

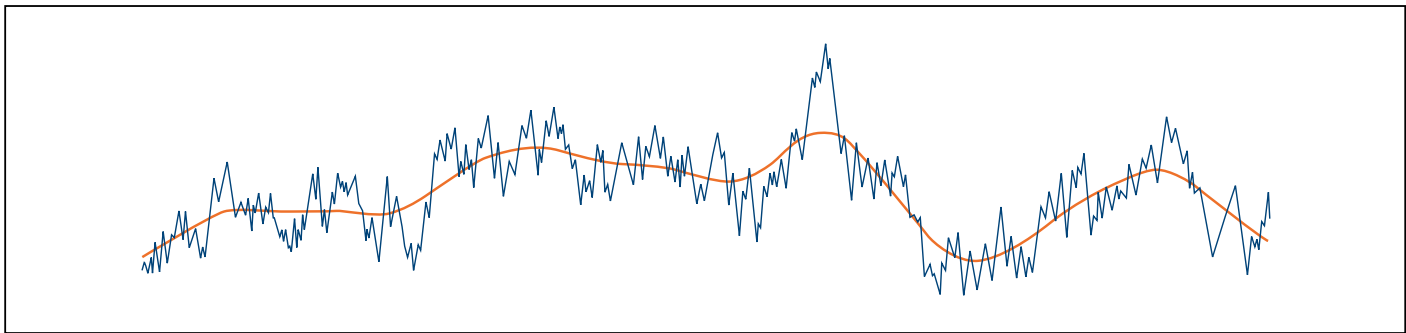
MISURA DELLA RUGOSITÀ SUPERFICIALE

Profili di superficie e filtri (EN ISO 4287 e EN ISO 16610-21)

Il **profilo effettivo** è il profilo risultante dall'intersezione della superficie del pezzo e un piano normale alla superficie stessa ed in una direzione che massimizza il valore di rugosità superficiale (normalmente perpendicolarmente alla disposizione dei segni di lavorazione).

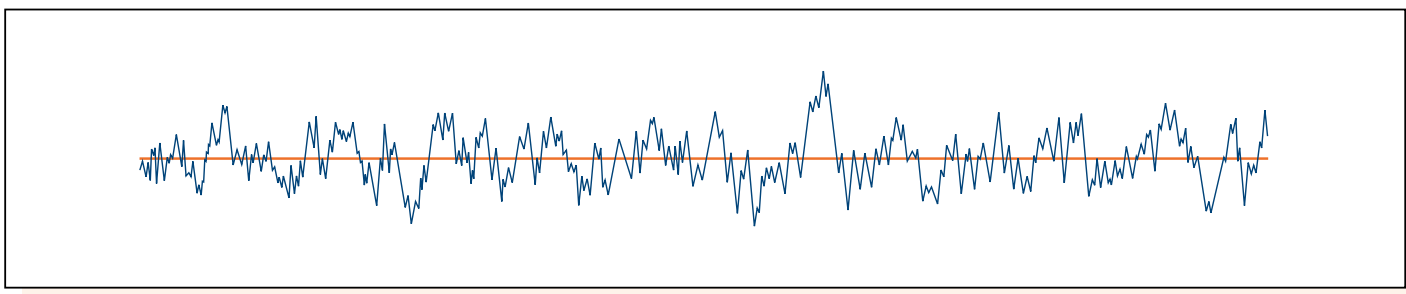
Il **profilo misurato** è il profilo risultante dalla scansione del profilo reale con un apposito strumento che, in base al raggio di punta dello stilo r_{tip} , e, se presente, al sistema a pattino, filtra meccanicamente il profilo reale. Imperfezioni superficiali quali crepe, graffi e ammassature non fanno parte del profilo e non devono essere incluse nella registrazione. Se necessario possono essere impostate le tolleranze secondo DIN EN ISO 8785.

Il **profilo primario (profilo P)** è il profilo risultante dal filtraggio passa-basso elettronico del profilo misurato con una lunghezza d'onda di taglio λ_c . Questo processo rimuove i componenti con lunghezze d'onda più brevi che vengono giudicati non rilevanti per una misurazione di rugosità. I parametri sono designati **P** e valutati entro le lunghezze di campionamento. Nella Figura 1 è pari alla lunghezza di valutazione **ln** (la lunghezza totale del profilo superficiale registrato).



