

Corso di **Disegno Tecnico Industriale**
per i Corsi di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica e
in Ingegneria dell'Energia

Stato della superficie

Docente: Gianmaria Concheri
E-mail: gianmaria.concheri@unipd.it
Tel. 049 8276739



Superficie

Struttura degli strati superficiali

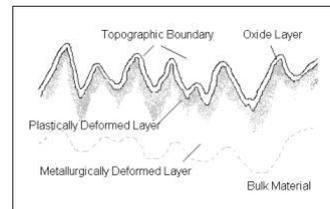
- Uno strato topografico, composto da picchi e valli che costituiscono lo stato della superficie. Questo è il risultato del processo di taglio del metallo e viene prodotto durante il passaggio dell'utensile;

- uno strato di ossido, che tutti i metalli possiedono e che si sviluppa per parecchi nanometri;

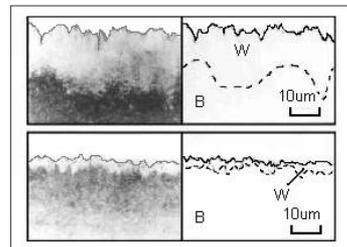
- uno strato di deformazione plastica prodotto durante la lavorazione alla macchina utensile a causa delle forze in gioco;

- uno strato in cui si manifesta una deformazione della composizione metallurgica dell'acciaio a causa dello sviluppo di alte temperature durante il processo di taglio;

- il materiale grezzo.



Struttura degli strati superficiali



Superficie della sezione trasversale di un componente rettificato in acciaio

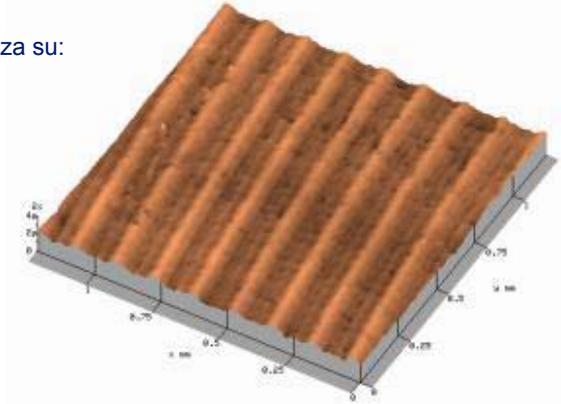


Errori micro-geometrici

Gli errori microgeometrici, costituiscono lo Stato della Superficie: l'**ondulazione** e la **rugosità**.

La **rugosità** ha notevole influenza su:

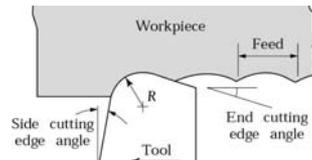
1. durata
2. resistenza a fatica
3. resistenza alla corrosione
4. lubrificazione
5. ...etc...



La valutazione di questi difetti (microfessure, striature, solchi derivanti dalle lavorazioni, etc.) si effettua mediante misure che consentono una loro definizione in termini quantitativi.



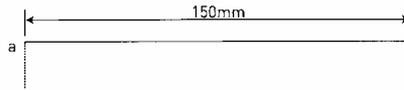
“IMPRONTA” del processo di lavorazione



Stato della superficie

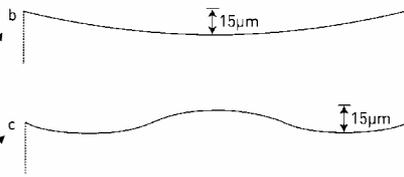
Errori macro- e micro-geometrici

Superficie nominale



Superficie effettiva o reale avente irregolarità caratterizzate da:

- uguale ampiezza
- differente spaziatura



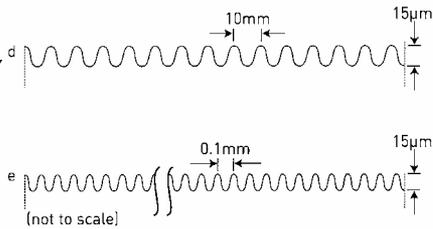
Errori Macrogeometrici

- Forma

Errori Microgeometrici

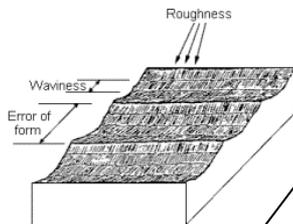
- Ondulazione

- Rugosità



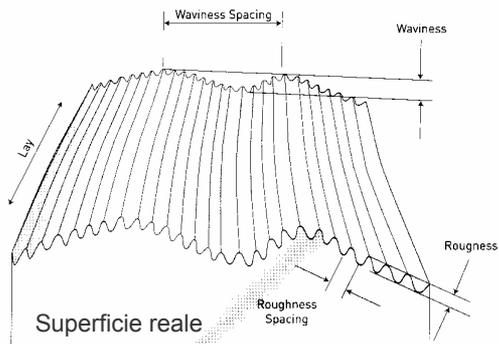
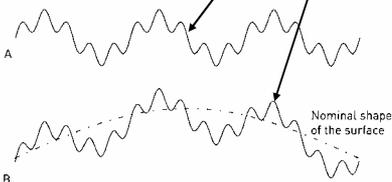
Stato della superficie

Errori macro- e micro-geometrici

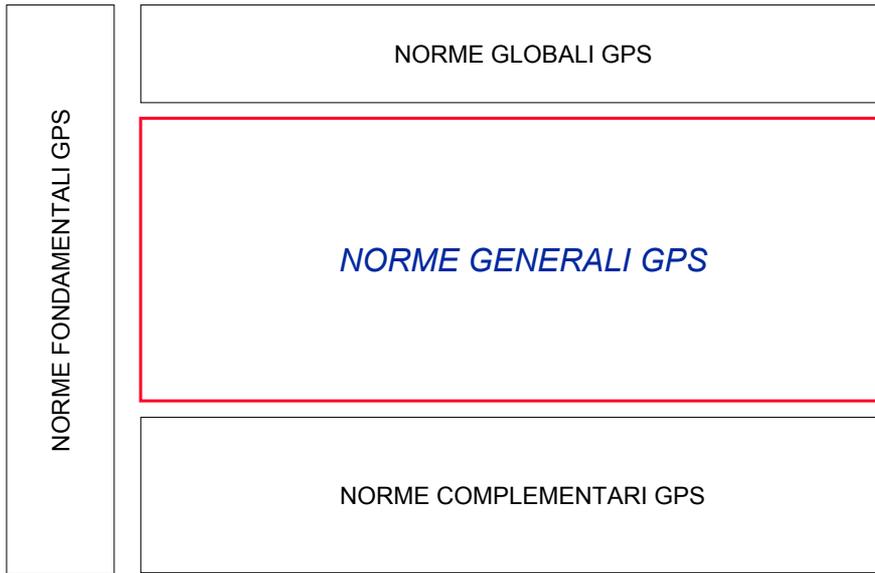


Superfici reali caratterizzate da:

- ondulazione e rugosità
- errore di forma, ondulazione e rugosità



MODELLO DELLA MATRICE DELLE NORME GPS



Matrice generale GPS

| Numero dell'anello della catena | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--|---|---|---|---|-----------------------|
| Caratteristica dell'elemento geometrico | Indicazioni nella documentazione dei prodotti - Codifica | Definizione delle tolleranze - definizione teorica e valori | Definizione degli elementi geometrici reali (effettivi) - caratteristiche o parametri | Stima delle deviazioni del pezzo - Confronto con i limiti di tolleranza | Requisiti degli strumenti per misurazione | Requisiti di taratura |
| 1 | Dimensione | | | | | |
| 2 | Distanza | | | | | |
| 3 | Raggio | | | | | |
| 4 | Angolo | | | | | |
| 5 | Forma di una linea indipendente da un riferimento | | | | | |
| 6 | Forma di una linea dipendente da un riferimento | | | | | |
| 7 | Forma di una superficie indipendente da un riferimento | | | | | |
| 8 | Forma di una superficie dipendente da un riferimento | | | | | |
| 9 | Orientamento | | | | | |
| 10 | Posizionamento | | | | | |
| 11 | Oscillazione circolare | | | | | |
| 12 | Oscillazione totale | | | | | |
| 13 | Riferimenti | | | | | |
| 14 | Profilo di rugosità | | | | | |
| 15 | Profilo di ondulazione | | | | | |
| 16 | Profilo primario | | | | | |
| 17 | Difetti della superficie | | | | | |
| 18 | Bordi | | | | | |



