

# Mitutoyo

## MANUALE DI RIFERIMENTO PER METROLOGI

Equivalenti, conversioni, simboli di tolleranza geometrica,  
scale di durezza, risoluzioni dei triangoli, misura,  
misura della rugosità, dilatazione termica

EDIZIONE ITALIANA





# Contenuti

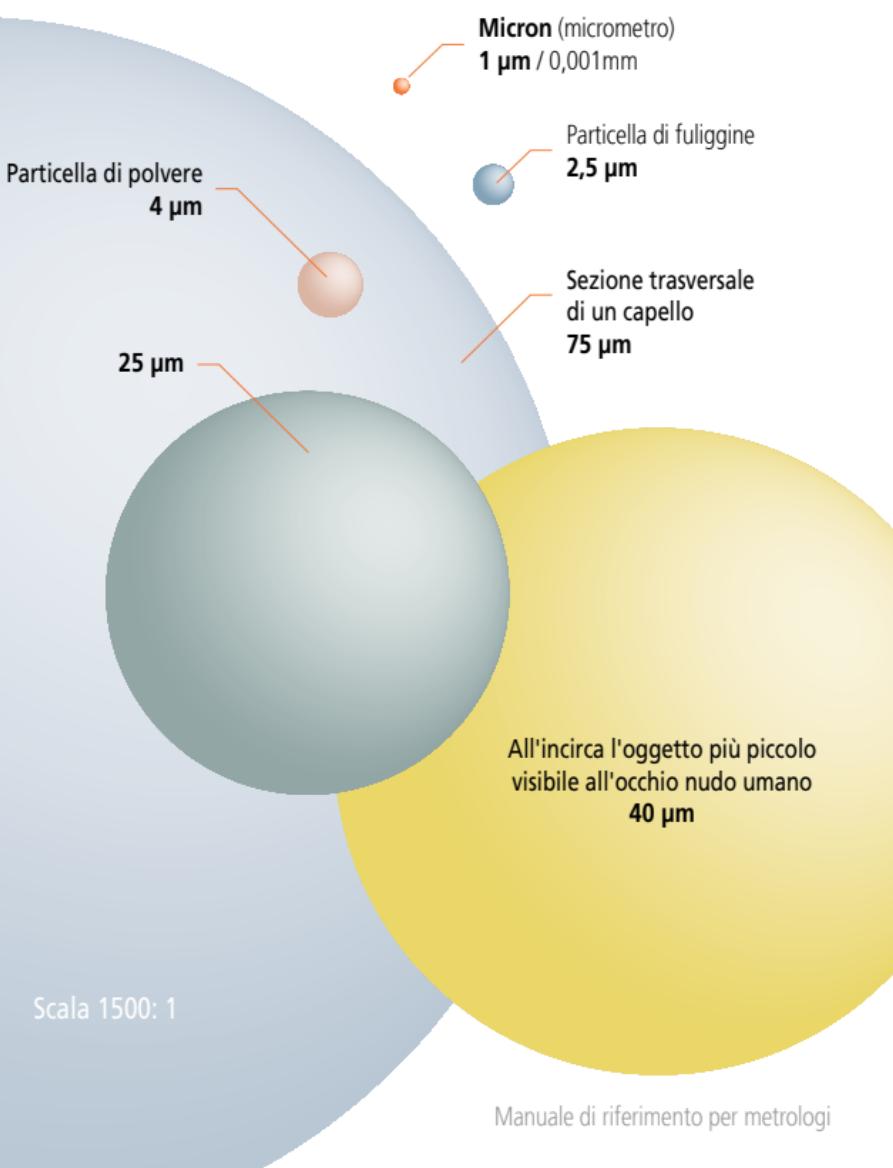
Comprendere i micron	02
L'alfabeto greco e i simboli matematici di base	03
Conversioni	04
Risoluzione del triangolo	05
Formulario di geometria	06
Norme internazionali di riferimento	09
Nomenclatura	14
Simboli delle tolleranze geometriche	38
Definizione di rotondità	41
Scale di durezza	45
Guida rapida alla misura della struttura superficiale	51
Condizioni di misura della rugosità	56
Coefficiente di dilatazione termica (CTE)	59
Proprietà dei materiali dei blocchetti di riscontro	61
Gradi dei blocchetti di riscontro	62
Note	64

# Comprendere i micron

PG  
02

## Lo sapevate?

La lunghezza di un blocchetto di riscontro in acciaio da 100 mm aumenta di 11 µm quando la sua temperatura varia da 20 °C a 30 °C.



# L'alfabeto greco e i simboli matematici di base

Maiuscolo	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>	<b>Ε</b>	<b>Ζ</b>	<b>Η</b>	<b>Θ</b>
Minuscolo	<b>α</b>	<b>β</b>	<b>γ</b>	<b>δ</b>	<b>ε</b>	<b>ζ</b>	<b>η</b>	<b>θ</b>
Nome	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Epsilon	Zeta	Eta	Theta

Maiuscolo	<b>I</b>	<b>Κ</b>	<b>Λ</b>	<b>Μ</b>	<b>Ν</b>	<b>Ξ</b>	<b>Ο</b>	<b>Π</b>
Minuscolo	<b>ι</b>	<b>κ</b>	<b>λ</b>	<b>μ</b>	<b>ν</b>	<b>ξ</b>	<b>ο</b>	<b>π</b>
Nome	Iota	Cappa	Lambda	Mu	Nu	Xi	Omicron	Pi

Maiuscolo	<b>P</b>	<b>Σ</b>	<b>Τ</b>	<b>Υ</b>	<b>Φ</b>	<b>Χ</b>	<b>Ψ</b>	<b>Ω</b>
Minuscolo	<b>ρ</b>	<b>σ</b>	<b>τ</b>	<b>υ</b>	<b>φ</b>	<b>χ</b>	<b>ψ</b>	<b>ω</b>
Nome	Rho	Sigma	Tau	Upsilon	Phi	Chi	Psi	Omega

<b>+</b>	più/aggiungere
<b>-</b>	meno/sottrarre
<b>±</b>	più o meno
<b>×</b>	moltiplicare/volte
<b>÷</b>	dividere
<b>/</b>	dividere
<b>=</b>	è numericamente uguale a
<b>≡</b>	è identico o equivalente a
<b>≠</b>	non è uguale
<b>≈</b>	è quasi uguale a
<b>Α</b>	è proporzionale a
<b>~</b>	è dell'ordine di
<b>&gt;</b>	è maggiore di
<b>&lt;</b>	è minore di
<b>≥</b>	è maggiore o uguale a
<b>≤</b>	è minore o uguale a

<b>&gt;&gt;</b>	è molto maggiore di
<b>&lt;&lt;</b>	è molto minore di
<b>Σ</b>	la somma dei termini indicati
<b>Π</b>	il prodotto dei termini indicati
<b>Δ</b>	differenza o aumento finito
<b>∴</b>	dunque
<b>∠</b>	angolo
<b>//</b>	parallelo a
<b>⊥</b>	perpendicolare a
<b>:</b>	sta a
<b>√x</b>	radice quadrata di x
<b>√[n]x</b>	radice n-esima di x
<b>→</b>	si avvicina al limite
<b>∞</b>	infinito

# Conversioni

› Unità di lunghezza metriche

	nm	μm	mm	nm	dm	m	km
1 nm	1	0,001	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$
1 μm	1000	1	0,001	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$
1 mm	$10^6$	1000	1	0,1	0,01	0,001	$10^{-6}$
1 cm	$10^7$	10000	10	1	0,1	0,01	$10^{-5}$
1 dm	$10^8$	100000	100	10	1	0,1	$10^{-4}$
1 m	$10^9$	$10^6$	1000	100	10	1	0,001
1 km	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	100000	10000	1000	1

› Unità metriche e unità anglo-americane

	in	ft	yd	μm	mm	m
1 in	1	0,08333	0,02778	25400	25,4	0,0254
1 ft	12	1	0,3333	304800	304,8	0,3048
1 yd	36	3	1	914400	914,4	0,9144
1 μm	$3,937 \times 10^{-5}$	$3,281 \times 10^{-6}$	$1,094 \times 10^{-6}$	1	0,001	$10^{-6}$
1 mm	0,03937	$3,281 \times 10^{-3}$	$1,094 \times 10^{-3}$	1000	1	0,001
1 m	39,37	3,281	1,094	$10^6$	1000	1

› Equivalenti frazionali/decimali

Pollici frazionali	mm	Pollici decimali	Pollici frazionali	mm	Pollici decimali
$\frac{1}{64}$	0,397	0,0156	$\frac{3}{8}$	9,525	0,375
$\frac{1}{32}$	0,794	0,0312	$\frac{1}{2}$	12,7	0,5
$\frac{1}{16}$	1,588	0,0625	$\frac{3}{4}$	19,05	0,75
$\frac{1}{8}$	3,175	0,125	1	25,4	1,0
$\frac{1}{4}$	6,35	0,25			

# Risoluzione di triangoli

## › Risoluzione del triangolo obliquo

### › Teorema dei seni

$$\operatorname{sen} \alpha : \operatorname{sen} \beta : \operatorname{sen} \gamma = a : b : c$$

$$a = \frac{b}{\operatorname{sen} \beta} \operatorname{sen} \alpha = \frac{c}{\operatorname{sen} \gamma} \operatorname{sen} \alpha$$

$$b = \frac{a}{\operatorname{sen} \alpha} \operatorname{sen} \beta = \frac{c}{\operatorname{sen} \gamma} \operatorname{sen} \beta$$

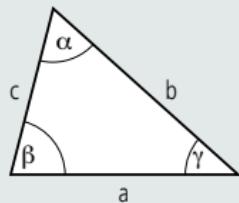
$$c = \frac{a}{\operatorname{sen} \alpha} \operatorname{sen} \gamma = \frac{b}{\operatorname{sen} \beta} \operatorname{sen} \gamma$$

### › Teorema dei coseni

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 b c \cdot \cos \alpha$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2 a c \cdot \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 a b \cdot \cos \gamma$$



### › Area

$$A = \frac{1}{2} b c \operatorname{sen} \alpha = \frac{1}{2} a c \operatorname{sen} \beta = \frac{1}{2} a b \operatorname{sen} \gamma$$

## › Risoluzione del triangolo rettangolo

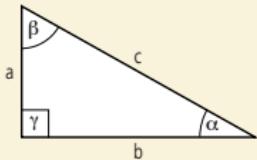
### › Triangolo rettangolo

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{\text{Lato opposto}}{\text{Ipotenusa}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Lato adiacente}}{\text{Ipotenusa}} = \frac{b}{c}$$

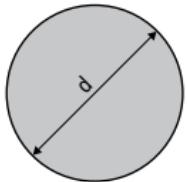
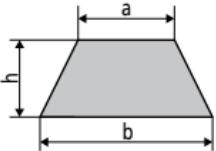
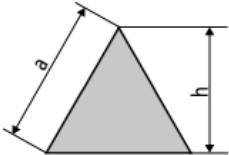
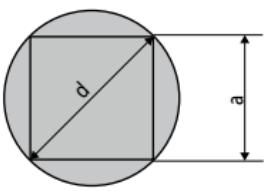
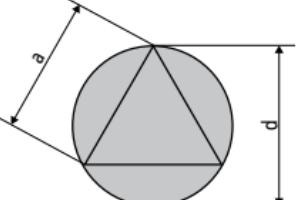
$$\tan \alpha = \frac{\text{Lato opposto}}{\text{Lato adiacente}} = \frac{a}{b}$$

$$\cot \alpha = \frac{\text{Lato adiacente}}{\text{Lato opposto}} = \frac{b}{a}$$



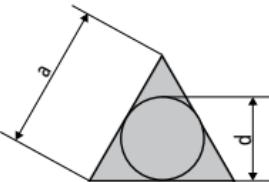
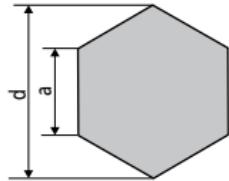
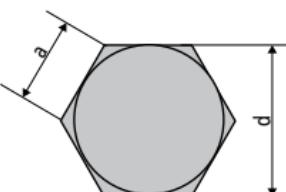
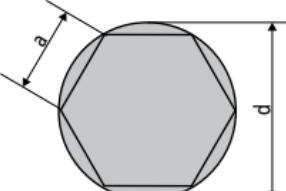
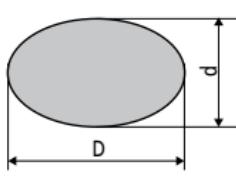
# Formulario di geometria

PG  
06

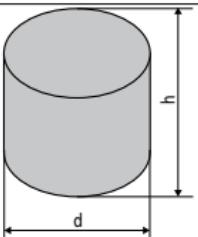
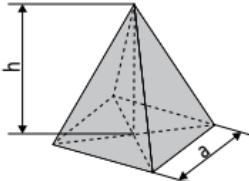
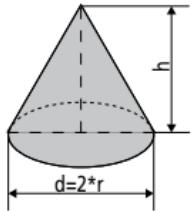
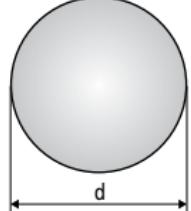
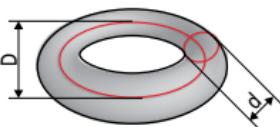
	<p>Area di un cerchio:</p> $A = \frac{\pi d^2}{4}$	<p>Circonferenza di un cerchio:</p> $U = \pi \cdot d$
	<p>Area di un trapezio:</p> $A = \frac{a + b}{2} \cdot h$	
	<p>Area di un triangolo:</p> $A = \frac{a \cdot h}{2}$	
	<p>Lato di un quadrato inscritto in un cerchio:</p> $a = \frac{d}{\sqrt{2}}$	
	<p>Lato di un triangolo equilatero inscritto in un cerchio:</p> $a = \frac{d \cdot \sqrt{3}}{2}$	

