Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

AULA
25

Tolerância geométrica de forma

Um problema

Apesar do alto nível de desenvolvimento tecnológico, ainda é impossível obter superfícies perfeitamente exatas. Por isso, sempre se mantém um **limite de tolerância** nas medições. Mesmo assim, é comum aparecerem peças com superfícies fora dos limites de tolerância, devido a várias falhas no processo de usinagem, nos instrumentos ou nos procedimentos de medição. Nesse caso, a peça apresenta erros de forma.

Conceito de erro de forma

Um erro de forma corresponde à diferença entre a superfície real da peça e a forma geométrica teórica.

A forma de um elemento será correta quando cada um dos seus pontos for igual ou inferior ao valor da tolerância dada.

A diferença de forma deve ser medida perpendicularmente à forma geométrica teórica, tomando-se cuidado para que a peça esteja apoiada corretamente no dispositivo de inspeção, para não se obter um falso valor.

Elemento pode ser um ponto, uma reta ou um plano

Causas

Os erros de forma são ocasionados por vibrações, imperfeições na geometria da máquina, defeito nos mancais e nas árvores etc.

Tais erros podem ser detectados e medidos com instrumentos convencionais e de verificação, tais como réguas, micrômetros, comparadores ou aparelhos específicos para quantificar esses desvios.

Conceitos básicos

Definições, conforme NBR 6405/1988.

- **Superfície real**: superfície que separa o corpo do ambiente.
- **Superfície geométrica**: superfície ideal prescrita nos desenhos e isenta de erros. Exemplos: superfícies plana, cilíndrica, esférica.
- **Superfície efetiva**: superfície levantada pelo instrumento de medição. É a superfície real, deformada pelo instrumento.

P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

Com instrumentos, não é possível o exame de toda uma superfície de uma só vez. Por isso, examina-se um corte dessa superfície de cada vez. Assim, definimos:

- **Perfil real**: corte da superfície real.
- **Perfil geométrico**: corte da superfície geométrica.
- **Perfil efetivo**: corte da superfície efetiva.

As diferenças entre o perfil efetivo e o perfil geométrico são os erros apresentados pela superfície em exame e são genericamente classificados em dois grupos:

- **Erros macrogeométricos**: detectáveis por instrumentos convencionais. Exemplos: ondulações acentuadas, conicidade, ovalização etc.
- **Erros microgeométricos**: detectáveis somente por rugosímetros, perfiloscópios etc. São também definidos como rugosidade.

Características afetadas pelas tolerâncias		
FORMA para elementos isolados	Retilineidade	—
	Planeza	▱
	Circularidade	○
	Cilindricidade	⌭
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	⌓
ORIENTAÇÃO para elementos associados	Paralelismo	//
	Perpendicularidade	⊥
	Inclinação	∠
POSIÇÃO para elementos associados	Posição de um elemento	⌖
	Concentricidade	◎
	Simetria	⌯
Batimento		↗

Notações e simbologia dos erros macrogeométricos

P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

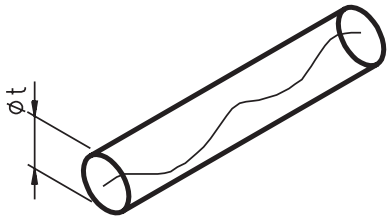
Tolerância de forma (para elemento isolado)

Retilineidade

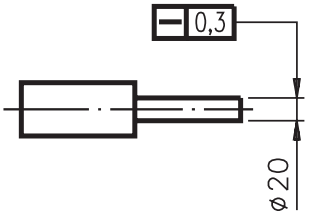
Símbolo: —

É a condição pela qual cada linha deve estar limitada dentro do valor de tolerância especificada.

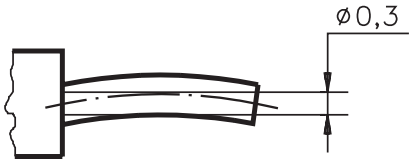
Se o valor da tolerância (t) for precedido pelo símbolo Æ, o campo de tolerância será limitado por um cilindro "t", conforme figura.