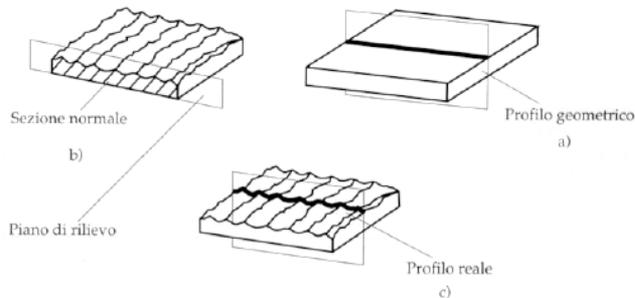
Nome relative allo stato della superficie

| Indicazioni nella documentazione dei prodotti – Codifica | Definizione delle tolleranze - Definizione teorica e valori | Definizione degli elementi geometrici reali (effettivi) – Caratteristiche o parametri | Stima delle deviazioni del pezzo - Confronto con i limiti di tolleranza | Requisiti degli strumenti per misurazione | Requisiti di taratura | |
|--|---|---|---|---|-----------------------|--|
| Numero dell'anello della catena | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Profilo di rugosità | ISO 1302:2002 | ISO 4287:1997 ISO 13565-1:1996 ISO 13565-2:1996 ISO 13565-3:1998 ISO 11562:1996 ISO 12085:1996 | ISO 4288:1996 ISO 13565-1:1996 ISO 11562:1996 ISO 12085:1996 | ISO 4288:1996 ISO 12085:1996 | ISO 3274:1996 | ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000 |
| Profilo di ondulazione | ISO 1302:2002 | ISO 4287:1997 ISO 11562:1996 ISO 12085:1996 | ISO 11562:1996 ISO 12085:1996 | ISO 12085:1996 | ISO 3274:1996 | ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000 |
| Profilo primario | ISO 1302:2002 | ISO 4287:1997 ISO 13565-3:1996 ISO 11562:1996 | ISO 4288:1996 | ISO 4288:1996 | ISO 3274:1996 | ISO 5436-1:2000 ISO 5436-2:2000 ISO 12179:2000 |
| Imperfezioni superficiali | ISO 8785:1998 | ISO 8785:1998 | | | | |



Definizioni

Definizioni:



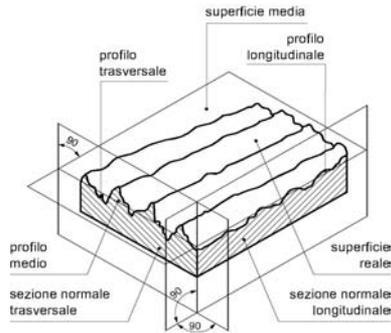
≠ **superficie reale**: superficie che delimita il corpo e lo separa dall'ambiente circostante.

≠ **superficie nominale**: superficie ideale la cui forma è definita dal disegno.

≠ **piano di rilievo**: piano ortogonale alla superficie nominale con il quale si seziona idealmente la superficie stessa.



Definizioni



≠ **direzione delle irregolarità**: direzione prevalente dell'andamento delle irregolarità.

≠ **profilo reale**: curva risultante dall'intersezione della superficie reale con il piano di rilievo.

≠ **profilo nominale**: curva risultante dall'intersezione della superficie nominale con il piano di rilievo.

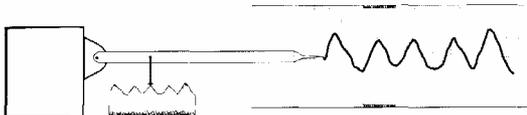
≠ **profilo misurato**: approssimazione del profilo reale rilevato con opportuni strumenti di misura



Definizioni



Profilometro/rugosimetro:
TSK SURFCOM 1800

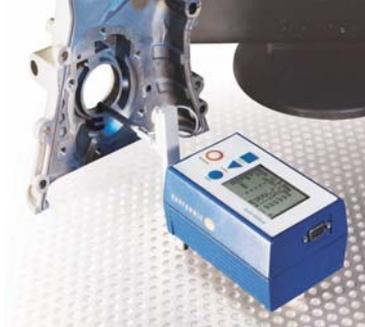


Strumenti di misura: classificazione

Tastatore meccanico – Tastatore laser



2D (profilo) - 3D (area)



Portatili - Da laboratorio



La funzione seno

SEMIAMPIEZZA

$$A := 16$$

FREQUENZA

$$f := 1.25$$

FREQUENZA ANGOLARE

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$$

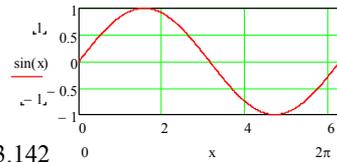
LUNGHEZZA D'ONDA

$$\lambda := \frac{1}{f} = 0.8$$

$$x_0 := 0.4$$

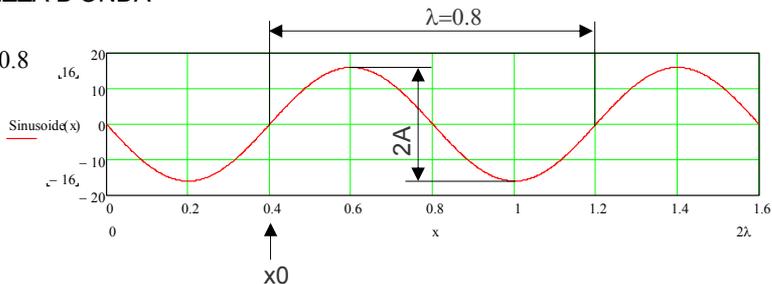
FASE

$$\varphi := -x_0(2 \cdot \pi \cdot f) = -3.142$$



FUNZIONE SINUSOIDALE

$$\text{Sinusoide}(x) := A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot x + \varphi)$$



Sviluppo in serie di Fourier:

ogni funzione può essere considerata come la somma di un termine costante e di infinite sinusoidi aventi frequenze pari $n \cdot f$ con $f=1/\lambda_0$ e $n \in \mathbb{N}$, una determinata ampiezza e un determinata fase

Applicando la trasformata di Fourier ad una funzione è possibile determinare i valori delle ampiezze, e delle fasi delle sinusoidi la cui somma equivale alla funzione di partenza.

Quando andiamo ad acquisire un profilo di rugosità, quello che otteniamo è un campionamento discreto della superficie, cioè misuriamo un numero discreto di punti

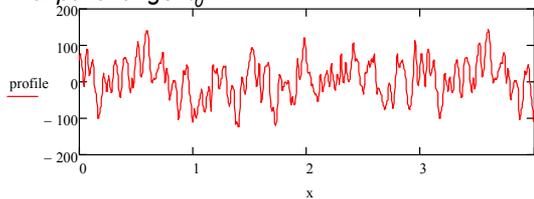
Anche in questo caso è possibile applicare la trasformata di Fourier che in questo caso prende il nome di trasformata discreta.



