



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Đo lường kỹ thuật lạnh

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

Th.S TRẦN VĂN LỊCH (*Chủ biên*)

GIÁO TRÌNH
ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT LẠNH

(*Dùng trong các trường THCN*)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chủ biên

ThS. TRẦN VĂN LỊCH

Tham gia biên soạn

KS. NGUYỄN THỊ HOA

KS. ĐINH HUY HOÀNG

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đông đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm “50 năm giải phóng Thủ đô”, “50 năm thành lập ngành” và hướng tới kỷ niệm “1000 năm Thăng Long - Hà Nội”.

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo đội ngũ kỹ thuật viên và công nhân viên kỹ thuật lành nghề ở các lĩnh vực Điện - Điện tử - Cơ khí - Điện lạnh là một sự cố gắng lớn của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội... Với mục đích nâng cao chất lượng đào tạo cán bộ kỹ thuật và công nhân kỹ thuật ngành Máy lạnh - Điều hoà không khí chúng tôi đã tiến hành biên soạn cuốn giáo trình "Đo lường kỹ thuật lạnh".

Giáo trình gồm 5 chương, chia làm 2 phần:

Phần I: DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Chương 1: Những khái niệm cơ bản về dung sai và kích thước.

Chương 2: Lắp ghép và hệ thống dung sai.

Phần II: KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Chương 3: Đo lường kích thước.

Chương 4: Đo lường điện.

Chương 5: Đo lường nhiệt.

Giáo trình nhằm trang bị cho học sinh kiến thức cơ bản về đo lường nhiệt, đo lường điện, đo lường kích thước và dung sai lắp ghép thuộc hệ thống đo lường nhà nước trong quá trình sửa chữa, lắp đặt thiết bị và thiết bị Điều hoà không khí.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung đã được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới, tiếp thu tiến bộ khoa học giúp cho học sinh sau khi ra trường mau chóng hoà nhập với môi trường sản xuất. Giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề của mình.

Tuy tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc tái bản lần sau có chất lượng tốt hơn.

Xin trân trọng cảm ơn!

CÁC TÁC GIẢ

Bài mở đầu

ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU MÔN HỌC

1. Đối tượng của môn học

Đo lường kỹ thuật lạnh là môn học phục vụ cho các đối tượng là công nhân viên và kỹ thuật viên ngành Điều hoà không khí. Ngoài ra giáo trình này cũng rất bổ ích với đội ngũ kỹ thuật viên và các công nhân viên ngành kỹ thuật đang công tác để tham khảo, nâng cao kiến thức và tay nghề của mình.

2. Nội dung của môn học

Giáo trình gồm 5 chương, được chia làm hai phần:

Phần I: DUNG SAI VÀ LẮP GIẾP

Chương 1: Những khái niệm cơ bản về dung sai và kích thước.

Chương 2: Lắp ghép và hệ thống dung sai.

Phần II: KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Chương 3: Đo lường kích thước.

Chương 4: Đo lường điện.

Chương 5: Đo lường nhiệt.

Giáo trình nhằm trang bị cho học sinh kiến thức cơ bản về dung sai lắp ghép đo lường kích thước, đo lường điện, đo lường nhiệt thuộc hệ thống đo lường nhà nước trong quá trình sửa chữa, lắp đặt thiết bị lạnh.

Giáo trình cũng nhằm trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản về cấu tạo và nguyên lý làm việc của các thiết bị dụng cụ đo lường thông dụng.

3. Phương pháp nghiên cứu môn học

Để có thể nghiên cứu môn học "Đo lường kỹ thuật lạnh" người học phải nắm chắc các môn học cơ sở như: Cơ kỹ thuật, Nhiệt kỹ thuật, Kỹ thuật điện cơ sở.

Trong phần I "Dung sai và lắp ghép", để thu được kết quả tốt cần phải chú ý nghiên cứu các bảng biểu và các hình vẽ cùng các ví dụ tính toán minh họa đã cho trong nội dung của giáo trình nhằm gắn liền các kiến thức lý thuyết với thực tế sản xuất, hiểu các khái niệm cơ bản về dung sai và lắp ghép trong hệ thống đo lường nhà nước.

Trong phần II "Kỹ thuật đo lường", đòi hỏi người học phải kết hợp giữa học tập lý thuyết với thực hành để nắm chắc được cấu tạo, nguyên lý làm việc và phương pháp đo của từng loại dụng cụ. Trên cơ sở đó người học biết cách đọc và xử lý kết quả đo, biết lựa chọn những dụng cụ phù hợp với yêu cầu công việc cụ thể trong quá trình sửa chữa, lắp đặt và vận hành thiết bị máy lạnh và điều hoà không khí.

Phần I

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI VÀ KÍCH THƯỚC

Mục tiêu

Nắm được định nghĩa các loại kích thước, các loại sai lệch, dung sai và các loại sai số chủ yếu trong gia công cơ khí.

Nội dung tóm tắt

- Khái niệm về tính lắp lẫn trong chế tạo máy.
- Kích thước và sai lệch.
- Dung sai.
- Những sai số trong gia công.

I. KHÁI NIỆM VỀ TÍNH LẮP LẼN TRONG CHẾ TẠO MÁY

1. Bản chất của tính lắp lẫn

Máy do nhiều bộ phận hợp thành, mỗi bộ phận do nhiều chi tiết lắp ghép lại với nhau. Trong việc chế tạo cũng như sửa chữa máy, con người mong muốn các chi tiết cùng loại có khả năng thay lắp cho nhau, có nghĩa là khi thay thế nhau không cần lựa chọn và sửa chữa gì thêm mà vẫn đảm bảo được yêu cầu kỹ thuật của mỗi ghép. Tính chất đó của chi tiết gọi là tính lắp lẫn.

Trong một loại chi tiết cùng loại, nếu các chi tiết đều có thể thay lắp được cho nhau thì loại đó đạt được tính lắp lẫn hoàn toàn. Nếu một số trong các chi

tiết ấy không có tính lắp lẫn thì loạt đó chỉ đạt được tính lắp lẫn không hoàn toàn. Các chi tiết có tính lắp lẫn phải giống nhau hoặc chỉ được khác nhau trong một phạm vi cho phép, phạm vi đó gọi là dung sai. Như vậy, dung sai là yếu tố quyết định tính lắp lẫn hoàn toàn hay lắp lẫn không hoàn toàn, lắp lẫn hoàn toàn đòi hỏi chi tiết phải có độ chính xác cao do đó giá trị sản phẩm cũng cao. Đối với các chi tiết dự trữ, người ta thường dùng phương pháp lắp lẫn hoàn toàn. Lắp lẫn không hoàn toàn cho phép chế tạo với phạm vi dung sai lớn và thường dùng đối với công việc lắp ghép trong nội bộ xưởng.

2. Ý nghĩa thực tiễn của tính lắp lẫn

Tính lắp lẫn của chi tiết có vai trò quan trọng trong chế tạo máy.

Các chi tiết máy đạt được tính lắp lẫn thì trong quá trình sử dụng máy sẽ có nhiều lợi ích.

Nếu thay thế chi tiết máy bị hỏng bằng một chi tiết dự trữ cùng loại thì máy có thể làm việc được ngay, như vậy, vừa hạn chế được thời gian máy ngừng làm việc, vừa tận dụng được khả năng sản xuất của nó.

Về mặt sản xuất, nếu các chi tiết được thiết kế và chế tạo trên cơ sở tính lắp lẫn, tức là với dung sai kích thước quy định rõ ràng thì các nhà máy có thể sản xuất được các chi tiết lắp lẫn với nhau, tạo điều kiện hợp tác sản xuất giữa các xí nghiệp, dễ dàng thực hiện hợp tác hoá và chuyên môn hoá, tạo điều kiện để áp dụng kỹ thuật tiên tiến, tổ chức sản xuất hợp lý, nâng cao năng suất và chất lượng, hạ giá thành sản phẩm.

Như vậy tính lắp lẫn của chi tiết có ý nghĩa rất lớn về kinh tế và kỹ thuật.

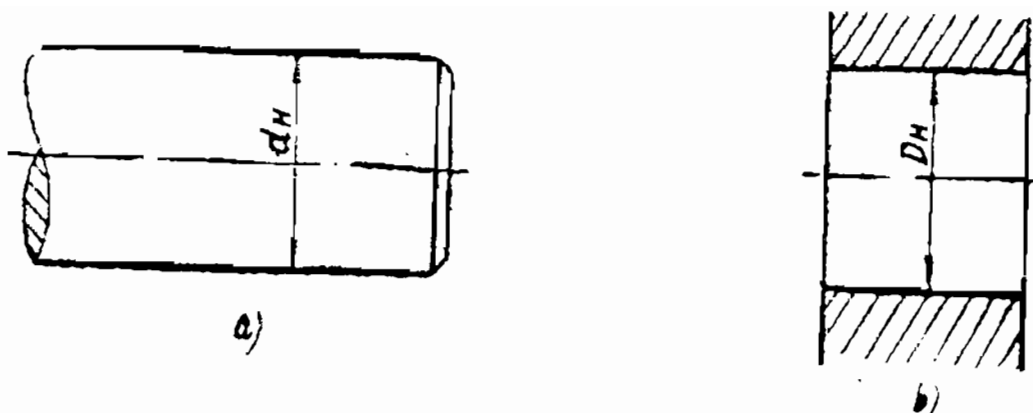
II. KÍCH THƯỚC VÀ SAI LỆCH

1. Kích thước danh nghĩa

Kích thước danh nghĩa là kích thước cơ bản được xác định dựa vào chức năng của chi tiết, sau đó chọn đúng với trị số gần nhất của kích thước có trong bảng tiêu chuẩn. Thí dụ khi tính toán ta xác định được kích thước của chi tiết là 35,785 đối chiếu với bảng tiêu chuẩn ta chọn lấy 36mm, kích thước 36mm vừa chọn là kích thước danh nghĩa của chi tiết. Từ kích thước cơ bản này, tính toán được độ sai lệch của chi tiết. Kích thước danh nghĩa được kí hiệu là:

d_H : Kích thước danh nghĩa của chi tiết trục (hình 1.1a).