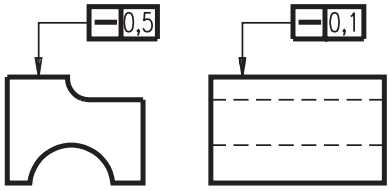


Especificação do desenho **Interpretação**

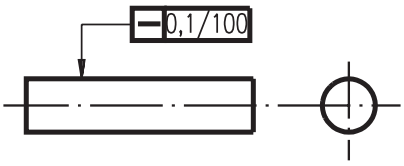


O eixo do cilindro de 20 mm de diâmetro deverá estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,3 mm de diâmetro.

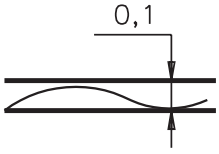




Se a tolerância de retilineidade é aplicada nas duas direções de um mesmo plano, o campo de tolerância daquela superfície é de 0,5 mm na direção da figura da esquerda, e de 0,1 mm na direção da figura anterior.



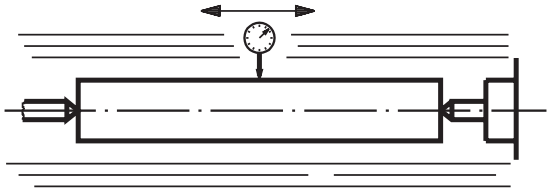
Uma parte qualquer da geratriz do cilindro com comprimento igual a 100 mm deve ficar entre duas retas paralelas, distantes 0,1 mm.



P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

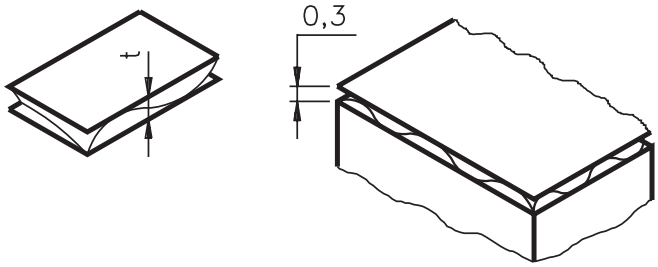
Retilineidade - método de medição



Planeza

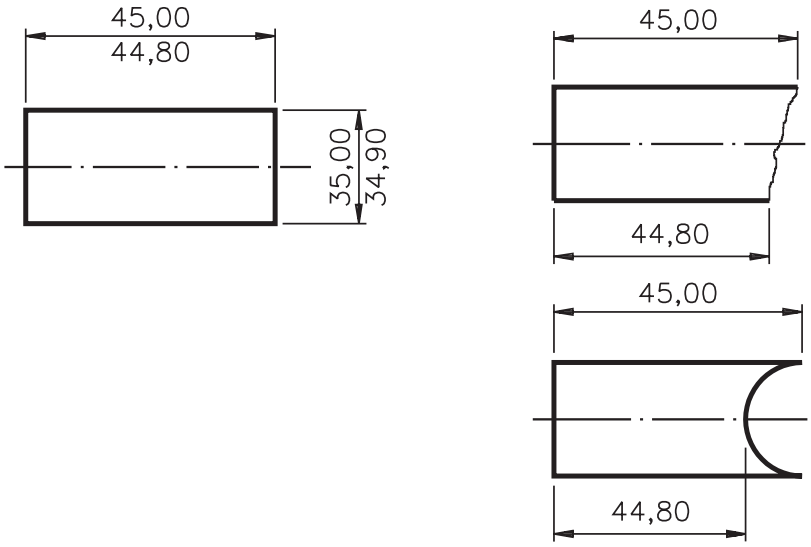
Símbolo: ▱

É a condição pela qual toda superfície deve estar limitada pela zona de tolerância "t", compreendida entre dois planos paralelos, distantes de "t".