Fourier: esempio

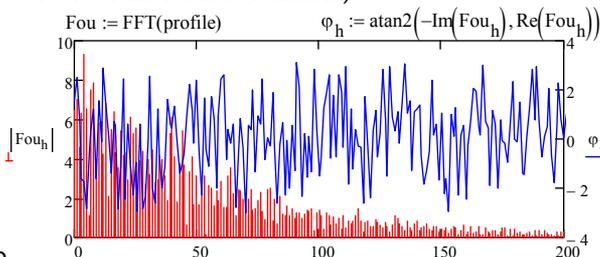
| profile = | 0 | x = | 0 |
|-----------|----------|-----|----------------------|
| | 59.207 | | 0 |
| | 70.888 | | $3.91 \cdot 10^{-3}$ |
| | 77.054 | | $7.82 \cdot 10^{-3}$ |
| | 75.401 | | 0.012 |
| | 67.606 | | 0.016 |
| | ... | | ... |
| profile = | 0 | x = | 0 |
| | -64.223 | | 3.98 |
| | -78.882 | | 3.984 |
| | -93.131 | | 3.988 |
| | -104.307 | | 3.992 |
| | -108.749 | | 3.996 |
| | ... | | ... |

Sia dato un profilo discreto definito da un numero finito di punti lungo $\lambda_0=4$



Applichiamo la trasformata di Fourier discreta (DFT; FFT = Fast Fourier Transform)

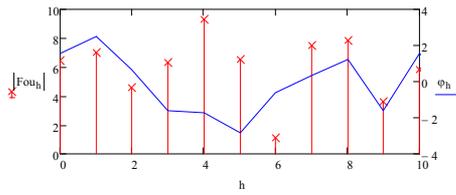
| Fou = | 0 |
|-------|-----------------|
| | 6.468 |
| | $4.187+5.588i$ |
| | $2.866-3.544i$ |
| | $-6.349+0.189i$ |
| | $-9.23+1.275i$ |
| | $-1.94+6.247i$ |
| | $-0.651-0.938i$ |
| | $2.616-7.04i$ |
| | ... |



Applicando la FFT otteniamo dei numeri complessi, che possono essere definiti da un modulo e da una fase φ



Fourier: esempio



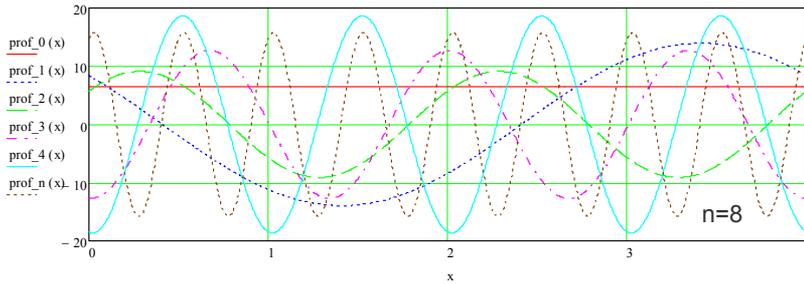
Dallo sviluppo in serie di Fourier otteniamo le seguenti funzioni sinusoidali

$$\text{prof}_0(x) := \text{Fou}_0$$

$$\text{prof}_2(x) := 2 \left| \text{Fou}_2 \right| \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{2}{\lambda_0} \cdot x + \varphi_2 \right)$$

$$\text{prof}_1(x) := 2 \left| \text{Fou}_1 \right| \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{\lambda_0} \cdot x + \varphi_1 \right)$$

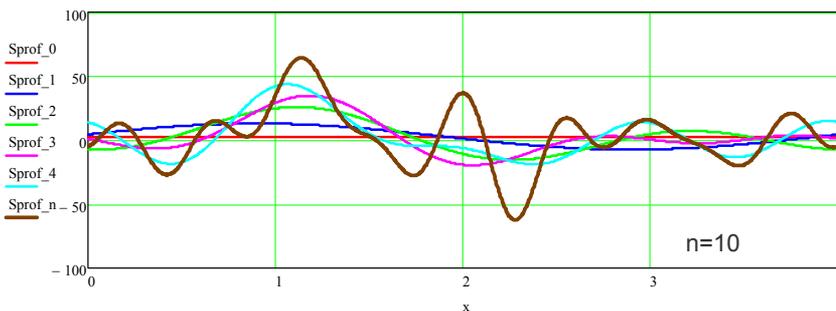
$$\text{prof}_n(x) := 2 \left| \text{Fou}_n \right| \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{\lambda_0} \cdot x + \varphi_n \right)$$



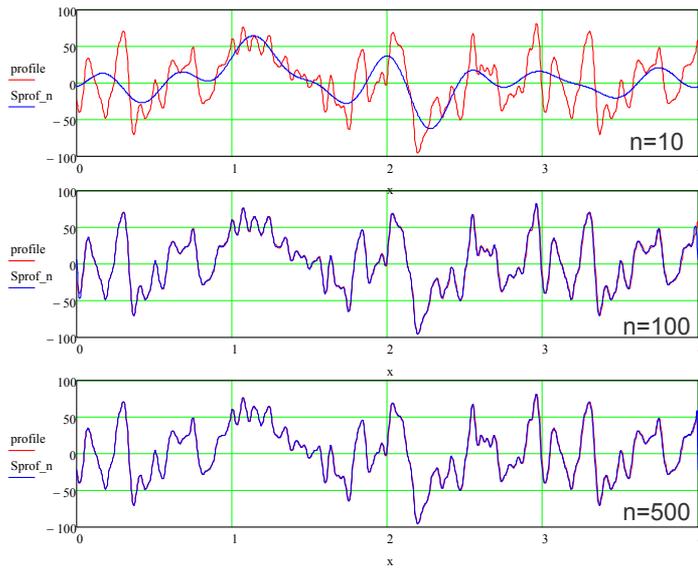
Fourier: esempio

Rappresentiamo la somma delle funzioni sinusoidali ottenute dallo sviluppo in serie di Fourier

$$\text{Sprof}_{n_h} := \sum_{i=1}^n \left(2 \left| \text{Fou}_i \right| \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{\lambda_0} \cdot x_h + \varphi_i \right) \right) + \text{Fou}_0$$



Fourier: esempio

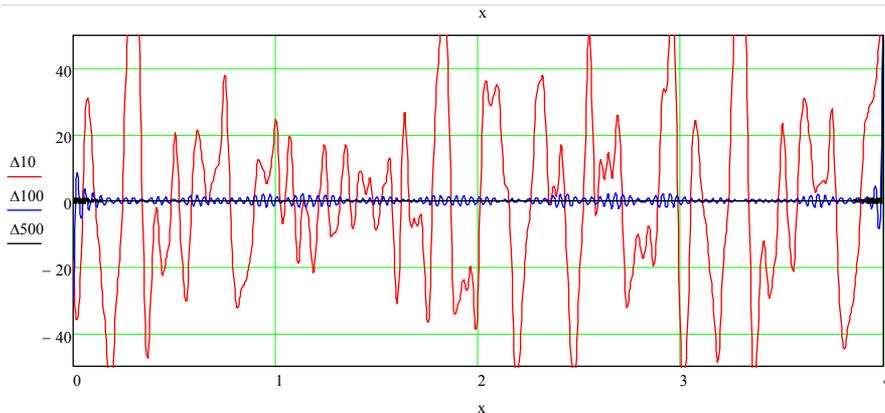


Sommando le prime n funzioni sinusoidali otteniamo grafici riportati accanto

In sostanza abbiamo trasformato il profilo discreto nella somma di funzioni sinusoidali



Fourier: esempio



Per i tre casi precedenti riportiamo il risultato della differenza tra funzione di partenza e lo sviluppo in serie di Fourier limitato alle prime n frequenze con $n=10$, $n=100$, $n=500$



Caratteristiche di trasmissione di un filtro

Per una determinata lunghezza d'onda λ la caratteristica del filtro rappresenta il rapporto tra l'ampiezza della funzione sinusoidale prima del filtraggio e l'ampiezza della funzione sinusoidale dopo il filtraggio (ISO 11562: 1996)

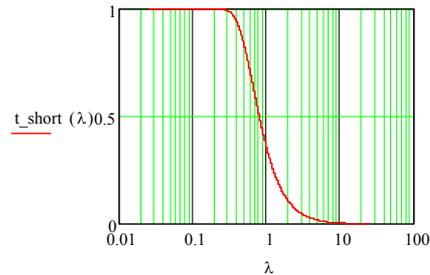
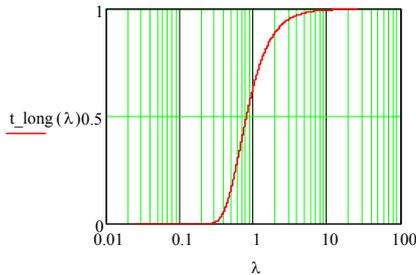
Filtro passa alto

$$t_{\text{long}}(\lambda) := e^{-\pi \cdot \left(\alpha \cdot \frac{\lambda_{co}}{\lambda} \right)^2}$$

