



# Stili di precisione

[www.renishaw.com/shop/styli](http://www.renishaw.com/shop/styli)



#renishaw



# Sommario

Cos'è uno stilo? .....	4
L'importanza degli stili nelle misure di precisione .....	6
Scelta e utilizzo degli stili .....	8
Connessioni filettate .....	8
La geometria del pezzo determina la scelta della configurazione dello stilo.....	9
Tipi di stilo.....	10
Stili a stella .....	12
Stili orientabili.....	13
Stili a disco .....	14
Stili a disco semisferici .....	15
Stili cilindrici.....	16
Stili semisferici in ceramica .....	17
Piattelli adattatori .....	18
Accessori .....	18
Prolunghe .....	19
Materiali utilizzati per i componenti degli stili Renishaw .....	20
Portastili .....	20
Stelo.....	21
Parametri dei materiali per prolunghe .....	22
Materiali per i componenti di connessione .....	24
Consigli per la scelta del materiale più adatto per stili e accessori .....	24
Calcolo delle modifiche della lunghezza .....	26
Rigidità strutturale.....	28
Scelta e utilizzo degli stili .....	29
Rubino.....	29
Ossido di zirconio .....	29
Nitruro di silicio .....	29
OPTIMUM™ in diamante .....	29
Note sulla scansione .....	30
Usura per abrasione .....	31
Usura per adesione .....	31
Precisione della sfera (grado).....	33
Assemblaggio della sfera su coppa o su spina.....	35
Risultato .....	37
Calibrazione di componenti con altre forme .....	37
Riepilogo dei punti chiave per l'utilizzo dei componenti della sonda.....	38
Elenco di controllo .....	39

## Cos'è uno stilo?

In linea generale, gli stili sono gli "utensili" delle macchine di misura a coordinate (CMM). Il rapporto è simile a quello degli utensili di tornitura per un tornio o a quelli di fresatura e foratura per una fresa.

Quando si effettuano misure tramite una sonda a contatto, la macchina utilizza lo stilo per rilevare i dati dei punti dalla superficie del pezzo.

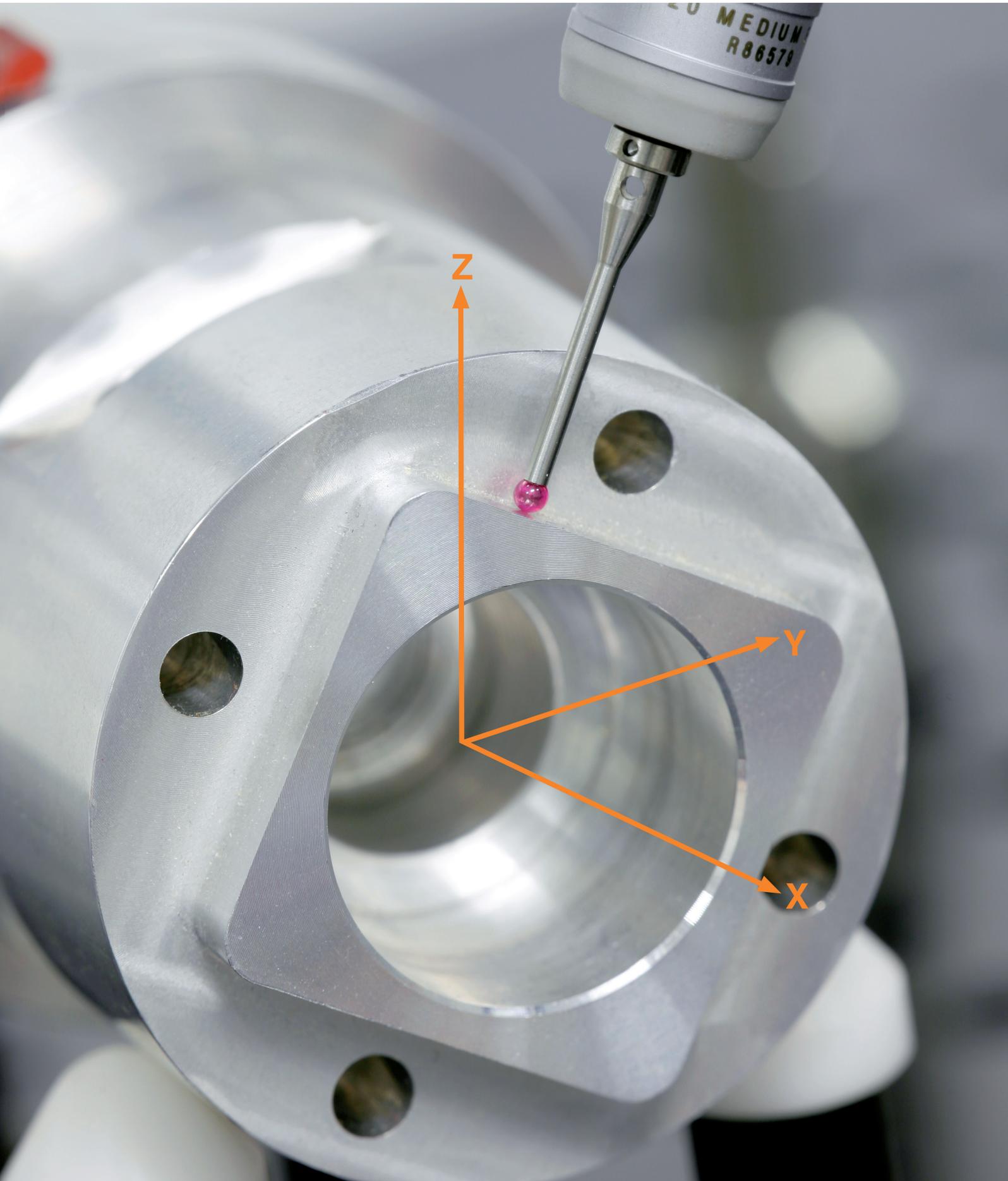
Ciascun contatto genera un punto che viene definito tramite i valori di coordinata in X, Y e Z. Tali punti consentono quindi di calcolare dimensioni, forma e posizione dell'elemento misurato.