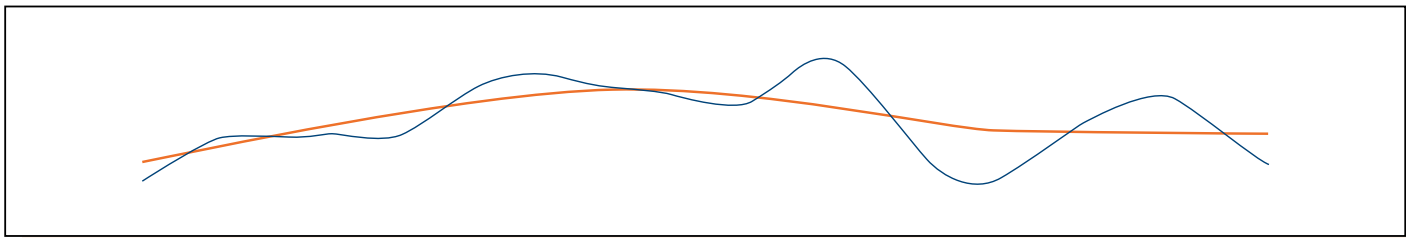
> **Figura 1:** il profilo primario e la linea media per il filtro del profilo primario (taglio λ_c)

Il **profilo di rugosità (profilo R)** è il profilo risultante dal filtraggio elettronico passa-alto del profilo primario con una lunghezza d'onda di taglio λ_c . Questo processo rimuove i componenti con lunghezze d'onda più lunghe come mostrato nella **Figura 2**. I parametri sono designati **R** e valutati all'interno della lunghezza **ln** di valutazione, che in genere consiste di cinque lunghezze di campionamento. La lunghezza di campionamento corrisponde alla lunghezza d'onda di taglio λ_c del filtro profilo.

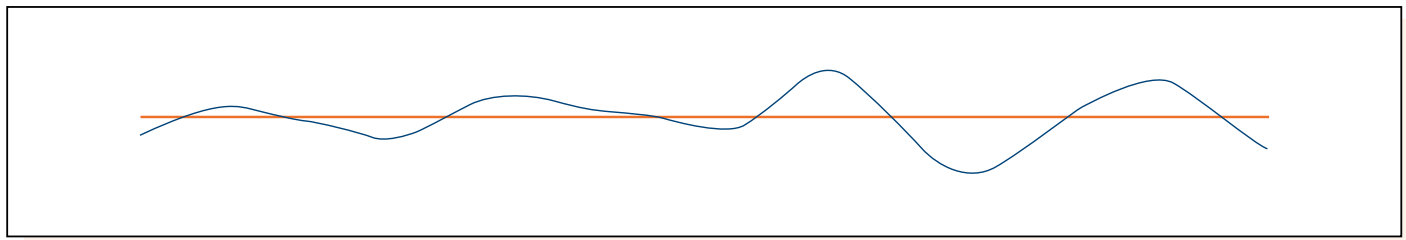


> **Figura 2:** il *profilo di rugosità* con la sua linea media (filtraggio passa-alto del profilo primario con una lunghezza d'onda di taglio di λ_c)

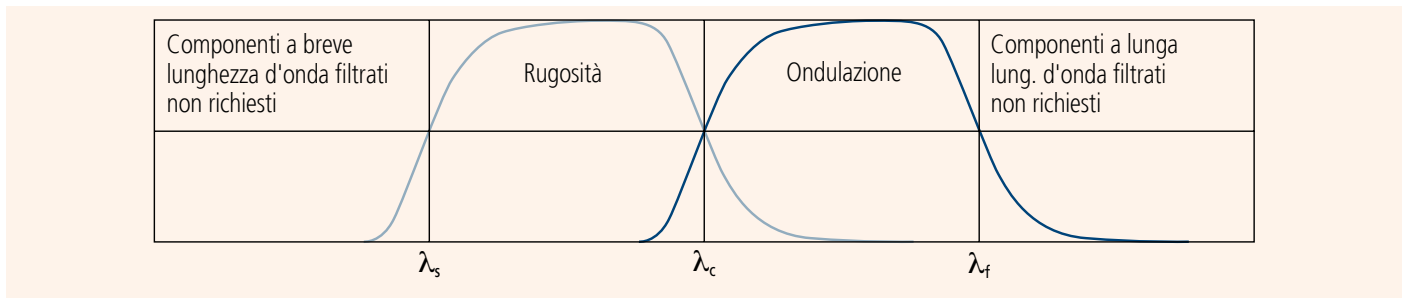
Il **profilo di rugosità (profilo R)** è il profilo risultante dal filtraggio elettronico passa-alto del profilo primario con una lunghezza d'onda di taglio λ_c . Questo processo rimuove i componenti con lunghezze d'onda più lunghe come mostrato nella **Figura 2**. I parametri sono designati **R** e valutati all'interno della lunghezza **ln** di valutazione, che in genere consiste di cinque lunghezze di campionamento. La lunghezza di campionamento corrisponde alla lunghezza d'onda di taglio λ_c del filtro profilo.



> **Figura 3:** Linea media filtrata passa-basso del *profilo primario* e linea media per il filtro profilo λ_c



> **Figura 4:** *Profilo ondulatione* con la linea media dopo il filtraggio passa-alto con il filtro profilo λ_c



> **Figura 5:** Parametri di trasmissione dei filtri utilizzati per le caratteristiche di rugosità e ondulatione separate. La risposta del filtro è gaussiana secondo DIN EN ISO 11562:1998

Parametri di rugosità (EN ISO 4287)

Ra – valore medio aritmetico di rugosità: la media aritmetica dei valori assoluti delle deviazioni del profilo (**Z_i**) dalla linea media del *profilo di rugosità* (**Figura 6**).

