

1. TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS (texto não revisado)

De maneira genérica pode-se dizer que as peças obtidas por qualquer processo de fabricação não apresentam rigorosamente as dimensões especificadas em projeto e indicadas nos desenhos de fabricação. Esta diferença entre as dimensões é resultante de imprecisões nos processos de fabricação, nas máquinas usadas, por consumo das ferramentas durante um processo de usinagem, entre outros motivos.

Na figura abaixo se indica por **D** uma dimensão para a peça a ser construída, denominada *dimensão nominal*, obtida no projeto da peça e indicada em seu desenho de fabricação. Entretanto a peça é fabricada com uma dimensão **De**, denominada *dimensão efetiva*. Para que a peça seja considerada adequada, esta dimensão deverá estar na faixa limitada por **S** e **I**, que serão impostos de acordo com as exigências de funcionamento da peça a ser fabricada. Os valores **S** e **I** constituem as *dimensões limites*, respectivamente máxima e mínima. A diferença entre **S** e **I**, indicada no desenho por **t** é denominada *campo de tolerância* ou simplesmente *tolerância*.

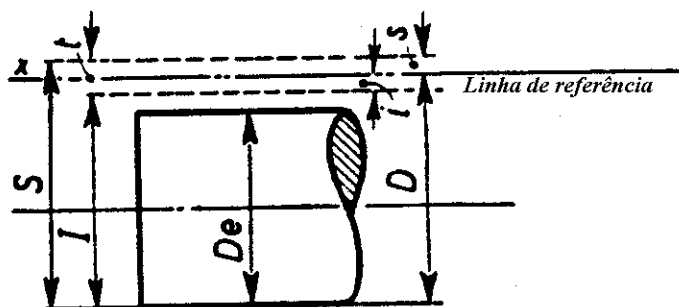


Fig. 1.1 - Referências para tolerâncias (Cf. ref [1] p. 143)

A dimensão nominal **D** determina a *linha de referência* ou *linha zero*. A partir desta linha são tomados **s** e **i** denominados *afastamentos*, sendo **s** o afastamento superior e **i** o inferior. É conveniente considerar o afastamento positivo se este estiver acima da linha de referência e negativos aqueles abaixo desta linha.

Como exemplo, seja um eixo de diâmetro nominal **D** = 80mm cujas dimensões limites são **S** = 79,960mm e **I** = 79,930mm. A tolerância **t** e os afastamentos **s** e **i** assumem os seguintes valores:

$$t = S - I = 79,960 - 79,930 = 0,030\text{mm} = 30\mu \text{ (microns)}$$

$$s = S - D = 79,960 - 80 = -0,040\text{mm} = 40\mu$$

$$i = I - D = 79,930 - 80 = -0,070\text{mm} = 70\mu$$

Neste caso os valores dos afastamentos são negativos, logo **s** e **i** são ambos menores que **D**, portanto estão abaixo da linha de referência. Já se os valores dos afastamentos fossem positivos, **s** e **i** estariam acima da linha de referência. Nestes dois casos existe o que se denomina *tolerância unilateral*. Se **s** for maior que **D** e **i** for menor, então a tolerância é dita *bilateral*.

Se, por exemplo, o diâmetro efetivo da peça **De** for igual a 79,950mm, então esta estará dentro do campo de tolerância e portanto a mesma é considerada aceitável. Já se a situação for aquela da figura, então esta peça estará fora das especificações dimensionais.

Caso ao invés de um eixo fosse considerado um furo, valeriam as mesmas definições anteriormente apresentadas.

A introdução das tolerâncias dimensionais contribuiu para o desenvolvimento da produção de peças em série. Foram desenvolvidos os *calibradores*, que permitem determinar se uma peça está

ou não adequada de maneira rápida, evitando o uso de instrumentos com o paquímetro. O emprego de tolerâncias também eliminou muitas *operações de ajustagem* que eram demoradas e custosas.

2. UNIDADE DE TOLERÂNCIA

A tolerância de uma peça depende basicamente das dimensões desta. A ISO (International Standardizing Organization) estabelece unidade de tolerância expressa em microns, sendo esta unidade utilizada para a medição das tolerâncias.

A unidade de tolerância ISO é dada por:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + \frac{1}{1000} D$$

Vê-se que a tolerância aumenta com a dimensão mas não em relação direta (o segundo termo é relevante apenas para pequenas medidas).

3. QUALIDADES DE TRABALHO

A qualidade é a amplitude do campo de tolerância e é expressa em unidades de tolerância [2]. A ISO estabelece 18 qualidades de trabalho denominadas IT (International Tolerance). As qualidades são IT01, IT0, IT1 até IT16. Os números seguintes a sigla IT indicam a precisão de execução da peça. Os números de menor valor indicam a maior precisão e os números de maior valor indicam uma execução mais grosseira.

