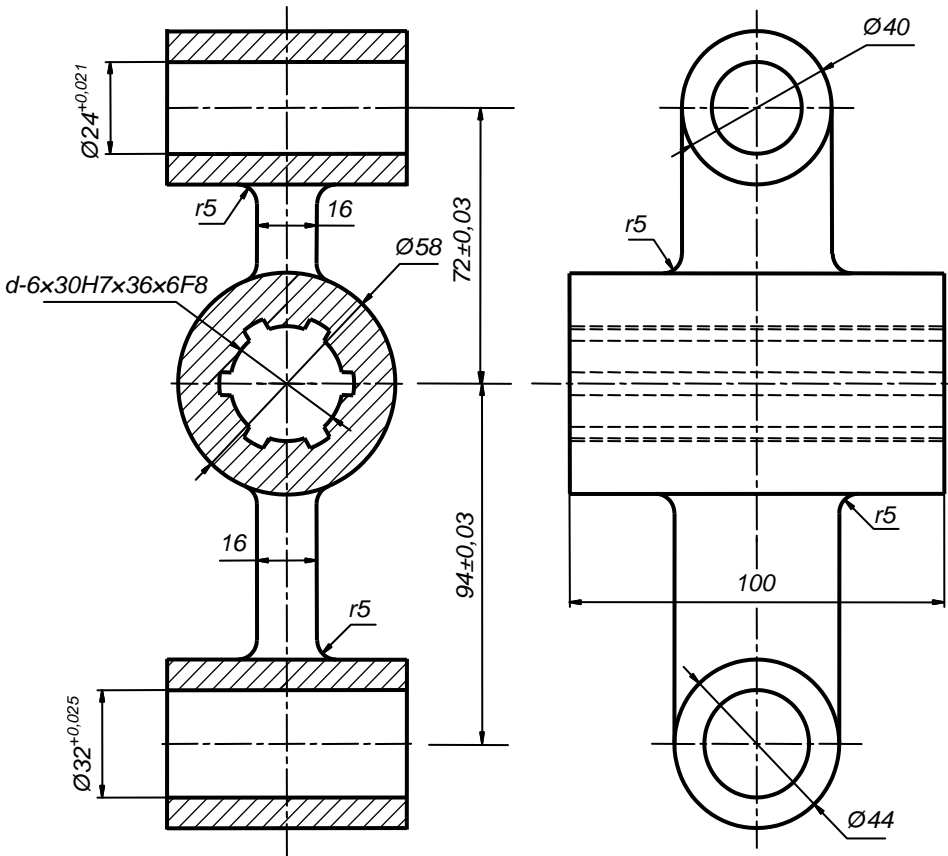
b. Ghi ký hiệu dung sai độ đối xứng của rãnh 100 so với lỗ $\text{Ø}42$ là $0,02\text{mm}$.

5. Cho một chi tiết cày đảo như hình vẽ.

a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt thích hợp lên bản vẽ đó.

b. Ghi ký hiệu dung sai độ song song giữa đường tâm hai lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ là $0,03\text{mm}$.

c. Ghi ký hiệu dung sai độ vuông góc giữa đường tâm lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ so với đường kính trong d của lỗ then hoa là $0,04\text{mm}$.



YÊU CẦU KỸ THUẬT

Sai lệch giới hạn của các kích thước không chỉ dẫn:

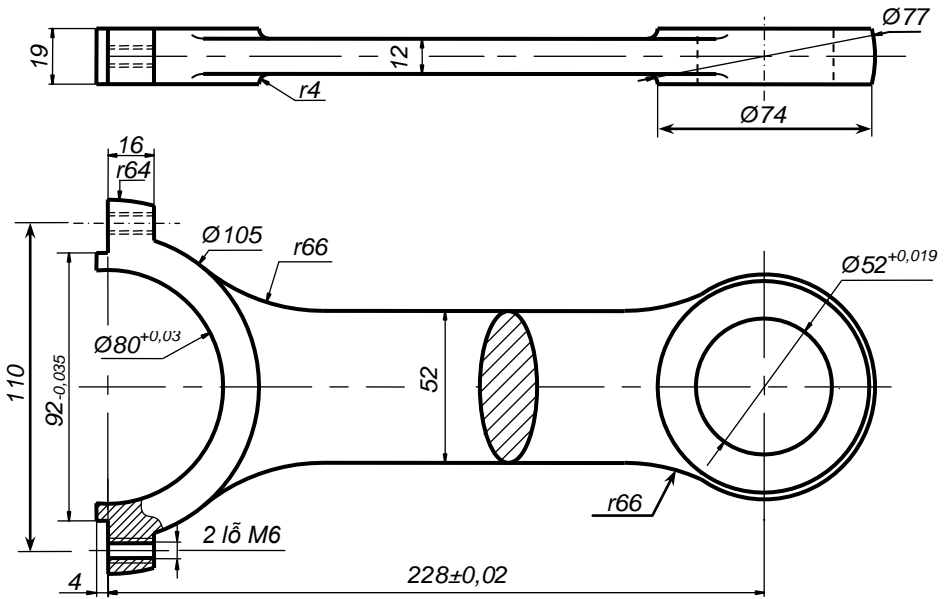
- Bề mặt bao: $H14$
- Bề mặt bị bao: $h14$
- Các bề mặt khác: $\pm \frac{IT14}{2}$

6. Cho một chi tiết tay biên như hình vẽ.

a. Hãy ghi ký hiệu nhám bề mặt thích hợp lên bản vẽ đó.

b. Ghi ký hiệu dung sai độ song song giữa đường tâm hai lỗ $\varnothing 80$ và $\varnothing 52$ là $0,02\text{mm}$.

c. Ghi ký hiệu dung sai độ vuông góc giữa lỗ $\varnothing 52$ so với hai mặt đầu là $0,05\text{mm}$.



YÊU CẦU KỸ THUẬT

Sai lệch giới hạn của các kích thước không chỉ dẫn:

- *Bề mặt bao: H13*
- *Bề mặt bị bao: h13*
- *Các bề mặt khác: $\pm \frac{IT13}{2}$*

Chương IV

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP CÁC CHI TIẾT ĐIỀ HÌNH

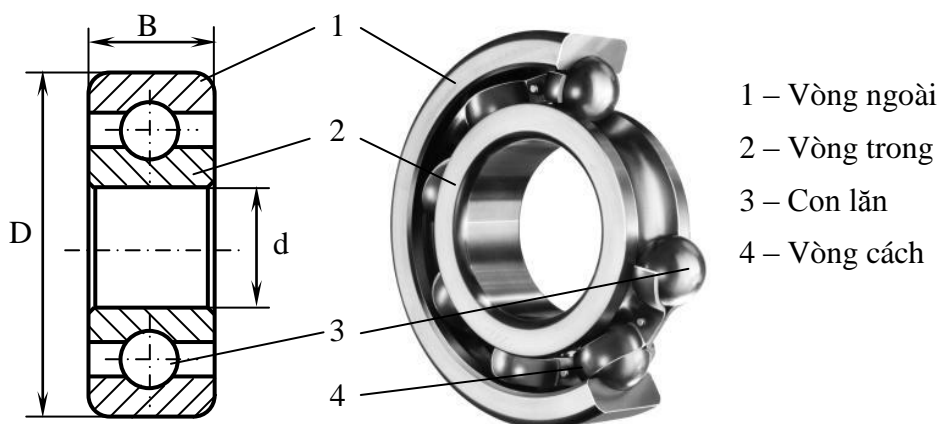
Mục tiêu chương IV: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

1. Mô tả được cấu tạo của các loại ổ lăn.
2. Giải thích được ý nghĩa của ký hiệu ổ lăn theo TCVN.
3. Chọn được lắp ghép ổ lăn phù hợp với điều kiện làm việc của bộ phận máy hoặc máy. Từ đó, tra được sai lệch giới hạn và tính được kích thước giới hạn của các chi tiết lắp ghép với ổ lăn.
4. Ghi kích thước lắp ghép ổ lăn trên bản vẽ lắp.
5. Chọn được lắp ghép cho mỗi ghép then và then hoa phù hợp với điều kiện làm việc của bộ phận máy hoặc máy.
6. Xác định được sai lệch giới hạn và kích thước giới hạn của các chi tiết trong mỗi ghép then và then hoa.
7. Chọn được lắp ghép cho mỗi ghép ren phù hợp với điều kiện làm việc.

4.1. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP Ổ LĂN

4.1.1. Khái niệm

1. Cấu tạo và các kích thước cơ bản



Hình 4.1: Cấu tạo và các kích thước cơ bản của ổ lăn

Ổ lăn là một loại chi tiết máy đã được tiêu chuẩn hóa và được chế tạo tập trung ở các nhà máy chuyên môn hóa. Ổ lăn được lắp với các bộ phận máy theo những kích thước cơ bản sau:

- Kích thước đường kính trong của vòng trong d .
- Kích thước đường kính ngoài của vòng ngoài D .
- Kích thước chiều rộng ổ B .

Các yếu tố kích thước cơ bản đó (còn gọi là những kích thước bên ngoài) được chế tạo đạt tính đối xứng hoàn toàn (bảng 12, phụ lục 3). Còn các kích thước khác của các chi tiết bên trong như đường kính bi hoặc con lăn, kích thước đường lăn của các vòng ổ ... (còn gọi là những kích thước bên trong) chỉ có tính đối xứng bộ phận. Sở dĩ như vậy là vì độ chính xác cao của ổ lăn là do các kích thước bên trong này quyết định, nhưng đồng thời cũng để tạo điều kiện dễ dàng cho việc chế tạo các chi tiết của ổ, các kích thước này chỉ được chế tạo có tính đối xứng không hoàn toàn và được lắp ghép bằng phương pháp lựa chọn.

2. Ký hiệu

Ổ lăn được ký hiệu bằng một dãy số, đọc theo thứ tự từ phải sang trái.

- Hai số đầu: biểu thị đường kính trong của ổ.
- + $20 \leq d \leq 495$: hai số đầu bằng $1/5d$.
- + $10 \leq d < 20$: gồm 4 cỡ đường kính d .

d	10	12	15	17
Ký hiệu	00	01	02	03

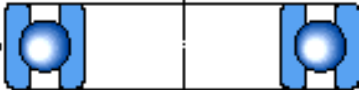



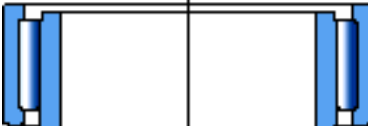
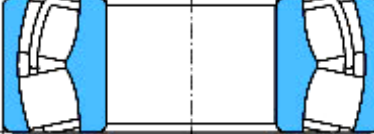
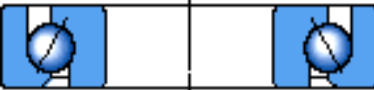
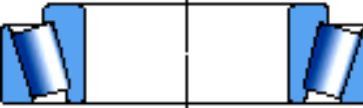
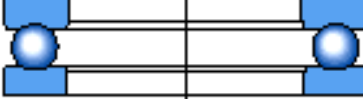
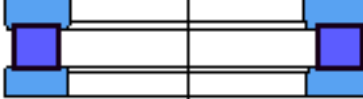
+ $d \leq 9$: số đầu biểu thị trị số thực của d , số thứ hai chỉ cỡ ổ, số thứ ba là số 0.

Ghi chú: Các ổ lăn có đường kính $d = 10 \div 20$ mm nhưng không trùng với các trị số ghi trên, đường kính trong được ký hiệu theo các đường kính trong danh nghĩa gần đúng ghi trên. Khi đó, chữ số thứ ba kể từ phải sang là số 9.

• Số thứ ba: chỉ cỡ ổ (biểu thị cho cỡ kích thước đường kính ngoài D và bề rộng B), gồm có:

1 – rất nhẹ; 2 – nhẹ; 3 – trung bình; 4 – nặng; 5 – nhẹ rộng;
6: trung bình rộng; 7 và 8 – ổ lăn có đường kính ngoài hoặc chiều rộng không tiêu chuẩn.

- Số thứ tư: chỉ loại ổ

Loại ổ	Ký hiệu	Hình dạng
Ổ bi đỡ một dãy	0	
Ổ bi đỡ tự lựa	1	
Ổ đĩa trụ ngắn đỡ	2	
Ổ đĩa trụ đỡ tự lựa	3	
Ổ kim hoặc trụ dài	4	
Ổ đĩa trụ xoắn đỡ	5	
Ổ bi đỡ chặn	6	
Ổ đĩa côn	7	
Ổ bi chặn	8	
Ổ đĩa chặn	9	

- Số thứ năm và sáu (nếu có): chỉ đặc điểm về cấu tạo ổ. Ví dụ:
 - + Có một vòng che bụi: 06
 - + Có hai vòng che bụi: 08
 - + Có vai: 34
 - + Thể hiện góc tiếp xúc của bi trong ổ đỡ chặn.

• Số cuối cùng được ngăn cách bằng gạch ngang (–) chỉ cấp chính xác. TCVN 1480-1984 qui định 5 cấp chính xác ổ lăn và được ký hiệu là P0, P6, P5, P4, P2 (cho phép dùng ký hiệu 0, 6, 5, 4, 2) với mức độ chính xác tăng dần. Thông thường sử dụng cấp chính xác 0 và tiêu chuẩn qui định không cần ghi số 0 trong ký hiệu. Các cấp chính xác khác được dùng khi yêu cầu số vòng quay lớn và độ chính xác cao. Ngoài ra, còn có các cấp chính xác trung gian như 56, 45, 24 trong đó số đầu chỉ cấp chính xác của vòng trong, số sau chỉ cấp chính xác của vòng ngoài. Tiêu chuẩn TCVN 1484-1985 qui định dung sai của các thông số kích thước và độ chính xác quay của ổ lăn tương ứng với các cấp chính xác của ổ.

Ví dụ: Ổ lăn có ký hiệu 6305 có $d = \varnothing 25$, cỡ trung bình, loại ổ bi đỡ chặn, cấp chính xác 0.

4.1.2. Chọn lắp ghép ổ lăn

Để đạt được tính đối lẫn hoàn toàn cũng như để giảm bớt số loại ổ thì đường kính ngoài D và đường kính trong d của ổ được chế tạo với sai lệch không phụ thuộc vào đặc tính lắp ghép của nó với các bộ phận máy khác mà là theo tiêu chuẩn đã định sẵn. Muốn có các đặc tính lắp ghép khác nhau thì phải thay đổi miền dung sai của các chi tiết lắp ghép với ổ. Như vậy, đường kính D và d được xem như những trục cơ bản và lỗ cơ bản. Do đó, lắp ghép của vòng ngoài với lỗ của thân hộp được thực hiện theo hệ thống trục, còn lắp ghép vòng trong với trục theo hệ thống lỗ. Tuy nhiên có điểm đặc biệt ở đây là miền dung sai của đường kính D và d của ổ lăn **đều phân bố về phía âm** so với vị trí kích thước danh nghĩa (bảng 13, phụ lục 3).

Việc chọn kiểu lắp cho mỗi ghép ổ lăn trên trục và trong hộp tùy thuộc vào:

- + Kiểu và kích thước và cấp chính xác ổ lăn.
- + Điều kiện sử dụng ổ.
- + Trị số, phương và đặc tính tải trọng tác dụng lên ổ.
- + Dạng tải trọng tác dụng lên các vòng của ổ lăn.

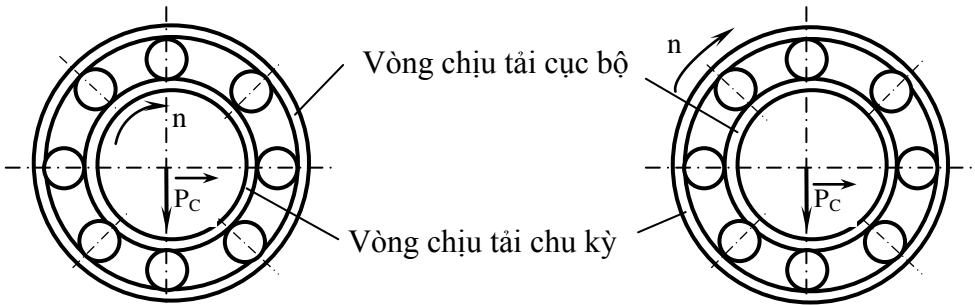
Tùy theo điều kiện làm việc, các vòng lăn có thể có các dạng tải sau:

1. Dạng tải cục bộ

Vòng chịu tải cục bộ là vòng chịu tác dụng của một lực hướng tâm cố định về phương và trị số lên một điểm hoặc một phần rất nhỏ của đường lăn.

2. Dạng tải chu kỳ

Vòng chịu tải chu kỳ là vòng chịu tác dụng của một lực hướng tâm luân lượt trên khắp đường lăn của ổ.



Hình 4.2: Dạng tải cục bộ và chu kỳ

3. Dạng tải dao động

Vòng chịu tải dao động là vòng chịu tác dụng của một lực hướng tâm vào một phần đường lăn nhưng phương và trị số của lực sẽ dao động trong phần đường lăn ấy theo chu kỳ quay của lực.

Ví dụ: vòng lăn chịu hai tải trọng hướng tâm: tải trọng hướng tâm cố định \vec{P}_C và tải trọng hướng tâm quay \vec{P}_Q . Có thể xảy ra hai trường hợp:

- $|\vec{P}_C| > |\vec{P}_Q|$: Hợp lực $\vec{P}_T = \vec{P}_C + \vec{P}_Q$ cũng có gốc ở O. Khi \vec{P}_Q quay thì ngọn của \vec{P}_T sẽ vạch ra một vòng tròn tâm O' (O' là điểm ngọn của \vec{P}_C), bán kính bằng $|\vec{P}_Q|$. Vì $|\vec{P}_C| > |\vec{P}_Q|$ nên góc O của lực \vec{P}_T không nằm trong vòng tròn này nghĩa là lực \vec{P}_T chỉ tác động trong một góc α của vòng lăn mà thôi (hình 4.3a).

Kết luận:

+ Vòng đứng yên sẽ chịu tải dao động.

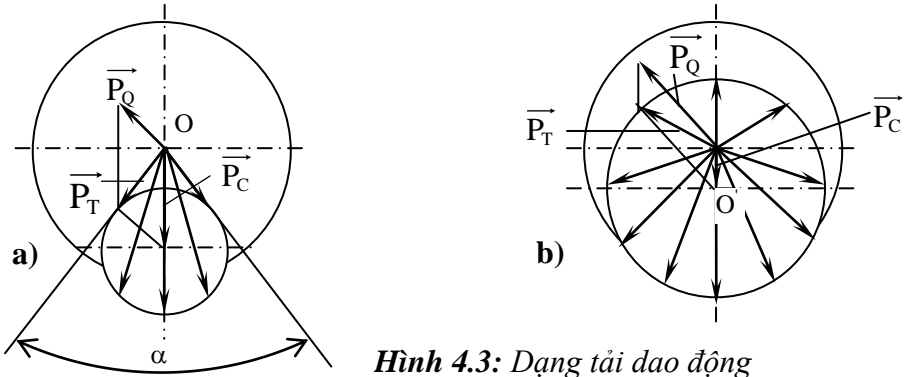
+ Vòng quay sẽ chịu tải chu kỳ.

- $|\vec{P}_C| < |\vec{P}_Q|$: Hợp lực $\vec{P}_T = \vec{P}_C + \vec{P}_Q$ cũng có gốc ở O. Khi \vec{P}_Q quay ngọn của \vec{P}_T sẽ vạch ra một vòng tròn tâm O' (O' là điểm ngọn

của \vec{P}_C), bán kính bằng $|\vec{P}_Q|$. Vì $|\vec{P}_C| < |\vec{P}_Q|$ nên gốc O của lực \vec{P}_T nằm trong vòng tròn này nghĩa là lực \vec{P}_T sẽ tác động theo mọi hướng trên đường lăn (hình 4.3b).

Kết luận:

- + Vòng đứng yên sẽ chịu tải chu kỳ.
- + Vòng quay sẽ chịu tải cục bộ.



Hình 4.3: Dạng tải dao động

Bảng 4.1: Dạng tải của các vòng lăn trong ổ lăn

Điều kiện làm việc		Dạng tải của vòng lăn	
Tải trọng hướng tâm tác dụng lên ổ lăn	Vòng quay	Vòng trong	Vòng ngoài
có hướng không đổi	vòng trong	chu kỳ	cục bộ
	vòng ngoài	cục bộ	chu kỳ
có hướng không đổi và quay một lượng nhỏ	vòng trong	chu kỳ	dao động
	vòng ngoài	dao động	chu kỳ
có hướng không đổi và quay một lượng lớn	vòng trong	cục bộ	chu kỳ
	vòng ngoài	chu kỳ	cục bộ
có hướng không đổi	vòng trong và vòng ngoài quay cùng chiều hoặc ngược chiều với vận tốc góc khác nhau	chu kỳ	chu kỳ
quay cùng với vòng trong		cục bộ	chu kỳ
quay cùng với vòng ngoài		chu kỳ	cục bộ

Qua sự phân tích các dạng tải trọng trên, người ta rút ra nguyên tắc để chọn lắp ghép cho ổ lăn như sau:

- Vòng chịu tải cục bộ và dao động chỉ chịu tải ở một phần đường lăn nên đường lăn mòn không đều. Do đó nên chọn **lắp ghép có độ hở** cho vòng đó với chi tiết máy để dưới tác dụng của sự va đập và rung động, vòng lăn có thể xô dịch theo bề mặt lắp ghép. Nhờ đó mà thay đổi phần đường lăn chịu tải, làm cho đường lăn mòn đều, nâng cao tuổi thọ của ổ.

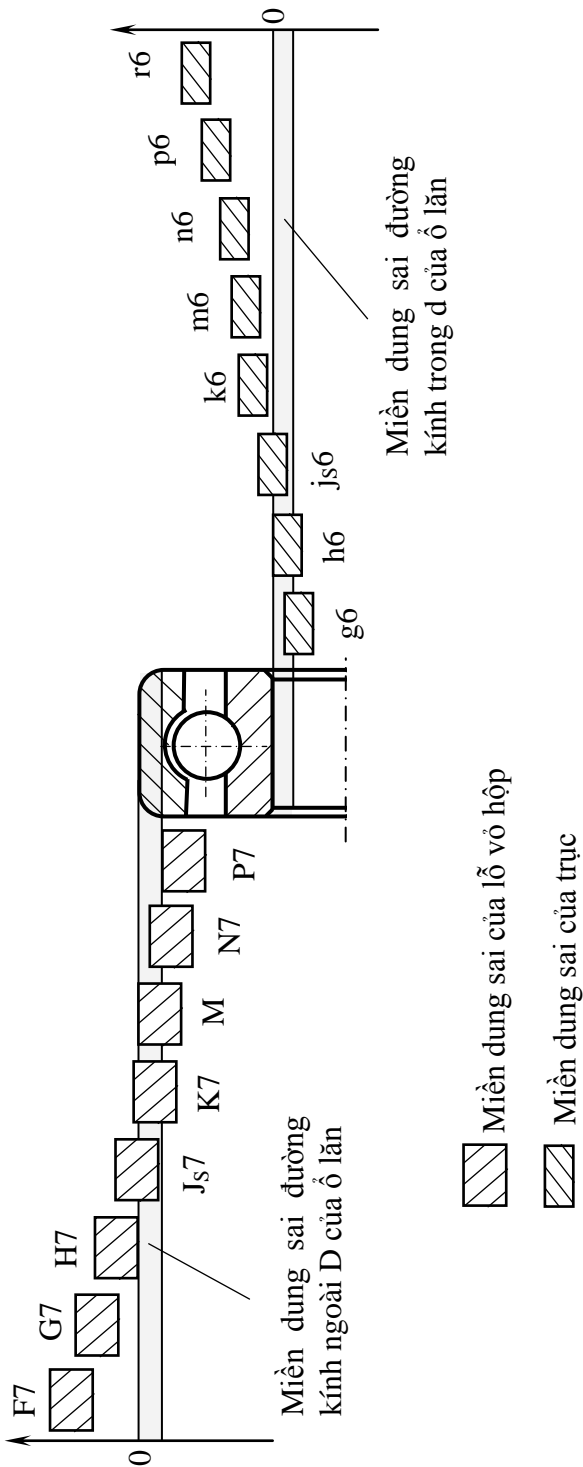
- Vòng chịu tải chu kỳ sẽ mòn đều vì tải lần lượt tác động lên toàn bộ đường lăn. Do đó nên chọn **lắp ghép có độ dôi** cho vòng đó với chi tiết máy để loại trừ khả năng trượt của vòng lăn với bề mặt lắp ghép.

Bảng 4.2: Các miền dung sai tiêu chuẩn của trục và lỗ lắp với ổ lăn

Cấp chính xác	Trục											Lỗ							
	Sai lệch cơ bản																		
	f	g	h	js	(j)	k	m	n	p	r	F	G	H	J _s	(J)	K	M	N	P
	Miền dung sai																		
3			h3	js3															
4		g4	h4	js4		k4	m4	n4				H4	J _s 4						
5		g5	h5	js5	(j5)	k5	m5	n5				H5	J _s 5		K5	M5			
6	f6	g6	h6	js6	(j6)	k6	m6	n6	p6	r6		G6	H6	J _s 6	(J6)	K6	M6	N6	P6
7										r7		G7	H7	J _s 7	(J7)	K7	M7	N7	P7
8			h8								F8		H8						
9			h9										H9						

Chú thích: Hạn chế sử dụng miền dung sai trong ngoặc đơn.

Việc chọn lắp ghép cụ thể tùy thuộc vào điều kiện làm việc của ổ lăn sẽ theo hướng dẫn trong bảng 14 và 15, phụ lục 3.



Hình 4.4: Các miền dung sai của chi tiết lắp với ổ lăn

4.1.3. Độ hở hướng tâm trong ổ lăn

Độ hở hướng tâm trong ổ lăn là độ hở giữa con lăn và vòng lăn của ổ. Chính nhờ nó mà vòng trong và vòng ngoài ổ lăn có thể chuyển động tương đối với nhau dễ dàng.

Người ta phân biệt độ hở hướng tâm của ổ lăn trong những trường hợp sau:

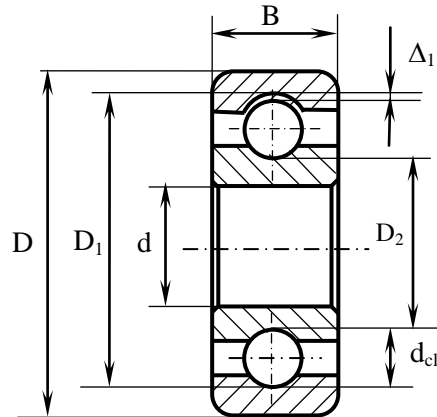
1. Độ hở hướng tâm ban đầu Δ_1

Độ hở hướng tâm ban đầu Δ_1 là độ hở hướng tâm trong ổ lăn khi mới chế tạo xong, chưa lắp ghép với bộ phận máy khác.

$$\Delta_1 = D_1 - (D_2 + 2d_{cl}) \quad (4.1)$$

với D_1, D_2 – đường kính của vòng lăn, được xác định như hình 4.5

d_{cl} – đường kính của con lăn.



Hình 4.5: Độ hở hướng tâm ban đầu của ổ lăn

Độ hở hướng tâm ban đầu Δ_1 của ổ lăn được cho trong bảng 16, phụ lục 3.

2. Độ hở hướng tâm lắp ghép Δ_2

Độ hở hướng tâm lắp ghép Δ_2 là độ hở hướng tâm sau khi lắp ổ lăn vào bộ phận máy.

Khi lắp ổ lăn vào bộ phận máy khác, thường một trong hai vòng của ổ sẽ lắp có độ dôi. Độ dôi đó làm cho vòng trong lớn ra hoặc vòng ngoài bé đi (tùy thuộc vào kiểu lắp của mỗi vòng) nghĩa là làm giảm độ hở hướng tâm ban đầu Δ_1 (hình 4.6).

$$\text{Nếu vòng ngoài lắp có độ dôi: } \Delta_2 = \Delta_1 - \Delta D_1 \quad (4.2)$$

$$\text{Nếu vòng trong lắp có độ dôi: } \Delta_2 = \Delta_1 - \Delta D_2 \quad (4.3)$$

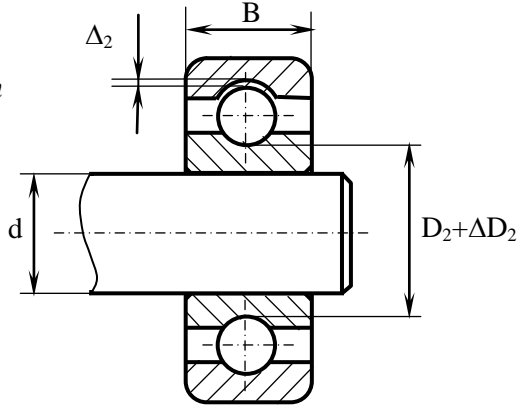
Với $\Delta D_1, \Delta D_2$ – biến dạng của vòng ngoài, vòng trong do tác động của độ dôi lắp ghép.

Để ổ lăn làm việc được, người ta yêu cầu $\Delta_2 / 0$, nghĩa là:

$$\Delta_2 = \Delta_1 - \Delta D_1 / 0 \Rightarrow \Delta D_1 \leq \Delta_1 \quad (4.4)$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 - \Delta D_2 / 0 \Rightarrow \Delta D_2 \leq \Delta_1 \quad (4.5)$$

Hình 4.6: Độ hở hướng tâm lắp ghép của ổ lăn



Như vậy, sau khi chọn lắp ghép cho ổ lăn, phải kiểm tra lại bất đẳng thức sau:

$$\begin{cases} \Delta D_{1\max} \leq \Delta_1: \text{ trường hợp vòng ngoài lắp có độ dôi} \\ \Delta D_{2\max} \leq \Delta_1: \text{ trường hợp vòng trong lắp có độ dôi} \end{cases}$$

trong đó: $\Delta D_{1\max} = 0,75N_{\max} \frac{D_4}{D}$ [μm] (4.7)

và $\Delta D_{2\max} = 0,75N_{\max} \frac{d}{D_3}$ [μm] (4.8)

với N_{\max} – độ dôi lớn nhất của kiểu lắp [μm]

D_3 – đường kính ngoài biểu kiến của vòng trong [mm]

D_4 – đường kính trong biểu kiến của vòng ngoài [mm]

D_3 và D_4 được xác định như sau:

$$D_3 \approx d + \frac{D - d}{4} \quad (4.9)$$

$$D_4 \approx D - \frac{D - d}{4} \quad (4.10)$$

3. Độ hở hướng tâm làm việc Δ_3

Độ hở hướng tâm làm việc Δ_3 là độ hở hướng tâm của ổ khi ổ đang làm việc. Độ hở này một mặt bị giảm đi do ảnh hưởng của sự giãn nở vì nhiệt của các vòng lăn, mặt khác được tăng lên do ảnh hưởng của sự biến dạng tại chỗ tiếp xúc giữa bi và đường lăn dưới tác dụng của tải trọng, do nhấp nhô bề mặt bị mòn.

Độ hở hướng tâm làm việc ảnh hưởng rất lớn đến độ bền lâu của ổ, bởi vì độ hở này càng nhỏ thì tải trọng phân bố càng đồng đều trên một số lớn viên bi. Để đạt được độ hở hướng tâm làm việc nhỏ, người ta cho phép độ hở hướng tâm lắp ghép có thể chuyển thành độ dôi ($\Delta_2 < 0$) nhưng không được lớn quá; nghĩa là cho phép:

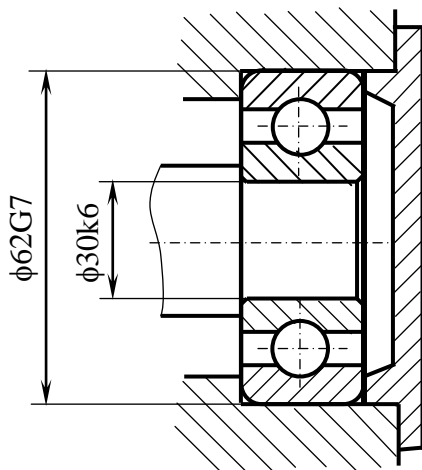
$$\Delta_1 < \Delta D_{1\max} \text{ hoặc } \Delta_1 < \Delta D_{2\max} \quad (4.11)$$

4.1.4. Ghi ký hiệu lắp ghép ổ lăn trên bản vẽ

Vì các kích thước cơ bản D và d của ổ lăn luôn luôn là những trục và lỗ cơ bản nên trên bản vẽ lắp không cần ghi miền dung sai của các đường kính này của ổ lăn mà chỉ ghi miền dung sai của kích thước trục lắp với vòng trong và của lỗ trên thân hộp lắp với vòng ngoài (hình 4.7).

Khi đó, ký hiệu lắp ghép ổ lăn gồm:

- + Kích thước danh nghĩa.
- + Miền dung sai của chi tiết lắp với ổ lăn.



Hình 4.7: Ghi ký hiệu lắp ghép ổ lăn

Ví dụ: Chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ lăn với trục và vỏ hộp với những thông số sau:

Ký hiệu ổ lăn 6314, cấp chính xác 0, tải trọng không đổi về hướng, vòng trong quay, chế độ làm việc bình thường.

Giải

Bước 1: Chọn lắp ghép cho các vòng lăn của ổ.

Theo số hiệu ổ 6314, tra bảng 12, phụ lục 3 được các kích thước cơ bản của ổ là: $d = \Phi 70\text{mm}$; $D = \Phi 150\text{mm}$; $B = 35\text{mm}$; $r = 3,5\text{mm}$; $r_1 = 2\text{mm}$.

Với điều kiện tải trọng không đổi về hướng, vòng trong quay thì vòng trong chịu tải chu kỳ, vòng ngoài đứng yên sẽ chịu tải cục bộ.

Theo bảng 14, phụ lục 3 với điều kiện: vòng trong chịu tải chu kỳ, loại ổ bi đỡ chặn có cấp chính xác 0, đường kính lắp ghép $d = \Phi 70\text{mm}$, chế độ làm việc bình thường, chọn lắp ghép **k6** cho mỗi ghép vòng trong với trục.

Theo bảng 15, phụ lục 3 với điều kiện: vòng ngoài chịu tải cục bộ, chế độ làm việc bình thường, chọn lắp ghép **G7** cho mỗi ghép vòng ngoài với lỗ.

Bước 2: Kiểm tra độ hở hướng tâm trong ổ lăn.

$$\text{Tra bảng 16, phụ lục 3 có } \Delta_1 = \frac{\Delta_{1\max} + \Delta_{1\min}}{2} = \frac{38 + 14}{2} = 26\mu\text{m}$$

Vì vòng trong chịu tải chu kỳ và lắp có độ dôi nên phải kiểm tra bất đẳng thức: $\Delta D_{2\max} \leq \Delta_1$

$$\text{với } \Delta D_{2\max} = 0,75 N_{\max} \frac{d}{D_3}$$

$$\text{trong đó: } D_3 \approx d + \frac{D-d}{4} = 70 + \frac{150-70}{4} = 90\text{mm}$$

$$N_{\max} = e_{s_{\text{trục}}} - EI_{\delta} = (+21) - (-15) = 36\mu\text{m} \text{ (tra } EI_{\delta} \text{ theo bảng 13).}$$

$$\text{(vì } d_{\text{trục}} = \Phi 70\text{k6} \text{ nên } e_{s_{\text{trục}}} = +21\mu\text{m)}$$

$$\Rightarrow \Delta D_{2\max} = 0,75 \times 36 \times (70/90) = 21\mu\text{m} < \Delta_1$$

Kết luận: các lắp ghép trên thỏa mãn yêu cầu làm việc.

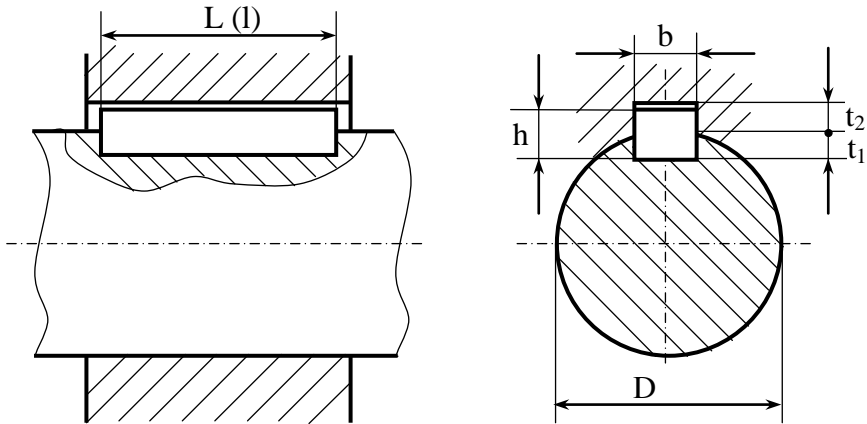
4.2. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP MỐI GHÉP THEN VÀ THEN HOA

4.2.1. Dung sai và lắp ghép mối ghép then

1. Khái niệm

Then là một chi tiết phụ trong mối ghép hình trụ tròn, dùng để cố định theo chiều quay giữa trục và những chi tiết lắp trên trục như bánh

răng, bánh đai, tay quay... đảm bảo truyền moment xoắn yêu cầu hoặc định hướng khi chi tiết di chuyển tịnh tiến trên trục.



Hình 4.8: Mối ghép then bằng

Tùy theo yêu cầu làm việc, then có hình dáng và kích thước khác nhau: then bằng, then bán nguyệt, then vát, then ma sát ... Trong sản xuất, thường gặp nhất là then bằng nên ở đây chỉ đề cập đến mối ghép then bằng.

Xét một mối ghép then như hình 4.8, ngoài kích thước D (d) là kích thước lắp ghép giữa trục và lỗ, các kích thước của mối ghép then là:

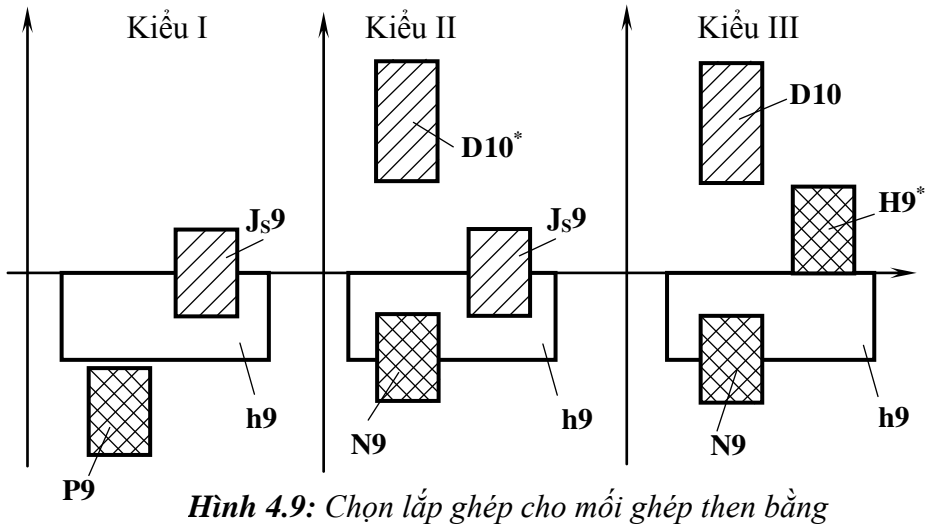
- b : bề rộng của then và rãnh then.
- t_1 : chiều sâu rãnh then trên trục.
- t_2 : chiều sâu rãnh then trên bạc.
- h : chiều cao then.
- l : chiều dài rãnh then trên trục.
- L : chiều dài rãnh then trên bạc.

Các kích thước cơ bản của then và rãnh then cho trong bảng 17, phụ lục 4.

2. Chọn lắp ghép


Then thường được lắp cố định trên trục (lắp ghép trung gian) và lắp động với bạc (lắp ghép có độ hở) theo kích thước lắp ghép b . Độ hở giữa then và bạc có tác dụng để bạc có thể dịch chuyển tịnh tiến trên trục và để bù trừ sai số vị trí giữa rãnh then trên trục và trên bạc. Miền dung sai và kiểu lắp của các yếu tố kích thước trong mối ghép then được chọn như đối với bề mặt trơn, trong đó lắp ghép bề rộng b giữa then với rãnh then trên trục và giữa then với rãnh then trên lỗ được chọn theo hệ thống trục.


TCVN 2261-1977 qui định 3 kiểu lắp ghép cho mỗi ghép then đối với kích thước b như hình 4.9




Hình 4.9: Chọn lắp ghép cho mỗi ghép then bằng

- Kiểu I: dùng cho mỗi ghép cố định trong sản xuất đơn chiếc.
- Kiểu II: dùng cho mỗi ghép cố định trong sản xuất hàng loạt.
- Kiểu III: dùng trong trường hợp chi tiết cần có chuyển động tịnh tiến trên trục.

Chú thích:  Miền dung sai của bề rộng then.

 Miền dung sai của bề rộng rãnh then trên bạc.

 Miền dung sai của bề rộng rãnh then trên trục.

* Miền dung sai dùng cho lắp ghép then dài ($l > 2d$).

Với các kích thước khác của mỗi ghép then, chọn theo các miền dung sai sau:

- Chiều cao then h : Chọn miền dung sai $h9$ khi chiều cao then $h = 2 \div 6$ mm; $h11$ khi chiều cao then $h > 6$ mm
- Chiều dài then l : Chọn miền dung sai $h14$
- Chiều dài rãnh then trên trục L : Chọn miền dung sai $H15$
- Dung sai chiều sâu rãnh then trên trục t và trên lỗ t_1 được chọn tùy theo chiều cao then h : $+0,1$ mm (khi $h = 2 \div 6$ mm), $+0,2$ mm (khi $h = 6 \div 18$ mm), $+0,3$ mm (khi $h = 18 \div 50$ mm).

4.2.2. Dung sai và lắp ghép mối ghép then hoa

1. Khái niệm

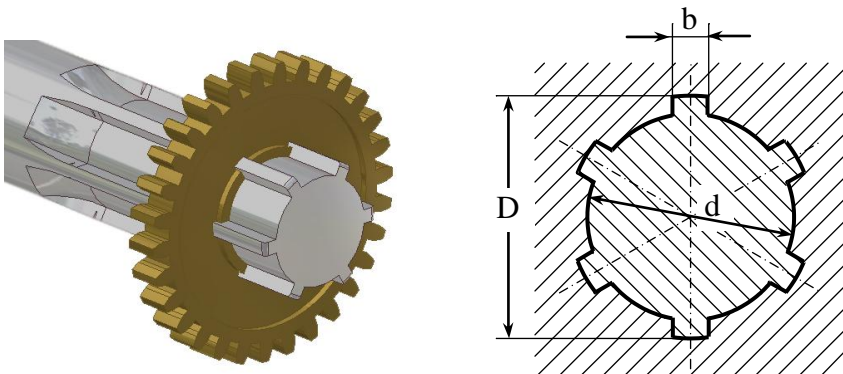
Then hoa là hình ảnh của nhiều then thường nhưng những then này liền một khối với trục và phân bố đều trên mặt trụ. Khi đó, mối ghép chỉ còn hai chi tiết là trục then hoa và lỗ then hoa. Mối ghép then hoa được sử dụng rất rộng rãi trong ngành chế tạo máy vì nó có cùng công dụng nhưng lại có nhiều ưu điểm hơn so với mối ghép then thường:

- Truyền được công suất lớn hơn so với mối ghép then thường cùng kích thước.
- Có độ bền cao, chịu va đập và tải trọng động tốt hơn.

Tùy thuộc vào dạng răng, mối ghép then hoa được chia ra:

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

Trong ngành chế tạo máy hiện nay, mối ghép then hoa dạng răng chữ nhật được dùng phổ biến nhất nên ở đây chỉ giới thiệu loại này (hình 4.10)



Hình 4.10: Các kích thước cơ bản của mối ghép then hoa

Các kích thước cơ bản của mối ghép then hoa gồm:

- + Đường kính ngoài D của lỗ then hoa và trục then hoa.
- + Đường kính trong d của lỗ then hoa và trục then hoa.
- + Bề rộng b của lỗ then hoa và trục then hoa.

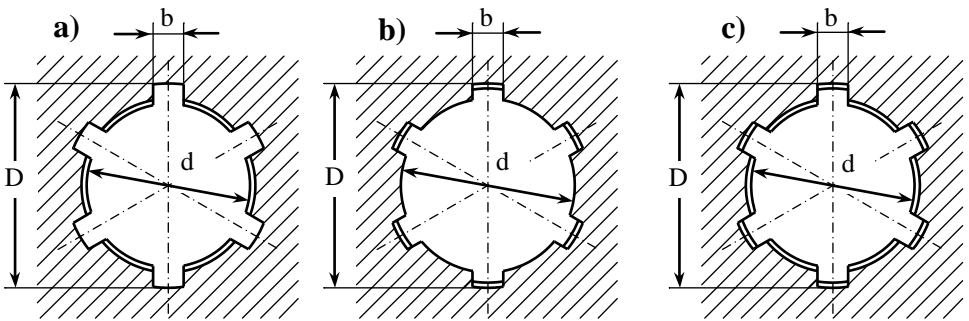
Giá trị các thông số kích thước được cho trong bảng 18, phụ lục 4.

Tùy theo phương pháp định tâm giữa hai chi tiết trục then hoa và lỗ then hoa mà TCVN 2324-1978 qui định dung sai và kiểu lắp cho các yếu tố kích thước trên. Có ba phương pháp định tâm (hình 4.11):

+ Định tâm theo đường kính ngoài D : hai yếu tố kích thước lắp ghép là D và b (hình 4.11a).

+ Định tâm theo đường kính trong d : hai yếu tố kích thước lắp ghép là d và b (hình 4.11b).

+ Định tâm theo mặt bên của then b : chỉ một yếu tố kích thước lắp ghép là b (hình 4.11c).



Hình 4.11: Các phương pháp định tâm mối ghép then hoa

2. Chọn lắp ghép

Chi tiết then hoa xét toàn bộ là một chi tiết phức tạp nhưng riêng từng yếu tố thì đường kính ngoài D và đường kính trong d được coi như bề mặt tròn, bề rộng b được coi như then thường. Do đó, việc thành lập các miền dung sai và các kiểu lắp cho mối ghép then hoa dựa trên tiêu chuẩn của bề mặt tròn TCVN 2245-1991.

Miền dung sai của các yếu tố kích thước trong mối ghép then hoa được chọn theo bảng 4.3

Bảng 4.3: Miền dung sai của các yếu tố kích thước trong mối ghép then hoa

Định tâm theo đường kính ngoài D			
Miền dung sai D của		Miền dung sai b của	
lỗ then hoa	trục then hoa	lỗ then hoa	trục then hoa
H7 H8	$\boxed{f7}$, g6, h6, $\boxed{j_s6}$, n6 h7	F8 D9 F10 J _s 10	(d9), e8, $\boxed{f7}$, $\boxed{f8}$, h7, h8, $\boxed{j_s7}$ d9, e8, f7, h8, j _s 7 e9, f7, h9 d10
Định tâm theo đường kính trong d			
Miền dung sai d của		Miền dung sai b của	
lỗ then hoa	trục then hoa	lỗ then hoa	trục then hoa
H6 H7 H8	g5, j _s 5 e8, $\boxed{f7}$, $\boxed{g6}$, h6, h7, j _s 6, j _s 7, n6 e8, (e9)	F8 H8 D9 D10 F10 J _s 10	d8, f7, f8, h7, h8, h9, j _s 7 h7, h8, (h9), j _s 7 d9, e8, f7, f8, f9, h8, $\boxed{h9}$, $\boxed{j_s7}$, $\boxed{k7}$ d9 d9, e8, f7, f8, $\boxed{f9}$, h7, h8, h9, $\boxed{j_s7}$ d10
Định tâm theo mặt bên của then b			
Miền dung sai bề rộng rãnh b của lỗ then hoa		Miền dung sai chiều dày b trên trục then hoa	
F8 D9 D10 F10 J _s 10		e8, f8, $\boxed{j_s7}$ d9, $\boxed{e8}$, $\boxed{f8}$, f9, h8, h9, j _s 7, k7 d10, (h10) $\boxed{d9}$, e8, $\boxed{f8}$, f9, h8, h9, j _s 7, k7 d9	

Chú thích:

- * Miền dung sai có \square là miền dung sai cho lắp ghép ưu tiên.
- * Hạn chế sử dụng miền dung sai trong dấu ().
- * Cho phép kết hợp bất kỳ một miền dung sai của lỗ then hoa và trục then hoa theo hàng ngang tương ứng để tạo ra kiểu lắp cho một yếu tố kích thước.
- * Với đường kính không định tâm, chọn lắp ghép sau: $\frac{H12}{a11}$ cho D ; $\frac{H11}{a11}$ cho d .

Có thể chọn lắp ghép theo kinh nghiệm trong bảng 4.4.

Bảng 4.4: Các lắp ghép thường dùng cho mối ghép then hoa

Yếu tố lắp ghép	Điều kiện làm việc		
	Với mỗi ghép không có chuyển động tương đối, tải trọng va đập lớn, ít tháo lắp	Với mỗi ghép không có chuyển động tương đối, tải trọng điều hòa, hay tháo lắp	Với mỗi ghép có di trượt giữa bạc và trục then hoa
D, b	$\frac{H7}{n6}, \frac{F8}{j_s7}$	$\frac{H7}{j_s6}, \frac{F8}{j_s7}$	$\frac{H7}{f7} \left(\frac{H7}{g6} \right), \frac{F8}{f7}$
d, b	$\frac{H7}{n6}, \frac{H8}{j_s7}$	$\frac{H7}{j_s6}, \frac{H8}{h8}$	$\left(\frac{H7}{f7} \right) \frac{H7}{g6}, \frac{F8}{f7}$
b	Với mỗi ghép không có chuyển động tương đối $\frac{F8}{j_s7}$		$\left(\frac{F8}{f8} \right) \frac{D9}{f9}$

Chú thích: Hạn chế sử dụng các kiểu lắp trong dấu ()

3. Ghi ký hiệu dung sai lắp ghép mối ghép then hoa

Ký hiệu gồm có:

- Chữ cái (d, D, b): biểu thị cho bề mặt định tâm.
- Số răng Z của then hoa, giá trị đường kính trong d, giá trị đường kính ngoài D và bề rộng b theo thứ tự đó.
- Ký hiệu miền dung sai hoặc lắp ghép của yếu tố kích thước nào được ghi ngay sau giá trị kích thước của yếu tố đó.

Ghi chú: Cho phép không chỉ dẫn dung sai hoặc kiểu lắp của đường kính không định tâm trong ký hiệu.

Ví dụ: Trên bản vẽ lắp ghi $D - 8 \times 52 \times 58 \frac{H7}{f7} \times 10 \frac{F8}{f7}$ có nghĩa là mối ghép then hoa:

- Định tâm theo đường kính ngoài D.
- Số then Z = 8.
- Đường kính trong d = $\Phi 52$ mm.

- Đường kính ngoài $D = \Phi 58$ mm.
- Lắp ghép của đường kính ngoài D là $\frac{H7}{f7}$, trong đó H7 là miền dung sai đường kính ngoài D của lỗ then hoa và f7 là miền dung sai đường kính ngoài D của trục then hoa.
- Bề rộng then $b = 10$ mm.
- Lắp ghép của bề rộng b là $\frac{F8}{f7}$, trong đó F8 là miền dung sai bề rộng rãnh của lỗ then hoa và f7 là miền dung sai bề dày răng trên trục then hoa.

Từ ví dụ trên, các ký hiệu ghi trên bản vẽ chi tiết như sau:

- Với bạc then hoa: $D - 8 \times 52 \times 58 H7 \times 10 F8$
- Với trục then hoa: $D - 8 \times 52 \times 58 f7 \times 10 f7$

4.3. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP MỐI GHÉP REN

4.3.1. Khái niệm

Mối ghép ren được sử dụng rất nhiều trong các máy và các dụng cụ. Ren được tạo thành do một đường bao chuyển động xoắn vít trên mặt trụ hay mặt côn.

1. Phân loại

- Theo mặt cơ sở của đường xoắn vít:
 - Ren trụ: đường xoắn vít nằm trên mặt cơ sở là mặt trụ.
 - Ren côn: đường xoắn vít nằm trên mặt cơ sở là mặt côn.
- Theo chiều của đường xoắn vít:
 - Ren phải: khi đường bao chuyển động theo chiều kim đồng hồ và rời xa người quan sát.
 - Ren trái: khi đường bao chuyển động theo chiều ngược chiều kim đồng hồ và rời xa người quan sát.
- Theo sự bố trí của bề mặt ren:
 - Ren ngoài: ren được bố trí trên mặt ngoài.
 - Ren trong: ren được bố trí trên mặt trong.

– Theo số đầu mỗi của đường xoắn vít: ren 1 đầu mỗi, ren 2 đầu mỗi, ..., ren nhiều đầu mỗi.

– Theo biên dạng ren: ren tam giác, ren vuông, ren hình thang, ren tròn, ren răng cưa...

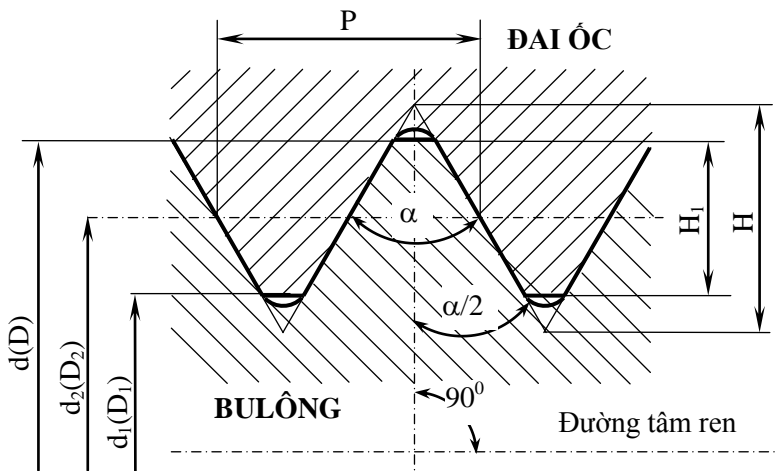
– Theo công dụng:

- Ren giữ chặt: để giữ cố định các chi tiết với nhau, chủ yếu là ren tam giác
- Ren đặc biệt: để truyền động, biến đổi chuyển động hoặc để làm kín, gồm các loại ren vuông, ren thang, ren côn ...

2. Các thông số cơ bản của ren

Bề mặt của chi tiết ren là bề mặt phức tạp, được tạo thành do nhiều yếu tố kích thước và những yếu tố đó đều ảnh hưởng đến tính đổi lẫn của ren. Ren tam giác hệ mét là loại được sử dụng rộng rãi nhất nên ở đây chỉ giới thiệu loại này.

Các thông số kích thước cơ bản của ren tam giác gồm:



Hình 4.12: Các thông số kích thước cơ bản của ren tam giác

– Đường kính ngoài của ren D (d): là đường kính của một hình trụ, có đường tâm trùng với đường tâm ren, bao lấy đỉnh của ren ngoài và đáy của ren trong. Đường kính này được chọn là đường kính danh nghĩa của ren.

– Đường kính trong của ren D_1 (d_1): là đường kính của một hình trụ, có đường tâm trùng với đường tâm ren, bao lấy đáy của ren ngoài và đỉnh của ren trong.

– Đường kính trung bình của ren D_2 (d_2) là đường kính của một hình trụ, có đường tâm trùng với đường tâm ren và bề mặt của nó cắt các vòng ren sao cho chiều rộng của thân ren và chiều rộng của rãnh bằng nhau.

– Bước ren P là khoảng cách giữa hai cạnh ren song song kề nhau đo theo phương trục ren.

– Góc prôfin ren α : là góc tạo thành giữa hai cạnh kề nhau của ren đo trong mặt phẳng qua trục ren. Đối với ren đối xứng, thường dùng khái niệm nửa góc prôfin ren $\alpha/2$. Đó là góc tạo thành giữa một cạnh ren và một đường thẳng góc hạ từ đỉnh lý thuyết của ren xuống trục ren đo trong mặt phẳng qua trục ren.

– Chiều cao lý thuyết của ren H là khoảng cách từ đỉnh đến đáy của tam giác do các cạnh ren kéo dài tạo thành.

– Chiều cao làm việc của ren H_1 là khoảng tiếp xúc lớn nhất ở một phía của các cạnh ren ngoài và ren trong đo theo phương thẳng góc với trục ren.

– Góc nâng của ren β : là góc tạo thành bởi tiếp tuyến của đường xoắn ốc và mặt phẳng thẳng góc với trục ren.

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{P}{\pi.d_2} \quad (4.12)$$

4.3.2. Dung sai ren

1. Ảnh hưởng sai số của các yếu tố kích thước đến tính lắp lẫn của ren

Ren là một chi tiết phức tạp, có nhiều thông số cơ bản ảnh hưởng đến tính lắp lẫn của ren: đường kính ngoài, đường kính trong, đường kính trung bình, bước ren và góc prôfin ren.

– Đối với đường kính ngoài và trong: Trong mỗi ghép ren, đường kính ngoài và trong coi như không tham gia lắp ghép vì ở đó luôn luôn có độ hở. Tuy nhiên để đề phòng hiện tượng chèn ép kim loại, tiêu chuẩn qui định tại hai đường kính đó không được có độ dôi, nghĩa là:

$$D / d \text{ và } D_1 / d_1 \quad (4.13)$$

– Đối với đường kính trung bình: Sai số đường kính trung bình xuất hiện và ảnh hưởng đến tính lắp lẫn như bề mặt trụ trơn. Do đó, trong dung sai của đường kính này cũng phải chứa một lượng bù do ảnh hưởng sai số khi gia công bản thân đường kính này.

Sai số của bước ren và góc prôfin ren đều có ảnh hưởng đến tính đối lẫn của ren nhưng tiêu chuẩn chỉ qui định dung sai cho đường kính trung bình mà không qui định dung sai riêng cho từng yếu tố bước ren và góc prôfin ren. Mặc dầu các kích thước đường kính của bulông và đai ốc bằng nhau nhưng nếu có sai số về bước và góc prôfin ren thì cũng không thể lắp vào nhau được. Muốn lắp được phải bồi thường cho các sai số đó bằng cách giảm đường kính trung bình của bulông d_2 hoặc tăng đường kính trung bình của đai ốc D_2 một lượng là $(fP + f\alpha)$ với:

* fP – lượng bù hướng kính cho sai số về bước (μm).

$$fP = \Delta P_n \cdot \cot\alpha/2 \quad (4.14)$$

trong đó ΔP_n (μm) là sai số tích lũy n bước trong khoảng chiều dài ăn khớp.

* $f\alpha$ – lượng bù hướng kính cho sai số về góc prôfin (μm).

$$f\alpha = \frac{2H_1 \cdot \Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \cdot \frac{2\pi}{360 \times 60} \cdot 10^3 \approx \frac{0,582H_1}{\sin \alpha} \cdot \Delta \frac{\alpha}{2} \quad (4.15)$$

trong đó: $\Delta \frac{\alpha}{2}$ (phút) – sai số nửa góc prôfin ren $\alpha/2$.

H_1 – chiều cao làm việc của ren (mm).

Đối với ren hệ mét tiêu chuẩn có $\alpha = 60^\circ$, $H_1 = 0,54P \Rightarrow fP = 1,732\Delta P_n$ và $f\alpha = 0,36P \cdot \Delta$

Nói một cách khác, ảnh hưởng của sai số về bước và góc prôfin dường như đã làm tăng d_2 hoặc giảm D_2 một lượng $(fP + f\alpha)$. Để đặc trưng cho sự thay đổi của đường kính trung bình bulông và đai ốc do ảnh hưởng của sai số về bước và góc prôfin, người ta đưa ra khái niệm "**đường kính trung bình biểu kiến**" được tính bằng công thức sau:

$$d_2' = d_{2th} + (fP + f\alpha) \text{ và } D_2' = D_{2th} - (fP + f\alpha) \quad (4.16)$$

với d_{2th} , D_{2th} – đường kính trung bình thực đo được trên bulông và đai ốc.

Như vậy, chi tiết ren muốn đảm bảo tính lắp lẫn thì không những đường kính trung bình mà cả đường kính trung bình biểu kiến phải nằm trong phạm vi dung sai cho phép, nghĩa là:

$$d_{2min} \leq d_{2th} \leq d_2' \leq d_{2max} \quad (4.17)$$

$$D_{2min} \leq D_2' \leq D_{2th} \leq D_{2max} \quad (4.18)$$

2. Dung sai và cấp chính xác của ren

Tiêu chuẩn TCVN2249-1993 và TCVN2250-1993 qui định dung sai đường kính trung bình ký hiệu là b (bảng 19, phụ lục 5). Đó là dung sai qui định cho đường kính trung bình biểu kiến, gồm ba thành phần và được tính theo công thức sau:

$$b = T_{D_2} + fP + f\alpha \text{ hoặc } b = T_{D_2} + fP + f\alpha. \quad (4.19)$$

Trong đó:

T_{D_2} (T_{D_2}) – dung sai của bản thân đường kính trung bình.

fP – dung sai cho lượng bù hướng kính của sai số về bước.

$f\alpha$ – dung sai cho lượng bù hướng kính của sai số về góc.

Đối với đường kính ngoài và trong, để đảm bảo khe hở lắp ghép thì hai kích thước này không được vượt quá giá trị danh nghĩa về phía lớn hơn đối với bulông và về phía nhỏ hơn đối với đai ốc. Điều đó có nghĩa là sai lệch giới hạn trên của các kích thước d , d_1 của bulông phải nhỏ hơn hay bằng 0 và sai lệch giới hạn dưới của các kích thước D , D_1 của đai ốc phải lớn hơn hay bằng 0 ($es \leq 0$, $EI / 0$).

Mặt khác, đường kính ngoài của bulon d và đường kính trong của đai ốc D_1 có ảnh hưởng đến chiều cao làm việc tối thiểu của ren (H_{1min}) nên cần phải qui định thêm sai lệch còn lại cho hai kích thước này nghĩa là phải qui định dung sai cho nó. Tuy nhiên việc qui định dung sai này phải tính đến sự nở ren do biến dạng dẻo kim loại khi tạo thành ren và sai số chế tạo phôi (là sai số gia công đường kính phôi bulông và đường kính lỗ đai ốc). Vì thế dung sai của chúng không qui định quá bé để có thể bồi thường cho sự nở ren và sai số chế tạo phôi.

Trên cơ sở đó, tiêu chuẩn qui định cấp chính xác của ren từ cấp 1 đến cấp 9 theo thứ tự độ chính xác giảm dần. Trong đó, lấy cấp chính xác 6 làm cơ bản, dùng cho ren có độ chính xác trung bình và chiều dài vắn ren bình thường. Giá trị dung sai của các đường kính ở cấp chính xác 6 được xác định theo công thức sau:

* Với đường kính trung bình:

$$T_{D_{2(6)}} = 90.P^{0,4}.d^{0,1} \text{ và } T_{D_{2(6)}} = 1,32 T_{D_{2(6)}} \quad (4.20)$$

* Với đường kính ngoài d :

$$T_{d(6)} = 180\sqrt[3]{P^2} - \frac{3,15}{\sqrt{P}} \quad (4.21)$$

* Với đường kính trong D_1 :

$$TD_{1(6)} = 433 - 190P^{1,22} \text{ khi } P < 1\text{mm} \quad (4.22a)$$

$$TD_{1(6)} = 230P^{0,7} \text{ khi } P \geq 1\text{mm} \quad (4.22b)$$

trong đó P và d tính bằng mm, T tính bằng μm .

Dung sai của d_2 , D_2 , d , D_1 ở các cấp chính xác còn lại được xác định bằng cách nhân dung sai cấp chính xác 6 với các hệ số dưới đây và làm tròn theo dãy số R_a10 (có công bội $q = 1,25$).

Cấp chính xác	3	4	5	6	7	8	9
Hệ số	0,5	0,63	0,8	1	1,25	1,6	2

Để xác định vị trí của dung sai, tiêu chuẩn cũng qui định những "sai lệch cơ bản" tương tự như đối với bề mặt trơn. Sai lệch cơ bản được ký hiệu bằng những mẫu tự La tinh, chữ thường dùng cho bulông và chữ hoa dùng cho đai ốc, tuy nhiên công thức tính sai lệch có khác. Ví dụ: h , g , e , d , j , m , ... dùng cho bulông và H , G , ... dùng cho đai ốc.

Riêng đối với kích thước đường kính trong của bulông d_1 và đường kính ngoài của đai ốc D thì không cần qui định dung sai mà chỉ cần khống chế một giới hạn là giới hạn trên đối với d_1 ($es \leq 0$) và giới hạn dưới đối với D ($EI \geq 0$) để đảm bảo khe hở ở các đường kính này. Giới hạn còn lại không bắt buộc. Mục đích của việc qui định này nhằm tăng thời gian phục vụ của dụng cụ cắt ren như tarô, bàn ren và cho phép độ mòn của các dụng cụ này tăng lên.

Như vậy, miền dung sai của các kích thước đường kính ren được ký hiệu bởi một con số chỉ cấp chính xác và chữ cái chỉ sai lệch cơ bản. Ví dụ: $5H$, $6G$, $8h$, $3m$, ...

4.3.3. Lắp ghép ren

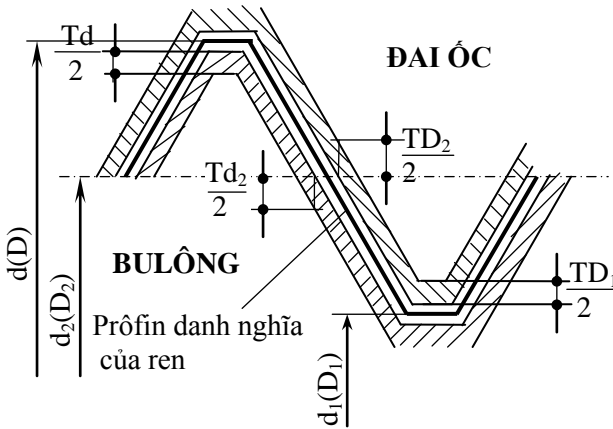
Để đáp ứng những yêu cầu sử dụng khác nhau, lắp ghép ren cũng được chia làm 3 nhóm: lắp ghép có độ hở, lắp ghép trung gian và lắp ghép có độ dôi.

1. Lắp ghép có độ hở (TCVN 1917-1993)

Lắp ghép có độ hở được dùng trong các trường hợp sau:

– Mỗi ghép ren làm việc ở nhiệt độ cao. Khe hở trong lắp ghép để bồi thường cho biến dạng nhiệt của ren và đảm bảo khi tháo không bị phá hỏng ren.

- Mỗi ghép ren cần có chuyển động tương đối.
- Đảm bảo tháo lắp nhanh và dễ dàng ngay cả khi có lớp rỉ, lớp bẩn hoặc khi cần mạ bề mặt ren.



Hình 4.13: Lắp ghép có độ hở của mối ghép ren

Trong lắp ghép có độ hở, ký hiệu miền dung sai của ren như sau:

* Đối với ren bulông: ghi ký hiệu miền dung sai của đường kính trung bình d_2 trước, sau đó đến miền dung sai đường kính ngoài d . Trường hợp hai miền dung sai này giống nhau, chỉ ghi ký hiệu chung không lặp lại.

* Đối với ren đai ốc: ghi ký hiệu miền dung sai của đường kính trung bình D_2 trước, sau đó đến miền dung sai đường kính trong D_1 . Cũng như trên, trường hợp hai miền dung sai này giống nhau, chỉ ghi ký hiệu chung.

Ví dụ: 7h6h; 4h; 6g hay 5H6H; 6H; 7G (Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và đai ốc cho trong bảng 20, phụ lục 5).

Bảng 4.5: Cấp chính xác và sai lệch cơ bản của ren trong lắp có độ hở

Dạng ren	Đường kính ren	Cấp chính xác	Sai lệch cơ bản
Ren bulông	d	4, 6, 8	d, e, f, g, h
	d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	d, e, f, g, h
Ren đai ốc	D_2	4, 5, 6, 7, 8, 9	E, F, G, H
	D_1	4, 5, 6, 7, 8	E, F, G, H

Chú thích: Cho phép sử dụng miền dung sai phối hợp cấp chính xác khác nhau cho đường kính trung bình và đường kính đỉnh ren (đường kính ngoài của bulông hay đường kính trong của đai ốc). Ví dụ: miền dung sai cho bulông 4h6h; 8g6g hay cho đai ốc 7H6H.

Bảng 4.6: Chọn miền dung sai và kiểu lắp cho mỗi ghép ren có độ hở

Miền dung sai của ren bulông										
Loại chính xác	Chiều dài vắn ren									
	S		N				L			
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 của ren đai ốc										
Loại chính xác	Chiều dài vắn ren									
	S		N				L			
Chính xác		4H		4H5H	5H					6H
Trung bình	(5G)	5H	6G		6H	(7G)			7H	
Thô			7G		7H	(8G)			8H	

Chú thích:

* Ưu tiên sử dụng miền dung sai trong \square và hạn chế sử dụng miền dung sai trong dấu ()

* Miền dung sai có đánh dấu * chỉ dùng cho ren có bước $P < 0,8\text{mm}$ (với ren có bước $P > 0,8\text{mm}$ sử dụng miền dung sai 8h6h).

* Cho phép phối hợp bất kỳ các miền dung sai ren của bulông và đai ốc tương ứng đã qui định trong bảng để tạo ra kiểu lắp có độ hở.

* Chiều dài vắn ren l được chia làm ba nhóm:

+ Nhóm S (ngắn): $l \leq 2,24P.d^{0,2}$

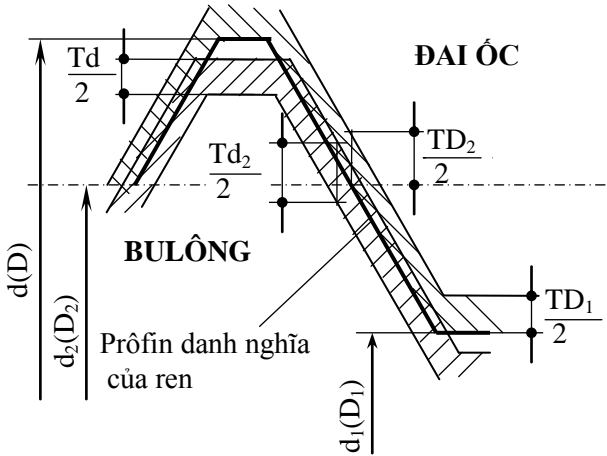
+ Nhóm N (trung bình): $2,24P.d^{0,2} < l \leq 6,7P.d^{0,2}$

+ Nhóm L (dài): $l > 6,7P.d^{0,2}$

2. Lắp trung gian (TCVN 2249-1993)

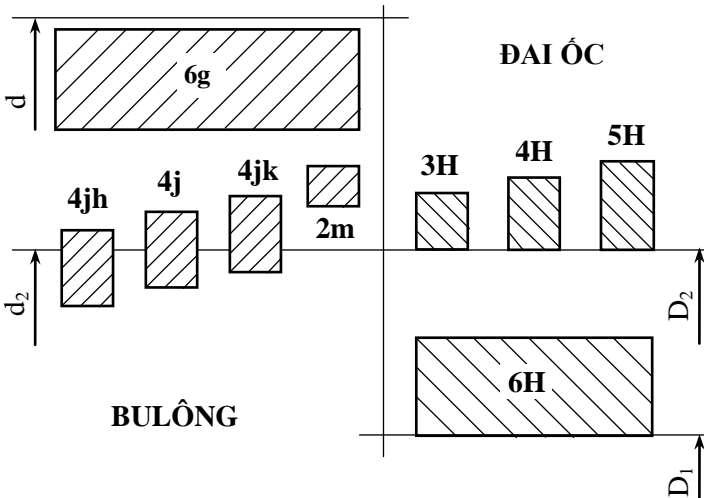
Lắp ghép trung gian được dùng cho những mối ghép ren cố định giữa vít cấy bằng thép với lỗ ren bằng thép, gang, hợp kim nhôm, hợp kim manhê có đường kính từ 5 đến 45mm với chiều dài vắn ren theo qui định sau:

- Lỗ ren bằng thép: $l = (1 \div 1,25)d$
 Lỗ ren bằng gang: $l = (1,25 \div 1,5)d$
 Lỗ ren bằng hợp kim nhôm, hợp kim manhê: $l = (1,5 \div 2)d$



Hình 4.14: Lắp ghép trung gian của mối ghép ren

Sự phân bố miền dung sai của ren bulông và đai ốc theo hình 4.14 và các miền dung sai tiêu chuẩn của các đường kính của ren bulông và đai ốc trong lắp ghép trung gian theo hình 4.15.



