

NINH ĐỨC TỐN



DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP



Thu Vien DHKTCN-TN



MGT08048083



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PGS.TS. NINH ĐỨC TỐN

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

(Tái bản lần thứ năm)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục.

11 – 2007/CXB/110 – 2119/GD

Mã số : 7B550T7 – DAI

LỜI NÓI ĐẦU

Nhiệm vụ quan trọng trong quá trình thiết kế các sản phẩm mới và hoàn thiện các sản phẩm cũ là chuẩn bị tốt các bản vẽ thiết kế và công nghệ, tạo khả năng đảm bảo tính công nghệ cần thiết và chất lượng cao của sản phẩm. Để giải quyết tốt nhiệm vụ đó, các nhà thiết kế cần phải nắm vững những nguyên tắc cơ bản để lựa chọn dung sai cho các thông số hình học chi tiết và lắp ghép cho các mối ghép theo tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam đã ban hành. Đó cũng chính là nội dung cơ bản của cuốn sách này. Các tiêu chuẩn Nhà nước Việt Nam được giới thiệu ở đây là những tiêu chuẩn đã được biên soạn và soát xét lại trên cơ sở tiêu chuẩn quốc tế – ISO, để hòa nhập vào thị trường các nước trong khu vực và thế giới hiện nay.

Trong chương 4, dung sai lắp ghép bề mặt trụ tròn, ổ lăn, then, then hoa được trình bày thống nhất trong một chương. Đó là dựa trên khái niệm “dung sai lắp ghép bề mặt trụ tròn” (lắp ghép theo bề mặt trụ tròn và bề mặt phẳng) và dựa trên cùng một hệ thống ISO về dung sai và lắp ghép, TCVN 2244–99 và TCVN 2245–99.

Sách cũng dành phần nội dung đáng kể để giới thiệu phạm vi ứng dụng của các kiểu lắp tiêu chuẩn và hướng dẫn cách lựa chọn dung sai trong các trường hợp cụ thể. Đồng thời cũng giới thiệu một số bảng tiêu chuẩn chủ yếu ở phần phụ lục để giúp bạn đọc có thể sử dụng cho công việc thiết kế của mình.

Sách có thể dùng làm giáo trình giảng dạy cho sinh viên ngành cơ khí trong các trường đại học và cao đẳng. Tất nhiên cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư cơ khí, những người làm công việc thiết kế và chế tạo máy.

Việc biên soạn một tài liệu thật cơ bản và chất lượng cao quả là một việc khó. Trong quá trình sử dụng rất mong bạn đọc phát hiện những thiếu sót, những vấn đề cần bổ sung để cho tài liệu hoàn chỉnh và chất lượng ngày càng cao.

Các ý kiến xin gửi về ban biên tập sách Kỹ thuật đại học, hướng nghiệp và dạy nghề Nhà xuất bản Giáo dục 81 Trần Hưng Đạo – Hà Nội.

TÁC GIẢ

CHƯƠNG 1

ĐỔI LẦN CHỨC NĂNG VÀ VẤN ĐỀ TIÊU CHUẨN HÓA

1.1. BẢN CHẤT TÍNH ĐỔI LẦN CHỨC NĂNG

Trong giai đoạn hiện nay việc nâng cao chất lượng sản phẩm, nâng cao tính kinh tế của sản xuất và sử dụng chúng đang là yêu cầu cấp bách và là nhiệm vụ chính trị kinh tế quan trọng.

Ở nước ta khi nghiên cứu giải quyết nhiệm vụ đó, nhiều cơ quan nghiên cứu và cơ sở sản xuất đã đạt được một số kết quả. Để đạt được kết quả trong việc nâng cao chất lượng máy, dụng cụ và các sản phẩm công nghiệp khác, cần phải sáng tạo ra các kết cấu mới hợp lý nhất, tìm tòi và sử dụng các vật liệu mới có chất lượng cao, ứng dụng các phương pháp công nghệ tiên tiến và hiện đại trong sản xuất. Đồng thời phải nghiên cứu ứng dụng các nguyên tắc mới về thiết kế chế tạo sản phẩm, phải quy cách hóa và tiêu chuẩn hóa các chi tiết bộ phận máy và máy.

Khi thiết kế chế tạo một máy hay bộ phận máy, tùy theo chức năng sử dụng mà người ta buộc chúng phải có những yêu cầu kỹ thuật nhất định – chỉ tiêu sử dụng máy, chẳng hạn như độ chính xác, độ bền, năng suất và hiệu suất v.v...

Để cấu thành bộ phận máy hoặc máy người ta phải thiết kế chế tạo các chi tiết máy. Sự hình thành các thông số hình học, cơ học v.v... của chúng trong chế tạo quyết định chức năng sử dụng của bộ phận máy hoặc máy mà chúng lắp thành, có nghĩa là ảnh hưởng trực tiếp đến các chỉ tiêu sử dụng máy A_{Σ} . Ta gọi các thông số đó là thông số chức năng chi tiết A_i . Mối quan hệ giữa chỉ tiêu sử dụng máy (A_{Σ}) và các thông số chức năng (A_i) của các chi tiết lắp thành máy hay bộ phận máy được biểu hiện bằng quan hệ hàm số có dạng:

$$A_{\Sigma} = f(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) \quad (1-1)$$

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n f(A_i)$$

ở đây các thông số chức năng A_i là những đại lượng biến đổi độc lập.

Tất nhiên người ta mong muốn chỉ tiêu sử dụng máy hoặc bộ phận máy phải có một trị số kinh tế hợp lý nhất. Nhưng điều này không thể thực hiện được bởi vì trong quá trình chế tạo các chi tiết lắp thành máy thì các thông số chức năng của chúng thay đổi do ảnh hưởng của sai số chế tạo, nên ta không thể nào chế tạo một máy hay một bộ phận máy mà chỉ tiêu sử dụng của nó đúng bằng trị số kinh tế hợp lý nhất và ngay cả các máy hoặc bộ phận máy cùng loại thì chỉ tiêu sử dụng của chúng cũng không thể hoàn toàn giống nhau được. Bởi vậy khi tính toán thiết kế ta cho phép chỉ tiêu sử dụng thay đổi trong một phạm vi hợp lý quanh trị số hợp lý nhất. Phạm vi cho phép hợp lý đó gọi là dung sai của chỉ tiêu sử dụng máy hoặc bộ phận máy T_{Σ} .

Từ dung sai của chỉ tiêu sử dụng máy, ta có thể xác định phạm vi thay đổi cho phép của các thông số chức năng chi tiết (gọi là dung sai của các thông số chức năng chi tiết T_i) gần đúng theo quan hệ sau :

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial A_i} \right| T_i \quad (1-2)$$

Như vậy khi thiết kế và chế tạo các chi tiết mà các thông số chức năng của chúng thỏa mãn quan hệ (1-2) thì khi lắp chúng thành máy hay bộ phận máy, ta cũng được máy hoặc bộ phận máy mà chỉ tiêu sử dụng của chúng nằm trong phạm vi cho phép hợp lí T_{Σ} . Do đó chất lượng máy hoặc bộ phận máy đảm bảo tính kinh tế hợp lí.

Những chi tiết lắp thành máy và bộ phận máy được thiết kế và chế tạo theo nguyên tắc trên, tức là dung sai các thông số chức năng T_i và chỉ tiêu sử dụng T_{Σ} thỏa mãn quan hệ (1-2) thì đạt được tính đối lẫn chức năng.

Cần phải phân biệt đối lẫn chức năng hoàn toàn và đối lẫn chức năng không hoàn toàn. Trong sản xuất hàng loạt, nếu mọi chi tiết của loạt đều đạt tính đối lẫn chức năng thì loạt chi tiết đó đạt tính đối lẫn chức năng hoàn toàn. Nhưng nếu có một hoặc một số chi tiết của loạt không đạt tính đối lẫn chức năng thì loạt chi tiết đó đạt tính đối lẫn chức năng không hoàn toàn.

1.2. QUY ĐỊNH DUNG SAI VÀ TIÊU CHUẨN HÓA

Tính đối lẫn chức năng là nguyên tắc của thiết kế chế tạo. Theo nguyên tắc đó, người thiết kế định trị số dung sai cho các thông số chức năng chi tiết và bộ phận máy xuất phát từ yêu cầu của chỉ tiêu sử dụng máy. Chỉ tiêu sử dụng máy hay bộ phận máy có thể là những thông số hình học hoặc những thông số khác như năng suất, hiệu suất, công suất... Thông số chức năng của chi tiết cũng có thể là những thông số hình học hoặc không phải hình học như : độ bền, độ rắn bề mặt, tính dẫn nhiệt, dẫn điện...

Mỗi loại thông số đó có đặc điểm riêng của nó, do vậy việc nghiên cứu tính đối lẫn chức năng theo từng loại thông số phải do những ngành khoa học tương ứng đảm nhiệm. Trong phạm vi giáo trình này ta chỉ đề cập phương pháp nghiên cứu và định giá trị dung sai cho các thông số chức năng hình học như : kích thước, hình dáng, vị trí bề mặt và nhám bề mặt.

Quy định dung sai trên cơ sở tính đối lẫn chức năng là điều kiện thuận lợi cho việc thống nhất hóa và tiêu chuẩn hóa trong phạm vi quốc gia và quốc tế. Khi nền công nghiệp càng phát triển thì sản phẩm càng đa dạng và phong phú, không phải chỉ chủng loại, mẫu mã mà cả kích cỡ nữa. Trong điều kiện như vậy đòi hỏi sự thống nhất hóa về mặt quản lý nhà nước. Mặt khác để nâng cao hiệu quả kinh tế của sản xuất và đảm bảo giao lưu hàng hóa rộng rãi thì phải quy cách hóa và tiêu chuẩn hóa các sản phẩm.

Việc Nhà nước ban hành các tiêu chuẩn trong đó có tiêu chuẩn về dung sai và lắp ghép là một đòi hỏi cấp thiết.

Trong giai đoạn hiện nay với nền kinh tế thị trường theo xu hướng hội nhập kinh tế khu vực và thế giới thì các tiêu chuẩn Nhà nước Việt Nam (TCVN) được xây dựng dựa trên cơ sở của tiêu chuẩn quốc tế ISO⁽¹⁾.

1.3. Ý NGHĨA CỦA TIÊU CHUẨN HÓA

Nền sản xuất công nghiệp trên cơ sở tiêu chuẩn hóa sẽ đem lại hiệu quả kinh tế rất lớn. Bởi vì chính quá trình sản xuất những chi tiết và bộ phận máy đã quy cách hóa và tiêu chuẩn hóa không phụ thuộc vào địa điểm sản xuất. Đó chính là điều kiện để chúng ta có thể chuyên môn hóa, hợp tác hóa sản xuất. Sự hợp tác và chuyên môn hóa sản xuất sẽ dẫn đến sản xuất tập trung quy mô lớn tạo khả năng áp dụng kỹ thuật tiên tiến, máy móc hiện đại và hình thức sản xuất với năng suất cao. Nhờ đó mà vừa đảm bảo chất lượng lại giảm giá thành sản phẩm.

Mặt khác, thiết kế và chế tạo sản phẩm theo tiêu chuẩn hóa là điều kiện thuận lợi cho việc sản xuất các chi tiết và bộ phận máy dự trữ thay thế. Nhờ có những chi tiết và bộ phận máy dự trữ thay thế mà quá trình sử dụng các sản phẩm công nghiệp sẽ tiện lợi rất nhiều. Chẳng hạn một chi tiết nào đó của máy bị hỏng, ta có ngay chi tiết dự trữ cùng loại thay thế vào là máy lại tiếp tục hoạt động được ngay ; kết quả là giảm thời gian chết và sử dụng máy triệt để hơn, mang lại lợi ích rất lớn về kinh tế và quản lý sản xuất.

(1) ISO - International organization for standardization

CHƯƠNG 2

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

2.1. KHÁI NIỆM VỀ KÍCH THƯỚC, SAI LỆCH GIỚI HẠN VÀ DUNG SAI

2.1.1. Kích thước

Dãy Kích thước tiêu chuẩn: Để thống nhất hoá và tiêu chuẩn hoá kích thước của chi tiết và lắp ghép người ta đã lập ra 4 dãy kích thước thẳng tiêu chuẩn dựa trên các dãy số ưu tiên và được kí hiệu là: Ra5, Ra10, Ra20, Ra40 (bảng 2.1).

Khi thiết kế chế tạo chi tiết và sản phẩm, các kích thước thẳng danh nghĩa của chúng được chọn theo giá trị của các dãy số ưu tiên và phải ưu tiên chọn trong dãy có độ chia lớn trước nhất.

Việc chọn các kích thước danh nghĩa của chi tiết theo tiêu chuẩn nhằm giảm bớt số loại, kích cỡ của các chi tiết và sản phẩm, do đó cũng giảm được số loại, kích cỡ của các trang bị công nghệ như dụng cụ cắt, dụng cụ đo chẳng hạn. Số loại giảm thì sản lượng từng loại sẽ tăng, đó là điều kiện thuận lợi cho quá trình sản xuất đạt hiệu quả kinh tế cao.

Kích thước danh nghĩa d_N là kích thước xác định được bằng tính toán xuất phát từ chức năng của chi tiết, sau đó quy tròn (về phía lớn lên) theo các giá trị của dãy kích thước thẳng tiêu chuẩn.

Chẳng hạn khi tính toán theo sức bền vật liệu ta xác định được đường kính của chi tiết trục là : 24,732mm. Theo các giá trị của dãy kích thước thẳng tiêu chuẩn ta quy tròn là 25mm. Vậy kích thước danh nghĩa của chi tiết trục là : $d_N = 25\text{mm}$.

Kích thước danh nghĩa được ghi trên bản vẽ và dùng làm gốc để tính các sai lệch. Kích thước danh nghĩa của bề mặt lắp ghép là chung cho các chi tiết tham gia lắp ghép.

Kích thước thực d_{th} là kích thước nhận được từ kết quả đo với sai số cho phép.

Ví dụ : khi đo kích thước chi tiết trục bằng Panme có giá trị vạch chia là 0,01mm, kết quả đo nhận được là 24,98mm, thì kích thước thực của chi tiết trục là : $d_{th} = 24,98\text{mm}$ với sai số cho phép là $\pm 0,01\text{mm}$.

Kích thước giới hạn. Để xác định phạm vi cho phép của sai số chế tạo kích thước người ta quy định hai kích thước giới hạn :

Kích thước giới hạn lớn nhất d_{max}

Kích thước giới hạn nhỏ nhất d_{min}

Kích thước của chi tiết chế tạo (kích thước thực) nằm trong phạm vi cho phép ấy thì đạt yêu cầu. Như vậy chi tiết có kích thước đạt yêu cầu khi kích thước thực của nó thỏa mãn bất đẳng thức sau:

$$d_{min} \leq d_{th} \leq d_{max}$$

Bảng 2.1. DÂY KÍCH THƯỚC THẲNG TIÊU CHUẨN

Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)	Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)	Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)																										
0,010	0,010	0,010		0,100	0,100	0,100	0,100	1,0	1,0	1,0	1,0																										
												0,011																									
																				0,012*	0,012**	0,012	0,012	0,120*	0,120**	0,120	0,120	1,2*	1,2**								
																														0,013	0,013	0,013	0,013	0,130	0,130	1,3	1,3
		0,015	0,015			0,015	0,015			0,150	0,150									1,5	1,5																
												0,016	0,016	0,016	0,016	0,160	0,160	0,160	0,160			1,6	1,6	1,6	1,6												
		0,017	0,017			0,017	0,017			0,170	0,170									0,170	1,7					1,7											
																											0,018	0,018	0,018	0,018	0,180	0,180	1,8	1,8			
																																			0,019	0,019	0,019
0,020	0,020	0,020	0,020	0,200	0,200	0,200	2,0	2,0																													
									0,021	0,021	0,021	0,021	0,210	0,210	0,210	2,1	2,1																				
0,022	0,022	0,022	0,022	0,220	0,220	0,220	2,2	2,2																													
									0,024	0,024	0,024	0,024	0,240	0,240	0,240	2,4	2,4																				
0,025	0,025	0,025	0,025	0,250	0,250	0,250	0,250	2,5										2,5	2,5	2,5																	
									0,026	0,026	0,026	0,026	0,260	0,260	2,6	2,6																					
																	0,028				0,028	0,028	0,028	0,280	0,280	2,8	2,8										
																												0,030	0,030	0,030	0,030	0,300	0,300	3,0	3,0		
									0,032	0,032	0,032	0,032	0,320	0,320	3,2	3,2																					
		0,034	0,034			0,034	0,034										0,340		0,340	3,4	3,4																
									0,036	0,036	0,036	0,036	0,360	0,360	3,6	3,6																					
		0,038	0,038			0,038	0,038										0,380		0,380	3,8	3,8																
									0,040	0,040	0,040	0,040	0,400	0,400	0,400	0,400						4,0	4,0	4,0	4,0												
		0,042	0,042			0,042	0,042										0,420		0,420	4,2	4,2																
0,045	0,045			0,045	0,045			0,450										0,450								4,5	4,5										
																												0,048	0,048	0,048	0,048	0,480	0,480	4,8	4,8		
0,050	0,050	0,050	0,050	0,500	0,500	5,0	5,0																														
								0,053			0,053	0,053			0,053	0,530	0,530	5,3	5,3																		
0,056	0,056	0,056	0,056	0,560	0,560	5,6	5,6																														
								0,060			0,060	0,060			0,060	0,600	0,600	6,0	6,0																		
0,063	0,063	0,063	0,063	0,630	0,630	0,630	0,630													6,3	6,3			6,3	6,3												
								0,067			0,067	0,067			0,067	0,670	0,670	6,7	6,7																		
									0,071	0,071			0,071	0,071								0,710	0,710			7,1	7,1										
																												0,075	0,075	0,075	0,075	0,750	0,750	7,5	7,5		
								0,080	0,080	0,080	0,080	0,800	0,800	8,0	8,0																						
		0,085	0,085			0,085	0,085									0,850	0,850	8,5	8,5																		
								0,090	0,090	0,090	0,090	0,900	0,900	9,0	9,0																						
		0,095	0,095			0,095	0,095									0,950	0,950	9,5	9,5																		

Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)	Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)	Ra5 (R5)	Ra10 (R'10)	Ra20 (R'20)	Ra40 (R'40)	
10	10	10	10	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000	
			10,5				105				1060	
			11				110				110	1120
			11,5				120				1180	
			12				125				125	1250
	12*	12**	13	130	1320							
			14	140	140	1400						
			14	140	1400							
			15	150	1500							
			15	150	1500							
16	16	16	16	160	160	160	160	1600	1600	1600	1600	
			17				170				1700	
			18				180				180	1800
			19				190				1900	
			20				200				200	2000
	20	20	20	200	200	200	2000	2000				
			21	210	2120							
			22	220	220	2240						
			22	220	2240							
			24	240	2360							
25	25	25	25	250	250	250	250	2500	2500	2500	2500	
			26				260				2650	
			28				280				280	2800
			30				300				3000	
			32				320				320	3150
	32	32	32	320	320	320	3150	3150				
			34	340	3350							
			36	360	3550							
			36	360	3550							
			38	380	3750							
40	40	40	40	400	400	400	400	4000	4000	4000	4000	
			42				420				4250	
			45				450				4500	
			48				480				4750	
			50				500				500	5000
	50	50	50	500	500	500	5000	5000				
			53	530	5300							
			56	560	5600							
			56	560	5600							
			60	600	6000							
63	63	63	63	630	630	630	630	6300	6300	6300	6300	
			67				670				6700	
			71				710				710	7100
			75				750				7500	
			80				800				800	8000
	80	80	80	800	800	800	8000	8000				
			85	850	8500							
			90	900	900	9000						
			90	900	9000							
			95	950	9500							

2.1.2. Sai lệch giới hạn

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

Hiệu đại số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước danh nghĩa là sai lệch giới hạn trên, kí hiệu là es đối với kích thước trục, ES đối với kích thước lỗ.

$$es = d_{\max} - d_N$$

$$ES = D_{\max} - D_N$$

Hiệu đại số giữa kích thước giới hạn nhỏ nhất và kích thước danh nghĩa là sai lệch giới hạn dưới :

$$ei = d_{\min} - d_N, \text{ đối với kích thước trục}$$

$$EI = D_{\min} - D_N, \text{ đối với kích thước lỗ.}$$

Sai lệch có thể có giá trị âm (khi kích thước giới hạn nhỏ hơn kích thước danh nghĩa) hoặc dương (khi kích thước giới hạn lớn hơn kích thước danh nghĩa) hoặc bằng không (khi chúng bằng kích thước danh nghĩa). Sai lệch giới hạn được ghi kí hiệu trên bản vẽ bên cạnh kích thước danh nghĩa và được tính theo milimét. Trong bảng tiêu chuẩn dung sai thì tính theo micrômét.

2.1.3. Dung sai

Dung sai là hiệu số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và nhỏ nhất hoặc là hiệu đại số giữa sai lệch trên và sai lệch dưới. Dung sai kí hiệu là T và được tính theo các công thức sau :

– Đối với kích thước trục :

$$T = d_{\max} - d_{\min}$$

hoặc $T = es - ei$

– Đối với kích thước lỗ

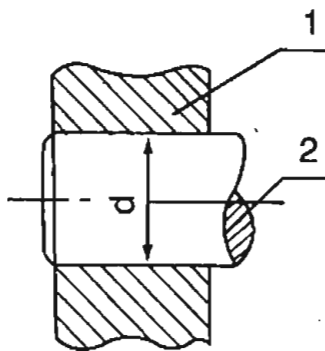
$$T = D_{\max} - D_{\min}$$

hoặc $T = ES - EI$

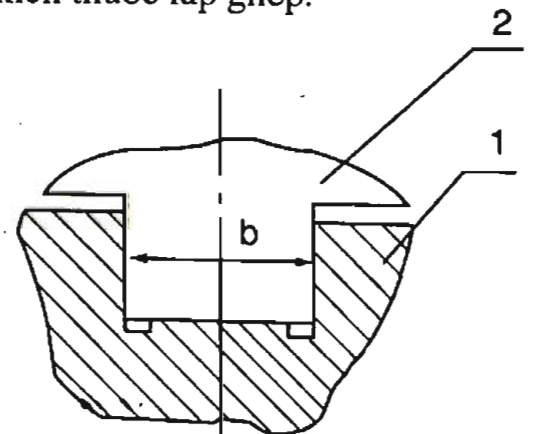
Dung sai luôn luôn có giá trị dương và biểu hiện phạm vi cho phép của sai số kích thước. Giá trị dung sai càng nhỏ thì yêu cầu độ chính xác kích thước càng cao, ngược lại nếu càng lớn thì yêu cầu độ chính xác càng thấp. Vậy dung sai đặc trưng cho độ chính xác yêu cầu của kích thước hay còn gọi là độ chính xác thiết kế.

2.2. KHÁI NIỆM VỀ LẮP GHÉP

Hai hay một số chi tiết phối hợp với nhau một cách cố định (đai ốc vặn vào bu lông) hoặc di động (như piston trong xi lanh) thì tạo thành mối ghép. Những bề mặt và kích thước mà dựa theo chúng các chi tiết phối hợp với nhau gọi là bề mặt lắp ghép và kích thước lắp ghép.



Hình 2.1



Hình 2.2

Bề mặt lắp ghép thường là bề mặt bao và bị bao.

Ví dụ bề mặt lỗ (chi tiết 1 hình 2.1) hoặc bề mặt rãnh (chi tiết 1 hình 2.2) là bề mặt bao. Bề mặt trục hoặc bề mặt con trượt là bề mặt bị bao (chi tiết 2 hình 2.1 và 2.2). Kích thước bề mặt bao được kí hiệu là D , của bề mặt bị bao là d .

Các mối ghép sử dụng trong chế tạo máy có thể phân loại theo hình dạng bề mặt lắp ghép.

Lắp ghép bề mặt tròn.

Lắp ghép trụ tròn, bề mặt lắp ghép là bề mặt trụ tròn.

Lắp ghép phẳng, bề mặt lắp ghép là bề mặt phẳng (ví dụ lắp ghép giữa then với rãnh trục và bạc, giữa vòng séc măng và rãnh piston v.v...)

Lắp ghép ren, bề mặt lắp ghép là bề mặt xoắn vít có dạng profin tam giác, hình thang v.v...

Lắp ghép truyền động bánh răng (hình trụ, côn, răng sóng...). Bề mặt lắp ghép là bề mặt tiếp xúc một cách chu kì của các răng bánh răng.

Đặc tính của lắp ghép bề mặt tròn được xác định bởi hiệu số kích thước bề mặt bao và bị bao, nếu hiệu số đó có giá trị dương thì lắp ghép có độ hở, nếu hiệu số đó có giá trị âm thì lắp ghép có độ dôi. Dựa vào đặc tính đó các lắp ghép được phân thành 3 nhóm sau :

Nhóm lắp lỏng, trong nhóm lắp ghép này kích thước bề mặt bao luôn luôn lớn hơn kích thước bề mặt bị bao (hình 2.3) đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ hở. Độ hở lắp ghép – S được tính như sau :

$$S = D - d$$

Ứng với các kích thước giới hạn ta có độ hở giới hạn :

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

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

Độ hở trung bình :

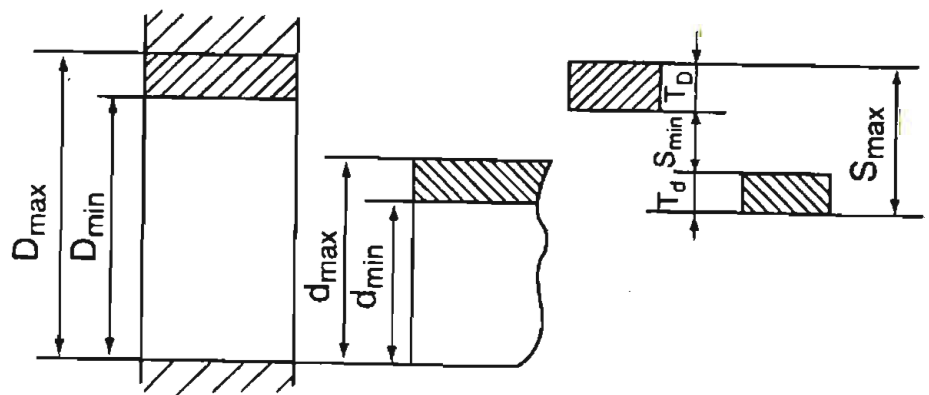
$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$$

Dung sai của độ hở hoặc dung sai của lắp ghép là :

$$\begin{aligned} T_S &= S_{\max} - S_{\min} \\ &= (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max}) \\ &= (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) \end{aligned}$$

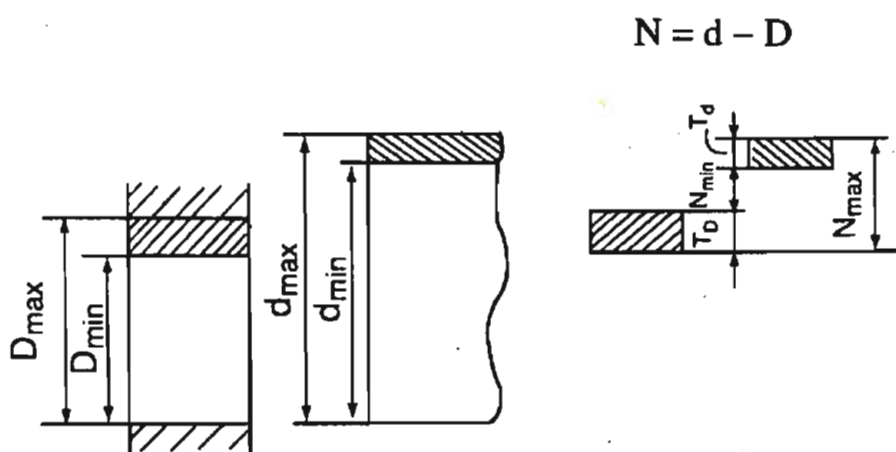
$$T_S = T_D + T_d$$

Như vậy dung sai của lắp ghép bằng tổng dung sai kích thước bề mặt bao và bề mặt bị bao.



Hình 2.3

Nhóm lắp chặt, trong nhóm lắp chặt kích thước bề mặt bị bao luôn luôn lớn hơn kích thước bề mặt bao có nghĩa là đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ dôi (hình 2.4), độ dôi của lắp ghép (N) được tính như sau :



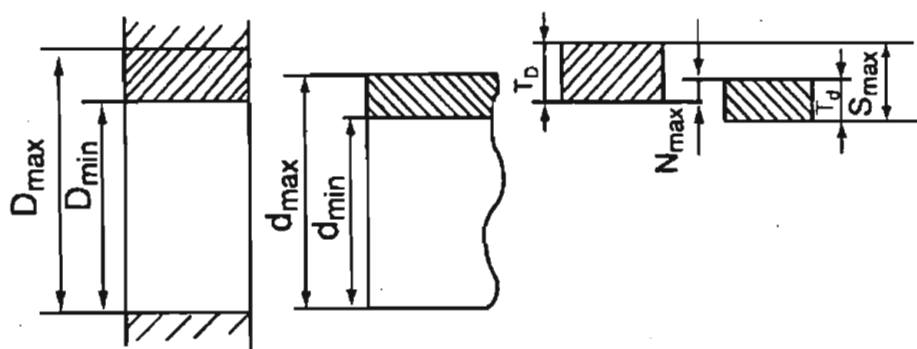
Hình 2.4

Dung sai của độ dôi :

$$T_N = N_{\max} - N_{\min}$$

$$T_N = T_D + T_d$$

Nhóm lắp trung gian, trong nhóm lắp ghép này, miền dung sai kích thước bề mặt bao bố trí xen lẫn miền dung sai kích thước bề mặt bị bao, hình 2.5.



Hình 2.5

Độ dôi trung bình của lắp ghép tính theo công thức :

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

Nếu N_m có giá trị âm có nghĩa là giá trị trung bình của đặc tính lắp ghép ứng với độ hở.

2.3. BIỂU DIỄN BẰNG SƠ ĐỒ PHÂN BỐ MIỀN DUNG SAI CỦA LẮP GHÉP

Để đơn giản và thuận tiện người ta biểu diễn lắp ghép dưới dạng sơ đồ phân bố miền dung sai :

Dùng một đường thẳng nằm ngang biểu thị vị trí của kích thước danh nghĩa, tại vị trí đó sai lệch của kích thước bằng không, nên còn gọi là đường không và trục tung độ biểu thị giá trị sai lệch của

kích thước theo micrômét. Sai lệch của kích thước được phân bố hai phía đối với kích thước danh nghĩa, sai lệch dương ở phía trên, sai lệch âm ở phía dưới.

Ví dụ : biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép bề mặt tròn có kích thước danh nghĩa là 40mm.

Sai lệch giới hạn của kích thước lỗ là :

$$ES = + 25\mu\text{m}$$

$$EI = 0$$

Sai lệch giới hạn của kích thước trục là :

$$es = - 25\mu\text{m}$$

$$ei = - 50\mu\text{m}$$

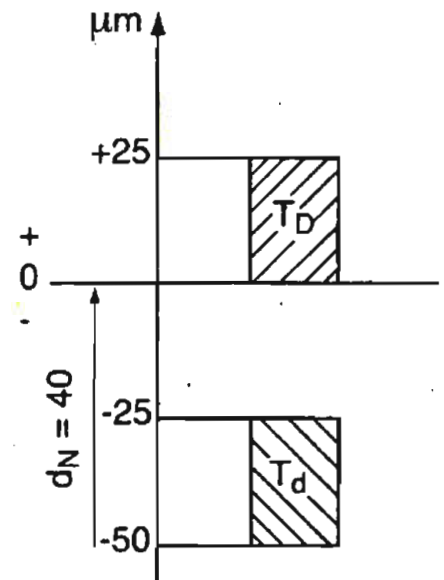
Sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép được biểu thị trên hình 2.6.

Miền dung sai kích thước lỗ và kích thước trục được biểu thị bằng hình chữ nhật (phần gạch trên sơ đồ hình 2.6).

Tung độ của hình chữ nhật biểu thị giá trị dung sai kích thước. Vị trí hai cạnh nằm ngang là vị trí các kích thước giới hạn hay các sai lệch giới hạn. Nhìn sơ đồ phân bố miền dung sai ta biết ngay được giá trị của sai lệch giới hạn, kích thước giới hạn, dung sai và dễ dàng nhận biết đặc tính của lắp ghép như ví dụ trên ta nhận biết ngay là lắp ghép lỏng có độ hở giới hạn là :

$$S_{\max} = 75\mu\text{m}$$

$$S_{\min} = 25\mu\text{m}.$$



Hình 2.6

CHƯƠNG 3

SAI SỐ GIA CÔNG CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC CHI TIẾT

3.1. KHÁI NIỆM VỀ SAI SỐ GIA CÔNG

Chất lượng chi tiết sau khi gia công được đánh giá thông qua giá trị các thông số hình học, động học, cơ học, lí hóa học... của chi tiết. Các giá trị đó hoàn toàn được xác định bởi quá trình gia công tạo thành chi tiết. Trong loạt chi tiết gia công thì giá trị của một thông số nào đó thường khác nhau và khác với mong muốn. Sở dĩ có sự sai khác ấy là do tác động của các sai số xuất hiện trong quá trình gia công, chính là các sai số gia công. Sự xuất hiện chúng là do một loạt các nguyên nhân sau :

- Máy dùng để gia công không chính xác, chẳng hạn trục chính của máy tiện bị đảo sẽ làm cho vật gia công không tròn, sống trượt của máy không song song với đường tâm trục chính máy sẽ gây ra sự thay đổi đường kính dọc theo trục chi tiết làm cho chi tiết gia công bị côn.

- Dụng cụ cắt không chính xác, chẳng hạn dao doa có đường kính sai thì kích thước lỗ gia công bằng dao doa ấy cũng bị sai theo.

- Lực cắt làm biến dạng hệ thống máy, dao, đồ gá, chi tiết gia công, do đó gây ra sự thay đổi vị trí tương quan của các bộ phận trong hệ thống đó khi đang gia công làm cho kích thước, hình dạng của chi tiết gia công bị sai lệch đi.

- Sự thay đổi của chiều sâu lớp kim loại cắt đi làm cho lực cắt thay đổi, do đó lượng biến dạng của hệ thống máy, dao, đồ gá, chi tiết cũng thay đổi theo gây ra những thay đổi về kích thước và hình dạng chi tiết gia công.

- Sự rung động của máy do những chấn động bên trong hoặc bên ngoài máy cũng gây ra sai số của các thông số hình học chi tiết gia công.

- Nhiệt độ của môi trường xung quanh thay đổi và những thay đổi khác đều tác động đến quá trình gia công và gây ra sai số các thông số hình học chi tiết gia công.

Sai số gia công phát sinh do hàng loạt những nguyên nhân phức tạp như vậy nên chúng cũng muôn hình muôn vẻ. Tuy nhiên xét về đặc tính biến thiên của chúng có thể chia làm hai loại:

Sai số hệ thống : là những sai số mà trị số của chúng không biến đổi hoặc biến đổi theo một quy luật xác định trong suốt thời gian gia công. Ví dụ nếu không kể tới ảnh hưởng khác thì khi dao doa có đường kính sai bé đi 0,01mm, các kích thước lỗ gia công bằng dao doa ấy cũng sai bé đi cùng một lượng là 0,01mm. Nghĩa là trị số và dấu của sai số không thay đổi suốt quá trình gia công loạt lỗ. Người ta gọi những sai số không thay đổi về trị số và dấu như thế là “sai số hệ thống cố định”.

Sai số do độ mòn của dụng cụ cắt là loại sai số hệ thống biến đổi theo một quy luật xác định đối với thời gian gia công – quy luật của độ mòn dụng cụ và thời gian gia công. Bởi vì quá trình mòn

của dao doa khi gia công lỗ sẽ làm cho đường kính lỗ của loạt chi tiết gia công nhỏ dần theo thời gian gia công. Loại sai số như vậy gọi là "sai số hệ thống thay đổi".

Sai số ngẫu nhiên là sai số có trị số khác nhau ở các chi tiết gia công. Trong thời gian gia công sai số loại này biến đổi không theo quy luật theo thời gian. Nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên là nguyên nhân tác động lúc ít, lúc nhiều, lúc có, lúc không. Ví dụ : Sự thay đổi lực cắt do chiều sâu cắt thay đổi hoặc chấn động khi cắt... Sai số do những nguyên nhân loại đó gây ra sẽ có trị số thay đổi một cách ngẫu nhiên ở các chi tiết nên thuộc loại sai số ngẫu nhiên.

Sự xuất hiện của các sai số trong quá trình gia công làm cho các thông số hình học chi tiết biến đổi cũng với đặc tính hệ thống và ngẫu nhiên.

3.2. SAI SỐ GIA CÔNG KÍCH THƯỚC

Sai số gia công mang đặc tính ngẫu nhiên làm cho kích thước tạo thành trong quá trình gia công cũng biến đổi ngẫu nhiên. Ta gọi kích thước gia công là một đại lượng ngẫu nhiên. Để nghiên cứu đại lượng ngẫu nhiên kích thước ta phải dùng thống kê xác suất – là môn toán học chuyên nghiên cứu các đại lượng ngẫu nhiên.

3.2.1. Một vài khái niệm về xác suất

Để đi đến định nghĩa xác suất ta lấy ví dụ sau : Một thùng chứa chi tiết gia công, trong đó có một số chi tiết hợp yêu cầu. Lấy hủ họa một chi tiết ra khỏi thùng, thực hiện một phép thử. Kết quả của phép thử là có thể xuất hiện chi tiết hợp yêu cầu (gọi là sự kiện A) hoặc không hợp yêu cầu (không phải sự kiện A).

Thực hiện N phép thử trong đó xuất hiện M sự kiện A. Tỷ số $\frac{M}{N}$ sẽ dần ổn định, tới một trị số xác định khi số phép thử N lớn dần đến vô cùng. Giá trị xác định ấy là xác suất xuất hiện sự kiện A, P(A) :

$$P(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{M}{N}$$

Vậy xác suất xuất hiện một sự kiện là tỷ số giữa số lần xuất hiện sự kiện đó và số phép thử khi số phép thử lớn đến vô cùng.

Một ví dụ khác : ta gia công thử 100 chi tiết trên máy điều chỉnh sẵn kích thước, trong đó xuất hiện 5 chi tiết phế phẩm. Như vậy trong 100 phép thử xuất hiện 5 chi tiết phế phẩm, ta có thể coi xác suất xuất hiện phế phẩm trong phương pháp gia công này là :

$$P_{\text{phế phẩm}} = \frac{5}{100} = 5\% ;$$

(con số 5% chỉ là trị số gần đúng của xác suất vì số phép thử là 100 chứ không là ∞).

Cần phải chú ý rằng, xác suất xuất hiện một sự kiện A là một đại lượng đánh giá về mặt số lượng khả năng xuất hiện sự kiện A trong một điều kiện cho trước nào đó. Trong ví dụ vừa nêu, 5% cho ta biết khả năng xuất hiện phế phẩm trong phương pháp gia công đã chọn.

Điều vừa nêu có một ý nghĩa rất quan trọng, cũng từ đó mà ta áp dụng xác suất vào nghiên cứu sai số gia công kích thước. Bản chất của vấn đề đó như sau : Dưới tác động của sai số gia công, kích thước của loạt chi tiết gia công sẽ phân tán trong một miền nào đó, tuy nhiên biết miền đó chưa đủ mà còn phải xét xem khả năng xuất hiện các chi tiết có kích thước nằm trong từng khoảng

nhỏ của miền là như thế nào (chiếm tỉ lệ bao nhiêu). Đánh giá khả năng ấy chính bằng xác suất xuất hiện chi tiết, có kích thước nằm trong từng khoảng nhỏ của miền phân tán.

3.2.2. Luật phân bố kích thước gia công

Giả sử gia công N trục trên một máy đã điều chỉnh sẵn kích thước (thường trong ngành chế tạo máy $N = 60 \div 100$) đem đo đường kính của từng trục sau khi gia công ta được các giá trị : d_1, d_2, \dots, d_N .

Các kích thước ấy nằm trong một miền xác định bởi hai giá trị lớn nhất và bé nhất của đường kính trục chọn trong số N kích thước đo được ở trên. Miền này gọi là “miền phân bố thực” ($d_{\max} - d_{\min}$).

Để biết xác suất xuất hiện các chi tiết có kích thước nằm trong từng miền nhỏ, ta chia miền phân bố thực thành k miền nhỏ ($k > 3$). Số chi tiết có kích thước nằm trong từng miền nhỏ là m_1, m_2, \dots, m_k (tất nhiên $m_1 + m_2 + \dots + m_k = N$).

Các giá trị m_1, m_2, \dots, m_k là tần số xuất hiện kích thước còn tỉ số :

$\frac{m_1}{N}, \frac{m_2}{N}, \dots, \frac{m_k}{N}$ là tần suất xuất hiện chi tiết có kích thước nằm trong từng miền nhỏ đã chia.

Nói một cách gần đúng (vì N hữu hạn) thì đó là xác suất xuất hiện các chi tiết có kích thước nằm trong từng miền nhỏ đã chia.

Ghi các kết quả quan sát thành biểu đồ như hình 3.1. Trên biểu đồ này miền phân bố thực được chia thành 9 miền nhỏ (tức là $k = 9$). Các điểm a, b, c, \dots, k lập thành đường cong, có tung độ là tần suất $\left(\frac{m_i}{N}\right)$ còn hoành độ là điểm giữa của từng miền nhỏ.

Qua biểu đồ này có thể nhận xét rằng :

Xung quanh giá trị trung bình số học – d_m

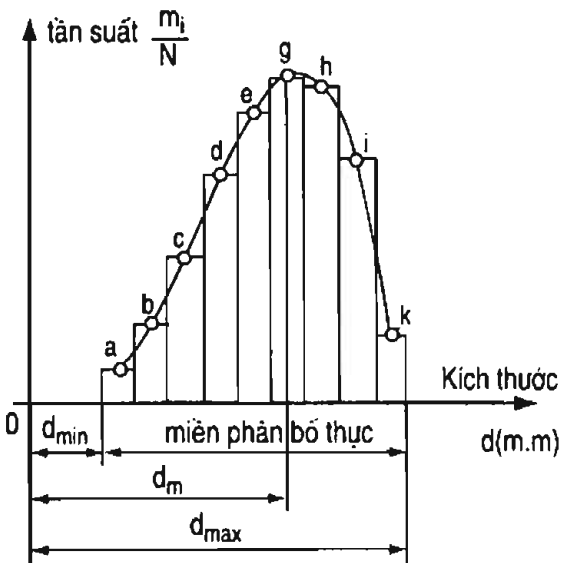
$$d_m = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_N}{N} = \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{N}$$

thì xác suất lớn, nghĩa là nhiều chi tiết có kích thước nằm trong miền lân cận đó. Điểm ứng với kích thước trung bình – d_m là “trung tâm phân bố”.

Dùng đường cong này ta biết được xác suất xuất hiện chi tiết có kích thước nằm trong từng miền đã chia trên biểu đồ, nhưng lại không biết được xác suất xuất hiện chi tiết có kích thước nằm trong miền bất kì nào đó. Để tiện lợi hơn, người ta dùng một đường cong khác mà tung độ là mật độ xác suất $y = \frac{dp}{dx}$, còn hoành độ

là $x = d - d_m$ (nghĩa là gốc hoành độ đã chuyển về trung tâm phân bố). Như vậy xác suất xuất hiện chi tiết có kích thước nằm trong miền $x_1 \sim x_2$ nào đó sẽ là :

$$P_{(x_1 \sim x_2)} = \int_{x_1}^{x_2} y dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dp}{dx} dx$$



Hình 3.1

Đường cong $y = \frac{dp}{dx}$ gọi là “đường cong phân bố mật độ xác suất”. Qua nghiên cứu của nhiều nhà khoa học thì các kích thước gia công cắt gọt bằng phương pháp điều chỉnh sẵn kích thước có đường cong phân bố mật độ xác suất theo dạng phân bố chuẩn (dạng đường cong toán học Gauss) như hình 3.2.

Phương trình biểu diễn mật độ xác suất y như sau :

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

trong đó :

e – cơ số của lôgarít tự nhiên ;

σ – sai lệch bình phương trung bình :

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N}}$$

Với $x_1 = d_1 - d_m$

$x_2 = d_2 - d_m$

.....

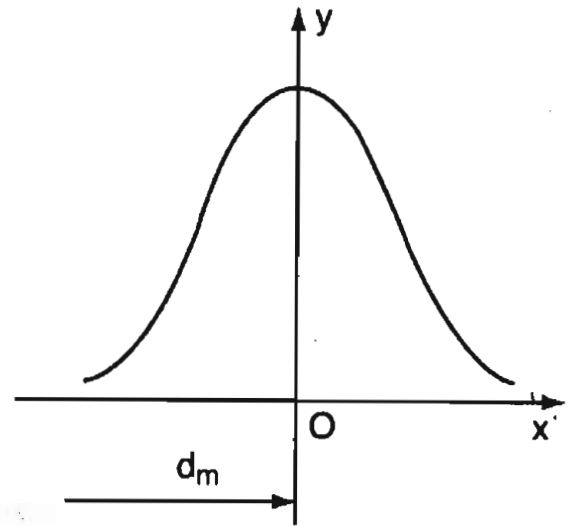
$x_N = d_N - d_m$

Như vậy muốn biết giá trị của σ để viết phương trình mật độ thì phải gia công thử và thống kê các trị số d_1, d_2, \dots, d_N .

Ta tính xác suất xuất hiện chi tiết có sai lệch kích thước so với kích thước trung bình, trong khoảng từ $0 \sim x$ là :

$$P_{(0 \sim x)} = \int_0^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx$$

Với biến số $z = \frac{x}{\sigma}$ thì $dz = \frac{dx}{\sigma}$ ta có :



Hình 3.2



Bảng 3.1. TRỊ SỐ CỦA HÀM $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1020	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1555	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2045	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4985	4985	4985	4986	4986
3,0	9865	9869	9874	9878	9882	9886	9889	9893	9896	9900

Chú thích : - Trong bảng không ghi trị số "0" trước dấu phẩy của hàm $\phi(z)$ mà chỉ ghi các số sau dấu phẩy.

- Khi tra $\phi(z)$ với $z = 3,0 - 3,09$, không ghi số 4 sau dấu phẩy mà chỉ ghi từ số thứ hai trở đi sau dấu phẩy. Ví dụ $z = 3,05$ thì $\phi(z) = 0,49886$.

$$P_{(0 \sim x)} = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \phi(z)$$

Thường người ta tính xác suất trong khoảng từ $-x$ đến $+x$ vì đường cong có tính đối xứng qua trục tung nên :

$$P_{(-x \sim +x)} = \int_{-x}^{+x} y dx = 2 \int_0^x y dx$$

$$P_{(-x \sim +x)} = 2 \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 2\phi(z)$$

Giá trị của hàm $\phi(z)$ và $2\phi(z)$ được tính sẵn trong bảng hàm Laplace (bảng 3.1). Qua bảng này ta nhận thấy rằng lúc $z = \frac{x}{\sigma} = 3$ tức là $x = 3\sigma$ thì hàm $2\phi(z) = 0,9973$; rất gần với 1 mà trong kỹ thuật có thể coi bằng 1.

Vì vậy ta nói rằng xác suất xuất hiện chi tiết có sai lệch kích thước so với kích thước trung bình (d_m) trong khoảng $(-3\sigma \sim +3\sigma)$ (khoảng 6σ) bằng 1 (hoặc 100%).

Nói cách khác : hầu như kích thước chi tiết chỉ nằm trong miền từ $(-3\sigma \sim +3\sigma)$ mà thôi. Như vậy theo khái niệm về “sai số gia công” nêu trên thì có thể nói miền 6σ là đặc trưng cho sai số gia công hay “độ chính xác gia công” kích thước chi tiết. Miền 6σ càng lớn thì sai số gia công càng lớn, độ chính xác gia công càng thấp miền 6σ càng nhỏ, sai số gia công càng bé, độ chính xác gia công càng cao.

Như trên ta đã biết : chi tiết đạt yêu cầu là chi tiết có kích thước nằm trong miền dung sai (IT) và loạt chi tiết gia công đạt yêu cầu khi miền phân tán kích thước của loạt (6σ) nằm trong miền dung sai. Về mặt giá trị thì $6\sigma \leq IT$. Tuy nhiên ngay cả khi miền 6σ bé hơn miền dung sai IT (đặc trưng cho độ chính xác thiết kế) mà vẫn có thể có phế phẩm, bởi vì không thể tránh khỏi sự lệch nhau giữa miền 6σ và IT do các sai số hệ thống gây ra trong quá trình gia công (hình 3.3).

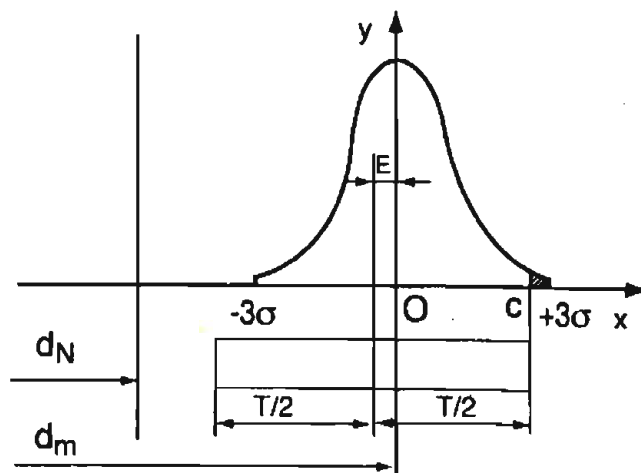
Từ hình 3.3 ta thấy, trung tâm phân bố lệch so với trung tâm dung sai một khoảng E, cho nên mặc dù $6\sigma < IT$ nhưng vẫn có phế phẩm trong miền từ c trở đi. Có thể tính xác suất xuất hiện phế phẩm P_{PP} (tỉ lệ phế phẩm) như sau :

$$P_{PP} = \int_c^{\infty} y dx$$

Phế phẩm này ta có thể khắc phục được vì nguyên nhân gây ra chúng là sai số hệ thống cố định E.

Qua những khảo sát và phân tích trên ta rút ra những kết luận :

1. Ứng với các kích thước càng gần kích thước trung bình (trung tâm phân bố) thì số chi tiết xuất hiện càng nhiều và càng xa kích thước trung bình



Hình 3.3

thì số chi tiết xuất hiện càng ít. Bởi vì càng gần kích thước trung bình (d_m) thì mật độ xác suất y càng lớn, xác suất xuất hiện kích thước càng lớn và ngược lại càng xa d_m thì mật độ y càng nhỏ, xác suất càng bé.

2. Hầu hết các chi tiết gia công trong loạt đều có kích thước nằm trong miền 6σ .

3. Muốn cho kích thước của loạt chi tiết gia công đạt yêu cầu thì ít nhất phải có điều kiện $6\sigma \leq IT$.

3.2.3. Ứng dụng của luật phân bố chuẩn

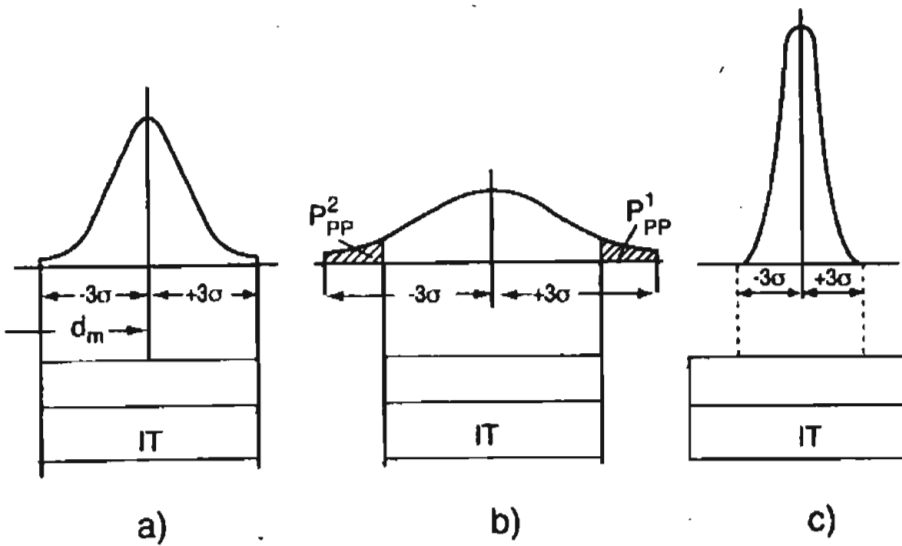
Dùng xác suất để khảo sát sai số gia công kích thước, dựa trên cơ sở theo dõi một số lượng lớn các chi tiết gia công, do vậy chỉ có thể ứng dụng trong điều kiện sản xuất hàng loạt. Dưới đây ta nêu một vài ví dụ về ứng dụng luật phân bố chuẩn của kích thước gia công.

Chọn phương pháp gia công: Để chọn phương pháp gia công thích hợp, trong sản xuất hàng loạt người ta thường tiến hành gia công loạt thử, rồi dùng phương pháp thống kê kích thước các chi tiết của loạt thử để tìm ra luật phân bố chuẩn của kích thước. Đối chiếu luật phân bố chuẩn của kích thước với miền phân bố dung sai ta sẽ chọn được phương pháp gia công thích hợp, sao cho độ chính xác gia công (6σ) phù hợp với độ chính xác thiết kế (IT). Có thể xảy ra 3 trường hợp sau:

– Miền phân tán kích thước bằng miền dung sai $6\sigma = IT$ (hình 3.4a). Trường hợp này về mặt lý thuyết thì có 0,27% chi tiết có kích thước nằm ngoài miền dung sai. Nhưng nếu bỏ qua xác suất bé 0,27% thì ta coi phương pháp này là không có phế phẩm.

– Miền phân tán kích thước lớn hơn miền dung sai, $6\sigma > IT$ (hình 3.4b). Với phương pháp gia công này thì tỉ lệ phế phẩm là: $P_{PP} = P_{PP}^1 + P_{PP}^2$.

– Miền phân tán kích thước bé hơn miền dung sai $6\sigma < IT$ (hình 3.4c). Phương pháp gia công này không có phế phẩm.



Hình 3.4

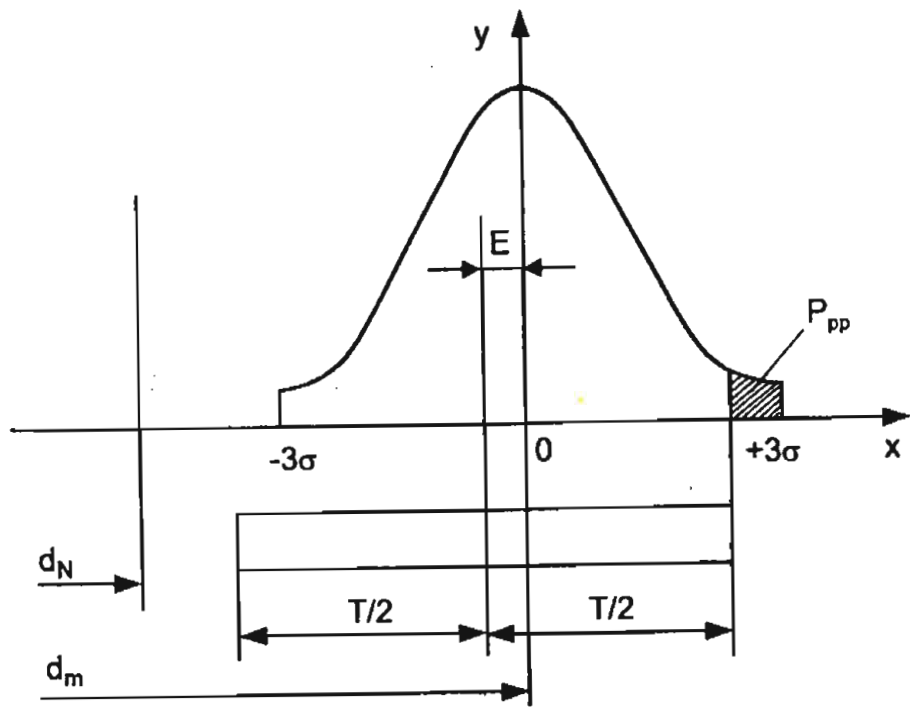
không có lợi về mặt kinh tế. Vì vậy để đảm bảo tính kinh tế kỹ thuật, phương pháp gia công thích hợp có thể là một phương pháp gia công có phế phẩm, nhưng tỉ lệ phế phẩm phải nhỏ hơn tỉ lệ phế phẩm cho phép $[P_{PP}]$. Tỉ lệ phế phẩm cho phép được xác định dựa vào những điều kiện kinh tế, kỹ thuật của cơ sở sản xuất.

Điều chỉnh máy khi gia công

Trong sản xuất hàng loạt, để gia công kích thước của bề mặt nào đó, người ta phải điều chỉnh sẵn kích thước của dụng cụ (phương pháp gia công tự động đạt kích thước). Với phương pháp gia công đã chọn và kích thước điều chỉnh đã tính toán của dụng cụ, ta điều chỉnh vị trí của dụng cụ và tiến hành gia công loạt thử. Với loạt thử đó ta xác lập được luật phân bố kích thước gia công trong quan hệ với miền dung sai (hình 3.5)

Từ hình vẽ ta thấy loạt chi tiết gia công có phế phẩm là P_{pp} . Nếu tỉ lệ phế phẩm này vượt quá tỉ lệ phế phẩm cho phép thì ta phải khắc phục bằng cách khử sai số hệ thống cố định E . Giả sử đây là phương pháp tiện trục thì ta phải dịch dao tiện vào phía tâm chi tiết một lượng là $E/2$, sau khi điều chỉnh lại vị trí của dụng cụ ta tiến hành gia công hàng loạt.

Luật phân bố chuẩn của kích thước gia công còn được ứng dụng trong tính toán thiết kế, nghiên cứu công nghệ và đo lường.



Hình 3.5

CHƯƠNG 4

DUNG SAI LẮP GHÉP BỀ MẶT TRƠN

4.1. QUY ĐỊNH DUNG SAI

Để xác định trị số dung sai cho kích thước và đưa thành tiêu chuẩn thống nhất thì ta phải thiết lập quan hệ giữa dung sai và kích thước.

Với bản chất là sai số cho phép của kích thước nên quan hệ giữa dung sai và kích thước được xác lập trên cơ sở quan hệ giữa sai số gia công và kích thước. Trên cơ sở nghiên cứu thống kê thực nghiệm gia công cơ người ta đã xác lập được quan hệ giữa sai số gia công và kích thước, nó cũng được coi là quan hệ giữa dung sai (T) và kích thước (d).

Trong phạm vi kích thước từ 1 ÷ 500mm và ở một mức độ chính xác nào đó thì :

$$T = 0,45\sqrt[3]{d} + 0,001d \quad (4-1)$$

Theo quan hệ (4-1) thì với mỗi kích thước ta xác định được một giá trị dung sai T_d . Nhưng trong thực tế thì cùng kích thước danh nghĩa nhưng chi tiết làm việc trong những điều kiện khác nhau đòi hỏi mức độ chính xác khác nhau nghĩa là có giá trị dung sai khác nhau.

Như vậy cùng một kích thước danh nghĩa nhưng ở các mức chính xác khác nhau, thì dung sai sẽ khác nhau một hệ số a, ta có :

$$T = a(0,45\sqrt[3]{d} + 0,001d) \quad (4-2)$$

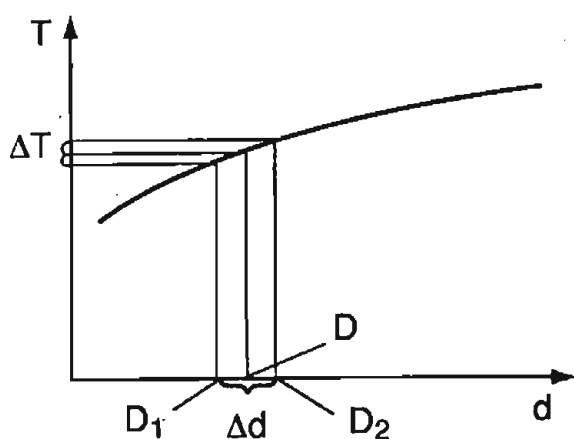
Nếu coi $(i = 0,45\sqrt[3]{d} + 0,001d)$ là đơn vị dung sai (hệ số dung sai tiêu chuẩn) thì :

$$T = a.i \quad (4-3)$$

Từ đồ thị biểu diễn quan hệ giữa trị số dung sai và kích thước (hình 4.1) ta thấy rằng : trong từng khoảng nhỏ Δd của kích thước, giá trị dung sai tính theo kích thước biên của khoảng so với giá trị dung sai tính theo kích thước trung bình của khoảng sai khác nhau không đáng kể và có thể bỏ qua được. Vì vậy để đơn giản và thuận lợi cho sử dụng chỉ cần quy định dung sai cho từng khoảng kích thước. Giá trị dung sai của mỗi khoảng được tính theo kích thước trung bình (D) của khoảng tức là :

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$$

với D_1, D_2 là các kích thước biên của khoảng. Sự



Hình 4.1

phân khoảng kích thước danh nghĩa phải dựa theo nguyên tắc đảm bảo sai khác giữa giá trị dung sai tính theo kích thước biên của khoảng so với giá trị dung sai tính theo kích thước trung bình của khoảng đó không quá từ 5 ÷ 8%. Theo nguyên tắc đó thì kích thước từ 1 ÷ 500mm có thể phân thành 13 ÷ 25 khoảng tùy theo đặc tính của từng loại lắp ghép. Ví dụ : đối với những lắp ghép có độ dôi thì sự dao động của độ dôi ảnh hưởng rất nhạy đến đặc tính của các kiểu lắp, vì vậy số khoảng chia cần phải lớn.

Như vậy để quy định dung sai cho kích thước, người ta dùng công thức (4-3).

Trong đó :

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D \text{ đối với kích thước từ 1 đến 500mm,}$$

$$i = 0,004D + 2,1 \text{ đối với kích thước lớn hơn 500 đến 3150mm ;}$$

a là hệ số phụ thuộc vào mức độ chính xác kích thước.

Trong thực tế sản xuất, tiêu chuẩn quy định 20 cấp chính xác khác nhau (cấp dung sai tiêu chuẩn) và kí hiệu là : IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, ..., IT18. Từ cấp IT1 ÷ IT18 được sử dụng phổ biến hiện nay : IT1 ÷ IT4 dùng cho các kích thước yêu cầu độ chính xác rất cao như các kích thước của mẫu chuẩn, kích thước chính xác cao của chi tiết trong dụng cụ đo. IT5, IT6 thường sử dụng trong lĩnh vực cơ khí chính xác ; IT7, IT8 thường sử dụng trong lĩnh vực cơ khí thông dụng ; IT9 ÷ IT11 thường sử dụng trong lĩnh vực cơ khí lớn (chi tiết có kích thước lớn). IT12 ÷ IT16 thường sử dụng đối với những kích thước chi tiết yêu cầu gia công thô.

Trị số dung sai tiêu chuẩn ở mỗi cấp được tính theo công thức chỉ dẫn trong bảng 4.1 đối với kích thước đến 3150mm. Các trị số tính toán được làm tròn và thống nhất đưa thành tiêu chuẩn (TCVN 2244 – 99), chỉ dẫn trong bảng 4.2.

Bảng 4.1. CÔNG THỨC TÍNH TRỊ SỐ DUNG SAI TIÊU CHUẨN (IT = a.i)

Kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp dung sai tiêu chuẩn																	
	IT1 ¹⁾	IT2 ¹⁾	IT3 ¹⁾	IT4 ¹⁾	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Trên	Công thức tính dung sai tiêu chuẩn (kết quả tính bằng micromet)																	
Đến và bao gồm	Công thức tính dung sai tiêu chuẩn (kết quả tính bằng micromet)																	
500	-	-	-	-	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i
3150	2i	2,7i	3,7i	5i	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

1) Đối với kích thước 1 ÷ 500 mm thì trị số dung sai ứng với các cấp IT2, IT3, IT4 được xác định từ cấp số nhân mà số hạng đầu là trị số dung sai của cấp IT1 (IT1 = 0,8 + 0,020 D μm) và số hạng cuối là trị số dung sai của cấp IT5.

Bảng 4.2. TRỊ SỐ DUNG SAI TIÊU CHUẨN

Kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp dung sai tiêu chuẩn																	
	IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ³⁾	IT15 ³⁾	IT16 ³⁾	IT17 ³⁾	IT18 ³⁾
Trên	Dung sai																	
Đến và bao gồm	Dung sai																	
3 ³⁾	μm																	
3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
630 ²⁾	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
800 ²⁾	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
1000 ²⁾	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1250 ²⁾	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1600 ²⁾	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
2000 ²⁾	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2500 ²⁾	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
3150 ²⁾	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

2) Trị số của các cấp dung sai tiêu chuẩn IT1 đến và bao gồm IT5 đối với các kích thước danh nghĩa trên 500 mm được dùng cho thử nghiệm.

3) Các cấp dung sai tiêu chuẩn IT14 đến và bao gồm IT18 không được dùng cho các kích thước danh nghĩa nhỏ hơn hoặc bằng 1 mm

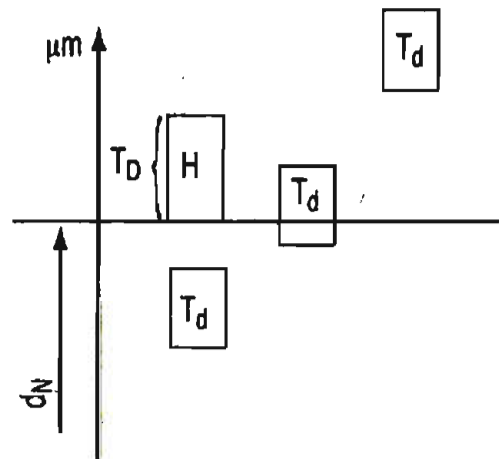
4.2. QUY ĐỊNH LẮP GHÉP

Để đáp ứng yêu cầu của sản xuất người ta phải quy định hàng loạt các kiểu lắp với những đặc tính khác nhau. Hệ thống các kiểu lắp được quy định dựa theo hai quy luật.

Quy luật của hệ thống lỗ cơ bản, là hệ thống các kiểu lắp mà vị trí của miền dung sai lỗ là cố định, còn muốn được các kiểu lắp khác nhau ta thay đổi vị trí miền dung sai trục so với kích thước danh nghĩa (hình 4.2), miền dung sai lỗ cơ bản được kí hiệu là H và có đặc tính là :

Sai lệch dưới : $EI = 0$

Sai lệch trên : $ES = +T_D$

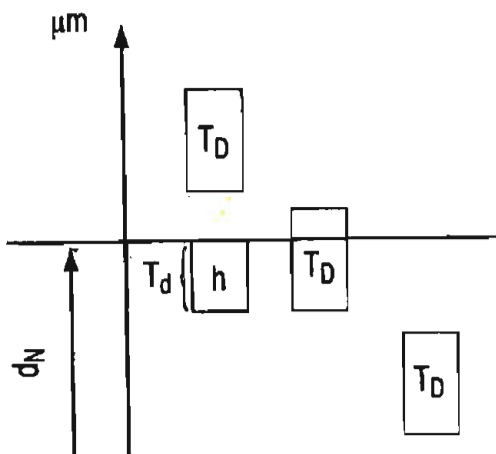


Hình 4.2

Quy luật của hệ thống trục cơ bản, là hệ thống các kiểu lắp mà vị trí miền dung sai trục là cố định, còn muốn được các kiểu lắp đặc tính khác nhau, ta thay đổi vị trí miền dung sai của lỗ so với kích thước danh nghĩa, (hình 4.3). Miền dung sai trục cơ bản được kí hiệu là h và có đặc tính là :

Sai lệch trên $es = 0$

Sai lệch dưới $ei = -T_d$



Hình 4.3

Như vậy theo hai quy luật trên, để quy định các kiểu lắp ghép thì phải quy định một dãy các miền dung sai của trục và của lỗ tùy theo các đặc tính lắp ghép mà ta yêu cầu. Vị

trí mỗi miền dung sai của dãy được xác định bởi giá trị của "sai lệch cơ bản".

Sai lệch cơ bản

Sai lệch cơ bản là một hàm của kích thước, nó xác định vị trí miền dung sai so với kích thước danh nghĩa.

Đối với những miền dung sai nằm ở phía trên kích thước danh nghĩa thì sai lệch cơ bản là sai lệch giới hạn dưới của chúng, còn những miền dung sai nằm ở phía dưới kích thước danh nghĩa thì sai lệch cơ bản là sai lệch giới hạn trên của chúng (hình 4.4).

Sai lệch cơ bản của dãy các miền dung sai được kí hiệu bằng chữ in hoa :

A, B, C, D, ..., Z, ZA, ZB, ZC đối với kích thước lỗ và bằng chữ thường:

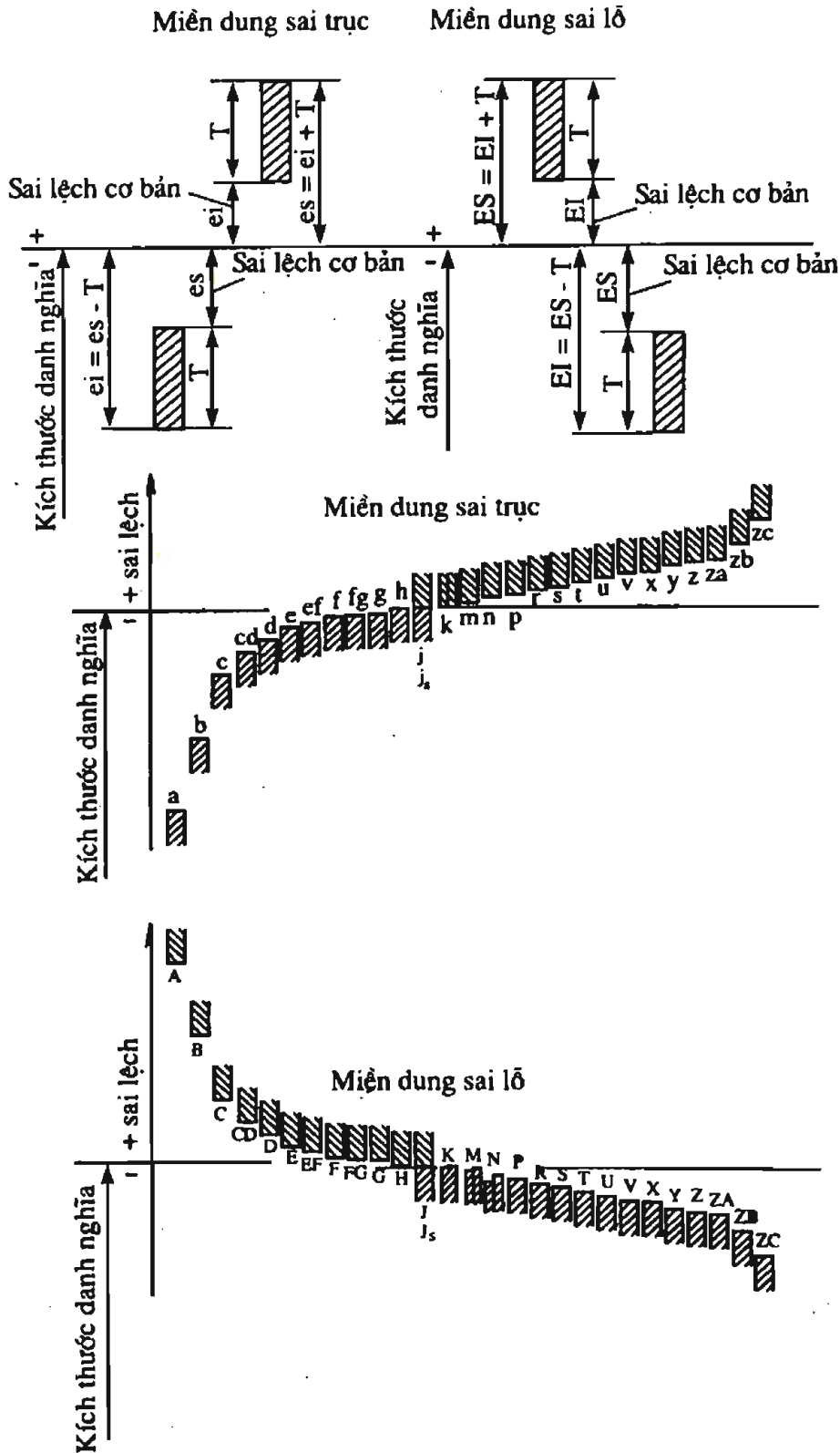
a, b, c, ..., za, zb, zc đối với kích thước trục.

