

Rugosidade

Um problema

O supervisor de uma empresa verificou que os trabalhos de usinagem não estavam em condições de atender aos requisitos do projeto. Por isso, contratou um técnico para explicar ao seu pessoal as normas e aparelhos utilizados para a verificação do acabamento superficial das peças. Vamos acompanhar as explicações?

Rugosidade das superfícies

As superfícies dos componentes mecânicos devem ser adequadas ao tipo de função que exercem.

Por esse motivo, a importância do estudo do acabamento superficial aumenta à medida que crescem as exigências do projeto.

As superfícies dos componentes deslizantes, como o eixo de um mancal, devem ser lisas para que o atrito seja o menor possível. Já as exigências de acabamento das superfícies externas da tampa e da base do mancal são menores.

A produção das superfícies lisas exige, em geral, custo de fabricação mais elevado.

Os diferentes processos de fabricação de componentes mecânicos determinam acabamentos diversos nas suas superfícies.

As superfícies, por mais perfeitas que sejam, apresentam irregularidades. E essas irregularidades compreendem dois grupos de erros: erros macrogeométricos e erros microgeométricos.

Erros macrogeométricos são os erros de forma, verificáveis por meio de instrumentos convencionais de medição, como micrômetros, relógios comparadores, projetores de perfil etc.

Entre esses erros, incluem-se divergências de ondulações, ovalização, retilidade, planicidade, circularidade etc.

Durante a usinagem, as principais causas dos erros macrogeométricos são:

- defeitos em guias de máquinas-ferramenta;
- desvios da máquina ou da peça;
- fixação errada da peça;
- distorção devida ao tratamento térmico.

Erros microgeométricos são os erros conhecidos como rugosidade.

Rugosidade

É o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície. Essas irregularidades podem ser avaliadas com aparelhos eletrônicos, a exemplo do rugosímetro. A rugosidade desempenha um papel importante no comportamento dos componentes mecânicos. Ela influi na:

- qualidade de deslizamento;
- resistência ao desgaste;
- possibilidade de ajuste do acoplamento forçado;
- resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluidos e lubrificantes;
- qualidade de aderência que a estrutura oferece às camadas protetoras;
- resistência à corrosão e à fadiga;
- vedação;
- aparência.

A grandeza, a orientação e o grau de irregularidade da rugosidade podem indicar suas causas que, entre outras, são:

- imperfeições nos mecanismos das máquinas-ferramenta;
- vibrações no sistema peça-ferramenta;
- desgaste das ferramentas;
- o próprio método de conformação da peça.

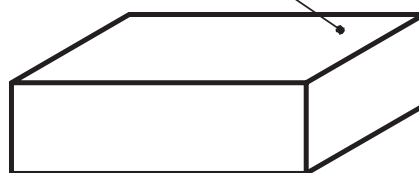
Conceitos básicos

Para estudar e criar sistemas de avaliação do estado da superfície, é necessário definir previamente diversos termos e conceitos que possam criar uma linguagem apropriada. Com essa finalidade utilizaremos as definições da norma NBR 6405/1988.

Superfície geométrica

Superfície ideal prescrita no projeto, na qual não existem erros de forma e acabamento. Por exemplo: superfícies plana, cilíndrica etc., que sejam, por definição, perfeitas. Na realidade, isso não existe; trata-se apenas de uma referência.

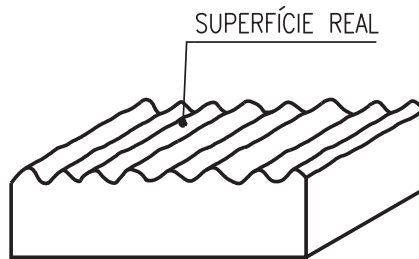
SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA



A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

Superfície real

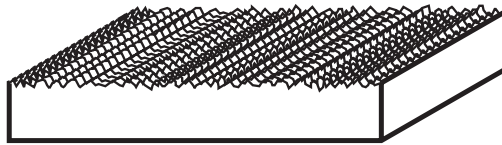
Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. É a superfície que resulta do método empregado na sua produção. Por exemplo: torneamento, retífica, ataque químico etc. Superfície que podemos ver e tocar.



Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.

Superfície efetiva

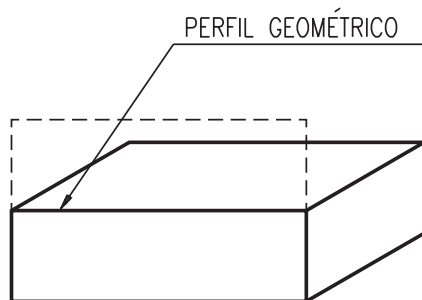
Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça. É a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição. É importante esclarecer que existem diferentes sistemas e condições de medição que apresentam diferentes superfícies efetivas.



Superfície efetiva apresentada com ampliação por uma impressora.

Perfil geométrico

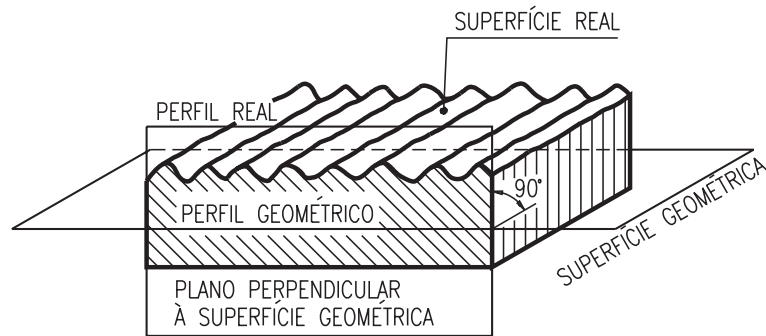
Interseção da superfície geométrica com um plano perpendicular. Por exemplo: uma superfície plana perfeita, cortada por um plano perpendicular, originará um perfil geométrico que será uma linha reta.



O perfil geométrico é, por definição, perfeito.

Perfil real

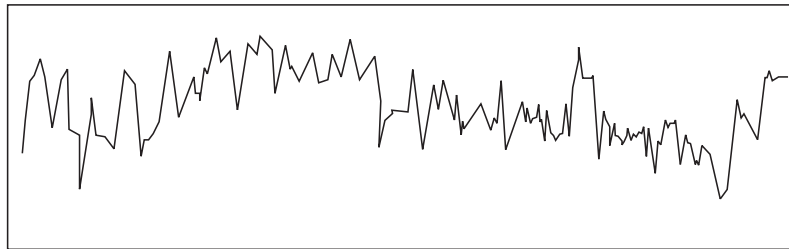
Intersecção da superfície real com um plano perpendicular. Neste caso, o plano perpendicular (imaginário) cortará a superfície que resultou do método de usinagem e originará uma linha irregular.



Perfil real, cortado por um plano perpendicular.

Perfil efetivo

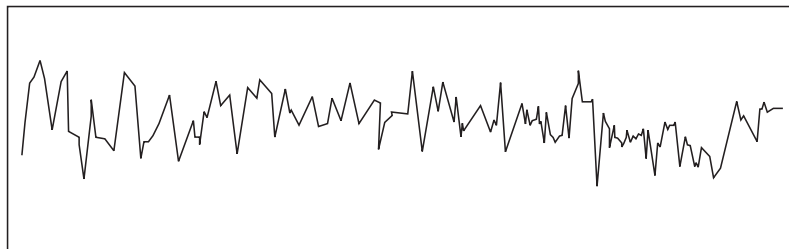
Imagem aproximada do perfil real, obtido por um meio de avaliação ou medição. Por exemplo: o perfil apresentado por um registro gráfico, sem qualquer filtragem e com as limitações atuais da eletrônica.