# Formulario di geometria

PG  
07

	<p>Diametro di un cerchio inscritto in un triangolo equilatero:</p> $d = \frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}$	
	<p>Area di un esagono regolare:</p> $A = \frac{3 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}}{2}$	<p>Distanza tra vertici opposti:  <math>d = 2 \cdot a</math></p>
	<p>Diametro di un cerchio inscritto in un esagono regolare:</p> $d = a \cdot \sqrt{3}$	
	<p>Lato di un esagono regolare inscritto in un cerchio:</p> $a = \frac{d}{2}$	
	<p>Area di un'ellisse:</p> $A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$	

# Formulario di geometria

	<p>Area di un cilindro:  <math display="block">A = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{d}{2} + h\right)</math></p>	<p>Volume di un cilindro:  <math display="block">V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}</math></p>
	<p>Area di una piramide regolare a quattro facce:  <math display="block">A = a^2 + a \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 + a^2}</math></p>	<p>Volume di una piramide regolare a quattro facce:  <math display="block">V = \frac{a^2 \cdot h}{3}</math></p>
	<p>Area di un cono:  <math display="block">A = \pi \cdot r \cdot (r + a)</math>  <math display="block">a = \sqrt{h^2 + r^2}</math>  <small>a = apotema</small></p>	<p>Volume di un cono:  <math display="block">V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}</math></p>
	<p>Area di una sfera:  <math display="block">A = \pi \cdot d^2</math></p>	<p>Volume di una sfera:  <math display="block">V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}</math></p>
	<p>Area di un toro:  <math display="block">A = \pi^2 \cdot d \cdot D</math></p>	<p>Volume di un toro:  <math display="block">V = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot d^2}{4}</math></p>

# Normative internazionali di riferimento

<b>Strumenti da banco</b>	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali - Parte 1: Calibri a corsoio; Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 13385-1
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali - Parte 2: Calibri per misurazioni di profondità; Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 13385-2
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali; Misuratori d'altezza (truschini) - Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 13225
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali: Micrometri per misurazioni esterne - Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 3611
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature per misurazioni dimensionali - Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche dei comparatori meccanici a quadrante	EN ISO 463
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali: Comparatori a quadrante (tipo a leva) - Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 9493
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Campioni di lunghezza - Blocchetti pianparalleli	EN ISO 3650
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Apparecchiature di misura dimensionali: comparatori elettronici digitali - Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche	EN ISO 13102

# Normative internazionali di riferimento

PG  
10

<b>Struttura superficiale</b>	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Caratteristiche nominali degli strumenti a contatto (tastatore)	EN ISO 3274
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Termini, definizioni e parametri dello stato della superficie	EN ISO 4287
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Regole e procedure per il rilevamento dello stato della superficie.	EN ISO 4288
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo; Campioni di riferimento - Misure materializzate.	EN ISO 5436
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Struttura superficiale: Metodo del profilo - caratteristiche metrologiche dei filtri di correzione della fase	EN ISO 11562
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo; superfici aventi caratteristiche funzionali dipendenti dai livelli - Filtraggio e condizioni generali di misurazione	EN ISO 13565-1
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo; superfici aventi caratteristiche funzionali dipendenti dai livelli - Caratterizzazione delle altezze utilizzando la curva del tasso di lunghezza portante	EN ISO 13565-2
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Superfici aventi caratteristiche funzionali dipendenti dai livelli - Caratterizzazione delle altezze utilizzando la curva di probabilità del materiale.	EN ISO 13565-3
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Struttura superficiale: Metodo del profilo - Parametri del motivo	EN ISO 12085

# Normative internazionali di riferimento

Macchine di misura a coordinate	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di riverifica per macchine per misurazione a coordinate (CMM) - Parte 1: Vocabolario	EN ISO 10360-1
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 2: CMM utilizzate per misurazioni dimensionali lineari	EN ISO 10360-2
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 3: CMM dotate di tavola rotante come quarto asse	EN ISO 10360-3
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 4: CMM utilizzate in modalità di misurazione a scansione	EN ISO 10360-4
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 5: CMM dotate di sistemi tastatori a contatto a stilo singolo e multiplo	EN ISO 10360-5
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 6: Stima degli errori nel calcolo degli elementi associati in modo Gaussiano	EN ISO 10360-6
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per macchine di misura a coordinate (CMM) - Parte 7: CMM dotate di sistemi tastatori ad immagini	EN ISO 10360-7

# Normative internazionali di riferimento

<b>Macchine di misura a coordinate</b>	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per sistemi di misura a coordinate (CMS) - Parte 8: CMM con sensori ottici di distanza	EN ISO 10360-8
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Prove di accettazione e prove di verifica periodica per sistemi di misura a coordinate (CMS) - Parte 9: CMM con sistemi tastatori multipli	EN ISO 10360-9
	Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Linee guida per la valutazione dell'incertezza di prova di macchine di misura a coordinate (CMM)	ISO/TS 23165

<b>Durometri</b>	Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 1: Metodo di prova	EN ISO 6507-1
	Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 2: Verifica e taratura delle macchine di prova	EN ISO 6507-2
	Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 3: Taratura dei blocchetti di riferimento	EN ISO 6507-3
	Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 4: Prospetto dei valori di durezza	EN ISO 6507-4
	Materiali metallici - Prova di durezza Rockwell - Parte 1: Metodo di prova	EN ISO 6508-1
	Materiali metallici - Prova di durezza Rockwell - Parte 2: Verifica e taratura delle macchine di prova e dei penetratori	EN ISO 6508-2

# Normative internazionali di riferimento

PG  
13

Durometri	Materiali metallici - Prova di durezza Rockwell - Parte 3: Taratura dei blocchetti di riferimento	EN ISO 6508-3
	Materie plastiche - Determinazione della durezza - Parte 2: durezza Rockwell	EN ISO 2039-2
	Materiali metallici - Prova di durezza Brinell - Parte 1: Metodo di prova	EN ISO 6506-1
	Materiali metallici - Prova di durezza Brinell - Parte 2: Verifica e taratura delle macchine di prova	EN ISO 6506-2
	Materiali metallici - Prova di durezza Brinell - Parte 3: Taratura dei blocchetti di riferimento	EN ISO 6506-3
	Materiali metallici - Prova di durezza Brinell - Parte 4: Tabella dei valori di durezza	EN ISO 6506-4
	Materiali metallici - Prova di durezza Knoop - Parte 1: Metodo di prova	EN ISO 4545-1
	Materiali metallici - Prova di durezza Knoop - Parte 2: Verifica e taratura delle macchine di prova	EN ISO 4545-2
	Materiali metallici - Prova di durezza Knoop - Parte 3: Taratura dei blocchetti di riferimento	EN ISO 4545-3
	Materiali metallici - Prova di durezza Knoop - Parte 4: Tabella dei valori di durezza	EN ISO 4545-4
	Metalli e altri rivestimenti inorganici - Prova di microdurezza Vickers e Knoop	EN ISO 4516
	Materiali metallici - Conversione dei valori di durezza	EN ISO 18265



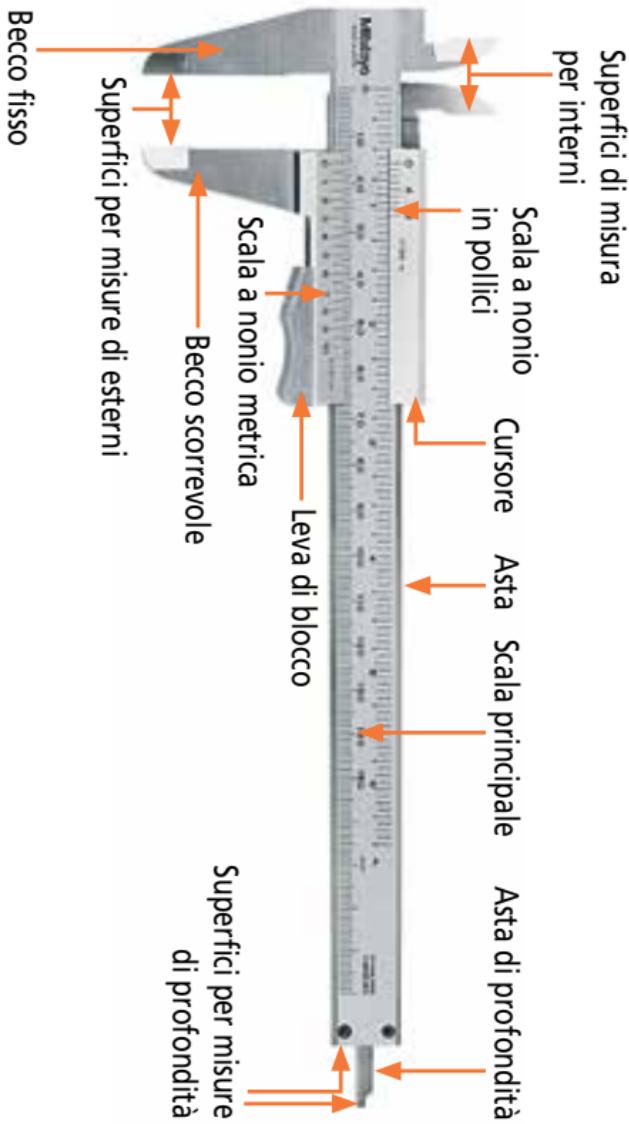
## Nomenclatura comparatore

# Nomenclatura del micrometro

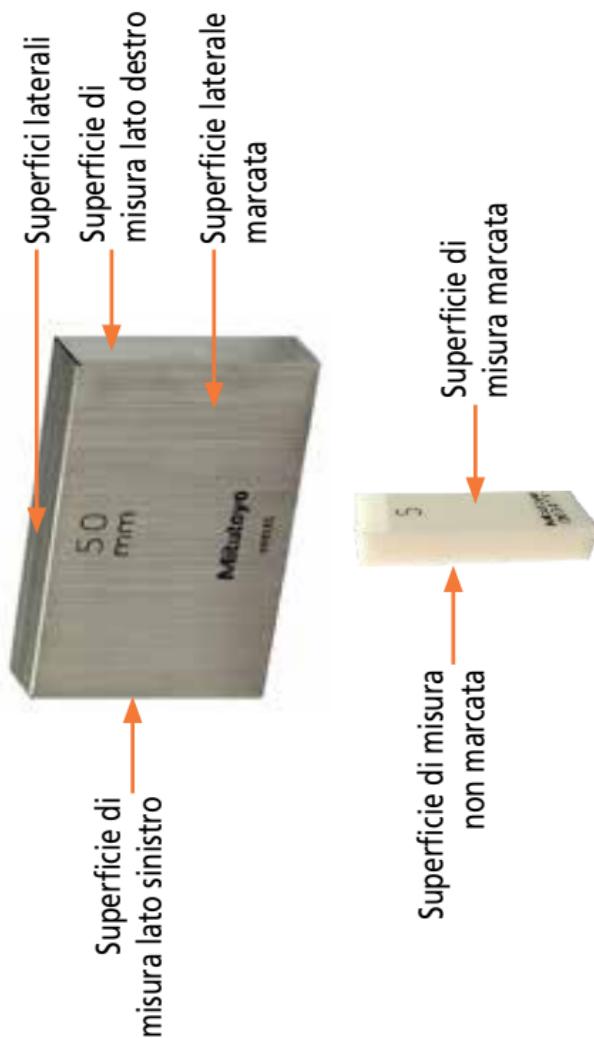
PG  
15

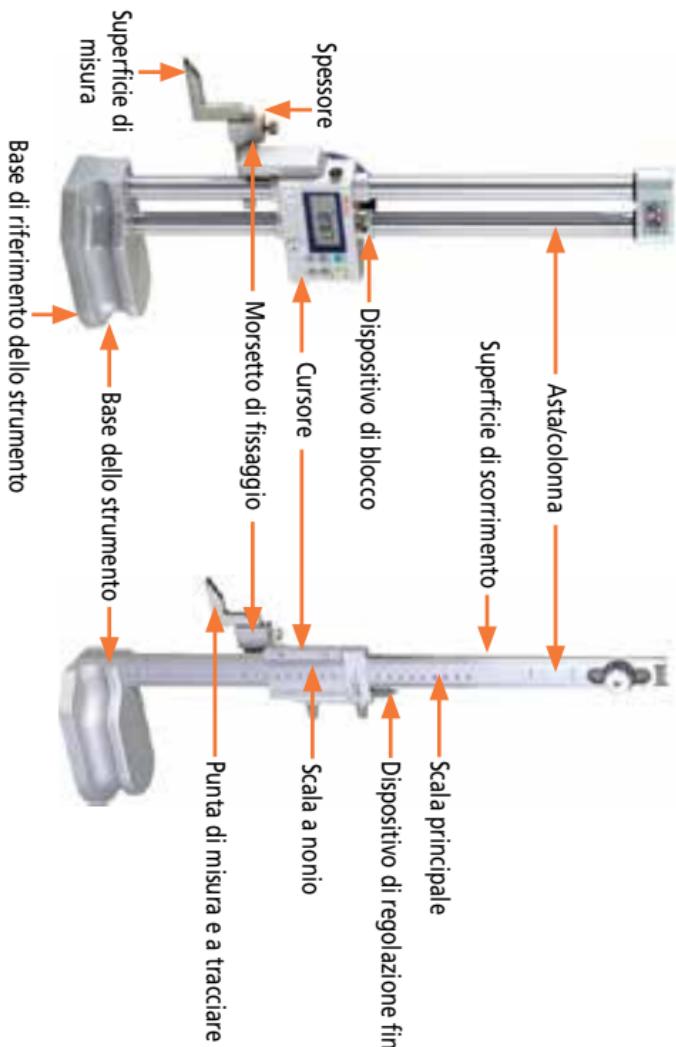


## Nomenclatura del calibro



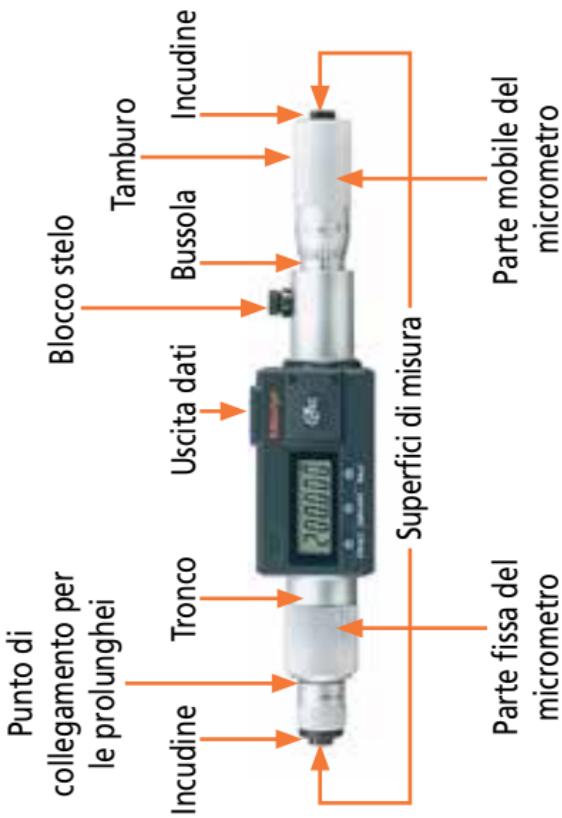
# Nomenclatura dei blocchetti di riscontro