D_H : Kích thước danh nghĩa của chi tiết lỗ (hình 1.1b).



Hình 1.1: Kích thước danh nghĩa

2. Kích thước thực

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

Kích thước thực được kí hiệu như sau:

d_i : Kích thước thực của chi tiết trục.

D_i : Kích thước thực của chi tiết lỗ.

Khi gia công kích thước thực không thể đạt được hoàn toàn đúng như kích thước danh nghĩa. Độ sai của kích thước thực so với kích thước thiết kế phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Độ chính xác của máy, dao, dụng cụ gá lắp, dụng cụ đo kiểm trình độ tay nghề của người thợ v.v. Trong thực tế không đòi hỏi kích thước phải hoàn toàn đúng như kích thước danh nghĩa. Độ sai cho phép của kích thước so với kích thước danh nghĩa phụ thuộc vào mức độ chính xác yêu cầu và tính chất lắp ghép của các chi tiết.

3. Kích thước giới hạn

Khi gia công bất kỳ một kích thước của chi tiết nào đó ta cần phải quy định một phạm vi cho phép của sai số chế tạo kích thước đó. Phạm vi cho phép ấy được giới hạn bởi hai kích thước quy định gọi là kích thước giới hạn. Kích thước giới hạn lớn nhất được kí hiệu là:

d_{max} : Kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết trục.

D_{max} : Kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết lỗ.

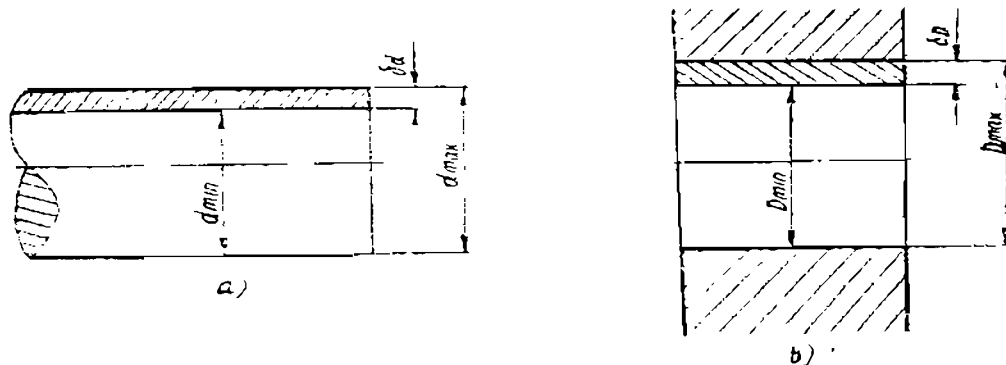
Kích thước giới hạn nhỏ nhất được kí hiệu là:

d_{min} : Kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết trục.

D_{min} : Kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết lỗ.

Kích thước giới hạn là hai kích thước lớn nhất và nhỏ nhất mà kích thước thực của các chi tiết đạt yêu cầu nằm trong phạm vi đó.

Như vậy chi tiết đạt yêu cầu, kích thước thực của nó thoả mãn điều kiện sau: $d_{\max} \geq d_l \geq d_{\min}$; $D_{\max} \geq D_l \geq D_{\min}$.



Hình 1.2: Kích thước giới hạn

4. Sai lệch giới hạn

Độ sai giữa kích thước giới hạn so với kích thước danh nghĩa gọi là sai lệch giới hạn.

Sai lệch giới hạn trên là hiệu số đại số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước danh nghĩa, kí hiệu là:

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

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

es: là sai lệch giới hạn trên của chi tiết trục.

ES: là sai lệch giới hạn trên của chi tiết lỗ.

Sai lệch giới hạn dưới là hiệu số đại số giữa kích thước giới hạn nhỏ nhất và kích thước danh nghĩa, kí hiệu là:

$$ei = d_{\min} - d_H$$

$$EI = D_{\min} - D_H$$

ei: là sai lệch giới hạn dưới của chi tiết trục.

EI: là sai lệch giới hạn dưới của chi tiết lỗ.

III. DUNG SAI

Khi gia công, kích thước thực được ghép sai khác so với kích thước danh nghĩa trong phạm vi giữa hai kích thước giới hạn, phạm vi sai cho phép đó của chi tiết gọi là dung sai.

Như vậy, dung sai của kích thước là hiệu số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước giới hạn nhỏ nhất. Dung sai được kí hiệu là T và được tính theo công thức sau:

Dung sai của chi tiết trục: $T_d = d_{\max} - d_{\min}$

Dung sai của chi tiết lỗ : $T_D = D_{\max} - D_{\min}$

Cần chú ý rằng, kích thước giới hạn lớn nhất bao giờ cũng lớn hơn kích thước giới hạn nhỏ nhất. Vì thế dung sai bao giờ cũng có giá trị dương.

Trị số dung sai lớn, độ chính xác chi tiết thấp, ngược lại trị số dung sai nhỏ, độ chính xác chi tiết cao. Từ các công thức sai lệch giới hạn trên và sai lệch giới hạn dưới ta tính được dung sai của chi tiết:

$$T_d = es - ei$$

$$T_D = ES - EI$$

Như vậy, dung sai là hiệu số giữa sai lệch giới hạn trên và sai lệch giới hạn dưới.

Các thí dụ:

Thí dụ 1: Gia công chi tiết trục có kích thước giới hạn lớn nhất $d_{\max} = 30,025$ mm, kích thước giới hạn nhỏ nhất $d_{\min} = 30$ mm. Tính dung sai của chi tiết:

Nếu người thợ gia công chi tiết đó với các kích thước $d = 30,015$ mm thì chi tiết có đạt yêu cầu không?

Bài giải:

Trị số dung sai của chi tiết tính theo công thức:

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = 30,025 - 30 = 0,025 \text{ mm}$$

Chi tiết gia công có kích thước $d = 30,015$ mm, đây là kích thước thực của chi tiết, ta biết chi tiết đạt yêu cầu khi thỏa mãn điều kiện: $d_{\max} \geq d_i \geq d_{\min}$.

Ở đây $30,025 \geq 30,015 \geq 30$.

Vậy chi tiết đạt yêu cầu về kích thước.

Thí dụ 2:

Gia công chi tiết lỗ có kích thước danh nghĩa $D_{lt} = 50$ mm, kích thước giới hạn lớn nhất $D_{\max} = 50,050$ mm, kích thước giới hạn nhỏ nhất $D_{\min} = 50,030$ mm.

Tính dung sai của chi tiết?

Nếu người thợ gia công đạt kích thước 50,00 mm, cho biết kích thước đạt yêu cầu không?

Bài giải:

Dung sai của chi tiết tính theo công thức:

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = 50,050 - 50,030 = 0,020 \text{ mm}.$$

Kích thước gia công đạt 50,00 mm là kích thước thực. Ở đây $D_i = 50,00 < D_{\min} = 50,030$ mm.

Vậy chi tiết không đạt yêu cầu về kích thước.

Thí dụ 3:

Gia công chi tiết trục có đường kính danh nghĩa là 50mm, kích thước giới hạn lớn nhất $d_{\max} = 50,055\text{mm}$, kích thước giới hạn nhỏ nhất $d_{\min} = 49,985\text{ mm}$. Tính trị số sai lệch giới hạn trên, sai lệch giới hạn dưới và dung sai của trục.

Bài giải:

Theo công thức ta có sai lệch giới hạn trên:

$$es = d_{\max} - d_H = 50,055 - 50 = 0,055\text{mm}$$

Sai lệch giới hạn dưới:

$$ei = d_{\min} - d_H = 49,985 - 50 = -0,015\text{mm}$$

Dung sai của trục:

$$T_d = es - ei = 0,055 - (-0,015) = 0,070\text{mm}$$

Chú ý: Trên bản vẽ thường không ghi kích thước giới hạn lớn nhất, kích thước giới hạn nhỏ nhất mà ghi kích thước danh nghĩa và các sai lệch giới hạn. Trong thí dụ trên, kích thước gia công của trục được ghi trên bản vẽ là: $50^{+0,055}_{-0,015}$

Như thế nghĩa là:

- Kích thước danh nghĩa 50mm.
- Sai lệch giới hạn trên +0,055mm.
- Sai lệch giới hạn dưới - 0,015mm.