Perfil efetivo, obtido com impressora de rugosímetro (sem filtrar ondulações).

Perfil de rugosidade

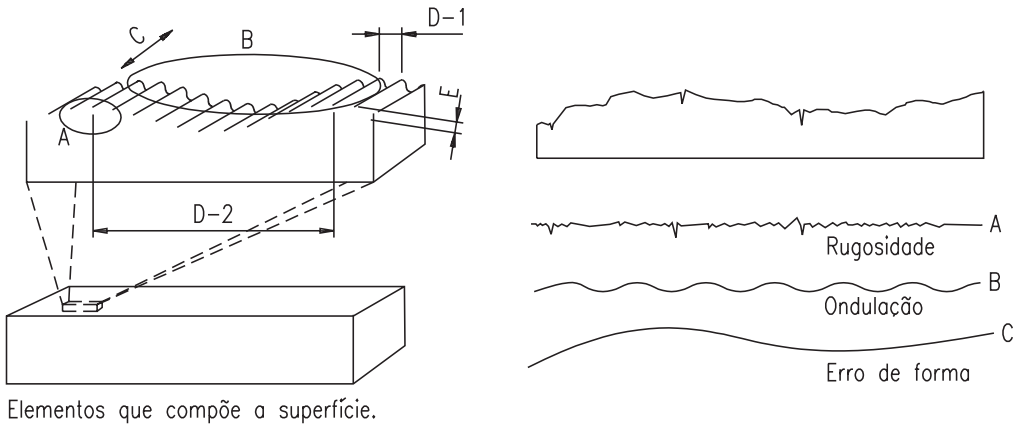
Obtido a partir do perfil efetivo, por um instrumento de avaliação, após filtragem. É o perfil apresentado por um registro gráfico, depois de uma filtragem para eliminar a ondulação à qual se sobrepõe geralmente a rugosidade.



Perfil de rugosidade (após filtragem da ondulação).

Composição da superfície

Tomando-se uma pequena porção da superfície, observam-se certos elementos que a compõem.



A figura representa um perfil efetivo de uma superfície, e servirá de exemplo para salientar os elementos que compõem a textura superficial, decompondo o perfil.

A) Rugosidade ou textura primária é o conjunto das irregularidades causadas pelo processo de produção, que são as impressões deixadas pela ferramenta (fresa, pastilha, rolo laminador etc.).
Lembrete: a rugosidade é também chamada de erro microgeométrico.

B) Ondulação ou textura secundária é o conjunto das irregularidades causadas por vibrações ou deflexões do sistema de produção ou do tratamento térmico.

C) Orientação das irregularidades é a direção geral dos componentes da textura, e são classificados como:

- orientação ou perfil periódico - quando os sulcos têm direções definidas;
- orientação ou perfil aperiódico - quando os sulcos não têm direções definidas.

D) Passo das irregularidades é a média das distâncias entre as saliências.

D1: passo das irregularidades da textura primária;
D2: passo das irregularidades da textura secundária.
O passo pode ser designado pela frequência das irregularidades.

E) Altura das irregularidades ou amplitude das irregularidades.
Examinamos somente as irregularidades da textura primária.

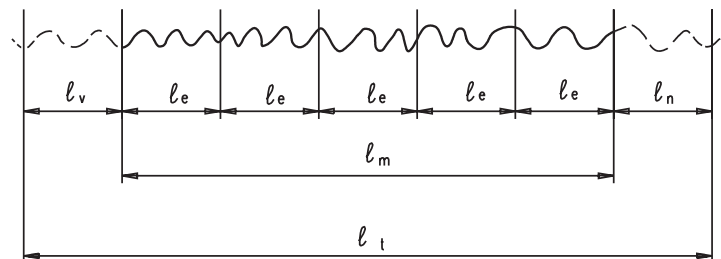
Crêterios para avaliar a rugosidade

Comprimento de amostragem (*Cut off*)

Toma-se o perfil efetivo de uma superfície num comprimento l_m , comprimento total de avalia o. Chama-se o comprimento l_e de comprimento de amostragem (NBR 6405/1988).