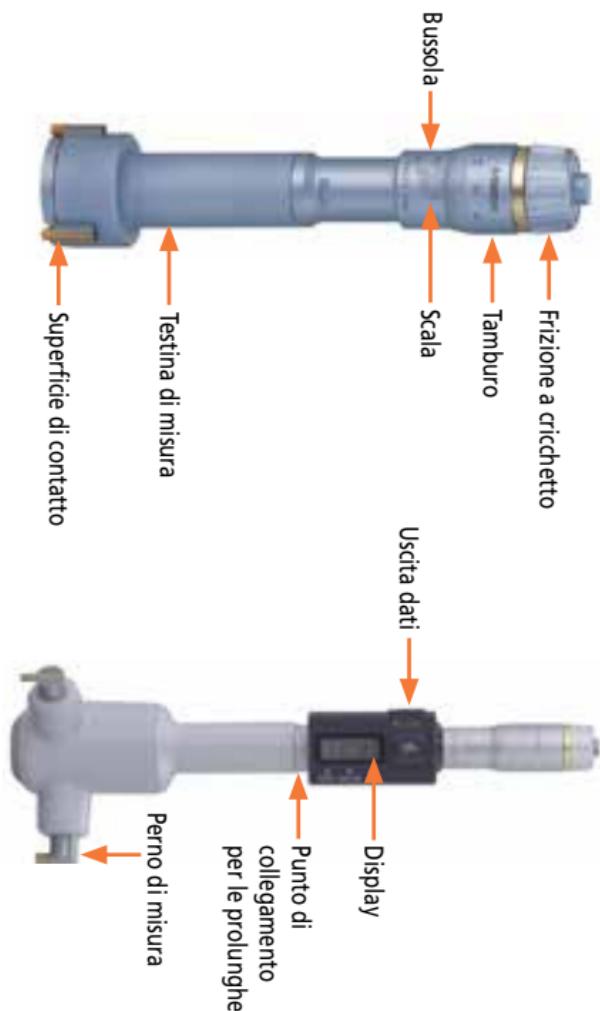




## Nomenclatura del micrometro per interni a 2 punti

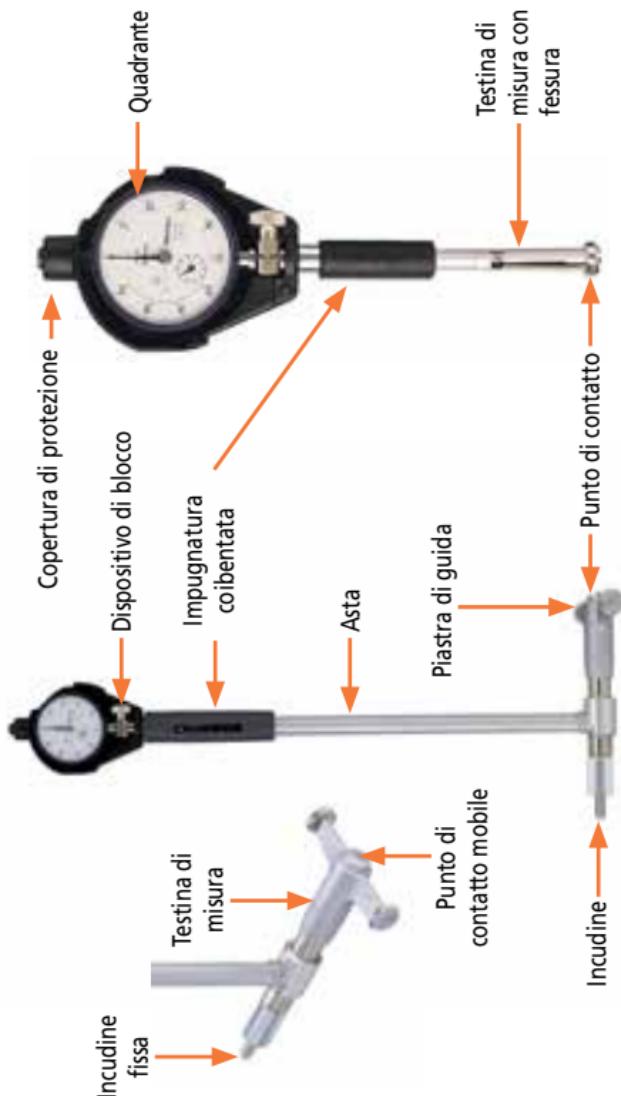
PG  
19

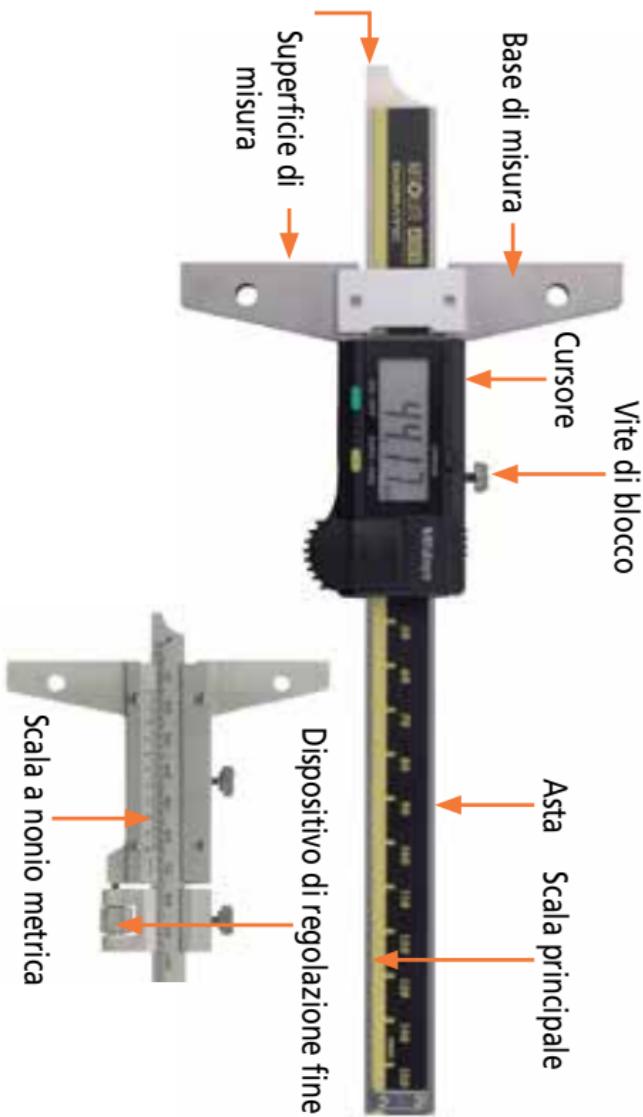




3 punti  
Nomenclatura del micrometro per interni a

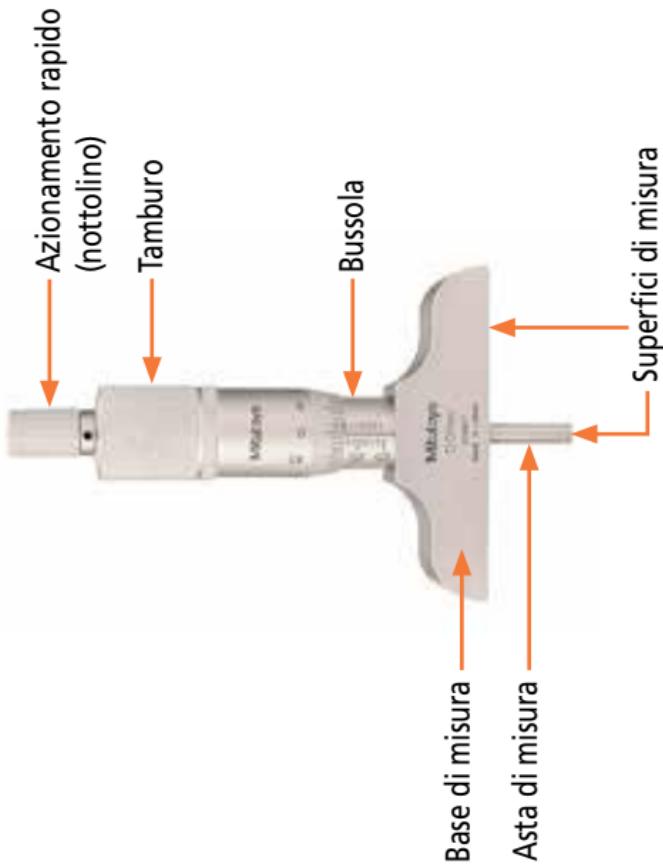
# Nomenclatura degli alesametri a 2 punti