Một thí dụ tính kích thước giới hạn, dung sai và đánh giá kết quả:

Kích thước mm	Kích thước giới hạn $d_{\max} = d_H + es$ $d_{\min} = d_H + ei$	Dung sai $T_d = es - ei$	Kích thước thực	Đánh giá kết quả
$30^{+0,04}_{+0,01}$	$d_{\max} = 30,04\text{mm}$ $d_{\min} = 30,01\text{mm}$	$T_d = 0,03\text{mm}$	30,025mm	Đạt
$30^{+0,03}_{-0,01}$	$d_{\max} = 30,02\text{mm}$ $d_{\min} = 29,99\text{mm}$	$T_d = 0,03\text{mm}$	29,992mm	Đạt
$30^{+0,007}$	$d_{\max} = 30,007\text{mm}$ $d_{\min} = 29,993\text{mm}$	$T_d = 0,014\text{mm}$	29,992mm	Không đạt
$30^{+0,045}$	$d_{\max} = 30,045\text{mm}$ $d_{\min} = 30,0\text{mm}$	$T_d = 0,045\text{mm}$	30,045mm	Đạt
$30^0_{-0,05}$	$d_{\max} = 30,0\text{mm}$ $d_{\min} = 29,95\text{mm}$	$T_d = 0,05\text{mm}$	30,001mm	Không đạt
$30^{0,02}_{-0,04}$	$d_{\max} = 29,98\text{mm}$ $d_{\min} = 29,96\text{mm}$	$T_d = 0,02\text{mm}$	30,0mm	Không đạt

IV. NHỮNG SAI SỐ TRONG GIA CÔNG

Sau khi gia công, các chi tiết có thể đạt được những mức độ khác nhau, các yếu tố hình học so với bản thiết kế đề ra và mức độ khác nhau đó gọi là độ chính xác gia công.

Độ chính xác gia công của mỗi chi tiết bao gồm những yếu tố sau:

- Độ chính xác về kích thước.
- Độ chính xác về hình dáng hình học và vị trí tương quan giữa các bề mặt.
- Độ nhẵn bề mặt.

Độ chính xác gia công đạt được có thể khác nhau, chi tiết sản xuất có thể khác với mong muốn hoặc cùng một yếu tố hình học nhưng ở chi tiết này lại khác với ở chi tiết kia là do có những sai số sinh ra trong quá trình gia công.

1. Nguyên nhân gây sai số trong gia công

Sai số trong gia công do rất nhiều nguyên nhân, ở đây chỉ kể ra một số nguyên nhân chính:

1.1. Độ chính xác của máy, đồ gá và tình trạng của chúng khi mòn

Độ chính xác của máy thấp hoặc khi đã bị mòn sẽ gây ra sai số với các chi tiết gia công trên máy. Thí dụ: Trục chính của máy bị đảo làm cho mặt gia công không tròn, sống trượt không song song với tâm trục chính gây ra độ côn trên chi tiết gia công.

Với đồ gá cũng vậy. Thí dụ trong đồ gá khoan lỗ nếu vị trí các ống dẫn hướng kém chính xác do chế tạo hoặc do bị mòn thì vị trí các lỗ khoan sẽ bị sai lệch.

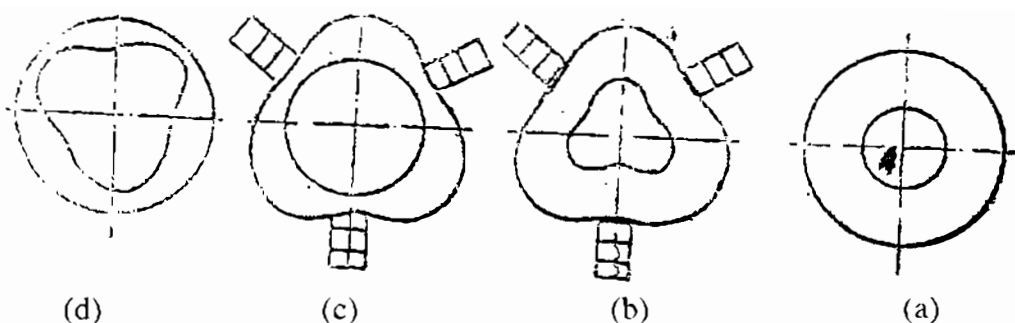
1.2. Độ chính xác của dụng cụ cắt

Những dụng cụ định kích thước như mũi khoan, mũi doa, taro, bàn zen có đường kính sai hoặc dụng cụ bị mòn sẽ ảnh hưởng đến chi tiết gia công làm cho kích thước của chi tiết gia công cũng bị sai.

1.3. Độ cứng vững của hệ thống máy - đồ gá - dao - chi tiết gia công càng kém thì sai số gia công càng lớn

1.4. Biến dạng do kẹp chặt chi tiết

Khi kẹp chặt chi tiết để gia công, chi tiết sẽ biến dạng. Sau khi gia công xong, tháo chi tiết ra, do biến dạng đàn hồi nó sẽ trở lại hình dáng ban đầu làm cho mặt gia công bị sai đi.



Hình 1.3. Biến dạng do kẹp chặt

- (a) Phôi để gia công lỗ
- (b) Phôi bị kẹp trên máy bị biến dạng
- (c) Lỗ sau khi gia công
- (d) Sản phẩm tháo ra khỏi máy

1.5. Biến dạng vì nhiệt và ứng suất bên trong

Nhiệt làm cho chi tiết gia công, dụng cụ cắt, dụng cụ đo và các bộ phận máy đều thay đổi kích thước và hình dáng dẫn đến sai lệch của chi tiết gia công.

1.6. Rung động phát sinh trong quá trình cắt

Rung động gây ra sai số gia công và ảnh hưởng lớn đến độ nhẵn bề mặt.

1.7. Do phương pháp đo, dụng cụ đo và những sai số của người thợ gây ra

Phương pháp đo, dụng cụ đo không chuẩn xác và tay nghề của người thợ gia công cũng dẫn đến sai lệch kích thước của chi tiết gia công.

Sai số chịu ảnh hưởng đồng thời của nhiều nguyên nhân phức tạp, cho nên nó muôn hình muôn vẻ. Để ngăn ngừa và hạn chế được những sai số, cần phân biệt được những sai số có thể sinh ra, được các loại sai số và những đặc tính biến thiên của nó.

2. Các loại sai số chủ yếu

2.1. Sai số hệ thống

Sai số hệ thống là những sai số mà trị số của nó không biến đổi hoặc biến đổi theo một quy luật xác định trong suốt thời gian gia công.

Thí dụ: Nếu đường kính mũi doa bị sai, bé đi 0,02mm chẳng hạn, tất cả những lỗ gia công bằng mũi doa ấy đều bị bé đi một lượng không đổi là 0,02 mm so với yêu cầu (không kể những ảnh hưởng khác). Trường hợp này gọi là sai số hệ thống cố định.

Sai số hệ thống cố định không làm thay đổi kích thước các chi tiết trong cùng loạt gia công.

Sai số do độ mòn của dụng cụ cắt là một loại sai số hệ thống nhưng biến đổi có quy luật. Nếu dùng mũi gia công lỗ thì quá trình mòn của đường kính lỗ gia công trên các chi tiết sẽ theo quy luật dần dần nhỏ đi.

Trường hợp này gọi là sai số hệ thống thay đổi. Sai số này làm thay đổi kích thước các chi tiết của hàng loạt gia công theo một quy luật xác định.

2.2. Sai số ngẫu nhiên

Sai số ngẫu nhiên là những sai số có trị số khác nhau ở các chi tiết gia công. Trong quá trình gia công, sai số loại này biến đổi không theo một quy luật nào theo thời gian. Nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên xuất hiện lúc ít, lúc nhiều, lúc có xuất hiện, lúc không. Thí dụ: Lực cắt thay đổi do chiều sâu cắt không đều, do kết cấu không đồng nhất.

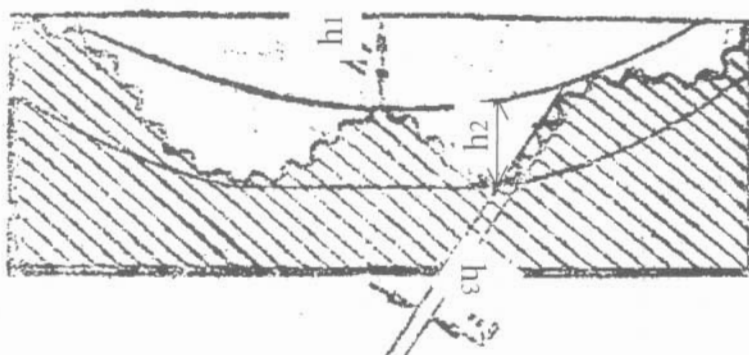
Sai số do những nguyên nhân loại đó gây ra có trị số thay đổi: Nó làm cho kích thước chi tiết của loạt gia công phân tán không theo quy luật do đó không xác định được trước sai số sẽ sinh ra.