Filtro passa basso

$$t_{\text{short}}(\lambda) := 1 - e^{-\pi \cdot \left(\alpha \cdot \frac{\lambda_{co}}{\lambda} \right)^2}$$

$$\alpha := \sqrt{\frac{\ln(2)}{\pi}}$$



Lunghezza d'onda di filtraggio $\lambda_{co} := 0.8$

I filtri vanno applicati alla trasformata di Fourier

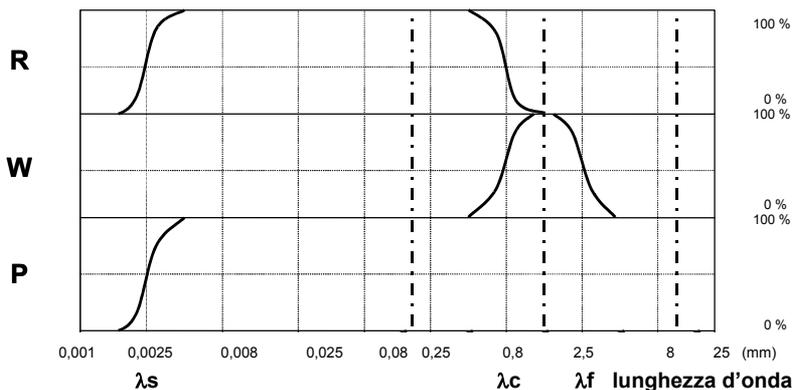


Definizioni

Profilo primario: profilo misurato ottenuto applicando il filtro λ_s a meno del profilo nominale (ISO 3274:1996)

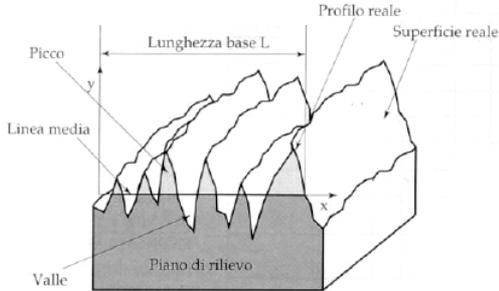
Profilo di rugosità: profilo derivato dal profilo primario mediante la sottrazione delle componenti a lunghezza d'onda maggiori di λ_c (ISO 4287:1997)

Profilo di ondulazione: profilo derivato dal profilo primario mediante la sottrazione delle componenti a lunghezza d'onda minori di λ_c e maggiori di λ_f (ISO 4287:1997)



Definizioni

☞ Sul profilo misurato viene tracciata la **linea media**: linea di riferimento, avente la forma del profilo nominale, tale che, all'interno della lunghezza di base, la somma dei quadrati degli scostamenti a partire da questa linea sia minima.



Lunghezza di valutazione, l_n : lunghezza utilizzata per valutare il profilo esaminato
Lunghezza di base, l_p , l_r , l_w : lunghezza utilizzata per identificare le irregolarità che caratterizzano il profilo da valutare ($l_r = \lambda c$, $l_w = \lambda f$, $l_p = l_n$)



Definizioni

Parametro P: parametro calcolato dal profilo primario

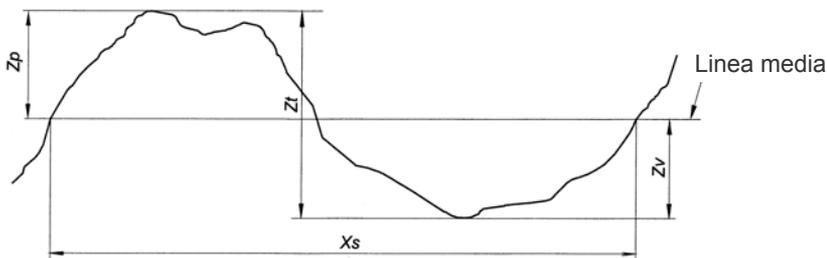
Parametro R: parametro calcolato dal profilo di rugosità

Parametro W: parametro calcolato dal profilo di ondulazione

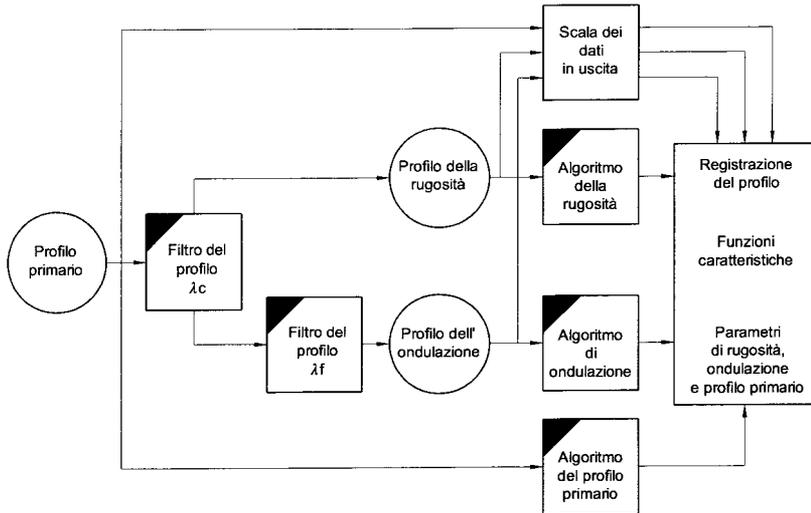
Picco del profilo: porzione del profilo al di sopra della linea media

Valle del profilo: porzione del profilo al di sotto della linea media

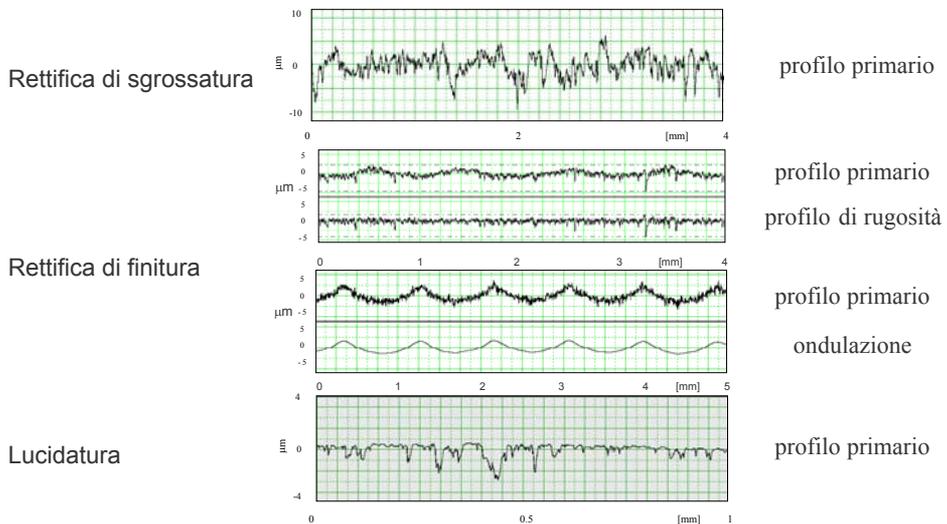
Elemento del profilo: picco ed adiacente valle del profilo