Una sonda di scansione rileva invece letture continue sulla superficie del pezzo e si avvale di un software sofisticato che usa tali letture per calcolare dimensioni, forma e posizione nello spazio dei vari elementi misurati.



Lo stilo costituisce il primo punto di contatto con il pezzo.

Per tale ragione, è di vitale importanza che sia in grado di fornire la massima accuratezza possibile sul punto di contatto.

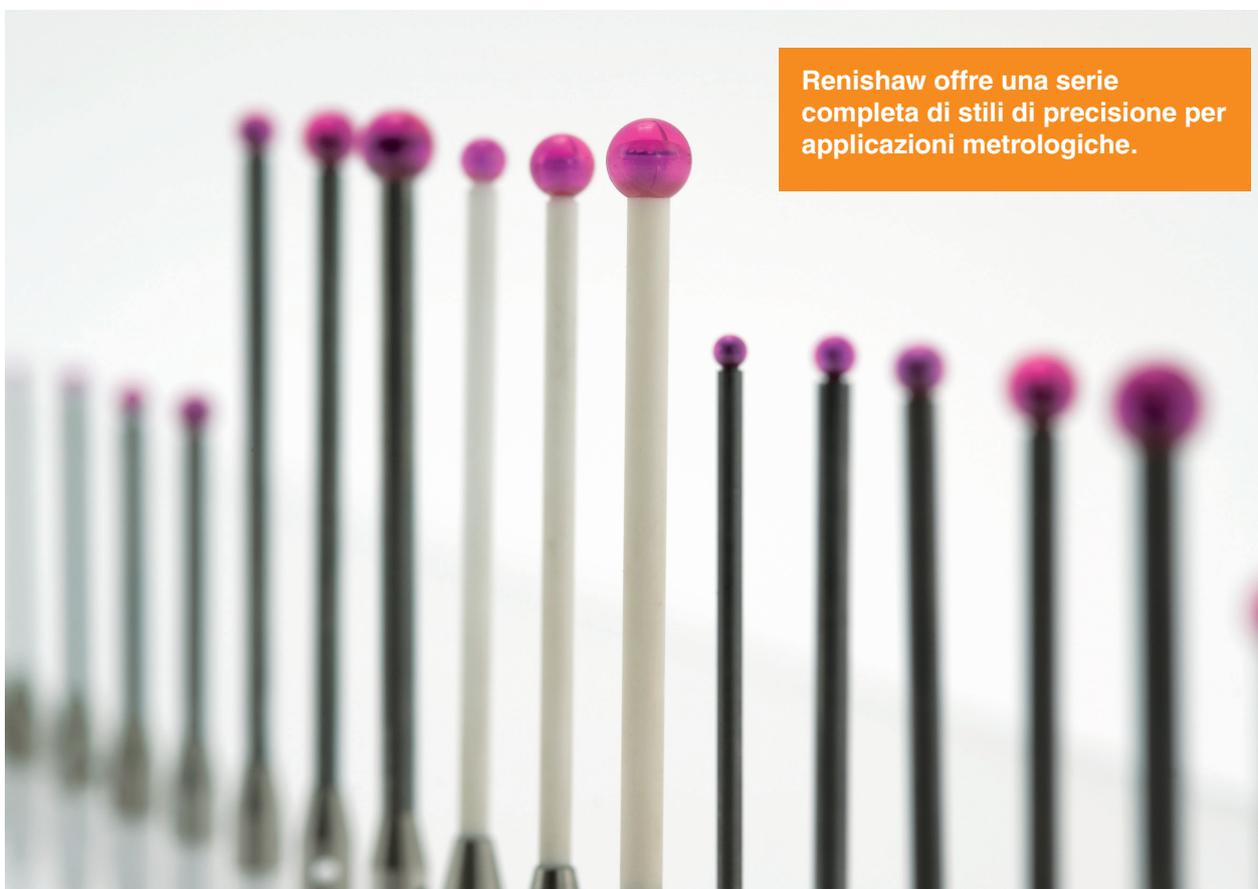
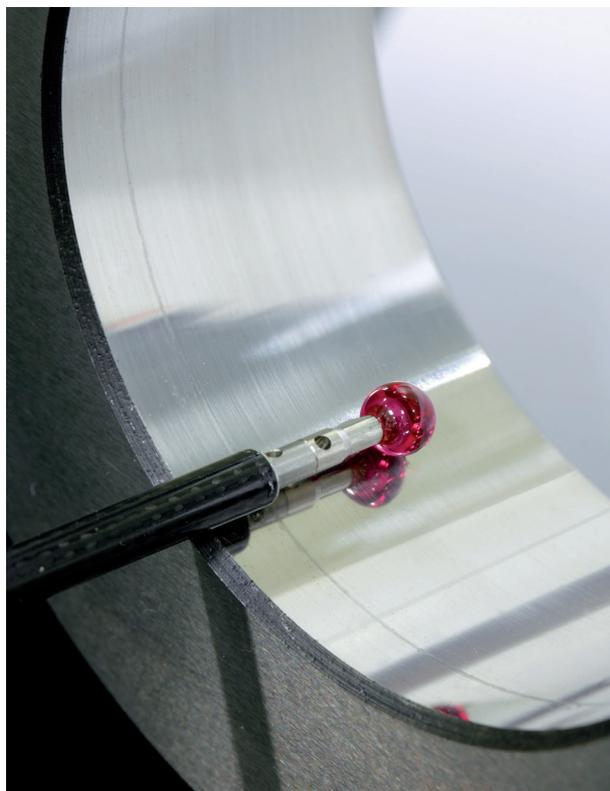