3. Độ nhẵn bề mặt

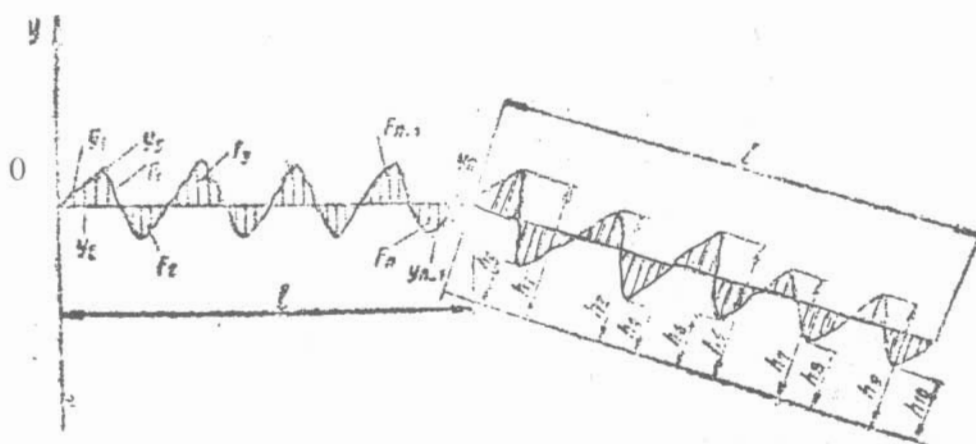
3.1. Khái niệm

Bề mặt chi tiết, sau khi gia công không bằng phẳng một cách lý tưởng mà có những nhấp nhô. Những nhấp nhô này là kết quả của vết dao để lại, của rung động trong quá trình cắt, của tính chất nguyên vật liệu và của nhiều nguyên nhân khác nữa...

Tuy vậy không phải toàn bộ những nhấp nhô trên bề mặt đều thuộc về độ nhẵn. Xét một bề mặt đã phóng đại (hình 1.4), trên đó có những loại nhấp nhô khác nhau:



Hình 1.4



Hình 1.5

- Nhấp nhô có độ cao h_1 thuộc về độ không phẳng của bề mặt: Bề mặt bị lõm.
- Nhấp nhô có độ cao h_2 thuộc về độ sóng bề mặt.
- Nhấp nhô có độ cao h_3 là độ nhấn bề mặt.

Như vậy, độ nhấn là mức độ cao thấp của các nhấp nhô xét trong một phạm vi hẹp của bề mặt gia công. Độ nhấn thấp khi chiều cao nhấp nhô lớn và ngược lại.

Cùng với độ chính xác, độ nhấn bề mặt của chi tiết cũng phải được hết sức coi trọng, vì nó ảnh hưởng nhiều đến chất lượng làm việc của chi tiết.

Chi tiết có độ nhấn càng cao càng có khả năng chống ăn mòn, giảm khả năng bị nứt. Đối với chi tiết quay trong một chi tiết khác, độ nhấn càng cao

thì càng có khả năng giữ được lớp dầu bôi trơn giữa chúng, do đó chống được mài mòn, giữ được tính chất lắp ghép của chúng kéo dài hơn thời gian sử dụng.

Theo tiêu chuẩn Liên Xô ГОСТ 2789-59, độ nhẵn bề mặt được đánh giá theo một trong hai tiêu chuẩn sau đây:

Sai lệch trung bình số học R_a : Là trị số trung bình của khoảng cách từ các điểm trên đường nhấp nhô đến đường trung bình 00' (hình 1.5). Các khoảng cách ấy là $y_1, y_2, \dots, y_{n-1}, y_n$ và chỉ lấy giá trị tuyệt đối.

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

Đường trung bình 00' là một đường chia phần nhấp nhô bề mặt thành phần có diện tích bằng nhau, nghĩa là:

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

Chiều cao trung bình của các nhấp nhô là giá trị trung bình của 5 khoảng cách từ 5 đỉnh cao nhất đến 5 đáy thấp nhất của nhấp nhô bề mặt tính trong phạm vi chiều dài chuẩn L (hình 1.5)

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

Căn cứ vào 2 tiêu chuẩn trên, tiêu chuẩn ГОСТ 2789-59 chia ra 14 cấp nhẵn ứng với các giá trị R_a, R_z và kí hiệu như sau:

Bảng 1.1: Các cấp độ nhẵn theo ГОСТ - 59

Cấp độ nhẵn	Kí hiệu	R_a (μm)	R_z (μm)	Chiều dài chuẩn mm
		Không lớn hơn		
1	1	80	220	8
2	2	40	160	
3	3	20	80	
4	4	10	40	
5	5	5	20	2,5
6	6	2,5	10	

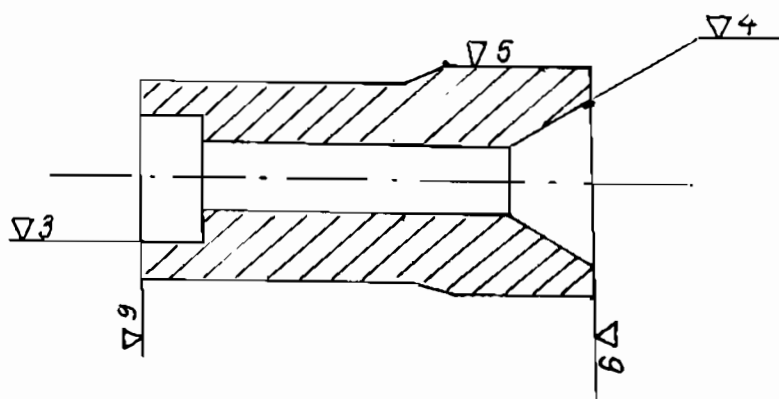
7	7	1,25	6,3	0,3
8	8	0,63	3,2	
9	9	0,32	1,6	
10	10	0,16	0,8	0,25
11	11	0,08	0,4	
12	12	0,04	0,2	
13	13	0,02	0,1	
14	14	0,01	0,05	0,8

Trong quy định trên, độ nhẵn cấp 1 là thấp nhất, cấp 14 là cao nhất.

3.2. Cách ghi độ nhẵn bề mặt

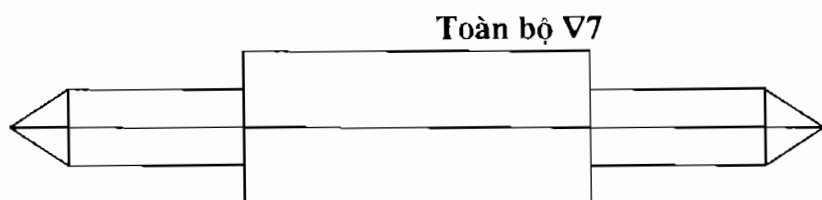
TCVN 18-63 quy định cách ghi độ nhẵn bề mặt trên các bản vẽ như sau:

Độ nhẵn của mỗi bề mặt chỉ ghi một lần, ghi trên đường bao thấy hoặc trên đường kéo dài của đường bao thấy. Kí hiệu độ nhẵn bề mặt là một tam giác đều. Chiều cao của tam giác phải lớn hơn 2,5mm, nếu tam giác ghi riêng thì kích thước của nó lớn hơn kích thước tam giác ghi ngay trên hình biểu diễn (hình 1.6a). Khi ghi kí hiệu độ nhẵn bề mặt hướng vào bề mặt được ghi, chỉ rõ độ nhẵn ghi ở bên phía kí hiệu độ nhẵn và theo chiều kim đồng hồ.



Hình 1.6a

Nếu tất cả bề mặt hoặc đa số bề mặt chi tiết có cùng một độ nhẵn, kí hiệu độ nhẵn đó được ghi chung ở ngoài hình vẽ ở góc trên bên phải có kèm theo chữ “toàn bộ” hoặc “còn lại” như hình vẽ.



Hình 1.6b

Nếu trên cùng một bề mặt có độ nhẵn khác nhau thì dùng nét mảnh làm đường phân cách kèm theo kích thước của từng phần bề mặt trong ứng với kí hiệu.

Chương 2

LẮP GHÉP VÀ HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP

Mục tiêu

Nắm được cách biểu diễn sơ đồ lắp ghép, tra bảng dung sai và đọc dung sai trên bản vẽ.

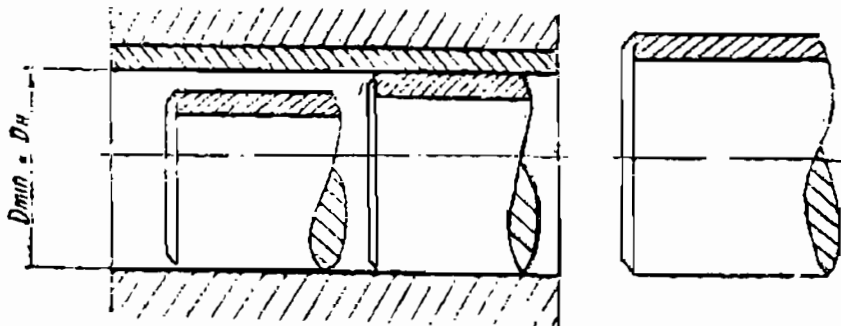
Nội dung tóm tắt

- Hệ thống dung sai.
- Sơ đồ lắp ghép.
- Bảng dung sai TCVN và cách ghi dung sai trên bản vẽ.

I. HỆ THỐNG DUNG SAI

1. Hệ thống lỗ: *Kí hiệu A*

Là tập hợp các kiểu lắp ghép, ở đó khi cùng một cấp chính xác và cùng kích thước danh nghĩa thì các kiểu lắp chỉ khác nhau ở kích thước giới hạn của trục còn kích thước giới hạn của lỗ không đổi



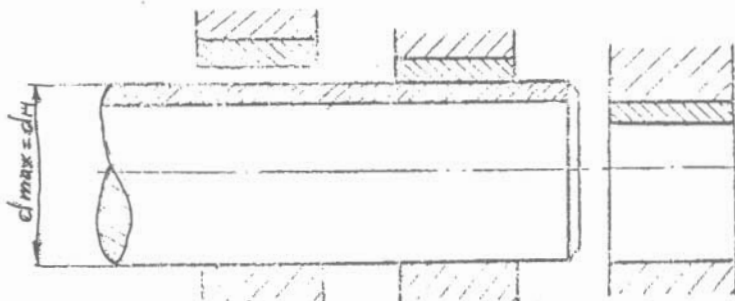
Hình 2.1: Hệ thống lỗ

Trong hệ thống lỗ, kích thước giới hạn nhỏ nhất của lỗ bằng kích thước danh nghĩa, như vậy sai lệch dưới của lỗ trong hệ thống cơ bản luôn luôn bằng không.

$$D_{\min} = D_H \rightarrow EI = D_{\min} - D_H = 0$$

2. Hệ thống trục: Kí hiệu B

Là tập hợp các kiểu lắp ghép, ở đó khi cùng một cấp chính xác và cùng kích thước danh nghĩa thì các kiểu lắp chỉ khác nhau ở kích thước giới hạn của lỗ, còn kích thước giới hạn của trục không đổi.