Hình 4.15: Miền dung sai của ren cho lắp ghép trung gian

Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và đai ốc trong lắp ghép trung gian cho trong bảng 22, 23 phụ lục 5.

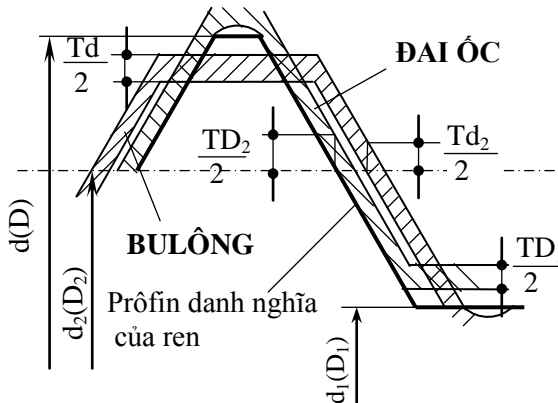
Bảng 4.7: Chọn miền dung sai và kiểu lắp cho mối ghép ren trung gian

Đường kính danh nghĩa	Vật liệu lỗ ren	Miền dung sai ren		Lắp ghép
		Bulông	Đai ốc	
5 ÷ 16	Thép	4jk 2m	4H6H 3H6H	$\frac{4H6H}{4jk}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	Gang, hợp kim nhôm và hợp kim manhê	4jk 2m	5H6H 3H6H	$\frac{5H6H}{4jk}$; $\frac{3H6H}{2m}$
18 ÷ 30	Thép	4j 2m	4H6H 3H6H	$\frac{4H6H}{4j}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	Gang, hợp kim nhôm và hợp kim manhê	4j 2m	5H6H 3H6H	$\frac{5H6H}{4j}$; $\frac{3H6H}{2m}$
33 ÷ 45	Các loại	4jh	5H6H	$\frac{5H6H}{4jh}$

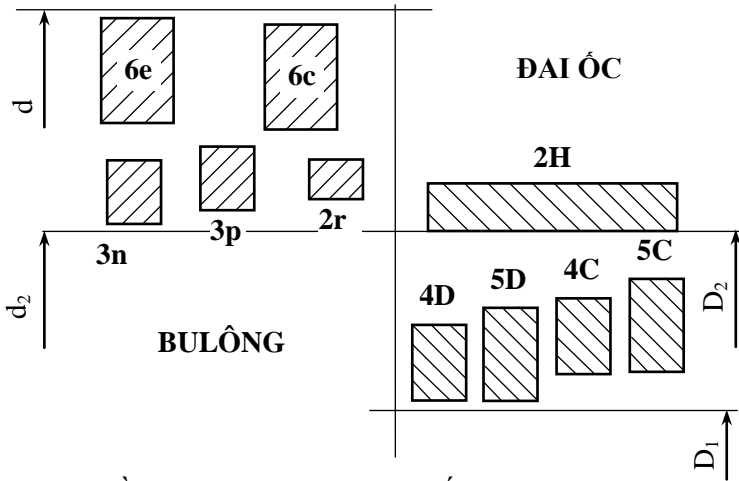
Chú thích: Miền dung sai đường kính ngoài d của ren bulông không cần ghi trong ký hiệu.

3. Lắp ghép có độ dôi (TCVN 2250-1993)

Lắp ghép có độ dôi được dùng cho những mối ghép ren cố định giữa vít cấy bằng thép với lỗ ren trên thân máy bằng thép, gang, hợp kim bền cao, hợp kim titan, hợp kim nhôm, hợp kim manhê có đường kính từ 5 đến 45mm với chiều dài vắn ren như lắp ghép trung gian.



Hình 4.16: Lắp ghép có độ dôi của mối ghép ren



Hình 4.17: Miền dung sai của ren cho lắp ghép có độ dôi

Bảng 4.8: Chọn miền dung sai và kiểu lắp cho mỗi ghép ren có độ dôi

Vật liệu lỗ ren	Miền dung sai ren			Lắp ghép		Điều kiện phụ của lắp ráp
	Bulông	Đai ốc		$P \leq 1,25$	$P > 1,25$	
		$P \leq 1,25$	$P > 1,25$			
Gang và hợp kim nhôm	2r	2H5D	2H5C	$\frac{2H5D}{2r}$	$\frac{2H5C}{2r}$	
Gang, hợp kim nhôm và hợp kim manhê	3p(2)	2H5D(2)	2H5C(2)	$\frac{2H5D(2)}{3p(2)}$	$\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$	Chia 2 nhóm
Thép, hợp kim bền cao và hợp kim titan	3n(3)	2H4D(3)	2H4C(3)	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$	$\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$	Chia 3 nhóm

Chú thích:

* Miền dung sai đường kính ngoài d của ren bulông không cần ghi trong ký hiệu.

* Chữ số ghi trong dấu ngoặc chỉ số nhóm được phân khi tiến hành lắp ghép bulông và đai ốc theo phương pháp đối lẫn không hoàn toàn.

Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và đai ốc trong lắp ghép có độ dôi cho trong bảng 24, 25 và 26 phụ lục 5.

Sau khi gia công xong, các chi tiết bulông và đai ốc được tiến hành phân nhóm theo đường kính trung bình thực tại phần giữa của chiều dài ren và lắp ghép các chi tiết với nhau theo các nhóm tương ứng. Sở dĩ phải tiến hành lắp ghép theo nhóm như vậy vì trong lắp ghép có độ dôi yêu cầu dung sai của độ dôi phải nhỏ, nghĩa là độ dôi lớn nhất không được quá lớn có thể phá hỏng ren của các chi tiết lắp ghép và độ dôi nhỏ nhất không được quá nhỏ ảnh hưởng đến tính tự hãm của ren. Mặt khác, dung sai của độ dôi phụ thuộc vào dung sai của các chi tiết thành phần. Nếu qui định dung sai của các chi tiết thành phần nhỏ sẽ gây nhiều khó khăn trong việc chế tạo. Vì vậy tiêu chuẩn qui định dung sai của các chi tiết thành phần đủ lớn để tạo thuận lợi cho việc chế tạo nhưng phải tiến hành lắp theo nhóm để đảm bảo giá trị độ dôi tương đối đồng đều của cả loạt mối ghép ren.

4.3.4. Ký hiệu ren

Ký hiệu ren gồm các yếu tố ghi theo thứ tự sau:

* Dạng profin ren:

Với ren tam giác hệ mét	:	ký hiệu bằng chữ	M
ren hình thang	:	" "	Tr
ren tròn	:	" "	Rd
ren vuông	:	" "	S
ren Whitworth	:	" "	W
ren côn	:	" "	MK

* Kích thước danh nghĩa của ren (đó cũng chính là đường kính ngoài của ren).

* Bước ren: cùng một kích thước danh nghĩa của ren, có thể có nhiều giá trị bước khác nhau. Nếu bước lớn thì không cần ghi, chỉ ghi đối với ren bước nhỏ. Đối với ren nhiều đầu mối, phải ghi trị số bước xoắn và để trong ngoặc đơn chữ "P" cùng với trị số bước ren. Ví dụ: M24 × 3(P1).

* Chiều xoắn của ren: với ren trái, ghi thêm trong ký hiệu chữ "LH". Ren phải, không cần ghi.

* Ký hiệu miền dung sai (trên bản vẽ chi tiết) hay kiểu lắp của ren (trên bản vẽ lắp).

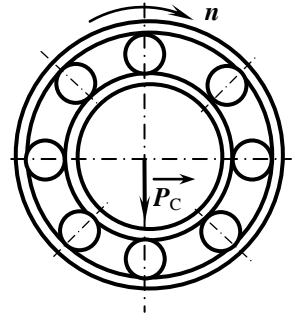
Ví dụ: Với bản vẽ chi tiết	M12 – 6g M20 × 1 LH – 6H Tr40 × 12 (P6) LH – 2H5C Rd32 LH
Với bản vẽ lắp	M12 – 6H/6g M20 × 1 LH – 4H5H/4h Tr40 × 12 (P6) LH – 4H6H/4j M10 × 0,75 – 2H5D(2)/3p(2)

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Các kích thước của ổ lăn được chế tạo đạt tính đối xứng hoàn toàn là
2. Các kích thước của ổ lăn được chế tạo đạt tính đối xứng bộ phận là
3. TCVN 1480–84 qui định mức chính xác của ổ lăn có:
 - a. 5 cấp và được ký hiệu là 0, 6, 5, 4, 2.
 - b. 5 cấp và được ký hiệu là 0, 1, 2, 3, 4.
 - c. 6 cấp và được ký hiệu là 0, 6, 5, 4, 3, 2.
 - d. 6 cấp và được ký hiệu là 0, 1, 2, 3, 4, 5.
4. Ổ lăn với ký hiệu 6303 cho biết các thông số sau
5. Miền dung sai đường kính ngoài D và đường kính trong d của ổ lăn:
 - a. Đồng phân bố về phía dương so với vị trí kích thước danh nghĩa.
 - b. Đồng phân bố về phía âm so với vị trí kích thước danh nghĩa.
 - c. Miền dung sai của D phân bố về phía dương, còn của d về phía âm so với vị trí kích thước danh nghĩa.
 - d. Miền dung sai của D phân bố về phía âm, còn của d về phía dương so với vị trí kích thước danh nghĩa.
6. Khi ổ lăn chịu tác dụng của một lực hướng tâm cố định, vòng ngoài đứng yên, vòng trong quay; nên chọn lắp ghép giữa các vòng của ổ lăn với chi tiết máy như sau:
 - a. Lắp ghép có độ hở cho vòng ngoài và lắp ghép có độ dôi cho vòng trong.
 - b. Lắp ghép có độ dôi cho vòng ngoài và lắp ghép có độ hở cho vòng trong.
 - c. Lắp ghép có độ hở cho cả hai vòng.
 - d. Lắp ghép có độ dôi cho cả hai vòng.
7. Khi ổ lăn chịu tác dụng của một lực hướng tâm cố định \bar{P}_c và lực hướng tâm quay \bar{P}_q , với $|\bar{P}_c| < |\bar{P}_q|$ thì:
 - a. Vòng đứng yên có dạng tải cục bộ, vòng quay có dạng tải dao động.
 - b. Vòng đứng yên có dạng tải chu kỳ, vòng quay có dạng tải cục bộ.

- c. Vòng đúng yên có dạng tải dao động, vòng quay có dạng tải cục bộ.
 d. Vòng đúng yên có dạng tải dao động, vòng quay có dạng tải chu kỳ.

8. Với ổ lăn chịu tác dụng lực hướng tâm cố định \vec{P}_c như hình vẽ, có thể chọn lắp ghép giữa vòng trong với chi tiết trục là:



- a. $\text{Ø}50k6$ c. $\text{Ø}50g6$
 b. $\text{Ø}50n6$ d. $\text{Ø}50m6$

9. Trong mỗi ghép then bằng, lắp ghép bề rộng b:

- a. Giữa then với trục được chọn theo hệ thống trục, giữa then với bạc được chọn theo hệ thống lỗ.
 b. Giữa then với trục được chọn theo hệ thống lỗ, giữa then với bạc được chọn theo hệ thống trục.
 c. Giữa then với trục và giữa then với bạc đều được chọn theo hệ thống trục.
 d. Giữa then với trục và giữa then với bạc đều được chọn theo hệ thống lỗ.

10. Chọn kiểu lắp bề rộng b cho mỗi ghép then bằng trong trường hợp bạc cần di chuyển tịnh tiến dọc trục:

- a. Then với trục: $\frac{H9}{p9}$, then với bạc: $\frac{D10}{h9}$.
 b. Then với trục: $\frac{Js9}{h9}$, then với bạc: $\frac{P9}{h9}$.
 c. Then với trục: $\frac{P9}{h9}$, then với bạc: $\frac{H9}{d10}$.
 d. Then với trục: $\frac{P9}{h9}$, then với bạc: $\frac{D10}{h9}$.

11. Chọn kiểu lắp bề rộng b cho mỗi ghép then bằng trong trường hợp trục và chi tiết lắp trên trục cố định nhau trong quá trình làm việc:

- a. Then với trục: $\frac{P9}{h9}$, then với bạc: $\frac{Js9}{h9}$.
 b. Then với trục: $\frac{Js9}{h9}$, then với bạc: $\frac{P9}{h9}$.

c. Then với trục: $\frac{P9}{h9}$, then với bạc: $\frac{H9}{d10}$.

d. Then với trục: $\frac{H9}{p9}$, then với bạc: $\frac{D10}{h9}$.

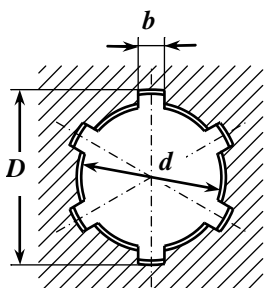
12. Phương pháp định tâm của mỗi ghép then hoa trong các sơ đồ dưới đây lần lượt là:

a. theo b, theo d và theo D.

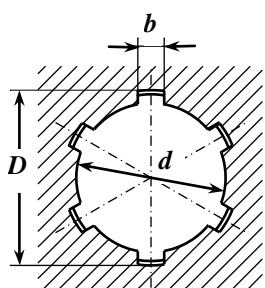
c. theo b, theo D và theo d.

b. theo d, theo b và theo D.

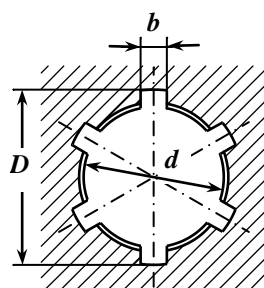
d. theo d, theo D và theo b.



Hình 1



Hình 2



Hình 3

13. Chọn cách ghi ký hiệu của mỗi ghép then hoa trên bản vẽ lắp có $D = \phi 65\text{mm}$, $d = \phi 56\text{mm}$, $b = 10\text{mm}$, $Z = 8$, định tâm theo d , yêu cầu có chuyển động tịnh tiến giữa bạc và trục then hoa:

a. D-8x56H7/n6x65x10H8/j_s7.

b. D-8x56H7/g6x65x10F8/f7.

c. d-8x56H7/n6x65x10H8/j_s7.

d. d-8x56H7/g6x65x10D9/h9.

14. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép then hoa có các thông số sau: $D = \Phi 38$, $d = \Phi 32$, $b = 6$, $Z = 8$; mỗi ghép không có chuyển động tương đối, tải trọng điều hòa, hay tháo lắp; định tâm theo đường kính ngoài D .

a. D-8x32x38H7/j_s6x6F8/ j_s7.

b. D-8x32x38H7/f7x6F8/f7.

c. D-8x32x38H7/g6x6F8/f7.

d. D-8x32x38H7/r6x6H8/f7.

15. Cho mỗi ghép then hoa với ký hiệu $d-6x28H7/n6x34x6H8/j_s7$. Kích thước $\Phi 28n6$ là của:

- a. Đường kính ngoài D của trục then hoa.
 - b. Đường kính trong d của trục then hoa.
 - c. Đường kính ngoài D của lỗ then hoa.
 - d. Đường kính trong d của lỗ then hoa.
16. Cho mối ghép then hoa với ký hiệu $D-8x52x58H7/f7x10F8/f7$. Kích thước giới hạn của đường kính ngoài D đối với trục then hoa có giá trị là:
- a. $D_{\min} = \Phi 57,970$; $D_{\max} = \Phi 58$.
 - b. $D_{\min} = \Phi 57,985$; $D_{\max} = \Phi 58,015$
 - c. $D_{\min} = \Phi 57,940$; $D_{\max} = \Phi 57,970$.
 - d. $D_{\min} = \Phi 58$; $D_{\max} = \Phi 58,030$.
17. Đường kính trung bình biểu kiến của ren là:
- a. Đường kính trung bình có kể đến ảnh hưởng của sai số bước f_p gây ra.
 - b. Đường kính trung bình có kể đến ảnh hưởng của sai số góc prôfin f_α gây ra.
 - c. Đường kính trung bình có kể đến ảnh hưởng của sai số bước f_p và sai số góc prôfin f_α gây ra.
 - d. Đường kính trung bình lý tưởng, không có thật của bề mặt ren.
18. TCVN 2249-1993 qui định mức chính xác của ren có:
- a. 9 cấp chính xác từ cấp 1 -> 9 với mức độ chính xác giảm dần.
 - b. 9 cấp chính xác từ cấp 1 -> 9 với mức độ chính xác tăng dần.
 - c. 14 cấp chính xác từ cấp 1 -> 14 với mức độ chính xác giảm dần.
 - d. 14 cấp chính xác từ cấp 1 -> 14 với mức độ chính xác tăng dần.
19. Trong lắp ghép ren, tiêu chuẩn cho phép không cần qui định dung sai của đường kính trong d_1 của bulông và đường kính ngoài D của đai ốc mà chỉ cần khống chế:
- a. Sai lệch giới hạn trên của d_1 ($es \leq 0$) và sai lệch giới hạn dưới của D ($EI / 0$).
 - b. Sai lệch giới hạn dưới của d_1 ($ei \leq 0$) và sai lệch giới hạn trên của D ($ES / 0$).

- c. Sai lệch giới hạn trên của d_1 ($es / 0$) và sai lệch giới hạn dưới của D ($EI \leq 0$).
- d. Sai lệch giới hạn dưới của d_1 ($ei / 0$) và sai lệch giới hạn trên của D ($ES \leq 0$).
20. Cho mỗi ghép ren với ký hiệu $M42x3LH - 2H4H(3)/3n(3)$. Số 3 trong dấu ngoặc (3) dùng để chỉ:
- Cấp chính xác của ren bulông và đai ốc.
 - Số nhóm được phân khi lắp ghép bulông và đai ốc.
 - Bước ren của ren bulông và đai ốc.
 - Số đầu mối của ren bulông và đai ốc.
21. Cho mỗi ghép ren với ký hiệu $M16x2(P1) - 5H6H/4jk$. Miền dung sai $4jk$ là miền dung sai:
- Đường kính trung bình của ren bulông.
 - Đường kính trong của ren bulông.
 - Đường kính ngoài của ren bulông.
 - Đường kính trung bình và ngoài của ren bulông.
22. Mỗi ghép ren có độ hở với yêu cầu làm việc ở nhiệt độ cao có thể chọn lắp ghép sau:
- $M16x3(P1)LH - 5H6H/4jh$.
 - $M16x2 - 2H5C(2)/3p(2)$.
 - $M24x3(P1) - 3H6H/2m$.
 - $M16x1,5LH - 5H/5g6g$.

BÀI TẬP

4.1. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP Ổ LĂN

1. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ lăn với trục và với thân hộp có các thông số sau:

Ký hiệu ổ lăn 6203, cấp chính xác 0, tải trọng không đổi về hướng, vòng ngoài quay, chế độ làm việc nhẹ.

2. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ lăn với trục và với thân hộp có các thông số sau:

Ký hiệu ổ lăn 6210, cấp chính xác 0, tải trọng không đổi về hướng, vòng trong quay, chế độ làm việc nặng.

3. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ lăn với trục và với thân hộp có các thông số sau:

Ký hiệu ổ lăn 7218, cấp chính xác 6, tải trọng không đổi về hướng, vòng ngoài quay, chế độ làm việc nặng.

4. Chọn lắp ghép cho mỗi ghép ổ lăn với trục và với thân hộp có các thông số sau:

Ký hiệu ổ lăn 1310, cấp chính xác 0, tải trọng không đổi về hướng, vòng trong quay, chế độ làm việc bình thường.

4.2. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP MỐI GHÉP THEN VÀ THEN HOA

4.2.1 Dung sai và lắp ghép mối ghép then

Chọn lắp ghép cho mỗi ghép then bằng giữa then với rãnh then trên trục và then với rãnh then trên lỗ trong các trường hợp dưới đây. Xác định các kích thước giới hạn bề rộng b của then, bề rộng b của rãnh then trên trục và của rãnh then trên lỗ trong lắp ghép đó.

a. Mỗi ghép then cố định, dạng sản xuất đơn chiếc, kích thước then $b \times h \times l = 10 \times 8 \times 56$, đường kính lỗ và trục $D = d = \phi 36\text{mm}$.

b. Mỗi ghép then cố định, dạng sản xuất hàng loạt, kích thước then $b \times h \times l = 16 \times 10 \times 125$, đường kính lỗ và trục $D = d = \phi 56\text{mm}$.

c. Mỗi ghép then mà chi tiết cần có chuyển động tịnh tiến dọc trục, kích thước then $b \times h \times l = 14 \times 9 \times 110$, đường kính lỗ và trục $D = d = \phi 45\text{mm}$.

4.2.2 Dung sai và lắp ghép mỗi ghép then hoa

1. Giải thích các ký hiệu lắp ghép sau:

a. $d - 8 \times 46 \frac{H7}{n6} \times 54 \times 9 \frac{H8}{j_s7}$

b. $D - 10 \times 72 \times 82 \frac{H7}{f7} \times 12 \frac{F8}{f7}$

c. $D - 8 \times 52 \times 58 \frac{H7}{j_s6} \times 10 \frac{F8}{j_s7}$

d. $d - 6 \times 28 \frac{H7}{g6} \times 34 \times 7 \frac{D9}{h9}$

e. $b - 6 \times 23 \times 28 \times 6 \frac{D9}{f9}$

2. Cho một mối ghép then hoa với các thông số sau:

$$D = \phi 25, d = \phi 21, b = 5, Z = 6$$

Biết miền dung sai đường kính trong d của lỗ then hoa và trục then hoa là $H7$ và j_s7 ; miền dung sai bề rộng b của lỗ then hoa và trục then hoa là $H8$ và $h7$.

Hãy viết ký hiệu dung sai lắp ghép của mối ghép đó trên bản vẽ lắp và các bản vẽ chi tiết.

3. Cho một mối ghép then hoa với các thông số sau:

$$D = \phi 38, d = \phi 32, b = 6, Z = 8$$

Biết miền dung sai đường kính ngoài D của lỗ then hoa và trục then hoa là $H8$ và j_s7 ; miền dung sai bề rộng b của lỗ then hoa và trục then hoa là $F8$ và $h7$.

Hãy viết ký hiệu dung sai lắp ghép của mối ghép đó trên bản vẽ lắp và các bản vẽ chi tiết.

4. Chọn lắp ghép cho mối ghép then hoa trong các trường hợp dưới đây. Xác định các kích thước giới hạn của các yếu tố lắp ghép trong mối ghép đó.

a. Các thông số kích thước của then hoa: $D = \phi 25$, $d = \phi 21$, $b = 5$, $Z = 6$. Mỗi ghép không có chuyển động tương đối, tải trọng va đập lớn, ít tháo lắp và định tâm theo đường kính ngoài D .

b. Các thông số kích thước của then hoa: $D = \phi 65$, $d = \phi 56$, $b = 10$, $Z = 8$. Mỗi ghép có chuyển động tịnh tiến giữa bạc và trục then hoa. Phương pháp định tâm theo đường kính trong d .

c. Các thông số kích thước của then hoa: $D = \phi 38$, $d = \phi 32$, $b = 6$, $Z = 8$. Mỗi ghép không có chuyển động tương đối, tải trọng điều hòa, hay tháo lắp và định tâm theo đường kính ngoài D .

d. Các thông số kích thước của then hoa: $D = \phi 102$, $d = \phi 92$, $b = 14$, $Z = 10$. Mỗi ghép không có chuyển động tương đối và định tâm theo bề rộng b .

4.3. DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP MỐI GHÉP REN

Giải thích các ký hiệu sau:

1. $M12 \times 1 - 4H6H/4jk$
2. $M24 \times 3(P1,5) LH - 3n(3)$
3. $M10 - 4H5H$
4. $M20 \times 4(P2) - 7H/7g6g$
5. $M16 \times 3(P1) LH - 2H4C(3)$
6. $M36 \times 2 LH - 6H/6g$
7. $M12 \times 0,75 - 5g6g$
8. $M30 \times 6(P3) - 2H5C(2)/3p(2)$

DUNG SAI TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

1. Khái niệm

Truyền động bánh răng là một trong những loại truyền động được sử dụng rất rộng rãi. Mục đích của nó là truyền chuyển động quay giữa các trục hay biến đổi chuyển động (từ chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến và ngược lại) nhờ sự ăn khớp giữa các răng trên bánh răng (hoặc thanh răng).

Tùy theo vị trí tương đối giữa các trục, có các loại truyền động bánh răng sau:

- Trường hợp hai trục song song: dùng bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng, răng nghiêng hoặc răng chữ V.
- Trường hợp hai trục cắt nhau: dùng bộ truyền bánh răng côn (răng thẳng, răng nghiêng hoặc răng cong).
- Trường hợp hai trục chéo nhau: dùng bộ truyền bánh răng trụ chéo hoặc côn chéo.

Ngoài ra còn có truyền động bánh răng – thanh răng dùng để biến đổi từ chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến và ngược lại.

Về dạng răng cũng có nhiều loại nhưng sử dụng chủ yếu là dạng răng thân khai do Olevski tìm ra năm 1760 nên trong phần này chỉ đề cập đến dạng răng đó.

2. Các yêu cầu kỹ thuật của truyền động bánh răng

Tùy theo điều kiện làm việc, truyền động bánh răng được chia làm ba nhóm chính:

– **Truyền động chính xác:** như các bộ truyền của các xích động học chính xác trong các dụng cụ đo lường hay cơ cấu phân độ của máy cắt kim loại... Đặc điểm của nhóm truyền động này là làm việc với tải trọng và vận tốc nhỏ nên phần lớn các bánh răng có môđun nhỏ, chiều dài răng không lớn. Yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của nhóm này là đảm bảo mức chính xác động học của truyền động để tỉ số truyền ít thay đổi nhất.

– **Truyền động có tốc độ cao:** như truyền động của các hộp tốc độ tước bin, nơi mà tốc độ vòng có thể đạt tới hàng trăm mét/giây. Bánh răng làm việc với tốc độ cao như thế dễ sinh ra rung động lớn và ồn ào. Cho nên yêu cầu chủ yếu của nhóm này là đảm bảo mức làm việc êm.

Các bánh răng thuộc nhóm này thường có môđun trung bình và chiều dài răng lớn.

– **Truyền động có công suất lớn:** là các bộ truyền làm việc với số vòng quay nhỏ nhưng truyền moment xoắn lớn như các bánh răng của hộp tốc độ máy cán, máy nâng ... Các bánh răng này thường có môđun lớn và chiều dài răng cũng lớn. Yêu cầu kỹ thuật chủ yếu của nhóm này là đảm bảo mức tiếp xúc của các mặt răng.

Bất kỳ một loại truyền động nào cũng có ba yêu cầu trên. Tùy theo điều kiện làm việc cụ thể mà chọn yêu cầu nào là chủ yếu (rất ít trường hợp bánh răng được chế tạo với độ chính xác như nhau ở cả ba mức trên). Ngoài ra, còn có một yêu cầu có tính độc lập với ba yêu cầu trên là ***khe hở tối thiểu của hai mặt răng không làm việc*** của cặp bánh răng ăn khớp (gọi là khe hở cạnh răng). Khe hở này cần thiết để tạo điều kiện bôi trơn các mặt răng và để bù trừ cho sai số khi gia công và lắp ráp ...

3. Sai số các yếu tố của bánh răng

Bánh răng sau khi gia công có nhiều loại sai số khác nhau. Theo ảnh hưởng của sai số đến các yêu cầu kỹ thuật ở trên, các sai số được phân thành những nhóm sau:

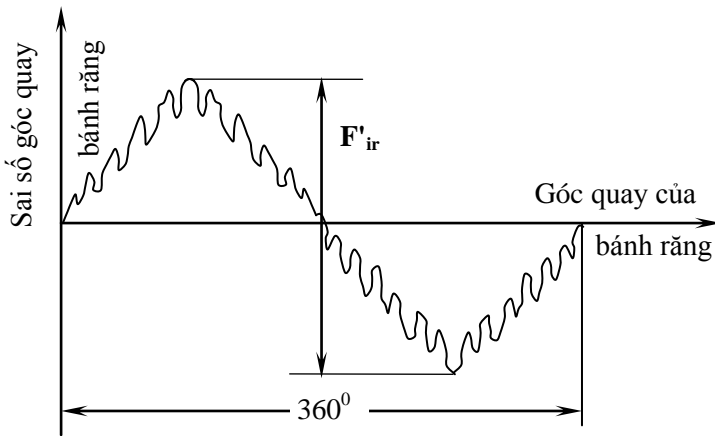
- + Các sai số ảnh hưởng đến mức chính xác động học.
- + Các sai số ảnh hưởng đến mức làm việc êm.
- + Các sai số ảnh hưởng đến mức tiếp xúc mặt răng.
- + Các sai số ảnh hưởng đến độ hở mặt răng.

Tùy theo yêu cầu kỹ thuật cần đảm bảo của bánh răng mà qui định dung sai cho các thông số tương ứng.

a. Các sai số ảnh hưởng đến mức chính xác động học

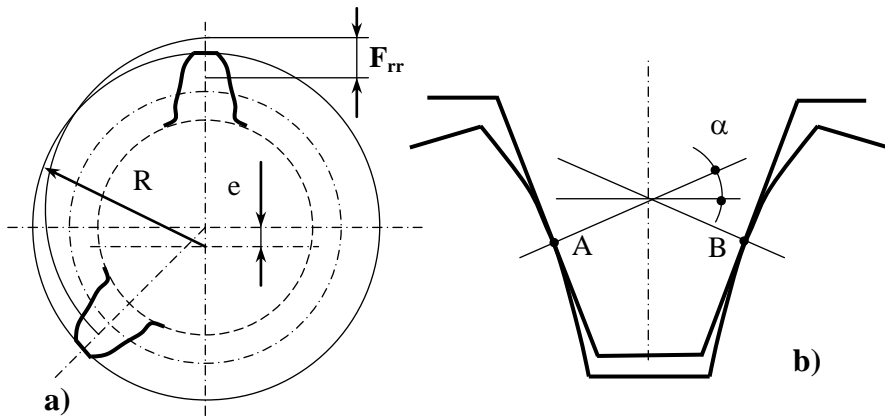
– **Sai số động học của bánh răng F'_{ir}** là sai số lớn nhất về góc quay của bánh răng khảo sát sau một vòng quay khi nó ăn khớp một bên với bánh răng mẫu (hình 4.18).

Tiêu chuẩn qui định sai số động học được biểu thị bằng đại lượng chiều dài, tính theo cung tròn đi qua trung điểm chiều cao răng và có tâm trùng với tâm quay của bánh răng.



Hình 4.18: Sai số động học của bánh răng F'_{ir}

– **Độ đảo hướng tâm của vành răng F_{rr}** là độ dao động lớn nhất của khoảng cách từ một dây cung cố định của răng (hoặc rãnh răng) quay tới tâm quay của bánh răng (hình 4.19a). Dây cung cố định ở đây là dây cung nối hai điểm tiếp xúc giữa pôfin thanh răng chính xác và bánh răng khảo sát (hai điểm A và B của hình 4.19b).

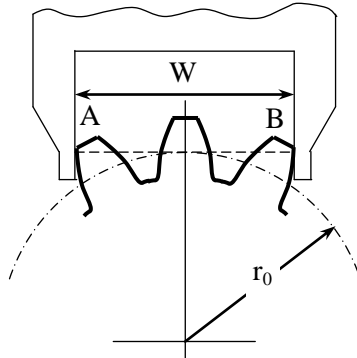


Hình 4.19: Độ đảo hướng tâm của vành răng F_{rr}

Độ đảo hướng tâm của vành răng sinh ra do tâm lỗ bánh răng không trùng với tâm quay của bánh răng khi gia công.

– **Độ dao động chiều dài pháp tuyến chung F_{vwr} :**

Chiều dài pháp tuyến chung là đoạn thẳng nối liền các điểm tiếp xúc A và B của hai pôfin khác phía với hai mặt phẳng song song và tiếp xúc với hai pôfin đó, đo trong mặt phẳng vuông góc với đường tâm bánh răng (hình 4.20).



Hình 4.20: Độ dao động chiều dài pháp tuyến chung F_{vwr}

Chiều dài pháp tuyến chung lý thuyết W đối với bánh răng trụ có $\alpha = 20^\circ$, $\xi = 0$ được tính:

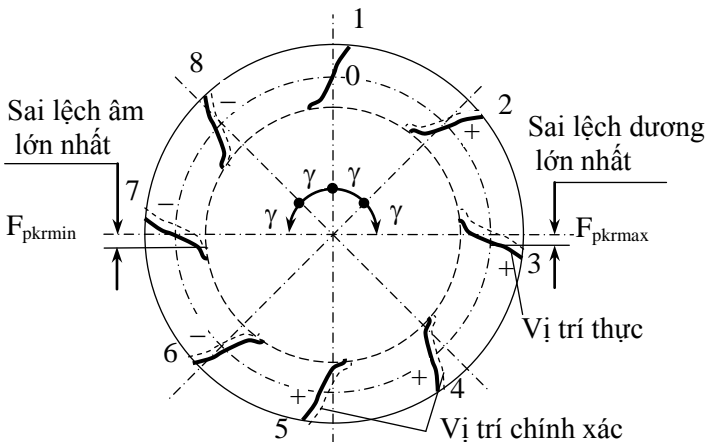
$$W = AB = m [1,476 (2n - 1) + 0,01387 \cdot Z] \quad (4.23)$$

với m – môđun, Z – số răng của bánh răng, n – số răng bị bao trong pháp tuyến chung ($n = Z/9 + 0,5$).

Độ dao động chiều dài pháp tuyến chung là hiệu giữa chiều dài pháp tuyến chung lớn nhất W_{max} và nhỏ nhất W_{min} trên một bánh răng:

$$F_{vwr} = W_{max} - W_{min} \quad (4.24)$$

– Sai số tích lũy của bước răng F_{pkr} là sai số lớn nhất của hai profin răng cùng phía bất kỳ, đo theo cung của một vòng tròn đồng tâm với tâm quay và đi qua điểm giữa chiều cao răng (hình 4.21).



Hình 4.21: Sai số tích lũy của bước răng F_{pkr}

Trị số F_{pkr} là hiệu đại số của các sai lệch tích lũy bước vòng thực có giá trị dương lớn nhất và âm lớn nhất so với lý thuyết (xét về trị số tuyệt đối):

$$F_{pkr} = F_{pkrmax} - F_{pkrmin} \quad (4.25)$$

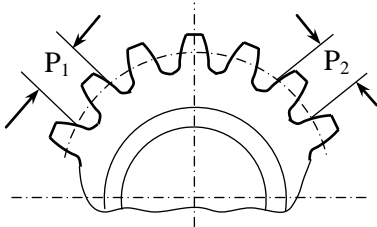
Sai số tích lũy của bước vòng sinh ra chủ yếu do bộ phận chia răng không chính xác.

b. Các sai số ảnh hưởng đến mức làm việc êm

– **Sai lệch bước vòng f_{ptr}** là hiệu giữa hai bước vòng bất kỳ đo trên cùng một đường tròn của bánh răng (hình 4.22).

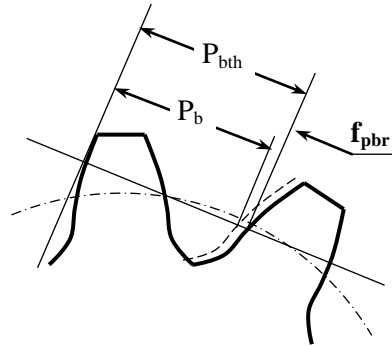
$$f_{ptr} = P_2 - P_1 \quad (4.26)$$

Sai lệch bước vòng sinh ra do lắp ghép giữa trục gá và phôi có độ hở, hoặc tâm của trục gá không trùng với tâm quay của máy.



$$f_{ptr} = P_2 - P_1$$

Hình 4.22: Sai lệch bước vòng f_{ptr}



Hình 4.23: Sai lệch bước cơ sở f_{pbr}

– **Sai lệch bước cơ sở f_{pbr}** là hiệu giữa các khoảng cách thực và khoảng cách danh nghĩa của hai tiếp tuyến song song với nhau và tiếp xúc với hai prôfin lân cận cùng phía của răng bánh răng. Sai lệch bước cơ sở được xác định trong mặt cắt thẳng góc với hướng răng và mặt phẳng tiếp xúc với mặt trụ cơ sở (hình 4.23).

$$f_{pbr} = P_{bth} - P_b \quad (4.27)$$

với P_{bth} – bước cơ sở thực tế,

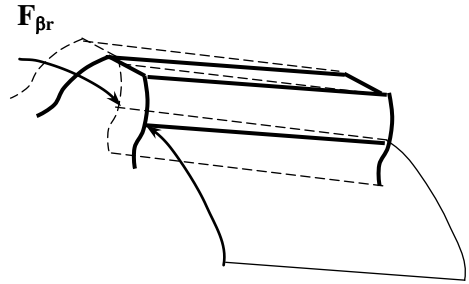
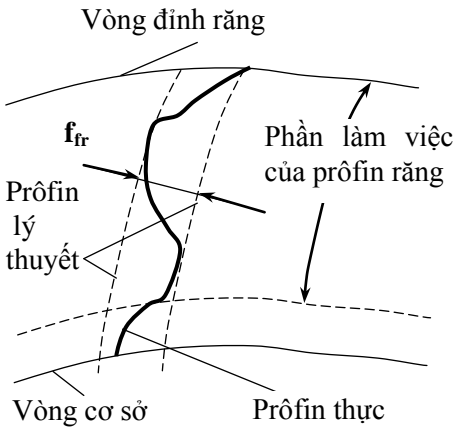
P_b – bước cơ sở danh nghĩa.

Sai lệch bước cơ sở do sai lệch của dao gây ra khi gia công bánh răng bằng phương pháp bao hình và do đầu phân độ gây ra khi gia công bằng phương pháp định hình.

– **Sai số prôfin răng f_{fr}** là khoảng cách pháp tuyến giữa hai prôfin răng lý thuyết bao lấy prôfin răng thực trong phạm vi đoạn làm việc của

prôfin răng bánh răng. Sai số prôfin răng được xác định trong mặt phẳng thẳng góc với trục quay của bánh răng (hình 4.24).

Sai số prôfin răng chủ yếu do sai số prôfin lưỡi cắt của dao gậy ra.



Hình 4.25: Sai số hướng răng $F_{\beta r}$

Hình 4.24: Sai số prôfin răng f_{fr}

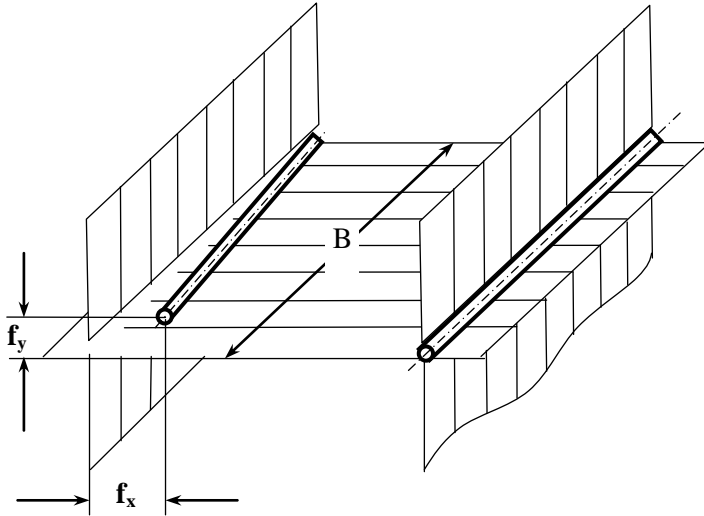
c. Các sai số ảnh hưởng đến mức tiếp xúc mặt răng

– **Sai số hướng răng $F_{\beta r}$** là khoảng cách giữa hai đường thẳng hoặc đường xoắn vít của hướng răng danh nghĩa nằm trên mặt trụ đi qua điểm giữa của chiều cao răng và bao hướng răng thực trên toàn chiều dài răng (hình 4.25).

Vị trí của bánh răng khi lắp vào truyền động có ảnh hưởng đến độ tiếp xúc răng. Những sai số về vị trí các trục quay của bánh răng theo hai phương x và y là:

– **Độ không song song của các trục theo phương x (f_x)** là độ không song song của hình chiếu các trục quay của bánh răng trên mặt phẳng lý thuyết chung của chúng, tính bằng đơn vị chiều dài trên một chiều dài bằng chiều rộng bánh răng (hình 4.26).

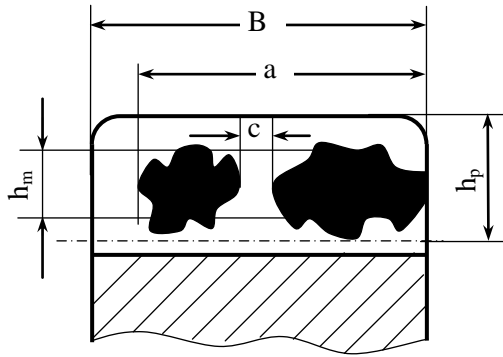
– **Độ không song song của các trục theo phương y (f_y)** là độ không song song của hình chiếu các trục quay của bánh răng trên mặt phẳng thẳng góc với mặt phẳng lý thuyết chung của chúng, tính bằng đơn vị chiều dài trên một chiều dài bằng chiều rộng bánh răng (hình 4.26).



Hình 4.26: Sai số về vị trí các trục quay của bánh răng

– **Vết tiếp xúc** là phần mặt răng của bánh răng trên đó có vết dính của nó với các răng của bánh răng đối tiếp sau khi quay các bánh răng và hãm nhẹ lại (hình 4.27).

Để thấy rõ vết tiếp xúc, người ta bôi một lớp mỏng thuốc màu lên bề mặt răng của bánh răng trong cặp ăn khớp. Tiêu chuẩn qui định vết tiếp xúc bằng tỉ số phần trăm theo chiều dài và chiều cao răng.



Hình 4.27: Vết tiếp xúc

Vết tiếp xúc theo chiều dài: $\frac{a-c}{B} \times 100\%$

Vết tiếp xúc theo chiều cao: $\frac{h_m}{h_p} \times 100\%$

Trong đó:

a – khoảng cách giữa hai điểm ngoài của vết tiếp xúc theo chiều dài răng.

c – khoảng đứt đoạn của vết tiếp xúc.

B – chiều dài răng.

h_m – chiều cao trung bình của vết tiếp xúc.

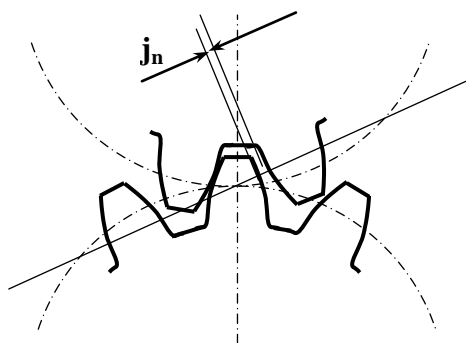
h_p – chiều cao phần làm việc của răng.

Trong các chỉ tiêu đánh giá mức tiếp xúc, vết tiếp xúc là chỉ tiêu được dùng nhiều nhất. Đó là một chỉ tiêu tổng hợp, có khả năng biểu hiện được ảnh hưởng của các sai số trên bánh răng và cả những sai số của truyền động và lắp ráp, đồng thời còn biểu hiện mức độ tiếp xúc của các mặt răng gần đúng như khi làm việc.

d. Khe hở cạnh răng j_n

Khe hở cạnh răng là khe hở giữa các mặt răng bên phía không làm việc của cặp bánh răng ăn khớp với nhau, được xác định trong tiết diện thẳng góc với hướng răng và tiếp xúc với hình trụ cơ sở (hình 4.28).

Khe hở cạnh răng rất cần thiết để đảm bảo bù trừ cho sự giãn nở vì nhiệt trong quá trình làm việc, để chứa dầu bôi trơn giữa các mặt răng, để bù trừ cho sai số trong việc chế tạo và lắp ráp bánh răng.



Hình 4.28: Khe hở cạnh răng j_n

4. Dung sai truyền động bánh răng trụ

Dung sai truyền động bánh răng trụ được qui định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1067-1984. Tiêu chuẩn này áp dụng cho các bộ truyền bánh răng trụ thân khai ăn khớp ngoài và trong; có răng thẳng, răng nghiêng và răng chữ V; đường kính chia của bánh răng đến 6300mm; chiều rộng vành răng hoặc nửa chiều rộng vành răng chữ V đến 1250mm; môđun của răng từ 1 đến 55mm và prôfin gốc của răng theo TCVN 2258-1977.

a. Cấp chính xác

Tiêu chuẩn qui định 12 cấp chính xác của bánh răng và bộ truyền, được ký hiệu theo thứ tự mức độ chính xác giảm dần: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,

9, 10, 11 và 12 (với cấp chính xác 1 và 2, tiêu chuẩn chưa qui định dung sai và sai lệch giới hạn của các thông số kích thước bánh răng).

Mỗi cấp chính xác của bánh răng bao gồm: mức chính xác động học, mức làm việc êm và mức tiếp xúc mặt răng. Khi thiết kế, dựa vào chức năng của truyền động mà tính toán các yêu cầu về mức chính xác động học, mức làm việc êm hoặc mức tiếp xúc răng và trên cơ sở đó chọn cấp chính xác cho các mức. Cũng có thể tham khảo sự hướng dẫn trong các sổ tay để chọn cấp chính xác cho các mức thích hợp. Dung sai các yếu tố bánh răng ở các cấp chính xác được cho trong bảng tiêu chuẩn.

Cho phép phối hợp các mức chính xác động học, mức làm việc êm và mức tiếp xúc mặt răng có cấp chính xác khác nhau trên một bánh răng và bộ truyền bánh răng. Khi phối hợp giữa các mức có cấp chính xác khác nhau, cần phải theo qui định sau:

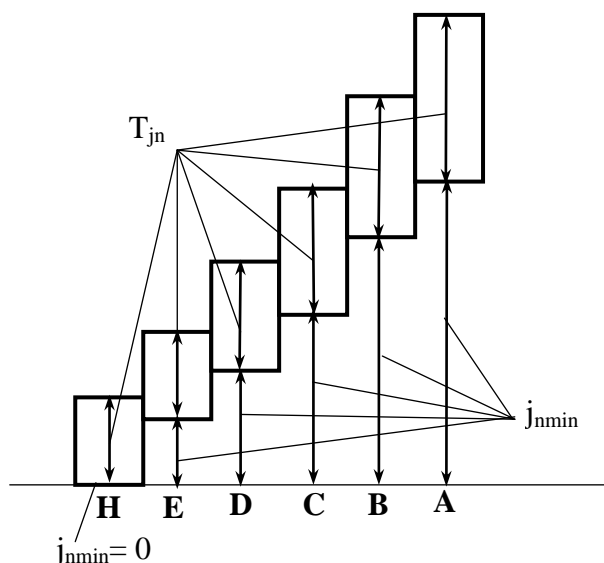
– Mức làm việc êm không được cao hơn quá hai cấp hoặc thấp hơn quá một cấp so với mức chính xác động học.

– Mức tiếp xúc mặt răng có thể có cấp chính xác cao hơn một cấp hoặc thấp hơn một cấp so với mức làm việc êm.

b. Dạng đối tiếp

Để đặc trưng cho khe hở cạnh răng, tiêu chuẩn qui định 6 dạng đối tiếp ký hiệu là A, B, C, D, E, H và 8 dạng dung sai khe hở cạnh răng T_{jn} ký hiệu là x, y, z, a, b, c, d, h. Các ký hiệu về dạng đối tiếp được viết theo thứ tự giảm dần khe hở cạnh răng tối thiểu (dạng H có $j_{nmin} = 0$) và các dạng dung sai cũng theo thứ tự giảm dần giá trị dung sai khe hở cạnh răng (hình 4.29).

Các dạng đối tiếp của bánh răng trong bộ truyền phụ thuộc vào cấp chính xác theo mức làm việc êm và được chỉ dẫn trong bảng (4.7). Các dạng đối tiếp H và E tương ứng với loại dung sai khe hở cạnh răng h, còn dạng đối tiếp D, C, B và A tương ứng với các loại dung sai d, c, b và a. Dạng đối tiếp B được sử dụng thông dụng nhất trong các dạng đối tiếp.



Hình 4.29: Các dạng đối tiếp của bánh răng

Bảng 4.7: Dạng đối tiếp và dạng dung sai khe hở cạnh răng ứng với các cấp chính xác

Cấp chính xác theo mức làm việc êm	3 ÷ 12	3 ÷ 11	3 ÷ 9	3 ÷ 8	3 ÷ 7	3 ÷ 7
Dạng đối tiếp	A	B	C	D	E	H
Dạng dung sai T_{jn}	a	b	c	d	h	

Chú thích: Cho phép sử dụng dạng dung sai không tương ứng với dạng đối tiếp và có thể sử dụng các dạng dung sai x, y, z cho các dạng đối tiếp.

5. Ghi ký hiệu bánh răng trên bản vẽ

Ký hiệu có thể bao gồm 3 chữ số và 2 chữ cái. Các chữ số lần lượt chỉ cấp chính xác của mức chính xác động học, mức làm việc êm và mức tiếp xúc mặt răng. Chữ cái chỉ dạng đối tiếp và dạng dung sai khe hở cạnh răng (nếu chúng không tương ứng nhau). Ký hiệu phải được kèm theo số hiệu của tiêu chuẩn đó.

Ví dụ: Ký hiệu của bánh răng hoặc truyền động bánh răng có mức chính xác động học cấp 8, mức làm việc êm cấp 7, mức tiếp xúc mặt răng cấp 7, dạng đối tiếp B và dạng dung sai khe hở cạnh răng tương ứng là b được ghi như sau:

8 – 7 – 7 – B TCVN 1067-1984

Trường hợp nếu chọn dạng dung sai khe hở cạnh răng không tương ứng dạng đối tiếp thì ghi như sau:

8 – 7 – 7 – Ba TCVN 1067-1984

Khi mức chính xác động học, mức làm việc êm và mức tiếp xúc mặt răng có cùng một cấp chính xác thì chỉ dùng một chữ số chung để ký hiệu. Ví dụ: 7 – B TCVN 1067-1984.

Chương V

CHUỖI KÍCH THƯỚC

Mục tiêu chương V: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

1. Phân biệt được các loại chuỗi kích thước.
2. Lập được chuỗi kích thước của một chi tiết hoặc của một bộ phận máy.
3. Giải bài toán chuỗi kích thước nhằm tìm một hoặc một số các kích thước chưa biết của chi tiết hoặc của một bộ phận máy.
4. Trình bày được các yêu cầu và các nguyên tắc cơ bản của việc ghi kích thước.
5. Trình bày được các phương pháp cơ bản cho việc ghi kích thước và chọn được phương pháp ghi kích thước phù hợp trên bản vẽ chi tiết.

5.1. KHÁI NIỆM

Khi thiết kế một máy hay bộ phận máy, mối quan hệ về vị trí chính xác giữa các chi tiết máy có ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của máy. Mối quan hệ này được hình thành trên cơ sở các kích thước của các chi tiết máy tham gia trong lắp ghép và được gọi là chuỗi kích thước.

5.1.1. Định nghĩa

Chuỗi kích thước là mối quan hệ khép kín giữa các kích thước của một chi tiết hay giữa các kích thước của nhiều chi tiết trong cùng một bộ phận máy hay trong một máy.

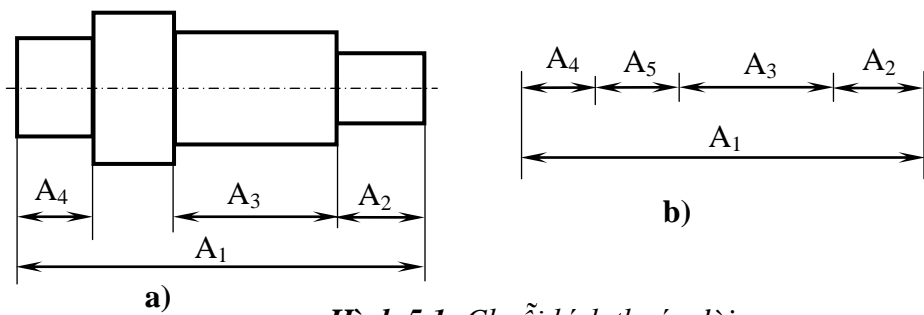
Như vậy, để hình thành chuỗi kích thước phải có hai điều kiện sau:

- Các kích thước nối tiếp nhau.
- Các kích thước phải tạo thành một vòng kín, nghĩa là nếu đi theo các kích thước với một chiều nào đó thì sẽ trở lại chỗ xuất phát ban đầu.

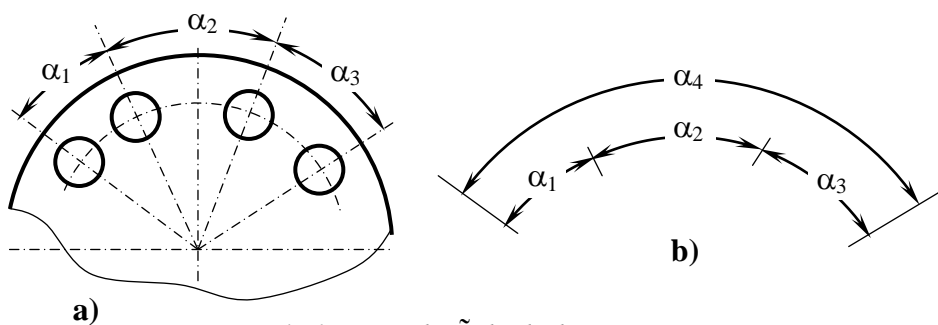
Ghi chú:

* Những kích thước tạo thành chuỗi có thể là kích thước dài (hình 5.1) hay kích thước góc (hình 5.2).

* Mỗi kích thước trong chuỗi được gọi là một khâu.



Hình 5.1: Chuỗi kích thước dài

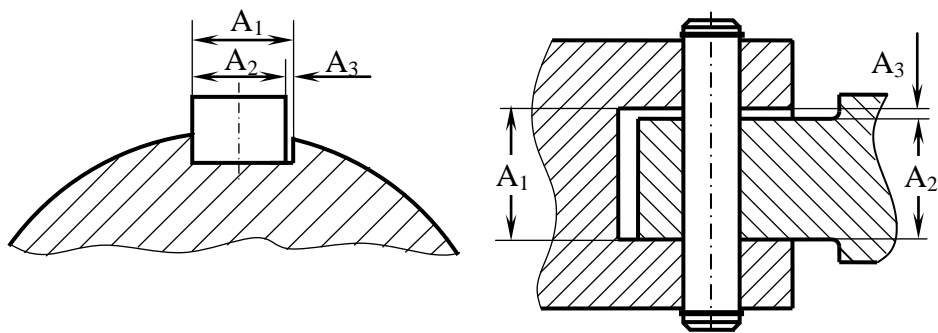


Hình 5.2: Chuỗi kích thước góc

5.1.2. Phân loại

1. Theo kết cấu của chuỗi kích thước, chia ra hai loại:

- Chuỗi kích thước chi tiết: chuỗi mà các khâu trong chuỗi là kích thước của cùng một chi tiết (hình 5.1, 5.2).
- Chuỗi kích thước lắp ghép: chuỗi mà các khâu trong chuỗi là kích thước của các chi tiết khác nhau trong lắp ghép (hình 5.3a, b).

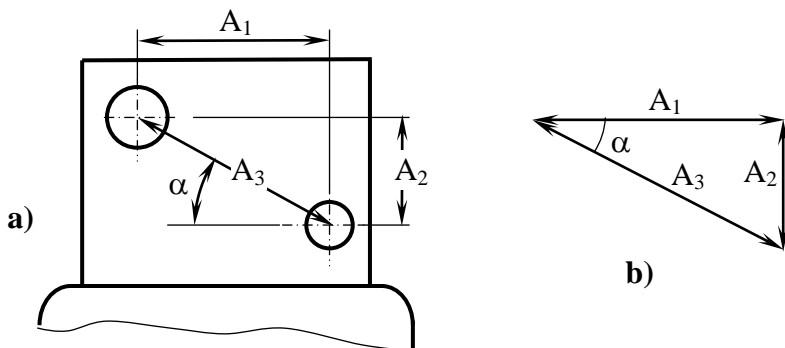


Hình 5.3: Chuỗi kích thước lắp ghép

2. Theo vị trí tương quan giữa các kích thước, chia ra ba loại:

– Chuỗi kích thước đường thẳng: chuỗi mà các khâu trong chuỗi nằm song song với nhau trong cùng một mặt phẳng (hình 5.1, 5.2, 5.3).

– Chuỗi kích thước mặt phẳng: chuỗi mà các khâu trong chuỗi nằm trong cùng một mặt phẳng hoặc trong những mặt phẳng song song với nhau, nhưng bản thân chúng không song song với nhau (hình 5.4).



Hình 5.4: Chuỗi kích thước mặt phẳng

– Chuỗi kích thước không gian: chuỗi mà các khâu trong chuỗi nằm bất kỳ trong không gian.

Chuỗi kích thước không gian thường được chiếu lên các mặt phẳng tọa độ vuông góc để đưa trở về chuỗi kích thước đường thẳng hoặc chuỗi kích thước mặt phẳng.

5.1.3. Các thành phần của chuỗi kích thước

Dựa vào tính chất của khâu trong chuỗi, chia ra làm hai loại:

– Khâu thành phần (ký hiệu là A_i , $i = 1, 2, \dots, n$) là khâu mà giá trị của nó độc lập so với các khâu khác.

– Khâu khép kín (ký hiệu là A_Σ) là khâu mà giá trị của nó phụ thuộc vào các khâu thành phần. Khâu khép kín tự hình thành sau khi gia công chi tiết (đối với chuỗi kích thước chi tiết) và tự hình thành sau khi lắp ghép (đối với chuỗi kích thước lắp ghép). Trong một chuỗi kích thước **chỉ được có một khâu khép kín**.

Ghi chú:

– Trong chuỗi kích thước lắp ghép, khâu thành phần là kích thước của các chi tiết tham gia vào chuỗi. Ví dụ: Với chuỗi kích thước trong hình (5.3a) và (5.3b), khâu khép kín là khe hở A_3 của mỗi lắp.

– Với chuỗi kích thước chi tiết, việc xác định khâu thành phần và khâu khép kín sẽ phụ thuộc vào trình tự gia công các kích thước trong chuỗi đó. Với chuỗi kích thước trong hình (5.1), nếu trình tự gia công A_1, A_2, A_3, A_4 thì A_5 là khâu khép kín; nếu thay đổi trình tự gia công là A_2, A_3, A_5, A_4 thì A_1 là khâu khép kín.

Trong các khâu thành phần, tùy theo ảnh hưởng của khâu thành phần đến khâu khép kín mà chia ra làm hai loại sau:

– **Khâu thành phần tăng** (gọi tắt là khâu tăng) là khâu mà giá trị của nó tăng sẽ làm cho giá trị của khâu khép kín tăng và ngược lại.

– **Khâu thành phần giảm** (gọi tắt là khâu giảm) là khâu mà giá trị của nó tăng sẽ làm cho giá trị của khâu khép kín giảm và ngược lại.

Ví dụ: Với hình 5.3a, b, khâu A_1 là khâu tăng còn A_2 là khâu giảm.

5.1.4. Nguyên tắc lập chuỗi kích thước

Muốn lập được chuỗi kích thước hợp lý, cần theo những nguyên tắc lần lượt như sau:

– Các khâu của chuỗi phải nối tiếp với nhau và tạo thành một vòng kín.

– Trong mỗi chuỗi chỉ có một khâu khép kín.

– Phải lập được "chuỗi kích thước ngắn nhất". Chuỗi ngắn nhất là chuỗi có số khâu ít nhất. Cùng một khâu khép kín, có thể lập được nhiều chuỗi kích thước với số lượng khâu khác nhau. Nếu số lượng khâu thành phần càng nhiều thì dung sai của chúng càng bé (để thỏa mãn dung sai của khâu khép kín). Điều đó sẽ gây khó khăn cho quá trình gia công, thậm chí có thể không gia công được.

Với chuỗi kích thước lắp ghép, muốn lập được chuỗi ngắn nhất thì mỗi chi tiết chỉ tham gia vào chuỗi một kích thước.

5.2. GIẢI CHUỖI KÍCH THƯỚC

Giải chuỗi kích thước là phải tìm một khâu hoặc một số khâu trong chuỗi. Có nhiều phương pháp giải chuỗi kích thước khác nhau, tuy nhiên trong phạm vi chương này chỉ trình bày việc giải chuỗi kích thước theo phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn.

Khi giải chuỗi kích thước, có thể gặp hai loại bài toán sau:

- **Bài toán thuận:** Biết trước kích thước danh nghĩa và sai lệch giới hạn của tất cả các khâu thành phần, tìm kích thước danh nghĩa và sai lệch giới hạn của khâu khép kín.

Bài toán thuận thường dùng để:

- Tính sai số chuẩn cho một kích thước thực hiện nào đó trong công nghệ.
- Kiểm nghiệm lại một kết quả tính toán hay một yêu cầu trong lắp ráp.

- **Bài toán nghịch:** Cho biết kích thước danh nghĩa và sai lệch giới hạn của khâu khép kín, tìm kích thước danh nghĩa và sai lệch giới hạn của khâu thành phần.

Bài toán nghịch thường dùng để:

- Chuyển từ kích thước thiết kế sang kích thước công nghệ khi kích thước công nghệ khác với kích thước thiết kế do việc chọn chuẩn công nghệ không trùng với chuẩn thiết kế.
- Tính toán xác định độ chính xác kích thước của các chi tiết máy cấu tạo thành máy từ yêu cầu kỹ thuật của máy.

5.2.1. Mối quan hệ giữa các khâu trong chuỗi

Xác định mối quan hệ giữa khâu khép kín với khâu thành phần từ các hình 5.1, 5.3 và 5.4.

Với hình 5.1, giả sử trình tự gia công là A_1, A_2, A_3, A_4 thì $A_\Sigma = A_5$ và mối quan hệ là:

$$A_\Sigma = A_5 = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 \quad (5.1)$$

Với hình 5.3, $A_\Sigma = A_3$ và mối quan hệ là:

$$A_\Sigma = A_3 = A_1 - A_2 \quad (5.2)$$

Với hình 5.4, giả sử trình tự gia công là A_1, A_2 thì $A_\Sigma = A_3$ và mối quan hệ là:

$$A_\Sigma = A_3 = A_1 \cdot \cos\alpha + A_2 \cdot \sin\alpha \quad (5.3)$$

Một cách tổng quát, phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa khâu khép kín với các khâu thành phần là:

$$A_\Sigma = \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 + \dots + \beta_n A_n = \sum_{i=1}^n \beta_i A_i \quad (5.4)$$

với n – số lượng khâu thành phần trong chuỗi.

Trong đó β_i gọi là hệ số ảnh hưởng của khâu thành phần đến khâu khép kín. Trong chuỗi đường thẳng, $\beta = +1$ đối với khâu tăng và $\beta = -1$ đối với khâu giảm. Còn trong chuỗi mặt phẳng hay chuỗi không gian, β sẽ bằng sin hoặc cos của một góc α nào đó theo như công thức (5.3).

Công thức (5.4) có thể viết dưới dạng khác, trong đó đưa tất cả các khâu tăng vào tổng thứ nhất và tất cả các khâu giảm vào tổng thứ hai:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \beta_i A_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_i \quad (5.5)$$

trong đó:

$$\sum_{i=1}^m \beta_i A_i - \text{tổng các khâu tăng (m khâu tăng)}$$

$$\sum_{i=m+1}^n \beta_i A_i - \text{tổng các khâu giảm (n - m khâu giảm)}$$

Công thức (5.5) được sử dụng để giải bài toán chuỗi kích thước. Theo phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn, dung sai của các khâu thành phần và khâu khép kín được tính toán trên cơ sở sao cho chúng đạt được tính đổi lần chức năng hoàn toàn. Vì vậy kích thước của các khâu nằm trong vùng kích thước cho phép sẽ đạt tính đổi lần chức năng hoàn toàn ngay cả khi chúng có giá trị biên, mặc dù xác suất xuất hiện các giá trị đó là rất nhỏ.

5.2.2. Giải bài toán chuỗi kích thước

1. Bài toán thuận

Từ công thức (5.5), ta có:

$$A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^m \beta_i A_{i \max} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_{i \min} \quad (5.6)$$

$$A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^m \beta_i A_{i \min} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_{i \max} \quad (5.7)$$

Trừ (5.6) và (5.5), sẽ có sai lệch giới hạn trên của khâu khép kín:

$$\begin{aligned} ES_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma} \\ ES_{\Sigma} &= \left[\sum_{i=1}^m \beta_i A_{i \max} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_{i \min} \right] - \left[\sum_{i=1}^m \beta_i A_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_i \right] \\ \Rightarrow ES_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m \beta_i ES_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i EI_i \quad (5.8) \end{aligned}$$

Trừ (5.7) và (5.5), sẽ có sai lệch giới hạn dưới của khâu khép kín:

$$EI_{\Sigma} = A_{\Sigma\min} - A_{\Sigma}$$

$$EI_{\Sigma} = \left[\sum_{i=1}^m \beta_i A_{i\min} + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_{i\max} \right] - \left[\sum_{i=1}^m \beta_i A_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i A_i \right]$$

$$\Rightarrow EI_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \beta_i EI_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i ES_i \quad (5.9)$$

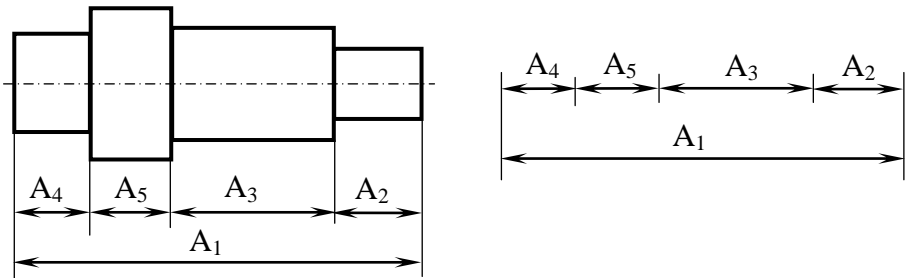
Trừ (5.8) và (5.9), sẽ có dung sai khâu khép kín T_{Σ} là:

$$T_{\Sigma} = A_{\Sigma\max} - A_{\Sigma\min} = \sum_{i=1}^m \beta_i T_i - \sum_{i=m+1}^n \beta_i T_i \quad (5.10)$$

Trường hợp đối với chuỗi kích thước đường thẳng, vì $\beta_i = \pm 1$ nên công thức (5.10) trở thành:

$$T_{\Sigma} = A_{\Sigma\max} - A_{\Sigma\min} = \sum_{i=1}^m T_i + \sum_{i=m+1}^n T_i = \sum_{i=1}^n T_i \quad (5.11)$$

Ví dụ: Với chi tiết như hình (5.1), giả sử trình tự gia công là A_1, A_2, A_3, A_4 . Biết $A_1 = 450 \pm 0,15$; $A_2 = 65_{-0,09}$; $A_3 = 285_{-0,05}^{+0,08}$; $A_4 = 58_{-0,14}^{-0,03}$. Tính kích thước A_5 .



Giải

Do trình tự gia công là A_1, A_2, A_3, A_4 nên $A_5 = A_{\Sigma}$.

A_1 là khâu tăng $\Rightarrow \beta_1 = 1$

A_2, A_3, A_4 là khâu giảm $\Rightarrow \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = -1$

Kích thước danh nghĩa của A_5 là:

$$A_{\Sigma} = A_5 = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 = 450 - 65 - 285 - 58 = 42$$

Áp dụng các công thức (5.8), (5.9) để tính các sai lệch giới hạn của kích thước A_5 :

$$ES_{\Sigma} = [1 \times 0,15] + [(-1) (-0,09) + (-1) (-0,05) + (-1) (-0,14)] \\ = 0,43$$

$$EI_{\Sigma} = [1 \times (-0,15)] + [(-1) (0) + (-1) (0,08) + (-1) (-0,03)] = -0,20$$

$$\text{Vậy khâu khép kín } A_{\Sigma} = A_5 = 42 \begin{matrix} +0,43 \\ -0,20 \end{matrix}$$

Kiểm tra lại kết quả tính toán bằng công thức (5.11):

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_i \Leftrightarrow T_{A_5} = T_{A_1} + T_{A_2} + T_{A_3} + T_{A_4}$$

$$\Leftrightarrow 0,63 = 0,30 + 0,09 + 0,13 + 0,11$$

2. Bài toán nghịch

Bài toán nghịch là bài toán biết khâu khép kín và phải tìm khâu thành phần. Có hai loại bài toán nghịch:

– Bài toán nghịch đơn giản: biết khâu khép kín và $n-1$ khâu thành phần, chỉ tìm khâu thành phần còn lại.

– Bài toán nghịch phức tạp: biết khâu khép kín, phải tìm tất cả các khâu thành phần.

Trước hết, xét trường hợp giải bài toán nghịch phức tạp. Trình tự giải bài toán nghịch phức tạp gồm các bước sau:

Bước 1: Do phải tìm n ẩn số (n khâu thành phần) nên người ta thường phải đưa vào điều kiện ban đầu là **giả thiết tất cả các khâu thành phần có cùng cấp chính xác**, tức là hệ số chính xác của các khâu thành phần sẽ bằng nhau và bằng: $a_{tb} = a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n$

(với a_{tb} là hệ số chính xác trung bình chung cho các khâu thành phần).

Giả thiết này không phải bao giờ cũng hợp lý vì trong thực tế ít có trường hợp tất cả các khâu thành phần đều có cùng một mức độ chính xác. Tuy nhiên, có thể khắc phục sự bất hợp lý này trong bước sau bằng cách căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể của chi tiết máy hoặc bộ phận máy để xác định lại mức độ chính xác của các khâu thành phần.

Dung sai một khâu thành phần A_i ($A_i \leq 500\text{mm}$) sẽ là:

$$T_i = a_i. i_i = a_{tb}. i_i = a_{tb} (0,45 \sqrt[3]{A_{itb}} + 0,001 A_{itb}) \quad (5.12)$$

trong đó A_{itb}] giá trị trung bình của khoảng kích thước có chứa khâu A_i .

a_i, i_i] hệ số chính xác và đơn vị dung sai của khâu A_i .

Thay (5.12) vào (5.10):

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot a_{tb} \left(0,45\sqrt[3]{A_{itb}} + 0,001A_{itb} \right) - \sum_{i=m+1}^n \beta_i \cdot a_{tb} \left(0,45\sqrt[3]{A_{itb}} + 0,001A_{itb} \right)$$

$$\Rightarrow a_{tb} = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^m \beta_i \left(0,45\sqrt[3]{A_{itb}} + 0,001A_{itb} \right) - \sum_{i=m+1}^n \beta_i \left(0,45\sqrt[3]{A_{itb}} + 0,001A_{itb} \right)}$$

$$\Leftrightarrow a_{tb} = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^m \beta_i i_i - \sum_{i=m+1}^n \beta_i i_i} \quad (5.13)$$

Để thuận lợi cho việc tính toán, trị số i_i được cho sẵn trong bảng

Bảng 5.1: Giá trị i_i của các khoảng kích thước

Khoảng kích thước, mm	đến 3	3 ÷ 6	6 ÷ 10	10 ÷ 18	18 ÷ 30	30 ÷ 50	50 ÷ 80
Giá trị i_i	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86
Khoảng kích thước, mm	80 ÷ 120	120 ÷ 180	180 ÷ 250	250 ÷ 315	315 ÷ 400	400 ÷ 500	
Giá trị i_i	2,17	2,52	2,92	3,23	3,54	3,95	

Bước 2: Sau khi có a_{tb} , đem so sánh với trị số a trong bảng hệ số chính xác (chương 2) và chọn cấp chính xác cho các khâu thành phần. Trị số a_{tb} thường không khớp với trị số a trong bảng, khi đó có thể quyết định như sau:

- Chọn tất cả các khâu thành phần có cấp chính xác thấp hơn cấp chính xác tính toán.
- Chọn tất cả các khâu thành phần có cấp chính xác cao hơn cấp chính xác tính toán.
- Chọn một số khâu thành phần có cấp chính xác thấp hơn và số còn lại có cấp chính xác cao hơn cấp chính xác tính toán. Cách chọn này hợp lý và phù hợp với thực tế hơn, đồng thời khắc phục được nhược điểm của giả thiết ban đầu đưa ra. Tuy nhiên, nó đòi hỏi người thiết kế phải có kinh nghiệm về công nghệ, biết kết hợp chặt chẽ giữa yêu cầu của thiết kế và khả năng công nghệ.