# L'importanza degli stili nelle misure di precisione

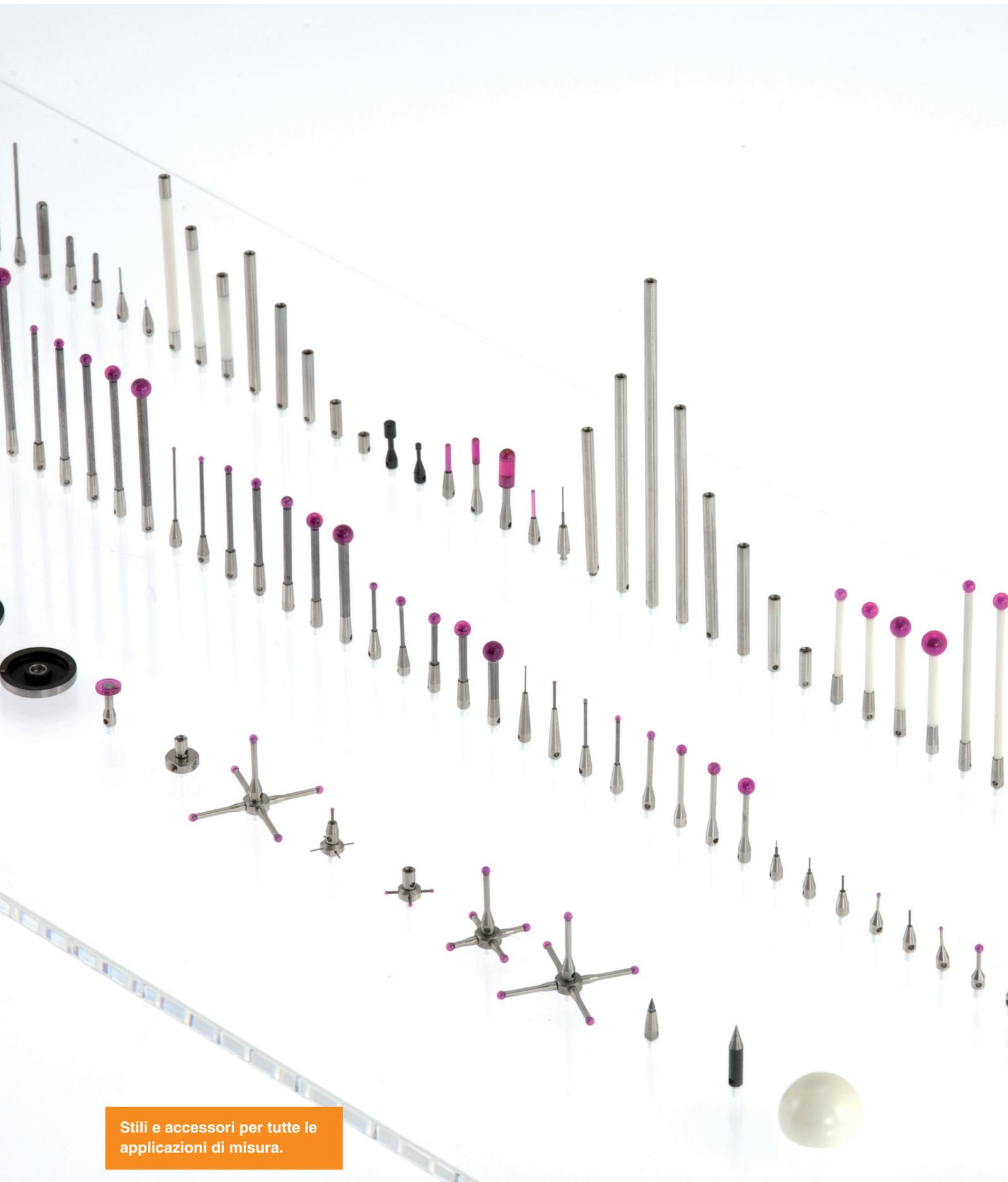
**Negli ultimi anni, gli standard per il controllo qualità sono diventati molto più severi. Per mantenere la competitività sul mercato, le aziende devono essere in grado di garantire la massima stabilità dei processi e l'eccellenza qualitativa dei prodotti, senza rallentare i tempi di lavorazione. In questo scenario, il controllo qualità e la tecnologia per la misura a coordinate assumono un ruolo chiave.**

Per rimanere competitivi, i produttori devono aggiornare costantemente le proprie macchine di misura a coordinate. Tali macchine sono ormai parte integrante del processo produttivo e sfruttano sistemi di scansione veloci e molto accurati che forniscono misure estremamente precise in tempi rapidi.

I sistemi di ispezione Renishaw sono sempre stati all'avanguardia in questo settore. La qualità degli stili e degli accessori costituisce un fattore vitale nella tecnologia di misura industriale. In questa guida vengono riassunte tutte le informazioni che potrebbero risultare utili per il lettore.



**Renishaw offre una serie completa di stili di precisione per applicazioni metrologiche.**



Stili e accessori per tutte le applicazioni di misura.

# Scelta e utilizzo degli stili

È fondamentale scegliere lo stilo più adatto alla propria necessità di misura. Qui vengono descritti i principali tipi di stili e accessori, le caratteristiche più importanti e le proprietà dei materiali.

## Connessioni filettate

- Il primo fattore da prendere in considerazione per la scelta dello stilo è il passo della connessione filettata del sensore della CMM (in genere M2, M3, M4 o M5).
- I sensori Renishaw utilizzano connessioni filettate.
- I sensori ZEISS utilizzano principalmente connessioni con filettature M5 e M3.
- Gli stili possono essere utilizzati in modo molto flessibile con l'aiuto di adattatori filettati. Ad esempio, è possibile usare stili M2/M3/M4 in un sensore con connessione filettata M5.