Definizioni



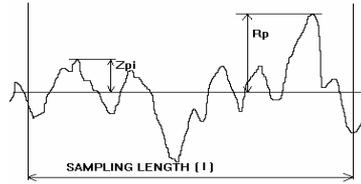
Definizioni



Parametri

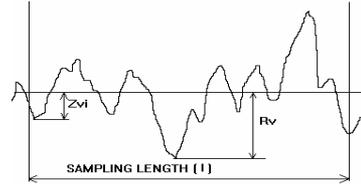
Massima altezza di picco del profilo

$$R_p = \max(Z_{pi})$$



Massima altezza di valle del profilo

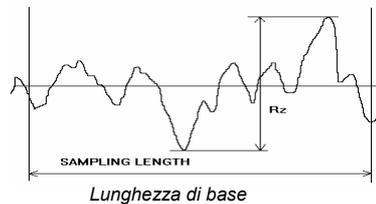
$$R_v = \max(Z_{vi})$$



Parametri

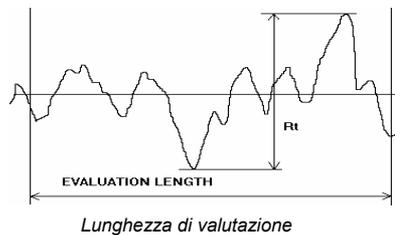
Altezza massima del profilo

$$R_z$$



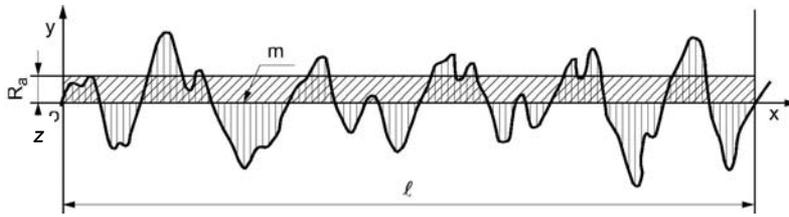
Altezza totale del profilo

$$R_t$$



Scostamento medio aritmetico
del profilo valutato

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$



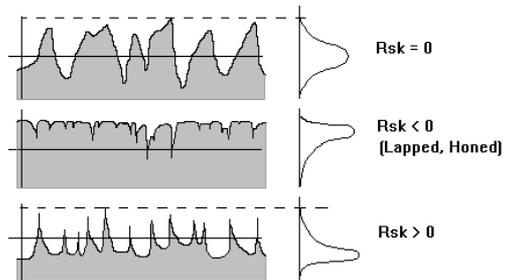
Scostamento medio quadratico
del profilo valutato

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}$$



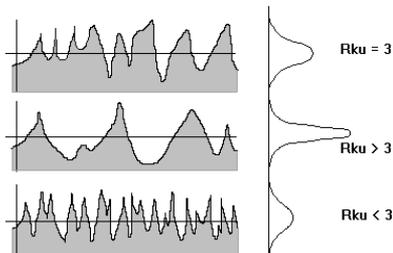
Asimmetria del profilo valutato

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{l} \int_0^l Z(x)^3 dx$$



Fattori di appiattimento del
profilo valutato (kurtosi)

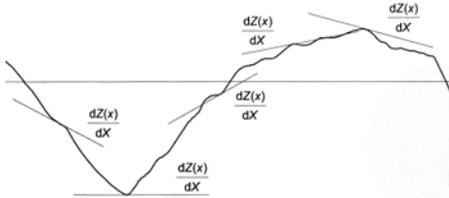
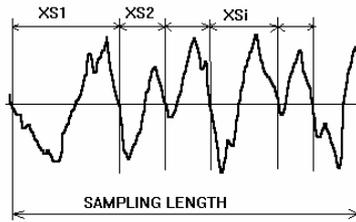
$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \frac{1}{l} \int_0^l Z(x)^4 dx$$



Parametri

Larghezza media degli elementi del profilo

$$RSm = \frac{1}{m} \sum Xsi$$



Pendenza locale del profilo dZ/dx

Pendenza quadratica media del profilo valutato

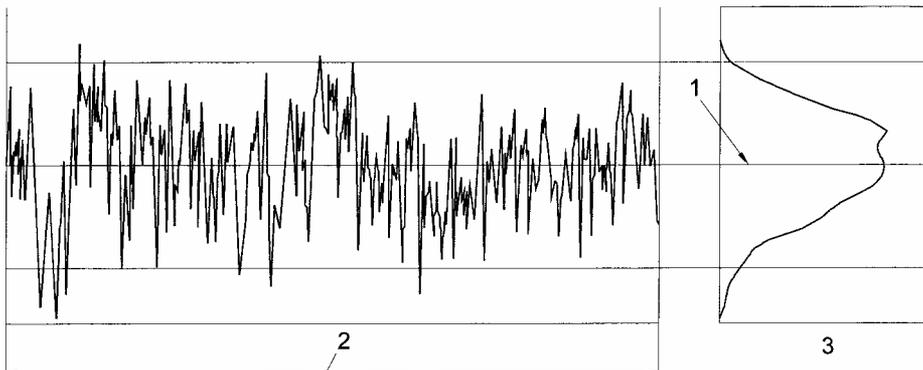
$$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l \left(\frac{dZ(x)}{dx} \right)^2 (x) dx}$$



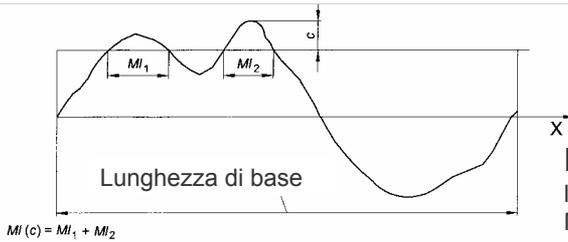
Parametri

Curva della distribuzione di ampiezza: funzione che rappresenta la distribuzione delle ordinate all'interno della lunghezza di valutazione (legata ai parametri Rq , Ra , Rsk , Rku)

- 1 Linea media
- 2 Lunghezza di valutazione
- 3 Distribuzione di ampiezza



Parametri



MI(c) =
lunghezza portante
a livello c

Rmr(c) = percentuale della
lunghezza portante =
 $MI(c)/L_n$

Curva della percentuale della lunghezza portante del profilo
(Curva di Abbott Firestone): rappresenta la percentuale della lunghezza portante
del profilo in funzione del livello

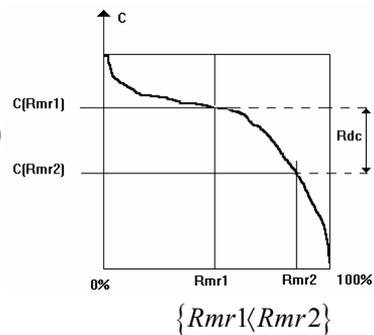


Parametri

Differenza di altezza della
sezione del profilo

$$R\delta c = C(Rmr1) - C(Rmr2)$$

Percentuale della lunghezza
portante



(per i parametri Rpk , Rk , Rvk si veda ISO 13565;
per i parametri del motivo si veda ISO 12085:1996)



Parametri

| FAMIGLIA | NOME | SIMBOLO | | |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|
| | | PRIMARIO | ONDULAZIONE | RUGOSITA' |
| AMPIEZZA (picchi e valli) | Massima altezza di picco del profilo | Pp | Wp | Rp |
| | Massima profondità di valle del profilo | Pv | Wv | Rv |
| | Massima altezza del profilo | Pz | Wz | Rz |
| | Altezza media degli elementi del profilo | Pc | Wc | Rc |
| | Altezza totale del profilo | Pt | Wt | Rt |
| AMPIEZZA (media ordinate) | Scostamento medio aritmetico del profilo | Pa | Wa | Ra |
| | Scostamento quadratico medio del profilo | Pq | Wq | Rq |
| | Asimmetria (Skewness) | Psk | Wsk | Rsk |
| | Appiattimento (Kurtosis) | Pku | Wku | Rku |
| LUNGHEZZA D'ONDA | Larghezza media degli elementi del profilo | PSm | WSm | RSm |
| IBRIDI | Pendenza quadratica media del profilo | PΔq | WΔq | RΔq |
| RELATIVI A CURVE | Percentuale della lunghezza portante | Pmr(c) | Wmr(c) | Rmr(c) |
| | Differenza di altezza della sezione | Pδc | Wδc | Rδc |
| | Percentuale della lunghezza portante relativa | Pmr | Wmr | Rmr |