Trị số các sai lệch cơ bản ứng với các kích thước khác nhau được quy định theo TCVN 2244 – 99 và được chỉ dẫn trong bảng 4.3, 4.4.

Từ trị số dung sai tiêu chuẩn và trị số các sai lệch cơ bản ta xác định được giá trị sai lệch giới hạn (ES, EI hoặc es, ei) đối với mỗi miền dung sai tiêu chuẩn. Ví dụ :

- + Miền dung sai kích thước trục : $\phi 40g7$
- Khoảng kích thước danh nghĩa : 30 đến 50mm
- Dung sai tiêu chuẩn : $IT = 25\mu\text{m}$ (bảng 4.2)
- Sai lệch cơ bản : $SLCB = -9\mu\text{m}$. (bảng 4.3)
- Sai lệch giới hạn của kích thước :

$$\begin{cases} es = -9\mu\text{m} \\ ei = -34\mu\text{m}. \end{cases}$$



Hình 4.4. Vị trí các miền dung sai của trục và lỗ

Bảng 4.3. TRỊ SỐ CỦA CÁC SAI LỆCH CƠ BẢN CỦA TRỤC

Trị số sai lệch cơ bản tính bằng micromet

Kích thước danh nghĩa (mm)		Sai lệch trên es														Sai lệch dưới ei				
		Cho mọi cấp dung sai tiêu chuẩn														IT5 và IT6	IT7	IT8	IT4 đến IT7	Đến và bao gồm IT3 và trên IT7
		a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j		k					
Trên	Đến và bao gồm	$Sai\ lệch = \pm \frac{IT_n}{2}$ trong đó n là cấp của trị số IT																		
-	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	0	0	
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4		+1			0	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5		+1			0	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0	-3	-6		+1			0	
14	18																			
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0	-4	-8		+2			0	
24	30																			
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0	-5	-10		+2			0	
40	50	-320	-180	-130																
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0	-7	-12		+2			0	
65	80	-360	-200	-150																
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0	-9	-15		+3			0	
100	120	-410	-240	-180																
120	140	-460	-260	-200																
140	160	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14	0	-11	-18		+3			0	
160	180	-580	-310	-230																
180	200	-660	-340	-240																
200	225	-740	-380	-250		-170	-100		-50		-15	0	-13	-21		+4			0	
225	250	-820	-420	-280																
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56		-17	0	-16	-26		+4			0	
280	315	-1050	-540	-330																
315	355	-1200	-600	-350		-210	-125		-62		-18	0	-18	-28		+4			0	
355	400	-1350	-680	-400																
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0	-20	-32		+5			0	
450	500	-1650	-840	-480																

Kích thước danh nghĩa (mm)		Sai lệch dưới ei														
Đến và bao gồm		Cho mọi cấp dung sai tiêu chuẩn														
Trên		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
-	3 ¹⁾	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60	
3	6	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18							+39		+45		+60	+77	+108	+150	
18	24	+8	+15	+22	+28	+35		+41		+54	+63	+73	+98	+136	+188	
24	30							+48		+64	+75	+88	+118	+160	+218	
30	40	+9	+17	+26	+34	+43		+60		+80	+94	+112	+148	+200	+274	
40	50							+70		+97	+114	+136	+180	+242	+325	
50	65	+11	+20	+32	+41	+53		+87		+122	+144	+172	+226	+300	+405	
65	80							+102		+146	+174	+210	+274	+360	+480	
80	100	+13	+23	+37	+51	+71		+124		+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120							+144		+210	+254	+310	+400	+525	+690	
120	140	+15	+27	+43	+63	+92		+170		+248	+300	+365	+470	+620	+800	
140	160							+190		+280	+340	+415	+535	+700	+900	
160	180							+210		+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
180	200							+236		+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
200	225	+17	+31	+50	+80	+130		+258		+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
225	250							+284		+425	+520	+640	+820	+1050	+1350	
250	280	+20	+34	+56	+94	+158		+315		+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
280	315							+350		+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700	
315	355	+21	+37	+62	+108	+190		+390		+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
355	400							+435		+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100	
400	450	+23	+40	+68	+126	+232		+490		+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
450	500							+540		+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600	

1) Các sai lệch cơ bản a, b không dùng cho các kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm

2) Đối với các bậc dung sai j₅7 đến j₄11, nếu trị số IT ứng với cấp n là một số lẻ, nó có thể được làm tròn tới số chẵn nhỏ hơn liền kề sao cho $\pm \frac{ITn}{2}$ là một số nguyên.

Bảng 4.4. TRỊ SỐ CỦA CÁC SAI LỆCH CƠ BẢN CỦA LỖ

Kích thước danh nghĩa (mm)		Sai lệch dưới EI														Sai lệch trên ES						
		Cho mọi cấp dung sai tiêu chuẩn														IT6	IT7	IT8	Đến và bao gồm IT8	Trên IT8	Đến và bao gồm IT8	Trên IT8
		A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J _S ²⁾	J	K ³⁾							
Sai lệch = $\pm \frac{IT}{2}$, trong đó n là cấp của trị số IT																						
-	3 ¹⁾⁵⁾	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0		+2	+4	+6	0	-2	-2	-4	-4	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	-4+Δ	-4	-8+Δ	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	-6+Δ	-6	-10+Δ	0	
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16	+6	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	-7+Δ	-7	-12+Δ	0	
14	18											0										
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20	+7	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	-8+Δ	-8	-15+Δ	0	
24	30											0										
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25	+9	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	-9+Δ	-9	-17+Δ	0	
40	50	+320	+180	+130		+100	+60		+30	+10	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	-11+Δ	-11	-20+Δ	0	
50	65	+340	+190	+140		+120	+72		+36	+12	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	-13+Δ	-13	-23+Δ	0	
65	80	+360	+200	+150		+145	+85		+43	+14	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	-15+Δ	-15	-27+Δ	0	
80	100	+380	+220	+170		+170	+100		+50	+15	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	-17+Δ	-17	-31+Δ	0	
100	120	+410	+240	+180		+190	+110		+56	+17	+17	0		+25	+36	+55	-4+Δ	-20+Δ	-20	-34+Δ	0	
120	140	+480	+260	+200		+210	+125		+62	+18	+18	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-21+Δ	-21	-37+Δ	0	
140	160	+520	+280	+210		+230	+135		+68	+20	+20	0		+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ	-23	-40+Δ	0	
160	180	+580	+310	+230								0										
180	200	+660	+340	+240								0										
200	225	+740	+380	+260								0										
225	250	+820	+420	+280								0										
250	280	+920	+480	+300								0										
280	315	+1050	+540	+330								0										
315	355	+1200	+600	+360								0										
355	400	+1250	+690	+400								0										
400	450	+1500	+760	+440								0										
450	500	+1650	+840	+480								0										

Kích thước danh nghĩa (mm)	Sai lệch trên ES																Trị số của Δ						
	Cấp dung sai tiêu chuẩn trên IT7																Cấp dung sai tiêu chuẩn						
	Đến và bao gồm IT7	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8				
-	-5	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0	0				
3	-12	-15	-19		-23		-28		-36	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6	6				
6	-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7	7				
10	-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	9				
14					-39		-45		-60	-77	-108	-150											
18					-41		-54		-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12	12				
24	-22	-28	-35	-41	-48	-56	-64	-75	-88	-118	-160	-218											
30				-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14	14				
40	-26	-34	-43	-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325											
50				-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	16				
65	-32	-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480											
80		-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	19				
100	-37	-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690											
120		-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	23				
140	-43	-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900											
160		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26	26				
180		-77	-122	-166	-236	-284	-360	-425	-520	-670	-880	-1150											
200		-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	20	29	29				
225	-50	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1060	-1350											
250		-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29	29				
280	-56	-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700											
315		-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32	32				
355	-62	-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100											
400		-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34	34				
450	-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600											

1) Các sai lệch cơ bản A, B không dùng cho các kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm.

2) Đối với các bậc dung sai J₅7 đến J₅11 nếu trị số IT ứng với cấp n là 1 số lẻ, nó có thể được làm tròn tới số chẵn nhỏ hơn liền kề sao cho $\frac{IT}{2}$ là 1 số nguyên.

3) Để xác định trị số sai lệch cơ bản K, M, N đến (và bao gồm) IT8 và sai lệch P đến ZC đến (và bao gồm) IT7 hãy dùng trị số Δ ở bên phải của bảng. Ví dụ K7 trong khoảng .18 đến 30mm, Δ = 8μm, do đó ES = -2 + 8 = + 6μm, S6 trong khoảng 18 ÷ 30mm, Δ = 4μm, do đó ES = -35 + 4 = -31μm.

4) Trường hợp đặc biệt: đối với bậc M6 trong khoảng 250 đến 315mm ES = -9μm (thay vì bảng -11μm).

5) Không dùng sai lệch cơ bản N đối với các cấp trên IT8 cho kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm.

+ Miền dung sai kích thước lỗ : $\phi 130K7$

- Khoảng kích thước danh nghĩa : 120 đến 180mm
- Dung sai tiêu chuẩn : IT = $40\mu\text{m}$ (bảng 4.2)
- Sai lệch cơ bản : SLCB = $+12\mu\text{m}$ (bảng 4.4)
- Sai lệch giới hạn của kích thước : $\begin{cases} ES = +12\mu\text{m} \\ EI = -28\mu\text{m} \end{cases}$

Trị số các sai lệch giới hạn tương ứng với các miền dung sai tiêu chuẩn chỉ dẫn trong bảng 1, 2 (phụ lục 1) theo tiêu chuẩn TCVN 2245-99.

Lắp ghép tiêu chuẩn

Theo quy luật của hệ thống lắp ghép lỗ cơ bản và trục cơ bản, ta có thể hình thành các lắp ghép tiêu chuẩn bằng cách phối hợp miền dung sai lỗ cơ bản (H) với miền dung sai bất kì của trục, ví dụ H/f, hoặc miền dung sai của trục cơ bản (h) với miền dung sai bất kì của lỗ, ví dụ K/h.

Như vậy ta có thể hình thành 3 nhóm lắp ghép như sau :

– Nhóm lắp lỏng gồm các lắp ghép :

$$\frac{H}{a}, \frac{H}{b}, \dots, \frac{H}{h}$$

và
$$\frac{A}{h}, \frac{B}{h}, \dots, \frac{H}{h}$$

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

– Nhóm lắp trung gian bao gồm :

$$\frac{H}{j_s}, \frac{H}{k}, \frac{H}{m}, \frac{H}{n} \text{ và } \frac{J_s}{h}, \frac{K}{h}, \frac{M}{h}, \frac{N}{h}$$

Độ dôi của lắp ghép tăng dần từ $\frac{H}{j_s}$ đến $\frac{H}{n}$

– Nhóm lắp chặt bao gồm :

$$\frac{H}{p}, \frac{H}{r}, \frac{H}{s}, \frac{H}{t}, \frac{H}{u}, \frac{H}{x}, \frac{H}{z}$$

và
$$\frac{P}{h}, \frac{R}{h}, \frac{S}{h}, \frac{T}{h}, \frac{V}{h}$$

– Độ dôi của lắp ghép tăng dần từ $\frac{H}{p}$ đến $\frac{H}{z}$

Hệ thống các lắp ghép tiêu chuẩn được chỉ dẫn trong bảng 4.5, 4.6.

**Bảng 4.5. HỆ THỐNG LỖ LẮP GHÉP ĐỐI VỚI CÁC KÍCH THƯỚC
DANH NGHĨA TỪ 1 ĐẾN 500 mm. TCVN 2245-99**

Lỗ cơ bản	Sai lệch cơ bản của trục											
	a	b	c	d	e		f		g	h		js
	Lắp ghép											
H5									$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{j4}$	
H6							$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$		
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$		
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$		$\frac{H8}{f9}$			$\frac{H8}{h9}$		
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		$\frac{H12}{b12}$								$\frac{H12}{h12}$		
Lỗ cơ bản	Sai lệch cơ bản của trục											
	k	m	n	p	r	s		t	u	v	x	z
	Lắp ghép											
H5	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$									
H6	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$						
H7	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$			
H8	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$			$\frac{H8}{u8}$		$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
H9												
H10												
H11												
H12												

Chú thích :



Lắp ghép ưu tiên

Bảng 4.6. HỆ THỐNG TRỤC. LẮP GHÉP ĐỐI VỚI CÁC KÍCH THƯỚC DANH NGHĨA TỪ 1 ĐẾN 500mm. TCVN 2245-99

Trục cơ bản	Sai lệch cơ bản của lỗ												
	A	B	C	D		E		F		G	H		
	Lắp ghép												
h4										$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$		
h5								$\frac{F7}{h5}$		$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$		
h6				$\frac{D8}{h6}$		$\frac{E8}{h6}$		$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$		
h7				$\frac{D8}{h7}$		$\frac{E8}{h7}$		$\frac{F8}{h7}$			$\frac{H8}{h7}$		
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				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$					$\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$
h10				$\frac{D10}{h10}$							$\frac{H10}{h10}$		
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$							$\frac{H11}{h11}$		
h12		$\frac{B12}{h12}$									$\frac{H12}{h12}$		
Trục cơ bản	Sai lệch cơ bản của lỗ												
	J _s	K ^o	M	N	P	R	S	T	U				
	Lắp ghép												
h4	$\frac{J_s 5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$									
h5	$\frac{J_s 6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$								
h6	$\frac{J_s 7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$					
h7	$\frac{J_s 8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$							$\frac{U8}{h7}$		
h8													
h9													
h10													
h11													
h12													

Chú thích :



Lắp ghép ưu tiên

Các lắp ghép cùng tên ví dụ $\frac{H}{k}$ và $\frac{K}{h}$, ở hai hệ thống khác

nhau nhưng có đặc tính giống nhau.

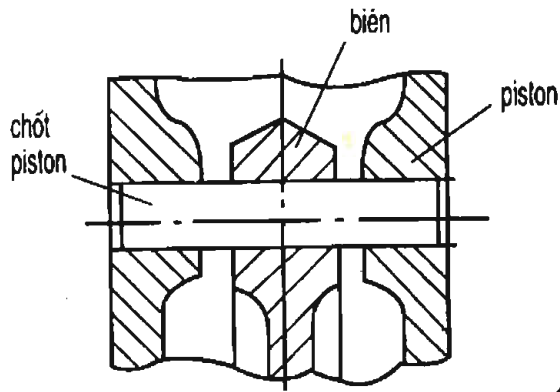
Ví dụ : Theo TCVN 2245 – 99 thì

Lắp ghép $\phi 40 \frac{H7}{k6}$ và $\phi 40 \frac{K7}{h6}$ có cùng đặc tính là :

$$N_{\max} = 18\mu\text{m}$$

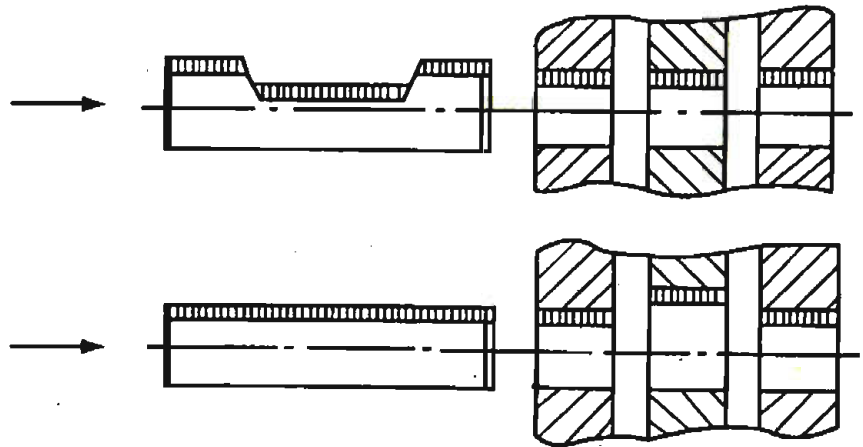
$$S_{\max} = 23\mu\text{m}$$

Vì vậy để chọn kiểu lắp tiêu chuẩn khi thiết kế, ngoài đặc tính yêu cầu của lắp ghép người thiết kế còn phải dựa vào tính kinh tế kỹ thuật và tính công nghệ kết cấu để quyết định chọn kiểu lắp trong hệ thống lỗ hay trục cơ bản.



Hình 4.5

Về mặt kinh tế mà xét thì thường người ta chọn kiểu lắp trong hệ thống lỗ. Bởi vì gia công lỗ chính xác thì khó và thường phải dùng những dụng cụ đắt tiền như dao chuốt, dao doa... mà khi chọn kiểu lắp trong hệ thống lỗ thì số kích thước lỗ lại ít hơn so với hệ trục. Bởi vậy chọn kiểu lắp trong hệ thống lỗ có lợi hơn. Tuy nhiên, trong những trường hợp do yêu cầu về kết cấu và công nghệ không cho phép chọn kiểu lắp trong hệ lỗ thì buộc ta phải chọn kiểu lắp trong hệ trục. Chẳng hạn bộ phận lắp như hình 4.5, chốt piston lắp lỏng với biên và lắp có độ dôi với piston. Ở đây ta cần phải chọn kiểu lắp trong hệ thống trục cho 3 mối ghép đó. Vì chọn như vậy thì việc gia công các chi tiết (đặc biệt là chốt) và lắp ráp chúng thuận lợi hơn, đặc tính lắp ghép và bề mặt lắp ghép của chi tiết không bị phá hoại do quá trình lắp như khi chọn kiểu lắp trong hệ thống lỗ, (hình 4.6).



Hình 4.6

Trong chế tạo máy dệt, máy nông nghiệp người ta thường sử dụng ngay những trục thép cán sẵn mà không cần gia công cắt gọt nữa. Vì vậy việc sử dụng lắp ghép trong hệ thống trục lại thuận lợi hơn và kinh tế hơn. Cũng như vậy khi chế tạo các dụng cụ nhỏ chính xác như trong công nghiệp sản xuất đồng hồ chẳng hạn, người ta thường sử dụng ngay những trục thép cán chính xác. Vì gia công cắt gọt những trục kích thước nhỏ, đặc biệt là dưới 1mm là khó và đắt hơn là gia công các lỗ nhỏ. Do vậy sử dụng lắp ghép trong hệ thống trục cũng thuận lợi và kinh tế hơn.

4.3. GHI KÍ HIỆU SAI LỆCH VÀ LẮP GHÉP TRÊN BẢN VẼ

Trên bản vẽ các sai lệch giới hạn được ghi kí hiệu bằng chữ hoặc bằng số (theo mm) bên cạnh kích thước danh nghĩa (hình 4.7).

Sai lệch trên thì ghi ở trên, sai lệch dưới ghi ở phía dưới, sai lệch bằng không thì không ghi, ví dụ :

- $\phi 60^{+0,025}$ - sai lệch dưới bằng không

- $\phi 100_{-0,2}$ - sai lệch trên bằng không

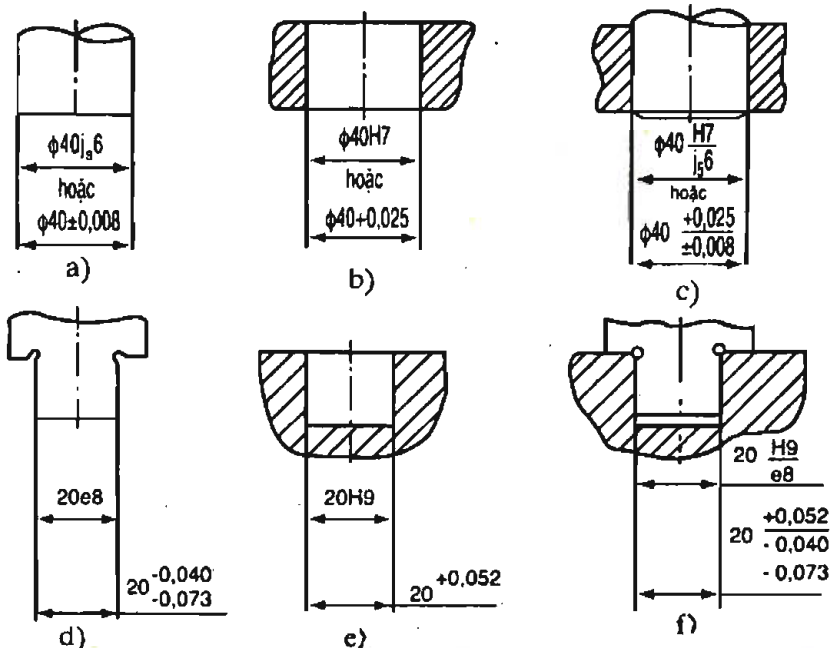
Khi sai lệch trên và dưới bằng nhau về trị số và ngược dấu thì ta chỉ ghi trị số với dấu (\pm) ở phía trước, ví dụ $\phi 30 \pm 0,008$.

Kí hiệu lắp ghép được ghi dưới dạng phân số (hình 4.7c và f) bên cạnh kích thước danh nghĩa. Tử số kí hiệu cho lỗ còn mẫu số kí hiệu cho trục. Ví dụ trên hình 4.7c ta ghi kí hiệu là $\phi 40H7/j_6$

hoặc $\phi 40 \frac{H7}{j_6}$ có nghĩa là kích thước

danh nghĩa của lắp ghép là 40mm, miền dung sai của lỗ (H7) ứng với sai lệch cơ bản là H cấp chính xác 7, miền dung sai của trục (j_6), ứng với sai lệch cơ bản là j_6 cấp chính xác 6, lắp ghép theo

kiểu lắp trung gian $\frac{H}{j_s}$.



Hình 4.7

4.4. DUNG SAI LẮP GHÉP CỦA CÁC CHI TIẾT LẮP VỚI Ổ LĂN

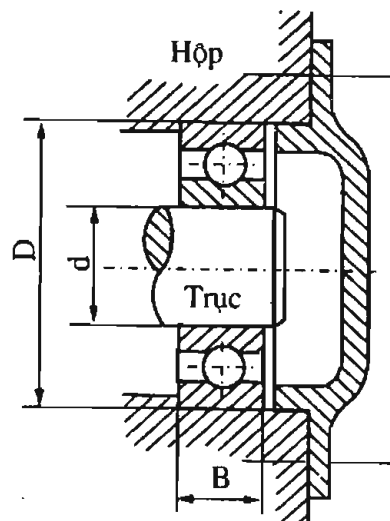
4.4.1. Cấp chính xác chế tạo kích thước ổ

Ổ lăn là bộ phận máy được chế tạo hoàn chỉnh, theo các cấp chính xác khác nhau. TCVN 1484 – 85 quy định 5 cấp chính xác chế tạo ổ là : cấp 0, 6, 5, 4, 2. Trong chế tạo máy thường sử dụng ổ lăn cấp chính xác 0 và 6. Trong trường hợp cần độ chính xác quay cao, và số vòng quay lớn thì sử dụng ổ cấp chính xác 5,4. Ví dụ : ổ trục động cơ cao tốc, ổ trục chính máy mài và những máy chính xác khác. Ổ cấp chính xác 2 dùng cho những dụng cụ đo chính xác và các máy siêu chính xác. Cấp chính xác chế tạo ổ thường được ghi kí hiệu cùng với số hiệu ổ ví dụ 6 – 205, tức là ổ cấp chính xác 6, số hiệu là 205. Đối với những ổ cấp chính xác 0 thì chỉ ghi số hiệu ổ, ví dụ ổ 305 nghĩa là ổ cấp chính xác 0, số hiệu là 305.

Tùy theo cấp chính xác mà người ta quy định dung sai cho các thông số kích thước ổ theo tiêu chuẩn đặc biệt.

4.4.2. Đặc tính lắp ghép ổ

Ổ lăn được lắp với bộ phận máy theo kích thước đường kính trong vòng trong – d (lắp với trục) và kích thước đường kính ngoài của vòng ngoài – D (lắp với vỏ hộp) hình 4.8. Trong thiết



Hình 4.8

kế máy khi sử dụng ổ lăn, người thiết kế chỉ cần quyết định kiểu lắp của ổ lăn với trục và vỏ hộp, trên cơ sở đó mà quyết định dung sai chế tạo trục và vỏ hộp (xem TCVN 1482 – 85).

4.4.3. Chọn kiểu lắp

Kiểu lắp ghép ổ lăn với trục và vỏ hộp được chọn tùy thuộc vào kết cấu ổ, điều kiện sử dụng ổ, đặc tính tác dụng của tải trọng và dạng tải trọng của các vòng ổ lăn.

Cần phân biệt ba dạng tải tác dụng lên các vòng ổ lăn là : dạng tải cục bộ, chu kỳ và dao động.

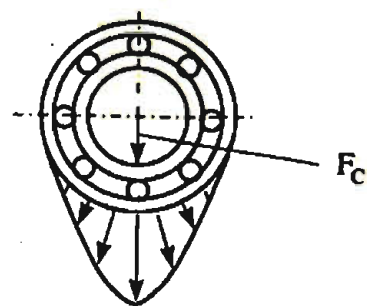
Khi vòng ổ lăn chịu tải trọng hướng tâm cố định phương thì vòng cố định chỉ chịu tải trên một phần đường lăn còn các phần khác thì không, ta gọi là dạng tải cục bộ (hình 4.9).

Đối với vòng quay thì tải trọng lần lượt tác dụng lên khắp đường lăn của vòng ổ lăn và lặp lại sau mỗi chu kỳ quay của vòng. Ta nói vòng chịu tải chu kỳ (hình 4.10).

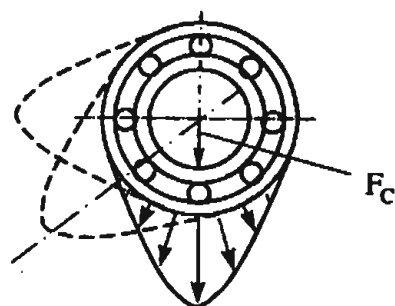
Khi vòng ổ lăn chịu tác dụng đồng thời 2 lực : hướng tâm cố định phương (F_c) và lực hướng tâm quay (F_q).

Trường hợp $F_c > F_q$, (hình 4.11) thì vòng quay chịu tải chu kỳ còn vòng cố định chịu tải dao động (tải trọng tác dụng lần lượt trên phần đường lăn AB và sau mỗi chu kỳ quay của lực F_q thì tải trọng dao động trong giới hạn cung đường lăn AB).

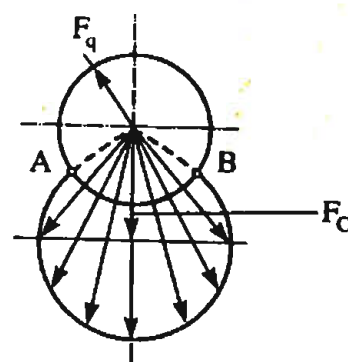
Đối với vòng chịu tải cục bộ và dao động, thường chọn kiểu lắp có độ hở để dưới tác động của va đập và chấn động, vòng ổ lăn bị xô dịch, thay đổi miền chịu lực làm cho ổ lăn mòn đều hơn, nâng cao độ bền của ổ, (bảng 4.7). Đối với vòng chịu tải chu kỳ thường chọn kiểu lắp có độ dôi để duy trì tình trạng chịu lực đồng đều của ổ. Độ dôi của kiểu lắp được chọn tùy thuộc vào cường độ tải trọng P_R .



Hình 4.9



Hình 4.10



Hình 4.11

Bảng 4.7. CHỌN LẮP GHEP CHO VÒNG CHỊU TẢI CỤC BỘ VÀ DAO ĐỘNG

Dạng tải cục bộ					
Kích thước đường kính lắp ghép, mm		Lắp ghép			Loại ổ trục
Lớn hơn	Đến	Với trục	Với vỏ bằng thép hoặc gang		
			không tháo	có tháo	
Tải trọng tĩnh hoặc có va chạm và rung động vừa phải ($K_{\sigma} \leq 1,5$)					
-	80	h6	H7	H7	Tất cả các loại trừ ổ kim đập
80	260	g6, f7	G7		
260	500	f7	(F7)		
500	1600				
Tải trọng va đập và rung ($K_{\sigma} > 1,5$)					
-	80	h6	H7	J _s 7	Tất cả các loại trừ ổ kim đập và ổ côn hai dây TCVN-1510-85
80	260				
260	500	g6	H7		
500	1600				
-	120	h6	H7	J _s 7	Ổ côn hai dây TCVN 1510-85
120	1600				
Dạng tải dao động (vòng không quay)					
Đường kính lắp ghép, mm		Lắp ghép với			
Lớn hơn	Đến	Vòng trong		Vòng ngoài	
-	80	k6		K6, K7	
80	260	j _s 7		J _s 6, J _s 7	
260	-	h6			

Bảng 4.8. GIÁ TRỊ CỦA HỆ SỐ F

$\frac{d_{lỗ}}{d}$ hoặc $\frac{D_{vỏ}}{D}$		Đối với trục			Đối với vỏ
Trên	Đến	$\frac{D}{d} \leq 1,5$	$\frac{D}{d} = 1,5 \div 2$	$\frac{D}{d} > 2 \div 3$	Tất cả các ổ
-	0,4	1	1	1	1
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,1
0,7	0,8	1,5	1,7	2	1,4
0,8	-	2	2,3	3	1,8

$$P_R = \frac{R}{B'} k_n F \cdot F_A \text{ kN/m} \quad (4-4)$$

R – phản lực hướng tâm tác dụng lên ổ, kN ;

B' – chiều rộng lắp của vòng ổ lăn, m (B' = B – 2r) ;

B – chiều rộng ổ lăn, r – bán kính góc lượn mép vòng ổ lăn ;

k_n – hệ số động học của lắp ghép, phụ thuộc vào đặc tính tải trọng tác dụng lên ổ (khi tải trọng điều hòa cho phép quá tải đến 150% của tải trọng tính toán thì $k_n = 1$, khi tải trọng va đập và chấn động mạnh, quá tải đến 300% thì $k_n = 1,8$) ;

F – hệ số tính đến mức độ làm giảm độ dôi của lắp ghép do trục rỗng hoặc vỏ hộp có thành mỏng, trị số F cho trong bảng 4.8 ;

F_A – hệ số tính đến sự phân bố không đều của tải trọng hướng tâm R giữa các dãy con lăn hoặc bi trong ổ thanh lăn côn hai dãy hoặc ổ bi chặn đỡ kép khi có lực chiều trục tác dụng lên ổ. Trị số của F_A phụ thuộc vào đại lượng $\frac{A}{R} \cotg\beta$ (bảng 4.9) (β – góc tiếp xúc giữa bi hoặc con lăn với đường lăn vòng ngoài ổ). Đối với ổ bi đỡ và ổ chặn đỡ có một vòng ngoài hoặc một vòng trong thì $F_A = 1$.

Tùy theo trị số của cường độ tải trọng P_R mà ta chọn kiểu lắp theo bảng 4.10.

Bảng 4.9. GIÁ TRỊ HỆ SỐ F_A

$\frac{A}{R} \cotg\beta$		F_A
Trên	Đến	
–	0,2	1
0,2	0,4	1,2
0,4	0,6	1,4
0,6	1	1,6
1	–	2

Bảng 4.10. CƯỜNG ĐỘ TẢI TRỌNG CHO PHÉP TRÊN BỀ MẶT LẮP GHÉP Ổ VỚI TRỤC VÀ VỎ HỘP

Đường kính lỗ vòng trong của ổ, d (mm)		Giá trị cho phép của P_R (kN/m)			
		Miền dung sai kích thước trục			
Trên	Đến	j_6	k6	m6	n6
18	80	Đến 300	300 – 1350	1350 – 1600	1600 – 3000
80	180	550	550 – 2000	2000 – 2500	2500 – 4000
180	360	700	700 – 3000	3000 – 3500	3500 – 6000
360	630	900	900 – 3400	3400 – 4500	4500 – 8000
Đường kính ngoài vòng ngoài, D (mm)		Miền dung sai kích thước lỗ hộp			
Trên	Đến	K7	M7	N7	P7
50	180	Đến 800	800 – 1000	1000 – 1300	1300 – 2500
180	360	1000	1000 – 1500	1500 – 2000	2000 – 3300
360	630	1200	1200 – 2000	2000 – 2600	2600 – 4000
630	1600	1600	1600 – 2500	2500 – 3500	3500 – 5500

4.5. DUNG SAI LẮP GHÉP THEN

4.5.1. Kích thước lắp ghép

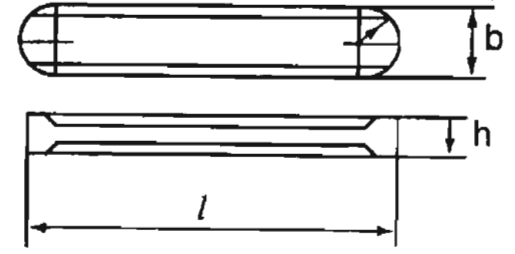
Lắp ghép then được thực hiện theo bề mặt phẳng (mặt bên của then) và theo kích thước b (hình 4.12), then được lắp trên rãnh trục và cả trên rãnh bạc (bánh răng, bánh đai) để đảm bảo truyền mômen xoắn từ trục ra bạc hoặc ngược lại.

Như vậy tham gia vào lắp ghép then có 3 chi tiết : then (3), bạc (2), trục (1), (hình 4.13) và với 3 kích thước lắp là chiều rộng b của then, chiều rộng b rãnh bạc và chiều rộng b của rãnh trên trục.

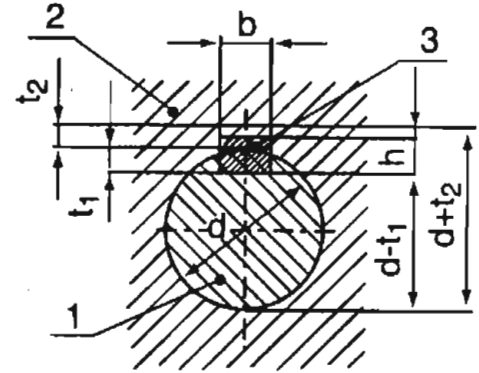
Mối ghép then được dùng phổ biến nhất là then bằng, then bán nguyệt, kích thước kết cấu của chúng xem trong TCVN 4216 ÷ 4218 – 86. Tiêu chuẩn quy định các miền dung sai kích thước b của then, rãnh trục và rãnh bạc theo bảng 4.11.

4.5.2. Chọn kiểu lắp

Then thường lắp cố định trên trục và lắp động với bạc. Độ dôi của lắp ghép đảm bảo then không dịch chuyển khi sử dụng. Còn độ hở của lắp ghép để bù trừ cho sai số không tránh khỏi của rãnh và độ nghiêng của nó.



Hình 4.12



Hình 4.13

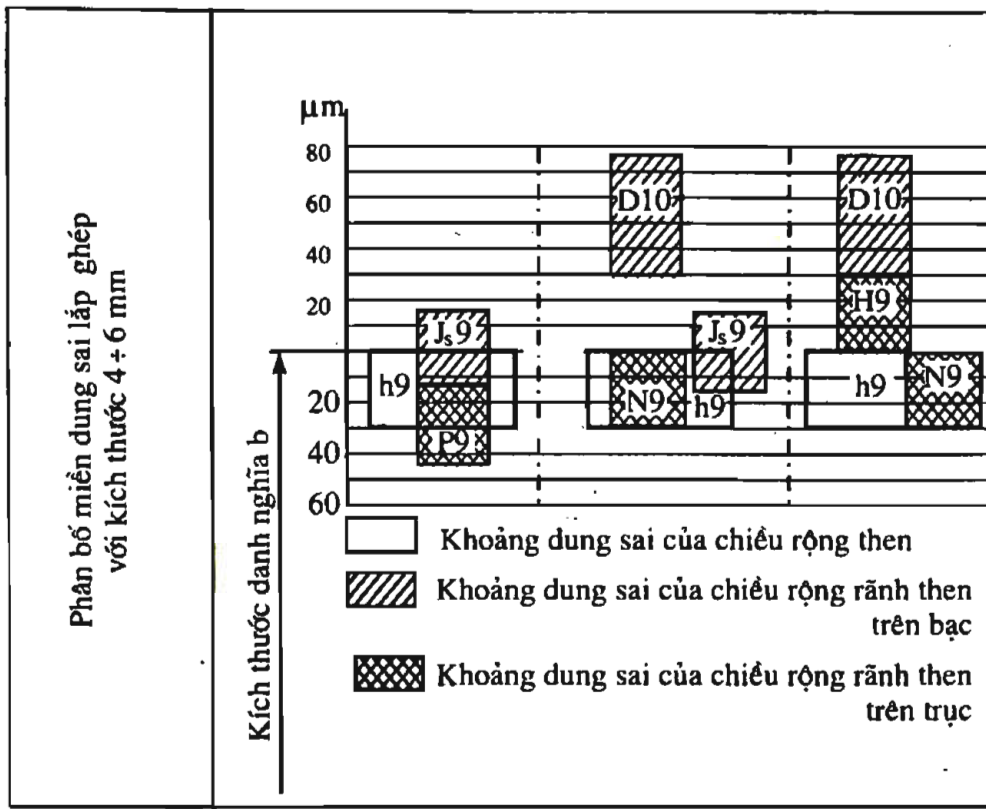
Bảng 4.11. MIỀN DUNG SAI KÍCH THƯỚC b CỦA MỐI GHÉP THEN HÌNH LĂNG TRỤ

Tên yếu tố lắp ghép	Miền dung sai kích thước b						
	Với tất cả các mối ghép	Mối ghép bạc xê dịch tự do		Mối ghép bình thường		Mối ghép chắc (độ dôi lớn)	
		Trên trục	Trên bạc	Trên trục	Trên bạc	Trên trục	Trên bạc
Then Rãnh	h9	H9	D10	N9	J _s 9	P9	

Khi chọn kiểu lắp tiêu chuẩn cho mối ghép then, cho phép phối hợp miền dung sai của then (h9) với bất kỳ miền dung sai nào của rãnh trục và bạc tùy theo đặc tính yêu cầu của mối ghép. Ví dụ tiêu chuẩn quy định 3 kiểu lắp cho mối ghép then bằng như hình 4.14. Kiểu lắp thông dụng dùng trong

sản xuất hàng loạt lớn là then lắp với trục theo kiểu $\frac{N9}{h9}$ và lắp với bạc theo $\frac{J_s 9}{h9}$. Trong sản xuất

đơn chiếc và loạt nhỏ thì then lắp trên trục có thể theo kiểu $\frac{P9}{h9}$.



Hình 4.14

4.6. DUNG SAI LẮP GHÉP THEN HOA

Khi cần truyền mômen xoắn lớn và yêu cầu độ đồng tâm cao giữa bạc và trục, người ta sử dụng lắp ghép then hoa. Lắp ghép then hoa có nhiều kiểu: then hoa dạng răng chữ nhật, hình thang, thân khai... Nhưng phổ biến nhất là then hoa dạng răng chữ nhật hình 4.15.

4.6.1. Dung sai lắp ghép then hoa dạng răng chữ nhật

1) Các yếu tố lắp ghép

Lắp ghép then hoa được thực hiện theo hai trong ba yếu tố kích thước: D , d và b . Để đảm bảo truyền lực (mômen xoắn) lắp ghép thực hiện theo kích thước b . Để đảm bảo làm đồng tâm hai chi tiết (bạc và trục then hoa), lắp ghép có thể thực hiện theo một trong ba kích thước D , d và b . Lắp ghép then hoa thực hiện theo yếu tố kích thước nào là tùy thuộc vào việc chọn phương pháp làm đồng tâm hai chi tiết then hoa.

2) Các phương pháp làm đồng tâm

Có thể thực hiện đồng tâm (định tâm) theo ba phương pháp sau:

– Làm đồng tâm theo bề mặt ngoài, kích thước D (hình 4.16a). Phương pháp này được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác đồng tâm cao và khi độ rắn bề mặt bạc không yêu cầu quá cao, để có thể gia công bề mặt kích thước D của lỗ bằng chuốt tinh, còn bề mặt kích thước D của trục thì mài tinh lần cuối. Phương pháp này sử dụng cho mối ghép cố định, với mối ghép động thì sử dụng khi truyền mômen xoắn nhỏ. Có nghĩa là sử dụng cho mối ghép có độ mòn nhỏ của bề mặt lắp ghép.

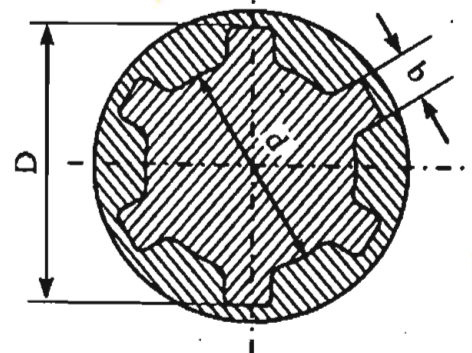
Khi chiều dài then lớn ($l > 2d$) thì then lắp với bạc có thể theo kiểu $\frac{D10}{h9}$ (độ hở lớn để bồi thường chủ yếu cho sai số vị trí của rãnh then).

Đối với then dẫn hướng, tức là chi tiết bạc di trượt trên trục thì then lắp trên trục theo $\frac{N9}{h9}$ và

với bạc theo $\frac{D10}{h9}$. Khi chiều

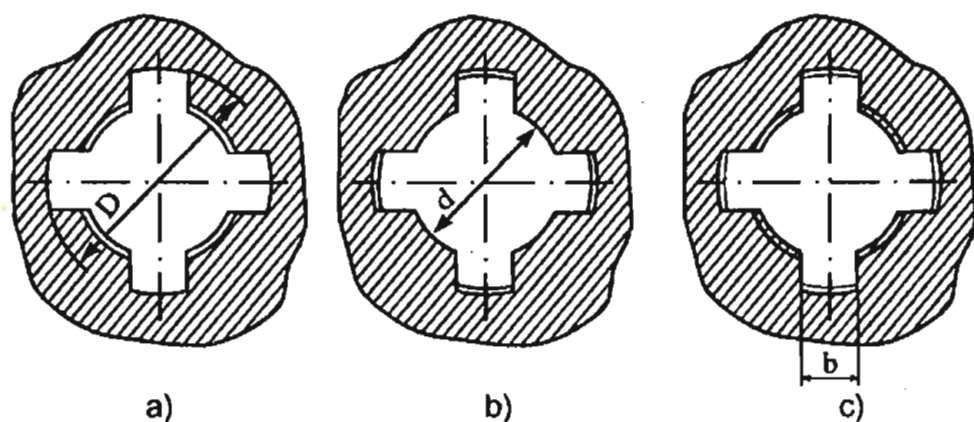
dài then lớn thì then lắp với trục theo $\frac{H9}{h9}$. Sai lệch giới hạn

của các miền dung sai theo TCVN 2245 – 99.



Hình 4.15

– Làm đồng tâm theo bề mặt trong, kích thước d (hình 4.16b). Phương pháp này được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác đồng tâm cao và độ rắn bề mặt bạc cao không cho phép gia công lần cuối bằng chuốt tinh.



Hình 4.16

Với phương pháp này, bề mặt kích thước d của bạc và trục sau khi nhiệt luyện sẽ được gia công bằng mài tinh lần cuối. Đây là phương pháp đạt độ chính xác đồng tâm cao nhất nhưng giá thành cũng cao nhất.

– Làm đồng tâm theo bề mặt bên, kích thước b (hình 4.16c). Phương pháp này đạt độ chính xác đồng tâm thấp nên ít sử dụng. Chỉ sử dụng khi truyền mômen xoắn lớn và thay đổi chiều.

Do vậy lắp ghép then hoa được thực hiện như sau :

Lắp ghép theo yếu tố kích thước D và b khi làm đồng tâm theo D

Lắp ghép theo kích thước d và b khi làm đồng tâm theo d

Lắp ghép chỉ thực hiện theo kích thước b khi làm đồng tâm theo b .

3) Dung sai và lắp ghép

Dung sai kích thước lắp ghép then hoa được quy định theo TCVN 2324–78. Theo tiêu chuẩn thì miền dung sai kích thước lắp ghép được quy định như chỉ dẫn trong bảng 4.12, 4.13.

Bảng 4.12. MIỀN DUNG SAI CÁC KÍCH THƯỚC TRỤC THEN HOA RĂNG CHỮ NHẬT TCVN 2324 – 78

Cấp chính xác	Sai lệch cơ bản								
	d	e	f	g	h	j_s	k	m	n
5				g5		j_s5			
6				g6	(h6)	j_s6			n6
7			f7		h7	j_s7	k7		
8	d8	e8	f8		h8				
9	(d9)	e9	f9		h9				
10	d10				h10				

Bảng 4.13. MIỀN DUNG SAI CÁC KÍCH THƯỚC LỖ THEN HOA RĂNG CHỮ NHẬT

Cấp chính xác	Sai lệch cơ bản					
	D	E	F	G	H	J_s
6					H6	
7					H7	
8			F8		H8	
9	D9					
10	D10		F10			J_s10

Ví dụ : Khi định tâm theo D thì :

+ Dung sai kích thước D của bạc chọn theo miền dung sai H7 hoặc H8.

+ Dung sai kích thước D của trục chọn theo các miền : f7, g6, h6, js6, n6 và h7.

+ Dung sai kích thước b của bạc chọn theo các miền : F8, F9, F10, Js10

+ Dung sai kích thước b của trục chọn theo các miền : d9, e9, h9, e8, h8, js7, f7, d10.

Trị số sai lệch giới hạn của các miền dung sai chỉ dẫn theo TCVN 2245-99. Với các miền dung sai đã quy định ta có thể hình thành hàng loạt các kiểu lắp đặc tính khác nhau, sử dụng cho lắp ghép then hoa, bảng 3, 4, 5 và 6 (phụ lục 1). Nhưng trong đó chỉ ưu tiên sử dụng 1 số kiểu lắp, ví dụ :

Khi định tâm theo D thì :

+ Lắp ghép theo kích thước D có thể chọn là :

$$\frac{H7}{f7} \text{ hoặc } \frac{H7}{js6}$$

+ Lắp ghép theo kích thước b có thể chọn là :

$$\frac{F8}{f7} \text{ hoặc } \frac{F8}{js7}$$

Trường hợp bạc then hoa lắp cố định trên trục thì ta chọn kiểu lắp theo D là $\frac{H7}{js6}$ và theo

b là $\frac{F8}{js7}$.

Trường hợp bạc then hoa di trượt trên trục thì ta chọn kiểu lắp theo D là $\frac{H7}{f7}$ và theo b là $\frac{F8}{f7}$.

Khi định tâm theo d thì :

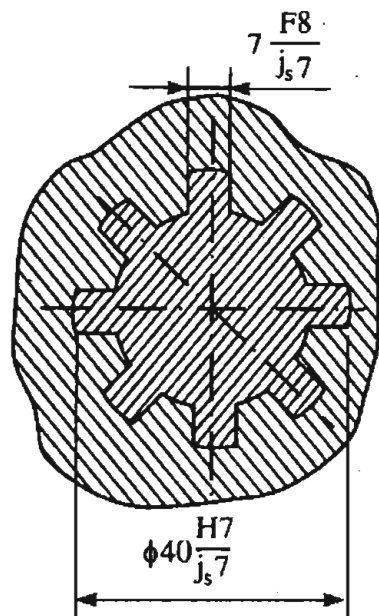
+ Lắp ghép theo kích thước d có thể chọn là :

$$\frac{H7}{f7} \text{ hoặc } \frac{H7}{g6}$$

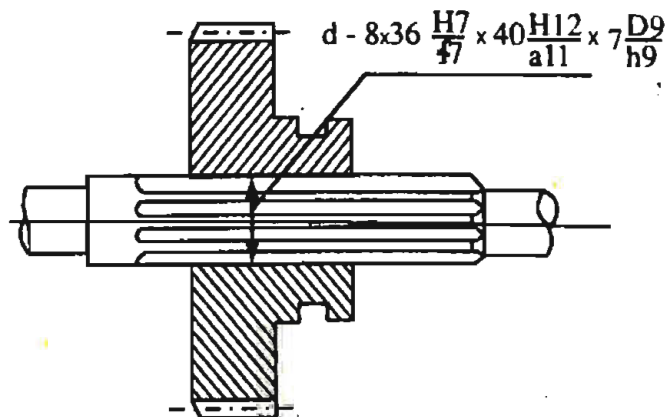
+ Lắp ghép theo kích thước b có thể chọn là :

$$\frac{D9}{h9} \text{ hoặc } \frac{D9}{js7}$$

$$\frac{F10}{f9} \text{ hoặc } \frac{D10}{js7}$$



Hình 4.17



Hình 4.18

4) Ghi kí hiệu lắp ghép then hoa

Trên bản vẽ, lắp ghép then hoa được ghi kí hiệu giống như lắp ghép bề mặt trơn (hình 4.17).

Người ta cũng có thể ghi kí hiệu một cách tổng quát như trên hình 4.18.

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{f7} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h9}$$

Theo kí hiệu lần lượt là : định tâm theo bề mặt d, số răng then hoa là 8 ($z = 8$) ; lắp ghép theo yếu tố định tâm là $\phi 36 \frac{H7}{f7}$, bề mặt D có kích thước danh nghĩa là 40mm, miền dung sai kích thước

D của lỗ là H12, của trục là a11, lắp ghép theo kích thước b là : $7 \frac{D9}{h9}$.

Cũng tương tự, khi định tâm theo bề mặt ngoài D có thể ghi kí hiệu như sau :

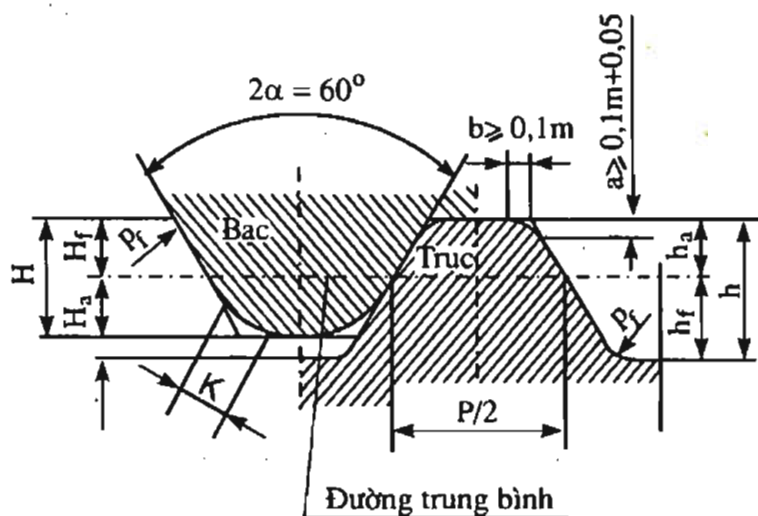
$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{f7}$$

4.6.2. Dung sai lắp ghép then hoa dạng răng thân khai

1) Yếu tố lắp ghép

Profin răng tiêu chuẩn của then hoa dạng răng thân khai được chỉ dẫn trên hình 4.19. So với mối ghép then hoa dạng răng chữ nhật và dạng răng khác thì mối ghép then hoa răng thân khai có một số ưu việt sau :

– Tính công nghệ cao : trục then hoa được gia công như trục răng. Bằng một dao phay lăn răng trục vít có thể phay tất cả các trục răng kích thước khác nhau nhưng cùng môđun. Để gia công có thể sử dụng tất cả



Hình 4.19

những phương pháp gia công chính xác như : phay lăn răng, cà răng và mài răng.

– Độ bền lớn, chiều dày răng tăng dần đến chân răng và không có góc nhọn (nhân tố tập trung ứng suất lớn).

– Khả năng định tâm chính xác cao. Tương tự như lắp ghép then hoa dạng răng chữ nhật, lắp ghép then hoa răng thân khai cũng được thực hiện theo hai trong ba yếu tố kích thước : chiều dày răng (s, e) ; đường kính bề mặt ngoài (D_f, d_a) ; đường kính bề mặt trong (D_a, d_f).

Lắp ghép theo chiều dày răng (s, e) để đảm bảo truyền mômen xoắn.

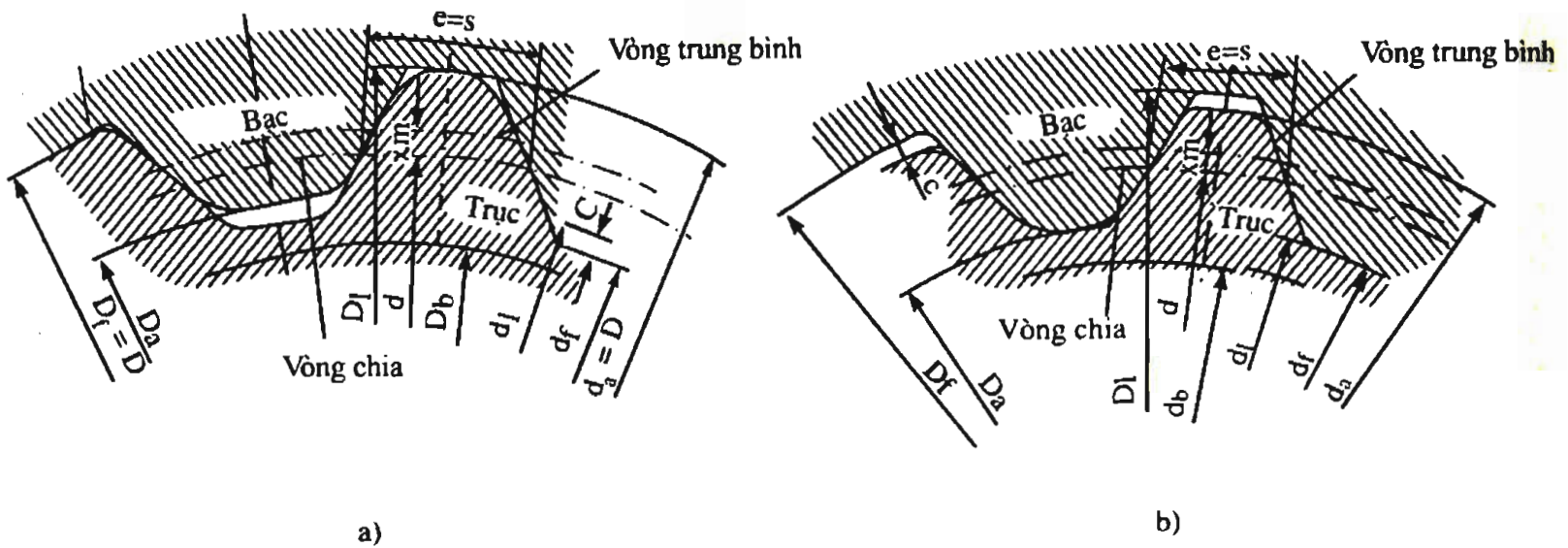
Lắp ghép theo đường kính ngoài (D_f, d_a) hoặc theo đường kính trong (D_a, d_f) hoặc cũng theo chiều dày (s, e) để đảm bảo làm đồng tâm hai chi tiết then hoa.

Như vậy lắp ghép then hoa răng thân khai được thực hiện theo yếu tố kích thước nào, cũng tùy thuộc vào việc chọn phương pháp định tâm chi tiết.

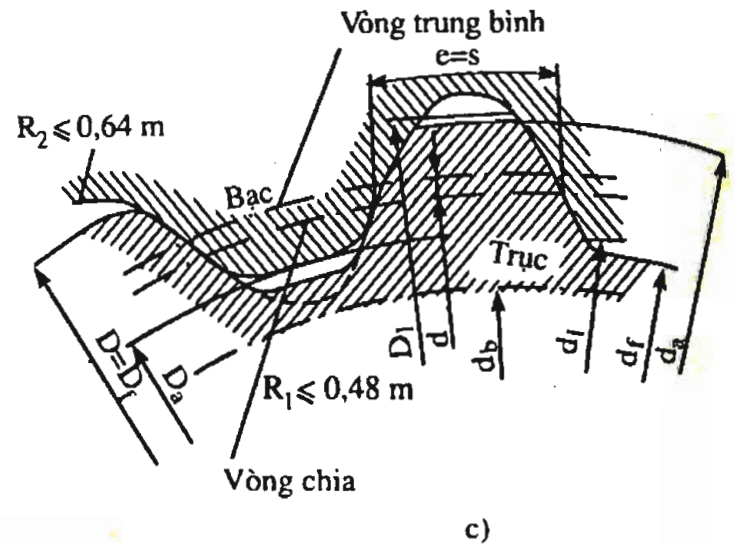
Định tâm theo đường kính ngoài (D_f, d_a), lắp ghép được thực hiện theo đường kính ngoài (D_f, d_a) và chiều dày (s, e) (hình 4.20a).

Định tâm theo đường kính trong (D_a, d_f), lắp ghép thực hiện theo đường kính trong (D_a, d_f) và chiều dày (s, e), (hình 4.20b).

Định tâm theo bề mặt răng, lắp ghép chỉ thực hiện theo chiều dày răng (s) và chiều rộng rãnh (e), (hình 4.20c).



- D_a (d_a) – đường kính đỉnh răng bạc (trục)
- D_f (d_f) – đường kính chân răng bạc (trục)
- D – đường kính danh nghĩa của lắp ghép
- D_1 – đường kính vòng giới hạn phần răng bạc
- d_1 – đường kính vòng giới hạn phần răng trục
- d – đường kính vòng chia
- d_b – đường kính vòng cơ bản
- xm – độ dịch chuyển profin góc
- c – khe hở hướng kính
- m – môđun răng.



Hình 4.20

2) Dung sai lắp ghép

Tiêu chuẩn quy định dãy miền dung sai cho các kích thước D_f , d_a , D_a , d_f , s và e tùy theo các phương pháp định tâm (bảng 4.14, 4.15).

Khác với miền dung sai đường kính, miền dung sai theo chiều dày răng (s) và chiều rộng rãnh (e) được kí hiệu như sau :

Số chỉ cấp chính xác đặt trước chữ chỉ sai lệch cơ bản, ví dụ :

- | | |
|---------|-----------------------------|
| 9H, 11H | đối với chiều rộng rãnh (e) |
| 9h, 9g | đối với chiều dày răng (s) |

Trị số sai lệch giới hạn ứng với các miền dung sai kích thước đường kính tra theo TCVN 2245-99, bảng 1,2 phụ lục 1.

Trị số sai lệch giới hạn ứng với các miền dung sai kích thước chiều dày (s, e) được chỉ dẫn trong (bảng 7, phụ lục 1).

Bảng 4.14. MIỀN DUNG SAI CÁC KÍCH THƯỚC D_f , d_a , e VÀ s KHI ĐỊNH TÂM THEO BỀ MẶT ĐƯỜNG KÍNH NGOÀI D_f VÀ d_a (THEN HOA RĂNG THÂN KHAI)

Đường kính định tâm	Miền dung sai	
	Dãy 1	Dãy 2
D_f	H7	H8
d_a	n6, j ₅ 6, h6, g6, f7	n6, h6, g6, f7
Kích thước	Miền dung sai	
e	9H, 11H	
s	9h, 9g, 9d, 11c, 11a	

Chú thích : 1. Khi chọn phải ưu tiên dãy 1 trước
2. Sai lệch giới hạn của kích thước e và s theo bảng 7 (phụ lục 1)

Bảng 4.15. MIỀN DUNG SAI CÁC KÍCH THƯỚC, D_a , d_f , e VÀ s KHI ĐỊNH TÂM THEO ĐƯỜNG KÍNH TRONG D_a VÀ d_f (THEN HOA RĂNG THÂN KHAI)

Đường kính định tâm	Miền dung sai	
	Dãy 1	Dãy 2
D_a	H7	H8
d_f	n6, h6, g6	n6, h6, g6
Kích thước	Miền dung sai	
e	9H, 11H	
s	9h, 9g, 9d, 11c, 11a	

Chú thích : 1. Khi chọn phải ưu tiên dãy 1 trước
2. Sai lệch giới hạn của kích thước e và s theo bảng 7 (phụ lục 1)

4.7. CHỌN KIỂU LẮP TIÊU CHUẨN CHO MỐI GHÉP KHI THIẾT KẾ

Để quyết định kiểu lắp cho mối ghép, người ta thường tiến hành theo hai phương pháp :

– Chọn kiểu lắp dựa theo kinh nghiệm, tức là thừa kế các thiết kế đã có hoặc tham khảo các tài liệu kỹ thuật như sổ tay kỹ thuật, sách tham khảo [5].

– Trong trường hợp cần thiết người ta có thể chọn bằng phương pháp tính toán chính xác.

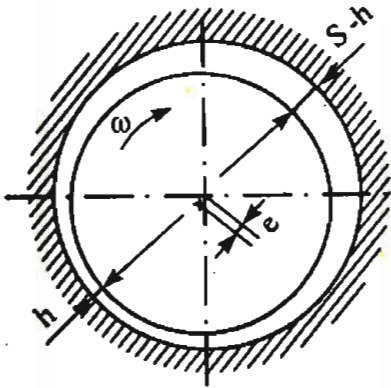
4.7.1. Chọn kiểu lắp lỏng tiêu chuẩn

Đặc tính của nhóm lắp lỏng là đảm bảo trong mối ghép luôn luôn có độ hở, $S = D - d$. Với đặc tính đó lắp lỏng thường được sử dụng trong trường hợp hai chi tiết lắp ghép chuyển động tương đối với nhau hoặc khi cần độ chính xác định tâm cao, tháo lắp dễ dàng.

1) Tính toán chọn kiểu lắp lỏng tiêu chuẩn

Để hiểu rõ phương pháp tính toán ta xét ví dụ về tính toán chọn kiểu lắp lỏng tiêu chuẩn cho mối ghép ổ trượt trong các máy. Tính toán độ hở cần thiết và chọn kiểu lắp cho mối ghép ổ trượt là một bài toán được giải gần đúng với hàng loạt giả thiết và tài liệu thực nghiệm. Dưới đây trình bày phương pháp đơn giản để tính toán độ hở và chọn lắp ghép cho ổ trượt làm việc với chế độ thủy động học.

Trên hình 4.21 biểu thị ổ ở trạng thái làm việc, trục bị nâng lệch về phía quay do tác động của ném dầu, do đó độ hở S của lắp ghép được phân bố như sau : tại chỗ bề mặt trục và ổ gần nhất, tức là chiều dày nhỏ nhất của ném dầu thì độ hở là h , còn ở phía đối diện thì độ hở là $S - h$. Với e là độ lệch tâm tuyệt đối của trục trong ổ thì :



Hình 4.21

$$h = \frac{S}{2} - e = \frac{S}{2} \left(1 - \frac{2e}{S} \right)$$

$$h = \frac{S}{2} (1 - \chi) \quad (4-5)$$

với $\chi = \frac{e}{(S/2)}$ là độ lệch tâm tương đối của trục trong ổ.

Để tính toán chọn kiểu lắp cho mối ghép ta dựa theo hai điều kiện :

- Phải đảm bảo ma sát ướt trong ổ, nghĩa là với chiều dày nhỏ nhất cho phép $[h_{\min}]$ của ném dầu vẫn phải đảm bảo ma sát ướt trong ổ, muốn vậy phải đảm bảo điều kiện :

$$[h_{\min}] \geq k(R_{ZD} + R_{Zd} + \gamma_b) \approx k(4R_{aD} + 4R_{ad} + \gamma_b) \quad (4-6)$$

trong đó :

k - hệ số dự trữ tin cậy, $k \geq 2$;

γ_b - lượng bổ sung đảm bảo màng dầu không bị phá vỡ : $\gamma_b = (2 \div 3) \mu\text{m}$;

R_{ZD} , R_{Zd} và R_{aD} , R_{ad} - các thông số đặc trưng nhám bề mặt ổ và bề mặt trục.

- Ổ làm việc với hiệu suất tốt nhất : theo điều kiện ma sát ướt thì $h \geq [h_{\min}]$, khi h đạt giá trị lớn nhất có thể thì điều kiện ma sát ướt được đảm bảo một cách tin cậy nhất, do đó ổ làm việc với hiệu suất tốt nhất. Độ hở ứng với trạng thái đó gọi là độ hở tốt nhất, S_{tnh} . Để đảm bảo điều kiện này thì độ hở trung bình S_m của kiểu lắp mà ta chọn phải gần nhất với giá trị S_{tnh} :

$$S_m \approx S_{\text{tnh}}$$

Dựa theo lí thuyết thủy động học của dầu trong ổ người ta đã tìm được quan hệ giữa h và S như sau [5] :

$$h = \frac{m_1 S}{2 \left(\frac{p S^2}{d^2 \mu \omega} + m_2 \right)} \quad (4-7)$$

trong đó :

m_1 , m_2 - hệ số cố định phụ thuộc vào tỉ số L/d_N (tỉ số giữa chiều dài ổ và đường kính danh nghĩa lắp ghép ổ) ;

p – áp lực riêng trung bình của ổ, N/m^2 :

$$p = \frac{R}{l.d_N}$$

R – tải trọng hướng tâm tác dụng lên ổ trục, N ;

μ – độ nhớt động học của dầu ở nhiệt độ khi ổ làm việc, Ns/m^2 ;

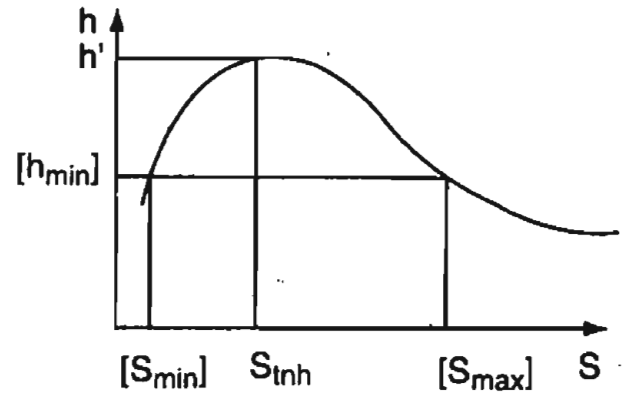
ω – tốc độ góc của trục, rad/s : $\omega = \frac{\pi n}{30}$;

n – số vòng quay của trục trong một phút, v/ph .

Nếu biểu thị bằng hình học quan hệ giữa h và S ta được đồ thị như hình 4.22. Từ đồ thị ta thấy rằng :

+ Độ hở tốt nhất (S_{tnh}) là giá trị S khi h đạt giá trị lớn nhất h' .

+ Ứng với giá trị nhỏ nhất cho phép của chiều dày nêm dầu $[h_{min}]$, ta cũng xác định được hai giá trị độ hở nhỏ nhất và lớn nhất cho phép $[S_{min}]$, $[S_{max}]$.



Hình 4.22

Từ biểu thức (4-5), ta tính được :

$$[S_{min}] = \frac{2[h_{min}]}{1 - \chi_{min}} \text{ với } \chi_{min} \geq 0,3. \quad (4-8)$$

χ_{min} – độ lệch tâm tương đối khi độ hở $S = [S_{min}]$.

Khi ổ làm việc với độ hở cho phép nhỏ nhất $[S_{min}]$ thì vẫn có khả năng xuất hiện dao động tự kích thích của trục trong ổ nếu như $\chi < 0,3$. Dao động đó dễ dẫn tới phá hoại sự hình thành màng dầu bôi trơn, vì vậy độ lệch tâm tương đối χ_{min} ứng với độ hở cho phép nhỏ nhất phải lớn hơn hoặc bằng 0,3.

$$[S_{max}] = \frac{2h_{min}}{1 - \chi_{max}} \quad (4-9)$$

χ_{max} độ lệch tâm tương đối khi độ hở $S = [S_{max}]$

Giá trị độ hở lớn nhất của lắp ghép mà ta chọn cần phải tính đến sự tăng độ hở do độ mòn của nhám bề mặt, độ mòn lớn nhất có thể là $2(R_{2D} + R_{2d}) \approx 8(R_{aD} + R_{ad})$.

Như vậy đặc tính của kiểu lắp mà ta chọn phải thỏa mãn các điều kiện sau :

$$S_{min} \geq [S_{min}] \text{ với } \chi_{min} \geq 0,3$$

$$S_{max} < [S_{max}] - 8(R_{aD} + R_{ad})$$

$$S_m \approx S_{tnh}$$

Để xác định trị số $[S_{max}]$, $[S_{min}]$, S_{tnh} ta phải xác định các giá trị χ_{min} , χ_{max} , χ_{tnh} xuất phát từ công thức quan hệ sau [5] :

$$h = \frac{d_N}{2} \sqrt{\frac{\mu \omega}{p}} \left[(1 - \chi) \sqrt{C_R} \right] \quad (4-10)$$

C_R – hệ số tải trọng của ổ, là đại lượng không thứ nguyên và phụ thuộc vào vị trí trục trong ổ.

Nếu đặt $A = (1 - \chi)\sqrt{C_R}$ thì:

$$h = \frac{d_N}{2} \sqrt{\frac{\mu\omega}{p}} \cdot A, \quad (4-11)$$

$$\text{ta suy ra : } A_h = \frac{2[h_{\min}]}{d_N \sqrt{\frac{\mu\omega}{p}}} \quad (4-12)$$

Quan hệ giữa A và χ được xác lập bằng thực nghiệm và cho dưới dạng đồ thị hoặc bảng (bảng 4.16). Từ (4-12) ứng với giá trị $[h_{\min}]$ ta xác định được A_h , ứng với A_h và tỉ số l/d_N ta xác định được χ_{\min} và χ_{\max} theo bảng 4.16.

Từ bảng 4.16 ta xác định được giá trị lớn nhất A_{\max} ứng với tỉ số l/d_N đã cho. Từ quan hệ (4-11) ta thấy A đạt giá trị lớn nhất khi h là lớn nhất, tức là ứng với điều kiện ổ làm việc với hiệu suất tốt nhất. Giá trị A ứng với điều kiện này được kí hiệu là $A_{\text{tnh}} = A_{\max}$. Ứng với A_{tnh} ta có giá trị χ_{tnh} (theo bảng 4.16) và giá trị S_{tnh} được xác định theo công thức :

$$S_{\text{tnh}} = \frac{2[h_{\min}] A_{\text{tnh}}}{1 - \chi_{\text{tnh}} A_h} \quad (4-13)$$

Trong trường hợp $\chi_{\min} < 0,3$ thì điều kiện (4-8) không thỏa mãn, khi đó độ hở nhỏ nhất cho phép được tính như sau :

$$[S_{\min}] = 2,857[h_{\min}] \frac{A_\chi}{A_h} \quad (4-14)$$

trong đó :

A_h được xác định theo (4-12) ;

A_χ xác định được từ bảng 4.16, ứng với giá trị nhỏ nhất của χ ($\chi = 0,3$).