O comprimento de amostragem nos aparelhos eletrônicos, chamado de *cut-off* (l_e), não deve ser confundido com a distância total (l_t) percorrida pelo apalpador sobre a superfície.

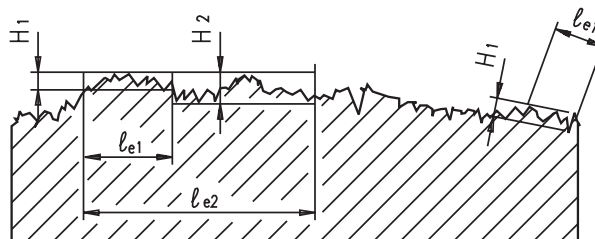
  recomendado pela norma ISO que os rugosímetros devam medir 5 comprimentos de amostragem e devem indicar o valor médio.



Comprimentos para avalia o de rugosidade.

A distância percorrida pelo apalpador deverá ser igual a $5l_e$ mais a distância para atingir a velocidade de medi o l_v e para a parada do apalpador l_n .

Como o perfil apresenta rugosidade e ondula o, o comprimento de amostragem filtra a ondula o.



Rugosidade e ondula o

A rugosidade H_2   maior, pois l_{e2} incorpora ondula o.

A rugosidade H_1   menor, pois, como o comprimento l_{e1}   menor, ele filtra a ondula o.

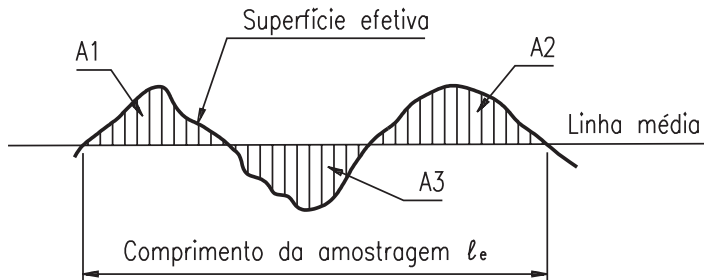
Sistemas de medi o da rugosidade superficial

São usados dois sistemas básicos de medida: o da linha média M e o da envolvente E. O sistema da linha média   o mais utilizado. Alguns países adotam ambos os sistemas. No Brasil - pelas Normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984 -,   adotado o sistema M.

Sistema M

No sistema da linha média, ou sistema M, todas as grandezas da medição da rugosidade são definidas a partir do seguinte conceito de linha média:

Linha média é a linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de tal modo que a soma das áreas superiores, compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores, no comprimento da amostragem (ℓ_e).



A1 e A2 áreas acima da linha média = A3 área abaixo da linha média.

$$A1 + A2 = A3$$

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

Marque com X a resposta correta.

Exercício 1

Erros microgeométricos são verificáveis por:

- a) () rugosímetro;
- b) () projetor de perfil;
- c) () micrômetro;
- d) () relógio comparador.

Exercício 2

A rugosidade desempenha um papel importante no comportamento dos componentes mecânicos. Ela não influi:

- a) () na aparência;
- b) () na qualidade de deslizamento;
- c) () na resistência ao desgaste;
- d) () nenhuma das respostas anteriores.

Exercícios

Exercício 3

A superfície obtida por processos de fabricação, denomina-se:

- a) () geométrica;
- b) () real;
- c) () efetiva;
- d) () rugosa;

Exercício 4

Cut off significa:

- a) () passo das irregularidades;
- b) () ondulações causada por vibrações do sistema de produção;
- c) () comprimento de amostragem nos aparelhos eletrônicos (rugosímetros);
- d) () orientação dada as irregularidades.

