

Chương II

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP BỀ MẶT TRƠN

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

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

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

2.1. KHÁI NIỆM VỀ MIỀN DUNG SAI

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

2.1.1. Trị số dung sai

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

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

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

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

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

– Đối với cấp chính xác từ 5 đến 18

$$IT = a \cdot i \text{ (}\mu\text{m)} \quad (2.1)$$

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

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

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

(với D tính theo mm, i tính theo μm)

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

– Đối với cấp chính xác 01, 0, 1

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

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

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

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

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

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

2.1.2. Vị trí dung sai

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

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

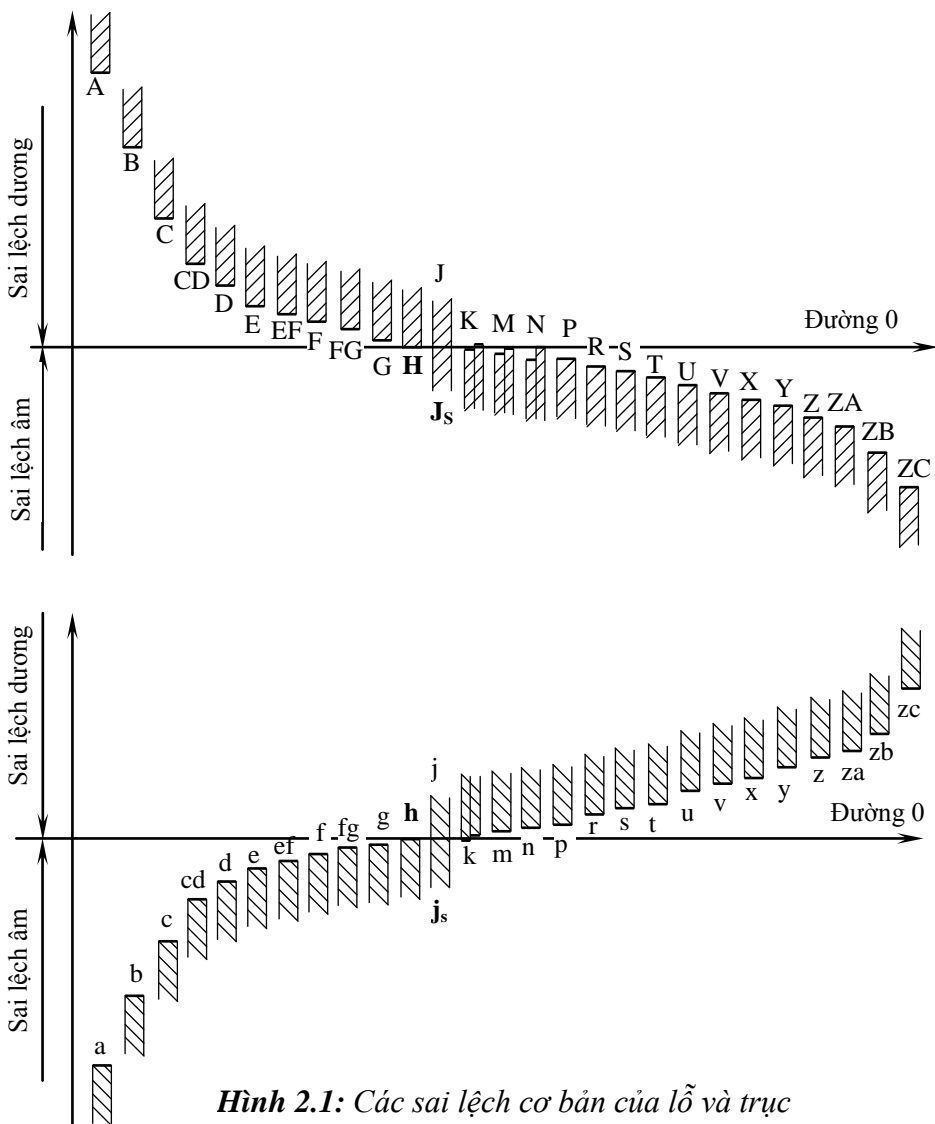
Một số các sai lệch cơ bản đặc biệt cần quan tâm. Sai lệch cơ bản của lỗ H có $EI = 0$, sai lệch cơ bản của trục h có $es = 0$. Đối với sai lệch cơ bản J_s và j_s , miền dung sai phân bố đối xứng qua đường không.