Bảng 4.16. GIÁ TRỊ CỦA THÔNG SỐ A_h

χ	l/d_N											
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0
0,3	0,200	0,255	0,299	0,339	0,375	0,408	0,438	0,464	0,488	0,509	0,547	0,611
0,4	0,225	0,274	0,319	0,360	0,397	0,431	0,461	0,487	0,510	0,531	0,566	0,626
0,5	0,232	0,282	0,327	0,367	0,402	0,434	0,462	0,487	0,508	0,527	0,558	0,609
0,6	0,233	0,281	0,324	0,361	0,394	0,423	0,448	0,469	0,488	0,504	0,531	0,576
0,65	0,230	0,276	0,317	0,352	0,383	0,410	0,433	0,452	0,469	0,484	0,507	0,547
0,7	0,227	0,271	0,310	0,344	0,372	0,396	0,417	0,434	0,450	0,463	0,484	0,518
0,75	0,220	0,262	0,298	0,328	0,351	0,375	0,393	0,408	0,421	0,432	0,450	0,479
0,8	0,208	0,251	0,283	0,330	0,332	0,350	0,367	0,378	0,398	0,398	0,413	0,437
0,85	0,200	0,234	0,261	0,284	0,302	0,317	0,329	0,339	0,347	0,354	0,366	0,384
0,9	0,179	0,206	0,228	0,246	0,259	0,270	0,279	0,286	0,292	0,297	0,305	0,318
0,925	0,169	0,193	0,212	0,226	0,237	0,246	0,253	0,259	0,264	0,268	0,274	0,284
0,95	0,145	0,164	0,178	0,188	0,196	0,202	0,207	0,211	0,215	0,217	0,222	0,229
0,975	0,115	0,127	0,135	0,141	0,146	0,149	0,152	0,154	0,156	0,158	0,160	0,164
0,99	0,081	0,087	0,091	0,095	0,096	0,098	0,100	0,101	0,101	0,102	0,103	0,105

Ví dụ : Chọn kiểu lắp tiêu chuẩn cho mối ghép ổ trượt làm việc trong điều kiện ma sát ướt. Các thông số kích thước và điều kiện làm việc của ổ là :

$$d_N = 75\text{mm}, l = 75\text{mm}, P = 1,47 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$\omega = 157\text{rad/s}$ (1500v/ph). Dầu tua bin 22 với độ nhớt động học ở $t = 50^\circ\text{C}$ là :
 $\mu = 19 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$.

Nhám bề mặt lắp ghép có đặc trưng là : $R_{aD} = R_{ad} = 0,8\mu\text{m}$. Tiến hành tính toán chọn kiểu lắp ghép theo thứ tự sau :

+ Tính chiều dày nhỏ nhất cho phép của nệm dầu theo công thức (4-6) :

$$[h_{\min}] = 2(4R_{aD} + 4R_{ad} + \gamma_b) \text{ với } k = 2, \gamma_b = 2\mu\text{m} :$$

$$[h_{\min}] = 2(3,2 + 3,2 + 2) = 16,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

+ Tính hệ số A_h theo công thức (4-12) :

$$A_h = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{75 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{19 \cdot 10^{-3} \cdot 157}{1,47 \cdot 10^6}}} \approx 0,314$$

Từ bảng 4.16 khi $l/d_N = 1$ và ứng với $A_h = 0,314$ thì $\chi < 0,3$, điều kiện (4-8) không thỏa mãn. Nên độ hở nhỏ nhất cho phép được tính theo (4-14) :

$$[S_{\min}] = 2,857[h_{\min}] \frac{A_\chi}{A_h}$$

Từ bảng 4.16 khi $l/d_N = 1$ và $\chi = 0,3$ thì $A_\chi = 0,438$, vậy :

$$[S_{\min}] = 2,857 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6} \frac{0,438}{0,314} \approx 67 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 67\mu\text{m}$$

Cũng từ bảng 4.16 khi $A_h = 0,314$ thì $\chi_{\max} = 0,87$, ta tính được :

$$[S_{\max}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,87} \approx 258 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 258\mu\text{m}$$

+ Tính độ hở tốt nhất (S_{tnh}) theo công thức (4-13)

Ta biết độ hở tốt nhất khi h đạt giá trị lớn nhất có nghĩa là A_h cũng đạt giá trị lớn nhất $A_{h\max} = A_{\text{tnh}}$ (theo bảng 4.16). Khi $l/d_N = 1$ thì $A_{\text{tnh}} = 0,464$ và $\chi_{\text{tnh}} = 0,48$. Vậy :

$$S_{\text{tnh}} = \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,48} \cdot \frac{0,464}{0,314} \approx 96 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 96\mu\text{m}$$

Theo các kết quả tính được và đối chiếu với đặc tính của các kiểu lắp tiêu chuẩn (TCVN2245- 99) ta chọn kiểu lắp cho mối ghép là :

$$\phi 75 \frac{\text{H7}}{\text{e8}} \left(\begin{array}{c} +0,030 \\ -0,060 \\ -0,106 \end{array} \right)$$

lắp ghép có đặc tính : $S_{\min} = 60\mu\text{m}$

$S_{\max} = 136\mu\text{m}$

$S_m = 98\mu\text{m}$.

2) Phạm vi ứng dụng của các lắp ghép lỏng

Dưới đây ta nêu một số ứng dụng của các kiểu lắp lỏng để làm tài liệu tham khảo khi thiết kế.

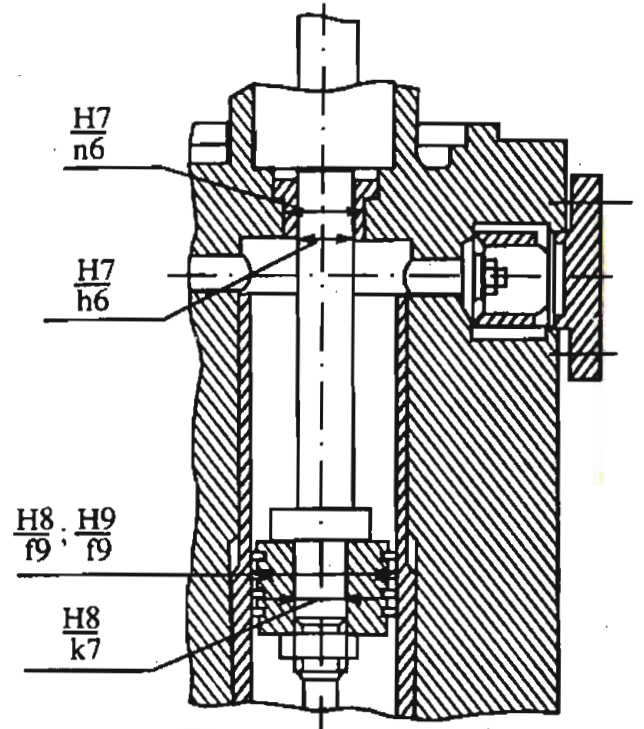
Lắp ghép H/h, đặc tính của loại lắp ghép này là độ hở giới hạn bé nhất (S_{\min}) bằng không. Lắp ghép này được sử dụng đối với các mối ghép động khi chuyển động tương đối của chi tiết chậm và thường dọc theo trục để đảm bảo hướng chính xác, hoặc khi hai chi tiết cần có chuyển động tương đối dễ dàng để điều chỉnh vị trí. Lắp ghép có thể được sử dụng đối với các mối ghép cố định, có chi tiết kẹp chặt phụ và cần độ chính xác đồng tâm cao.

– Kiểu lắp : H5/h4, H6/h5 : các kiểu lắp ở cấp chính xác cao được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác đồng tâm cao, ví dụ : lắp ghép bánh răng đo trên trục chính của dụng cụ đo răng ; lắp ghép dao cưa răng với bạc và bạc đó với trục chính máy cưa răng ; lắp ghép giữa nòng và thân ụ động máy tiện.

– H7/h6 được sử dụng rất phổ biến.

Trong mối ghép cố định nó được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác đồng tâm cao, chi tiết thường hay tháo lắp, ví dụ : bánh răng thay thế lắp trên trục của máy cắt kim loại, ly hợp ma sát trên trục, dao phay trên trục tâm, cam đĩa trên trục (có chốt để cố định vị trí).

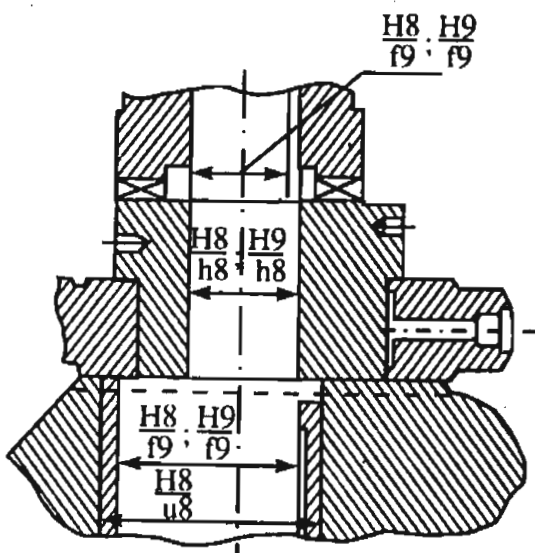
Trong mối ghép động nó được sử dụng khi có yêu cầu dẫn hướng chính xác các chi tiết dịch chuyển tịnh tiến qua lại, ví dụ : cán piston với bạc dẫn (hình 4.23), trục chính trong thân máy khoan.



Hình 4.23

– H8/h7 : được sử dụng như kiểu lắp H7/h6 nhưng dung sai kích thước chi tiết mở rộng hơn, chế tạo dễ hơn hoặc khi chiều dài mối ghép lớn và khi độ chính xác định tâm hoặc dẫn hướng yêu cầu thấp hơn so với H7/h6, ví dụ : bánh răng lắp trên trục trơn dài ; đầu đo thay thế lắp với thanh đo của dụng cụ.

– H8/h8 ; H8/h9 ; H9/h8 : sử dụng đối với các mối ghép động và cố định khi độ chính xác đồng tâm không cao ; sử dụng để định vị các chi tiết trên trục khi chúng truyền mômen xoắn nhờ then và khi tải trọng không lớn và êm. Sử dụng khi chi tiết cần dịch chuyển dễ dàng để điều chỉnh hoặc dẫn vào vị trí làm việc. Ví dụ : càng dịch chuyển lắp với giá đo có vít kẹp chặt ; bánh răng thay thế lắp với trục



Hình 4.24

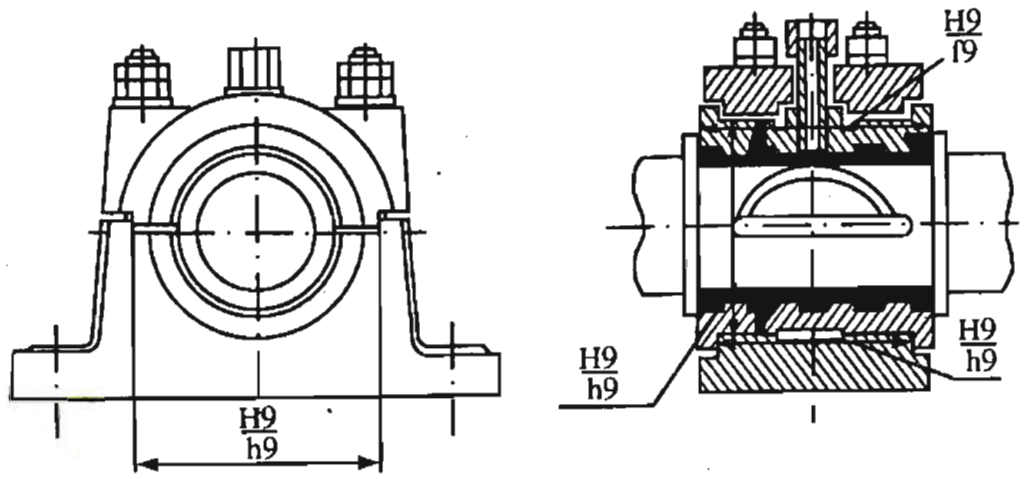
của máy nông nghiệp ; đĩa lệch tâm lắp với trục của máy ép có bánh lệch tâm (hình 4.24) ; bánh lệch tâm với trục lệch tâm của máy bơm ; cánh khuấy với trục ; áo ổ với thân ổ trượt hai nửa (hình 4.25).

Lắp ghép H/g, G/h được quy định ở cấp chính xác cao, từ IT4 ÷ IT6 đối với trục và từ IT5 ÷ IT7 đối với lỗ.

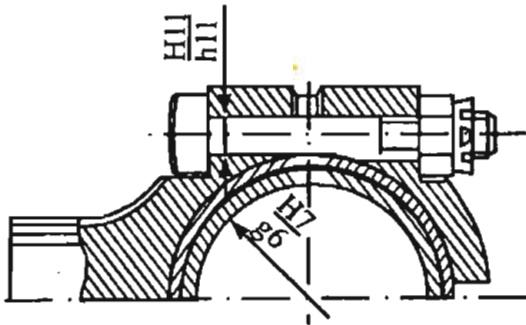
Trong khoảng cấp chính xác này thì các kiểu lắp được đặc trưng bằng độ hở, đảm bảo nhỏ nhất so với các kiểu lắp khác. Lắp ghép được sử dụng chủ yếu đối với các mối ghép động chính xác và đặc biệt chính xác (thường chuyển động tương đối giữa hai chi tiết lắp ghép là chuyển động tịnh tiến qua lại). Độ hở nhỏ của lắp ghép nhằm giảm sai lệch độ đồng tâm và sự phát sinh va đập. Đối với mối ghép chi tiết có chuyển động quay, thường không sử dụng kiểu lắp này, trừ ổ của cơ cấu chính xác đặc biệt, tải trọng nhỏ, sai lệch giữa nhiệt độ làm việc và nhiệt độ tiêu chuẩn không lớn.

Với mối ghép cố định thì nó được sử dụng để định vị chi tiết dễ dàng với độ chính xác vị trí đủ đảm bảo.

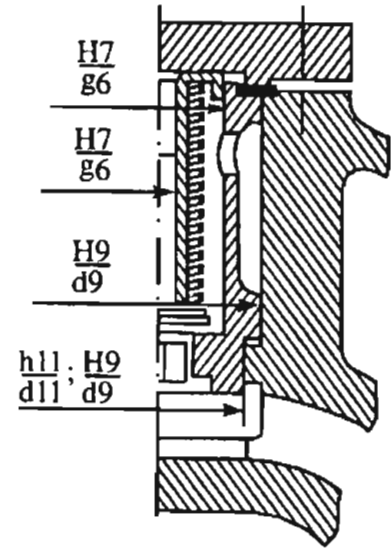
– H7/g6, G7/h6 : lắp ghép được sử dụng đối với các mối ghép động, ví dụ : ổ trục chính của các máy chính xác, trục thanh đo với bạc dẫn của đồng hồ so, con trượt trong sống trượt của máy xọc ; trục van với bạc dẫn hướng ; bánh răng dịch chuyển trên trục của hộp truyền động, đầu biên với ngông trục khuỷu máy kéo (hình 4.26) ; cán van an toàn với bạc và nắp tì với hộp van (hình 4.27) ; bạc dẫn hướng thay thế lắp với tấm dẫn hướng (hình 4.28) ; chốt định vị với lỗ sản phẩm.



Hình 4.25



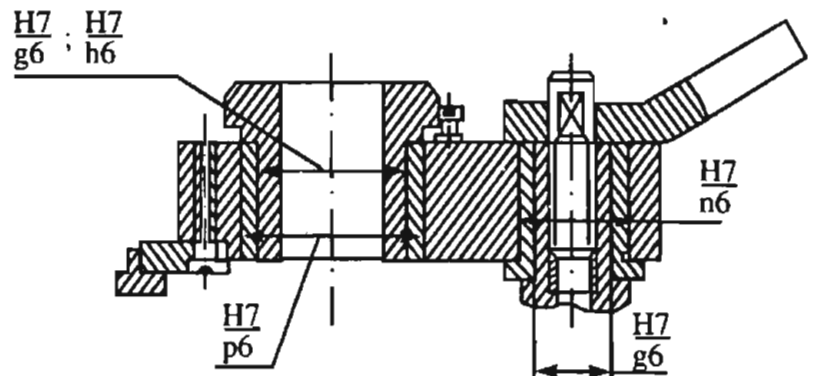
Hình 4.26



Hình 4.27

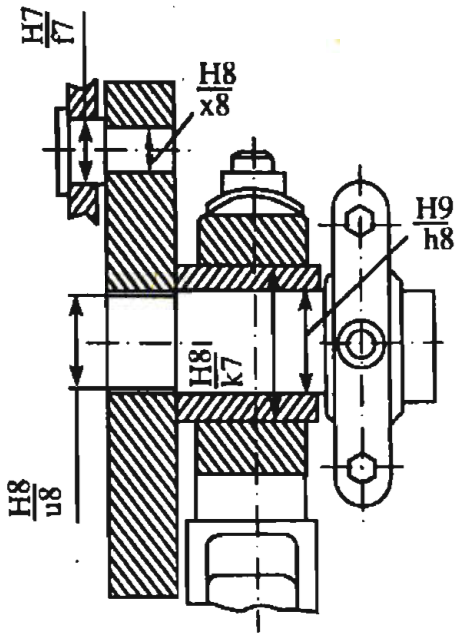
– H6/g5, G6/h5 : lắp ghép được sử dụng đối với các cơ cấu đặc biệt chính xác, ví dụ : bộ đôi van lắp với thân van ; bạc trục trong ổ máy cà răng ; trục chính của đầu phân độ lắp với ổ.

Lắp ghép H/f, F/h được đặc trưng bởi độ hở vừa phải đủ đảm bảo trục quay tự do trong ổ trượt, có bôi trơn bằng mỡ hoặc dầu ở chế độ làm việc nhẹ và trung bình (tải trọng và tốc độ



Hình 4.28

vừa phải, đến 150rad/s). Chúng được sử dụng đối với lắp ghép trục với ổ có dịch chuyển tịnh tiến nhưng không yêu cầu độ chính xác định tâm cao như đối với loại lắp ghép H/g. Với mối ghép cố định chúng được sử dụng khi yêu cầu tháo lắp dễ dàng và không yêu cầu cao về độ chính xác định tâm.



Hình 4.29

– H7/f7, F8/h6 : là hai kiểu lắp được sử dụng ưu tiên và sử dụng đối với các mối ghép chính xác. Ngoài ra còn sử dụng các kiểu lắp H8/f7, F7/h7, F8/h7. Ví dụ : ổ trục trong hộp truyền động ; ổ trục chính của các máy tiện, phay, khoan ; con trượt trong sòng trượt ; trục truyền dẫn lắp với ổ ; trục lắp với ổ của máy điện trung bình và nhỏ, của bơm ly tâm và các máy cùng loại khác ; chốt của bánh lệch tâm lắp với đầu thanh truyền (hình 4.29) ; cổ biên của trục khuỷu lắp với ổ đầu biên của động cơ ô tô ; piston với xi lanh máy nén khí ; piston trong xi lanh máy ép thủy lực ; piston trong xi lanh phanh hãm của ô tô ; bánh răng và bánh đai quay lồng không trên trục ; bánh răng và li hợp dịch chuyển dọc trục.

– H6/f6, F7/h5, F7/h6 : đây là các kiểu lắp ở cấp chính xác cao, chúng được sử dụng đối với các cơ cấu chính xác cao, yêu cầu cao về độ chính xác đồng tâm, ví dụ : cổ trục chính của trục khuỷu, ngông trục phân phối lắp với ổ của động cơ ô tô chính

xác cao ; trục lắp với ổ lăn khi vòng trong chịu tải cục bộ.

– H8/f8 ; F8/h8 ; H8/f9 và H9/f9 ; F9/h8 và F9/h9 : là những kiểu lắp ở cấp chính xác thấp, chúng được sử dụng đối với các mối ghép có độ hở đảm bảo nhưng độ chính xác yêu cầu không cao ; các mối ghép ổ trượt khi trục có hai ổ đỡ và quay với tốc độ lớn ; các mối ghép trục với ổ của các máy lớn, nặng ; mối ghép trục với hai ổ đỡ có khoảng cách lớn hoặc trục với một số ổ đỡ ; mối ghép piston với xi lanh của máy có dẫn hướng phụ của cán piston ; mối ghép bánh răng quay lồng không với trục ; các mối ghép có độ hở lớn khi hành trình làm việc và điều chỉnh không lớn, ví dụ : piston lắp với xi lanh của máy bơm chu kì (hình 4.23), piston với xi lanh của cơ cấu nâng thủy lực hoặc kích ; ngông trục lắp với ổ của máy ép bánh lệch tâm (hình 4.24) ; con trượt lắp với sòng trượt của cơ cấu cu lit.

Lắp ghép H/e, E/h được đặc trưng bởi độ hở đảm bảo lớn. Độ hở lớn để đảm bảo quay tự do với chế độ làm việc cao (tải trọng lớn, tốc độ quay lớn hơn 150rad/s, sự thay đổi giá trị độ hở theo nhiệt độ không lớn), hoặc đảm bảo điều kiện phức tạp của công việc lắp, ví dụ : trục nhiều ổ đỡ, mối ghép có chiều dài lớn. Lắp ghép còn được sử dụng đối với mối ghép cố định khi các chi tiết yêu cầu độ hở lớn để định vị và điều chỉnh.

– H7/e8, H8/e8, E9/h8 : là các kiểu lắp ở cấp chính xác trung bình và được sử dụng ưu tiên, ngoài ra còn có các kiểu lắp E8/h8, E8/h7. Chúng được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : ổ ma sát ướt lắp với trục tua bin của máy phát điện, trục của máy điện lớn và của máy bơm ly tâm ; trục truyền dẫn lắp trong các ổ của máy mài tròn ; cổ trục chính của trục khuỷu và trục phân phối lắp với ổ của động cơ đốt trong ; nắp hộp lắp với hộp truyền động của ô tô ; vít vô tận với bàn dao của máy công cụ.

– H6/e7, H7/e7 và E8/h6 : các lắp ghép ở cấp chính xác cao, chúng được sử dụng chủ yếu đối với các mối ghép trục với ổ ma sát ướt trong các máy có độ chính xác và độ bền lâu cao, cổ trục chính của trục khuỷu và trục phân phối với ổ của động cơ đốt trong quan trọng.

– H8/e9, H9/e9, E9/h9 : các kiểu lắp ở cấp chính xác thấp. Chúng được sử dụng đối với các mối ghép ổ trượt ít quan trọng, với các chi tiết chuyển động tịnh tiến hoặc quay. Đối với mối ghép cố định chúng được sử dụng khi yêu cầu độ chính xác đồng tâm không cao mà yêu cầu tăng độ hở để bồi thường cho sai lệch vị trí của các bề mặt lắp ghép và biến dạng nhiệt.

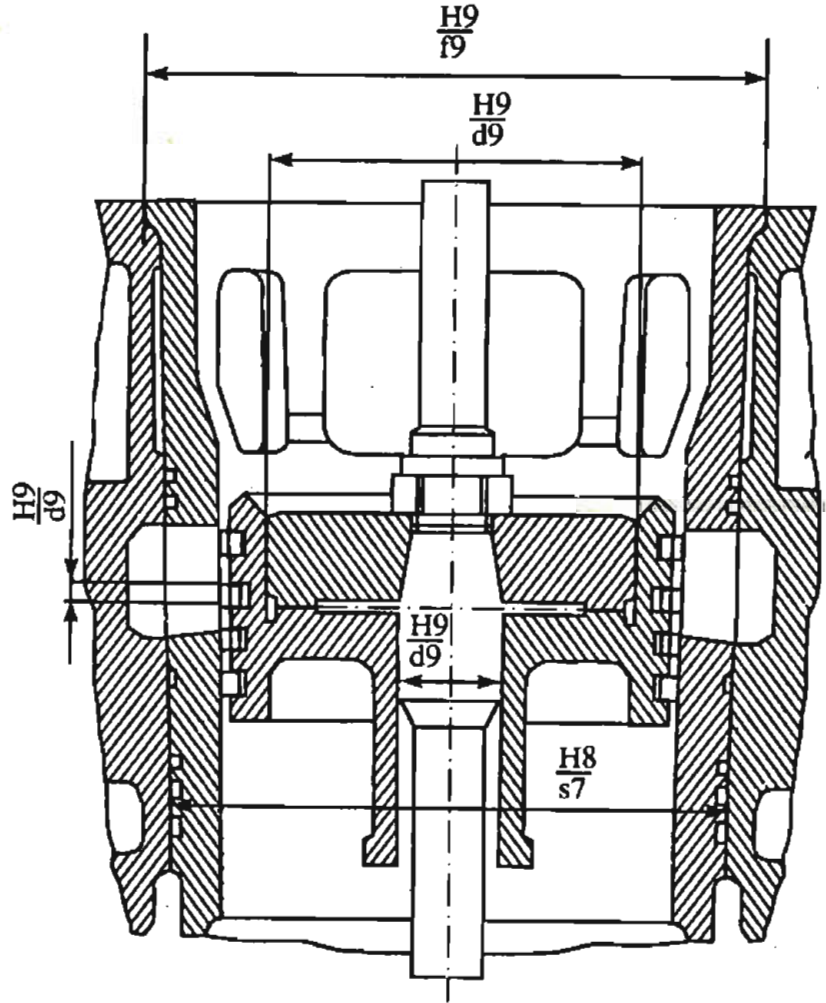
– Lắp ghép H/d, D/h : được đặc trưng bởi độ hở đảm bảo lớn cho phép bồi thường sai lệch lớn về vị trí của các bề mặt lắp ghép và biến dạng nhiệt, đồng thời đảm bảo dịch chuyển chi tiết hoặc điều chỉnh và lắp ráp chúng một cách dễ dàng.

– H7/d8, H8/d8 (D8/h6, D8/h7) : đây là các kiểu lắp tương đối chính xác, chúng được sử dụng chủ yếu đối với các mối ghép động khi chế độ làm việc nặng và biến dạng nhiệt lớn. Ví dụ : ổ ma sát ướt với trục tua bin, trục của máy nghiền bi, trục máy cán và trục của các thiết bị luyện kim lớn ; van đóng mở lắp với bạc dẫn hướng của động cơ đốt trong ; vòng găng lắp với rãnh piston của máy nén khí (hình 4.36) ; bánh răng và bánh đai lồng không và quay nhanh trên trục ; cổ biên với biên của máy hơi nước.

– H8/d9, H9/d9, H8/d10, H9/d10 và D9/h8, D9/h9, D10/h9 : các kiểu lắp này thường được sử dụng đối với các mối ghép độ chính xác không cao. Trong đó kiểu lắp H9/d9 được sử dụng ưu tiên. Ví dụ : trục truyền dẫn chung lắp với các ổ, bánh đai quay lồng không lắp với trục, piston lắp với xi lanh máy nén khí, hộp van trong thân máy nén khí (hình 4.27), cán piston lắp với piston và vòng găng lắp với rãnh piston của cơ cấu van trượt (hình 4.30).

– H11/d11, D11/h11 : hai kiểu lắp này thường được sử dụng đối với mối ghép động khi không yêu cầu độ chính xác dịch chuyển và đối với mối ghép cố định khi độ chính xác định tâm rất thấp. Trong đó kiểu lắp H11/d11 được sử dụng ưu tiên. Ở các cấp chính xác thấp thì các kiểu lắp này được sử dụng khi độ hở đảm bảo nhỏ nhất cần thiết để bù trừ cho sai số vị trí của các bề mặt lắp ghép, cho lớp phủ bảo vệ bề mặt lắp ghép, hoặc khi mối ghép động trong điều kiện bụi bẩn. Ví dụ : sống dẫn thô của chuyển động thẳng ; mối ghép bản lề ; con lăn với trục ; nắp ổ và bạc chặn ổ lắp với thân hộp ; trục lắp với ổ trượt, bánh răng và ly hợp lắp lồng không trên trục của cơ cấu chính xác thấp ; xec măng dầu lắp trong rãnh piston.

Lắp ghép H/a, H/b, H/c, A/h, B/h, C/h là loại lắp ghép có độ hở lớn, độ hở đảm bảo trong giới hạn :



Hình 4.30

$(0,006 \div 0,02) d_N$ đối với kích thước đến 30mm.

$(0,002 \div 0,005) d_N$ đối với kích thước trong khoảng 30 ÷ 80mm.

$(0,001 \div 0,0035) d_N$ đối với kích thước lớn hơn 120mm.

Lắp ghép được quy định chủ yếu ở cấp chính xác thấp : IT11, IT12 và được sử dụng đối với các mối ghép của các cơ cấu độ chính xác thấp. Ở đây độ hở lớn cần thiết để bù trừ cho sai lệch vị trí các bề mặt lắp ghép (sai lệch độ đồng tâm, sai lệch độ đối xứng, sai lệch độ vuông góc v.v...) ; để bù trừ cho sự thay đổi kích thước trong quá trình sử dụng do tác động của nhiệt độ, sự nở do thấm dầu và nước ; để có thể sử dụng các trục từ vật liệu kéo tinh không gia công hoặc gia công thô ; để đảm bảo chuyển động tịnh tiến hoặc quay trong điều kiện bụi bẩn.

– H8/c8 : trong trường hợp đặc biệt, dựa trên cơ sở tính toán chọn kiểu lắp người ta sử dụng kiểu lắp này đối với mối ghép động chính xác làm việc trong điều kiện tải trọng đặc biệt nặng hoặc khi nhiệt độ cao làm độ hở giảm rất lớn do biến dạng nhiệt của chi tiết không đồng đều. Ví dụ : piston lắp với xi lanh, van đóng mở lắp với bạc dẫn hướng của động cơ đốt trong ; ổ ma sát ướt lắp với trục tải nặng, quay nhanh trong các máy cán, tua bin máy bơm và máy nén khí cỡ lớn.

– H11/c11, H11/b11, C11/h11, B11/h11 : các kiểu lắp này được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : nắp ổ với thân hộp, nắp bích với thân hộp, trục lắp với ổ trong các máy nông nghiệp.

– H12/b12, B12/h12 : được sử dụng đối với các mối ghép mà trục gia công thô hoặc không gia công lắp với ổ trong các máy nông nghiệp và các máy khác ; mối ghép bu lông bản lề không quan trọng ; mối ghép giữa càng gạt, tay quay, ống nối và trục.

H11/a11, A11/h11 : được sử dụng đối với các mối ghép bu lông bản lề không quan trọng ; mối ghép ổ với trục phanh.

4.7.2. Chọn kiểu lắp trung gian tiêu chuẩn

Lắp ghép trung gian được sử dụng đối với các mối ghép cố định nhưng chi tiết cần tháo lắp và đảm bảo định tâm tốt các chi tiết lắp ghép. Khi chọn lắp ghép trung gian, cần phải tính xem với đặc tính của lắp ghép thì xác suất nhận được độ dôi và độ hở là như thế nào.

Độ dôi nhận được trong lắp ghép trung gian có giá trị tương đối nhỏ, do vậy thường không yêu cầu kiểm tra chi tiết theo độ bền trừ trường hợp chi tiết có thành rất mỏng. Độ dôi của lắp ghép không đủ đảm bảo truyền mômen xoắn lớn hoặc lực lớn nên thường dùng các chi tiết phụ như then, chốt, vít v.v... để đảm bảo truyền mômen xoắn hoặc lực dọc trục. Đôi khi người ta cũng sử dụng lắp ghép trung gian đối với những mối ghép không có chi tiết kẹp chặt phụ, ví dụ : khi lực làm dịch chuyển chi tiết là rất nhỏ, khi chiều dài mối ghép lớn hoặc khi sự cố định tương đối của các chi tiết lắp ghép không phải là điều kiện bắt buộc để đảm bảo chất lượng làm việc của chúng.

Độ hở nhận được trong lắp ghép trung gian cũng tương đối nhỏ nên các chi tiết lắp ghép không có khả năng dịch chuyển lớn.

Các kiểu lắp trung gian được phân biệt bởi xác suất xuất hiện độ dôi hoặc độ hở. Xác suất nhận được độ dôi càng lớn thì lắp ghép càng bền chắc. Các lắp ghép bền chắc được sử dụng để định tâm chính xác các chi tiết lắp ghép khi tải trọng va đập và chấn động lớn, để đảm bảo sự cố định của các chi tiết lắp ghép mà không cần kẹp chặt phụ. Tuy nhiên việc thực hiện lắp ghép với kiểu lắp bền chắc là phức tạp và đòi hỏi lực ép lớn. Bởi vậy khi cần tháo lắp thường xuyên hoặc khi thực hiện lắp ghép các chi tiết có khó khăn thì nên sử dụng các kiểu lắp trung gian kém bền chắc hơn.

Miền dung sai kích thước chi tiết ứng với các lắp ghép trung gian tạo thành một dãy rất sát nhau và phủ nhiều lên nhau, do đó tạo điều kiện dễ dàng cho việc chọn kiểu lắp cho các mối ghép mà đặc

tính yêu cầu của nó rất nhạy đối với sự thay đổi độ dôi và độ hở. Miền dung sai tiêu chuẩn ứng với lắp ghép trung gian được sử dụng phổ biến đối với các bề mặt trục và lỗ hộp lắp với ổ lăn. Nhưng đặc tính của các lắp ghép với ổ lăn thì khác với lắp ghép trung gian bình thường do sự phân bố đặc biệt của miền dung sai kích thước các vòng ổ lăn.

Lắp ghép trung gian được quy định ở các cấp chính xác tương đối cao : từ IT4 ÷ IT7 đối với trục và IT5 ÷ IT8 đối với lỗ. Kích thước lỗ trong các kiểu lắp trung gian thường ở cấp chính xác thấp hơn một cấp so với cấp chính xác kích thước trục. Dãy kiểu lắp trung gian cơ bản là dãy mà kích thước trục ở cấp chính xác 6 còn kích thước lỗ ở cấp chính xác 7.

Chọn các kiểu lắp trung gian khi thiết kế thường được tiến hành theo kinh nghiệm. Việc tính toán ít được tiến hành và chủ yếu là để kiểm nghiệm lại. Tính toán có thể bao gồm :

- Tính xác suất nhận được độ dôi và độ hở của lắp ghép.
- Tính toán độ hở lớn nhất theo độ lệch tâm cho phép của các chi tiết lắp ghép, ví dụ : đối với bánh răng thì cần phải giới hạn độ đảo vành răng, còn trong cơ cấu đảo chiều thì tính toán độ dịch chuyển cho phép của chi tiết để giảm tác động động lực học.

- Tính toán độ bền của chi tiết (chỉ với những chi tiết thành mỏng) và lực lắp ghép lớn nhất cần thiết ứng với độ dôi lớn nhất của lắp ghép.

1) Tính xác suất nhận được độ dôi và độ hở của lắp ghép

Để tính xác suất nhận được độ hở và độ dôi ta coi kích thước loạt chi tiết chế tạo tuân theo luật phân bố chuẩn (phân bố Gauss). Do vậy đặc tính lắp ghép (độ dôi N và độ hở S) cũng tuân theo luật phân bố chuẩn (xem chương 3). Giả sử một lắp ghép trung gian có độ dôi N (S) phân bố theo quy luật Gauss (hình 4.31).

Sai lệch bình phương trung bình của độ dôi là :

$$\sigma_{N(S)} = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}$$

T_D, T_d - dung sai kích thước lỗ và kích thước trục.

Độ dôi trung bình của lắp ghép :

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

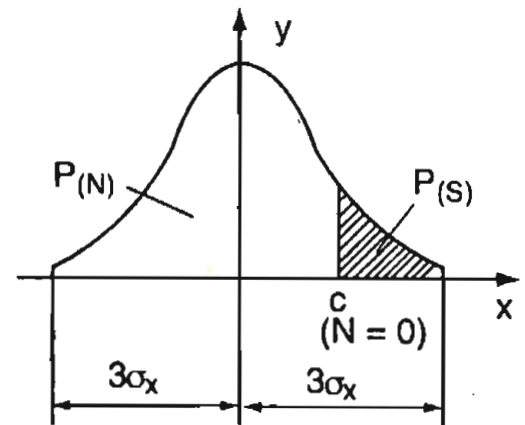
Ở đây ta coi trường hợp xuất hiện độ hở, tức là xuất hiện độ dôi âm, nên khi tính N_m thì N_{\min} bằng S_{\max} mang dấu âm (ngược lại cũng có thể coi trường hợp xuất hiện độ dôi là xuất hiện độ hở âm).

Điểm c ứng với giá trị $N = 0$ và $S = 0$ có tọa độ là x_c , từ đồ thị (hình 4.31) ta có :

$$x_c = N_m \rightarrow z_c = \frac{x_c}{\sigma_N}$$

Như vậy xác suất xuất hiện độ hở - $P(S)$ và độ dôi - $P(N)$ là :

$$P(S) = 0,5 - \int_0^c y dx = 0,5 - \phi(z_c)$$



Hình 4.31

$$P(N) = 0,5 + \int_0^c y dx = 0,5 + \phi(Z_c)$$

Ví dụ : tính xác suất xuất hiện độ hở và độ dôi của lắp ghép $\phi 65 \frac{H7}{n6}$

Từ bảng tiêu chuẩn (TCVN 2245-99) ta tra được sai lệch và dung sai của kích thước lắp ghép :

$$\phi 65H7 \begin{cases} ES = +0,03 \\ EI = 0 \end{cases} \rightarrow T_D = 30 \mu\text{m}$$

$$\phi 65n6 \begin{cases} es = +0,039 \\ ei = +0,020 \end{cases} \rightarrow T_d = 19 \mu\text{m}$$

Đặc tính của lắp ghép là :

$$\begin{cases} N_{\max} = 39 \mu\text{m} \\ S_{\max} = 10 \mu\text{m} \end{cases}$$

Đặc trưng của quy luật phân bố là :

$$N_m = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{39 - 10}{2} = 14,5 \mu\text{m}$$

$$\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{30^2 + 19^2} \approx 5,9 \mu\text{m}$$

$$Z_c = \frac{x_c}{\sigma_N} = \frac{N_m}{\sigma_N} = \frac{14,5}{5,9} = 2,46$$

Từ bảng 3.1, ứng với $Z_c = 2,46$ ta được :

$$\phi(Z_c) = \phi(2,46) = 0,493.$$

Vậy xác suất xuất hiện độ dôi và độ hở tính theo phần trăm là :

$$P(N) = 0,5 + \phi(2,46) = 0,5 + 0,493 = 0,993 \rightarrow 99,3\%$$

$$P(S) = 0,5 - \phi(2,46) = 0,5 - 0,493 = 0,007 \rightarrow 0,7\%.$$

2) Phạm vi ứng dụng của các lắp ghép trung gian

Lắp ghép H/j_s, J_s/h, xác suất nhận được độ hở lớn hơn xác suất nhận được độ dôi. Giá trị độ dôi không lớn (đến 1/2 dung sai kích thước trục). Bởi vậy khi tháo lắp chỉ cần dùng lực nhẹ (búa gõ là đủ).

Lắp ghép được sử dụng trong trường hợp nếu sự định tâm chi tiết cho phép độ hở lớn hoặc yêu cầu đảm bảo tháo lắp dễ dàng khi cần tháo lắp thường xuyên, ví dụ : đối với chi tiết thay thế. Lắp ghép còn được sử dụng thay cho lắp ghép H/k khi chiều dài mối ghép lớn (3 ÷ 4 lần d_N), hoặc khi tháo lắp khó khăn do sự phối hợp các bộ phận, do khối lượng và kích thước của các chi tiết. Lắp ghép được sử dụng cho mối ghép cố định hoặc mối ghép động nhưng dịch chuyển với tốc độ nhỏ và khối lượng chi tiết không lớn. Trong trường hợp đặc biệt người ta sử dụng lắp ghép này đối với những mối ghép động cần kín khít (trường hợp này cần lựa chọn chi tiết khi lắp để loại trừ độ dôi).

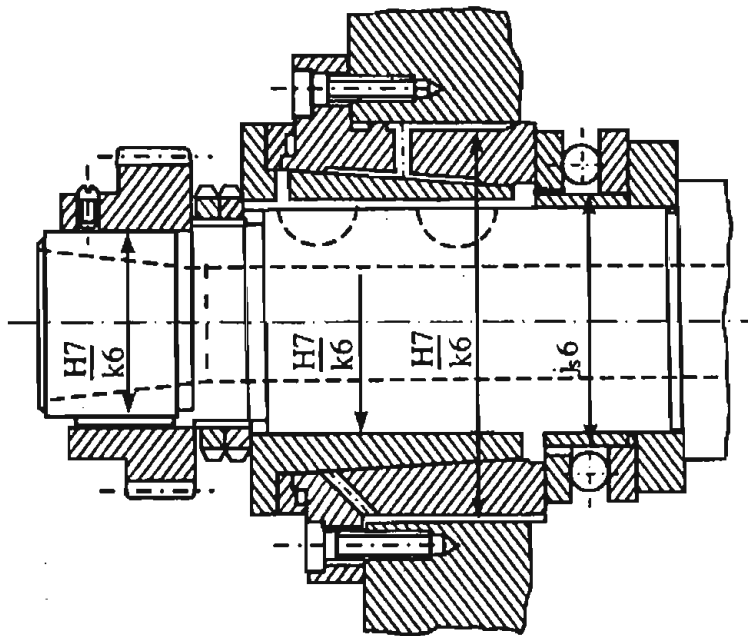
– H7/j₆, J₇/h₆, lắp ghép sử dụng ưu tiên, ví dụ : ống lót trục trong thân đầu trục chính máy doa, bánh răng với đầu trục chính máy mài, bánh đai không lớn và tay quay với đầu trục, ly hợp trên đầu trục của máy điện nhỏ, cốc lắp ổ lăn với thân máy.

– H6/j_s5 ; J_s6/h5 lắp ghép được sử dụng trong các mối ghép, ví dụ : tấm chặn ổ trục lắp với thân máy điện độ chính xác cao ; bạc côn lắp với lỗ thân ụ trước máy tiện ; nòng ụ động lắp với thân ụ động máy tiện (có lựa chọn kích thước chi tiết khi lắp để tránh lắp ghép có độ dôi).

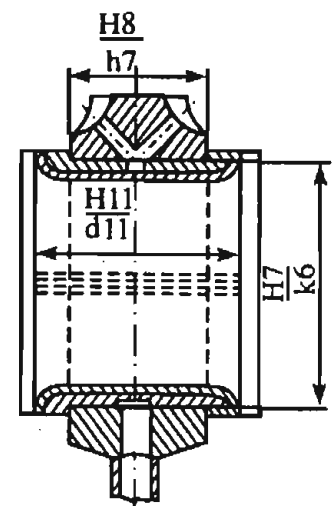
– H8/j_s7 , J_s8/h7 : lắp ghép được sử dụng đối với các mối ghép để định tâm chi tiết, ví dụ : nắp trước của máy điện lắp với thân máy, nửa khớp nối trục lắp với trục.

Lắp ghép H/k, K/h là các kiểu lắp trung gian đặc trưng nhất và được sử dụng nhiều nhất. Xác suất nhận được độ dôi và độ hở ứng với các kiểu lắp này là gần bằng nhau. Tuy nhiên do ảnh hưởng của sai lệch hình dạng, đặc biệt khi chiều dài lắp ghép lớn, $(2 \div 3) d_N$, thì trong đa số trường hợp độ hở không cảm nhận được khi lắp. Trong đa số các lắp ghép, độ dôi nhận được không lớn, đủ để định tâm chi tiết và ngăn ngừa các chấn động của chi tiết khi quay với tốc độ trung bình.

– H7/k6, K7/h6 là hai kiểu lắp được sử dụng ưu tiên và sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : bánh răng lắp với trục của hộp giảm tốc máy công cụ và các máy khác (hình 4.32) ; bánh đai, vô lăng, càn gạt và đĩa lệch tâm không tháo, lắp với trục ; bạc lắp với đầu biên của động cơ máy kéo (hình 4.33) ; bạc lắp trong moay ơ của bánh răng quay trên trục.



Hình 4.32

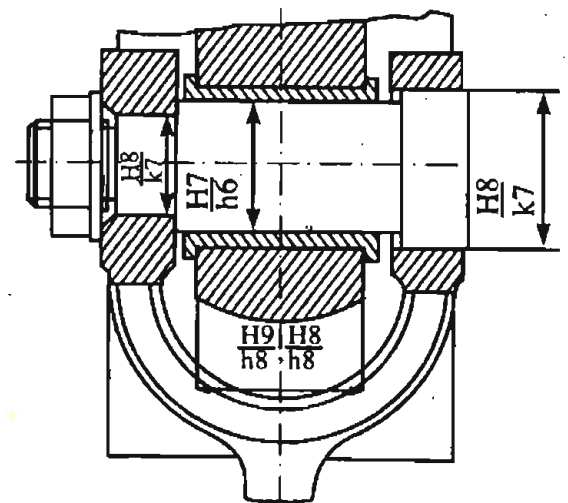


Hình 4.33

– H6/k5, K6/h5 : các kiểu lắp ở cấp chính xác cao và được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : chốt piston lắp với lỗ của piston, bánh răng nhỏ lắp với trục của cơ cấu chính xác (xích động học) trong máy công cụ.

– H8/k7, K8/h7 : hai kiểu lắp ở cấp chính xác thấp hơn được sử dụng đối với các mối ghép độ chính xác thấp trong chế tạo máy kéo, máy làm đường giao thông, máy hóa, máy nông nghiệp, ví dụ : trục con trượt trong lỗ thanh truyền của máy nén khí (hình 4.34), piston lắp với cán piston của máy bơm chu kì (hình 4.23).

Lắp ghép H/m, M/h : độ dôi đảm bảo của lắp ghép này chiếm ưu thế hơn. Xác suất nhận được độ hở tương đối



Hình 4.34

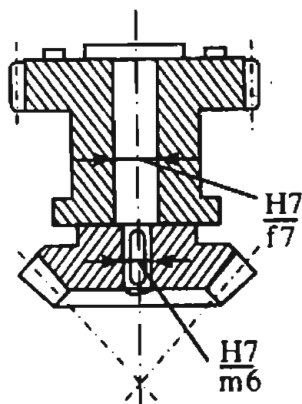
nhỏ, độ hở không cảm nhận được khi lắp là do sai lệch hình dạng, đặc biệt khi chiều dài mối ghép tăng.

Lắp ghép được sử dụng đối với mối ghép cố định mà các chi tiết lắp trên trục quay nhanh và có chi tiết kẹp chặt phụ hoặc không có chi tiết kẹp chặt phụ khi tải trọng nhỏ, chiều dài mối ghép lớn.

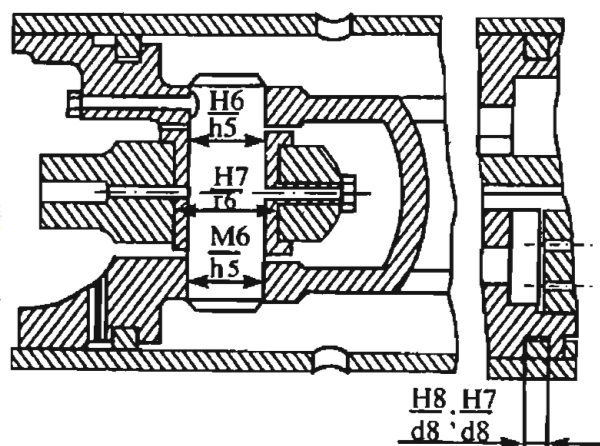
Lắp ghép còn được sử dụng để thay thế cho kiểu lắp H/n khi tăng chiều dài mối ghép (1,5 đến $2d_N$) hoặc khi không cho phép biến dạng lớn của chi tiết.

– H7/m6, M7/h6 : được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : bánh răng lắp với trục của hộp giảm tốc (hình 4.35) ; chốt và các chi tiết lắp trên đầu trục của máy điện ; bạc thành mỏng lắp với thân bằng hợp kim mầu ; định tâm cam trên trục phân phối. Miền dung sai M6 và m6 không thuộc dãy miền dung sai ưu tiên, vì vậy trong trường hợp cần thiết có thể chọn các kiểu lắp có đặc tính gần với đặc tính của các lắp ghép này mà miền dung sai kích thước thuộc dãy miền dung sai ưu tiên, ví dụ : H8/n6 hoặc H6/k6.

– H6/m5, M6/h5 là kiểu lắp ở cấp chính xác cao, được sử dụng đối với mối ghép, ví dụ : chốt piston lắp với lỗ piston của máy nén khí (hình 4.36) ; bạc cố định lắp với thân đồ gá máy công cụ.



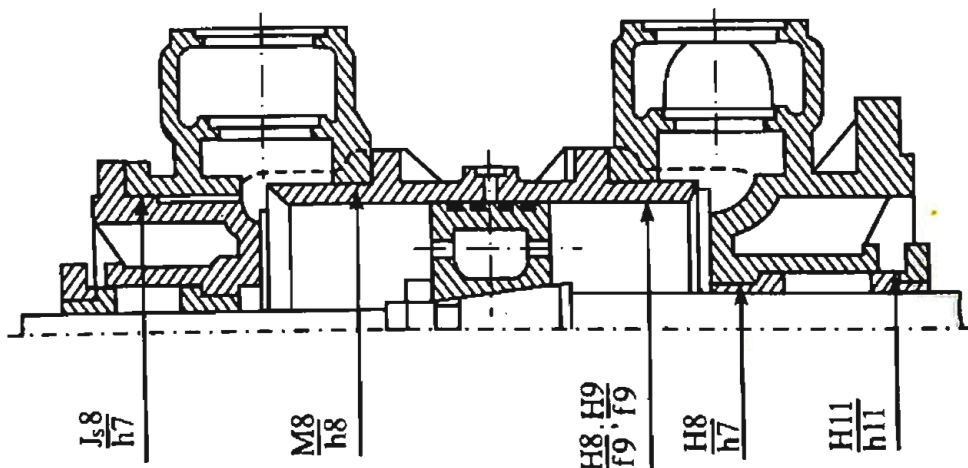
Hình 4.35



Hình 4.36

– H8/m7, M8/h7 là kiểu lắp ở cấp chính xác thấp hơn, được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : tang quay lắp với bánh răng ; các ống lót lắp với thân dụng cụ đo cơ khí – quang học ; hộp van lắp với xi lanh máy hơi nước (hình 4.37).

Lắp ghép H/n, N/h là lắp ghép bền chắc nhất trong nhóm lắp ghép trung gian. Khi thực hiện lắp ghép, thực tế độ hở không xuất hiện. Để tháo lắp các chi tiết của mối ghép thì cần một lực lớn nên phải sử dụng máy ép, đồ gá ép, đôi khi phải sử dụng phương pháp nhiệt để lắp. Mối ghép rất ít tháo, chỉ tháo khi đại tu. Lắp ghép được sử dụng để định tâm chi tiết trong mối ghép cố định, truyền lực lớn có va đập và chấn động (có chi tiết kẹp chặt phụ) hoặc để đảm bảo sự cố định của chi tiết lắp ghép mà không cần kẹp chặt phụ, nhưng tải trọng không lớn, chẳng hạn trong chế tạo dụng cụ đo.

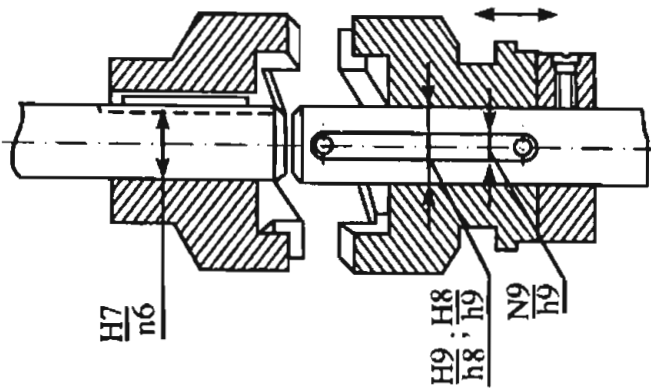


Hình 4.37

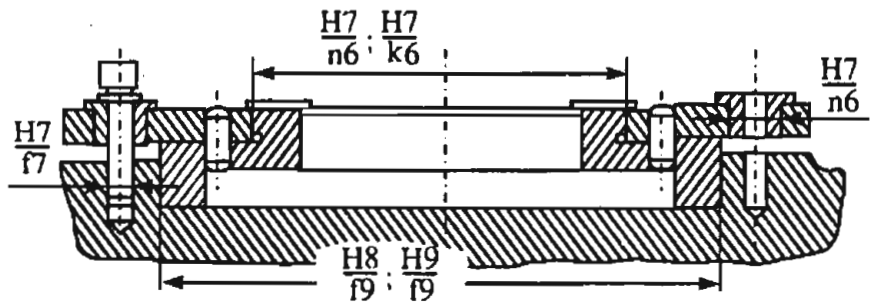
– H7/n6, N7/h6 là hai kiểu lắp được ưu tiên sử dụng và được sử dụng đối với các mối ghép bánh răng, ly hợp, tay quay và các chi tiết khác với trục khi tải trọng nặng, ví dụ : bánh răng trên trục máy búa hơi, bánh răng trên trục của cơ cấu rung và máy nghiền đá, bánh vít lắp với trục, vành răng đồng của bánh vít với moay ơ gang, ly hợp vấu lắp với trục (hình 4.38), bạc dẫn hướng cố định lắp với tấm dẫn hướng (hình 4.39), moay ơ cánh quạt gió lắp với trục, chốt định vị và chốt định cỡ lắp với thân hoặc với tấm dẫn hướng của đồ gá máy công cụ.

– H6/n5, N6/h5 là lắp ghép ở cấp chính xác cao, được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : chốt piston lắp với lỗ piston của động cơ máy kéo (hình 4.40).

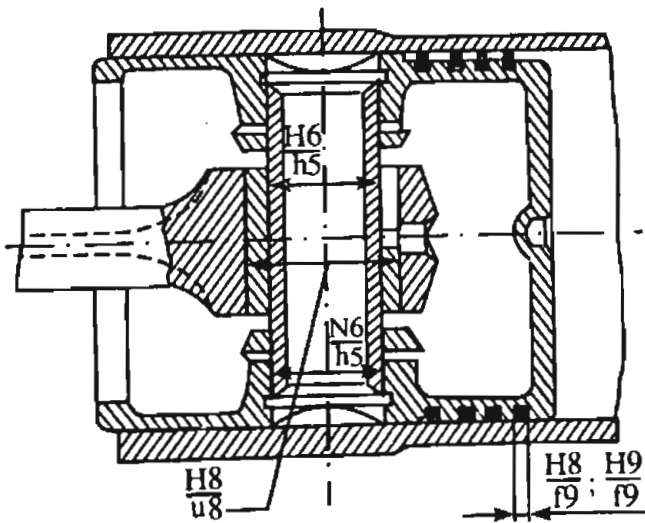
– H8/n7, N8/h7 là lắp ghép ở cấp chính xác thấp hơn, được sử dụng cho các mối ghép, ví dụ : ống lót van tiết lưu với thân máy búa hơi (hình 4.41).



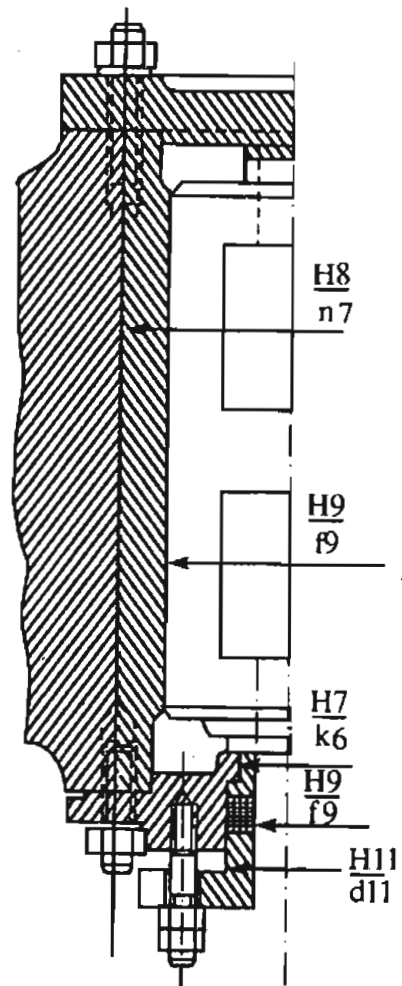
Hình 4.38



Hình 4.39



Hình 4.40



Hình 4.41

4.7.3. Chọn kiểu lắp chặt tiêu chuẩn

Lắp chặt được sử dụng đối với các mối ghép cố định không tháo (hoặc chỉ tháo trong trường hợp đặc biệt khi sửa chữa) không có chi tiết kẹp chặt phụ như : vít, chốt, then...

Sự cố định tương đối giữa hai chi tiết lắp ghép đạt được là do sức căng giữa hai bề mặt tiếp xúc của chi tiết. Sức căng đó phát sinh do tác động của biến dạng lớp vật liệu bề mặt tiếp xúc và tỉ lệ với độ dôi của lắp ghép. Trong đa số các trường hợp lắp ghép thì độ dôi gây ra biến dạng đàn hồi của bề mặt tiếp xúc.

Nhưng trong các lắp ghép có độ dôi tương đối lớn hoặc chi tiết lắp ghép chế tạo từ hợp kim nhẹ, chất dẻo thì phát sinh biến dạng đàn hồi dẻo (biến dạng dẻo ở một hoặc cả hai chi tiết lắp ghép nhưng không truyền lan ra cả chiều dày vật liệu) hoặc biến dạng dẻo (biến dạng truyền lan ra tất cả chiều dày vật liệu). Sử dụng lắp ghép như vậy trong nhiều trường hợp là có thể và hợp lý.

Việc đảm bảo cố định các chi tiết trong mối ghép khi truyền tải bằng lắp chặt cho phép làm đơn giản hóa kết cấu và lắp ráp chi tiết. Rất ít trường hợp phải dùng bổ sung chi tiết kẹp chặt phụ, trừ khi truyền mômen xoắn hoặc lực dọc trục rất lớn.

Với cùng trị số độ dôi nhưng độ bền chắc của mối ghép còn phụ thuộc vào vật liệu, kích thước chi tiết, nhám bề mặt lắp ghép, phương pháp lắp... Do vậy việc chọn lắp ghép không chỉ dựa vào những mối ghép tương tự đã biết mà còn phải dựa trên tính toán sơ bộ độ dôi và ứng suất phát sinh, đặc biệt khi sử dụng lắp ghép có độ dôi tương đối lớn. Đối với các sản phẩm sản xuất hàng loạt và hàng khối thì cần tiến hành kiểm tra thử trước các lắp ghép có độ dôi đã chọn.

1) Các phương pháp thực hiện lắp ghép chặt

– Lắp bằng máy ép nhờ lực chiều trục của nó ở nhiệt độ bình thường, lắp như vậy gọi là lắp ép dọc.

– Lắp bằng cách nung nóng trước chi tiết bao (lỗ) hoặc làm lạnh chi tiết bị bao (trục) đến nhiệt độ xác định rồi tiến hành lắp. Đây là phương pháp biến dạng nhiệt hay phương pháp ép ngang.

Chọn phương pháp lắp cho mỗi trường hợp cụ thể phải dựa vào : hình dạng, kích thước chi tiết lắp ghép, giá trị độ dôi, thiết bị thích hợp hiện có để lắp...

Lắp bằng máy ép là đơn giản và thường dùng nhất. Nó được sử dụng ưu việt khi độ dôi không lớn lắm (đến $0,001 d_N$). Tuy nhiên nó có một số nhược điểm : biến dạng không đồng đều của các chi tiết thành mỏng, có thể gây hư hỏng bề mặt lắp ghép, yêu cầu máy công suất lớn, yêu cầu cao đối với nhám bề mặt lắp ghép.

Lắp ghép bằng phương pháp biến dạng nhiệt được sử dụng khi độ dôi tương đối lớn và cả khi độ dôi không lớn lắm. Lắp ghép đảm bảo chất lượng cao của mối ghép vì ít bị hư hỏng bề mặt lắp ghép và giảm ảnh hưởng của nhám bề mặt.

+ Lắp bằng cách nung nóng chi tiết bao, nhiệt độ cần nung là :

$$t_D \approx \frac{N_{\max} + S}{\alpha D} + t, \quad ^\circ\text{C}$$

+ Lắp bằng cách làm lạnh chi tiết bị bao, nhiệt độ cần làm lạnh là :

$$t_d \approx t - \frac{N_{\max} + S}{\alpha d}, \quad ^\circ\text{C}$$

trong đó :

t – nhiệt độ ở phòng thực hiện lắp, $^\circ\text{C}$

S – độ hở tối thiểu cần thiết khi thực hiện lắp ráp, mm.

S phụ thuộc vào khối lượng, kích thước chi tiết và độ gá sử dụng (thường lấy bằng S_{\min} của lắp ghép H/g) ;

α – hệ số dẫn nở dài khi nung nóng hoặc làm lạnh.

Trong trường hợp đặc biệt hoặc trong chế tạo máy lớn thì khi tính nhiệt độ nung nóng (làm lạnh) cần phải tính đến sự giảm nhiệt độ (tăng nhiệt độ) do vận chuyển chi tiết từ chỗ nung đến chỗ lắp.

2) Tính toán chọn kiểu lắp chặt tiêu chuẩn

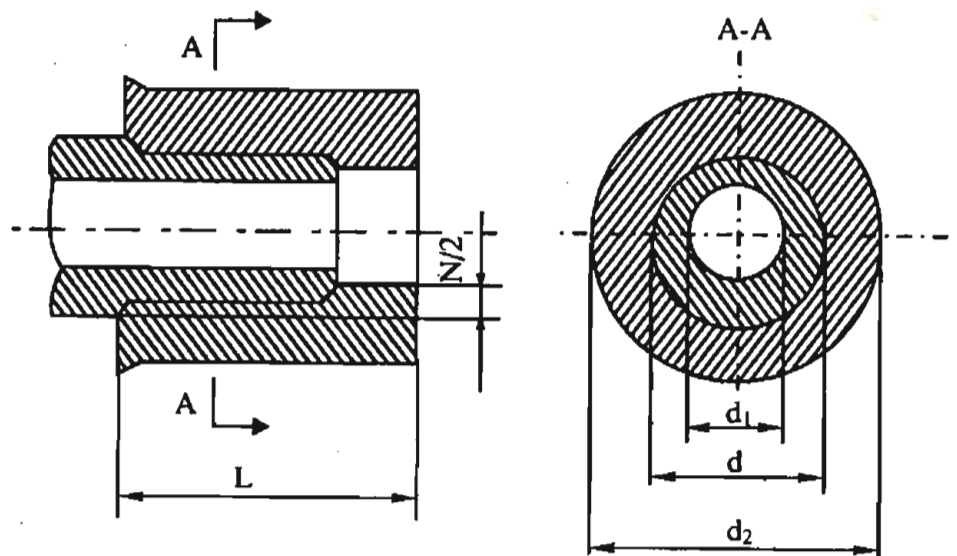
Chọn kiểu lắp chặt tiêu chuẩn cho mỗi ghép có thể được tiến hành dựa trên cơ sở tính toán để đảm bảo hai điều kiện sau :

– Đảm bảo độ bền chắc của mối ghép, tức là đảm bảo không có dịch chuyển tương đối giữa hai chi tiết lắp ghép khi có ngoại lực tác dụng.

– Đảm bảo độ bền của các chi tiết lắp ghép, đảm bảo không phá hỏng bề mặt lắp ghép do ứng suất phát sinh dưới tác dụng của độ dôi lắp ghép.

Với điều kiện thứ nhất cho ta xác định được độ dôi cho phép nhỏ nhất $[N_{\min}]$ đủ đảm bảo truyền lực (mômen xoắn hoặc lực chiều trục). Với điều kiện thứ hai cho phép ta xác định được độ dôi cho phép lớn nhất $[N_{\max}]$, đảm bảo không phát sinh biến dạng dẻo của bề mặt lắp ghép dưới tác động của độ dôi.

Cơ sở tính toán dựa trên bài toán tính sức bền mối ghép ống dày (bài toán Lamê) (hình 4.42).



Hình 4.42

Quá trình tính toán được thực hiện như sau :

1. Tính áp lực riêng nhỏ nhất yêu cầu $[p_{\min}]$ trên bề mặt tiếp xúc của mối ghép theo trị số ngoại lực tác dụng và kích thước của mối ghép (d_N, l).

– Khi truyền mômen xoắn:

$$[p_{\min}] = \frac{2M_x}{\pi d_N^2 l f}, \quad \text{N/m}^2 \quad (4-15)$$

– Khi truyền lực chiều trục P:

$$[p_{\min}] = \frac{P}{\pi d_N l f}, \quad \text{N/m}^2 \quad (4-16)$$

– Khi truyền đồng thời cả mômen xoắn và lực chiều trục :

$$[p_{\min}] = \frac{\sqrt{P^2 + \left(\frac{2M_x}{d_N}\right)^2}}{\pi d_N l f}, \quad \text{N/m}^2 \quad (4-17)$$

P – lực chiều trục, N ; M_x – mômen xoắn, Nm ;

l – chiều dài bề mặt lắp ghép, m ;

f – hệ số ma sát theo hướng tác dụng của lực.

2. Xác định độ dôi tính toán nhỏ nhất đủ đảm bảo truyền lực :

$$N_{\min .tt} = [p_{\min}] \cdot d_N \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \quad (4-18)$$

– E_1, E_2 là môđun đàn hồi của vật liệu chi tiết bị bao và chi tiết bao, N/m^2 .

– C_1, C_2 là hệ số Lamê xác định như sau :

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_N} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_N} \right)^2} - \mu_1 ; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_N}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_N}{d_2} \right)^2} + \mu_2$$

μ_1, μ_2 là hệ số poatson tương ứng với chi tiết bị bao và bao.

Đối với chi tiết bằng thép thì $\mu = 0,3$; $E = (1,96 \div 2) \cdot 10^{11} N/m^2$, chi tiết bằng gang thì $\mu = 0,25$;

$E = (0,74 \div 1,05) \cdot 10^{11} N/m^2$.

3. Xác định độ dôi cho phép nhỏ nhất khi kể ảnh hưởng của nhám bề mặt

$$[N_{\min}] = N_{\min .tt} + 1,2(R_{zD} + R_{zd}) \approx N_{\min .tt} + 5(R_{aD} + R_{ad}) \quad (4-19)$$

Ngoài ảnh hưởng của nhám, người ta còn kể đến ảnh hưởng của những yếu tố khác đến sự thay đổi độ dôi tính toán, ví dụ sự khác nhau giữa nhiệt độ làm việc của chi tiết và nhiệt độ khi lắp, ảnh hưởng của lực li tâm...

4. Xác định áp lực riêng cho phép lớn nhất $[p_{\max}]$, đảm bảo không phát sinh biến dạng dẻo trên bề mặt tiếp xúc của chi tiết lắp ghép $[p_{\max}]$ lấy giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị áp lực riêng p_1 và p_2 :

$$p_1 = 0,58 \sigma_{c1} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_N} \right)^2 \right] \quad (4-20)$$

$$p_2 = 0,58 \sigma_{c2} \left[1 - \left(\frac{d_N}{d_2} \right)^2 \right] \quad (4-21)$$

σ_{c1} và σ_{c2} giới hạn chảy của vật liệu chi tiết bị bao và chi tiết bao.

5. Xác định độ dôi tính toán lớn nhất :

$$N_{\max .tt} = [p_{\max}] \cdot d_N \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \quad (4-22)$$

6. Xác định độ dôi cho phép lớn nhất khi kể ảnh hưởng của nhám bề mặt :

$$\begin{aligned} [N_{\max}] &= N_{\max .tt} + 1,2(R_{zD} + R_{zd}) \\ &\approx N_{\max .tt} + 5(R_{aD} + R_{ad}) \end{aligned} \quad (4-23)$$

7. Chọn kiểu lắp tiêu chuẩn : từ bảng hệ thống dung sai và lắp ghép, TCVN 2245-99, ta chọn một kiểu lắp có đặc tính (N_{\max} , N_{\min}) thỏa mãn điều kiện sau :

$$N_{\max} \leq [N_{\max}]$$

$$N_{\min} > [N_{\min}]$$

Ví dụ : chọn kiểu lắp tiêu chuẩn cho mối ghép có kích thước : $d_N = 60\text{mm}$; $l = 70\text{mm}$; $d_1 = 10\text{mm}$, $d_2 = 100\text{mm}$. Dùng để truyền mômen xoắn $M_x = 650\text{Nm}$. Vật liệu chi tiết bằng thép 45 có giới hạn chảy :

$\sigma_{c1} = \sigma_{c2} = \sigma_c = 35 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$. Chiều cao trung bình của nhám trên bề mặt trục $R_{zd} = 6,3\mu\text{m}$, trên bề mặt lỗ $R_{zD} = 10\mu\text{m}$.

- Xác định $[p_{\min}]$ theo (4-15):

$$[p_{\min}] = \frac{2.650}{3,14(60 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 70 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08} = 2,05 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

chọn hệ số ma sát $f = 0,08$

- Xác định N_{\min} theo (4-18) :

$$N_{\min} = [P_{\min}] \cdot d_N \left(\frac{C_1 + C_2}{E} \right)$$

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{10}{60}\right)^2}{1 - \left(\frac{10}{60}\right)^2} - 0,3 = 0,76 ; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{60}{100}\right)^2}{1 - \left(\frac{60}{100}\right)^2} + 0,3 = 2,43$$

$$N_{\min} = 2,05 \cdot 10^7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,76 + 2,43}{2 \cdot 10^{11}} \right) \approx 20 \cdot 10^{-6} = 20\mu\text{m}$$

- Xác định $[N_{\min}]$ theo (4-19) :

$$[N_{\min}] = 20 + 1,2(10 + 6,3) = 39,6\mu\text{m}$$

Nếu tính đến khả năng tháo lắp thì cần phải cộng thêm một lượng bổ sung $\gamma_b = 10\mu\text{m}$, vậy :

$$[N_{\min}] = 39,6 + 10 = 49,6 \approx 50\mu\text{m}$$

- Xác định $[p_{\max}]$ theo (4-20) và (4-21)

$$p_1 = 0,58 \cdot 35 \cdot 10^7 \left[1 - \left(\frac{10}{60}\right)^2 \right] \approx 20 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$p_2 = 0,58 \cdot 35 \cdot 10^7 \left[1 - \left(\frac{60}{100}\right)^2 \right] \approx 13 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

Vậy : $[p_{\max}] = 13 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$

- Xác định N_{\max} theo (4-22) :

$$N_{\max} = 13.10^7.60.10^{-3} \frac{0,76 + 2,43}{2.10^{11}} = 124.10^{-6} = 124\mu\text{m}$$

- Xác định $[N_{\max}]$ theo (4-23) :

$$[N_{\max}] = 124 + 19,6 = 143,6\mu\text{m}$$

- Theo (TCVN 2245-99) ta chọn được kiểu lắp

$$\phi 60 \begin{matrix} \text{H7} \\ \text{u7} \end{matrix} \begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,117 \\ +0,087 \end{pmatrix} \text{ thỏa mãn điều kiện :}$$

$$N_{\max} = 117\mu\text{m} < [N_{\max}] = 143,6\mu\text{m}$$

$$N_{\min} = 57\mu\text{m} > [N_{\min}] = 50\mu\text{m}$$

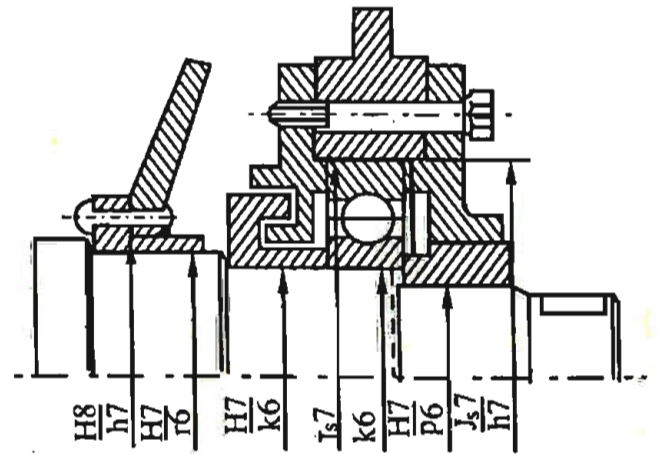
3) Phạm vi ứng dụng của các lắp ghép chặt

Lắp ghép H/p, P/h được đặc trưng bởi độ dôi đảm bảo nhỏ nhất và được quy định ở các cấp chính xác cao : IT4 ÷ IT6 đối với trục, IT5 ÷ IT7 đối với lỗ. Lắp ghép được sử dụng đối với những mối ghép truyền mômen xoắn hoặc lực chiều trục nhỏ, hoặc sự dịch chuyển tương đối của các chi tiết lắp ghép không quan trọng đối với chức năng sử dụng của mối ghép, mối ghép có chi tiết thành mỏng không cho phép biến dạng lớn, mối ghép cân định tâm các chi tiết lớn tải nặng hoặc quay nhanh (có chi tiết kẹp chặt phụ). Đối với mối ghép mà chi tiết lắp ghép bằng kim loại mầu hoặc hợp kim nhẹ thì chúng được sử dụng tương tự như kiểu lắp trung gian H/n, N/h. Trục với miềndung sai p5, p6 lỗ với miềndung sai P6, P7 sử dụng đối với những bề mặt chi tiết lắp với ổ lăn.