Bước 3: Dựa vào bảng TCVN 2244-1991 và TCVN 2245-1991 để xác định các sai lệch giới hạn của các khâu thành phần với qui ước khâu

tăng tra theo lỗ cơ bản (H) và khâu giảm tra theo trục cơ bản (h). Qui ước này không có tính chất bắt buộc mà chỉ nhằm để xác định vị trí của miền dung sai, do đó tùy theo trường hợp cụ thể có thể chọn cách bố trí vị trí miền dung sai khác phù hợp với thiết kế và công nghệ.

Lúc tra bảng để xác định sai lệch giới hạn của các khâu thành phần, chỉ được tra cho $n-1$ khâu thành phần, còn một khâu thành phần nào đó phải để lại để tính toán bù trừ và được gọi là khâu bù (A_b). Sở dĩ phải làm như vậy là để bù lại sự khác nhau giữa hệ số a của cấp chính xác đã chọn với hệ số a_{tb} tính được từ công thức (5.13), ngay cả khi 2 hệ số đó có trùng nhau đi nữa thì cũng phải tính sai lệch giới hạn cho khâu bù nhằm đảm bảo dung sai và sai lệch giới hạn của nó cùng với dung sai và sai lệch giới hạn của $n-1$ khâu thành phần tra theo bảng phù hợp với dung sai và sai lệch giới hạn của khâu khép kín đã cho trước.

Về nguyên tắc có thể chọn bất kỳ khâu thành phần nào làm khâu bù cũng được. Tuy nhiên khi chọn khâu bù, cần lưu ý các điểm sau:

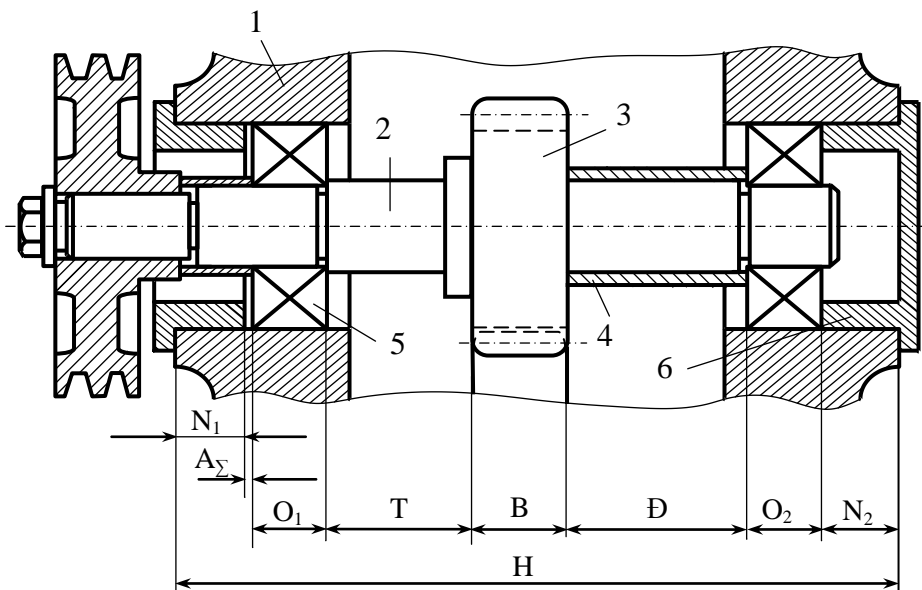
– Nếu chọn cấp chính xác các khâu thành phần cao hơn cấp chính xác tính toán (tức là dung sai của các khâu này đã bị thu hẹp) thì dung sai khâu bù rộng ra. Do đó nên chọn khâu bù là khâu khó gia công.

– Nếu chọn cấp chính xác các khâu thành phần thấp hơn cấp chính xác tính toán thì ngược lại nên chọn khâu bù là khâu dễ gia công.

Bước 4: Đến đây bài toán nghịch phức tạp trở thành bài toán nghịch đơn giản (đã biết khâu khép kín và $n-1$ khâu thành phần), chỉ còn tìm dung sai và sai lệch giới hạn của khâu bù. Do khâu bù cũng là một khâu thành phần nên thế các số liệu đã có vào công thức (5.8) và (5.9) để rút ra sai lệch giới hạn của khâu bù.

Ghi chú: Với bài toán nghịch đơn giản, khâu cần tìm được xem như khâu bù và không cần tính đủ 4 bước như trên mà chỉ cần tính bước 4 để tìm khâu bù A_b .

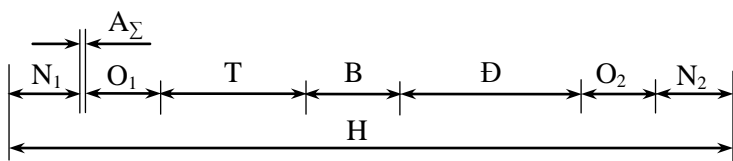
Ví dụ: Có một bộ phận máy như hình 5.5. Yêu cầu kỹ thuật cuối cùng sau khi lắp là khe hở dành cho biến dạng nhiệt là $A_\Sigma = 0_{+0,2}^{+0,6}$ mm. Biết: $H = 253$ mm, $T = 60$ mm, $B = 35$, $D = 70$, $O_1 = O_2 = 19$ mm, $N_1 = N_2 = 25$ mm.



Hình 5.5: Bản vẽ lắp hộp giảm tốc
 1 – Hộp; 2 – Trục; 3 – Bánh răng; 4 – Đệm; 5 – Ổ; 6 – Nắp

GIẢI

Lập chuỗi kích thước để giải như sau:



Khâu tăng: $H \Rightarrow \beta_i = 1$

Khâu giảm: $N_1, O_1, T, B, Đ, O_2, N_2 \Rightarrow \beta_i = -1$

Bước 1: Theo công thức (5.13), ta có:

$$a_{tb} = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^m \beta_i i_i - \sum_{i=m+1}^n \beta_i i_i} = \frac{T_{\Sigma}}{i_H + 2i_N + 2i_O + i_T + i_B + i_D}$$

$$a_{tb} = \frac{400}{3,23 + 2(1,31) + 2(1,31) + 1,86 + 1,56 + 1,86} \approx 29$$

Bước 2: Chọn cấp chính xác cho các khâu thành phần là cấp 8 (có $a = 25$) và chọn khâu Đ là khâu bù.

Bước 3: Tra bảng tiêu chuẩn ô lăn để xác định bề rộng ô $O_1 = O_2 = 19_{-0,02}$; tra bảng 2.7 và 2.8 để xác định sai lệch giới hạn của các khâu thành phần khác: $H = 253H8 = 253^{+0,081}$; $N_1 = N_2 = 25h8 = 25_{-0,033}$; $T = 60h8 = 60_{-0,046}$; $B = 35h8 = 35_{-0,039}$.

Bước 4: Tính khâu bù Đ

$$\text{Từ công thức (5.8): } ES_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \beta_i ES_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i EI_i$$

$$\Leftrightarrow 0,6 = (0,081) + (-1)[(-0,033 \times 2) + (-0,02 \times 2) + (-0,046) + (-0,039) + EI_D]$$

$$\Rightarrow EI_4 = -0,328$$

$$\text{Từ công thức (5.9): } EI_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \beta_i EI_i + \sum_{i=m+1}^n \beta_i ES_i$$

$$\Leftrightarrow 0,2 = 0 + [(-1) \cdot 0 + (-1) ES_D]$$

$$\Rightarrow ES_4 = -0,2$$

Vậy kích thước của đệm Đ = $70_{-0,328}^{0,2}$ mm

5.2.3. Ưu khuyết điểm của phương pháp giải

Ưu điểm: Vì dung sai và sai lệch giới hạn của các khâu được xác định trên cơ sở tính đối lẫn chức năng hoàn toàn nên nó có những ưu điểm của tính đối lẫn chức năng hoàn toàn, nghĩa là:

- Tạo điều kiện dễ dàng cho quá trình lắp ráp các chi tiết máy lại thành máy vì không cần phải sửa chữa hoặc lựa chọn trong quá trình lắp.
- Tạo điều kiện thuận lợi cho việc hợp tác sản xuất, phân công sản xuất và chuyên môn hóa sản xuất.
- Tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sử dụng và sửa chữa các chi tiết hư hỏng của máy sau này.

Khuyết điểm: Trong một số trường hợp, khi số lượng khâu thành phần trong chuỗi kích thước khá lớn, theo công thức (5-13), giá trị của a_{th} sẽ nhỏ đi, nghĩa là đòi hỏi các khâu thành phần có cấp chính xác cao. Độ chính xác cao như vậy sẽ gây khó khăn cho việc chế tạo, thậm chí có thể không chế tạo được. Do đó, phương pháp giải này chỉ dùng cho những chuỗi có số khâu thành phần nhỏ hoặc chuỗi không đòi hỏi độ chính xác cao. Các trường hợp khác bắt buộc phải sử dụng phương pháp đối lẫn chức năng không hoàn toàn để giải.

5.3. GHI KÍCH THƯỚC TRÊN BẢN VẼ CHI TIẾT

5.3.1. Các yêu cầu cơ bản của việc ghi kích thước

Trong quá trình thiết kế một bộ phận máy hoặc một máy, việc ghi kích thước đóng một vai trò rất quan trọng bởi vì kích thước và dung sai của kích thước có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng làm việc của bộ phận máy hoặc máy cũng như đến quá trình chế tạo chúng. Vì vậy khi ghi kích thước, người thiết kế cần chú ý đảm bảo các yêu cầu cơ bản sau:

– ***Phải dùng kích thước tiêu chuẩn nếu loại kích thước đó đã được tiêu chuẩn hoá.*** Trong quá trình thiết kế, người thiết kế đã sử dụng các kết cấu và các chi tiết máy tiêu chuẩn thì cũng phải sử dụng các kích thước tiêu chuẩn tương ứng. Điều này rất có lợi cho quá trình thiết kế, chế tạo cũng như quá trình sửa chữa thay thế sau này.

– ***Phải xuất phát từ yêu cầu về chất lượng làm việc của chi tiết máy trong bộ phận máy hoặc trong máy cũng như chất lượng làm việc của máy.*** Yêu cầu này nhằm thiết kế và chế tạo ra những máy đáp ứng được công dụng của nó với chất lượng tốt nhất trong điều kiện kinh tế nhất. Nếu không, máy có khả năng không làm việc được hoặc làm việc mà không thỏa mãn các điều kiện kỹ thuật cần thiết.

– ***Phải tạo điều kiện thuận lợi nhất cho việc gia công các chi tiết máy và lắp ráp máy.*** Yêu cầu này nhằm làm cho quá trình chế tạo các chi tiết máy và lắp ráp chúng thành máy được dễ dàng nhất. Nếu ghi kích thước không hợp lý có thể gây khó khăn cho việc chế tạo và ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế. Vì vậy đòi hỏi người thiết kế phải có kiến thức sâu về công nghệ.

5.3.2. Các nguyên tắc cơ bản của việc ghi kích thước

Sau khi có bản vẽ lắp với đầy đủ các kết cấu cần thiết, đến giai đoạn ghi kích thước, nhiệm vụ của người thiết kế là lựa chọn loại kích thước cần ghi và xác định độ chính xác cho các kích thước đó (thể hiện bởi dung sai và các sai lệch giới hạn của nó).

Để thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của việc ghi kích thước đã nêu ở trên, người thiết kế cần tiến hành ghi kích thước theo các nguyên tắc thứ tự lần lượt như sau:

1. Nguyên tắc 1: Ghi kích thước cho các lắp ghép đã tiêu chuẩn hoá

Với những lắp ghép thông dụng như lắp ghép hình trụ tròn, lắp ghép then, then hoa, lắp ghép ren ... mà đã được nghiên cứu ở các chương trước; chúng ta thấy nó có các đặc điểm sau:

- Yêu cầu của các lắp ghép này chủ yếu do công dụng bản thân nó quyết định mà ít chịu ảnh hưởng của các yêu cầu kỹ thuật chung của máy. Vì vậy lúc quyết định lắp ghép cho các mối ghép này, thường chỉ chú ý đến các yêu cầu cục bộ của nó. Ví dụ trục cần quay trong bạc thì phải chọn lắp ghép có độ hở, bánh răng cần truyền chuyển động quay và có thể dịch chuyển dọc trục nên chọn mối ghép then hoa có độ hở ...

Tuy nhiên cũng có những lắp ghép, ngoài ảnh hưởng cục bộ còn có ảnh hưởng đến yêu cầu chung của máy. Ví dụ lắp ghép giữa nòng và thân ụ động máy tiện. Ngoài yêu cầu cục bộ là nòng cần phải dịch chuyển tịnh tiến trong lỗ của thân ụ động còn cần phải đảm bảo độ đồng tâm cao giữa đường tâm ụ động với tâm trục chính máy tiện. Do đó phải chọn mức độ chính xác tương đối cao cho lắp ghép này, chẳng hạn chọn lắp ghép H6/h5.

- Tính chất của các lắp ghép này thường do một số ít kích thước của các chi tiết có liên quan quyết định. Ví dụ với mỗi ghép hình trụ tròn chỉ có hai kích thước đường kính của lỗ và trục quyết định tính chất của lắp ghép; với mỗi ghép then hoa tùy theo phương pháp định tâm mà chỉ có một hoặc hai trong ba kích thước quyết định là đường kính ngoài D , đường kính trong d và bề rộng b của then hoa.

Vì có những đặc điểm nêu trên nên đối với các lắp ghép đã tiêu chuẩn hoá, chỉ cần căn cứ vào điều kiện làm việc của nó mà người thiết kế quyết định lắp ghép phù hợp. Từ lắp ghép đã chọn, tra trong các bảng tương ứng để xác định dung sai và sai lệch giới hạn cho các kích thước liên quan của chi tiết.

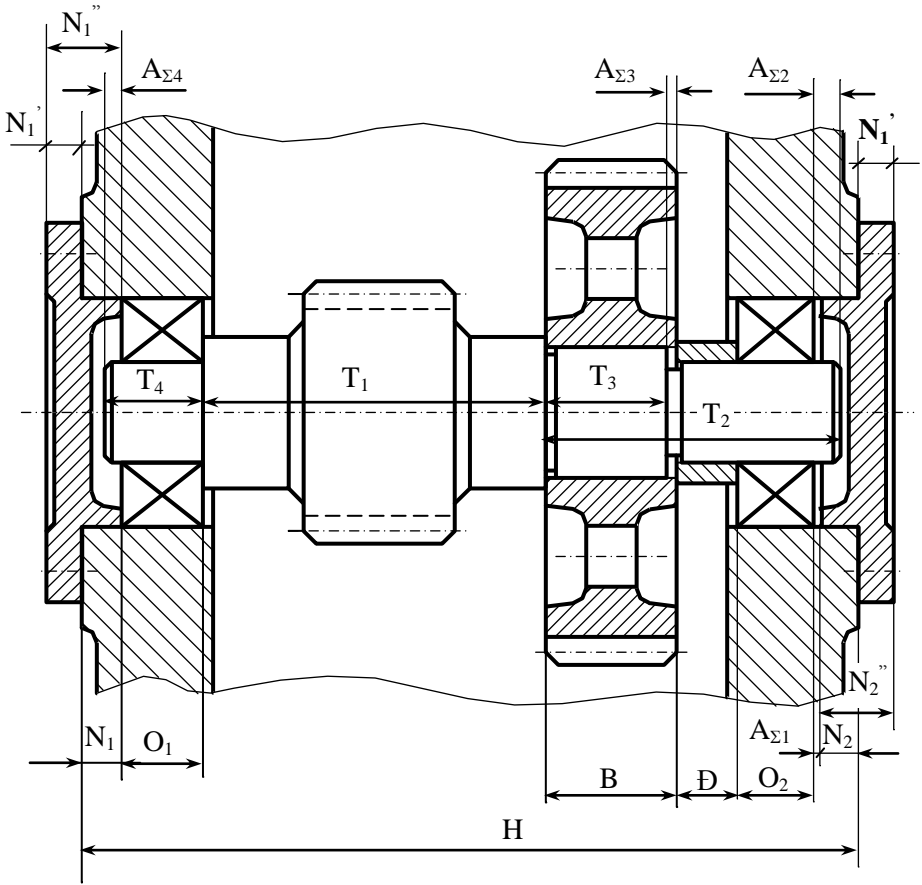
2. Nguyên tắc 2: Kích thước của chi tiết phải được xác định trên cơ sở phân tích và giải bài toán chuỗi kích thước

Nguyên tắc này chủ yếu đề cập đến kích thước chiều dài có tham gia vào chuỗi kích thước lắp ghép vì kích thước đường kính đã được tiến hành ghi theo nguyên tắc 1.

Sở dĩ cần phải phân tích chuỗi kích thước lắp để ghi kích thước cho chi tiết là vì ta nhận thấy: Chi tiết là một thành phần của máy, cho nên ***một yêu cầu chung nào đó của máy thường là khâu khép kín của một chuỗi kích thước lắp, trong khi kích thước các chi tiết sẽ đóng vai trò các khâu thành phần của chuỗi đó.***

Vì vậy, muốn ghi kích thước nào đó của chi tiết thì phải lập chuỗi kích thước lắp có chứa kích thước đó, sau đó từ yêu cầu của khâu khép kín mà giải bài toán nghịch để tìm ra kích thước của chi tiết.

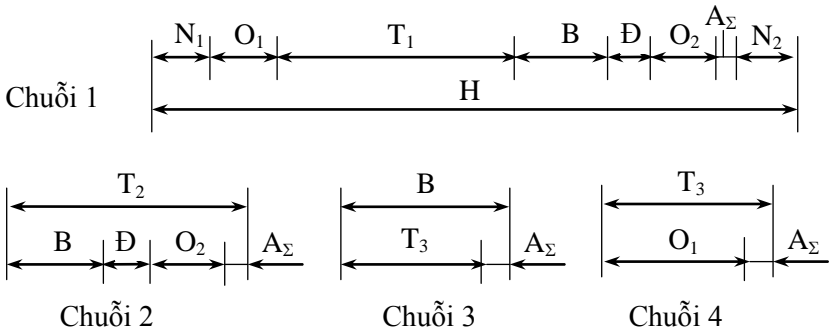
Để minh họa cho nguyên tắc này, lấy một ví dụ cụ thể và đơn giản sau: Tính toán và ghi kích thước cho chi tiết trục trung gian của một hộp giảm tốc hai cấp như hình (5.6).



Hình 5.6: Hộp giảm tốc hai cấp

Sử dụng các ký hiệu sau cho các kích thước:

- Kích thước thuộc hộp : ký hiệu H
- Kích thước thuộc nắp : ký hiệu N
- Kích thước thuộc ổ lăn : ký hiệu O
- Kích thước thuộc trục : ký hiệu T
- Kích thước thuộc đệm : ký hiệu Đ
- Kích thước thuộc bánh răng : ký hiệu B



Hình 5.7: Lập các chuỗi kích thước

Các yêu cầu của bộ phận máy này sẽ là:

- **Yêu cầu 1:** Sau khi lắp, phải đảm bảo khe hở giữa nắp và ổ là $A_{\Sigma 1} = 0^{+0,2}$ mm. Khe hở này là khâu khép kín của chuỗi 1 có kích thước T_1 của trục tham gia. Giải bài toán nghịch của chuỗi này, sẽ xác định được kích thước T_1 của trục và các kích thước $B, N_1, N_2, H, Đ$ của các chi tiết khác (trong đó kích thước O_1, O_2 đã có sẵn từ loại ổ lăn được chọn trước).

- **Yêu cầu 2:** Sau khi lắp, phải đảm bảo đầu trục không được lọt vào trong lỗ của ổ lăn bên phải, nghĩa là phải đảm bảo kích thước $A_{\Sigma 2} = 2^{+0,5}$ mm. Từ yêu cầu đó, lập được chuỗi 2 có kích thước T_2 của trục tham gia, còn các khâu $B, Đ, O_2$ đã có sẵn sau khi giải chuỗi 1.

- **Yêu cầu 3:** Để miếng đệm có thể tựa vào mặt đầu của bánh răng, cần phải thỏa điều kiện $A_{\Sigma 3} = 1 \pm 0,5$ mm. Từ yêu cầu này, lập được chuỗi 3 có kích thước T_3 của trục tham gia, còn khâu B đã có sẵn sau khi giải chuỗi 1.

- **Yêu cầu 4:** Để đầu trục không được lọt vào trong lỗ của ổ lăn bên trái, phải đảm bảo kích thước $A_{\Sigma 4} = 2^{+0,5}$ mm. Từ yêu cầu này, lập được chuỗi 4 có kích thước T_4 của trục tham gia với khâu O_1 đã có sẵn.

Giải các chuỗi kích thước trên sẽ có các kích thước cần thiết T_1, T_2, T_3, T_4 của trục. Ghi các kích thước này lên bản vẽ chi tiết của trục và thêm vào đó các kích thước T_5, T_6, T_7 để xác định vị trí bánh răng liền trục, các rãnh thoát dao T_8, T_9, T_{10} tùy ý nhưng sao cho không làm ảnh hưởng đến các kích thước đã được tính toán ở trên (hình 5.8).

Lưu ý: Nếu một kích thước nào đó tham gia vào nhiều chuỗi khác nhau với vai trò là khâu thành phần thì khi tiến hành giải các chuỗi kích thước cần thực hiện nguyên tắc **ưu tiên giải chuỗi khép khe nhất**. Chuỗi khép khe nhất là chuỗi có số khâu thành phần nhiều nhất và dung sai khâu

khép kín nhỏ nhất. Mức độ khắc khe của các chuỗi có thể được đánh giá bởi hệ số k:

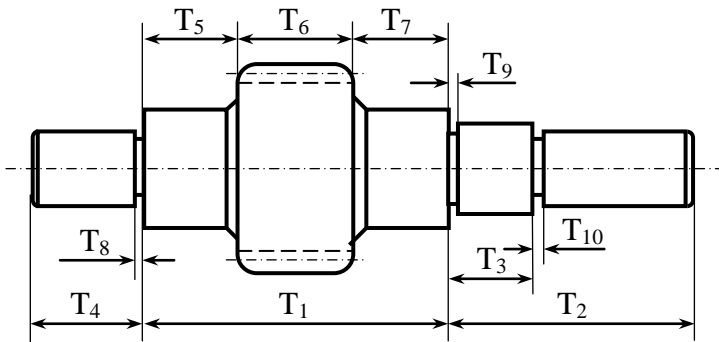
$$k = \frac{T_{\Sigma i}}{n_i} \quad (5.14)$$

với $T_{\Sigma i}$ 2 dung sai khâu khép kín của chuỗi thứ i.

n_i 2 số khâu thành phần của chuỗi thứ i.

Lý do của việc thực hiện nguyên tắc này là khi một kích thước có chung trong nhiều chuỗi thì nó phải thỏa mãn yêu cầu của khâu khép kín trong tất cả các chuỗi mà nó tham gia. Khi ưu tiên giải chuỗi khắc khe nhất, kích thước tìm được chẳng những thỏa mãn được chuỗi khắc khe nhất đó mà đương nhiên cũng sẽ thỏa mãn được yêu cầu của chuỗi ít khắt khe hơn.

Với ví dụ trên, kích thước B tham gia vào cả ba chuỗi 1, 2, 3. Để thấy chuỗi 1 là chuỗi khắc khe nhất nên phải ưu tiên giải trước chuỗi này.



Hình 5.8: Các kích thước chiều dài của trục

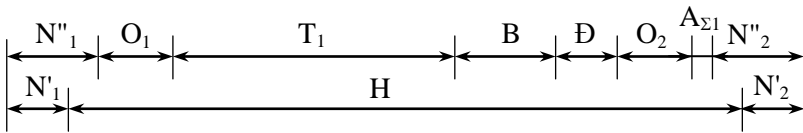
3. Nguyên tắc 3: Ghi kích thước phải tạo điều kiện thuận lợi cho việc chế tạo chi tiết

Muốn thế, cần phải lưu ý hai vấn đề:

- Khi thành lập chuỗi phải đảm bảo thỏa mãn nguyên tắc "**chuỗi ngắn nhất**". "Chuỗi ngắn nhất" là chuỗi có số khâu thành phần ít nhất. Với cùng một khâu khép kín, có thể lập được nhiều chuỗi với số lượng khâu thành phần khác nhau. Số lượng khâu thành phần càng nhiều thì dung sai của chúng càng nhỏ khi tiến hành giải chuỗi kích thước. Do đó, mục đích của nguyên tắc "chuỗi ngắn nhất" là tạo điều kiện cho dung sai khâu thành phần có thể có giá trị lớn nhất và điều này sẽ tạo thuận lợi cho việc chế tạo chúng.

Muốn thực hiện nguyên tắc chuỗi kích thước ngắn nhất, chỉ được chọn kích thước nào của chi tiết có ảnh hưởng trực tiếp đến khâu khép kín làm khâu thành phần của chuỗi. Nói một cách khác, **mỗi chi tiết chỉ được chọn một kích thước** tham gia vào chuỗi.

Trở lại chuỗi 1 ở trên, đây là chuỗi thực hiện được nguyên tắc "chuỗi ngắn nhất" mặc dầu nó có khá nhiều khâu. Bởi vì cũng với khâu khép kín $A_{\Sigma 1}$, có thể lập được chuỗi khác dài hơn như sau:



Trong chuỗi này, số khâu thành phần tăng lên hai khâu so với chuỗi 1 nên không thực hiện được nguyên tắc "chuỗi ngắn nhất". Vấn đề ở chỗ là đã đưa vào chuỗi này đồng thời hai kích thước N''_1, N'_1 của nắp 1 và N''_2, N'_2 của nắp 2.

- Chọn phương án ghi kích thước thích hợp.

Với cùng một chi tiết có thể có nhiều phương án ghi kích thước khác nhau. Các phương án đó đều thỏa mãn yêu cầu làm việc của chi tiết nói riêng và của máy nói chung. Vấn đề là phải chọn được phương án thích hợp để chế tạo chi tiết dễ dàng. Phần sau sẽ đề cập đến một số phương pháp tổng quát để ghi kích thước.

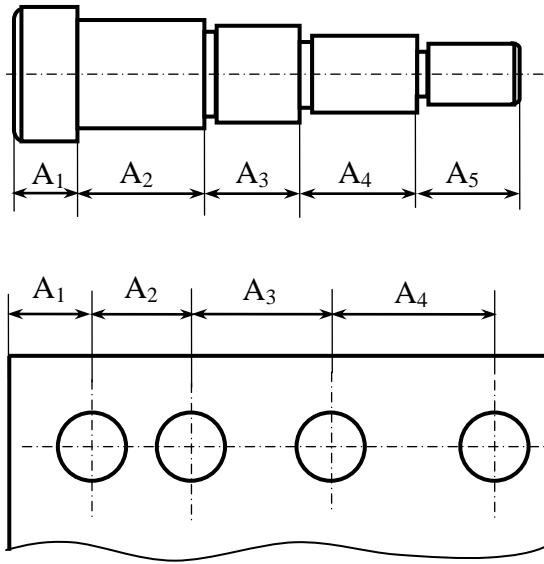
5.3.3. Các phương pháp ghi kích thước

Thông thường các kích thước của chi tiết có được là do giải các chuỗi kích thước được lập từ các yêu cầu chung của máy. Các kích thước đó sẽ thỏa mãn chức năng phục vụ của chi tiết. Nhưng không phải bất kỳ trường hợp nào cũng ghi nguyên các kích thước đó lên bản vẽ chi tiết được vì có nhiều kích thước rất khó chế tạo hoặc không chế tạo được. Bởi vậy, nhiều khi phải thay thế bằng những kích thước khác để dễ dàng gia công mà vẫn đảm bảo khả năng làm việc của chi tiết.

Có các phương pháp cơ bản để ghi kích thước như sau:

1. Ghi kích thước theo phương pháp xích liên tiếp

Theo phương pháp này, các kích thước của chi tiết được ghi nối tiếp nhau (hình 5.13).



Hình 5.13: Ghi kích thước theo phương pháp xích liên tiếp

Phương pháp này thường được sử dụng khi ghi khoảng cách tâm của các lỗ trong một vòng hoặc một dãy, các kích thước chiều dài các bậc của chi tiết trục bậc nếu yêu cầu các kích thước cần phải chính xác.

2. Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ

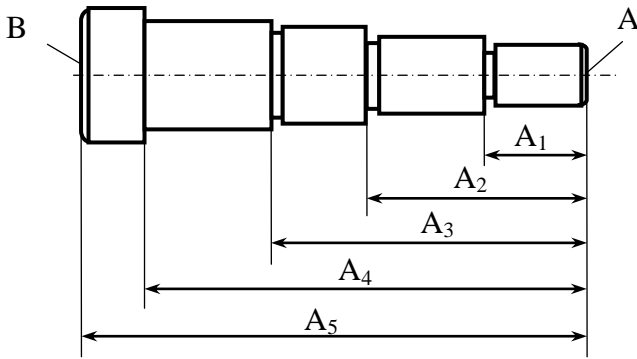
Theo phương pháp này, các kích thước của chi tiết được ghi từ một chuẩn đã chọn. Phương pháp này chỉ thích hợp trong trường hợp khoảng cách tâm của các lỗ hoặc các kích thước chiều dài các bậc không yêu cầu chính xác.

Tùy theo việc chọn chuẩn mà hình thành ba cách ghi kích thước:

- Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ từ chuẩn thiết kế

Chuẩn thiết kế là bề mặt, đường hoặc điểm dùng để xác định các bề mặt, đường hoặc điểm khác của chi tiết trong quá trình thiết kế. Chuẩn thiết kế được chọn căn cứ vào vị trí của chi tiết trong cơ cấu.

Trong hình (5.14), chuẩn thiết kế là mặt đầu A của chi tiết.

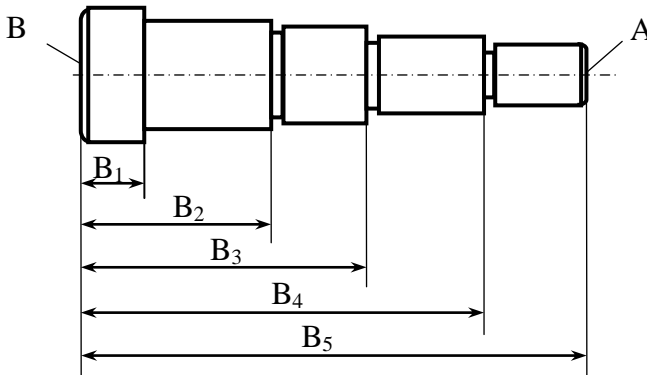


Hình 5.14: Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ từ chuẩn thiết kế

- Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ từ chuẩn công nghệ

Chuẩn công nghệ là bề mặt, đường hoặc điểm dùng để xác định các bề mặt, đường hoặc điểm khác của chi tiết trong quá trình gia công.

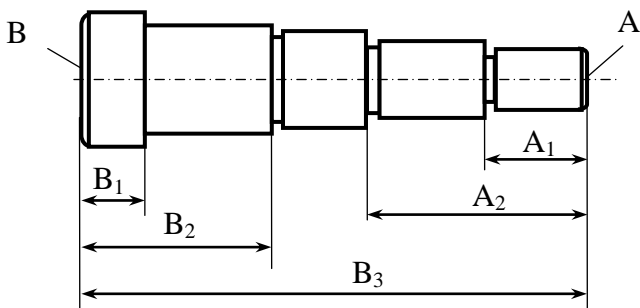
Trong hình (5.15), chuẩn công nghệ là mặt đầu B của chi tiết.



Hình 5.15: Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ từ chuẩn công nghệ

- Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ phối hợp giữa chuẩn thiết kế và chuẩn công nghệ.

Trong trường hợp này, một số kích thước được ghi từ chuẩn thiết kế và số còn lại được ghi từ chuẩn công nghệ (hình 5.16).



Hình 5.16: Ghi kích thước theo phương pháp tọa độ phối hợp giữa chuẩn thiết kế và chuẩn công nghệ

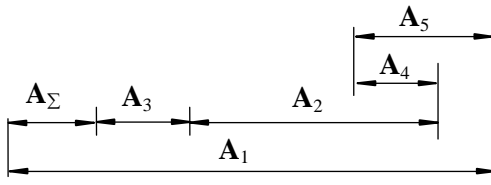
3. Ghi kích thước theo phương pháp kết hợp

Đây là cách ghi kết hợp cả hai phương pháp ghi kích thước: phương pháp xích liên tiếp và phương pháp tọa độ. Ưu điểm của phương pháp này là vừa đảm bảo chế tạo chính xác các kích thước quan trọng vừa đảm bảo các kích thước khác có dung sai lớn tạo điều kiện dễ dàng cho quá trình gia công.

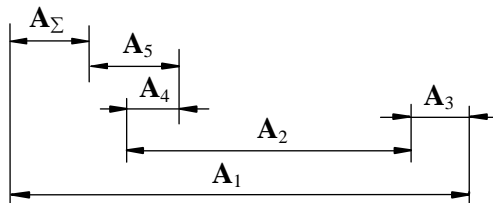
Tóm lại, để chọn được phương pháp ghi kích thước thích hợp, người thiết kế phải nghiên cứu chức năng phục vụ của chi tiết trong cơ cấu máy rồi từ đó lập chuỗi kích thước và tính toán xác định độ chính xác kích thước. Ưu tiên chọn phương pháp ghi kích thước để đảm bảo điều kiện làm việc của chi tiết trong bộ phận máy. Tuy nhiên, cũng cần căn cứ vào điều kiện công nghệ gia công cụ thể của chi tiết mà vạch ra phương án ghi kích thước thật hợp lý.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. là chuỗi mà các khâu trong chuỗi là kích thước của các chi tiết khác nhau.
 - a. Chuỗi kích thước chi tiết.
 - b. Chuỗi kích thước lắp ghép.
 - c. Chuỗi kích thước đường thẳng.
 - d. Chuỗi kích thước mặt phẳng.
2. Trong một chuỗi kích thước hợp lý, có thể:
 - a. Chỉ có các khâu tăng, không có khâu giảm.
 - b. Chỉ có các khâu giảm, không có khâu tăng.
 - c. Số khâu khép kín khác 1.
 - d. Số khâu thành phần bằng số khâu khép kín.
3. Trong chuỗi kích thước sau, xác định khâu tăng, khâu giảm:



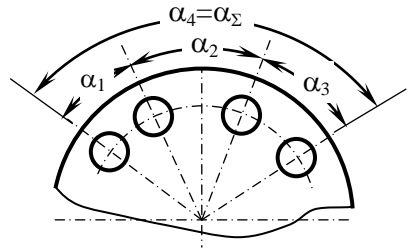
- a. Khâu tăng A_1, A_2, A_4 ; khâu giảm A_3, A_5 .
 - b. Khâu tăng A_1, A_4 ; khâu giảm A_2, A_3, A_5 .
 - c. Khâu tăng A_2, A_3, A_5 ; khâu giảm A_1, A_4 .
 - d. Khâu tăng A_1, A_2, A_3 ; khâu giảm A_4, A_5 .
4. Trong chuỗi kích thước sau, xác định khâu tăng, khâu giảm:



- a. Khâu tăng A_1, A_3 ; khâu giảm A_2, A_4, A_5 .
- b. Khâu tăng A_1, A_4 ; khâu giảm A_2, A_3, A_5 .
- c. Khâu tăng A_1, A_4, A_2 ; khâu giảm A_3, A_5 .
- d. Khâu tăng A_1, A_3, A_2 ; khâu giảm A_4, A_5 .

5. *Xác định các khâu tăng trong chuỗi kích thước sau:*

- a. α_1 . c. $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$.
 b. α_1, α_2 . d. Không có khâu nào.



6. *Khi giải bài toán chuyển từ kích thước thiết kế sang kích thước công nghệ thì:*

- a. kích thước thiết kế luôn đóng vai trò là khâu khép kín trong chuỗi kích thước được thành lập.
 b. kích thước công nghệ luôn đóng vai trò là khâu khép kín trong chuỗi kích thước được thành lập.
 c. khâu khép kín có thể là kích thước thiết kế hay kích thước công nghệ tùy thuộc trình tự gia công chi tiết.
 d. khâu khép kín có thể là kích thước thiết kế hay kích thước công nghệ tùy thuộc trình tự lắp ghép chi tiết.

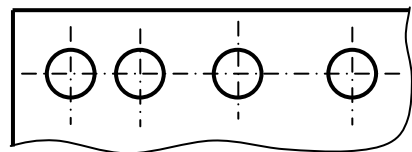
7. *Giải chuỗi kích thước bằng phương pháp đối lẫn hoàn toàn chỉ được sử dụng khi:*

- a. Chuỗi phải là chuỗi ngắn nhất.
 b. Chuỗi chỉ có các khâu giảm, không có khâu tăng.
 c. Chuỗi có số khâu thành phần lớn mà dung sai khâu khép kín lại nhỏ.
 d. Chuỗi có số khâu thành phần nhỏ hoặc không yêu cầu độ chính xác cao.

8. *Một trong các nguyên tắc cơ bản khi ghi kích thước trên bản vẽ chi tiết là trước hết phải:*

- a. Ghi các kích thước dễ chế tạo nhất của chi tiết.
 b. Ghi các kích thước của chi tiết không ảnh hưởng đến chi tiết khác trong bộ phận máy hoặc máy.
 c. Ghi các kích thước của chi tiết có giá trị dung sai lớn nhất.
 d. Ghi kích thước cho các lắp ghép đã tiêu chuẩn hoá.

9. *Để ghi kích thước về vị trí cho các lỗ của chi tiết dưới đây, phương pháp tọa độ chỉ thích hợp khi:*



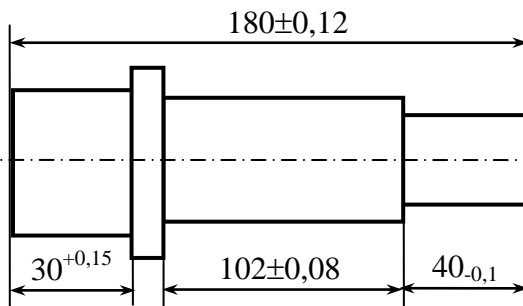
- a. Đường kính các lỗ phải bằng nhau và không yêu cầu chính xác cao về kích thước.
 b. Đường kính các lỗ không cần bằng nhau nhưng có yêu cầu chính xác cao về kích thước.
 c. Khoảng cách tâm các lỗ liên tiếp có yêu cầu chính xác cao.
 d. Khoảng cách tâm giữa các lỗ liên tiếp không yêu cầu chính xác cao.

BÀI TẬP

1. Cho một chi tiết như hình vẽ.

Biết trình tự gia công chi tiết là: $A_1 = 180 \pm 0,12$, $A_2 = 30^{+0,15}$, $A_3 = 40_{-0,1}$, $A_4 = 102 \pm 0,08$.

Tính kích thước danh nghĩa, sai lệch giới hạn và dung sai của vai trục còn lại trên chi tiết A_2



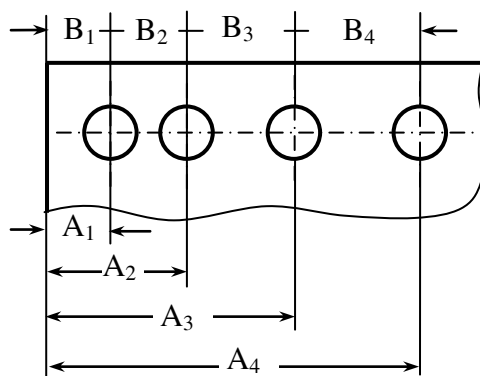
2. Cho một chi tiết như hình vẽ.

Biết các kích thước thiết kế:

$$A_1 = 25^{+0,03}_{-0,04}, A_2 = 55^{+0,05}_{-0,08},$$

$$A_3 = 90 \pm 0,085, A_4 = 120^{+0,02}_{-0,30}$$

Tính các kích thước công nghệ B_1, B_2, B_3, B_4 .

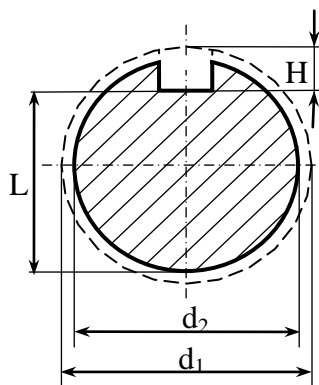


3. Cho một chi tiết như hình vẽ:

Trình tự gia công là:

- Gia công thô $d_1 = \phi 60,3^{+0,1}$
- Phay rãnh then theo kích thước H.
- Gia công tinh $d_2 = \phi 60_{-0,03}$

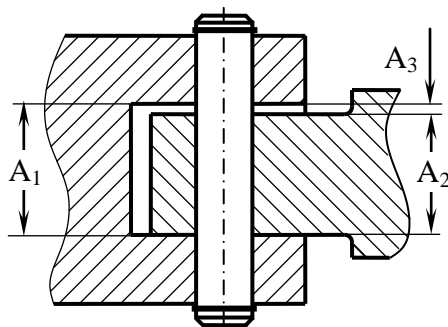
Xác định kích thước H để sau khi gia công xong chi tiết sẽ đạt kích thước $L = 53 \pm 0,1$



4. Cho một bộ phận máy như hình vẽ.

Biết khe hở $A_3 = 0,2^{+0,25}$.

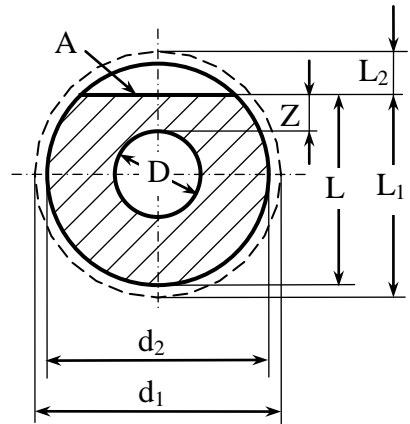
Tính các kích thước A_1, A_2



5. Cho một chi tiết như hình vẽ.

Trình tự gia công là:

- Gia công thô $d_1 = \phi 100_{-0,15}^0$
- Gia công lỗ $D = \phi 30 \pm 0,03$.
- Gia công mặt phẳng A.
- Gia công tinh $d_2 = \phi 100_{-0,02}^0$



a) Xác định kích thước dùng để điều chỉnh máy khi gia công mặt A theo hai phương án dưới đây với yêu cầu sau khi gia công tinh D_2 thì kích thước L đạt giá trị là $L = 80 \pm 0,14$.

- Phương án 1: Kích thước điều chỉnh là L_1 .
- Phương án 2: Kích thước điều chỉnh là L_2 .

b) Xác định kích thước Z của chi tiết sau khi gia công xong trong hai trường hợp sau:

- Giả thiết mặt trong D và mặt ngoài d_1 đồng tâm tuyệt đối với nhau.
- Mặt trong D và mặt ngoài d_1 lệch tâm với nhau một đoạn $e = 0,01\text{mm}$.

6. Cho một chi tiết như hình vẽ. Trình tự gia công là:

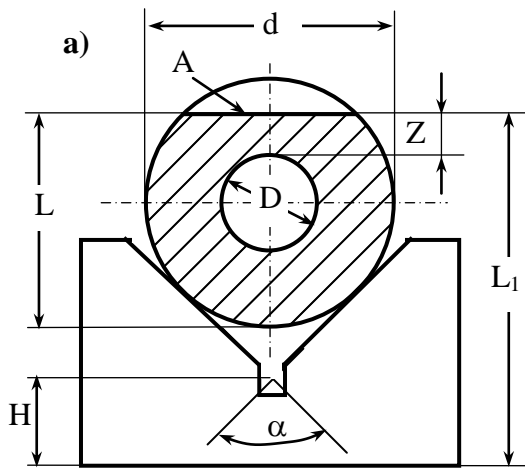
- Gia công mặt ngoài $d = \phi 120_{-0,1}^0$
- Gia công lỗ $D = \phi 40 \pm 0,03$.
- Gia công mặt phẳng A.

Có hai phương án gia công mặt A:

a) Phương án 1: Dùng mặt ngoài làm chuẩn, gá chi tiết trên khối V (hình a). Xác định:

- Kích thước điều chỉnh máy L_1 .
- Kích thước Z của chi tiết sau khi gia công trong hai trường hợp: Mặt ngoài d và lỗ D đồng tâm tuyệt đối; Mặt ngoài d và lỗ D lệch tâm với nhau một đoạn $e = 0,01\text{mm}$.

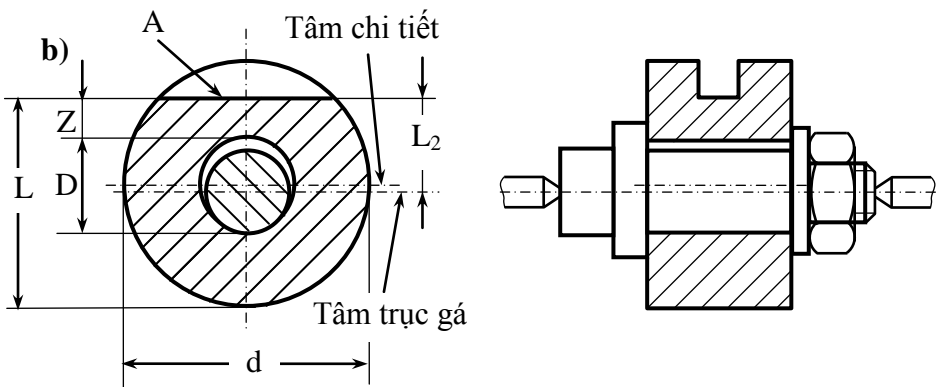
Biết khối V có góc $\alpha = 90^\circ$, kích thước $H = 25 \pm 0,02$



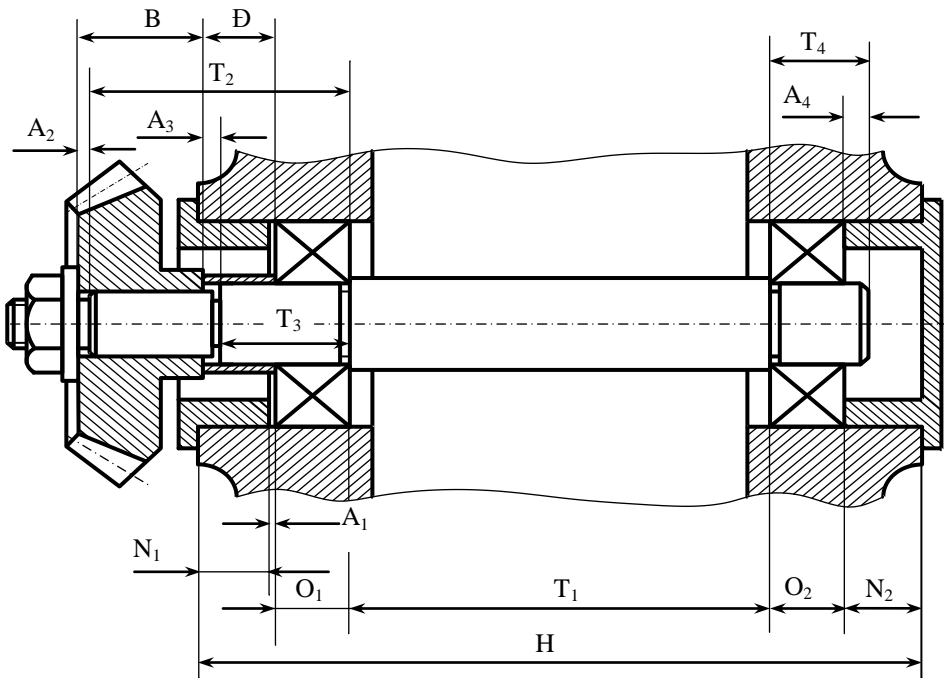
b) Phương án 2: Dùng mặt trong làm chuẩn, gá chi tiết lên trục gá (hình b). Xác định:

- Kích thước điều chỉnh máy L_2 .
- Kích thước Z của chi tiết sau khi gia công trong hai trường hợp: Mặt ngoài d và lỗ D đồng tâm tuyệt đối; Mặt ngoài d và lỗ D lệch tâm với nhau một đoạn $e = 0,01\text{mm}$.

Biết đường kính của trục gá lắp ghép là $d_t = \phi 30_{-0,020}^{-0,007}$



7. Có một bộ phận máy như hình vẽ:



Yêu cầu khe hở sau khi lắp là: $A_1 = 0^{+0,5}$; $A_2 = 2 \pm 0,26$; $A_3 = 1 \pm 0,3$; $A_4 = 2 \pm 0,3$.

a) Xác định toàn bộ các kích thước cần thiết của các chi tiết trong bộ phận máy. Biết kích thước danh nghĩa của hộp $H = 190$; của nắp $N_1 = N_2 = 12$; của bánh răng $B = 54$; của đệm $\text{Đ} = 14$. Ổ lăn có kích thước chọn trước $O_1 = O_2 = 20_{-0,02}$

b) Vẽ bản vẽ chi tiết trục và ghi kích thước lên bản vẽ đó từ các kích thước T_1 , T_2 , T_3 và T_4 của trục đã tính.

Phần II

KỸ THUẬT ĐO

Chương VI

CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN CỦA KỸ THUẬT ĐO

Mục tiêu chương VI: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

- 1. Trình bày được khái niệm đơn vị đo và hệ đơn vị đo. Liệt kê được các đơn vị đo trong hệ SI.*
- 2. Phân biệt được các phương pháp đo và kiểm tra cơ bản.*
- 3. Giải thích được các đặc trưng đo lường của thiết bị đo.*
- 4. Phân biệt được các loại sai số đo.*
- 5. Xử lý được kết quả đo để xác định giá trị thật của đại lượng cần đo.*

6.1. KHÁI NIỆM

6.1.1. Đo lường

Từ khi xã hội loài người có trao đổi giao dịch, người ta đã đặt ra vấn đề đo lường. Dĩ nhiên kỹ thuật đo lường lúc đó còn rất thô sơ, những dụng cụ đo lường đầu tiên xuất hiện căn cứ vào những bộ phận trong cơ thể con người như gang tay, bước chân ... Dần dần nền sản xuất ngày càng phát triển thì yêu cầu về kỹ thuật đo lường cũng có những bước phát triển tương ứng để đáp ứng cho nhu cầu của sản xuất. Vì vậy kỹ thuật đo lường phải luôn luôn gắn với sản xuất để đảm bảo tạo ra những sản phẩm đạt yêu cầu về chất lượng. Việc đánh giá chất lượng sản phẩm bây giờ không thể chỉ thông qua các khái niệm trừu tượng chung chung "tốt", "xấu" mà phải dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật hoặc các chỉ tiêu kinh tế nhất định và thông qua các đại lượng cụ thể để đo lường. Đối với sản xuất cơ khí – một ngành sẽ tạo ra các tư liệu sản xuất để sản xuất ra các sản phẩm phục vụ nhu cầu đời sống xã hội – thì chất lượng sản phẩm là một yêu cầu càng bức thiết hơn nữa. Điều đó nói lên vai trò quan trọng của kỹ thuật đo lường: Đó là một khâu không thể thiếu được trong quá trình chế tạo sản phẩm.

Đo lường kỹ thuật trong chế tạo cơ khí là một ngành khoa học hoàn chỉnh bao gồm cơ sở lý luận và kỹ thuật ứng dụng, dựa trên ba yếu tố là: đơn vị đo, phương pháp đo và phương tiện đo để đạt được độ chính xác yêu cầu. Các yếu tố trên ngày càng được hoàn thiện và nâng cao độ chính xác. Từ cuối thế kỷ thứ 19 và đầu thế kỷ 20, các dụng cụ đo kiểu cơ khí dần dần xuất hiện như thước cặp (1850), panme (1867), calíp giới hạn và

căn mẫu (1896), đồng hồ so (1907) ... Sau đó lần lượt đến các loại máy đo dựa trên các nguyên lý khác như máy đo quang học (1921 ÷ 1925), máy đo dùng khí nén (1928), máy đo dùng chuyển đổi điện tiếp xúc, chuyển đổi điện cảm (1930) ...

Đo lường một đại lượng vật lý là thiết lập mối quan hệ giữa đại lượng cần đo với một đại lượng vật lý cùng tính chất mà được chọn làm đơn vị đo. Thực chất của việc đo lường là tìm ra tỉ lệ giữa đại lượng cần đo với đơn vị đo đã chọn và kết quả đo được biểu diễn bằng trị số tỉ lệ này cùng với đơn vị đo.

6.1.2. Đơn vị đo và hệ đơn vị đo

Đơn vị đo là một đại lượng tiêu chuẩn đã được qui ước trước và được xác định theo một định nghĩa thống nhất hay bởi các vật mẫu được giữ tại Viện đo lường quốc tế.

Do đơn vị đo được dùng làm cơ sở để so sánh với đại lượng cần đo nên để đảm bảo độ chính xác trong đo lường, đơn vị đo cần thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Tính thống nhất: cùng một đại lượng đo, có thể có nhiều đơn vị đo khác nhau. Việc lưu hành đồng thời nhiều đơn vị đo cho mỗi loại đại lượng là một trở ngại rất lớn cho việc hợp tác sản xuất trong nước cũng như giữa các nước với nhau.

- Các mẫu chuẩn cần được chế tạo và xử lý đặc biệt để đảm bảo độ bền lâu và độ ổn định theo thời gian, không chịu ảnh hưởng của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, trường điện từ.

Đơn vị đo được phân làm hai loại cơ bản sau:

- Đơn vị đo cơ bản (đơn vị đo độc lập) là loại đơn vị đo được qui ước và không phụ thuộc vào đơn vị đo khác. Ví dụ: mét, kilôgam, giây...

- Đơn vị đo dẫn suất là loại đơn vị đo được tạo nên từ các đơn vị đo độc lập và có khi cả đơn vị đo dẫn suất khác. Ví dụ: đơn vị đo vận tốc (m/s), gia tốc (m/s^2), lực ($N=m.kg/s^2$), áp suất (N/m^2) ...

Tập hợp các đơn vị đo cơ bản và một số đơn vị đo dẫn suất sẽ hình thành hệ thống đơn vị đo. Có nhiều hệ đơn vị đo khác nhau, tuy nhiên hệ quốc tế SI (Système International) ra đời vào tháng 10/1960 được sử dụng rộng rãi nhất. Hệ SI gồm 6 đơn vị đo cơ bản là:

- Mét (m): đơn vị đo chiều dài.
- Kilôgam (Kg): đơn vị đo khối lượng.

- Giây (s): đơn vị đo thời gian.
- Ampe (A): đơn vị đo cường độ dòng điện.
- Độ Kelvin (K): đơn vị đo nhiệt độ theo thang nhiệt của nhiệt động lực.
- Candela (Cd): đơn vị đo cường độ ánh sáng.

Ngoài ra, hệ SI còn qui định thêm hai đơn vị đo cơ bản bổ sung dùng cho góc là Radian (Rad) để đo góc phẳng và Steradian (Sr) để đo góc khối, cùng 27 đơn vị đo dẫn suất khác cho các đại lượng cơ, quang, điện và điện từ.

Trong ngành cơ khí chế tạo máy, đơn vị đo kích thước dài thường dùng là milimét (mm) hoặc micrômét (μm), đơn vị đo kích thước góc là độ (ký hiệu $^\circ$).

6.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VÀ KIỂM TRA CƠ BẢN

Đo và kiểm tra thường được hiểu là hai khái niệm riêng biệt. Sự khác nhau cơ bản của chúng như sau: Đo là xác định được giá trị cụ thể của đại lượng cần đo, còn kiểm tra là nhằm xác định đại lượng cần kiểm tra có nằm trong giới hạn phạm vi cho phép hay không để khẳng định đại lượng đó "đạt" hay "không đạt" yêu cầu. Tuy nhiên, khi đề cập đến cả hai vấn đề đo và kiểm tra, người ta có thể gọi chung là "đo". Khái niệm "đo" ở đây bao hàm luôn cả ý nghĩa "kiểm tra".

Có nhiều cách phân loại phương pháp đo dựa trên các cơ sở khác nhau:

1. Theo quan hệ giữa giá trị của đại lượng cần tìm với giá trị của đại lượng đo được, chia ra làm hai loại:

a. Đo trực tiếp là phương pháp đo được thực hiện trực tiếp vào đại lượng cần đo. Ví dụ: đo đường kính chi tiết bằng thước cặp, panme hoặc các dụng cụ đo chiều dài khác.

Phương trình biểu diễn của phép đo là:

$$Q = X \quad (6.1)$$

trong đó: Q – giá trị của đại lượng cần đo.

X – giá trị chỉ thị trên dụng cụ đo.

b. Đo gián tiếp là phương pháp đo mà giá trị của đại lượng cần đo không thể đọc trực tiếp từ cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo, mà nó có quan hệ hàm số với một hay nhiều đại lượng đo trực tiếp khác. Ví dụ đo kích thước góc bằng thước sin, đo khoảng cách hai tâm lỗ trên bề mặt của một chi tiết.

Phương trình biểu diễn của phép đo là:

$$Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6.2)$$

trong đó: Q – giá trị của đại lượng cần đo.

x_1, x_2, \dots, x_n – giá trị của các đại lượng đo trực tiếp.

Đo trực tiếp có độ chính xác cao vì không chịu ảnh hưởng của các yếu tố trung gian, không có sai số tính toán qui đổi. Phương pháp này có năng suất cao vì không cần phải đo nhiều thông số trung gian và cũng không cần tốn thời gian cho việc tính toán qui đổi.

Tuy nhiên, đo gián tiếp cũng được dùng trong một số trường hợp như khi không thể sử dụng phương pháp đo trực tiếp được hoặc việc sử dụng phương pháp đo gián tiếp làm cho quá trình đo dễ dàng hơn, độ chính xác có khả năng đạt được cao hơn, hiệu quả kinh tế tốt hơn.

2. Theo quan hệ giữa giá trị chỉ thị trên dụng cụ đo và giá trị của đại lượng đo, chia ra làm hai loại:

a. Đo tuyệt đối là phương pháp đo cho phép đọc được ngay giá trị của đại lượng đo trên cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo. Ví dụ: Thước cặp, panme, thước đo góc là các dụng cụ đo theo phương pháp đo tuyệt đối.

Phương pháp đo này đơn giản, dễ thực hiện song phạm phải nhiều loại sai số như sai số điểm "0", sai số do dao động của lực đo, sai số do độ biến động chỉ thị, sai số tích lũy của cơ cấu đo trên hành trình đo ...

b. Đo so sánh là phương pháp đo mà chỉ thị của dụng cụ đo chỉ cho biết sai lệch của giá trị đo so với mẫu. Giá trị của đại lượng đo được xác định như sau:

$$Q = X \pm \Delta x \quad (6.3)$$

trong đó: X – giá trị của đại lượng mẫu.

Δx – lượng chênh lệch giữa đại lượng đo so với mẫu.

Khi đo, cần chỉnh "0" cho dụng cụ đo hoặc máy đo theo giá trị của mẫu. Việc chọn mẫu cũng cần đảm bảo hình dáng, kích thước của nó càng giống với chi tiết đo càng tốt và phải có độ chính xác cao hơn độ chính xác của chi tiết đo. Khi đó, tình trạng của cơ cấu đo khi đo chi tiết đo gần giống với chi tiết mẫu. Do đó nó có thể khử được gần hết các sai số mà phương pháp đo tuyệt đối phạm phải.

Dụng cụ đo dùng cho phương pháp đo so sánh thường là các loại đồng hồ so, dụng cụ đo kiểu khí nén, dụng cụ đo kiểu điện tiếp xúc và một số loại dụng cụ đo quang học ... Thông thường các loại dụng cụ này

chỉ cần phạm vi đo nhỏ nên dễ dàng đạt độ chính xác cao. Lúc này, độ chính xác của kết quả đo phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của mẫu và độ chính xác khi chỉnh "0" cho dụng cụ đo.

Phương pháp đo so sánh được áp dụng rộng rãi trong kiểm tra hàng loạt vì năng suất đo tương đối cao, dễ cơ khí hóa và tự động hóa.

3. Theo quan hệ giữa đầu đo của dụng cụ đo và bề mặt chi tiết đo, chia ra làm hai loại:

a. Đo tiếp xúc là phương pháp đo mà khi đo đầu đo tiếp xúc với bề mặt của chi tiết đo theo điểm, đường hoặc mặt phẳng.

Khi đo tiếp xúc, cần thiết phải tồn tại một lực đo giữa đầu đo và bề mặt chi tiết đo để đảm bảo sự tiếp xúc ổn định. Muốn tăng độ ổn định của phép đo phải tăng lực đo. Song điều đó sẽ gây ra sự biến dạng trên bề mặt của chi tiết đo, biến dạng của cơ cấu đo và sinh ra sai số do lực đo. Ngoài ra, nếu dụng cụ đo không có cơ cấu ổn định lực đo thì sẽ sinh ra sai số do dao động của lực đo.

Hầu hết các dụng cụ đo, máy đo dùng chuyển đổi cơ khí, cơ quang, cơ điện được sử dụng để đo theo phương pháp này.

b. Đo không tiếp xúc là phương pháp đo không có sự tiếp xúc giữa đầu đo và bề mặt chi tiết đo. Ví dụ: Đo bằng dụng cụ đo kiểu khí nén, một số loại máy đo quang học như kính hiển vi dụng cụ, máy chiếu hình ...

Ưu điểm của phương pháp này là không gây ra sai số do lực đo và do dao động của lực đo, không gây ảnh hưởng đến bề mặt chi tiết đo đặc biệt là đối với các chi tiết mỏng, mềm, và kém cứng vững. Tuy nhiên phương pháp này đòi hỏi các thiết bị đo phức tạp, đắt tiền.

4. Theo tính chất sử dụng của kết quả đo, chia ra làm hai loại:

a. Đo bị động (còn gọi là đo tiêu cực) là phương pháp đo được thực hiện sau khi gia công xong chi tiết. Do đó nó không có tác dụng tích cực nhằm hạn chế việc tạo ra phế phẩm trong quá trình sản xuất.

b. Đo chủ động (còn gọi là đo tích cực) là phương pháp đo được tiến hành ngay trong quá trình đang gia công chi tiết trên máy. Khi hệ thống kiểm tra phát hiện sản phẩm sắp vượt quá giới hạn kỹ thuật cho phép sẽ tác động đến hệ thống điều chỉnh để tự động điều chỉnh các thông số cần thiết sao cho không tạo ra phế phẩm. Hệ thống kiểm tra này được trang bị tự động trên máy công cụ nên còn gọi là hệ thống kiểm tra tự động và chủ yếu áp dụng cho các nguyên công gia công tinh lần cuối.

5. Theo nội dung của công việc đo, chia làm 2 loại:

a. Đo yếu tố là phương pháp đo được tiến hành cho từng yếu tố riêng biệt của sản phẩm. Ví dụ: Để đánh giá chất lượng của chi tiết ren, cần phải đo các thông số riêng biệt như đường kính trung bình, đường kính ngoài, đường kính trong, bước ren, góc profin ren ...

Phương pháp này được dùng khi nghiên cứu độ chính xác gia công, phân tích và tìm ra nguyên nhân gây ra sai số để cải thiện qui trình công nghệ hầu đảm bảo chất lượng của sản phẩm. Ngoài ra, nó còn được dùng để kiểm tra các yếu tố chức năng có yêu cầu đặc biệt quan trọng của sản phẩm như kiểm tra độ chính xác của bước ren truyền động trong các cơ cấu truyền động chính xác.

b. Đo tổng hợp là phương pháp đo được tiến hành đồng thời với các yếu tố có ảnh hưởng đến chất lượng sử dụng của sản phẩm. Ví dụ: Kiểm tra chất lượng ren vít bằng calíp ren.

Phương pháp này thường được dùng để kiểm tra lần cuối hay kiểm tra thu nhận sản phẩm bởi vì chỉ cần biết sản phẩm đạt hay không đạt yêu cầu.

Kết luận: Có rất nhiều phương pháp đo khác nhau và mỗi phương pháp đều có những ưu khuyết điểm riêng. Việc lựa chọn phương pháp đo sẽ có ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác của kết quả đo, mức độ phức tạp của thiết bị đo cần dùng, tính kinh tế và năng suất của quá trình đo. Do đó việc lựa chọn phương pháp đo tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể trên cơ sở phân tích về các mặt: hình dáng, kích thước và khối lượng của sản phẩm, số lượng sản phẩm cần đo, yêu cầu về độ chính xác của thông số cần đo, điều kiện về trang thiết bị đo sẵn có của nơi tiến hành quá trình đo.

6.3. CÁC ĐẶC TRƯNG ĐO LƯỜNG CỦA THIẾT BỊ ĐO

Các đặc trưng đo lường của thiết bị đo bao gồm một số các thuật ngữ sau:

– **Thang chia độ** là một bộ phận của cơ cấu chỉ thị, bao gồm tập hợp các dấu, mặt số có ghi chữ số chỉ thị và các dấu hiệu tượng trưng khác, tương ứng với dãy các giá trị liên tiếp của đại lượng đo.

– **Khoảng chia a của thang chia độ** là khoảng cách giữa hai vạch dấu liền nhau của thang chia độ.

– **Giá trị vạch chia c của thang chia độ** là hiệu số các giá trị của đại lượng đo tương ứng với hai vạch liền nhau của thang chia độ.

Khoảng chia a và giá trị vạch chia c có thể giống hoặc không giống nhau tùy theo từng loại dụng cụ đo. Ví dụ với thước lá, $a = c = 1\text{mm}$; còn

với thước cặp 1/20, khoảng chia a trên thước phụ có thể là 0,95mm hay 1,95mm nhưng giá trị vạch chia c đều là 0,05mm.

– **Chỉ thị của thiết bị đo** là giá trị của đại lượng đo, được xác định theo cơ cấu chỉ thị và được biểu diễn bằng đơn vị đo đã được chấp nhận của đại lượng đó.

– **Độ dao động chỉ thị của thiết bị đo** là hiệu số giữa giá trị chỉ thị lớn nhất và nhỏ nhất trong các giá trị chỉ thị có được khi đo nhiều lần cùng một đại lượng với điều kiện đo không đổi.

Độ dao động chỉ thị (cũng chính là độ ổn định của thiết bị đo) phản ánh sự không ổn định của các cơ cấu trong thiết bị đo khi chúng làm việc như vị trí, độ cứng vững ... Xích truyền động càng dài thì độ ổn định càng kém. Thông thường độ dao động chỉ thị cho phép $[\Delta_{dd}]$ của thiết bị đo được lấy:

$$[\Delta_{dd}] = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{5} \right) c \quad (6.4)$$

– **Phạm vi đo** là miền các giá trị của đại lượng được đo, giới hạn bằng giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của đại lượng mà thiết bị có thể đo được.

– **Phạm vi chỉ thị** là miền các giá trị của thang chia độ, giới hạn bằng giá trị đầu tiên và giá trị cuối cùng của thang chia độ.

Trong một số dụng cụ đo như thước cặp, pame ... phạm vi chỉ thị trùng với phạm vi đo.

– **Giới hạn đo** là giá trị lớn nhất hoặc nhỏ nhất của phạm vi đo.

– **Độ khuếch đại của thiết bị đo K** là tỉ số giữa biến thiên của tín hiệu hay chỉ thị của thiết bị đo và biến thiên của đại lượng đo gây nên nó.

$$K = \frac{a}{c} \quad (6.5)$$

Trong hầu hết các thiết bị đo chiều dài, độ khuếch đại không đổi dọc theo thang đo và còn được gọi là tỉ số truyền của nó.

– **Độ nhạy giới hạn của thiết bị đo** là sự thay đổi nhỏ nhất của đại lượng đo sao cho có thể gây ra sự thay đổi ở bộ phận chỉ thị một lượng ổn định và có thể phát hiện được bằng phương pháp thông thường.

– **Lượng hiệu chỉnh** là giá trị của đại lượng cùng tên với đại lượng đo và được thêm vào giá trị nhận được khi đo, với mục đích loại trừ sai số hệ thống.

– **Sai số giới hạn cho phép của thiết bị đo** là sai số lớn nhất (không kể đến dấu) của thiết bị đo khi thiết bị đo được gọi là đạt yêu cầu và cho phép sử dụng.

6.4. SAI SỐ ĐO

Khi đo một đại lượng, dù cho thiết bị đo được chọn chính xác đến đâu, phương pháp đo có hoàn thiện đến mấy, người đo có cẩn thận như thế nào thì kết quả đo cũng không thể đạt được sự chính xác tuyệt đối (nghĩa là đảm bảo đúng với giá trị thật của đại lượng cần đo). Kết quả đo nhiều lần cùng một đại lượng với các điều kiện đo không đổi cũng sẽ không giống nhau. Trong một lần đo bất kỳ, kết quả đo chỉ cho một giá trị gần đúng với giá trị thật của đại lượng cần đo. Sai lệch giữa giá trị chỉ thị trên dụng cụ đo với giá trị thật của đại lượng cần đo là **sai số đo**, nó phản ánh mức độ chính xác của phép đo.

6.4.1. Nguyên nhân gây ra sai số đo

- Sai số do dụng cụ đo
- Sai số do phương pháp đo
- Sai số do môi trường đo, chủ yếu do nhiệt độ
- Sai số do lực đo và dao động của lực đo
- Sai số do ảnh hưởng của chất lượng bề mặt chi tiết đo
- Sai số do người đo

6.4.2. Phân loại sai số đo

1. Căn cứ vào công thức biểu diễn của sai số

– Sai số tuyệt đối: là sai lệch giữa kết quả đo và giá trị thật của đại lượng đo.

$$\Delta_x = x - Q \quad (6.6)$$

với x – giá trị kết quả đo (giá trị chỉ thị trên dụng cụ).

Q – giá trị thật của đại lượng đo.

Δ_x là một đại lượng có thứ nguyên (là thứ nguyên của đại lượng đo) và có dấu. Nó thể hiện mức độ gần đúng của kết quả đo so với giá trị thật của đại lượng đo.

– Sai số tương đối: là tỉ lệ tính theo phần trăm của sai số tuyệt đối và giá trị thật của đại lượng đo.

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{Q} \% \quad (6.7)$$

Sai số tương đối là một đại lượng không có thứ nguyên, thể hiện mức độ sai khác của kết quả đo so với giá trị thật của đại lượng đo. Tỷ lệ này càng lớn chứng tỏ phép đo càng kém chính xác.

Sai số tuyệt đối cho biết giá trị cụ thể của sai số đo, song sai số tương đối cho biết tổng quát hơn và chính xác hơn khi đánh giá mức độ chính xác của kết quả đo.

2. Căn cứ vào qui luật xuất hiện của sai số

– Sai số hệ thống là loại sai số có trị số và dấu nhất định hoặc biến thiên theo qui luật xác định khi đo nhiều lần một đại lượng đo. Ví dụ sai số do dụng cụ đo, do mẫu điều chỉnh, do phương pháp đo ...

Khi đã xác được nguyên nhân gây ra sai số hệ thống, có thể tính được giá trị của nó, dự đoán được qui luật biến thiên và dự tính được phương pháp khử hoặc giảm bớt.

