

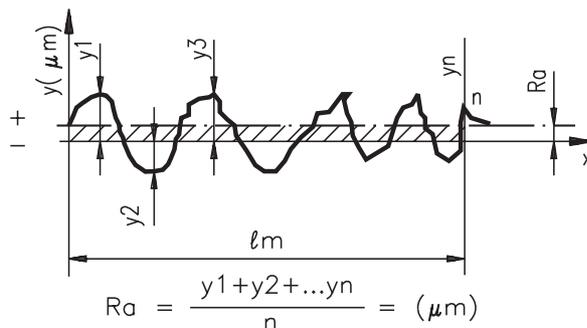
Parâmetros de rugosidade

A superfície de peças apresenta perfis bastante diferentes entre si. As saliências e reentrâncias (rugosidade) são irregulares. Para dar acabamento adequado às superfícies é necessário, portanto, determinar o nível em que elas devem ser usinadas, ou seja, deve-se adotar um parâmetro que possibilite avaliar a rugosidade. É o que vamos estudar nesta aula.

Um problema

Rugosidade média (Ra)

É a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_i), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (l_m). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (l_m).



Esse parâmetro é conhecido como:

Ra (*roughness average*) significa rugosidade média;

CLA (*center line average*) significa centro da linha média, e é adotado pela norma inglesa. A medida é expressa em micropolegadas (min = microinch).

O parâmetro Ra pode ser usado nos seguintes casos:

- Quando for necessário o controle contínuo da rugosidade nas linhas de produção;
- Em superfícies em que o acabamento apresenta sulcos de usinagem bem orientados (torneamento, fresagem etc.);
- Em superfícies de pouca responsabilidade, como no caso de acabamentos com fins apenas estéticos.

Vantagens do parâmetro Ra

É o parâmetro de medição mais utilizado em todo o mundo.

É aplicável à maioria dos processos de fabricação.

Devido a sua grande utilização, quase todos os equipamentos apresentam esse parâmetro (de forma analógica ou digital eletrônica).

Os riscos superficiais inerentes ao processo não alteram muito seu valor.

Para a maioria das superfícies, o valor da rugosidade nesse parâmetro está de acordo com a curva de Gauss, que caracteriza a distribuição de amplitude.

Desvantagens do parâmetro Ra

O valor de Ra em um comprimento de amostragem indica a média da rugosidade. Por isso, se um pico ou vale não típico aparecer na superfície, o valor da média não sofrerá grande alteração, ocultando o defeito.

O valor de Ra não define a forma das irregularidades do perfil. Dessa forma, poderemos ter um valor de Ra para superfícies originadas de processos diferentes de usinagem.

Nenhuma distinção é feita entre picos e vales.

Para alguns processos de fabricação com frequência muito alta de vales ou picos, como é o caso dos sinterizados, o parâmetro não é adequado, já que a distorção provocada pelo filtro eleva o erro a altos níveis.

Indicação da rugosidade Ra pelos números de classe

A norma NBR 8404/1984 de indicação do Estado de Superfícies em Desenhos Técnicos esclarece que a característica principal (o valor) da rugosidade Ra pode ser indicada pelos números da classe de rugosidade correspondente, conforme tabela a seguir.

CLASSE DE RUGOSIDADE	RUGOSIDADE RA (valorem mm)
N12	50
N11	25
N10	12,5
N9	6,3
N8	3,2
N7	1,6
N6	0,8
N5	0,4
N4	0,2
N3	0,1
N2	0,05
N1	0,025

O desvio médio aritmético é expresso em micrometro (mm).

Medição da rugosidade (Ra)

Na medição da rugosidade, são recomendados valores para o comprimento da amostragem, conforme tabela abaixo.