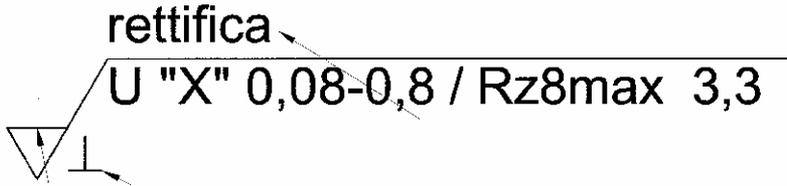
Parametri

ISO
4287

| Punto della edizione 1997 | Parametro dell'edizione 1997 | Edizione 1984 | Edizione 1997 | Determinata su | |
|---------------------------|--|---------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | | | | Lunghezza di valutazione <i>ln</i> | Lunghezza di base ¹⁾ |
| 4.1.1 | Altezza massima del picco del profilo | R_p | $Rp^{2)}$ | | X |
| 4.1.2 | Profondità massima della valle del profilo | R_m | $Rv^{2)}$ | | X |
| 4.1.3 | Altezza massima del profilo | R_z | $Rz^{2)}$ | | X |
| 4.1.4 | Altezza media degli elementi del profilo | R_c | $Rc^{2)}$ | | X |
| 4.1.5 | Altezza totale del profilo | - | $Rt^{2)}$ | X | |
| 4.2.1 | Scostamento medio aritmetico del profilo valutato | R_a | $Ra^{2)}$ | | X |
| 4.2.2 | Scostamento medio quadratico del profilo valutato | R_q | $Rq^{2)}$ | | X |
| 4.2.3 | Asimmetria del profilo valutato | S_k | $Rsk^{2)}$ | | X |
| 4.2.4 | Fattori di appiattimento del profilo valutato, Kurtosi del profilo | - | $Rku^{2)}$ | | X |
| 4.3.1 | Larghezza media degli elementi del profilo | S_m | $RSm^{2)}$ | | X |
| 4.4.1 | Pendenza quadratica media del profilo valutato | Δ_q | $R\Delta q^{2)}$ | | X |
| 4.5.1 | Percentuale della lunghezza portante | | $Rmr(c)^{2)}$ | X | |
| 4.5.3 | Differenza di altezza della sezione del profilo | - | $R\delta c^{2)}$ | X | |
| 4.5.4 | Percentuale della lunghezza portante relativa | f_p | $Rmr^{2)}$ | X | |
| - | Altezza sui 10 punti (soppresso come parametro ISO) | R_z | - | | |

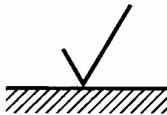
1) La lunghezza di base è *ln*; *ln* è *lp* rispettivamente per i parametri *R*, *W* e *R*; *lp* è uguale a *ln*.
2) I parametri che sono definiti per i tre profili: profilo primario, profilo di ondulazione e profilo di rugosità. Nel prospetto sono indicati solo i parametri per la rugosità. A titolo di esempio, i tre parametri sono simboleggiati rispettivamente *Pa* (profilo primario), *Wa* (profilo di ondulazione) e *Ra* (profilo di rugosità).





**Indicazione dello Stato delle Superfici
nella documentazione tecnica di prodotto (UNI EN ISO 1302:04)**

segno grafico di base:

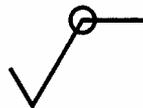


Segni grafici

segno grafico completo:



indicazione per tutte le superfici del
pezzo (anteriore e posteriore escluse):



con asportazione di materiale:

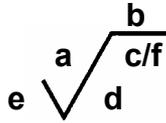
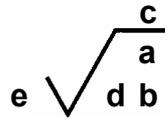


senza asportazione di materiale:



segno grafico ampliato



Indicazioni complementari:**UNI ISO 1302:1999****UNI ISO 1302:2004**

Posizione **a**: parametro stato della superficie, valore limite numerico, banda di trasmissione/lunghezza di base.

Posizione **b**: secondo requisito specificato come per la posizione a. Eventualmente il terzo requisito viene posto al di sotto di b.

Posizione **c**: metodo di fabbricazione, trattamenti, rivestimenti, etc.

Posizione **d**: disposizione ed orientamento della superficie.

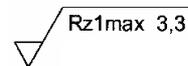
Posizione **e**: sovrametallo.



Designazione

Informazioni essenziali per l'interpretazione del requisito

- Quale dei tre profili, P, W o R, è indicato.
- Quali caratteristiche del profilo sono indicate.
- Quante lunghezze di base costituiscono la valutazione.
- Come deve essere interpretato il limite di specifica.

**Indicazione delle lunghezze di base**

Per i profili R: il numero normalizzato di lunghezze di base è pari a 5; diversamente se il numero utilizzato è ad esempio pari a 3 si deve indicare Ra3, Rp3, RSm3, ecc.
Per i W: il numero di lunghezze di base deve sempre essere indicato non esistendo valori predefiniti.

Per i P: la lunghezza di base è equivalente alla lunghezza dell'elemento e quella di valutazione è uguale alla lunghezza dell'elemento in corso di misurazione.

Per i parametri del motivo (ISO 12085) si vedano le norme dedicate.



Designazione

Indicazione della banda di trasmissione [mm]

Indicazione del solo filtro a onde corte:

0,008-/Rz 3,0

Indicazione del solo filtro a onde lunghe:

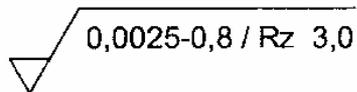
-0,25/Rz 3,0

Indicazione della banda di trasmissione:

0,0025-0,8/Rz 3,0

Per i parametri W si può inoltre:

Lc-n × Lc. Es.: Lc-12 × Lc/Wz 125



Designazione

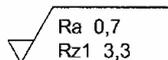
La regola generale fondamentale per la verifica di conformità: regola del 16%.

⇒ nel caso in cui non più del 16% dei valori misurati sia superiore al valore limite superiore di tolleranza indicato, la superficie deve essere considerata conforme e accettabile. Analogamente vale per il valore limite inferiore, se definito.

Indicazione dei limiti di tolleranza

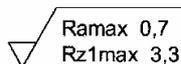
La regola del "16%" è la regola predefinita e non richiede indicazioni specifiche.

Es.



Per applicare la "regola del valore massimo" è necessario aggiungere "max" alla designazione del parametro. Quest'ultima non si applica ai parametri del motivo (ISO 12085).

Es.: Ramax 0,7; Rz1max 3,3



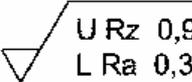
Indicazione di tolleranza unilaterale o bilaterale

I casi indicati sino ad ora si riferiscono al limite di tolleranza superiore unilaterale. Se si richiede il limite inferiore si deve indicare "L".

Es.: L Ra 0,32

Indicazione di tolleranza unilaterale o bilaterale

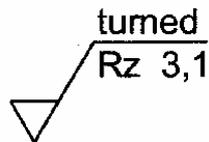
Il caso bilaterale richiede di indicare "U" davanti al limite di tolleranza superiore unilaterale e "L" davanti al limite inferiore quando altrimenti interpretabile.

Es.:  U Rz 0,9
L Ra 0,3

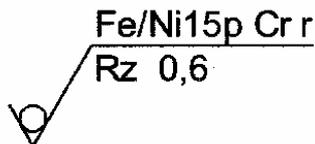


Indicazione del procedimento di fabbricazione o informazioni correlate:

-Lavorazione e rugosità della superficie risultante:

 turned
Rz 3,1

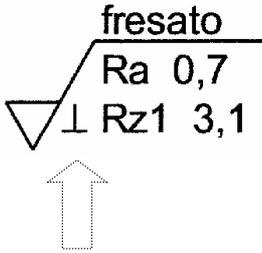
-Rivestimento e rugosità:

 Fe/Ni15p Cr r
Rz 0,6



Designazione

Andamento delle irregolarità delle superfici



| Segno grafico | Interpretazione ed esempio |
|---------------|--|
| = | Solchi paralleli al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico |
| ⊥ | Solchi perpendicolari al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico |
| X | Solchi incrociati secondo due direzioni oblique in relazione al piano di proiezione della vista sulla quale è posto il segno grafico |
| M | Solchi multidirezionali |
| C | Solchi approssimativamente circolari in relazione al centro della superficie sulla quale è posto il segno grafico |