Rmr(c) – componente materiale del profilo: la frazione di una linea, che, nel sezionare un profilo, attraversa il materiale ad una altezza convenzionale **c** sopra la linea media (in micron). Indicata in percentuale.

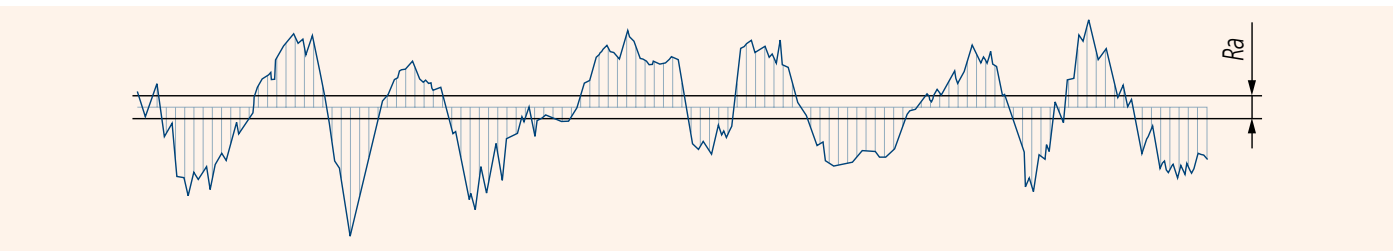
RSm – larghezza media del picco: valore medio della larghezza degli elementi di profilo **X_s** (precedentemente **S_m**); soglie di conteggio orizzontali e verticali sono definite per tale valutazione (**Figura 8**).

Rt – altezza totale del profilo di rugosità: differenza tra altezza **Z_p** del picco più alto e profondità **Z_v** della valle più profonda all'interno della lunghezza di valutazione **ln** (**Figura 7**).

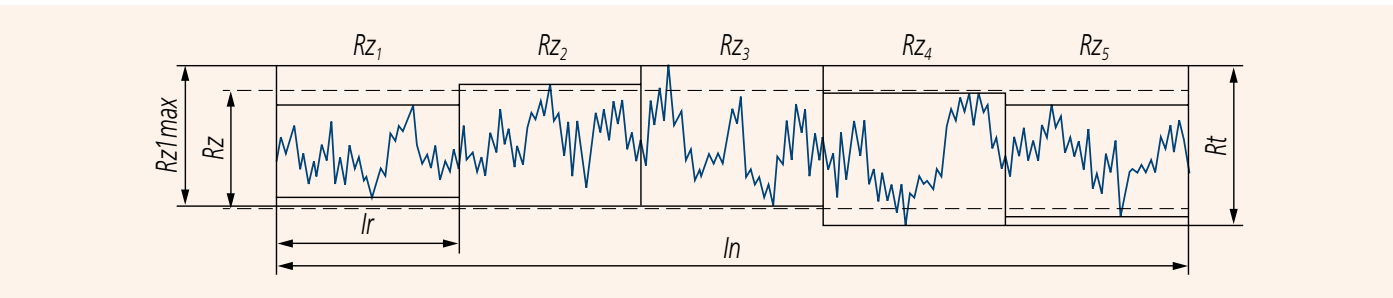
Rz – altezza massima del profilo di rugosità: somma dell'altezza del picco più alto del profilo e della profondità della valle più profonda del profilo, rispetto alla linea media, entro una lunghezza di campionamento **lr_i**.

Rz1max – profondità massima di rugosità: il maggiore dei cinque valori **Rz_i**, delle cinque lunghezze di campionamento **lr_i** all'interno della lunghezza di valutazione **ln**.

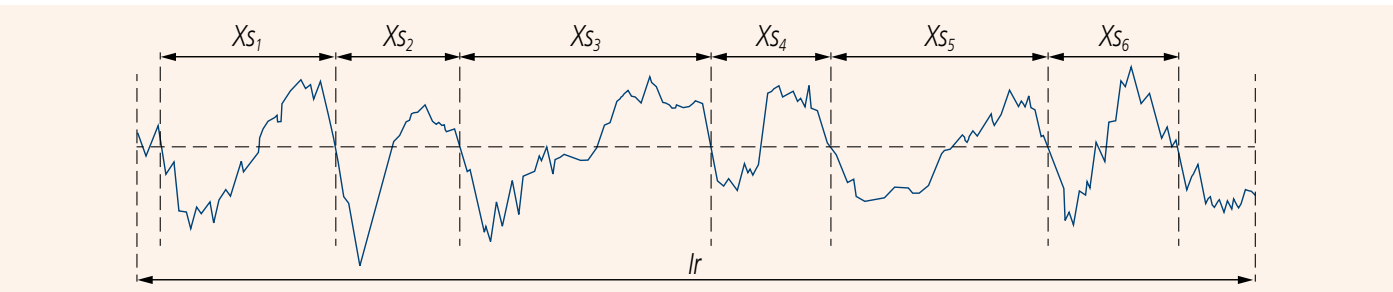
Rz – profondità media della rugosità: valore medio dei cinque Valori **Rz_i**, delle cinque lunghezze di campionamento **lr_i**, entro la lunghezza di valutazione **ln**.