M2



M3



M4



M5

**La filettatura della connessione rappresenta un fattore decisivo nella scelta dello stilo.**

Renishaw commercializza un'ampia linea di stili e accessori con filettature adatte ai sensori e agli accessori di qualsiasi marca e anche stili per sonde per macchine CNC.



**Maggiore flessibilità con gli adattatori filettati.**

## La geometria del pezzo determina la scelta della configurazione dello stilo

È indispensabile che lo stilo sia in grado di raggiungere con facilità tutti i punti da ispezionare del pezzo da misurare. La scelta dei componenti dello stilo deve essere effettuata con estrema attenzione, per avere la certezza che essi soddisfino tutti i criteri di ispezione e accessibilità per ciascun elemento misurato.

Per effettuare tutte le misure di un pezzo su una macchina CMM dotata di sensore fisso, si dovrà utilizzare una soluzione a più stili montati con orientamenti diversi. In tale caso, saranno necessari stili di varie forme, prolunghe e giunti. La combinazione di tali componenti viene definita configurazione dello stilo e viene montata su un piattello adattatore.

Renishaw produce stili e componenti utilizzando diversi tipi di materiale, questo permette di creare configurazioni ottimali per ciascuna applicazione

Nella scelta della configurazione, bisogna tenere in considerazione la massa massima ammissibile dal sensore, consultando le specifiche fornite dal costruttore. Tale massa può arrivare ad un massimo di 500 grammi.

Configurazione di uno stilo montata su piattello adattatore.

Una configurazione complessa, con molti componenti.

# Tipi di stilo

Renishaw commercializza un'ampia gamma di stili e accessori per soddisfare qualsiasi esigenza di misura. Tutti i componenti, incluse le sfere degli stili, sono disponibili in molti materiali diversi.

## Stili dritti

Gli stili dritti sono i più semplici e quelli maggiormente utilizzati. Sono disponibili anche steli dritti con rinforzi laterali e steli conici. Questi ultimi garantiscono una maggiore rigidità e sono consigliati nel caso in cui la parte da misurare sia facilmente accessibile.

Le sfere degli stili sono prodotte con vari materiali: rubino, nitruro di silicio, zirconio, carburo di tungsteno o ceramica con rivestimento in diamante.

I portastilo e gli steli possono essere in titanio, carburo di tungsteno, acciaio inox, ceramica e fibra di carbonio.