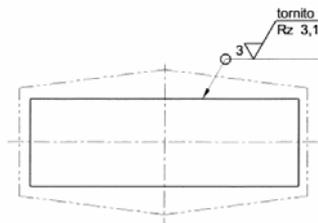


Designazione

Andamento delle irregolarità delle superfici

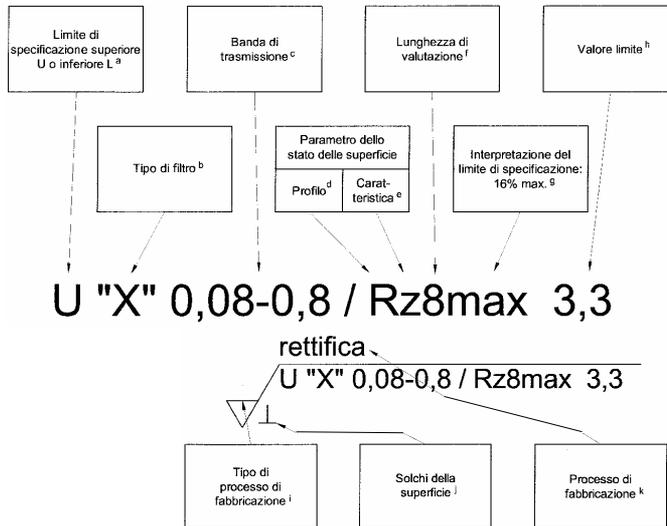
| | |
|---|---|
| R | Solchi approssimativamente radiali in relazione al centro della superficie sulla quale è posto il segno grafico |
| P | Solchi ad andamento particolare non orientati verso una direzione particolare né sporgenti |

Indicazione di sovrametallo minimo



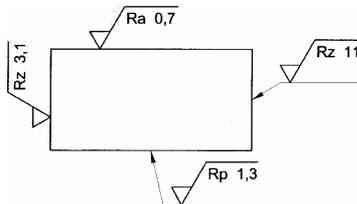
Designazione

Riassunto degli elementi di controllo nell'indicazione dei requisiti dello stato della superficie nei disegni industriali di progettazione:



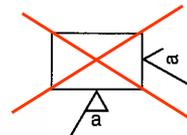
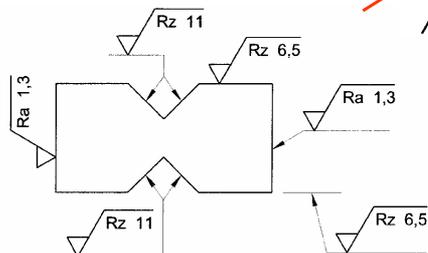
Designazione

Posizione sui disegni:



Il segno grafico, assieme alle informazioni complementari, deve essere orientato in modo che siano leggibili dal basso o dal lato destro del disegno (vedi ISO 129-1).

- Sul contorno o sulla linea di riferimento e sulla linea di richiamo:



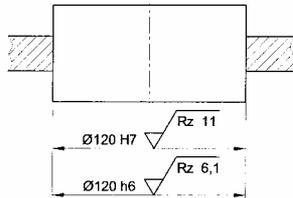
Designazione

Posizione sui disegni:

- Uso alternativo delle linee di riferimento e delle linee di richiamo:



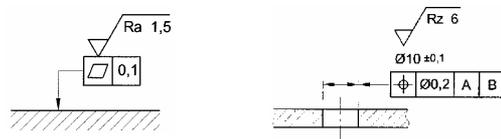
- Sulla linea di misura in connessione con la caratteristica dimensionale:



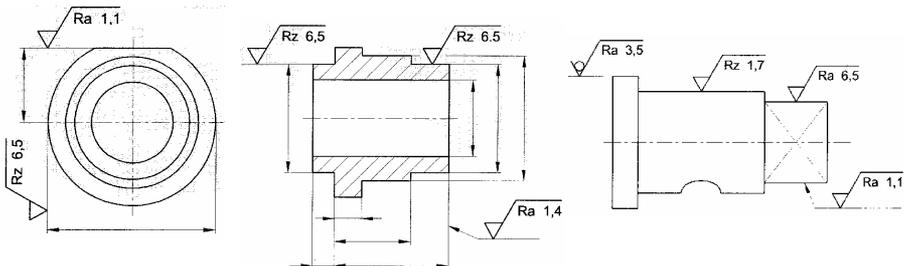
Designazione

Posizione sui disegni:

- Sul riquadro di tolleranza per le tolleranze geometriche:



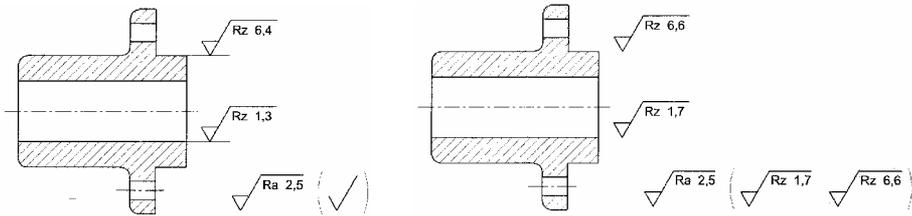
- Sulle superfici cilindriche e prismatiche:



Designazione

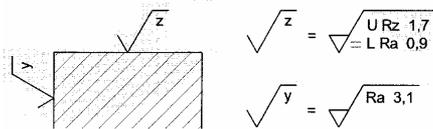
Indicazioni a disegno semplificate:

- Maggioranza delle superfici aventi lo stesso requisito dello stato della superficie:

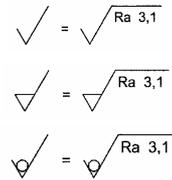


-Requisiti comuni su più superfici:

mediante segno grafico con lettere

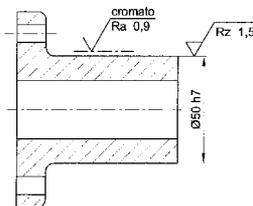


mediante il solo segno grafico

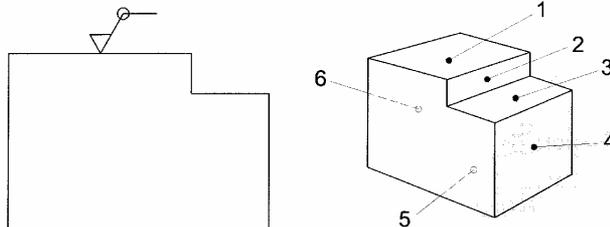


Designazione

Indicazione di due o più metodi di fabbricazione:



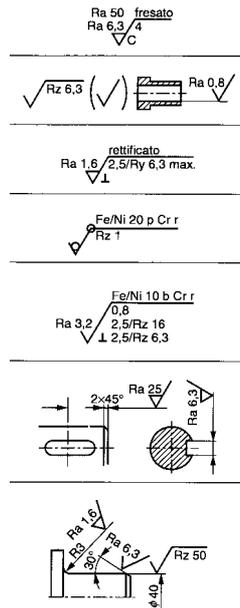
Requisiti dello stato delle superfici per "tutte le superfici di contorno di un profilo del pezzo in lavorazione" (superfici concatenate dal profilo rappresentato):



Designazione

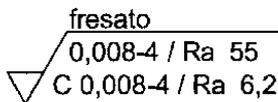
ESEMPI DI INDICAZIONE

Attenzione: gli esempi riportati sono riferiti alla norma 1302:1999 che differisce dalla versione del 2004 per la posizione dell'indicazione di Ra



Designazione

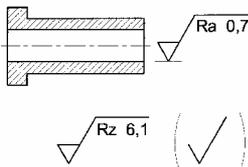
Esempi:



Rugosità della superficie:

- specificazione bilaterale;
- limite di specificazione superiore Ra = 55 μm;
- limite di specificazione inferiore Ra = 6,2 μm;
- entrambi "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
- entrambi banda di trasmissione 0,008-4 mm;
- lunghezza di valutazione predefinita (5 × 4 mm = 20 mm) (ISO 4288);
- solchi della superficie approssimativamente circolare attorno al centro;
- processo di fabbricazione, fresata.

Nota U ed L non sono indicate perché non vi è dubbio.



Rugosità della superficie di tutte le superfici eccetto una:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;
- Rz = 6,1 μm;
- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
- lunghezza di valutazione predefinita (5 × λc) (ISO 4288);
- solchi della superficie, nessun requisito;
- il processo di fabbricazione deve rimuovere materiale.

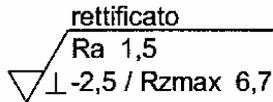
La superficie con un requisito differente ha una rugosità:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;
- Ra = 0,7 μm;
- "regola del 16%", predefinita;
- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
- lunghezza di valutazione predefinita (5 × λc) (ISO 4288);
- solchi della superficie, nessun requisito;
- il procedimento di fabbricazione deve rimuovere materiale.



