

La rugosità superficiale

Tutte le superfici lavorate sono caratterizzate da una rugosità superficiale che è, in sostanza, l'irregolarità della superficie rispetto alla superficie teorica.

Le irregolarità possono presentarsi in modo casuale, come per esempio nei pezzi ottenuti per fusione o sottoposti a sabbiatura, oppure avere un andamento regolare caratteristico della lavorazione ad asportazione di truciolo.

La rugosità è in effetti costituita da una serie di solchi più o meno ordinati e regolari e con profondità variabile disposti su una superficie.

La rugosità si definisce e di misura immaginando di sezionare la superficie con un piano ad essa ortogonale.

Questo piano, detto "piano di rilievo", intersecando la superficie definisce il "profilo reale" come intersezione nello spazio delle due superfici (vedere figura N°1).

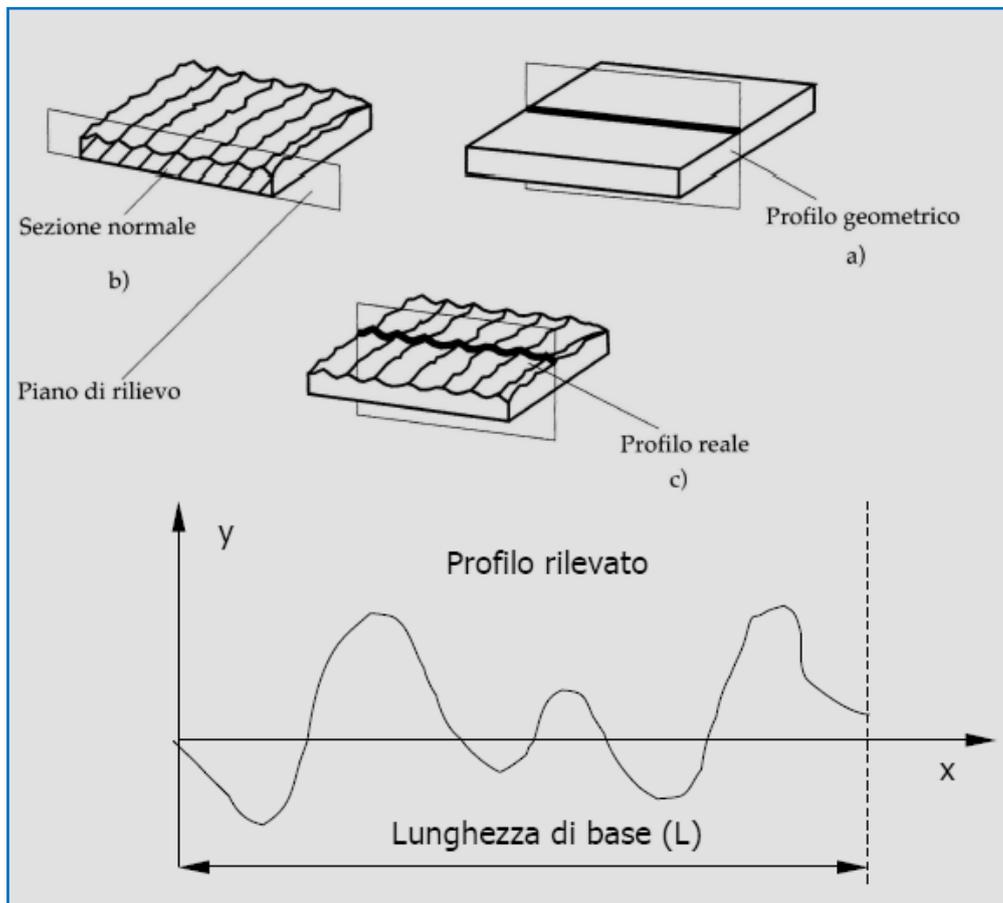


Figura N°1- Definizione della rugosità

Il rilievo della rugosità viene eseguito con un apparecchio detto *rugosimetro*, che ispeziona la superficie con un sottile tastatore e registra le irregolarità riportandole su un diagramma (o su un display) dopo un'opportuna amplificazione.

Rugosità R_a

Normalmente la rugosità si indica con il simbolo R_a e si misura in μm , però come vedremo fra poco essa non dà un quadro completo dello stato della superficie.

Il rilievo della rugosità viene eseguito su una certa lunghezza L_n detta *lunghezza di valutazione*, essa è 5 volte la *lunghezza di base* L che a sua volta dipende dal valore previsto della rugosità secondo la tabella seguente

Rugosità attesa R_a in μm		Lunghezza di base L (mm)	Lunghezza di valutazione L_n (mm)
oltre a	fino a		
0,006	0,02	0,08	0,4
0,02	0,1	0,25	1,25
0,1	2,0	0,8	4,0
2,0	10,0	2,5	12,5
10,0	80,0	8,0	40

Per la determinazione della rugosità R_a viene presa come riferimento la linea media del profilo, che è la linea per la quale è minima la somma delle distanze al quadrato dei punti del profilo dalla linea stessa. Vedere figura N°2.