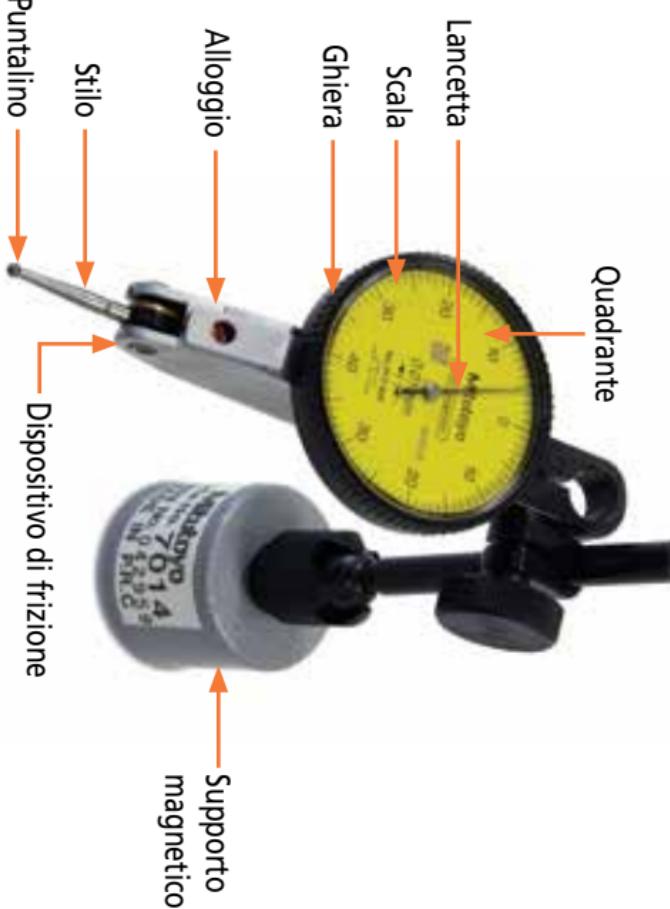


Nomenclatura del calibro di profondità

# Nomenclatura del micrometro di profondità

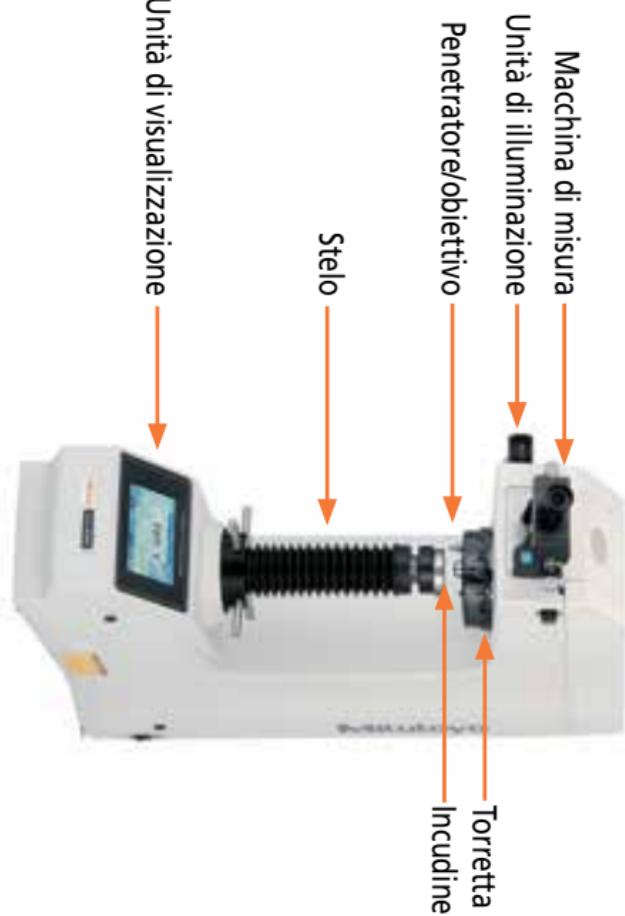


## Nomenclatura del comparatore a leva

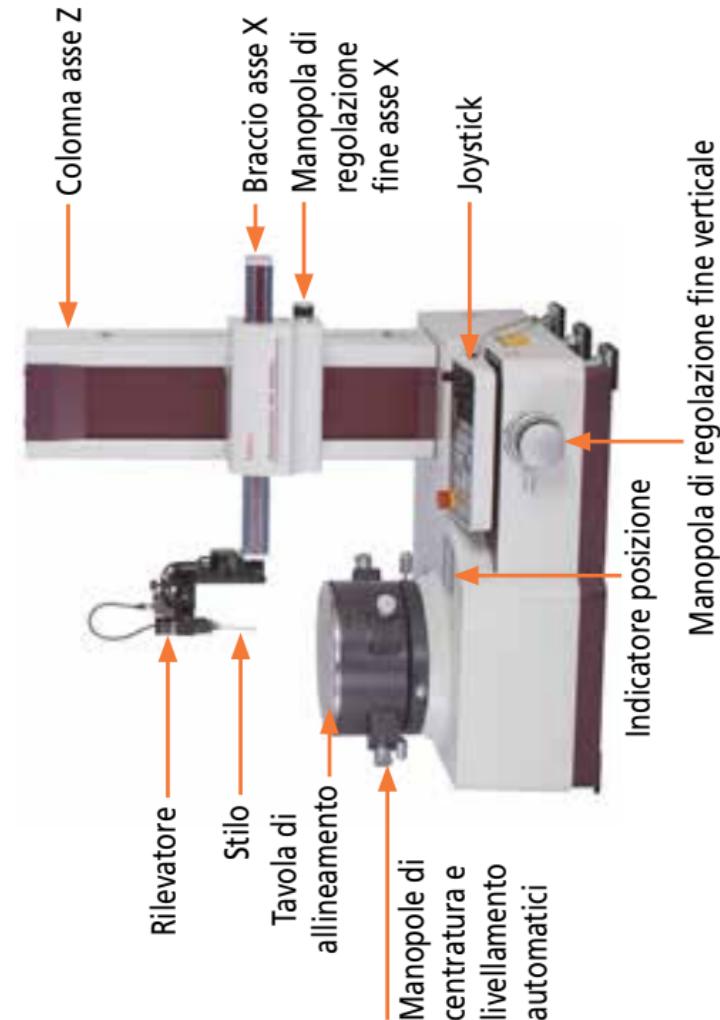


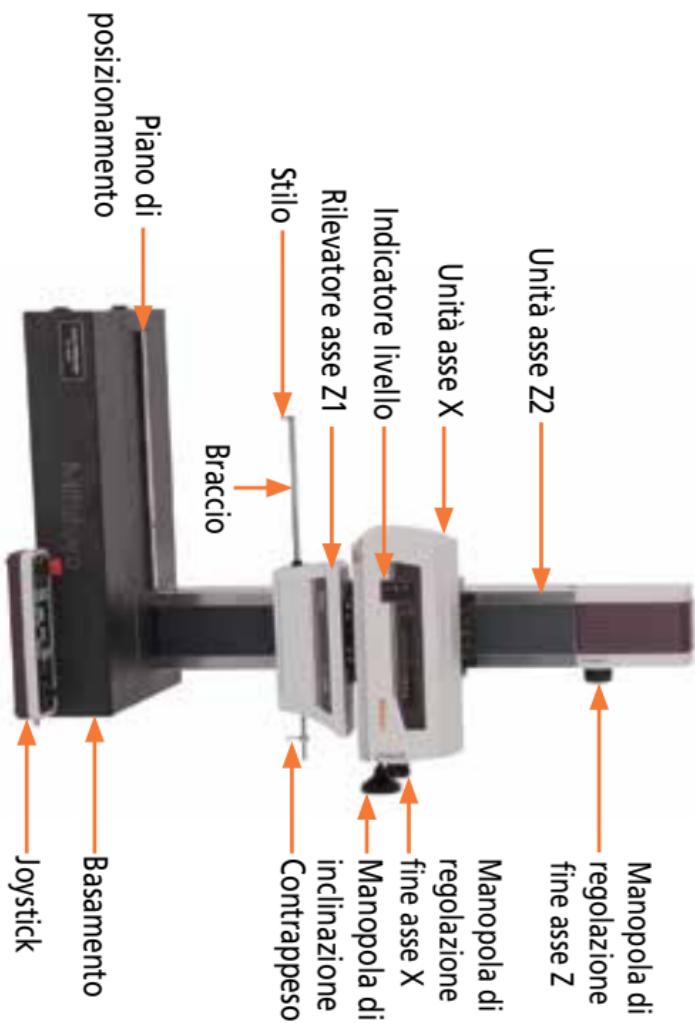
# Nomenclatura della testina micrometrica



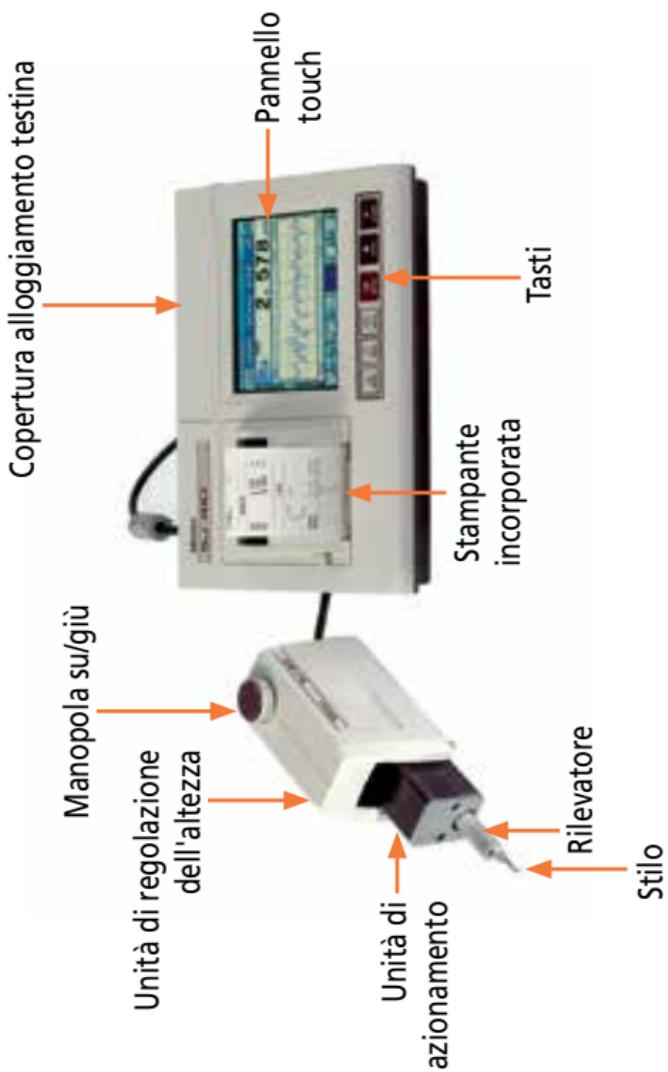


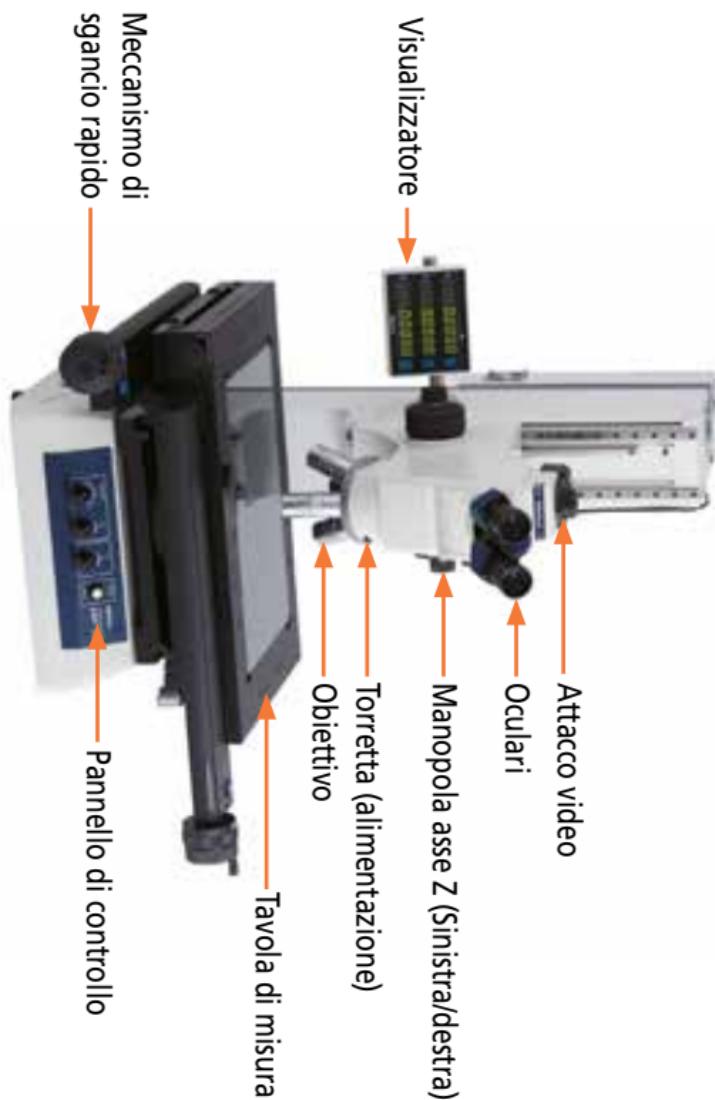
# Nomenclatura rotondimetro





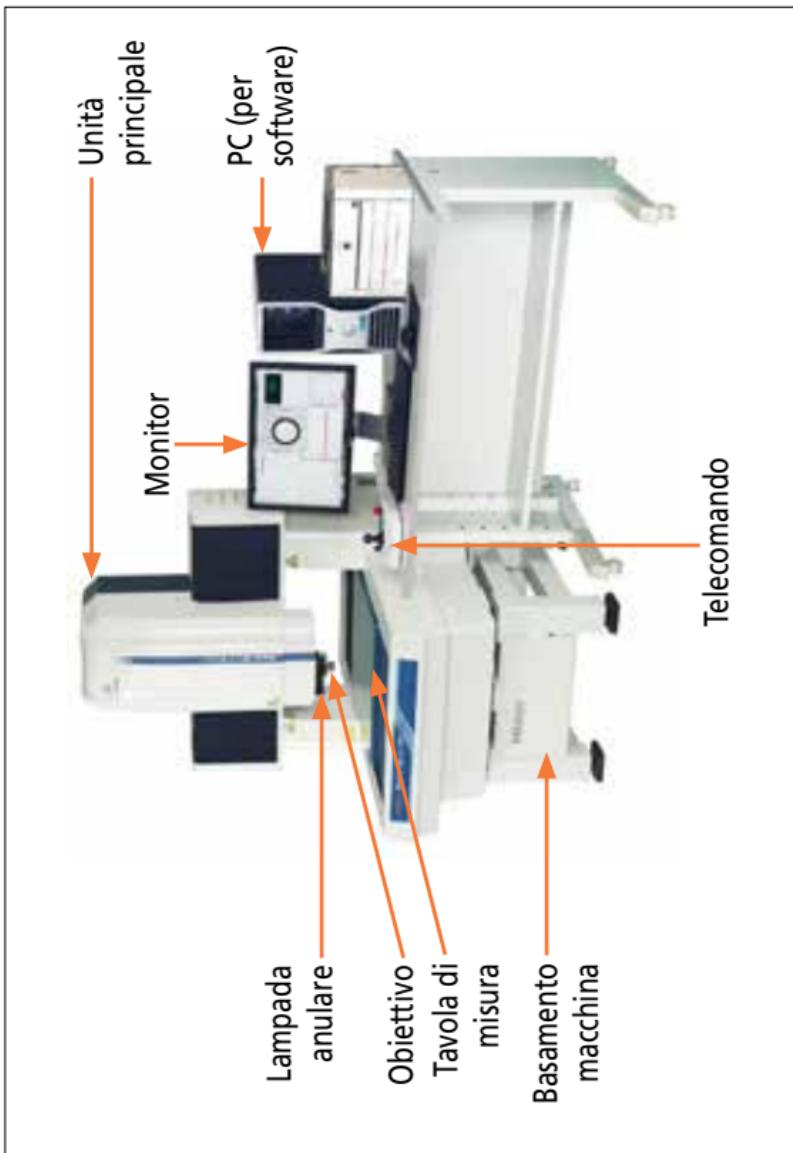
# Nomenclatura rugosimetro

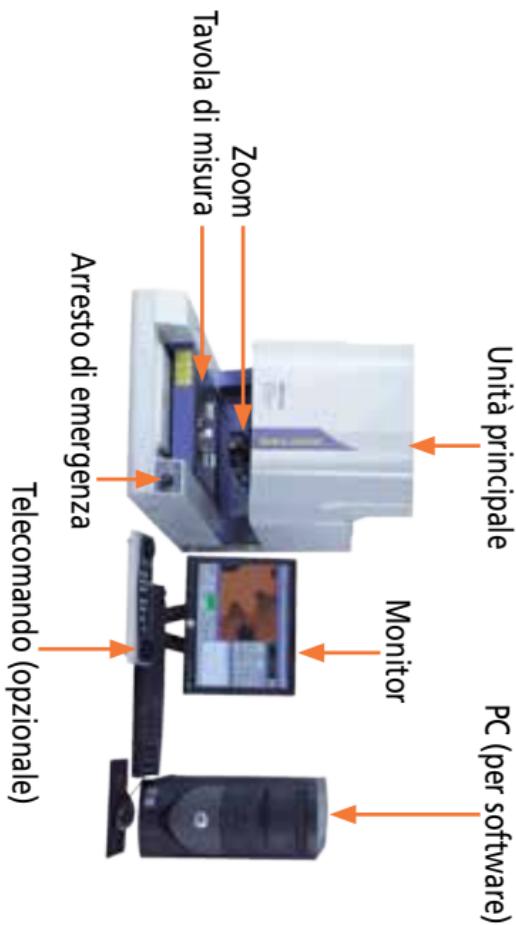




## Nomenclatura del microscopio di misura

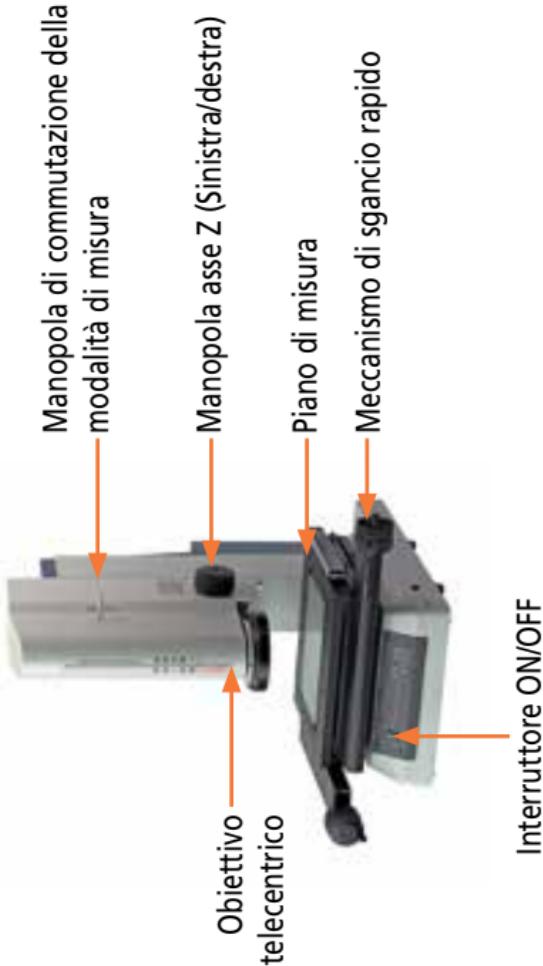
## Nomenclatura della macchina di misura ottica 3D