– Sai số ngẫu nhiên là loại sai số do những nguyên nhân chưa biết hoặc có tính ngẫu nhiên gây ra. Vì vậy dấu, trị số và qui luật biến thiên của nó đều không thể xác định chính xác được. Sai số này được phát hiện bằng cách đo nhiều lần đại lượng đo với mọi điều kiện đo không đổi. Ví dụ như sai số do độ không ổn định chỉ thị của dụng cụ đo, do ảnh hưởng của sự không đồng nhất về lực đo, do sự gá đặt không đồng nhất giữa chi tiết đo và dụng cụ đo trong các lần đo ...

Sự tồn tại của sai số ngẫu nhiên trong phép đo là tất nhiên và hầu như không thể khử hết được, chỉ có thể tạo điều kiện đo tốt để giảm trị số của nó.

3. Căn cứ vào độ lớn của sai số: phân ra sai số thông thường (nằm trong khả năng xuất hiện) và sai số thô.

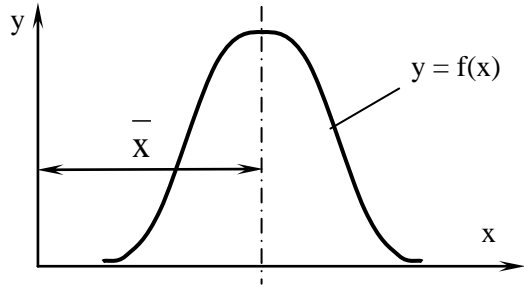
Sai số thô là sai số lớn hơn hẳn các giá trị thông thường khác và nằm ngoài qui luật xuất hiện bình thường của sai số đó. Các số liệu có mang sai số thô cần phải được loại bỏ trước khi xử lý kết quả đo.

6.5. XỬ LÝ KẾT QUẢ ĐO

Giả thiết các sai số đo $\delta_i = x_i - Q$ là thuần ngẫu nhiên (sai số hệ thống đã được khử hết), trong đó x_i là giá trị đo nhiều lần một đại lượng đo với điều kiện đo không đổi, Q là giá trị thật của đại lượng đo.

Qua thực nghiệm, sai số ngẫu nhiên thường phân bố theo qui luật chuẩn. Nếu gọi y là hàm mật độ xác suất xuất hiện của các giá trị đo x_i thì theo qui luật phân bố chuẩn:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (6.8)$$



Hình 6.1: Đường cong phân bố chuẩn của sai số đo

trong đó: \bar{x} – vọng số (là giá trị trung bình của loạt đo), được tính như

sau:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6.9)$$

σ – sai lệch bình phương trung bình, được tính như sau:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (6.10)$$

Do trong thực tế không thể biết được giá trị thật Q của đại lượng đo nên có thể **lấy giá trị \bar{x} để biểu diễn kết quả đo thay cho Q** vì \bar{x} là giá trị gần Q nhất và đáng tin cậy nhất. Sai lệch giữa giá trị đo và giá trị trung bình của loạt đo được định nghĩa là **độ lệch v** :

$$v_i = x_i - \bar{x} \Rightarrow v_i^2 = (x_i - \bar{x})^2 \quad (6.11)$$

Sai lệch bình phương trung bình σ đặc trưng cho độ phân tán kích thước xung quanh giá trị \bar{x} nên còn gọi là sai lệch tiêu chuẩn. Nó thường dùng để biểu thị độ chính xác Δf của kết quả đo, nghĩa là giá trị thật Q của đại lượng đo thường dao động xung quanh giá trị \bar{x} một lượng không quá $\pm\sigma$

$$Q = \bar{x} \pm \sigma \quad (6.12)$$

Ví dụ: Cần kiểm tra một bề mặt trục có kích thước thiết kế cho trên bản vẽ là $\text{Ø}65n7$.

Tra bảng tiêu chuẩn có: $\text{Ø}65n7 = \text{Ø}65_{+0,02}^{+0,05}$

Đo nhiều lần đường kính trục bằng panme đo ngoài và được các giá trị đo cho trong bảng sau:

Lần đo	Giá trị đo x_i (mm)	Độ lệch v_i (μm)	v_i^2 (μm)
1	65,03	-7	49
2	65,04	+3	9
3	65,035	-2	4
4	65,05	+13	169
5	65,04	+3	9
6	65,025	-12	144
7	65,035	-2	4
8	65,04	+3	9
9	65,035	-2	4
10	65,04	+3	9
$n=10$	$\sum x_i = 650,370$ $\bar{x} = 65,037$	$\sum v_i = 0$	$\sum v_i^2 = 410$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum 410^2}{10}} \approx 6,7\mu\text{m}$$

Kết quả đo: $Q = \bar{x} \pm \sigma = \text{Ø}65,037 \pm 0,0067$ (mm)

Sai số của phép đo là $\Delta f = 13,4\mu\text{m}$. Ở đây cần phải kiểm tra lại sai số của phép đo có nằm trong phạm vi cho phép. Theo ISO, độ chính xác cho phép $[\Delta f]$ của phép đo tương ứng với cấp chính xác của kích thước được đo:

Cấp chính xác	1÷4	5	6	7	8	9	10	11÷18
$\frac{[\Delta f]}{2T_{ct}} 100\%$	35	32,5	30	27,5	25	20	15	10

T_{ct} là dung sai của kích thước chi tiết.

Do kích thước được đo có cấp chính xác 7 nên $\frac{[\Delta f]}{2T_{ct}} = 0,275$

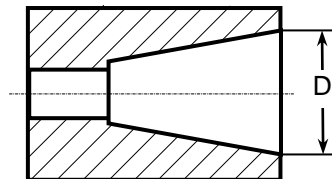
$$\Rightarrow [\Delta f] = 0,2753 \cdot 2T_{ct} = 0,27532330\mu\text{m} = 16,5\mu\text{m}$$

Như vậy, sai số của phép đo là $\Delta f = 13,4\mu\text{m} < [\Delta f] = 16,5\mu\text{m}$. Do đó, kết quả của phép đo chấp nhận được. Do $\bar{x} = \text{Ø}65,037$ nằm trong phạm vi kích thước giới hạn nhỏ nhất d_{min} và kích thước giới hạn lớn nhất d_{max} nên chi tiết được xem là đạt yêu cầu về kích thước.

Trong trường hợp sai số của phép đo vượt quá giới hạn cho phép, đó là do các giá trị đo của các lần đo phân tán quá rộng. Nguyên nhân có thể do chi tiết đo có sai lệch hình dạng và vị trí quá lớn hoặc dụng cụ đo có độ ổn định kém. Thông thường dung sai hình dạng và vị trí chỉ chiếm từ 25% đến 60% của dung sai kích thước. Nếu sai lệch hình dạng và vị trí vượt quá giới hạn đã nêu, cần phải loại bỏ chi tiết đó. Trường hợp sự phân tán rộng của các giá trị đo là do độ ổn định kém của dụng cụ đo. Để kết quả đo có độ tin cậy cao hơn, cần chọn lại dụng cụ đo khác có độ ổn định cao hơn hoặc dụng cụ đo có giá trị phân độ nhỏ hơn.

CÂU HỎI ÔN TẬP

- Các đơn vị đo cơ bản trong hệ SI gồm:*
 - Mét (m); Kilôgam (kg); Giây (s); Ampe (A); độ Kelvin (K).
 - Mét (m); Kilôgam (kg); Giây (s); Ampe (A); độ Kelvin (K); Candela (Cd).
 - Mét (m); Kilôgam (kg); Giây (s); Ampe (A); độ Kelvin (K); Candela (Cd); Radian (Rad).
 - Mét (m); Kilôgam (kg); Giây (s).
- Để đo khoảng cách tâm hai lỗ trên một bề mặt chi tiết, phải sử dụng phương pháp:*
 - Đo trực tiếp.
 - Đo tích cực.
 - Đo gián tiếp.
 - Đo tổng hợp.
- Tại sao thông thường nên sử dụng phương pháp đo trực tiếp hơn là đo gián tiếp?*
 - Vì đo trực tiếp có độ chính xác cao bởi không chịu ảnh hưởng của các yếu tố trung gian.
 - Vì đo trực tiếp không có sai số tính toán quy đổi.
 - Vì phương pháp này có năng suất cao do không phải đo nhiều thông số và không phải thực hiện các phép tính toán trung gian.
 - Tất cả đều đúng.
- Muốn áp dụng phương pháp đo tích cực, phải sử dụng các loại dụng cụ đo có khả năng:*
 - Đo tiếp xúc.
 - Đo không tiếp xúc.
 - Đo tuyệt đối.
 - Đo tổng hợp.
- Để đo chính xác kích thước D của chi tiết bên, phải sử dụng phương pháp:*
 - Đo trực tiếp.
 - Đo gián tiếp.
 - Đo so sánh.
 - Đo tổng hợp.



6. Việc lựa chọn phương pháp đo tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể trên cơ sở phân tích các yếu tố sau:
7. Dụng cụ có khoảng chia a và giá trị vạch chia c bằng nhau trên các thang chia độ là
8. Dụng cụ có khoảng chia a và giá trị vạch chia c khác nhau trên các thang chia độ là
9. Giá trị của đại lượng cùng tên với đại lượng đo và được thêm vào giá trị nhận được khi đo với mục đích loại trừ sai số hệ thống là
10. Căn cứ vào qui luật xuất hiện, sai số đo gồm có:.....
11. Ví dụ về một loại sai số ngẫu nhiên trong quá trình đo là:.....

Chương VII

ĐO KÍCH THƯỚC DÀI

Mục tiêu chương VII: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

1. Trình bày được nguyên lý cấu tạo, công dụng và phạm vi sử dụng của các loại dụng cụ đo kích thước dài thông dụng.
2. Biết cách đọc trị số trên các loại dụng cụ đo kích thước dài thông dụng.
3. Biết cách chọn phương pháp bảo quản và hiệu chỉnh thích hợp cho các loại dụng cụ đo kích thước dài.
4. Chọn được loại dụng cụ đo kích thước dài phù hợp với độ chính xác và năng suất theo yêu cầu.

7.1 KHÁI NIỆM

Để đo kích thước dài, có thể dùng nhiều loại dụng cụ đo có chuyển đổi khác nhau như chuyển đổi cơ khí, chuyển đổi quang học, chuyển đổi điện, chuyển đổi khí nén ... Trong phạm vi chương này sẽ chỉ đề cập đến các dụng cụ đo có chuyển đổi cơ khí (còn gọi là dụng cụ đo kiểu cơ khí).

Dụng cụ đo có chuyển đổi cơ khí là loại dụng cụ sử dụng chuyển đổi cơ khí để tiếp nhận tín hiệu vào từ đại lượng đo, biến đổi thành tín hiệu ra và thể hiện trên cơ cấu chỉ thị.

Chuyển đổi cơ khí có hai bộ phận cơ bản:

– Bộ phận cảm: có nhiệm vụ tiếp xúc với chi tiết đo để nhận sự biến đổi của kích thước đo và biến thành sự thay đổi về vị trí của bản thân nó.

Đối với dụng cụ đo chính xác, yêu cầu về chuyển động của bộ phận cảm là chuyển động có qui luật theo sự biến thiên của yếu tố cần đo, phải có tính ổn định cao đồng thời lực đo không thay đổi trong miền biến thiên của đại lượng đo.

– Bộ phận khuếch đại: có nhiệm vụ khuếch đại lượng thay đổi về vị trí của bộ phận cảm và truyền tới bộ phận chỉ thị, gây cho bộ phận chỉ thị một lượng dịch chuyển lớn trên thang chia độ.

Quan hệ chuyển vị giữa bộ phận cảm và bộ phận chỉ thị (do bộ phận khuếch đại tạo ra) phải đảm bảo thực hiện theo một qui luật yêu cầu

cho trước với độ chính xác cần thiết. Qui luật này phụ thuộc vào qui luật khắc vạch của thang chia độ và được biểu diễn bởi một hàm có dạng sau:

$$S_0 = f(S) \quad (7.1)$$

trong đó: S_0 là chuyển vị của bộ phận chỉ thị.

S là chuyển vị của bộ phận cảm.

Trong các dụng cụ đo kiểu cơ khí, để tạo thuận lợi cho việc khắc vạch trên thang chia độ (các vạch có phân bố đều), hàm f trong biểu thức (7.1) phải là một hàm tuyến tính, nghĩa là:

$$S_0 = K(S) \quad (7.2)$$

trong đó: K là hằng số và $K \neq 1$ (K được gọi là hệ số khuếch đại hoặc độ khuếch đại).

Như vậy tất cả các bộ phận khuếch đại phải là những cơ cấu có qui luật truyền động tuyến tính hoặc rất gần với tuyến tính.

7.2 CÁC LOẠI DỤNG CỤ ĐO KIỂU CƠ KHÍ THÔNG DỤNG

7.2.1 Thước cặp

1. Công dụng: Thước cặp dùng để đo các kích thước ngoài (chiều dài, chiều rộng, chiều cao, đường kính trụ ngoài ...), các kích thước trong (đường kính lỗ, chiều rộng rãnh ...) và chiều sâu. Tùy theo kết cấu mà thước có thể thực hiện một, hai hoặc cả ba công dụng nêu trên.

Tùy thuộc vào khả năng đạt được độ chính xác của thước khi đo, chia ra làm ba loại: thước cặp 1/10; 1/20 và 1/50.

Ngoài các loại thước cặp cơ khí có cấu tạo theo nguyên lý du xích (hình 7.1), còn có một số loại thước cặp khác như thước cặp có đồng hồ so (hình 7.2), thước cặp điện tử (hình 7.3).

2. Cấu tạo: Dù có hình dáng và kết cấu rất đa dạng, thước cặp cơ khí luôn có ba phần chính:

– Thước chính: mang mỏ đo cố định và trên thân có thang chia độ theo milimét.

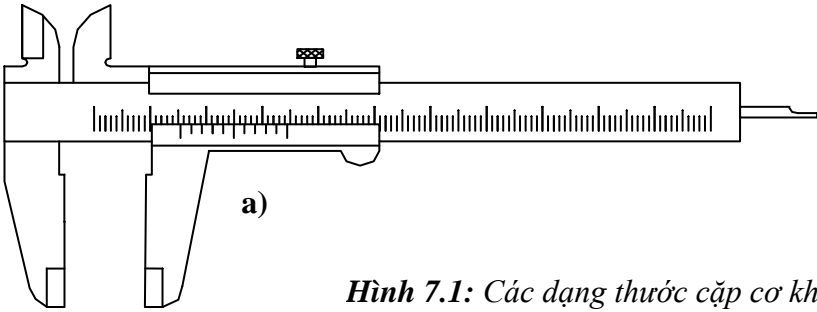
– Thước phụ (thước du xích): mang mỏ đo di động và trên thân có khắc vạch theo nguyên tắc sau:

Gọi a và a' là khoảng cách giữa hai vạch trên thước chính và trên thước phụ.

Gọi c và c' là giá trị giữa hai vạch trên thước chính và trên thước phụ.

$$Ta\ có\ biểu\ thức:\quad a' = c \cdot \gamma \cdot 2 \cdot c' \quad (7.3)$$

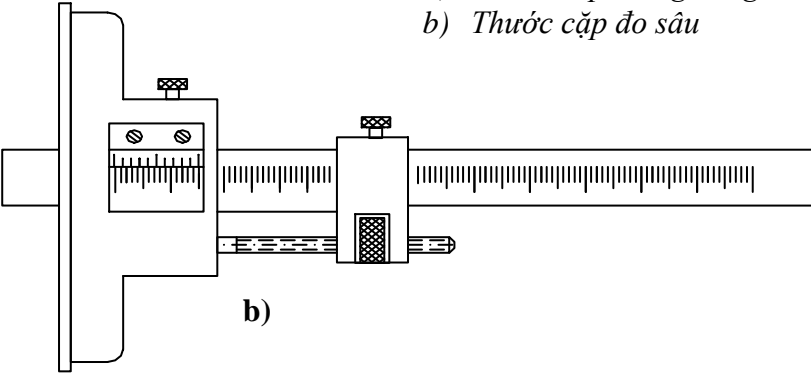
trong đó: γ là môđun của thước, đặc trưng cho mức độ phóng đại trên thước phụ (thường $\gamma = 1,2, \dots$).



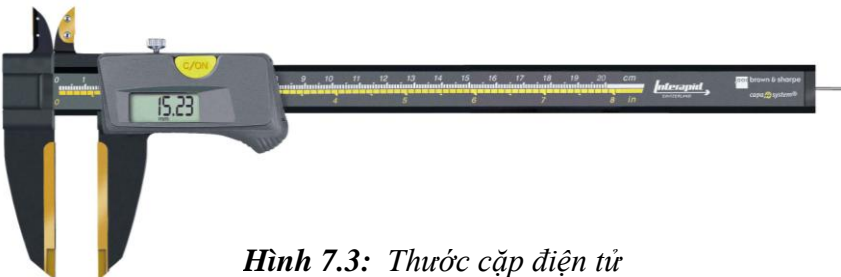
Hình 7.1: Các dạng thước cặp cơ khí

a) Thước cặp thông dụng

b) Thước cặp đo sâu



Hình 7.2: Thước cặp có đồng hồ so



Hình 7.3: Thước cặp điện tử

Ví dụ 1: Với thước cặp 1/10, ta có : $a = c = 1\text{mm}$, $c' = 1/10\text{mm}$

– Nếu $\gamma = 1$ thì $a' = c \cdot \gamma \cdot 2 \cdot c' = 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (1/10) = 9/10 = 0,9\text{mm}$; nghĩa là trên thước phụ lấy 9mm chia làm 10 phần bằng nhau (Hình 7.4a).

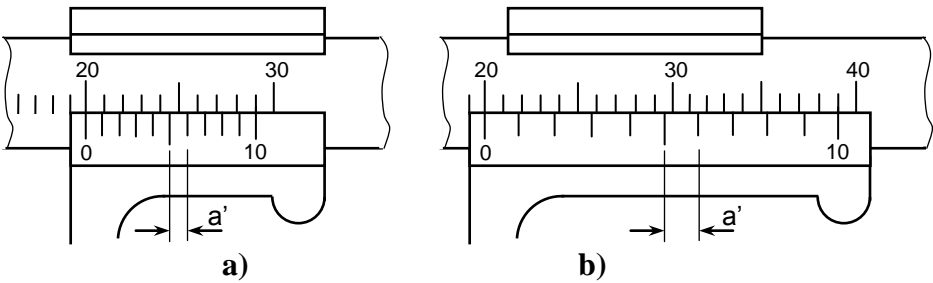
– Nếu $\gamma = 2$ thì $a' = c \cdot \gamma \cdot 2 \cdot c' = 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot (1/10) = 19/10 = 1,9\text{mm}$; nghĩa là trên thước phụ lấy 19mm chia làm 10 phần bằng nhau (Hình 7.4b).

Ví dụ 2: Với thước cặp 1/20, ta có : $a = c = 1\text{mm}$, $c' = 1/20\text{mm}$

– Nếu $\gamma = 1$ thì $a' = c \cdot \gamma \cdot 2 \cdot c' = 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (1/20) = 19/20 = 0,95\text{mm}$; nghĩa là trên thước phụ lấy 19mm chia làm 20 phần bằng nhau.

– Nếu $\gamma = 2$ thì $a' = c \cdot \gamma \cdot 2 \cdot c' = 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot (1/20) = 39/20 = 1,95\text{mm}$; nghĩa là trên thước phụ lấy 39mm chia làm 20 phần bằng nhau.

Cấu tạo của các thước khác cũng dựa vào nguyên tắc trên.



Hình 7.4: Cấu tạo thước phụ của thước cặp

a) $\gamma = 1$

b) $\gamma = 2$

3. Cách đọc kết quả đo trên thước cặp

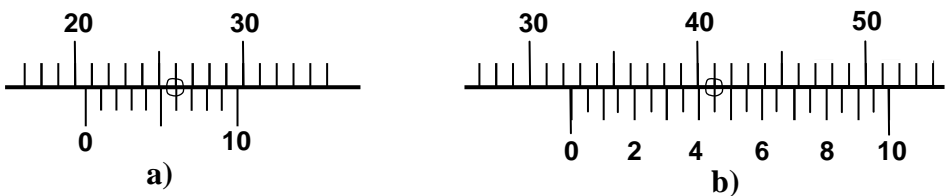
Kết quả đo L được xác định theo biểu thức sau:

$$L = m + i \cdot c' \quad (7.4)$$

trong đó : m là số vạch trên thước chính ở bên trái vạch 0 của thước phụ.

i là vạch thứ i trên thước phụ trùng với một vạch bất kỳ trên thước chính.

Ví dụ: Kết quả đo thước cặp trên hình 7.5 là:



Hình 7.5: Đọc kết quả đo trên thước cặp

a) Thước cặp 1/10

b) Thước cặp 1/20

$$\begin{aligned}
 L &= m + i.c' \\
 &= 20 + (6 \times 0,1) \\
 &= 20,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= m + i.c' \\
 &= 32 + (9 \times 0,05) \\
 &= 32,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. Cách bảo quản

- Không đo khi chi tiết đang quay, cần kiểm tra mặt vật đo sạch và không có ba via trước khi đo.
- Nên đọc số khi thước cặp đang kẹp vào chi tiết, hạn chế việc lấy thước ra khỏi bề mặt đo rồi mới đọc số.
- Luôn giữ thước sạch, không để chồng các vật khác lên thước.
- Lau chùi thước bằng giẻ sạch và bôi dầu chống rỉ sét sau khi hết ca làm việc.

7.2.2 Panme

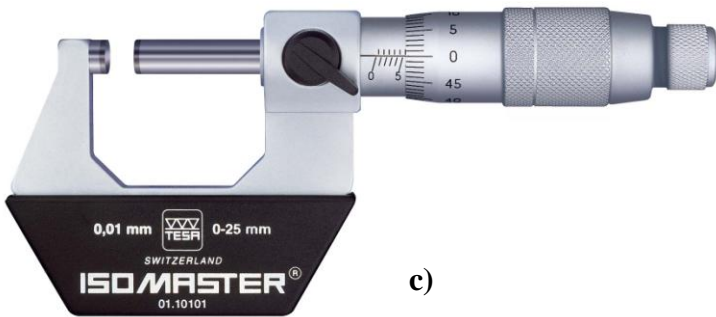
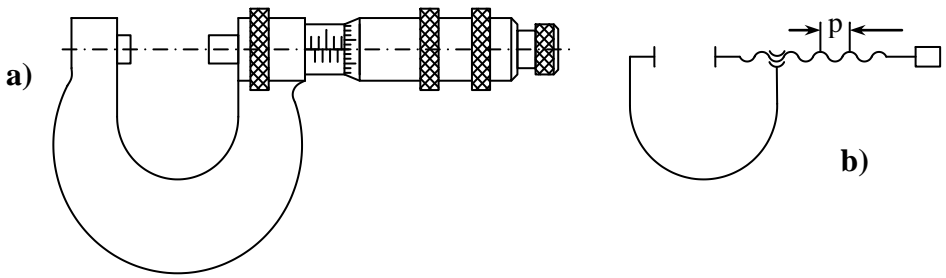
1. Công dụng

Panme là loại dụng cụ đo kích thước dài có độ chính xác cao hơn thước cặp, khả năng đo được đến 0,01mm (loại đặc biệt đến 0,001mm).

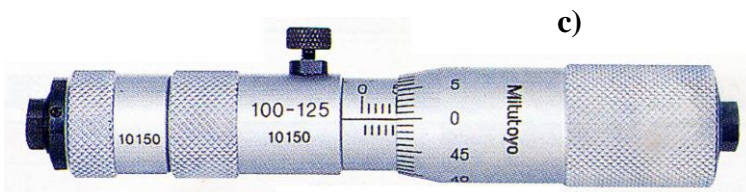
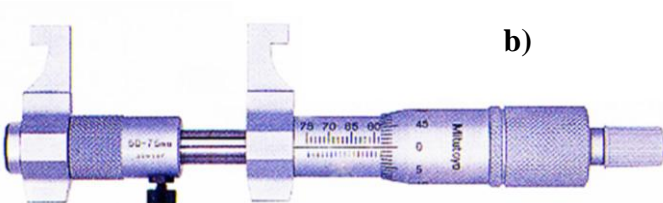
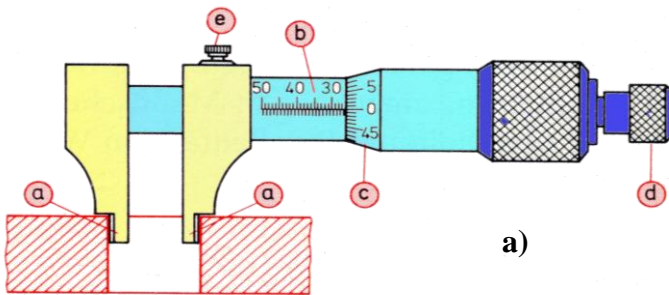
Có ba loại panme chính:

- Panme đo ngoài (hình 7.6): dùng để đo các kích thước như chiều dài, chiều rộng, độ dày, đường kính ...
- Panme đo trong (hình 7.7): dùng để đo các kích thước như đường kính lỗ, chiều rộng rãnh Để mở rộng phạm vi đo, mỗi panme đo trong bao giờ cũng kèm theo những trục nối có chiều dài khác nhau. Như vậy chỉ cần một panme đo trong có thể đo được nhiều kích thước khác nhau như : $75 \div 175$, $75 \div 600$, $150 \div 1250\text{mm}$...
- Panme đo sâu (hình 7.8): dùng để đo các kích thước như chiều sâu các rãnh, lỗ bậc và bậc thang ...

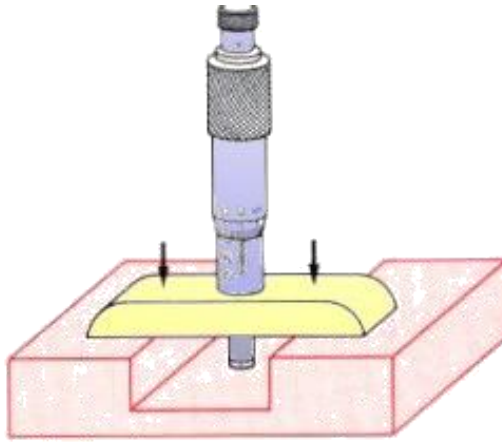
Các loại này chỉ khác nhau về thân và mỏ đo, còn các bộ phận chủ yếu khác có cấu tạo giống nhau.



Hình 7.6: Panme đo ngoài



Hình 7.7: Panme đo trong



Hình 7.8: Panme đo sâu

2. Cấu tạo

Panme có cấu trúc trên nguyên lý chuyển động của ren vít và đai ốc, trong đó biến chuyển động quay của tay quay thành chuyển động tịnh tiến của đầu đo di động (hình 7.6b). Cuối đầu đo di động có ren vít chính xác (với bước $p = 0,5\text{mm}$) ăn khớp với đai ốc đàn hồi được gắn cố định bên trong một ống trụ. Trên ống trụ có khắc thước chính với $a = c = 0,5\text{mm}$. Phần côn của ống quay có khắc 50 vạch chia đều theo chu vi. Giá trị vạch chia trên thước phụ này là:

$$c' = \frac{p}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \quad (7.5)$$

Để đảm bảo độ chính xác của panme, chiều dài phần ren vít trong cơ cấu truyền động thường là 25mm nhằm giảm sai số tích lũy bước ren trong quá trình chế tạo.

3. Cách đọc kết quả đo

Kết quả đo cũng gồm hai phần và được xác định như đối với thước cặp:

$$L = m + i.c'$$

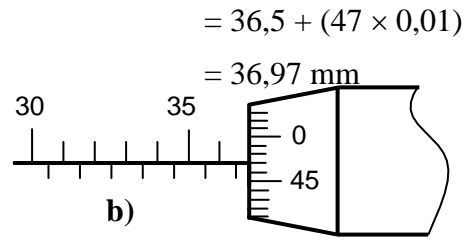
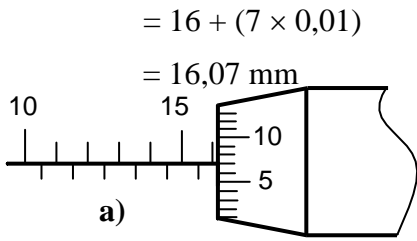
trong đó: m 2 số vạch trên thước chính ở bên trái của ống quay.

i 2 vạch thứ i trên thước phụ trùng với đường chuẩn trên ống cố định.

Ví dụ: Kết quả đo hình 7.9a và 7.9b là:

$$L = m + i.c'$$

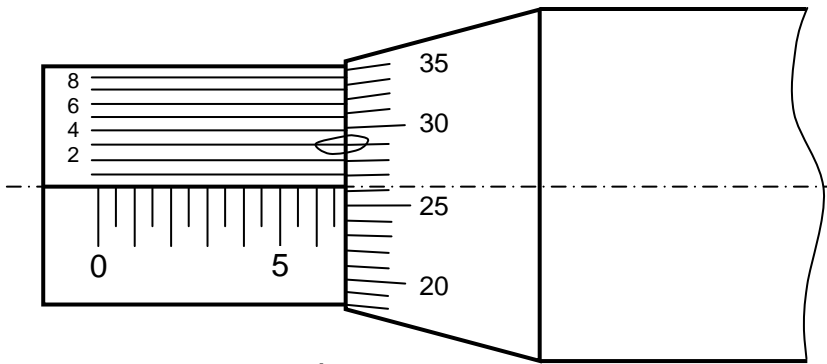
$$L = m + i.c'$$



Hình 7.9: Kết quả đo trên panme

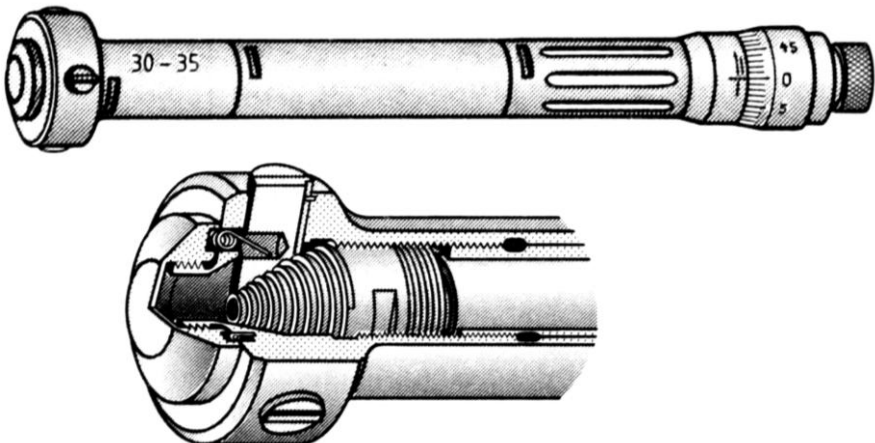
Để tăng khả năng đo được đến 0,001mm, ngoài hai thang đo trên, pame có thêm thang đo phần ngàn theo nguyên lý cấu tạo như du xích của thước cặp (hình 7.10).

Kết quả đo trên hình 7.10 là: $L = 6,763 \text{ mm}$



Hình 7.10: Panme đo phần ngàn

Để tạo thuận lợi cho thao tác đo trong quá trình đo các lỗ nhỏ, pame đo lỗ 3 tiếp điểm được chế tạo có khả năng cho 3 đầu đo di động ra vào đồng thời, tiếp xúc với bề mặt lỗ cần đo (hình 7.11).



Hình 7.11: Pame đo lỗ 3 tiếp điểm

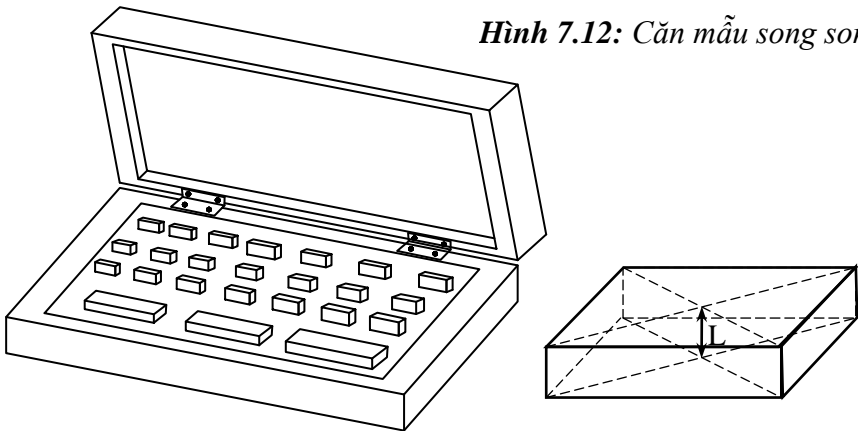
7.2.3 Căn mẫu song song

1. Cấu tạo

Căn mẫu song song là một loại mẫu chuẩn về chiều dài và có dạng hình khối chữ nhật với hai bề mặt làm việc được chế tạo rất song song, đạt độ chính xác về kích thước và độ bóng bề mặt cao (hình 7.12).

Kích thước đo L của căn mẫu là khoảng cách hai điểm chính giữa của hai bề mặt làm việc trên căn mẫu. Để giữ độ chính xác của kích thước làm việc này, căn mẫu được chế tạo bằng thép hợp kim chất lượng cao, có hệ số giãn nở nhiệt thấp và được nhiệt luyện đạt độ cứng cao ($62 \div 65$ HRC). Căn mẫu được chế tạo theo 4 cấp chính xác với mức độ chính xác giảm dần: cấp 0, 1, 2, 3. Trong đó, căn mẫu cấp 0 và 1 được dùng trong phòng thí nghiệm để đo lường cơ bản hay để kiểm tra và điều chỉnh các loại dụng cụ đo khác. Căn mẫu cấp 2, 3 được dùng trong sản xuất để kiểm tra sản phẩm.

Tiết diện của căn mẫu là 9×30 mm đối với các miếng căn mẫu có kích thước đo L ≤ 10 mm và bằng 9×35 mm đối với các miếng căn mẫu có kích thước đo L > 10 mm.



Hình 7.12: Căn mẫu song song

Vì mỗi miếng căn mẫu chỉ thể hiện một kích thước định trước nên để tạo ra một kích thước bất kỳ cần phải ghép nhiều miếng khác nhau trong một bộ. Căn mẫu thường được chế tạo thành từng bộ và đặt trong hộp. Số lượng miếng căn trong mỗi bộ thay đổi khác nhau (từ 7 đến 116 miếng) nhưng thông dụng nhất là bộ có 87 miếng và có kích thước được phân bố như sau:

* Căn chênh lệch 0,001:	1,001 – 1,002 – ... – 1,009	: 9 miếng
* Căn chênh lệch 0,01:	1,01 – 1,02 – ... – 1,49	: 49 miếng
* Căn chênh lệch 0,5:	0,5 – 1 – 1,5 – ... – 9,5	: 19 miếng
* Căn chênh lệch 10:	10 – 20 – 30 – ... – 100	: 9 miếng
	Tổng cộng	: 87 miếng

Ví dụ: Muốn kiểm tra kích thước $L = 80_{-0,014}$ mm, cần có hai miếng căn mẫu có kích thước $L_{\max} = 80\text{mm}$ và $L_{\min} = 79,986\text{mm}$. Miếng căn mẫu với kích thước L_{\max} đã có sẵn, còn miếng căn mẫu với kích thước L_{\min} được ghép từ các miếng sau:

$$L_{\min} = 1,006 + 1,48 + 7,5 + 70 = 79,986\text{mm}$$

2. Công dụng

- Kiểm tra trực tiếp kích thước chi tiết như bề rộng rãnh ...
- Kết hợp với các dụng cụ đo khác như đồng hồ so, ôpimét ... để xác định kích thước chi tiết bằng phương pháp đo so sánh.
- Dùng làm chuẩn để kiểm tra và khắc vạch các loại dụng cụ đo.
- Dùng làm chuẩn để điều chỉnh máy trước khi gia công chi tiết trong sản xuất hàng loạt bằng phương pháp tự động đạt kích thước.

3. Các yêu cầu của việc ghép và bảo quản căn mẫu

- Lau sạch căn mẫu bằng xăng trắng và vải mềm trước khi ghép.
- Dùng phương pháp vừa xoa vừa ép với một áp lực nhẹ để đảm bảo các miếng tự dính chặt với nhau thành một khối.
- Số lượng căn mẫu cần thiết để ghép thành một kích thước bất kỳ càng ít càng tốt (không quá 4 miếng) và phải nằm trong cùng một bộ.
- Sau khi sử dụng xong nên tháo rời các miếng căn, rửa sạch bằng xăng, lau khô và bôi một màng mỏng vadolin để bảo vệ.
- Hộp căn mẫu phải được đặt nơi khô ráo, không có nắng nóng và nhiệt độ ít thay đổi

7.2.4 Calíp giới hạn

1. Công dụng

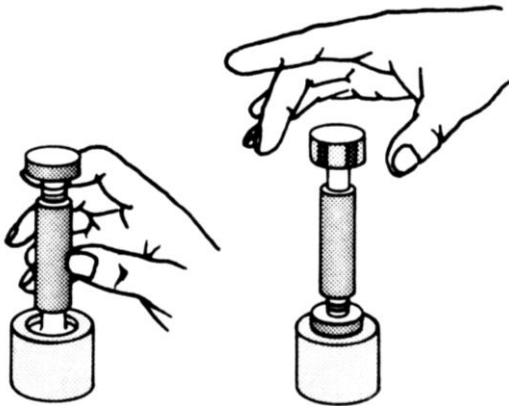
Calíp dùng để kiểm tra các thông số về kích thước của chi tiết trong sản xuất hàng loạt vì kết cấu của nó đơn giản, dễ chế tạo và công việc kiểm tra được thực hiện rất nhanh chóng. Đây là loại dụng cụ đo không

có cơ cấu chỉ thị nên chỉ dùng để xác định kích thước thực của chi tiết có nằm trong phạm vi dung sai cho phép hay không (hình 7.13).

2. Phân loại: có nhiều cách phân loại khác nhau.

- Theo mục đích của việc kiểm tra, phân ra:
 - Calíp thợ: để kiểm tra chi tiết trong quá trình gia công.
 - Calíp thu nhận: để kiểm tra thu nhận sản phẩm.
 - Calíp kiểm tra: để kiểm tra lại độ chính xác của hai loại calíp trên sau một thời gian sử dụng.
- Theo phạm vi sử dụng, phân ra: calíp trụ, calíp côn, calíp ren, calíp then hoa ...
- Theo dạng bề mặt kiểm tra, phân ra:
 - Calíp nút: để kiểm tra bề mặt trong của chi tiết.
 - Calíp hàm: để kiểm tra bề mặt ngoài của chi tiết.

Trong phần này chỉ đề cập đến loại calíp nút và calíp hàm dùng để kiểm tra bề mặt trụ trơn trong quá trình gia công.



Hình 7.13: Kiểm tra chi tiết bằng calíp nút

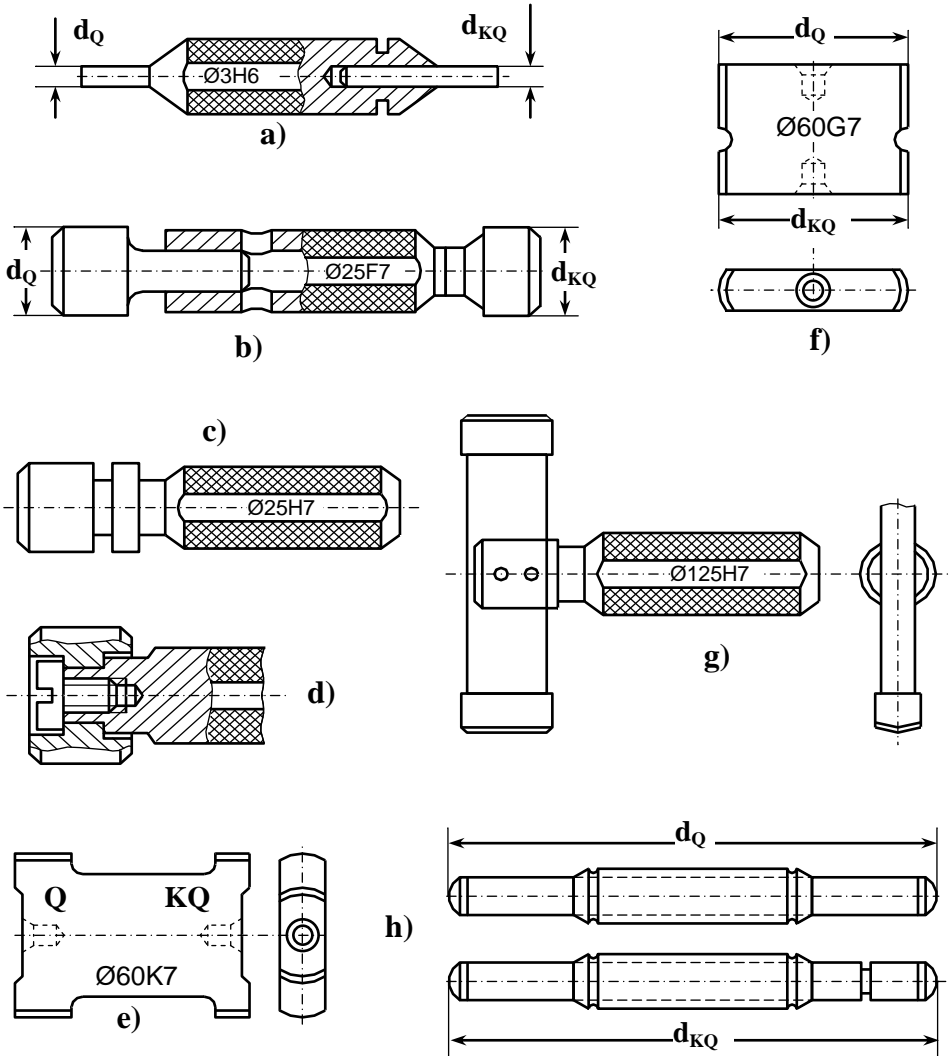
3. Cấu tạo

Calíp có rất nhiều kiểu với kết cấu khác nhau. Tuy nhiên về cơ bản, cấu tạo của calíp gồm có thân và hai đầu đo: đầu qua (ký hiệu Q) và đầu không qua (ký hiệu KQ).

Hình 7.14 và 7.15 giới thiệu các loại calíp nút và calíp hàm thông dụng. Đầu qua của calíp bao giờ cũng dài hơn đầu không qua vì hai lý do sau:

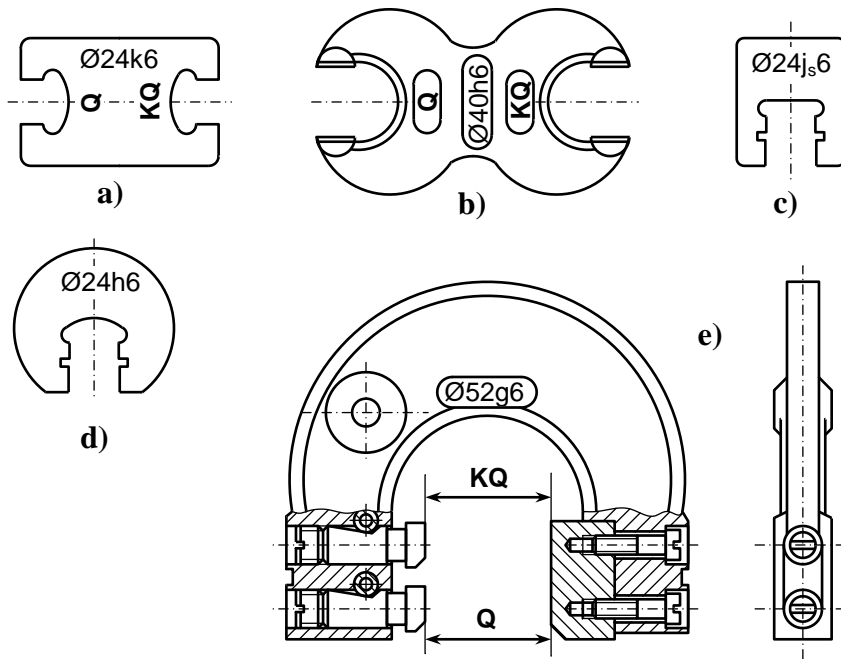
– Đầu qua của calíp làm việc nhiều hơn đầu không qua nên dễ bị mòn hơn.

– Loại trừ được ảnh hưởng của sai lệch về hình dạng trên chi tiết (như độ cong đường tâm trục) đến kết quả kiểm tra.



Hình 7.14: Calíp nút

- a) Cho kích thước từ $1 \div 3\text{mm}$
- b) Cho kích thước từ $3 \div 50\text{mm}$ (đầu đo thay đổi).
- c) Cho kích thước từ $3 \div 50\text{mm}$ (đầu đo không thay đổi).
- d) Cho kích thước từ $50 \div 100\text{mm}$ (đầu đo thay đổi).
- e) và f) Cho kích thước từ $50 \div 250\text{mm}$.
- g) Cho kích thước từ $100 \div 300\text{mm}$
- h) Cho kích thước từ $160 \div 360\text{mm}$



Hình 7.15: Calíp hàm

- a) và b) : dùng cho các kích thước từ 3 đến 10mm
- c) và d) : dùng cho các kích thước từ 10 đến 100mm
- e) : dùng cho các kích thước từ 100 đến 325mm

4. Kích thước danh nghĩa và dung sai của calíp thợ

– Kích thước danh nghĩa: Về nguyên tắc, kích thước danh nghĩa đầu qua và đầu không qua của calíp phải tương ứng bằng các kích thước giới hạn của chi tiết cần kiểm tra; nghĩa là :

Với calíp nút: $d_Q = D_{\min}$ và $d_{KQ} = D_{\max}$

Với calíp hàm: $D_Q = d_{\max}$ và $D_{KQ} = d_{\min}$

trong đó: D_{\min} và D_{\max} 2 kích thước nhỏ nhất và lớn nhất của lỗ cần kiểm tra.

d_{\min} và d_{\max} 2 kích thước nhỏ nhất và lớn nhất của trục cần kiểm tra.

– Dung sai: dung sai và sự phân bố khoảng dung sai các kích thước của calíp thợ phụ thuộc vào cấp chính xác của chi tiết cần kiểm tra. Trị số dung sai này thường lấy từ 10 ÷ 25% dung sai kích thước của chi tiết và chọn theo trị số trong bảng tiêu chuẩn.

Đầu qua của calíp vì làm việc có ma sát nhiều nên trong tiêu chuẩn có qui định dung sai mòn, còn đầu không qua thì không cần.

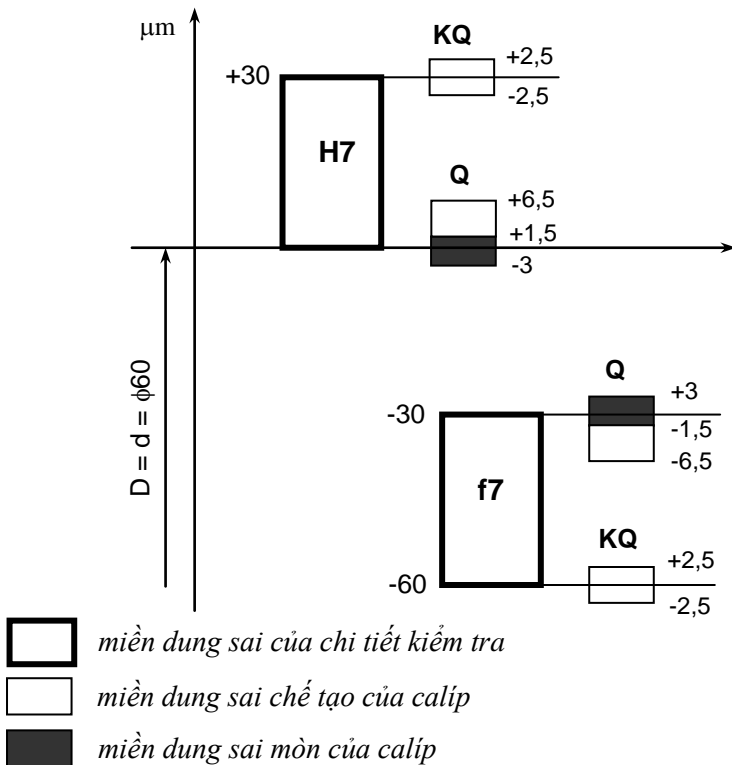
– Kích thước chế tạo của calíp thợ : trên bản vẽ chế tạo calíp, cần ghi kích thước chế tạo của nó gồm kích thước danh nghĩa và dung sai. Người ta không lấy kích thước giới hạn của chi tiết làm kích thước danh nghĩa cho calíp mà qui định như sau:

* Với calíp nút: lấy kích thước giới hạn lớn nhất của calíp làm kích thước danh nghĩa chế tạo, còn dung sai phân bố về phía âm.

* Với calíp hàm: lấy kích thước giới hạn nhỏ nhất của calíp làm kích thước danh nghĩa chế tạo, còn dung sai phân bố về phía dương.

Phần dung sai mòn là để dự trữ cho độ mòn của calíp trong quá trình sử dụng. Khi chế tạo, kích thước calíp chỉ nằm trong phần dung sai chế tạo chứ không kể đến phần dung sai mòn.

Ví dụ: Hình 7.16 biểu diễn miền dung sai của calíp thợ dùng để kiểm tra các chi tiết lỗ và trục trong lắp ghép có $D = d = \phi 60$ H7/f7



Hình 7.16: Miền dung sai của calíp

Kích thước chế tạo của calíp là:

* Calíp nút: Đầu qua : $d_Q = \phi 60,0065_{-0,005}$ mm

Đầu không qua : $d_{KQ} = \phi 60,0325_{-0,005}$ mm

* Calíp hàm: Đầu qua : $D_Q = \phi 59,9635^{+0,005}$ mm

Đầu không qua : $D_{KQ} = \phi 59,9375^{+0,005}$ mm

5. Các yêu cầu kỹ thuật của calíp

- Vật liệu chế tạo calíp phải có tính chống mòn cao, tính chống rỉ tốt (thường dùng thép cacbon dụng cụ hoặc thép hợp kim dụng cụ).
- Calíp phải được nhiệt luyện đạt độ cứng cao ($56 \div 64$ HRC).
- Độ nhám bề mặt làm việc của calíp đạt từ cấp 8 đến cấp 12 tùy thuộc vào cấp chính xác của chi tiết cần kiểm tra.
- Sai lệch hình dáng hình học của bề mặt làm việc của calíp nằm trong giới hạn khoảng dung sai kích thước calíp.

6. Cách sử dụng và bảo quản

- Không sử dụng sức mạnh ấn calíp vào chi tiết kiểm tra.
- Không tiến hành kiểm tra chi tiết lúc đang quay hay còn nóng.
- Phải lau sạch bề mặt của chi tiết và calíp trước khi kiểm tra.
- Sau khi sử dụng, cần lau chùi calíp cẩn thận và bôi dầu vào các bề mặt làm việc.

7.2.5 Đồng hồ so

1. Công dụng

Đồng hồ so là một loại dụng cụ đo có mặt số, được sử dụng rộng rãi trong sản xuất với các công dụng sau:

- Kiểm tra kích thước chi tiết bằng phương pháp đo so sánh trong sản xuất hàng loạt.
- Kiểm tra sai lệch về hình dạng của bề mặt cũng như sai lệch về vị trí tương quan giữa các bề mặt trên chi tiết.
- Dùng để điều chỉnh máy trong sản xuất hàng loạt, gá đặt chính xác chi tiết trước khi gia công trong sản xuất đơn chiếc hay trong sửa chữa.

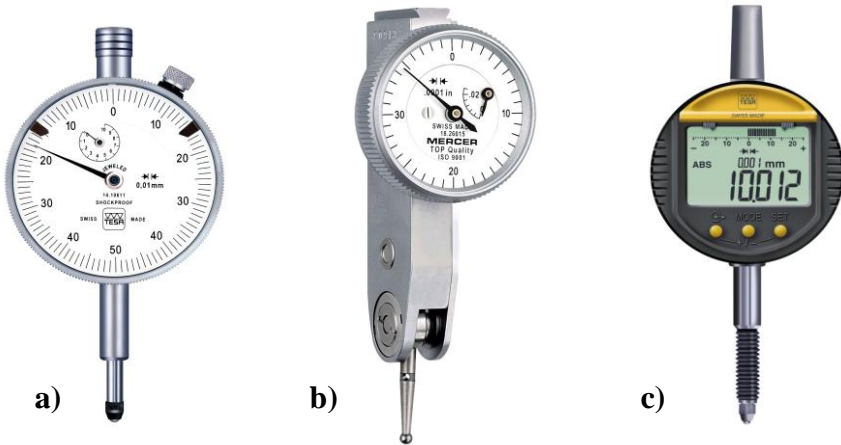
2. Cấu tạo

Đồng hồ so có rất nhiều kiểu với kết cấu khác nhau. Tuy nhiên, về cơ bản đồng hồ so thường có các bộ phận chính sau:

- Bộ phận cảm gồm đầu đo, thanh đo ...
- Bộ phận chuyển đổi và khuếch đại.
- Bộ phận chỉ thị gồm mặt số, kim chỉ thị ...
- Bộ phận ổn định gồm lò xo và các chi tiết phụ khác.

Tùy theo cơ cấu của bộ phận chuyển đổi – khuếch đại, có các loại đồng hồ so sau: đồng hồ so dùng đòn, đồng hồ so dùng bánh răng, đồng hồ so dùng trục vít và đồng hồ so dùng lò xo.

Hình 7.17 là hình dáng bên ngoài của đồng hồ so dùng bánh răng. Có các loại sau: đồng hồ so hiển thị số với thanh đo chuyển động tịnh tiến (hình a) hoặc đồng hồ so chân gấp có thanh đo chuyển động lắc (hình b) và đồng hồ so điện tử (hình c).



Hình 7.17: Các loại đồng hồ so

Khi sử dụng, đồng hồ so thường được gá vào các loại đế gá với kết cấu khác nhau như hình 7.18



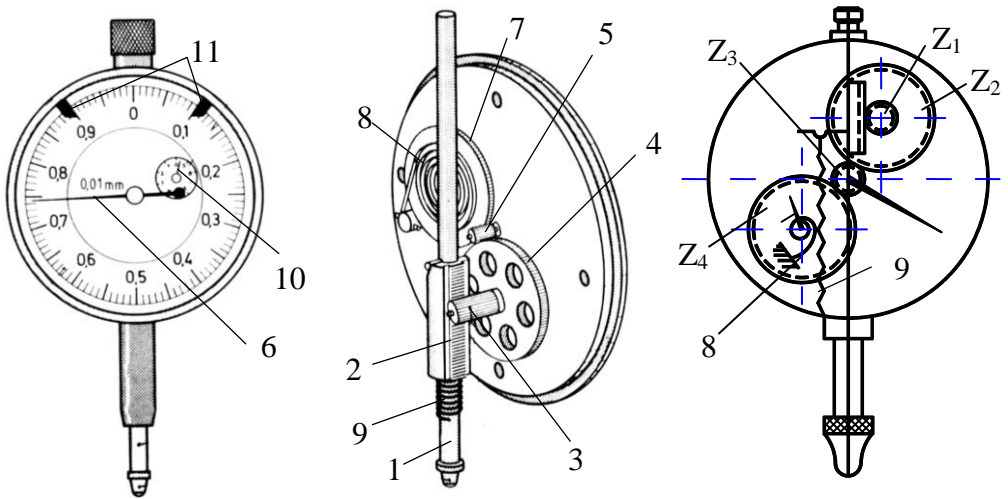
Nguyên lý hoạt động của đồng hồ so như sau (hình 7.19):

Khi kích thước chi tiết thay đổi, ứng với một lượng dịch chuyển rất nhỏ của thanh đo 1, qua truyền động thanh răng 2 2 bánh răng nhỏ Z_1 và bộ bánh răng tăng tốc Z_2, Z_3 làm cho kim dài 6 quay một góc rất lớn.

Sự biến thiên của đại lượng đo được xác định thông qua số vạch mà kim dài quay và giá trị vạch chia của đồng hồ so.

Nhờ bộ bánh răng giảm tốc Z_3, Z_4 , chuyển động từ bánh răng lớn Z_3 truyền sang bánh răng nhỏ Z_4 làm quay kim ngắn một góc rất nhỏ để dễ theo dõi số vòng quay của kim dài. Khi kim dài quay một vòng thì kim ngắn quay đi một vạch.

Công dụng của lò xo xoắn 5 là giữ cho thanh đo luôn đi xuống tạo ra áp lực đo ban đầu. Lò xo lá 6 quấn với trục của bánh răng Z_4 để gây ra sức căng trong toàn bộ hệ thống bánh răng nhằm khử khe hở mặt bên của mặt răng không làm việc.



Hình 7.19: Đồng hồ so dùng bánh răng

- | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 – Thanh đo | 2 – Thanh răng | 3 – Bánh răng nhỏ Z_1 |
| 4 – Bánh răng lớn Z_2 | 5 – Bánh răng nhỏ Z_3 | 6 – Kim dài |
| 7 – Bánh răng lớn Z_4 | 8 – Lò xo lá | 9 – Lò xo xoắn |
| 10 – Kim ngắn | 11 – Vạch chính miền dung sai | |

Độ khuếch đại K của loại đồng hồ so này là:

$$K = \frac{2L}{Z_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} \quad (7.6)$$

trong đó : L 2 chiều dài kim chỉ thị 1

m 2 môđun của hệ thống bánh răng (m = 0,1 hoặc 0,2).

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 2 số răng của các bánh răng ($Z_1 = 16, Z_2 = Z_4 = 100, Z_3 = 10$).

Thường $K = 100, c = 0,01\text{mm}$, phạm vi chỉ thị là $\pm 1\text{mm}$.

Chuyển vị S_0 của kim chỉ thị và chuyển vị S của bộ phận cảm có quan hệ tuyến tính theo công thức:

$$S_0 = K \cdot S \quad (7.7)$$

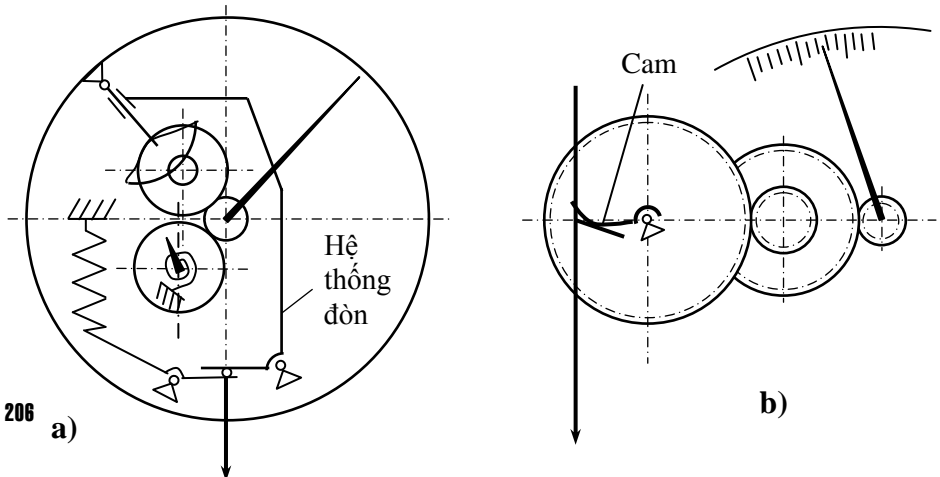
Sai số động học ΔF_Σ của bánh răng Z_1 sẽ gây chỉ kim chỉ thị một sai số tính bằng công thức :

$$\Delta S_0 = K \cdot \Delta F_\Sigma \quad (7.8)$$

Để bảo đảm độ chính xác của đồng hồ so, ΔS_0 không cho phép lớn nên ΔF_Σ cũng phải nhỏ, nghĩa là bánh răng phải được gia công với độ chính xác rất cao. Vì lý do đó, nếu $K = 1000$ thì sai số động học ΔF_Σ của bánh răng Z_1 nhỏ đến nỗi việc chế tạo không thể thực hiện được. Để giải quyết vấn đề này, người ta không dùng ăn khớp răng cho cặp truyền động thứ nhất mà theo một trong hai phương án sau:

– Kết hợp giữa đòn và bánh răng, đòn ở phần đầu và bánh răng ở phần cuối trong sơ đồ động của đồng hồ so (hình 7.20a).

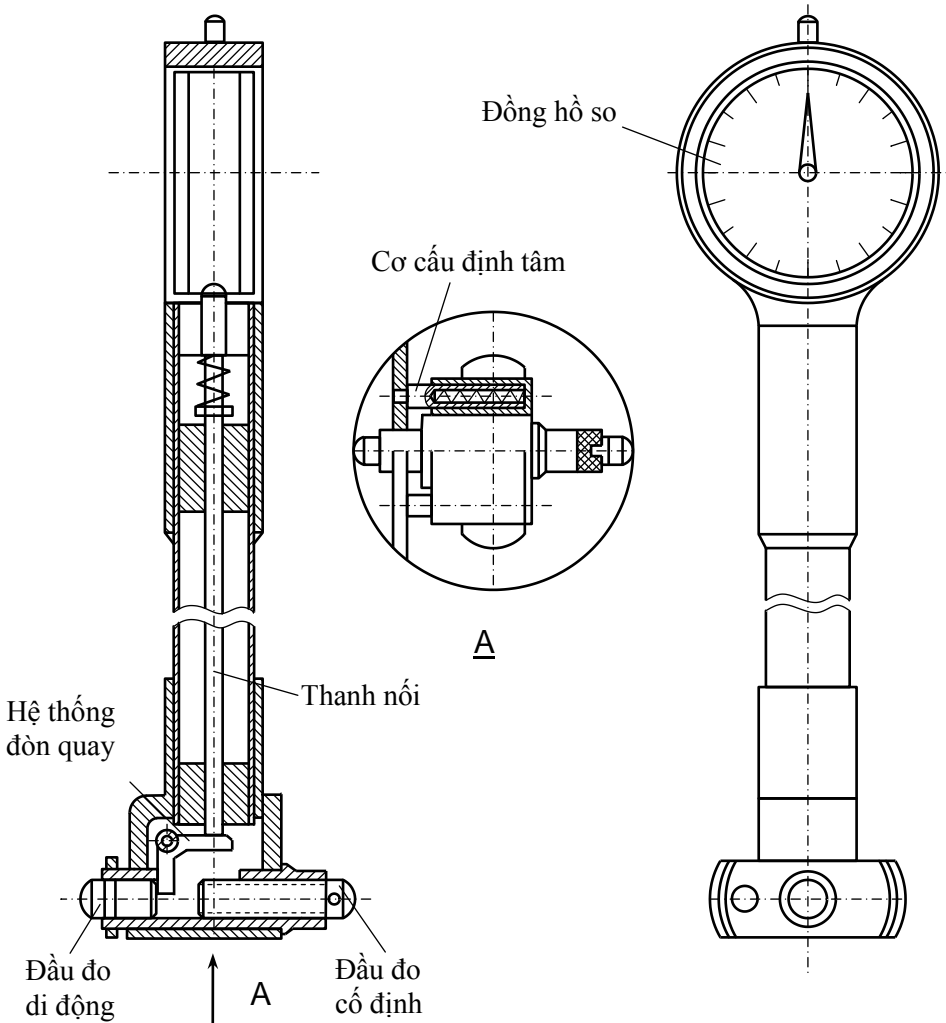
– Dùng ba cặp ăn khớp, trong đó cặp ăn khớp đầu tiên là thanh đẩy và cam có biên dạng thân khai, còn hai cặp sau là ăn khớp bánh răng (7.20b).



Ưu điểm của các phương án này là thay cho sai số động học của bánh răng (nếu dùng ăn khớp thanh răng2bánh răng) bằng sai số truyền động của hệ thống đòn hay sai số biên dạng thân khai của một răng (có giá trị nhỏ hơn nhiều).

7.2.6 Đồng hồ đo trong

1. Công dụng: dùng để đo lỗ có đường kính từ 6 đến 1000mm bằng phương pháp đo so sánh.



Hình 7.21: Đồng hồ đo trong

2. Cấu tạo: gồm hai phần:

- Phần đồng hồ so: giống như đồng hồ so thông dụng.
- Phần thân nối: là hệ thống đòn để truyền chuyển động ngang của đầu đo di động đến chuyển động đứng của trục đồng hồ so.

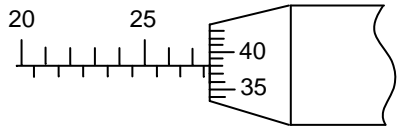
Ngoài ra để đảm bảo hai đầu đo đi qua đường kính lỗ cần đo, người ta chế tạo cơ cấu định tâm như hình 7.21.

3. Cách sử dụng

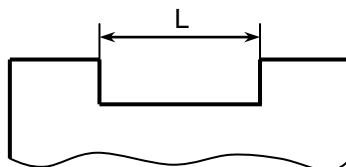
- Thay cỡ đầu đo cố định cho phù hợp với kích thước lỗ cần đo.
- Chính "0" dụng cụ bằng cách đặt hai đầu đo của đồng hồ đo trong vào vào trong vòng chuẩn (có kích thước chính xác). Có thể thay thế vòng chuẩn bằng hai đầu đo của panme đo ngoài đã điều chỉnh sẵn theo kích thước danh nghĩa của lỗ cần đo (hoặc theo khối căn mẫu đặt trong giá kẹp).
- Đưa dụng cụ vào lỗ cần đo và cơ cấu định tâm sẽ đảm bảo hai đầu đo của dụng cụ đi qua đường kính lỗ.
- Lắc nhẹ dụng cụ trong mặt phẳng chứa đường tâm chi tiết và đọc giá trị sai lệch nhỏ nhất ở các vị trí. Kích thước thật của lỗ sẽ bằng kích thước danh nghĩa đã điều chỉnh cộng (hoặc trừ) với sai lệch nhỏ nhất đã được xác định ở trên.

CÂU HỎI ÔN TẬP

- Bộ phận trên dụng cụ đo có nhiệm vụ tiếp xúc với chi tiết đo để nhận sự biến đổi của kích thước đo là:
 - Bộ phận cảm.
 - Bộ phận chuyển đổi.
 - Bộ phận khuếch đại.
 - Bộ phận chỉ thị.
- Với thước cặp 1/50, $\gamma = 2$, khoảng cách giữa 2 vạch trên thước phụ là:
 - 0,95 mm.
 - 1,95 mm.
 - 1,95 mm.
 - 1,98 mm.
- Với sơ đồ bên, kết quả đo được trên panme là:
 - 27,088 mm.
 - 27,038 mm.
 - 27,38 mm.
 - 27,88 mm.



- Để kiểm tra loạt chi tiết trục có kích thước $\Phi 36 \pm 0,012$, có thể dùng:
 - Calíp hàm có ký hiệu $\Phi 36j_s7$.
 - Calíp hàm có ký hiệu $\Phi 36J_s7$.
 - Calíp nút có ký hiệu $\Phi 36j_s7$.
 - Calíp nút có ký hiệu $\Phi 36J_s7$.
- Tiêu chuẩn qui định phần dung sai mòn để dự trữ cho độ mòn của calíp trong quá trình sử dụng. Dung sai mòn được bố trí cho:
 - Đầu qua của calíp nút và đầu không qua của calíp hàm.
 - Đầu không qua của calíp nút và đầu qua của calíp hàm.
 - Đầu qua của calíp nút và của calíp hàm.
 - Đầu không qua của calíp nút và của calíp hàm.
- Một dụng cụ đo kiểu cơ khí có thể dùng để kiểm tra hàng loạt kích thước chi tiết bằng phương pháp đo so sánh, kiểm tra sai lệch về hình dạng và vị trí tương quan của chi tiết, ngoài ra còn có thể dùng để điều chỉnh máy và gá đặt chính xác chi tiết trước khi gia công. Đó là:
- Căn mẫu song song có công dụng:
- Vì mỗi miếng căn mẫu chỉ thể hiện được một kích thước bất kỳ nên khi sử dụng thường ghép nhiều miếng căn mẫu lại với nhau. Việc ghép các miếng căn mẫu phải tuân theo các yêu cầu sau:
- Để kiểm tra kích thước L của chi tiết bên, có thể sử dụng các dụng cụ đo là:

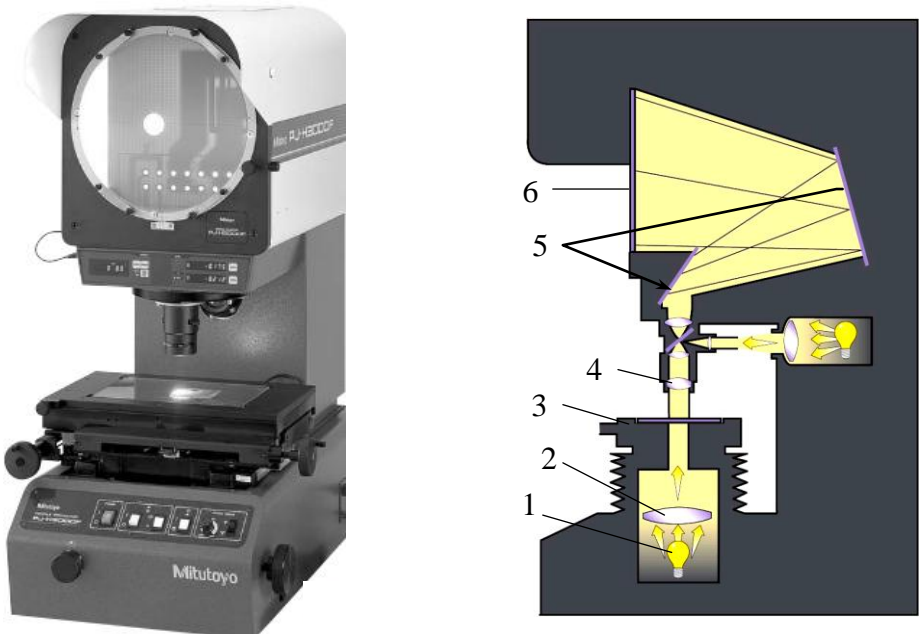


10. Dùng bộ căn mẫu có 87 miếng để kiểm tra kích thước bề rộng rãnh $L = 125_{-0,028}^{+0,012}$. Để đạt kích thước L_{max} và L_{min} , cần ghép các miếng căn mẫu sau: $L_{max} = \dots\dots\dots$ và $L_{min} = \dots\dots\dots$
11. Đồng hồ đo trong khác với đồng hồ so chủ yếu ở:
- Bộ phận cảm.
 - Bộ phận chỉ thị.
 - Bộ phận chuyên đổi và khuếch đại.
 - Bộ phận ổn định lực đo.
12. Khi đo các lỗ có kích thước khác nhau bằng đồng hồ đo trong, cần phải:
- Thay cỡ đồng hồ so cho phù hợp với kích thước cần đo.
 - Thay cỡ đầu đo cố định và di động cho phù hợp với kích thước cần đo.
 - Thay cỡ đầu đo cố định cho phù hợp với kích thước cần đo.
 - Tất cả đều đúng.
13. Công dụng của "cơ cấu định tâm" trong đồng hồ đo trong là để đảm bảo:
- Đường tâm của lỗ cần đo ở vị trí thẳng đứng.
 - Đường tâm của hai đầu đo cố định và di động đi qua đường kính lỗ cần đo.
 - Hai đầu đo cố định và di động của dụng cụ đồng tâm với nhau.
 - Tâm của đầu đo di động trùng với tâm của lỗ cần đo.

Máy chiếu biên dạng sử dụng nguyên tắc chiếu hình, được mô tả trên hình 7.23. Hệ quang gồm có nguồn sáng S, tụ quang T, vật kính VK và màn hình M. Đặt vật đo có kích thước H lên bàn máy, nằm trong khoảng giữa của tụ quang và vật kính. Ảnh của chi tiết sẽ cho trên màn hình với kích thước H' và có độ phóng đại K là $K = \frac{H'}{H}$. Điều chỉnh độ cao thích hợp của hệ thống quang học để có được hình ảnh sắc nét của chi tiết trên màn hình.