- H7/p6, P7/h6 là hai kiểu lắp được sử dụng ưu tiên.

Chúng được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : bạc và bánh răng nhỏ lắp với trục của ụ trước máy tiện ; vành định vị lắp với trục động cơ điện (hình 4.43) ; vành cố định vị trí trên trục của vòng trong ổ lăn ; bánh răng lớn lắp với trục của hộp giảm tốc, trục của tang quấn dây, và các trục khác cổ kẹp chặt phụ bằng then ; bạc cố định với tấm dẫn hướng của đồ gá (hình 4.28).

- H6/p5, P6/h5 là lắp ghép được sử dụng đối với các mối ghép ở cấp chính xác cao, khi không cho phép độ dôi dao động lớn, ví dụ : bạc thành mỏng dễ hỏng lắp với trục có chiều dài lắp ghép tương đối lớn.



Hình 4.43

Lắp ghép H/r, H/s, H/t và R/h, S/h, T/h là các lắp ghép được đặc trưng bằng độ dôi đảm bảo vừa phải, trong giới hạn $(0,0002 \div 0,0006) d_N$. Chúng được sử dụng trong trường hợp khi mà độ bền của chi tiết lắp ghép không cho phép sử dụng lắp ghép có độ dôi lớn, và những mối ghép chịu tải trọng nặng nhưng có chi tiết kẹp chặt phụ.

Lắp ghép H/r và R/h được sử dụng đối với các mối ghép mà chi tiết lắp ghép bằng kim loại mầu hoặc hợp kim nhẹ, còn khi kích thước lắp ghép lớn hơn 80mm và đối với các mối ghép có chi tiết lắp ghép bằng kim loại đen thì được sử dụng như H/p và P/h.

Lắp ghép loại này còn được đặc trưng bởi sự tồn tại biến dạng đàn hồi trong chi tiết lắp ghép và được quy định đối với các chi tiết ở cấp chính xác cao (IT6 ÷ IT7 đối với kích thước lỗ, IT5 ÷ IT7 đối với kích thước trục) và thường không yêu cầu lựa chọn sơ bộ kích thước chi tiết khi lắp.

Lắp ghép có thể được thực hiện nhờ máy ép hoặc bằng phương pháp biến dạng nhiệt. Trong các kiểu lắp thuộc nhóm này thì dung sai kích thước lỗ thường ở cấp chính xác thấp hơn 1 cấp so với kích thước trục.

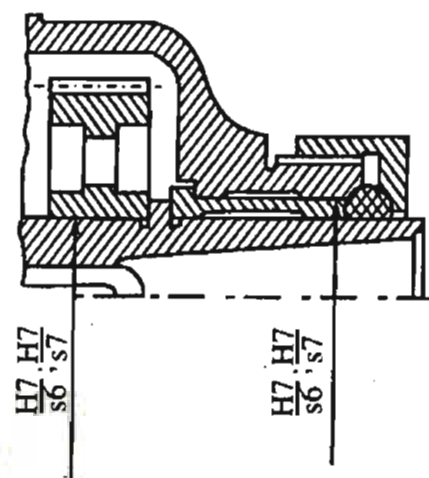
– H7/r6, H7/s6, H7/t6 và R7/h6, S7/h6, T7/h6 là các kiểu lắp ở cấp chính xác trung bình trong đó H7/r6 và H7/s6 được sử dụng ưu tiên. Chúng được sử dụng đối với các mối ghép, ví dụ : bạc ổ trượt lắp với thân ổ khi tải trọng nặng có va đập ; bạc lắp với nắp của thân máy nén khí để khoan (hình 4.44) ; bạc lắp với đầu biên của máy nén khí (hình 4.36) ; bạc dẫn hướng cố định, chốt định vị, chốt tì lắp với thân đồ gá ; cánh quạt lắp với trục động cơ điện máy trục ; áo xi lanh lắp với thân bơm piston ; áo xi lanh lắp với thân của cơ cấu van trượt (hình 4.30) ; bánh răng lắp với trục trung gian trong hộp truyền động của ô tô tải có kẹp chặt phụ bằng then ; bánh răng nhỏ lắp với trục bơm dầu của máy kéo có kẹp chặt phụ bằng then (hình 4.45) ; vành răng đồng của bánh vít với thân gang có kẹp chặt phụ bằng vít (hình 4.46).

– H6/r5, H6/s5 là lắp ghép ở cấp chính xác cao, được sử dụng đối với các mối ghép chính xác, yêu cầu đủ độ bền chắc, không cần kẹp chặt phụ, không cho phép dao động lớn về độ dôi, ví dụ : bạc với trục máy điện, đĩa tì lắp với rôto của tuabin.

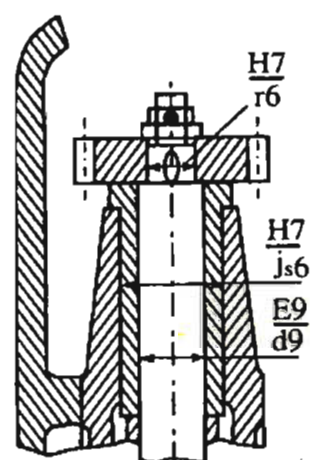
Lắp ghép H/u, H/x, H/z và U/h là các lắp ghép được đặc trưng bởi độ dôi đảm bảo lớn, (0,001 ÷ 0,002) d_N và được sử dụng đối với các mối ghép truyền tải nặng kể cả tải trọng động mà không có chi tiết kẹp chặt phụ. Độ dôi lớn đến mức mà trên bề mặt lắp ghép của chi tiết xuất hiện biến dạng đàn hồi dẻo hoặc biến dạng dẻo. Bởi vậy chi tiết lắp ghép cần được kiểm tra bên, lắp ghép đã chọn phải được kiểm tra thử nghiệm, đặc biệt là trong sản xuất hàng khối.

Lắp ghép được thực hiện bằng cách kết hợp phương pháp biến dạng nhiệt và ép dọc. Dung sai của kích thước lắp ghép thường quy định ở cấp IT8 đôi khi ở cấp IT7.

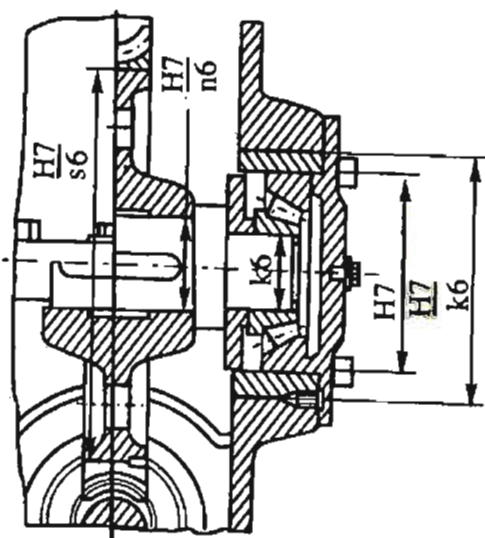
– H7/u7, H8/u8 và U8/h7 là các lắp ghép được sử dụng nhiều nhất trong nhóm lắp ghép có độ dôi lớn, đặc biệt là kiểu lắp H8/u8. Ví dụ : đĩa li hợp lắp không tháo với trục, vành răng đồng trên thân thép của bánh vít, bánh



Hình 4.44

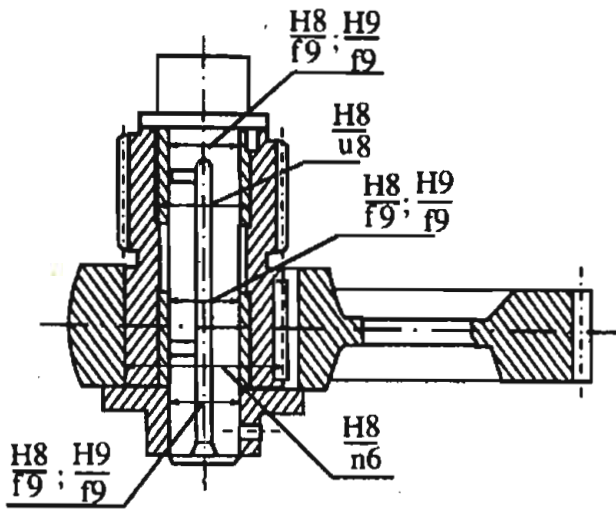


Hình 4.45

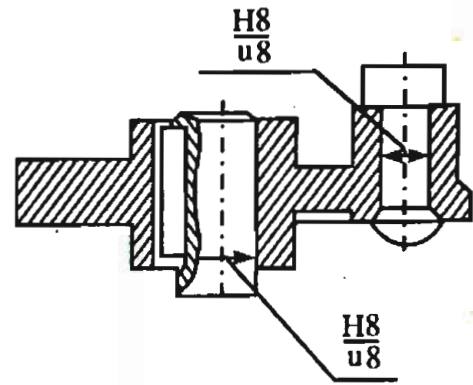


Hình 4.46

tàu hỏa lắp với trục toa tàu ; bạc ổ trượt lắp với thân ổ của máy ép bánh lệch tâm (hình 4.24) ; bạc ngấn với moay ơ bánh răng (hình 4.47), chốt tay quay lắp với đĩa tay quay và đĩa tay quay với trục của máy nông nghiệp (hình 4.48).

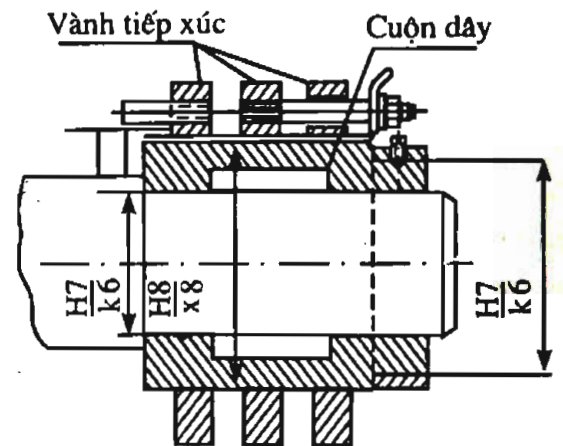


Hình 4.47



Hình 4.48

– H8/x8, H8/z8 : kiểu lắp được sử dụng đối với những mối ghép chịu tải trọng biến đổi, va đập, chấn động và các chi tiết lắp ghép có ứng suất cho phép lớn của vật liệu, ví dụ : vành tiếp xúc trên vòng cách điện của máy điện trung bình và nhỏ (hình 4.49) ; chốt tay quay với đĩa tay quay của cái tời hơi nước (hình 4.29) ; mối ghép giữa chi tiết bằng thép và chi tiết bằng hợp kim nhẹ hoặc chất dẻo.



Hình 4.49

4.8. DUNG SAI KÍCH THƯỚC CALÍP

Trong sản xuất hàng loạt và hàng khối người ta có thể kiểm tra kích thước chi tiết trụ tròn nhờ dụng cụ đo calíp.

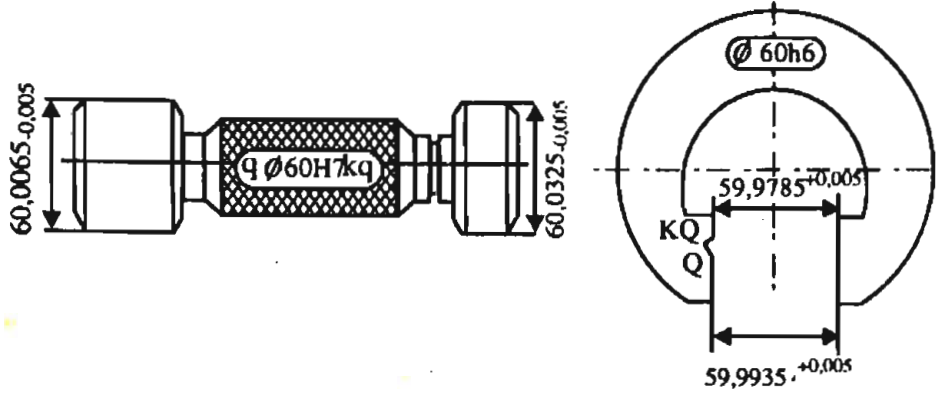
Nguyên tắc kiểm tra bằng calíp là xác định xem kích thước thực của chi tiết có nằm trong phạm vi dung sai hay không mà không cần biết giá trị thực của kích thước là bao nhiêu. Nghĩa là có thể biết được kích thước thực của chi tiết có thỏa mãn bất đẳng thức : $d_{\min} \leq d_{th} \leq d_{\max}$ hay không.

Dựa theo nguyên tắc này mà người ta kết cấu calíp dùng cho công nhân để kiểm tra kích thước khi gia công trên máy, gọi là calíp thợ.

Trong phần này chúng ta cũng chỉ xét dung sai kích thước calíp thợ.

– Kết cấu calíp : dựa theo nguyên tắc nêu trên để kiểm tra kích thước lỗ người ta dùng "nút qua" có kích thước danh nghĩa q_N bằng kích thước giới hạn nhỏ nhất của lỗ D_{\min} và một nút "không qua" có kích thước danh nghĩa $-kq_N$ bằng kích thước giới hạn lớn nhất của lỗ $-D_{\max}$, khi kiểm tra nếu "nút qua" lọt qua lỗ chứng tỏ kích thước thực chi tiết lớn hơn kích thước nút qua tức là lớn hơn kích thước giới hạn nhỏ nhất của lỗ. Còn nút không qua mà không lọt qua lỗ chứng tỏ kích thước thực chi tiết nhỏ hơn kích thước nút không qua, tức là nhỏ hơn kích thước giới hạn lớn nhất. Như vậy khi kiểm tra người công nhân đưa nút qua vào mà lọt qua được lỗ và nút không qua vào mà không lọt qua lỗ thì kích thước chi tiết đạt yêu cầu.

Cũng tương tự như vậy, để kiểm tra kích thước trục người ta dùng calíp hàm qua và không qua. Kết cấu calíp nút và hàm như chỉ dẫn trên hình 4.50.



Hình 4.50

– Sơ đồ phân bố miền dung sai kích thước calíp

Trên sơ đồ phân bố miền dung sai, kích thước danh nghĩa của calíp được xác định như sau :

Đối với calíp nút :

$$q_N = D_{\min}$$

$$kq_N = D_{\max}$$

Đối với calíp hàm :

$$Q_N = d_{\max}$$

$$KQ_N = d_{\min}$$

Dung sai chế tạo và sai lệch giới hạn kích thước calíp được quy định theo (TCVN 2809–78 và TCVN 10–78) (bảng 4.17).

Bảng 4.17. SAI LỆCH VÀ DUNG SAI KÍCH THƯỚC CALÍP, mm

Cấp chính xác chi tiết	Kí hiệu	Kích thước danh nghĩa, mm								
		Từ 1 Đến 3	Tr 3 Đ 6	Tr 6 Đ 10	Tr 10 Đ 18	Tr 18 Đ 30	Tr 30 Đ 50	Tr 50 Đ 80	Tr 80 Đ 120	Tr 120 Đ 180
IT6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
IT7	ZZ ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
IT8	ZZ ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9
	Y Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
IT9	ZZ ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	Y Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	3	4	4	5	6	8	10
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
IT10	ZZ ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	Y Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
IT11	ZZ ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32
	Y Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	4	5	6	8	9	11	13	15	18
	H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18

H, H₁ – dung sai chế tạo kích thước bề mặt đo của calíp kiểm tra lỗ và trục.

Z, Z₁ – độ mòn dự kiến của calíp nút qua và hàm qua.

Y, Y₁ – độ mòn quá mức của calíp nút qua và hàm qua.

Trong quá trình kiểm tra, bề mặt đo của calíp nút qua và hàm qua sẽ bị mòn. Vì vậy để đảm bảo chức năng kiểm tra của calíp người ta phải quy định giới hạn mòn cho phép của kích thước đầu qua (Y), tức là quy định miền dung sai mòn của calíp đầu qua.

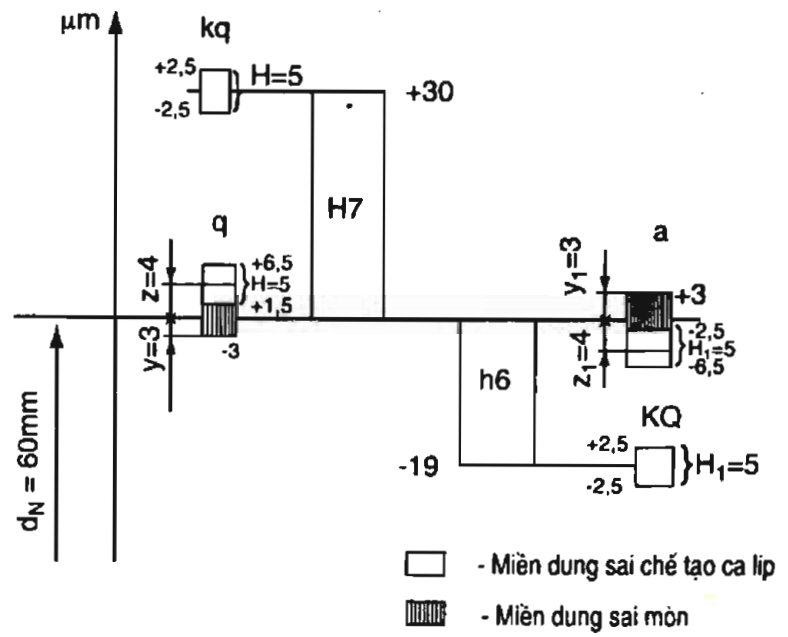
Trên hình 4.51 biểu diễn sơ đồ phân bố dung sai kích thước calíp thợ kiểm tra kích thước của lắp ghép $\phi 60 \frac{H7}{h6}$.

- Ghi kích thước chế tạo calíp trên bản vẽ : khi thiết kế calíp người ta ghi kích thước chế tạo trên bản vẽ như sau :

Đối với calíp nút thì kích thước danh nghĩa chế tạo bằng kích thước giới hạn lớn nhất của calíp, miền dung sai phân bố về phía âm.

Đối với calíp hàm thì kích thước danh nghĩa chế tạo calíp bằng kích thước giới hạn nhỏ nhất của calíp, miền dung sai phân bố về phía dương.

Ví dụ kích thước chế tạo calíp kiểm tra chi tiết của lắp ghép $\phi 60 \frac{H7}{h6}$ được ghi như trên hình 4.50.



Hình 4.51

CHƯƠNG 5

DUNG SAI HÌNH DẠNG, VỊ TRÍ VÀ NHÁM BỀ MẶT

5.1. DUNG SAI HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ BỀ MẶT

Trong quá trình gia công, không chỉ kích thước mà hình dạng và vị trí các bề mặt của chi tiết cũng bị sai lệch. Sai lệch hình dạng và vị trí các bề mặt chi tiết cũng ảnh hưởng lớn đến chức năng sử dụng của chi tiết máy và bộ phận máy. Vì vậy việc khảo sát và quy định phạm vi dung sai cho các thông số ấy cũng được đặt ra như kích thước vậy. Về mặt phương pháp thì việc khảo sát các thông số này cũng tương tự như kích thước, trong phần này chỉ đề cập đến các dạng sai lệch, cách xác định giá trị và ghi kí hiệu sai lệch và dung sai của chúng trên bản vẽ theo (TCVN 2520 – 78 và TCVN 10 – 85).

5.1.1. Sai lệch hình dạng

1) Sai lệch hình dạng bề mặt trụ

Đối với chi tiết trụ tròn thì sai lệch được xét theo hai phương :

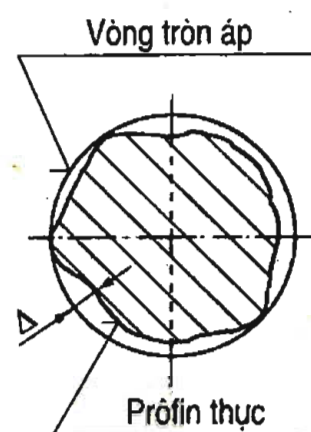
– Sai lệch profin theo phương ngang (mặt cắt ngang) bao gồm các dạng :

+ Sai lệch độ tròn là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của profin thực tới vòng tròn áp, (hình 5.1).

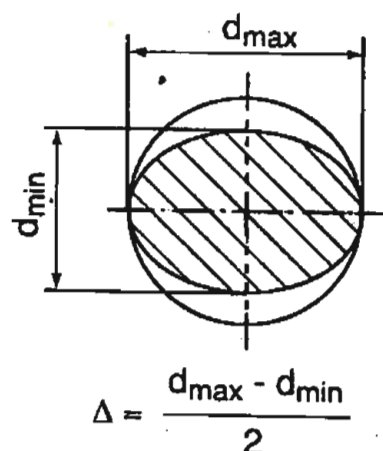
Khi phân tích sai lệch hình dạng theo phương ngang người ta còn xét các dạng thành phần của sai lệch độ tròn là độ ô van và độ phân cạnh.

+ Độ ô van là sai lệch độ tròn mà profin thực là hình ô van, (hình 5.2).

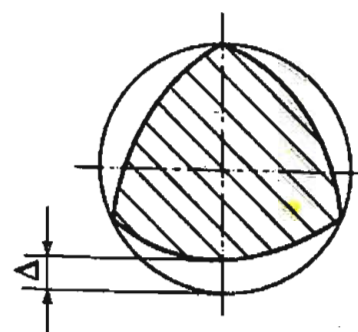
+ Độ phân cạnh là sai lệch về độ tròn mà profin thực là hình nhiều cạnh (hình 5.3)



Hình 5.1



Hình 5.2



Hình 5.3

– Sai lệch profile theo mặt cắt dọc trục : là khoảng cách lớn nhất từ các điểm trên profile thực đến phía tương ứng của profile áp, (hình 5.4).

Tương tự như sai lệch hình dạng theo phương ngang, khi phân tích các sai lệch hình dạng theo phương dọc trục người ta cũng xét các dạng thành phần của sai lệch.

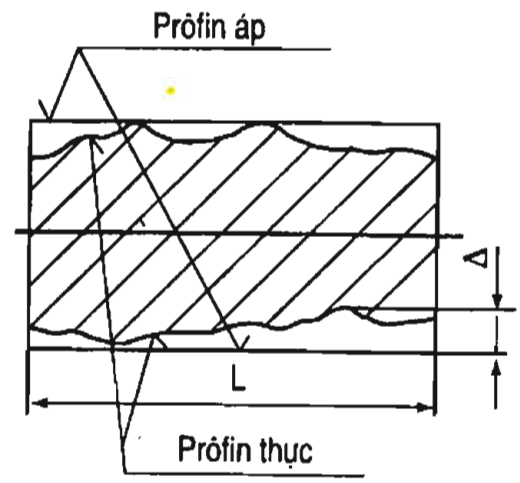
+ Độ côn là sai lệch của profile mặt cắt dọc mà các đường sinh là những đường thẳng nhưng không song song với nhau, (hình 5.5).

+ Độ phình là sai lệch của profile mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và các đường kính tăng từ mép biên đến giữa mặt cắt, (hình 5.6).

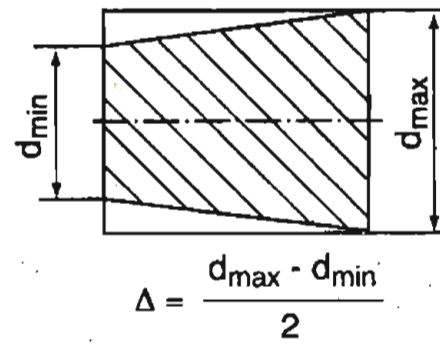
+ Độ thắt là sai lệch của profile mặt cắt dọc mà các đường sinh không thẳng và đường kính giảm từ mép biên đến giữa mặt cắt, (hình 5.7).

Khi đánh giá tổng hợp sai lệch hình dạng bề mặt trụ trơn người ta dùng chỉ tiêu "sai lệch về độ trụ".

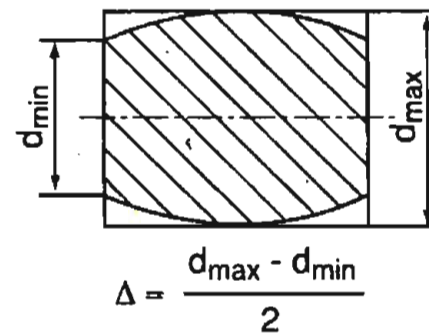
– Sai lệch về độ trụ là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực tới trụ áp trong giới hạn của phân chuẩn (hình 5.8).



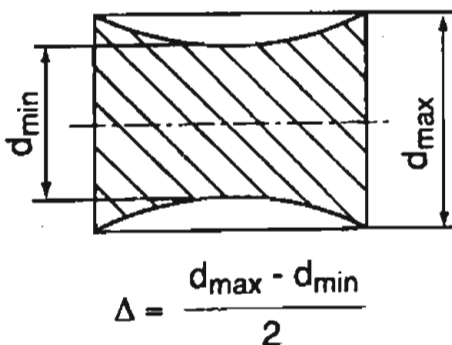
Hình 5.4



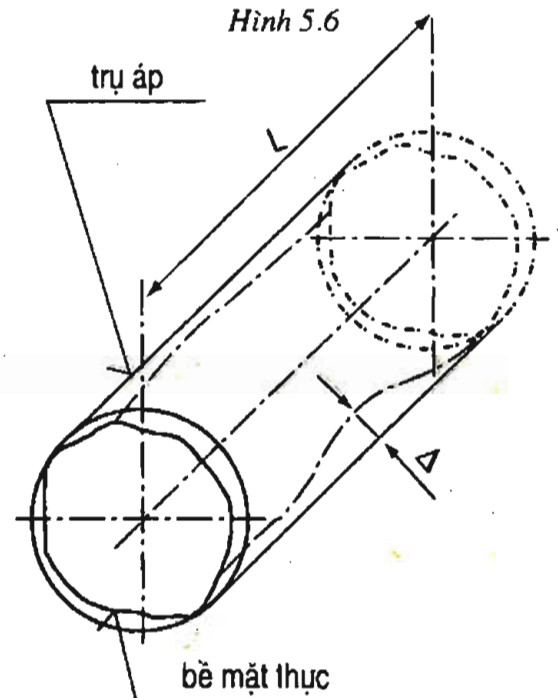
Hình 5.5



Hình 5.6



Hình 5.7



Hình 5.8

2) Sai lệch hình dạng phẳng

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

– Sai lệch về độ phẳng là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của bề mặt thực tới mặt phẳng áp, trong giới hạn của phần chuẩn, (hình 5.9).

– Sai lệch về độ thẳng là khoảng cách lớn nhất Δ từ các điểm của profin thực tới đường thẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn (hình 5.10).

5.1.2. Sai lệch vị trí bề mặt

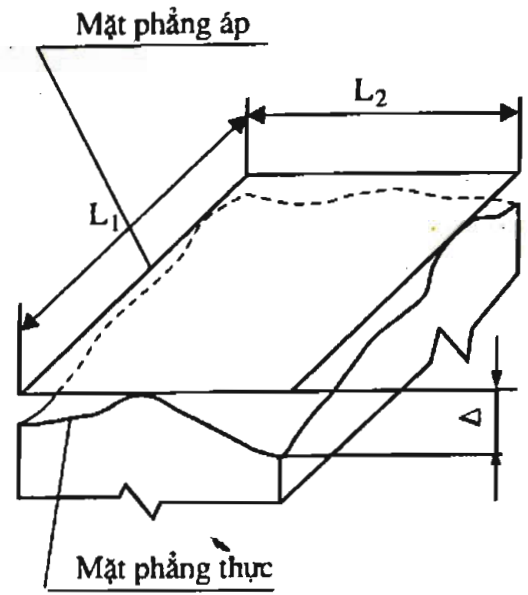
Các chi tiết máy là những vật thể được giới hạn bởi các bề mặt phẳng, trụ, cầu v.v...

Các bề mặt ấy phải có vị trí tương quan chính xác mới đảm bảo đúng chức năng của chúng. Trong quá trình gia công do tác động của các sai số gia công mà vị trí tương quan giữa các bề mặt chi tiết bị sai lệch đi.

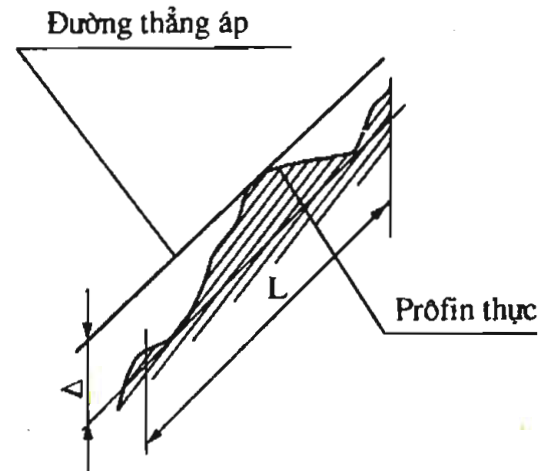
Sai lệch vị trí giữa các bề mặt thể hiện trong các dạng sau đây :

– Sai lệch về độ song song của mặt phẳng là hiệu Δ khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất giữa các mặt phẳng áp trong giới hạn của phần chuẩn (hình 5.11).

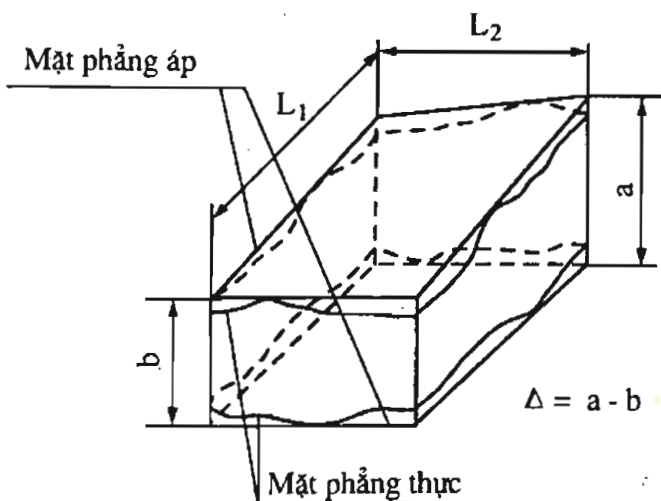
– Sai lệch về độ song song các đường tâm là tổng hình học Δ các sai lệch về độ song song các hình chiếu của đường tâm lên hai mặt phẳng vuông góc ; một trong hai mặt phẳng này là mặt phẳng chung của đường tâm, (hình 5.12).



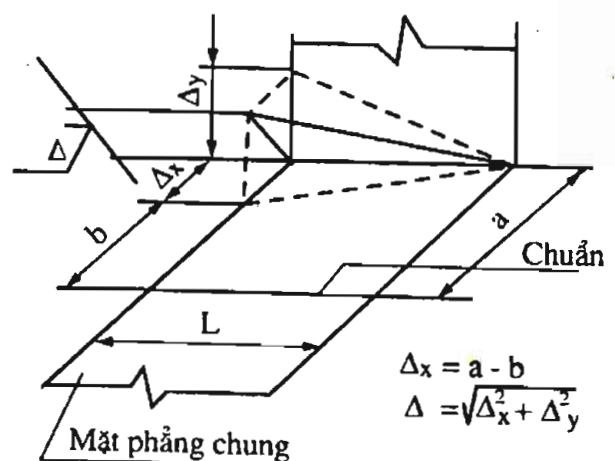
Hình 5.9



Hình 5.10



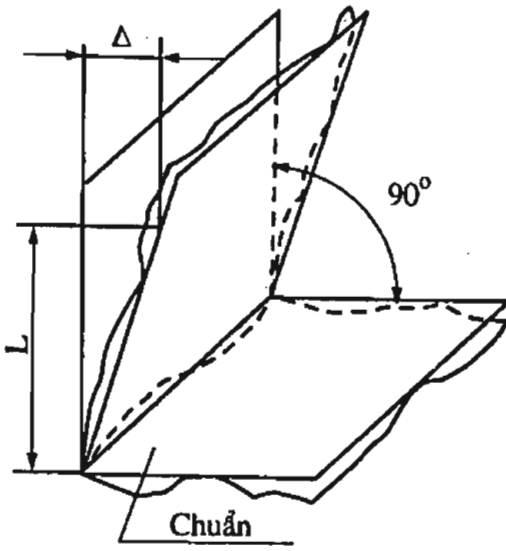
Hình 5.11



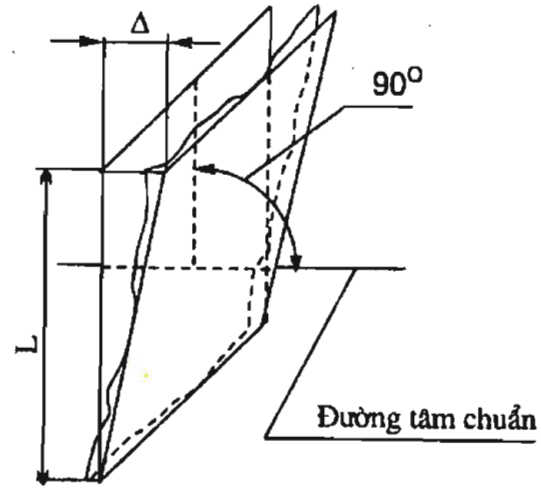
Hình 5.12

– Sai lệch về độ vuông góc các mặt phẳng là sai lệch góc giữa các mặt phẳng so với góc vuông, biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài phần chuẩn, (hình 5.13).

– Sai lệch về độ vuông góc của mặt phẳng hoặc đường tâm đối với đường tâm là sai lệch góc giữa mặt phẳng hoặc đường tâm và đường tâm chuẩn so với góc vuông, biểu thị bằng đơn vị dài Δ trên chiều dài của phần chuẩn, (hình 5.14).



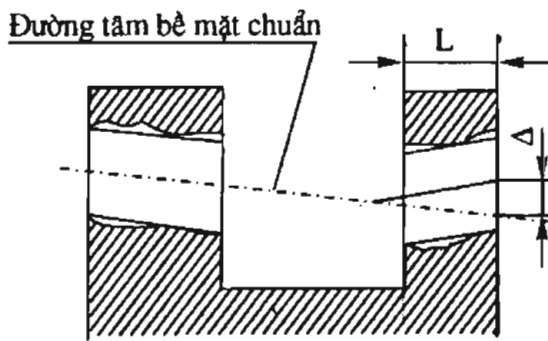
Hình 5.13



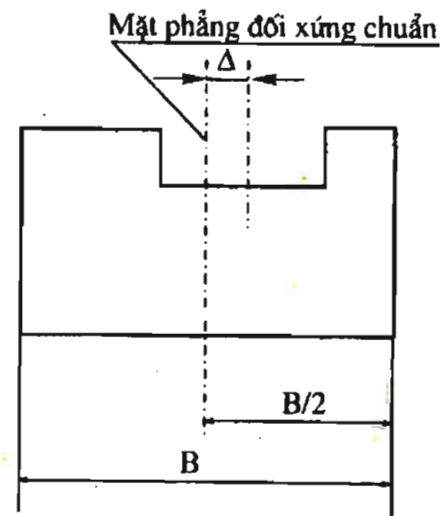
Hình 5.14

– Sai lệch về độ đồng tâm đối với đường tâm bề mặt chuẩn là khoảng cách lớn nhất Δ giữa đường tâm của bề mặt quay được khảo sát và đường tâm của bề mặt chuẩn trên chiều dài phần chuẩn (hình 5.15).

– Sai lệch về độ đối xứng đối với phần tử chuẩn là khoảng cách lớn nhất Δ giữa mặt phẳng đối xứng của phần tử được khảo sát và mặt phẳng đối xứng của phần tử chuẩn trong giới hạn của phần chuẩn, (hình 5.16).



Hình 5.15

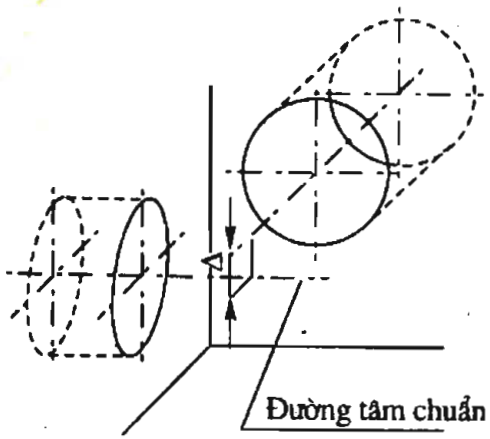


Hình 5.16

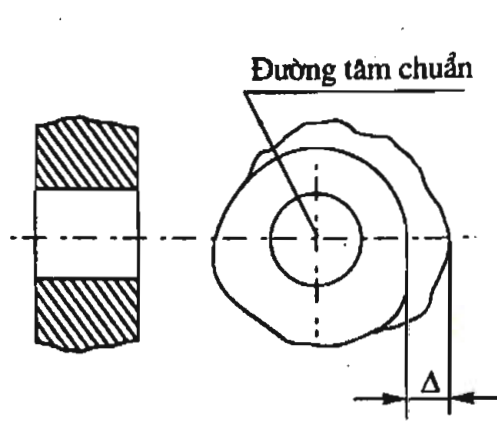
– Sai lệch về độ giao nhau của các đường tâm là khoảng cách nhỏ nhất Δ giữa các đường tâm giao nhau danh nghĩa, (hình 5.17).

– Độ đảo hướng kính là hiệu Δ khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ các điểm của profin thực của bề mặt quay tới đường tâm chuẩn trong mặt cắt vuông góc với đường tâm chuẩn, (hình 5.18).

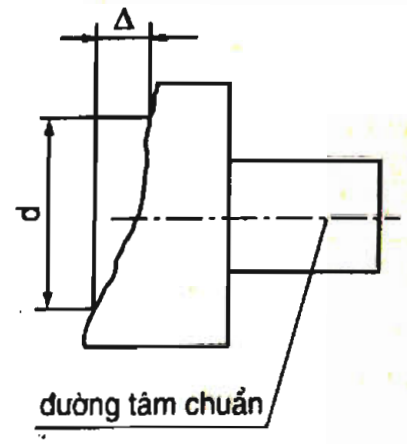
- Độ đảo mặt mút là hiệu Δ khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất từ các điểm của profin thực của mặt mút tới mặt phẳng vuông góc với đường tâm chuẩn, (hình 5.19).



Hình 5.17



Hình 5.18



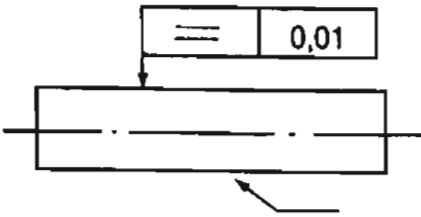
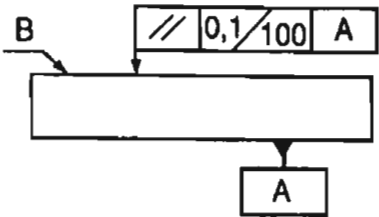
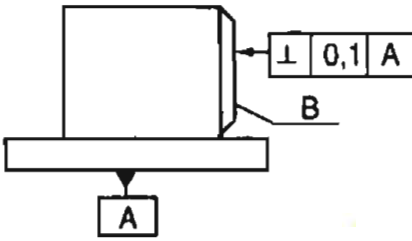
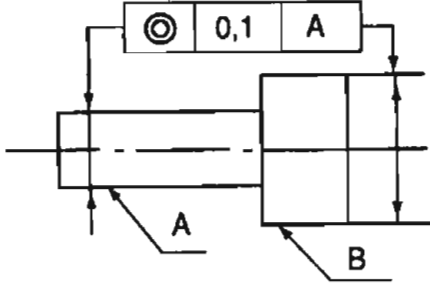
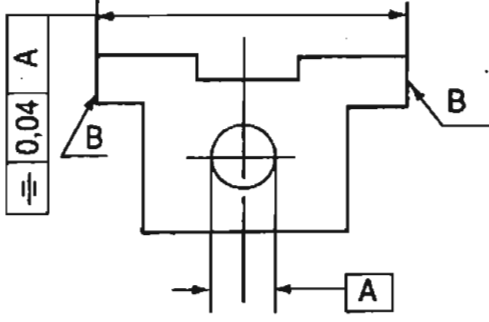
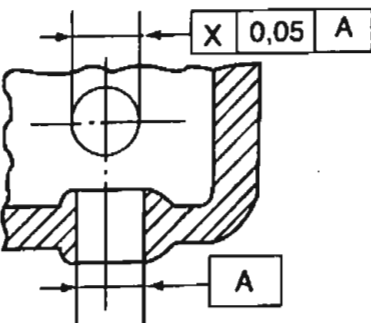
Hình 5.19

5.1.3. Ghi kí hiệu sai lệch, dung sai hình dạng và vị trí bề mặt trên bản vẽ

Trên bản vẽ người ta dùng các dấu hiệu để chỉ các dạng sai lệch và kèm theo các dấu hiệu đó là trị số dung sai của chúng như chỉ dẫn trong bảng 5.1.

Bảng 5.1. MỘT SỐ VÍ DỤ KÍ HIỆU DUNG SAI HÌNH DẠNG VÀ VỊ TRÍ BỀ MẶT TRÊN BẢN VẼ

Kí hiệu	Yêu cầu kĩ thuật
	Dung sai độ phẳng của bề mặt A là 0,05 mm
	Dung sai độ thẳng của bề mặt A là 0,1 mm trên toàn bộ chiều dài bề mặt
	Dung sai độ trụ của bề mặt A là 0,01 mm
	Dung sai độ tròn của bề mặt A là 0,03 mm

Kí hiệu	Yêu cầu kĩ thuật
	<p>Dung sai profin mặt cắt dọc của mặt A là 0,01 mm</p>
	<p>Dung sai độ song song của bề mặt B so với bề mặt A là 0,1 mm trên chiều dài 100 mm</p>
	<p>Dung sai độ vuông góc của mặt B so với mặt A là 0,1 mm</p>
	<p>Dung sai độ đồng tâm của các bề mặt A và B là 0,1 mm</p>
	<p>Dung sai độ đối xứng của mặt B so với đường tâm lỗ A là 0,04 mm</p>
	<p>Dung sai độ giao nhau của hai đường tâm lỗ là 0,05 mm</p>

Kí hiệu	Yêu cầu kĩ thuật
	Dung sai độ đảo hướng kính của bề mặt C so với đường tâm chung của hai mặt A, B là 0,04 mm
	Dung sai độ đảo mặt mút B so với đường tâm của mặt A là 0,1 mm theo đường kính 50 mm

5.1.4. Xác định dung sai hình dạng và vị trí các bề mặt

Theo (TCVN 384–93) thì dung sai hình dạng và vị trí bề mặt được quy định tùy thuộc vào cấp chính xác của chúng. Tiêu chuẩn quy định 16 cấp chính xác hình dạng và vị trí bề mặt và kí hiệu theo mức chính xác giảm dần là : 1, 2, ... 16. Giá trị dung sai ứng với các cấp chính xác khác nhau được chỉ dẫn trong các bảng của phụ lục 2. Muốn xác định dung sai hình dạng và vị trí bề mặt khi thiết kế các chi tiết, trước hết phải chọn cấp chính xác hình dạng và vị trí bề mặt của chi tiết. Cấp chính xác hình dạng và vị trí thường được chọn dựa vào phương pháp gia công bề mặt. Ví dụ bề mặt sau mài tinh có thể đạt cấp chính xác 5 hoặc 6 về hình dạng và vị trí bề mặt. Sau khi đã xác định được cấp chính xác, dựa vào kích thước danh nghĩa tra dung sai hình dạng và vị trí bề mặt theo các bảng tiêu chuẩn (bảng 8, 9, 10 và 11 ; phụ lục 2).

Đối với mặt trụ thì việc xác định cấp chính xác hình dạng có thể dựa vào quan hệ giữa cấp chính xác hình dạng với cấp chính xác kích thước và độ chính xác hình học tương đối của hình dạng bề mặt như chỉ dẫn trong bảng 5.2.

Bảng 5.2. CẤP CHÍNH XÁC HÌNH DẠNG ỨNG VỚI CÁC CẤP CHÍNH XÁC KÍCH THƯỚC

Độ 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		
Hơi 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

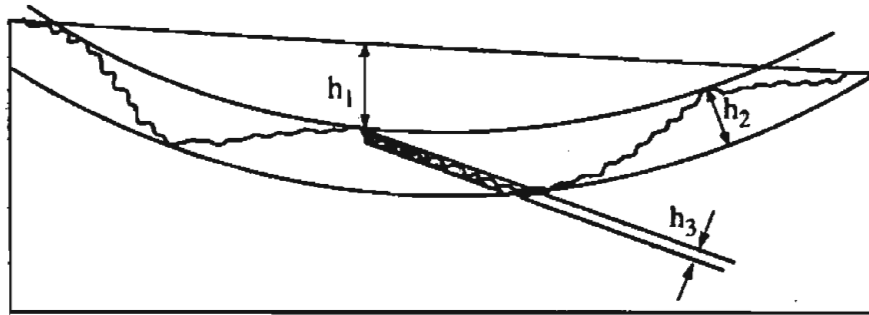
5.2. NHÁM BỀ MẶT

5.2.1. Bản chất nhám bề mặt

Bề mặt chi tiết sau khi gia công không bằng phẳng một cách lí tưởng mà có những mấp mô. Những mấp mô này là kết quả của quá trình biến dạng dẻo của lớp bề mặt chi tiết khi cắt gọt lớp kim loại, là ảnh hưởng của chấn động khi cắt, là vết lưới cắt để lại trên bề mặt gia công và của nhiều nguyên nhân khác nữa ...

Tuy vậy, không phải toàn bộ những mấp mô trên bề mặt đều thuộc về nhám bề mặt, mà nó là tập hợp những mấp mô có bước tương đối nhỏ và được xét trong giới hạn chiều dài chuẩn*, l . Để phân biệt rõ ta xem xét profin bề mặt sau gia công (hình 5.20).

Trên hình vẽ là hình ảnh phóng đại của profin bề mặt sau gia công. Trên đó có những loại mấp mô khác nhau :



Hình 5.20

– Những mấp mô có tỉ số giữa bước mấp mô (p) và chiều cao mấp mô (h) bé hơn hoặc bằng 50 $\left(\frac{p}{h} \leq 50\right)$ thì thuộc về nhám bề mặt, mấp mô có chiều cao h_3 trên hình vẽ.

– Những mấp mô mà $50 \leq \frac{p}{h} \leq 1000$ thuộc về sóng bề mặt, mấp mô có chiều cao h_2 .

– Những mấp mô mà $\frac{p}{h} > 1000$ thuộc sai lệch hình dạng, mấp mô có chiều cao h_1 .

Sở dĩ quan tâm đến nhám bề mặt vì nó ảnh hưởng lớn đến chất lượng làm việc của chi tiết máy.

Đối với những chi tiết trong mối ghép động (ổ trượt, sóng dẫn, con trượt...), bề mặt chi tiết làm việc trượt tương đối với nhau, nên khi nhám càng lớn càng khó đảm bảo hình thành màng dầu bôi trơn bề mặt trượt. Dưới tác dụng của tải trọng các đỉnh nhám tiếp xúc với nhau gây ra hiện tượng ma sát nửa ướt, thậm chí cả ma sát khô, do đó giảm thấp hiệu suất làm việc, tăng nhiệt độ làm việc của mối ghép. Mặt khác tại các đỉnh tiếp xúc, lực tập trung lớn, ứng suất lớn vượt quá ứng suất cho phép phát sinh biến dạng chảy phá hỏng bề mặt tiếp xúc, làm bề mặt bị mòn nhanh, nhất là thời kì mòn ban đầu. Thời kì mòn ban đầu càng ngắn thì thời hạn phục vụ của chi tiết càng giảm.

Đối với các mối ghép độ dôi lớn khi ép hai chi tiết vào nhau thì nhám bị san phẳng, nhám càng lớn thì lượng san phẳng càng lớn, độ dôi của mối ghép càng giảm nhiều, giảm độ bền chắc của mối ghép.

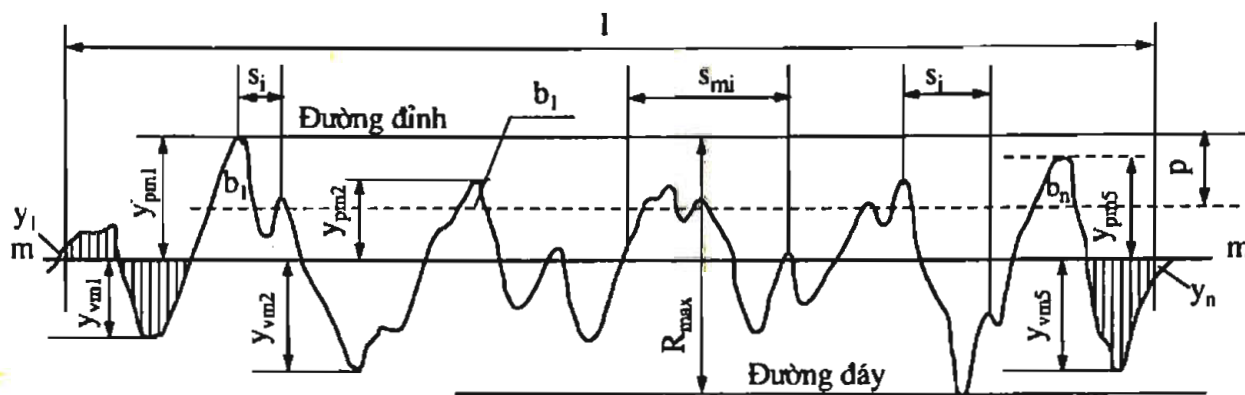
Đối với những chi tiết làm việc ở trạng thái chịu tải chu kì và tải trọng động thì nhám là nhân tố tập trung ứng suất dễ phát sinh rạn nứt làm giảm độ bền mỏi của chi tiết.

* Chiều dài chuẩn : là chiều dài của phần bề mặt được chọn để đo nhám bề mặt, không tính đến những dạng mấp mô khác có bước lớn hơn l (sóng bề mặt chẳng hạn).

Nhám càng nhỏ thì bề mặt càng nhẵn, khả năng chống lại sự ăn mòn càng tốt. Một cách trực quan có thể giải thích điều đó bằng hiện tượng mà chúng ta thường thấy : bề mặt chi tiết càng nhẵn thì càng lâu bị gỉ.

5.2.2. Chỉ tiêu đánh giá và tiêu chuẩn nhám bề mặt

Để đánh giá nhám bề mặt người ta dùng các yếu tố hình học của nhám làm chỉ tiêu. Các chỉ tiêu này được xác định trong phạm vi chiều dài chuẩn l và được tính toán so với đường trung bình của profin bề mặt. Đường trung bình mm được gọi là đường chuẩn (hình 5.21).



Hình 5.21

Đường chuẩn có dạng của profin danh nghĩa của bề mặt và trong giới hạn chiều dài chuẩn nó chia profin thực sao cho tổng bình phương khoảng cách từ các điểm trên profin đến đường trung bình ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$) là nhỏ nhất.

Theo cách khác thì đường trung bình là đường chia profin bề mặt sao cho tổng diện tích (tạo bởi nó và profin) ở hai phía đường đó là bằng nhau, tức là :

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = F'_1 + F'_2 + \dots + F'_n$$

Theo tiêu chuẩn Nhà nước Việt Nam (TCVN 2511-95), để đánh giá nhám người ta thường sử dụng 2 chỉ tiêu sau :

– Sai lệch trung bình số học của profin R_a : là trung bình số học các giá trị tuyệt đối của sai lệch profin (y) trong khoảng chiều dài chuẩn. Sai lệch profin (y) là khoảng cách từ các điểm trên profin đến đường trung bình, đo theo phương pháp tuyến với đường trung bình.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y_x| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

– Chiều cao mấp mô profin theo mười điểm R_z : là trị số trung bình của tổng các giá trị tuyệt đối của chiều cao năm đỉnh cao nhất và chiều sâu của năm đáy thấp nhất của profin trong khoảng chiều dài chuẩn.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |Y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{vmi}|}{5}$$

Trong sản xuất thường đánh giá nhám bề mặt bằng một trong hai chỉ tiêu trên (cũng có thể đánh giá bằng chỉ tiêu khác chẳng hạn chiều cao lớn nhất của mấp mô profin, R_{max} , hình 5.21). Việc chọn chỉ tiêu nào (R_z hoặc R_a) là tùy thuộc vào chất lượng yêu cầu của bề mặt và đặc tính kết cấu của bề mặt. Chỉ tiêu R_a (thông số ưu tiên) được sử dụng phổ biến nhất vì nó cho phép ta đánh giá chính xác hơn và thuận lợi hơn những bề mặt có yêu cầu nhám trung bình. Đối với những bề mặt nhám quá thô hoặc quá nhỏ thì dùng chỉ tiêu R_z lại cho ta khả năng đánh giá chính xác hơn là dùng chỉ tiêu R_a . Chỉ tiêu R_z còn được sử dụng đối với những bề mặt không thể kiểm tra trực tiếp thông số R_a của nhám, chẳng hạn những bề mặt kích thước nhỏ hoặc có profin phức tạp (lưỡi cắt của dụng cụ, chi tiết của đồng hồ...)

Tiêu chuẩn cũng quy định dãy giá trị bằng số của các thông số chiều cao nhám : R_a , R_z và R_{max} (xem bảng 5.3 và 5.4). Khi định giá trị của các thông số nhám trước hết phải sử dụng các giá trị trong dãy ưu tiên.

Bảng 5.3. SAI LỆCH TRUNG BÌNH SỐ HỌC PROFIN, R_a (μm)

0,008				
0,010				
0,012	0,125	1,25	12,5	125
0,016	0,160	1,60	16,0	160
0,020	0,20	2,0	20	200
0,025	0,25	2,5	25	250
0,032	0,32	3,2	32	320
0,040	0,40	4,0	40	400
0,050	0,50	5,0	50	
0,063	0,63	6,3	63	
0,080	0,80	8,0	80	
0,100	1,00	10,0	100	

Chú thích : ưu tiên dùng trị số in đậm.

**Bảng 5.4. CHIỀU CAO MẤP MÔ PROFIN THEO MƯỜI ĐIỂM R_z
VÀ CHIỀU CAO LỚN NHẤT MẤP MÔ CỦA PROFIN R_{max} (μm)**

	0,125	1,25	12,5	125	1250
	0,160	1,60	16,0	160	1600
	0,20	2,0	20	200	—
0,025	0,25	2,5	25	250	—
0,032	0,32	3,2	32	320	—
0,040	0,40	4,0	40	400	—
0,050	0,50	5,0	50	500	—
0,063	0,63	6,3	63	630	—
0,080	0,80	8,0	80	800	—
0,100	1,00	10,0	100	1000	—

Chú thích : Ưu tiên dùng trị số in đậm

5.2.3. Xác định giá trị cho phép của thông số nhám bề mặt

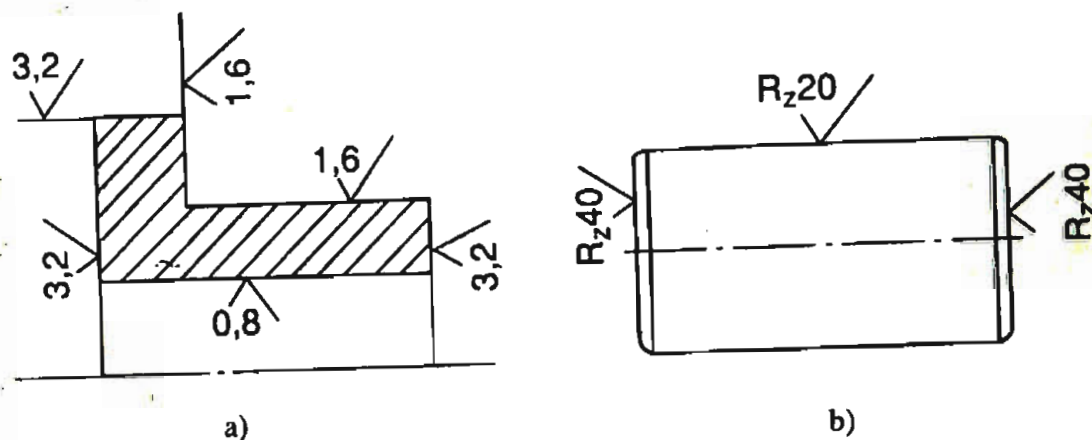
Trị số cho phép của thông số nhám bề mặt được chọn dựa vào chức năng sử dụng của bề mặt cũng như điều kiện làm việc của chi tiết. Mặt khác cũng cần phải căn cứ vào phương pháp gia công hợp lý đảm bảo yêu cầu nhám bề mặt và các yêu cầu độ chính xác của các thông số hình học khác.

Như vậy, việc quyết định trị số của thông số nhám khi thiết kế có thể dựa vào phương pháp gia công đạt độ chính xác kích thước bề mặt (bảng 5.5) hoặc dựa vào quan hệ giữa nhám với dung sai kích thước và hình dạng (bảng 5.6).

Việc quyết định trị số quá nhỏ của nhám so với yêu cầu của bề mặt sẽ dẫn đến tăng chi phí cho gia công bề mặt, tăng giá thành sản phẩm đó là điều không có lợi cho sản xuất.

5.2.4. Ghi kí hiệu nhám trên bản vẽ chi tiết

Trong các bản vẽ thiết kế để thể hiện yêu cầu nhám bề mặt người ta dùng dấu hiệu chữ V lệch "V" và trên đó ghi giá trị bằng số của chỉ tiêu R_a hoặc R_z . Nếu là giá trị của R_a thì chỉ ghi giá trị bằng số (xem hình 5.22a), còn nếu là giá trị của R_z thì phải ghi cả kí hiệu " R_z " kèm theo trị số như chỉ dẫn trên hình 5.22b.



Hình 5.22

**Bảng 5.5. NHÁM BỀ MẶT VÀ CẤP CHÍNH XÁC
ỨNG VỚI CÁC DẠNG GIA CÔNG BỀ MẶT CHI TIẾT**

Dạng gia công		Giá trị thông số R_a , μm	Cấp chính xác	
			Kinh tế	đạt được
1	2	3	4	5
Bào	Thô	12,5* – 25	IT12 – IT14	–
	Tinh	3,2* – 6,3	IT11 – IT13 (10)	–
	Tinh mỏng	(0,8) – 1,6	IT8 – IT10	IT7**
Xọc	Thô	25 – 50	IT14 – IT15	–
	Tinh	3,2* – 12,5	IT12 – IT13	–
Phay bằng dao phay trụ	Thô	2,5 – 5,0	IT12 – IT14	–
	Tinh	3,2* – 6,3	IT11	–
	Tinh mỏng	1,6	IT8, IT9	IT6, IT7**
Phay bằng dao phay mặt dầu	Thô	6,3 – 12,5	IT12 – IT14	–
	Tinh	3,2* – 6,3 (1,6)	IT11	IT10
	Tinh mỏng	(0,8) – 1,6	IT8, IT9	IT6, IT7**
Tiện ngoài chạy dao dọc	Thô	25 – 100	IT15 – IT17	–
	Bán tinh	6,3 – 12,5	IT12 – IT14	–
	Tinh	1,6 – 3,2 (0,8)	IT7 – IT9	IT6
	Tinh mỏng (dao kim cương)	0,4* – 0,8 (0,2)	IT6	IT5

1	2	3	4	5
Tiện ngoài chạy dao ngang	Thô	25 – 100	IT16, IT17	–
	Bán tinh	6,3 – 12,5	IT14, IT15	–
	Tinh	3,2*	IT11 – IT13	IT8, IT9
	Tinh mỏng	(0,8) – 1,6	IT8 – IT11	IT7
Khoan	Đến 15mm	6,3 – 12,5*	IT12 – IT14	IT10
	Trên 15mm	12,5 – 25*	IT12 – IT14	IT10
Khoan rộng		12,5 – 25*	IT12 – IT14	IT10, IT11
Khoét	Thô	12,5 – 25	IT12 – IT15	–
	Tinh	3,2* – 6,3	IT10, IT11	IT8, IT9
Doa bằng dao doa 1 lưỡi	Thô	50 – 100	IT15 – IT17	–
	Bán tinh	12,5 – 25	IT12 – IT14	–
	Tinh	1,6* – 3,2	IT8 – IT9	IT7
	Tinh mỏng (dao kim cương)	0,4* – 0,8	IT7	IT6
Doa bằng dao nhiều lưỡi	Bán tinh	6,3 – 12,5	IT9, IT10	–
	Tinh	1,6 – 3,2	IT7, IT8	–
	Tinh mỏng	(0,4) – 0,8	IT7	–
Chuốt	Bán tinh	6,3	IT8, IT9	–
	Tinh	0,8* – 3,2	IT7, IT8	–
	Đặc biệt	0,2 – 0,4	IT7	IT6
Mài tròn	Bán tinh	3,2 – 6,3	IT8 – IT11	–
	Tinh	0,8* – 1,6	IT6 – IT8	IT6
	Tinh mỏng	0,2* – 0,4(0,1)	IT5	cao hơn IT5
Mài phẳng	Bán tinh	3,2	IT8 – IT11	–
	Tinh	0,8* – 1,6	IT6 – IT8	–
	Tinh mỏng	0,2* – 0,4(0,1)	IT6, IT7	IT6
Mài rà	Tinh	0,4 – 0,2	IT6, IT7	–
	Tinh mỏng	0,1 – 0,6	IT5	–
Đánh bóng	Thường	0,2 – 1,6	IT6	–
	Tinh	0,05 – 0,1	IT5	–
Nghiên bóng	Thô	0,4*	IT6, IT7	IT5
	Trung bình	0,1 – 0,2*	IT5, IT6	IT5
	Tinh	0,05*	IT5	cao hơn IT5
	Đặc biệt	0,012 – 0,025		–
Mài khôn	Phẳng	0,1 – 0,4*	IT7, IT8	IT6
	Trụ	0,05 – 0,2*	IT6, IT7	–
Mài siêu tinh	Phẳng	0,2* – 0,4 (0,05)	IT5 và chính xác hơn	–
	Trụ	0,1* – 0,4 *(0,05)		–
Mài ren		1,6* – 3,2	4 – 6	–
Cán ren bằng con lăn cán		0,4 – 0,8	6 – 8	4
Gia công răng bánh răng	Bào	3,2* – 6,3 (1,6)	7 – 10	–
	Phay	(1,6) – 3,2*	7 – 10	–
	Mài	0,4* – 0,8	5,6	–
	Cà	0,8* – 1,6 (0,4)	5,6	–

Chú thích : – * Giá trị hợp lí của R_a đối với dạng gia công đã cho

– ** Độ chính xác kinh tế đối với gang

– Trong ngoặc là giá trị giới hạn đạt được của R_a

Bảng 5.6. NHẢM BỀ MẶT ỨNG VỚI DUNG SAI KÍCH THUỐC VÀ HÌNH DẠNG

Cấp chính xác kích thước	Dung sai hình dạng theo % của dung sai kích thước	Kích thước danh nghĩa, mm			
		Đến 18	Trên 18 đến 50	Trên 50 đến 120	Trên 120 đến 500
		Giá trị R_a , μm , không lớn hơn			
IT3	100	0,2	0,4	0,4	0,8
	60	0,1	0,2	0,2	0,4
	40	0,05	0,1	0,1	0,2
IT4	100	0,4	0,8	0,8	1,6
	60	0,2	0,4	0,4	0,8
	40	0,1	0,2	0,2	0,4
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	60	0,4	0,8	0,8	1,6
	40	0,2	0,4	0,4	0,8
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
IT9	100 ; 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT10	100 ; 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT11	100 ; 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT12	100 ; 60	12,5	12,5	25	25
IT13	40	6,3	6,3	12,5	12,5

Chú thích : 1. Nếu dung sai tương đối về hình dạng nhỏ hơn giá trị chỉ dẫn trong bảng thì giá trị R_a không lớn hơn 0,15 giá trị dung sai hình dạng.
 2. Trong trường hợp cần thiết, theo yêu cầu chức năng của chi tiết có thể lấy giá trị R_a nhỏ hơn chỉ dẫn trong bảng.

DUNG SAI KÍCH THƯỚC GÓC VÀ LẮP GHÉP CÔN TRƠN

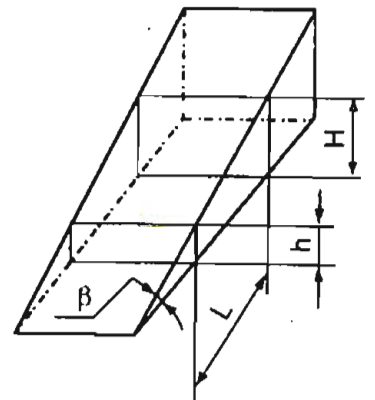
6.1. DUNG SAI KÍCH THƯỚC GÓC

6.1.1. Kích thước góc danh nghĩa

Tương tự như kích thước thẳng danh nghĩa, kích thước góc danh nghĩa đã được tiêu chuẩn hóa theo TCVN 259-86. Tiêu chuẩn đã đưa ra ba dãy kích thước góc danh nghĩa (bảng 12 và 13, phụ lục 3). Khi sử dụng phải chọn theo thứ tự ưu tiên từ dãy một đến dãy ba.

Đối với các chi tiết lăng trụ còn cho phép sử dụng độ nghiêng S và góc tương ứng β (hình 6.1) :

$$S = \frac{H-h}{L} = \operatorname{tg}\beta.$$



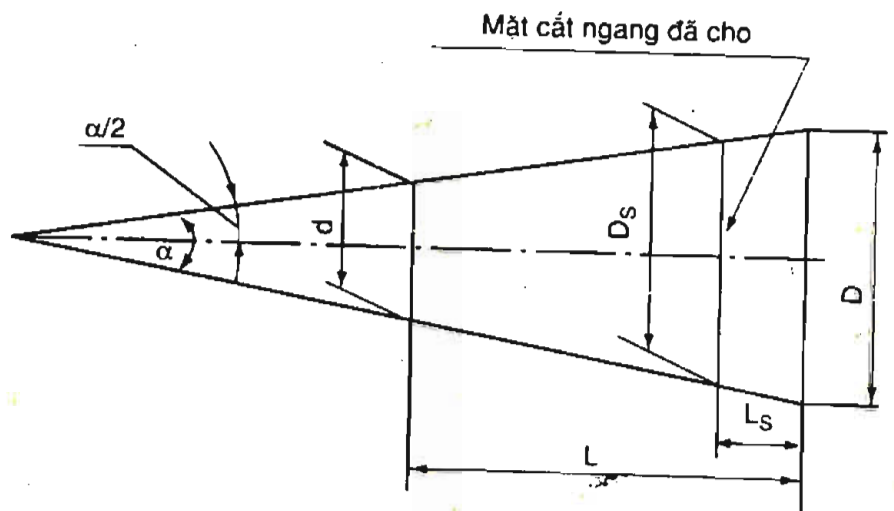
Hình 6.1

6.1.2. Góc côn và độ côn

Góc côn α là góc giữa hai đường sinh trong mặt cắt dọc của côn (hình 6.2).

Độ côn C là tỉ số của hiệu đường kính 2 mặt cắt ngang với khoảng cách giữa chúng. Đối với côn cụt, nó là tỉ số hiệu đường kính đáy lớn và đáy nhỏ với chiều dài côn (hình 6.3) :

$$C = \frac{D - d}{L} = 2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$



Hình 6.2

6.1.3. Dung sai

Dung sai kích thước góc được kí hiệu là : AT (angle tolerance). Trị số dung sai được tính bằng hiệu số giữa góc giới hạn lớn nhất và nhỏ nhất :

$$AT = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$$

Dung sai kích thước góc có thể biểu thị bằng đơn vị góc (radian hoặc độ, phút, giây góc), hoặc bằng đơn vị dài (micro mét). Tùy theo đơn vị biểu thị ta có các kí hiệu sau (hình 6.4) :

AT_α : dung sai góc tính theo đơn vị góc

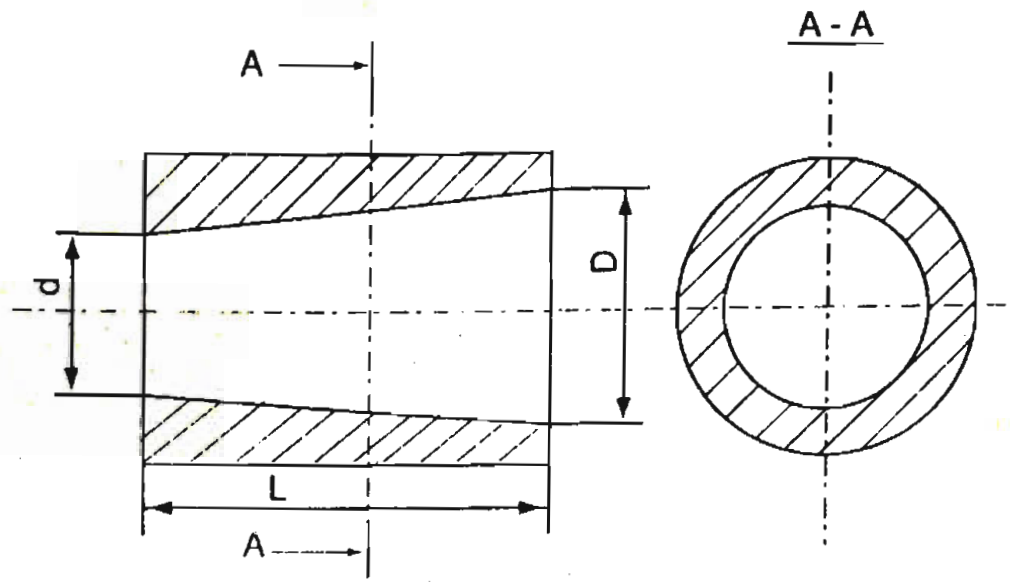
AT'_α : Trị số quy tròn của dung sai góc tính theo độ, phút, giây

- AT_h : dung sai góc

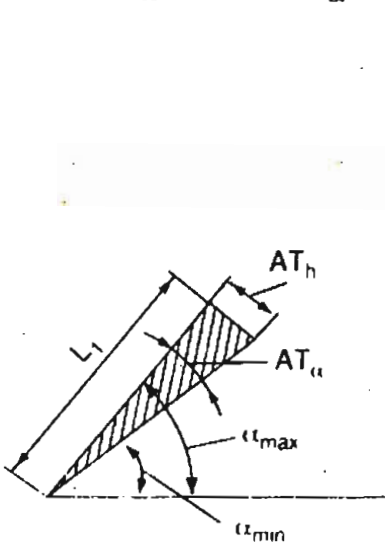
được biểu diễn bằng đoạn vuông góc với một cạnh của góc tại vị trí cách đỉnh mỗi khoảng L_1 và nằm đối diện với góc dung sai AT , (hình 6.4).

$$AT_h = AT_\alpha \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$$

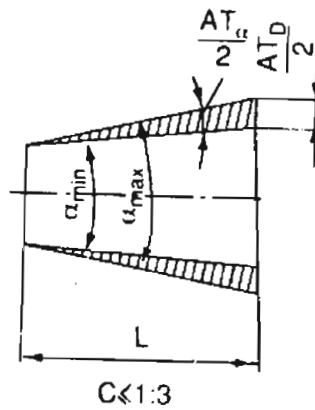
với AT_h , μm ; AT_α , μrad ; L_1 , mm.



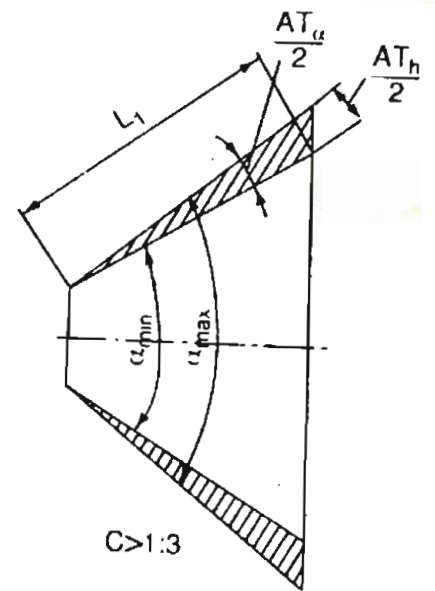
Hình 6.3



Hình 6.4



Hình 6.5



Hình 6.6

- AT_D : dung sai góc côn được biểu diễn bằng dung sai hiệu đường kính của hai mặt cắt vuông góc với trục côn và cách nhau một khoảng L đã cho (hình 6.5).