Hình 2.2: Hệ thống trục

Trong hệ thống trục, trục là chi tiết cơ bản còn gọi là hệ trục cơ bản.

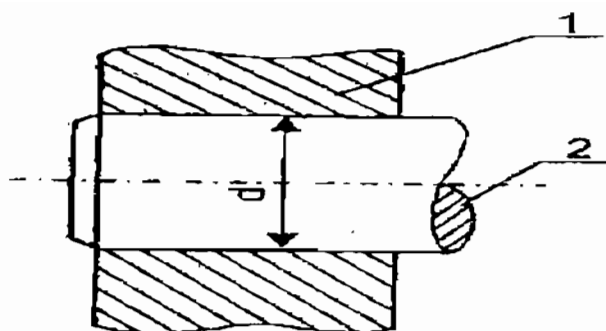
Trong hệ thống trục cơ bản, kích thước giới hạn lớn nhất của trục bằng kích thước danh nghĩa, như vậy sai lệch trên của chi tiết trục trong hệ trục cơ bản luôn luôn bằng không.

$$d_{\max} = d_H; es = 0$$

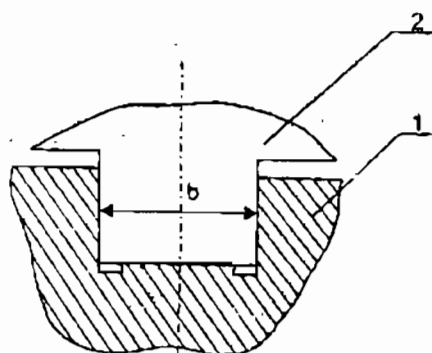
II. SƠ ĐỒ LẮP GHÉP

1. Khái niệm về lắp ghép

Hai hay một số chi tiết phối hợp với nhau một cách cố định (đai ốc vặn chặt vào bu lông) hoặc di động (pit tông trong xi lanh) thì tạo thành mối ghép. Những bề mặt mà dựa theo chúng các chi tiết phối hợp với nhau gọi là bề mặt lắp ghép. Bề mặt lắp ghép thường là bề mặt bao bên ngoài và bề mặt bị bao bên trong. Ví dụ: Trong lắp ghép giữa trục và lỗ, (hình 2.3a) và lắp ghép giữa con trượt và rãnh trượt (hình 2.3b) thì bề mặt lỗ và bề mặt rãnh trượt là bề mặt bao, còn bề mặt trục và bề mặt con trượt là bề mặt bị bao.



Hình 2.3a: 1 - Lỗ
2 - Trục

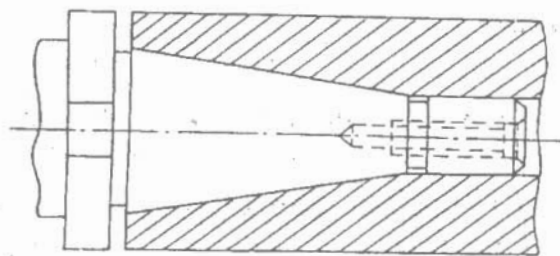


Hình 2.3b: 1 - Rãnh trượt
2 - Con trượt

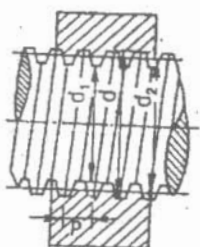
Kích thước bề mặt bao được kí hiệu là D , kích thước bề mặt bị bao là: d . Kích thước danh nghĩa của lắp ghép là chung cho cả bề mặt bao và bị bao: $D_H = d_H$

Các loại lắp ghép thường sử dụng trong chế tạo cơ khí, có thể phân loại theo hình dạng bề mặt lắp ghép:

- Lắp ghép bề mặt tròn bao gồm:
 - + Lắp ghép trụ tròn: Bề mặt lắp ghép là bề mặt trụ tròn (hình 2.3a).
 - + Lắp ghép phẳng: Bề mặt lắp ghép là hai mặt phẳng song song (hình 2.3b).
- Lắp ghép côn tròn: Bề mặt lắp ghép là mặt nón cắt (hình 2.4).
- Lắp ghép ren: Bề mặt lắp ghép là mặt xoắn ốc có dạng profin tam giác, hình thang,...

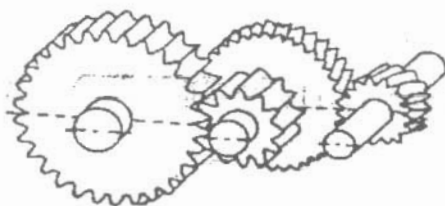


Hình 2.4: Lắp ghép côn trơn



Hình 2.5: Lắp ghép ren

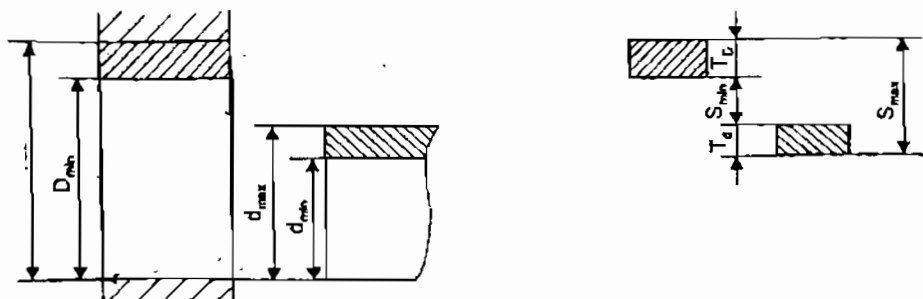
- Lắp ghép truyền động bánh răng: Bề mặt lắp ghép là bề mặt tiếp xúc một cách chu kỳ của các răng bánh răng (thường là bề mặt thân khai), hình 2.6.



Hình 2.6: Lắp ghép bánh răng

Trong số các lắp ghép trên thì lắp ghép bề mặt trơn chiếm phần lớn. Đặc tính của lắp ghép được xác định bởi hiệu số kích thước bề mặt bao và bị bao. Nếu hiệu số đó có giá trị dương ($D-d > 0$) thì lắp ghép có độ hở. Nếu hiệu số đó có giá trị âm ($D-d < 0$) thì lắp ghép có độ dôi. Dựa vào đặc tính đó lắp ghép được phân thành 3 nhóm:

1.1. Nhóm lắp lỏng



Hình 2.7: Nhóm lắp lỏng

Trong nhóm lắp ghép này kích thước bề mặt bao (lỗ) luôn luôn lớn hơn kích thước bề mặt bị bao (trục), đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ hở, (hình 2.7). Độ hở của lắp ghép được kí hiệu là S và tính như sau:

$$S = D - d$$

Tương ứng với các kích thước giới hạn của lỗ ($D_{\max}$, $D_{\min}$) và của trục ($d_{\max}$, $d_{\min}$), lắp ghép có độ hở giới hạn.

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (2.1)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (2.2)$$

Độ hở trung bình của lắp ghép là:

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \quad (2.3)$$

Từ (2.1) và (2.2) ta suy ra:

$$S_{\max} = (D_{\max} - D_H) - (d_{\min} - d_H) = ES - ei \quad (2.4)$$

$$S_{\min} = (D_{\min} - D_H) - (d_{\max} - d_H) = EI - es \quad (2.5)$$

(Đối với một lắp ghép thì $D_H = d_H$)

Nếu kích thước của loạt chi tiết được phép dao động trong khoảng $D_{\max} \div D_{\min}$ đối với lỗ và $d_{\max} \div d_{\min}$ đối với trục thì độ hở (S) của loạt lắp ghép tạo thành cũng được phép dao động trong khoảng $S_{\max} \div S_{\min}$, tức là trong phạm vi dung sai của độ hở, T_S :

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} \quad (2.6)$$

Từ (2.1) và (2.2) ta suy ra:

$$T_S = (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max})$$

$$T_S = (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min})$$

$$T_S = T_D + T_d \quad (2.7)$$

Như vậy dung sai của độ hở (T_S) bằng tổng dung sai kích thước lỗ và kích thước trục. Dung sai của độ hở còn được gọi là dung sai của lắp ghép lỏng. Nó đặc trưng cho mức độ chính xác yêu cầu của lắp ghép.

Ví dụ 2.1: Cho kiểu lắp ghép lỏng trong đó kích thước lỗ là $\phi 52_{0}^{+0,030}$

Kích thước trục $\phi 52_{-0,060}^{-0,030}$, hãy tính:

- Kích thước giới hạn và dung sai của các chi tiết.
- Độ hở giới hạn, độ hở trung bình và dung sai độ hở.