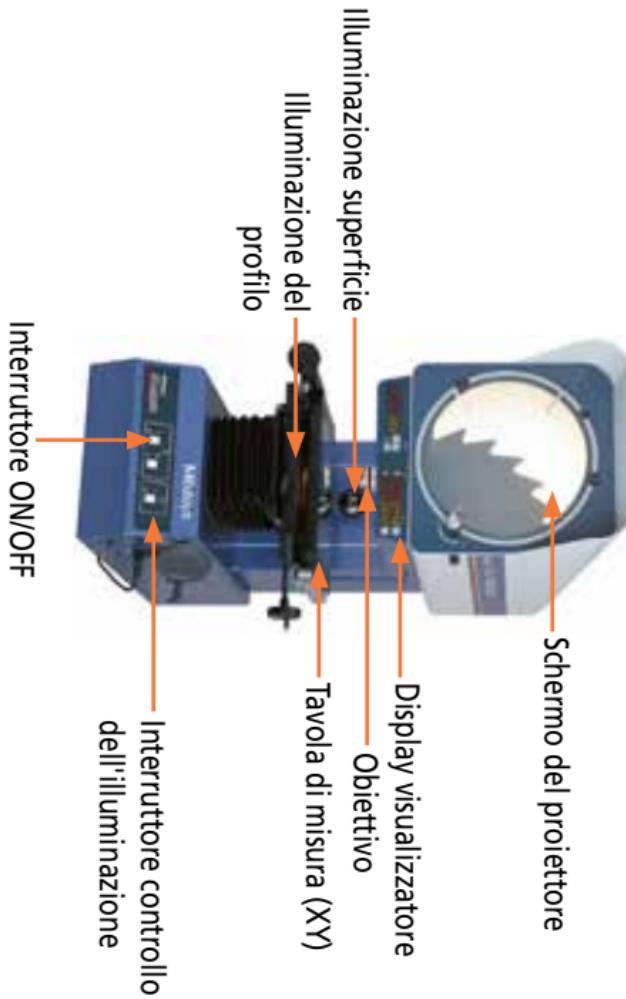




Nomenclatura macchina di misura ottica 3D

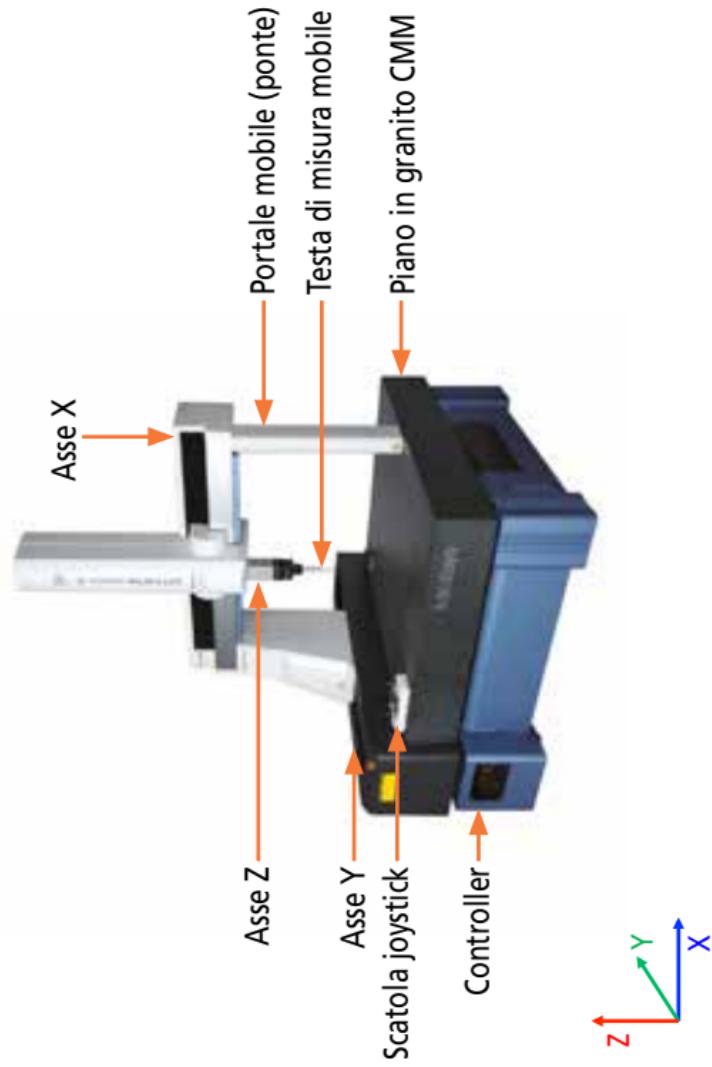
# Nomenclatura macchina di misura ottica 2D manuale

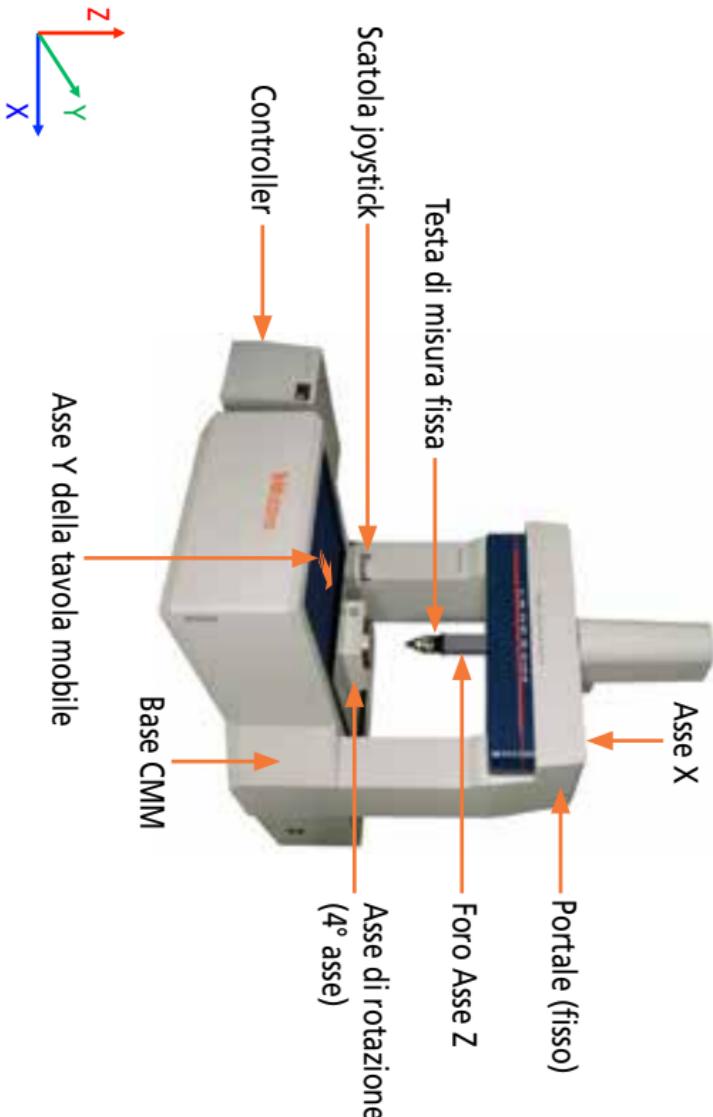




## Nomenclatura proiettore di profili

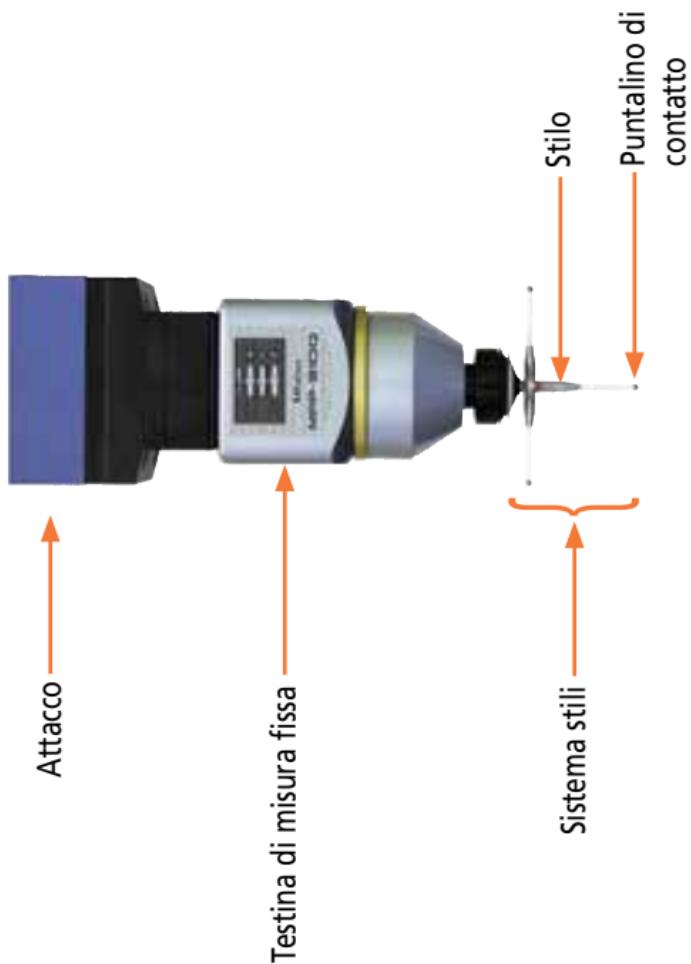
## Macchina di misura a coordinate con portale mobile (ponte)





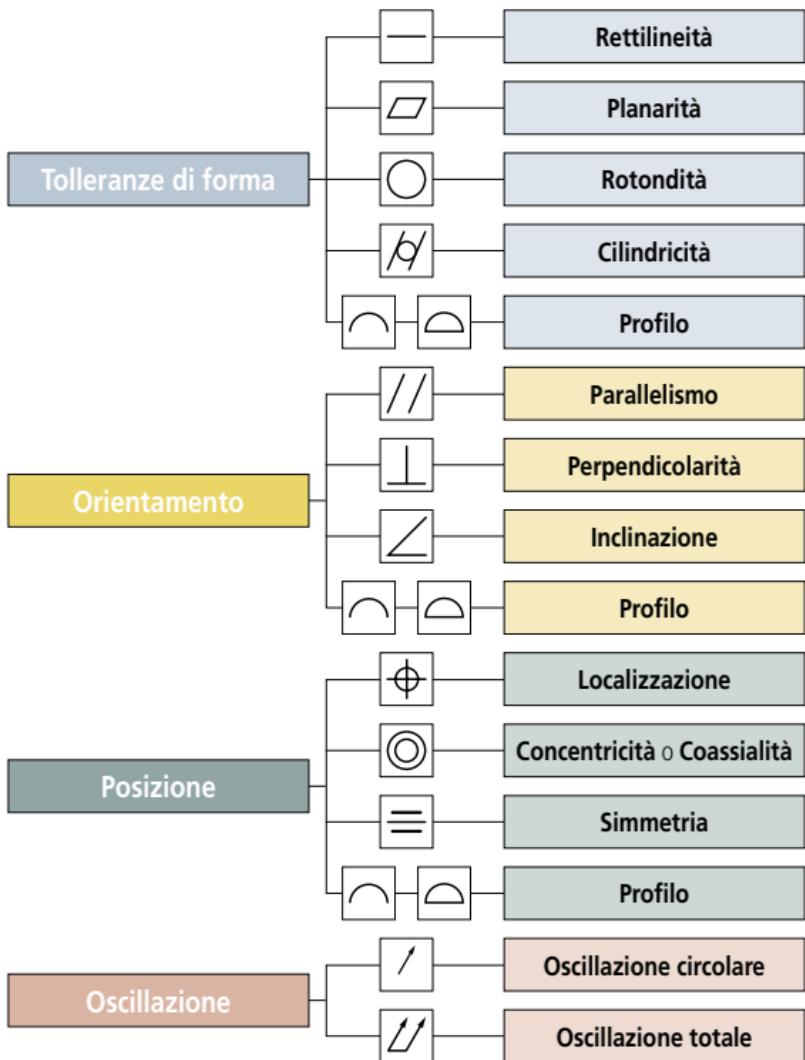
Macchina di misura a coordinate con portale fisso

## Macchina di misura a coordinate: testina di misura fissa



# Simboli delle tolleranze geometriche

PG  
38



## Nota:

EN ISO 1101 Specifiche geometriche dei prodotti (GPS). Tolleranza geometrica. Le tolleranze di forma, orientamento, posizione e scentratura dovrebbero essere consultate per avere a disposizione informazioni complete.