+ Khi góc côn có độ côn $C \leq 1 : 3$, (hình 6.5) thì $AT_\alpha = AT_h$

+ Khi góc côn có độ côn $C > 1 : 3$, (hình 6.6) thì $AT_D = \frac{AT_h}{\cos \frac{\alpha}{2}}$, với α - góc côn danh nghĩa

6.1.4. Cấp chính xác

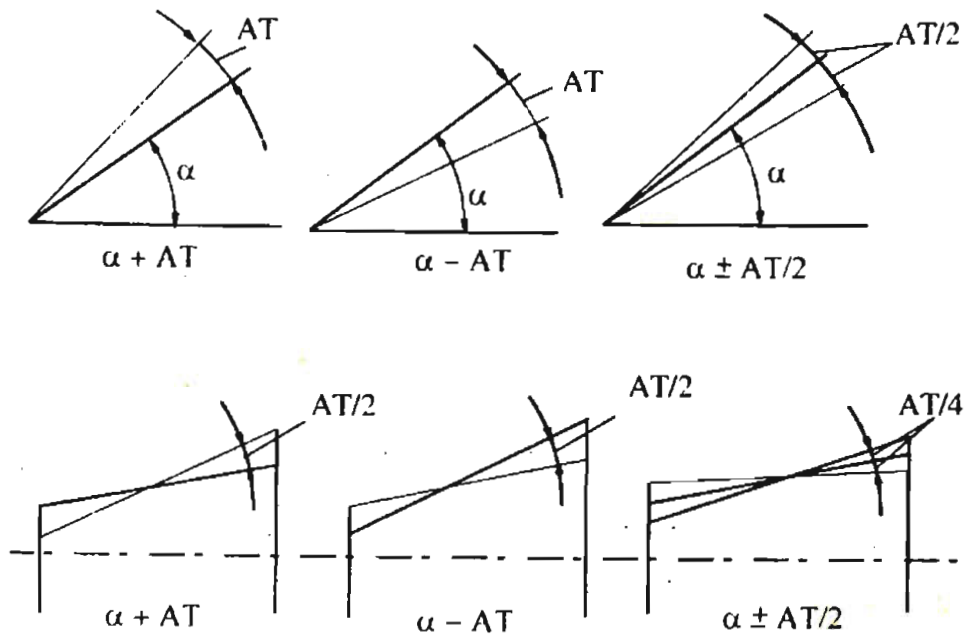
Trị số dung sai kích thước góc còn phụ thuộc vào mức độ chính xác của kích thước góc. Đối với kích thước góc, tiêu chuẩn quy định 17 cấp chính xác kí hiệu là : 1, 2, 3,... 17. Trị số dung sai ở

từng cấp chính xác và ứng với các khoảng chiều dài danh nghĩa L khác nhau, cho trong các bảng tiêu chuẩn, (bảng 14 phụ lục 3).

6.1.5. Sơ đồ phân bố miền dung sai

Miền dung sai AT được phân bố về phía dương hoặc âm, hoặc đối xứng đối với kích thước góc danh nghĩa tùy theo yêu cầu chế tạo chi tiết và lắp ghép (hình 6.7).

Trong trường hợp đặc biệt có thể dùng phân bố khác của miền dung sai góc.



Hình 6.7

6.2. LẮP GHÉP CÔN TRON

Lắp ghép côn được sử dụng phổ biến là nhờ các tính chất ưu việt của chúng như : độ kín, độ bền cao, có thể dễ dàng điều chỉnh khe hở và độ dôi nhờ sự thay đổi vị trí dọc trục của chi tiết, tự định tâm tốt, khả năng tháo lắp nhanh mà không làm hư hỏng bề mặt lắp ghép của các chi tiết.

6.2.1. Đặc tính của lắp ghép côn trơn

Cũng tương tự như lắp ghép trụ trơn, tùy theo đặc tính lắp ghép mà lắp ghép côn trơn được phân làm 3 loại : lắp ghép có độ dôi (lắp cố định), lắp ghép có độ hở (lắp động), lắp ghép khít.

Độ hở và độ dôi của lắp ghép tùy thuộc vào vị trí hướng trục của các chi tiết lắp ghép. Vị trí hướng trục của các chi tiết côn trơn được xác định so với mặt phẳng chuẩn đã cho, (hình 6.8).

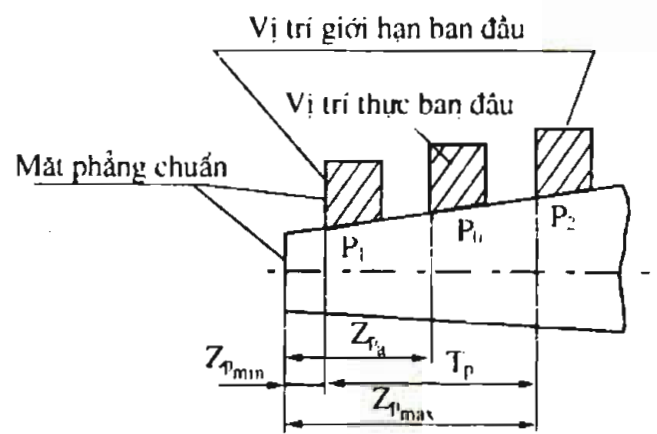
6.2.2. Mặt phẳng chuẩn

Mặt phẳng chuẩn của côn là mặt phẳng vuông góc với đường tâm côn.

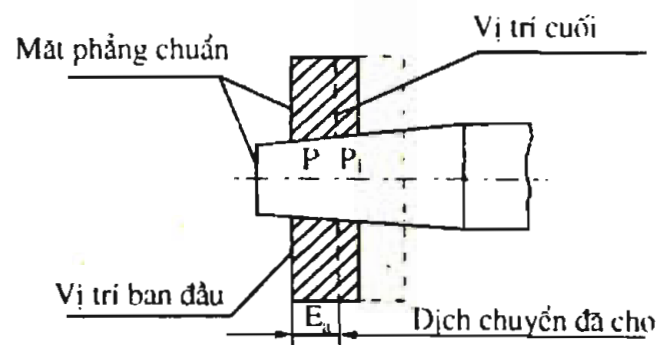
Khi đã chọn mặt phẳng chuẩn thì vị trí hướng trục của côn đã cho so với côn lắp ghép với nó được xác định bằng khoảng cách chuẩn Z_p .

Khoảng cách chuẩn là khoảng cách giữa các mặt chuẩn của côn lắp ghép đo theo hướng trục của côn (hình 6.8)

Tương ứng với các kích thước giới hạn của các thông số côn ta cũng có các khoảng cách chuẩn



Hình 6.8



Hình 6.9

giới hạn : $Z_{p\max}$, $Z_{p\min}$. Dung sai khoảng cách chuẩn T_p được tính như sau :

$$T_p = Z_{p\max} - Z_{p\min}$$

$Z_{p\max}$, $Z_{p\min}$ – khoảng cách chuẩn giới hạn ở vị trí ban đầu của côn.

Khi thực hiện lắp ghép hai chi tiết côn với nhau thì tùy theo đặc tính lắp ghép mà vị trí của côn dịch chuyển tương đối với nhau một lượng E_a (hình 6.9). Vị trí sau khi lắp ghép ta gọi là vị trí cuối của côn P_f .

6.2.3. Sai lệch và dung sai của các yếu tố kích thước côn

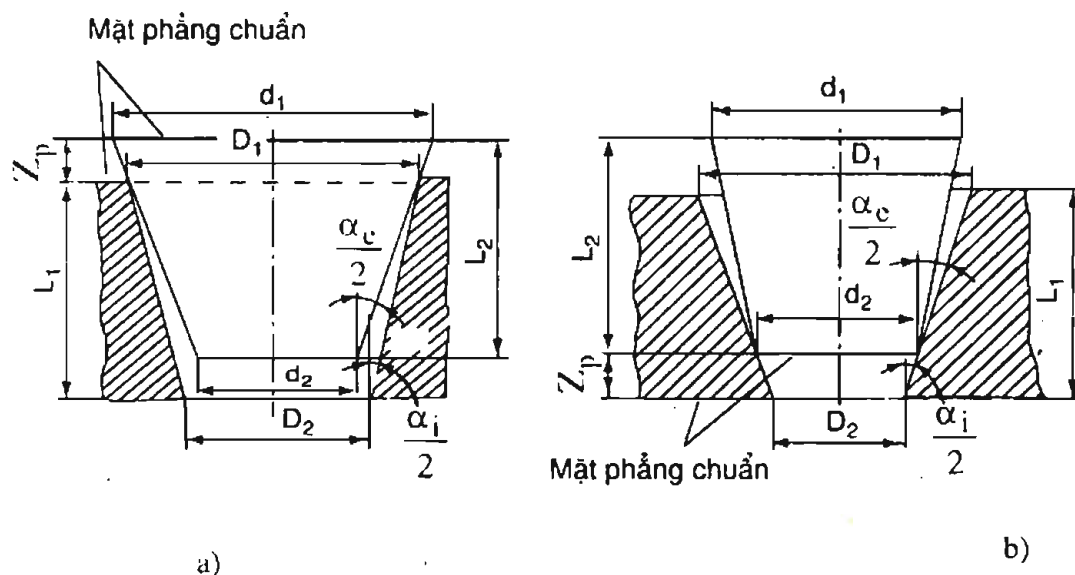
Khi thiết kế, chế tạo mối ghép côn người ta có thể xác định sai lệch và dung sai của các yếu tố kích thước chi tiết côn xuất phát từ sai lệch và dung sai đã cho của khoảng cách chuẩn của mối ghép hoặc ngược lại có thể xác định sai lệch và dung sai khoảng cách chuẩn của mối ghép xuất phát từ sai lệch và dung sai của các yếu tố kích thước chi tiết côn đã cho theo yêu cầu về kết cấu và khả năng công nghệ. Để tiến hành tính toán ta phải thiết lập quan hệ về sai lệch và dung sai giữa chúng.

Xét lắp ghép côn (hình 6.10) :

Trường hợp $\alpha_e > \alpha_i$ (hình 6.10a)

α_e – góc côn của côn ngoài.

α_i – góc côn của côn trong.



Hình 6.10

Ta có :

$$Z_p = \frac{d_1 - D_1}{2\text{tg}\alpha_e/2} \quad (6-1)$$

Thay D_1 bằng kích thước (D_2) được kiểm tra dễ dàng bằng calíp giới hạn.

$$D_1 = D_2 + L_1 \cdot 2\text{tg}\alpha_i/2 \quad (6-2)$$

Từ (6-1) và (6-2) ta suy ra :

$$Z_p = \frac{d_1 - D_2}{2\text{tg}\alpha_e/2} - L_1 \frac{\text{tg}\alpha_i/2}{\text{tg}\alpha_e/2} \quad (6-3)$$

Áp dụng lí thuyết tính sai số, từ (6-3) ta suy ra :

$$Z_{p\max} = \frac{es_{d_1} - EI_{D_2}}{2\text{tg}\alpha/2} - \frac{2Z_p}{\sin\alpha} e_{i\alpha_e} - \frac{2L_1}{\sin\alpha} EI_{\alpha_i} - EI_{L_1} \quad (6-4)$$

$$Z_{p\min} = \frac{ei_{d_1} - ES_{D_2}}{2\text{tg}(\alpha/2)} - \frac{2Z_p}{\sin\alpha} es_{\alpha_e} - \frac{2L_1}{\sin\alpha} ES_{\alpha_i} - ES_{L_1} \quad (6-5)$$

$$T_P = \frac{AT_{d_1} + AT_{D_2}}{2\text{tg}(\alpha/2)} + \frac{2Z_p}{\sin\alpha} AT_{\alpha_e} + \frac{2L_1}{\sin\alpha} AT_{\alpha_i} + T_{L_1} \quad (6-6)$$

ở đây :

$Z_{p\max}, Z_{p\min}, T_P$ – sai lệch giới hạn và dung sai khoảng cách chuẩn của mối ghép ;

$es_{d_1}, ei_{d_1}, AT_{d_1}$ – sai lệch giới hạn và dung sai đường kính d_1 của côn ngoài ;

$ES_{D_2}, EI_{D_2}, AT_{D_2}$ – sai lệch giới hạn và dung sai đường kính D_2 của côn trong ;

$es_{\alpha_e}, ei_{\alpha_e}, AT_{\alpha_e}$ – sai lệch giới hạn và dung sai góc côn của côn ngoài (trục côn) ;

$ES_{\alpha_i}, EI_{\alpha_i}, AT_{\alpha_i}$ – sai lệch giới hạn và dung sai góc côn của côn trong (lỗ côn) ;

$ES_{L_1}, EI_{L_1}, T_{L_1}$ – sai lệch giới hạn và dung sai của kích thước chiều dài L_1 .

Đối với côn có $1 : 50 \leq C \leq 1 : 6$ thì $\sin\alpha \approx 2\text{tg}(\alpha/2) = C$, ta có :

$$Z_{P\max} = \frac{1}{C} (es_{d_1} - EI_{D_2} - 2Z_p ei_{\alpha_e} - 2L_1 EI_{\alpha_i}) - EI_{L_1} \quad (6-7)$$

$$Z_{P\min} = \frac{1}{C} (ei_{d_1} - ES_{D_2} - 2Z_p es_{\alpha_e} - 2L_1 ES_{\alpha_i}) - ES_{L_1} \quad (6-8)$$

$$T_P = \frac{1}{C} (AT_{d_1} + AT_{D_2} + 2Z_p AT_{\alpha_e} + 2L_1 AT_{\alpha_i}) + T_{L_1} \quad (6-9)$$

Trường hợp $\alpha_e < \alpha_i$ (hình 6.10b) cũng tương tự như trên ta có :

$$Z_{P\max} = \frac{1}{C} (es_{d_1} - EI_{D_2} - 2Z_p EI_{\alpha_i} - 2L_2 ei_{\alpha_e}) - EI_{L_2} \quad (6-10)$$

$$Z_{P\min} = \frac{1}{C} (ei_{d_1} - ES_{D_2} - 2Z_p ES_{\alpha_i} - 2L_2 es_{\alpha_e}) - ES_{L_2} \quad (6-11)$$

$$T_P = \frac{1}{C} (AT_{d_1} + AT_{D_2} + 2Z_p AT_{\alpha_i} + 2L_2 AT_{\alpha_e}) + T_{L_2} \quad (6-12)$$

Ví dụ : Cho mối ghép côn (hình 6.11)

Biết :

+ Độ côn $C = 1 : 20 = 0,05$ và góc côn $\alpha = 2^\circ 51' 51''$

+ Khoảng cách chuẩn $Z_p = 1\text{mm}$

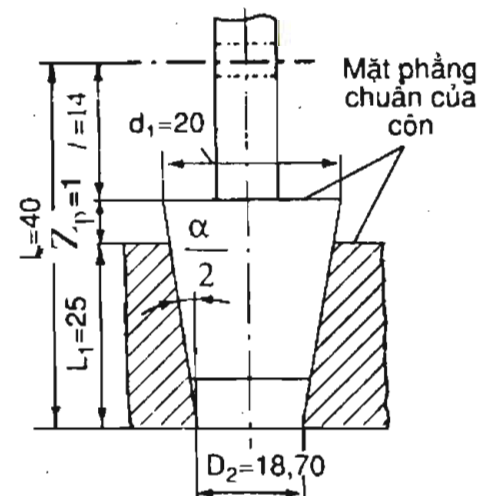
+ Kích thước $L = 40\text{mm}$ được phép dao động trong khoảng từ 40 đến 42mm ($T_L = 2\text{mm}$)

+ Với lí do kinh tế và công nghệ kích thước l và L_1 được chế tạo ở cấp chính xác IT10, do vậy :

$$T_{L_1} = 0,045\text{mm} \quad T_l = 0,035\text{mm}.$$

Xác định dung sai cho các kích thước : AT_{d_1}, AT_{D_2} và AT_{α} ($d_1 = 20, D_2 = 18,7\text{mm}$).

Xét chuỗi kích thước bao gồm các khâu L, L_1, Z_p, l và với L là khâu khép kín ta tính được dung sai khoảng cách chuẩn, T_P :



Hình 6.11

$$T_P = T_L - (T_{L_1} + T_l)$$

$$= 2 - (0,035 + 0,045) = 1,920\text{mm.}$$

Từ biểu thức (6-9), ta suy ra :

$$AT_{d_1} + AT_{D_2} + 2Z_P AT_{\alpha_e} + 2L_1 AT_{\alpha_i} = (T_P - T_{L_1})C$$

$$AT_{d_1} + AT_{D_2} + 2AT_{\alpha_e} + 50AT_{\alpha_i} = 0,09375\text{mm.}$$

Dựa vào điều kiện công nghệ cụ thể của sản xuất ta phân bố dung sai cho các yếu tố như sau :

Theo điều kiện công nghệ hợp lí thì :

Kích thước d_1 được chế tạo ở cấp chính xác IT9 : $AT_{d_1} = 0,021\text{mm}$

Kích thước D_2 được chế tạo ở cấp chính xác IT10 : $AT_{D_2} = 0,033\text{mm.}$

Dung sai kích thước góc : $AT_{\alpha_e} = AT_{\alpha_i}$

Ta có:
$$AT_{\alpha_e} = AT_{\alpha_i} = \frac{0,09375 - 0,021 - 0,033}{52} = 0,00076 \text{ rad}$$

$$AT_{\alpha_e} = AT_{\alpha_i} \approx 2'39,6''.$$

CHƯƠNG 7

DUNG SAI LẮP GHÉP REN

7.1. DUNG SAI KÍCH THƯỚC REN HỆ MÉT

7.1.1. Các thông số kích thước cơ bản

Các thông số kích thước cơ bản của ren được trình bày theo TCVN 2248-77 (phù hợp với ISO), (hình 7.1).

Để quy định dung sai kích thước ren ta phải khảo sát ảnh hưởng sai số các yếu tố kích thước đến tính lắp lẫn của ren.

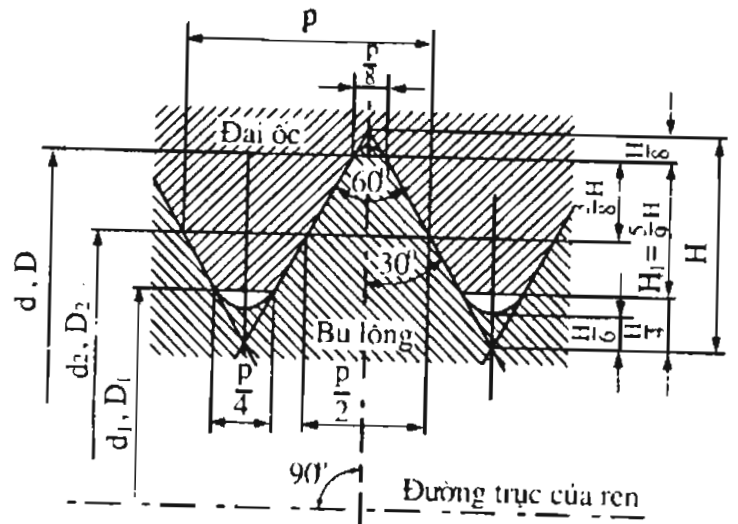
7.1.2. Ảnh hưởng sai số các yếu tố đến tính lắp lẫn của ren

Bề mặt ren là bề mặt xoắn vít, độ chính xác tạo hình của nó chủ yếu do 3 thông số kích thước cơ bản quyết định : đường kính d_2 , (D_2), bước ren p và góc profin ren α .

1) Ảnh hưởng của sai số bước ren ΔP

Sai số bước ren là hiệu giữa bước thực và bước danh nghĩa. Sai số bước ren bao gồm các thành phần : sai số tích lũy, sai số chu kỳ và sai số cục bộ. Tỷ lệ giữa các thành phần đó tùy thuộc vào công nghệ chế tạo ren, độ chính xác của máy và dụng cụ cắt ren ...

Khi có sai số bước ren, chẳng hạn sai số tích lũy bước ΔP_n thì dù cho đường kính trung bình của ren đai ốc và bulông bằng nhau vẫn không vặn vào nhau được. Muốn vặn vào được thì hoặc là giảm đường kính trung bình của bulông hoặc



Hình 7.1

- d – đường kính ngoài của ren ngoài (bulông) ;
- D – đường kính ngoài của ren trong (đai ốc) ;
- d_2 – đường kính trung bình của ren ngoài ;
- D_2 – đường kính trung bình của ren trong ;
- d_1 – đường kính trong của ren ngoài ;
- D_1 – đường kính trong của ren trong ;
- P – bước ren ;
- α – góc profin ren ($\alpha = 60^\circ$ với ren hệ mét, $\alpha = 55^\circ$ với ren hệ Anh) ;
- H – chiều cao của profin gốc
- H_1 – chiều cao làm việc của profin ren
- S – chiều dài vắn ren nhóm ngắn ;
- N – chiều dài vắn ren nhóm bình thường ;
- L – chiều dài vắn ren nhóm dài.

tăng đường kính trung bình của đai ốc lên 1 lượng tương ứng là f_p (hình 7.2)

$$f_p = \Delta P_n \cdot \cot g \frac{\alpha}{2}$$

f_p – là lượng bồi thường đường kính của sai số bước ren

– Đối với ren hệ mét $\alpha = 60^\circ$

$$f_p = 1,732 \Delta P_n$$

– Đối với ren hệ Anh $\alpha = 55^\circ$

$$f_p = 1,921 \Delta P_n$$

2) Ảnh hưởng của sai số góc profin ren $\Delta \frac{\alpha}{2}$

Sai số góc profin ren là hiệu giữa giá trị thực và danh nghĩa của nửa góc profin ren $\frac{\alpha}{2}$ (sai số bao gồm sai số của góc α và sai số vị trí góc α so với đường tâm ren).

Sai số góc profin ren được xác định như sau :

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{|\Delta \alpha/2_{\text{phải}}| + |\Delta \alpha/2_{\text{trái}}|}{2}$$

Cũng tương tự như ảnh hưởng sai số bước ren, khi xuất hiện sai số góc profin ren thì bulông và đai ốc cũng không thể vặn vào nhau được. Để chúng vặn vào nhau được thì hoặc là ta phải giảm đường kính trung bình của ren bulông hoặc phải tăng đường kính trung bình của ren đai ốc 1 lượng là f_α tương ứng, (hình 7.3) :

$$f_\alpha = \frac{0,582 H_1}{\sin \alpha} \Delta \alpha/2, \text{ với } f_\alpha - \mu m; H_1 - mm; \Delta \alpha/2 - \text{phút góc.}$$

– Đối với ren hệ mét $H_1 = 0,54P$ thì $f_\alpha = 0,36.P.\Delta \alpha/2$

– Đối với ren hệ anh $f_\alpha = 0,35.P.\Delta \alpha/2$

3) Sai số của bản thân đường kính trung bình

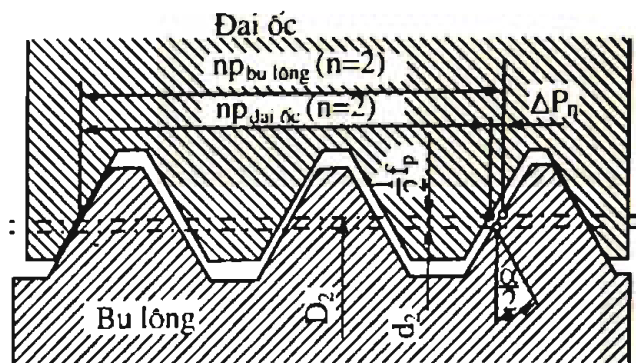
Ngoài sai số bước và góc profin ren, còn có sai số của bản thân đường kính trung bình f_{d_2} (D_2). Nó là hiệu số giữa đường kính trung bình thực và đường kính trung bình danh nghĩa. Sai số f_{d_2} được tính tương tự như sai số đường kính của chi tiết trụ trơn :

$$f_{d_2} = K \sqrt[3]{d_2}$$

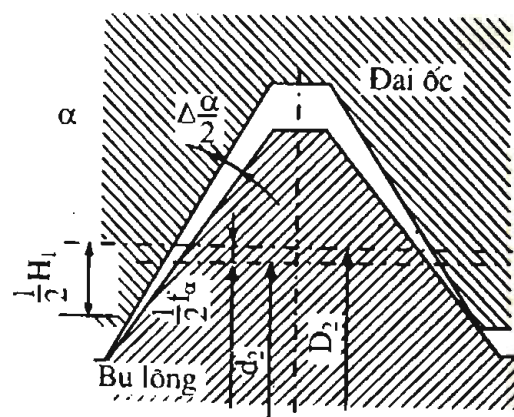
Từ khảo sát trên ta thấy rằng : sai số của bước và góc profin ren có thể được coi như là sai số của đường kính trung bình. Vì vậy khi quy định dung sai cho đường kính trung bình ta phải tính thêm lượng bồi thường cho sai số bước (ΔP_n) và sai số góc profin ren ($\Delta \alpha/2$) là : $f_p + f_\alpha$.

Đường kính trung bình có tính đến lượng bồi thường cho sai số bước và góc profin ren gọi là đường kính trung bình biểu kiến d'_2 :

$$d'_2 = d_2 + f_p + f_\alpha$$



Hình 7.2



Hình 7.3

$$D_2' = D_2 - (f_p + f_\alpha)$$

Như vậy để đảm bảo tính đối lẫn của ren, tiêu chuẩn chỉ quy định dung sai cho d_2 , d và D_2 , D_1 tùy theo cấp chính xác chế tạo ren.

7.1.3. Cấp chính xác chế tạo ren

TCVN 1917 – 93 quy định các cấp chính xác chế tạo ren theo bảng 7.1

Bảng 7.1. CẤP CHÍNH XÁC KÍCH THƯỚC REN

Dạng ren	Đường kính của ren	Cấp chính xác
Ren ngoài	d	4 ; 6 ; 8
	d_2	3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9
Ren trong	D_2	4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8
	D_1	4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8

Trị số dung sai đường kính ren ứng với các cấp chính xác khác nhau tra theo bảng TCVN : 1917–93.

7.2. LẮP GHÉP REN HỆ MÉT

Lắp ghép ren cũng có đặc tính như lắp ghép trụ trơn. Nó bao gồm : lắp ghép có độ hở, lắp ghép có độ dôi và lắp ghép trung gian.

7.2.1. Lắp ghép có độ hở

Đối với ren kẹp chặt và ren truyền động thì sử dụng chủ yếu lắp ghép có độ hở. Sai lệch cơ bản của các kích thước d , d_2 , D_2 , D_1 được quy định theo TCVN 1917–93 và được chỉ dẫn trong bảng 7.2

Bảng 7.2. SAI LỆCH CƠ BẢN CỦA KÍCH THƯỚC REN (LẮP GHÉP CÓ ĐỘ HỖ)

Dạng ren	Đường kính của ren	Sai lệch cơ bản
Ren ngoài	d	$d ; e ; f ; g ; h$
	d_2	$d : e : f : g : h$
Ren trong	D_2	G ; H
	D_1	G ; H

Miền dung sai ứng với các cấp chính xác và các sai lệch cơ bản được chỉ dẫn trong bảng 7.3 (TCVN 1917–93).

Sự phối hợp bất kì của miền dung sai kích thước đai ốc và kích thước bulông ta được các lắp ghép có đặc tính khác nhau.

Giá trị sai lệch giới hạn các kích thước ren ứng với các miền dung sai được quy định theo TCVN 1917-93, (bảng 15, 16 phụ lục 4).

Bảng 7.3. MIỀN DUNG SAI KÍCH THƯỚC REN (LẮP GHÉP CÓ ĐỘ HỒ)

Loại chính xác	Chiều dài vắn ren									
	S			N				L		
	Miền dung sai ren ngoài									
Chính xác		(3h4h)				4g	4h			(5h4h)
Trung bình	5g6g	(5h6h)	6d	6e	6f	6g	6h	(7e6e)	7g6g	(7h6h)
Thô						8g	(8h)		(9g8g)	
Miền dung sai ren trong										
Chính xác		4H			4H5H	5H				6H
Trung bình	(5G)	5H	6G			6H	(7G)			7H
Thô			7G			7H	(8G)			8H

1. Miền dung sai được ưu tiên sử dụng
 2. () Miền dung sai hạn chế sử dụng
 3. Khi chiều dài vắn ren thuộc nhóm ngắn (S) và nhóm dài (L) thì cho phép sử dụng miền dung sai được quy định cho chiều dài vắn ren thuộc nhóm bình thường (N).

7.2.2. Lắp ghép trung gian

Lắp ghép trung gian được sử dụng đối với những mối ghép cố định khi kết cấu của bộ phận máy không cho phép sử dụng đai ốc hoặc khi cần siết chặt để chống tự tháo lỏng của chi tiết ren làm việc trong những điều kiện tải trọng thay đổi, chấn động và nhiệt độ cao. Mối ghép ren với kiểu lắp trung gian thường dùng thành phần phụ để siết chặt chẳng hạn : mặt vai, mặt gờ phẳng hoặc đoạn ren cạn hình côn của đầu vít cấy vào thân kim loại (thép, gang, hợp kim nhôm).

Sai lệch cơ bản của kích thước ren được quy định theo TCVN 2249-93, và được chỉ dẫn trong bảng 7.4.

Bảng 7.4. SAI LỆCH CƠ BẢN CỦA KÍCH THƯỚC REN (LẮP GHÉP TRUNG GIAN)

Dạng ren	Đường kính ren	Khoảng kích thước danh nghĩa, d - mm	Sai lệch cơ bản
Ren ngoài	d ₂	Từ 5 ÷ 45	g
		Từ 5 ÷ 16	j _k , m
		18 ÷ 30	j, m
		33 ÷ 45	j _h
Ren trong	D, D ₂ , D ₁	Từ 5 ÷ 45	H

Miền dung sai kích thước và các kiểu lắp tiêu chuẩn được chỉ dẫn trong bảng 7.5 (TCVN 2249-93).

Trị số dung sai ứng với các cấp chính xác 4, 5, 6 và trị số sai lệch cơ bản ứng với g, H theo quy định của TCVN 1917-93.

Trị số dung sai ứng với cấp chính xác 2, 3 và sai lệch cơ bản ứng với j_h, j, j_k, m theo quy định của TCVN 2249-93.

Giá trị sai lệch giới hạn các kích thước ren ứng với các miền dung sai được quy định theo TCVN 2249-93, (bảng 17, 18 phụ lục 4)

Bảng 7.5. MIỀN DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP REN (LẮP GHÉP TRUNG GIAN)

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Vật liệu của chi tiết có ren trong	Miền dung sai		Lắp ghép
		ren ngoài	ren trong	
Từ 5 ÷ 16	Thép	$4j_k, 2m$	4H6H ; 3H6H	$\frac{4H6H}{4j_k} ; \frac{3H6H}{2m}$
	Gang, hợp kim nhôm và hợp kim magie	$4j_k, 2m$	5H6H ; 3H6H	$\frac{5h6H}{4j_k} ; \frac{3H6H}{2m}$
Từ 18 ÷ 30	Thép	$4j ; 2m$	4H6H ; 3H6H	$\frac{4H6H}{4j} ; \frac{3H6H}{2m}$
	Gang, hợp kim nhôm và hợp kim magie	$4j ; 2m$	5H6H ; 3H6H	$\frac{5H6H}{4j} ; \frac{3H6H}{2m}$
Từ 33 ÷ 45	Thép, gang, hợp kim nhôm và hợp kim magie	$4j_h$	5H6H	$\frac{5H6H}{4j_h}$

7.2.3. Lắp ghép có độ dôi

Lắp ghép có độ dôi được sử dụng đối với những mối ghép cố định cần siết chặt tương tự như lắp ghép trung gian nhưng không có thành phần phụ để siết chặt.

Sai lệch cơ bản của kích thước ren được quy định theo TCVN 2520-93 và được chỉ dẫn trong bảng 7.6.

Bảng 7.6. SAI LỆCH CƠ BẢN CỦA KÍCH THƯỚC REN (LẮP GHÉP CÓ ĐỘ DÔI)

Dạng ren	Đường kính của ren	Sai lệch cơ bản khi bước ren, p, mm	
		Đến 1,25	Lớn hơn 1,25
Ren ngoài	d	e	c
	d_2	n, p, r	
Ren trong	D và D_2	H	
	D_1	D	C

Miền dung sai kích thước và các kiểu lắp tiêu chuẩn được chỉ dẫn trong bảng 7.7 (TCVN 2250-93).

Trị số dung sai ứng với cấp chính xác 3, 4, 5 và sai lệch cơ bản H theo quy định của TCVN 1917-93.

Trị số dung sai ứng với cấp chính xác 2 và sai lệch cơ bản n, p, r và D, C tra theo quy định của TCVN 2250-93.

Trị số sai lệch giới hạn các kích thước ren ứng với các miền dung sai được quy định theo TCVN 2250-93 (bảng 19, 20 và 21 phụ lục 4).

Bảng 7.7. MIỀN DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP, TCVN 2250 -93 (LẮP GHÉP CÓ ĐỘ DÔI)

Vật liệu của chi tiết có ren trong	Miền dung sai			Lắp ghép		Điều kiện phụ của lắp ráp
	Ren ngoài	Ren trong		Đối với bước ren P, mm		
		Đến 1,25	> 1,25	Đến 1,25	> 1,25	
Gang và hợp kim nhôm	2r	2H5D	2H5C	$\frac{2H5D}{2r}$	$\frac{2H5C}{2r}$	-
Gang, hợp kim nhôm, hợp kim magie	3P(2)	2H5D(2)	2H5C(2)	$\frac{2H5D(2)}{3P(2)}$	$\frac{2H5C(2)}{3P(2)}$	Phân thành 2 nhóm
Thép, hợp kim bền cao và hợp kim titan	3n(3)	2H4D(3)	2H4C(3)	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$	$\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$	Phân thành 3 nhóm

7.2.4. Ghi kí hiệu sai lệch và lắp ghép ren trên bản vẽ

Lắp ghép ren cũng được kí hiệu dưới dạng phân số, sau kí hiệu ren. Ví dụ : M12 x 1-6H/6g, từ số kí hiệu miền dung sai ren trong, 6H (cấp chính xác 6, sai lệch cơ bản H), mẫu số kí hiệu miền dung sai ren ngoài, 6g (cấp chính xác 6, sai lệch cơ bản g). Tiêu chuẩn cũng cho phép sử dụng lắp ghép ren có sự phối hợp các miền dung sai khác nhau của đường kính trung bình và đường kính ngoài, d (đối với ren ngoài) hoặc đường kính trong, D_1 (đối với ren trong), ví dụ : M12 x 1 - 4H5H/4h hoặc M12 x 1 - 7H/7g6g.

Miền dung sai ren trong, 4H5H là phối hợp miền dung sai đường kính trung bình (D_2) 4H với miền dung sai đường kính trong (D_1), 5H. Miền dung sai ren ngoài 7g6g là phối hợp miền dung sai đường kính trung bình (d_2), 7g với miền dung sai đường kính ngoài (d), 6g.

Sai lệch kích thước chi tiết ren được ghi kí hiệu như sau :

M12 x - 6H hoặc M12 x 1 - 4H5H đối với ren trong

M12 x 1 - 6g hoặc M12 x 1 - 7g6g đối với ren ngoài.

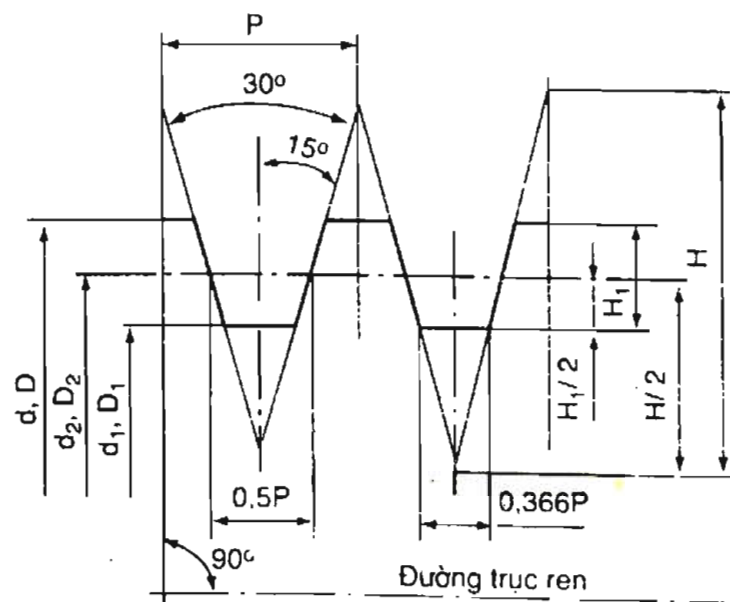
7.3. DUNG SAI LẮP GHÉP REN

HÌNH THANG

Mối ghép ren hình thang được sử dụng để truyền chuyển động tịnh tiến, ví dụ : vít me, vít bàn dao trong máy công cụ, vít nâng của máy và máy ép v.v.. Ren hình thang có 2 loại : ren hình thang một đầu mối và ren hình thang nhiều đầu mối.

7.3.1. Các thông số kích thước cơ bản

Profin cơ bản và các thông số kích thước ren vít và đai ốc được quy định theo TCVN 2254 - 77 và được chỉ dẫn trên hình 7.4.



Hình 7.4

7.3.2. Dung sai lắp ghép ren hình thang một đầu mối

Sai lệch cơ bản và cấp chính xác của kích thước ren được quy định theo TCVN 4683 – 89 và được chỉ dẫn trong bảng 7.8

**Bảng 7.8. SAI LỆCH CƠ BẢN VÀ CẤP CHÍNH XÁC
(REN HÌNH THANG MỘT ĐẦU MỐI)**

Dạng ren		Sai lệch cơ bản (es, EI)	Cấp chính xác
Vít	ngoài, d	h	4 ; 6
	trung bình, d_2	c, e, g, h	6 ; 7 ; 8 ; 9
	trong, d_1	h	6 ; 7 ; 8 ; 9
Đai ốc	ngoài, D	H	
	trung bình, D_2	H	6 ; 7 ; 8 ; 9
	trong, D_1	H	4

Cấp chính xác 6 của đường kính ngoài vít chỉ sử dụng đối với ren chế tạo bằng phương pháp cán. Đường kính trong (d_1) của vít phải ở cùng cấp chính xác với đường kính trung bình (d_2) của nó.

Trị số dung sai kích thước ứng với các cấp chính xác và trị số các sai lệch cơ bản được quy định theo TCVN 4683 – 89, (bảng 22, 23, 24, 25 phụ lục 4).

Việc chọn miền dung sai và các kiểu lắp tùy thuộc vào yêu cầu về mức độ chính xác và chiều dài vắn ren của mối ghép ren (bảng 7.9). Đối với ren hình thang TCVN 4683 – 89 cũng quy định 3 loại chính xác : chính xác, trung bình, thô và 2 loại chiều dài vắn ren : bình thường (N) và dài (L).

**Bảng 7.9. MIỀN DUNG SAI KÍCH THƯỚC REN
(REN HÌNH THANG MỘT ĐẦU MỐI)**

Loại chính xác	Vít		Đai ốc	
	Chiều dài vắn ren			
	N	L	N	L
	Miền dung sai			
Chính xác	6e, 6g	7e	6H	7H
Trung bình	7e, 7g	8e	7H	8H
Thô	8c, 8e	9c	8H	9H

Kí hiệu ren trên bản vẽ

Cũng tương tự như ren hệ mét, sai lệch và dung sai kích thước chi tiết ren được kí hiệu theo thứ tự, Ví dụ :

Tr 20 × 4 – 7e đối với ren ngoài (vít)

Tr 20 × 4 – 7H đối với ren trong (đai ốc)

Tr – chỉ ren hình thang, đường kính danh nghĩa $d = 20\text{mm}$, bước ren $p = 4\text{mm}$, miền dung sai ren ngoài là 7e, ren trong là 7H. Nếu ren trái thì thêm chữ "LH" ví dụ : Tr 20 × 4 LH – 7e .

Trên bản vẽ lắp, lắp ghép ren cũng được kí hiệu dưới dạng phân số, tử số kí hiệu ren đai ốc (ren trong) còn mẫu số kí hiệu ren vít (ren ngoài), ví dụ

$$\text{Tr } 20 \times 4 - 7\text{H}/7\text{e}.$$

7.3.3. Dung sai lắp ghép ren hình thang nhiều đầu mối

Dãy sai lệch cơ bản và cấp chính xác của kích thước ren được quy định theo TCVN 2255 -77 và được chỉ dẫn trong bảng 7.10.

**Bảng 7.10. SAI LỆCH CƠ BẢN VÀ CẤP CHÍNH XÁC
(REN HÌNH THANG NHIỀU ĐẦU MỐI)**

Dạng ren	Đường kính	Sai lệch cơ bản (es, EI)	Cấp chính xác
Vít	ngoài, d	h	4
	trung bình, d_2	c, e, g	7; 8; 9; 10
	trong, d_1	h	7; 8; 9; 10
Đai ốc	ngoài, D	H	-
	trung bình, D_2	H	7; 8; 9
	trong, D_1	H	4

Cũng tương tự như ren một đầu mối, đường kính trong (d_1) của vít phải ở cùng cấp chính xác với đường kính trung bình (d_2) của nó. Trị số dung sai ứng với các cấp chính xác và trị số các sai lệch cơ bản được quy định theo TCVN 2255 - 77, (bảng 22 ÷ 25 phụ lục 4). Việc chọn miền dung sai và các kiểu lắp cũng tương tự như ren hình thang một đầu mối (bảng 7.11).

**Bảng 7.11. MIỀN DUNG SAI KÍCH THƯỚC REN
(REN HÌNH THANG NHIỀU ĐẦU MỐI)**

Loại chính xác	Vít		Đai ốc	
	Chiều dài vạt ren			
	N	L	N	L
	Miền dung sai			
Chính xác	7e, 7g	8e	7H	8H
Trung bình	8c, 8e	9c	8H	9H
Thô	9c	10c	9H	9H
Miền dung sai trong khung được sử dụng ưu tiên				

Kí hiệu ren trên bản vẽ. Trên bản vẽ chi tiết và lắp ghép, ren hình thang nhiều đầu mối cũng được ghi kí hiệu tương tự như ren hình thang một đầu mối và bổ sung thêm kí hiệu bước ren nhiều đầu mối và để trong dấu ngoặc, ví dụ :

Tr 20×4 (P2) - 8e đối với ren vít

Tr 20×4 (P2) - 8H đối với ren đai ốc

Tr 20×4 (P2) - 8H/ 8e đối với lắp ghép ren.

(P2) - chỉ ren nhiều đầu mối bước là 2mm. Như vậy ta có thể suy ra số mối là : $n = 4/2 = 2$ mối ren.

CHƯƠNG 8

DUNG SAI TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

8.1. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT CỦA TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

Tùy theo chức năng sử dụng mà chúng có các yêu cầu khác nhau.

8.1.1. Truyền động chính xác

Ví dụ truyền động bánh răng của các xích động học chính xác trong các dụng cụ đo hoặc trong máy cắt kim loại. Truyền động bánh răng của xích phân độ trong máy gia công răng hoặc trong đầu phân độ vạn năng. Trong các truyền động này bánh răng thường có mô đun nhỏ, chiều dài răng không lớn, làm việc với tải trọng và vận tốc nhỏ. Yêu cầu chủ yếu của các truyền động này là “mức chính xác động học” cao, có nghĩa là đòi hỏi sự phối hợp chính xác về góc quay của bánh dẫn và bị dẫn của truyền động.

8.1.2. Truyền động tốc độ cao

Ví dụ truyền động trong các hộp tốc độ của động cơ máy bay, ô tô, tua bin v.v.. Bánh răng của truyền động thường có mô đun trung bình, chiều dài răng lớn, tốc độ vòng của bánh răng có thể đạt tới $120 \div 150\text{m/s}$ và hơn nữa. Công suất truyền động tới 40.000 kW và hơn nữa. Bánh răng làm việc trong điều kiện như vậy dễ phát sinh rung động và ồn. Yêu cầu chủ yếu của nhóm truyền động này là “mức chính xác làm việc êm”, có nghĩa là bánh răng chuyển động ổn định, không có sự thay đổi tức thời về tốc độ gây va đập và ồn.

8.1.3. Truyền động công suất lớn

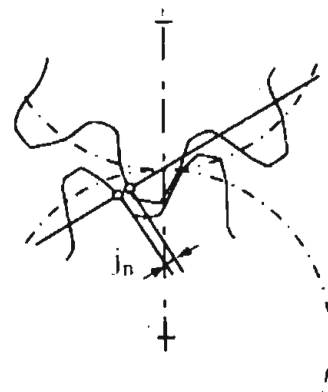
Truyền động với tốc độ nhỏ nhưng truyền mô men xoắn lớn. Bánh răng của truyền động thường có mô đun lớn và chiều dài răng lớn. Ví dụ truyền động bánh răng trong máy cán thép, trong các cơ cấu nâng hạ như cần trục, ba lăng...

Yêu cầu chủ yếu của các truyền động này là “mức tiếp xúc mặt răng” lớn đặc biệt là tiếp xúc theo chiều dài răng. Mức tiếp xúc mặt răng đảm bảo độ bền của răng khi truyền mô men xoắn lớn.

8.1.4. Độ hở mặt bên

Đối với bất kì truyền động bánh răng nào cũng cần phải có độ hở mặt bên giữa các mặt răng phía không làm việc của cặp răng ăn khớp (hình 8.1). Độ hở đó cần thiết để tạo điều kiện bôi trơn mặt răng, để bồi thường cho sai số do dẫn nở nhiệt, do gia công và lắp ráp, tránh hiện tượng kẹt răng.

Như vậy đối với bất kì truyền động bánh răng nào cũng phải có 4 yêu



Hình 8.1

cầu : mức chính xác động học, mức chính xác làm việc êm, mức chính xác tiếp xúc và độ hở mặt bên. Nhưng tùy theo chức năng sử dụng mà đề ra yêu cầu chủ yếu đối với truyền động bánh răng, tất nhiên yêu cầu chủ yếu ấy phải ở mức chính xác cao hơn các yêu cầu khác. Ví dụ : truyền động bánh răng trong các hộp tốc độ, thì yêu cầu chủ yếu là “mức làm việc êm” và nó phải ở mức cao hơn mức chính xác động học và tiếp xúc.

8.2. SAI SỐ GIA CÔNG VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA CHÚNG ĐẾN CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT CỦA TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

Bề mặt chức năng của bánh răng là bề mặt thân khai của răng, quá trình gia công tạo thành bề mặt thân khai ấy phát sinh sai số rất phức tạp. Các sai số này gây ra sai số profile răng và vị trí của chúng trên bánh răng. Vị trí profile răng được xét theo 3 phương : phương hướng tâm, phương tiếp tuyến với vòng chia và phương dọc trục bánh răng. Như vậy sai số gia công bánh răng được phân thành 4 loại :

- Sai số hướng tâm : bao gồm tất cả những sai số gây ra sự dịch chuyển profile răng theo hướng tâm bánh răng.
- Sai số tiếp tuyến, bao gồm tất cả những sai số gây ra sự dịch chuyển profile răng theo hướng tiếp tuyến với vòng chia.
- Sai số hướng trục, là những sai số làm profile răng dịch chuyển sai với vị trí lí thuyết dọc theo trục bánh răng.
- Sai số profile răng lưỡi cắt của dụng cụ cắt răng.

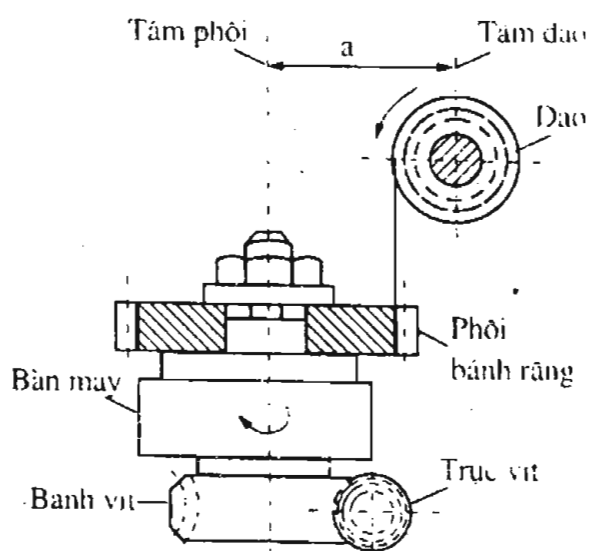
Chúng ta lần lượt xét ảnh hưởng của các sai số đó đến các yêu cầu kĩ thuật của truyền động bánh răng như thế nào và nó thể hiện trên bánh răng bằng sự thay đổi của thông số hình học và động học nào.

8.2.1. Sai số hướng tâm

Sai số này là tổng hợp những nguyên nhân làm thay đổi khoảng cách tâm giữa bánh răng gia công và dụng cụ cắt răng. Xét trường hợp gia công bánh răng trên máy phay lăn răng (phương pháp bao hình) theo sơ đồ như hình 8.2.

Loại sai số này có tính chu kì. Nếu chu kì thay đổi theo chu kì quay của phôi thì sai số đó thuộc loại tần số thấp. Nếu chu kì thay đổi theo chu kì quay của dao hoặc nhỏ hơn thì sai số đó thuộc loại tần số cao.

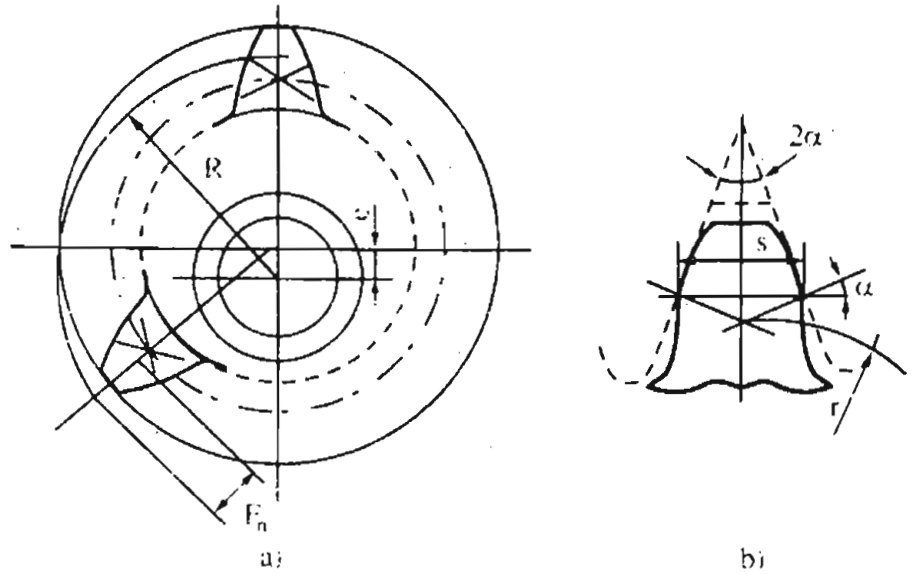
1) **Sai số hướng tâm tần số thấp** là những sai số làm thay đổi tâm phôi khi gia công, tức là những sai số mà nguyên nhân của nó gắn liền với phôi và bàn máy mang phôi. Chẳng hạn độ đảo tâm của bàn máy, độ đảo của trục mang phôi, độ đảo của phôi do khe hở lắp ghép giữa trục mang phôi và lỗ phôi. Các nguyên nhân kể trên dẫn đến kết quả là bánh răng gia công có vành răng lệch so với tâm lỗ bánh răng (tâm quay của bánh răng trong truyền động), tức là gây ra độ lệch tâm giữa vòng cơ sở với tâm quay bánh răng. Sai số này làm thay đổi tỉ số truyền của truyền động với chu kì một lần sau một vòng quay của bánh răng, nó ảnh hưởng đến mức chính xác động học của bánh răng.



Hình 8.2

Sai số hướng tâm tần số thấp thể hiện trên bánh răng bằng sự thay đổi của các thông số hình học sau :

– Độ đảo hướng tâm của vành răng ký hiệu là F_{rr} – là hiệu lớn nhất khoảng cách từ tâm quay bánh răng đến đoạn thẳng chia của profin gốc danh nghĩa, đặt trên răng hay rãnh răng trong giới hạn vành răng của bánh răng (một vòng quay), (hình 8.3a).



Hình 8.3

Trong thực tế ta xác định bằng hiệu lớn nhất của khoảng cách từ tâm làm việc đến dây cung cố định s của răng trong phạm vi vành răng (hình 8.3b).

– Độ dao động khoảng cách tâm đo sau một vòng :

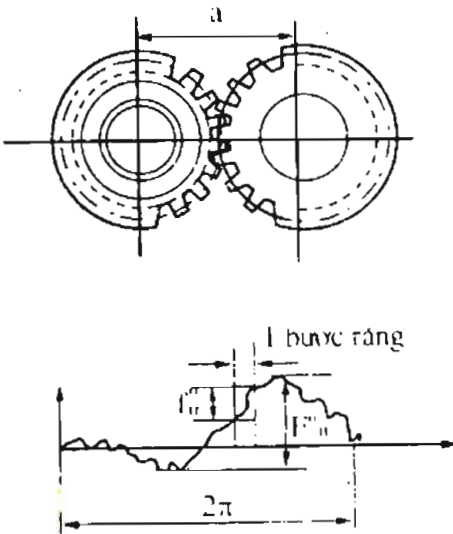
F_{ir}'' – là sự thay đổi lớn nhất của khoảng cách tâm giữa bánh răng có sai số (bánh răng đo) và bánh răng mẫu chính xác ăn khớp khít với nhau, khi quay bánh răng đo đi một vòng (hình 8.4).

Độ dao động khoảng cách tâm đo phản ánh sự dịch chuyển hướng tâm của profin răng.

– Sai số tích lũy bước răng – F_{pr} là hiệu đại số lớn nhất của các giá trị sai số tích lũy k bước răng, với tất cả các giá trị k từ 2 đến $\frac{z}{2}$ (z là số răng của bánh răng).

Chẳng hạn trường hợp $k = \frac{z}{2}$ mà sai số tích lũy k bước như biểu thị trên hình 8.5. thì :

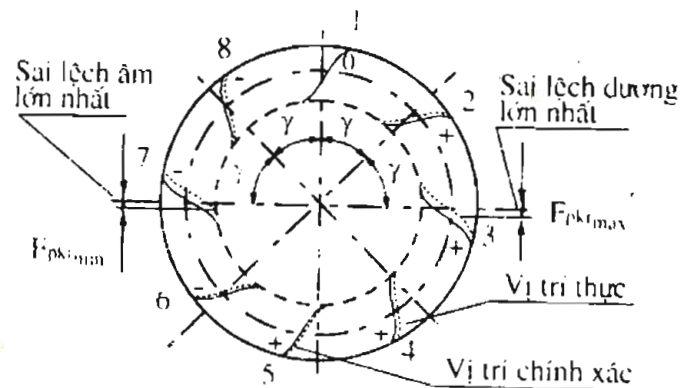
$$F_{pr} = F_{pkr \max} - F_{pkr \min}$$



Hình 8.4

2) Sai số hướng tâm tần số cao là những sai số gây ra do dịch chuyển tâm dao khi gia công. Nguyên nhân phát sinh ra chúng gắn liền với dao và trục mang dao, chẳng hạn độ đảo tâm của vành răng của dao, độ đảo do khe hở lắp ghép giữa dao và trục mang dao...

Chu kỳ của sai số là chu kỳ quay của dao, có nghĩa là sai số lặp đi lặp lại n lần sau một vòng quay của phôi bánh răng. Sự dịch chuyển tâm dao khi gia công sẽ gây ra sự dịch chuyển hướng tâm của profin răng theo chu kỳ tần số cao. Đó chính là nguyên nhân gây ra sự thay đổi tức thời về tốc độ, gây va đập và ồn. Sai số hướng tâm tần số cao ảnh hưởng đến “mức làm việc êm” và được thể hiện bằng sự thay đổi của các thông số hình học sau :

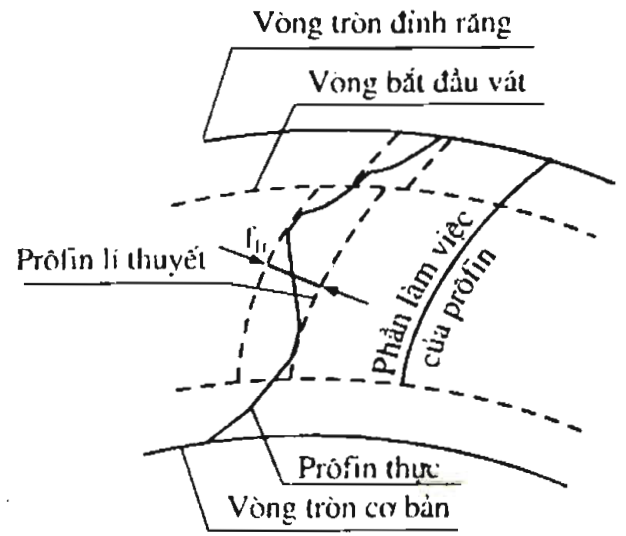


Hình 8.5

- Sai số prôfin răng f_{fr} là khoảng cách pháp tuyến giữa hai prôfin mặt đầu danh nghĩa bao lấy prôfin mặt đầu thực (hình 8.6).

- Độ dao động khoảng cách tâm đo sau một răng f_{ir} - là sự dịch chuyển prôfin răng theo hướng tâm với tần số cao. Nó làm cho khoảng cách tâm đo (a) thay đổi theo tần số cao, tần số bằng số răng (z) chẳng hạn, hình 8.4.

- Sai lệch bước răng - f_{ptr} là sai lệch giới hạn trên và dưới của bước răng pt. Nó chính là sai số động học của bánh răng khi bánh răng quay một góc bằng bước góc danh nghĩa.



Hình 8.6

8.2.2. Sai số hướng tiếp tuyến

Nguyên nhân chủ yếu là sai số của chuyển động bao hình tức là sai số của xích động học từ dao đến phôi trên máy cắt răng. Sai số tiếp tuyến cũng có hai thành phần : sai số tiếp tuyến tần số thấp và sai số tiếp tuyến tần số cao.

1) Sai số tiếp tuyến tần số thấp là sai số mà nguyên nhân phát sinh ra nó gắn liền với bánh răng vít của xích bao hình. Chẳng hạn vành răng của bánh vít bị đảo hay độ đảo của bánh răng vít do độ lệch tâm giữa tâm quay của bàn máy và của bánh răng vít.

Những nguyên nhân đó làm cho bàn máy mang phôi quay không đều với sai số có cùng chu kỳ với chu kỳ quay của phôi. Cũng như sai số hướng tâm tần số thấp, sai số tiếp tuyến tần số thấp ảnh hưởng đến mức chính xác động học và được thể hiện bằng sự thay đổi của các thông số sau :

- Sai số tích lũy bước : F_{pr} - sự dịch chuyển prôfin răng gia công theo hướng tiếp tuyến cùng với sự dịch chuyển theo hướng tâm gây ra sai số tích lũy bước răng.

- Độ dao động khoảng pháp tuyến chung F_{vwr} - sự dịch chuyển prôfin răng theo hướng tiếp tuyến trực tiếp gây ra độ dao động khoảng pháp tuyến chung trong phạm vi một vòng quay của bánh răng. (hình 8.7) :

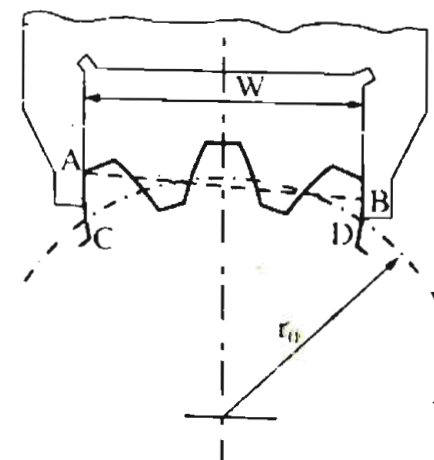
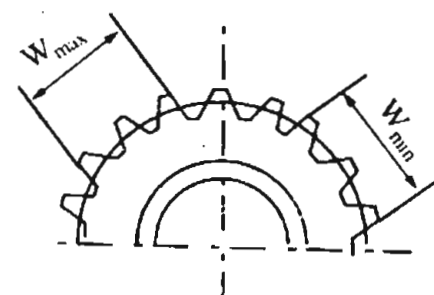
$$F_{vwr} = W_{max} - W_{min}$$

Pháp tuyến chung W - là khoảng cách giữa hai mặt phẳng song song tiếp xúc với hai prôfin răng khác tên, đoạn AB (hình 8.7).

- Sai số lăn răng F_{cr} , sai số tiếp tuyến tần số thấp có thể được đánh giá thông qua chính sai số này, tức là sai số động học của xích bao hình của máy. Sai số lăn răng là sai số lớn nhất về góc quay giữa bánh răng gia công và dụng cụ cắt răng (dao phay răng), tính bằng giây góc. Người ta có thể đo trực tiếp giá trị của F_{cr} trên máy cắt răng.

2) Sai số tiếp tuyến tần số cao

Nguyên nhân phát sinh ra sai số gắn liền với trục vít và các bánh răng trung gian, chẳng hạn độ đảo của chúng làm



Hình 8.7

cho bàn máy mang phôi quay không đều với sai số có tần số lớn hơn tần số quay của phôi, n lần sau một vòng quay của phôi. Loại sai số này gây ra sự dịch chuyển profin răng theo hướng tiếp tuyến theo chu kì với tần số cao, nó ảnh hưởng đến mức làm việc êm của truyền động.

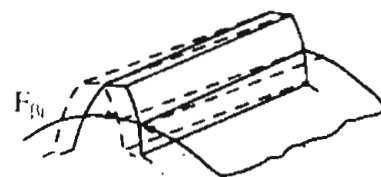
Sai số tiếp tuyến tần số cao được thể hiện trên bánh răng bằng sự thay đổi của các thông số sau:

- Độ dao động khoảng cách tâm đo sau một răng f_{ir}''
- Sai số profin răng f_{fr}
- Sai số bước răng - f_{ptr}

8.2.3. Sai số hướng trục

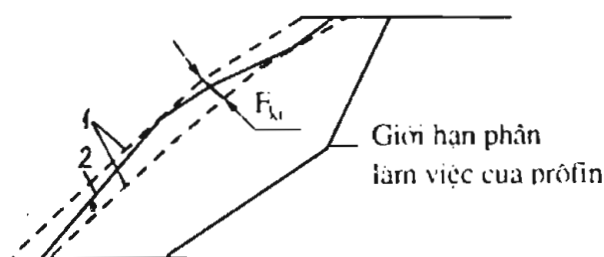
Sai số hướng trục phát sinh do phương chuyển động dọc trục phôi của dao không song song với đường tâm phôi gia công, sai số này được thể hiện bằng các sai số sau :

- Sai số hướng răng $F_{\beta r}$, là khoảng cách giữa hai đường thẳng hoặc đường xoắn (trường hợp răng nghiêng) lí thuyết nằm trên hình trụ đi qua giữa chiều cao răng và kẹp lấy hướng răng thực (hình 8.8)



Hình 8.8

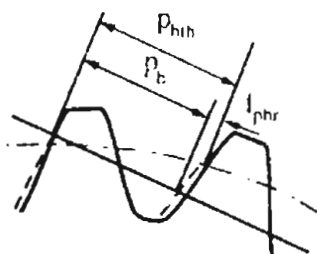
- Sai số hình dạng và vị trí của đường tiếp xúc F_{kr} , là khoảng cách pháp tuyến giữa hai đường thẳng (1) nằm trong mặt phẳng tiếp tuyến với hình trụ cơ sở, song song với đường tiếp xúc danh nghĩa và kẹp lấy đường tiếp xúc thực (2) (hình 8.9).



Hình 8.9

8.2.4. Sai số profin lưới cắt của dụng cụ

Bao gồm sai số hình dạng và góc profin của lưới cắt. Sai số profin lưới cắt trực tiếp gây ra trên bánh răng gia công sai số profin (f_{fr}) và sai lệch bước cơ sở f_{pbr} . Sai lệch bước cơ sở là hiệu giữa bước cơ sở thực và danh nghĩa đo trong mặt phẳng thẳng góc với hướng răng (hình 8.10).



Hình 8.10

Các sai số này xuất hiện theo chu kì quay của dao có nghĩa là lặp đi lặp lại n lần sau một vòng quay của bánh răng. Nó ảnh hưởng đến mức làm việc êm và mức tiếp xúc mặt răng.

8.3. ĐÁNH GIÁ MỨC CHÍNH XÁC TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG

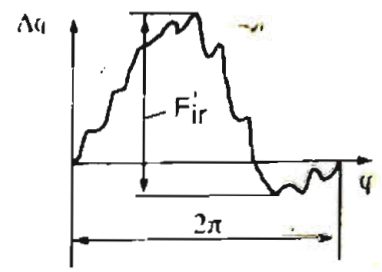
Mức chính xác của truyền động bánh răng được đánh giá thông qua các mức chính xác yêu cầu của truyền động : mức chính xác động học, mức làm việc êm, mức tiếp xúc mặt răng và mức độ hở mặt bên.

8.3.1. Đánh giá mức chính xác động học

Mức chính xác động học được đánh giá bằng chính sai số động học của bánh răng (F_{ir}') là sai số lớn nhất về góc quay của bánh răng trong phạm vi một vòng quay khi nó ăn khớp với bánh mẫu

chính xác (hình 8.11). Sai số động học là tổng hợp ảnh hưởng của tất cả các loại sai số gia công đến mức chính xác động học "chỉ tiêu tổng hợp".

Mức chính xác động học có thể được đánh giá thông qua một hay một cặp các thông số riêng phản ánh ảnh hưởng của sai số hướng tâm và sai số tiếp tuyến tần số thấp, ví dụ: F_{rr} và F_{vwr} ; F_{rr} và F_{cr} ... (bảng 8.1).



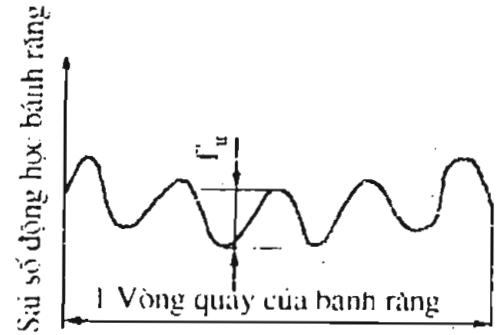
Hình 8.11

8.3.2. Đánh giá mức làm việc êm

Mức chính xác làm việc êm được đánh giá bằng "sai số động học cục bộ" của bánh răng - f'_{ir} là hiệu số lớn nhất giữa các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất kế tiếp nhau của sai số động học cục bộ của bánh răng, (hình 8.12).

Sai số động học cục bộ là thành phần tần số cao của sai số động học (thành phần sai số lặp đi lặp lại n lần sau một vòng quay của bánh răng). Nó chính là sự thay đổi tốc độ góc tức thời, sinh ra gia tốc, gây va đập và ồn.

Sai số động học cục bộ thể hiện tổng hợp ảnh hưởng của các sai số gia công đến mức làm việc êm - "chỉ tiêu tổng hợp".



Hình 8.12

Bảng 8.1. BỘ THÔNG SỐ ĐÁNH GIÁ MỨC CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG TRỤ

Số bộ	Thông số đánh giá, kí hiệu	Dung sai - kí hiệu	Cấp chính xác khi $m \geq 1$
Mức chính xác động học			
1	F'_{ir}	F'_i	3-8
2	F_{pr}, F_{pkr}	F_p, F_{pk}	3-6
3	F_{pr}	F_p	7-8
4	F_{rr}, F_{vwr}	F_r, F_{vw}	3-8
5	F_{rr}, F_{cr}	F_r, F_c	3-8
6	F''_{ir}, F_{vwr}	F''_i, F_{vw}	5-8
7	F''_{ir}, F_{cr}	F''_i, F_c	5-8
8	F''_{ir}	F''_i	9-12
9	F_{rr}	F_r	7-8
Mức làm việc êm (với $\epsilon\beta < 1,25$)			
1	f'_{ir}	f'_i	3-8
2	f_{pbr}, f_{fr}	f_{pb}, f_f	3-8
3	f_{pbr}, f_{ptr}	f_{pb}, f_{pt}	3-8
4	f''_{ir}	f''_i	5-8
Mức tiếp xúc răng trong truyền động			
1	Vết tiếp xúc tổng	-	3-11
2	$F_{\beta r}$	F_{β}	3-12
3	F_{kr}	F_k	3-12
$\epsilon\beta$ - hệ số trùng khớp dọc danh nghĩa			

Mức chính xác làm việc êm còn được đánh giá thông qua một hoặc một cặp thông số riêng đặc trưng cho ảnh hưởng của sai số hướng tâm và tiếp tuyến tần số cao và sai số profin lưới cắt của dụng cụ gia công (xem bảng 8.1). Ví dụ cặp thông số f_{pbr} , và f_{fr} . Sai lệch bước cơ sở (f_{pbr}) chủ yếu đặc trưng cho ảnh hưởng của sai số góc profin răng của lưới cắt. Sai số profin răng (f_{fr}) chủ yếu đặc trưng cho ảnh hưởng sai số hướng tâm và sai số tiếp tuyến tần số cao.

8.3.3. Đánh giá mức chính xác tiếp xúc

Mức chính xác tiếp xúc được đánh giá bằng chính vết tiếp xúc mặt răng của bánh răng trong truyền động. Vết tiếp xúc là phần làm việc của mặt răng có vết tiếp xúc với răng của bánh răng thứ hai trong cặp truyền sau khi quay cặp truyền động có tải (phanh hãm nhẹ) hình 8.13. Vết tiếp xúc được đánh giá theo hai chiều.

Theo chiều cao $\frac{h_m}{h_p} 100\%$.

Theo chiều dài $\frac{(a-c)\cos\beta}{B} 100\%$.

trong đó :

h_m – chiều cao trung bình của vết tiếp xúc ;

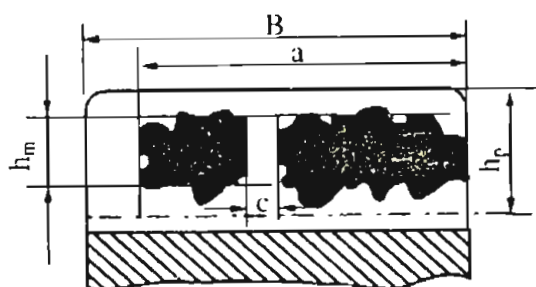
h_p – chiều cao làm việc của răng ;

B – chiều rộng bánh răng ;

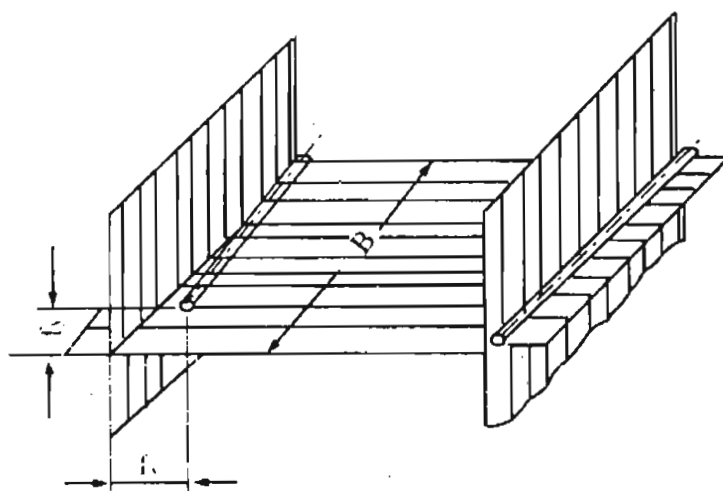
β – góc nghiêng của răng, với bánh răng thẳng $\cos\beta = 1$.