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

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

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

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



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

2.1.3. Miền dung sai

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

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

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

2.2. HỆ THỐNG DUNG SAI

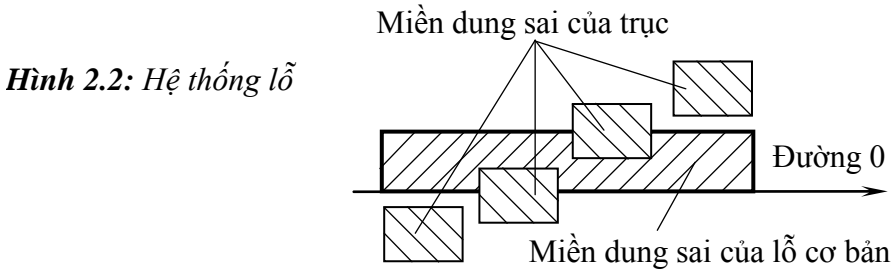
2.2.1. Phân loại

Tiêu chuẩn qui định có hai hệ thống dung sai.

1. Hệ thống lỗ

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

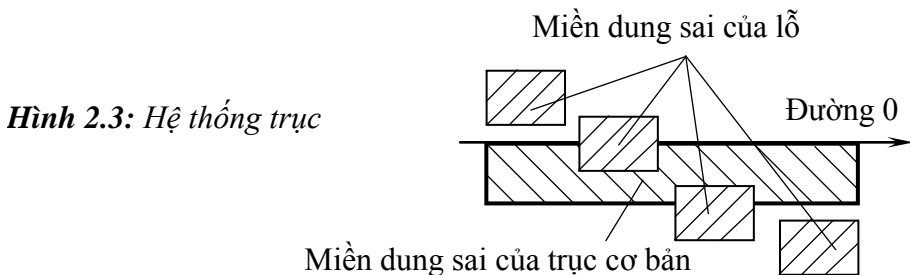
Lỗ cơ bản trong hệ thống lỗ là lỗ có $EI = 0$. Sơ đồ lắp ghép trong hệ thống lỗ cho trong hình 2.2



2. Hệ thống trục

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

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



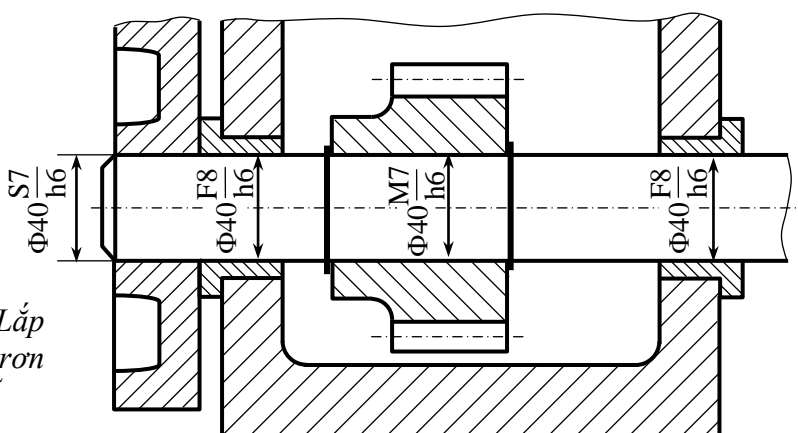
2.2.2. Chọn hệ thống dung sai

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

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

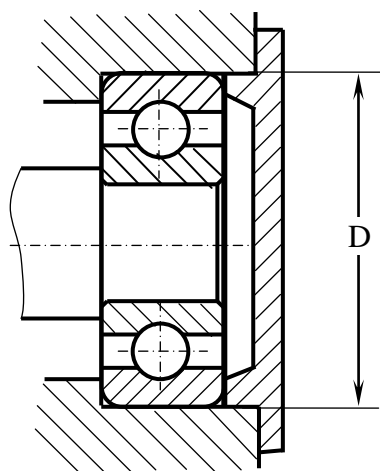
Tuy nhiên trong một số trường hợp, do yêu cầu về kết cấu và tính công nghệ mà phải chọn lắp ghép trong hệ thống trục. Cụ thể là:

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



Hình 2.4: Lắp ghép trục trơn với nhiều lỗ

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



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

2.2.3. Lắp ghép

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

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

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

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

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

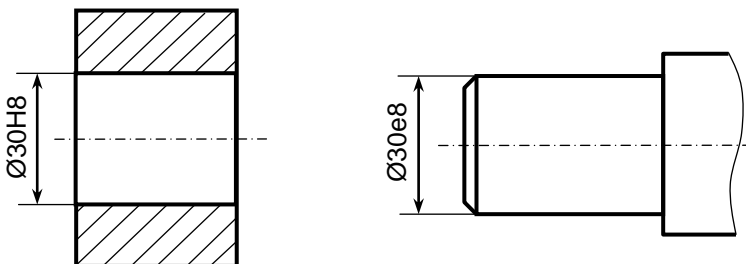
2.3.1. Ghi ký hiệu dung sai

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

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

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

Ví dụ: $\Phi 18H7$; $\Phi 30e8$; $\Phi 50J_s6$...



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

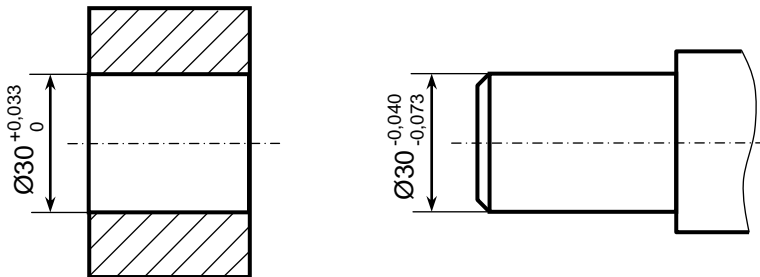
2. Nếu để gia công và đo bằng dụng cụ đo có mặt số, ký hiệu dung sai gồm:

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

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

Cho phép ghi kết hợp cả hai cách trên:

Ví dụ: $\Phi 18H7^{(+0,018)}$; $\Phi 30e8^{(-0,040}_{-0,073})}$; $\Phi 50Js6 (\pm 0,008)$

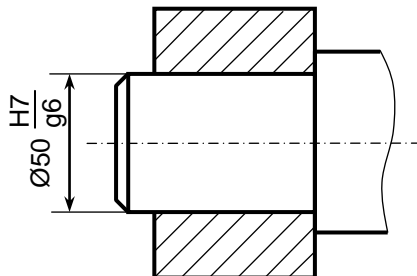


Hình 2.7: Ghi ký hiệu dung sai trên bản vẽ chi tiết

2.3.2. Ghi ký hiệu lắp ghép

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

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



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

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

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

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

2.4. CHỌN LẮP GHÉP CHO MỖI GHÉP BỀ MẶT TRƠN

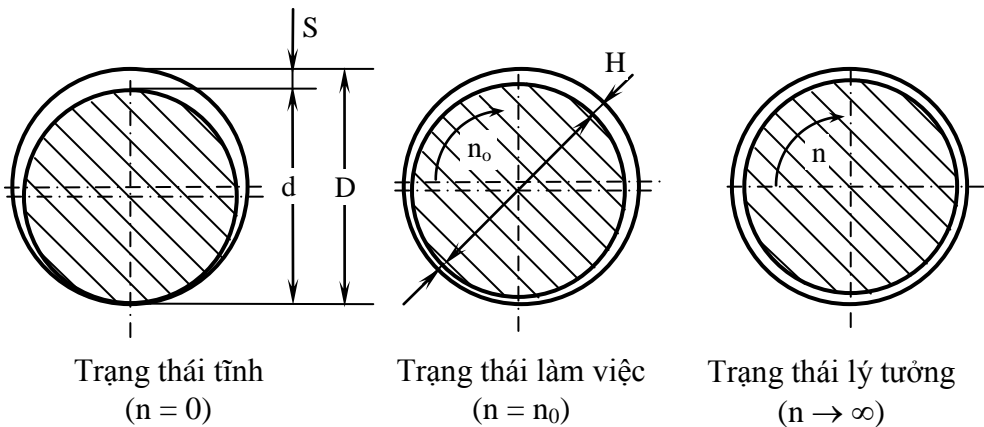
Chọn lắp ghép thực chất là chọn sự phối hợp giữa miền dung sai của lỗ và miền dung sai của trục trong hệ thống lỗ hay hệ thống trục. Mỗi lắp ghép khác nhau sẽ cho đặc tính lắp ghép khác nhau (độ hở và độ dôi khác nhau). Vì vậy, trước tiên phải dựa vào chức năng, yêu cầu kỹ thuật của mỗi ghép để chọn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

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

2.4.1. Chọn lắp ghép có độ hở

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

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



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

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

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

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

H – độ hở phía đối diện.