RUGOSIDADE RA (mm)	MÍNIMO COMPRIMENTO DE AMOSTRAGEM L (CUT OFF) (mm)
De 0 até 0,1	0,25
Maior que 0,1 até 2,0	0,80
Maior que 2,0 até 10,0	2,50
Maior que 10,0	8,00

Simbologia, equivalência e processos de usinagem

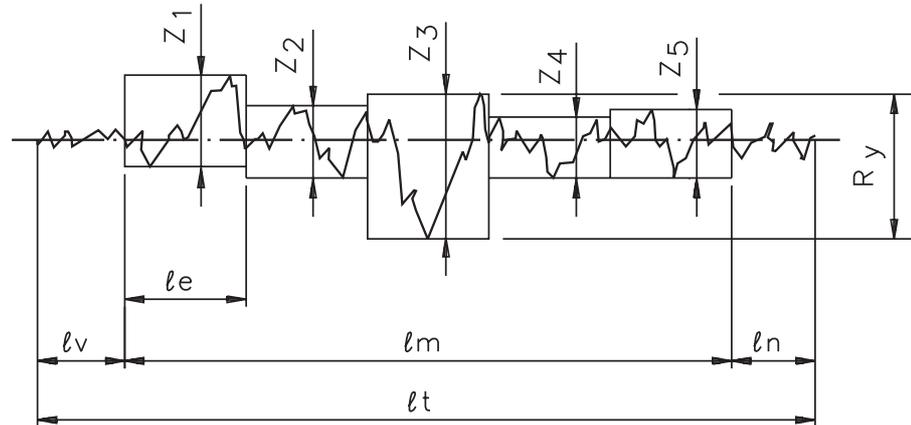
A tabela que se segue, classifica os acabamentos superficiais - geralmente encontrados na indústria mecânica - em 12 grupos, e as organiza de acordo com o grau de rugosidade e o processo de usinagem que pode ser usado em sua obtenção. Permite, também, visualizar uma relação aproximada entre a simbologia de triângulos, as classes e os valores de Ra (mm).

Grupos de rugosidades	▽			▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽		
Rugosidade máxima valores em Ra(μm)	50			6,3			0,8			0,1		
Classes de rugosidade (GRADE)	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidade máxima valores em Ra(μm)	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
Informações sobre os resultados de usinagem												
Serrar	[Barra com hachuras para desbaste superior]											
Limar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Plainar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais]											
Tornear	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Furar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Rebaixar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Alargar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Fresar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Brochar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Raspar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Retificar(frontal)	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Retificar(lateral)	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Alisar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]											
Superfinish	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais]											
Lapidar	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais]											
Polir	[Barra com hachuras para rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais]											

- [Barra com hachuras para desbaste superior]
- [Barra com hachuras para rugosidade realizável com usinagem comum]
- [Barra com hachuras para rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais]

Rugosidade máxima (R_y)

Está definido como o maior valor das rugosidades parciais (Z_i) que se apresenta no percurso de medição (l_m). Por exemplo: na figura a seguir, o maior valor parcial é o Z_3 , que está localizado no 3º cut off, e que corresponde à rugosidade R_y .



Rugosidade R_y definida pela rugosidade parcial (neste caso Z_3)

O parâmetro R_y pode ser empregado nos seguintes casos:

- Superfícies de vedação;
- Assentos de anéis de vedação;
- Superfícies dinamicamente carregadas;
- Tampões em geral;
- Parafusos altamente carregados;
- Superfícies de deslizamento em que o perfil efetivo é periódico.

Vantagens do parâmetro R_y

Informa sobre a máxima deteriorização da superfície vertical da peça.

É de fácil obtenção quando o equipamento de medição fornece o gráfico da superfície.

Tem grande aplicação na maioria dos países.

Fornece informações complementares ao parâmetro R_a (que dilui o valor dos picos e vales).

Desvantagens do parâmetro R_y

Nem todos os equipamentos fornecem o parâmetro. E, para avaliá-lo por meio de um gráfico, é preciso ter certeza de que o perfil registrado é um perfil de rugosidade. Caso seja o perfil efetivo (sem filtragem), deve ser feita uma filtragem gráfica.

Pode dar uma imagem errada da superfície, pois avalia erros que muitas vezes não representam a superfície como um todo. Por exemplo: um risco causado após a usinagem e que não caracteriza o processo.

Individualmente, não apresenta informação suficiente a respeito da superfície, isto é, não informa o formato da superfície. A figura a seguir ilustra esta idéia: diversas formas de rugosidade podem ter o mesmo valor para R_y .