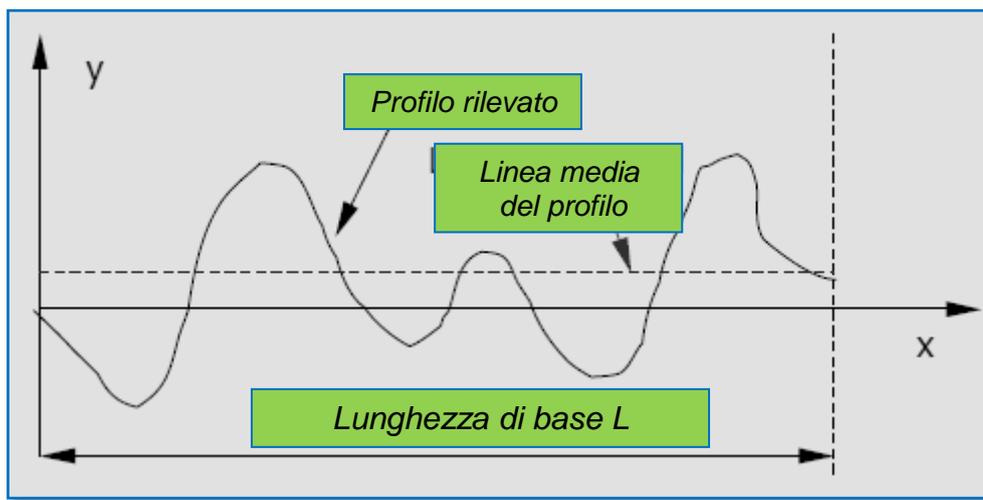


Figura N°2- Determinazione della linea media di riferimento

Assunta la linea media come asse delle ascisse, si definisce la rugosità R_a come il valore medio delle ordinate y (prese in valore assoluto) del profilo stesso.

Quindi R_a è la media aritmetica delle distanze dei punti del profilo dalla linea media di riferimento espressa in μm .

Nell'insieme continuo si ha:

$$R_a = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L |y| dx$$

Mentre nell'insieme discreto si ha:

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|$$

Il valore della rugosità così definito è quindi un valore medio che non dice niente riguardo al tipo di irregolarità. Per esempio pochi picchi alti darebbero lo stesso risultato di molti picchi bassi.

E' per questa ragione che si introducono altri criteri per capire meglio lo stato della superficie.

Rugosità R_z

La rugosità R_z è la distanza tra due rette parallele alla linea media tracciate ad una distanza pari alla media dei 5 picchi più alti e alla media delle 5 valli più basse nell'intervallo della lunghezza di base. (figura N°3).

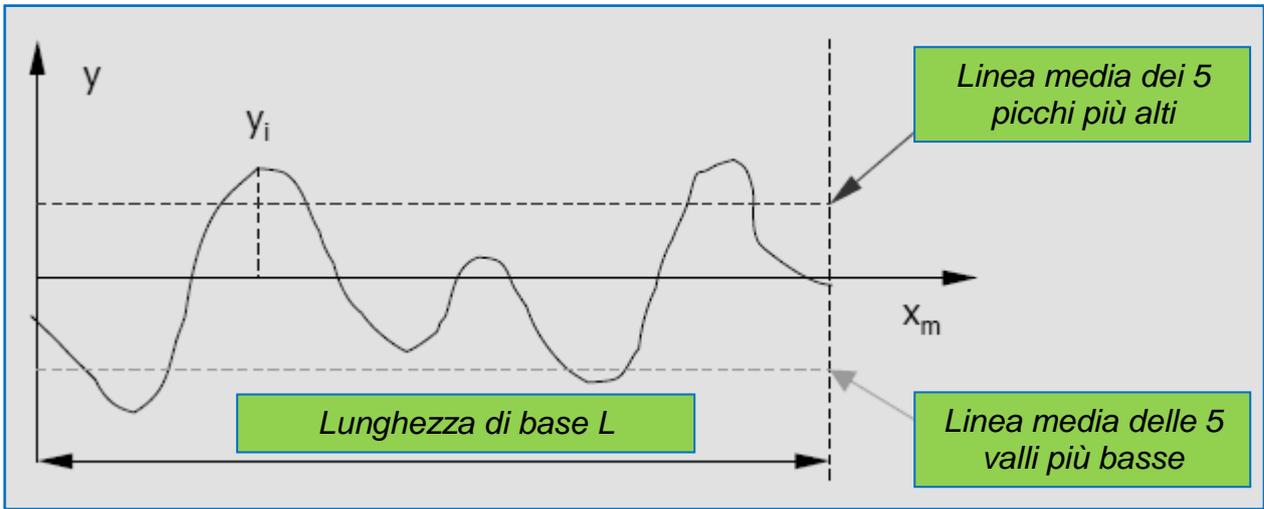


Figura N°3- Indicazione per il calcolo di R_z

Se le ordinate dei 5 picchi più alti sono y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 e quelle delle 5 valli più basse sono $y_1', y_2', y_3', y_4', y_5'$ allora si avrà:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_i - \sum_{i'=1}^5 y_{i'}}{5}$$