Độ phóng đại K có thể thay đổi được nhờ thay thế các vật kính có tiêu cự khác nhau. Thông thường K = 5 ; 10 ; 20 ; 50 ; 100

Máy chiếu biên dạng dùng đo kích thước dài với giá trị phân độ 0,001mm hoặc đo góc với giá trị phân độ 1'



Hình 7.23: Máy chiếu biên dạng

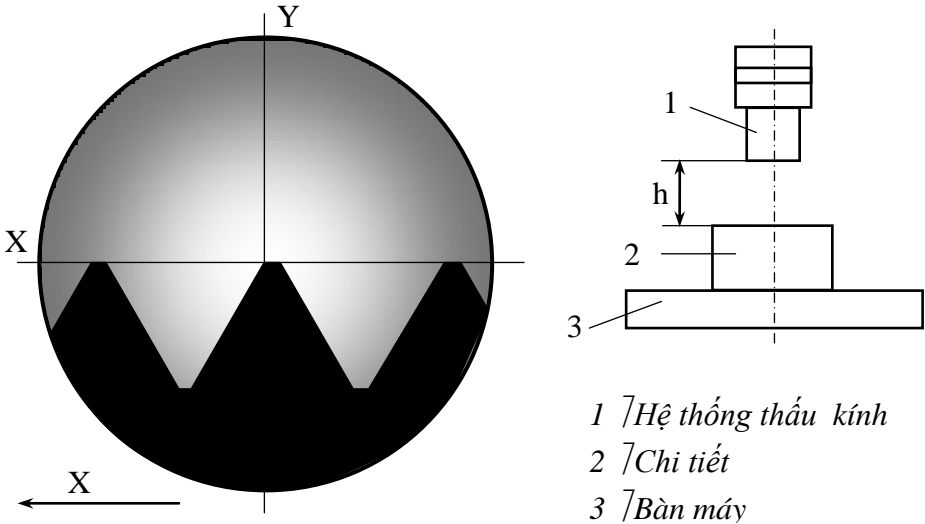
1 – Nguồn sáng ; 2 – Tụ quang ; 3 – Bàn máy mang chi tiết

4 – Vật kính ; 5 – Gương phẳng ; 6 – Màn hình

Bàn máy có thể có các chuyển động theo phương dọc Z, phương ngang Y và quay tròn theo phương X. Lượng dịch chuyển của bàn máy theo các phương được xác định nhờ cơ cấu đọc số bằng vít tít vi hoặc hiển thị số điện tử. Hệ thống lưới vạch gồm hai “sợi dây tóc” vuông góc khắc trên màn hình là chuẩn cơ bản cho việc đọc kết quả đo.

Cách đo kích thước dài: Ví dụ đo bước ren P (hình 7.24)

- Chỉnh lưới vạch ở vị trí 0 (vạch ngang trùng với phương chuyển động dọc X của bàn máy và vạch đứng trùng với phương chuyển động ngang Y của bàn máy).
- Đặt chi tiết cần đo lên bàn máy và hiệu chỉnh độ cao h của hệ thống thấu kính sao cho có ảnh của chi tiết rõ nét nhất trên màn hình.
- Xoay bàn máy sao cho vạch ngang trùng với đường kính ngoài của ren và vạch đứng trùng với đỉnh ren. Đọc giá trị lần đầu trên cơ cấu chỉ thị hoặc chỉnh 0 cho cơ cấu hiển thị số.
- Di chuyển bàn máy theo phương dọc X đến khi vạch đứng trùng với đỉnh ren thứ 2 và đọc giá trị lần thứ hai trên cơ cấu chỉ thị.
- Hiệu giá trị chỉ thị giữa hai lần đọc số chính là kết quả đo.

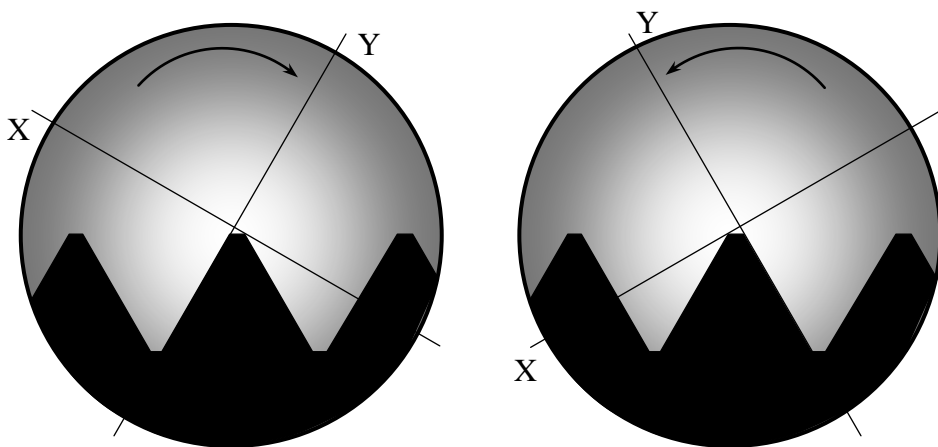


Hình 7.24: Đo kích thước dài trên máy chiếu biên dạng

Cách đo kích thước góc: Ví dụ đo góc pôphin ren α (hình 7.25)

- Chỉnh lưới vạch sao cho tâm quay trùng với đỉnh ren và sợi dây tóc trùng với cạnh thứ nhất của ren.
- Đọc giá trị lần đầu trên cơ cấu chỉ thị hoặc chỉnh 0 cho cơ cấu chỉ thị.
- Xoay tâm lưới vạch trên màn hình sao cho sợi dây tóc trùng với cạnh thứ hai của ren.

- Đọc giá trị lần thứ hai trên cơ cấu chỉ thị.
- Hiệu giá trị chỉ thị giữa hai lần đọc số chính là kết quả đo.



Hình 7.24: Đo kích thước góc trên máy chiếu biên dạng

2. Kính hiển vi dụng cụ (Measuring microscope)

Công dụng của kính hiển vi dụng cụ cũng tương tự như máy chiếu biên dạng. Tuy nhiên, ngoài hệ thống quang học như máy chiếu biên dạng với độ phóng đại 100X, kính hiển vi dụng cụ còn có thị kính đọc số với độ phóng đại đến 20X nên độ phóng đại tổng của máy lên đến 2000X nhằm tăng độ chính xác đo (hình 7.25).

Giá trị phân độ của kính hiển vi dụng cụ có thể đạt đến $0,01\mu\text{m}$ khi đo kích thước dài và $1'$ khi đo góc.

Máy đo còn có thể kết nối với máy tính để phân tích và so sánh ảnh của chi tiết với bản vẽ thiết kế có cùng độ phóng đại nhưng có vẽ miền dung sai của chi tiết. Chi tiết được xem là đạt yêu cầu nếu ảnh của nó nằm lọt trong hai đường công tua giới hạn miền dung sai.



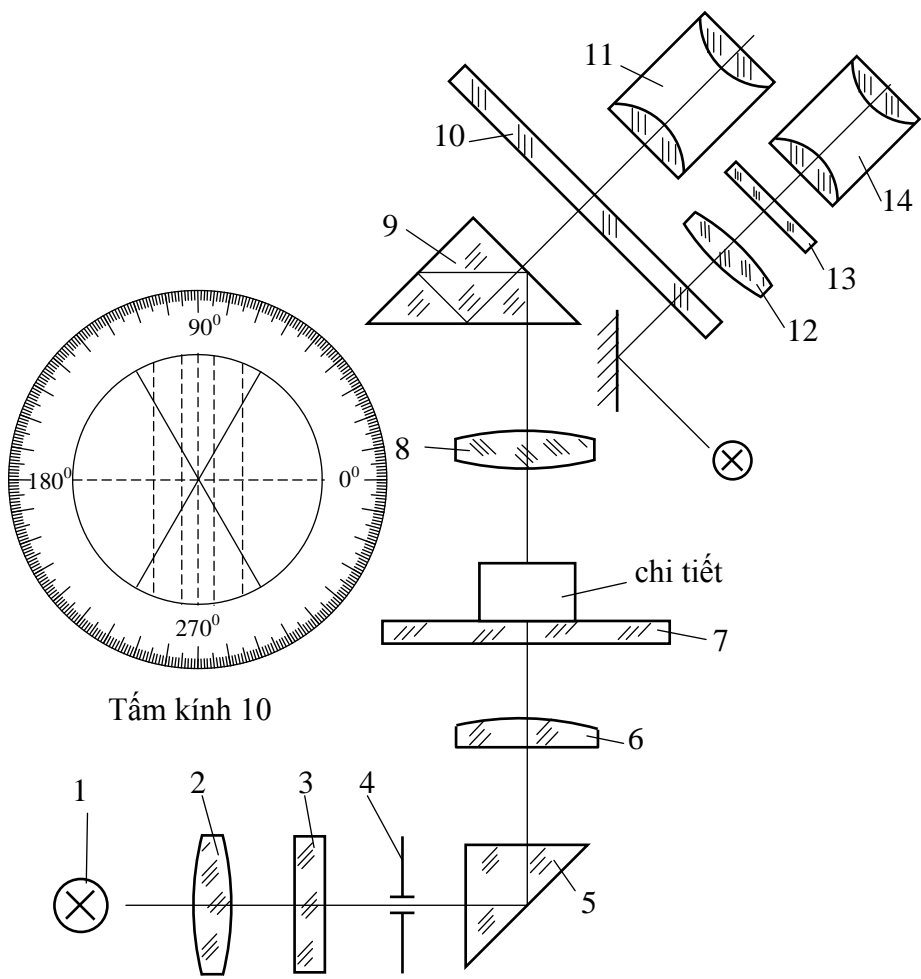
Hình 7.25: Kính hiển vi dụng cụ

Sơ đồ nguyên lý quang học của kính hiển vi dụng cụ như hình 7.26:

Chùm sáng từ nguồn sáng 1 qua tụ quang 2, lọc sáng 3, đến tấm chắn sáng 4, rồi phản xạ qua lăng kính 5, thấu kính 6 đến chiếu sáng vật đo đặt trên bàn máy 7. Nhờ vật kính 8, ảnh của vật đo được chiếu vào mặt phẳng tiêu cự của thị kính 11. Ở đây đặt tấm kính 10 có lưới vạch và đĩa chia độ có giá trị phân độ 1^0 và có thể quay được theo tâm trục quang của thị kính 11. Có nhiều mẫu tấm kính 10 với hệ thống vạch khác nhau dùng để đo đường kính lỗ, đo ren và bánh răng.

Cách điều chỉnh máy để đo kích thước dài cũng tương tự như với máy chiếu biên dạng.

Ngoài ra máy còn trang bị thị kính góc 14 và thước phút 13 dùng để đo góc chính xác với giá trị phân độ đến $1'$.



Hình 7.26: Sơ đồ nguyên lý quang học của kính hiển vi dụng cụ

Chương VIII

ĐO GÓC

Mục tiêu chương VIII: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

1. Trình bày được nguyên lý cấu tạo, công dụng và phạm vi sử dụng của các loại dụng cụ đo kích thước góc thông dụng.
2. Chọn được phương pháp đo kích thước góc và loại dụng cụ đo kích thước góc phù hợp với độ chính xác và năng suất theo yêu cầu.
3. Biết cách đọc trị số trên các loại dụng cụ đo kích thước góc thông dụng.

Có nhiều loại dụng cụ đo góc khác nhau, tuy nhiên có thể phân chúng thành hai nhóm tùy theo phương pháp đo:

- Đo góc bằng phương pháp đo trực tiếp.
- Đo góc bằng phương pháp đo gián tiếp.

8.1 ĐO GÓC BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO TRỰC TIẾP

8.1.1 Căn mẫu đo góc

Căn mẫu góc là những vật thể có các mặt đo tạo thành một hay nhiều góc nhất định. Căn mẫu góc là loại mẫu kích thước góc đơn giản nhất với các mặt đo của nó có chất lượng như của căn mẫu song song để có thể ghép thành tổ hợp căn mẫu với các góc nhất định.

Theo độ chính xác chế tạo, căn mẫu đo góc được chia làm 3 cấp: cấp chính xác 0, 1, và 2 với mức độ chính xác giảm dần. Độ nhám bề mặt làm việc không dưới cấp 13.

1. Công dụng

Phạm vi sử dụng của căn mẫu đo góc rất rộng rãi tuy tầm quan trọng không thể sánh bằng với căn mẫu song song khi đo kích thước dài. Căn mẫu đo góc (hình 8.1) dùng để:

- Kiểm tra trực tiếp góc của chi tiết cần đo.
- Chế tạo các dưỡng góc, dưỡng chép hình, dao cắt ren ...
- Kiểm tra và khắc độ các dụng cụ đo góc khác.



Hình 8.1: Bộ căn mẫu đo góc

2. Cấu tạo

Cũng như căn mẫu song song, căn mẫu đo góc được chế tạo thành bộ gồm nhiều miếng có kích thước góc danh nghĩa khác nhau và có độ chênh lệch nhỏ nhất là 1'. Tùy theo giá trị góc mà miếng căn mẫu đo góc có các kiểu sau (hình 8.2):

– Kiểu I: có một góc đo và được cắt ở đỉnh, dùng cho góc α nhỏ ($\alpha = 1' \div 9'$).

– Kiểu II: có một góc đo là góc nhọn, dùng cho góc α trung bình ($\alpha = 10^0 \div 79^0$).

– Kiểu III: có bốn góc đo không bằng nhau, dùng cho góc α lớn ($\alpha = 80^0 \div 100^0$).

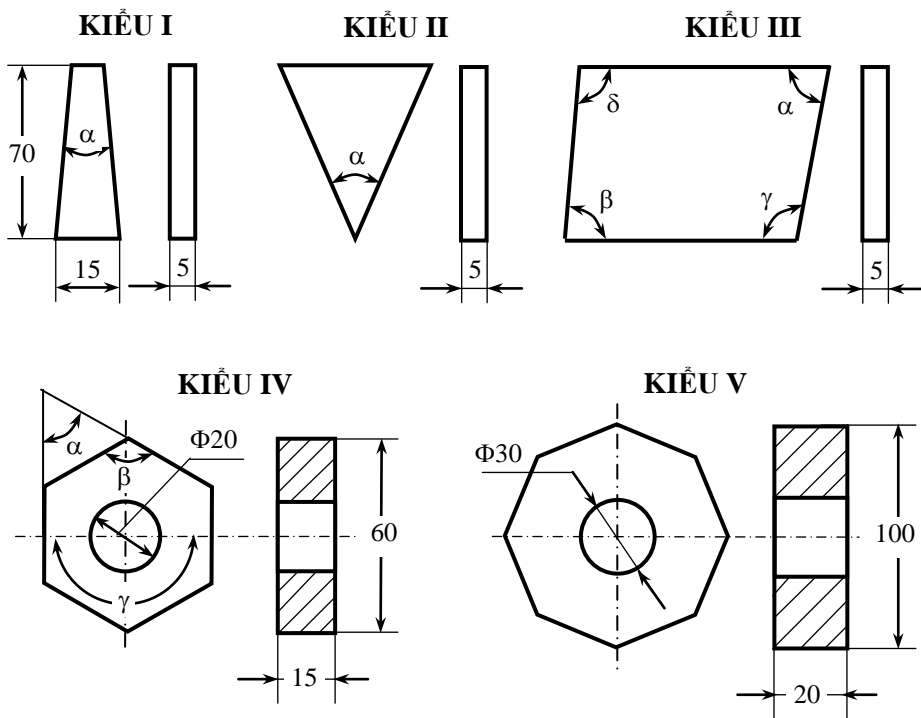
– Kiểu IV: hình lục lăng với ba góc đo $\alpha = 50^020'$, $\beta = 118^040'$, $\gamma = 180^0$.

– Kiểu IV: hình lăng trụ 8 hay 12 mặt

- Loại 8 mặt có các góc đo $\alpha = 45^0$, $\beta = 90^0$, $\gamma = 135^0$, $\delta = 180^0$.

- Loại 12 mặt có các góc đo 30^0 , 60^0 , 90^0 , 120^0 , 150^0 , 180^0 .

Khi sử dụng, dùng những dụng cụ kẹp (là phụ tùng kèm theo hộp góc mẫu) để ghép các miếng căn thành những kích thước góc thích hợp. Phương pháp chọn góc mẫu cũng tương tự như chọn căn mẫu song song. Ví dụ: $71^028' = 15^008' + 15^020' + 11^0 + 30^0$

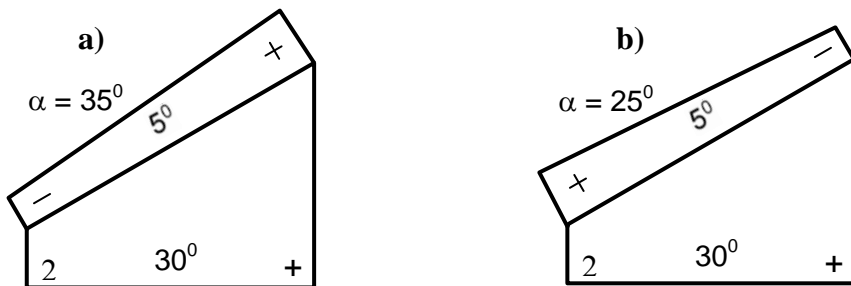


Hình 8.2: Cấu tạo của miếng căn mẫu đo góc

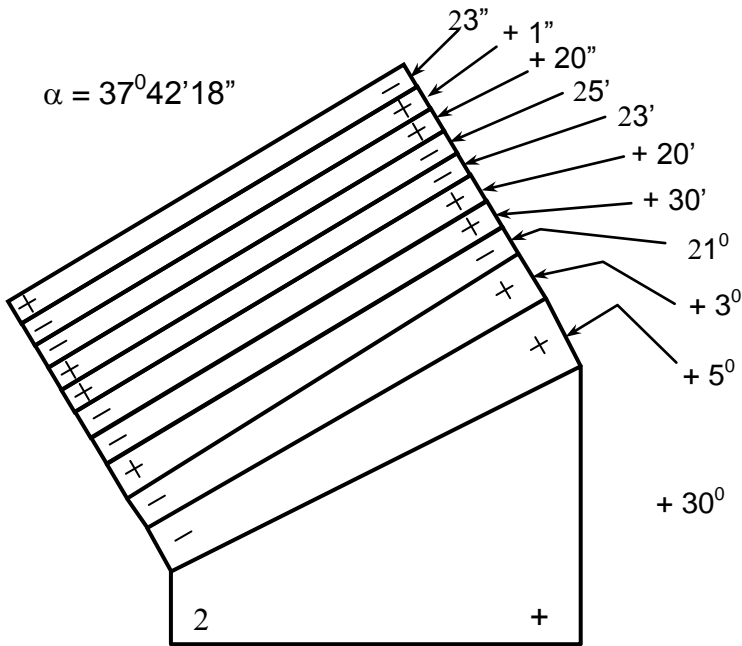
Để có khả năng đo góc đến từng giây ("), thường sử dụng bộ căn mẫu góc có 16 miếng và được phân bố như sau:

- Sáu miếng có kích thước góc: $1^{\circ}23'0''$ $25^{\circ}21'5''$ $230^{\circ}245^{\circ}$
- Năm miếng có kích thước góc: $1^{\circ}23'25''$ $220'230'$
- Năm miếng có kích thước góc: $1''23''25''$ $220''230''$

Do tính năng có thể **cộng trừ góc** giữa các miếng căn mẫu góc mà có thể tạo ra những góc khác nhau (hình 8.3 và 8.4).



Hình 8.3: Tính năng cộng trừ của căn mẫu góc

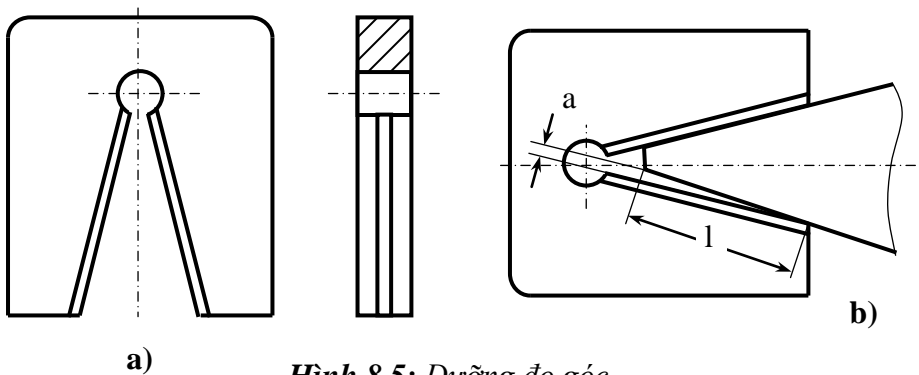


Hình 8.4: Ghép các miếng căn mẫu góc

Khi đo, đưa góc mẫu vào góc cần kiểm tra và quan sát khe sáng giữa góc mẫu và chi tiết đo để đánh giá độ chính xác của góc cần kiểm tra. Mức độ chính xác của phép đo phụ thuộc chủ yếu vào kinh nghiệm của người đo.

8.1.2 Dưỡng đo góc

Dưỡng đo góc là một loại mẫu góc có cấu tạo đặc biệt và có công dụng dùng để kiểm tra các mặt nghiêng, kiểm tra dao cắt ren và dao định hình ... (hình 8.5).



Hình 8.5: Dưỡng đo góc

Độ chính xác khi dùng thước đo góc phụ thuộc vào chiều dài cạnh góc cần kiểm tra, vào độ nhám bề mặt của thước và của chi tiết đo, vào mức độ đánh giá khe sáng giữa thước và chi tiết đo. Sai lệch giữa góc kiểm tra so với thước $\Delta\varphi$ có thể tính theo công thức gần đúng:

$$\Delta\varphi = \frac{2a}{l} \times 100.000 \quad ["] \quad (8.1)$$

trong đó: a 2 trị số khe sáng [mm].

l 2 chiều dài của cạnh góc cần kiểm tra [mm].

Khi được chiếu sáng tốt, có thể phân biệt bằng mắt thường khe sáng 0,003 ÷ 0,004mm (hình 8.5b). Khi xác định giá trị khe sáng, người kiểm tra có thể sử dụng mắt thường để đánh giá hoặc so sánh khe sáng được tạo ra giữa thước đo góc và căn mẫu góc với khe sáng giữa thước và góc cần kiểm tra. Độ chính xác chủ yếu phụ thuộc vào kinh nghiệm của người kiểm tra.

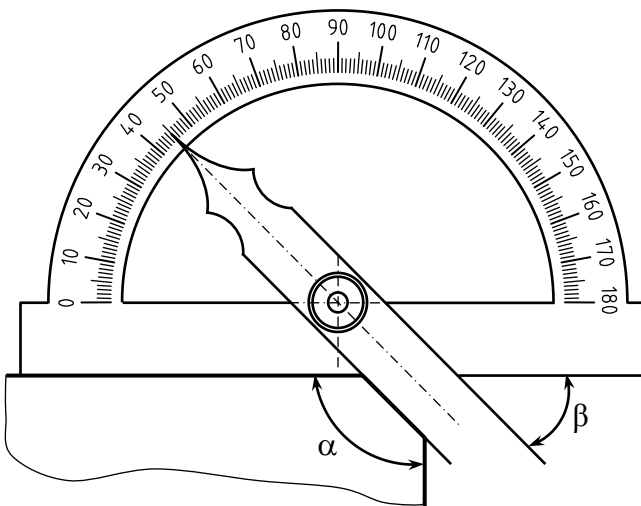
Ví dụ: nếu a = 0,003mm; l = 50mm thì $\Delta\varphi = 12''$

8.1.3 Thước đo góc

Thước đo góc có hai loại cơ bản:

1. Thước đo góc đơn giản

Thước đo góc đơn giản không có thước phụ, giá trị phân độ là 30' hay 1⁰. Loại này chỉ sử dụng trong những việc có yêu cầu độ chính xác không cao (hình 8.6).



Hình 8.6: Thước đo góc đơn giản

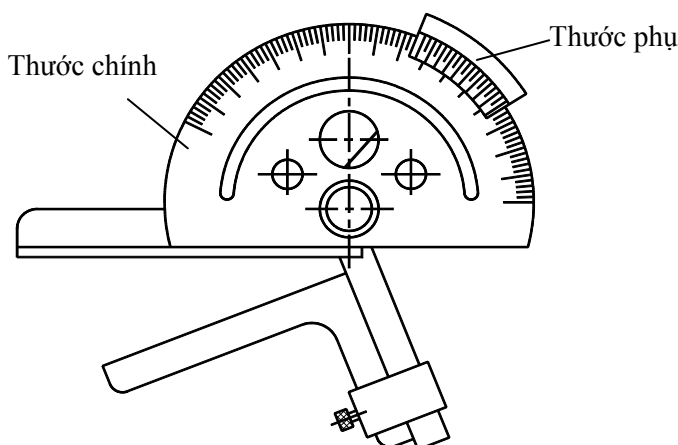
2. Thước đo góc có thước phụ

Thước đo góc có thước phụ (hình 8.7) gồm có hai phần:

a. *Thước chính*: có hình quạt và được khắc vạch theo độ ($a = c = 1^0$).

b. *Thước phụ*: có thể chuyển động quanh thước chính và có du xích với giá trị phân độ c' là $2'$ hoặc $5'$. Nguyên tắc khắc vạch của thước phụ cũng tương tự như với thước cặp. Khoảng chia a' của thước phụ được tính bằng công thức:

$$a' = c \cdot \gamma \cdot c' \quad (8.3)$$



Hình 8.7: Thước đo góc có thước phụ

Với thước có $c' = 5' = (1/12)^0$, $\gamma = 2$, khoảng chia a' là:

$a' = 1^0 \cdot 2 - \frac{1}{12} = \frac{23}{12} = 1^0 55'$ nghĩa là trên thước phụ lấy 23 chia làm 12 phần bằng nhau.

Với thước có $c' = 2' = (1/30)^0$, $\gamma = 2$, khoảng chia a' là:

$a' = 1^0 \cdot 2 - \frac{1}{30} = \frac{59}{30} = 1^0 58'$ nghĩa là trên thước phụ lấy 59 chia làm 30 phần bằng nhau.

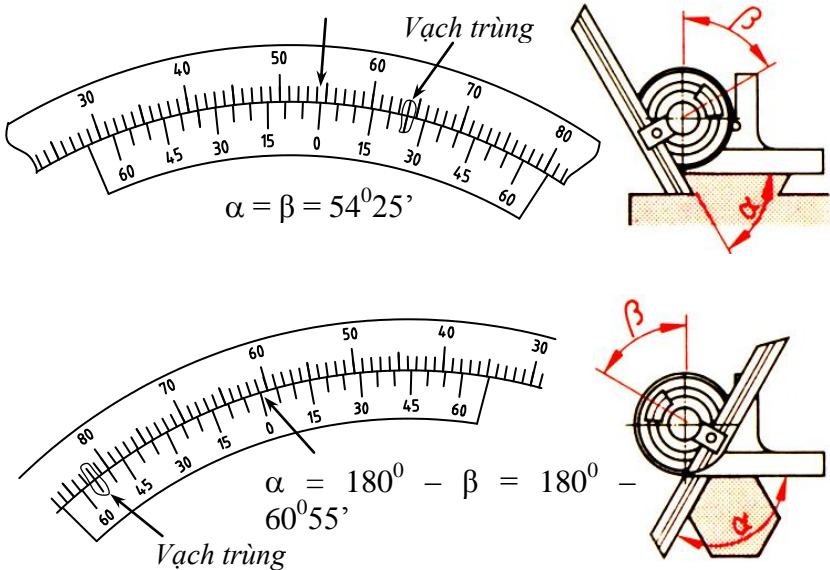
Cách đọc kết quả đo α trên thước đo góc cũng tương tự như thước cặp và được xác định theo biểu thức sau:

$$\alpha = m + i \cdot c' \quad (8.3)$$

trong đó: m số vạch trên thước chính ở bên trái vạch 0 của thước phụ.

i số vạch thứ i trên thước phụ trùng với một vạch bất kỳ trên thước chính.

Ví dụ: Dùng thước đo góc có $c' = 2'$, $m = 35$, $i = 18$ thì $\alpha = 35^{\circ}36'$
 Một số kết quả đọc số trên thước đo góc như hình 8.8

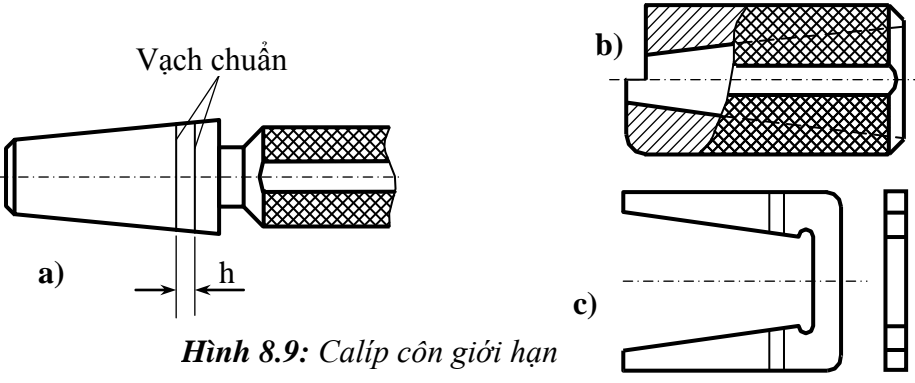


Hình 8.8: Đọc kết quả trên thước đo góc có thước phụ

8.1.4 Calíp côn giới hạn

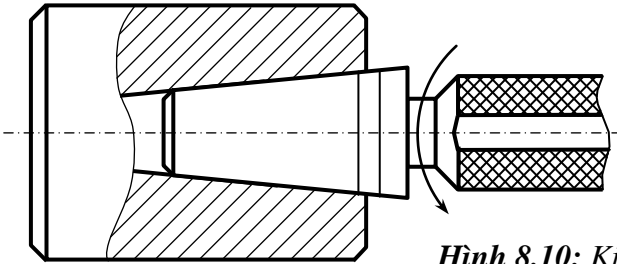
Calíp côn dùng để kiểm tra góc côn trong và côn ngoài. Khi kiểm tra côn trong dùng calíp nút côn (hình 8.9a); kiểm tra côn ngoài dùng calíp ống côn (hình 8.9b) hay calíp hàm côn (hình 8.9c).

Khi kiểm tra, thoa một hỗn hợp bột màu và dầu nhón lên calíp nút (nếu kiểm tra lỗ côn) hoặc lên chi tiết (nếu kiểm tra trục côn). Sau đó đưa calíp vào chi tiết cần kiểm tra và xoay nhẹ calíp trong chi tiết khoảng 3/4 vòng. Khi rút ra, căn cứ vào vết màu trên calíp hoặc trên chi tiết để đánh giá sai lệch của góc côn 2α .



Hình 8.9: Calíp côn giới hạn

Ngoài ra, trên calíp còn có 2 vạch chuẩn giới hạn sai lệch kích thước đường kính nên calíp có thể kiểm tra đồng thời đường kính lẫn độ côn của chi tiết. Nếu mặt đầu của chi tiết nằm trong khoảng h của hai vạch chuẩn thì đường kính côn nằm trong giới hạn cho phép (hình 8.10).



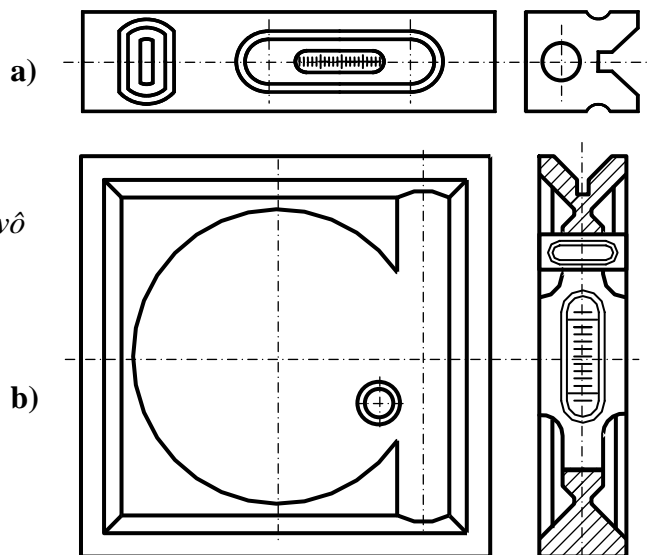
Hình 8.10: Kiểm tra lỗ côn

8.2 ĐO GÓC BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO GIÁN TIẾP

8.2.1 Nivô

Nivô dùng để xác định các sai lệch nhỏ của góc, để kiểm tra vị trí nằm ngang hoặc thẳng đứng của các bề mặt trên chi tiết (hình 8.11).

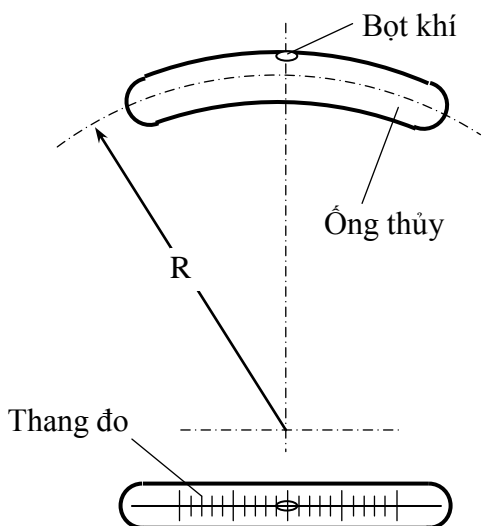
Trong Nivô có một ống thủy tinh mà nguyên tắc hoạt động như sau: Ống thủy tinh là một ống trụ được mài lõm hoặc có dạng cong, được hàn kín và chứa chất lỏng bên trong nhưng không đầy nên tạo ra một bọt khí chuyển động theo thành ống (hình 8.12). Mặt ngoài của ống có khắc vạch chia (vạch 0 ở giữa ống và các vạch khác bố trí về hai phía). Bán kính cong R của ống thủy quyết định độ nhạy của Nivô (bán kính cong càng lớn thì độ nhạy càng cao).



Hình 8.11: Nivô

a) Nivô thanh

b) Nivô khung



Hình 8.12: Cấu tạo của ống thủy

Khi mặt phẳng cần kiểm tra có sai lệch so với mặt phẳng chuẩn thì bọt khí sẽ xô dịch trong ống thủy. Bọt khí bao giờ cũng ở vị trí cao nhất của ống thủy. Để xác định góc lệch của mặt phẳng kiểm tra so với mặt phẳng chuẩn hay tính toán lượng điều chỉnh của mặt phẳng kiểm tra để nó trở về vị trí chuẩn (vị trí nằm ngang hay thẳng đứng), người ta căn cứ vào số vạch mà bọt khí nằm lệch so với vạch 0 ở giữa và vào độ nhạy của Nivô. Độ nhạy của Nivô tùy thuộc vào cấp chính xác của nó và được phân như sau:

Cấp chính xác của Nivô	1	2	3	4
Độ nhạy (tính bằng giây/vạch)	2" ÷ 10"	10" ÷ 20"	20" ÷ 40"	40" ÷ 60"
Độ nhạy (tính bằng mm/m) hay giá trị vạch chia c	0,01 ÷ 0,05	0,05 ÷ 0,1	0,1 ÷ 0,2	0,2 ÷ 0,3
Bán kính cong của ống thủy (m)	200 ÷ 40	40 ÷ 20	20 ÷ 10	10 ÷ 7

Ví dụ: Một bề mặt dài 3m có độ nghiêng làm cho bọt khí của Nivô lệch đi 3 vạch so với vị trí giữa. Biết Nivô được sử dụng có giá trị vạch chia c = 0,15mm/m (tức 30"/vạch).

Sai lệch về góc của bề mặt kiểm tra so với vị trí chuẩn là: $\alpha = 3 \times 30'' = 90'' = 1'30''$

Lượng hiệu chỉnh cần thiết cho bề mặt đó để nó trở về vị trí chuẩn là: $h = 0,15\text{mm/m} \times 3\text{vạch} \times 3\text{m} = 1,35\text{mm}$.

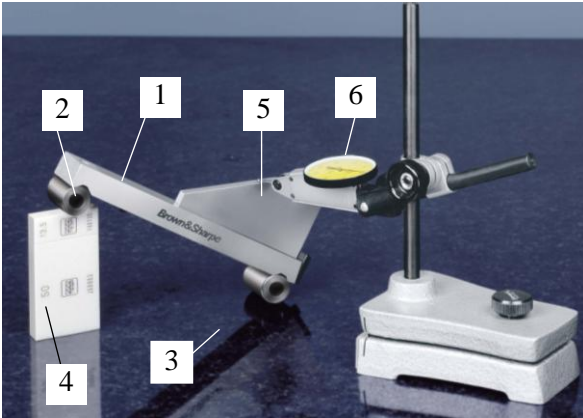
8.2.2 Thước sin

1. Công dụng

Thước sin dùng để đo chính xác kích thước góc (góc phẳng hay góc côn ngoài) bằng phương pháp đo gián tiếp dựa trên nguyên tắc hàm số sin.

2. Cấu tạo

Thước sin gồm một mặt phẳng chuẩn tựa trên hai con lăn được chế tạo chính xác về đường kính. Khoảng cách giữa đường tâm hai con lăn là kích thước đặc trưng của thước (thường là 100mm hoặc 200mm).



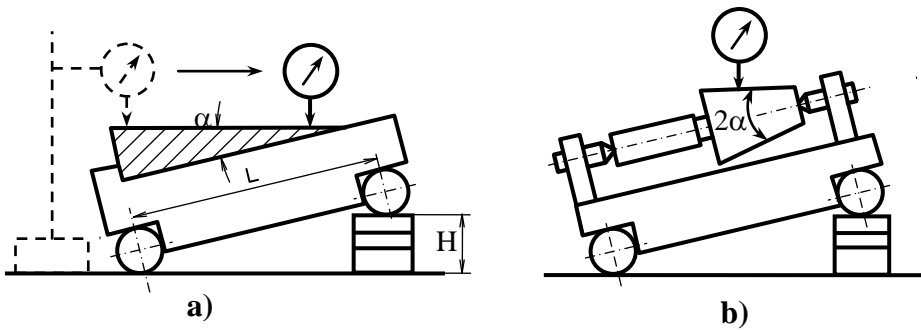
Hình 8.13: Thước sin

- 1 – Thân thước
- 2 – Con lăn
- 3 – Bàn mấp
- 4 – Căn mẫu song song
- 5 – Chi tiết đo
- 6 – Đồng hồ so

3. Cách sử dụng

- Đặt thước sin lên bàn mấp. Chọn một khối căn mẫu có kích thước H gần đúng đặt dưới một con lăn thích hợp (hình 8.14).
- Gá chi tiết lên thước sin (đặt trực tiếp chi tiết lên mặt chuẩn của thước hoặc gá chi tiết lên hai mũi tâm của thước).
- Dùng đồng hồ so để rà lên bề mặt trên của chi tiết. Thay đổi kích thước H của căn mẫu cho đến khi đạt yêu cầu về độ song song giữa mặt trên chi tiết và mặt bàn mấp (nghĩa là đến khi kim đồng hồ so không dịch chuyển khi rà).
- Xác định góc cần kiểm tra theo công thức:

$$\alpha = \arcsin \frac{H}{L} \quad (8.4)$$



Hình 8.14: Gá chỉ tiết trên thước sin

Ví dụ: Nếu $H = 35,142\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$ thì $\sin\alpha = 0,35142$. Tra bảng lượng giác được $\alpha = 20^{\circ}34'30''$.

Để đạt độ chính xác cao, dùng đồng hồ so có $c = 0,001\text{mm}$ và bảng lượng giác có nhiều số lẻ.

4. Sai số đo trên thước sin

Sai số đo trên thước sin được tính bằng cách lấy vi phân công thức (8.4).

$$\Delta\alpha = \left| \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{H}{L}\right)^2}} \cdot \frac{1}{L} \cdot \Delta H + \left| \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{H}{L}\right)^2}} \cdot \left(\frac{1}{L^2}\right) \cdot H \cdot \Delta L \right.$$

$$\Delta\alpha = \frac{1}{\sqrt{L^2 - H^2}} \cdot \Delta H + \frac{H}{L\sqrt{L^2 - H^2}} \cdot \Delta L$$

$$\Delta\alpha = \frac{1}{L \cdot \cos\alpha} \cdot \Delta H + \frac{\text{tg}\alpha}{L} \cdot \Delta L \quad (8.5)$$

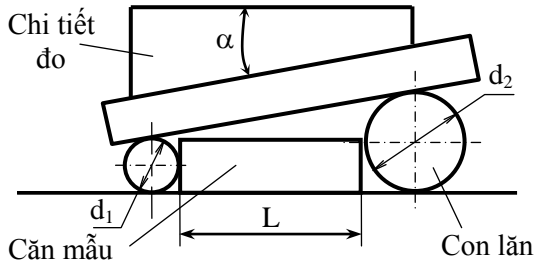
trong đó: ΔH và ΔL là sai lệch của kích thước H và L .

Theo công thức (8.5), sai số đo sẽ tăng rất nhanh khi kích thước đo $\alpha > 45^{\circ}$. Bởi thế thước sin chỉ được dùng để đo các góc $\alpha < 45^{\circ}$. Ví dụ: Nếu dùng thước sin có $L = 100 \pm 0,003\text{mm}$ để đo góc $\alpha = 30^{\circ}$ và bộ căn mẫu cấp chính xác 3 với $H = 50\text{mm}$ thì sai số góc $\Delta\alpha = 8''$.

8.2.3 Thước tang

Thước tang có công dụng và cách sử dụng tương tự như thước sin nhưng cấu tạo dựa trên nguyên tắc hàm số tang (hình 8.15).

$$\text{tg}\alpha = \frac{2(d_2 - d_1)}{d_1 + d_2 + 2L} \quad (8.6)$$



Hình 8.15: Thước tang

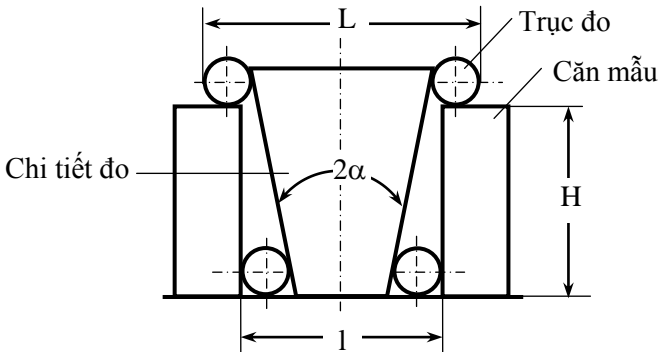
Do việc chế tạo các con lăn ở thước tang khó đảm bảo đạt độ chính xác cao về kích thước đường kính và việc điều chỉnh thước trong quá trình đo cũng khó khăn nên thước tang ít được sử dụng hơn thước sin.

8.2.4 Dùng bi cầu và các dụng cụ đo kích thước dài

1. Đo góc côn ngoài

Dùng hai trục đo chính xác có cùng đường kính và hai khối căn mẫu có cùng độ cao H để đo các kích thước L và l bằng panme đo ngoài theo sơ đồ trong hình 8.16.

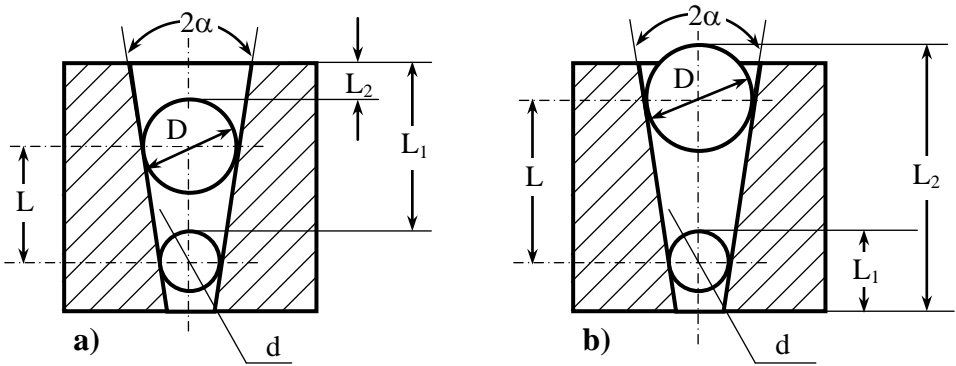
$$\text{Góc côn } 2\alpha \text{ được tính từ công thức: } \text{tg}\alpha = \frac{L-l}{2H} \quad (8.7)$$



Hình 8.16: Sơ đồ đo góc côn ngoài bằng trục đo

2. Đo góc côn trong

Dùng hai bi cầu có đường kính D và d thích hợp với kích thước chi tiết cần đo đặt vào lỗ côn. Sử dụng panme đo sâu để xác định kích thước L_1, L_2 theo sơ đồ hình 8.17a hoặc các dụng cụ đo kích thước dài khác để xác định kích thước L_1, L_2 theo sơ đồ hình 8.17b.



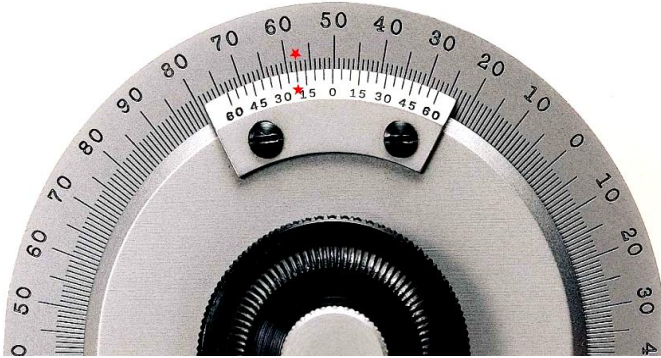
Hình 8.17: Đo góc côn trong bằng bi cầu

Với hình 8.17a:
$$\sin \alpha = \frac{D-d}{2L} = \frac{D-d}{2L_1 - 2L_2 - D + d} \quad (8.8)$$

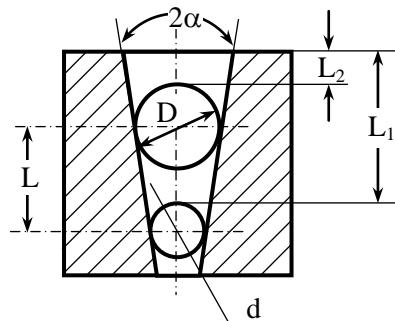
Với hình 8.17b:
$$\sin \alpha = \frac{D-d}{2L} = \frac{D-d}{2L_2 - 2L_1 - D + d} \quad (8.9)$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

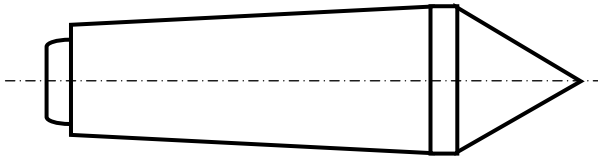
1. Công dụng của căn mẫu đo góc là:
2. Độ chính xác khi dùng dụng cụ đo góc để kiểm tra góc sẽ phụ thuộc vào các yếu tố sau:
3. Kết quả đo được trên thước đo góc như hình dưới đây là:



4. Với thước đo góc có thước phụ ($c = 5'$, $\gamma = 2$), thước phụ được khắc vạch và chia thành:
 - a. 12 phần bằng nhau với khoảng cách $a' = 55'$.
 - b. 12 phần bằng nhau với khoảng cách $a' = 1^{\circ}55'$.
 - c. 30 phần bằng nhau với khoảng cách $a' = 55'$.
 - d. 30 phần bằng nhau với khoảng cách $a' = 1^{\circ}55'$.
5. Khi dùng calíp nút côn để kiểm tra lỗ côn, người ta đánh giá sai số của góc côn bằng cách:
 - a. Xem chi tiết côn có lọt vào đầu lọt và không lọt vào đầu không lọt của calíp côn hay không ?.
 - b. Đánh giá khe sáng giữa calíp và chi tiết khi cho chúng tiếp xúc nhau.
 - c. Quan sát vết màu trên calíp hoặc trên chi tiết sau khi cho calíp xoay nhẹ trên bề mặt chi tiết.
 - d. Căn cứ vào hai đường chuẩn hoặc vạch chuẩn khắc trên calíp.
6. Đo độ côn bằng bi cầu như sơ đồ bên là phương pháp:
 - a. Đo so sánh.
 - b. Đo tổng hợp.
 - c. Đo trực tiếp.
 - d. Đo gián tiếp.



7. Để đo góc côn 2α của bề mặt côn lõ (với $45^\circ < 2\alpha < 60^\circ$), có thể sử dụng:
- Calíp côn giới hạn.
 - Thước sin.
 - Nivô.
 - Tất cả dụng cụ trên.
8. Công dụng của 2 vạch chuẩn trên calíp côn giới hạn là để kiểm tra:
- Góc côn 2α .
 - Đường kính của bề mặt côn.
 - Chiều dài của bề mặt côn.
 - Tất cả các yếu tố trên.
9. Sử dụng đồng hồ so điều chỉnh thước sin khi đo góc nghiêng là nhằm mục đích:
10. Khi đặt Nivô lên một mặt phẳng dài 1,75m, độ nghiêng của mặt phẳng làm cho bọt khí của ống thủy tinh lệch đi 3 vạch. Biết rằng ống thủy có giá trị vạch chia $c = 0,15\text{mm/m}$ (tức 30"/vạch), tìm sai lệch về góc và lượng hiệu chỉnh cần thiết cho bề mặt trở về vị trí nằm ngang:
- $\alpha = 1'30''$ và $h = 78,75\mu\text{m}$.
 - $\alpha = 1'$ và $h = 78,75\mu\text{m}$.
 - $\alpha = 45''$ và $h = 45\mu\text{m}$.
 - $\alpha = 1'30''$ và $h = 45,75\mu\text{m}$.
11. Để kiểm tra chính xác các bề mặt côn của chi tiết mũi tâm như hình vẽ, có thể sử dụng dụng cụ đo và phương pháp đo nào?



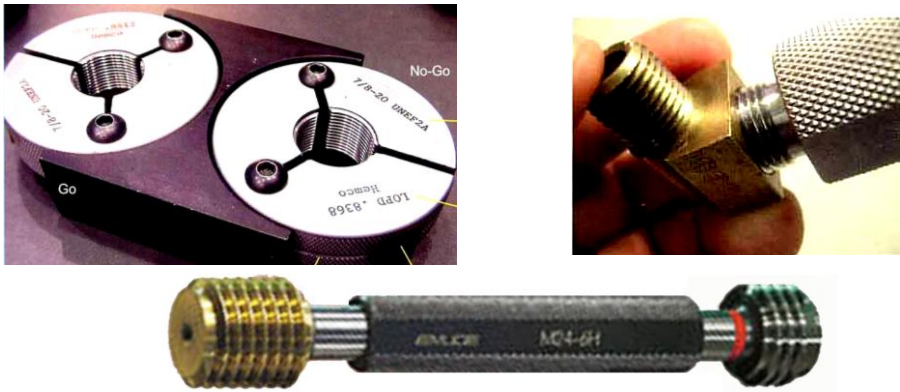
Bài đọc thêm

ĐO KIỂM CHI TIẾT REN

1. Phương pháp kiểm tra tổng hợp

Phương pháp kiểm tra tổng hợp dùng để kiểm tra chi tiết ren khi thu nhận sản phẩm bằng các loại calíp ren. Phương pháp này phù hợp trong sản xuất nhỏ và cả trong sản xuất lớn, đặc biệt là trong những trường hợp mà phương pháp kiểm tra thành phần gặp nhiều khó khăn như kiểm tra ren trong.

Bản chất của phương pháp này là kiểm tra đồng thời các yếu tố có ảnh hưởng đến tính lắp lẫn của ren bằng cách so sánh prôphin của ren với hai prôphin giới hạn của đầu qua và đầu không qua của calíp ren. Để kiểm tra ren bu lông, dùng calíp vòng ren và kiểm tra ren đai ốc dùng calíp nút ren. Mỗi calíp ren chỉ dùng để kiểm tra một đường kính danh nghĩa, một bước ren và một miền dung sai của ren.



Hình 8.18: Calíp vòng ren và calíp nút ren

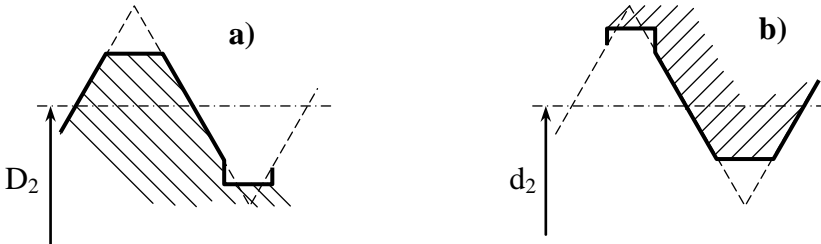
Với calíp vòng ren, đầu qua dùng để kiểm tra đường kính trung bình biểu kiến d_2' và đường kính trong d_1 của bu lông, còn đầu không qua dùng để kiểm tra đường kính trung bình d_2 của bu lông.

Với calíp nút ren, đầu qua dùng để kiểm tra đường kính trung bình biểu kiến D_2' và đường kính ngoài D của đai ốc, còn đầu không qua dùng để kiểm tra đường kính trung bình D_2 của đai ốc.

Riêng với đường kính ngoài d của bu lông và đường kính trong D_1 của đai ốc được xem như những bề mặt trơn trượt và lỗ nên sẽ dùng calíp giới hạn để kiểm tra.

Chiều dài đầu qua của cả hai loại calip ren được lấy bằng chiều dài ăn khớp của ren cộng thêm 25%. Chiều dài đầu không qua của calip bằng từ $(2,5 \div 3,5)P$.

Ngoài ra, đầu không qua của calip phải có hình dạng ren cắt ngắn với mục đích làm giảm ảnh hưởng của sai số về nửa góc prôphin $\alpha/2$ và bước ren P đến kết quả kiểm tra.



Hình 8.19: Đầu không qua của
a) Calip nút ren b) calip vòng ren

2. Phương pháp kiểm tra yếu tố

Trong phương pháp kiểm tra yếu tố, từng yếu tố kích thước cơ bản của ren được kiểm tra riêng biệt. Phương pháp này phức tạp và thường đòi hỏi các thiết bị chuyên dùng nên chủ yếu được sử dụng để kiểm tra ren có yêu cầu độ chính xác cao hoặc cần tìm ra thông số của ren có sai số trong quá trình gia công làm ảnh hưởng đến tính lắp lẫn của ren.

Phương pháp này thích hợp cho ren ngoài, còn việc đo ren trong thường rất khó khăn, đặc biệt là ren trong có đường kính nhỏ.

a. Đo đường kính trung bình

Tùy theo yêu cầu về độ chính xác mà chọn các phương pháp sau:

- Đo bằng đầu đo phụ

Đầu đo phụ thường được gắn trên panme đo ngoài, bao gồm đầu cố định có rãnh chữ V (góc α) và đầu di động có dạng côn. Chọn cỡ đầu đo khác nhau phụ thuộc vào phạm vi kích thước của ren cần đo.

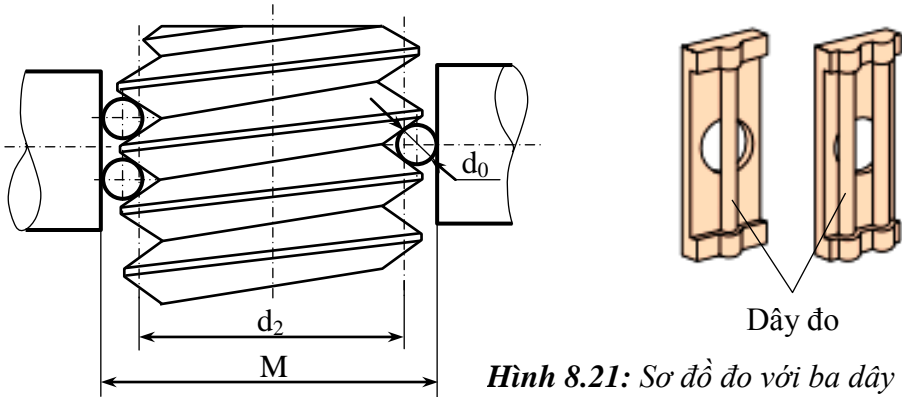
Độ chính xác đo trong trường hợp này thấp do phụ thuộc vào nhiều yếu tố: sai số góc prôphin và sai số bước ren, độ đối xứng của prôphin ren, sai số góc prôphin của đầu đo phụ ... Có thể đạt được độ chính xác đến 0,01 bằng cách áp dụng phương pháp đo so sánh với ren mẫu.



Hình 8.20: Panme đo ren có đầu đo phụ

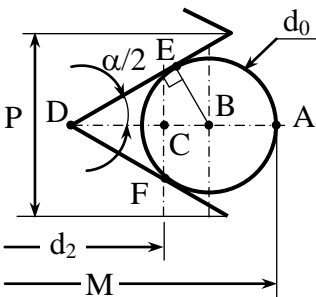
– Đo bằng ba dây đo

Gắn các dây đo có đường kính d_0 vào đầu đo cố định và di động của panme đo ngoài. Đặt các dây đo vào rãnh ren cần đo để xác định kích thước M theo sơ đồ hình 8.21.



Hình 8.21: Sơ đồ đo với ba dây đo

Đường kính trung bình d_2 của ren được tính như sau (hình 8.22):



$$d_2 = M - 2AC = M - 2(AD - CD)$$

$$= M - 2(AB + BD - CD)$$

Trong đó: $AB = \frac{d_0}{2}$; $BD = \frac{d_0}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$

$$CD = CF \cdot \cot g \frac{\alpha}{2} = \frac{P}{4} \cot g \frac{\alpha}{2}$$

Hình 8.22: Sơ đồ tính d_2

$$\Rightarrow d_2 = M - 2 \left(\frac{d_0}{2} + \frac{d_0}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{P}{4} \cot g \frac{\alpha}{2} \right)$$

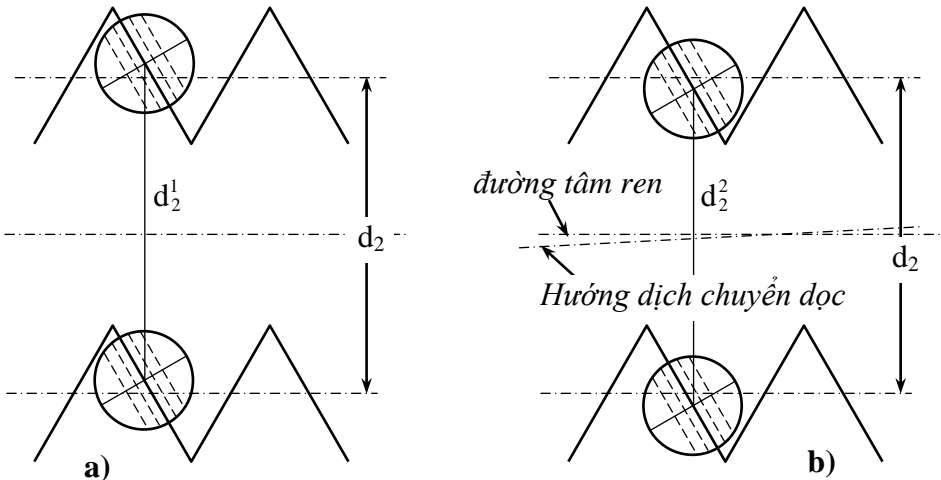
$$d_2 = M - d_0 \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{P}{2} \cot g \frac{\alpha}{2} \quad (8.10)$$

Với ren tam giác hệ mét, $\alpha = 60^\circ$ nên:

$$d_2 = M - 3d_0 + \frac{\sqrt{3}}{2} P \quad (8.11)$$

– Dùng kính hiển vi dụng cụ

Chi tiết đo được gá trên bàn máy và sẽ cho ảnh lên tiêu diện của thị kính. Tại đó có đặt tấm kính với hệ thống lưới vạch. Qua thị kính, người đo sẽ điều chỉnh hệ thống vạch sao cho các vạch đứng của mạng song song với cạnh prôphin ren và giao điểm hai vạch chéo nằm đúng trên cạnh prôphin ren. Sau đó dịch chuyển bàn trượt ngang cho đến khi giao điểm hai vạch chéo trùng với cạnh prôphin ren phía đối diện. Độ dịch chuyển này chính là giá trị đường kính trung bình d_2 .



Hình 8.23: Sơ đồ đo đường kính trung bình d_2

a) Đo trên đường kính trung bình d_2

b) Đo dưới đường kính trung bình d_2

Để tránh ảnh hưởng của sai số góc prôphin α , người ta tiến hành đo tại hai vị trí ngắm chuẩn: trên và dưới đường kính trung bình để có hai giá trị d_2^1 và d_2^2 .

Để tránh ảnh hưởng của sai số bước ren P cũng như tránh ảnh hưởng của sai số gá đặt chi tiết làm cho đường tâm ren không song song với hướng dịch chuyển dọc của bàn máy, phải tiến hành đo tại hai vị trí ngắm chuẩn trên hai sườn ren phải và trái để có hai giá trị d_{2ph} và d_{2tr} .

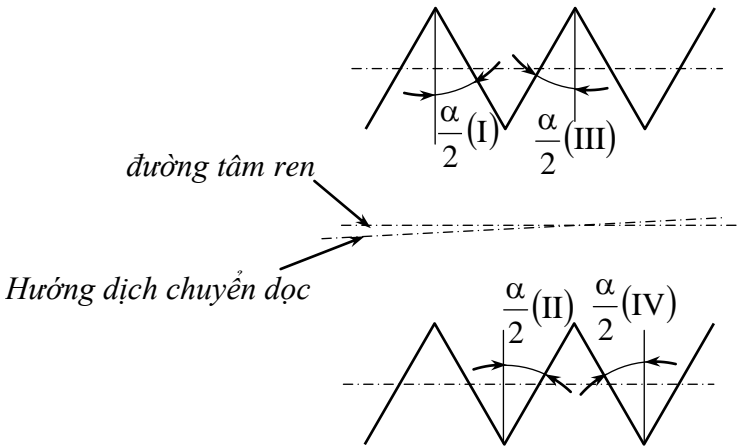
Kết hợp cả 4 kích thước trên, giá trị thực của đường kính trung bình là:

$$d_2 = \frac{d_{2ph}^1 + d_{2ph}^2 + d_{2tr}^1 + d_{2tr}^2}{4} \quad (8.12)$$

b. Đo nửa góc prôphin ren

Thông thường nửa góc prôphin ren được đo cùng với đo bước ren và đường kính trung bình của ren trên các loại máy đo quang học.

Để loại trừ sai số hệ thống của kết quả đo do đường tâm ren không song song với hướng dịch chuyển dọc của bàn máy, nửa góc prôphin ren được đo theo cả hai sườn ren phải và trái như trong sơ đồ hình 8.24.



Hình 8.24: Sơ đồ đo nửa góc prôphin ren

c. Đo bước ren

Dưỡng đo bước ren như hình 8.25 chỉ dùng để xác định nhanh bước ren P . Muốn xác định giá trị thực của bước ren với độ chính xác cao, cần đo trên các loại máy đo quang học.

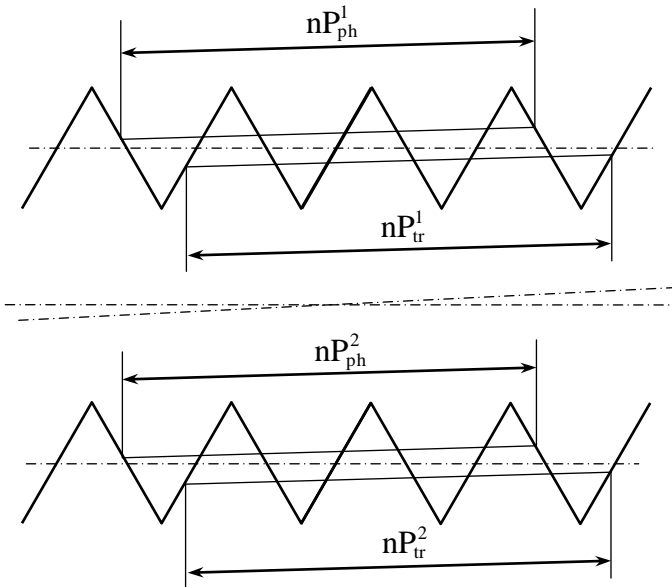


Hình 8.25: Dưỡng đo bước ren

Để đạt độ chính xác cao, cần tiến hành đo một số n bước ren theo cả hai sườn ren phải và trái và cả trên hai biên dạng trên và dưới đường tâm ren như trong sơ đồ hình 8.26.

Giá trị thực của bước ren P là:

$$P = \frac{nP_{ph}^1 + nP_{tr}^1 + nP_{ph}^2 + nP_{tr}^2}{4n} \quad (8.13)$$



Hình 8.26: Sơ đồ đo bước ren

Chương IX

ĐO SAI LỆCH HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ

Mục tiêu chương IX: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

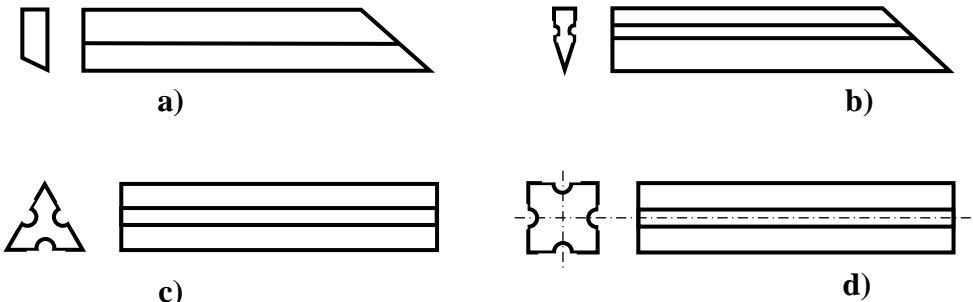
1. Biết cách chọn phương pháp đo và loại dụng cụ đo thích hợp để đo kiểm các loại sai lệch hình dạng của chi tiết như độ thẳng, độ phẳng.
2. So sánh được ưu nhược điểm của các sơ đồ đo và chọn được sơ đồ đo thích hợp để đo kiểm các loại sai lệch hình dạng của chi tiết như độ tròn, độ trụ.
3. Thiết lập được sơ đồ đo phù hợp với hình dáng và kết cấu của chi tiết để đo kiểm các loại sai lệch vị trí của chi tiết.
4. Thiết kế được các loại đồ gá đo cho sơ đồ đo đã lựa chọn để đo kiểm các loại sai lệch vị trí của chi tiết.

9.1. ĐO SAI LỆCH HÌNH DẠNG

9.1.1. Đo độ thẳng

1. Dùng thước kiểm

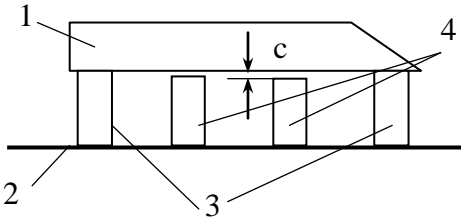
Thước kiểm có kết cấu như hình (9.1), gồm các dạng thước một mặt nghiêng (hình 9.1a), thước hai mặt nghiêng (hình 9.1b), thước ba cạnh (hình 9.1c), thước 4 cạnh (hình 9.1d).



Hình 9.1: Các loại thước kiểm

Cách sử dụng thước kiểm rất đơn giản. Chỉ cần áp trực tiếp thước kiểm vào bề mặt kiểm tra và đánh giá độ thẳng qua khe hở ánh sáng giữa bề mặt kiểm tra và thước.

Để xác định giá trị khe sáng, người ta có thể so sánh khe hở ánh sáng giữa bề mặt kiểm tra và thước với khe sáng mẫu c có giá trị biết trước được tạo ra bởi các miếng căn mẫu có kích thước khác nhau như sơ đồ như hình 9.2. Sai số đo phụ thuộc vào kinh nghiệm của người đo.

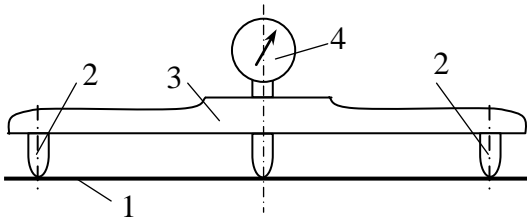


Hình 9.2: Khe sáng mẫu

- 1- Thước kiểm
- 2- Mặt phẳng bàn máp
- 3- Căn mẫu có kích thước bằng nhau
- 4- Căn mẫu có kích thước khác nhau

2. Dùng thước gắn đồng hồ so

Sơ đồ nguyên lý của dụng cụ cho trên hình 9.3. Trước khi đo, chỉnh "0" dụng cụ với một đường thẳng chuẩn. Sau đó, đặt thước vào đường thẳng cần đo và độ lệch của kim trên cơ cấu chỉ thị cho biết giá trị của độ thẳng.



- 1 | Đường thẳng cần đo
- 2 | Điểm tì
- 3 | Giá
- 4 | Đồng hồ so

Hình 9.3: Thước gắn đồng hồ so

9.1.2. Đo độ phẳng

Tùy theo độ chính xác và độ lớn của mặt cần kiểm tra, có thể sử dụng các phương pháp sau:

1. Dùng bột màu

Dịch chuyển bề mặt cần kiểm tra trên bề mặt làm việc của bàn máp có bôi một lớp mỏng bột màu (hỗn hợp thuốc nhuộm màu xanh béclinít hoặc màu xanh turunbun với dầu máy). Độ phẳng được thể hiện bằng số lượng vết bột màu trên bề mặt kiểm tra trong hình vuông $25 \times 25 \text{mm}$. Số vết càng nhiều, độ phẳng càng cao.

Trường hợp mặt kiểm tra lớn thì dùng thước kiểm có thoa bột màu để dịch chuyển trên bề mặt kiểm tra.

Bảng 9.1: Số lượng vết bột màu trên bề mặt kiểm tra

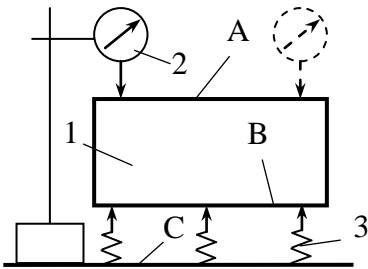
Số lượng vết bột màu	Cấp chính xác của bề mặt
Lớn hơn 20 đến 30	Cấp 3 đến 4
Lớn hơn 12 đến 20	Cấp 5 đến 6
Lớn hơn 5 đến 12	Cấp 7 đến 8
Ít hơn 5	Cấp 9 đến 10

2. Dụng cụ kiểm

Dùng thước kiểm để đo độ phẳng theo các hướng khác nhau và qua từng lần đo đó mà đánh giá sai số về độ phẳng.

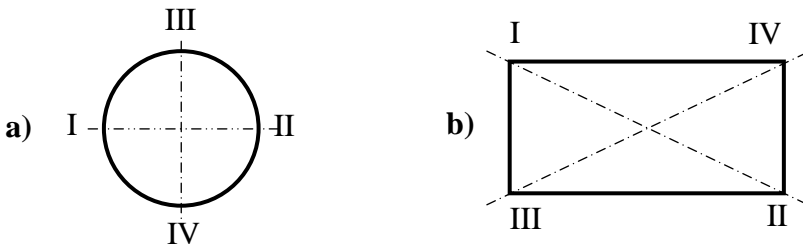
3. Dụng cụ có cơ cấu chỉ thị

Dùng dụng cụ có cơ cấu chỉ thị (đồng hồ so) để rà liên tục trên bề mặt cần đo A như sơ đồ hình 9.4. Để loại trừ ảnh hưởng của độ phẳng mặt B, độ song song giữa mặt A và B đến kết quả đo độ phẳng mặt A, chi tiết 1 cần được chỉnh "0" sao cho mặt phẳng bao của mặt A song song với mặt chuẩn C. Để đảm bảo điều này, cần chỉnh các vít tế vi 3 sao cho chỉ thị bằng nhau tại 3 điểm cách xa trọng tâm nhất, 4 điểm nằm trên 2 đường kính vuông góc nếu mặt kiểm tra có dạng tròn (hình 9.5a) hay 4 điểm nằm ở hai đầu đường chéo nếu mặt kiểm tra có dạng hình chữ nhật (hình 9.5b) của bề mặt chi tiết.