Giải: Theo số liệu đã cho ta có:

$$\text{Lỗ } \phi 52 \begin{cases} ES = +0,030 \text{ mm} \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục } \phi 52 \begin{cases} es = -0,030 \text{ mm} \\ ei = 0,060 \text{ mm} \end{cases}$$

- Kích thước giới hạn và dung sai được tính tương tự như ví dụ 1.3 và 1.4

+ Đối với lỗ: $D_{\max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52,03 \text{ mm}$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52,00 \text{ mm}$$

$$T_D = ES - EI = 0,03 - 0 = 0,03 \text{ mm}$$

+ Đối với trục: $d_{\max} = d_H + es = 52 + (-0,03) = 51,97 \text{ mm}$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 + (-0,06) = 51,94 \text{ mm}$$

$$T_d = es - ei = -0,03 - (-0,06) = 0,03 \text{ mm}$$

- Độ hở giới hạn và trung bình được tính theo (2.1), (2.2) và (2.3)

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 52,03 - 51,94 = 0,09 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 52 - 51,97 = 0,03 \text{ mm}$$

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,09 + 0,03}{2} = 0,06 \text{ mm}$$

- Dung sai của độ hở được tính theo (2.6) hoặc (2.7)

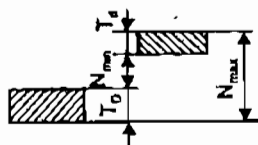
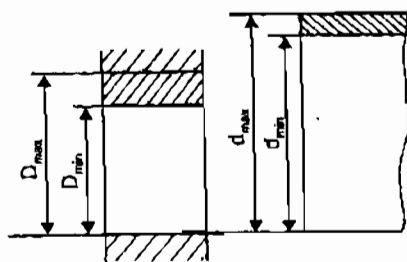
$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 0,09 - 0,03 = 0,06 \text{ mm}$$

$$T_S = T_D + T_d = 0,03 + 0,03 = 0,06 \text{ mm}$$

1.2. Nhóm lắp chặt

Trong nhóm lắp chặt, kích thước bề mặt bao luôn luôn nhỏ hơn kích thước bề mặt bị bao, đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ dôi, (hình 2.8). Độ dôi của lắp ghép được kí hiệu là N và tính như sau:

$$N = d - D$$



Hình 2.8: Lắp ghép chặt

Tương ứng với các kích thước giới hạn của trục và lỗ ta có độ dôi giới hạn:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI \quad (2.8)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES \quad (2.9)$$

Độ dôi trung bình của lắp ghép:

$$N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} \quad (2.10)$$

Dung sai độ dôi, T_N :

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d \quad (2.11)$$

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

Ví dụ 2.2. Cho kiểu lắp chặt, trong đó kích thước lỗ là $\phi 45_{0}^{+0,025}$, kích thước trục $\phi 45_{+0,034}^{+0,050}$, hãy tính:

- Độ dôi giới hạn và độ dôi trung bình của kiểu lắp
- Dung sai kích thước lỗ, trục và dung sai độ dôi.

Giải: Với số liệu đã cho ta có:

$$\text{Lỗ } \phi 45 \begin{cases} ES = +0,025 \text{ mm} \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục } \phi 45 \begin{cases} es = +0,050 \text{ mm} \\ ei = +0,034 \text{ mm} \end{cases}$$

- Tính độ dôi giới hạn theo (2.8) và (2.9)

$$N_{\max} = es - EI = 0,050 - 0 = 0,050 \text{ mm}$$

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

- Tính độ dôi trung bình theo (2.10):

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

- Tính dung sai kích thước chi tiết:

$$T_D = ES - EI = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ mm}$$

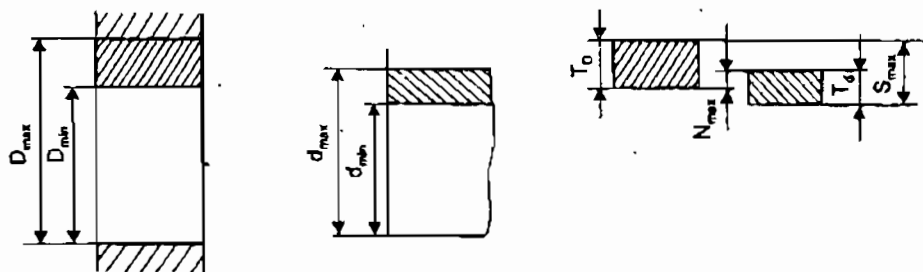
$$T_d = es - ei = 0,050 - 0,034 = 0,016 \text{ mm}$$

- Tính dung sai độ dôi theo (2.11)

$$T_N = T_D + T_d = 0,025 + 0,016 = 0,041\text{mm}$$

1.3. Nhóm lắp trung gian

Trong nhóm lắp ghép này miền dung sai kích thước bề mặt bao (lỗ) bố trí xen lẫn miền dung sai kích thước bề mặt bị bao (trục), (hình 2.9).



Hình 2.9: Lắp trung gian

Như vậy kích thước bề mặt bao được phép dao động trong phạm vi có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích thước bề mặt bị bao và lắp ghép nhận được có thể là độ hở hoặc độ dôi.

Trường hợp nhận được lắp ghép có độ hở thì độ hở lớn nhất là:

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

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

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

Trong nhóm lắp ghép trung gian thì độ hở và độ dôi nhỏ nhất ứng với trường hợp thực hiện lắp ghép mà kích thước lỗ bằng kích thước trục, có nghĩa là độ hở và độ dôi nhỏ nhất bằng không. Vì vậy dung sai của lắp ghép trung gian được tính như sau:

$$T_{S,N} = S_{\max} + N_{\max} \quad (2.12)$$

$$T_{S,N} = T_D + T_d$$

Trường hợp trị số độ hở giới hạn lớn nhất ($S_{\max}$) lớn hơn trị số dôi giới hạn lớn nhất ($N_{\max}$) thì ta tính độ hở trung bình:

$$S_m = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} \quad (2.13)$$

Ngược lại nếu trị số độ dôi giới hạn lớn nhất lớn hơn trị số độ hở giới hạn lớn nhất ta tính độ dôi trung bình:

$$N_m = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} \quad (2.14)$$

Ví dụ 2.3: Cho kiểu lắp trung gian, trong đó kích thước lỗ là:

$$\text{Lỗ } \phi 82 \begin{cases} ES = +0,035\text{mm} \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục } \phi 82 \begin{cases} es = +0,045\text{mm} \\ ei = +0,023\text{mm} \end{cases}$$

- Kích thước giới hạn và dung sai tính tương tự như các ví dụ 1.3 và 1.4:

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

$$D_{\min} = D_H + EI = 82 + 0 = 82,000\text{mm}$$

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

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

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

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

- Độ hở và độ dôi giới hạn lớn nhất tính theo (2.11) và (2.12)

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

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 82,045 - 82,00 = 0,045\text{mm}$$

Trong ví dụ này: $N_{\max} = 0,045\text{mm} > S_{\max} = 0,012$, nên ta tính độ dôi trung bình theo (2.24)

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

- Dung sai của lắp ghép được tính theo (2.12)

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

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

2. Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép

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

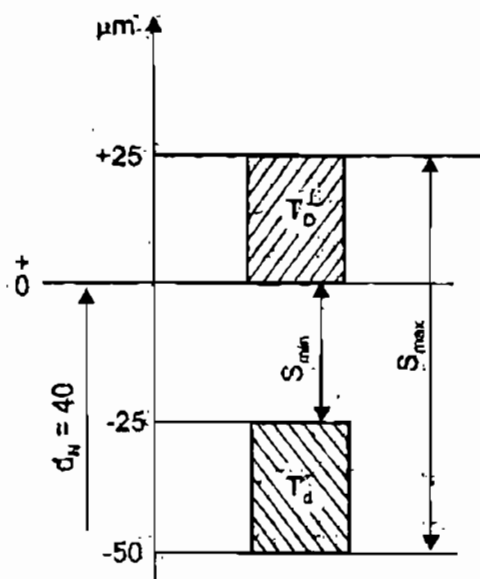
Dùng hệ trục tọa độ vuông góc với trục tung biểu thị sai lệch của kích thước tính theo micromet (μm) ($1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$), trục hoành biểu thị vị trí của kích thước danh nghĩa, ứng với vị trí đó thì sai lệch kích thước bằng không, nên trục hoành còn gọi là đường không. Sai lệch của kích thước được phân bố về hai phía so với kích thước danh nghĩa, sai lệch dương ở phía trên, sai lệch âm ở phía dưới. Miền bao gồm giữa hai sai lệch giới hạn là miền dung sai kích thước, được biểu thị bằng hình chữ nhật.

Ví dụ 2.4: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa: $d_H = 40\text{mm}$, sai lệch giới hạn các kích thước:

$$\text{Lỗ} \begin{cases} ES = +25\mu m \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục} \begin{cases} es = -25\mu m \\ ei = -50\mu m \end{cases}$$

- Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.
- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn của độ hở hoặc độ dôi trực tiếp trên sơ đồ.

Giải: Vẽ hệ trục tọa độ vuông góc: trục tung có số đo theo μm , trục hoành không có số đo mà chỉ biểu thị vị trí kích thước danh nghĩa như hình 2.10.