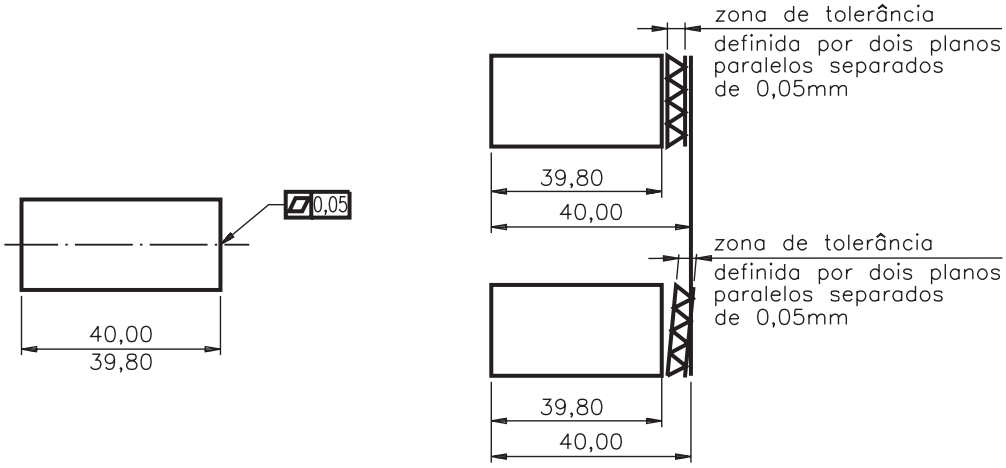
Tolerância dimensional e planeza - Quando, no desenho do produto, não se especifica a tolerância de planeza, admite-se que ela possa variar, desde que não ultrapasse a tolerância dimensional.

Especificação do desenhoInterpretação



P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/



Observa-se, pela última figura, que a tolerância de planeza é independente da tolerância dimensional especificada pelos limites de medida.

Conclui-se que a zona de tolerância de forma (planeza) poderá variar de qualquer maneira, dentro dos limites dimensionais. Mesmo assim, satisfará às especificações da tolerância.

A tolerância de planeza tem uma importante aplicação na construção de máquinas-ferramenta, principalmente guias de assento de carros, cabeçote etc.

Geralmente, os erros de planicidade ocorrem devido aos fatores:

- Variação de dureza da peça ao longo do plano de usinagem.
- Desgaste prematuro do fio de corte.
- Deficiência de fixação da peça, provocando movimentos indesejáveis durante a usinagem.
- Má escolha dos pontos de locação e fixação da peça, ocasionando deformação.
- Folga nas guias da máquina.
- Tensões internas decorrentes da usinagem, deformando a superfície.

As tolerâncias admissíveis de planeza mais aceitas são:

- Torneamento:0,01 a 0,03 mm
- Fresamento:0,02 a 0,05 mm
- Retífica:0,005 a 0,01 mm

P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

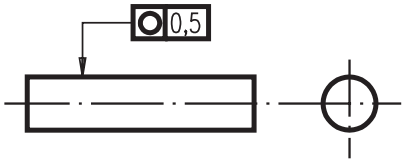
Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

Circularidade

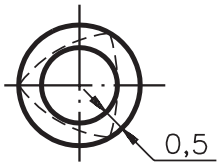
Símbolo: ○

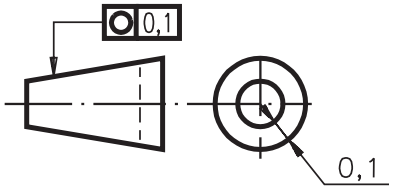
É a condição pela qual qualquer círculo deve estar dentro de uma faixa definida por dois círculos concêntricos, distantes no valor da tolerância especificada.

Especificação do desenhoInterpretação



O campo de tolerância em qualquer seção transversal é limitado por dois círculos concêntricos e distantes 0,5 mm.





O contorno de cada seção transversal deve estar compreendido numa coroa circular de 0,1 mm de largura.

Normalmente, não será necessário especificar tolerâncias de circularidade pois, se os erros de forma estiverem dentro das tolerâncias dimensionais, eles serão suficientemente pequenos para se obter a montagem e o funcionamento adequados da peça.

Entretanto, há casos em que os erros permissíveis, devido a razões funcionais, são tão pequenos que a tolerância apenas dimensional não atenderia à garantia funcional.