Hình 9.4: Sơ đồ đo độ phẳng bằng dụng cụ có cơ cấu chỉ thị

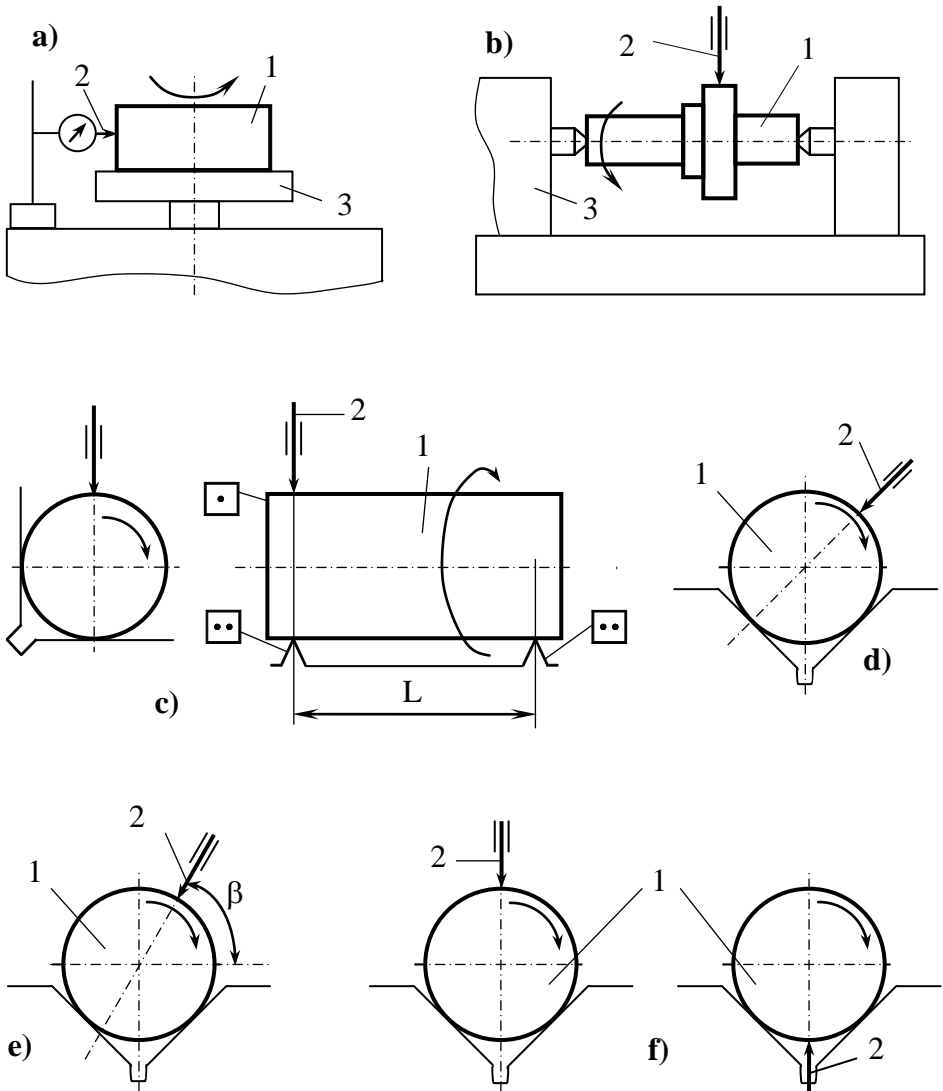
- 1 | Chi tiết đo
- 2 | Đồng hồ so
- 3 | Vít điều chỉnh



Hình 9.5: Các điểm trên bề mặt kiểm tra để chỉnh 0 dụng cụ

9.1.3. Đo độ tròn

Độ tròn được xác định theo các sơ đồ đo như hình 9.6. Độ không tròn của bề mặt thể hiện qua sự thay đổi chỉ thị trên chuyển đổi đo.



Hình 9.6: Các sơ đồ đo độ tròn

- 1 } Chi tiết đo
- 2 } Chuyển đổi đo
- 3 } Bàn gá đo

2 Sơ đồ a: yêu cầu cao về độ đảo trục chính của bàn gá đo. Khi đó, kết quả đo sẽ phản ánh luôn cả độ không đồng tâm của bề mặt chi tiết với tâm quay của nó.

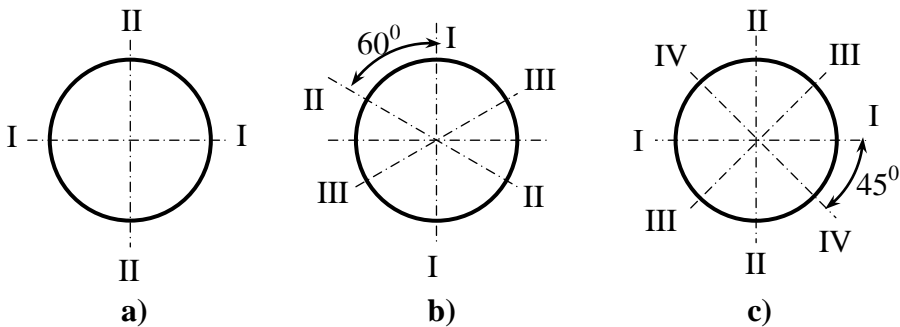
2 Sơ đồ b: sử dụng đối với chi tiết dài có hai lỗ tâm hoặc chi tiết ngắn có lỗ để lắp với trục gá. Kết quả đo chứa cả sai số độ đồng tâm của mặt kiểm tra với tâm quay của hai lỗ tâm.

2 Sơ đồ c và d là các sơ đồ đo 3 tiếp điểm, thích hợp cho các chi tiết méo có số cạnh chẵn. Với sơ đồ c, chi tiết gá đặt kém ổn định vì cần có lực ép chi tiết vào các chuẩn tỳ. Với sơ đồ d, khả năng ổn định của chi tiết cao hơn nhưng thao tác đo khó khăn hơn.

2 Sơ đồ e và f là các sơ đồ đo 3 tiếp điểm, thích hợp cho các chi tiết méo có số cạnh lẻ. Sơ đồ đo 3 tiếp điểm có hai dạng: không đối xứng (sơ đồ e) và đối xứng (sơ đồ f).

Khi đo bằng các sơ đồ trên, phải xoay chi tiết đi toàn vòng. Do đó, sẽ làm tổn hại bề mặt phương tiện đo (mặt chuẩn và mặt đo), nhất là khi chi tiết có độ bóng bề mặt không cao. Để khắc phục điều này, có thể giải quyết theo các cách sau:

- Đo chi tiết ở trạng thái tĩnh ở một số vị trí như hình 9.7. Phương pháp này thích hợp cho chi tiết có độ ôvan hoặc có số cạnh chẵn.



Hình 9.7: Các sơ đồ đo độ tròn ở trạng thái tĩnh

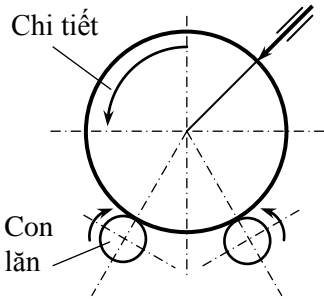
Sơ đồ a: độ tin cậy kém

Sơ đồ b: sử dụng với chi tiết có số cạnh chẵn bội 2 ($n = 4, 8, 10, 14 \dots$)

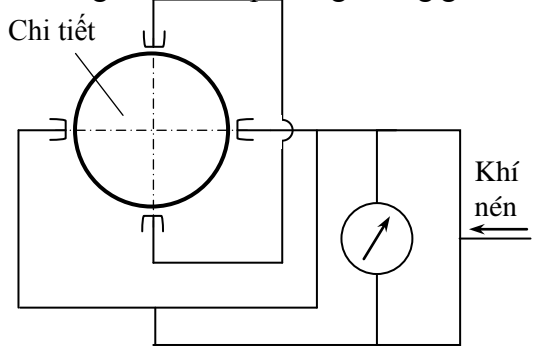
Sơ đồ c: sử dụng với chi tiết có số cạnh chẵn bội 3 ($n = 6, 12, 18, \dots$)

- Với chi tiết có số cạnh lẻ ($n = 5, 7, \dots$) dùng phương pháp đo 3 tiếp điểm tựa trên hai con lăn (hình 9.8).

- Dùng sơ đồ đo vi sai sử dụng chuyển đổi khí nén như hình 9.9. Chuyển đổi đo được chỉnh 0 với chi tiết mẫu chính xác. Trên sơ đồ đo, hai nhánh đo khí nén xác định sai lệch đường kính ở hai phương vuông góc.



Hình 9.8: Sơ đồ đo độ tròn trên 2 con lăn



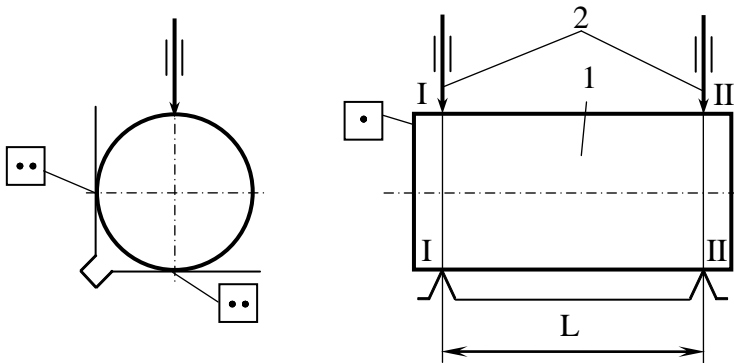
Hình 9.9: Sơ đồ đo vi sai độ tròn

9.1.4. Đo độ trụ

Độ trụ là chỉ tiêu tổng hợp về sai lệch hình dạng trên tiết diện dọc trục, bao gồm độ côn, độ phình thắt, độ cong trục, độ thẳng đường sinh.

1. Đo độ côn

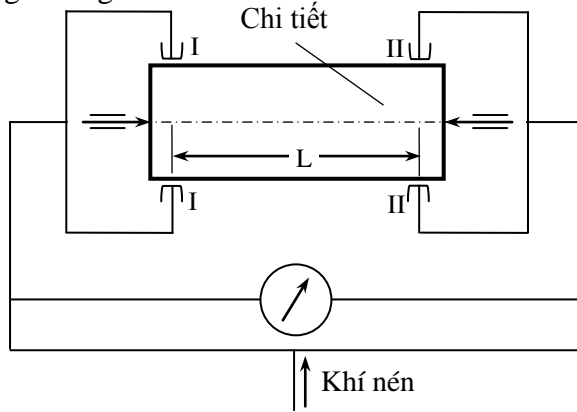
Độ côn được xác định thông qua việc đo hai đường kính tại hai tiết diện I-I và II-II cách nhau chiều dài chuẩn L theo sơ đồ đo cơ bản trên hình 9.10. Chuyển đổi đo được chỉnh 0 với chi tiết trụ mẫu chính xác. Cách này có năng suất thấp, chỉ thích hợp với số lượng chi tiết ít, khối lượng nhỏ.



Hình 9.10: Sơ đồ đo độ côn

1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

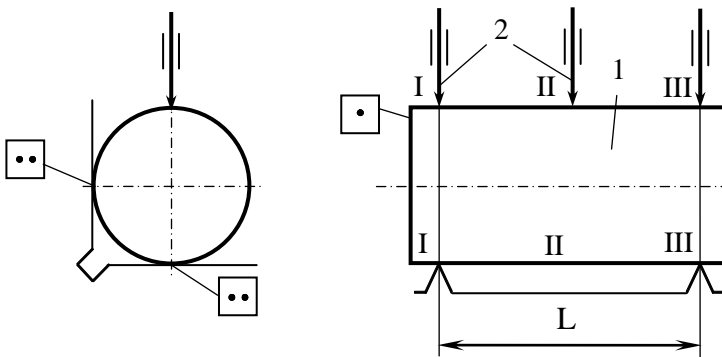
Hình 9.11 là sơ đồ đo vi sai, cho phép đọc ngay trị số độ côn trên cơ cấu chỉ thị. Với sơ đồ đo này, việc gá đặt chi tiết rất thuận tiện vì không có sai số chuẩn và thích hợp để theo dõi độ côn của chi tiết trong quá trình đang gia công.



Hình 9.11: Sơ đồ đo vi sai độ côn

2. Đo độ phình thắt

Độ phình thắt được xác định thông qua việc đo 3 đường kính tại hai tiết diện biên và một tiết diện ở giữa như sơ đồ đo hình 9.12.



Hình 9.12: Sơ đồ đo độ phình thắt

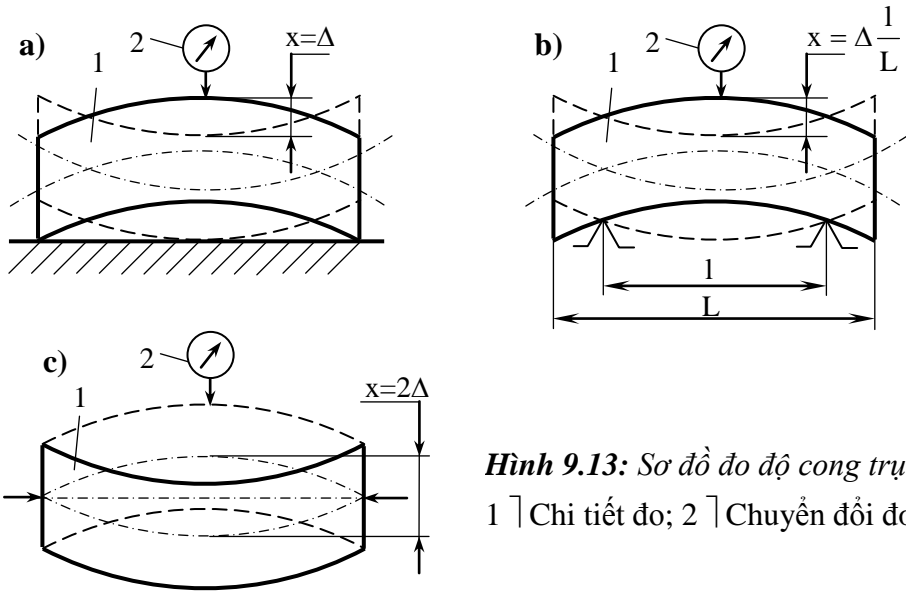
1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

Do chi tiết thường mang nhiều thành phần sai số khác nên phương pháp đo trên chỉ là gần đúng. Để nâng cao độ chính xác, cần phải chuyển thành đo biến thiên đường kính theo phương dọc trục.

3. Đo độ cong trục

Độ cong trục Δ được đo theo các sơ đồ trong hình 9.13, trong đó chi tiết cần được định vị 5 bậc tự do. Cho chi tiết thực hiện chuyển động quay và xác định sự biến thiên của chỉ thị trên chuyển đổi đo là x .

Khi đo, cần xác định vị trí đặt chuyển đổi thích hợp, thông thường là tại tiết diện giữa trục vì nơi đó trị số độ cong đạt giá trị lớn nhất. Khi chi tiết có tiết diện cong đột biến thì độ cong tại đó đạt giá trị lớn nhất và đó cũng chính là nơi phải đặt chuyển đổi.



Hình 9.13: Sơ đồ đo độ cong trục
1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

2 Sơ đồ a: Đo trên chuẩn phẳng, kết quả đo cho ngay trị số độ cong trục $x = \Delta$.

2 Sơ đồ b: Đo trên hai khối V gắn với khoảng cách là l , độ cong trục phụ thuộc vào khoảng cách l và chiều dài chi tiết L .

2 Sơ đồ c: Dùng cho chi tiết có 2 lỗ tâm, kết quả đo cho 2 lần trị số độ cong trục $x = 2\Delta$.

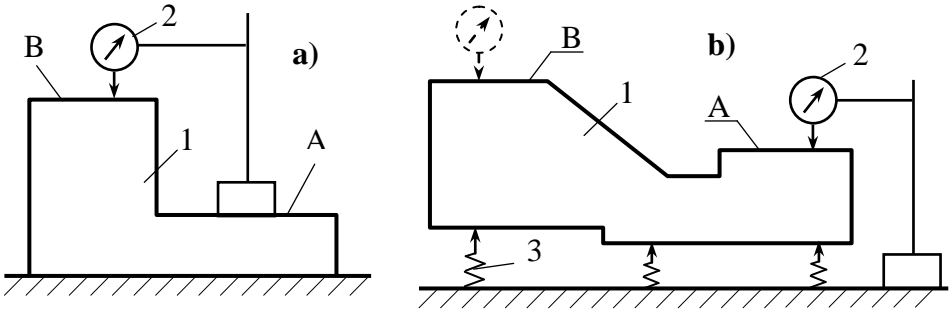
9.2. ĐO SAI LỆCH VỊ TRÍ TƯƠNG QUAN GIỮA CÁC BỀ MẶT

9.2.1. Đo độ song song

1. **Độ song song giữa hai mặt phẳng** (hình 9.14)

2 Sơ đồ a: dùng khi mặt chuẩn A đủ lớn để đặt đồng hồ so.

2 Sơ đồ b: dùng khi mặt chuẩn A nhỏ, phải sử dụng hệ thống vít nâng để điều chỉnh mặt A song song với mặt bàn máy.



Hình 9.14: Sơ đồ đo độ song song giữa 2 mặt phẳng

1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Vít điều chỉnh

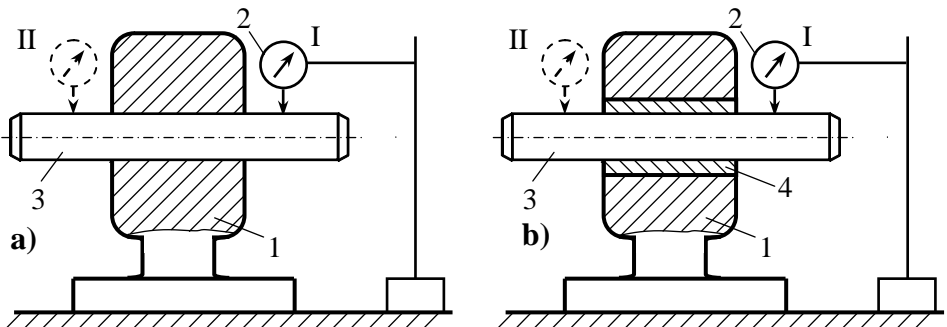
2. Độ song song giữa đường tâm với mặt phẳng (hình 9.15)

Thường chọn mặt phẳng làm chuẩn để kiểm tra lỗ và chia ra ba trường hợp sau:

2 Nếu lỗ nhỏ, dùng trục gá chính xác lắp vào bề mặt lỗ để kiểm tra (hình 9.15a).

2 Khi mặt lỗ khá lớn, để không phải dùng trục gá quá lớn và nặng nề thì phải dùng thêm bạc lót (hình 9.15a).

2 Khi mặt lỗ đủ lớn, có thể đưa chuyển đổi đo vào rà trực tiếp theo đường sinh lỗ.



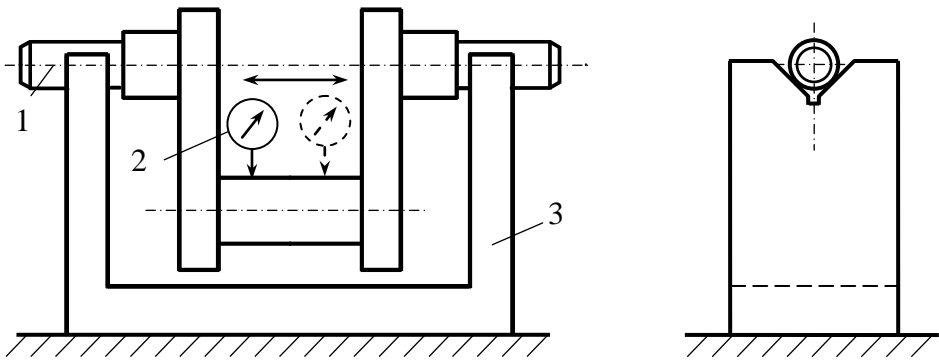
Hình 9.15: Sơ đồ đo độ song song giữa đường tâm với mặt phẳng

1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Trục gá; 4] Bạc lót

3. Độ song song giữa hai đường tâm

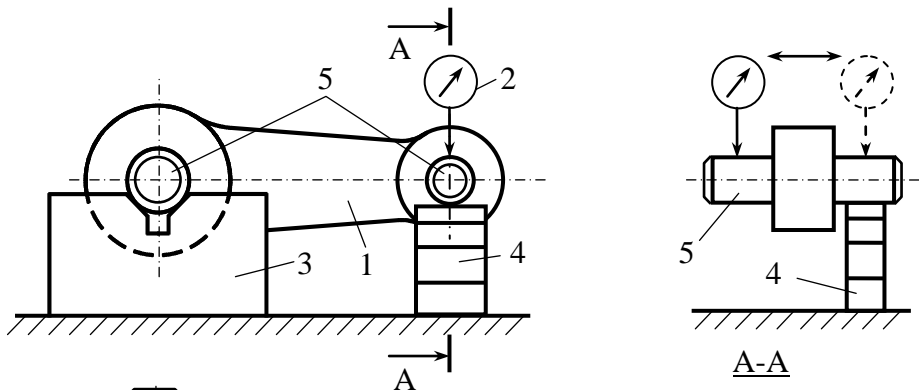
2 Hình 9.16 là sơ đồ kiểm tra độ song song của cổ biên trục khuỷu với trục chính.

2 Hình 9.17 và 9.18 là các sơ đồ kiểm tra độ song song của hai lỗ tay biên theo hai phương và việc kiểm tra được thực hiện trên hai mặt phẳng vuông góc.

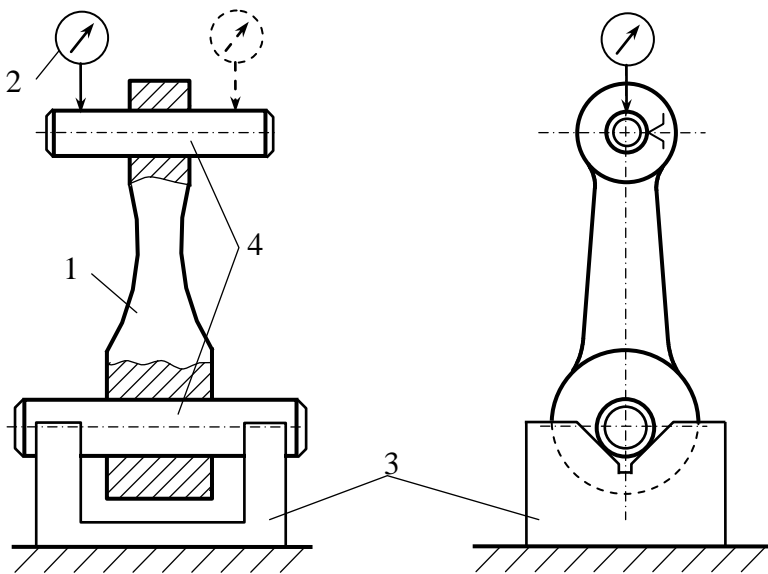


Hình 9.16: Sơ đồ đo độ song song của trục khuỷu

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V



1 | Chi tiết đo
2 | Đồng hồ so
3 | Khối V
4 | Căn mẫu
5 | Trục gá



Hình 9.18: Sơ đồ đo độ song song của tay biên theo phương đứng

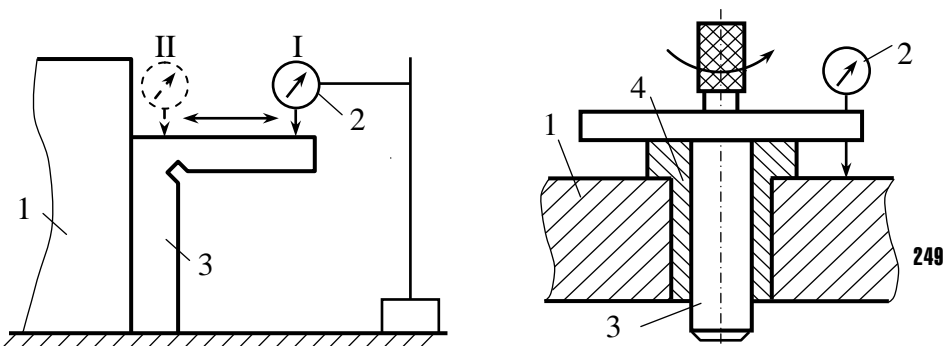
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V; 4 | Trục gá

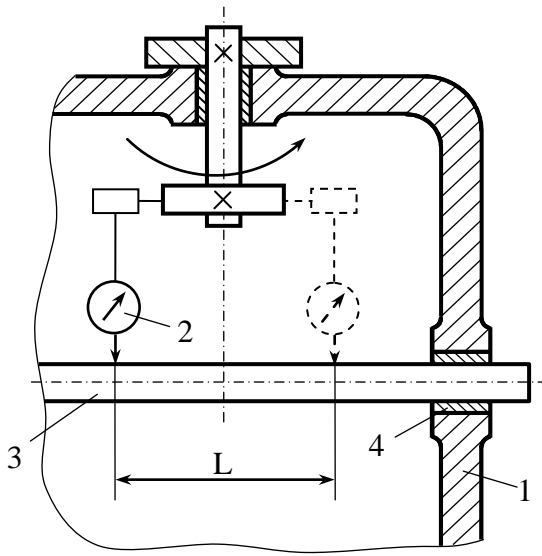
9.2.2. Đo độ vuông góc

2 Hình 9.19 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa hai mặt phẳng.

2 Hình 9.20 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa đường tâm lỗ và mặt phẳng.

2 Hình 9.21 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa hai đường tâm lỗ.



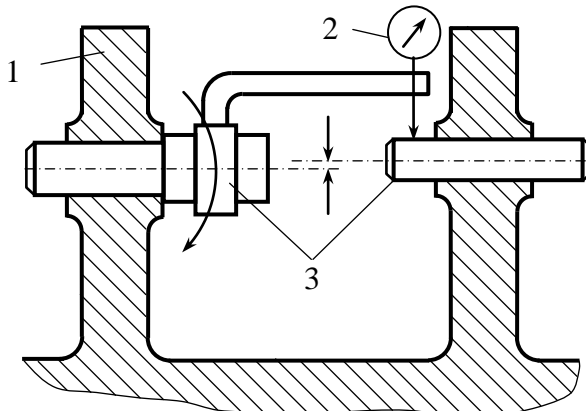


Hình 9.21: Sơ đồ đo độ vuông góc giữa hai đường tâm

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá; 4 | Bạc

9.2.3. Đo độ đồng tâm

Hình 9.22 là sơ đồ kiểm tra độ đồng tâm giữa hai lỗ của chi tiết dạng hộp. Quay trục gá mang đồng hồ so một vòng và biến thiên trên đồng hồ so sẽ bằng hai lần độ đồng tâm giữa hai bề mặt lỗ.



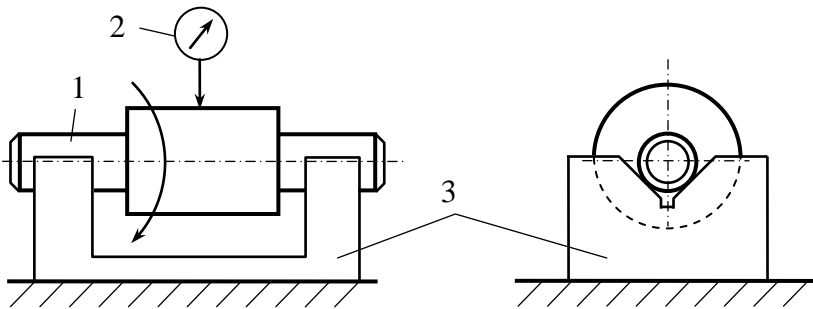
9.2.4. Đo độ đảo

1. Đo độ đảo hướng kính

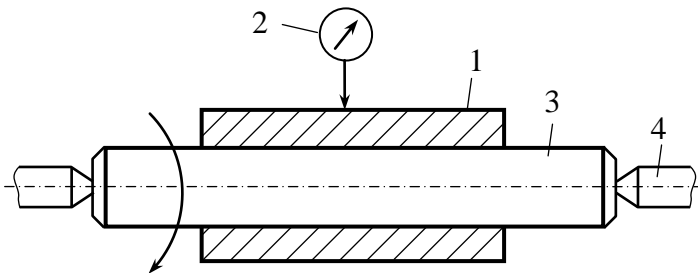
Hình 9.23 và 9.24 là các sơ đồ đo độ đảo hướng kính và trị số độ đảo hướng kính bằng hai lần độ đồng tâm giữa hai bề mặt trụ.

2 Hình 9.23 là sơ đồ kiểm tra độ đảo hướng kính giữa hai mặt trụ ngoài trên hai khối V ngắn.

2 Hình 9.24 là sơ đồ kiểm tra độ đảo hướng kính giữa mặt trụ ngoài và trong bằng trục gá côn (độ côn rất nhỏ $k = 1/500 \div 1/1000$).



Hình 9.23: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa hai mặt trụ ngoài
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V

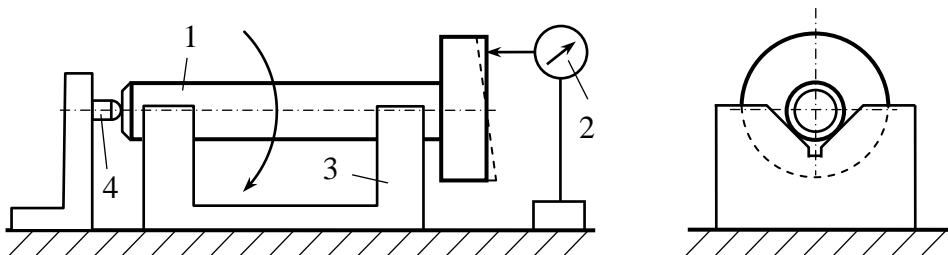


Hình 9.24: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa mặt trụ ngoài và trong
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá côn; 4 | Mũi tâm

2. Đo độ đảo mặt đầu

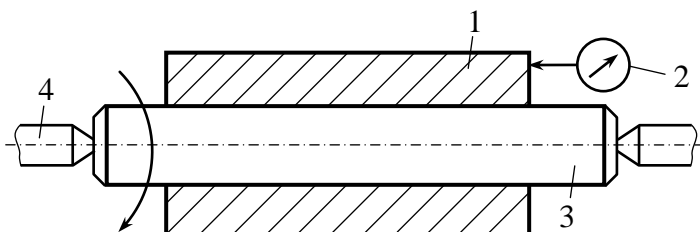
2 Hình 9.25 là sơ đồ kiểm tra độ đảo giữa mặt đầu với mặt trụ ngoài ngoài trên hai khối V ngắn.

2 Hình 9.26 là sơ đồ kiểm tra độ đảo giữa mặt đầu với mặt lỗ.



Hình 9.25: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa mặt đầu với mặt trụ ngoài

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V; 4 | Chốt ty



Hình 9.26: Sơ đồ đo độ đảo giữa mặt đầu và mặt lỗ

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá côn; 4 | Mũi tâm

9.2.5. Đo độ giao nhau giữa các đường tâm

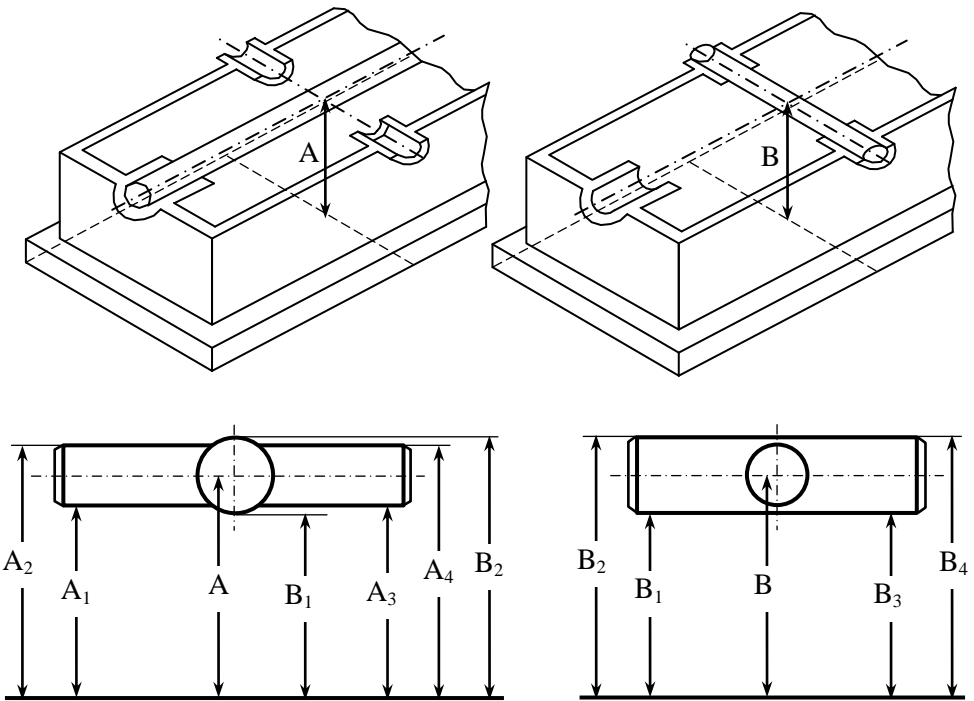
Hình 9.27 là sơ đồ đo độ giao nhau giữa các đường tâm lỗ của chi tiết dạng hộp. Thường biến việc đo độ giao nhau giữa các đường tâm này thành đo sai lệch khoảng cách giữa các đường tâm đến một chuẩn đo cho trước (mặt đáy của hộp). Có thể dùng hai trục gá lắp vào các lỗ để biến thành bề mặt trục và cần lưu ý khắc phục khe hở định tâm để đảm bảo độ chính xác của phép đo.

Để giảm sai số đo do các yếu tố chuẩn, cần đo kích thước A và B theo hai đường kính trên và dưới cũng như ở cả hai đầu của trục gá. Kích thước A và B được xác định như sau:

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad \text{và} \quad B = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{4} \quad (9.1)$$

Độ giao nhau giữa các đường tâm được tính theo công thức sau:

$$\Delta = A - B = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} - \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{4} \quad (9.2)$$



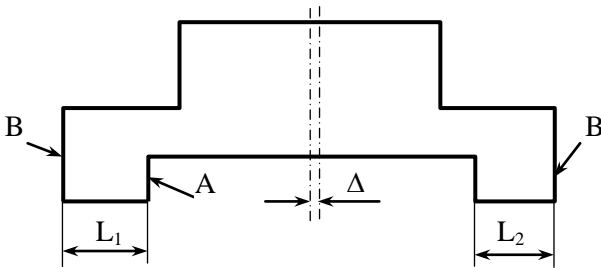
Hình 9.27: Sơ đồ đo độ giao nhau giữa các đường tâm lỗ

9.2.6. Đo độ đối xứng

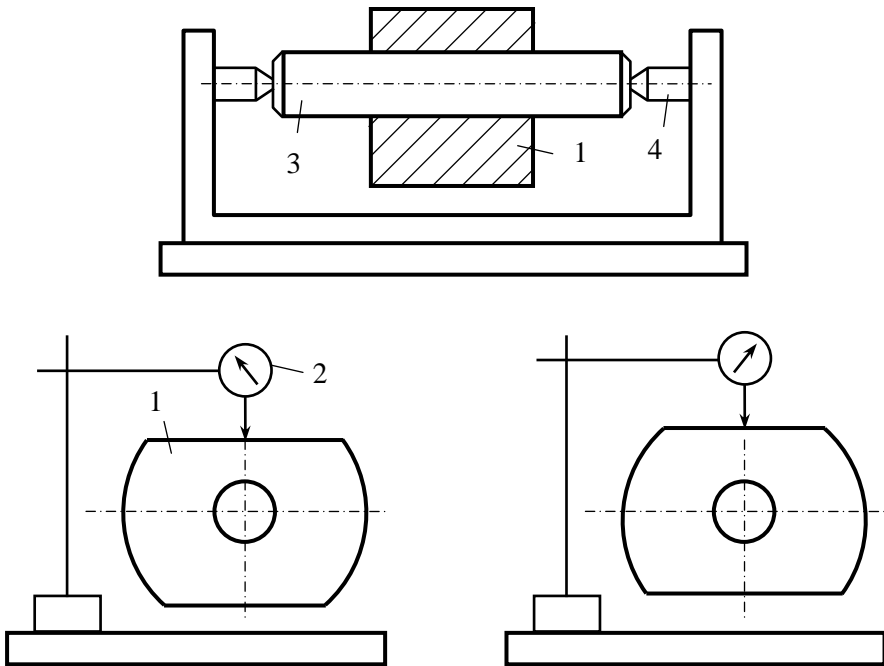
Việc đo độ đối xứng thường được biến thành đo sai lệch khoảng cách giữa các bề mặt.

Hình 9.28 là sơ đồ đo độ đối xứng Δ của rãnh A so với hai bề mặt ngoài B.

$$\Delta = \frac{|L_1 - L_2|}{2} \quad (9.3)$$



Hình 9.28: Sơ đồ đo độ đối xứng của hai bề mặt với tâm bề mặt lỗ. Biến thiên của chỉ thị dụng cụ trong hai lần đo hai bề mặt đối xứng là x với $x = 2\Delta$.

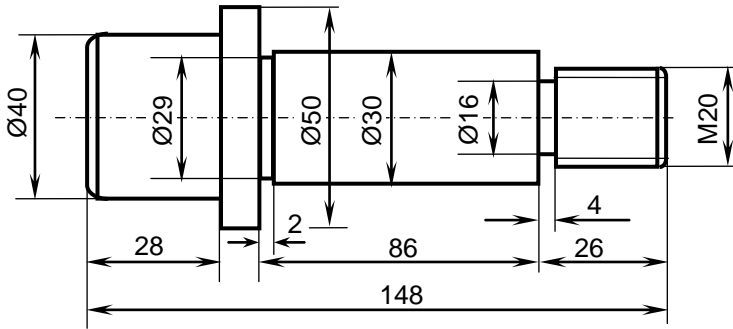


Hình 9.29: Sơ đồ đo độ đối xứng của hai bề mặt vát so với tâm lỗ

- 1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Trục gá; 4] Mũi tâm

BÀI TẬP

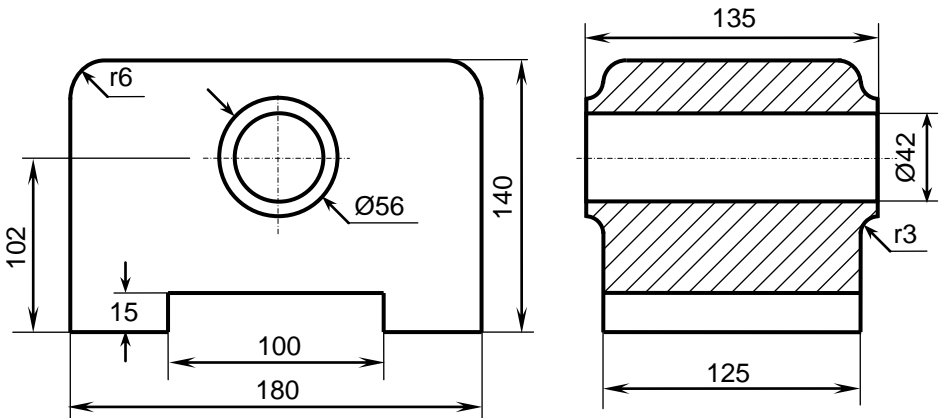
1. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra độ đồng tâm của mặt trụ $\text{Ø}30$ so với mặt trụ $\text{Ø}40$ không quá $0,03\text{mm}$.



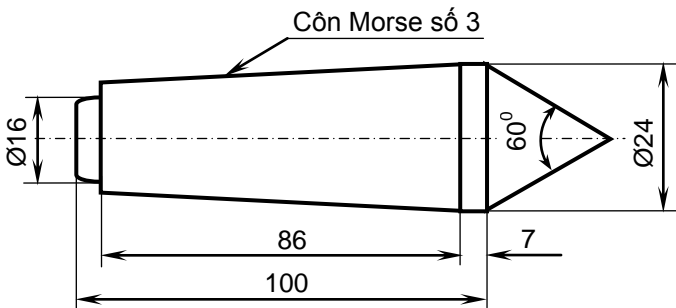
2. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

a. Độ song song giữa lỗ $\text{Ø}42$ so với mặt đáy của chi tiết không quá $0,05\text{mm}$.

b. Độ đối xứng của rãnh 100 so với lỗ $\text{Ø}42$ không quá $0,03\text{mm}$.

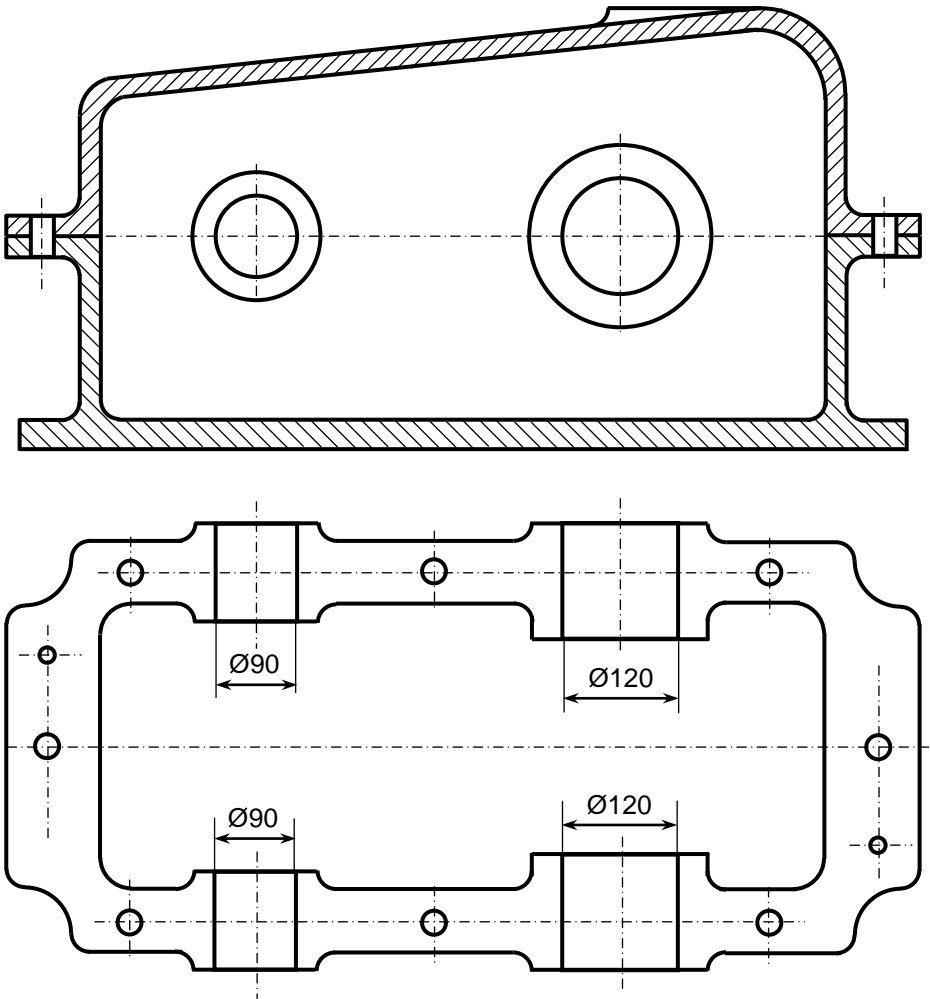


3. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra độ đồng tâm của hai mặt côn không quá $0,03\text{mm}$.



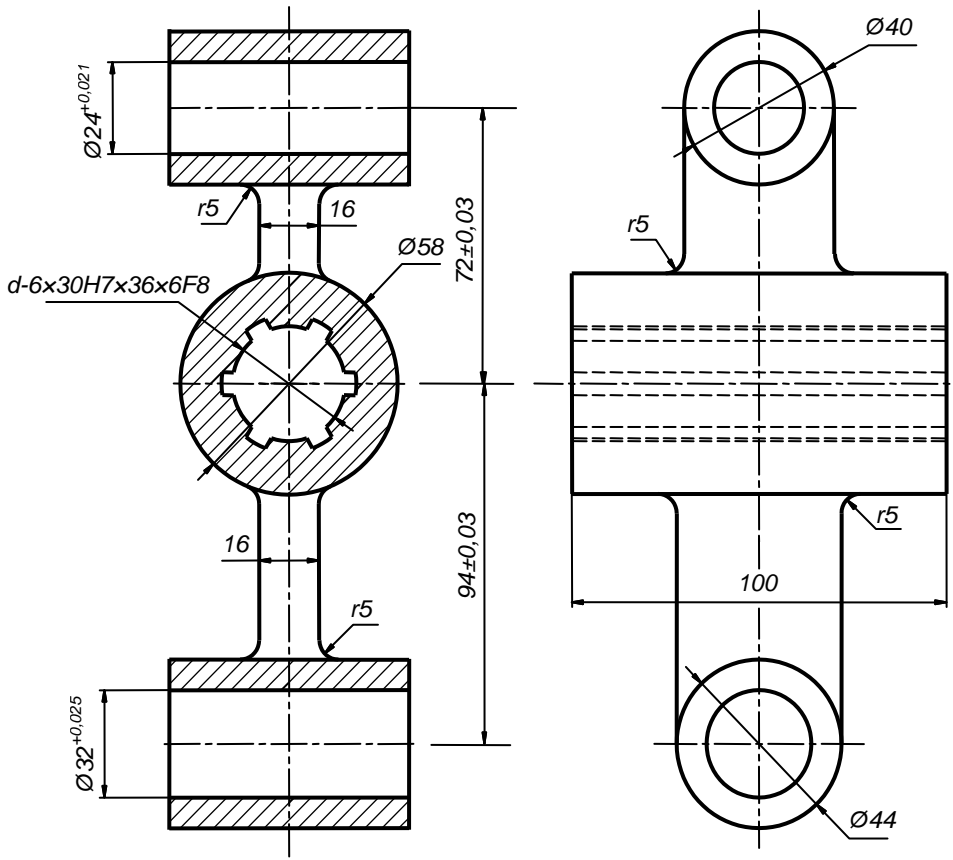
4. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

- Độ đồng tâm của các lỗ $\text{Ø}90$ và các lỗ $\text{Ø}120$ với nhau không quá $0,03\text{mm}$.
- Độ song song giữa đường tâm các lỗ $\text{Ø}90$ và $\text{Ø}120$ không quá $0,05\text{mm}$.



5. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

- Độ song song giữa đường tâm hai lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ không quá $0,03\text{mm}$.
- Độ vuông góc giữa đường tâm lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ so với đường kính trong d của lỗ then hoa không quá $0,05\text{mm}$.

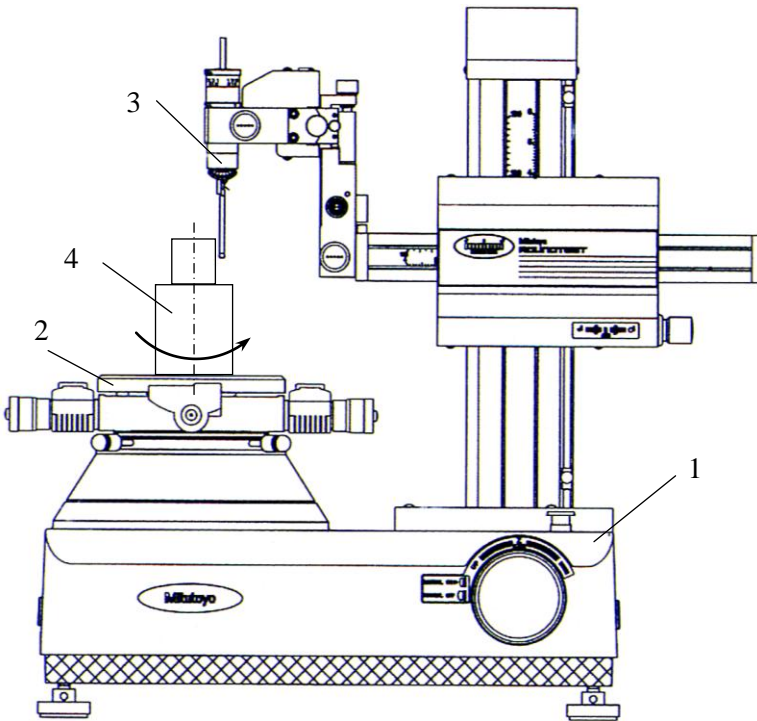


Bài đọc thêm

MÁY ĐO ĐỘ TRÒN – MÁY ĐO TỌA ĐỘ

1. Máy đo độ tròn (Roundness measuring instrument)

Máy đo độ tròn có các bộ phận cơ bản là thân máy, bàn máy và đầu dò. Máy hoạt động trên nguyên tắc cơ bản là mũi dò của đầu dò tiếp xúc với bề mặt chi tiết và ghi nhận sự thay đổi bán kính r của chi tiết ở 3600 vị trí theo chu vi của chi tiết khi bàn máy mang chi tiết thực hiện chuyển động quay đều. Phần mềm sẽ xử lý các dữ liệu nhận được từ đầu dò và vẽ nên biên dạng thực của chi tiết trên màn hình máy tính. Máy sẽ so sánh biên dạng thực của chi tiết và biên dạng lý tưởng được vẽ trên máy để xác định độ không tròn.



Hình 9.30: Máy đo độ tròn

1 | Thân máy; 2 | Bàn máy; 3 | Đầu dò; 4 | Chi tiết đo

Để loại trừ ảnh hưởng của độ không đồng tâm giữa đường tâm của chi tiết và tâm quay của bàn máy khi gá đặt, cần tiến hành dò sơ bộ lần đầu biên dạng của chi tiết để máy phân tích và xác định độ lệch tâm giữa chi tiết và bàn máy. Người đo sẽ hiệu chỉnh bàn máy theo giá trị lệch tâm này và tiến hành dò lại lần thứ hai để có biên dạng thực của chi tiết.

Ngoài công dụng đo độ tròn, máy đo độ tròn còn có thể dùng để đo độ trụ, độ thẳng, độ phẳng, độ đồng tâm, độ đảo hướng tâm và mặt đầu, độ song song, độ vuông góc ... Nếu trang bị đầu dò phù hợp, máy có thể đo độ nhám bề mặt bằng phương pháp đo tiếp xúc.

Tùy theo dạng bề mặt đo và nhu cầu đo, có nhiều loại mũi dò có kết cấu khác nhau với đỉnh mũi dò dạng cầu có kích thước đường kính thay đổi từ $D = \text{Ø}0,5 \div \text{Ø}1,6\text{mm}$ bằng vật liệu là carbide tungsten hoặc carbide sapphire.



Hình 9.31: Các loại đầu dò

2. Máy đo tọa độ (Coordinate measuring machine)

Máy đo tọa độ (thường được gọi là máy CMM) là một thiết bị đo lường tiên tiến và vạn năng. Máy hoạt động theo nguyên lý dịch chuyển một đầu dò để xác định được các thông số hình học của chi tiết theo phương pháp tọa độ. Máy CMM thường thiết kế với 4 phần chính: khung máy, đầu dò, hệ thống điều khiển (máy tính) và phần mềm xử lý.

Tùy thuộc vào mức độ hiện đại, máy CMM có thể hoạt động theo các chế độ: dò tiếp xúc gián đoạn, dò tiếp xúc liên tục và quét không tiếp xúc. Đặc biệt, chế độ quét mẫu không tiếp xúc là điểm nổi bật về công nghệ CMM với đầu quét là hệ thống laser và các cảm biến, có thể ghi nhận được thông tin kích thước phức tạp của các vật đo bằng ba đường tia laser quét kết hợp cùng lúc.



Hình 9.32: Máy đo tọa độ

Đầu dò có thể chuyển động theo ba phương X, Y và Z so với chi tiết. Để đạt độ chính xác cao, hệ thống dẫn hướng, đường trượt và ổ đỡ sử dụng đệm không khí (Air bearing) được coi như không có ma sát.

Máy CMM thường được sử dụng để đo kích thước dài, đo sai lệch hình dạng và vị trí, đo chép mẫu hoặc tạo hình.

Các thông số cơ bản của máy CMM là chiều dài hành trình đo theo các phương X, Y, Z; độ phân giải (từ $0,1 \div 0,01\mu\text{m}$) và trọng lượng lớn nhất của vật đo trên máy.

BẢNG THUẬT NGỮ

Thuật ngữ	Tên tiếng Anh	Trang
B		
Bàn mài	<i>Granite surface plate</i>	226
Bản vẽ chi tiết	<i>Detail drawing</i>	27
Bản vẽ lắp	<i>Assembly drawing</i>	28
Bậc tự do	<i>Degree of freedom</i>	245
Bề mặt bao	<i>Enveloping surface</i>	9
Bề mặt bị bao	<i>Enveloped surface</i>	9
Bi cầu	<i>Measuring ball</i>	228
Bước ren	<i>Pitch (of the thread)</i>	115
Bước xoắn	<i>Lead (of the thread)</i>	124
Bước lớn (của ren)	<i>Coarse pitch</i>	124
Bước nhỏ (của ren)	<i>Fine pitch</i>	124
C		
Calip giới hạn	<i>Limit gauge</i>	198
Calip hàm	<i>Snap gauge</i>	199
Calip nút	<i>Plug gauge</i>	199
Calip nút ren	<i>Thread plug gauge</i>	232
Calip vòng ren	<i>Thread ring gauge</i>	232
Căn lá	<i>Thickness gauge</i>	240
Căn mẫu đo góc	<i>Angle gauge block</i>	217
Căn mẫu song song	<i>Gauge block</i>	195
Cấp chính xác (của dung sai)	<i>Tolerance grade</i>	23
Chiều cao trung bình của profin theo 10 điểm R_z	<i>The height R_z of irregularities (Roughness height)</i>	84
Chiều dài chuẩn (nhám bề mặt)	<i>Roughness cutoff length</i>	85
Chuỗi	<i>Chain</i>	145
Chuỗi kích thước	<i>Dimensional chain</i>	145
Chuỗi kích thước đường thẳng	<i>Linear dimensional chain</i>	147
Chuỗi kích thước mặt phẳng	<i>Two-dimensional chain</i>	147
Chuỗi kích thước không gian	<i>Three-dimensional chain</i>	147
Con lăn (ổ lăn)	<i>Ball</i>	95
D		
Dung sai	<i>Tolerance</i>	12

Dung sai đối xứng	<i>Bilateral tolerance</i>	12
Dung sai không đối xứng	<i>Unilateral tolerance</i>	12
Dung sai lắp ghép	<i>Tolerance of fit</i>	14
Dung sai vị trí	<i>Positional tolerance</i>	70
Dung sai vị trí phụ thuộc	<i>Dependent positional tolerance</i>	70
Dung sai vị trí không phụ thuộc	<i>Independent positional tolerance</i>	70
Dưỡng đo bước ren	<i>Pitch gauge</i>	237
Đ		
Đầu dò	<i>Probe</i>	258
Đế từ (gá đồng hồ so)	<i>Magnetic stand (holder)</i>	204
Đo so sánh	<i>Comparison measurement</i>	178
Đo tuyệt đối	<i>Absolute measurement</i>	178
Đo trực tiếp	<i>Direct measurement</i>	177
Đo gián tiếp	<i>Indirect measurement</i>	177
Đo không tiếp xúc	<i>Non-Contact measurement</i>	179
Đo tiếp xúc	<i>Contact measurement</i>	179
Đo chủ động	<i>Positive measurement</i>	179
Đo bị động	<i>Negative measurement</i>	179
Đồng hồ so	<i>Dial indicator</i>	203
Đồng hồ so chân gập	<i>Dial test indicator</i>	204
Đồng hồ đo trong	<i>Dial bore gage</i>	207
Độ côn	<i>Conical taper</i>	60
Độ dôi	<i>Interference</i>	14
Độ đảo	<i>Runout</i>	75
Độ đảo hướng tâm	<i>Circular runout</i>	75
Độ đảo mặt đầu	<i>Face runout</i>	75
Độ đảo toàn phần	<i>Total runout</i>	75
Độ đối xứng	<i>Symmetry</i>	74
Độ đồng tâm	<i>Concentricity / Coaxiality</i>	73
Độ giao nhau giữa các đường tâm	<i>Intersection of axes</i>	74
Độ hở	<i>Clearance</i>	13
Độ hở hướng tâm (ổ lăn)	<i>Radial internal clearance</i>	103
Độ nghiêng	<i>Slope</i>	59
Độ phẳng	<i>Flatness</i>	67
Độ song song	<i>Parallelism</i>	71

Độ sóng (bề mặt)	<i>Waviness</i>	82
Độ thẳng	<i>Straightness</i>	67
Độ tròn	<i>Circularity</i>	68
Độ trụ	<i>Cylindricity</i>	68
Độ vuông góc	<i>Perpendicularity</i>	72
Độ nhạy của thiết bị đo	<i>Sensitivity of measuring instrument</i>	181
Đường kính ngoài (ổ lẩn)	<i>Outside diameter</i>	96
Đường kính trong (ổ lẩn)	<i>Inside diameter</i>	96
Đường kính ngoài (then hoa)	<i>Major diameter</i>	109
Đường kính trong (then hoa)	<i>Minor diameter</i>	109
Đường kính trung bình (ren)	<i>Pitch diameter (of thread)</i>	115

G

Giá trị phân độ	<i>Resolution</i>	213
Giá trị vạch chia	<i>Graduation</i>	180
Góc nâng (của ren)	<i>Helix angle (of thread)</i>	115
Góc pôphin (của ren)	<i>Profile angle (of thread)</i>	115

H

Hệ thống lỗ	<i>Basic hole system</i>	27
Hệ thống trục	<i>Basic shaft system</i>	27
Hệ số khuếch đại	<i>Magnification factor</i>	189
Hiệu chỉnh	<i>Calibration</i>	181
Hướng nhấp nhô	<i>Direction of lay</i>	86

K

Khâu khép kín	<i>Closed component</i>	147
Khâu thành phần	<i>Partial component</i>	147
Khâu (thành phần) tăng	<i>Increasing component</i>	148
Khâu (thành phần) giảm	<i>Decreasing component</i>	148
Khối V	<i>V block</i>	235
Kích thước	<i>Size / Dimension</i>	9
Kích thước giới hạn	<i>Limits of size</i>	10
Kích thước giới hạn lớn nhất	<i>Maximum limit of size</i>	10
Kích thước giới hạn nhỏ nhất	<i>Minimum limit of size</i>	10
Kích thước danh nghĩa	<i>Nominal size</i>	9
Kích thước tiêu chuẩn	<i>Standard preferred size</i>	9
Kích thước thực	<i>Actual size</i>	10
Kính hiển vi dụng cụ	<i>Measuring microscope</i>	215

Ký hiệu nhám bề mặt	<i>Surface texture symbol</i>	85
L		
Lắp ghép	<i>Fit</i>	13
Lắp ghép ưu tiên	<i>Preferred fit</i>	25
Lắp ghép có độ hở	<i>Clearance fit</i>	14
Lắp ghép có độ dôi	<i>Interference fit</i>	14
Lắp ghép trung gian	<i>Transition fit</i>	15
Lắp ráp	<i>Assembly</i>	18
Lỗ then hoa	<i>Inside / Internal spline</i>	109
Lực đo	<i>Measuring force</i>	182
M		
Máy chiếu biên dạng	<i>Profile projector</i>	211
Máy đo độ tròn	<i>Roundness measuring instrument</i>	258
Máy đo tọa độ	<i>Coordinate measuring machine</i>	259
Miền dung sai	<i>Tolerance zone</i>	23
Mối ghép ren	<i>Threaded joint</i>	113
Mối ghép then	<i>Key joint</i>	106
Mối ghép then hoa	<i>Spline joint</i>	109
Mũi dò	<i>Stylus</i>	258
Mức độ chính xác	<i>Grade of accuracy</i>	23
N		
Nhám bề mặt	<i>Surface texture / Surface Roughness</i>	82
Nivô	<i>Precision level</i>	224
Nivô khung	<i>Precision frame level</i>	225
Nivô thanh	<i>Precision level</i>	225
O		
Ổ lăn	<i>Rolling bearing</i>	97
Ổ bi chặn	<i>Thrust Ball Bearing</i>	97
Ổ bi đỡ chặn	<i>Angular Contact Ball Bearing</i>	97
Ổ bi đỡ một dãy	<i>Single-Row Ball Bearing</i>	97
Ổ bi đỡ tự lựa	<i>Self-Aligning Ball Bearing</i>	97
Ổ đĩa chặn	<i>Thrust Roller Bearing</i>	97
Ổ đĩa côn	<i>Tapered Roller Bearing</i>	97
Ổ đĩa trụ ngắn đỡ	<i>Cylindrical Roller Bearing</i>	97

Ổ đĩa trụ xoắn đờ	<i>Spherical Roller Bearing</i>	97
Ổ kim (ổ trụ dài)	<i>Needle Roller Bearing</i>	97

P

Panme	<i>Micrometer</i>	193
Panme đo lỗ 3 tiếp điểm	<i>Three-point Inside micrometer</i>	196
Panme đo ngoài	<i>Outside micrometer</i>	193
Panme đo ren	<i>Screw thread micrometer</i>	234
Panme đo sâu	<i>Depth micrometer</i>	194
Panme đo trong	<i>Inside micrometer</i>	193
Phạm vi chỉ thị	<i>Measuring range</i>	181
Phạm vi đo	<i>Measuring span</i>	181
Phân bố chuẩn	<i>Normal distribution</i>	37

R

Ren	<i>Thread</i>	113
Ren côn	<i>Taper pipe thread</i>	113
Ren hệ mét	<i>Metric thread</i>	124
Ren hệ Anh	<i>Inch thread</i>	124
Ren thang	<i>Trapezoidal thread</i>	124
Ren vuông	<i>Square thread</i>	124
Ren một đầu mỗi	<i>Single-start thread</i>	113
Ren nhiều đầu mỗi	<i>Multi-start thread</i>	113
Ren phải	<i>Right-hand thread</i>	113
Ren trái	<i>Left-hand thread</i>	113

S

Sai lệch cơ bản	<i>Fundamental deviation</i>	25
Sai lệch giới hạn	<i>Limiting deviations</i>	12
Sai lệch giới hạn trên	<i>Upper (limiting) deviation</i>	12
Sai lệch giới hạn dưới	<i>Lower (limiting) deviation</i>	12
Sai lệch hình dạng của prôfin	<i>Deviation of a profile line</i>	76
Sai lệch hình dạng của bề mặt	<i>Deviation of a profile surface</i>	77
Sai lệch bình phương trung bình	<i>Standard deviation</i>	37
Sai lệch hình dạng hình học đại quang	<i>Form error</i>	82
Sai lệch trung bình số học của prôfin R_a	<i>The mean deviation of the profile R_a</i>	83

Sai lệch hình dạng	<i>Shape deviations</i>	66
Sai lệch vị trí	<i>Position deviations</i>	66
Sai số	<i>Error</i>	182
Sai số đo	<i>Measurement error</i>	182
Sai số hệ thống	<i>Systematic error</i>	183
Sai số ngẫu nhiên	<i>Accidental error</i>	183

T

Thang chia độ	<i>Graduation scale</i>	180
Thang đo chính	<i>Main scale</i>	190
Thang đo phụ (thang du xích)	<i>Auxiliary Vernier scale</i>	190
Then bằng	<i>Prismatic key</i>	107
Then bán nguyệt	<i>Woodruff key</i>	107
Then vát	<i>Taper key</i>	107
Then hoa	<i>Spline</i>	109
Thước cặp	<i>Vernier caliper</i>	190
Thước cặp có đồng hồ so	<i>Dial caliper</i>	191
Thước cặp điện tử	<i>Electronic (digital) caliper</i>	191
Thước đo góc	<i>Protractor</i>	221
Thước đo góc có thước phụ	<i>Bevel protractor</i>	222
Thước kiểm	<i>Straight edge</i>	239
Thước sin	<i>Sin bar</i>	226
Tiêu chuẩn hoá	<i>Standardization</i>	9
Tính đổi lẫn chức năng	<i>Interchangeability</i>	17
Tính đổi lẫn hoàn toàn	<i>Full interchangeability</i>	18
Tính đổi lẫn không hoàn toàn (đổi lẫn bộ phận)	<i>Partial interchangeability / Group interchangeability</i>	18
Trị số dung sai	<i>Tolerance value</i>	23
Trục gá	<i>Mandrel</i>	247
Trục then hoa	<i>Splined shaft</i>	109
Truyền động bánh răng	<i>Gear drive</i>	134

V

Vị trí dung sai	<i>Position of the tolerance zone</i>	25
Vòng cách (ổ lăn)	<i>Cage / Retainer</i>	95
Vòng ngoài (ổ lăn)	<i>Outer ring</i>	95
Vòng trong (ổ lăn)	<i>Inner ring</i>	95

Chương IX

ĐO SAI LỆCH HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ

Mục tiêu chương IX: Sau khi học xong chương này, các sinh viên có khả năng:

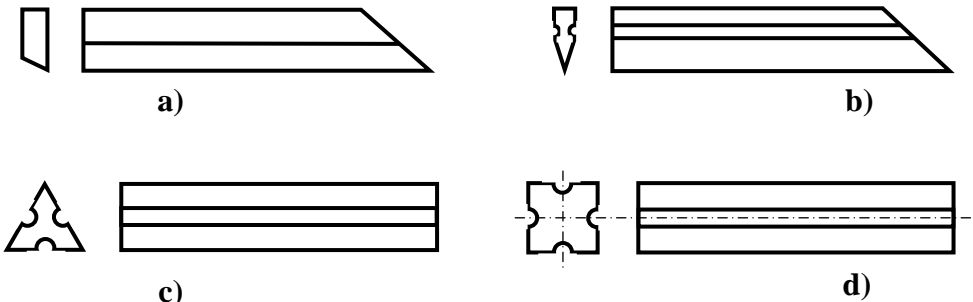
1. Biết cách chọn phương pháp đo và loại dụng cụ đo thích hợp để đo kiểm các loại sai lệch hình dạng của chi tiết như độ thẳng, độ phẳng.
2. So sánh được ưu nhược điểm của các sơ đồ đo và chọn được sơ đồ đo thích hợp để đo kiểm các loại sai lệch hình dạng của chi tiết như độ tròn, độ trụ.
3. Thiết lập được sơ đồ đo phù hợp với hình dáng và kết cấu của chi tiết để đo kiểm các loại sai lệch vị trí của chi tiết.
4. Thiết kế được các loại đồ gá đo cho sơ đồ đo đã lựa chọn để đo kiểm các loại sai lệch vị trí của chi tiết.

9.1. ĐO SAI LỆCH HÌNH DẠNG

9.1.1. Đo độ thẳng

1. Dùng thước kiểm

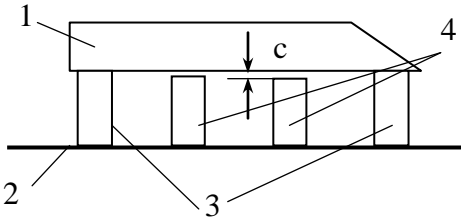
Thước kiểm có kết cấu như hình (9.1), gồm các dạng thước một mặt nghiêng (hình 9.1a), thước hai mặt nghiêng (hình 9.1b), thước ba cạnh (hình 9.1c), thước 4 cạnh (hình 9.1d).



Hình 9.1: Các loại thước kiểm

Cách sử dụng thước kiểm rất đơn giản. Chỉ cần áp trực tiếp thước kiểm vào bề mặt kiểm tra và đánh giá độ thẳng qua khe hở ánh sáng giữa bề mặt kiểm tra và thước.

Để xác định giá trị khe sáng, người ta có thể so sánh khe hở ánh sáng giữa bề mặt kiểm tra và thước với khe sáng mẫu c có giá trị biết trước được tạo ra bởi các miếng căn mẫu có kích thước khác nhau như sơ đồ như hình 9.2. Sai số đo phụ thuộc vào kinh nghiệm của người đo.

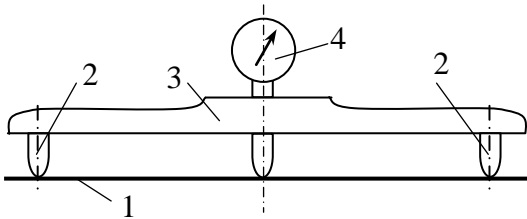


Hình 9.2: Khe sáng mẫu

- 1- Thước kiểm
- 2- Mặt phẳng bàn máp
- 3- Căn mẫu có kích thước bằng nhau
- 4- Căn mẫu có kích thước khác nhau

2. Dùng thước gắn đồng hồ so

Sơ đồ nguyên lý của dụng cụ cho trên hình 9.3. Trước khi đo, chỉnh "0" dụng cụ với một đường thẳng chuẩn. Sau đó, đặt thước vào đường thẳng cần đo và độ lệch của kim trên cơ cấu chỉ thị cho biết giá trị của độ thẳng.



- 1 | Đường thẳng cần đo
- 2 | Điểm ti
- 3 | Giá
- 4 | Đồng hồ so

Hình 9.3: Thước gắn đồng hồ so

9.1.2. Đo độ phẳng

Tùy theo độ chính xác và độ lớn của mặt cần kiểm tra, có thể sử dụng các phương pháp sau:

1. Dùng bột màu

Dịch chuyển bề mặt cần kiểm tra trên bề mặt làm việc của bàn máp có bôi một lớp mỏng bột màu (hỗn hợp thuốc nhuộm màu xanh béclinít hoặc màu xanh turunbun với dầu máy). Độ phẳng được thể hiện bằng số lượng vết bột màu trên bề mặt kiểm tra trong hình vuông $25 \times 25 \text{mm}$. Số vết càng nhiều, độ phẳng càng cao.

Trường hợp mặt kiểm tra lớn thì dùng thước kiểm có thoa bột màu để dịch chuyển trên bề mặt kiểm tra.

Bảng 9.1: Số lượng vết bột màu trên bề mặt kiểm tra

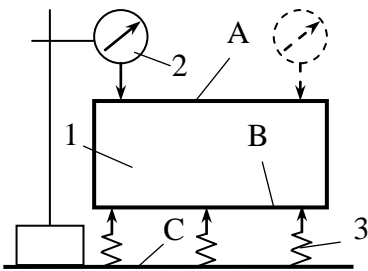
Số lượng vết bột màu	Cấp chính xác của bề mặt
Lớn hơn 20 đến 30	Cấp 3 đến 4
Lớn hơn 12 đến 20	Cấp 5 đến 6
Lớn hơn 5 đến 12	Cấp 7 đến 8
Ít hơn 5	Cấp 9 đến 10

2. Dụng cụ kiểm

Dùng thước kiểm để đo độ phẳng theo các hướng khác nhau và qua từng lần đo đó mà đánh giá sai số về độ phẳng.

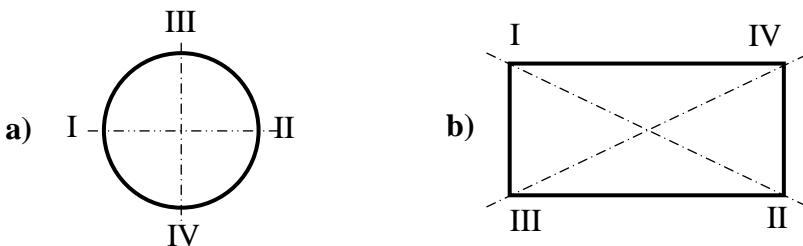
3. Dụng cụ có cơ cấu chỉ thị

Dùng dụng cụ có cơ cấu chỉ thị (đồng hồ so) để rà liên tục trên bề mặt cần đo A như sơ đồ hình 9.4. Để loại trừ ảnh hưởng của độ phẳng mặt B, độ song song giữa mặt A và B đến kết quả đo độ phẳng mặt A, chi tiết 1 cần được chỉnh "0" sao cho mặt phẳng bao của mặt A song song với mặt chuẩn C. Để đảm bảo điều này, cần chỉnh các vít tế vi 3 sao cho chỉ thị bằng nhau tại 3 điểm cách xa trọng tâm nhất, 4 điểm nằm trên 2 đường kính vuông góc nếu mặt kiểm tra có dạng tròn (hình 9.5a) hay 4 điểm nằm ở hai đầu đường chéo nếu mặt kiểm tra có dạng hình chữ nhật (hình 9.5b) của bề mặt chi tiết.