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

2. Tính toán độ hở và chọn lắp ghép

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

– Làm việc với hiệu suất tốt nhất.

– Làm việc với chế độ ma sát ướt.

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

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

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

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

Với η – độ nhớt tuyệt đối của dầu bôi trơn (bảng phụ lục 9), $[Ns/m^2]$.

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

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

l – chiều dài bề mặt lắp ghép [mm].

p – áp suất trung bình trên bề mặt lắp ghép $[N/m^2]$.

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

P – phụ tải tác dụng lên ổ [N].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Giải

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kiểm nghiệm lại điều kiện ma sát ướt:

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

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

3. Chọn lắp ghép có độ hở theo kinh nghiệm

a. Lắp ghép $\frac{H}{h}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4.2. Chọn lắp ghép trung gian

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

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

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

- Phụ tải càng lớn thì mối ghép phải càng chặt, nghĩa là phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ dôi càng lớn.
- Cùng một điều kiện làm việc như nhau, kích thước lắp ghép càng lớn thì phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ dôi càng giảm để dễ dàng lắp ráp.
- Với mối ghép cần tháo lắp thường xuyên thì phải chọn lắp ghép trung gian có xác suất xuất hiện độ hở nhiều hơn xác suất xuất hiện độ dôi.

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

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

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

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

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

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

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

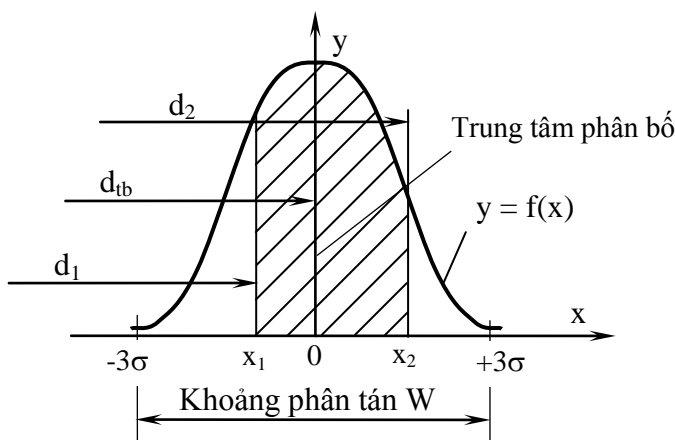
d_1, d_2, \dots, d_n – giá trị các kích thước chi tiết 1, 2, ..., n

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

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

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

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



Hình 2.10: Đường cong phân bố kích thước

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

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

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

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

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

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

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

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

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

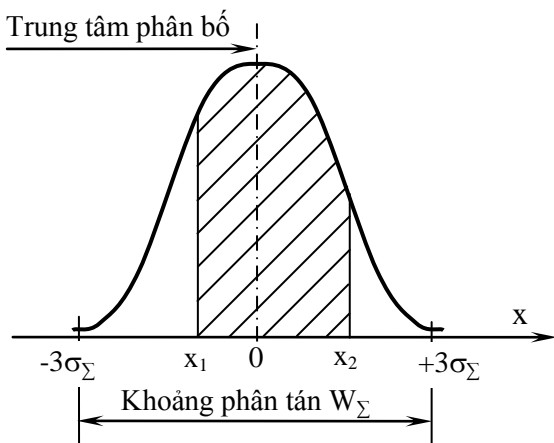
$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} \quad (2.17)$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