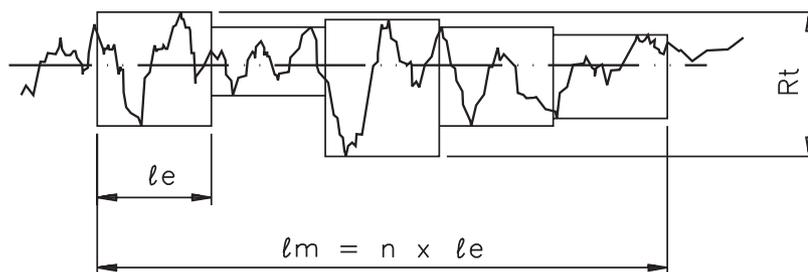


Diversas formas de rugosidade podem ter o mesmo valor para R_y .

Observação: O parâmetro R_y substitui o parâmetro $R_{m\acute{a}x}$.

Rugosidade total (R_t)

Corresponde à distância vertical entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento de avaliação (l_m), independentemente dos valores de rugosidade parcial (Z_i). Na figura abaixo, pode-se observar que o pico mais alto está no retângulo Z_1 , e que o vale mais fundo encontra-se no retângulo Z_3 . Ambos configuram a profundidade total da rugosidade R_t .



Rugosidade R_t . Distância entre pico mais alto e vale mais fundo.

O parâmetro R_t tem o mesmo emprego do R_y , mas com maior rigidez, pois considera o comprimento de amostra igual ao comprimento de avaliação.

Vantagens do parâmetro R_t

É mais rígido na avaliação que o R_y , pois considera todo o comprimento de avaliação e não apenas o comprimento de amostragem (1 valor de *cut off*).

É mais fácil para obter o gráfico de superfície do que com o parâmetro R_y . Tem todas as vantagens indicadas para o R_y .

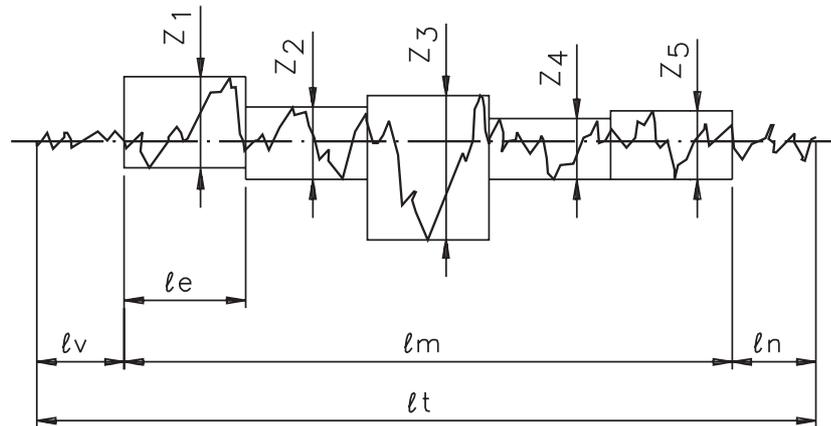
Desvantagem do parâmetro R_t

Em alguns casos, a rigidez de avaliação leva a resultados enganosos.

Rugosidade média (R_z)

Corresponde à média aritmética dos cinco valores de rugosidade parcial. Rugosidade parcial (Z_i) é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média, existentes no comprimento de amostragem (*cut off*). Na representação gráfica do perfil, esse valor corresponde à altura entre os pontos máximo e mínimo do perfil, no comprimento de amostragem (l_e). Ver figura a seguir.

$$R_z = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}{5}$$



Rugosidade parcial Z_i para definir R_z .

O parâmetro R_z pode ser empregado nos seguintes casos:

- Pontos isolados não influenciam na função da peça a ser controlada. Por exemplo: superfícies de apoio e de deslizamento, ajustes prensados etc.;
- Em superfícies onde o perfil é periódico e conhecido.

Vantagens do parâmetro R_z

Informa a distribuição média da superfície vertical.

É de fácil obtenção em equipamentos que fornecem gráficos.

Em perfis periódicos, define muito bem a superfície.

Riscos isolados serão considerados apenas parcialmente, de acordo com o número de pontos isolados.