R_z è quindi la media della rugosità massima su 5 picchi e 5 valli.

Rugosità R_{max}

R_{max} è la distanza tra due linee parallele alla linea media, la prima tangente al picco più alto e la seconda tangente alla valle più bassa. (figura N°4).

Se y_1 è l'ordinata del punto più alto del picco più alto, e y_{01} è l'ordinata del punto più basso si ha:

$$R_{max} = y_1 - y_{01}$$

R_{max} è quindi la massima irregolarità del profilo.

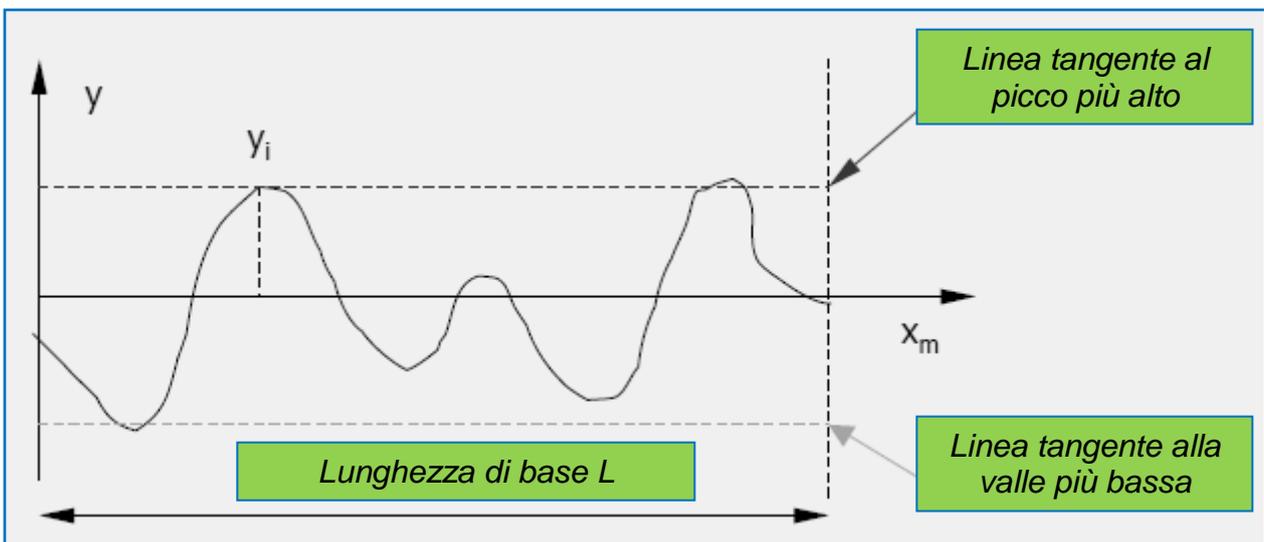


Figura N°4- Definizione della rugosità massima R_z

Le rugosità ottenibili nelle diverse lavorazioni sono riepilogate nella seguente tabella, ma come si vede, per ogni lavorazione le possibilità sono molto varie e questo a causa delle caratteristiche di ogni lavorazione. Cioè in altre parole dipendono molto, per ogni lavorazione delle condizioni di impiego.

		RUGOSITÀ							
		Ra μm							
		0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3
TIPO DI LAVORAZIONE	Tornitura								
	Alesatura								
	Brocciatura								
	Rullatura di precisione								
	Rettifica								
	Levigatura								
	Superfinitura								
	Lucidatura								
		1	2	4	8	16	32	63	125
		RUGOSITÀ C.L.A. μm							

Per la scelta della rugosità più indicata per le più comuni parti meccaniche può essere utile il seguente elenco:

$R_a = 0.025$: Piani di appoggio di micrometri, specchi e blocchi di riscontro

$R_a = 0.05$: Facce calibri di officina e piani di appoggio comparatori

$R_a = 0.1$: Facce calibri a corsoio, perni d'articolazione, utensili di precisione, cuscinetti super finiti, accoppiamenti stagni ad alta pressione in moto alternato, superfici accoppiate di parti in moto alternativo a tenuta di liquido sotto pressione e superfici levigate di tenuta senza guarnizione

$R_a = 0.2$: Supporti alberi a gomito e alberi a camme, perno di biella, superficie camme, diametro cilindri pompe idrauliche, cuscinetti lappati, perni turbine, accoppiamenti stagni mobili a mano, guide tavole macchine utensili, reggispinta alte velocità, perni di alberi di rotor di turbine, di riduttori, ecc.