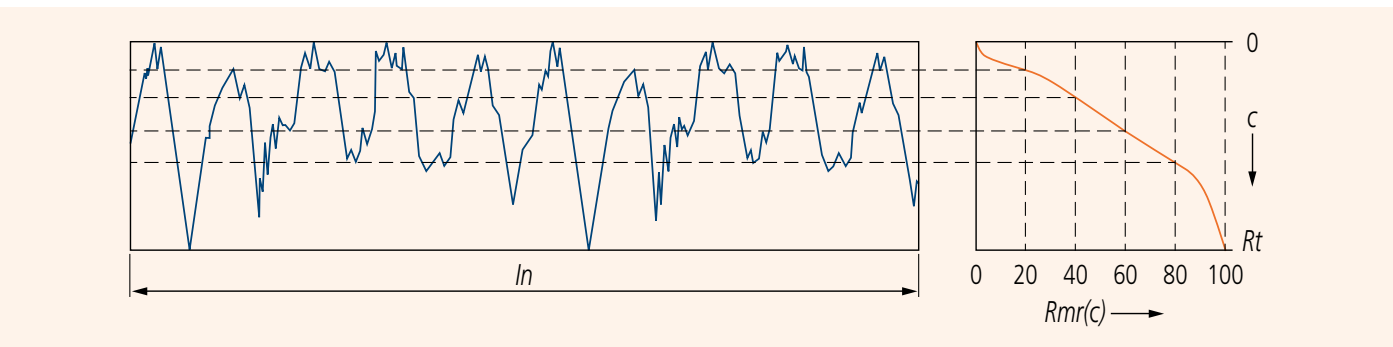
> **Figura 6:** Valore medio aritmetico di rugosità **Ra**



> **Figura 7:** Altezza totale del profilo di rugosità **Rt**, profondità media della rugosità **Rz** e profondità massima della rugosità **Rz1max**



> **Figura 8:** La spaziatura media **RSm** è il valore medio della distanza **X_s** degli elementi del profilo



> **Figura 9:** La curva DI % del componente materiale del profilo raffigura il componente materiale **Rmr(c)** del profilo come una funzione dell'altezza della sezione **c** (Curva di Abbott-Firestone)