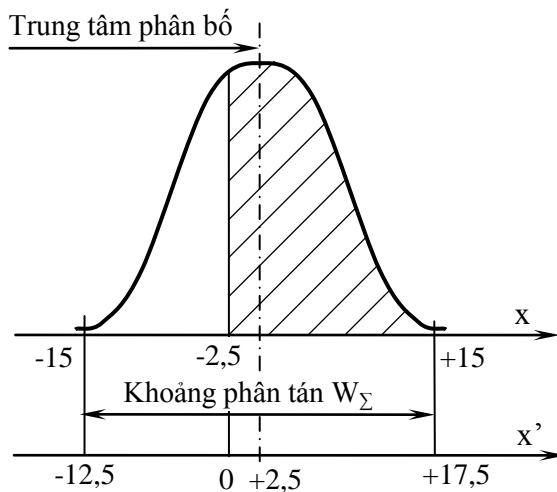
Trung tâm phân bố độ hở và độ dôi là điểm ứng với giá trị độ hở hoặc độ dôi nhận được khi kích thước lỗ và kích thước trục có xác suất lớn nhất lắp với nhau. Kích thước lỗ và kích thước trục có xác suất lớn nhất là kích thước lỗ trung bình D_{tb} và kích thước trục trung bình d_{tb} .

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

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

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

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



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

Trục x – trục phân bố độ hở và độ dôi

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

Dấu +: cho giá trị độ hở

Dấu -: cho giá trị độ dôi

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

$$P_{(x_1 \div x_2)} = P_{(Z_1 \div Z_2)} = \Phi_{(Z_2)} - \Phi_{(Z_1)}$$

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

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

$$\begin{aligned} P_{(x_1 \div x_2)} &= P_{(Z_1 \div Z_2)} = \Phi_{(Z_2)} - \Phi_{(Z_1)} = \Phi_{(3)} - \Phi_{(-0,5)} \\ &= \Phi_{(3)} + \Phi_{(0,5)} = 0,4986 + 0,1915 = 0,6901 \approx 69\% \end{aligned}$$

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

2. Chọn lắp ghép trung gian theo kinh nghiệm

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4.3. Chọn lắp ghép có độ dôi

1. Đặc điểm của lắp ghép có độ dôi

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

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

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

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

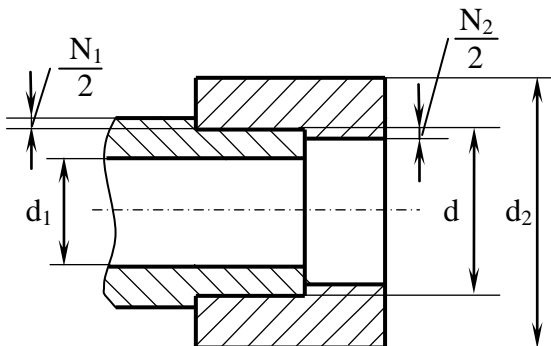
$$[N_{\min}] \leq N \leq [N_{\max}] \quad (2.20)$$

2. Tính và chọn lắp ghép có độ dôi

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

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

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



Hình 2.13: Lắp ghép giữa trục rỗng và bạc

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

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

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

Cộng (2.22) và (2.23) sẽ có:

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

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

N – độ dôi của lắp ghép $[\mu m]$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Thay p từ (2.24) vào (2.27):

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

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

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

Thay p từ (2.24) vào (2.29):

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

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

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

Thay p từ (2.24) vào (2.31):

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

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

$$\text{Với chi tiết trục: } \sigma_1 = \frac{2 \cdot p \cdot d^2}{d_2^2 - d_1^2} \leq [\sigma_{c1}] \quad (2.33)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Giải

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Chọn lắp ghép có độ dôi theo kinh nghiệm

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b. Nung nóng chi tiết bao trước khi ép

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

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

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

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

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

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

α – hệ số giãn dài của vật liệu.

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

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

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

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

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

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

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

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

CÂU HỎI ÔN TẬP

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

- c. Kích thước giới hạn lớn nhất của trục trong hai lắp ghép trên bằng nhau.
- d. Kích thước giới hạn nhỏ nhất của trục trong hai lắp ghép trên bằng nhau.

10. Lắp ghép có độ hở dùng:

- a. Dãy các sai lệch cơ bản từ A (a) đến H (h).
- b. Dãy các sai lệch cơ bản từ J (j) đến N (n).
- c. Dãy các sai lệch cơ bản từ P (p) đến ZC (zc).
- d. Dãy các sai lệch cơ bản từ A (a) đến G (g).