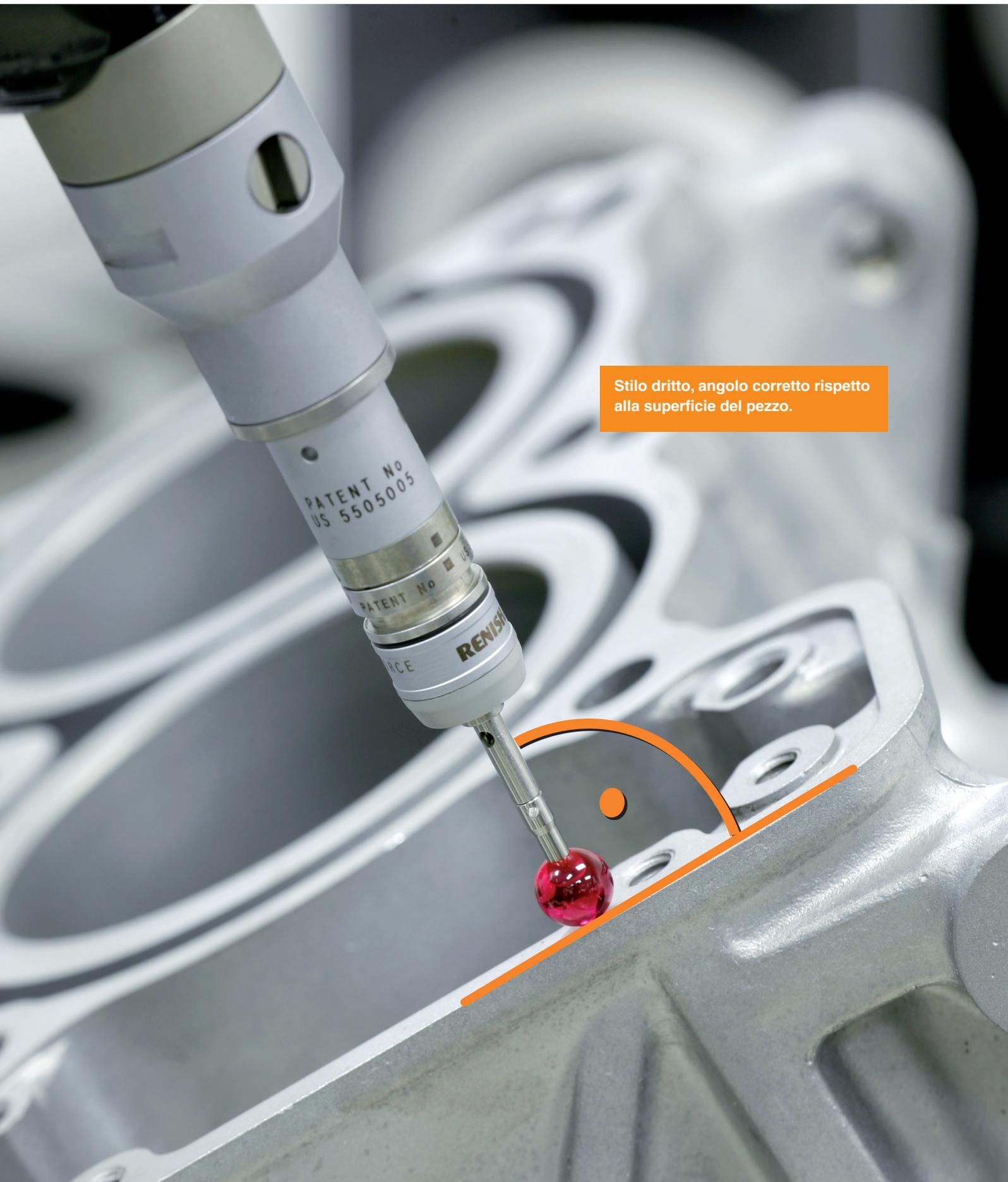
## Applicazione principale

Elementi semplici con i quali è possibile entrare direttamente in contatto.