Mức chính xác tiếp xúc còn được đánh giá theo các thông số riêng (bảng 8.1).

Ngoài sai số gia công đã xét ở trên sai số lắp ráp bánh răng trong truyền động cũng ảnh hưởng đến mức tiếp xúc mặt răng, ví dụ như sai số độ song song – f_{xr} , độ nghiêng f_{yr} của đường tâm bánh răng trong truyền động(hình 8.14).



Hình 8.13



Hình 8.14

8.3.4. Đánh giá mức độ hở mặt bên

Độ hở mặt bên J_n được xác định trong mặt phẳng thẳng góc với phương răng và tiếp xúc với hình trụ cơ sở (hình 8.1). Độ hở mặt răng trong truyền động được đánh giá bằng cách kiểm tra độ hở J_{nmin} , là trị số cho phép nhỏ nhất của độ hở mặt bên. Đối với những truyền động bánh răng không điều chỉnh vị trí tâm bánh răng thì độ hở mặt bên được đánh giá thông qua sai lệch khoảng cách tâm, f_{ar} .

Đối với bánh răng điều chỉnh thì độ hở mặt bên được đánh giá thông qua độ dịch chuyển phụ nhỏ nhất của pôfin gốc*, E_{HS} (hình 8.15).

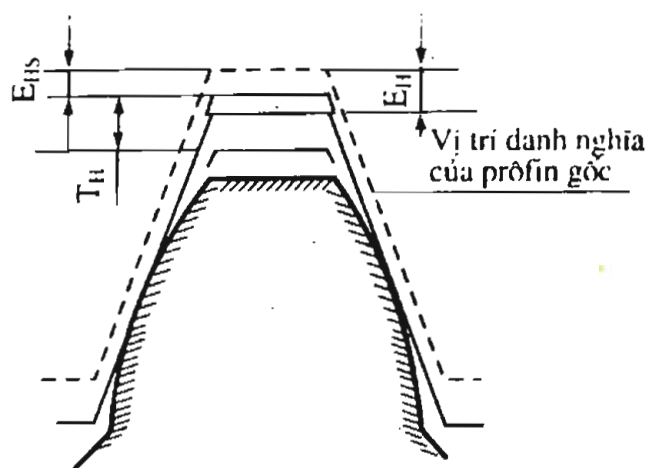
Khi kiểm tra bánh răng, độ dịch chuyển phụ của pôfin gốc có thể được thay thế bằng sai lệch khoảng pháp tuyến chung nhỏ nhất, E_w hoặc sai lệch nhỏ nhất của chiều dày răng, E_c .

8.3.5. Bộ thông số đánh giá mức chính xác chế tạo bánh răng

Để kiểm tra mức chính xác chế tạo bánh răng ta dùng một bộ thông số bao gồm những thông số và những cặp thông số đánh giá các mức chính xác và độ hở mặt bên (bảng 8.1).

Việc chọn bộ thông số nào là tùy thuộc vào cấp chính xác bánh răng và điều kiện sản xuất, kiểm tra ở từng cơ sở sản xuất. Ví dụ như khi ta không có dụng cụ kiểm tra một phía pôfin răng thì chúng ta không thể chọn được các thông số như : sai số tích lũy bước, F_{pr} sai lệch bước răng; f_{ptr} ...

Chọn bộ thông số cần phải kết hợp sao cho kiểm tra đơn giản nhất, số dụng cụ sử dụng ít nhất, ví dụ khi chọn thông số đánh giá mức chính xác động học là F_{ir}'' thì sử dụng ngay thông số f_{ir}'' để đánh giá mức làm việc êm.



Hình 8.15

8.4. TIÊU CHUẨN DUNG SAI VÀ CẤP CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG VÀ TRUYỀN ĐỘNG

8.4.1. Cấp chính xác

Theo TCVN 1067 – 84, thì tùy theo mức chính xác chế tạo bánh răng và truyền động mà người ta phân ra 12 cấp chính xác từ cấp 1 đến cấp 12. Cấp 1 là mức chính xác cao nhất, cấp 12 là thấp nhất. Ở cấp 1 và 2 hiện chưa quy định trị số dung sai và sai lệch giới hạn cho phép của các thông số. Đó là 2 cấp chính xác dùng cho sự phát triển sau này.

Ở mỗi cấp chính xác tiêu chuẩn quy định giá trị dung sai và sai lệch giới hạn cho phép của các thông số đánh giá mức chính xác (phụ lục 5). Tiêu chuẩn quy định dung sai cho bánh răng thân khai có môđun $m = 1 \div 55$ mm và đường kính vòng chia đến 6300 mm.

8.4.2. Chọn cấp chính xác cho truyền động bánh răng

Quyết định cấp chính xác của truyền động bánh răng phải dựa vào điều kiện làm việc cụ thể của truyền động, những yêu cầu về độ chính xác động học, mức làm việc êm không ồn, không có chấn động, căn cứ vào tốc độ vòng và công suất của truyền động. Xác định cấp chính xác có thể bằng tính toán hoặc dựa theo kinh nghiệm, theo các bảng tiêu chuẩn.

* Để hình thành độ hở mặt bên của răng thì khi gia công pôfin gốc (pôfin lõi cắt của dụng cụ) phải dịch chuyển phụ so với vị trí danh nghĩa của nó về phía thân răng của bánh răng.

Chọn cấp chính xác bằng tính toán là chính xác nhất. Ví dụ xuất phát từ tính toán xích động học ta xác định được sai số động học cho phép của bánh răng, dựa vào đó mà ta chọn cấp chính xác thích hợp của mức chính xác động học. Từ tính toán độ bền chịu lực của răng ta xác định được diện tiếp xúc mặt răng cho phép, từ đó ta sẽ chọn được cấp chính xác của mức chính xác tiếp xúc v.v... Tất nhiên những bài toán như vậy là khó và phức tạp, ta thường gặp trong các tài liệu tính toán độ bền và độ chính xác của các truyền động và cơ cấu. Chính vì vậy trong thiết kế máy thường chúng ta chọn theo kinh nghiệm, có nghĩa là cấp chính xác của truyền động thiết kế được chọn như cấp chính xác của truyền động đã sử dụng trong những điều kiện làm việc tương tự. Ví dụ phương pháp chọn theo bảng : căn cứ vào các tài liệu khái quát ghi trong bảng 8.2 (trong đó nêu điều kiện làm việc, phạm vi sử dụng và tốc độ vòng tương ứng với từng cấp chính xác) ta sẽ chọn được cấp chính xác của truyền động mà ta thiết kế.

Bảng 8.2. PHẠM VI SỬ DỤNG CẤP CHÍNH XÁC CỦA BÁNH RĂNG TRỤ, RĂNG THẲNG VỚI $m > 1\text{mm}$

Cấp chính xác	Điều kiện làm việc và phạm vi sử dụng	Tốc độ vòng m/s	Hiệu suất không nhỏ hơn	Phương pháp cắt răng	Gia công lần cuối mặt răng
6	Bánh răng làm việc êm ở tốc độ cao, hiệu suất cao không ổn, bánh răng của cơ cấu phân độ, bánh răng đặc biệt quan trọng trong chế tạo máy bay và ô tô	Đến 15	0,99	Phương pháp bao hình trên máy chính xác cao	Mài chính xác hoặc cà răng
7	Bánh răng ở tốc độ hơi cao và công suất vừa phải hoặc ngược lại, bánh răng trong truyền động của máy cắt kim loại cần sự phối hợp chuyển động, bánh răng hộp tốc độ máy bay, ô tô, truyền động của cơ cấu tính, đếm	Đến 10	0,98	Phương pháp bao hình trên máy chính xác cao	Bằng dụng cụ cắt chính xác, với bánh răng không tòi. Mùi hoặc cà khi bánh răng cần tòi
8	Bánh răng trong chế tạo máy nói chung không yêu cầu chính xác đặc biệt, bánh răng trong máy công cụ, trừ xích phân độ, bánh răng không quan trọng trong máy bay, ô tô, bánh răng của cơ cấu nâng, bánh răng quan trọng trong máy nông nghiệp, bánh răng hộp giảm tốc thông thường	Đến 6	0,97	Phương pháp bao hình hoặc chép hình bằng dụng cụ định hình tương ứng với số răng thực của bánh răng	Không mài, khi cần thiết thì gia công tinh lần cuối hoặc nghiền
9	Bánh răng dùng cho truyền động không đòi hỏi chính xác, truyền động không tải thực hiện do lí do kết cấu là chủ yếu	Đến 2	0,96	Bất kì	Không yêu cầu gia công tinh đặc biệt

Các mức chính xác của truyền động có thể được chọn ở các cấp chính xác khác nhau. Ví dụ truyền động trong các hộp tốc độ thì yêu cầu chủ yếu là truyền tốc độ vòng nên mức chính xác làm việc êm có thể ở cấp cao hơn mức chính xác động học và tiếp xúc. Nhưng sự chênh lệch cấp chính xác của các mức phải tuân theo quy định sau (quy định rút ra từ thực tế chế tạo và sử dụng) ; mức làm việc êm ở cấp chính xác cao hơn không quá 2 cấp và thấp hơn không quá 1 cấp so với mức chính xác động học, mức chính xác tiếp xúc có thể ở cấp chính xác cao hơn 1 cấp hoặc thấp hơn 1 cấp so với mức làm việc êm.

8.4.3. Dạng đối tiếp mặt răng và dung sai độ hở mặt bên của răng, T_{jn}

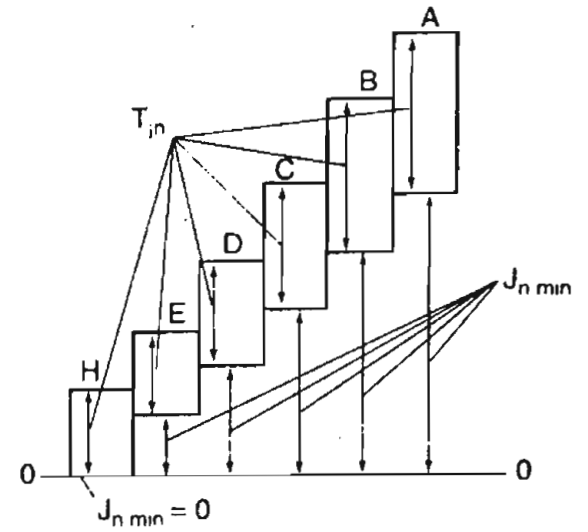
Tùy theo yêu cầu về giá trị độ hở mặt bên nhỏ nhất $J_{n\min}$ mà tiêu chuẩn quy định 6 dạng đối tiếp H, E, D, C, B, A cho truyền động bánh răng trụ, côn, hypoit và truyền động trục vít trụ có môđun $m \geq 1 \text{ mm}$ (TCVN 1067 – 84), (hình 8.16).

Dạng H có giá trị độ hở mặt bên nhỏ nhất bằng không ($J_{n\min} = 0$) và độ hở tăng dần từ H đến A.

Trong điều kiện làm việc bình thường thì sử dụng dạng đối tiếp B, dạng được dùng phổ biến trong chế tạo cơ khí.

Tiêu chuẩn cũng quy định 8 miền dung sai của độ hở mặt bên răng (T_{jn}), kí hiệu là : h, d, c, b, a, z, y, x. Tùy theo kích thước kết cấu và điều kiện làm việc của truyền động bánh răng mà người thiết kế chọn dạng đối tiếp và miền dung sai của độ hở mặt bên.

Ví dụ : có thể chọn dạng đối tiếp B và miền dung sai b, cũng cho phép chọn dạng đối tiếp B và miền dung sai không tương ứng, miền dung sai a chẳng hạn.



Hình 8.16

8.4.4. Ghi kí hiệu cấp chính xác và dạng đối tiếp trên bản vẽ

Trên bản vẽ thiết kế, chế tạo bánh răng thì cấp chính xác và dạng đối tiếp được ghi kí hiệu như sau : Ví dụ : 7 – 8 – 8 B. TCVN 1067 – 84

Từ trái sang phải lần lượt kí hiệu là :

- 7 – cấp chính xác của mức chính xác động học ;
- 8 – cấp chính xác của mức làm việc êm ;
- 8 – cấp chính xác của mức tiếp xúc răng ;
- B – dạng đối tiếp mặt răng.

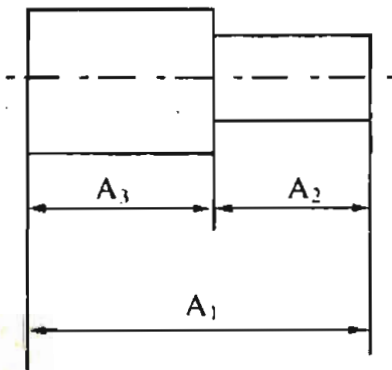
CHUỖI KÍCH THƯỚC

9.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

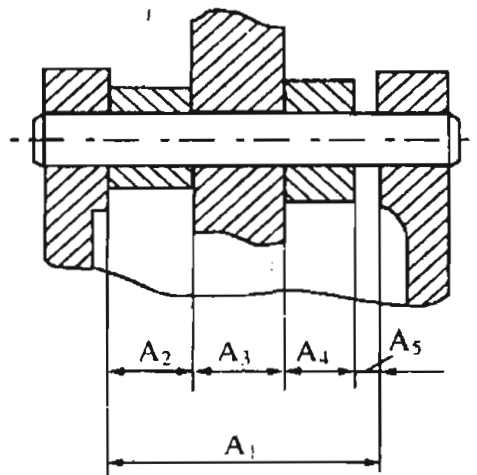
9.1.1. Chuỗi kích thước

Chuỗi kích thước là một tập hợp các kích thước quan hệ lẫn nhau tạo thành một vòng kín và xác định vị trí các bề mặt (hoặc đường tâm) của một hoặc một số chi tiết. Như vậy để hình thành chuỗi kích thước phải có hai điều kiện : các kích thước quan hệ nối tiếp nhau và tạo thành một vòng kín. Nghĩa là nếu ta đi một chiều theo các kích thước của chuỗi thì sẽ trở về chỗ xuất phát. Dựa theo khái niệm chuỗi ta đưa ra 3 ví dụ chuỗi kích thước (hình 9.1 ÷ 9.3). Chuỗi kích thước có nhiều loại, trong kĩ thuật ta phân chúng thành hai loại :

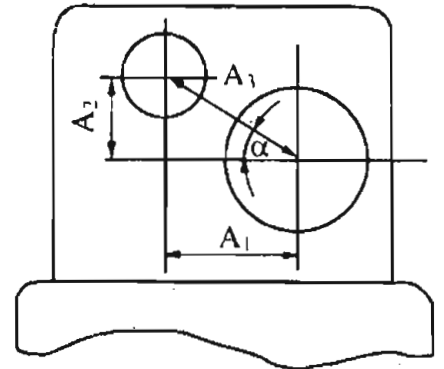
– Chuỗi kích thước chi tiết : các kích thước của chuỗi còn gọi là khâu, thuộc về một chi tiết. Chuỗi trên hình 9.1 và 9.3 là loại chuỗi kích thước chi tiết.



Hình 9.1



Hình 9.2



Hình 9.3

– Chuỗi kích thước lắp : các khâu của chuỗi là kích thước của các chi tiết khác nhau lắp ghép trong bộ phận máy hoặc máy. Chuỗi như hình 9.2 là chuỗi kích thước lắp.

Về mặt hình học người ta có thể phân loại chuỗi như sau :

– Chuỗi kích thước đường thẳng : các khâu của chuỗi song song với nhau, nằm trong cùng một mặt phẳng hoặc trong những mặt phẳng song song với nhau. Chuỗi (hình 9.1 và 9.2) là chuỗi đường thẳng.

– Chuỗi mặt phẳng : các khâu của chuỗi nằm trong cùng một mặt phẳng hoặc trong những mặt phẳng song song với nhau, nhưng chúng không song song nhau. Chuỗi (hình 9.3) là chuỗi mặt phẳng.

– Chuỗi không gian : các khâu của chuỗi nằm trong các mặt phẳng bất kì.

9.1.2. Khâu (kích thước của chuỗi)

Dựa vào đặc tính các khâu ta phân ra 2 loại :

– Khâu thành phần (A_i), kích thước của chúng do quá trình gia công quyết định và không phụ thuộc lẫn nhau.

– Khâu khép kín (A_Σ) ; kích thước của nó hoàn toàn phụ thuộc vào kích thước của các khâu thành phần. Trong quá trình gia công và lắp ráp thì khâu khép kín không được thực hiện trực tiếp mà nó là kết quả của sự thực hiện các khâu thành phần, có nghĩa là nó được hình thành cuối cùng trong trình tự công nghệ. Ví dụ : chuỗi (hình 9.2), các kích thước A_1, A_2, A_3, A_4 là các khâu thành phần chúng được thực hiện trực tiếp khi gia công các chi tiết 1, 2, 3, 4, và độc lập với nhau. Khe hở A_5 là khâu khép kín, nó được hình thành sau khi lắp các chi tiết thành bộ phận lắp. Kích thước của khâu khép kín A_5 hoàn toàn phụ thuộc vào các kích thước A_1, A_2, A_3, A_4 của các chi tiết tham gia lắp ghép.

Cũng tương tự như vậy, trong chuỗi kích thước chi tiết (hình 9.1), muốn phân biệt khâu thành phần và khâu khép kín phải dựa vào trình tự công nghệ gia công. Khâu nào hình thành cuối cùng trong trình tự công nghệ là khâu khép kín. Chẳng hạn ta gia công theo trình tự : A_2 rồi A_1 thì A_3 sẽ hình thành và hoàn toàn phụ thuộc vào kích thước A_2, A_1 nên A_3 là khâu khép kín.

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

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

+ Khâu thành phần giảm – khâu giảm là khâu mà khi ta tăng hoặc giảm kích thước của nó thì ngược lại kích thước khâu khép kín sẽ giảm hoặc tăng. Ví dụ : chuỗi ở hình 9.2 thì A_1 là khâu tăng còn A_2, A_3, A_4 là khâu giảm.

9.2. GIẢI CHUỖI KÍCH THƯỚC

9.2.1. Bài toán chuỗi và phương trình cơ bản của chuỗi kích thước

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

– Bài toán 1 : Với kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai đã cho của các khâu thành phần (A_i), phải xác định kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của khâu khép kín (A_Σ). Ví dụ : với các kích thước sai lệch giới hạn và dung sai đã cho của các khâu thành phần A_1, A_2, A_3, A_4 trong chuỗi (hình 9.2) cần phải xác định khe hở A_5 (khâu khép kín) là bao nhiêu.

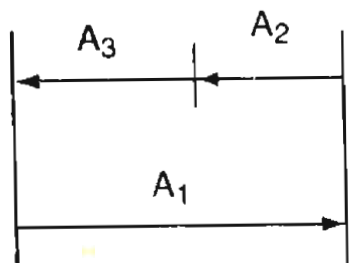
Bài toán 1 thường được sử dụng để tính toán kiểm tra chuỗi kích thước. Chẳng hạn với kích thước sai lệch giới hạn và dung sai đã cho của các khâu thành phần (A_i) hãy tính toán và xác định xem kích thước khâu khép kín có nằm trong phạm vi cho phép $[A_{\Sigma \max}]$ và $[A_{\Sigma \min}]$ hay không.

– Bài toán 2 : với kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai của khâu khép kín (A_Σ) cần phải tính toán xác định sai lệch giới hạn và dung sai của các khâu thành phần (A_i).

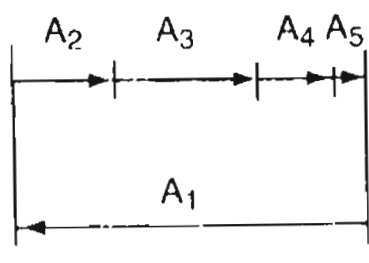
Chẳng hạn khi thiết kế bộ phận máy hoặc máy xuất phát từ yêu cầu chung, chúng ta tính toán xác định sai lệch giới hạn và dung sai của các kích thước chi tiết lắp thành bộ phận máy hoặc máy ấy. Đó chính là nhiệm vụ mà bài toán 2 phải giải quyết. Cũng chính là nhiệm vụ mà người thiết kế cần thực hiện khi tính toán thiết kế bộ phận máy hoặc máy.

Muốn giải hai bài toán trên ta phải xác lập quan hệ về kích thước danh nghĩa, sai lệch giới hạn và dung sai giữa các khâu thành phần và khâu khép kín. Trước hết phải xác lập quan hệ về kích thước giữa chúng từ đó làm cơ sở để xác lập các quan hệ khác.

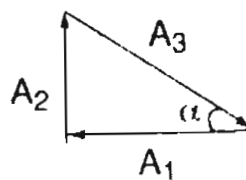
Để thuận tiện cho việc giải chuỗi kích thước người ta thường sơ đồ hóa các chuỗi. Các chuỗi trên (hình 9.1 ÷ 9.3) được sơ đồ hóa thành các chuỗi tương ứng trên hình 9.4 ÷ 9.6.



Hình 9.4



Hình 9.5



Hình 9.6

Chuỗi (hình 9.5) với khâu khép kín $A_{\Sigma} = A_5$ và theo điều kiện khép kín ta có quan hệ kích thước :

$$A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_{\Sigma} = 0$$

do đó
$$A_{\Sigma} = A_1 - A_2 - A_3 - A_4$$

Cũng tương tự, từ chuỗi (hình 9.6) ta có :

$$\cos \alpha \cdot A_1 + \sin \alpha \cdot A_2 - A_{\Sigma} = 0,$$

do đó:
$$A_{\Sigma} = \cos \alpha \cdot A_1 + \sin \alpha \cdot A_2$$

trong đó: $\cos \alpha \cdot A_1$, $\sin \alpha \cdot A_2$ là hình chiếu của khâu A_1 , A_2 trên phương khâu khép kín

$$A_{\Sigma} = A_3.$$

Từ hai trường hợp trên ta đi đến dạng tổng quát của phương trình cơ bản của chuỗi kích thước :

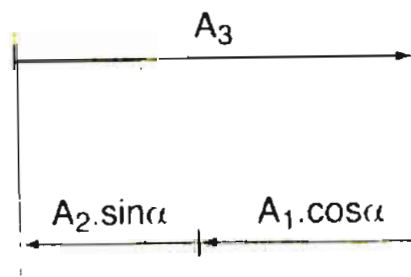
$$A_{\Sigma} = \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 + \dots + \beta_{m+n} A_{m+n}.$$

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m+n} \beta_i A_i \quad (9-1)$$

trong đó β_i là hệ số ảnh hưởng biểu thị mức độ ảnh hưởng của các khâu thành phần đến khâu khép kín và được tính theo công thức :

$$\beta_i = \frac{\partial A_{\Sigma}}{\partial A_i} \quad (i = 1, 2, \dots, m + n).$$

Trong chuỗi đường thẳng (hình 9.1, 9.2) thì hệ số β_i có giá trị (+1) ở khâu tăng và (-1) ở khâu giảm. Còn trong chuỗi phẳng (hình 9.3) thì trị số của β_i có thể bằng sin hoặc cos của một góc α nào đó và mang dấu (+) ở khâu tăng, dấu (-) ở khâu giảm. Như vậy khi giải chuỗi phẳng, ta đưa nó về chuỗi đường thẳng bằng cách chiếu các khâu lên phương của khâu khép kín rồi giải chuỗi đường thẳng của hình chiếu các khâu, ví dụ giải chuỗi (hình 9.3) ta đưa về chuỗi đường thẳng (hình 9.7).



Hình 9.7

Cũng tương tự khi giải chuỗi không gian ta cũng đưa về các chuỗi đường thẳng của hình chiếu các khâu thành phần trên 3 trục tọa độ vuông góc.

Khi xác định khâu tăng và khâu giảm của chuỗi kích thước ta xét chuỗi như là một vòng kín các vectơ kích thước nối tiếp nhau. Vectơ kích thước hoặc vectơ hình chiếu (hình 9.7) của kích thước

trên phương khâu khép kín mà ngược chiều với khâu khép kín, là khâu tăng còn cùng chiều với khâu khép kín thì là khâu giảm. Để thuận tiện cho tính toán, khi giải chuỗi kích thước người ta gộp các khâu thành phần tăng và các khâu thành phần giảm thành 2 phần riêng biệt. Ví dụ trong chuỗi có $(m+n)$ khâu thành phần thì :

$\sum_{i=1}^m$ là tổng các khâu tăng ;

$\sum_{j=1}^n$ là tổng các khâu giảm.

Do vậy công thức (9-1) có dạng :

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m |\beta_i| A_i - \sum_{j=1}^n |\beta_j| A_j \quad (9-2)$$

Đối với chuỗi đường thẳng :

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m A_i - \sum_{j=1}^n A_j \quad (9-3)$$

Trên cơ sở phương trình quan hệ (9-3), ta có thể giải các chuỗi đường thẳng theo các phương pháp khác nhau.

9.2.2. Giải chuỗi kích thước theo phương pháp đổi lẫn chức năng hoàn toàn

Khi giải theo phương pháp này thì dung sai của các khâu thành phần và khâu khép kín được tính sao cho chúng đảm bảo tính đổi lẫn chức năng hoàn toàn. Cho nên kích thước của các khâu phải nằm trong phạm vi cho phép ngay cả trường hợp chúng có các giá trị ở biên của miền phân tán kích thước mặc dầu xác suất xuất hiện các giá trị đó rất nhỏ.

1) Bài toán 1

Theo công thức quan hệ (9-3) ta nhận thấy khâu khép kín A_{Σ} có giá trị lớn nhất khi các khâu thành phần tăng có giá trị lớn nhất ($A_{i \max}$) và các khâu giảm có giá trị bé nhất ($A_{j \min}$), do đó :

$$A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{j=1}^n A_{j \min} \quad (9-4)$$

Cũng tương tự ta có giá trị bé nhất của khâu khép kín :

$$A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{j=1}^n A_{j \max} \quad (9-5)$$

Công thức (9-4) và (9-5) chính là điều kiện để giải chuỗi bằng phương pháp đổi lẫn chức năng hoàn toàn. Có nghĩa là khi giải ta phải tính đến cả những trường hợp xấu nhất, đó là trường hợp giá trị khâu khép kín có xác suất rất bé. Những trường hợp đó trong thực tế có thể không xuất hiện hoặc rất hãn hữu, nhưng để đảm bảo tính đổi lẫn chức năng hoàn toàn ta cứ giả thiết là chúng xuất hiện để tính. Vì vậy công thức (9-4) và (9-5) còn là giả thiết của bài toán.

Từ công thức (9-3), (9-4) và (9-5) ta xác lập được các quan hệ về dung sai và sai lệch giới hạn giữa khâu khép kín và các khâu thành phần.

– Dung sai khâu khép kín T_{Σ} :

$$\begin{aligned}
 T_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma \min} \\
 &= \sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{j=1}^n A_{j \min} - \left[\sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{j=1}^n A_{j \max} \right] \\
 T_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m T_i + \sum_{j=1}^n T_j \\
 T_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^{m+n} T_i \quad , \quad (9-6)
 \end{aligned}$$

với T_i là dung sai của các khâu thành phần của chuỗi.

Như vậy dung sai khâu khép kín bằng tổng dung sai các khâu thành phần. Cũng từ công thức (9-6) ta nhận thấy rằng muốn nâng cao độ chính xác của khâu khép kín thì hoặc là ta giảm dung sai của mỗi khâu thành phần trong chuỗi hoặc ta giảm số lượng khâu thành phần của chuỗi.

- Sai lệch giới hạn của khâu khép kín.

+ Sai lệch giới hạn trên ES_{Σ} :

$$\begin{aligned}
 ES_{\Sigma} &= A_{\Sigma \max} - A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m A_{i \max} - \sum_{j=1}^n A_{j \min} - \left(\sum_{i=1}^m A_i - \sum_{j=1}^n A_j \right) \\
 ES_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m ES_i - \sum_{j=1}^n ei_j \quad . \quad (9-7)
 \end{aligned}$$

+ Sai lệch giới hạn dưới

$$\begin{aligned}
 EI_{\Sigma} &= A_{\Sigma \min} - A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m A_{i \min} - \sum_{j=1}^n A_{j \max} - \left[\sum_{i=1}^m A_i - \sum_{j=1}^n A_j \right] \\
 EI_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m EI_i - \sum_{j=1}^n es_j \quad (9-8)
 \end{aligned}$$

trong đó : ES_i, EI_i và es_j, ei_j là sai lệch giới hạn trên và dưới của khâu tăng và khâu giảm.

Để thuận tiện cho việc tính toán chuỗi kích thước người ta còn sử dụng sai lệch trung bình $E_m(e_m)$ (hình 9.8) :

$$E_m = \frac{ES + EI}{2} \text{ đối với khâu tăng}$$

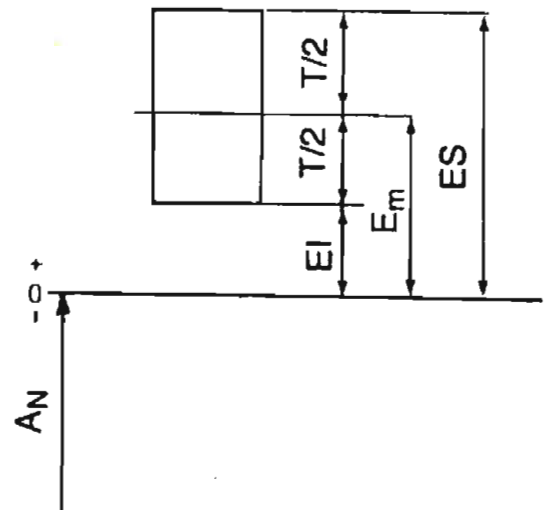
$$e_m = \frac{es + ei}{2} \text{ đối với khâu giảm,}$$

cũng tương tự ta có :

$$E_{m\Sigma} = \frac{ES_{\Sigma} + EI_{\Sigma}}{2} \quad (9-9)$$

Từ công thức (9-7), (9-8) và (9-9) ta tính được :

$$E_{m\Sigma} = \sum_{i=1}^m E_{mi} - \sum_{j=1}^n e_{mj} \quad (9-10)$$



Như vậy sai lệch giới hạn của khâu khép kín còn được tính theo công thức :

$$ES_{\Sigma} = E_{m\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma} \quad (9-11)$$

$$EI_{\Sigma} = E_{m\Sigma} - \frac{1}{2} T_{\Sigma} \quad (9-12)$$

Đến đây bài toán 1 đã được giải xong bằng các công thức (9-6), (9-7) và (9-8) hoặc (9-6), (9-10), (9-11) và (9-12).

Ví dụ 1 : Cho bộ phận lắp của cơ cấu băng tải (hình 9.9a). Bánh răng (1) quay cùng với trục (2) và được đỡ bằng hai ổ trượt (3) lắp trên giá đỡ (4). Khe hở giữa bánh răng và mặt mút của ổ (A_{Σ}) chỉ được phép dao động trong khoảng $0,05 \div 0,75$ mm, để đảm bảo khả năng quay tự do và dịch chuyển chiều trục không lớn của bánh răng.

Nếu các chi tiết tham gia lắp ghép có kích thước và sai lệch như sau : $A_1 = 16_{-0,47}^{+0,29}$; $A_2 = 4_{-0,12}$; $A_3 = 24_{-0,21}$; $A_4 = 4_{-0,12}$, hãy xác định xem giá trị khe hở nhận được sau khi lắp có nằm trong giới hạn cho phép : $[A_{\Sigma \max}]$, $[A_{\Sigma \min}]$ hay không.

Đây là bài toán 1 của chuỗi kích thước ta áp dụng các công thức (9-6), (9-10), (9-11) và (9-12) để giải.

Trình tự giải bài toán như sau:

- Khâu khép kín của chuỗi (A_{Σ}) chính là yêu cầu chung của bộ phận lắp (khe hở giữa bánh răng và mặt mút của bạc ổ trục).

- Sơ đồ hóa chuỗi theo các vectơ kích thước (hình 9.9b). Dựa vào sơ đồ chuỗi ta xác định : A_3 là khâu tăng còn A_1, A_2, A_4 là khâu giảm.

- Phương trình cơ bản của chuỗi kích thước là :

$$A_{\Sigma} = A_3 - (A_1 + A_2 + A_4)$$

kích thước danh nghĩa của khâu khép kín :

$$A_{\Sigma} = 24 - (4 + 16 + 4) = 0.$$

- Dung sai khâu khép kín được tính theo công thức (9-6) :

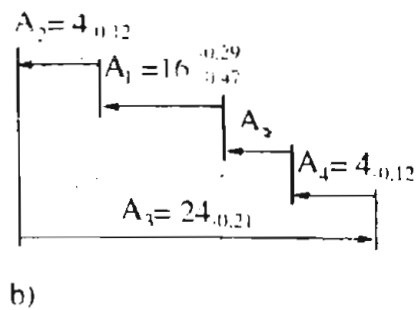
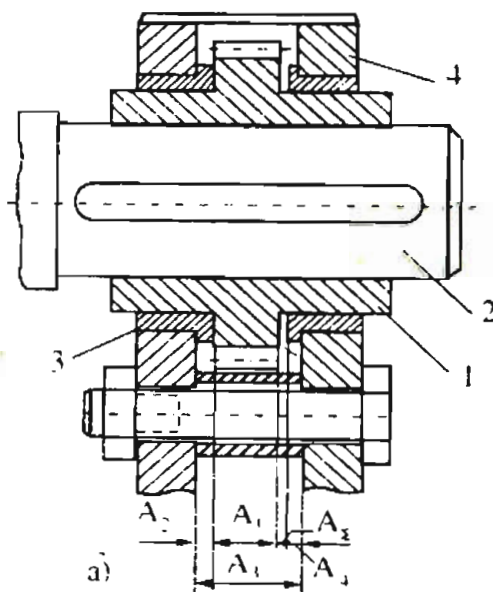
$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$T_{\Sigma} = 0,18 + 0,12 + 0,21 + 0,12 = 0,63 \text{ mm.}$$

- Sai lệch trung bình của các khâu thành phần :

$$e_{m1} = \frac{(-0,29) + (-0,47)}{2} = -0,38 \text{ mm}$$

$$e_{m2} = e_{m4} = \frac{0 + (-0,12)}{2} = -0,06 \text{ mm}$$



Hình 9.9

$$E_{m3} = \frac{0 + (-0,21)}{2} = -0,105\text{mm}$$

Sai lệch trung bình của khâu khép kín được tính theo (9-10) :

$$E_{m\Sigma} = E_{m3} - (e_{m1} + e_{m2} + e_{m4})$$

$$E_{m\Sigma} = -0,105 - (-0,38 - 0,06 - 0,06) = +0,395$$

- Sai lệch giới hạn của khâu khép kín :

$$ES_{\Sigma} = E_{m\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma} = +0,395 + \frac{1}{2} 0,63 = 0,71\text{mm}$$

$$EI_{\Sigma} = E_{m\Sigma} - \frac{1}{2} T_{\Sigma} = +0,395 - \frac{1}{2} 0,63 = 0,08\text{mm}$$

- Kích thước giới hạn của khâu khép kín

$$A_{\Sigma\max} = A_{\Sigma} + ES_{\Sigma} = 0 + 0,71 = 0,71 < [A_{\Sigma\max}] = 0,75\text{mm}.$$

$$A_{\Sigma\min} = A_{\Sigma} + EI_{\Sigma} = 0 + 0,08 = 0,08 > [A_{\Sigma\min}] = 0,05\text{mm}.$$

Trị số khe hở nhận được sau khi lắp (khâu khép kín) nằm trong giới hạn cho phép.

2) Bài toán 2

Với dung sai đã cho của khâu khép kín (T_{Σ}) ta cần phải xác định dung sai của các khâu thành phần (T_i) theo công thức (9-6) :

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m+n} T_i.$$

Theo công thức này thì có thể xác định dung sai cho các khâu thành phần theo các phương pháp sau :

- Phân bổ dung sai khâu khép kín cho các khâu thành phần theo điều kiện chế tạo kinh tế hợp lí, theo đặc điểm kết cấu và kinh nghiệm sử dụng các sản phẩm tương tự. Sau khi xác định dung sai cho các khâu thành phần phải tính lại dung sai khâu khép kín theo công thức (9-6). Nếu giá trị tính không trùng với giá trị đã cho thì phải thay đổi dung sai các khâu sao cho chúng thỏa mãn quan hệ (9-6).

- Ta giả thiết dung sai các khâu thành phần bằng nhau và bằng giá trị trung bình của dung sai (T_m)

$$T_1 = T_2 = \dots = T_i = \dots = T_{m+n} = T_m.$$

Giá trị dung sai trung bình được tính từ công thức (9-6) :

$$T_m = \frac{T_{\Sigma}}{m+n}.$$

Dựa vào giá trị dung sai trung bình ta điều chỉnh dung sai của tất cả hoặc một số khâu thành phần tùy theo kích thước danh nghĩa, đặc điểm công nghệ chế tạo, yêu cầu kết cấu... sau đó kiểm tra lại theo công thức (9-6).

- Ta giả thiết các khâu thành phần ở cùng 1 cấp chính xác, tức là có cùng hệ số cấp chính xác :

$$a_1 = a_2 = \dots = a_i = \dots = a_{m+n} = a_m$$

Như vậy dung sai của các khâu thành phần bất kì sẽ là :

$$T_i = a_m i_i$$

Thay T_i vào công thức (9-6) ta được :

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m+n} a_m \cdot i_i$$

Do đó:

$$a_m = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^{m+n} i_i} \quad (9-13)$$

trong đó $i_i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D$. Với kích thước danh nghĩa đã xác định của các khâu thành phần thì i_i cũng được xác định theo (bảng 9.1).

Dựa vào giá trị a_m ta xác định cấp chính xác chung cho các khâu thành phần.

**Bảng 9.1. GIÁ TRỊ CỦA ĐƠN VỊ DUNG SAI $i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D$
ĐỐI VỚI KÍCH THƯỚC ĐẾN 500mm**

Khoảng kích thước mm	Đến 3	Trên	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.
		3 đến 6	6 Đ	10 Đ	18 Đ	30 Đ	50 Đ	80 Đ	120 Đ	180 Đ	250 Đ	315 Đ	400 Đ
$i, \mu\text{m}$	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3,22	3,54	3,89

Theo bảng 4.1 ta sẽ chọn cấp chính xác có hệ số a gần với a_m nhất. Sau khi xác định cấp chính xác chung của các khâu thành phần, ta tra sai lệch và dung sai cho các khâu thành phần theo bảng tiêu chuẩn (TCVN 2245-99), với quy ước là : khâu tăng coi như kích thước lỗ cơ bản, khâu giảm coi như kích thước trục cơ bản. Chẳng hạn khâu thành phần tăng có kích thước danh nghĩa là 100mm, ở cấp chính xác chung là 10 thì ta coi như lỗ cơ bản 100H10, còn với khâu giảm kích thước danh nghĩa là 50mm, ở cấp chính xác 10 thì ta coi như trục cơ bản 50h10.

Cần nhớ rằng quy ước trên nói chung là hợp lí cho người chế tạo, tuy nhiên cũng có trường hợp, nếu theo quy ước này thì thực tế làm khó cho chế tạo. Điều không hợp lí như vậy chỉ có thể khắc phục nhờ khả năng và kinh nghiệm về công nghệ của người cán bộ thiết kế.

Khi tra bảng để xác định sai lệch giới hạn của các khâu thành phần ta tra cho tất cả các khâu chỉ trừ lại 1 khâu thành phần thứ k là A_k . Sai lệch và dung sai của khâu A_k được xác định bằng tính toán. Ta phải làm như vậy để bù lại sự khác nhau giữa hệ số a của cấp chính xác đã chọn với hệ số a_m tính theo (9-6). Ngay cả khi hai giá trị đó bằng nhau cũng phải tính toán sai lệch của khâu A_k để cho sự kết hợp giữa sai lệch giới hạn của nó với sai lệch giới hạn của các khâu thành phần kia sao cho phù hợp với sai lệch giới hạn đã cho của khâu khép kín.

Đến đây bài toán 2 chỉ còn là :

Biết : kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của khâu khép kín (cho trước) ; kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của $[(m+n) - 1]$ khâu thành phần (tra bảng theo tiêu chuẩn).

+ Tìm : kích thước sai lệch giới hạn và dung sai của khâu thành phần thứ k , A_k .

+ Dung sai của khâu A_k được tính từ công thức (9-6) :

$$T_k = T_\Sigma - \sum_{i=1}^{m+n-1} T_i \quad (9-14)$$

+ Sai lệch trung bình của A_k được tính từ công thức (9-10). Trường hợp A_k là khâu tăng thì :

$$E_{mk} = \sum_{j=1}^n e_{mj} - \sum_{i=1}^{m-1} E_{mi} + E_{m\Sigma} \quad (9-15)$$

Trường hợp A_k là khâu giảm thì :

$$e_{mk} = \sum_{i=1}^m E_{mi} - \sum_{j=1}^{n-1} e_{mj} - E_{m\Sigma} \quad (9-16)$$

+ Sai lệch giới hạn của khâu A_k :

Khi A_k là khâu tăng :

$$ES_k = E_{mk} + \frac{1}{2} T_k \quad (9-17)$$

$$EI_k = E_{mk} - \frac{1}{2} T_k \quad (9-18)$$

Khi A_k là khâu giảm :

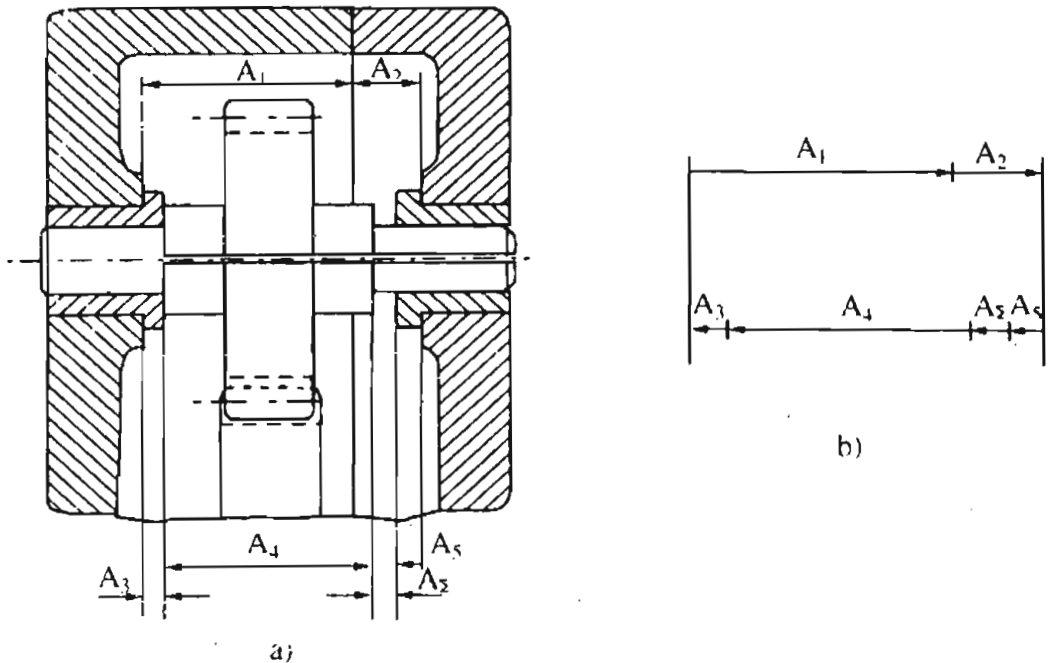
$$es_k = e_{mk} + \frac{1}{2} T_k \quad (9-19)$$

$$ei_k = e_{mk} - \frac{1}{2} T_k \quad (9-20)$$

Như vậy bài toán 2 được giải quyết xong.

Ví dụ 2 : Cho bộ phận lắp như hình 9.10a.

Yêu cầu của bộ phận lắp là phải đảm bảo khe hở giữa mặt mút vai trục và mặt mút bạc ổ trục trong giới hạn $A_\Sigma = 1^{+0.75} \text{ mm}$, để cho bánh răng quay tự do mà không có dịch chuyển chiều trục lớn. Đó chính là khâu khép kín của chuỗi kích thước lắp như sơ đồ hình 9.10b.



Hình 9.10

Với kích thước danh nghĩa của các khâu thành phần là :

$$A_1 = 101\text{mm} \quad A_2 = 50\text{mm}$$

$$A_3 = A_5 = 5\text{mm} \quad A_4 = 140\text{mm}$$

Hãy xác định sai lệch giới hạn và dung sai của các khâu thành phần của chuỗi.

Đây chính là bài toán 2 của chuỗi kích thước. Nó sẽ được giải theo trình tự như sau :

- Dựa vào sơ đồ chuỗi ta xác định :

A_1, A_2 là khâu tăng ;

A_3, A_4, A_5 là khâu giảm.

- Với giả thiết tất cả các khâu thành phần được chế tạo ở cùng một cấp chính xác và hệ số cấp chính xác chung được tính theo công thức (9-13) :

$$a_m = \frac{T_\Sigma}{m+n} \sum_{i=1}^m i_i$$

$$a_m = \frac{750}{2,17 + 1,56 + 2,0,73 + 2,52} \approx 97$$

Dựa vào bảng 4.1 ta thấy $a_m \approx 97$ gần với $a = 100$ nhất, nên ta chọn cấp chính xác 11 làm cấp chính xác chung cho các khâu thành phần :

- Với cấp chính xác chung đã chọn (IT11) ta tra sai lệch giới hạn và dung sai cho $(m+n) - 1$ khâu :

$$A_1 = 101H11 = 101^{+0,22}$$

$$A_2 = 50H11 = 50^{+0,16}$$

$$A_3 = A_5 = 5h11 = 5_{-0,075}$$

- Tính A_k : khâu A_k để lại tính là khâu A_4 , nó là khâu giảm nên dung sai và sai lệch được tính theo các công thức (9-14) ; (9-16) ; (9-19) ; (9-20) :

$$\begin{aligned} T_k = T_4 &= T_\Sigma - \sum_{i=1}^{m+n-1} T_i \\ &= 750 - (0,22 + 0,16 + 2 \cdot 0,075) = 0,22\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{mk} &= \sum_{i=1}^m E_{mi} - \sum_{j=1}^{n-1} e_{mj} - E_{m\Sigma} \\ &= 0,11 + 0,08 - [2 \cdot (-0,0375)] - 0,375 \end{aligned}$$

$$e_{mk} = -0,11\text{mm}$$

$$es_k = e_{mk} + T_{k/2} = -0,11 + 0,11 = 0$$

$$ei_k = e_{mk} + T_{k/2} = -0,11 - 0,11 = -0,22\text{mm}$$

Vậy : $A_k = A_4 = 140_{-0,22}$.

Ưu nhược điểm của phương pháp giải :

Dung sai và sai lệch của các khâu được xác định trên cơ sở đảm bảo tính đối lẫn chức năng hoàn toàn nên nó có ưu điểm của tính đối lẫn chức năng hoàn toàn mà ta đã đề cập tới trong chương 1 nghĩa là :

+ Tạo điều kiện tốt cho việc sử dụng máy

+ Tạo điều kiện tốt cho quá trình lắp ráp máy, bởi vì nó đảm bảo lúc đưa các chi tiết chế tạo đã qua kiểm tra, đến phân xưởng lắp ráp thành máy, thì bao giờ máy cũng đạt yêu cầu kỹ thuật mà không cần phải sửa chữa gì thêm.

+ Tạo điều kiện hợp tác sản xuất rộng rãi.

Tuy nhiên trong điều kiện số lượng khâu thành phần khá lớn thì mẫu số ở công thức (9-13) lớn làm cho a_m nhỏ đi, nghĩa là đòi hỏi các khâu thành phần phải ở cấp chính xác cao, có lúc cao đến mức không chế tạo được hoặc quá khó khăn. Do đó giải theo phương pháp này chỉ nên dùng cho những chuỗi có số khâu thành phần ít hoặc những chuỗi không đòi hỏi độ chính xác cao. Ngoài trường hợp ấy ta giải theo phương pháp đổi lần chức năng không hoàn toàn.

9.2.3. Giải chuỗi kích thước theo phương pháp đổi lần chức năng không hoàn toàn

1) Phương pháp tính xác suất

Trước hết, cần phải xét xem tại sao đặt vấn đề tính theo xác suất.

Khi giải theo phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn, ta thấy các công thức (9-4) và (9-5) được thiết lập trên cơ sở giả thiết rằng: khâu khép kín (A_Σ) có giá trị lớn nhất lúc tất cả các khâu tăng đều có giá trị lớn nhất và tất cả các khâu giảm đều có giá trị bé nhất còn khâu khép kín sẽ có giá trị bé nhất lúc ngược lại. Điều giả thiết đó rất có thể xảy ra nhưng nếu chú ý rằng chi tiết có kích thước ở giá trị bé nhất và lớn nhất có xác suất rất bé (tính chất của đường cong phân bố chuẩn, xem chương 3), cho nên sự kết hợp của tất cả các giá trị cực đại và cực tiểu cùng một lúc như giả thiết lại càng có xác suất rất bé và trong thực tế có thể bỏ qua được. Nói một cách khác nếu bỏ qua các giá trị khâu khép kín có xác suất bé thì chúng ta có thể nói rằng: với kích thước và dung sai cho trước của các khâu thành phần thì thực tế khâu khép kín sẽ có một giá trị cực đại bé hơn giá trị lớn nhất $A_{\Sigma \max}$ tính theo (9-4) và một giá trị cực tiểu lớn hơn $A_{\Sigma \min}$ tính theo (9-5). Các giá trị cực đại và cực tiểu thực tế ấy là bao nhiêu, đó chính là nhiệm vụ của bài toán giải chuỗi kích thước theo phương pháp tính xác suất.

a) Bài toán 1

Nếu kí hiệu σ_Σ là sai lệch bình phương trung bình của khâu khép kín (A_Σ) và σ_i là sai lệch bình phương trung bình của các khâu thành phần (A_i). Áp dụng định lí của xác suất cho chuỗi kích thước ta có:

$$\sigma_\Sigma^2 = \sum_{i=1}^{m+n} \sigma_i^2. \quad (9-21)$$

Nếu kích thước tuân theo quy luật phân bố chuẩn, trung tâm phân bố trùng với trung tâm dung sai và miền phân bố bằng miền dung sai thì $6\sigma_i = T_i$.

Tuy nhiên trong trường hợp tổng quát không thể có các điều kiện ấy, do vậy đối với trường hợp tổng quát ta đưa vào hệ số k , gọi là hệ số phân bố của đại lượng ngẫu nhiên kích thước. Nó phụ thuộc vào dạng đường cong phân bố mật độ xác suất và vị trí của nó so với trung tâm dung sai.

Đối với khâu thành phần thứ i nào đó thì:

$$k_i = \frac{6\sigma_i}{T_i} \rightarrow \sigma_i = \frac{1}{6} k_i T_i \quad (9-22)$$

Cũng tương tự đối với khâu khép kín:

$$k_\Sigma = \frac{6\sigma_\Sigma}{T_\Sigma} \rightarrow \sigma_\Sigma = \frac{1}{6} k_\Sigma T_\Sigma \quad (9-23)$$

Thay (9-22) và (9-23) vào (9-21) ta có :

$$\frac{1}{6^2} k_{\Sigma}^2 T_{\Sigma}^2 = \frac{1}{6^2} \sum_{i=1}^{m+n} k_i^2 T_i^2$$

$$k_{\Sigma} T_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} k_i^2 T_i^2} \quad (9-24)$$

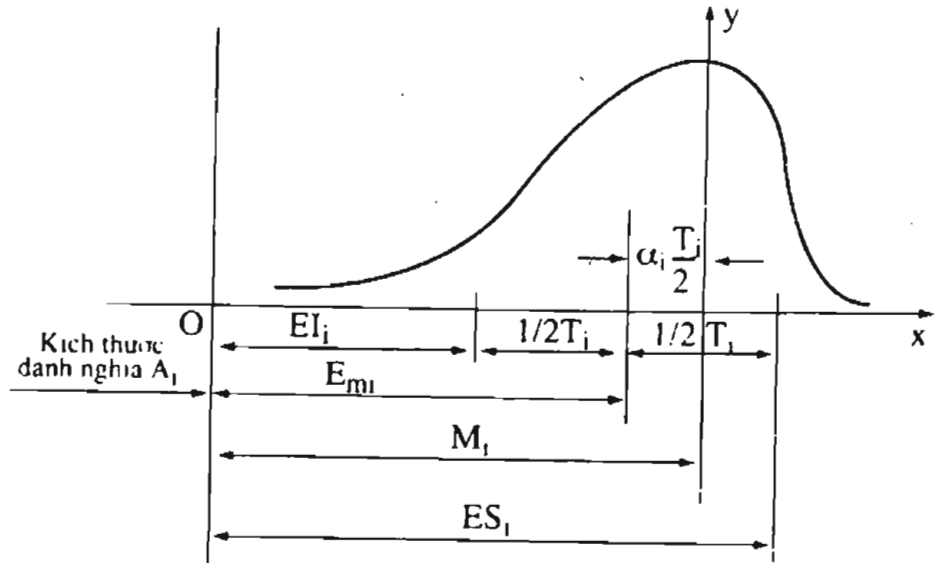
Sau khi xác định hệ số phân bố của khâu khép kín k_{Σ} và các hệ số phân bố k_i của các khâu thành phần thì từ (9-24) cho phép ta xác định dung sai khâu khép kín khi cho dung sai của các khâu thành phần.

Để xác định sai lệch giới hạn của khâu khép kín ta xét trường hợp tổng quát sự phân bố kích thước của một khâu thành phần A_i nào đó như biểu thị trên hình 9.11.

Từ hình vẽ ta thấy :

E_{mi} – sai lệch trung bình của khâu thành phần A_i

M_i – tọa độ trung tâm phân bố tính so với kích thước danh nghĩa.



Hình 9.11

Trung tâm phân bố lệch so với trung tâm dung sai một lượng là $\alpha_i \frac{T_i}{2}$, nên ta có :

$$M_i = E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \quad (9-25)$$

trong đó : α_i – là hệ số phân bố tương đối của khâu thành phần A_i . Nó phụ thuộc vào vị trí trung tâm phân bố so với trung tâm dung sai.

Cũng tương tự ta có :

$$M_{\Sigma} = E_{m\Sigma} + \alpha_{\Sigma} \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (9-26)$$

α_{Σ} – là hệ số phân bố tương đối của khâu khép kín A_{Σ} . Theo định lý xác suất áp dụng cho chuỗi kích thước ta có :

$$M_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m M_i - \sum_{j=1}^n M_j \quad (9-27)$$

Từ (9-25), (9-26) và (9-27) ta có :

$$E_{m\Sigma} + \alpha_{\Sigma} \frac{T_{\Sigma}}{2} = \sum_{i=1}^m (E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2}) - \sum_{j=1}^n (E_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2})$$

$$E_{m\Sigma} = \sum_{i=1}^m (E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2}) - \sum_{j=1}^n (E_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2}) - \alpha_{\Sigma} \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (9-28)$$

Sai lệch giới hạn của khâu khép kín được tính theo công thức (9 – 11) và (9–12) :

$$ES_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m (E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2}) - \sum_{j=1}^n (e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2}) + (1 - \alpha_{\Sigma}) \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (9-29)$$

$$EI_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m (E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2}) - \sum_{j=1}^n (e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2}) - (1 + \alpha_{\Sigma}) \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (9-30)$$

Với các công thức (9–24) ; (9–29) và (9–30) ta giải được bài toán 1. Nhưng còn cần phải xác định các hệ số α_i, k_i và $\alpha_{\Sigma}, k_{\Sigma}$.

Các hệ số α_i, k_i hoàn toàn phụ thuộc vào phương pháp gia công, nên phải dùng phương pháp thống kê thực nghiệm gia công cơ khí mới xác định được.

Để xác định được α_i, k_i khi giải chuỗi có thể tham khảo các tài liệu thực nghiệm hoặc các sổ tay chế tạo máy. Với mức độ chính xác vừa phải có thể chọn $k_i = 1, 2$ làm giá trị bình quân cho tất cả các khâu thành phần và $\alpha_i = +0,15$ đối với những kích thước mà sự hình thành nó giống kích thước bị bao (kích thước trục) ; $\alpha_i = -0,15$ đối với những kích thước giống kích thước bao (kích thước lỗ).

Riêng $\alpha_{\Sigma}, k_{\Sigma}$ phải tính theo xác suất. Chúng hoàn toàn phụ thuộc vào các hệ số α_i, k_i của các khâu thành phần. Với mức chính xác đủ dùng có thể lấy $\alpha_{\Sigma} = 0, k_{\Sigma} = 1$; nghĩa là coi kích thước khâu khép kín hoàn toàn tuân theo luật phân bố chuẩn.

Ví dụ 3 : Bài toán đặt ra giống ví dụ 1 nhưng giải theo phương pháp tính xác suất.

Với các khâu thành phần :

$$A_1 = 16_{-0,47}^{-0,29} ; \quad A_2 = 4_{-0,12} ; \quad A_3 = 24_{-0,21} ; \quad A_4 = 4_{-0,12}$$

Xác định xem khâu khép kín A_{Σ} có nằm trong giới hạn cho phép : $[A_{\Sigma \max}] = 0,75\text{mm}$ và $[A_{\Sigma \min}] = 0,05\text{mm}$ hay không.

– Tương tự như trong ví dụ 1 ta xác định được : A_3 là khâu tăng ; A_1, A_2 và A_4 là khâu giảm. Kích thước danh nghĩa của khâu khép kín bằng không.

– Để tính sai lệch giới hạn và dung sai khâu khép kín trước hết ta phải xác định các hệ số α_i, k_i và $\alpha_{\Sigma}, k_{\Sigma}$.

+ Theo kết quả phân tích độ chính xác của quá trình công nghệ gia công các kích thước ta nhận được [5] :

$$\alpha_1 = -0,1 ; \quad k_1 = 1,2 \quad \alpha_3 = +0,2 ; \quad k_3 = 1,17$$

$$\alpha_2 = -0,14 ; \quad k_2 = 1,15 \quad \alpha_4 = -0,16 ; \quad k_4 = 1,2$$

+ Kích thước khâu khép kín phân bố theo quy luật phân bố chuẩn với $\alpha_{\Sigma} = 0$ và $k_{\Sigma} = 1$.

– Dung sai và sai lệch trung bình của các khâu thành phần :

$$T_1 = 0,18\text{mm} ; \quad T_2 = T_4 = 0,12\text{mm} ; \quad T_3 = 0,21\text{mm}$$

$$e_{m_1} = -0,38\text{mm} ; \quad e_{m_2} = e_{m_4} = -0,06\text{mm} ; \quad E_{m_3} = -0,105\text{mm}$$

- Từ (9-24) ta tính được :

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,2^2 \cdot 0,18^2 + 1,15^2 \cdot 0,12^2 + 1,17^2 \cdot 0,21^2 + 1,2^2 \cdot 0,12^2}$$

$$T_{\Sigma} = 0,383\text{mm.}$$

- Từ (9-28) ta tính được :

$$E_{m\Sigma} = (-0,105 + 0,2 \frac{0,21}{2}) -$$

$$- \left[\left(-0,38 - 0,1 \frac{0,18}{2} \right) + \left(-0,06 - 0,14 \frac{0,12}{2} \right) + \left(-0,06 - 0,16 \frac{0,12}{2} \right) \right] - 0$$

$$E_{m\Sigma} = 0,443\text{mm}$$

- Từ (9-29) và (9-30) ta tính được :

$$ES_{\Sigma} = E_{m\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} = 0,443 + \frac{0,383}{2} = 0,634\text{mm}$$

$$EI_{\Sigma} = E_{m\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} = 0,443 - \frac{0,383}{2} = 0,251\text{mm.}$$

- Giá trị khâu khép kín (khe hở) nằm trong giới hạn cho phép :

$$A_{\Sigma \max} = 0,634 < [A_{\Sigma \max}] = 0,75\text{mm}$$

$$A_{\Sigma \min} = 0,251 > [A_{\Sigma \min}] = 0,05\text{mm}$$

Đem so sánh kết quả ở ví dụ này với kết quả ví dụ 1, ta thấy :

Khi tính theo phương pháp xác suất thì dung sai khâu khép kín giảm đi 1,6 lần so với dung sai khi tính theo phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn. Sở dĩ có sự sai khác như vậy là vì các sai lệch kích thước lớn hơn (+0,634 đến +0,71mm) và các sai lệch kích thước nhỏ hơn (+0,251 đến +0,08mm) đều có xác suất rất bé nên đã được bỏ qua khi tính theo xác suất, mà chỉ lấy các giá trị sai lệch kích thước nằm trong khoảng (từ +0,251 đến +0,634). Đó là những giá trị sai lệch kích thước có xác suất đáng kể.

Cần phải chú ý rằng những sai lệch mà ta bỏ qua ấy, tuy có xác suất rất bé nhưng cũng có khả năng xuất hiện và lúc xuất hiện sẽ ở ngoài tính toán của chúng ta về sai lệch của khâu khép kín, làm cho khâu khép kín không đạt yêu cầu, không đạt tính đổi lần chức năng. Điều đó giải thích tại sao phương pháp tính xác suất là một trong những phương pháp giải chuỗi kích thước theo phương pháp đổi lần chức năng không hoàn toàn.

b) Bài toán 2

Tương tự như bài toán 2 khi giải theo phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn, ở đây ta cũng giả thiết các khâu thành phần ở cùng một cấp chính xác và dung sai của khâu thành phần thứ i nào đó sẽ là : $T_i = a_m \cdot i_i$

- Thay giá trị T_i vào công thức (9-24) ta có :

$$k_{\Sigma} T_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} k_i^2 a_m^2 i_i^2}$$

$$a_m = \frac{k_{\Sigma} T_{\Sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} k_i^2 i_i^2}}$$

(9-31)

Sau khi tính được a_m , từ bảng 4.1 ta tra ra cấp chính xác chung cho các khâu thành phần, rồi tra sai lệch giới hạn và dung sai cho $[(m + n) - 1]$ khâu (theo TCVN 2245 - 99), còn lại khâu thứ k (A_k) thì dùng tính toán để xác định sai lệch và dung sai của nó.

- Từ công thức (9-24) ta tính được :

$$T_k = \sqrt{\frac{k_\Sigma^2 T_\Sigma^2 - \sum_{i=1}^{m+n-1} k_i^2 T_i^2}{k_k^2}} \quad (9-32)$$

k_k là hệ số phân bố của khâu A_k .

- Từ công thức (9-28) ta rút ra :

Trường hợp A_k là khâu tăng thì :

$$E_{mk} = E_{m\Sigma} - \sum_{i=1}^{m-1} \left(E_{mi} + \alpha_j \frac{T_i}{2} \right) + \sum_{j=1}^n \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) - \alpha_k \frac{T_k}{2} \quad (9-33)$$

ở đây $\alpha_\Sigma = 0$.

$$ES_k = E_{m\Sigma} - \sum_{i=1}^{m-1} \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) + \sum_{j=1}^n \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) + (1 - \alpha_k) \frac{T_k}{2} \quad (9-34)$$

$$EI_k = E_{m\Sigma} - \sum_{i=1}^{m-1} \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) + \sum_{j=1}^n \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) - (1 + \alpha_k) \frac{T_k}{2} \quad (9-35)$$

Trường hợp A_k là khâu giảm thì :

$$e_{mk} = \sum_{i=1}^m \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) - \sum_{j=1}^{n-1} \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) - E_{m\Sigma} - \alpha_k \frac{T_k}{2} \quad (9-36)$$

$$es_k = \sum_{i=1}^m \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) - \sum_{j=1}^{n-1} \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) - E_{m\Sigma} + (1 - \alpha_k) \frac{T_k}{2} \quad (9-37)$$

$$ei_k = \sum_{i=1}^m \left(E_{mi} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) - \sum_{j=1}^{n-1} \left(e_{mj} + \alpha_j \frac{T_j}{2} \right) - E_{m\Sigma} - (1 + \alpha_k) \frac{T_k}{2} \quad (9-38)$$

Như vậy bài toán 2 được giải xong.

Ví dụ 4. Bài toán đặt ra như ví dụ 2 (hình 9.10), nhưng giải theo phương pháp tính xác suất.

- Theo đầu bài đã cho :

+ Khâu khép kín : $A_\Sigma = 1^{+0,75}$; $E_{m\Sigma} = +0,375\text{mm}$

+ Kích thước danh nghĩa của các khâu thành phần :

$$A_1 = 101\text{mm}; \quad A_2 = 50\text{mm}; \quad A_3 = A_5 = 5\text{mm}; \quad A_4 = 140\text{mm}.$$

- Xác định các hệ số α và k theo tài liệu kinh nghiệm :

$$\begin{aligned} \alpha_\Sigma = 0; & \quad k_\Sigma = 1 & \quad \alpha_3 = \alpha_5 = 0; & \quad k_3 = k_5 = 1,4. \\ \alpha_1 = 0; & \quad k_1 = 1,4 & \quad \alpha_4 = 0,3; & \quad k_4 = 1,3. \\ \alpha_2 = 0; & \quad k_2 = 1,2. & & \end{aligned}$$

– Tính a_m theo công thức (9–31)

$$a_m = \frac{1.750}{\sqrt{1,4^2 \cdot 2,17^2 + 1,2^2 \cdot 1,56^2 + 2 \cdot 1,4^2 \cdot 0,73^2 + 1,3^2 \cdot 2,52^2}}$$

$$a_m = 148.$$

Từ a_m ta tra ra cấp chính xác chung của các khâu thành phần là cấp 12 (IT12). Như vậy so với phương pháp đổi lần chức năng hoàn toàn thì giải bằng phương pháp tính xác suất cho ta kết quả ưu việt hơn là : các khâu thành phần ở cấp chính xác thấp hơn 1 cấp, do đó dung sai kích thước các khâu sẽ lớn hơn, tạo điều kiện dễ chế tạo.

– Tra sai lệch và dung sai cho các khâu :

$$A_1 = 101H12 = 101^{+0,35} \quad ; \quad E_{m1} = +0,175$$

$$A_2 = 50H12 = 50^{+0,25} \quad ; \quad E_{m2} = +0,125$$

$$A_3 = A_5 = 5_{-0,12} \quad ; \quad e_{m3} = e_{m5} = -0,06.$$

Khâu để tính lại $A_k = A_4 = 140\text{mm}$ là khâu giảm.

– Dung sai của khâu A_k được tính theo công thức (9–32) :

$$T_k = T_4 = \sqrt{\frac{750^2 - (1,4^2 \cdot 350^2 + 1,2^2 \cdot 250^2 + 2 \cdot 1,4^2 \cdot 120^2)}{1,3^2}}$$

$$T_4 = 322\mu\text{m} = 0,322\text{mm}.$$

– Sai lệch giới hạn của khâu $A_k = A_4$ được tính theo công thức (9–37) và (9–38) :

$$es_k = es_4 = (+0,175 + 0) + (+0,125 + 0) - 2(-0,06 + 0) - 0,375 + (1 - 0,3) \frac{0,322}{2}$$

$$es_4 = +0,157\text{mm}$$

$$ei_k = ei_4 = (0,175 + 0) + (0,125 + 0) - 2(-0,06 + 0) - 0,375 - (1 + 0,3) \frac{0,322}{2}$$

$$ei_4 = -0,165\text{mm}.$$

$$\text{vậy } A_4 = 140_{-0,165}^{+0,157}$$

Ưu nhược điểm của phương pháp giải bằng tính xác suất :

– Vì bỏ qua các giá trị khâu khép kín có xác suất bé, nên tính theo phương pháp này thực tế có khả năng tăng dung sai của các khâu thành phần so với lúc giải theo đổi lần hoàn toàn mà vẫn đảm bảo yêu cầu khâu khép kín, do đó tạo điều kiện dễ chế tạo.

– Cũng có khả năng xuất hiện phế phẩm, do khâu khép kín xuất hiện giá trị nằm ngoài giá trị tính toán, nhưng với khâu khép kín, kích thước phân bố theo quy luật phân bố chuẩn thì số phần trăm phế phẩm cũng chỉ là 0,27% rất bé. Do đó ngày nay khi thiết kế máy người ta hay dùng phương pháp này, nó gần với thực tế hơn phương pháp đổi lần hoàn toàn.

– Tính xác suất là dựa trên cơ sở khảo sát một số lớn kích thước, tức là khảo sát nhiều chi tiết trong loạt gia công, cho nên phương pháp này chỉ dùng cho điều kiện sản xuất hàng loạt.

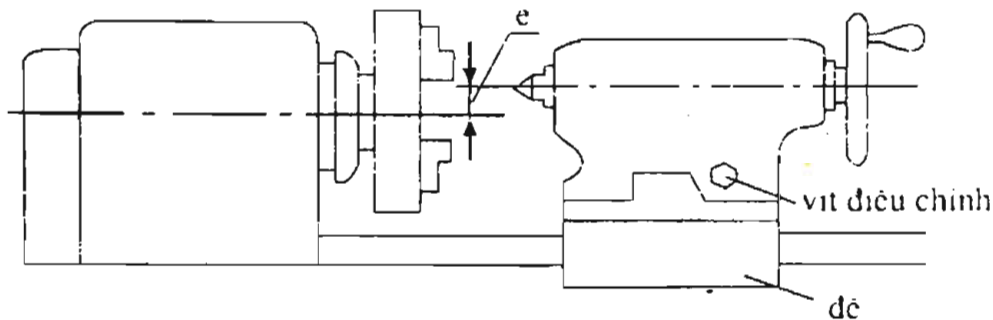
2) Phương pháp sửa chữa khi lắp

Khi gặp chuỗi mà khâu khép kín yêu cầu quá cao hoặc số khâu thành phần nhiều làm cho dung sai kích thước các khâu thành phần cũng yêu cầu quá nhỏ, do đó khó hoặc không thể chế tạo được thì có thể dùng phương pháp này.

Bản chất của phương pháp sửa chữa khi lắp là : dung sai của các khâu thành phần do người thiết kế quyết định dựa vào điều kiện gia công cụ thể. Sao cho với dung sai ấy người ta có thể chế tạo hợp lí. Lúc đã mở rộng dung sai các khâu thành phần như vậy cho dễ chế tạo thì yêu cầu khâu khép kín sẽ không đáp ứng được. Muốn cho khâu khép kín có kích thước nằm trong miền dung sai yêu cầu của nó thì phải tiến hành sửa chữa, chẳng hạn bằng cách cạo dũa lấy đi một lớp kim loại trên bề mặt một khâu nào đó trong chuỗi gọi là khâu bồi thường.

Ví dụ : Máy tiện có yêu cầu cao về sai lệch độ đồng tâm giữa tâm trục chính của máy và tâm ụ động $e = 0,01\text{mm}$ (hình 9.12).

Chuỗi kích thước tạo thành khâu khép kín (e) có rất nhiều khâu thành phần, mà e lại đòi hỏi cao (dung sai nhỏ), cho nên không dùng các phương pháp tính toán trên để xác định dung sai các khâu thành phần (bởi vì sẽ rất nhỏ), mà mở rộng dung sai của chúng đến mức độ chế tạo hợp lí. Khi lắp máy ta kiểm tra sai lệch độ đồng tâm e và cạo sửa mặt trên để ụ động cho đến lúc sai lệch độ đồng tâm e (theo mặt phẳng thẳng đứng) nằm trong giới hạn yêu cầu. Chiều dày của đế ụ động chính là khâu bồi thường của chuỗi kích thước.



Hình 9.12

Cần phải chú ý khi cho dung sai kích thước các khâu thành phần, phải bố trí phạm vi dung sai so với kích thước danh nghĩa sao cho khi lắp máy, tâm ụ động bao giờ cũng cao hơn tâm trục chính máy.

Ở trên, chúng ta đã nêu phạm vi ứng dụng của phương pháp này. Về nguyên tắc nó có thể đạt độ chính xác của khâu khép kín, cao bao nhiêu tùy ý. Nhưng nó cũng có những hạn chế sau :

Gây khó khăn cho quá trình lắp máy vì phải cạo sửa. Khi lắp máy đòi hỏi công nhân có bậc thợ cao vì công việc sửa lắp khó. Ngoài ra khó định mức thời gian cho công việc này, có lúc cạo sửa nhiều, có lúc ít.