Hình 2.10: Sơ đồ lắp ghép

Trên trục tung lấy một điểm có tung độ $+25\mu m$, ứng với sai lệch giới hạn trên của lỗ (ES) và điểm có trục tung 0 ứng với sai lệch giới hạn dưới của lỗ (EI). Vẽ hình chữ nhật có cạnh đứng là khoảng cách giữa hai sai lệch giới hạn. Như vậy số đo của cạnh đứng chính là số dung sai kích thước. Hai cạnh nằm ngang của hình chữ nhật ứng với hai vị trí của sai lệch giới hạn đồng thời cũng là vị trí của kích thước giới hạn.

Cũng tương tự như đối với kích thước lỗ, để biểu thị miền dung sai kích thước trục ta lấy hai điểm ứng với $-25\mu m$ và $-50\mu m$. Đó là vị trí của 2 cạnh nằm ngang của hình chữ nhật, còn khoảng cách giữa chúng chính là cạnh đứng hình chữ nhật. Số đo của cạnh đứng chính là trị số dung sai kích thước giới hạn.

- Đặc tính của lắp ghép được xác định dựa vào vị trí tương quan giữa hai miền dung sai. Ở đây miền dung sai kích thước lỗ T_D nằm ở phía trên miền dung sai kích thước trục T_d , nghĩa là kích thước lỗ luôn lớn hơn kích thước trục, do vậy lắp ghép luôn luôn có độ hở, đó là lắp lỏng.

Độ hở giới hạn của lắp ghép được xác định trực tiếp trên sơ đồ:

$$\left. \begin{array}{l} S_{\max} = 75\mu\text{m} \\ S_{\min} = 25\mu\text{m} \end{array} \right\} T_s = 50\mu\text{m}$$

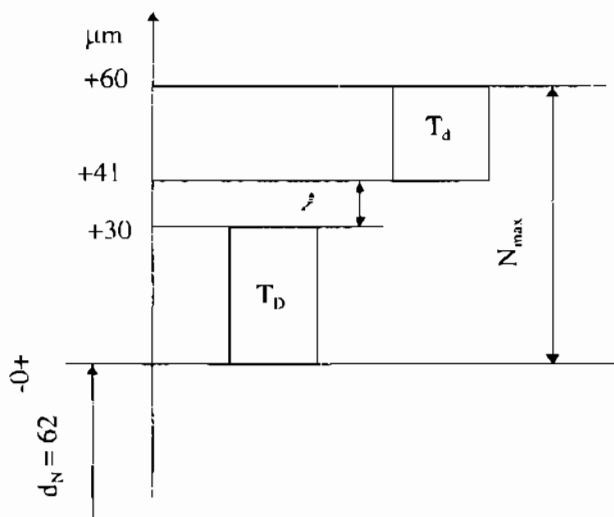
Ví dụ 2.5: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa $d_H = 62\text{mm}$, sai lệch giới hạn các kích thước:

$$\text{Lỗ} \begin{cases} ES = +30\mu\text{m} \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục} \begin{cases} es = +60\mu\text{m} \\ ei = +41\mu\text{m} \end{cases}$$

Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.

- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn tương ứng.

Giải: Cũng tương tự như ví dụ 2.4 ta vẽ được sơ đồ phân bố miền dung sai kích thước lỗ và trục như hình 2.11.



Hình 2.11

- Nhìn sơ đồ ta thấy miền dung sai kích thước trục (T_d) nằm ở phía trên miền dung sai kích thước lỗ (T_D). Như vậy kích thước trục luôn luôn lớn hơn kích thước lỗ do đó lắp ghép luôn luôn có độ dôi. Đó là lắp chặt và độ dôi giới hạn của lắp ghép là:

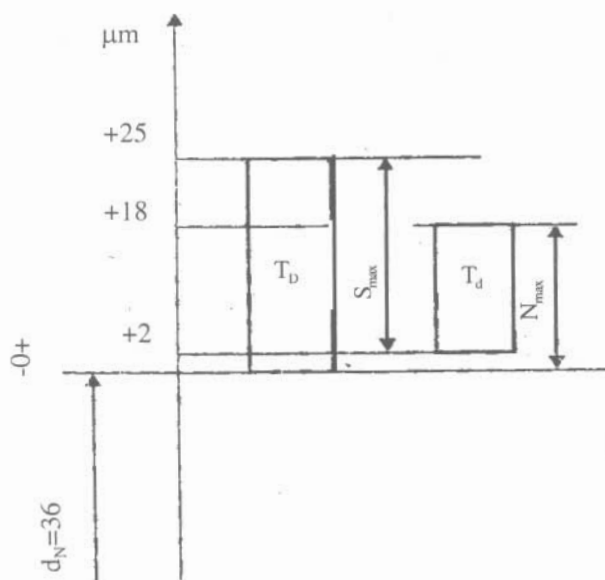
$$\left. \begin{array}{l} S_{\max} = 60\mu\text{m} \\ N_{\min} = 11\mu\text{m} \end{array} \right\} T_N = 49\mu\text{m}$$

Ví dụ 2.6: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa $d_H = 36\text{mm}$, sai lệch giới hạn của các kích thước:

$$\text{Lỗ} \quad \left\{ \begin{array}{l} ES = +25\mu\text{m} \\ EI = 0 \end{array} \right. \quad \text{Trục} \quad \left\{ \begin{array}{l} es = +18\mu\text{m} \\ ei = +2\mu\text{m} \end{array} \right.$$

- Biểu diễn sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.
- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn tương ứng.

Giải : - Tiến hành tương tự như ví dụ 2.5, ta vẽ được sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép như hình 2.12:



Hình 2.12

- Từ sơ đồ ta thấy miền dung sai của lỗ (T_D) nằm đan xen với miền dung sai của trục (T_d). Như vậy kích thước lỗ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích thước trục, do vậy lắp ghép tạo thành có thể có độ hở hoặc độ dôi. Đó là đặc tính của lắp ghép trung gian. Độ hở giới hạn lớn nhất của lắp ghép là:

$$\left. \begin{array}{l} S_{\max} = 23\mu\text{m} \\ N_{\max} = 18\mu\text{m} \end{array} \right\} T_{S,N} = S_{\max} + N_{\max} = 41\mu\text{m}$$

III. CÁC BẢNG DUNG SAI TCVN VÀ CÁCH GHI DUNG SAI TRÊN BẢN VẼ

1. Bảng dung sai tiêu chuẩn Việt Nam

- Trong các bảng dung sai, quy định các sai lệch giới hạn trên, sai lệch giới hạn dưới của lỗ và của trục ở các khoảng kích thước, theo các kiểu lắp ghép và chính xác trong từng hệ thống. Khi tìm được sai lệch giới hạn, ta sẽ tính được kích thước giới hạn, dung sai của lỗ và trục, các trị số giới hạn độ hở, độ dôi và dung sai của lắp ghép.

Trong tiêu chuẩn từ TCVN 21-63 đến TCVN 41-63 quy định các sai lệch giới hạn cho các kích thước từ 1 - 500mm theo các kiểu lắp, trong hệ thống lỗ và hệ thống trục từ cấp độ chính xác 1 đến cấp chính xác 7. Để thuận tiện cho việc sử dụng trong học tập, hệ thống lại theo 3 bảng sau (xem phụ bản):

Bảng 1: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp lỏng và lắp trung gian theo hệ thống lỗ.

Bảng 2: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp lỏng và lắp trung gian theo hệ thống trục.

Bảng 3: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp chặt theo hệ thống lỗ và theo hệ thống trục.

Thí dụ 2: Có lắp ghép $\phi 50 \frac{A_3}{L3_3}$

- Tra bảng tìm sai lệch giới hạn.
- Tính kích thước giới hạn và dung sai của lỗ và của trục.
- Tính trị số giới hạn độ hở và dung sai của lắp ghép.
- Vẽ sơ đồ lắp ghép.

Bài giải:

Lắp ghép $\phi 50 \frac{A_3}{L3_3}$ là lắp ghép theo hệ thống lỗ, lắp ghép lỏng, cấp chính xác 3.

Tra bảng 1 trang 3, ta được:

Lỗ $\phi 50A3$ sai lệch trên $+39\mu\text{m} = +0,039\text{mm}$

Sai lệch dưới 0

Trục $\phi 50 \text{ I.3}_3$ Sai lệch trên $- 25\mu_m = - 0,025\text{mm}$
Sai lệch dưới $- 64\mu_m = - 0,064\text{mm}$

Tính kích thước giới hạn và dung sai của lỗ:

$$D_{\max} = D_H + ES = 50 + 0,039 = 50,039\text{mm}$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 50 + 0 = 50\text{mm}$$

$$T_D = ES - EI = 0,039 - 0 = 0,039\text{mm}$$

Kích thước giới hạn và dung sai của trục:

$$d_{\max} = d_H + es = 50 + (-0,025) = 49,975\text{mm}$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 50 + (-0,064) = 49,936\text{mm}$$

$$T_d = ES - ei = -0,025 - (-0,064) = 0,039\text{mm}$$

Trị số giới hạn độ hở và dung sai của lắp ghép:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,039 - 49,936 = 0,103\text{mm}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50,0 - 49,975 = 0,025\text{mm}$$

$$T_s = S_{\max} - S_{\min} = 0,103 - 0,025 = 0,078\text{mm}.$$

2. Cách ghi dung sai trên bản vẽ

Theo tiêu chuẩn TCVN 9-63 quy định hai cách ghi dung sai trên bản vẽ:

- Ghi kí hiệu kiểu lắp
- Ghi kích thước danh nghĩa.