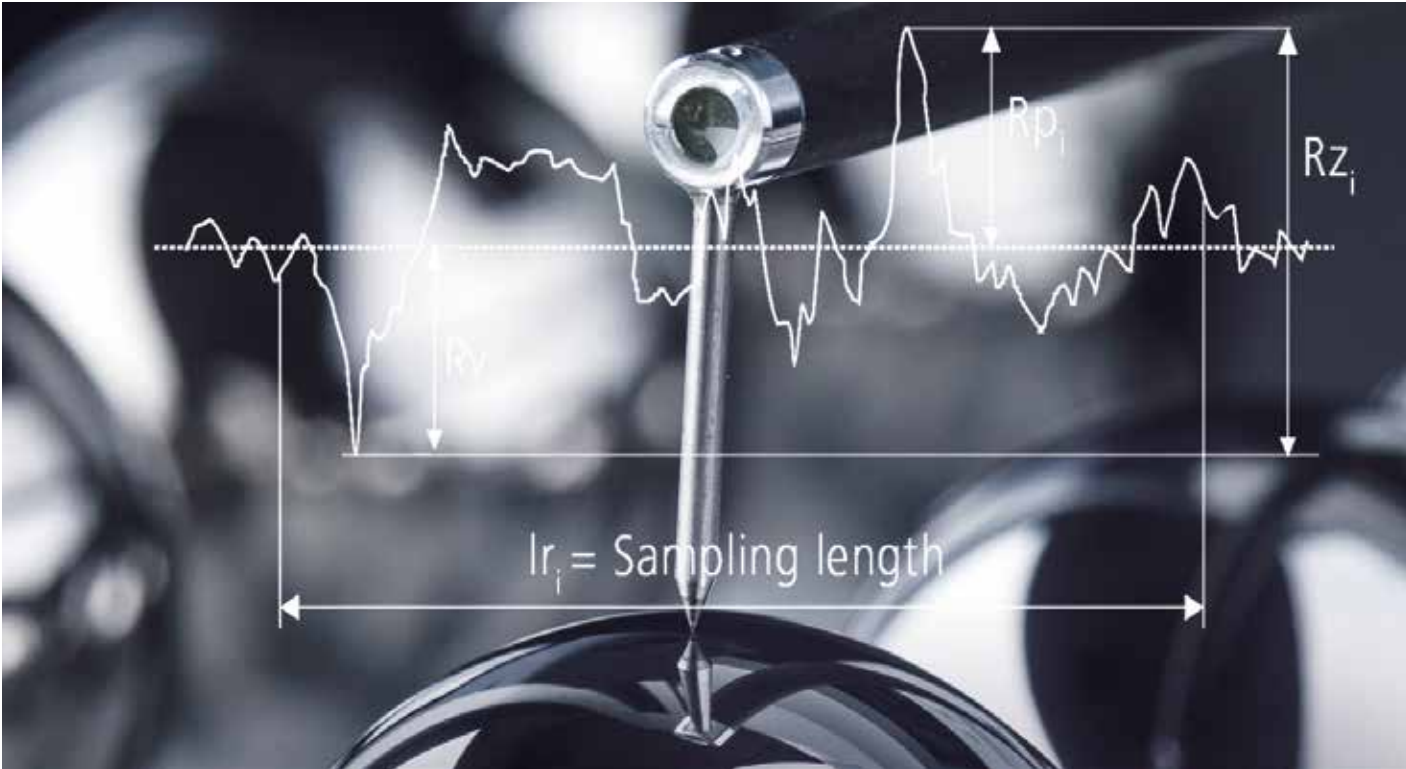
Parametri preferiti

Profondità massima di rugosità Rz1max per le superfici in cui i singoli scostamenti hanno una significativa influenza sulla funzione della superficie, per esempio superfici di tenuta.

Componente materiale del profilo Rmr(c) per superfici di guida e superfici di tenuta in movimento una contro l'altra.

Profondità media di rugosità Rz come regola per tutte le altre superfici.

Il valore medio aritmetico di rugosità **Ra** è difficilmente influenzato dai singoli picchi o valli perché è il valore medio dell'intero profilo. È quindi solo di minore importanza.



Impostazioni per la misurazione della rugosità (EN ISO 4288)

Profili non periodici		Profili periodici	Condizioni di misura secondo DIN EN ISO 4288 e DIN EN ISO 3274				
Rettifica, affilatura, lappatura, EDM		Tornitura, fresatura, piallatura	r_{punta} lr ln lt	Raggio massimo della punta della sonda Lunghezza di campionamento Lunghezza di valutazione Corsa dello stilo (lunghezza valutazione più lunghezze di inizio e fine)			
Rt, Rz μm	Ra μm	RSm mm	r_{tip} μm	$\lambda_c = lr$ mm	ln mm	lt mm	
> 0,025...0,1	> 0,006...0,02	> 0,013...0,04	2	0,08	0,4	0,48	
> 0,1...0,5	> 0,02...0,1	> 0,04...0,13	2	0,25	1,25	1,5	
> 0,5...10	> 0,1...2	> 0,13...0,4	2*	0,8	4	4,8	
> 10...50	> 2...10	> 0,4...1,3	5	2,5	12,5	15	
> 50...200	> 10...80	> 1,3...4	10	8	40	48	

* Quando $Rz > 3$ micron o $Ra > 0,5$ micron può essere utilizzata una punta con raggio $r = 5$ micron.

* Quando **Rz** > 3 micron o **Ra** > 0,5 micron può essere utilizzata una punta con raggio $r = 5$ micron.

Inoltre, il passo del punto di misura Δx e la lunghezza d'onda di taglio λ_c del filtro passa-basso sono standardizzati. Questi valori si trovano già programmati negli strumenti per misure di rugosità.

Consiglio pratico 1: se non c'è spazio sufficiente sulla superficie del pezzo per la corsa stilo necessaria **lt**, il numero di lunghezze di campionamento deve essere ridotto e registrato sul disegno.

Consiglio pratico 2: se c'è ancora spazio insufficiente, invece di **Rt** o **Rz**, l'altezza totale del profilo primario **Pt** viene misurata sulla lunghezza disponibile. Tuttavia, è definita sul profilo primario in modo simile a **Rt** e il valore misurato è sempre maggiore.

Valutazione delle misure di rugosità (EN ISO 4288)

I valori di rugosità, in particolare i parametri verticali **Rt**, **Rz**, **Rz1max** e **Ra** possono variare in un intervallo compreso tra il -20% e +30%. La singola misura non può fornire un quadro completo della superficie rispetto alle tolleranze. La DIN EN ISO 4288 allegato A stabilisce quindi la seguente procedura:

Regola del max

I parametri di rugosità con il suffisso *max* rappresentano il valore medio massimo misurato nelle cinque lunghezze di campionamento. La misura deve essere effettuata in almeno tre posizioni sulla superficie dove ci si aspettano i valori più grandi; il limite non deve essere superato in nessuna posizione.

Regola del 16%

I parametri di rugosità senza il suffisso *max* rappresentano il valore medio misurato nelle cinque lunghezze di campionamento.