A partir de IT5 o valor da qualidade é obtido a partir das unidades de tolerância segundo a seguinte tabela:

IT	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
tol.	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i

Por exemplo: Deseja-se determinar a tolerância de um eixo com 60mm de diâmetro executado com qualidade 7.

Inicialmente é calculado o valor da unidade de tolerância i para a peça:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{60} + \frac{1}{1000} 60 = 1,8217 \mu$$

Sendo a qualidade de trabalho 7 correspondente a 16i tem-se

$$IT7 = 16 \times 1,8217 = 29,1472 \mu$$

Arredonda-se o valor para 30 μ .

A norma ISO permitiria que para cada valor de dimensão houvesse uma tolerância e, portanto seria necessário um numero infinito de calibradores para a avaliação das tolerâncias. Para evitar este problema a norma impõe para certos grupos de dimensões o valor da tolerância.

Além da amplitude do campo de tolerância dada pela qualidade de trabalho, há ainda que definir a posição (afastamento) deste campo em relação à linha zero. Os afastamentos são indicados por uma letra (maiúscula para furos – minúscula para eixos) e dependem das dimensões nominais, segundo normalização pertinente. A figura abaixo mostra as diferentes posições do campo de tolerância para eixos e furos.

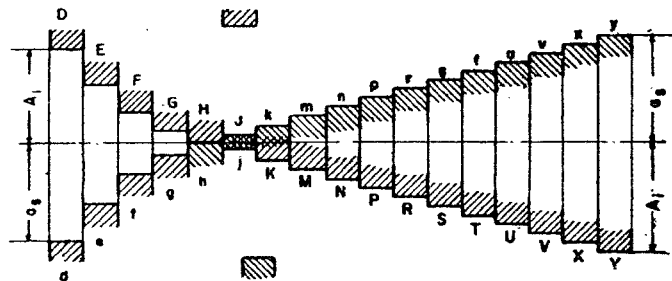


Fig. 3.1 Posições para o campo de tolerância (Stemmer)
Letras maiúsculas – Furos Letras minúsculas - Eixos

4. AJUSTES

Sejam duas peças que trabalham juntas, encaixadas, por exemplo, um eixo montado num furo. Neste caso, as duas peças possuem a mesma dimensão nominal e, entretanto, como já foi visto, as dimensões efetivas serão diferentes e, portanto deverá haver entre as peças algum tipo de ajustagem. Dependendo do funcionamento deste par de peças, o ajuste entre ambas poderá ser com folga ou com aperto (interferência) em distintos graus.

O ajuste entre as duas peças é especificado em projeto e para cada ajuste é atribuída uma tolerância para as peças. As peças fabricadas com esta tolerância com certeza funcionarão de acordo com o projetado.

Os ajustem podem ser:

- Com folga
- Com interferência
- Incertos

Na figura abaixo são apresentados os dois sistemas de ajuste. O eixo base consiste em ter o eixo com campo de tolerância com afastamento “h”, sendo o ajuste definido principalmente pela tolerância do furo. No sistema furo base, o furo tem tolerância H e o ajuste é definido pela tolerância do eixo.

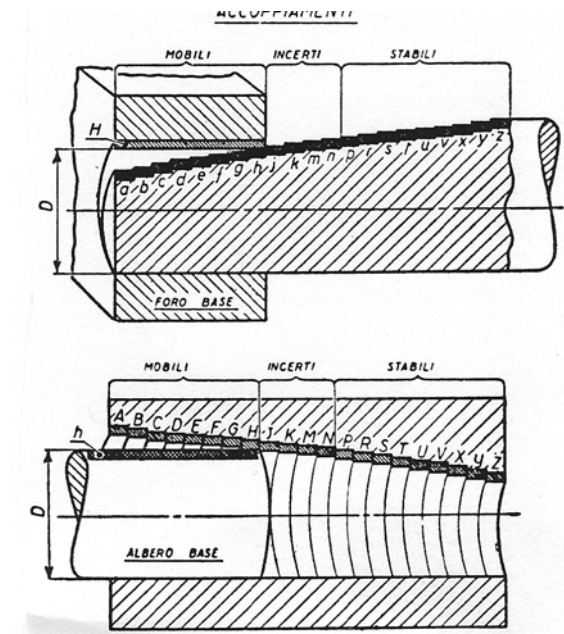


Figura 4.1 Ajustes (Acima: Sistema furo base; abaixo: sistema eixo base) [Speluzzi]

Bibliografia:

[1] Speluzzi, M.; Tessaroto, M.; **Disegno di Macchine**, Terza edizione, 1964, Ed. U. Hoepli, Milano, Italia.

[2] Stemmer, C. E.; **Projeto e Construção de Máquinas**, 2a edição, 1979, Ed. Globo, Porto Alegre, Brasil.

[3] Muhs, D.; Wittel, H.; Jannasch, D.; Voßiek, J.; **Roloff/Matek Maschinenelemente**, 17ª edição, 2005, Vieweg, Wiesbaden, Alemanha