Tuy nhiên, nhìn chung thì phương pháp này đem lại hiệu quả kinh tế tốt. Bởi vì những khó khăn mà nó gây ra trong quá trình lắp ráp vẫn còn ít hơn những điều lợi mà nó đem lại cho quá trình gia công các chi tiết.

3) Phương pháp điều chỉnh khi lắp

Bản chất phương pháp này giống hết phương pháp sửa chữa khi lắp, chỉ khác là ở đây để cho kích thước khâu khép kín đạt yêu cầu, người ta thay đổi kích thước khâu bồi thường bằng cách điều chỉnh một bộ phận máy nào đó mà không phải bằng cách cạo sửa.

Ví dụ : Ngoài yêu cầu về độ đồng tâm trong mặt phẳng thẳng đứng (mặt phẳng hình 9.12) còn có yêu cầu đồng tâm trong mặt phẳng nằm ngang (mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ). Để đạt yêu cầu đồng tâm trong mặt phẳng nằm ngang ta dùng vít điều chỉnh (hình 9.12) để xô dịch ụ động theo phương ngang dựa theo sống trượt trên mặt đế.

Phương pháp này có ưu điểm hơn phương pháp trên vì điều chỉnh dễ dàng và nhanh chóng hơn sửa chữa bằng cạo dũa.

4) Phương pháp chọn lắp

Bản chất của phương pháp này là : để đạt được yêu cầu của khâu khép kín ta chọn các khâu thành phần có kích thước thích hợp lắp với nhau, còn lúc gia công thì dung sai các khâu thành phần được mở rộng cho dễ chế tạo.

Ví dụ : Một lắp ghép trụ trơn trong hệ thống lỗ có kích thước danh nghĩa là 20mm với đặc tính lắp ghép yêu cầu là :

$$S_{\max} = 0,020\text{mm}$$

$$S_{\min} = 0,010\text{mm}$$

Ở ví dụ này ta phải giải chuỗi kích thước gồm 2 khâu thành phần là : kích thước lỗ, D (khâu tăng), kích thước trục, d (khâu giảm) và khâu khép kín là độ hở lắp ghép, S.

Theo yêu cầu đã cho thì dung sai khâu khép kín :

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 0,020 - 0,010 = 0,010\text{mm}$$

Nếu phân đều dung sai khâu khép kín cho các khâu thành phần thì dung sai và sai lệch giới hạn của chúng được xác định theo sơ đồ phân bố biểu thị trên hình 9.13a.

Kích thước lỗ :

$$D = 20^{+0,005}$$

Kích thước trục

$$d = 20^{-0,010}_{-0,015}$$

Dung sai kích thước :

$$T_D = T_d = 0,005\text{mm}$$

Với dung sai đó rất khó chế tạo. Để tạo điều kiện dễ chế tạo ta phải mở rộng dung sai các khâu thành phần (kích thước lỗ và trục) lên 5 lần :

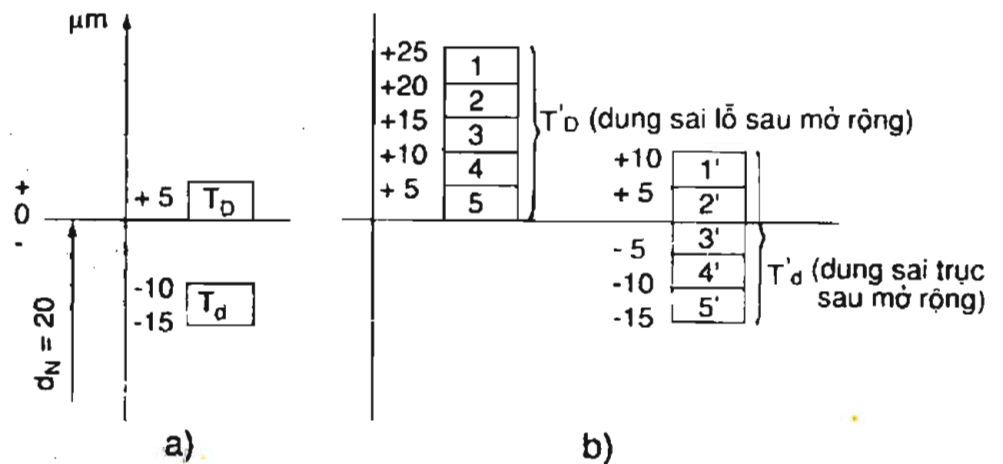
$$T_D = T_d = 0,025\text{mm} \text{ (hình 9.13b).}$$

$$\text{Lúc này kích thước sẽ là : } D = 20^{+0,025}; \quad d = 20^{+0,010}_{-0,015}$$

Với dung sai như vậy ta tiến hành chế tạo hàng loạt trục và lỗ một cách dễ dàng. Nhưng nếu đem lắp bất kì chúng với nhau thì độ hở (khâu khép kín) sẽ không đạt yêu cầu.

Muốn khâu khép kín đạt yêu cầu, tức là giá trị độ hở lắp ghép nằm trong phạm vi cho phép thì ta phải chọn lắp.

Ta phân loại kích thước trục và lỗ thành những nhóm có miền dung sai khác nhau và lắp các nhóm trục và lỗ tương ứng để đạt độ hở yêu cầu của lắp ghép.



Hình 9.13

Ở đây ta phân kích thước lỗ thành 5 nhóm : 1,2 ... , 5 và kích thước trục thành 5 nhóm tương ứng 1', 2', 5' (hình 9.13b). Dung sai của các nhóm kích thước đó là : 0,005mm. Lắp các chi tiết của các nhóm tương ứng với nhau : 1 với 1', 2 với 2'....., 5 với 5'.

Rõ ràng rằng chọn lắp như vậy thì giá trị độ hở lắp ghép bao giờ cũng đạt yêu cầu , tức là trong phạm vi 0,01 – 0,02mm.

Phương pháp này gây phiền phức là phải phân nhóm trước khi lắp. Nếu số khâu thành phần càng nhiều (ở ví dụ trên là 2 khâu) thì việc phân nhóm càng mất thời gian và công sức. Ngoài ra còn tốn công quản lí để các nhóm không lẫn vào nhau : bảo quản riêng các chi tiết của từng nhóm vào một chỗ riêng biệt hoặc phải khắc dấu trên các chi tiết.

Cho nên phương pháp này chỉ nên dùng khi chuỗi có số khâu thành phần ít mà yêu cầu khâu khép kín lại quá cao, chẳng hạn người ta hay dùng phương pháp này trong chế tạo ổ lăn, chế tạo bộ đôi piston và xi lanh, chốt pi ston và piston v.v..

CHƯƠNG 10

GHI KÍCH THƯỚC CHO BẢN VẼ CHI TIẾT MÁY

Ghi kích thước nghĩa là xác định độ chính xác (dung sai) cho các kích thước chi tiết rồi ghi vào bản vẽ của nó. Quá trình thiết kế bất cứ một máy gì, giai đoạn ghi kích thước cho chi tiết chiếm một vị trí rất quan trọng, bởi vì kích thước và dung sai chi tiết quyết định phần lớn chất lượng sử dụng của máy và ảnh hưởng nhiều đến quá trình chế tạo sản phẩm đó.

Kích thước chi tiết có nhiều loại : đường kính, chiều dài, góc... Dung sai đường kính chủ yếu do yêu cầu lắp ghép quyết định và chọn theo TCVN 2245-99. Vấn đề đó đã được đề cập trong chương 4. Do đó chương này phần lớn sẽ nói về những nguyên tắc chung của việc ghi kích thước mà trong đó đề cập nhiều đến các "kích thước chức năng chiều dài" (kích thước chiều dài ảnh hưởng đến chức năng làm việc của chi tiết).

10.1. NHỮNG YÊU CẦU ĐỐI VỚI VIỆC GHI KÍCH THƯỚC

Chưa kể đến kết cấu, kích thước chi tiết và cả cách ghi nó trên bản vẽ đều ảnh hưởng lớn đến chất lượng chi tiết và quá trình chế tạo chúng. Cho nên ghi kích thước phải quán triệt các yêu cầu sau :

- Dùng kích thước tiêu chuẩn nếu loại kích thước đó đã được tiêu chuẩn hóa.
- Đảm bảo chất lượng làm việc của chi tiết nói riêng và những yêu cầu khác có liên quan của bộ phận máy hoặc máy nói chung.
- Tạo điều kiện dễ dàng nhất cho việc gia công chi tiết nói riêng và máy nói chung.

Yêu cầu thứ nhất nhằm đưa vào thiết kế và chế tạo càng nhiều kích thước và kết cấu đã tiêu chuẩn hóa thì càng có lợi cho sản xuất và kinh tế. Bởi vì những kích thước và kết cấu như vậy có quan hệ chặt chẽ và phù hợp với các vấn đề về dụng cụ cắt, máy công cụ để gia công và dụng cụ đo. Nó làm cho tổ chức sản xuất, quản lý sản phẩm, sử dụng máy móc, hợp tác sản xuất sẽ đơn giản và thuận lợi rất nhiều.

Yêu cầu thứ hai nhằm làm cho máy thiết kế đảm bảo chức năng sử dụng với một chất lượng tốt. Nếu không xuất phát từ yêu cầu về chất lượng của máy để ghi kích thước thì máy được chế tạo có thể không làm việc được hoặc làm việc mà không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đòi hỏi.

Yêu cầu thứ ba nhằm làm cho quá trình chế tạo được dễ dàng nhất. Có khi 2 chi tiết cùng loại, có một yêu cầu làm việc giống nhau nhưng với cách ghi kích thước khác nhau thì quá trình chế tạo cũng khác nhau, nếu ghi không hợp lý có thể gây khó khăn cho chế tạo, ảnh hưởng xấu đến hiệu quả kinh tế. Về điểm này đòi hỏi người thiết kế phải hiểu biết về công nghệ chế tạo.

Ba yêu cầu đó biểu hiện tính thống nhất giữa yêu cầu kỹ thuật và kinh tế

10.2. NHỮNG NGUYÊN TẮC CƠ BẢN ĐỂ GHI KÍCH THƯỚC CHO CHI TIẾT

Đến giai đoạn ghi kích thước cho bản vẽ chế tạo chi tiết, thì người thiết kế đã có một bản vẽ lắp của bộ phận máy hoặc máy, trên đó thể hiện đầy đủ các kết cấu và kích thước danh nghĩa chính của chi tiết. Những kết cấu và kích thước danh nghĩa ấy đã được quyết định do yêu cầu về công dụng của máy và sức chịu tải của nó. Cho nên người thiết kế lúc này có nhiệm vụ xác định độ chính xác kích thước, biểu hiện bằng dung sai là chủ yếu.

Chúng ta lần lượt nêu ở đây những nguyên tắc cơ bản và trình tự tiến hành ghi kích thước như thế nào để thỏa mãn 3 yêu cầu đã nêu trên.

10.2.1. Ghi kích thước cho những kích thước tham gia vào các lắp ghép thông dụng

Trước hết phải tìm hiểu những yêu cầu của các lắp ghép thông dụng như lắp ghép bề mặt trụ trơn, lắp ổ lăn, then và then hoa... có ở trên bản vẽ lắp của máy được thiết kế. Những lắp ghép này có đặc điểm:

– Yêu cầu của chúng chủ yếu do công dụng bản thân quyết định, mà ít chịu ảnh hưởng của yêu cầu chung của máy (ta gọi là yêu cầu cục bộ), chẳng hạn trục quay trong bạc thì trục cần lắp có độ hở (lắp lỏng) với bạc, vòng trong ổ lăn chịu tải chu kỳ thì phải lắp có độ dôi với trục, bánh răng cần di trượt trên trục thì rãnh then trên bánh răng phải lắp lỏng với then hoặc lỗ then hoa của bánh răng lắp lỏng với trục then hoa...

Vì vậy lúc quyết định kiểu lắp cho các mối ghép, nói chung chỉ cần xét tới các yêu cầu cục bộ nên có phân đơn giản. Chẳng hạn có thể quyết định kiểu lắp cho mối ghép giữa nòng và thân ụ động

là $\frac{H6}{h5}$. Kiểu lắp lỏng này đảm bảo chức năng chủ yếu là nòng phải di động trong lỗ thân ụ động.

Chọn kiểu lắp lỏng độ hở nhỏ, cấp chính xác cao như vậy là có xét đến yêu cầu đồng tâm cao giữa nòng ụ động và trục chính máy tiện.

– Đặc tính của các lắp ghép này thường do một số ít kích thước quyết định. Chẳng hạn đặc tính của lắp ghép bề mặt trụ trơn do 2 kích thước trục (d) và lỗ (D) quyết định, lắp ghép then do 3 kích thước quyết định (chiều rộng then, chiều rộng rãnh trục và rãnh bạc). Mặt khác những lắp ghép này đã được tiêu chuẩn hóa nên dễ chọn.

Với những đặc điểm trên đây thì bước đầu tiên của việc ghi kích thước là cần phải quyết định kiểu lắp cho các mối ghép thông dụng theo tiêu chuẩn sẵn có. Khi đã quyết định được kiểu lắp thì độ chính xác (dung sai) của các kích thước chi tiết tham gia lắp ghép cũng được xác định.

Việc quyết định kiểu lắp phải dựa vào chức năng sử dụng của nó. Vấn đề này đã đề cập trong các bài trên.

Việc ghi kích thước cho những kích thước tham gia vào các lắp ghép thông dụng là xuất phát chủ yếu từ yêu cầu cục bộ của các lắp ghép và được chọn theo tiêu chuẩn. Như vậy ở bước này ta đã đáp ứng được yêu cầu 1 và 2 nêu trên.

10.2.2. Ghi kích thước cho những kích thước chức năng khác

Ở đây cần phải xét đến các kích thước chức năng chiều dài. Chúng là các khâu thành phần của chuỗi kích thước lắp mà khâu khép kín là yêu cầu chung của bộ phận máy hoặc máy. Vì vậy muốn ghi kích thước nào đó của chi tiết thì phải lập chuỗi kích thước lắp mà kích thước ấy của chi tiết tham gia với vai trò là khâu thành phần của chuỗi. Từ yêu cầu khâu khép kín (yêu cầu chung của bộ phận máy hoặc máy), ta giải chuỗi kích thước để xác định sai lệch và dung sai của kích thước chi tiết cần ghi. Nguyên tắc ghi kích thước như vậy sẽ đáp ứng yêu cầu 2 nêu ở mục trên.

Ví dụ: Muốn ghi kích thước cho bản vẽ trục của bộ phận máy trình bày trên hình 10.1 không phải là điều đơn giản. Thoạt nhìn chúng ta khó biết cần ghi các kích thước nào của trục và dung sai, sai lệch của chúng là bao nhiêu. Phải áp dụng các nguyên tắc nêu trên để giải quyết vấn đề này.

Trên hình 10.1a ta kí hiệu các kích thước chi tiết như sau :

- Các kích thước hộp bằng chữ : H
- Các kích thước nắp bằng chữ : N
- Các kích thước ổ lăn bằng chữ : O
- Các kích thước trục bằng chữ : T
- Các kích thước vòng chặn bằng chữ : C
- Các kích thước bánh răng bằng chữ : B
- Các kích thước bánh đai bằng chữ : Đ

Xuất phát từ các yêu cầu chung của bộ phận lắp ta hình thành các chuỗi kích thước lắp mà trong đó có kích thước trục tham gia.

+ Yêu cầu thứ nhất của bộ phận máy.

Khi lắp phải đảm bảo độ hở $A_{\Sigma 1} = 0,2\text{mm}$, đó là khâu khép kín của chuỗi 1 (hình 10.1b) có kích thước T_1 của trục tham gia. Trong chuỗi này các kích thước và dung sai chiều rộng ổ O_1, O'_1 phụ thuộc hoàn toàn vào loại ổ lăn đã dùng. Dung sai của chúng đã được xác định theo tiêu chuẩn ổ lăn. Giải chuỗi 1 (giải bài toán 2 của chuỗi kích thước) chẳng những có thể xác định được kích thước T_1 của trục mà còn xác định được cả các kích thước B_1, N_1, N'_1, H_1, C_1 của các chi tiết khác.

+ Yêu cầu thứ hai : khâu khép kín $A_{\Sigma 2} > 0$ nghĩa là đầu trục không được họt trong lỗ ổ lăn bên phải. Từ yêu cầu đó ta hình thành được chuỗi 2 (hình 10.1c) có kích thước T_2 của trục tham gia và các khâu chung với chuỗi 1 là : B_1, C_1, O'_1 (dung sai và sai lệch của chúng đã được xác định theo chuỗi 1)

+ Yêu cầu thứ ba : để vòng chặn tì vào mặt mút của bánh răng thì khâu khép kín $A_{\Sigma 3} > 0$, nghĩa là vai trục phải họt trong lỗ bánh răng. Với $A_{\Sigma 3}$ ta lập chuỗi 3 có kích thước T_3 của trục tham gia và khâu chung (B_1) với chuỗi 1 và 2 (hình 10.1d)

+ Yêu cầu thứ tư : Vai trục không được họt trong lỗ ổ lăn bên trái nghĩa là $A_{\Sigma 4} > 0$. Từ đó lập được chuỗi 4 có kích thước T_4 của trục tham gia và khâu chung O_1 (hình 10.1e).

+ Yêu cầu thứ năm : phải có khoảng hở $A_{\Sigma 5}$ (chẳng hạn từ 2 – 3mm). Từ yêu cầu đó ta lập được chuỗi 5 có kích thước T_5 của trục tham gia, kích thước N_5 của nắp và khâu chung O_1 (hình 10.1f).

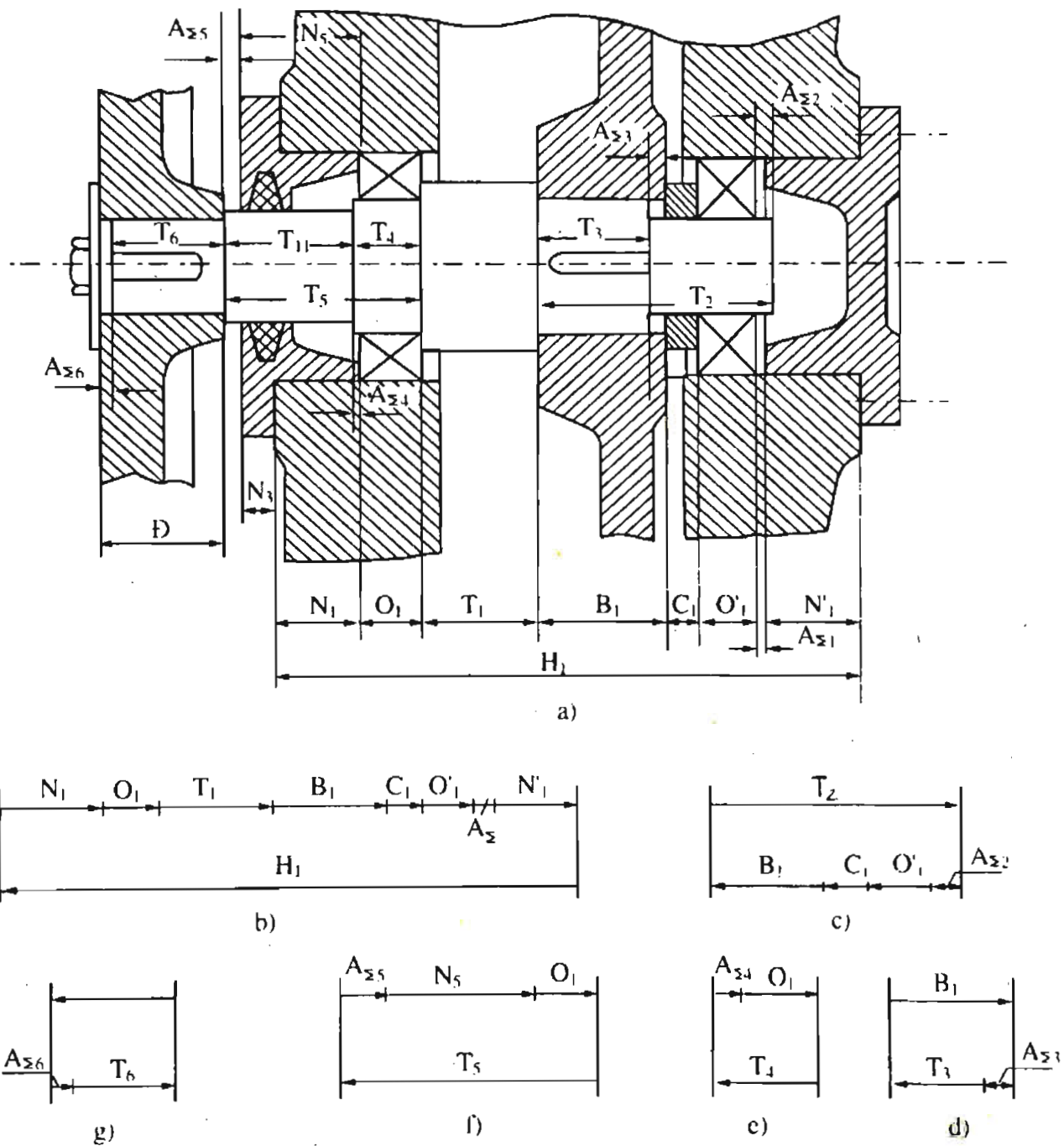
+ Yêu cầu thứ sáu : đầu trục phía trái phải họt trong lỗ bánh đai ($A_{\Sigma 6} > 0$). Từ đó lập được chuỗi 6 có kích thước T_6 của trục và Đ_6 của bánh đai tham gia (hình 10.1g).

Khi lập các chuỗi kích thước trên ta thấy rằng : xuất phát từ 1 khâu khép kín nào đó ta có thể hình thành nhiều phương án chuỗi khác nhau. Chẳng hạn chuỗi 5 (hình 10.1f) cũng có thể có phương án chuỗi 5a (hình 10.2). Nhưng với yêu cầu tạo điều kiện dễ chế tạo thì ta phải chọn phương án "chuỗi ngắn nhất" – phương án chuỗi có số khâu thành phần ít nhất. Trường hợp trên ta phải chọn phương án chuỗi 5.

Bởi vì với cùng yêu cầu khâu khép kín, phương án chuỗi có số khâu thành phần ít nhất thì dung sai của chúng sẽ có giá trị lớn nhất, tạo điều kiện dễ chế tạo. Chính vì vậy khi lập chuỗi kích thước lắp để giải ta phải quán triệt nguyên tắc "chuỗi ngắn nhất". Quán triệt nguyên tắc này chính nhằm thỏa mãn yêu cầu thứ ba của việc ghi kích thước.

Sau khi đã hình thành được 6 chuỗi như trên, giải 6 chuỗi đó ta được các kích thước của trục T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 và T_6 .

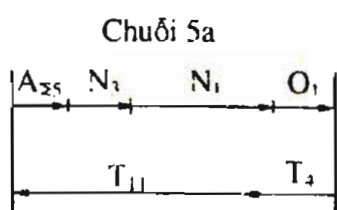
Khi giải chuỗi cần thấy rằng, các chuỗi có thể có chung nhau một số khâu thành phần ; O_1 có ở chuỗi 1, 4 và 5, O'_1 có ở chuỗi 1 và 2 ; B_1 có ở chuỗi 1, 2 và 3, C_1 có ở chuỗi 1 và 2. Các khâu chung ấy phải thỏa mãn yêu cầu khâu khép kín ở các chuỗi mà chúng tham gia. Chính vì vậy mà kích thước của chúng phải được xác định từ chuỗi mà khâu khép kín yêu cầu cao, số khâu thành phần nhiều tức là chuỗi đòi hỏi khắt khe nhất. Bởi vì đối với chuỗi yêu cầu khắt khe nhất mà kích thước của chúng còn thỏa mãn được thì nhất định cũng sẽ thỏa mãn đối với những chuỗi yêu cầu thấp hơn, ở ví dụ này chuỗi khắt khe nhất là chuỗi 1 (Hình 10.1b).



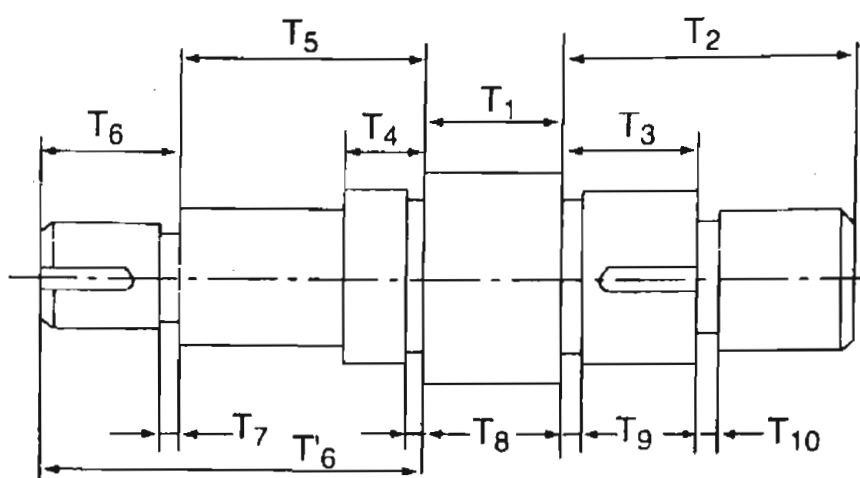
Hình 10.1

Cho nên khi giải chuỗi thì phải giải "chuỗi khát khe" trước nhất. Đó cũng là một nguyên tắc của việc ghi kích thước.

Sau khi xác định được các kích thước chức năng của trục ta ghi vào bản vẽ chi tiết trục (hình 10.3).



Hình 10.2



Hình 10.3

Đồng thời cũng ghi vào đó các kích thước rãnh thoát dao : T_7, T_8, T_9 và T_{10} . Tất nhiên việc ghi kích thước các rãnh thoát dao không làm thay đổi các kích thước chức năng của trục.

Khi ghi các kích thước chức năng của trục vào bản vẽ, tất nhiên còn phải chọn phương án ghi như thế nào để tạo điều kiện dễ chế tạo nhất.

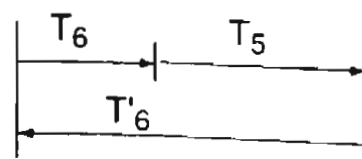
10.3. CHỌN PHƯƠNG ÁN GHI KÍCH THƯỚC

Khi lập chuỗi kích thước lắp và giải các chuỗi ấy để xác định sai lệch và dung sai các kích thước trên bản vẽ chế tạo, có thể xuất hiện nhiều phương án ghi khác nhau, các phương án ấy đều phù hợp với chức năng sử dụng của chi tiết và yêu cầu chung của bộ phận máy hoặc máy. Vấn đề là nên ghi theo phương án nào để tạo điều kiện dễ chế tạo nhất.

Chẳng hạn khi ghi kích thước vào bản vẽ trục (hình 10.3) người ta không ghi kích thước T_6 mà thay bằng T'_6 . Việc ghi như vậy đảm bảo cho các kích thước xác định các bậc trục phía trái là cùng một chuẩn ghi kích thước để thuận tiện cho việc gia công và kiểm tra các kích thước đó.

Để xác định sai lệch và dung sai của kích thước T'_6 ta phải giải chuỗi kích thước như hình 10.4. Khâu khép kín của chuỗi chính là kích thước T_6 .

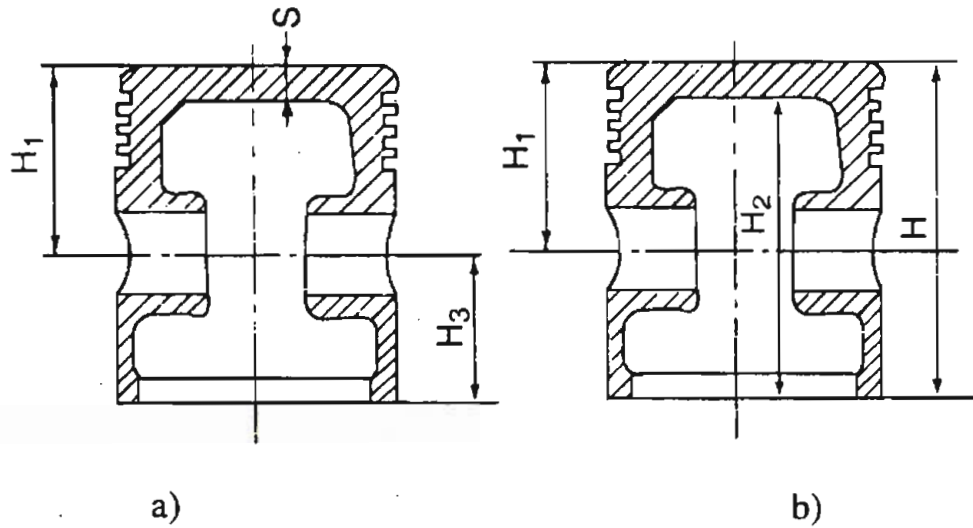
Như vậy khi chọn phương án để ghi kích thước trên bản vẽ chế tạo chi tiết, có trường hợp phải thay kích thước thiết kế (T_6) bằng kích thước công nghệ (T'_6). Dung sai của các kích thước công nghệ được xác định nhờ giải các chuỗi kích thước công nghệ (chuỗi trên hình 10.4).



Hình 10.4

Để làm sáng tỏ vấn đề này ta xét một ví dụ sau :

Khi phân tích bộ phận máy của động cơ đốt trong để ghi kích thước cho bản vẽ piston ta đã xác định được các kích thước chức năng như hình 10.5a.



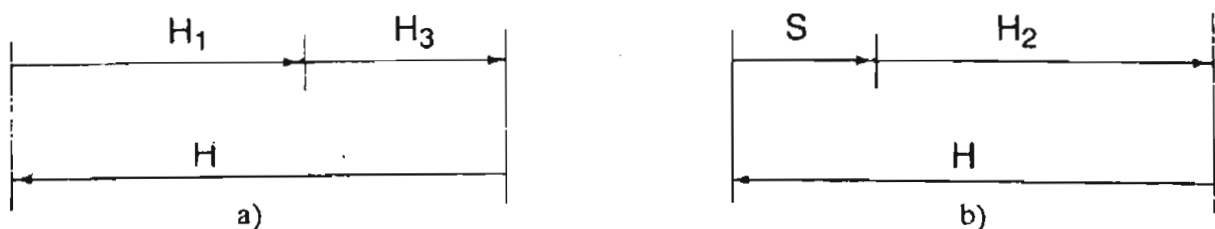
Hình 10.5

- + H_1 – đảm bảo tỉ số nén
- + H_3 – đảm bảo đuôi piston khỏi chạm vào thân biên
- + S – đảm bảo đỉnh piston đủ bền khi chịu áp suất trong buồng đốt.

Lấy tâm lỗ chốt làm chuẩn để ghi 2 kích thước H_1, H_3 thì khó hoàn thành kích thước H_3 khi gia công. Vì vậy ta thay chúng bằng kích thước H_1 và H (hình 10. 5b)

Kích thước S không trực tiếp thực hiện được khi gia công, trong một điều kiện công nghệ cụ thể nào đó, do vậy ta thay bằng kích thước H và H_2 (hình 10. 5b). Cuối cùng ta phải ghi kích thước cho bản vẽ chế tạo piston như hình 10.5b. Ta đã thay các kích thước thiết kế H_3 và S bằng các kích thước công nghệ : H và H_2 . Khi gia công ta hoàn thành trực tiếp các kích thước H_1 và H thì tất nhiên cũng hình thành kích thước H_3 mà chi tiết yêu cầu. Vậy H_3 là khâu khép kín của chuỗi kích thước công nghệ gồm H_1, H và H_3 (hình 10.6a). Giải chuỗi này ta được sai lệch và dung sai kích thước công nghệ H .

Cũng tương tự, S là khâu khép kín của chuỗi kích thước công nghệ gồm : S, H và H_2 (hình 10.6b).



Hình 10.6

Giải chuỗi kích thước này ta xác định được sai lệch và dung sai kích thước công nghệ H_2 .

Cần nhớ rằng dung sai các kích thước công nghệ H , H_2 (các khâu thành phần) đều bé hơn dung sai các kích thước thiết kế H_3 , S (khâu khép kín của chuỗi). Điều đó buộc người thiết kế phải hiểu biết công nghệ và rất thận trọng trong việc chuyển các kích thước thiết kế sang các kích thước công nghệ, nhất là trong trường hợp các kích thước thiết kế đòi hỏi chính xác cao (dung sai bé).

Nhiều lúc để đạt được mục đích này người thiết kế phải thay đổi cả kết cấu chi tiết để có thể hoàn thành trực tiếp việc gia công các kích thước thiết kế mà khỏi phải chuyển sang các kích thước công nghệ.

PHỤ LỤC 1. Dung sai lắp ghép bề mặt tròn

Bảng 1. SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC LỖ ĐỐI VỚI KÍCH THƯỚC ĐẾN 500 mm TCVN 2245-99

Kích thước danh nghĩa	A ¹⁾			B ¹⁾			C			Kích thước danh nghĩa, mm	A			B			C											
	Trên	Đến và bao gồm		11	12		11	12			11	12		11	12		11	12										
3				+ 330	+ 370		+ 200	+ 240		+ 100	+ 120		+ 770	+ 920		+ 530	+ 680		+ 160	Đến và bao gồm	+ 770	+ 920		+ 530	+ 680		+ 370	+ 460
6				+ 270	+ 270		+ 140	+ 140		+ 60	+ 60		+ 520	+ 520		+ 280	+ 280		140		+ 520	+ 520		+ 280	+ 280		+ 210	+ 210
10				+ 345	+ 390		+ 215	+ 260		+ 118	+ 145		+ 830	+ 980		+ 560	+ 710		160		+ 830	+ 980		+ 560	+ 710		+ 390	+ 480
18				+ 270	+ 270		+ 140	+ 140		+ 70	+ 70		+ 580	+ 580		+ 310	+ 310				+ 580	+ 580		+ 310	+ 310		+ 230	+ 230
30				+ 370	+ 430		+ 240	+ 300		+ 138	+ 170		+ 950	+ 1120		+ 630	+ 800		180		+ 950	+ 1120		+ 630	+ 800		+ 425	+ 530
40				+ 280	+ 280		+ 150	+ 150		+ 80	+ 80		+ 660	+ 660		+ 340	+ 340				+ 660	+ 660		+ 340	+ 340		+ 240	+ 240
50				+ 400	+ 470		+ 260	+ 330		+ 165	+ 206		+ 1030	+ 1200		+ 670	+ 840		200		+ 1030	+ 1200		+ 670	+ 840		+ 445	+ 550
65				+ 290	+ 290		+ 150	+ 150		+ 95	+ 96		+ 740	+ 740		+ 380	+ 380		225		+ 740	+ 740		+ 380	+ 380		+ 260	+ 260
80				+ 430	+ 510		+ 290	+ 370		+ 194	+ 240		+ 1110	+ 1280		+ 710	+ 880				+ 1110	+ 1280		+ 710	+ 880		+ 465	+ 570
100				+ 300	+ 300		+ 160	+ 160		+ 110	+ 110		+ 820	+ 820		+ 420	+ 420		225		+ 820	+ 820		+ 420	+ 420		+ 280	+ 280
120				+ 470	+ 560		+ 330	+ 420		+ 220	+ 280		+ 1240	+ 1440		+ 800	+ 1000				+ 1240	+ 1440		+ 800	+ 1000		+ 510	+ 620
				+ 310	+ 310		+ 170	+ 170		+ 120	+ 120		+ 920	+ 920		+ 480	+ 480		250		+ 920	+ 920		+ 480	+ 480		+ 300	+ 300
				+ 480	+ 570		+ 340	+ 430		+ 230	+ 290		+ 1370	+ 1570		+ 880	+ 1060				+ 1370	+ 1570		+ 880	+ 1060		+ 540	+ 660
				+ 320	+ 320		+ 180	+ 180		+ 130	+ 130		+ 1050	+ 1050		+ 540	+ 540		280		+ 1050	+ 1050		+ 540	+ 540		+ 330	+ 330
				+ 530	+ 640		+ 380	+ 490		+ 260	+ 330		+ 1560	+ 1770		+ 980	+ 1170				+ 1560	+ 1770		+ 980	+ 1170		+ 590	+ 720
				+ 340	+ 340		+ 190	+ 190		+ 140	+ 140		+ 1200	+ 1200		+ 600	+ 600		315		+ 1200	+ 1200		+ 600	+ 600		+ 360	+ 360
				+ 550	+ 660		+ 390	+ 500		+ 270	+ 340		+ 1710	+ 1920		+ 1040	+ 1250				+ 1710	+ 1920		+ 1040	+ 1250		+ 630	+ 760
				+ 360	+ 360		+ 200	+ 200		+ 150	+ 150		+ 1350	+ 1350		+ 680	+ 680		355		+ 1350	+ 1350		+ 680	+ 680		+ 400	+ 400
				+ 600	+ 730		+ 440	+ 570		+ 310	+ 390		+ 1900	+ 2130		+ 1160	+ 1390				+ 1900	+ 2130		+ 1160	+ 1390		+ 690	+ 840
				+ 380	+ 380		+ 220	+ 220		+ 170	+ 170		+ 1500	+ 1500		+ 760	+ 760		400		+ 1500	+ 1500		+ 760	+ 760		+ 440	+ 440
				+ 630	+ 760		+ 460	+ 590		+ 320	+ 400		+ 2050	+ 2280		+ 1240	+ 1470				+ 2050	+ 2280		+ 1240	+ 1470		+ 730	+ 880
				+ 410	+ 410		+ 240	+ 240		+ 180	+ 180		+ 1650	+ 1650		+ 840	+ 840		450		+ 1650	+ 1650		+ 840	+ 840		+ 480	+ 480
				+ 710	+ 860		+ 510	+ 660		+ 360	+ 450		+ 2050	+ 2280		+ 1240	+ 1470				+ 2050	+ 2280		+ 1240	+ 1470		+ 730	+ 880
				+ 460	+ 460		+ 260	+ 260		+ 200	+ 200		+ 1650	+ 1650		+ 840	+ 840		450		+ 1650	+ 1650		+ 840	+ 840		+ 480	+ 480

Chú thích : 1) Các sai lệch cơ bản A, B không được dùng cho bất kỳ dung sai tiêu chuẩn nào đối với các kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1 mm

Kích thước danh nghĩa, mm		D									E				F				G		
		8	9	10	11	7	8	9	7	8	9	7	8	9	10	5	6	7			
Trên	Đến và bao gồm																				
-	3	+ 34 + 20	+ 45 + 20	+ 60 + 20	+ 80 + 20	+ 24 + 14	+ 28 + 14	+ 39 + 14	+ 16 + 6	+ 20 + 6	+ 31 + 6	+ 46 + 6	+ 6 + 2	+ 8 + 2	+ 12 + 16	+ 20 + 24	+ 28 + 7				
3	6	+ 48 + 30	+ 60 + 30	+ 78 + 30	+ 105 + 30	+ 32 + 20	+ 38 + 20	+ 50 + 20	+ 22 + 10	+ 28 + 10	+ 40 + 10	+ 58 + 10	+ 9 + 4	+ 12 + 4	+ 16 + 4	+ 20 + 5					
6	10	+ 62 + 40	+ 76 + 40	+ 98 + 40	+ 130 + 40	+ 40 + 25	+ 47 + 25	+ 61 + 25	+ 28 + 13	+ 35 + 13	+ 49 + 13	+ 71 + 13	+ 11 + 5	+ 14 + 5	+ 20 + 5	+ 24 + 6					
10	18	+ 77 + 50	+ 93 + 50	+ 120 + 50	+ 160 + 50	+ 32 + 32	+ 39 + 32	+ 55 + 32	+ 34 + 16	+ 43 + 16	+ 59 + 16	+ 86 + 16	+ 14 + 6	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 28 + 7					
18	30	+ 98 + 65	+ 117 + 65	+ 149 + 65	+ 195 + 65	+ 61 + 40	+ 73 + 40	+ 92 + 40	+ 41 + 20	+ 53 + 20	+ 72 + 20	+ 104 + 20	+ 16 + 7	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 34 + 9					
30	50	+ 119 + 80	+ 142 + 80	+ 180 + 80	+ 240 + 80	+ 75 + 50	+ 89 + 50	+ 112 + 50	+ 50 + 25	+ 64 + 25	+ 87 + 25	+ 125 + 25	+ 20 + 9	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 40 + 10					
50	80	+ 146 + 100	+ 174 + 100	+ 220 + 100	+ 290 + 100	+ 90 + 60	+ 106 + 60	+ 134 + 60	+ 60 + 30	+ 76 + 30	+ 104 + 30	+ 23 + 10	+ 29 + 10	+ 34 + 10	+ 40 + 10	+ 47 + 12					
80	120	+ 174 + 120	+ 207 + 120	+ 260 + 120	+ 340 + 120	+ 107 + 72	+ 126 + 72	+ 159 + 72	+ 71 + 36	+ 90 + 36	+ 123 + 36	+ 27 + 12	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 54 + 14	+ 61 + 15					
120	180	+ 208 + 145	+ 245 + 145	+ 305 + 145	+ 395 + 145	+ 125 + 85	+ 148 + 85	+ 185 + 85	+ 83 + 43	+ 106 + 43	+ 143 + 43	+ 32 + 14	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 54 + 15	+ 61 + 15					
180	250	+ 242 + 170	+ 285 + 170	+ 355 + 170	+ 460 + 170	+ 146 + 100	+ 172 + 100	+ 215 + 100	+ 96 + 50	+ 122 + 50	+ 165 + 50	+ 35 + 15	+ 44 + 15	+ 54 + 15	+ 61 + 15	+ 69 + 17					
250	315	+ 271 + 190	+ 320 + 190	+ 400 + 190	+ 510 + 190	+ 162 + 110	+ 191 + 110	+ 240 + 110	+ 108 + 56	+ 137 + 56	+ 186 + 56	+ 40 + 17	+ 49 + 17	+ 54 + 17	+ 69 + 17	+ 75 + 18					
315	400	+ 299 + 210	+ 350 + 210	+ 440 + 210	+ 570 + 210	+ 182 + 125	+ 214 + 125	+ 265 + 125	+ 119 + 62	+ 151 + 62	+ 202 + 62	+ 43 + 18	+ 54 + 18	+ 61 + 18	+ 69 + 18	+ 75 + 18					
400	500	+ 327 + 230	+ 385 + 230	+ 480 + 230	+ 630 + 230	+ 198 + 135	+ 232 + 135	+ 290 + 135	+ 131 + 68	+ 165 + 68	+ 223 + 68	+ 47 + 20	+ 60 + 20	+ 69 + 20	+ 75 + 20	+ 83 + 20					

Kích thước danh nghĩa (mm)		H																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 ^{b)}	15 ^{b)}	16 ^{b)}	17 ^{b)}
Trên	Đến và bao gồm	Sai lệch																
		μm																
		mm																
	3 ^{b)}	+0,8 0	+1,2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,6 0	+1 0
3	6	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48 0	+0,75 0	+1,2 0
6	10	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0	+0,9 0	+1,5 0
10	18	+1,2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7 0	+1,1 0	+1,8 0
18	30	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0	+1,3 0	+2,1 0
30	50	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2 0	+1,9 0	+3 0
80	120	+2,5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4 0	+2,2 0	+3,5 0
120	180	+3,5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+0,4 0	+0,63 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+4 0
180	250	+4,5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85 0	+2,9 0	+4,6 0
250	315	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,3 0	+2,1 0	+3,2 0	+5,2 0
315	400	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3 0	+3,6 0	+5,7 0
400	500	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+156 0	+250 0	+400 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0

1) IT14 ÷ IT18 không dùng cho các kích thước danh nghĩa nhỏ hơn hoặc bằng 1 mm

Kích thước danh nghĩa (mm)		J _s								K			M			N		
		5	6	7	8	9	10	5	6	7	6	7	8	6	7	8	9 ¹⁾	
Trên	Đền và bao gồm																	
-	3	± 2	± 3	± 5	± 7	± 12,5	± 20	0	0	- 2	- 2	- 2	- 2	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4
3	6	± 2,5	± 4	± 6	± 9	± 15	± 24	0	+ 2	- 1	0	+ 2	+ 2	- 5	- 4	- 2	- 2	0
6	10	± 3	± 4,5	± 7,5	± 11	± 18	± 29	+ 1	+ 2	- 3	0	+ 1	+ 1	- 7	- 4	- 3	- 3	0
10	18	± 4	± 5,5	± 9	± 13,5	± 21,5	± 35	+ 2	+ 2	- 4	0	+ 2	+ 2	- 9	- 5	- 3	- 3	0
18	30	± 4,5	± 6,5	± 10,5	± 16,5	± 26	± 42	+ 1	+ 2	- 4	0	+ 4	+ 4	- 11	- 7	- 3	- 3	0
30	50	± 5,5	± 8	± 12,5	± 19,5	± 31	± 50	+ 2	+ 3	- 4	0	+ 5	+ 5	- 12	- 8	- 3	- 3	0
50	80	± 6,5	± 9,5	± 15	± 23	± 37	± 60	+ 3	+ 4	- 5	0	+ 5	+ 5	- 14	- 9	- 4	- 4	0
80	120	± 7,5	± 11	± 17,5	± 27	± 43,5	± 70	+ 2	+ 4	- 6	0	+ 6	+ 6	- 16	- 10	- 4	- 4	0
120	180	± 9	± 12,5	± 20	± 31,5	± 50	± 80	+ 3	+ 4	- 8	0	+ 8	+ 8	- 20	- 12	- 4	- 4	0
180	250	± 10	± 14,5	± 23	± 36	± 57,5	± 92,5	+ 2	+ 5	- 8	0	+ 9	+ 9	- 22	- 14	- 5	- 5	0
250	315	± 11,5	± 16	± 26	± 40,5	± 65	± 105	+ 3	+ 5	- 9	0	+ 11	+ 11	- 25	- 14	- 5	- 5	0
315	400	± 12,5	± 18	± 28,5	± 44,5	± 70	± 115	+ 3	+ 7	- 10	0	+ 11	+ 11	- 26	- 16	- 5	- 5	0
400	500	± 13,5	± 20	± 31,5	± 48,5	± 77,5	± 125	+ 2	+ 8	- 10	0	+ 11	+ 11	- 27	- 17	- 6	- 6	0
								- 25	- 32	- 50	- 63	- 86	- 86	- 67	- 80	- 103	- 103	- 155

Kích thước danh nghĩa (mm)		P			R	S	T	U
Trên	Đến và bao gồm	6	7	9	7	7	7	8
-	3	- 6 - 12	- 6 - 16	- 6 - 31	- 10 - 20	- 14 - 24		- 18 - 32
3	6	- 9 - 17	- 8 - 20	- 12 - 42	- 11 - 23	- 15 - 27		- 23 - 41
6	10	- 12 - 21	- 9 - 24	- 15 - 51	- 13 - 28	- 17 - 32		- 28 - 50
10	18	- 15 - 26	- 11 - 29	- 18 - 61	- 16 - 34	- 21 - 39		- 33 - 60
18	24	- 18 - 31	- 14 - 35	- 22 - 74	- 20 - 41	- 27 - 48		- 41 - 74
24	30	- 18 - 31	- 14 - 35	- 22 - 74	- 20 - 41	- 27 - 48	- 33 - 54	- 48 - 81
30	40	- 21	- 17	- 26	- 25	- 34	- 39 - 64	- 60 - 99
40	50	- 37	- 42	- 88	- 50	- 59	- 45 - 70	- 70 - 109
50	65	- 26	- 21	- 32	- 30 - 60	- 42 - 72	- 55 - 85	- 87 - 133
65	80	- 45	- 51	- 106	- 32 - 62	- 48 - 78	- 64 - 94	- 102 - 148
80	100	- 30	- 24	- 37	- 38 - 73	- 58 - 93	- 78 - 113	- 124 - 178
100	120	- 52	- 59	- 124	- 41 - 76	- 66 - 101	- 91 - 126	- 144 - 198
120	140				- 48 - 88	- 77 - 117	- 107 - 147	- 170 - 233
140	160	- 36 - 61	- 28 - 68	- 43 - 143	- 50 - 90	- 85 - 125	- 119 - 159	- 190 - 253
160	180				- 53 - 93	- 93 - 133	- 131 - 171	- 210 - 273
180	200				- 60 - 106	- 105 - 151	- 149 - 195	- 236 - 308
200	225	- 41 - 70	- 33 - 79	- 50 - 165	- 63 - 109	- 113 - 159	- 163 - 209	- 258 - 330
225	250				- 67 - 113	- 123 - 169	- 179 - 225	- 284 - 356
250	280	- 47	- 36	- 56	- 74 - 126	- 138 - 190	- 198 - 250	- 315 - 396
280	315	- 79	- 88	- 186	- 78 - 130	- 150 - 202	- 220 - 272	- 350 - 431
315	355	- 51	- 41	- 62	- 87 - 144	- 169 - 226	- 247 - 304	- 390 - 479
355	400	- 87	- 98	- 202	- 93 - 150	- 187 - 244	- 273 - 330	- 435 - 524
400	450	- 55	- 45	- 68	- 103 - 166	- 209 - 272	- 307 - 370	- 490 - 587
450	500	- 95	- 108	- 223	- 109 - 172	- 229 - 292	- 337 - 400	- 540 - 637

Bảng 2. SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC TRỰC ĐỐI VỚI KÍCH THƯỚC ĐẾN 500 mm, TCVN 2245 - 99

Kích thước danh nghĩa (mm)		a ¹⁾		b ¹⁾		c		Kích thước danh nghĩa (mm)		a		b		c	
		11	12	11	12	10	11			10	11	12	11	12	10
Trên	Đến và bao gồm									Trên	Đến và bao gồm				
-	3 ¹⁾	-270	-270	-140	-140	-60	-60	140	160	-520	-280	-280	-210	-210	
3	6	-330	-370	-200	-240	-120	-120	160	180	-770	-530	-680	-370	-460	
6	10	-270	-270	-140	-140	-70	-70	180	200	-580	-310	-310	-230	-230	
10	18	-345	-390	-215	-260	-145	-145	200	225	-830	-560	-710	-390	-480	
18	30	-280	-280	-150	-150	-80	-80	225	250	-660	-340	-340	-240	-240	
30	40	-370	-430	-240	-300	-170	-170	250	280	-950	-630	-800	-425	-530	
40	50	-290	-290	-150	-150	-95	-95	280	315	-740	-380	-380	-260	-260	
50	65	-400	-470	-260	-330	-205	-205	315	355	-1030	-670	-840	-445	-550	
65	80	-300	-300	-160	-160	-110	-110	355	400	-820	-420	-420	-280	-280	
80	100	-430	-510	-290	-370	-240	-240	400	450	-1110	-710	-880	-465	-570	
100	120	-310	-310	-170	-170	-120	-120	450	500	-920	-480	-480	-300	-300	
120	140	-470	-560	-330	-420	-280	-280	500	550	-1240	-800	-1000	-510	-620	
		-320	-320	-180	-180	-130	-130			-1050	-540	-540	-330	-330	
		-480	-570	340	-430	-290	-290			-1370	-860	-1060	-540	-650	
		-340	-340	-190	-190	-140	-140			-1200	-600	-600	-360	-360	
		-530	-640	-380	-490	-330	-330			-1560	-960	-1170	-590	-720	
		-360	-360	-200	-200	-150	-150			-1350	-680	-680	-400	-400	
		-550	-660	-390	-500	-340	-340			-1710	-1040	-1250	-630	-760	
		-380	-380	-220	-220	-170	-170			-1500	-760	-760	-440	-440	
		-600	-730	-440	-570	-390	-390			-1900	-1160	-1390	-690	-840	
		-410	-410	-240	-240	-180	-180			-1650	-840	-840	-480	-480	
		-630	-760	-460	-590	-400	-400			-2050	-1240	-1470	-730	-880	
		-460	-450	-260	-260	-200	-200			-1650	-840	-840	-480	-480	
		-710	-850	-510	-660	-450	-450			-2280	-1240	-1470	-730	-880	

1) Các sai lệch cơ bản a, b không dùng cho bất kỳ cấp dung sai tiêu chuẩn nào đối với kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm

Kích thước danh nghĩa (mm)	h																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 ¹⁾	15 ¹⁾	16 ¹⁾	17 ¹⁾	
	Sai lệch																	
	μm																	
Đến và bao gồm	mm																	
-	0	-0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	-1,2	-2	-3	-4	-6	-10	-14	-25	-40	-60	-0,1	-0,14	-0,25	-0,4	-0,6	0	
6	0	-1,5	-2,5	-4	-5	-8	-12	-18	-30	-48	-75	-0,12	-0,18	-0,3	-0,48	-0,75	0	
10	0	-1,5	-2,5	-4	-6	-9	-15	-22	-36	-58	-90	-0,15	-0,22	-0,36	-0,58	-0,9	-1,5	
18	0	-2	-3	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-0,18	-0,27	-0,43	-0,7	-1,1	-1,8	
30	0	-2,5	-4	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-0,21	-0,33	-0,52	-0,84	-1,3	-2,1	
50	0	-2,5	-4	-7	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-0,25	-0,39	-0,62	-1	-1,6	-2,5	
80	0	-3	-5	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-0,3	-0,46	-0,74	-1,2	-1,9	-3	
120	0	-4	-6	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-0,35	-0,54	-0,87	-1,4	-2,2	-3,5	
180	0	-5	-8	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-0,40	-0,63	-1	-1,6	-2,5	-4	
250	0	-7	-10	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-0,46	-0,72	-1,15	-1,85	-2,9	-4,6	
315	0	-8	-12	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-0,52	-0,81	-1,3	-2,1	-3,2	-5,2	
400	0	-9	-13	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-0,57	-0,89	-1,4	-2,3	-3,6	-5,7	
500	0	-10	-15	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-0,63	-0,97	-1,55	-2,5	-4	-6,3	

1) IT14 ÷ IT18 không dùng cho các kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm

Kích thước danh nghĩa (mm)		p			r			s		
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	5	6	7	5	6	7
-	3	+10 + 6	+12 + 6	+16 + 6	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+18 +14	+20 +14	+24 +14
3	6	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+20 +15	+23 +15	+27 +15	+24 +19	+27 +19	+31 +19
6	10	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+25 +19	+28 +19	+34 +19	+29 +23	+32 +23	+38 +23
10	18	+26 +18	+29 +18	+36 +18	+31 +23	+34 +23	+41 +23	+36 +28	+39 +28	+46 +28
18	30	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+37 +28	+41 +28	+49 +28	+44 +35	+48 +35	+56 +35
30	50	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+45 +34	+50 +34	+59 +34	+54 +43	+59 +43	+68 +43
50	65	+45	+51	+62	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+66 +53	+72 +53	+83 +53
65	80	+32	+32	+32	+56 +43	+62 +43	+73 +43	+72 +59	+78 +59	+89 +59
80	100	+52	+59	+72	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+86 +71	+93 +71	+106 +71
100	120	+37	+37	+37	+69 +54	+76 +54	+89 +54	+94 +79	+101 +79	+114 +79
120	140				+81 +63	+88 +63	+103 +63	+110 +92	+117 +92	+132 +92
140	160	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+118 +100	+125 +100	+140 +100
160	180				+86 +68	+93 +68	+108 +68	+126 +108	+133 +108	+148 +108
180	200				+97 +77	+106 +77	+123 +77	+142 +122	+151 +122	+168 +122
200	225	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+150 +130	+159 +130	+176 +130
225	250				+104 +84	+113 +84	+130 +84	+160 +140	+169 +140	+186 +140
250	280	+79	+88	+108	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+181 +158	+190 +158	+210 +158
280	315	+56	+56	+56	+121 +98	+130 +98	+150 +98	+193 +170	+202 +170	+222 +170
315	355	+87	+98	+119	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+215 +190	+226 +190	+247 +190
355	400	+62	+62	+62	+139 +114	+150 +114	+171 +114	+233 +208	+244 +208	+265 +208
400	450	+95	+108	+131	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+259 +232	+272 +232	+295 +232
450	500	+68	+68	+68	+159 +132	+172 +132	+195 +132	+279 +252	+292 +252	+315 +252

Kích thước danh nghĩa (mm)		t			u			x	z
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	6	7	8	8	8
-	3				+ 24 + 18	+ 28 + 18	+ 32 + 18	+ 34 + 20	+ 40 + 26
3	6				+ 31 + 23	+ 35 + 23	+ 41 + 23	+ 46 + 28	+ 53 + 35
6	10				+ 37 + 28	+ 43 + 28	+ 50 + 28	+ 56 + 34	+ 64 + 42
10	14				+ 44	+ 51	+ 60	+ 67 + 40	+ 77 + 50
14	18				+ 33	+ 33	+ 33	+ 72 + 45	+ 87 + 60
18	24				+ 54 + 41	+ 62 + 41	+ 74 + 41	+ 87 + 54	+ 106 + 73
24	30	+ 50 + 41	+ 54 + 41	+ 62 + 41	+ 61 + 48	+ 69 + 48	+ 81 + 48	+ 97 + 64	+ 121 + 88
30	40	+ 59 + 48	+ 64 + 48	+ 73 + 48	+ 76 + 60	+ 85 + 60	+ 99 + 60	+ 119 + 80	+ 151 + 112
40	50	+ 65 + 54	+ 70 + 54	+ 79 + 54	+ 86 + 70	+ 95 + 70	+ 109 + 70	+ 136 + 97	+ 175 + 136
50	65	+ 79 + 66	+ 85 + 66	+ 96 + 66	+ 106 + 87	+ 117 + 87	+ 133 + 87	+ 168 + 122	+ 218 + 172
65	80	+ 88 + 75	+ 94 + 75	+ 105 + 75	+ 121 + 102	+ 132 + 102	+ 148 + 102	+ 192 + 146	+ 256 + 210
80	100	+ 106 + 91	+ 113 + 91	+ 126 + 91	+ 146 + 124	+ 159 + 124	+ 178 + 124	+ 232 + 178	+ 312 + 258
100	120	+ 119 + 104	+ 126 + 104	+ 139 + 104	+ 166 + 144	+ 179 + 144	+ 198 + 144	+ 264 + 210	+ 364 + 310
120	140	+ 140 + 122	+ 147 + 122	+ 162 + 122	+ 195 + 170	+ 210 + 170	+ 233 + 170	+ 311 + 248	+ 428 + 365
140	160	+ 152 + 134	+ 159 + 134	+ 174 + 134	+ 215 + 190	+ 230 + 190	+ 253 + 190	+ 343 + 280	+ 478 + 415
160	180	+ 164 + 146	+ 171 + 146	+ 186 + 146	+ 235 + 210	+ 250 + 210	+ 273 + 210	+ 373 + 310	+ 528 + 465
180	200	+ 186 + 166	+ 195 + 166	+ 212 + 166	+ 265 + 236	+ 282 + 236	+ 308 + 236	+ 422 + 350	+ 592 + 520
200	225	+ 200 + 180	+ 209 + 180	+ 226 + 180	+ 287 + 258	+ 304 + 258	+ 330 + 258	+ 457 + 385	+ 647 + 575
225	250	+ 216 + 196	+ 225 + 196	+ 242 + 196	+ 313 + 284	+ 330 + 284	+ 356 + 284	+ 497 + 425	+ 712 + 640
250	280	+ 241 + 218	+ 250 + 218	+ 270 + 218	+ 347 + 315	+ 367 + 315	+ 396 + 315	+ 556 + 475	+ 791 + 710
280	315	+ 263 + 240	+ 272 + 240	+ 292 + 240	+ 382 + 350	+ 402 + 350	+ 431 + 350	+ 606 + 525	+ 871 + 790
315	355	+ 293 + 268	+ 304 + 268	+ 325 + 268	+ 382 + 390	+ 447 + 390	+ 479 + 390	+ 679 + 590	+ 989 + 900
355	400	+ 319 + 294	+ 330 + 294	+ 351 + 294	+ 471 + 435	+ 492 + 435	+ 524 + 435	+ 749 + 660	+ 1089 + 1000
400	450	+ 357 + 330	+ 370 + 330	+ 393 330	+ 530 + 490	+ 553 + 490	+ 587 + 490	+ 837 + 740	+ 1197 + 1100
450	500	+ 387 + 360	+ 400 + 360	+ 423 + 360	+ 580 + 540	+ 603 + 540	+ 637 + 540	+ 917 + 820	+ 1347 + 1250

Bảng 3. LẮP GHÉP THEO ĐƯỜNG KÍNH ĐỊNH TÂM d

Miền dung sai của lỗ	Sai lệch cơ bản của trục					
	e	f	g	h	js	n
H6			$\frac{H6}{g5}$		$\frac{H6}{js5}$	
H7	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H7}{h7}$	$\frac{H7}{js6}$ $\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{n6}$
H8	$\frac{H8}{e8}$ $\left[\frac{H8}{e9} \right]$					

Bảng 4. LẮP GHÉP THEO CHIỀU RỘNG b (KHI ĐỊNH TÂM THEO d)

Miền dung sai của lỗ	Sai lệch cơ bản của trục									
	d	e	f			g	h			js
F8	$\frac{F8}{d8}$		$\frac{F8}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$		$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F8}{h9}$	$\frac{F8}{js7}$	
H8						$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\left[\frac{H8}{h9} \right]$	$\frac{H8}{js7}$	
D9	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}$	$\frac{D9}{f8}$	$\frac{D9}{f9}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$		$\frac{D9}{js7}$	$\frac{D9}{k7}$
D10	$\frac{D10}{d9}$									
F10	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f7}$	$\frac{F10}{f8}$	$\frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{h7}$	$\frac{F10}{h8}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{js7}$	$\frac{F10}{k7}$
J _s 10	$\frac{J_s10}{d10}$									

Bảng 5. LẮP GHÉP THEO ĐƯỜNG KÍNH ĐỊNH TÂM D

Miền dung sai của lỗ	Sai lệch cơ bản của trục					
	e	f	g	h	js	n
H7		$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{n6}$
H8				$\frac{H8}{h7}$		

Bảng 6. LẮP GHÉP THEO CHIỀU RỘNG b (KHI ĐỊNH TÂM THEO D)

Miền dung sai của lỗ	Sai lệch cơ bản của trục					
	d	e	f		h	js
F8	$\left[\frac{F8}{d9} \right]$	$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h7}$ $\frac{F8}{h8}$	$\frac{F8}{js7}$
D9	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}$		$\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{js7}$
F10		$\frac{F10}{e9}$	$\frac{F10}{f7}$		$\frac{F10}{h9}$	
J _s 10	$\frac{J_s10}{d10}$					

**Bảng 7. MIỀN DUNG SAI VÀ SAI LỆCH GIỚI HẠN CHIỀU DÀY RĂNG (s)
VÀ CHIỀU RỘNG RÃNH (e) THEN HOA RĂNG THÂN KHAI**

Miền dung sai	Mô đun mm	Kí hiệu sai lệch	Đường kính vòng chia, mm						
			Đến 12	> 12 ÷ 25	> 25 ÷ 50	> 50 ÷ 100	> 100 ÷ 200	> 200 ÷ 400	> 400
			Sai lệch giới hạn, µm						
Sai lệch chiều rộng rãnh bạc e									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7H	0,5 - 1,5	ES	+ 25	+ 28	+ 32	+ 36	+ 40	-	-
		EI _e	+ 9	+ 10	+ 12	+ 14	+ 15	-	-
		EI	0	0	0	0	0	-	-
	2 - 4	ES	-	+ 32	+ 36	+ 40	+ 45	+ 50	-
		EI _e	-	+ 12	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	-
		EI	-	0	0	0	0	0	-
	5 - 10	ES	-	-	+ 40	+ 45	+ 50	+ 56	+ 63
		EI _e	-	-	+ 15	+ 17	+ 18	+ 20	+ 23
		EI	-	-	0	0	0	0	0
9H	0,5 - 1,5	ES	+ 50	+ 56	+ 63	+ 71	+ 80	-	-
		EI _e	+ 18	+ 20	+ 23	+ 26	+ 30	-	-
		EI	0	0	0	0	0	0	-
	2 - 4	ES	-	+ 63	+ 71	+ 80	+ 90	+ 100	-
		EI _e	-	+ 23	+ 26	+ 30	+ 34	+ 37	-
		EI	-	0	0	0	0	0	-
	5 - 10	ES	-	-	+ 80	+ 90	+ 100	+ 112	+ 125
		EI _e	-	-	+ 30	+ 34	+ 37	+ 41	+ 45
		EI	-	-	0	0	0	0	0
11H	0,5 - 1,5	ES	+ 100	+ 112	+ 125	+ 140	+ 160	-	-
		EI _e	+ 37	+ 41	+ 45	+ 50	+ 60	-	-
		EI	0	0	0	0	0	-	-
	2 - 4	ES	-	+ 125	+ 140	+ 160	+ 180	+ 200	-
		EI _e	-	+ 45	+ 50	+ 60	+ 68	+ 75	-
		EI	-	0	0	0	0	0	-
	5 - 10	ES	-	-	+ 160	+ 180	+ 200	+ 224	+ 250
		EI _e	-	-	+ 60	+ 68	+ 75	+ 84	+ 90
		EI	-	-	0	0	0	0	0
Sai lệch chiều dày răng s									
9d	0,5 - 1,5	es	- 32	- 36	- 40	- 44	- 50	-	-
		es _e	- 50	- 56	- 63	- 70	- 80	-	-
		ei	- 82	- 92	- 103	- 115	- 130	-	-
	2 - 4	es	-	- 40	- 44	- 50	- 56	- 64	-
		es _e	-	- 63	- 70	- 80	- 90	- 101	-
		ei	-	- 103	- 115	- 130	- 146	- 164	-
	5 - 10	es	-	-	- 50	- 56	- 64	- 72	- 80
		es _e	-	-	- 80	- 90	- 101	- 113	- 125
		ei	-	-	- 130	- 146	- 164	- 184	- 205

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9g	0,5 - 1,5	es	- 8	- 9	- 10	- 11	- 12	-	-
		es _e	- 26	- 29	- 33	- 37	- 42	-	-
		ei	- 58	- 65	- 73	- 82	- 92	-	-
	2 - 4	es	-	- 10	- 11	- 12	- 14	- 16	-
		es _e	-	- 33	- 37	- 42	- 48	- 53	-
		ei	-	- 73	- 82	- 92	- 104	- 116	-
	5 - 10	es	-	-	- 12	- 14	- 16	- 18	- 20
		es _e	-	-	- 42	- 48	- 53	- 59	- 65
		ei	-	-	- 92	- 104	- 116	- 130	- 145
9h	0,5 - 1,5	es	0	0	0	0	0	-	-
		es _e	- 18	- 20	- 23	- 26	- 30	-	-
		ei	- 50	- 56	- 63	- 71	- 80	-	-
	2 - 4	es	-	0	0	0	0	0	-
		es _e	-	- 23	- 26	- 30	- 34	- 37	-
		ei	-	- 63	- 71	- 80	- 90	- 100	-
	5 - 10	es	-	-	0	0	0	0	0
		es _e	-	-	- 30	- 34	- 37	- 41	- 45
		ei	-	-	- 80	- 90	- 100	- 112	- 125
11a	0,5 - 1,5	es	- 80	- 90	- 100	- 110	- 125	-	-
		es _e	- 117	- 131	- 145	- 160	- 185	-	-
		ei	- 180	- 202	- 225	- 250	- 285	-	-
	2 - 4	es	-	- 100	- 110	- 125	- 140	- 160	-
		es _e	-	- 145	- 160	- 185	- 208	- 235	-
		ei	-	- 225	- 250	- 285	- 320	- 360	-
	5 - 10	es	-	-	- 125	- 140	- 160	- 180	- 200
		es _e	-	-	- 185	- 208	- 235	- 264	- 290
		ei	-	-	- 285	- 320	- 360	- 404	- 450
11c	0,5 - 1,5	es	- 48	- 54	- 60	- 66	- 75	-	-
		es _e	- 85	- 95	- 105	- 116	- 135	-	-
		ei	- 148	- 166	- 185	- 206	- 235	-	-
	2 - 4	es	-	- 60	- 66	- 75	- 84	- 96	-
		es _e	-	- 105	- 116	- 135	- 152	- 171	-
		ei	-	- 185	- 206	- 235	- 264	- 296	-
	5 - 10	es	-	-	- 75	- 84	- 96	- 108	- 120
		es _e	-	-	- 135	- 152	- 171	- 192	- 210
		ei	-	-	- 235	- 264	- 296	- 332	- 370

Chú thích : 1. Sai lệch trên ES, es_e sai lệch, dưới EI_e ei và sai lệch cơ bản (sai lệch tổng) EI, es của chiều rộng rãnh bạc và chiều dày răng được tính so với kích thước danh nghĩa chung đo theo cung vòng chia.

2. Miễn dung sai ưu tiên đối với lắp ghép được đóng khung.

3. Lắp ghép khi định tâm theo bề mặt bên của răng s = e :

$$\frac{7H}{7h} ; \frac{7H}{8k} ; \frac{7H}{7n} ; \frac{7H}{8p} ; \frac{7H}{9r} ; \frac{9H}{7f} ; \frac{9H}{8f} ; \frac{9H}{9g} ; \frac{9H}{9h} ; \frac{11H}{8k} ; \frac{11H}{10d}$$

PHỤ LỤC 2. Dung sai hình dạng và vị trí bề mặt

Bảng 8. DUNG SAI ĐỘ PHẪNG VÀ ĐỘ THẲNG TCVN 384-93

Khoảng kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp chính xác							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	μm							
Đến 10	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Trên 10 đến 16	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
> 16 – 25	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
> 25 – 40	1,2	2	3	5	8	12	20	30
> 40 – 63	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
> 63 – 100	2	3	5	8	12	20	30	50
> 100 – 160	2,5	4	6	10	16	25	40	60
> 160 – 250	3	5	8	12	20	30	50	80
> 250 – 400	4	6	10	16	25	40	60	100
> 400 – 630	5	8	12	20	30	50	80	120
> 630 – 1000	6	10	16	25	40	60	100	160
> 1000 – 1600	8	12	20	30	50	80	120	200
> 1600 – 2500	10	16	25	40	60	100	160	250

Chú thích : Chiều dài danh nghĩa của phần chuẩn được lấy làm kích thước danh nghĩa. Nếu không cho trước phần chuẩn thì chiều dài danh nghĩa của bề mặt lớn hoặc đường kính lớn danh nghĩa của bề mặt mút được lấy làm kích thước danh nghĩa.

Bảng 9. DUNG SAI ĐỘ TRỤ, ĐỘ TRÒN VÀ PROFIN MẶT CẮT DỌC TCVN 384-93

Khoảng kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp chính xác							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	μm							
Đến 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Trên 3 đến 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
" 10 " 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30
" 18 " 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
" 30 " 50	2	3	5	8	12	20	30	50
" 50 " 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60
" 120 " 250	3	5	8	12	20	30	50	80
" 250 " 400	4	6	10	16	25	40	60	100
" 400 " 630	5	8	12	20	30	50	80	120
" 630 " 1000	6	10	16	25	40	60	100	160
" 1000 " 1600	8	12	20	30	50	80	120	200
" 1600 " 2500	10	16	25	40	60	100	160	250

Chú thích : Đường kính danh nghĩa bề mặt được lấy làm kích thước danh nghĩa.

**Bảng 10. DUNG SAI ĐỘ SONG SONG, ĐỘ VUÔNG GÓC, ĐỘ NGHIÊNG,
ĐỘ ĐẢO MẶT MÚT VÀ MẶT MÚT TOÀN PHẦN TCVN 384-93**

Khoảng kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp chính xác							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	μm							
Đến 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Trên 10 đến 16	1,2	2	3	5	8	12	20	30
> 16 – 25	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
> 25 – 40	2	3	5	8	12	20	30	50
> 40 – 63	2,5	4	6	10	16	25	40	60
> 63 – 100	3	5	8	12	20	30	50	80
> 100 – 160	4	6	10	16	25	40	60	100
> 160 – 250	5	8	12	20	30	50	80	120
> 250 – 400	6	10	16	25	40	60	100	160
> 400 – 630	8	12	20	30	50	80	120	200
> 630 – 1000	10	16	25	40	60	100	160	250
> 1000 – 1600	12	20	30	50	80	120	200	300
> 1600 – 2500	16	25	40	60	100	160	250	400
> 2500 – 4000	20	30	50	80	120	200	300	500
> 4000 – 6300	25	40	60	100	160	250	400	600
> 6300 – 10000	30	50	80	120	200	300	500	800

Chú thích : Chiều dài danh nghĩa của phân chuẩn hoặc chiều dài danh nghĩa của tất cả bề mặt khảo sát (đối với độ song song – là chiều dài danh nghĩa của chiều lớn) được coi là kích thước danh nghĩa.