Per i requisiti prescritti dai limiti inferiori o superiori del parametro, la superficie è considerata accettabile se non più del 16% di tutti i valori misurati, di un parametro adottato, basato su una lunghezza di valutazione, eccede il valore indicato sulla documentazione tecnica. In pratica:

Attraverso il metodo step-by-step la superficie sarà accettata se:

1. Il primo valore misurato è inferiore al 70% del limite
2. I primi tre valori rilevati non superano il valore prescritto
3. Non più di due dei primi dodici valori rilevati superano il valore prescritto

Simboli del disegno (EN ISO 1302)

	Segno grafico di base	a Valore di rugosità superficiale necessario b Altri requisiti della superficie
	Segno che indica la necessità di asportare materiale	c Processo di produzione (ad esempio, tornitura, rettifica, cromatura)
	Segno che indica il divieto di asportare materiale	d Simbolo che definisce la direzione della lavorazione e Tolleranza di elaborazione (in mm)
	La stessa finitura per tutte le superfici	x Lettera di riferimento semplificata se lo spazio è limitato

	Voci sul simbolo (in alto) Simboli che definiscono la direzione della posa di lavorazione (posizione d, in basso)	
--	--	--

=	⊥	X	M	C	R	P
Parallelo*	Ortagonale*	Incrociato	Multi-direzionale	Concentrico	Radiale	Non direzionale

* Per il livello di proiezione della vista in cui viene inserito il simbolo.

Esempi	Note esplicative
	Nessuna procedura di rimozione del materiale è consentita, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , regola del 16%, profondità media di rugosità 5 micron (limite superiore)
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , regola max, profondità media massima di rugosità 3 micron (limite superiore); tolleranza di elaborazione 0,2 mm
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , la lunghezza di valutazione si compone di 3 lunghezze di campionamento, regola del 16%, profondità media di rugosità 4 micron (limite superiore); superficie con scanalature concentriche
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , regola del 16%, rugosità media 5 micron, valore medio aritmetico di rugosità 1 micron (limite superiore)
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , regola del 16%, profondità media di rugosità tra 1 micron (limite inferiore) e 3 micron (limite superiore)
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita per λ_c , nessuno filtro λ_c , <i>profilo P</i> , lunghezza traccia pari alla lunghezza del pezzo, regola del 16%, altezza totale del profilo primario 25 micron (limite superiore)
	Procedura di rimozione del materiale, caratteristiche del filtro 0,8 (λ_c) - 25 ($\lambda_c = lw$) mm, <i>profilo W</i> , la lunghezza di valutazione si compone di 5 lunghezze di campionamento $ln = 5 * lw = 125$ mm, regola del 16%, altezza totale del profilo 10 micron (limite superiore)
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , regola del 16%, altezza totale del profilo di rugosità 1 micron (limite superiore); componente materiale del profilo 90% entro l'altezza di sezione $c = 0,3$ micron (limite inferiore)
	Procedura di rimozione del materiale, banda di trasmissione predefinita, <i>profilo R</i> , larghezza media della scanalatura tra 0,1 mm (limite inferiore) e 0,3 mm (limite superiore)
	Spiegazione del significato (a destra) di un riferimento semplificato (a sinistra), quando lo spazio è insufficiente per una definizione completa.

VALUTAZIONE DEGLI ERRORI DI FORMA DEI SOLIDI DI ROTAZIONE



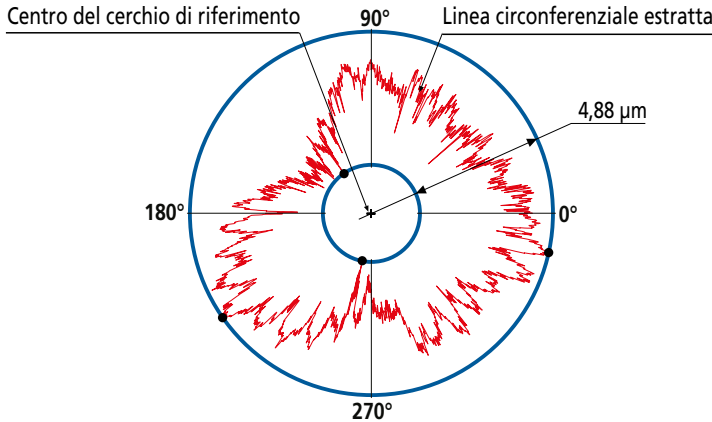
Pacchetto
formazione

Definizione di rotondità

La deviazione da un profilo circolare da una circonferenza geometricamente vera è definito dalla differenza in raggio di due cerchi di riferimento complanari e concentrici le cui dimensioni e posizioni dei centri sono costruite con uno dei quattro metodi sotto indicati, dopo l'estrazione della linea circonferenziale. I diagrammi indicano come il valore di deviazione sia variabile in funzione del metodo usato.