# Simboli delle tolleranze geometriche

PG  
39

> Esempi di uso

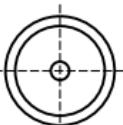
## Rettilineità

 0,1



## Rotondità

 0,005



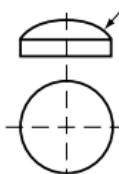
## Forma di una linea qualunque

 0,1



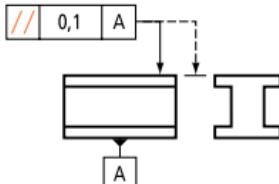
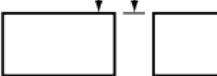
## Forma di una superficie qualunque

 0,2



## Planarità

 0,2



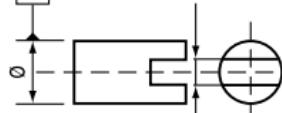
## Simmetria

A



 0,1

A



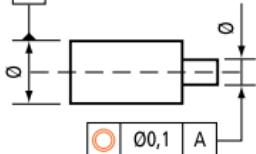
## Concentricità o Coassialità

A



 00,1

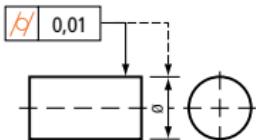
A



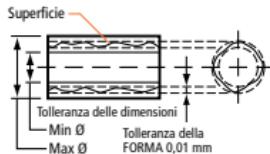
# Simboli delle tolleranze geometriche

## › Esempi di interpretazione

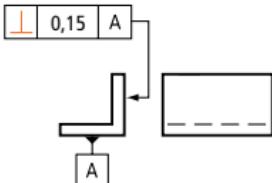
### Rotondità



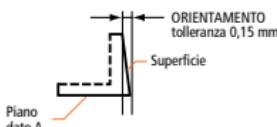
**Interpretazione:**  
superficie inserita tra  
2 cilindri concentrici  
con differenza di  
raggio di 0,01 mm



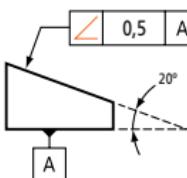
### Perpendicolarità



**Interpretazione:**  
superficie inserita tra  
2 piani paralleli distanti  
0,15 mm perpendicolari  
al dato A



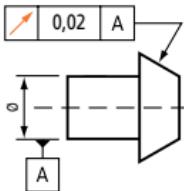
### Inclinazione



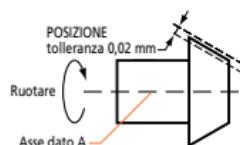
**Interpretazione:**  
superficie inserita tra  
2 piani paralleli distanti  
0,5 mm a 20° gradi  
rispetto al dato A



### Oscillazione circolare



**Interpretazione:**  
qualsiasi linea sulla  
superficie inserita  
all'interno di 2 cerchi  
con dato A e  
distanti 0,02 mm in  
direzione perpendicolare  
alla superficie

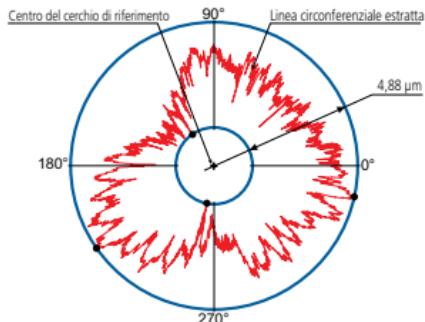


# Definizione di rotondità

La deviazione di 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.

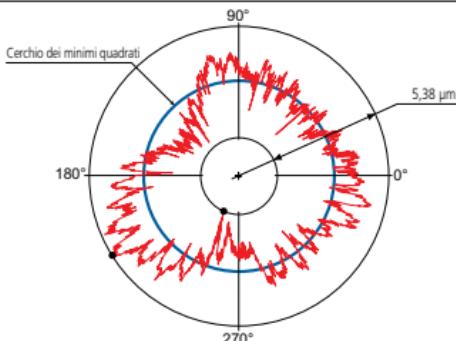
## Metodo della zona minima (MZCI)

Due cerchi concentrici (circoscritto ed inscritto al profilo misurato) vengono determinati in maniera da avere la minor separazione radiale. Il centro di questi cerchi (cerchi di zona minima) è definito come quello del profilo di riferimento. La rotondità è data dalla differenza fra i raggi della zona minima.



## Metodo dei minimi quadrati (LSCI)

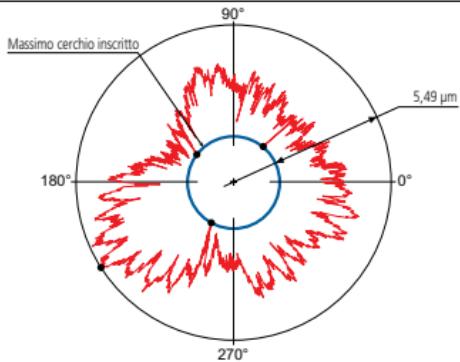
Il cerchio ai minimi quadrati sul profilo misurato è determinato in maniera tale che sia minima la somma dei quadrati delle deviazioni del profilo al cerchio. La rotondità del profilo è la differenza fra i raggi dei cerchi circoscritto ed inscritto concentrici al cerchio dei minimi estratta.



# Definizione di rotondità

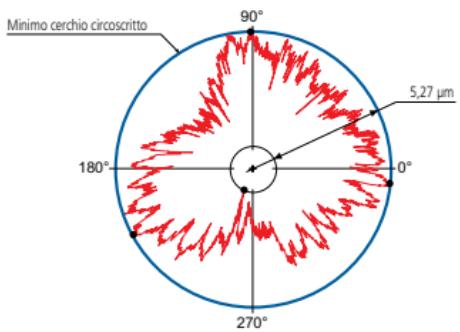
## Metodo del massimo cerchio iscritto (MICI)

Viene definito come centro del profilo il centro massimo del cerchio inscrivibile nel profilo misurato. La rotondità del profilo è la differenza fra i raggi del massimo cerchio iscritto e di quello circoscritto concentrico al cerchio iscritto.



## Metodo del minimo cerchio circoscritto (MCCI)

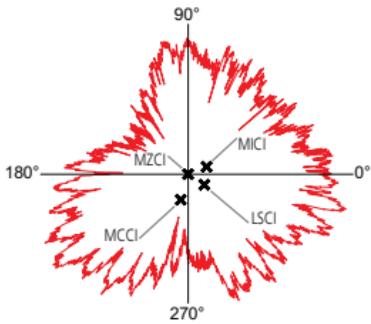
Viene definito come centro del profilo della dimensione minima che tocca e racchiude la linea circonferenziale estratta. Si ottiene un secondo cerchio concentrico con il primo che tocca e, insieme al primo cerchio, racchiude la linea circonferenziale estratta.



# Definizione di rotondità

## Assi importanti per la misura della rotondità/cilindricità

La deviazione da un profilo circolare da una circonferenza geometricamente vera è definito dalla differenza in raggio di due cerchi: riferi la posizione del centro dei cerchi concentrici definisce il centro della linea circonferenziale estratta e, pertanto, la posizione della struttura circolare misurata. Ciascuno dei metodi descritti sopra crea diverse posizioni centrali per i cerchi di riferimento, come mostrato.

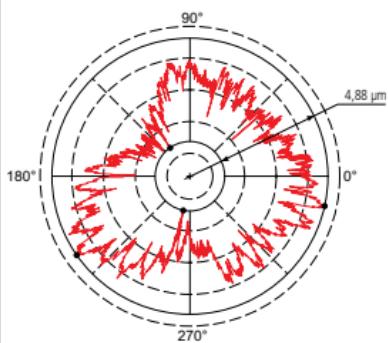


# Definizione di rotondità

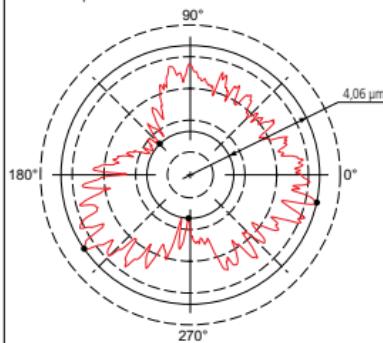
## Filtri

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.

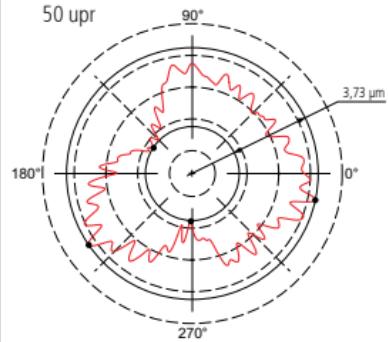
Nessun filtro



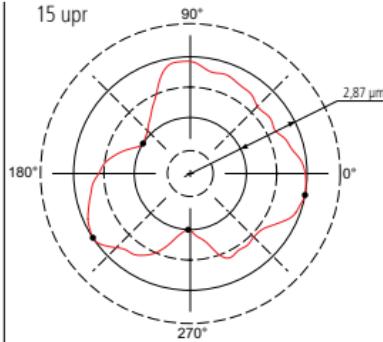
150 upr



50 upr



15 upr



# Scale di durezza

PG  
45



Tutte le misure di durezza sono legate al metodo usato. Tuttavia, le tabelle seguenti indicano l'equivalenza approssimativa tra le diverse scale di durezza di uso comune. (Specifica Mitutoyo)

## ➤ Acciaio temprato e leghe dure

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			BRINELL HBW 10/3000	Resistenza alla trazione N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamante	HR D	HR 15N diamante	HR 30N diamante	HR 45N diamante		
240	60,7	20,3	40,3	69,6	41,7	19,9	224	770
245	61,2	21,3	41,1	70,1	42,5	21,1	230	785
250	61,6	22,2	41,7	70,6	43,4	22,2	236	800
255	62,0	23,1	42,2	71,1	44,2	23,2	242	820

# Scale di durezza

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			BRINELL HBW 10/3000	Resistenza alla trazione N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamante	HR D	HR 15N	HR 30N	HR 45N diamante		
260	62,4	24,0	43,1	71,6	45,0	24,3	247	835
265	62,7	24,8	43,7	72,1	45,7	25,2	252	850
270	63,1	25,6	44,3	72,6	46,4	26,2	257	865
275	63,5	26,4	44,9	73,0	47,2	27,1	261	880
280	63,8	27,1	45,3	73,4	47,8	27,9	266	900
285	64,2	27,8	46,0	73,8	48,4	28,7	271	915
290	64,5	28,5	46,5	74,2	49,0	29,5	276	930
295	64,8	29,2	47,1	74,6	49,7	30,4	280	950
300	65,2	29,8	47,5	74,9	50,2	31,1	285	965
310	65,8	31,0	48,4	75,6	51,3	32,5	295	995
320	66,4	32,2	49,4	76,2	52,3	33,9	304	1030
330	67,0	33,3	50,2	76,8	53,6	35,2	314	1060
340	67,6	34,4	51,1	77,4	54,4	36,5	323	1095
350	68,1	35,5	51,9	78,0	55,4	37,8	333	1125
360	68,7	36,6	52,8	78,6	56,4	39,1	342	1155
370	69,2	37,7	53,6	79,2	57,4	40,4	352	1190
380	69,8	38,8	54,4	79,8	58,4	41,7	361	1220
390	70,3	39,8	55,3	80,3	59,3	42,9	371	1225
400	70,8	40,8	56,0	80,8	60,2	44,1	380	1290
410	71,4	41,8	56,8	81,4	61,1	45,3	390	1320
420	71,8	42,7	57,5	81,8	61,9	46,4	399	1350
430	72,3	43,6	58,2	82,3	62,7	47,4	409	1385
440	72,8	44,5	58,8	82,8	63,5	48,4	418	1420
450	73,3	45,3	59,4	83,2	64,3	49,4	428	1455
460	73,6	46,1	60,1	83,6	64,9	50,4	437	1485
470	74,1	46,9	60,7	83,9	65,7	51,3	447	1520
480	74,5	47,7	61,3	84,3	66,4	52,2	(456)	1555
490	74,9	48,4	61,6	84,7	67,1	53,1	(466)	1595
500	75,3	49,1	62,2	85,0	67,7	53,9	(475)	1630

# Scale di durezza

PG  
47

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			BRINELL HBW 10/3000	Resistenza alla trazione N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamante	HR D	HR 15N	HR 30N	HR 45N diamante		
510	75,7	49,8	62,9	85,4	68,3	54,7	(485)	1665
520	76,1	50,5	63,5	85,7	69,0	55,6	(494)	1700
530	76,4	51,1	63,9	86,0	69,5	56,2	(504)	1740
540	76,7	51,7	64,4	86,3	70,0	57,0	(513)	1775
550	77,0	52,3	64,8	86,6	70,5	57,8	(523)	1810
560	77,4	53,0	65,4	86,9	71,2	58,6	(532)	1845
570	77,8	53,6	65,8	87,2	71,7	59,3	(542)	1880
580	78,0	54,1	66,2	87,5	72,1	59,9	(551)	1920
590	78,4	54,7	66,7	87,8	72,7	60,5	(561)	1955
600	78,6	55,2	67,0	88,0	73,2	61,2	(570)	1995
610	78,9	55,7	67,5	88,2	73,7	61,7	(580)	2030
620	79,2	56,3	67,9	88,5	74,2	62,4	(589)	2070
630	79,5	56,8	68,3	88,8	74,6	63,0	(599)	2105
640	79,8	57,3	68,7	89,0	75,1	63,5	(608)	2145
650	80,0	57,8	69,0	89,2	75,5	64,1	(618)	2180
660	80,3	58,3	69,4	89,5	75,9	64,7	—	—
670	80,6	58,8	69,8	89,7	76,4	65,3	—	—
680	80,8	59,2	70,1	89,8	76,8	65,7	—	—
690	81,1	59,7	70,5	90,1	77,2	66,2	—	—
700	81,3	60,1	70,8	90,3	77,6	66,7	—	—
720	81,8	61,0	71,5	90,7	78,4	67,7	—	—
740	82,2	61,8	72,1	91,0	79,1	68,6	—	—
760	82,6	62,5	72,6	91,2	79,7	69,4	—	—
780	83,0	63,3	73,3	91,5	80,4	70,2	—	—
800	83,4	64,0	73,8	91,8	81,1	71,0	—	—
820	83,8	64,7	74,3	92,1	81,7	71,8	—	—
840	84,1	65,3	74,8	92,3	82,2	72,2	—	—
860	84,4	65,9	75,3	92,5	82,7	73,1	—	—
880	84,7	66,4	75,7	92,7	83,1	73,6	—	—