Bảng 11. DUNG SAI ĐỘ ĐẢO HƯỚNG KÍNH VÀ ĐỘ ĐẢO HƯỚNG KÍNH TOÀN PHẦN. DUNG SAI ĐỘ ĐỒNG TRỤC, ĐỘ ĐỐI XỨNG, ĐỘ GIAO TRỤC TÍNH THEO ĐƯỜNG KÍNH TCVN 384-93

Khoảng kích thước danh nghĩa (mm)	Cấp chính xác							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	μm							
Đến 3	2	3	5	8	12	20	30	50
Trên 3 đến 10	2,5	4	6	10	16	25	40	60
> 10 – 18	3	5	8	12	20	30	50	80
> 18 – 30	4	6	10	16	25	40	60	100
> 30 – 50	5	8	12	20	30	50	80	120
> 50 – 120	6	10	16	25	40	60	100	160
> 120 – 250	8	12	20	30	50	80	120	200
> 250 – 400	10	16	25	40	60	100	160	250
> 400 – 630	12	20	30	50	80	120	200	300
> 630 – 1000	16	25	40	60	100	160	250	400
> 1000 – 1600	20	30	50	80	120	200	300	500
> 1600 – 2500	25	40	60	100	160	250	400	600

Chú thích : đối với độ đảo thì đường kính danh nghĩa của bề mặt khảo sát được lấy làm kích thước danh nghĩa. Đối với độ đồng trục, độ đối xứng, độ giao trục thì đường kính của bề mặt quay khảo sát hoặc kích thước danh nghĩa giữa các bề mặt tạo phần tử đối xứng được lấy làm kích thước danh nghĩa.

PHỤ LỤC 3. Dung sai kích thước góc

Bảng 12. DÂY KÍCH THƯỚC GÓC DANH NGHĨA TCVN 259-86

Dây 1	Dây 2	Dây 3	Dây 1	Dây 2	Dây 3
0°			30°		
		15'			35°
	30'			40°	
		45'	45°		
	1°				50°
		1°30'			55°
	2°		60°		
		2°30'			65°
	3°				70°
	4°			75°	
5°					80°
	6°				85°
	7°		90°		
	8°				100°
		9°			110°
	10°		130°		
		12°			135°
15°					150°
		18°			165°
20°					180°
		22°			270°
		25°			360°

Bảng 13. TRỊ SỐ GÓC NGHIÊNG, TCVN 259-86

Độ nghiêng S	Góc nghiêng β
1 : 500	6' 52,5"
1 : 200	17' 11,3"
1 : 100	34' 22,6"
1 : 50	1° 8' 44,7"
1 : 20	2° 51' 44,7"
1 : 10	5° 42' 38,1"

Bảng 14. TRỊ SỐ DUNG SAI GÓC, TCVN 260-86

Khoảng chiều dài L, L ₁ , mm	Cấp chính xác									
	5				6					
	AT _α		AT' _α	AT _h	AT _D	AT _α		AT' _α	AT _h	AT _D
	μrad	ph-gi	ph-gi	μm	μrad	ph-gi	ph-gi	μm		
Đến 10	315	1'05"	1'	... 3,2	500	1'43"	1'40"	... 5,0		
> 10 ÷ 16	250	52"	50"	2,5 ... 4,0	400	1'22"	1'20"	4,0 ... 6,3		
> 16 ÷ 25	200	41"	40"	3,2 ... 5,0	315	1'05"	1'	5,0 ... 8,0		
> 25 ÷ 40	160	33"	32"	4,0 ... 6,3	250	52"	50"	6,3 ... 10,0		
> 40 ÷ 63	125	26"	26"	5,0 ... 8,0	200	41"	40"	8,0 ... 12,5		
> 63 ÷ 100	100	21"	20"	6,3 ... 10,0	160	33"	32"	10,0 ... 16,0		
> 100 ÷ 160	80	16"	16"	8,0 ... 12,5	125	26"	26"	12,5 ... 20,0		
> 160 ÷ 250	63	13"	12"	10,0 ... 16,0	100	21"	20"	16,0 ... 25,0		
> 250 ÷ 400	50	10"	10"	12,5 ... 20,0	80	16"	16"	20,0 ... 32,0		
> 400 ÷ 630	40	8"	8"	16,0 ... 25,0	63	13"	12"	25,0 ... 40,0		
> 630 ÷ 1000	31,5	6"	6"	20,0 ... 32,0	50	10"	10"	32 ... 50		
> 1000 ÷ 1600	25	5"	5"	25,0 ... 40,0	40	8"	8"	40 ... 63		
> 1600 ÷ 2500	20	4"	4"	32 ... 50	31,5	6"	6"	50 ... 80		

Tiếp theo bảng 14

Khoảng chiều dài L, L ₁ , mm	Cấp chính xác									
	7				8					
	AT _α		AT' _α	AT _h	AT _D	AT _α		AT' _α	AT _h	AT _D
	μrad	ph-gi	ph-gi	μm	μrad	ph-gi	ph-gi	μm		
Đến 10	800	2'45"	2'45"	... 8,0	1250	4'18"	4'	... 12,5		
> 10 ÷ 16	630	2'10"	2'0"	6,3 ... 10,0	1000	3'26"	3'	10,0 ... 16,0		
> 16 ÷ 25	500	1'43"	1'40"	8,0 ... 12,5	800	2'49"	2'30"	12,5 ... 20,0		
> 25 ÷ 40	400	1'22"	1'20"	10,0 ... 16,0	630	2'10"	2'0"	16,0 ... 25,0		
> 40 ÷ 63	315	1'05"	1'	12,5 ... 20,0	500	1'43"	1'40"	20,0 ... 32,0		
> 63 ÷ 100	250	52"	50"	16,0 ... 25,0	400	1'22"	1'20"	25,0 ... 40,0		
> 100 ÷ 160	200	41"	40"	20,0 ... 32,0	315	1'05"	1'	32 ... 50		
> 160 ÷ 250	160	33"	32"	25,0 ... 40,0	250	52"	50"	40 ... 63		
> 250 ÷ 400	125	26"	26"	32 ... 50	200	41"	40"	50 ... 80		
> 400 ÷ 630	100	21"	20"	40 ... 63	160	33"	32"	63 ... 100		
> 630 ÷ 1000	80	16"	16"	50 ... 80	125	26"	26"	80 ... 125		
> 1000 ÷ 1600	63	13"	12"	63 ... 100	100	21"	20"	100 ... 160		
> 1600 ÷ 2500	50	10"	10"	80 ... 125	80	16"	16"	125 ... 200		

Khoảng chiều dài L, L_1, mm	Cấp chính xác									
	9				10					
	AT_α		AT'_α	AT_h	AT_D	AT_α		AT'_α	AT_h	AT_D
	μrad	ph-gi	ph-gi	μm	μrad	ph-gi	ph-gi	μm		
Đến 10	2000	6'52"	6'	... 20	3150	10'49"	10'	... 32		
> 10 ÷ 16	1600	5'30"	5'	16 ... 25	2500	8'35"	8'	25 ... 40		
> 16 ÷ 25	1250	4'18"	4'	20 ... 32	2000	6'52"	6'	32 ... 50		
> 25 ÷ 40	1000	3'26"	3'	25 ... 40	1600	5'30"	5'	40 ... 63		
> 40 ÷ 63	800	2'45"	2'30"	32 ... 50	1250	4'18"	4'	50 ... 80		
> 63 ÷ 100	630	2'10"	2'	40 ... 63	1000	3'26"	3'	63 ... 100		
> 100 ÷ 160	500	1'43"	1'40"	50 ... 80	800	2'45"	2'30"	80 ... 125		
> 160 ÷ 250	400	1'22"	1'20"	63 ... 100	630	2'10"	2'	100 ... 160		
> 250 ÷ 400	315	1'05"	1'	80 ... 125	500	1'43"	1'40"	125 ... 200		
> 400 ÷ 630	250	52"	50"	100 ... 160	400	1'22"	1'20"	160 ... 250		
> 630 ÷ 1000	200	41"	40"	125 ... 200	315	1'05"	1'	200 ... 320		
> 1000 ÷ 1600	160	33"	32"	160 ... 250	250	52"	50"	250 ... 400		
> 1600 ÷ 2500	125	26"	25"	200 ... 320	200	41"	40"	320 ... 500		

Khoảng chiều dài L, L_1, mm	Cấp chính xác									
	11				12					
	AT_α		AT'_α	AT_h	AT_D	AT_α		AT'_α	AT_h	AT_D
	μrad	ph-gi	ph-gi	μm	μrad	ph-gi	ph-gi	μm		
Đến 10	5000	17'10"	16'	... 50	8000	27'28"	26'	... 80		
> 10 ÷ 16	4000	13'44"	12'	40 ... 63	6300	21'38"	20'	63 ... 100		
> 16 ÷ 25	3150	10'49"	10"	50 ... 80	5000	17'10"	16'	80 ... 125		
> 25 ÷ 40	2500	8'35"	8"	63 ... 100	4000	13'44"	12'	100 ... 160		
> 40 ÷ 63	2000	6'52"	6"	80 ... 125	3150	10'49"	10'	125 ... 200		
> 63 ÷ 100	1600	5'30"	5"	100 ... 160	2500	8'35"	8'	160 ... 250		
> 100 ÷ 160	1250	4'18"	4"	125 ... 200	2000	6'52"	6'	200 ... 320		
> 160 ÷ 250	1000	3'26"	3"	160 ... 250	1600	5'30"	5'	250 ... 400		
> 250 ÷ 400	800	2'45"	2'30"	200 ... 320	1250	4'18"	4'	320 ... 500		
> 400 ÷ 630	630	2'10"	2'	250 ... 400	1000	3'26"	3'	400 ... 630		
> 630 ÷ 1000	500	1'43"	1'40"	320 ... 500	800	2'45"	2'30"	500 ... 800		
> 1000 ÷ 1600	400	1'22"	1'20"	400 ... 630	630	2'10"	2'	630 ... 1000		
> 1600 ÷ 2500	325	1'05"	1'	500 ... 800	500	1'43"	1'40"	800 ... 1250		

PHỤ LỤC 4. Dung sai kích thước ren

Bảng 15. SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC REN TRONG TCVN 1917-93

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	Miền dung sai ren trong									
		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 2,8 đến 5,6	0,25	0	+ 75	0	+ 71	0	-	-	-	-	-
	0,35	0	+ 90	0	+ 100	0	-	-	-	-	-
	0,5	0	+ 100	0	+ 140	0	0	+ 125	0	+ 180	0
	0,6	0	+ 112	0	+ 160	0	0	+ 140	0	+ 200	0
	0,7	0	+ 116	0	+ 180	0	0	+ 150	0	+ 224	0
	0,75	0	+ 118	0	+ 190	0	0	+ 150	0	+ 238	0
	0,8	0	+ 125	0	+ 200	0	0	+ 160	0	+ 250	0
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	0	+ 85	0	+ 71	0	-	-	-	-	-
	0,35	0	+ 95	0	+ 100	0	-	-	-	-	-
	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	+ 156	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	-	-	-	-	-
	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
Trên 22,4 đến 45	0,5	0	+ 125	0	+ 140	0	-	-	-	-	-
	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	+ 630	0
	4	0	+ 300	0	+ 600	0	0	+ 375	0	+ 750	0
	4,5	0	+ 345	0	+ 670	0	0	+ 400	0	+ 850	0
Trên 45 đến 90	0,5	0	+ 132	0	+ 140	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	+ 160	0	+ 190	0	-	-	-	-	-
	1	0	+ 190	0	+ 236	0	0	+ 236	0	+ 300	0
	1,5	0	+ 212	0	+ 375	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	+ 730	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 16. SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THUỐC REN NGOÀI TCVN 1917-93

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	Miền dung sai ren ngoài										
		6e					6g					
		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			
Từ 2,8 đến 5,6	0,25	-	-	-	-	-	-18	-85	-18	-74	-18	
	0,35	-	-	-	-	-	-19	-104	-19	-86	-19	
	0,5	-50	-156	-50	-125	-50	-20	-126	-20	-95	-20	
	0,6	-53	-178	-53	-138	-53	-21	-146	-21	-102	-21	
	0,7	-56	-196	-56	-146	-56	-22	-162	-22	-112	-22	
	0,75	-56	-196	-56	-146	-56	-22	-162	-22	-112	-22	
	0,8	-60	-210	-60	-155	-60	-24	-174	-24	-119	-24	
Từ 5,6 đến 11,2	0,25	-	-	-	-	-	-18	-85	-18	-81	-18	
	0,35	-	-	-	-	-	-19	-101	-19	-90	-19	
	0,5	-50	-156	-50	-135	-50	-20	-126	-20	-105	-20	
	0,75	-56	-196	-56	-156	-56	-22	-162	-22	-122	-22	
	1	-60	-210	-60	-172	-60	-26	-206	-26	-138	-26	
	1,25	-63	-275	-63	-181	-63	-28	-240	-28	-146	-28	
	1,5	-67	-303	-67	-199	-67	-32	-268	-32	-164	-32	
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	-	-	-	-	-	-19	-104	-19	-91	-19	
	0,5	-50	-156	-50	-140	-50	-20	-126	-20	-110	-20	
	0,75	-56	-196	-56	-162	-56	-22	-162	-22	-128	-22	
	1	-60	-240	-60	-178	-60	-26	-206	-26	-144	-26	
	1,25	-63	-275	-63	-195	-63	-28	-240	-28	-160	-28	
	1,5	-67	-303	-67	-207	-67	-32	-268	-32	-172	-32	
	1,75	-71	-336	-71	-221	-71	-34	-290	-34	-184	-34	
	2	-71	-351	-71	-231	-71	-38	-318	-38	-198	-38	
	2,5	-80	-415	-80	-250	-80	-42	-377	-42	-212	-42	
Trên 22,4 đến 45	0,5	-50	-156	-50	-145	-50	-20	-126	-20	-115	-20	
	0,75	-56	-196	-56	-168	-56	-22	-162	-22	-134	-22	
	1	-60	-240	-60	-185	-60	-26	-206	-26	-151	-26	
	1,5	-67	-303	-67	-217	-67	-32	-268	-32	-182	-32	
	2	-71	-351	-71	-241	-71	-38	-318	-38	-208	-38	
	3	-85	-460	-85	-285	-85	-48	-423	-48	-248	-48	
	3,5	-90	-515	-90	-302	-90	-53	-478	-53	-265	-53	
	4	-95	-570	-95	-319	-95	-60	-535	-60	-284	-60	
	4,5	-100	-600	-100	-336	-100	-63	-563	-63	-299	-63	
Trên 45 đến 90	0,5	-50	-156	-50	-150	-50	-20	-126	-20	-120	-20	
	0,75	-56	-196	-56	-174	-56	-22	-162	-22	-140	-22	
	1	-60	-240	-60	-200	-60	-26	-206	-26	-166	-26	
	1,5	-67	-303	-67	-227	-67	-32	-268	-32	-192	-32	
	2	-71	-351	-71	-251	-71	-38	-318	-38	-218	-38	
	3	-85	-460	-85	-297	-85	-48	-423	-48	-260	-48	
	4	-95	-570	-95	-331	-95	-60	-535	-60	-296	-60	
	5	-106	-636	-106	-356	-106	-71	-601	-71	-321	-71	
	5,5	-112	-672	-112	-377	-112	-75	-635	-75	-340	-75	
6	-118	-718	-118	-398	-118	-80	-680	-80	-360	-80		

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	Miền dung sai ren ngoài									
		6h					8g				
		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	ei		
Trên 2,8 đến 5,6	0,25	0	- 67	0	- 56	0	-	-	-	-	-
	0,35	0	- 85	0	- 67	0	-	-	-	-	-
	0,5	0	- 106	0	- 75	0	-	-	-	-	-
	0,6	0	- 125	0	- 85	0	-	-	-	-	-
	0,7	0	- 140	0	- 90	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	- 140	0	- 90	0	-	-	-	-	-
	0,8	0	- 150	0	- 95	0	- 24	- 260	- 24	- 174	- 24
Trên 5,6 đến 11,2	0,25	0	- 67	0	- 63	0	-	-	-	-	-
	0,35	0	- 85	0	- 71	0	-	-	-	-	-
	0,5	0	- 106	0	- 85	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	- 140	0	- 100	0	-	-	-	-	-
	1	0	- 180	0	- 112	0	- 26	- 306	- 26	- 206	- 26
	1,25	0	- 212	0	- 118	0	- 28	- 363	- 28	- 218	- 28
	1,5	0	- 236	0	- 132	0	- 32	- 407	- 32	- 244	- 32
Trên 11,2 đến 22,4	0,35	0	- 85	0	- 75	0	-	-	-	-	-
	0,5	0	- 106	0	- 90	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	- 140	0	- 106	0	-	-	-	-	-
	1	0	- 180	0	- 118	0	- 26	- 306	- 26	- 216	- 26
	1,25	0	- 212	0	- 132	0	- 28	- 363	- 28	- 240	- 28
	1,5	0	- 236	0	- 140	0	- 32	- 407	- 32	- 256	- 32
	1,75	0	- 265	0	- 150	0	- 34	- 459	- 34	- 270	- 34
	2	0	- 280	0	- 160	0	- 38	- 488	- 38	- 288	- 38
	2,5	0	- 335	0	- 170	0	- 42	- 572	- 42	- 307	- 42
Trên 22,4 đến 45	0,5	0	- 106	0	- 95	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	- 140	0	- 112	0	-	-	-	-	-
	1	0	- 180	0	- 125	0	- 26	- 306	- 26	- 226	- 26
	1,5	0	- 236	0	- 150	0	- 32	- 407	- 32	- 268	- 32
	2	0	- 280	0	- 170	0	- 38	- 488	- 38	- 303	- 38
	3	0	- 375	0	- 200	0	- 48	- 618	- 48	- 363	- 48
	3,5	0	- 425	0	- 212	0	- 53	- 723	- 53	- 388	- 53
	4	0	- 475	0	- 224	0	- 60	- 810	- 60	- 415	- 60
	4,5	0	- 500	0	- 236	0	- 63	- 863	- 63	- 438	- 63
Trên 45 đến 90	0,5	0	- 106	0	- 100	0	-	-	-	-	-
	0,75	0	- 140	0	- 118	0	-	-	-	-	-
	1	0	- 180	0	- 140	0	- 26	- 306	- 26	- 250	- 26
	1,5	0	- 236	0	- 160	0	- 32	- 407	- 32	- 282	- 32
	2	0	- 280	0	- 180	0	- 38	- 488	- 38	- 318	- 38
	3	0	- 375	0	- 212	0	- 48	- 618	- 48	- 383	- 48
	4	0	- 475	0	- 236	0	- 60	- 810	- 60	- 435	- 60
	5	0	- 530	0	- 250	0	- 71	- 921	- 71	- 471	- 71
	5,5	0	- 560	0	- 265	0	- 75	- 975	- 75	- 500	- 75

Bảng 17. SAI LỆCH GIỚI HẠN ĐƯỜNG KÍNH REN NGOÀI, TCVN 2249-93

Đường kính danh nghĩa của ren	Bước ren p, mm	Miền dung sai							
		4j _h				4j			
		Đường kính của ren							
		d		d ₂		d		d ₂	
		Sai lệch giới hạn, μm							
d, mm		es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5,6 ÷ 11,2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
> 11,2 ÷ 22,4	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	-	-	-	-	- 32	- 268	+ 49	- 41
	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	- 38	- 318	+ 53	- 47
	2,5	-	-	-	-	- 42	- 377	+ 54	- 52
> 22,4 ÷ 45	2	- 38	- 318	+ 4	- 102	- 38	- 318	+ 59	- 47
	3	- 48	- 433	+ 12	- 113	- 48	- 433	+ 67	- 58
	3,5	- 53	- 478	+ 14	- 118	- 53	- 478	+ 68	- 64
	4	- 60	- 535	+ 16	- 124	-	-	-	-
	4,5	- 63	- 563	+ 20	- 130	-	-	-	-

Tiếp theo bảng 17

Đường kính danh nghĩa của ren	Bước ren p, mm	Miền dung sai							
		4j _k				2m			
		Đường kính của ren							
		d		d ₂		d		d ₂	
		Sai lệch giới hạn, μm							
d, mm		es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	- 24	- 174	+ 51	- 9	- 24	- 174	+ 62	+ 24
> 5,6 ÷ 11,2	1	- 26	- 206	+ 60	- 11	- 26	- 206	+ 71	+ 26
	1,25	- 28	- 240	+ 61	- 14	- 28	- 240	+ 75	+ 28
	1,5	- 32	- 268	+ 69	- 16	- 32	- 268	+ 85	+ 32
> 11,2 ÷ 22,4	1,25	- 28	- 240	+ 71	- 14	- 28	- 240	+ 85	+ 28
	1,5	- 32	- 268	+ 74	- 16	- 32	- 268	+ 85	+ 32
	1,75	- 34	- 299	+ 76	- 19	- 34	- 299	+ 94	+ 34
	2	- 38	- 318	+ 78	- 22	- 38	- 318	+ 102	+ 38
	2,5	-	-	-	-	- 42	- 377	+ 110	+ 42
> 22,4 ÷ 45	2	-	-	-	-	- 38	- 318	+ 106	+ 38
	3	-	-	-	-	- 48	- 433	+ 128	+ 48
	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Bảng 18. SAI LỆCH GIỚI HẠN ĐƯỜNG KÍNH REN TRONG, TCVN 2249-93

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	Miền dung sai																		
		3H6H						4H6H						5H6H						
		Đường kính của ren, mm																		
		D	D ₂	D ₁	D	D ₂	D ₁	D	D ₂	D ₁	D	D ₂	D ₁	D	D ₂	D ₁	D	D ₂	D ₁	
Sai lệch giới hạn μm																				
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	
		0	+65	0	+200	0	+80	0	+200	0	+80	0	+200	0	+100	0	+100	0	+200	0
> 5,6 ÷ 11,2	1,25	0	+76	0	+236	0	+95	0	+236	0	+95	0	+236	0	+118	0	+118	0	+236	0
		0	+80	0	+265	0	+100	0	+265	0	+100	0	+265	0	+125	0	+125	0	+265	0
	1,5	0	+90	0	+300	0	+112	0	+300	0	+112	0	+300	0	+140	0	+140	0	+300	0
> 11,2 ÷ 22,4	1,25	0	+90	0	+265	0	+112	0	+265	0	+112	0	+265	0	+140	0	+140	0	+265	0
	1,5	0	+95	0	+300	0	+118	0	+300	0	+118	0	+300	0	+150	0	+150	0	+300	0
	1,75	0	+102	0	+335	0	+125	0	+335	0	+125	0	+335	0	+160	0	+160	0	+335	0
	2	0	+109	0	+375	0	+132	0	+375	0	+132	0	+375	0	+170	0	+170	0	+375	0
	2,5	0	+116	0	+450	0	+140	0	+450	0	+140	0	+450	0	+180	0	+180	0	+450	0
> 22,4 ÷ 45	2	0	+116	0	+375	0	+140	0	+375	0	+140	0	+375	0	+180	0	+180	0	+375	0
	3	0	+136	0	+500	0	+170	0	+500	0	+170	0	+500	0	+212	0	+212	0	+500	0
	3,5				+560	0	+180	0	+560	0	+180	0	+560	0	+224	0	+224	0	+560	0
	4					0		0		0		0		0	+236	0	+236	0	+600	0
	4,5					0		0		0		0		0	+250	0	+250	0	+670	0

Bảng 19. SAI LỆCH GIỚI HẠN ĐỐI VỚI LẮP GHÉP $\frac{2HSD}{2r}$; $\frac{2HSC}{2r}$

TCVN 2250-93

		Ren ngoài				Ren trong					
Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	d		d ₂		D		D ₁			
		es	ei	es	ei	ES	EI	ES	EI		
Đường kính của ren											
Sai lệch giới hạn, μm											
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	-60	-210	+109	+71	0	0	+50	0	+250	+90
> 5,6 ÷ 11,2	1	-60	-240	+125	+80	0	0	+60	0	+280	+90
	1,5	-63	-275	+133	+85	0	0	+63	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+148	+95	0	0	+71	0	+376	+140
> 11,2 ÷ 22,4	1,25	-63	-275	+138	+85	0	0	+71	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+151	+95	0	0	+75	0	+376	+140
	1,75	-145	-410	+165	+105	0	0	+80	0	+410	+145
	2	-150	-430	+173	+110	0	0	+85	0	+450	+150
	2,5	-160	-505	+197	+130	0	0	+90	0	+515	+160
> 22,4 ÷ 45	2	-150	-430	+177	+110	0	0	+90	0	+450	+150
	3	-170	-545	+220	+140	0	0	+106	0	+570	+170

Bảng 20. SAI LỆCH GIỚI HẠN ĐỐI VỚI LẮP GHEP
 $\frac{2HSD(2)}{3p(2)}$; $\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$

TCVN 2250-93

		Ren ngoài				Ren trong					
Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren P, mm	Đường kính của ren									
		d	d ₂	D	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂		
Sai lệch giới hạn μm											
		es	ei	es	ei	ei	EI	ES	EI	EI	
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	-60	-210	+90	-	+48	0	+50	0	+250	+90
	1	-60	-240	+109	+81	+53	0	+60	0	+280	+90
> 5,6 ÷ 11,2	1,25	-63	-275	+116	+86	+56	0	+63	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+130	+96	+63	0	+71	0	+376	+140
> 11,2 ÷ 22,4	1,25	-63	-275	+123	+89	+56	0	+71	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+134	+98	+63	0	+75	0	+376	+140
	1,75	-145	-410	+142	+104	+67	0	+80	0	+410	+145
	2	-150	-430	+155	+115	+75	0	+85	0	+450	+150
	2,5	-160	-505	+170	+127	+85	0	+90	0	+515	+160
> 22,4 ÷ 45	2	-150	-430	+160	+117	+75	0	+90	0	+450	+150
	3	-170	-545	+195	+145	+95	0	+106	0	+570	+170

Bảng 21. SAI LỆCH GIỚI HẠN ĐỐI VỚI LÁP GHÉP $\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$; $\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$

TCVN 2249-93

		Ren ngoài				Ren trong								
		Đường kính của ren												
Đường kính danh nghĩa của ren d, mm	Bước ren p, mm	d ₂		D		D ₂		D ₁						
		es	ei	es	ei	es	ei	es	ei					
Sai lệch giới hạn μm														
		Giới hạn nhóm		ei	ES	Giới hạn nhóm		EI	ES					
		II, I	III, II			II, I	II, III							
> 2,8 ÷ 5,6	0,8	-60	-210	+82	+66	+50	+34	0	+50	+33	+16	0	+250	+90
	1	-60	-240	+94	+75	+56	+38	0	+60	+40	+20	0	+280	+90
> 5,6 ÷ 11,2	1,25	-63	-275	+102	+82	+62	+42	0	+63	+42	+21	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+112	+89	+67	+45	0	+71	+47	+23	0	+376	+140
	1,25	-63	-275	+109	+86	+64	+42	0	+71	+47	+23	0	+307	+95
	1,5	-140	-376	+116	+91	+68	+45	0	+75	+50	+25	0	+376	+140
> 11,2 ÷ 22,4	1,75	-145	-410	+125	+100	+75	+50	0	+80	+54	+27	0	+410	+145
	2	-150	-430	+134	+106	+79	+53	0	+85	+56	+28	0	+450	+150
	2,5	-160	-505	+147	+119	+91	+63	0	+90	+60	+30	0	+515	+160
	2	-150	-430	+139	+100	+81	+53	0	+90	+60	+30	0	+450	+150
> 22,4 ÷ 45	3	-170	-545	+170	+137	+104	+71	0	+106	+70	+35	0	+570	+170

Bảng 22. GIÁ TRỊ SAI LỆCH CƠ BẢN (REN HÌNH THANG)

Bước ren p, mm	Vít				Đai ốc		
	Đường kính trung bình (d_2)			Đường kính ngoài, trong (d, d_3)		Đường kính ngoài D trung bình D_2 trong D_1	
	es			es		EI	
	c	e	g	h		H	
	μm						
2	-150	-71	-38	0		0	
3	-170	-85	-48	0		0	
4	-190	-95	-60	0		0	
5	-212	-106	-71	0		0	
6	-236	-118	-80	0		0	
8	-265	-132	-85	0		0	
10	-300	-150	-96	0		0	
12	-335	-170	-115	0		0	
16	-375	-190	-130	0		0	
20	-425	-212	-145	0		0	
24	-475	-236	-165	0		0	
32	-530	-265	-195	0		0	

Bảng 23. DUNG SAI ĐƯỜNG KÍNH TRUNG BÌNH (REN HÌNH THANG)

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm		Bước ren p mm	Vít				Đai ốc		
			Đường kính trung bình				Đường kính trung bình		
Trên		Đền	Cấp chính xác						
			7	8	9	10	7	8	9
			Dung sai $Td_2, \mu m$				Dung sai $TD_2, \mu m$		
9,9	11,2	2	190	236	300	375	250	315	400
		3	212	265	335	425	280	355	450
11,2	22,4	2	200	250	315	400	265	335	425
		3	224	280	355	450	300	375	475
		4	265	335	425	530	355	450	560
22,4	45	2	212	265	335	425	210	355	450
		3	250	315	400	500	335	425	530
		5	300	375	475	600	400	500	630
		6	335	425	530	670	450	560	710
		8	375	475	600	750	500	630	800
		10	400	500	630	800	530	670	850
45	90	12	425	530	670	850	560	710	900
		3	265	335	425	530	355	450	560
		4	300	375	475	600	400	500	630
		5	335	425	530	670	450	560	710
		8	400	500	630	800	530	670	850
		10	425	530	670	850	560	710	900
		12	475	600	750	950	630	800	1000
		16	530	670	850	1060	710	900	1120
20	560	710	900	1120	750	950	1180		

Bảng 24. DUNG SAI ĐƯỜNG KÍNH TRONG CỦA VÍT (REN HÌNH THANG)

Đường kính danh nghĩa của ren d, mm		Bước ren p mm	Vít			
			Đường kính trong			
Trên		Đến	Cấp chính xác			
			7	8	9	10
		Dung sai T_{d3} , μm				
9,9	11,2	2	310	440	520	620
		3	350	500	590	700
11,2	22,4	2	320	460	540	650
		3	370	520	610	730
		4	430	610	720	860
22,4	45	2	340	480	570	680
		3	400	570	670	800
		5	480	680	810	960
		6	540	770	900	1090
		8	600	860	1020	1220
		10	650	920	1090	1300
45	90	12	690	1000	1190	1400
		3	420	590	700	840
		4	470	660	780	940
		5	530	740	880	1070
		8	630	890	1050	1260
		10	680	960	1140	1360
		12	750	1080	1270	1520
		16	850	1210	1440	1600
20	910	1320	1550	1820		

Chú thích : Dung sai T_{d3} đối với cấp chính xác 7 được tính từ sai lệch cơ bản "e", còn đối với các cấp chính xác khác từ sai lệch cơ bản "c".

Bảng 25. DUNG SAI ĐƯỜNG KÍNH NGOÀI VÍT VÀ ĐƯỜNG KÍNH TRONG ĐAI ỐC (REN HÌNH THANG)

Bước ren p, mm	Vít		Đai ốc
	Đường kính ngoài		Đường kính trong
	Cấp chính xác		
	4		4
		Dung sai T_d , μm	Dung sai T_{D1} , μm
2		180	236
3		236	315
4		300	375
5		335	450
6		375	500
8		450	630
10		530	710
12		600	800
16		710	1000
20		850	1180
24		950	1320
32		1120	1600

PHỤ LỤC 5. Dung sai truyền động bánh răng

Bảng 26. MỨC CHÍNH XÁC ĐỘNG HỌC (CÁC CHỈ TIÊU F'_{ir} , F_{rr} , F_{vwr} , F_{cr} , F''_{ir})

Cấp chính xác	Kí hiệu	Mô đun m, mm	Đường kính chia d, mm							
			Đến 125	> 125 ÷ 400	> 400 ÷ 800	> 800 ÷ 1600	> 1600 ÷ 2500	> 2500 ÷ 4000	> 4000 ÷ 6300	
			μm							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	F'_i	Từ 1 ÷ 16	$F_p + f_f$							
	F_r	Từ 1 ÷ 3,5	16	22	28	32	36			
		> 3,5 ÷ 6,3	18	25	32	36	40	45		
		> 6,3 ÷ 10	20	28	36	40	45	50	56	
		> 10 ÷ 16		32	40	45	50	56	63	
	F_{vw}	Từ 1 ÷ 16	10	18	28	45				
F''_i	Từ 1 ÷ 3,5	22	32	40	45					
	> 3,5 ÷ 6,3	25	36	45	50					
	> 6,3 ÷ 10	28	40	50	56					
	> 10 ÷ 16	-	45	56	63					
F_c	Từ 1 ÷ 16	10	18	28	45	70	90	140		
6	F'_i	Từ 1 ÷ 16	$F_p + f_f$							
	F_r	Từ 1 ÷ 3,5	25	36	45	50	56	-	-	
		> 3,5 ÷ 6,3	28	40	50	56	63	71	-	
		> 6,3 ÷ 10	32	45	56	63	71	80	90	
		> 10 ÷ 16	-	50	63	71	80	90	100	
	F_{vw}	Từ 1 ÷ 16	16	28	45	70				
F''_i	Từ 1 ÷ 3,5	36	50	63	71					
	> 3,5 ÷ 6,3	40	56	71	80					
	> 6,3 ÷ 10	45	63	80	90					
	> 10 ÷ 16		71	90	100					
F_c	Từ 1 ÷ 16	16	28	45	70	110	140	220		
7	F'_i	Từ 1 ÷ 25	$F_p + f_f$							
	F_r	Từ 1 ÷ 3,5	36	50	63	71	80	-	-	
		> 3,5 ÷ 6,3	40	56	71	80	90	110	-	
		> 6,3 ÷ 10	45	63	80	90	100	112	125	
		> 10 ÷ 16	-	71	90	100	112	125	140	
		> 16 ÷ 25	-	80	100	112	125	140	160	
F_{vw}	Từ 1 ÷ 25	22	40	60	100					
F''_i	Từ 1 ÷ 3,5	50	71	90	100					
	> 3,5 ÷ 6,3	56	80	100	112					
	> 6,3 ÷ 10	65	90	112	125					
	> 10 ÷ 16	-	100	125	140					
F_c	Từ 1 ÷ 25	22	40	60	100	160	200	300		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
8	F'_i	Từ 1 ÷ 25	$F_p + f_r$								
	F_r	Từ 1 ÷ 3,5	45	63	80	90	100				
		> 3,5 ÷ 6,3	50	71	90	100	112	125			
		> 6,3 ÷ 10	56	80	100	112	125	140	160		
		> 10 ÷ 16	—	90	112	125	140	160	180	200	
		> 16 ÷ 25	—	100	125	140	160	180	200	250	
F'_i	Từ 1 ÷ 3,5	63	90	112	125						
F_{vw}	> 3,5 ÷ 6,3	71	100	125	140						
	> 6,3 ÷ 10	80	112	140	160						
	> 10 ÷ 16	—	125	160	180						
	F_c	Từ 1 ÷ 40	28	50	80	120					
	F_c	Từ 1 ÷ 40	28	50	80	120	200	250	400		
9	F_r	Từ 1 ÷ 3,5	71	80	100	112	125				
		> 3,5 ÷ 6,3	80	100	112	125	140	160			
		> 6,3 ÷ 10	90	112	125	140	160	180	200		
		> 10 ÷ 16	—	125	160	160	180	200	224	250	
		> 16 ÷ 25	—	160	200	200	224	224	250	315	
	> 25 ÷ 40	—	—	250	250	280	280	315	400		
F'_i	Từ 1 ÷ 3,5	90	112	140	160						
F_{vw}	> 3,5 ÷ 6,3	112	140	160	180						
	> 6,3 ÷ 10	125	160	180	200						
	> 10 ÷ 16	180	224	224							
	Chú thích : Các kí hiệu được dùng F'_i – dung sai sai số động học của bánh răng F_r – dung sai độ đảo hướng tâm của vành răng F_c – dung sai sai số lăn F'_i – dung sai độ dao động khoảng cách trục đo sau một vòng quay của bánh răng F_{vw} – dung sai độ dao động khoảng pháp tuyến chung.										

Bảng 27. MỨC CHÍNH XÁC ĐỘNG HỌC (CHỈ TIÊU F_{pk} VÀ F_{pr})

Cấp chính xác	Kí hiệu	Mô đun m mm	Đối với F_{pk} – chiều dài cung vòng chia L. mm								
			Trên 11,2	Trên 20	Trên 32	Trên 50	Trên 80	Trên 160	Trên 315	Trên 630	Trên 1000
			đến 20	đến 32	đến 50	đến 80	đến 160	đến 315	đến 630	đến 1000	đến 1600
			Đối với F_p – đường kính chia, mm								
			Đến 12,7	Trên 12,7	Trên 20,4	Trên 31,8	Trên 50,9	Trên 101,8	Trên 200,5	Trên 401,1	Trên 636,6
				đến 20,4	đến 31,8	đến 50,9	đến 101,8	đến 200,5	đến 401,1	đến 636,6	đến 1019
			µm								
3	F_{pk} hoặc F_p	Từ 1 ÷ 10	4	5	5,5	6	8	11	16	20	25
4		Từ 1 ÷ 10	6	8	9	10	12	18	25	32	40
5		Từ 1 ÷ 16	10	12	14	16	20	28	40	50	63
6		Từ 1 ÷ 16	16	20	22	25	32	45	63	80	100
7		Từ 1 ÷ 25	22	28	32	36	45	63	90	112	140
8	Từ 1 ÷ 25	32	40	45	50	63	90	125	160	200	
Chú thích : F_{pk} – Dung sai sai số tích lũy k bước răng F_p – Dung sai sai số tích lũy bước răng Khi không có các yêu cầu đặc biệt, F_{pk} được dùng cho chiều dài cung vòng chia tương ứng với 1/6 số răng bánh răng (hoặc cung ứng với số răng nguyên lớn hơn gần nhất.											

Bảng 28. MỨC LÀM VIỆC ÊM
(CÁC CHỈ TIÊU f_{ir}' , f_{ptr} , f_{pbr} , f_{fr} , f_{ir}'')

Cấp chính xác	Ký hiệu	(Môđun m mm)	Đường kính chia d, mm						
			Đến 125	> 125 ÷ 400	> 400 ÷ 800	> 800 ÷ 1600	> 1600 ÷ 2500	> 2500 ÷ 4000	> 4000 ÷ 6300
			μm						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	f_i'	Từ 1 ÷ 3,5	12	14	18	20	25	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	16	18	20	22	28	36	
		> 6,3 ÷ 10	18	20	22	25	32	40	50
		> 10 ÷ 16	-	22	25	28	36	45	56
	f_{pt}	Từ 1 ÷ 3,5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 8	± 9	± 9	± 10	± 11	± 13	-
		> 6,3 ÷ 10	± 9	± 10	± 11	± 11	± 13	± 14	± 16
		> 10 ÷ 16	-	± 11	± 13	± 13	± 14	± 16	± 18
	f_{pb}	Từ 1 ÷ 3,5	± 5,6	± 6,7	± 7,5	± 8,5	± 9,5	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 7,5	± 8,5	± 8,5	± 9,5	± 10	± 12	-
> 6,3 ÷ 10		± 8,5	± 9,5	± 10	± 10	± 12	± 13	± 14	
> 10 ÷ 16		-	± 10	± 12	± 12	± 13	± 15	± 16	
f_f	Từ 1 ÷ 3,5	6	7	9	11	16	-	-	
	> 3,5 ÷ 6,3	7	8	10	13	17	22	-	
	> 6,3 ÷ 10	8	9	11	14	18	24	34	
	> 10 ÷ 16	-	11	13	15	20	25	36	
f_{ir}''	Từ 1 ÷ 3,5	10	11	13	14				
	> 3,5 ÷ 6,3	13	14	14	16				
	> 6,3 ÷ 10	14	16	16	18				
	> 10 ÷ 16		18	20	20				
6	f_i'	Từ 1 ÷ 3,5	18	20	25	32	40	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	22	25	28	36	45	56	-
		> 6,3 ÷ 10	28	30	32	40	50	60	80
		> 10 ÷ 16	-	36	40	45	56	63	90
	f_{pt}	Từ 1 ÷ 3,5	± 10	± 11	± 13	± 14	± 16	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 13	± 14	± 14	± 16	± 18	± 20	-
		> 6,3 ÷ 10	± 14	± 16	± 18	± 18	± 20	± 22	± 25
		> 10 ÷ 16		± 18	± 20	± 20	± 22	± 25	± 28
	f_{pb}	Từ 1 ÷ 3,5	± 9,5	± 10	± 12	± 13	± 15	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 12	± 13	± 13	± 15	± 17	± 19	-
> 6,3 ÷ 10		± 13	± 15	± 17	± 17	± 19	± 21	± 24	
> 10 ÷ 16		-	± 17	± 19	± 19	± 21	± 24	± 26	
f_f	Từ 1 ÷ 3,5	8	9	12	17	24	-	-	
	> 3,5 ÷ 6,3	10	11	16	18	25	34	-	
	> 6,3 ÷ 10	12	13	16	20	28	36	53	
	> 10 ÷ 16	-	16	18	22	30	38	56	
f_{ir}''	Từ 1 ÷ 3,5	14	16	18	20				
	> 3,5 ÷ 6,3	18	20	20	22				
	> 6,3 ÷ 10	20	22	22	25				
	> 10 ÷ 16	-	25	28	28				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	f_i'	Từ 1 ÷ 3,5	25	30	36	40	56	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	32	36	40	50	63	80	-
		> 6,3 ÷ 10	36	40	50	56	71	90	112
		> 10 ÷ 16	-	50	56	63	80	100	125
		> 16 ÷ 25	-	63	71	80	90	112	140
	f_{pt}	Từ 1 ÷ 3,5	± 14	± 16	± 18	± 20	± 22	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 18	± 20	± 20	± 22	± 25	± 28	-
		> 6,3 ÷ 10	± 20	± 22	± 25	± 25	± 28	± 32	± 36
		> 10 ÷ 16	-	± 25	± 28	± 28	± 32	± 36	± 40
		> 16 ÷ 25	-	± 32	± 36	± 36	± 40	± 40	± 45
	f_{pb}	Từ 1 ÷ 3,5	± 13	± 15	± 17	± 19	± 21	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 17	± 19	± 19	± 21	± 24	± 26	-
		> 6,3 ÷ 10	± 19	± 21	± 24	± 24	± 26	± 30	± 34
		> 10 ÷ 16	-	± 24	± 26	± 26	± 30	± 34	± 38
		> 16 ÷ 25	-	± 30	± 34	± 34	± 38	± 38	± 42
	f_f	Từ 1 ÷ 3,5	11	13	17	24	36	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	14	16	20	28	38	53	-
		> 6,3 ÷ 10	17	19	24	30	40	56	80
		> 10 ÷ 16	-	22	26	34	45	60	85
		> 16 ÷ 25	-	30	36	42	53	67	95
f_i''	Từ 1 ÷ 3,5	20	22	25	28				
	> 3,5 ÷ 6,3	25	28	28	32				
	> 6,3 ÷ 10	28	32	32	36				
	> 10 ÷ 16	-	36	40	40				
8	f_i'	Từ 1 ÷ 3,5	36	40	50	63	80	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	45	50	56	71	90	125	-
		> 6,3 ÷ 10	50	60	71	80	100	140	160
		> 10 ÷ 16	-	71	80	90	112	140	200
		> 16 ÷ 25	-	90	100	112	140	160	224
	f_{pt}	Từ 1 ÷ 3,5	± 20	± 22	± 25	± 28	± 32	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 25	± 28	± 28	± 32	± 36	± 40	-
		> 6,3 ÷ 10	± 28	± 32	± 36	± 36	± 40	± 45	± 50
		> 10 ÷ 16	-	± 36	± 40	± 40	± 45	± 50	± 56
		> 16 ÷ 25	-	± 45	± 50	± 50	± 56	± 56	± 63
	f_{pb}	Từ 1 ÷ 3,5	± 19	± 21	± 21	± 26	± 30	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 24	± 26	± 26	± 30	± 34	± 38	-
		> 6,3 ÷ 10	± 26	± 30	± 34	± 34	± 38	± 42	± 48
		> 10 ÷ 16	-	± 34	± 38	± 38	± 42	± 48	± 55
		> 16 ÷ 25	-	± 42	± 48	± 48	± 53	± 53	± 60
	f_f	Từ 1 ÷ 3,5	14	18	25	36	50	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	20	22	28	40	56	80	-
		> 6,3 ÷ 10	20	28	36	45	63	85	125
		> 10 ÷ 16	-	32	40	50	71	90	130
		> 16 ÷ 25	-	45	56	63	80	100	150
f_i''	Từ 1 ÷ 3,5	28	32	36	40				
	> 3,5 ÷ 6,3	36	40	40	45				
	> 6,3 ÷ 10	40	45	45	50				
	> 10 ÷ 16		50	56	56				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	f_{pt}	Từ 1 ÷ 3,5	± 28	± 32	± 36	± 40	± 45	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 36	± 40	± 40	± 45	± 50	± 56	-
		> 6,3 ÷ 10	± 40	± 45	± 50	± 50	± 56	± 63	± 71
		> 10 ÷ 16	-	± 50	± 56	± 56	± 63	± 71	± 80
		> 16 ÷ 25	-	± 63	± 71	± 71	± 80	± 80	± 90
		> 25 ÷ 40	-	-	± 90	± 90	± 100	± 100	± 112
		> 40 ÷ 55	-	-	± 112	± 125	± 125	± 140	± 140
	f_{pb}	Từ 1 ÷ 3,5	± 26	± 30	± 34	± 38	± 42	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	± 34	± 38	± 38	± 42	± 48	± 53	-
		> 6,3 ÷ 10	± 38	± 42	± 48	± 45	± 53	± 60	± 67
		> 10 ÷ 16	-	± 48	± 53	± 50	± 60	± 67	± 75
		> 16 ÷ 25	-	± 60	± 67	± 67	± 75	± 74	± 85
		> 25 ÷ 40	-	-	± 85	± 85	± 95	± 95	± 106
		> 40 ÷ 55	-	-	± 106	± 118	± 118	± 132	± 132
	f_i''	Từ 1 ÷ 3,5	38	40	45	50			
		> 3,5 ÷ 6,3	45	50	50	56			
		> 6,3 ÷ 10	50	56	56	63			
		> 10 ÷ 16	-	63	71	71			

Chú thích :

Các kí hiệu được dùng

f_i - dung sai sai số động học cục bộ của bánh răng

$\pm f_{pb}$ - sai lệch giới hạn bước ăn khớp

$\pm f_{pt}$ - sai lệch giới hạn bước răng

f_f - dung sai sai số prôphin răng

f_i'' - dung sai độ dao động khoảng cách trục đo sau một răng

Bảng 29. MỨC TIẾP XÚC CỦA CÁC RĂNG
(CÁC CHỈ TIÊU F_{pxnr} , F_{kr} , $F_{\beta r}$, f_{xr} , f_{yr})

Cấp chính xác	Kí hiệu	Môđun m (mm)	Đường kính chia d, mm							
			Đến 40	> 40 ÷ 100	> 100 ÷ 160	> 160 ÷ 250	> 250 ÷ 400	> 400 ÷ 630	> 630 ÷ 1000	> 1000 ÷ 1250
			μm							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	F_{pxn}	Từ 1 ÷ 10	± 11	± 12	± 14	± 16	± 20	± 25	± 32	± 45
	F_k	Từ 1 ÷ 3,5	14	16	16	18	20	-	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	16	18	20	20	25	28	-	-
		> 6,3 ÷ 10	20	20	22	22	25	30	36	45
		> 10 ÷ 16	-	25	25	28	36	36	40	50
	F_{β}	Từ 1 ÷ 16	7	10	12	16	18	22	25	30
f_x	Từ 1 ÷ 16	7	10	12	16	18	22	25	30	
f_y	Từ 1 ÷ 16	4	5	6,3	8	9	11	12	16	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	F_{pxn}	Từ 1 ÷ 10	± 12	± 14	± 16	± 20	± 25	± 30	± 40	± 50
	F_k	Từ 1 ÷ 3,5	18	20	22	25	28	-	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	20	22	25	25	30	36	-	-
		> 6,3 ÷ 10	25	25	28	30	32	40	45	56
		> 10 ÷ 16		30	32	36	40	45	50	60
	F_β	Từ 1 ÷ 16	9	12	16	20	25	28	32	40
f_x	Từ 1 ÷ 16	9	12	16	20	25	28	32	40	
f_y	Từ 1 ÷ 16	4,5	6,3	8	10	12	14	16	20	
7	F_{pxn}	Từ 1 ÷ 25	± 16	± 18	± 20	± 25	± 32	± 40	± 50	± 63
	F_k	Từ 1 ÷ 3,5	22	25	28	30	32	-	-	-
		> 3,5 ÷ 6,3	25	28	30	32	36	45	-	-
		> 6,3 ÷ 10	30	32	36	40	45	50	56	71
		> 10 ÷ 16	-	40	40	45	50	56	63	80
		> 16 ÷ 25	-	50	50	56	60	63	71	90
F_β	Từ 1 ÷ 25	11	16	20	25	28	32	40	50	
f_x	Từ 1 ÷ 25	11	16	20	25	28	32	40	50	
f_y	Từ 1 ÷ 25	5,6	8	10	12	14	16	20	25	
8	F_{pxn}	Từ 1 ÷ 40	± 25	± 28	± 32	± 40	± 45	± 60		
	F_k	Từ 1 ÷ 3,5	36	40	40	45	50			
		> 3,5 ÷ 6,3	40	45	50	50	56	71		
		> 6,3 ÷ 10	45	50	56	60	63	80		
		> 10 ÷ 16	-	60	63	71	80	90		
		> 16 ÷ 25	-	80	80	90	90	100		
> 25 ÷ 40	-	-	112	112	125	125				
F_β	Từ 1 ÷ 40	18	25	32	40	45	56			
f_x	Từ 1 ÷ 40	18	25	32	40	45	56			
f_y	Từ 1 ÷ 55	9	12	16	20	22	28			
9	F_{pxn}	Từ 1 ÷ 55	± 40	± 45	± 50	± 60	± 71	± 90		
	F_k	Từ 1 ÷ 3,5	56	60	60	71	80			
		> 3,5 ÷ 6,3	63	71	80	80	90	112		
		> 6,3 ÷ 10	80	80	90	90	100	125		
		> 10 ÷ 16	-	100	100	112	125	140		
		> 16 ÷ 25	-	125	125	140	140	160		
> 25 ÷ 40		-	-	180	180	180	200			
> 40 ÷ 55	-	-	-	224	250	250				
F_β	Từ 1 ÷ 55	28	40	50	63	71	90			
f_x	Từ 1 ÷ 55	28	40	50	63	71	90			
f_y	Từ 1 ÷ 55	14	20	25	30	36	45			

Chú thích : Các kí hiệu được dùng :

F_{pxn} - sai lệch giới hạn của bước dọc theo pháp tuyến ;

F_k - dung sai sai số tổng của đường tiếp xúc ;

F_β - dung sai hướng răng ;

f_x - dung sai độ không song song của các trục ;

f_y - dung sai độ xiên của trục.

**Bảng 30. MỨC TIẾP XÚC CỦA RĂNG TRONG BỘ TRUYỀN
(VẾT TIẾP XÚC TỔNG)**

Cấp chính xác	Kích thước tương đối của vết tiếp xúc tổng (%)	
	Theo chiều cao răng không nhỏ hơn	Theo chiều dài răng không nhỏ hơn
3	65	95
4	60	90
5	55	80
6	50	70
7	45	60
8	40	50
9	30	40
10	25	30
11	20	25

Chú thích : đối với bộ truyền có cấp chính xác 7 ÷ 11 với bánh răng lớn có số răng không bằng số răng của bánh răng nhỏ và bội số răng của bánh răng nhỏ, cho phép giảm kích thước tương đối của vết tiếp xúc tức thời của răng. Các kích thước giới hạn tương đối của vết tiếp xúc tức thời của răng trong trường hợp này không được nhỏ hơn 75% các kích thước giới hạn tương đối của vết tiếp xúc tổng.

Bảng 31. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG (CHỈ TIÊU J_{nmin} , f_{ar})

Dạng đối tiếp	Cấp sai lệch khoảng cách trục*	Kí hiệu	Khoảng cách trục a_w , mm										
			Đến 80	> 80 ÷ 125	> 125 ÷ 180	> 180 ÷ 250	> 250 ÷ 315	> 315 ÷ 400	> 400 ÷ 500	> 500 ÷ 630	> 630 ÷ 800	> 800 ÷ 1000	> 1000 ÷ 1250
			μm										
H	II	J_{nmin}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	II		30	35	40	46	52	57	63	70	80	90	105
D	III		46	54	63	72	81	89	97	110	125	140	165
C	IV		74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260
B	V		120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420
A	VI		190	220	250	290	320	360	400	440	500	560	660
H, E	I	f_{ar}	± 10	± 11	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20	± 22	± 25	± 28	± 35
	II		± 16	± 18	± 20	± 22	± 25	± 28	± 30	± 35	± 40	± 45	± 50
D	III		± 25	± 28	± 30	± 35	± 40	± 45	± 50	± 55	± 60	± 70	± 80
C	IV		± 35	± 45	± 50	± 55	± 60	± 70	± 80	± 90	± 100	± 110	± 140
B	V		± 60	± 70	± 80	± 90	± 100	± 110	± 120	± 140	± 160	± 180	± 220
A	VI		± 100	± 110	± 120	± 140	± 160	± 180	± 200	± 220	± 250	± 280	± 350

Chú thích : * Cấp sai lệch khoảng cách trục dùng khi thay đổi sự tương ứng giữa dạng đối tiếp và cấp sai lệch khoảng cách trục.

J_{nmin} - khe hở cạnh răng cần thiết

± f_{ar} - sai lệch giới hạn khoảng cách trục

**Bảng 32. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG (CHỈ TIÊU (E_{He})
ĐỐI VỚI ĂN KHỚP NGOÀI VÀ ($+ E_{Hi}$) ĐỐI VỚI ĂN KHỚP TRONG)**

Dạng đối tiếp	Cấp chính xác mức làm việc êm	Đường kính chia d, mm										
		Đến 80	> 80 ÷ 125	> 125 ÷ 180	> 180 ÷ 250	> 250 ÷ 315	> 315 ÷ 400	> 400 ÷ 500	> 500 ÷ 630	> 630 ÷ 800	> 800 ÷ 1000	> 1000 ÷ 1250
		μm										
H	3 – 6	12	14	16	18	20	22	25	28	30	40	45
	7	14	16	18	20	22	25	28	30	35	45	50
E	3 – 6	30	35	40	46	52	57	63	70	80	90	105
	7	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120
D	3 – 6	46	54	63	72	81	89	97	110	125	140	165
	7	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180
	8	55	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
C	3 – 6	74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260
	7	80	100	110	120	140	160	180	200	220	250	280
	8	90	110	120	140	160	180	200	220	250	280	300
	9	100	120	140	160	180	200	220	250	280	300	350
B	3 – 6	120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420
	7	140	160	180	200	250	250	280	300	350	400	450
	8	140	160	200	220	250	280	300	350	400	450	500
	9	160	180	200	250	280	300	350	400	400	450	550
	10	160	200	220	250	300	350	350	400	450	500	600
	11	180	220	250	280	300	350	400	450	500	550	600
A	3 – 6	190	220	250	290	320	360	400	410	500	550	660
	7	200	250	280	300	350	400	450	500	550	600	700
	8	220	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800
	9	250	280	350	400	400	500	500	600	700	800	900
	10	280	300	350	400	450	500	600	600	700	800	900
	11	280	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
	12	300	350	450	500	500	600	700	700	800	900	1000

Chú thích : Các kí hiệu được dùng :

E_{He} – lượng dịch chuyển phụ nhỏ nhất của profin gốc đối với bánh răng ngoài (có dấu âm)

E_{Hi} – lượng dịch chuyển phụ nhỏ nhất của profin gốc đối với bánh răng trong (có dấu dương).

**Bảng 33. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG
(T_H – dung sai lượng dịch chuyển profin gốc)**

Dạng đối tiếp	Loại dung sai *	Dung sai độ đảo hướng tâm vành răng F_r											
		16 ÷ 20	> 20 ÷ 25	> 25 ÷ 32	> 32 ÷ 40	> 40 ÷ 50	> 50 ÷ 60	> 60 ÷ 80	> 80 ÷ 100	> 100 ÷ 125	> 125 ÷ 160	> 160 ÷ 200	> 200 ÷ 250
H, E	h	40	45	55	60	70	80	110	120	160	200	250	300
D	d	55	60	70	80	90	100	140	160	200	260	300	350
C	c	70	80	90	100	120	140	180	200	250	300	400	500
B	b	80	90	100	120	140	180	200	250	300	400	500	600
A	a	100	110	140	160	180	200	250	300	350	450	550	700
	z	120	140	160	180	220	250	300	350	450	550	700	900
	y	160	180	200	250	280	350	400	500	600	700	900	1100
	x	200	220	250	300	350	400	500	600	700	900	1100	1400

Chú thích :

* loại dung sai được dùng khi thay đổi sự tương ứng giữa dạng đối tiếp và loại dung sai

F_r – trị số được quy định tương ứng với mức chính xác động học theo bảng 26.

Bảng 34. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG

(CHỈ TIÊU (-E_{wme}) HOẶC (+E_{wmi}) THÀNH PHẦN I VÀ (-E_{wc}) HOẶC (+E_{wi}))

Dạng đối tiếp	Cấp chính xác mức làm việc êm	Đường kính chia d, mm									
		Đến 80	> 80 ÷ 125	> 125 ÷ 180	> 180 ÷ 250	> 250 ÷ 315	> 315 ÷ 400	> 400 ÷ 500	> 500 ÷ 630	> 630 ÷ 800	> 800 ÷ 1000
		μm									
H	3-6	8	10	11	12	14	16	18	20	22	25
	7	10	10	12	14	16	18	20	22	25	28
E	3-6	20	24	28	30	35	40	45	50	55	60
	7	25	30	30	35	40	45	50	55	60	70
D	3-6	30	35	40	50	55	60	70	70	90	100
	7	35	40	50	55	60	70	70	80	100	110
	8	40	50	50	60	70	70	80	90	110	120
C	3-6	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160
	7	55	70	70	80	100	110	120	140	140	160
	8	60	80	80	100	110	120	140	140	160	200
	9	70	80	100	110	120	140	140	160	200	200
B	3-6	80	100	110	120	140	160	180	200	220	250
	7	100	110	120	140	180	180	200	200	250	280
	8	100	110	140	140	180	200	200	250	280	300
	9	110	120	140	160	200	200	250	280	300	300
	10	110	140	160	180	200	250	250	280	350	350
	11	120	160	180	200	200	250	280	280	350	350
A	3-6	120	140	180	200	220	250	280	300	350	400
	7	140	180	200	200	250	280	300	350	350	400
	8	160	200	200	250	280	300	350	350	400	500
	9	180	200	250	280	280	350	350	400	500	550
	10	200	200	250	280	300	350	400	400	500	550
	11	200	250	280	300	350	350	400	500	550	600
	12	200	250	300	350	350	400	500	500	550	600

Chú thích :

E_{wme} - sai lệch nhỏ nhất của khoảng pháp tuyến chung trung bình (thành phần I) của bánh răng ăn khớp ngoài (có dấu âm)

E_{wc} - sai lệch nhỏ nhất của khoảng pháp tuyến chung của bánh răng ăn khớp ngoài (có dấu âm)

E_{wmi} - sai lệch nhỏ nhất của khoảng pháp tuyến chung trung bình (thành phần I) của bánh răng ăn khớp trong (có dấu dương)

E_{wi} - sai lệch nhỏ nhất của khoảng pháp tuyến chung của bánh răng ăn khớp trong (có dấu dương).

Bảng 35. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG

(CHỈ TIÊU (-E_{wme}) HOẶC (+E_{wmi}), THÀNH PHẦN II, μm)

Dung sai độ đảo hướng tâm vành răng F _r												
> 16 ÷ 20	> 20 ÷ 25	> 25 ÷ 32	> 32 ÷ 40	> 40 ÷ 50	> 50 ÷ 60	> 60 ÷ 80	> 80 ÷ 100	> 100 ÷ 125	> 125 ÷ 160	> 160 ÷ 200	> 200 ÷ 250	> 250 ÷ 320
4	5	7	9	11	14	18	22	25	35	45	55	70

Chú thích : trị số sai lệch nhỏ nhất của khoảng pháp tuyến chung trung bình E_{wme} (E_{wmi}) được xác định bằng tổng của thành phần I (bảng 34) với thành phần II (bảng 35).

Bảng 36. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG
(T_{wm} - DUNG SAI KHOẢNG PHÁP TUYẾN CHUNG TRUNG BÌNH, μm)

Dạng đối tiếp	Loại dung sai*	Dung sai độ đảo hướng tâm vành răng F_r											
		> 16 ÷ 20	> 20 ÷ 25	> 25 ÷ 32	> 32 ÷ 40	> 40 ÷ 50	> 50 ÷ 60	> 60 ÷ 80	> 80 ÷ 100	> 100 ÷ 125	> 125 ÷ 160	> 160 ÷ 200	> 200 ÷ 250
H, E	h	20	20	22	25	25	28	30	40	55	70	80	100
D	d	28	30	35	40	40	40	60	70	80	100	120	240
C	c	40	45	45	50	60	70	90	110	120	140	180	240
B	b	45	50	55	60	70	100	100	120	140	200	250	300
A	a	60	60	80	90	100	110	140	150	180	240	280	350
	z	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	400	500
	y	100	110	120	160	180	220	240	300	350	400	500	600
	x	120	110	160	180	220	240	300	350	400	550	700	800

Bảng 37. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG
(T_w - DUNG SAI KHOẢNG PHÁP TUYẾN CHUNG, μm)

Dạng đối tiếp	Loại dung sai*	Dung sai độ đảo hướng tâm vành răng F_r												
		> 16 ÷ 20	> 20 ÷ 25	> 25 ÷ 32	> 32 ÷ 40	> 40 ÷ 50	> 50 ÷ 60	> 60 ÷ 80	> 80 ÷ 100	> 100 ÷ 125	> 125 ÷ 160	> 160 ÷ 200	> 200 ÷ 250	> 250 ÷ 320
H, E	h	28	30	35	40	50	60	70	80	100	140	160	200	250
D	d	35	40	50	55	60	70	100	100	140	180	200	250	300
C	c	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280	350	400
B	b	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280	350	400	500
A	a	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350	500	600
	z	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350	500	600	800
	y	110	120	140	180	200	250	280	350	400	500	600	800	1000
	x	140	140	180	200	250	280	350	400	500	600	800	1000	1200

Chú thích : * loại dung sai được dùng khi thay đổi sự tương ứng giữa dạng đối tiếp và loại dung sai

F_r - trị số được quy định tương ứng với mức chính xác động học theo bảng 26.

Bảng 38. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG (CHỈ TIÊU – E_{cs})

Dạng đối tiếp	Cấp chính xác mức làm việc êm	Đường kính chia d, mm											
		Đến 80	> 80 ÷ 125	> 125 ÷ 180	> 180 ÷ 250	> 250 ÷ 315	> 315 ÷ 400	> 400 ÷ 500	> 500 ÷ 630	> 630 ÷ 800	> 800 ÷ 1000	> 1000 ÷ 1250	> 1250 ÷ 1600
		μm											
H	3 – 6	9	10	12	14	16	16	18	20	22	30	35	35
	7	10	12	14	14	16	18	18	20	22	30	35	40
E	3 – 6	22	25	30	35	40	40	45	50	60	70	80	90
	7	25	30	35	35	40	45	50	60	70	70	90	100
D	3 – 6	25	40	45	55	60	60	70	80	90	100	120	140
	7	25	45	50	60	70	70	80	90	100	120	140	160
	8	40	50	60	70	70	80	90	100	120	140	140	180
C	3 – 6	55	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	220
	7	60	70	80	90	100	120	140	140	160	180	200	250
	8	70	80	90	100	120	140	140	160	180	200	220	300
	9	70	90	100	120	140	140	140	180	200	220	250	350
B	3 – 6	90	100	120	140	160	160	180	200	220	250	300	350
	7	100	120	140	140	180	180	200	220	250	300	350	400
	8	100	120	140	160	180	200	220	250	300	350	350	450
	9	120	140	160	180	200	220	250	300	300	350	400	500
	10	120	140	180	180	220	250	250	300	350	400	450	500
	11	140	160	180	200	220	250	300	300	350	400	450	600
A	3 – 6	140	160	180	200	250	250	300	300	350	400	500	600
	7	150	180	200	220	250	300	350	350	400	450	500	700
	8	160	200	220	250	300	350	350	400	450	500	600	700
	9	180	200	250	300	300	350	350	450	500	600	700	700
	10	200	220	250	300	350	350	450	450	500	600	700	800
	11	200	240	300	350	350	400	450	500	600	700	700	900
	12	220	250	350	350	350	450	500	500	600	700	800	900

Chú thích : E_{cs} – sai lệch nhỏ nhất của chiều dày răng bánh răng ăn khớp ngoài và trong (có dấu âm).

Bảng 39. MỨC KHE HỖ CẠNH RĂNG (T_c – DUNG SAI CHIỀU DÀY RĂNG, μm)

Dạng đối tiếp	Loại dung sai*	Dung sai độ đảo hướng tâm vành răng F _r											
		> 16 ÷ 20	> 20 ÷ 25	> 25 ÷ 32	> 32 ÷ 40	> 40 ÷ 50	> 50 ÷ 60	> 60 ÷ 80	> 80 ÷ 100	> 100 ÷ 125	> 125 ÷ 160	> 160 ÷ 200	> 200 ÷ 250
H, E	h	30	35	40	45	50	70	70	90	120	140	180	220
D	d	40	45	50	60	70	70	100	120	140	180	220	250
C	c	50	60	70	70	90	100	140	160	180	220	300	350
B	b	60	70	70	90	100	140	140	180	220	300	350	450
A	a	70	80	100	120	140	140	180	220	250	350	400	500
	z	90	100	140	140	160	180	220	250	350	400	500	700
	y	120	140	140	180	200	250	300	350	450	500	700	800
	x	140	160	180	220	250	300	350	450	500	700	800	1000

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ninh Đức Tồn, giáo trình dung sai, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1997
- [2]. Hệ thống ISO về dung sai lắp ghép, tiêu chuẩn Việt Nam, Hà Nội 1999.
- [3]. Nguyễn Đắc Lộc và Các tác giả, Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 1999.
- [4]. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения, машиностроение 1974.
- [5]. Мягкова В.Д, Допуски и посадки, Справочник, часть I и II, Ленинград "Машиностроение" 1978.
- [6]. A. Chevalier, L. Laburte - Metrologie dimensionnelle – fascicule 13
- [7]. Các tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về dung sai lắp ghép.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Đổi lẫn chức năng và vấn đề tiêu chuẩn hóa	
1.1. Bản chất tính đổi lẫn chức năng	4
1.2. Quy định dung sai và tiêu chuẩn hóa	5
1.3. Ý nghĩa của tiêu chuẩn hóa	6
Chương 2. Các khái niệm cơ bản về dung sai và lắp ghép	
2.1. Khái niệm về kích thước, sai lệch giới hạn và dung sai	7
2.2. Khái niệm về lắp ghép	10
2.3. Biểu diễn bằng sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép	12
Chương 3. Sai số gia công các thông số hình học chi tiết	
3.1. Khái niệm về sai số gia công	14
3.2. Sai số gia công kích thước	15
Chương 4. Dung sai lắp ghép bề mặt tròn	
4.1. Quy định dung sai	22
4.2. Quy định lắp ghép	25
4.3. Ghi kí hiệu sai lệch và lắp ghép trên bản vẽ	34
4.4. Dung sai lắp ghép của các chi tiết lắp với ổ lăn	35
4.5. Dung sai lắp ghép then	39
4.6. Dung sai lắp ghép then hoa	40
4.7. Chọn kiểu lắp tiêu chuẩn cho mối ghép khi thiết kế	45
4.8. Dung sai kích thước calíp	66
Chương 5. Dung sai hình dạng, vị trí và nhám bề mặt	
5.1. Dung sai hình dạng và vị trí bề mặt	70
5.2. Nhám bề mặt	77
Chương 6. Dung sai kích thước góc và lắp ghép côn tròn	
6.1. Dung sai kích thước góc	83
6.2. Lắp ghép côn tròn	85
Chương 7. Dung sai lắp ghép ren	
7.1. Dung sai kích thước ren hệ mét	89
7.2. Lắp ghép ren hệ mét	91
7.3. Dung sai lắp ghép ren hình thang	94
Chương 8. Dung sai truyền động bánh răng	
8.1. Các yêu cầu kĩ thuật của truyền động bánh răng	97
8.2. Sai số gia công và ảnh hưởng của chúng đến các yêu cầu kĩ thuật của truyền động bánh răng	98
8.3. Đánh giá mức chính xác truyền động bánh răng	101
8.4. Tiêu chuẩn dung sai và cấp chính xác của bánh răng và truyền động	104

Chương 9. Chuỗi kích thước	
9.1. Các khái niệm cơ bản	107
9.2. Giải chuỗi kích thước	108
Chương 10. Ghi kích thước cho bản vẽ chi tiết máy	
10.1. Những yêu cầu đối với việc ghi kích thước	126
10.2. Những nguyên tắc cơ bản để ghi kích thước cho chi tiết	127
10.3. Chọn phương án ghi kích thước	130
Phụ lục 1. Dung sai lắp ghép bề mặt trơn	133
Phụ lục 2. Dung sai hình dạng và vị trí bề mặt	147
Phụ lục 3. Dung sai kích thước góc	149
Phụ lục 4. Dung sai kích thước ren	152
Phụ lục 5. Dung sai truyền động bánh răng	162
Tài liệu tham khảo	173
Mục lục	174

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Biên tập lần đầu và tái bản :

TRẦN VĂN THẮNG

Trình bày bìa :

MẠNH HÙNG

Sửa bản in :

PHÒNG SỬA BÀI (NXB GIÁO DỤC)

Chế bản :

PHÒNG CHẾ BẢN (NXB GIÁO DỤC)

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Mã số : 7B550T7 – DAI

In 2000 cuốn, khổ 19 x 27 cm. Tại Công ty CP in Anh Việt.
Số đăng ký KHXB: 11 - 2007/ CXB/110 - 2119/GD.
In xong nộp lưu chiểu Quý I năm 2007.




CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
25 HÀN THUYỀN - HÀ NỘI
Website : www.hevobco.com.vn


TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO KỸ THUẬT CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

 **CHI TIẾT MÁY - TẬP 1**


NGUYỄN TRỌNG HIỆP

 **CHI TIẾT MÁY - TẬP 2**

NGUYỄN TRỌNG HIỆP

 **THIẾT KẾ CHI TIẾT MÁY**

NGUYỄN TRỌNG HIỆP

 **NGUYÊN LÝ MÁY – TẬP 1**

ĐINH GIA TƯỜNG

 **NGUYÊN LÝ MÁY – TẬP 2**

ĐINH GIA TƯỜNG

Bạn đọc có thể mua tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục :

Tại Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;

Tại Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh ;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh : 104 Mai Thị Lựu, Quận 1 ; Cửa hàng 451B - 453,

Hai Bà Trưng, Quận 3 ; 240 Trần Bình Trọng – Quận 5.

Tại Thành phố Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4 ;

Website : www.nxbgd.com.vn



8 934980 758083



Giá: 22.000đ