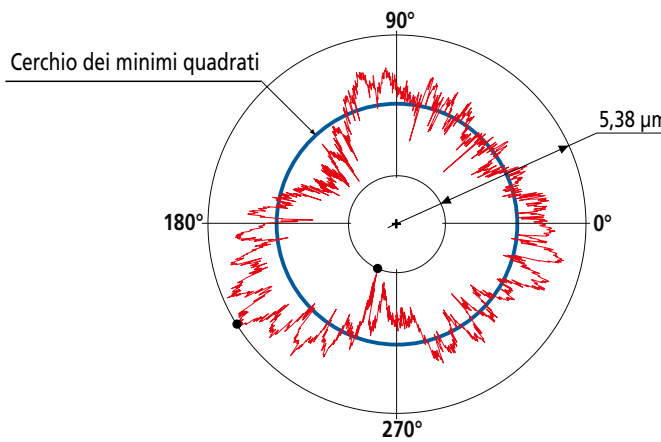
Metodo della zona minima (MZC)

Si identificano due circonferenze concentriche che racchiudono completamente il profilo campionato ed hanno la minima differenza radiale. Tale differenza coincide con la rotondità.



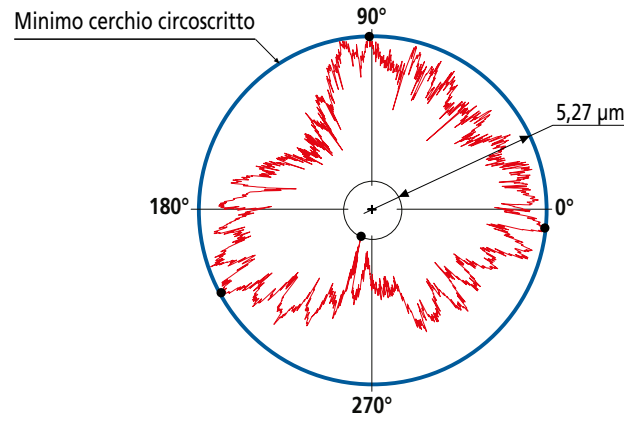
Metodo dei minimi quadrati (LSC)

La circonferenza di riferimento è quella per la quale la somma dei quadrati di tutte le deviazioni radiali del profilo risulta minima. La rotondità è, in questo caso, la distanza radiale tra il punto più esterno e quello più interno ad essa.



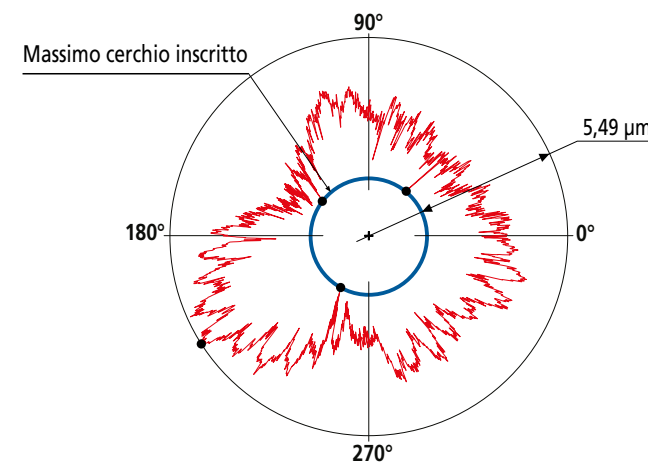
Metodo del minimo cerchio circoscritto (MCC)

Conosciuta anche come riferimento dell' anello (liscio), è la più piccola circonferenza che include totalmente il profilo campionato.

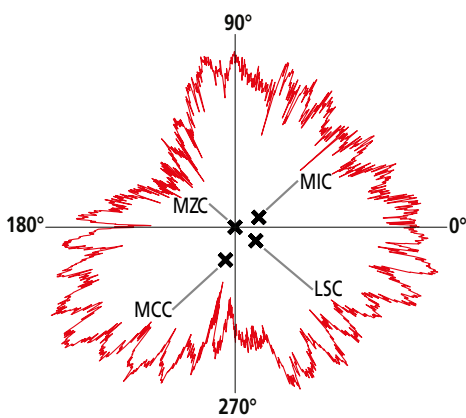


Metodo del massimo cerchio inscritto (MIC)

E' la circonferenza di raggio massimo completamente inscritibile nel profilo campionato. La rotondità è data dalla distanza radiale del punto più esterno ad essa.



Nella figura sono illustrati i diversi centri delle diverse circonferenze di riferimento e le relative rotondità risultanti.