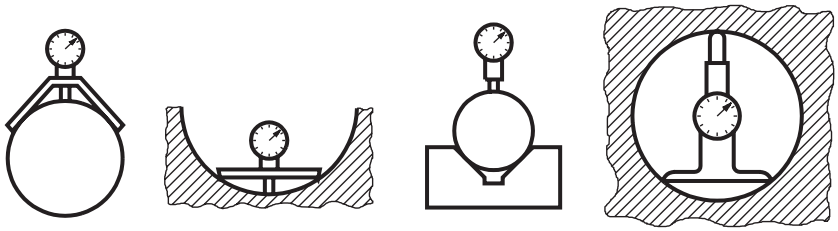
Se isso ocorrer, será necessário especificar tolerâncias de circularidade. É o caso típico de cilindros dos motores de combustão interna, nos quais a tolerância dimensional pode ser aberta (H_{11}), porém a tolerância de circularidade tem de ser estreita, para evitar vazamentos.

Circularidade: métodos de medição – O erro de circularidade é verificado na produção com um dispositivo de medição entre centros.

Se a peça não puder ser medida entre centros, essa tolerância será difícil de ser verificada, devido à infinita variedade de erros de forma que podem ocorrer em virtude da dificuldade de se estabelecer uma superfície padrão, com a qual a superfície pudesse ser comparada. Em geral, adota-se um prisma em "V" e um relógio comparador, ou um relógio comparador que possa fazer medidas em três pontos.

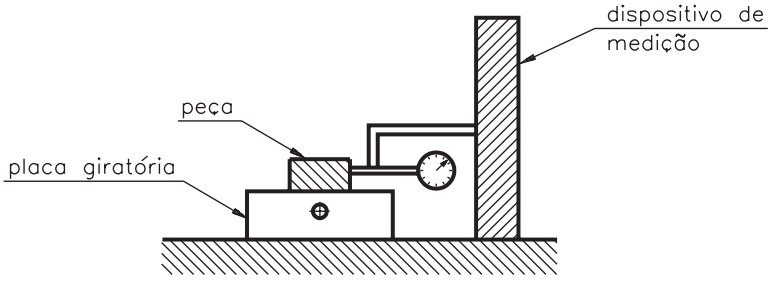
P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/



Sistemas de verificação de circularidade em peças sem centros

A medição mais adequada de circularidade é feita por aparelhos especiais de medida de circularidade utilizados em metrologia, cujo esquema é mostrado abaixo.



Medida de tolerância de circularidade

A linha de centro de giro é perpendicular à face da peça, e passa pelo centro determinado por dois diâmetros perpendiculares da peça (considerada no seu plano da face).

Na usinagem em produção, podemos adotar os valores de circularidade:

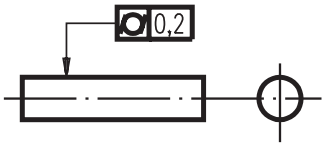
- Torneamento: até 0,01 mm
- Mandrilamento: 0,01 a 0,015 mm
- Retificação: 0,005 a 0,015 mm

Cilindricidade

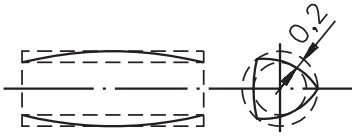
Símbolo: ⌭

É a condição pela qual a zona de tolerância especificada é a distância radial entre dois cilindros coaxiais.

Especificação do desenhoInterpretação



A superfície considerada deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, cujos raios diferem 0,2 mm.



P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

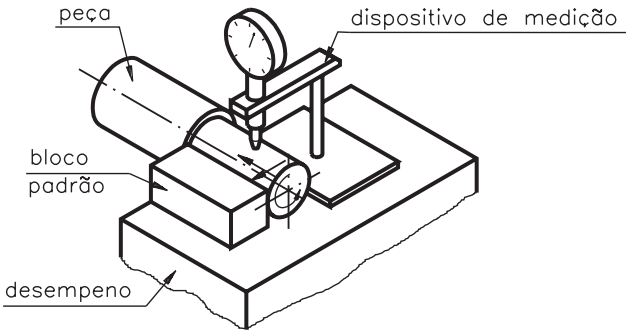
Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

A circularidade é um caso particular de cilindricidade, quando se considera uma seção do cilindro perpendicular à sua geratriz.

A tolerância de cilindricidade engloba:

- Tolerâncias admissíveis na seção longitudinal do cilindro, que compreende conicidade, concavidade e convexidade.
- Tolerância admissível na seção transversal do cilindro, que corresponde à circularidade.