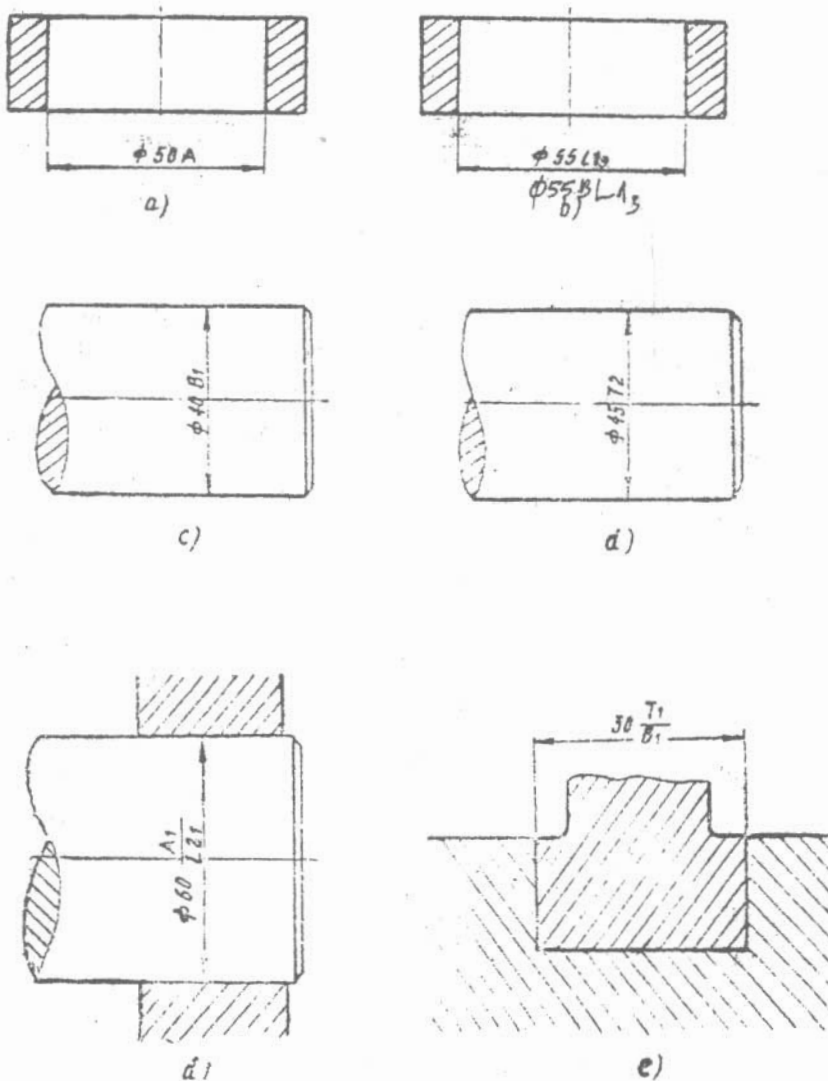
2.1. Kí hiệu

Quy ước về cách ghi dung sai trên bản vẽ theo kí hiệu như sau:

- Chữ A: Kí hiệu cho lắp ghép trong hệ thống lỗ cơ bản.
- Chữ B: Kí hiệu cho lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản.
- Các kí hiệu của kiểu lắp (C_5 , T_3 , L_2 , v.v.) dùng để kí hiệu cho các chi tiết không phải là cơ bản, lúc đó chi tiết lắp lẫn với nó sẽ là chi tiết cơ bản.
- Các chữ A và B cùng các kí hiệu kiểu lắp đều có ghi số nhỏ kèm theo số chỉ cấp chính xác (trừ cấp chính xác 2 không ghi số 2).

* Cách ghi kí hiệu cho mỗi ghép: Kí hiệu của chi tiết lỗ ghi ở trên, kí hiệu của chi tiết trục ghi ở dưới:

Thí dụ hình 2.13: Ghi dung sai bằng kí hiệu:



Hình 2.13: Ghi dung sai bằng kí hiệu

Trong các hình vẽ trên:

Hình 2.a: Chi tiết lỗ, kích thước danh nghĩa 50mm, lắp ghép theo hệ thống lỗ cơ bản, cấp chính xác 2.

Hình 2.b: Chi tiết lỗ, kích thước danh nghĩa 55mm, lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản, sai lệch theo kiểu lắp ghép L_1 , cấp chính xác 3.

Hình 3.c: Chi tiết trục, kích thước danh nghĩa 40mm, lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản, cấp chính xác 1.

Hình 2d: Lắp ghép có kích thước danh nghĩa 60mm, lắp ghép theo hệ thống lỗ cơ bản, chi tiết lỗ cấp chính xác 1, lỗ có sai lệch theo kiểu lắp trung gian cấp 1, cấp chính xác 2.

Hình 2e: Lắp ghép có kích thước danh nghĩa là 30mm, lắp theo hệ thống trục, trục cấp chính xác 1, lỗ có sai lệch theo kiểu lắp trung gian cấp 1, cấp chính xác 2.

2.2. Cách ghi kích thước danh nghĩa

Cách ghi như sau: Ghi kích thước danh nghĩa của chi tiết hoặc lắp ghép, kèm theo dấu và trị số của các sai lệch giới hạn, kích thước danh nghĩa và sai lệch.

- Sai lệch trên ghi ở trên, sai lệch dưới ghi ở dưới. Con số chỉ sai lệch giới hạn viết theo cỡ nhỏ hơn.

Ví dụ: $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0,040 \\ -0,01 \end{smallmatrix}$

- Sai lệch bằng không thì không ghi. Ví dụ:

$\phi 50 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ -0,035 \end{smallmatrix}$ hoặc $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ -0,035 \end{smallmatrix}$.

Câu hỏi ôn tập

1. Thế nào là tính đối lẫn chức năng? Ý nghĩa của nó đối với sản xuất và sử dụng.
2. Phân biệt các kích thích danh nghĩa, thực và giới hạn.
3. Tại sao phải quy định kích thước giới hạn và dung sai. Điều kiện để đánh giá kích thước chi tiết chế tạo ra là đạt yêu cầu hay không đạt yêu cầu là gì?
4. Thế nào là sai lệch giới hạn, cách kí hiệu và phương pháp tính?
5. Thế nào là lắp ghép, nhóm lắp ghép và đặc tính của chúng?
6. Hãy phân biệt dung sai kích thước chi tiết và dung sai của lắp ghép.
7. Trình bày cách biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.

Bài tập

1. Chi tiết trục có kích thước danh nghĩa: $d_H = 30\text{mm}$, kích thước giới hạn:

$d_{\max} = 29,980\text{mm}$ và $d_{\min} = 29,959$.

- Tính sai lệch giới hạn và dung sai kích thước.

- Trục gia công xong có kích thước thực là: $d_p = 29,985\text{mm}$, có dùng được không, tại sao?

2. Chi tiết lỗ có kích thước danh nghĩa: $D_H = 55\text{mm}$, kích thước giới hạn:

$D_{\max} = 55,046\text{mm}$ và $D_{\min} = 55\text{mm}$

- Tính sai lệch giới hạn và dung sai kích thước.
- Lỗ gia công xong có kích thước thực là: $D_{th} = 55,025\text{mm}$, có dùng được không, tại sao?

3. Tính kích thước giới hạn và dung sai kích thước chi tiết trong các trường hợp sau:

- a. $\phi 80^{+0,074}_{+0,120}$ c. $\phi 150^{+0,143}_{+0,043}$ e. $\phi 90^{+0,025}_{-0,003}$
 b. $\phi 100^{+0,207}_{-0,120}$ d. $\phi 72^0_{0,046}$ f. $\phi 120^{+0,101}_{+0,079}$

4. Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của các lắp ghép cho trong bảng

TT	Kích thước lỗ	Kích thước trục	TT	Kích thước lỗ	Kích thước trục
1	$\phi 46^{+0,025}$	$\phi 46^{+0,009}_{-0,025}$	4	$\phi 124^{+0,028}_{-0,068}$	$\phi 124^{+0,025}$
2	$\phi 120^{+0,054}$	$\phi 102^{+0,120}_{-0,207}$	5	$\phi 66^{+0,030}$	$\phi 66^{+0,039}_{+0,020}$
3	$\phi 58^{+0,030}$	$\phi 58^{+0,072}_{+0,053}$	6	$\phi 120^{+0,0175}$	$\phi 120^{+0,022}$

- Tính kích thước giới hạn và dung sai kích thước lỗ và trục.
- Xác định đặc thù của lắp ghép và tính trị số độ hở và độ dôi giới hạn của lắp ghép.

5. Cho lắp ghép trong đó kích thước lỗ là $\phi 56^{+0,030}$, tính sai lệch giới hạn của trục trong trường hợp sau:

Độ hở giới hạn của lắp ghép là: $S_{max} = 136\mu\text{m}$, $S_{min} = 60\mu\text{m}$.

- a) Độ hở giới hạn của lắp ghép là: $S_{max} = 136\mu\text{m}$, $S_{min} = 60\mu\text{m}$.
 b) Độ dôi giới hạn của lắp ghép: $N_{max} = 51\mu\text{m}$, $N_{min} = 2\mu\text{m}$.
 c) Độ hở và độ dôi giới hạn của lắp ghép là: $S_{max} = 39,5\mu\text{m}$; $N_{max} = 9,5\mu\text{m}$