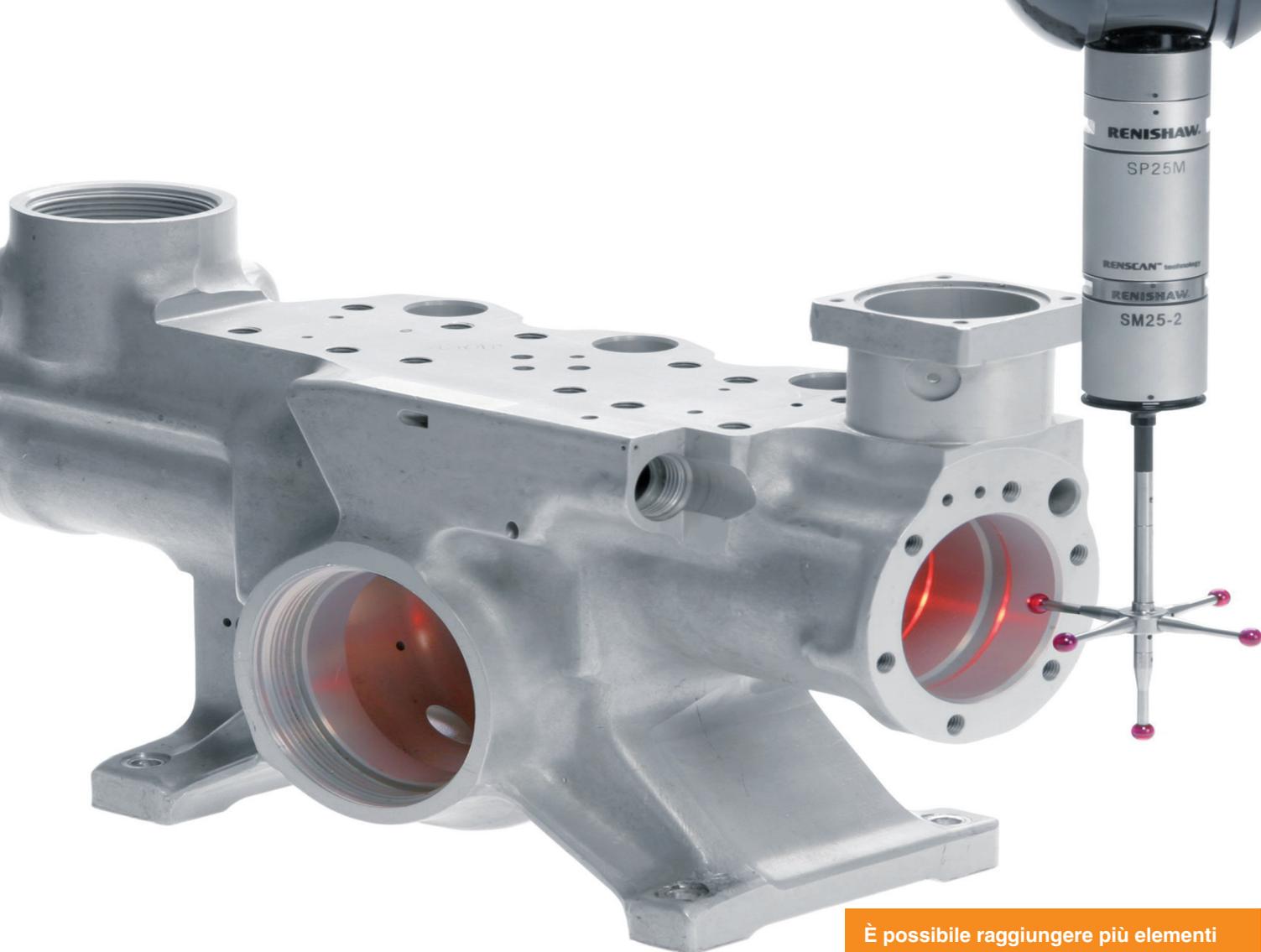
Gli spostamenti di misura devono avvenire in senso quasi parallelo agli assi macchina e ad angolo retto rispetto alla superficie del pezzo. È disponibile una vasta gamma di accessori che consentono di allineare le sonde, ad esempio per la misura di fori angolari.



Per evitare flessioni, si consiglia di utilizzare lo stilo più corto possibile, in particolare nel caso dei sistemi di ispezione a contatto.



Stilo dritto, angolo corretto rispetto alla superficie del pezzo.



È possibile raggiungere più elementi con una sola configurazione di stili.

## Stili a stella

Si tratta di configurazioni a più punte, con stili montati in modo rigido. Le sfere sono di rubino, nitruro di silicio o zirconio. È possibile creare una configurazione personalizzata di stili a stella, utilizzando i centri stilo per montare fino a un massimo di cinque componenti.

Stilo a stella con cinque stili fissi.



Misura di un profilo interno complesso.

## Stili orientabili

Includono un morsetto che consente di regolare l'angolazione degli stili.

### Applicazione principale

Superfici inclinate e fori angolari. Questa configurazione risulta molto flessibile e consente di entrare a contatto con elementi diversi, senza bisogno di cambiare stilo.



Allineamento flessibile per  
superfici inclinate e fori  
angolari.

## Stili a disco

Questi stili sono "sezioni" di sfere a elevata sfericità e sono disponibili in vari spessori e diametri. I dischi possono essere in acciaio, ceramica o rubino e vengono montati su una spina filettata. Gli stili di questa gamma sono orientabili a 360°. Inoltre è possibile aggiungere uno stilo centrale. Tali accorgimenti ne accrescono la flessibilità e la semplicità di utilizzo.

### Applicazione principale

Questi stili vengono utilizzati per ispezionare elementi che potrebbero risultare inaccessibili agli stili a stella, come ad esempio rientranze e scanalature all'interno di fori. L'ispezione tramite il "bordo sferico" di un disco semplice equivale a ispezionare l'elemento con "l'equatore" di una sfera di grandi dimensioni. Tuttavia, solo una minima parte della superficie della sfera entra effettivamente a contatto con l'elemento e, per tale ragione, i dischi più sottili richiedono un allineamento angolare che garantisca un contatto corretto con l'elemento da ispezionare.