# Scale di durezza

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			BRINELL HBW 10/3000	Resistenza alla trazione N/mm <sup>2</sup>
	HR A diamante	HR C diamante	HR D diamante	HR 15N diamante	HR 30T diamante	HR 45T diamante		
900	85,0	67,0	76,1	92,9	83,6	74,2	—	—
920	85,3	67,5	76,5	93,0	84,0	74,8	—	—
940	85,6	68,0	76,9	93,2	84,4	75,4	—	—

➤ Acciaio non temprato e la maggior parte dei metalli non ferrosi

HR B 1,5875 mm sfera	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A diamante	HR F 1,5875 mm sfera	HR E 3,175 mm sfera	HR 15T Sfera 1,575 mm	HR 30T	HR 45T		
100	61,5	—	—	93,1	83,1	72,9	240	224
99	60,9	—	—	92,8	82,5	71,9	234	218
98	60,2	—	—	92,5	81,8	70,9	228	212
97	59,5	—	—	92,1	81,1	69,9	222	208
96	58,9	—	—	91,8	80,4	68,9	216	205
95	58,3	—	—	91,5	79,8	67,9	210	201
94	57,6	—	—	91,2	79,1	66,9	205	196
93	57,0	—	—	90,8	78,4	65,9	200	193
92	56,4	—	—	90,5	77,8	64,8	195	189
91	55,8	—	—	90,2	77,1	63,8	190	182
90	55,2	—	—	89,9	76,4	62,8	185	177
89	54,6	—	—	89,5	75,8	61,8	180	172
88	54,0	—	—	89,2	75,1	60,8	176	165
87	53,4	—	—	88,9	74,4	59,8	172	165
86	52,8	—	—	88,6	73,8	58,8	169	163
85	52,3	—	—	88,2	73,1	57,8	165	160
84	51,7	—	—	87,9	72,4	56,8	162	157
83	51,1	—	—	87,6	71,8	55,8	159	155

# Scale di durezza

PG  
49

HR B 1,5875 mm sfera	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIALE			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A diamante	HR F 1,5875 mm sfera	HR E 3,175 mm sfera	HR 15T	HR 30T	HR 45T		
82	50,6	—	—	87,3	71,1	54,8	156	153
81	50,0	—	—	86,9	70,4	53,8	153	151
80	49,5	—	—	86,6	69,7	52,8	150	149
79	48,9	—	—	86,3	69,1	51,8	147	146
78	48,4	—	—	86,0	68,4	50,8	144	144
77	47,9	—	—	85,6	67,7	49,8	141	141
76	47,3	—	—	85,3	67,1	48,8	139	139
75	46,8	99,6	—	85,0	66,4	47,8	137	137
74	46,3	99,1	—	84,7	65,7	46,8	135	135
73	45,8	98,5	—	84,3	65,1	45,8	132	132
72	45,3	98,0	—	84,0	64,4	44,8	130	130
71	44,8	97,4	100,0	83,7	63,7	43,8	127	128
70	44,3	96,8	99,5	83,4	63,1	42,8	127	127
69	43,8	96,2	99,0	83,0	62,4	41,8	125	125
68	43,3	95,6	98,0	82,7	61,7	40,8	123	123
67	42,8	95,1	97,5	82,4	61,0	39,8	121	121
66	42,3	94,5	97,0	82,1	60,4	38,7	119	119
65	41,8	93,9	96,0	81,8	59,7	37,7	117	117
64	41,4	93,4	95,5	81,4	59,0	36,7	116	116
63	40,9	92,8	95,0	81,1	58,4	35,7	114	114
62	40,4	92,2	94,5	80,8	57,7	34,7	112	110
61	40,0	91,7	93,5	80,5	57,0	33,7	110	107
60	39,5	91,1	93,0	80,1	56,4	32,7	108	106
59	39,0	90,5	92,5	79,8	55,7	31,7	107	104
58	38,6	90,0	92,0	79,5	55,0	30,7	106	102
57	38,1	89,4	91,0	79,2	54,4	29,7	104	99
56	37,7	88,8	90,5	78,8	53,7	28,7	103	—
55	37,2	88,2	90,0	78,5	53,0	27,7	101	—
54	36,8	87,7	89,5	78,2	52,4	26,7	100	—

# Scale di durezza

HR B 1,5875 mm sfera	HR A diamante	ROCKWELL		ROCKWELL SUPERFICIALE			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
		HR F 1,5875 mm sfera	HR E 3,175 mm sfera	HR 15T	HR 30T	HR 45T		
53	36,3	87,1	89,0	77,9	51,7	25,7	—	—
52	35,9	86,5	88,0	77,5	51,0	24,7	—	—
51	35,5	86,0	87,5	77,2	50,3	23,7	—	—
50	35,0	85,4	87,0	76,9	49,7	22,7	—	—
49	34,6	84,8	86,5	76,6	49,0	21,7	—	—
48	34,1	84,3	85,5	76,2	48,3	20,7	—	—
47	33,7	83,7	85,0	75,9	47,7	19,7	—	—
46	33,3	83,1	84,5	75,6	47,0	18,7	—	—
45	32,9	82,6	84,0	75,3	46,3	17,7	—	—
44	32,4	82,0	83,5	74,9	45,7	16,7	—	—
43	32,0	81,4	82,5	74,6	45,0	15,7	—	—
42	31,6	80,8	82,0	74,3	44,3	14,7	—	—
41	31,2	80,3	81,5	74,0	43,7	13,6	—	—
40	30,7	79,7	81,0	73,6	43,0	12,6	—	—
39	30,3	79,1	80,0	73,3	42,3	11,6	—	—
38	29,9	78,6	79,5	73,0	41,6	10,6	—	—
37	29,5	78,0	79,0	72,7	41,0	9,6	—	—
36	29,1	77,4	78,5	72,3	40,3	8,6	—	—
35	28,7	76,9	78,0	72,0	39,6	7,6	—	—
34	28,2	76,3	77,0	71,7	39,0	6,6	—	—
33	27,8	75,7	76,5	71,4	38,3	5,6	—	—
32	27,4	75,2	76,0	71,0	37,6	4,6	—	—
31	27,0	74,6	75,5	70,7	37,0	3,6	—	—
30	26,6	74,0	75,0	70,4	36,3	2,6	—	—

### Nota:

Quando si confrontano i valori di durezza è necessario prestare attenzione poiché la forma e il tipo di pezzo possono influenzare la misura. Ad esempio, un pezzo di acciaio temprato può essere sensibile alla profondità di indentazione. Pertanto, il metodo di misurazione della durezza specificato nella documentazione del prodotto non deve essere sostituito con altri metodi.

# Guida rapida alla misura della struttura superficiale

## 1. Profili superficiali

### Profilo effettivo

Il profilo risultante dall'intersezione della superficie del pezzo e un piano perpendicolare alla superficie stessa e rivolto in una direzione che massimizza il valore di rugosità superficiale (normalmente in direzione perpendicolare alla disposizione della superficie).

### Profilo misurato

Il profilo risultante dalla scansione del *profilo effettivo* con una sonda meccanica che filtra questo profilo a seconda del raggio della punta della sonda e, se presente, dal pattino del sistema della sonda. Graffiature e incisioni vengono rimosse in quanto non fanno parte del profilo.

### Profilo primario (profilo-P)

Il profilo risultante dal filtraggio del *profilo misurato* per eliminare tutti i dati di lunghezza d'onda troppo corti per essere rilevanti nell'analisi della struttura superficiale. I parametri sono designati dal suffisso *P* (*Pa*, *Pc*, *Pt*, *Pz*, ecc.).

➤ La linea media mostra l'ondulazione e la forma.



### Profilo di rugosità (profilo-R)

Il profilo della superficie risultante dal filtraggio del *profilo primario* per rimuovere le lunghezze d'onda dell'ondulazione e della forma. I parametri sono designati dal suffisso *R* (*Ra*, *Rc*, *Rt*, *Rz*, ecc.).

➤ Ondulazione e forma filtrati, lasciando solo la rugosità.



# Guida rapida alla misura della struttura superficiale

## Profilo di ondulazione (profilo-W)

Il profilo della superficie risultante dal filtraggio del *profilo primario* per rimuovere le lunghezze d'onda di rugosità e forma. I parametri sono designati dal suffisso *W* (*Wa*, *Wc*, *Wt*, *Wz*, ecc.).

- Il primo filtraggio rimuove la rugosità lasciando l'ondulazione e la forma.

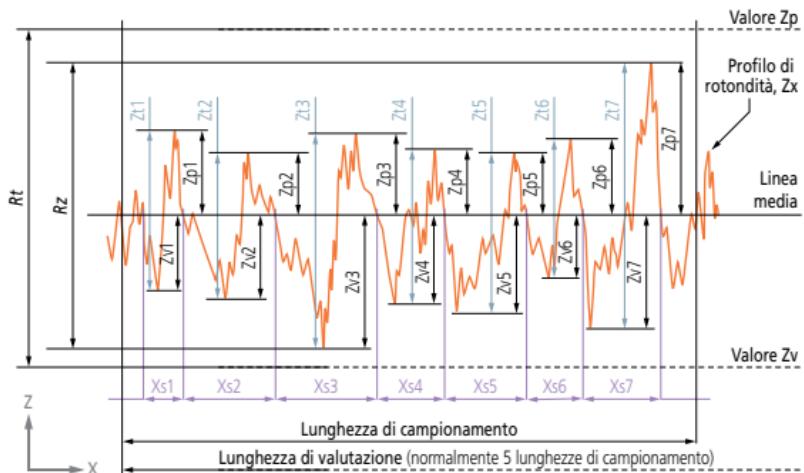


- Il secondo filtraggio rimuove la forma lasciando solo l'ondulazione.



## 2. Alcuni parametri comuni

- Un profilo tipico (rugosità).



# Guida rapida alla misura della struttura superficiale

## Deviazione della media aritmetica del profilo: $Pa$ , $Ra$ o $Wa$

Media aritmetica dmetica dei valori assoluti delle ordinate  $Z(x)$  all'interno di una lunghezza di campionamento.

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

$l = lp$ ,  $lr$  o  $lw$  a seconda di profilo principale, di rugosità o di ondulazione

## Deviazione media quadratica del profilo: $Pq$ , $Rq$ o $Wq$

Deviazione quadratica media dei valori delle ordinate  $Z(x)$  all'interno di una lunghezza di campionamento.

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

$l = lp$ ,  $lr$  o  $lw$  a seconda di profilo principale, di rugosità o di ondulazione

## Altezza totale del profilo: $Pt$ , $Rt$ o $Wt$

Somma dell'altezza del picco più largo  $Zp$  e della profondità della valle più ampia  $Zv$  all'interno della lunghezza di valutazione.

## Altezza massima del profilo: $Pz$ , $Rz$ o $Wz$

Somma dell'altezza del picco del profilo più largo  $Zp$  e della profondità della valle più larga  $Zv$  all'interno di una lunghezza di campionamento.

## Larghezza media degli elementi del profilo: $PSM$ , $RSm$ o $WSm$

Il valore medio delle larghezze degli elementi del profilo  $Xs$  all'interno di una lunghezza di campionamento.

$$PSM, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i$$

Se non altrimenti specificata, l'altezza minima degli elementi da inserire è il 10% di  $Pz$ ,  $Rz$  o  $Wz$ , rispettivamente con una distanza minima di 1% della lunghezza di campionamento.

# Guida rapida alla misura della struttura superficiale

## Altezza media degli elementi del profilo: $P_c$ , $R_c$ o $W_c$

Il valore medio delle altezze degli elementi del profilo  $Z_t$  all'interno di una lunghezza di campionamento.

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti}$$

Se non altrimenti specificata, l'altezza minima degli elementi da inserire è il 10% di  $P_z$ ,  $R_z$  o  $W_z$ , rispettivamente con una distanza minima di 1% della lunghezza di campionamento.

## 3. Valore della rugosità/ numero grado

Il rapporto tra i valori della rugosità superficiale e dei numeri di grado, secondo ISO 1302, è riportato nella tabella seguente.

Valore della rugosità		Numero di rugosità
Micrometro ( $\mu\text{m}$ )	Micropollici ( $\mu\text{inch}$ )	
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

# Guida rapida alla misura della struttura superficiale

## Impostazioni per la misura della rugosità (EN ISO 4288)

Profili non periodici	Profili periodici	Condizioni di misura secondo EN ISO 4288 e EN ISO 3274				
Rettifica, affilatura, lappatura, EDM	Tornitura, fresatura, dentatura	<b>r<sub>punta</sub></b> Raggio massimo della punta della sonda	<b>l<sub>r</sub></b> Lunghezza di campionamento	<b>l<sub>n</sub></b> Lunghezza di valutazione	<b>l<sub>t</sub></b> Corsa dello stilo (lunghezza di valutazione più lunghezze di inizio e fine)	
<b>R<sub>t</sub>, R<sub>z</sub></b> μm	<b>R<sub>a</sub></b> μm	<b>R<sub>Sm</sub></b> mm	<b>r<sub>punta</sub></b> μm	<b>λ<sub>c</sub> = l<sub>r</sub></b> mm	<b>l<sub>n</sub></b> mm	<b>l<sub>t</sub></b> 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	4a	4,8
> 10...50	> 2...10	> 0,4...1,3	5a	2,5	12,5	15
> 50...200	> 10...80	> 1,3...4	10	8	40	48

\* Quando  $Rz > 3 \mu\text{m}$  o  $Ra > 0,5 \mu\text{m}$  può essere usato un raggio della punta della sonda ( $r_{\text{punta}}$ ) = 5 μm.

### Nota:

Questa sezione si basa sulla norma EN ISO 4287, al quale si rimanda per una spiegazione dettagliata.



# Condizioni di misura della rugosità

## Condizioni di misura della rugosità (EN ISO 4288)

La distanza del punto di misura  $\Delta x$  e la lunghezza d'onda del cut-off  $\lambda_s$  del filtro passa-basso sono standardizzate ed impostate nei dispositivi di misura della rugosità.

**Consiglio pratico 1:** Se non vi è spazio sufficiente sulla superficie del pezzo per la lunghezza di spostamento desiderata  $l_t$ , il numero delle lunghezze di valutazione deve essere ridotto e indicato nel disegno.