11. Cho hai lắp ghép $\phi 25H7/g6$ và $\phi 105G7/h6$:

- a. Sai lệch giới hạn trên của lỗ trong hai lắp ghép đó bằng nhau.
- b. Sai lệch giới hạn dưới của trục trong hai lắp ghép đó bằng nhau.
- c. Sai lệch giới hạn trên của lỗ trong lắp ghép thứ 1 bằng sai lệch giới hạn dưới của trục trong lắp ghép thứ 2.
- d. Sai lệch giới hạn dưới của lỗ trong lắp ghép thứ 1 bằng sai lệch giới hạn trên của trục trong lắp ghép thứ 2.

12. Loạt chi tiết trục có kích thước $d = \phi 125^{+0,061}_{+0,043}$. Chọn chi tiết lỗ sao cho tạo ra lắp ghép có độ dôi trong hệ thống lỗ:

- a. $D = \phi 125^{+0,039}_{+0,014}$.
- c. $D = \phi 125_{-0,025}$.
- b. $D = \phi 125 \pm 0,012$.
- d. $D = \phi 125^{+0,025}$.

13. Lắp ghép cho mỗi ghép cố định giữa bánh răng và trục trong hộp tốc độ có thể chọn:

- a. $\frac{H7}{f7}$
- b. $\frac{F7}{h6}$
- c. $\frac{H8}{s7}$
- d. $\frac{H7}{k6}$

14. Lắp ghép cho mỗi ghép của bánh răng quay lồng không trên trục có thể chọn:

- a. $\frac{H6}{j_s 5}$
- b. $\frac{H7}{g6}$
- c. $\frac{K7}{h6}$
- d. $\frac{H7}{s6}$

15. Cho hai lắp ghép $\phi 30H7/k6$ và $\phi 30K7/h6$. Hai lắp ghép đó có:

- a. cùng độ hở S_{\max} và độ dôi N_{\max} .
- b. cùng độ hở S_{\max} nhưng khác độ dôi N_{\max} .

c. cùng độ dôi N_{\max} nhưng khác độ hở S_{\max} .

d. độ hở S_{\max} và độ dôi N_{\max} đều khác nhau.

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

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

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

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

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

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

a. cấp chính xác của lỗ.

c. sai lệch cơ bản của lỗ.

b. cấp chính xác của lỗ và trục.

d. sai lệch cơ bản của trục.

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

a. H7/j₆

b. H7/f₆

c. H7/r₆

d. H7/n₆

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

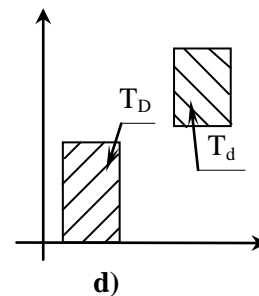
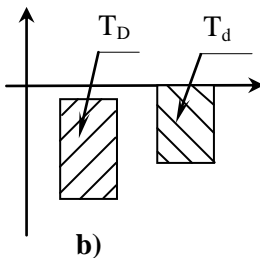
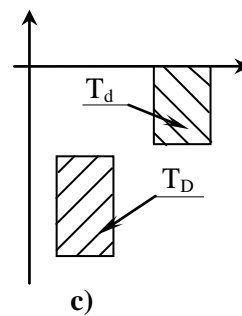
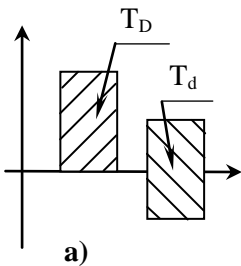
b. H7/k₆

b. H7/g₆

c. G7/h₆

d. H7/e₇

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



BÀI TẬP

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. Cho các lắp ghép sau:

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

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

b. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

7. Cho các lắp ghép sau:

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

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

b. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

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

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

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

c. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

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

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

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

c. Tính các đặc trưng của lắp ghép đó.