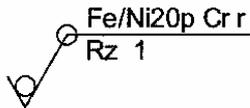
Designazione

Esempi:



Rugosità della superficie:

- due limiti di specificazione superiori/unilaterali:
 - 1) $Ra = 1,5 \mu\text{m}$;
 - 2) "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
 - 3) banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
 - 4) lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 4288);
 - 5) $Rz_{\text{max}} = 6,7 \mu\text{m}$;
 - 6) regola max;
 - 7) banda di trasmissione - 2,5 mm (ISO 3274);
 - 8) lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times 2,5 \text{ mm}$);
- solchi della superficie approssimativamente perpendicolare al piano di proiezione;
- processo di fabbricazione, rettifica.



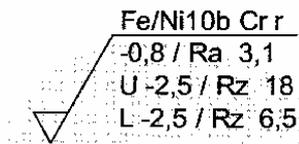
Rugosità della superficie:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;
- $Rz = 1 \mu\text{m}$;
- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 4288);
- solchi della superficie, nessun requisito;
- trattamento della superficie: rivestimento di nichel/cromo;
- il requisito della superficie è valido per tutte le superfici rappresentate dal contorno chiuso.



Designazione

Esempi:

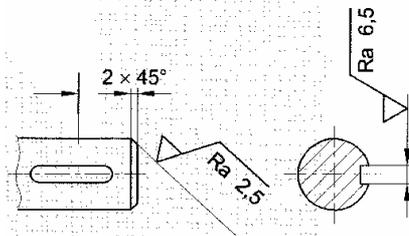


Rugosità della superficie:

- una specificazione superiore unilaterale e una bilaterale:
 - 1) unilaterale $Ra = 3,1 \mu\text{m}$;
 - 2) "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
 - 3) banda di trasmissione - 0,8 mm (λ_s in conformità alla ISO 3274);
 - 4) lunghezza di valutazione $5 \times 0,8 = 4 \text{ mm}$ (ISO 4288);
 - 1) bilaterale Rz :
 - 2) limite di specificazione superiore $Rz = 18 \mu\text{m}$;
 - 3) limite di specificazione inferiore $Rz = 6,5 \mu\text{m}$;
 - 4) entrambi: banda di trasmissione - 2,5 mm (λ_s in conformità alla ISO 3274);
 - 5) entrambi: lunghezza di valutazione $5 \times 2,5 = 12,5 \text{ mm}$;(i segni U ed L possono essere indicati anche se non esiste dubbio)
- trattamento della superficie: rivestimento di nichel/cromo.



Esempi:



L'indicazione dello stato della superficie e la quotatura possono essere combinate usando la stessa linea di misura.

Rugosità della superficie: sulle superfici laterali della chiavetta:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;

- $Ra = 6,5 \mu\text{m}$;

- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);

- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 3274);

- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);

- solchi della superficie, nessun requisito;

- il processo di fabbricazione deve rimuovere materiale.

Rugosità della superficie sullo smusso:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;

- $Ra = 2,5 \mu\text{m}$;

- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);

- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 3274);

- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);

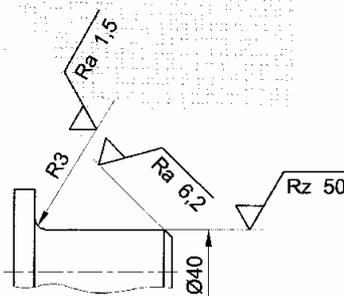
- solchi della superficie, nessun requisito;

- il processo di fabbricazione deve rimuovere materiale.



Designazione

Esempi:



Lo stato della superficie e la quotatura possono essere indicati

- assieme su una linea di misura prolungata, oppure

- separate sulla rispettiva linea di riferimento e sulla linea di misura.

I tre requisiti di rugosità della superficie dell'esempio sono:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;

- rispettivamente: $Ra = 1,5 \mu\text{m}$, $Ra = 6,2 \mu\text{m}$, $Rz = 50 \mu\text{m}$;

- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);

- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 3274);

- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);

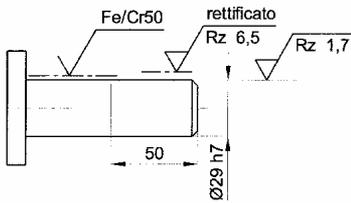
- solchi della superficie, nessun requisito;

- il processo di fabbricazione deve rimuovere materiale.



Designazione

Esempi:



Indicazioni dello stato della superficie, quotatura e trattamento. L'esempio illustra tre successivi processi o fasi di fabbricazione.

Fase 1:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale;
- $Rz = 1,7 \mu\text{m}$;
- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 3274);
- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
- solchi della superficie, nessun requisito;
- il processo di fabbricazione deve rimuovere materiale.

Fase 2:

Nessun requisito dello stato della superficie, eccetto:

- rivestimento di cromo.

Fase 3:

- un singolo limite di specificazione superiore/unilaterale, valido solo per i primi 50 mm della superficie del cilindro;
- $Rz = 6,5 \mu\text{m}$;
- "regola del 16%", predefinita (ISO 4288);
- lunghezza di valutazione predefinita ($5 \times \lambda_c$) (ISO 3274);
- banda di trasmissione predefinita (ISO 4288 e ISO 3274);
- solchi della superficie, nessun requisito;
- processo di fabbricazione, rettifica.



Scelta dei parametri di rugosità

➤ Rugosità massima compatibile con la tolleranza

| Tolleranza fondamentale ISO | SUPERFICIE CILINDRICHE CON DIAMETRO IN mm | | | | | Superficie piane |
|-----------------------------|---|-------------------|--------------------|---------------------|-----------|------------------|
| | fino a 3 | oltre 3 fino a 18 | oltre 18 fino a 80 | oltre 80 fino a 250 | oltre 250 | |
| | Rugosità R_a max. μm | | | | | |
| IT 6 | 0,2 | 0,32 | 0,5 | 0,8 | 1,25 | 1,25 |
| IT 7 | 0,32 | 0,5 | 0,8 | 1,25 | 2 | 2 |
| IT 8 | 0,5 | 0,8 | 1,25 | 2 | 3,2 | 3,2 |
| IT 9 | 0,8 | 1,25 | 2 | 3,2 | 5 | 5 |
| IT 10 | 1,25 | 2 | 3,2 | 5 | 8 | 8 |
| IT 11 | 2 | 3,2 | 5 | 8 | 12,5 | 12,5 |
| IT 12 | 3,2 | 5 | 8 | 12,5 | 20 | 20 |
| IT 13 | 5 | 8 | 12,5 | 20 | 32 | 32 |
| IT 14 | 8 | 12,5 | 20 | 32 | 50 | 50 |



Scelta dei parametri di rugosità

| | Cucchiati | Usura | Attrito | Guida | Adesione | Formatura | Condotti termici e termici | Resistenza giunti | Sforzo e frattura | Monitorare processo | Anelli | Vernicatura e placcatura | Riflessività | Scorricatura per usura | Rottura per fatica | Igiene | Industria farmaceutica | Superfici ad altissima precisione | Processi ad operazioni multiple |
|--------|-----------|-------|---------|-------|----------|-----------|----------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------|-----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|--------|---------------------------|---|---------------------------------------|
| Ra | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | |
| RΔq | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | | | | |
| RSm | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ○ | | | | ● | ● | ● | ○ | | | ● | | |
| Rku | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | | | ● | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | | | |
| Rsk | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | | | ● | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | | | |
| Rz | | ● | ○ | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ● | ● | | | | | | | | | |
| Rmr(c) | ○ | ● | | | | | | | | ● | | | | | | | | ● | |
| Rq | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| Rδc | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● |
| Rv | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rc | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rt | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | |
| Rp | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rmr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

LEGENDA: ● = LEGAME FORTE, ○ = LEGAME MEDIO, ○ = LEGAME DEBOLE



Scelta dei parametri di rugosità

Lavorazioni meccaniche e stato delle superfici

Rugosità
superficiale e
toleranze
dimensionali
tipiche per varie
tipologie di
processi di
lavorazione

Fonte:
*Machining Data
Handbook*, 3rd
ed. Used by
permission of
Metcut
Research
Associates, Inc.