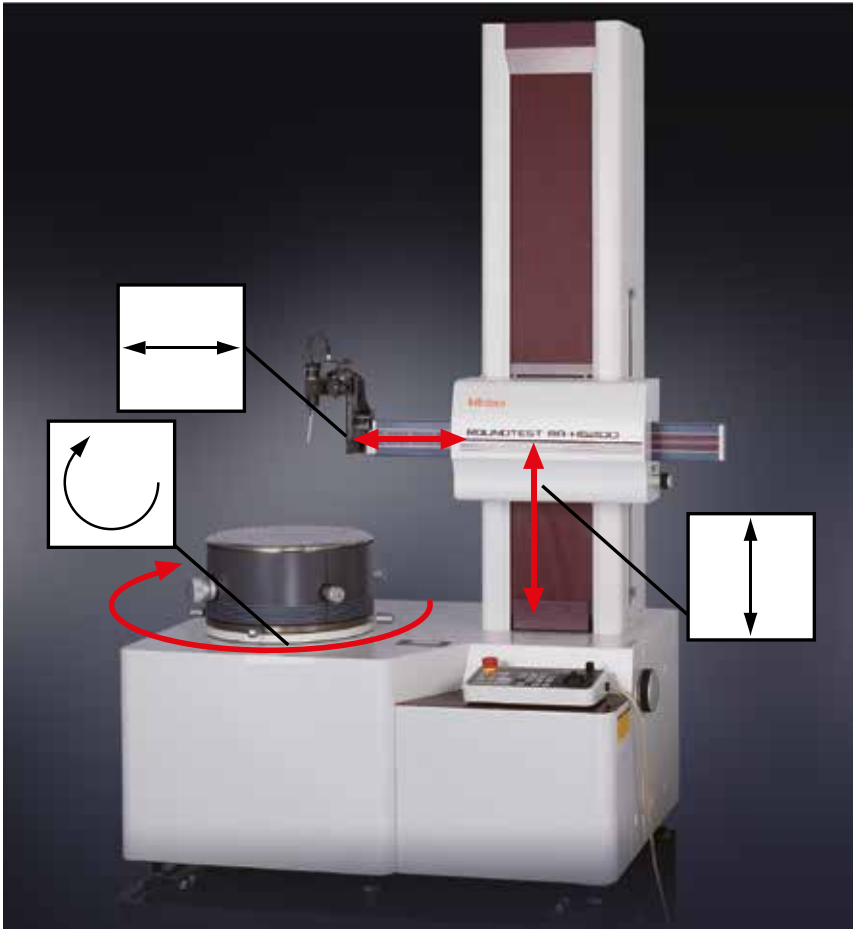
Simbolo caratteristico*	Definizione	Tolleranza geometrica*	Metodo di prova	Risultato	Movimenti della macchina ammissibili
	Rotondità E' la minima differenza radiale tra due circonferenze aventi lo stesso centro del cerchio di riferimento che racchiudono il profilo.				
	Rettilineità E' la minima distanza tra due rette parallele alla retta di riferimento che racchiudono il profilo rilevato.				
	Planarità La minima distanza tra due piani paralleli al piano di riferimento che racchiudono il profilo rilevato.				
	Cilindricità E' la minima distanza tra due cilindri coassiali che contengono il profilo misurato.				
	Coassialità La deviazione della coassialità è la distanza radiale massima tra l'asse della superficie cilindrica estratta e l'asse di riferimento oltre la lunghezza del campo di valutazione. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t/2.				
	Concentricità E' la massima distanza radiale tra il centro dell' elemento misurato ed il centro del cerchio di riferimento.				
	Parallelismo (da piano a piano) La deviazione del parallelismo da piano a piano è la massima differenza di distanza tra la superficie piana estratta e il piano di riferimento. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t.				
	Perpendicolarità (da piano ad asse) La deviazione della perpendicolarità da piano ad asse è la massima differenza di distanza tra la superficie piana estratta e un piano perpendicolare all'asse di riferimento. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t.				
	Perpendicolarità (da asse a piano) La deviazione della perpendicolarità da asse a piano è la massima differenza della distanza tra la linea assiale estratta e un asse perpendicolare al piano di riferimento. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t.				
	Run-out (radiale) La deviazione del run-out radiale è la differenza massima dei raggi di una linea circonferenziale estratta centrata sull'asse di riferimento. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t.				
	Oscillazione assiale (Run-out assiale) E' la minima distanza tra due piani perpendicolari all' asse di riferimento che contengono il profilo rilevato.				
	Oscillazione totale radiale (Run-out totale radiale) E' la massima variazione della distanza tra una superficie piana estratta ed un piano perpendicolare all' asse di riferimento.				
	Run-out totale (assiale) La deviazione del run-out assiale totale è la massima differenza della distanza in direzione assiale tra una superficie piatta estratta e un piano perpendicolare all'asse. Una caratteristica è tollerata limitando la deviazione a un valore t.				

* Secondo ISO 1101

t = tolleranza

— Elemento di riferimento

— Geometria estratta



Filtri

Le linee estratte possono essere con il filtro passa-basso in vari modi per ridurre o eliminare i dettagli indesiderati, con un valore di cut-off fissato in termini di ondulazioni per giro (upr). Nelle figure seguenti è indicato l'effetto di diverse impostazioni upr per un filtro gaussiano con fase corretta al 50%, che illustrano come il valore della rotondità misurato diminuisce con l'appianamento progressivo della linea estratta provocato da impostazioni upr più basse.