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

$$d = D = \phi 100 \frac{H8}{s7} ;$$

$$d = D = \phi 25 \frac{M7}{h6} ;$$

$$d = D = \phi 56 \frac{E8}{h7} ;$$

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

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

$$\frac{H8}{f8}; \frac{H6}{j_s 5}; \frac{E9}{h8}; \frac{H6}{h5}; \frac{H8}{s7}; \frac{J_s 7}{h6}; \frac{R7}{h6}; \frac{F7}{h6}; \frac{H7}{m6}; \frac{T7}{h6}; \frac{H6}{k5}; \frac{M7}{h6}; \frac{H7}{p6}; \frac{U8}{h7}; \frac{H7}{g6}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bài đọc thêm

DUNG SAI KÍCH THƯỚC GÓC

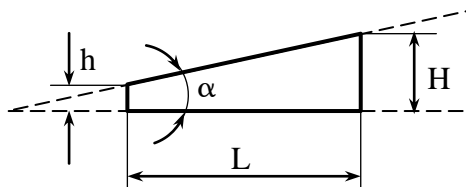
1. Kích thước góc

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

Bảng 2.3: Dãy kích thước góc danh nghĩa

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

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



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

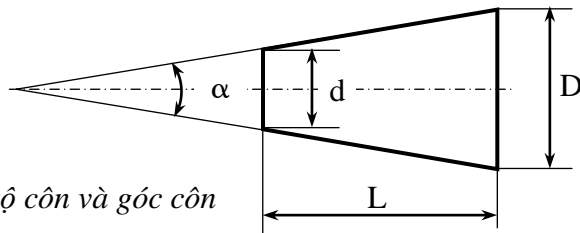
Hình 2.14: Độ nghiêng và góc nghiêng

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

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

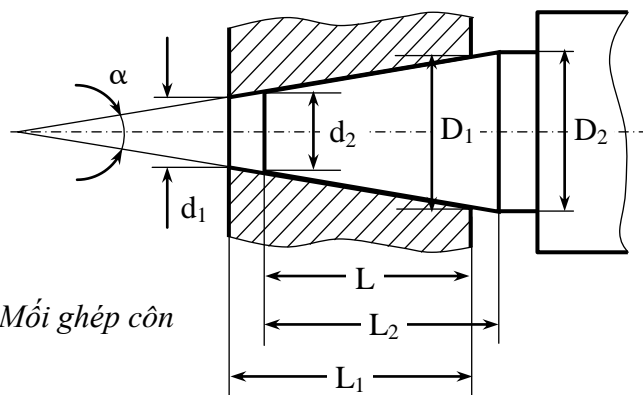
Với bề mặt côn, hai khái niệm tương ứng là độ côn K và góc côn α (hình 2.15).

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



Hình 2.15: Độ côn và góc côn

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



Hình 2.16: Mối ghép côn

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

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

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

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

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

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

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

2. Dung sai kích thước góc

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

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

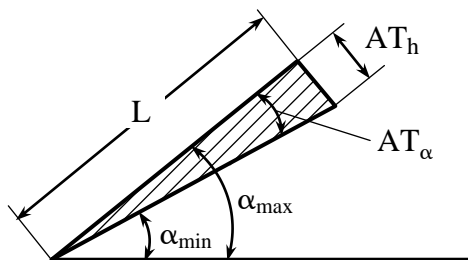
$$AT_\alpha = \alpha_{\max} - \alpha_{\min} \quad (2.43)$$

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

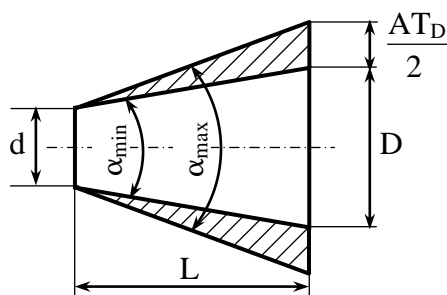
Dung sai góc theo đơn vị dài AT_h (μm) là độ dài đoạn vuông góc với một cạnh của góc tại vị trí cách đỉnh của góc một khoảng L. AT_h được tính theo công thức:

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

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



Hình 2.17: Dung sai góc nghiêng



Hình 2.18: Dung sai góc côn

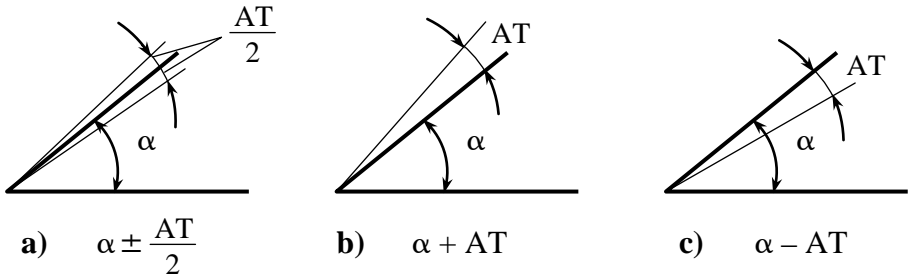
Với bề mặt côn, dung sai góc côn phụ thuộc vào chiều dài côn L và lấy $AT_D \approx AT_h$