$R_a = 0.4$: Alberi scanalati, cuscinetti alberi motore, diametro esterno stantuffi, diametro cilindri, perni grandi macchine elettriche, accoppiamenti alla pressa, gambo valvola, superfici di tenuta di seggi ed otturatori di valvole, saracinesche, ecc., perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi, cuscinetti di metallo bianco, superfici di parti scorrevoli come pattini e relative guide

$R_a = 0.8$: Tamburi, freni, fori brocciati, cuscinetti bronzo, parti di precisione, denti ingranaggi, cuscinetti rettificati, superfici di tenuta di flange senza guarnizione, perni di alberi a gomito e portate di linee d'alberi, cuscinetti di metallo bianco, superfici di parti scorrevoli come pattini e relative guide, superfici di tenuta dei seggi valvole motore

$R_a = 1.6$: Facce particolari di ingranaggi, alberi e fori ingranaggi, teste cilindro, scatole ingranaggi di ghisa, faccia pistone, superfici di tenuta di flange con guarnizioni metalliche

$R_a = 3.2$: Perni e cuscinetti per trasmissioni a mano, superfici di accoppiamento di parti fisse smontabili, (flange di accoppiato, imposte di centramento, ecc.)

$R_a = 6.3$: Superfici di tenuta di flange con guarnizioni comuni

Rugosità R_t

Talvolta si usa anche questo parametro per definire la qualità delle superfici; essa è definita come la massima distanza tra il maggior picco e la valle più profonda nella lunghezza di base L (vedere figura N°4).

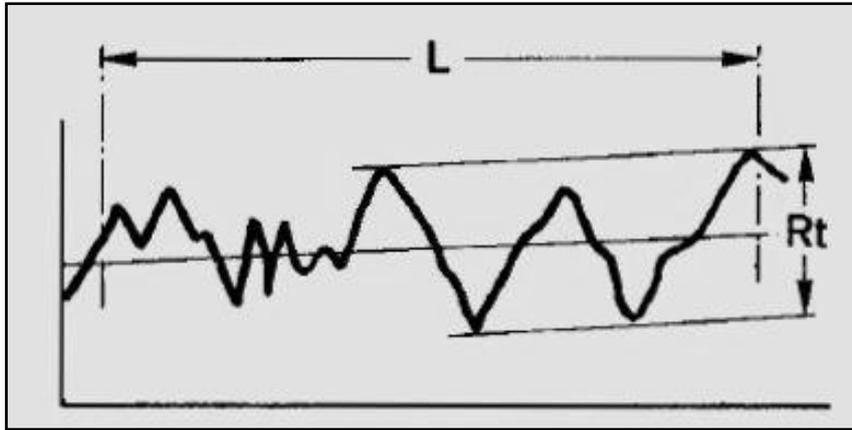


Figura N°4- Definizione della rugosità R_t

Tra i valori di R_a e i valori di R_t esiste una relazione approssimativa che è più accurata per valori di $R_a > 0,1 - 0,15 \mu m$ ed è la seguente:

$$R_t = (7 \cdot R_a + 0,2) \pm 35\%$$

Infine nella tabella seguente sono indicate le corrispondenze (approssimative) tra i valori di R_z con i valori PVA (media distanze picco-valle) e R_a con CLA (Center Line Average, cioè la media aritmetica delle distanze dalla linea media), secondo le norme anglosassoni, con i valori espressi in μin (micropollici).

Nella tabella sono anche indicate le classi di rugosità corrispondenti.

R_a (μm)	R_t (μm)	R_z (μm)	CLA (μin)	PVA (μin)	Classe
0,025	0,2	0,16	1	6	N1
0,05	0,4	0,32	2	12	N2
0,06	0,5	0,38	2,4	16	
0,08	0,6	0,5	3,2	20	N3
0,1	0,8	0,6	4	25	
0,12	1	0,75	5	32	N4
0,16	1,25	1	6,3	40	
0,2	1,5	1,25	8	50	N5
0,25	2	1,6	10	63	
0,31	2,5	2	12,5	80	N6
0,4	3,2	2,5	16	100	
0,5	4	3,2	20	125	N7
0,63	5	4	25	160	
0,8	6,3	5	31,5	200	N6
1,0	8	6,3	40	250	
1,25	10	8	50	320	N7
1,6	12,5	10	63	400	