Hình 9.4: Sơ đồ đo độ phẳng bằng dụng cụ có cơ cấu chỉ thị

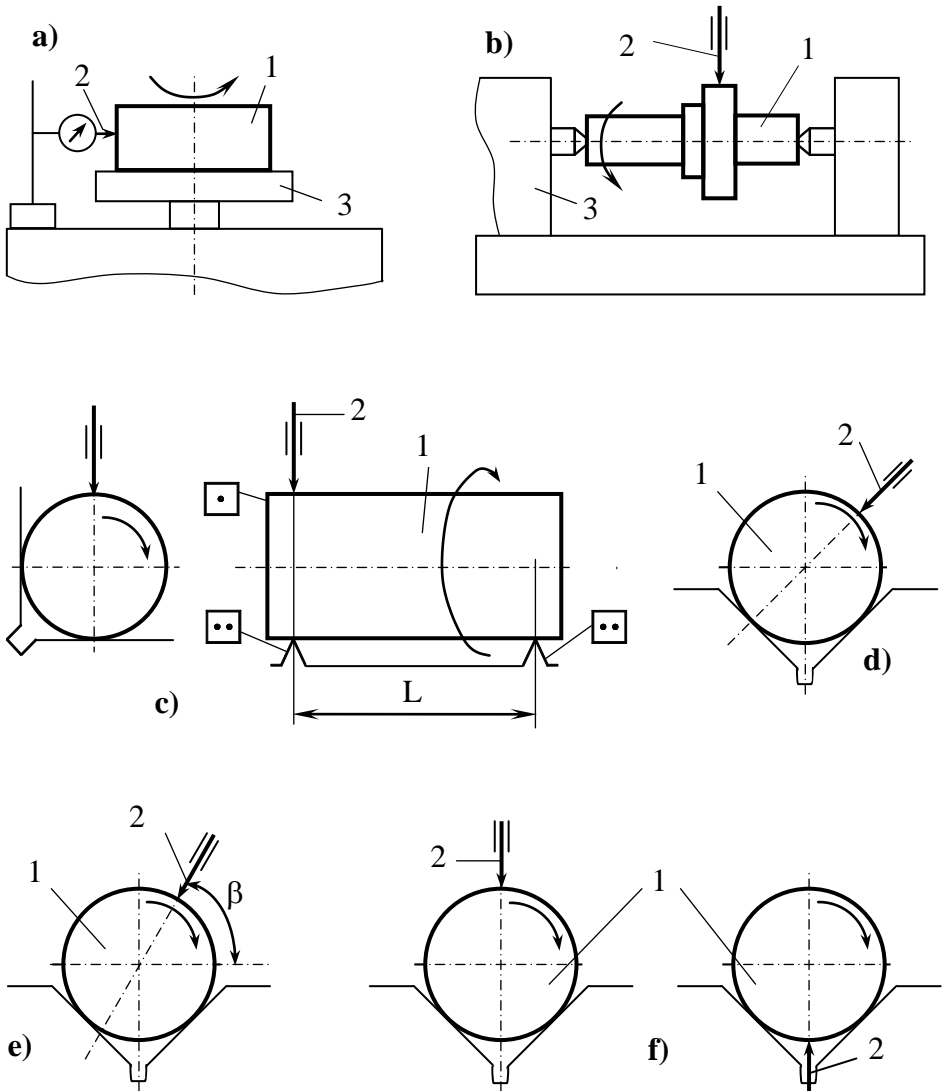
- 1 | Chi tiết đo
- 2 | Đồng hồ so
- 3 | Vít điều chỉnh



Hình 9.5: Các điểm trên bề mặt kiểm tra để chỉnh 0 dụng cụ

9.1.3. Đo độ tròn

Độ tròn được xác định theo các sơ đồ đo như hình 9.6. Độ không tròn của bề mặt thể hiện qua sự thay đổi chỉ thị trên chuyển đổi đo.



Hình 9.6: Các sơ đồ đo độ tròn

- 1 } Chi tiết đo
- 2 } Chuyển đổi đo
- 3 } Bàn gá đo

2 Sơ đồ a: yêu cầu cao về độ đảo trục chính của bàn gá đo. Khi đó, kết quả đo sẽ phản ánh luôn cả độ không đồng tâm của bề mặt chi tiết với tâm quay của nó.

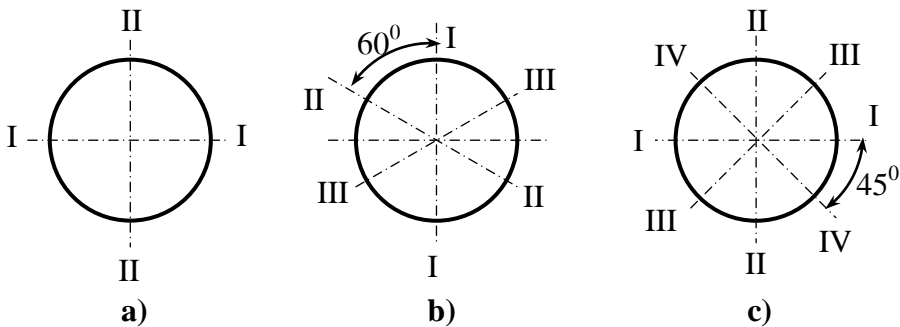
2 Sơ đồ b: sử dụng đối với chi tiết dài có hai lỗ tâm hoặc chi tiết ngắn có lỗ để lắp với trục gá. Kết quả đo chứa cả sai số độ đồng tâm của mặt kiểm tra với tâm quay của hai lỗ tâm.

2 Sơ đồ c và d là các sơ đồ đo 3 tiếp điểm, thích hợp cho các chi tiết méo có số cạnh chẵn. Với sơ đồ c, chi tiết gá đặt kém ổn định vì cần có lực ép chi tiết vào các chuẩn tỳ. Với sơ đồ d, khả năng ổn định của chi tiết cao hơn nhưng thao tác đo khó khăn hơn.

2 Sơ đồ e và f là các sơ đồ đo 3 tiếp điểm, thích hợp cho các chi tiết méo có số cạnh lẻ. Sơ đồ đo 3 tiếp điểm có hai dạng: không đối xứng (sơ đồ e) và đối xứng (sơ đồ f).

Khi đo bằng các sơ đồ trên, phải xoay chi tiết đi toàn vòng. Do đó, sẽ làm tổn hại bề mặt phương tiện đo (mặt chuẩn và mặt đo), nhất là khi chi tiết có độ bóng bề mặt không cao. Để khắc phục điều này, có thể giải quyết theo các cách sau:

- Đo chi tiết ở trạng thái tĩnh ở một số vị trí như hình 9.7. Phương pháp này thích hợp cho chi tiết có độ ôvan hoặc có số cạnh chẵn.



Hình 9.7: Các sơ đồ đo độ tròn ở trạng thái tĩnh

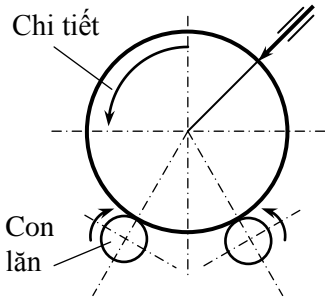
Sơ đồ a: độ tin cậy kém

Sơ đồ b: sử dụng với chi tiết có số cạnh chẵn bội 2 ($n = 4, 8, 10, 14 \dots$)

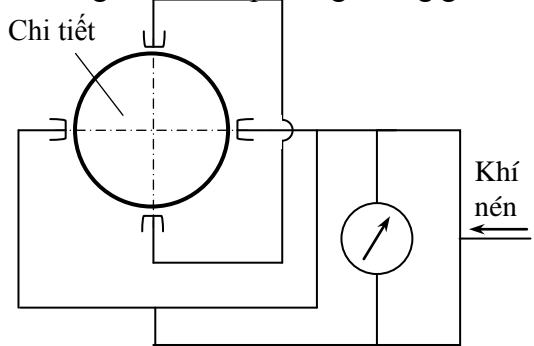
Sơ đồ c: sử dụng với chi tiết có số cạnh chẵn bội 3 ($n = 6, 12, 18, \dots$)

- Với chi tiết có số cạnh lẻ ($n = 5, 7, \dots$) dùng phương pháp đo 3 tiếp điểm tựa trên hai con lăn (hình 9.8).

- Dùng sơ đồ đo vi sai sử dụng chuyển đổi khí nén như hình 9.9. Chuyển đổi đo được chỉnh 0 với chi tiết mẫu chính xác. Trên sơ đồ đo, hai nhánh đo khí nén xác định sai lệch đường kính ở hai phương vuông góc.



Hình 9.8: Sơ đồ đo độ tròn trên 2 con lăn



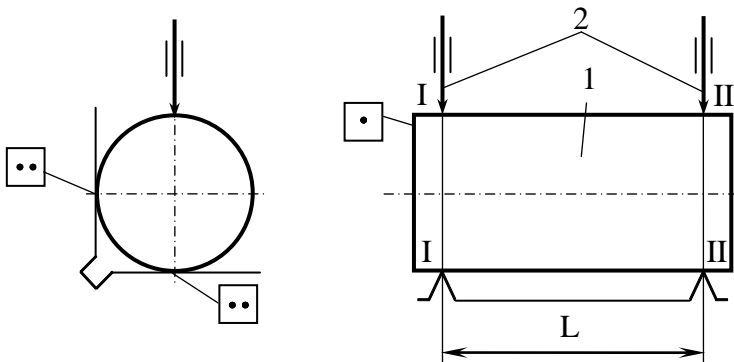
Hình 9.9: Sơ đồ đo vi sai độ tròn

9.1.4. Đo độ trụ

Độ trụ là chỉ tiêu tổng hợp về sai lệch hình dạng trên tiết diện dọc trục, bao gồm độ côn, độ phình thắt, độ cong trục, độ thẳng đường sinh.

1. Đo độ côn

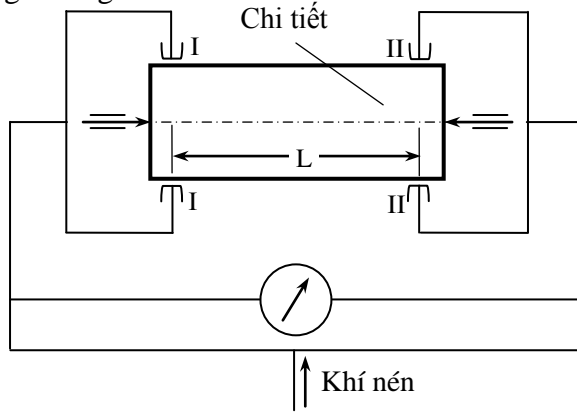
Độ côn được xác định thông qua việc đo hai đường kính tại hai tiết diện I-I và II-II cách nhau chiều dài chuẩn L theo sơ đồ đo cơ bản trên hình 9.10. Chuyển đổi đo được chỉnh 0 với chi tiết trụ mẫu chính xác. Cách này có năng suất thấp, chỉ thích hợp với số lượng chi tiết ít, khối lượng nhỏ.



Hình 9.10: Sơ đồ đo độ côn

1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

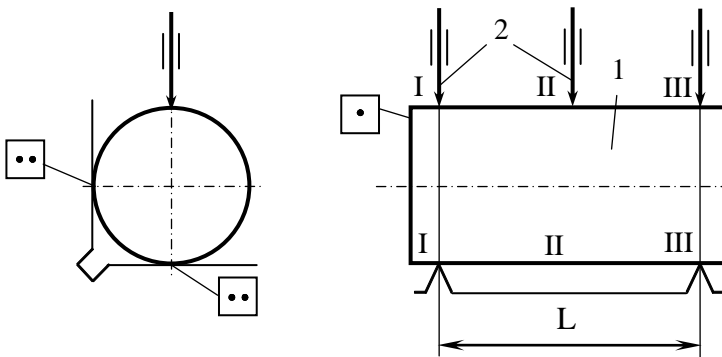
Hình 9.11 là sơ đồ đo vi sai, cho phép đọc ngay trị số độ côn trên cơ cấu chỉ thị. Với sơ đồ đo này, việc gá đặt chi tiết rất thuận tiện vì không có sai số chuẩn và thích hợp để theo dõi độ côn của chi tiết trong quá trình đang gia công.



Hình 9.11: Sơ đồ đo vi sai độ côn

2. Đo độ phình thắt

Độ phình thắt được xác định thông qua việc đo 3 đường kính tại hai tiết diện biên và một tiết diện ở giữa như sơ đồ đo hình 9.12.



Hình 9.12: Sơ đồ đo độ phình thắt

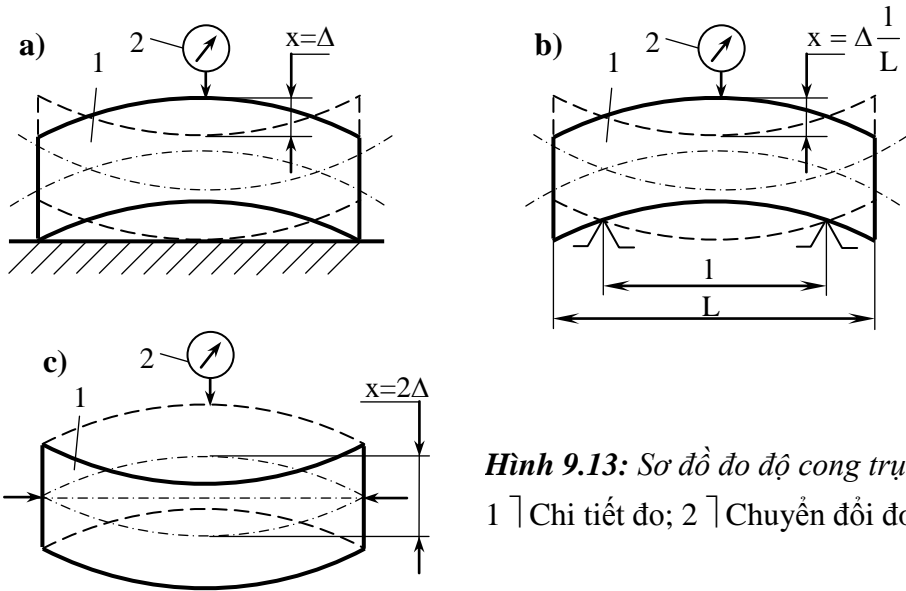
1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

Do chi tiết thường mang nhiều thành phần sai số khác nên phương pháp đo trên chỉ là gần đúng. Để nâng cao độ chính xác, cần phải chuyển thành đo biến thiên đường kính theo phương dọc trục.

3. Đo độ cong trục

Độ cong trục Δ được đo theo các sơ đồ trong hình 9.13, trong đó chi tiết cần được định vị 5 bậc tự do. Cho chi tiết thực hiện chuyển động quay và xác định sự biến thiên của chỉ thị trên chuyển đổi đo là x .

Khi đo, cần xác định vị trí đặt chuyển đổi thích hợp, thông thường là tại tiết diện giữa trục vì nơi đó trị số độ cong đạt giá trị lớn nhất. Khi chi tiết có tiết diện cong đột biến thì độ cong tại đó đạt giá trị lớn nhất và đó cũng chính là nơi phải đặt chuyển đổi.



Hình 9.13: Sơ đồ đo độ cong trục
 1 | Chi tiết đo; 2 | Chuyển đổi đo

2 Sơ đồ a: Đo trên chuẩn phẳng, kết quả đo cho ngay trị số độ cong trục $x = \Delta$.

2 Sơ đồ b: Đo trên hai khối V gắn với khoảng cách là l , độ cong trục phụ thuộc vào khoảng cách l và chiều dài chi tiết L .

2 Sơ đồ c: Dùng cho chi tiết có 2 lỗ tâm, kết quả đo cho 2 lần trị số độ cong trục $x = 2\Delta$.

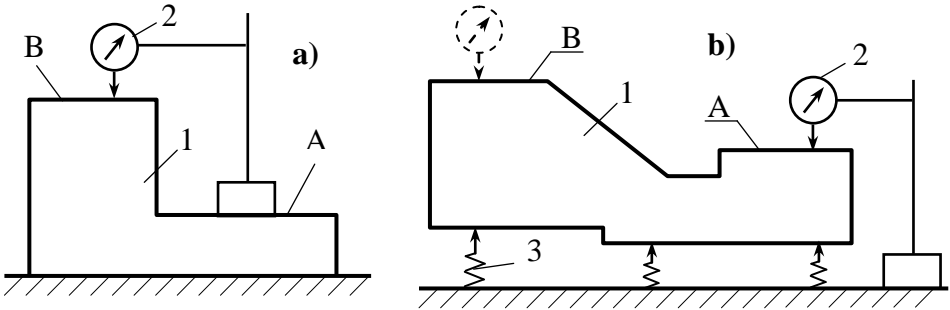
9.2. ĐO SAI LỆCH VỊ TRÍ TƯƠNG QUAN GIỮA CÁC BỀ MẶT

9.2.1. Đo độ song song

1. **Độ song song giữa hai mặt phẳng** (hình 9.14)

2 Sơ đồ a: dùng khi mặt chuẩn A đủ lớn để đặt đồng hồ so.

2 Sơ đồ b: dùng khi mặt chuẩn A nhỏ, phải sử dụng hệ thống vít nâng để điều chỉnh mặt A song song với mặt bàn máy.



Hình 9.14: Sơ đồ đo độ song song giữa 2 mặt phẳng

1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Vít điều chỉnh

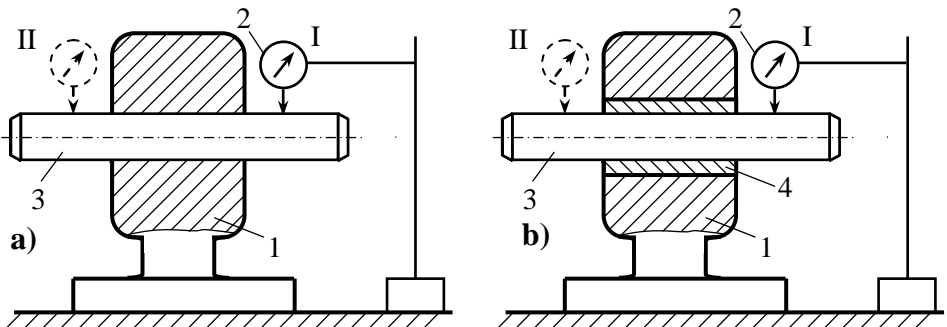
2. Độ song song giữa đường tâm với mặt phẳng (hình 9.15)

Thường chọn mặt phẳng làm chuẩn để kiểm tra lỗ và chia ra ba trường hợp sau:

2 Nếu lỗ nhỏ, dùng trục gá chính xác lắp vào bề mặt lỗ để kiểm tra (hình 9.15a).

2 Khi mặt lỗ khá lớn, để không phải dùng trục gá quá lớn và nặng nề thì phải dùng thêm bạc lót (hình 9.15a).

2 Khi mặt lỗ đủ lớn, có thể đưa chuyển đổi đo vào rà trực tiếp theo đường sinh lỗ.



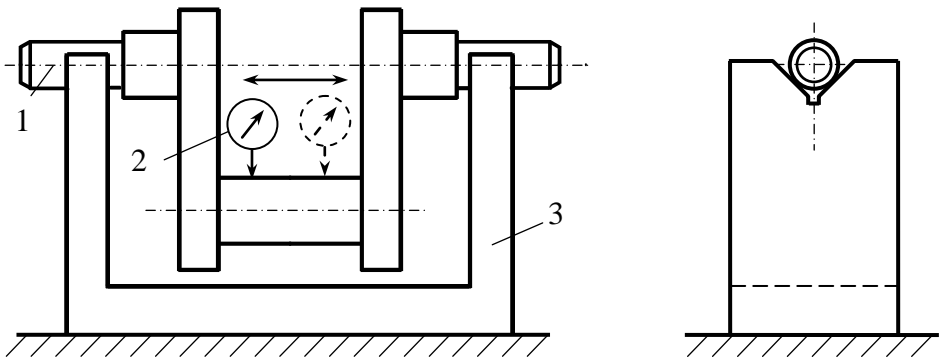
Hình 9.15: Sơ đồ đo độ song song giữa đường tâm với mặt phẳng

1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Trục gá; 4] Bạc lót

3. Độ song song giữa hai đường tâm

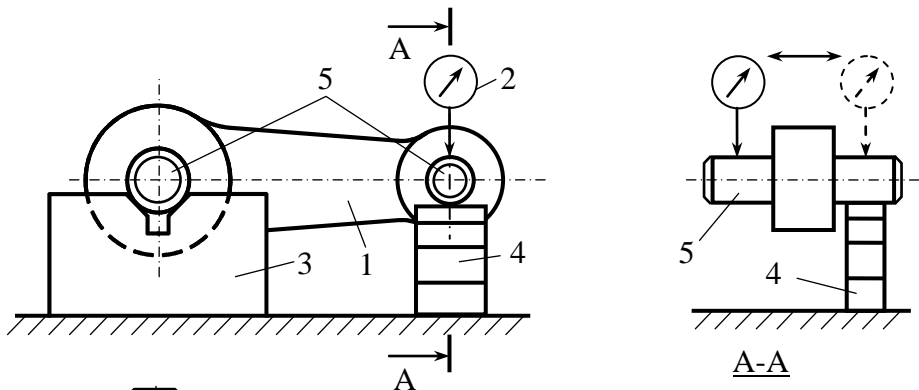
2 Hình 9.16 là sơ đồ kiểm tra độ song song của cổ biên trục khuỷu với trục chính.

2 Hình 9.17 và 9.18 là các sơ đồ kiểm tra độ song song của hai lỗ tay biên theo hai phương và việc kiểm tra được thực hiện trên hai mặt phẳng vuông góc.



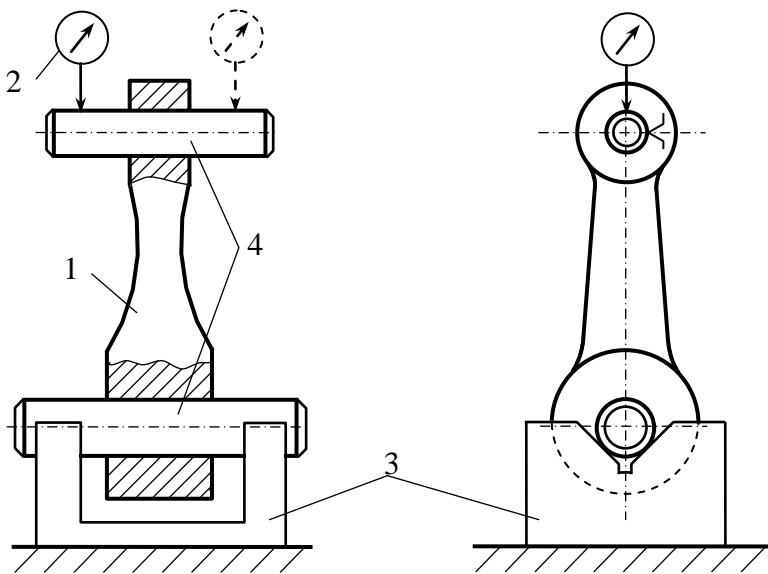
Hình 9.16: Sơ đồ đo độ song song của trục khuỷu

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V



A-A

1 | Chi tiết đo
2 | Đồng hồ so
3 | Khối V
4 | Căn mẫu
5 | Trục gá



Hình 9.18: Sơ đồ đo độ song song của tay biên theo phương đứng

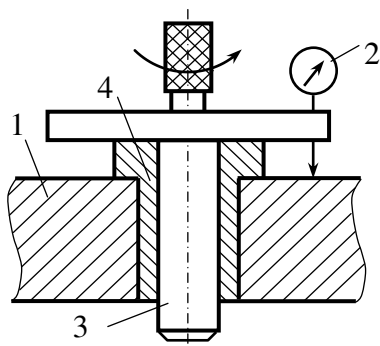
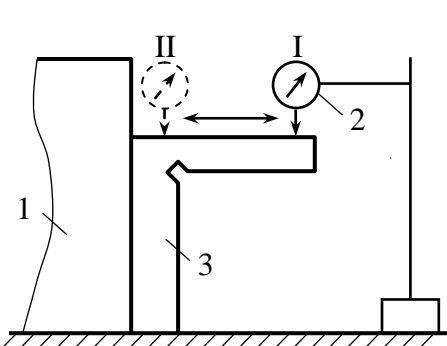
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V; 4 | Trục gá

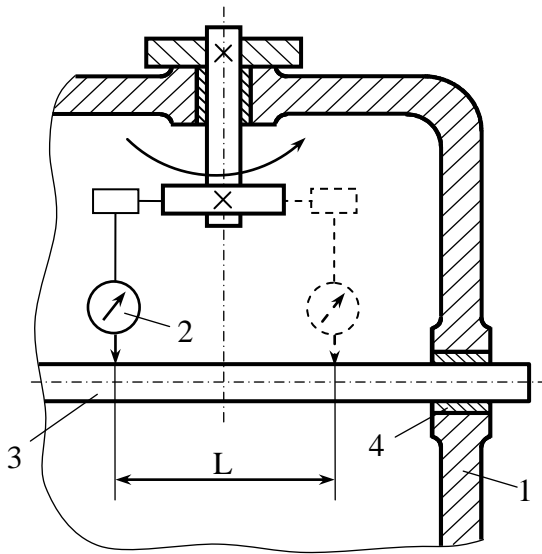
9.2.2. Đo độ vuông góc

2 Hình 9.19 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa hai mặt phẳng.

2 Hình 9.20 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa đường tâm lỗ và mặt phẳng.

2 Hình 9.21 là sơ đồ kiểm tra độ vuông góc giữa hai đường tâm lỗ.



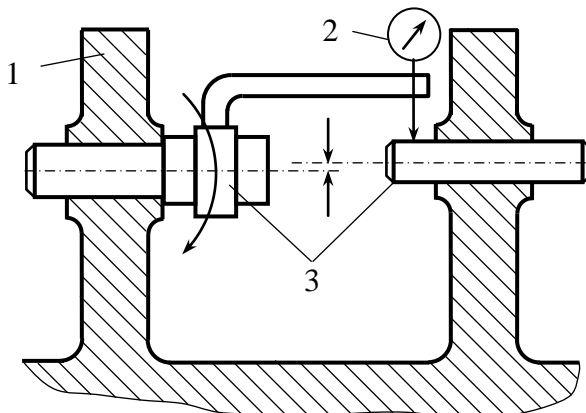


Hình 9.21: Sơ đồ đo độ vuông góc giữa hai đường tâm

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá; 4 | Bạc

9.2.3. Đo độ đồng tâm

Hình 9.22 là sơ đồ kiểm tra độ đồng tâm giữa hai lỗ của chi tiết dạng hộp. Quay trục gá mang đồng hồ so một vòng và biến thiên trên đồng hồ so sẽ bằng hai lần độ đồng tâm giữa hai bề mặt lỗ.



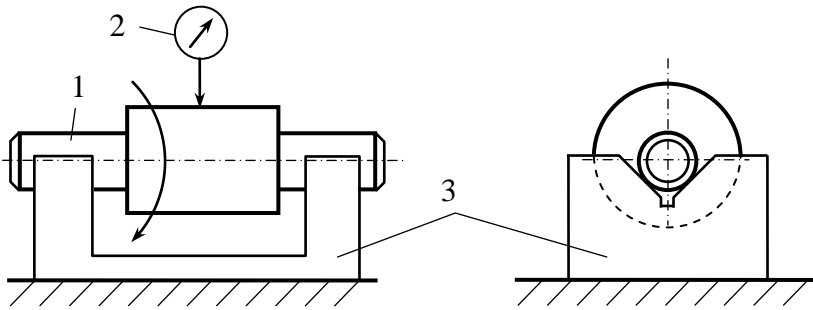
9.2.4. Đo độ đảo

1. Đo độ đảo hướng kính

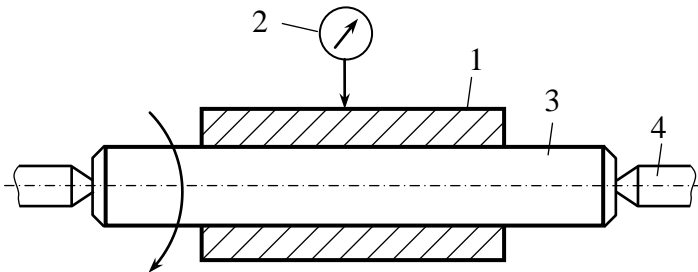
Hình 9.23 và 9.24 là các sơ đồ đo độ đảo hướng kính và trị số độ đảo hướng kính bằng hai lần độ đồng tâm giữa hai bề mặt trụ.

2 Hình 9.23 là sơ đồ kiểm tra độ đảo hướng kính giữa hai mặt trụ ngoài trên hai khối V ngắn.

2 Hình 9.24 là sơ đồ kiểm tra độ đảo hướng kính giữa mặt trụ ngoài và trong bằng trục gá côn (độ côn rất nhỏ $k = 1/500 \div 1/1000$).



Hình 9.23: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa hai mặt trụ ngoài
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V

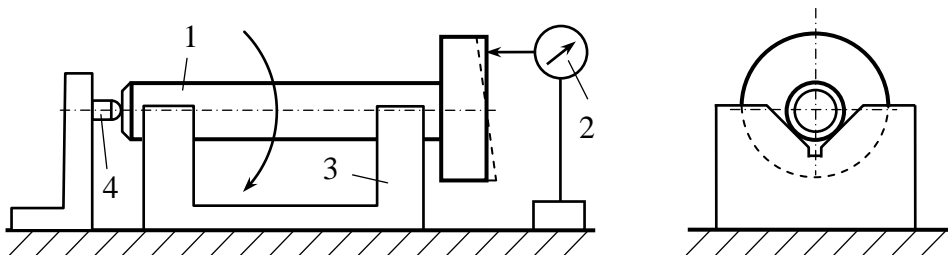


Hình 9.24: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa mặt trụ ngoài và trong
1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá côn; 4 | Mũi tâm

2. Đo độ đảo mặt đầu

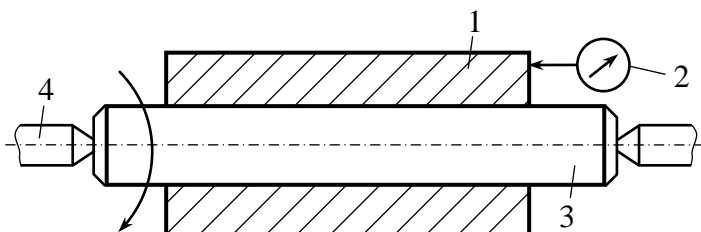
2 Hình 9.25 là sơ đồ kiểm tra độ đảo giữa mặt đầu với mặt trụ ngoài ngoài trên hai khối V ngắn.

2 Hình 9.26 là sơ đồ kiểm tra độ đảo giữa mặt đầu với mặt lỗ.



Hình 9.25: Sơ đồ đo độ đảo hướng kính giữa mặt đầu với mặt trụ ngoài

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Khối V; 4 | Chốt tỳ



Hình 9.26: Sơ đồ đo độ đảo giữa mặt đầu và mặt lỗ

1 | Chi tiết đo; 2 | Đồng hồ so; 3 | Trục gá côn; 4 | Mũi tâm

9.2.5. Đo độ giao nhau giữa các đường tâm

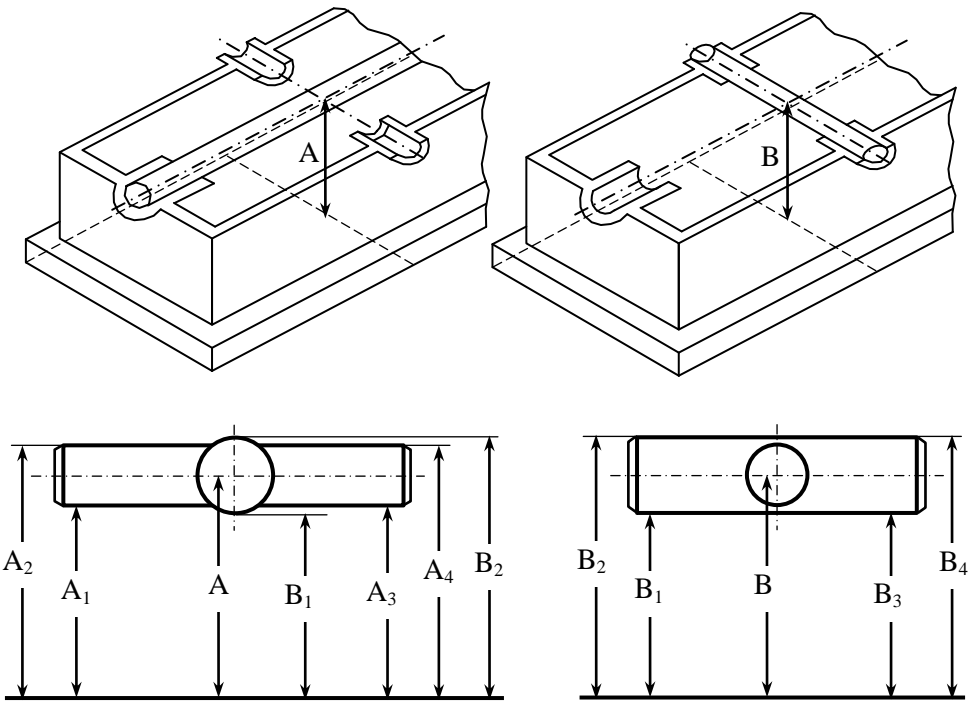
Hình 9.27 là sơ đồ đo độ giao nhau giữa các đường tâm lỗ của chi tiết dạng hộp. Thường biến việc đo độ giao nhau giữa các đường tâm này thành đo sai lệch khoảng cách giữa các đường tâm đến một chuẩn đo cho trước (mặt đáy của hộp). Có thể dùng hai trục gá lắp vào các lỗ để biến thành bề mặt trục và cần lưu ý khắc phục khe hở định tâm để đảm bảo độ chính xác của phép đo.

Để giảm sai số đo do các yếu tố chuẩn, cần đo kích thước A và B theo hai đường kính trên và dưới cũng như ở cả hai đầu của trục gá. Kích thước A và B được xác định như sau:

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad \text{và} \quad B = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{4} \quad (9.1)$$

Độ giao nhau giữa các đường tâm được tính theo công thức sau:

$$\Delta = A - B = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} - \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{4} \quad (9.2)$$



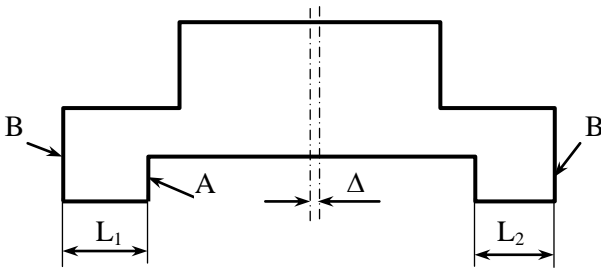
Hình 9.27: Sơ đồ đo độ giao nhau giữa các đường tâm lỗ

9.2.6. Đo độ đối xứng

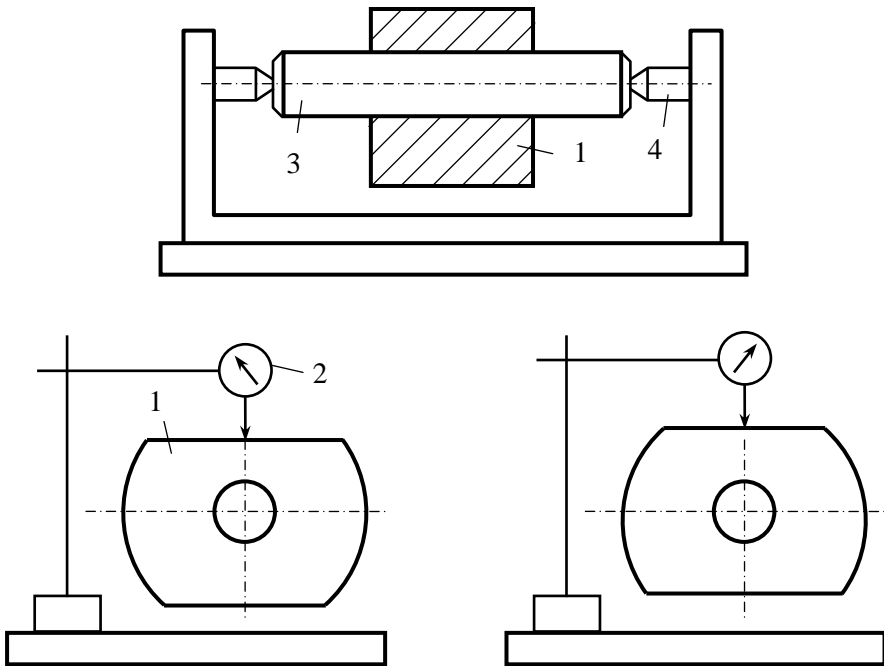
Việc đo độ đối xứng thường được biến thành đo sai lệch khoảng cách giữa các bề mặt.

Hình 9.28 là sơ đồ đo độ đối xứng Δ của rãnh A so với hai bề mặt ngoài B.

$$\Delta = \frac{|L_1 - L_2|}{2} \quad (9.3)$$



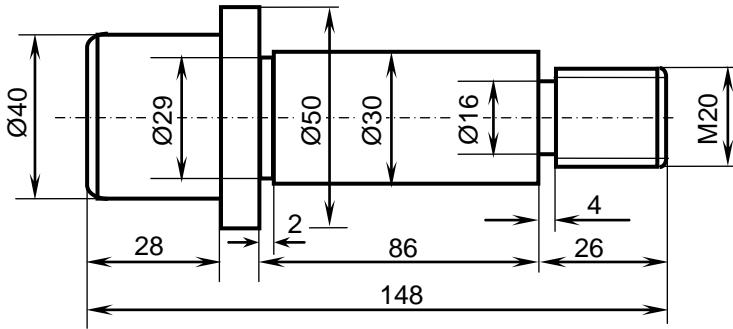
Hình 9.28: Sơ đồ đo độ đối xứng của hai bề mặt với tâm bề mặt lỗ. Biến thiên của chỉ thị dụng cụ trong hai lần đo hai bề mặt đối xứng là \$x\$ với \$x = 2\Delta\$.



Hình 9.29: Sơ đồ đo độ đối xứng của hai bề mặt vát so với tâm lỗ
 1] Chi tiết đo; 2] Đồng hồ so; 3] Trục gá; 4] Mũi tâm

BÀI TẬP

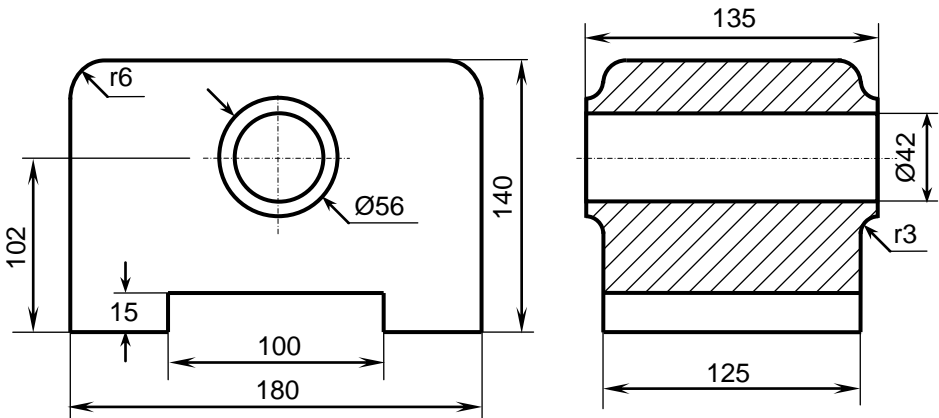
1. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra độ đồng tâm của mặt trụ $\text{Ø}30$ so với mặt trụ $\text{Ø}40$ không quá $0,03\text{mm}$.



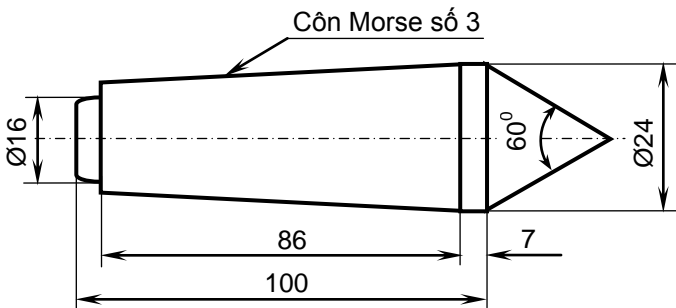
2. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

a. Độ song song giữa lỗ $\text{Ø}42$ so với mặt đáy của chi tiết không quá $0,05\text{mm}$.

b. Độ đối xứng của rãnh 100 so với lỗ $\text{Ø}42$ không quá $0,03\text{mm}$.

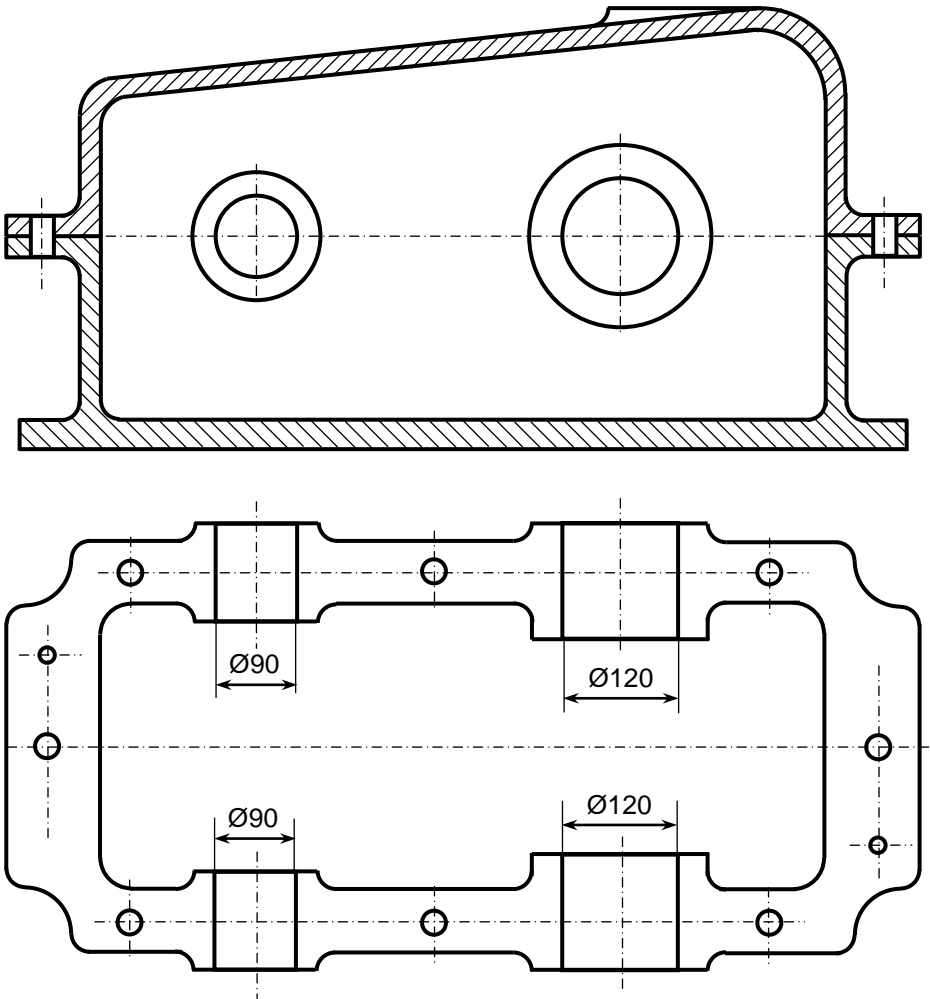


3. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra độ đồng tâm của hai mặt côn không quá $0,03\text{mm}$.



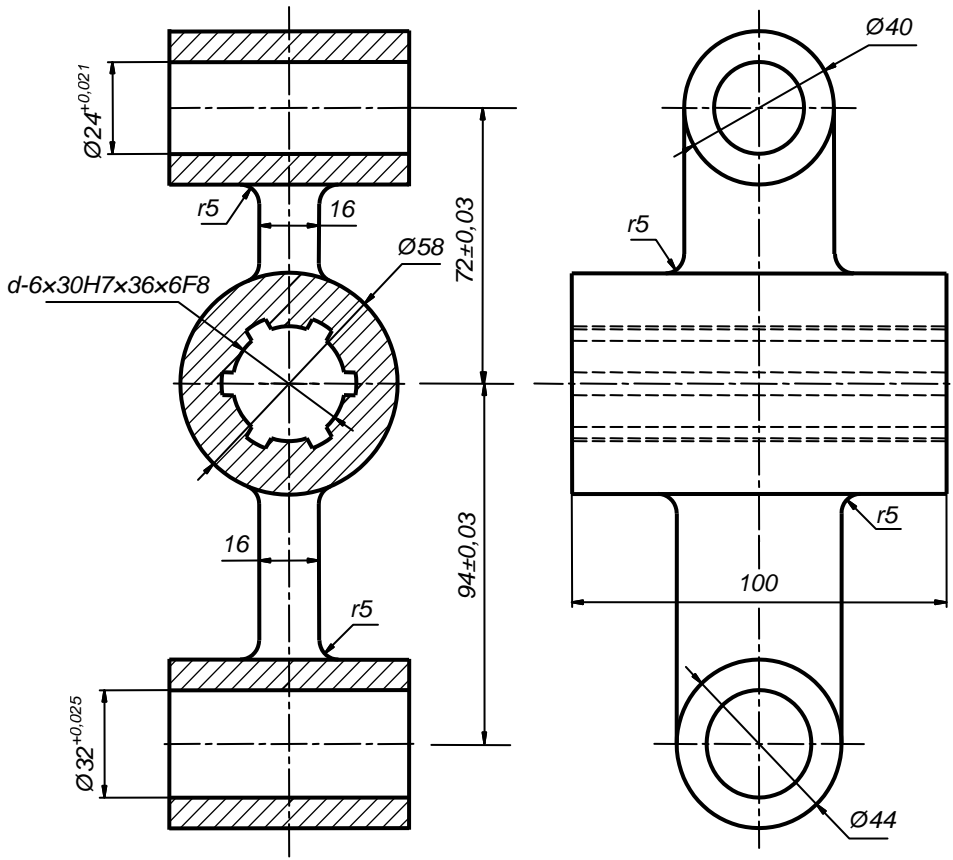
4. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

- a. Độ đồng tâm của các lỗ $\text{Ø}90$ và các lỗ $\text{Ø}120$ với nhau không quá $0,03\text{mm}$.
- b. Độ song song giữa đường tâm các lỗ $\text{Ø}90$ và $\text{Ø}120$ không quá $0,05\text{mm}$.



5. Vẽ sơ đồ đo và trình bày qui trình kiểm tra:

- a. Độ song song giữa đường tâm hai lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ không quá $0,03\text{mm}$.
- b. Độ vuông góc giữa đường tâm lỗ $\text{Ø}24$ và $\text{Ø}32$ so với đường kính trong d của lỗ then hoa không quá $0,05\text{mm}$.

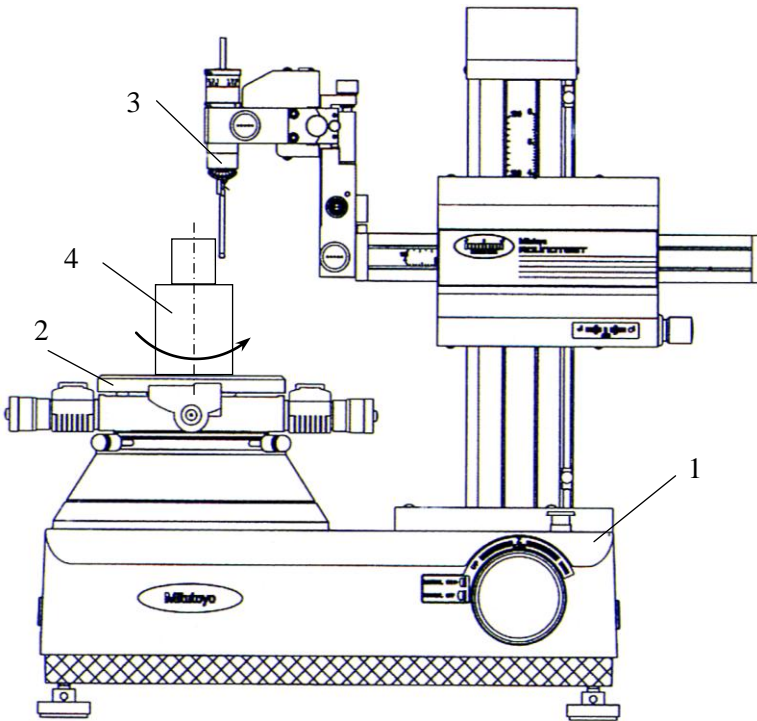


Bài đọc thêm

MÁY ĐO ĐỘ TRÒN – MÁY ĐO TỌA ĐỘ

1. Máy đo độ tròn (Roundness measuring instrument)

Máy đo độ tròn có các bộ phận cơ bản là thân máy, bàn máy và đầu dò. Máy hoạt động trên nguyên tắc cơ bản là mũi dò của đầu dò tiếp xúc với bề mặt chi tiết và ghi nhận sự thay đổi bán kính r của chi tiết ở 3600 vị trí theo chu vi của chi tiết khi bàn máy mang chi tiết thực hiện chuyển động quay đều. Phần mềm sẽ xử lý các dữ liệu nhận được từ đầu dò và vẽ nên biên dạng thực của chi tiết trên màn hình máy tính. Máy sẽ so sánh biên dạng thực của chi tiết và biên dạng lý tưởng được vẽ trên máy để xác định độ không tròn.



Hình 9.30: Máy đo độ tròn

1 | Thân máy; 2 | Bàn máy; 3 | Đầu dò; 4 | Chi tiết đo

Để loại trừ ảnh hưởng của độ không đồng tâm giữa đường tâm của chi tiết và tâm quay của bàn máy khi gá đặt, cần tiến hành dò sơ bộ lần đầu biên dạng của chi tiết để máy phân tích và xác định độ lệch tâm giữa chi tiết và bàn máy. Người đo sẽ hiệu chỉnh bàn máy theo giá trị lệch tâm này và tiến hành dò lại lần thứ hai để có biên dạng thực của chi tiết.

Ngoài công dụng đo độ tròn, máy đo độ tròn còn có thể dùng để đo độ trụ, độ thẳng, độ phẳng, độ đồng tâm, độ đảo hướng tâm và mặt đầu, độ song song, độ vuông góc ... Nếu trang bị đầu dò phù hợp, máy có thể đo độ nhám bề mặt bằng phương pháp đo tiếp xúc.

Tùy theo dạng bề mặt đo và nhu cầu đo, có nhiều loại mũi dò có kết cấu khác nhau với đỉnh mũi dò dạng cầu có kích thước đường kính thay đổi từ $D = \text{Ø}0,5 \div \text{Ø}1,6\text{mm}$ bằng vật liệu là carbide tungsten hoặc carbide sapphire.



Hình 9.31: Các loại đầu dò

2. Máy đo tọa độ (Coordinate measuring machine)

Máy đo tọa độ (thường được gọi là máy CMM) là một thiết bị đo lường tiên tiến và vạn năng. Máy hoạt động theo nguyên lý dịch chuyển một đầu dò để xác định được các thông số hình học của chi tiết theo phương pháp tọa độ. Máy CMM thường thiết kế với 4 phần chính: khung máy, đầu dò, hệ thống điều khiển (máy tính) và phần mềm xử lý.

Tùy thuộc vào mức độ hiện đại, máy CMM có thể hoạt động theo các chế độ: dò tiếp xúc gián đoạn, dò tiếp xúc liên tục và quét không tiếp xúc. Đặc biệt, chế độ quét mẫu không tiếp xúc là điểm nổi bật về công nghệ CMM với đầu quét là hệ thống laser và các cảm biến, có thể ghi nhận được thông tin kích thước phức tạp của các vật đo bằng ba đường tia laser quét kết hợp cùng lúc.



Hình 9.32: Máy đo tọa độ

Đầu dò có thể chuyển động theo ba phương X, Y và Z so với chi tiết. Để đạt độ chính xác cao, hệ thống dẫn hướng, đường trượt và ổ đỡ sử dụng đệm không khí (Air bearing) được coi như không có ma sát.

Máy CMM thường được sử dụng để đo kích thước dài, đo sai lệch hình dạng và vị trí, đo chép mẫu hoặc tạo hình.

Các thông số cơ bản của máy CMM là chiều dài hành trình đo theo các phương X, Y, Z; độ phân giải (từ $0,1 \div 0,01\mu\text{m}$) và trọng lượng lớn nhất của vật đo trên máy.

BẢNG THUẬT NGỮ

Thuật ngữ	Tên tiếng Anh	Trang
B		
Bàn mài	<i>Granite surface plate</i>	222
Bản vẽ chi tiết	<i>Detail drawing</i>	23
Bản vẽ lắp	<i>Assembly drawing</i>	24
Bậc tự do	<i>Degree of freedom</i>	241
Bề mặt bao	<i>Enveloping surface</i>	4
Bề mặt bị bao	<i>Enveloped surface</i>	4
Bi cầu	<i>Measuring ball</i>	224
Bước ren	<i>Pitch (of the thread)</i>	111
Bước xoắn	<i>Lead (of the thread)</i>	120
Bước lớn (của ren)	<i>Coarse pitch</i>	120
Bước nhỏ (của ren)	<i>Fine pitch</i>	120
C		
Calip giới hạn	<i>Limit gauge</i>	193
Calip hàm	<i>Snap gauge</i>	194
Calip nút	<i>Plug gauge</i>	194
Calip nút ren	<i>Thread plug gauge</i>	228
Calip vòng ren	<i>Thread ring gauge</i>	228
Căn lá	<i>Thickness gauge</i>	235
Căn mẫu đo góc	<i>Angle gauge block</i>	213
Căn mẫu song song	<i>Gauge block</i>	191
Cấp chính xác (của dung sai)	<i>Tolerance grade</i>	17
Chiều cao trung bình của profin theo 10 điểm R_z	<i>The height R_z of irregularities (Roughness height)</i>	79
Chiều dài chuẩn (nhám bề mặt)	<i>Roughness cutoff length</i>	81
Chuỗi	<i>Chain</i>	141
Chuỗi kích thước	<i>Dimensional chain</i>	141
Chuỗi kích thước đường thẳng	<i>Linear dimensional chain</i>	143
Chuỗi kích thước mặt phẳng	<i>Two-dimensional chain</i>	143
Chuỗi kích thước không gian	<i>Three-dimensional chain</i>	143
Con lăn (ổ lăn)	<i>Ball</i>	91
D		
Dung sai	<i>Tolerance</i>	7

Dung sai đối xứng	<i>Bilateral tolerance</i>	7
Dung sai không đối xứng	<i>Unilateral tolerance</i>	7
Dung sai lắp ghép	<i>Tolerance of fit</i>	10
Dung sai vị trí	<i>Positional tolerance</i>	65
Dung sai vị trí phụ thuộc	<i>Dependent positional tolerance</i>	65
Dung sai vị trí không phụ thuộc	<i>Independent positional tolerance</i>	65
Dưỡng đo bước ren	<i>Pitch gauge</i>	233
Đ		
Đầu dò	<i>Probe</i>	253
Đế từ (gá đồng hồ so)	<i>Magnetic stand (holder)</i>	200
Đo so sánh	<i>Comparison measurement</i>	172
Đo tuyệt đối	<i>Absolute measurement</i>	172
Đo trực tiếp	<i>Direct measurement</i>	171
Đo gián tiếp	<i>Indirect measurement</i>	171
Đo không tiếp xúc	<i>Non-Contact measurement</i>	173
Đo tiếp xúc	<i>Contact measurement</i>	173
Đo chủ động	<i>Positive measurement</i>	174
Đo bị động	<i>Negative measurement</i>	174
Đồng hồ so	<i>Dial indicator</i>	198
Đồng hồ so chân gập	<i>Dial test indicator</i>	199
Đồng hồ đo trong	<i>Dial bore gage</i>	203
Độ côn	<i>Conical taper</i>	55
Độ dôi	<i>Interference</i>	9
Độ đảo	<i>Runout</i>	70
Độ đảo hướng tâm	<i>Circular runout</i>	70
Độ đảo mặt đầu	<i>Face runout</i>	70
Độ đảo toàn phần	<i>Total runout</i>	70
Độ đối xứng	<i>Symmetry</i>	69
Độ đồng tâm	<i>Concentricity / Coaxiality</i>	68
Độ giao nhau giữa các đường tâm	<i>Intersection of axes</i>	69
Độ hở	<i>Clearance</i>	8
Độ hở hướng tâm (ổ lăn)	<i>Radial internal clearance</i>	99
Độ nghiêng	<i>Slope</i>	54
Độ phẳng	<i>Flatness</i>	62
Độ song song	<i>Parallelism</i>	66

Độ sóng (bề mặt)	<i>Waviness</i>	78
Độ thẳng	<i>Straightness</i>	62
Độ tròn	<i>Circularity</i>	63
Độ trụ	<i>Cylindricity</i>	63
Độ vuông góc	<i>Perpendicularity</i>	68
Độ nhạy của thiết bị đo	<i>Sensitivity of measuring instrument</i>	174
Đường kính ngoài (ổ lẩn)	<i>Outside diameter</i>	92
Đường kính trong (ổ lẩn)	<i>Inside diameter</i>	92
Đường kính ngoài (then hoa)	<i>Major diameter</i>	110
Đường kính trong (then hoa)	<i>Minor diameter</i>	111
Đường kính trung bình (ren)	<i>Pitch diameter (of thread)</i>	111

G

Giá trị phân độ	<i>Resolution</i>	208
Giá trị vạch chia	<i>Graduation</i>	175
Góc nâng (của ren)	<i>Helix angle (of thread)</i>	111
Góc pôphin (của ren)	<i>Profile angle (of thread)</i>	111

H

Hệ thống lỗ	<i>Basic hole system</i>	21
Hệ thống trục	<i>Basic shaft system</i>	21
Hệ số khuếch đại	<i>Magnification factor</i>	184
Hiệu chỉnh	<i>Calibration</i>	176
Hướng nhấp nhô	<i>Direction of lay</i>	82

K

Khâu khép kín	<i>Closed component</i>	143
Khâu thành phần	<i>Partial component</i>	143
Khâu (thành phần) tăng	<i>Increasing component</i>	144
Khâu (thành phần) giảm	<i>Decreasing component</i>	144
Khối V	<i>V block</i>	229
Kích thước	<i>Size / Dimension</i>	4
Kích thước giới hạn	<i>Limits of size</i>	5
Kích thước giới hạn lớn nhất	<i>Maximum limit of size</i>	5
Kích thước giới hạn nhỏ nhất	<i>Minimum limit of size</i>	5
Kích thước danh nghĩa	<i>Nominal size</i>	4
Kích thước tiêu chuẩn	<i>Standard preferred size</i>	4
Kích thước thực	<i>Actual size</i>	5
Kính hiển vi dụng cụ	<i>Measuring microscope</i>	210

Ký hiệu nhám bề mặt	<i>Surface texture symbol</i>	81
L		
Lắp ghép	<i>Fit</i>	8
Lắp ghép ưu tiên	<i>Preferred fit</i>	20
Lắp ghép có độ hở	<i>Clearance fit</i>	9
Lắp ghép có độ dôi	<i>Interference fit</i>	9
Lắp ghép trung gian	<i>Transition fit</i>	10
Lắp ráp	<i>Assembly</i>	13
Lỗ then hoa	<i>Inside / Internal spline</i>	105
Lực đo	<i>Measuring force</i>	176
M		
Máy chiếu biên dạng	<i>Profile projector</i>	208
Máy đo độ tròn	<i>Roundness measuring instrument</i>	253
Máy đo tọa độ	<i>Coordinate measuring machine</i>	254
Miền dung sai	<i>Tolerance zone</i>	20
Mối ghép ren	<i>Threaded joint</i>	115
Mối ghép then	<i>Key joint</i>	103
Mối ghép then hoa	<i>Spline joint</i>	105
Mũi dò	<i>Stylus</i>	253
Mức độ chính xác	<i>Grade of accuracy</i>	17
N		
Nhám bề mặt	<i>Surface texture / Surface Roughness</i>	78
Nivô	<i>Precision level</i>	220
Nivô khung	<i>Precision frame level</i>	221
Nivô thanh	<i>Precision level</i>	221
O		
Ổ lăn	<i>Rolling bearing</i>	93
Ổ bi chặn	<i>Thrust Ball Bearing</i>	93
Ổ bi đỡ chặn	<i>Angular Contact Ball Bearing</i>	93
Ổ bi đỡ một dãy	<i>Single-Row Ball Bearing</i>	93
Ổ bi đỡ tự lựa	<i>Self-Aligning Ball Bearing</i>	93
Ổ đĩa chặn	<i>Thrust Roller Bearing</i>	93
Ổ đĩa côn	<i>Tapered Roller Bearing</i>	93
Ổ đĩa trụ ngắn đỡ	<i>Cylindrical Roller Bearing</i>	93

Ổ đĩa trụ xoắn đờ	<i>Spherical Roller Bearing</i>	93
Ổ kim (ổ trụ dài)	<i>Needle Roller Bearing</i>	93

P

Panme	<i>Micrometer</i>	187
Panme đo lỗ 3 tiếp điểm	<i>Three-point Inside micrometer</i>	191
Panme đo ngoài	<i>Outside micrometer</i>	187
Panme đo ren	<i>Screw thread micrometer</i>	230
Panme đo sâu	<i>Depth micrometer</i>	188
Panme đo trong	<i>Inside micrometer</i>	188
Phạm vi chỉ thị	<i>Measuring range</i>	175
Phạm vi đo	<i>Measuring span</i>	175
Phân bố chuẩn	<i>Normal distribution</i>	31

R

Ren	<i>Thread</i>	109
Ren côn	<i>Taper pipe thread</i>	109
Ren hệ mét	<i>Metric thread</i>	120
Ren hệ Anh	<i>Inch thread</i>	120
Ren thang	<i>Trapezoidal thread</i>	120
Ren vuông	<i>Square thread</i>	120
Ren một đầu mỗi	<i>Single-start thread</i>	109
Ren nhiều đầu mỗi	<i>Multi-start thread</i>	109
Ren phải	<i>Right-hand thread</i>	109
Ren trái	<i>Left-hand thread</i>	109

S

Sai lệch cơ bản	<i>Fundamental deviation</i>	19
Sai lệch giới hạn	<i>Limiting deviations</i>	6
Sai lệch giới hạn trên	<i>Upper (limiting) deviation</i>	6
Sai lệch giới hạn dưới	<i>Lower (limiting) deviation</i>	6
Sai lệch hình dạng của prôfin	<i>Deviation of a profile line</i>	71
Sai lệch hình dạng của bề mặt	<i>Deviation of a profile surface</i>	72
Sai lệch bình phương trung bình	<i>Standard deviation</i>	31
Sai lệch hình dạng hình học đại quang	<i>Form error</i>	78
Sai lệch trung bình số học của prôfin R_a	<i>The mean deviation of the profile R_a</i>	79

Sai lệch hình dạng	<i>Shape deviations</i>	61
Sai lệch vị trí	<i>Position deviations</i>	61
Sai số	<i>Error</i>	175
Sai số đo	<i>Measurement error</i>	176
Sai số hệ thống	<i>Systematic error</i>	177
Sai số ngẫu nhiên	<i>Accidental error</i>	177

T

Thang chia độ	<i>Graduation scale</i>	175
Thang đo chính	<i>Main scale</i>	184
Thang đo phụ (thang du xích)	<i>Auxiliary Vernier scale</i>	184
Then bằng	<i>Prismatic key</i>	103
Then bán nguyệt	<i>Woodruff key</i>	103
Then vát	<i>Taper key</i>	103
Then hoa	<i>Spline</i>	105
Thước cặp	<i>Vernier caliper</i>	184
Thước cặp có đồng hồ so	<i>Dial caliper</i>	185
Thước cặp điện tử	<i>Electronic (digital) caliper</i>	185
Thước đo góc	<i>Protractor</i>	217
Thước đo góc có thước phụ	<i>Bevel protractor</i>	218
Thước kiểm	<i>Straight edge</i>	234
Thước sin	<i>Sin bar</i>	222
Tiêu chuẩn hoá	<i>Standardization</i>	5
Tính đổi lẫn chức năng	<i>Interchangeability</i>	12
Tính đổi lẫn hoàn toàn	<i>Full interchangeability</i>	13
Tính đổi lẫn không hoàn toàn (đổi lẫn bộ phận)	<i>Partial interchangeability / Group interchangeability</i>	13
Trị số dung sai	<i>Tolerance value</i>	17
Trục gá	<i>Mandrel</i>	242
Trục then hoa	<i>Splined shaft</i>	106
Truyền động bánh răng	<i>Gear drive</i>	130

V

Vị trí dung sai	<i>Position of the tolerance zone</i>	19
Vòng cách (ổ lăn)	<i>Cage / Retainer</i>	91
Vòng ngoài (ổ lăn)	<i>Outer ring</i>	91
Vòng trong (ổ lăn)	<i>Inner ring</i>	91

PHỤ LỤC 1: DUNG SAI LẮP GHÉP BỀ MẶT TRƠN

Bảng 1: Trị số dung sai (μm)

Khoảng kích thước (mm)	Cấp chính xác	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Trên 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
Trên 3 đến 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800	
" 6 " 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200	
" 10 " 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700	
" 18 " 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300	
" 30 " 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900	
" 50 " 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600	
" 80 " 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	
" 120 " 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	
" 180 " 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200	
" 250 " 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100	
" 315 " 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900	
" 400 " 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700	

Bảng 2: Miền dung sai của lỗ đối với các kích thước từ 1 đến 500 mm

Cấp chính xác	Sai lệch cơ bản																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _s	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
01								H01	J _s 01												
0								H0	J _s 0												
1								H1	J _s 1												
2								H2	J _s 2												
3								H3	J _s 3												
4								H4	J _s 4												
5							G5	H5	J _s 5	K5	M5	N5									
6							G6	H6	J _s 6	K6	M6	N6	P6								
7						F7	G7	H7	J _s 7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7					
8				D8	E8	F8		H8	J _s 8	K8	M8	N8					U8				
9				D9	E9	F9		H9	J _s 9												
10				D10				H10	J _s 10												
11	A11	B11	C11	D11				H11	J _s 11												
12		B12						H12	J _s 12												
13								H13	J _s 13												
14								H14	J _s 14												
15								H15	J _s 15												
16								H16	J _s 16												
17								H17	J _s 17												
18								H18	J _s 18												

Chú thích :



Miền dung sai ưu tiên

Bảng 3: Miền dung sai của trục đối với các kích thước từ 1 đến 500 mm

Cấp chính xác	Sai lệch cơ bản																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	j _s	k	m	n	p	r	S	t	u	v	x	y	z
01								h01	j _s 01												
0								h0	j _s 0												
1								h1	j _s 1												
2								h2	j _s 2												
3								h3	j _s 3												
4							g4	h4	j _s 4	k4	m4	n4									
5							g5	h5	j _s 5	k5	m5	n5	p5	r5	s5						
6						f6	g6	h6	j _s 6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6					
7					e7	f7		h7	j _s 7	k7	m7	n7			s7		u7				
8			c8	d8	e8	f8		h8	j _s 8								u8		x8		z8
9				d9	e9	f9		h9	j _s 9												
10				d10				h10	j _s 10												
11	a11	b11	c11	d11				h11	j _s 11												
12		b12						h12	j _s 12												
13								h13	j _s 13												
14								h14	j _s 14												
15								h15	j _s 15												
16								h16	j _s 16												
17								h17	j _s 17												
18								h18	j _s 18												

Chú thích : Miền dung sai ưu tiên

Bảng 4: Lắp ghép trong hệ thống lỗ (đối với kích thước từ 1 đến 500mm)

Lỗ cơ bản	Sai lệch cơ bản của trục																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z	
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$									
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$						
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$		
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$		$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$		$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f9}$			$\frac{H8}{h9}$												
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}$	$\frac{H9}{h9}$										
H10				$\frac{H10}{d10}$						$\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$										
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$						$\frac{H11}{h11}$											
H12		$\frac{H12}{b12}$								$\frac{H12}{h12}$											

Chú thích :



Lắp ghép ưu tiên

Bảng 5: Lắp ghép trong hệ thống trục (đối với kích thước từ 1 đến 500mm)

Trục cơ bản	Sai lệch cơ bản của lỗ																				
	A	B	C	D		E	F		G	H		J _s	K	M	N	P	R	S	T	U	
h4									$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{J_s5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$							
h5									$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{J_s6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$					
h6				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{J_s7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$				
h7				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$			$\frac{H8}{h7}$	$\frac{J_s8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$							$\frac{U8}{h7}$	
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F9}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{h8}$										
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$										
h10				$\frac{D10}{h10}$					$\frac{H10}{h10}$												
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$					$\frac{H11}{h11}$												
h12		$\frac{B12}{h12}$							$\frac{H12}{h12}$												

Chú thích :



Lắp ghép ưu tiên

**Bảng 6: Sai lệch giới hạn của lỗ (đối với kích thước từ 1 đến 500mm)
Cấp chính xác 5, 6**

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai													
	G5	H5	J _s 5	K5	M5	N5	G6	H6	J _s 6	K6	M6	N6	P6	
	Sai lệch giới hạn (μm)													
Từ 1 đến 3	+6 +2	+4 0	+2 -2	0 -4	-2 -6	-4 -8	+8 +2	+6 0	+3 -3	0 -6	-2 -8	-4 -10	-6 -12	
Trên 3 đến 6	+9 +4	+5 0	+2,5 -2,5	0 -5	-3 -8	-7 -12	+12 +4	+8 0	+4 -4	+2 -6	-1 -9	-5 -13	-9 -17	
" 6 " 10	+11 +5	+6 0	+3 -3	+1 -5	-4 -10	-8 -14	+14 +5	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16	-12 -21	
" 10 " 18	+14 +6	+8 0	+4 -4	+2 -6	-4 -12	-9 -17	+17 +6	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-4 -15	-9 -20	-15 -26	
" 18 " 30	+16 +7	+9 0	+4,5 -4,5	+1 -8	-5 -14	-12 -21	+20 +7	+13 0	+6,5 -6,5	+2 -11	-4 -17	-11 -24	-18 -31	
" 30 " 50	+20 +9	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-5 -16	-13 -24	+25 +9	+16 0	+8 -8	+3 -13	-4 -20	-12 -28	-21 -37	
" 50 " 80	+23 +10	+13 0	+6,5 -6,5	+3 -10	-6 -19	-15 -28	+29 +10	+19 0	+9,5 -9,5	+4 -15	-5 -24	-14 -33	-26 -45	
" 80 " 120	+27 +12	+15 0	+7,5 -7,5	+2 -13	-8 -23	-18 -33	+34 +12	+22 0	+11 -11	+4 -18	-6 -28	-16 -38	-30 -52	
" 120 " 180	+32 +14	+18 0	+9 -9	+3 -15	-9 -27	-21 -39	+39 +14	+25 0	+12,5 -12,5	+4 -21	-8 -33	-20 -45	-36 -61	
" 180 " 250	+35 +15	+20 0	+10 -10	+2 -18	-11 -31	-25 -45	+44 +15	+29 0	+14,5 -14,5	+5 -24	-8 -37	-22 -51	-41 -70	
" 250 " 315	+40 +17	+23 0	+11,5 -11,5	+3 -20	-13 -36	-27 -50	+49 +17	+32 0	+16 -16	+5 -27	-9 -41	-25 -57	-47 -79	
" 315 " 400	+43 +18	+25 0	+12,5 -12,5	+3 -22	-14 -39	-30 -55	+54 +18	+36 0	+18 -18	+7 -29	-10 -46	-26 -62	-51 -87	
" 400 " 500	+47 +20	+27 0	+13,5 -13,5	+2 -25	-16 -43	-33 -60	+60 +20	+40 0	+20 -20	+8 -32	-10 -50	-27 -67	-55 -95	