Cilindricidade: método de medição – Para se medir a tolerância de cilindricidade, utiliza-se o dispositivo abaixo.



medição de erros da forma cilíndrica

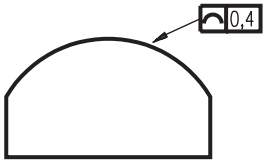
A peça é medida nos diversos planos de medida, e em todo o comprimento. A diferença entre as indicações máxima e mínima não deve ultrapassar, em nenhum ponto do cilindro, a tolerância especificada.

Forma de uma linha qualquer

Símbolo: ⌒

O campo de tolerância é limitado por duas linhas envolvendo círculos cujos diâmetros sejam iguais à tolerância especificada e cujos centros estejam situados sobre o perfil geométrico correto da linha.

Especificação do desenhoInterpretação



Em cada seção paralela ao plano de projeção, o perfil deve estar compreendido entre duas linhas envolvendo círculos de 0,4 mm de diâmetro, centrados sobre o perfil geométrico correto.

P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

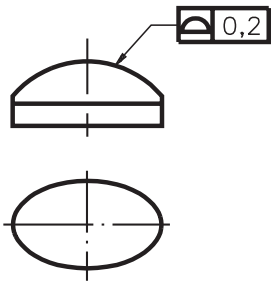
Acesse: ☞ http://fuvestibular.com.br/

Forma de uma superfície qualquer

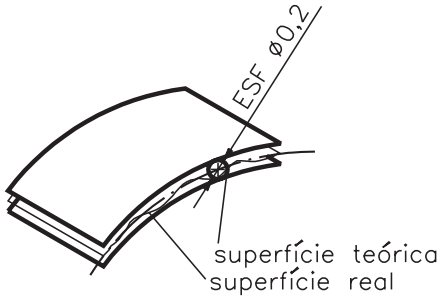
Símbolo: ⌓

O campo de tolerância é limitado por duas superfícies envolvendo esferas de diâmetro igual à tolerância especificada e cujos centros estão situados sobre uma superfície que tem a forma geométrica correta.

Especificação do desenhoInterpretação



A superfície considerada deve estar compreendida entre duas superfícies envolvendo esferas de 0,2 mm de diâmetro, centradas sobre o perfil geométrico correto.



Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Marque com X a resposta correta.

Exercício 1

Um erro de forma corresponde à diferença entre a superfície real da peça e a forma:

a) ( ) planejada;
b) ()geométrica teórica;
c) ( ) calculada;
d) ( ) projetada.

Exercício 2

Quando cada um dos pontos de uma peça for igual ou inferior ao valor da tolerância, diz-se que a forma da peça está:

a) ( ) incorreta;
b) ( ) aceitável;
c) ( ) inaceitável;
d) ( ) correta.

P/ as outras apostilas de Metrologia, Acesse: http://fuvestibular.com.br/telecurso-2000/apostilas/metal-mecanica/metrologia/

Exercício 3

Por meio da régua, micrômetro, comparador, os erros de forma podem ser:

a) ()detectados e corrigidos;
b) ()detectados e eliminados;
c) ()detectados e medidos;
d) ()detectados e reduzidos.

Exercício 4

Aos perfis real, geométrico e efetivo correspondem, respectivamente, os cortes:

a) ()ideal, efetivo, cônico;
b) ()efetivo, geométrico, ideal;
c) ()real, geométrico, efetivo;
d) ()geométrico, definitivo, ideal.

Exercício 5

Erros como ondulações acentuadas, conicidade, ovalização denominam-se erros:

a) ( ) microgeométricos;
b) ()de rugosidade;
c) ( ) macrogeométricos;
d) ()de circularidade.

Exercício 6

Erros microgeométricos podem ser definidos como:

a) ( ) ondulação;
b) ( ) circularidade;
c) ( ) rugosidade;
d) ( ) planeza.

Exercício 7

A planeza é representada pelo símbolo:

a) ( )

b) ( )

c) ( )

d) ( )

Exercício 8

O desgaste prematuro do fio de corte pode causar erro de:

a) ( ) planicidade;
b) ( ) retilineidade;
c) ( ) circularidade;
d) ( ) forma.