**Consiglio pratico 2:** Se lo spazio è ancora insufficiente, l'altezza totale del profilo principale  $P_t$  viene misurata sulla lunghezza disponibile anziché su  $R_t$  o  $R_z$ .  $P_t$  è ancora uguale a  $R_t$ , ma definita sul profilo primario, e il valore misurato è sempre maggiore.



## Valutazione delle misure della rugosità (EN ISO 4288)

I valori di misurazione della rugosità, in particolare i parametri verticali  $R_t$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  e  $R_a$ , hanno una variazione compresa tra -20% e +30%. Un valore di misura singolo non può quindi fornire una valutazione completa per quanto riguarda il rispetto delle tolleranze dei parametri consentiti. La procedura seguente è specificata nella norma EN ISO 4288 Appendice A:

### Regola del max

Tutti i parametri di rugosità con l'aggiunta di "max" come il massimo del valore medio delle cinque lunghezze di campionamento: Misurare almeno tre punti sulla superficie in cui sono previsti i valori più elevati; il limite indicato non può essere superato in alcun punto.

# Condizioni di misura della rugosità

## Regola del 16%

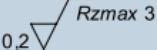
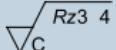
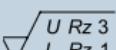
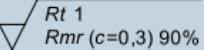
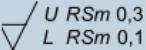
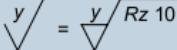
Tutti i parametri di rugosità senza l'aggiunta di "max" come il valore medio delle cinque lunghezze di campionamento:

il 16% dei valori misurati può superare il limite stabilito; la procedura passo dopo passo è la seguente:

1. Se il primo valore misurato è inferiore al 70% rispetto al limite stabilito, questo è considerato conforme.
2. In caso contrario, vengono effettuate due misurazioni aggiuntive in altre posizioni sulla superficie; se tutti e tre i valori misurati sono inferiori al limite stabilito, questo è considerato conforme.
3. In caso contrario, vengono effettuate nove misurazioni aggiuntive in altre posizioni sulla superficie; se non più di due dei valori misurati superano il limite stabilito, questo è considerato conforme.



# Condizioni di misura della rugosità

Esempi	Spiegazione
	Asportazione di materiale non consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , regola del 16%, rugosità media 5 µm (limite superiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , regola del massimo, profondità massima della rugosità 3 µm (limite superiore); sovrametallo 0,2 mm
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , lunghezza di valutazione di 3 lunghezze di campionamento, regola del 16%, profondità media di rugosità 4 µm (limite superiore); superficie con scanalature concentriche
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , regola del 16%, profondità media della rugosità 5 µm; valore medio aritmetico della rugosità 1 µm (limite superiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , regola del 16%, profondità media di rugosità tra 1 µm (limite inferiore) e 3 µm (limite superiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita per $\lambda s$ , nessun filtro $\lambda c$ , Profilo <b>P</b> , lunghezza di valutazione uguale alla lunghezza del pezzo, regola del 16%, altezza totale del profilo principale 25 µm (limite superiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita 0,8 ( $=\lambda c$ ) 25 ( $=\lambda f=lw$ ) mm, profilo <b>W</b> , lunghezza di valutazione di 5 lunghezze di campionamento $In=5*lw=125$ mm, regola del 16%, altezza totale del profilo 10 µm (limite superiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , regola del 16%, altezza totale del profilo di rugosità 1 µm (limite superiore); porzione materiale del profilo è 90% in altezza di taglio $c=0,3$ µm (limite inferiore)
	Asportazione di materiale consentita, banda di trasmissione predefinita, profilo <b>R</b> , larghezza media scanalature tra 0,1 mm (limite inferiore) e 0,3 mm (limite superiore)
	Spiegazione del significato (a destra) del benchmarking semplificato (a sinistra), se lo spazio è limitato.

# Coefficiente di dilatazione termica (CTE)

La tabella che segue riporta i valori del Coefficiente di dilatazione termica (CTE) per una selezione di 50 materiali utilizzati in ingegneria.

Materiale	$\alpha$ a $10^{-6} / ^\circ\text{C}$	Materiale	$\alpha$ a $10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Ceramica di allumina	6 – 7	Nichel e sue leghe	12 – 17
Alluminio e sue leghe	21 – 25	Lega di nichel, bassa espansione	10
Berillio	11	Acciaio da nitrurazione	12
Rame di berillio	17	Platino	9
Ottone	18 – 21	Acciaio inossidabile, invecchiamento	10 – 15
Bronzo, alluminio (fusione)	16 – 17	Acciaio inossidabile, austenitico	14 – 18
Bronzo, fosforo-silicio	17 – 18	Acciaio inossidabile, ghisa	11 – 19
Bronzo, stagno (fusione)	18	Acciaio inossidabile, ferritico	10 – 11
Ghisa, nodulare o duttile	10 – 19	Acciaio inossidabile, martensitico	10 – 12
Cermet, allumina	8 – 9	Acciaio, lega	11 – 15
Cermet, carburo di cromo	10 – 11	Acciaio, lega, fusione	14 – 15
Cermet, carburo di titanio	8 – 13	Acciaio, carbonio, taglio libero	15
Cermet, carburo di tungsteno	4 – 7	Acciaio, alta temperatura	11 – 14
Rame	17	Acciaio, altissima resistenza	10 – 14
Cupro-nichel e alpacca	16 – 17	Superlegghe, a base di cobalto	12 – 17
Diamante	1	Superlegghe, Cr-Ni-Co-Fe	17 – 19
Blocchetto di riscontro, blocchetto CERA*	$9,3 \pm 0,5$	Superlegghe, Cr-Ni-Fe	14 – 16
Blocchetto di riscontro, acciaio	$10,8 \pm 0,5$	Superlegghe, a base di nichel	14 – 18
Blocchetto di riscontro, carburo di tungsteno	$5,5 \pm 1$	Carburo di tantalio	□ 8
Vetro, quarzo fuso	0,55 – 0,59	Stagno e sue leghe	23
Vetro, pyrex	3,3	Titanio e sue leghe	9 – 13
Ferro, ghisa	11	Carburo di titanio	7
Leghe di magnesio	25 – 28	Tungsteno	4
Molibdeno e sue leghe	5 – 6	Zerodur® vetroceramica**	$0,05 \pm 0,10$
		Zinco e sue leghe	19 – 35
		Zirconio e sue leghe	5,5 – 6

\* Zirconioceramica.

\*\* Utilizzato per la scale XYZ delle CMM ad altissima precisione, come la serie LEGEX di Mitutoyo.

# Coefficiente di dilatazione termica (CTE)

La maggior parte dei solidi si dilatano all'aumentare della temperatura e si contraggono al diminuire della stessa. Questa risposta ai cambiamenti di temperatura è espressa come coefficiente di dilatazione termica (CTE).

$$\Delta l = l_1 \cdot \alpha (t_2 - t_1)$$

$\Delta l$  = variazione dimensionale

$\alpha$  = coefficiente di dilatazione termica

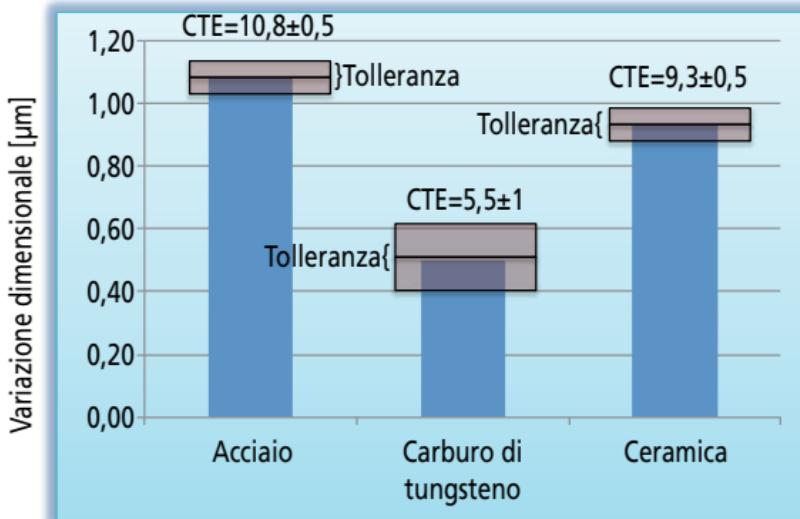
$l_1$  = dimensione a 20°C

$t_2$  = temperatura dopo la variazione

$t_1$  = temperatura prima della variazione. Temperatura di riferimento (20°C) per la metrologia (vedere EN ISO1).

> Esempio:

Variazione dimensionale di un blocchetto di riscontro di 100 mm con temperatura di +1°C rispetto alla temperatura di riferimento (20°C). Specifica del materiale di Mitutoyo.



# Proprietà dei materiali dei blocchetti di riscontro

	CERA-Block ZrO <sub>2</sub>	Acciaio	Carburo di tungsteno
Durezza Vickers (HV)	1350	800	1650
Coefficiente di dilatazione termica (10 <sup>-9</sup> °C)	9,3 ± 0,5	10,8 ± 0,5	5,5 ± 1
Resistenza alla flessione (N/mm <sup>2</sup> =MPa)	1270	1960	1960
Resistenza alla frattura K <sub>c</sub> (MPa·m <sup>1/2</sup> )	7	120	12
Modulo di Young (N/mm <sup>2</sup> =MPa)	206000	206000	618000
Rapporto di Poisson	0,3	0,3	0,2
Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> =kg/dm <sup>3</sup> )	6	7,8	14,8
Condutibilità termica (W/m·K)	2,9	54,4	79,5
Stabilità dimensionale	+++	+	++
Resistenza alla corrosione	+++	+	++
Resistenza all'usura	+++	+	++
Costi	alto	basso	alto

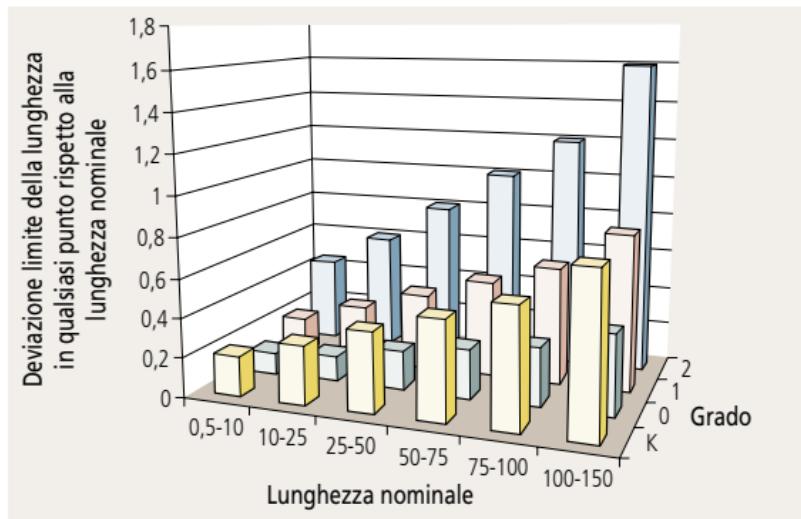
# Gradi dei blocchetti di riscontro

I gradi specificano le caratteristiche metrologiche (gradi di accuratezza). La tabella seguente può essere usata per selezionare il grado corretto del blocchetto di riscontro per i diversi scopi (specificato da EN ISO 3650, BS4311 e JIS B 7506).

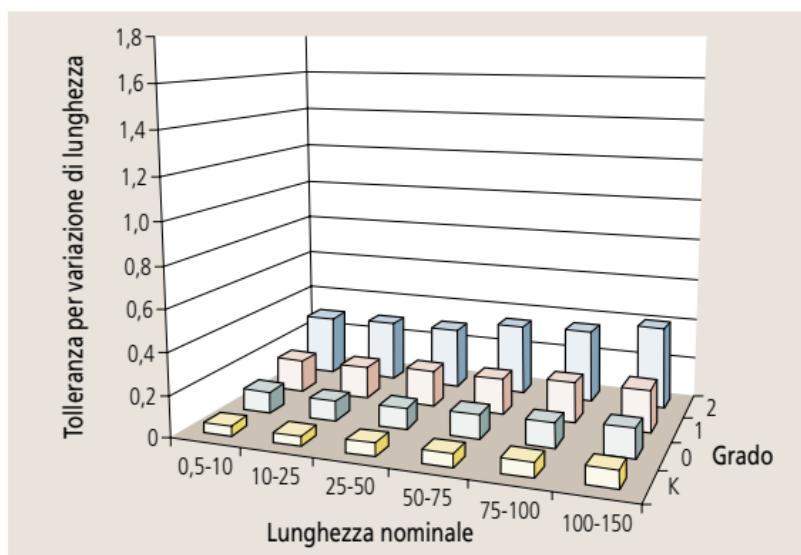
	Applicazione	Grado
Uso in officina	<ul style="list-style-type: none"><li>Regolazione di utensili e lame</li><li>Costruzione di strumenti</li><li>Calibrazione di strumenti</li></ul>	2
Uso per ispezione	<ul style="list-style-type: none"><li>Azzeramento dei dispositivi di misura</li><li>Verifica accuratezza di comparatori</li><li>Calibrazione di strumenti</li><li>•</li></ul>	1 o 2
Uso per calibrazione	<ul style="list-style-type: none"><li>Verifica della accuratezza di blocchetti per le officine</li><li>Verifica della accuratezza di blocchetti per l'ispezione</li><li>Verifica della accuratezza di strumenti</li></ul>	0 o 1
Uso di riferimento	<ul style="list-style-type: none"><li>Verifica della accuratezza dei blocchetti per la calibrazione</li><li>Ricerca accademica</li></ul>	K

# Gradi dei blocchetti di riscontro

› Limiti di deviazione dei blocchetti di riscontro secondo EN ISO 3650



› Tolleranze dei blocchetti di riscontro secondo EN ISO 3650



# Note

PG  
64



**Mitutoyo Italiana S.r.l.**

C.so Europa, 7  
20045 Lainate MILANO  
Tel. +39 (0) 2.93578.1  
Fax +39 (0) 2.93578.255  
[commerciale@mitutoyo.it](mailto:commerciale@mitutoyo.it)  
[www.mitutoyo.it](http://www.mitutoyo.it)