Bảng 6 (tiếp theo): Cấp chính xác 7 và 8

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																			
	F7	G7	H7	J _s 7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	D8	E8	F8	H8	J _s 8	K8	M8	N8	U8
	Sai lệch giới hạn (μm)																			
Từ 1 đến 3	+16 + 6	+12 + 2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	— —	+34 +20	+28 +14	+20 + 6	+14 0	+7 -7	0 -14	-2 -16	-4 -18	-18 -32
Trên 3 đến 6	+22 +10	+16 + 4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -37	— —	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+9 -9	+5 -13	+2 -16	-2 -20	-23 -41
" 6 " 10	+28 +13	+20 + 5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	— —	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	-28 -50
" 10 " 18	+34 +16	+24 + 6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-16 -34	-21 -39	— —	+77 +50	+59 +32	+43 +16	+27 0	+13 -13	+8 -19	+2 -25	-3 -30	-33 -60
" 18 " 24	+41 +20	+28 + 7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-20 -41	-27 -48	— —	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+16 -16	+10 -23	+4 -29	-3 -36	-41 -74
" 24 " 30											-33 -54									-48 -81
" 30 " 40	+50 +25	+34 + 9	+25 0	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64	+119 + 80	+89 +50	+64 +25	+39 0	+19 -19	+12 -27	+5 -34	-3 -42	-60 -99
" 40 " 50											-45 -70									-70 -109
" 50 " 65	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85	+146 +100	+106 + 60	+76 +30	+46 0	+23 -23	+14 -32	+5 -41	-4 -50	-87 -133
" 65 " 80									-32 -62	-48 -78	-64 -94									-102 -148
" 80 " 100	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113	+174 +120	+126 + 72	+90 +36	+54 0	+27 -27	+16 -38	+6 -48	-4 -58	-124 -178
" 100 " 120									-41 -76	-66 -101	-91 -120									-144 -198

Bảng 6 (tiếp theo): Cấp chính xác 9 , 10 , 11 và 12

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																		
	D9	E9	F9	H9	J _s 9	N9	P9	D10	H10	J _s 10	A11	B11	C11	D11	H11	J _s 11	B12	H12	J _s 12
	Sai lệch giới hạn (µm)																		
Từ 1 đến 3	+45 +20	+39 +14	+31 + 6	+25 0	+12 -12	-4 -29	-6 -31	+60 +20	+40 0	+20 -20	+330 +270	+200 +140	+120 + 60	+ 80 + 20	+60 0	+30 -30	+240 +140	+100 0	+50 - 50
Trên 3 đến 6	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	+15 -15	0 -30	-12 -42	+78 +30	+48 0	+24 -24	+345 +270	+215 +140	+145 + 70	+105 + 30	+75 0	+37 -37	+260 +140	+120 0	+60 - 60
" 6 " 10	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	+18 -18	0 -36	-15 -51	+98 +40	+58 0	+29 -29	+370 +280	+240 +150	+170 + 80	+130 + 40	+90 0	+45 -45	+300 +150	+150 0	+75 - 75
" 10 " 18	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	+21 -21	0 -43	-18 -61	+120 + 50	+70 0	+35 -35	+400 +290	+260 +150	+205 + 95	+160 + 50	+110 0	+55 -55	+330 +150	+180 0	+90 - 90
" 18 " 30	+117 + 65	+92 +40	+72 +20	+52 0	+26 -26	0 -52	-22 -74	+149 + 65	+84 0	+42 -42	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+195 + 65	+130 0	+65 -65	+370 +160	+210 0	+105 - 105
" 3 " 40	+142 + 80	+112 + 50	+87 +25	+60 0	+31 -31	0 -62	-26 -88	+180 + 80	+100 0	+50 -50	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240 + 80	+160 0	+80 -80	+420 +470	+250 0	+125 - 125
" 4 " 50											+480 +320	+340 +180	+290 +130				+430 +180		
" 50 " 65	+174 +100	+134 + 60	+104 + 30	+74 0	+37 -37	0 -74	-32 -106	+220 +100	+120 0	+60 -60	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290 +100	+190 0	+95 -95	+490 +190	+300 0	+150 - 150
" 65 " 80											+550 +360	+390 +200	+340 +150				+430 +200		
" 80 " 100	+207 +120	+159 + 72	+123 + 36	+87 0	+43 -43	0 -87	-37 -124	+260 +120	+140 0	+70 -70	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340 +120	+220 0	+110 -110	+570 +220	+350 0	+175 - 175
" 100 " 120											+630 +410	+460 +240	+400 +180				+590 +240		

Bảng 6 (tiếp theo): Cấp chính xác 9, 10, 11 và 12

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																
	D9	E9	F9	H9	J _s 9	D10	H10	J _s 10	A11	B11	C11	D11	H11	J _s 11	B12	H12	J _s 12
	Sai lệch giới hạn (μm)																
" 120 " 140									+710 +460	+510 +260	+450 +200				+660 +260		
" 140 " 160	+245 +145	+185 + 85	+143 + 43	+100 0	+50 -50	+305 +145	+160 0	+80 -80	+770 +220	+530 +280	+460 +210	+395 +145	+250 0	+125 -125	+680 +280	+400 0	+200 -200
" 160 " 180									+830 +580	+560 +310	+480 +230				+710 +310		
" 180 " 200									+950 +660	+630 +340	+530 +240				+800 +340		
" 200 " 225	+285 +170	+215 +100	+165 + 50	+115 0	+57 -57	+355 +170	+185 0	+92 -92	+1030 + 740	+670 +380	+550 +260	+460 +170	+290 0	+145 -145	+840 +380	+460 0	+230 -230
" 225 " 250									+1110 + 820	+710 +420	+570 +280				+880 +420		
" 250 " 280	+320 +190	+240 +110	+186 + 56	+130 0	+65 -65	+400 +190	+210 0	+105 -105	+1290 + 920	+880 +480	+620 +300	+510 +190	+320 0	+160 -160	+1000 + 480	+520 0	+260 -260
" 280 " 315									+1370 +1050	+860 +540	+650 +330				+1060 + 540		
" 315 " 355	+350 +210	+265 +125	+202 + 62	+140 0	+70 -70	+440 +210	+230 0	+115 -115	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570 +210	+360 0	+180 -180	+1170 + 600	+570 0	+285 -285
" 355 " 400									+1710 +1350	+1040 + 680	+760 +400				+1250 + 680		
" 400 " 450	+385 +230	+290 +135	+223 + 68	+155 0	+77 -77	+480 +230	+250 0	+125 -125	+1900 +1500	+1160 + 760	+840 +440	+630 +230	+400 0	+200 -200	+1390 + 760	+630 0	+315 -315
" 450 " 500									+2050 +1650	+1240 + 840	+880 +480				+1470 + 840		

Bảng 6 (tiếp theo): Cấp chính xác 13 đến 18

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai											
	H13	J _s 13	H14	J _s 14	H15	J _s 15	H16	J _s 16	H17	J _s 17	H18	J _s 18
	Sai lệch giới hạn (µm)											
Từ 1 đến 3	+140 0	+70 - 70	+250 0	+125 - 125	+400 0	+200 - 200	+600 0	+300 - 300	+1000 0	+500 - 500	+1400 0	+700 - 700
Trên 3 đến 6	+180 0	+90 - 90	+300 0	+150 - 150	+480 0	+240 - 240	+750 0	+375 - 375	+1200 0	+600 - 600	+1800 0	+900 - 900
" 6 " 10	+220 0	+110 - 110	+360 0	+180 - 180	+580 0	+290 - 290	+900 0	+450 - 450	+1500 0	+750 - 750	+2200 0	+1100 - 1100
" 10 " 18	+270 0	+135 - 135	+430 0	+215 - 215	+700 0	+350 - 350	+1100 0	+550 - 550	+1800 0	+900 - 900	+2700 0	+1350 - 1350
" 18 " 30	+330 0	+165 - 165	+520 0	+260 - 260	+840 0	+420 - 420	+1300 0	+650 - 650	+2100 0	+1050 - 1050	+3300 0	+1650 - 1650
" 30 " 50	+390 0	+195 - 195	+620 0	+310 - 310	+1000 0	+500 - 500	+1600 0	+800 - 800	+2500 0	+1250 - 1250	+3900 0	+1950 - 1950
" 50 " 80	+460 0	+230 - 230	+740 0	+370 - 370	+1200 0	+600 - 600	+1900 0	+950 - 950	+3000 0	+1500 - 1500	+4600 0	+2300 - 2300
" 80 " 120	+540 0	+270 - 270	+870 0	+435 - 435	+1400 0	+700 - 700	+2200 0	+1100 - 1100	+3500 0	+1750 - 1750	+5400 0	+2700 - 2700
" 120 " 180	+630 0	+315 - 315	+1000 0	+500 - 500	+1600 0	+800 - 800	+2500 0	+1250 - 1250	+4000 0	+2000 - 2000	+6300 0	+3150 - 3150
" 180 " 250	+720 0	+360 - 360	+1150 0	+575 - 575	+1850 0	+925 - 925	+2900 0	+1450 - 1450	+4600 0	+2300 - 2300	+7200 0	+3600 - 3600
" 250 " 315	+810 0	+405 - 405	+1300 0	+650 - 650	+2100 0	+1050 - 1050	+3200 0	+1600 - 1600	+5200 0	+2600 - 2600	+8100 0	+4050 - 4050
" 315 " 400	+890 0	+445 - 445	+1400 0	+700 - 700	+2300 0	+1150 - 1150	+3600 0	+1800 - 1800	+5700 0	+2850 - 2850	+8900 0	+4450 - 4450
" 400 " 500	+970 0	+485 - 485	+1550 0	+775 - 775	+2500 0	+1250 - 1250	+4000 0	+2000 - 2000	+6300 0	+3150 - 3150	+9700 0	+4850 - 4850

**Bảng 7: Sai lệch giới hạn của trục (đối với kích thước từ 1 đến 500mm)
Cấp chính xác 4, 5**

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai															
	g4	h4	j _s 4	k4	m4	n4	g5	h5	j _s 5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	
	Sai lệch giới hạn (μm)															
Từ 1 đến 3	- 3	0	+1,5	+ 3	+ 5	+ 7	- 2	0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 8	+10	+ 14	+ 18	
	- 5	- 3	-1,5	0	+ 2	+ 4	- 6	- 4	- 2	0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10	+ 14	
Trên 3 đến 6	- 4	0	+ 2	+ 5	+ 8	+12	- 4	0	+2,5	+ 6	+ 9	+13	+17	+ 20	+ 24	
	- 8	- 4	- 2	+ 1	+ 4	+ 8	- 9	- 5	- 2,5	+ 1	+ 4	+ 8	+12	+ 15	+ 19	
" 6 " 10	- 5	0	+ 2	+ 5	+10	+14	- 5	0	+ 3	+ 7	+12	+16	+21	+ 25	+ 29	
	- 9	- 4	- 2	+ 1	+ 6	+10	-11	- 6	- 3	+ 1	+ 6	+10	+15	+ 19	+ 23	
" 10 " 18	- 6	0	+2,5	+ 6	+12	+17	- 6	0	+ 4	+ 9	+15	+20	+26	+ 31	+ 36	
	-11	- 5	-2,5	+ 1	+ 7	+12	-14	- 8	- 4	+ 1	+ 7	+12	+18	+ 23	+ 28	
" 18 " 24	- 7	0	+ 3	+ 8	+14	+21	- 7	0	+4,5	+11	+17	+24	+31	+ 37	+ 44	
	-13	- 6	- 3	+ 2	+ 8	+15	-16	- 9	- 4,5	+ 2	+ 8	+15	+22	+ 28	+ 35	
" 30 " 40	- 9	0	+3,5	+ 9	+16	+24	- 9	0	+5,5	+13	+20	+28	+37	+ 45	+ 54	
	-16	- 7	- 3,5	+ 2	+ 9	+17	-20	-11	- 5,5	+ 2	+ 9	+17	+26	+ 34	+ 43	
" 50 " 65	-10	0	+ 4	+10	+19	+28	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+45	+ 54	+ 66	
	-18	- 8	- 4	+ 2	+11	+20	-23	-13	- 6,5	+ 2	+11	+20	+32	+ 41	+ 53	
" 65 " 80														+ 56	+ 72	
														+ 43	+ 59	
" 80 " 100	-12	0	+ 5	+13	+23	+33	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+52	+ 66	+ 86	
	-22	-10	- 5	+ 3	+13	+23	-27	-15	- 7,5	+ 3	+13	+23	+37	+ 51	+ 71	
" 100 " 120														+ 69	+ 94	
														+ 54	+ 79	

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 4 và 5

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai														
	g4	h4	js4	k4	m4	n4	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5
	Sai lệch giới hạn (μm)														
" 120 " 140														+ 81	+110
" 140 " 160	- 14	0	+ 6	+15	+27	+39	- 14	0	+ 9	+21	+33	+45	+61	+ 63	+ 92
" 160 " 180	- 26	- 12	- 6	+ 3	+15	+27	- 32	- 18	- 9	+ 3	+15	+27	+43	+ 83	+118
" 180 " 200														+ 65	+100
" 200 " 225														+ 86	+126
" 225 " 250														+ 68	+108
" 250 " 280	- 15	0	+ 7	+18	+31	+45	- 15	0	+10	+24	+37	+51	+70	+ 97	+142
" 280 " 315	- 29	- 14	- 7	+ 4	+17	+31	- 35	- 20	- 10	+ 4	+17	+31	+50	+ 77	+122
" 315 " 355														+100	+150
" 355 " 400														+ 80	+130
" 400 " 450														+104	+160
" 450 " 500														+ 84	+140
" 120 " 140	- 17	0	+ 8	+20	+36	+50	- 17	0	+11,5	+27	+43	+57	+79	+117	+181
" 140 " 160	- 33	- 16	- 8	+ 4	+20	+34	- 40	- 23	- 11,5	+ 4	+20	+34	+56	+ 94	+158
" 160 " 180														+121	+193
" 180 " 200														+ 98	+170
" 200 " 225	- 18	0	+ 9	+22	+39	+55	- 18	0	+12,5	+29	+46	+62	+87	+133	+215
" 225 " 250	- 36	- 18	- 9	+ 4	+21	+37	- 43	- 25	- 12,5	+ 4	+21	+37	+62	+108	+190
" 250 " 280														+139	+233
" 280 " 315														+114	+208
" 315 " 355	- 20	0	+10	+25	+43	+60	- 20	0	+13,5	+32	+50	+67	+95	+153	+259
" 355 " 400	- 40	- 20	- 10	+ 5	+23	+40	- 47	- 27	- 13,5	+ 5	+23	+40	+68	+126	+232
" 400 " 450														+159	+279
" 450 " 500														+132	+252

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 6 và 7

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																			
	f6	g6	h6	j ₆	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	e7	f7	h7	j ₇	k7	m7	n7	s7	u7
	Sai lệch giới hạn (μm)																			
Từ 1 đến 3	- 6	- 2	0	+ 3	+ 6	+ 8	+10	+12	+16	+20	—	- 14	- 6	0	+ 5	+10	—	+14	+24	+28
	- 12	- 8	- 6	- 3	0	+ 2	+ 4	+ 6	+10	+14	—	- 24	- 16	-10	- 5	0	—	+ 1	+14	+18
Trên 3 đến 6	- 10	- 4	0	+ 4	+ 9	+12	+16	+20	+23	+27	—	- 20	- 10	0	+ 6	+13	+16	+20	+31	+35
	- 18	- 12	- 8	- 4	+ 1	+ 4	+ 8	+12	+15	+19	—	- 32	- 22	-12	- 6	+ 1	+ 4	+ 8	+19	+23
" 6 " 10	- 13	- 5	0	+4,5	+10	+15	+19	+24	+28	+32	—	- 25	- 13	0	+ 7	+16	+21	+25	+38	+43
	- 22	- 14	- 9	- 4,5	+ 1	+ 6	+10	+15	+19	+23	—	- 40	- 28	-15	- 7	+ 1	+ 6	+10	+23	+28
" 10 " 18	- 16	- 6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	—	- 32	- 16	0	+ 9	+19	+25	+30	+46	+51
	- 27	- 17	-11	- 5,5	+ 1	+ 7	+12	+18	+23	+28	—	- 50	- 34	-18	- 9	+ 1	+ 7	+12	+28	+33
" 18 " 24	- 20	- 7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	+54	- 40	- 20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	- 33	- 20	-13	- 6,5	+ 2	+ 8	+15	+22	+28	+35	+41	- 61	- 41	-21	- 10	+ 2	+ 8	+15	+35	+41
" 24 " 30	- 25	- 9	0	+ 8	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64	- 50	- 25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	- 41	- 25	-16	- 8	+ 2	+ 9	+17	+26	+34	+43	+48	- 75	- 50	-25	- 12	+ 2	+ 9	+17	+43	+60
" 30 " 40	- 30	- 10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85	- 60	- 30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	- 49	- 29	-19	- 9,5	+ 2	+11	+20	+32	+41	+53	+66	- 90	- 60	-30	- 15	+ 2	+11	+20	+89	+132
" 40 " 50	- 36	- 12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113	- 72	- 36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	- 58	- 34	-22	- 11	+ 3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	- 107	- 71	-35	- 17	+ 3	+13	+23	+114	+179
" 50 " 65	- 30	- 10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85	- 60	- 30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	- 49	- 29	-19	- 9,5	+ 2	+11	+20	+32	+41	+53	+66	- 90	- 60	-30	- 15	+ 2	+11	+20	+89	+132
" 65 " 80	- 36	- 12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113	- 72	- 36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	- 58	- 34	-22	- 11	+ 3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	- 107	- 71	-35	- 17	+ 3	+13	+23	+114	+179
" 80 " 100	- 36	- 12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113	- 72	- 36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	- 58	- 34	-22	- 11	+ 3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	- 107	- 71	-35	- 17	+ 3	+13	+23	+114	+179
" 100 " 120	- 36	- 12	0	+11	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113	- 72	- 36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	- 58	- 34	-22	- 11	+ 3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	- 107	- 71	-35	- 17	+ 3	+13	+23	+114	+179
									+54	+79	+104								+79	+144

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 6 và 7

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																			
	f6	g6	h6	j ₆	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	e7	f7	h7	j ₇	k7	m7	n7	s7	u7
	Sai lệch giới hạn (µm)																			
" 120 " 140										+88 +63	+117 +92	+147 +122							+132 +92	+210 +170
" 140 " 160	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+140 +100	+230 +190
" 160 " 180									+93 +68	+133 +108	+171 +146								+148 +108	+250 +210
" 180 " 200									+106 +77	+151 +122	+195 +166								+168 +122	+282 +236
" 200 " 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+150 +130	+209 +180	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+176 +130	+304 +258
" 225 " 250									+113 +84	+169 +140	+225 +196								+186 +140	+330 +284
" 250 " 280	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	-110 -162	-56 -108	0 -52	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	+210 +158	+367 +315
" 280 " 315									+130 +98	+202 +170	+272 +240								+222 +170	+402 +350
" 315 " 355	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	-125 -182	-62 -119	0 -57	+28 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	+247 +190	+447 +390
" 355 " 400									+150 +114	+244 +208	+330 +294								+226 +208	+492 +435
" 400 " 450	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330	-135 -198	-68 -131	0 -63	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40	+295 +232	+553 +490
" 450 " 500									+172 +132	+292 +252	+400 +360								+315 +252	+603 +540

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 8, 9 và 10

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																
	c8	d8	e8	f8	h8	j _s 8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	j _s 9	d10	h10	j _s 10
	Sai lệch giới hạn (μm)																
Từ 1 đến 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12	-20	0	+20
	-74	-34	-28	-20	-14	-7	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12	-60	-40	-20
Trên 3 đến 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15	-30	0	+24
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15	-78	-48	-24
" 6 " 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18	-40	0	+29
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18	-98	-58	-29
" 10 " 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67	+77	-50	-32	-16	0	+21	-50	0	+35
	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+40	+50								
" 14 " 18								+45	+60	-93	-75	-59	-43	-21	-120	-70	-35
								+74	+87								
" 18 " 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+41	+54	-65	-40	-20	0	+26	-65	0	+42
	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+81	+97	+121								
" 24 " 30								+48	+64								
								+99	+119								
" 30 " 40	-120	-80	-50	-25	0	+19	+60	+80	+112	-80	-50	-25	0	+31	-80	0	+50
	-159						+109	+136	+175								
" 40 " 50	-130	-119	-89	-64	-39	-19	+70	+97	+136								
	-169							+133	+168								
" 50 " 65	-140	-100	-60	-30	0	+23	+87	+122	+172	-100	-60	-30	0	+37	-100	0	+60
	-186						+148	+192	+256								
" 65 " 80	-150	-146	-106	-76	-46	-23	+102	+146	+210								
	-196							+178	+232								
" 80 " 100	-170	-120	-72	-36	0	+27	+124	+178	+258	-120	-72	-36	0	+43	-120	0	+70
	-224						+198	+264	+364								
" 100 " 120	-180	-174	-126	-90	-54	-27	+144	+210	+310								
	-234																

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 8, 9 và 10

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai																	
	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9	d10	h10	js10	
	Sai lệch giới hạn (µm)																	
" 120 " 140	-200 -263							+233 +170	+311 +248	+428 +365								
" 140 " 160	-210 -273	-145 -208	- 85 -148	- 43 -106	0 -63	+31 - 31		+253 +190	+343 +280	+478 +415	-145 -245	- 85 -185	- 43 -143	0 -100	+50 - 50	-145 -305	0 -160	+80 - 80
" 160 " 180	-230 -293							+273 +210	+373 +310	+528 +465								
" 180 " 200	-240 -312							+308 +236	+422 +350	+592 +520								
" 200 " 225	-360 -332	-170 -242	-100 -172	- 50 -122	0 -72	+36 - 36		+330 +258	+457 +385	+647 +575	-170 -285	-100 -215	- 50 -165	0 -115	+57 - 57	-170 -350	0 -185	+92 - 92
" 225 " 250	-280 -352							+350 +284	+497 +425	+712 +610								
" 250 " 280	-300 -381	-190	-110	- 56	0	+40		+396 +315	+556 +475	+791 +710	-190	-110	- 56	0	+65	-190	0	+105
" 280 " 315	-330 -411	-271	-191	-137	-81	- 40		+431 +350	+606 +525	+871 +790	-320	-240	-186	-130	- 65	-400	-210	- 105
" 315 " 355	-360 -449	-210	-125	- 62	0	+44		+479 +390	+679 +590	+989 +900	-210	-125	- 62	0	+70	-210	0	+115
" 355 " 400	-400 -489	-299	-214	-151	-89	- 44		+524 +435	+749 +660	+1089 +1000	-350	-265	-202	-140	- 70	-440	-230	- 115
" 400 " 450	-440 -537	-230	-135	- 68	0	+48		+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	-230	-135	- 68	0	+77	-230	0	+125
" 450 " 500	-480 -577	-327	-232	-165	-97	- 48		+637 +540	+917 +820	+1347 +1250	-385	-290	-223	-155	- 77	-480	-250	- 125

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 11 đến 15

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai														
	a11	b11	c11	d11	h11	j _s 11	b12	h12	j _s 12	h13	j _s 13	h14	j _s 14	h15	j _s 15
	Sai lệch giới hạn (μm)														
Từ 1 đến 3	-270	-140	- 60	- 20	0	+30	- 140	0	+50	0	+70	0	+125	0	+200
	-330	-200	-120	- 80	- 60	- 30	- 240	- 100	- 50	- 140	- 70	- 250	- 125	- 400	- 200
Trên 3 đến 6	-270	-140	- 70	- 30	0	+37	- 140	0	+60	0	+90	0	+150	0	+240
	-345	-215	-145	-105	- 75	- 37	- 260	- 120	- 60	- 180	- 90	- 300	- 150	- 480	- 240
" 6 " 10	-280	-150	- 80	- 40	0	+45	- 150	0	+75	0	+110	0	+180	0	+290
	-370	-240	-170	-130	- 90	- 45	- 300	- 150	- 75	- 220	- 110	- 360	- 180	- 580	- 290
" 10 " 18	-290	-150	- 95	- 50	0	+55	- 150	0	+90	0	+135	0	+215	0	+350
	-400	-260	-205	-160	- 110	- 55	- 330	- 180	- 90	- 270	- 135	- 430	- 215	- 700	- 350
" 18 " 30	-300	-160	- 110	- 65	0	+65	- 160	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420
	-430	-290	- 240	-195	- 130	- 65	- 370	- 210	- 105	- 330	- 165	- 520	- 260	- 840	- 420
" 30 " 40	-310	-170	- 120				- 170								
	-470	-330	- 280	- 80	0	+80	- 420	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500
" 40 " 50	-320	-180	- 130	-240	- 160	- 80	- 180	- 250	- 125	- 390	- 195	- 620	- 310	- 1000	- 500
	-480	-340	- 290				- 430								
" 50 " 65	-340	-190	- 140				- 190								
	-530	-380	- 330	- 100	0	+95	- 490	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600
" 65 " 80	-360	-200	- 150	- 290	- 190	- 95	- 200	- 300	- 150	- 460	- 230	- 740	- 370	- 1200	- 600
	-550	-390	- 340				- 500								
" 80 " 100	-380	-220	- 170				- 220								
	-600	-440	- 390	- 120	0	+110	- 570	0	+175	0	+270	0	+435	0	+700
" 100 " 120	-410	-240	- 180	- 340	- 220	- 110	- 240	- 350	- 175	- 540	- 270	- 870	- 435	- 1400	- 700
	-630	-460	- 400				- 590								

Bảng 7 (tiếp theo): Cấp chính xác 11 đến 15

Khoảng kích thước (mm)	Miền dung sai														
	a11	b11	c11	d11	h11	j _s 11	b12	h12	j _s 12	h13	j _s 13	h14	j _s 14	h15	j _s 15
	Sai lệch giới hạn (μm)														
" 120 " 140	-460 -710	-260 -510	-200 -450												
" 140 " 160	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-145 -395	0 -250	+125 -125									
" 160 " 180	-580 -830	-310 -560	-230 -480												
" 180 " 200	-660 -950	-340 -630	-240 -530												
" 200 " 225	-740 -1030	-380 -670	-260 -550	-170 -460	0 -290	+145 -145									
" 225 " 250	-820 -1110	-420 -710	-280 -570												
" 250 " 280	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190	0	+160									
" 280 " 315	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650	-510	-320	-160									
" 315 " 355	-1200 -1560	-600 -900	-360 -720	-210	0	+180									
" 355 " 400	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760	-570	-360	-180									
" 400 " 450	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230	0	+200									
" 450 " 500	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880	-630	-400	-200									

PHỤ LỤC 2: DUNG SAI HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ

Bảng 8: Dung sai độ phẳng và độ thẳng

Khoảng kích thước danh nghĩa, mm	Cấp chính xác													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Dung sai, μm													
Đến 10	0,6	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
Trên 10 đến 16	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
“ 16 “ 25	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
“ 25 “ 40	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 40 “ 63	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 63 “ 100	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 100 “ 160	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 160 “ 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 250 “ 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
“ 400 “ 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
“ 630 “ 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
“ 1000 “ 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
“ 1600 “ 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000

Chú thích: Chiều dài danh nghĩa của phần chuẩn được lấy làm kích thước danh nghĩa

Bảng 9: Dung sai độ trụ, độ tròn và rôphin mặt cắt dọc

Khoảng kích thước danh nghĩa, mm	Cấp chính xác													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Dung sai, μm													
Đến 3	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Trên 3 đến 10	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
“ 10 “ 18	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 18 “ 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 30 “ 50	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 50 “ 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 120 “ 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 250 “ 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
“ 400 “ 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
“ 630 “ 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
“ 1000 “ 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
“ 1600 “ 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000

Chú thích: Đường kính danh nghĩa của bề mặt khảo sát được lấy làm kích thước danh nghĩa

Bảng 10: Dung sai độ song song, độ vuông góc, độ nghiêng, độ đảo mặt đầu và độ đảo mặt đầu toàn phần

Khoảng kích thước danh nghĩa, mm	Cấp chính xác													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Dung sai, μm													
Đến 10	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
Trên 10 đến 16	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 16 “ 25	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 25 “ 40	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 40 “ 63	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 63 “ 100	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 100 “ 160	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
“ 160 “ 250	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
“ 250 “ 400	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
“ 400 “ 630	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
“ 630 “ 1000	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000
“ 1000 “ 1600	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000
“ 1600 “ 2500	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000	6000

Chú thích: Với độ song song, độ vuông góc và độ nghiêng, chiều dài danh nghĩa của phần chuẩn được lấy làm kích thước danh nghĩa. Với độ đảo mặt đầu, đường kính lớn danh nghĩa của mặt đầu khảo sát được lấy làm kích thước danh nghĩa.

Bảng 11: Dung sai độ đảo hướng tâm và độ đảo hướng tâm toàn phần
Dung sai độ đồng tâm, độ đối xứng, độ giao nhau giữa các đường tâm

Khoảng kích thước danh nghĩa, mm	Cấp chính xác													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Dung sai, μm													
Đến 3	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Trên 3 đến 10	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 10 “ 18	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 18 “ 30	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
“ 30 “ 50	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
“ 50 “ 120	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
“ 120 “ 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
“ 250 “ 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000
“ 400 “ 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000
“ 630 “ 1000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000	6000
“ 1000 “ 1600	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000
“ 1600 “ 2500	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000	6000	10000

Chú thích: Với độ đảo hướng tâm và độ đảo hướng tâm toàn phần, đường kính danh nghĩa của bề mặt khảo sát được lấy làm kích thước danh nghĩa. Với độ đồng tâm, độ đối xứng và độ giao nhau giữa các đường tâm, dung sai được tính theo đường kính.

PHỤ LỤC 3: Ô LĂN

Bảng 12: Các kích thước cơ bản của ô lăn

Ô bi đỡ chặn một dãy				Ô đĩa côn một dãy			
Ký hiệu ô	d (mm)	D (mm)	B (mm)	Ký hiệu ô	d (mm)	D (mm)	B (mm)
Cỡ nhẹ				Cỡ nhẹ			
6200	10	30	9	7202	15	35	11
6201	12	32	10	7203	17	40	12
6202	15	35	11	7204	20	47	14
6203	17	40	12	7205	25	52	15
6204	20	47	14	7206	30	62	16
6205	25	52	15	7207	35	72	17
6206	30	62	16	7208	40	80	18
6207	35	72	17	7209	45	85	19
6208	40	80	18	7210	50	90	20
6209	45	85	19	7211	55	100	21
6210	50	90	20	7212	60	110	22
6211	55	100	21	7213	65	120	23
6212	60	110	22	7214	70	125	24
6213	65	120	23	7215	75	130	25
6214	70	125	24	7216	80	140	26
6215	75	130	25	7217	85	150	28
6216	80	140	26	7218	90	160	30
6217	85	150	28	7219	95	170	32
6218	90	160	30	7220	100	180	34

Bảng 12 (tiếp theo): Các kích thước cơ bản của ổ lăn

Ổ bi đỡ chặn một dãy				Ổ đĩa côn một dãy			
Ký hiệu ổ	d (mm)	D (mm)	B (mm)	Ký hiệu ổ	d (mm)	D (mm)	B (mm)
Cỡ trung				Cỡ trung			
6303	17	47	14	7304	20	52	15
6304	20	52	15	7305	25	62	17
6305	25	62	17	7306	30	72	19
6306	30	72	19	7307	35	80	21
6307	35	80	21	7308	40	90	23
6308	40	90	23	7309	45	100	25
6309	45	100	25	7310	50	110	27
6310	50	110	27	7311	55	120	29
6311	55	120	29	7312	60	130	31
6312	60	130	31	7313	65	140	33
6313	65	140	33	7314	70	150	35
6314	70	150	35	7315	75	160	37
6315	75	160	37	7316	80	170	39
6316	80	170	39	7317	85	180	41
6317	85	180	41	7318	90	190	43
6318	90	190	43	7320	100	215	47
6319	95	200	45	7322	110	240	50
6320	100	215	47	7324	120	260	55
6322	110	240	50				

Bảng 12 (tiếp theo): Các kích thước cơ bản của ổ lăn

Ổ bi đỡ chặn một dãy				Ổ đĩa côn một dãy			
Ký hiệu ổ	d (mm)	D (mm)	B (mm)	Ký hiệu ổ	d (mm)	D (mm)	B (mm)
Cỡ nặng				Cỡ nặng			
6403	17	62	17	7506	30	62	20
6404	20	72	19	7507	35	72	23
6405	25	80	21	7508	40	80	23
6406	30	90	23	7509	45	85	23
6407	35	100	25	7510	50	90	23
6408	40	110	27	7511	55	100	25
6409	45	120	29	7512	60	110	28
6410	50	130	31	7513	65	120	31
6411	55	140	33	7514	70	125	33
6412	60	150	35	7515	75	130	35
6413	65	160	37	7516	80	140	37
6414	70	180	42	7517	85	150	39
6415	75	190	45	7518	90	160	41
6416	80	200	48	7519	95	170	43
6417	85	210	52				
6418	90	225	54				

Bảng 13: Sai lệch giới hạn cho phép của ổ bi đỡ và đỡ chặn

Cấp chính xác 0

Đường kính danh nghĩa (mm)	Sai lệch cho phép của D (μm)		Đường kính danh nghĩa (mm)	Sai lệch cho phép của d (μm)	
	es	ei		ES	EI
Đến 18	0	-8	Đến 18	0	-8
Trên 18 đến 30	0	-9	Trên 18 đến 30	0	-10
" 30 " 50	0	-11	" 30 " 50	0	-12
" 50 " 80	0	-13	" 50 " 80	0	-15
" 80 " 120	0	-15	" 80 " 120	0	-20
" 120 " 150	0	-18	" 120 " 150	0	-22
" 150 " 180	0	-25	" 150 " 180	0	-25
" 180 " 250	0	-30	" 180 " 250	0	-30
" 250 " 315	0	-35	" 250 " 315	0	-35
" 315 " 400	0	-40	" 315 " 400	0	-40
" 400 " 500	0	-45	" 400 " 500	0	-45
" 500 " 630	0	-50	" 500 " 630	0	-50
" 630 " 800	0	-75	" 630 " 800	0	-75

Bảng 13 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn cho phép của ổ bi đỡ và đỡ chặn**Cấp chính xác 6**

Đường kính danh nghĩa (mm)	Sai lệch cho phép của D (μm)		Đường kính danh nghĩa (mm)	Sai lệch cho phép của d (μm)	
	es	ei		ES	EI
Đến 18	0	-7	Đến 18	0	-7
Trên 18 đến 30	0	-8	Trên 18 đến 30	0	-8
" 30 " 50	0	-9	" 30 " 50	0	-10
" 50 " 80	0	-11	" 50 " 80	0	-12
" 80 " 120	0	-13	" 80 " 120	0	-15
" 120 " 150	0	-15	" 120 " 180	0	-18
" 150 " 180	0	-18	" 180 " 250	0	-22
" 180 " 250	0	-20	" 250 " 315	0	-25
" 250 " 315	0	-25	" 315 " 400	0	-30
" 315 " 400	0	-28	" 400 " 500	0	-35
" 400 " 500	0	-33	" 500 " 630	0	-40
" 500 " 630	0	-38			
" 630 " 800	0	-45			

Bảng 14: Chọn miền dung sai lắp ghép ổ lăn trên trục

Điều kiện chọn miền dung sai		Loại kết cấu của ổ lăn					Ví dụ về máy và bộ phận lắp ổ lăn	Cấp chính xác của ổ lăn		
		Ổ bi		Ổ đĩa				P0 và P6	P5 và P4	P2
Dạng chịu tải	Chế độ làm việc	đờ	đờ chặn	trụ kim	côn	cầu				
		Đường kính trong d của ổ lăn (mm)								
Dạng tải cục bộ	Nhẹ và bình thường $P < 0,07C$	Mọi phạm vi đường kính					Con lăn của băng tải đường dây treo, tang của máy tự ghi; ổ tựa của máy chuyển động sóng	g6 ; (h6)	(g5) ; h5 ; g4	—
	Nặng $0,07C < P \leq 0,15C$						Bánh trước và bánh sau của ô tô, máy kéo, toa xe, máy bay; trục của máy cán nhỏ	g6 ; f6 ; js6 ; (j6) ; h6	—	—
							Puly hoặc ròng rọc của máy trục, con lăn của bánh lăn, trục của máy cán ống	h6	—	—
Dạng tải chu kỳ	Nhẹ hoặc bình thường $0,07C < P \leq 0,15$	Đến 18	Đến 100	Đến 40	Đến 40	Đến 40	Động cơ thuỷ lực và khí cụ điện có kích thước nhỏ, trục chính của máy mài tròn trong và trục chính máy điện, máy nông nghiệp, máy ly tâm, hộp tốc độ máy công cụ, hộp giảm tốc, truyền động xích, máy lạnh kiểu tuabin	—	h5	—
		Trên 18 ÷ 100						k6 ; js6	k5 ; js5 ; (j5)	js4 ; js3 ; h3 ; h4
		Trên 100 ÷ 140	Trên 100 ÷ 140	Trên 40 ÷ 140	Trên 40 ÷ 140	Trên 40 ÷ 140		h6 ; k6 ; js6 ; (j6)	k5	k4
		Trên 140 đến 250						m6	—	—

Bảng 14 (tiếp theo): Chọn miền dung sai lắp ghép ổ lăn trên trục

Điều kiện chọn miền dung sai		Điều kiện chọn miền dung sai					Ví dụ về máy và bộ phận lắp ổ lăn	Cấp chính xác của ổ lăn		
		Ổ bi		Ổ đĩa				P0 và P6	P5 và P4	P2
Dạng chịu tải	Chế độ làm việc	đờ	đờ chặn	trụ kim	côn	cầu				
		Đường kính trong d của ổ lăn (mm)								
Dạng tải chu kỳ hoặc dao động	Bình thường hoặc nặng $0,07C < P \leq 0,15C$	Đến 18	Đến 100	Đến 40	Đến 40	Đến 40	Máy gia công gỗ, động cơ điện có công suất đến 100kW, cơ cấu tay quay, hộp truyền động của ô tô và máy kéo, trục chính của máy cắt kim loại, hộp giảm tốc lớn, động cơ điện kéo có công suất nhỏ, quạt gió, máy nén tuabin	—	j_s5	h3
		Trên 18 ÷ 140						k6 ; j_s6	k5	k4
		Trên 100 ÷ 140	Trên 100 ÷ 140	Trên 40 ÷ 100	Trên 40 ÷ 100	Trên 40 ÷ 100		m6	m5	m4
		Trên 100 ÷ 200	Trên 140 ÷ 200	Trên 100 ÷ 200	Trên 100 ÷ 200	Trên 100 ÷ 140		n6	n5	n4
		Trên 200 ÷ 250				Trên 140 ÷ 250		n6 ; p6	—	—
Dạng tải chu kỳ hoặc dao động	Nặng, có tải trọng va đập $P > 0,15C$	Đến 140			Đến 100		Hộp ổ trục xe lửa và tàu điện, trục khuỷu của động cơ điện có công suất > 100kW, động cơ điện kéo loại lớn, bánh xe cầu lăn trong máy công cụ nặng, máy nghiền, hộp ổ trục của đầu máy đốt trong, máy cán ...	n6	—	—
		Trên 140 ÷ 200			Trên 100 ÷ 140			p6	—	—
		Trên 200 ÷ 250			Trên 140 ÷ 250			r6 ; r7	—	—
Chỉ có tải trọng dọc trục		Mọi phạm vi đường kính					Các bộ phận lắp ổ	j_s6 ; (j6)	—	—

Chú thích : * Ký hiệu trong bảng : P - tải trọng tương đương; C - khả năng tải động.

* Hạn chế sử dụng miền dung sai trong ngoặc đơn.

Bảng 15: Chọn miền dung sai lắp ghép ổ lăn với lỗ của thân hộp

Điều kiện chọn miền dung sai		Ví dụ về máy và bộ phận lắp ổ lăn	Miền dung sai phụ thuộc vào cấp chính xác của ổ		
Dạng chịu tải	Chế độ làm việc		P0 và P6	P5 và P4	P2
Dạng tải chu kỳ	Nặng $P > 0,15C$	Bánh xe máy bay; bánh trước và sau của ô tô lắp ổ côn; tang dẫn của máy xích; bánh xe cần cầu thấp	P7	P6	—
	Bình thường $0,07C < P \leq 0,15C$	Bánh trước của ô tô và máy kéo lắp ổ bi; trục khuỷu; puly kéo cáp và puly căng	N7	N6	—
	Nhẹ $P < 0,15C$	Con lăn của băng tải; bánh xe của cầu lăn	M7	M6	—
Dạng tải dao động	Nặng $P > 0,15C$	Động cơ điện có công suất lớn	M7	M6	—
	Bình thường $0,07C < P \leq 0,15C$	Động cơ điện; bơm; hộp truyền động; cầu sau ô tô, máy kéo	K7	K6	—
	Bình thường (đối với bộ phận chính xác) $0,07C < P \leq 0,15C$	Trục chính của máy công cụ hạng nặng	J_s6 M6	J_s5 M5	M5

Bảng 15 (tiếp theo): Chọn miền dung sai lắp ghép ổ lăn với lỗ của thân hộp

Điều kiện chọn miền dung sai		Ví dụ về máy và bộ phận lắp ổ lăn	Miền dung sai phụ thuộc vào cấp chính xác của ổ		
Dạng chịu tải	Chế độ làm việc		P0 và P6	P5 và P4	P2
Dạng tải cục bộ	Nặng	Động cơ điện có công suất lớn, máy bơm, trục chính của máy cắt kim loại	J_{s7} ; (J7)	J_{s6} ; (J6)	—
	Bình thường	Cặp bánh xe lửa và xe điện, đa số các bộ phận lắp ổ của ngành chế tạo máy thông dụng	J_{s7} ; (J7) H7	J_{s6} ; H6	—
	Nhẹ	Động cơ điện có công suất nhỏ	G7 ; H8	G6 ; H7	—
Dạng tải dao động (trục quay hoặc có sự quay liên hợp)	Vòng ngoài không dịch chuyển dọc trục. Tải trọng có hướng thay đổi, độ chính xác của hành trình cao	Ổ đỡ trụ cho trục chính của máy cắt kim loại	K6	K5	—
		Ổ đỡ trụ cho trục chính của máy mài và mô tơ điện nhỏ	H6	H5	—
	Nhẹ, tải trọng có hướng thay đổi, độ chính xác của hành trình cao	Động cơ điện có vận tốc cao dùng cho các thiết bị có độ chính xác cao	H7 ; H6	H6 ; H5	—

Chú thích : * Ký hiệu trong bảng : P - tải trọng tương đương; C - khả năng tải động.

* Hạn chế sử dụng miền dung sai trong ngoặc đơn.

Bảng 16: Độ hở hướng tâm ban đầu Δ_1 (μm) của ổ bi đỡ và đỡ chặn

Cấp chính xác 0			Cấp chính xác 6		
Đường kính trong d (mm)	$\Delta_{1\text{min}}$	$\Delta_{1\text{max}}$	Đường kính trong d (mm)	$\Delta_{1\text{min}}$	$\Delta_{1\text{max}}$
Trên 2,5 đến 10	5	16	Trên 2,5 đến 10	4	14
" 10 " 18	8	22	" 10 " 18	7	18
" 18 " 24	10	24	" 18 " 24	8	20
" 24 " 30	10	24	" 24 " 30	9	22
" 30 " 40	12	26	" 30 " 40	10	24
" 40 " 50	12	29	" 40 " 50	11	26
" 50 " 65	13	33	" 50 " 65	12	30
" 65 " 80	14	38	" 65 " 80	13	35
" 80 " 100	16	40	" 80 " 100	15	38
" 100 " 120	20	46	" 100 " 120	18	42
" 120 " 140	23	53	" 120 " 140	20	50
" 140 " 160	23	58	" 140 " 160	21	55
" 160 " 180	24	65	" 160 " 180	22	60
" 180 " 200	29	75	" 180 " 200	26	70

PHỤ LỤC 4: CÁC THÔNG SỐ CỦA THEN VÀ THEN HOA

Bảng 17: Các kích thước cơ bản của then và rãnh then bằng

Đường kính trục d	Kích thước danh nghĩa của then			Kích thước danh nghĩa của rãnh then		
	Tiết diện $b \times h$	Chiều dài l	Mặt vát $s \times 45^\circ$	Chiều sâu rãnh then		Bán kính góc lượn r hay mặt vát $s \times 45^\circ$
				trên trục t_1	trên bạc t_2	
Từ 6 đến 8	2×2	Từ 6 đến 20	Từ 0,16 đến 0,25	1,2	1,0	Từ 0,08 đến 0,16
Trên 8 đến 10	3×3	“ 6 “ 36		1,8	1,4	
“ 10 “ 12	4×4	“ 8 “ 45		2,5	1,8	
“ 12 “ 17	5×5	“ 10 “ 56	Từ 0,25 đến 0,40	3,0	2,3	Từ 0,16 đến 0,25
“ 17 “ 22	6×6	“ 14 “ 70		3,5	2,8	
“ 22 “ 30	8×7	“ 18 “ 90		4,0	3,3	
“ 30 “ 38	10×8	“ 22 “ 110	Từ 0,40 đến 0,60	5,0	3,3	Từ 0,25 đến 0,40
“ 38 “ 44	12×8	“ 28 “ 140		5,0	3,3	
“ 44 “ 50	14×9	“ 36 “ 160		5,5	3,8	
“ 50 “ 58	16×10	“ 45 “ 180		6,0	4,3	
“ 58 “ 65	18×11	“ 50 “ 200		7,0	4,4	
“ 65 “ 75	20×12	“ 56 “ 220	Từ 0,60 đến 0,80	7,5	4,9	Từ 0,40 đến 0,60
“ 75 “ 85	22×14	“ 63 “ 250		9,0	5,4	
“ 85 “ 95	25×14	“ 70 “ 280		9,0	5,4	
“ 95 “ 110	28×16	“ 80 “ 320		10,0	6,4	
“ 110 “ 130	32×18	“ 90 “ 360		11,0	7,4	

Chú thích: Chiều dài then l chọn theo dãy sau: 6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 25 ; 28 ; 32 ; 36 ; 40 ; 45 ; 50 ; 56 ; 63 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; 110 ; 125 ; 140 ; 160 ; 180 ; 200 ; 220 ; 250 ; 280 ; 320 ; 360 ; 400 ; 450 ; 500

Bảng 18: Các kích thước cơ bản của then hoa dạng răng chữ nhật

Loại nhẹ		Loại trung bình		Loại nặng	
$Z \times d \times D$	b	$Z \times d \times D$	b	$Z \times d \times D$	b
$6 \times 23 \times 26$	6	$6 \times 23 \times 28$	6	$10 \times 23 \times 29$	4
$6 \times 26 \times 30$	6	$6 \times 26 \times 32$	6	$10 \times 26 \times 32$	4
$6 \times 28 \times 32$	7	$6 \times 28 \times 34$	7	$10 \times 28 \times 35$	4
$8 \times 32 \times 36$	6	$8 \times 32 \times 38$	6	$10 \times 32 \times 40$	5
$8 \times 36 \times 40$	7	$8 \times 36 \times 42$	7	$10 \times 36 \times 45$	6
$8 \times 42 \times 46$	8	$8 \times 42 \times 48$	8	$10 \times 42 \times 52$	7
$8 \times 46 \times 50$	9	$8 \times 46 \times 54$	9	$10 \times 46 \times 56$	7
$8 \times 52 \times 58$	10	$8 \times 52 \times 60$	10	$16 \times 52 \times 60$	5
$8 \times 56 \times 62$	10	$8 \times 56 \times 65$	10	$16 \times 56 \times 65$	5
$8 \times 62 \times 68$	12	$8 \times 62 \times 72$	12	$16 \times 62 \times 72$	6
$10 \times 72 \times 78$	12	$10 \times 72 \times 82$	12	$16 \times 72 \times 82$	7
$10 \times 82 \times 88$	12	$10 \times 82 \times 92$	12	$20 \times 82 \times 92$	6
$10 \times 92 \times 98$	14	$10 \times 92 \times 102$	14	$20 \times 92 \times 102$	7
$10 \times 102 \times 108$	16	$10 \times 102 \times 112$	16	$20 \times 102 \times 115$	8

PHỤ LỤC 5: DUNG SAI LẮP GHÉP REN

Bảng 19: Dung sai đường kính trung bình của ren bulông và ren đai ốc

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Cấp chính xác								Cấp chính xác					
		3	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9
		T _{d2} , μm								T _{D2} , μm					
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	32	40	50	63	80	2	2	2	53	67	85	2	2	2
	0,35	38	45	56	71	90	2	2	2	60	75	95	2	2	2
	0,5	42	53	67	85	106	132	2	2	71	90	112	140	2	2
	0,75	50	63	80	100	125	160	2	2	85	106	132	170	2	2
	1	56	71	90	112	140	180	224	224	95	112	150	190	236	300
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	236	100	125	160	200	250	315
	1,5	67	85	106	132	170	242	265	265	112	140	180	224	280	355
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	36	48	60	75	95	2	2	2	63	80	100	2	2	2
	0,5	45	56	71	90	112	140	2	2	75	90	118	130	2	2
	0,75	53	67	85	106	132	170	2	2	90	118	140	180	2	2
	1	60	75	95	118	150	190	236	300	100	125	160	200	250	315
	1,25	67	85	106	132	170	212	265	335	112	140	180	224	280	355
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	355	118	150	190	236	300	375
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	375	125	160	200	250	315	400
	2	80	100	125	160	200	250	315	400	132	170	212	265	335	425
	2,5	85	106	132	170	212	265	335	425	140	180	224	280	355	450

Bảng 19 (tiếp theo): Dung sai đường kính trung bình của ren bulông và ren đai ốc

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Cấp chính xác								Cấp chính xác					
		3	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9
		T_{d2} , μm								T_{D2} , μm					
Trên 22,4 đến 45	0,5	48	60	75	95	118	2	2	2	80	100	125	2	2	2
	0,75	56	71	90	112	140	180	2	2	95	118	150	190	2	2
	1	63	80	100	125	160	200	250	315	106	132	170	212	265	335
	1,5	75	95	118	150	190	236	300	375	125	160	200	250	315	400
	2	85	106	132	170	212	265	335	425	140	180	224	280	335	450
	3	100	125	160	200	250	315	400	500	170	212	265	315	425	530
	3,5	106	132	170	212	265	335	425	530	180	224	280	355	450	560
	4	112	140	180	224	280	355	450	560	190	236	300	375	475	600
4,5	118	150	190	236	300	375	475	600	200	250	315	400	500	630	
Trên 45 đến 90	0,5	50	63	80	100	125	2	2	2	85	106	132	2	2	2
	0,75	60	75	95	118	150	2	2	2	100	125	160	2	2	2
	1	71	90	112	140	180	224	280	355	118	150	190	235	300	345
	1,5	80	100	125	160	200	250	315	400	132	170	212	265	335	425
	2	90	112	140	180	224	280	355	450	150	190	236	300	375	475
	3	106	132	170	212	265	335	425	530	180	224	260	365	450	560
	4	118	150	190	236	300	375	475	600	200	250	315	400	500	630
	5	125	160	200	250	315	400	500	630	212	265	335	425	536	670
	5,5	132	170	212	265	335	425	530	670	224	280	355	450	560	710
6	140	180	224	280	355	450	560	710	236	300	375	475	600	750	

Bảng 20: Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren bulông									
		5g6g					6e				
		Đường kính ren, mm									
		d		d ₂		d ₁	d		d ₂		d ₁
		Sai lệch giới hạn, μm									
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	-18	-85	-18	-68	-18	2	2	2	2	2
	0,35	-19	-104	-19	-75	-19	2	2	2	2	2
	0,5	-20	-126	-20	-87	-20	-50	-156	-50	-135	-50
	0,75	-22	-162	-22	-102	-22	-56	-196	-56	-156	-56
	1	-26	-206	-26	-116	-26	-60	-210	-60	-172	-60
	1,25	-28	-240	-28	-123	-28	-63	-275	-63	-181	-63
	1,5	-32	-268	-32	-138	-32	-67	-303	-67	-199	-67
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	-19	-104	-19	-79	-19	2	2	2	2	2
	0,5	-20	-126	-20	-91	-20	-50	-156	-50	-140	-50
	0,75	-22	-162	-22	-107	-22	-56	-196	-56	-162	-56
	1	-26	-206	-26	-121	-26	-60	-240	-60	-178	-60
	1,25	-28	-240	-28	-134	-28	-63	-275	-63	-195	-63
	1,5	-32	-268	-32	-144	-32	-67	-303	-67	-207	-67
	1,75	-34	-299	-34	-152	-34	-71	-336	-71	-221	-71
	2	-38	-318	-38	-163	-38	-71	-351	-71	-231	-71
	2,5	-42	-377	-42	-174	-42	-80	-415	-80	-250	-80

Bảng 20 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren bulông										
		5g6g					6e					
		Đường kính ren, mm										
		d		d ₂		d ₁		d		d ₂		d ₁
		Sai lệch giới hạn, μm										
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	
Trên 22,4 đến 45	0,5	-20	-126	-20	-95	-20	-50	-156	-50	-145	-50	
	0,75	-22	-162	-22	-112	-22	-56	-196	-56	-168	-56	
	1	-26	-206	-26	-126	-26	-60	-240	-60	-185	-60	
	1,5	-32	-268	-32	-150	-32	-67	-303	-67	-217	-67	
	2	-38	-318	-38	-170	-38	-71	-351	-71	-241	-71	
	3	-48	-423	-48	-208	-48	-85	-460	-85	-285	-85	
	3,5	-53	-478	-53	-223	-53	-90	-515	-90	-302	-90	
	4	-60	-535	-60	-240	-60	-95	-570	-95	-319	-95	
4,5	-63	-563	-63	-253	-63	-100	-600	-100	-336	-100		
Trên 45 đến 90	0,5	-20	-126	-20	-100	-20	-50	-156	-50	-150	-50	
	0,75	-22	-162	-22	-117	-22	-56	-196	-56	-174	-56	
	1	-26	-206	-26	-138	-26	-60	-240	-60	-200	-60	
	1,5	-32	-268	-32	-157	-32	-67	-303	-67	-227	-67	
	2	-38	-318	-38	-178	-38	-71	-351	-71	-251	-71	
	3	-48	-423	-48	-218	-48	-85	-460	-85	-297	-85	
	4	-60	-535	-60	-250	-60	-95	-570	-95	-331	-95	
	5	-71	-608	-71	-271	-71	-106	-636	-106	-356	-106	
	5,5	-75	-635	-75	-287	-75	-112	-672	-112	-377	-112	
6	-80	-680	-80	-304	-80	-118	-718	-118	-398	-118		

Bảng 20 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d , mm	Bước ren P , mm	Miền dung sai ren bulông									
		6g					6h				
		Đường kính ren, mm									
		d		d_2		d_1	d		d_2		d_1
		Sai lệch giới hạn, μm									
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	-18	-85	-18	-81	-18	0	-67	0	-63	0
	0,35	-19	-104	-19	-90	-19	0	-85	0	-71	0
	0,5	-20	-126	-20	-105	-20	0	-106	0	-85	0
	0,75	-22	-162	-22	-122	-22	0	-140	0	-100	0
	1	-26	-206	-26	-138	-26	0	-180	0	-112	0
	1,25	-28	-240	-28	-146	-28	0	-212	0	-118	0
	1,5	-32	-268	-32	-164	-32	0	-236	0	-132	0
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	-19	-104	-19	-91	-19	0	-85	0	-75	0
	0,5	-20	-126	-20	-110	-20	0	-106	0	-90	0
	0,75	-22	-162	-22	-128	-22	0	-140	0	-106	0
	1	-26	-206	-26	-144	-26	0	-180	0	-118	0
	1,25	-28	-240	-28	-160	-28	0	-212	0	-132	0
	1,5	-32	-268	-32	-172	-32	0	-236	0	-140	0
	1,75	-34	-299	-34	-184	-34	0	-265	0	-150	0
	2	-38	-318	-38	-198	-38	0	-280	0	-160	0
	2,5	-42	-377	-42	-212	-42	0	-335	0	-170	0

Bảng 20 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren bulông										
		6g					6h					
		Đường kính ren, mm										
		d		d ₂		d ₁		d		d ₂		d ₁
		Sai lệch giới hạn, μm										
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	
Trên 22,4 đến 45	0,5	-20	-126	-20	-115	-20	0	-106	0	-95	0	
	0,75	-22	-162	-22	-134	-22	0	-140	0	-112	0	
	1	-26	-206	-26	-151	-26	0	-180	0	-125	0	
	1,5	-32	-268	-32	-182	-32	0	-236	0	-150	0	
	2	-38	-318	-38	-208	-38	0	-280	0	-170	0	
	3	-48	-423	-48	-248	-48	0	-375	0	-200	0	
	3,5	-53	-478	-53	-265	-53	0	-425	0	-212	0	
	4	-60	-535	-60	-284	-60	0	-475	0	-224	0	
4,5	-63	-563	-63	-299	-63	0	-500	0	-236	0		
Trên 45 đến 90	0,5	-20	-126	-20	-120	-20	0	-106	0	-100	0	
	0,75	-22	-162	-22	-140	-22	0	-140	0	-118	0	
	1	-26	-206	-26	-166	-26	0	-180	0	-140	0	
	1,5	-32	-268	-32	-192	-32	0	-236	0	-160	0	
	2	-38	-318	-38	-218	-38	0	-280	0	-180	0	
	3	-48	-423	-48	-260	-48	0	-375	0	-212	0	
	4	-60	-535	-60	-296	-60	0	-475	0	-236	0	
	5	-71	-608	-71	-321	-71	0	-530	0	-250	0	
5,5	-75	-635	-75	-340	-75	0	-560	0	-265	0		
6	-80	-680	-80	-360	-80	0	-600	0	-280	0		

Bảng 21: Sai lệch giới hạn kích thước ren đai ốc trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren đai ốc									
		5H					6G				
		Đường kính ren, mm									
		D	D ₂		D ₁		D	D ₂		D ₁	
		Sai lệch giới hạn, μm									
		EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	0	+67	0	+50	0	+18	+103	+18	+71	+18
	0,35	0	+75	0	+80	0	+19	+114	+19	+100	+19
	0,5	0	+90	0	+112	0	+20	+132	+20	+140	+20
	0,75	0	+106	0	+150	0	+22	+154	+22	+190	+22
	1	0	+112	0	+190	0	+26	+176	+26	+236	+26
	1,25	0	+125	0	+212	0	+28	+188	+28	+265	+28
	1,5	0	+140	0	+236	0	+32	+212	+32	+300	+32
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	0	+80	0	+80	0	+19	+119	+19	+119	+19
	0,5	0	+95	0	+112	0	+20	+138	+20	+160	+20
	0,75	0	+112	0	+150	0	+22	+162	+22	+212	+22
	1	0	+125	0	+190	0	+26	+186	+26	+262	+26
	1,25	0	+140	0	+212	0	+28	+208	+28	+293	+28
	1,5	0	+150	0	+236	0	+32	+222	+32	+332	+32
	1,75	0	+160	0	+265	0	+34	+234	+34	+369	+34
	2	0	+170	0	+300	0	+38	+250	+38	+413	+38
	2,5	0	+180	0	+355	0	+42	+266	+42	+492	+42

Bảng 21 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren đai ốc trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren đai ốc									
		5H					6G				
		Đường kính ren, mm									
		D	D ₂		D ₁		D	D ₂		D ₁	
		Sai lệch giới hạn, μm									
EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI		
Trên 22,4 đến 45	0,5	0	+100	0	+112	0	+20	+145	+20	+160	+20
	0,75	0	+118	0	+150	0	+22	+172	+22	+212	+22
	1	0	+132	0	+190	0	+26	+196	+26	+264	+26
	1,5	0	+160	0	+286	0	+32	+232	+32	+332	+32
	2	0	+180	0	+300	0	+38	+262	+38	+413	+38
	3	0	+212	0	+400	0	+48	+313	+48	+518	+48
	3,5	0	+224	0	+450	0	+53	+333	+53	+613	+53
	4	0	+236	0	+475	0	+60	+360	+60	+660	+60
4,5	0	+250	0	+530	0	+63	+378	+63	+733	+63	
Trên 45 đến 90	0,5	0	+106	0	+112	0	+20	+152	+20	+160	+20
	0,75	0	+125	0	+150	0	+22	+182	+22	+212	+22
	1	0	+150	0	+190	0	+26	+216	+26	+262	+26
	1,5	0	+170	0	+286	0	+32	+244	+32	+332	+32
	2	0	+190	0	+300	0	+38	+274	+38	+413	+38
	3	0	+224	0	+400	0	+48	+328	+48	+548	+48
	4	0	+250	0	+475	0	+60	+375	+60	+660	+60
	5	0	+265	0	+560	0	+71	+406	+71	+781	+71
5,5	0	+280	0	+600	0	+75	+430	+75	+825	+75	
6	0	+300	0	+630	0	+80	+455	+80	+880	+80	

Bảng 21 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren đai ốc trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren đai ốc									
		6H					7H				
		Đường kính ren, mm									
		D	D ₂		D ₁		D	D ₂		D ₁	
		Sai lệch giới hạn, μm									
		EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	0	+85	0	+71	0	2	2	2	2	2
	0,35	0	+95	0	+100	0	2	2	2	2	2
	0,5	0	+112	0	+140	0	0	+140	0	+180	0
	0,75	0	+132	0	+190	0	0	+170	0	+236	0
	1	0	+150	0	+236	0	0	+190	0	+300	0
	1,25	0	+160	0	+265	0	0	+200	0	+335	0
	1,5	0	+180	0	+300	0	0	+224	0	+375	0
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	0	+100	0	+100	0	2	2	2	2	2
	0,5	0	+118	0	+110	0	0	+150	0	+180	0
	0,75	0	+140	0	+190	0	0	+180	0	+236	0
	1	0	+160	0	+236	0	0	+200	0	+300	0
	1,25	0	+180	0	+265	0	0	+224	0	+335	0
	1,5	0	+190	0	+300	0	0	+236	0	+357	0
	1,75	0	+200	0	+335	0	0	+250	0	+425	0
	2	0	+212	0	+357	0	0	+265	0	+475	0
	2,5	0	+224	0	+450	0	0	+280	0	+560	0

Bảng 21 (tiếp theo): Sai lệch giới hạn kích thước ren đai ốc trong lắp ghép có độ hở

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren đai ốc									
		6H					7H				
		Đường kính ren, mm									
		D	D ₂		D ₁		D	D ₂		D ₁	
		Sai lệch giới hạn, μm									
	EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI	
Trên 22,4 đến 45	0,5	0	+125	0	+140	0	2	2	2	2	2
	0,75	0	+150	0	+190	0	0	+190	0	+239	0
	1	0	+170	0	+238	0	0	+212	0	+300	0
	1,5	0	+200	0	+300	0	0	+250	0	+375	0
	2	0	+224	0	+375	0	0	+280	0	+475	0
	3	0	+265	0	+500	0	0	+335	0	+630	0
	3,5	0	+280	0	+560	0	0	+355	0	+710	0
	4,5	0	+300	0	+600	0	0	+375	0	+750	0
Trên 45 đến 90	0,5	0	+132	0	+140	0	2	2	2	2	2
	0,75	0	+160	0	+190	0	2	2	2	2	2
	1	0	+190	0	+236	0	0	+236	0	+300	0
	1,5	0	+212	0	+275	0	0	+265	0	+375	0
	2	0	+236	0	+375	0	0	+300	0	+475	0
	3	0	+280	0	+500	0	0	+355	0	+630	0
	4	0	+315	0	+600	0	0	+400	0	+750	0
	5	0	+335	0	+710	0	0	+425	0	+900	0
	5,5	0	+355	0	+758	0	0	+450	0	+950	0
	6	0	+375	0	+800	0	0	+475	0	+1000	0

Bảng 23: Sai lệch giới hạn kích thước ren đai ốc trong lắp ghép trung gian

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Miền dung sai ren đai ốc																	
		3H6H					4H6H					5H6H							
		Đường kính ren, mm																	
		D	D ₂		D ₁			D	D ₂		D ₁			D	D ₂		D ₁		
		EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	
Trên 5,6 đến 11,2	1	0	+76	0	+236	0	0	+95	0	+236	0	0	+112	0	+236	0			
	1,25	0	+80	0	+265	0	0	+100	0	+265	0	0	+125	0	+265	0			
	1,5	0	+90	0	+300	0	0	+112	0	+300	0	0	+140	0	+300	0			
Trên 11,2 đến 22,4	1,25	0	+90	0	+265	0	0	+112	0	+265	0	0	+140	0	+265	0			
	1,5	0	+95	0	+300	0	0	+118	0	+300	0	0	+150	0	+300	0			
	1,75	0	+102	0	+335	0	0	+125	0	+335	0	0	+160	0	+335	0			
	2	0	+109	0	+375	0	0	+132	0	+375	0	0	+170	0	+375	0			
	2,5	0	+116	0	+450	0	0	+140	0	+450	0	0	+180	0	+450	0			
Trên 22,4 đến 45	2	0	+116	0	+375	0	0	+140	0	+375	0	0	+180	0	+375	0			
	3	0	+136	0	+500	0	0	+170	0	+500	0	0	+212	0	+500	0			
	3,5	—	—	—	+560	0	0	+180	0	+560	0	0	+224	0	+560	0			
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	+236	0	+600	0			
	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	+250	0	+670	0			

Bảng 24: Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và ren đai ốc trong lắp ghép có độ dôi

$$\text{Lắp ghép } \frac{2H5D}{2r} ; \frac{2H5C}{2r}$$

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Ren bulông				Ren đai ốc					
		Đường kính ren, mm									
		d		d ₂		D	D ₂		D ₁		
		Sai lệch giới hạn, μm									
		es	ei	es	ei	EI	ES	EI	ES	EI	
Trên 5,6 đến 11,2	1	-60	-240	+125	+80	0	+60	0	+280	+90	
	1,25	-63	-275	+133	+85	0	+63	0	+307	+95	
	1,5	-140	-376	+148	+95	0	+71	0	+376	+140	
Trên 11,2 đến 22,4	1,25	-60	-275	+138	+85	0	+71	0	+307	+95	
	1,5	-140	-376	+151	+95	0	+75	0	+376	+140	
	1,75	-145	-410	+165	+105	0	+80	0	+410	+145	
	2	-150	-430	+173	+110	0	+85	0	+450	+150	
	2,5	-160	-505	+197	+130	0	+90	0	+515	+160	
Trên 22,4 đến 45	2	-150	-430	+177	+110	0	+90	0	+450	+150	
	3	-170	-545	+220	+140	0	+106	0	+570	+170	

Bảng 25: Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và ren đai ốc trong lắp ghép có độ dôi

$$\text{Lắp ghép } \frac{2H5D(2)}{3p(2)} ; \frac{2H5C(2)}{3p(2)}$$

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Ren bulông					Ren đai ốc					
		Đường kính ren, mm										
		d		d ₂			D	D ₂			D ₁	
		Sai lệch giới hạn, μm										
		es	ei	es	Giới hạn nhóm	ei	EI	ES	Giới hạn nhóm	EI	ES	EI
Trên 5,6 đến 11,2	1	-60	-240	+109	+81	+53	0	+60	+30	0	+280	+90
	1,25	-63	-275	+116	+86	+56	0	+63	+31	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+130	+96	+63	0	+71	+35	0	+376	+140
Trên 11,2 đến 22,4	1,25	-60	-275	+123	+89	+56	0	+71	+35	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+134	+98	+63	0	+75	+37	0	+376	+140
	1,75	-145	-410	+142	+104	+67	0	+80	+40	0	+410	+145
	2	-150	-430	+155	+115	+75	0	+85	+42	0	+450	+150
	2,5	-160	-505	+170	+127	+85	0	+90	+45	0	+515	+160
Trên 22,4 đến 45	2	-150	-430	+160	+117	+75	0	+90	+45	0	+450	+150
	3	-170	-545	+195	+145	+95	0	+106	+53	0	+570	+170

Bảng 26: Sai lệch giới hạn kích thước ren bulông và ren đai ốc trong lắp ghép có độ dôi

Lắp ghép $\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$; $\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Ren bulông					Ren đai ốc							
		Đường kính ren, mm												
		d		d ₂			D	D ₂		D ₁				
		Sai lệch giới hạn, μm												
		es	ei	es	Giới hạn nhóm		ei	EI	ES	Giới hạn nhóm		EI	ES	EI
III-II	II-I				III-II	II-I								
Trên 5,6 đến 11,2	1	-60	-240	+94	+75	+56	+38	0	+60	+40	+20	0	+240	+90
	1,25	-63	-275	+102	+82	+62	+42	0	+63	+42	+21	0	+265	+95
	1,5	-140	-376	+112	+89	+67	+45	0	+71	+47	+23	0	+330	+140
Trên 11,2 đến 22,4	1,25	-60	-275	+109	+86	+64	+42	0	+71	+47	+23	0	+265	+95
	1,5	-140	-376	+116	+91	+68	+45	0	+75	+50	+25	0	+330	+140
	1,75	-145	-410	+125	+100	+75	+50	0	+80	+54	+27	0	+357	+145
	2	-150	-430	+134	+106	+79	+53	0	+85	+56	+28	0	+400	+150
Trên 22,4 đến 45	2,5	-160	-505	+147	+119	+91	+63	0	+90	+60	+30	0	+440	+160
	2	-150	-430	+139	+100	+81	+53	0	+90	+60	+30	0	+400	+150
	3	-170	-545	+170	+137	+104	+71	0	+106	+70	+35	0	+485	+170

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. **A. K. Kutai.** Sách tra cứu kiểm tra sản phẩm trong chế tạo máy - NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1982.
2. **Hà Văn Vui.** Dung sai lắp ghép và chuỗi kích thước - NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
3. **Hoàng Xuân Nguyên.** Dung sai lắp ghép và đo lường kỹ thuật - NXB Giáo dục, 1994.
4. **Hồ Đắc Thọ và Nguyễn Thị Xuân Bẩy.** Cơ sở kỹ thuật đo trong chế tạo máy - NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1998.
5. **Ninh Đức Tồn.** Dung sai và lắp ghép - Giáo dục, 2003.
6. **Ninh Đức Tồn, Nguyễn Trọng Hùng, Nguyễn Thị Cẩm Tú.** Bài tập Kỹ thuật đo - NXB Giáo dục, 2006.
7. **Ninh Đức Tồn.** Sổ tay dung sai lắp ghép - NXB Giáo dục, 2009.
8. **V. I. Beccôp.** Đo lường kỹ thuật - NXB Công nhân kỹ thuật, 1984.
9. **Ủy ban Khoa học Kỹ thuật Nhà nước Việt Nam.** Tiêu chuẩn Việt Nam, 1986 – 2005.

Tiếng Anh

1. **Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, Henry H. Ryffel.** 26 Edition Machinery's Handbook.- Industrial Press Inc NewYork, 2000.
2. **Mitutoyo.** Metrology handbook. 2004.

Giáo trình
DUNG SAI – KỸ THUẬT ĐO
ThS. Trần Quốc Hùng

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TPHCM

Số 3 Công trường Quốc tế, Quận 3, TP. HCM

ĐT: 38 239 172 - 38 239 170

Fax: 38 239 172

E-mail: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản

TS. HUỖNH BÁ LÂN

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM

Biên tập

NGUYỄN ĐỨC MAI LÂM

Sửa bản in

THÙY DƯƠNG

Thiết kế bìa

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HCM

GT.01.KTh(V) 155-2012/CXB/548-08/ĐHQGTPHCM

ĐHQG.HCM-12

KTh.GT485. -12(T)

In 300 cuốn khổ 16 x 24cm, tại Công ty TNHH In và Bao bì Hưng Phú. Số đăng ký kế hoạch xuất bản: 155-2012/CXB/548-08/ĐHQGTPHCM. Quyết định xuất bản số: 154/QĐ-ĐHQGTPHCM cấp ngày 2/10/2012 của Nhà xuất bản ĐHQGTPHCM. In xong và nộp lưu chiểu Quý IV, 2012.



ISBN: 978-604-73-1272-6