Desvantagens do parâmetro R_z

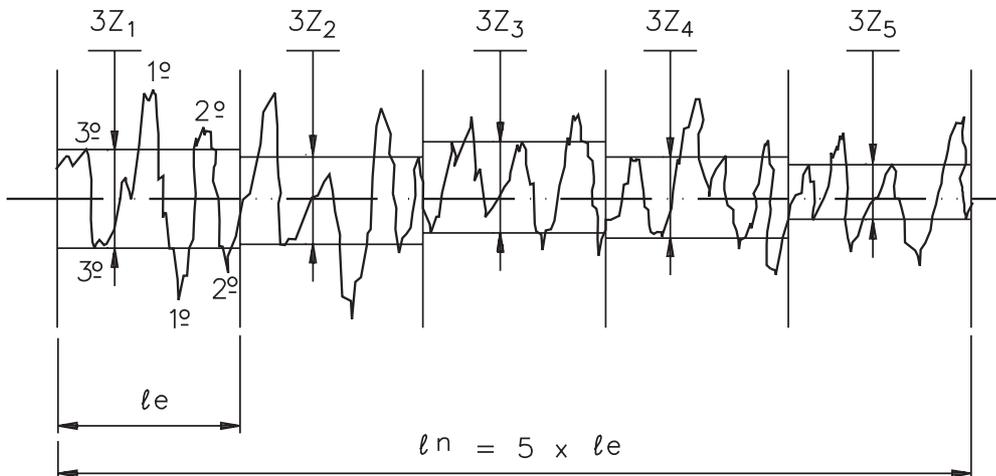
Em algumas aplicações, não é aconselhável a consideração parcial dos pontos isolados, pois um ponto isolado acentuado será considerado somente em 20%, mediante a divisão de $\frac{1}{5}$.

Assim como o R_y , não possibilita nenhuma informação sobre a forma do perfil, bem como da distância entre as ranhuras.

Nem todos os equipamentos fornecem esse parâmetro.

Rugosidade média do terceiro pico e vale (R_{3Z})

Consiste na média aritmética dos valores de rugosidade parcial ($3Z_i$), correspondentes a cada um dos cinco módulos (*cut off*). Em cada módulo foram traçadas as distâncias entre o terceiro pico mais alto e o terceiro vale mais fundo, em sentido paralelo à linha média. Na figura abaixo ilustram-se os cinco módulos com os valores $3Z_i$ ($i =$ de 1 a 5).



$$R_{3Z} = \frac{3Z_1 + 3Z_2 + 3Z_3 + 3Z_4 + 3Z_5}{5}$$

O parâmetro R_{3Z} pode ser empregado em:

- Superfícies de peças sinterizadas;
- Peças fundidas e porosas em geral.

Vantagens do parâmetro R_{3Z}

Desconsidera picos e vales que não sejam representativos da superfície.
Caracteriza muito bem uma superfície que mantém certa periodicidade do perfil ranhurado.

É de fácil obtenção com equipamento que forneça gráfico.

Desvantagens do parâmetro R_{3Z}

Não possibilita informação sobre a forma do perfil nem sobre a distância entre ranhuras.

Poucos equipamentos fornecem o parâmetro de forma direta.

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

O parâmetro de avaliação da rugosidade mais usado é:

- a) Rz;
- b) Ra;
- c) Rt;
- d) Ry.

Exercício 2

A classe N4 corresponde a uma rugosidade Ra igual a 0,2 mm. Com esses valores recomenda-se um comprimento de amostragem (*cut off*) igual a:

- a) 8,00 mm;
- b) 2,50 mm;
- c) 0,25 mm;
- d) 0,80 mm.

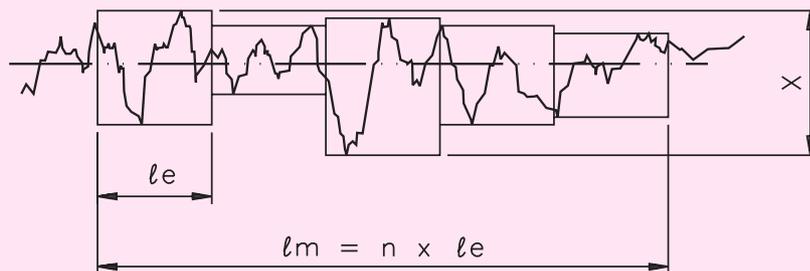
Exercício 3

Para medir a rugosidade de uma superfície de peças sinterizadas utiliza-se o parâmetro:

- a) Rz;
- b) Rt;
- c) Ra;
- d) R_{3Z} .

Exercício 4

A cota representada com X na figura abaixo corresponde a:



- a) Ry;
- b) R_{3Z} ;
- c) Ra;
- d) Rt.