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

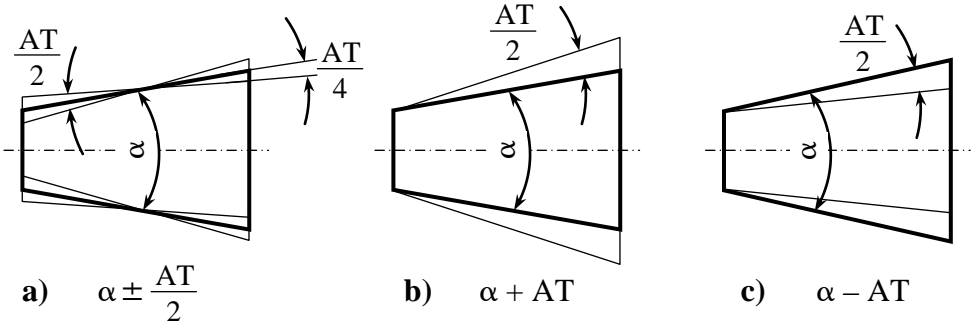
Bảng 2.6: Trị số dung sai góc

Khoảng chiều dài L, mm	Cấp chính xác								
	5			6			7		
	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn
	μrad	ph-gi		ph-gi	μrad		ph-gi	μrad	
Đến 10	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"
Trên 10 ÷ 16	250	52"	50"	400	1'22"	1'220	630	2'10"	2'
" 16 " 25	200	41"	40"	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"
" 25 " 40	160	33"	32"	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"
" 40 " 63	125	26"	26"	200	41"	40"	315	1'05"	1'
" 63 " 100	100	21"	20"	160	33"	32"	250	52"	50"
" 100 " 160	80	16"	16"	125	26"	26"	200	41"	40"
" 160 " 250	63	13"	12"	100	21"	20"	160	33"	32"
" 250 " 400	50	10"	10"	80	16"	16"	125	26"	26"
" 400 " 630	40	8"	8"	63	13"	12"	100	21"	20"
" 630 " 1000	31,5	6"	6"	50	10"	10"	80	16"	16"
" 1000 " 1600	25	5"	5"	40	8"	8"	63	13"	12"
" 1600 " 2500	20	4"	4"	31,5	6"	6"	50	10"	10"
Khoảng chiều dài L, mm	Cấp chính xác								
	8			9			10		
	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn	AT _α		Qui tròn
	μrad	ph-gi		μrad	ph-gi		μrad	ph-gi	
Đến 10	1250	4'18"	4'	2000	6'52"	6'	3150	10'49"	10'
Trên 10 ÷ 16	1000	3'26"	3'	1600	5'30"	5'	2500	8'35"	8'
" 16 " 25	800	2'45"	2'45"	1250	4'18"	4'	2000	6'52"	6'
" 25 " 40	630	2'10"	2'	1000	3'26"	3'	1600	5'30"	5'
" 40 " 63	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"	1250	4'18"	4'
" 63 " 100	400	1'22"	1'20"	630	2'10"	2'	1000	3'26"	3'
" 100 " 160	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"	800	2'45"	2'45"
" 160 " 250	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"	630	2'10"	2'
" 250 " 400	200	41"	40"	315	1'05"	1'	500	1'43"	1'40"
" 400 " 630	160	33"	32"	250	52"	50"	400	1'22"	1'20"
" 630 " 1000	125	26"	26"	200	41"	40"	315	1'05"	1'
" 1000 " 1600	100	21"	20"	160	33"	32"	250	52"	50"
" 1600 " 2500	80	16"	16"	125	26"	26"	200	41"	40"

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



Hình 2.19: Phân bố miền dung sai góc nghiêng



Hình 2.20: Phân bố miền dung sai góc côn