Un disco semplice richiede la calibrazione solo sul diametro, ma limita l'effettiva ispezione alle direzioni X e Y. L'aggiunta di una piccola sfera (roller) consente di calibrare e quindi di effettuare ispezioni nella direzione Z, purché il centro di tale sfera si trovi al di sotto del diametro della sonda. È possibile la calibrazione completa in X,Y,Z su una sfera o un blocchetto di riscontro. Se il disco viene fatto ruotare sul centro e quindi bloccato, il "roller" potrà essere posizionato in modo adeguato all'applicazione.

## Stili a disco semisferici

In questi stili, una mezza sfera (o cilindro) viene montata su ciascuna faccia del disco, in modo da garantire il contatto nella direzione Z.

### Applicazione principale

Rientranze, fori a gradini e scanalature all'interno di fori. Utilizzando le semisfere poste in alto e in basso, è possibile misurare anche nella direzione Z, ad esempio per misurare la larghezza di una scanalatura.



## Stili cilindrici

Gli stili cilindrici possono essere in carburo di tungsteno, rubino o ceramica.

### Applicazione principale

Misura di lamine metalliche, componenti pressati e pezzi di lavoro sottili che risultano difficilmente raggiungibili dai normali stili a sfera. Gli stili cilindrici con terminazione a sfera consentono una calibrazione completa e la tastatura nelle direzioni X, Y e Z, permettendo così l'ispezione della superficie.

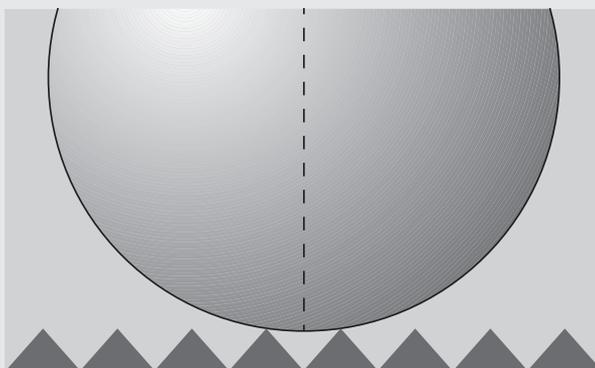


## Stili semisferici in ceramica

Sono utili perché consentono di avere sfere con un diametro effettivo molto ampio, mantenendo un peso ridotto.

### Applicazione principale

Misura di elementi e fori profondi. Adatto anche per contatti con superfici rugose, perché l'ampiezza del diametro consente di filtrare in modo meccanico le rugosità. Inoltre, il diametro di cresta di vari elementi filettati può essere ispezionato usando lo stesso metodo.



Una sfera dal diametro ampio può ridurre gli inconvenienti derivanti da superfici di ispezione particolarmente rugose.



Misura di un foro profondo e filettato.

## Piattelli adattatori

Se risulta necessario misurare ripetutamente alcuni elementi, potrebbe essere conveniente impostare le necessarie configurazioni di stili su un piattello adattatore.

Una volta assemblati, i piattelli adattatori possono essere conservati in appositi vani o sui rack della CMM per essere utilizzati quando richiesto. Quando si richiamano piattelli adattatori già configurati, non sarà necessario ricalibrare la sonda e si potrà dare immediatamente inizio alla misura. Con un rack di cambio, anche i pezzi più complessi possono essere misurati in modalità CNC.



## Accessori

Gli accessori sono utili per adattare i componenti della sonda in modo più preciso per attività di misura specifiche. Per maggiori dettagli sulla nostra ampia linea di prodotti, vedere il catalogo.

### Corpi e cubi

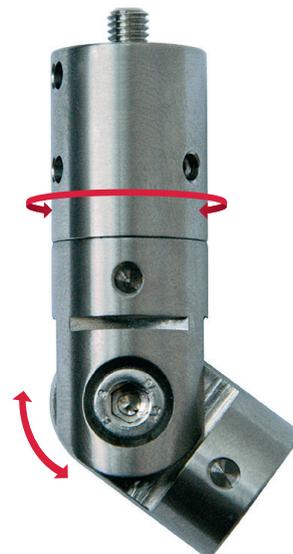
Possono essere combinati per creare configurazioni di stili specifiche.



I giunti devono essere stabili e lavorati con estrema precisione, altrimenti la forza di tastatura potrebbe alterare la posizione della punta dello stilo durante la misura. La qualità del design e dei materiali è vitale.

### Giunti

Consentono l'allineamento angolare della sonda per contatti verticali su superfici di lavoro inclinate o fori angolari.

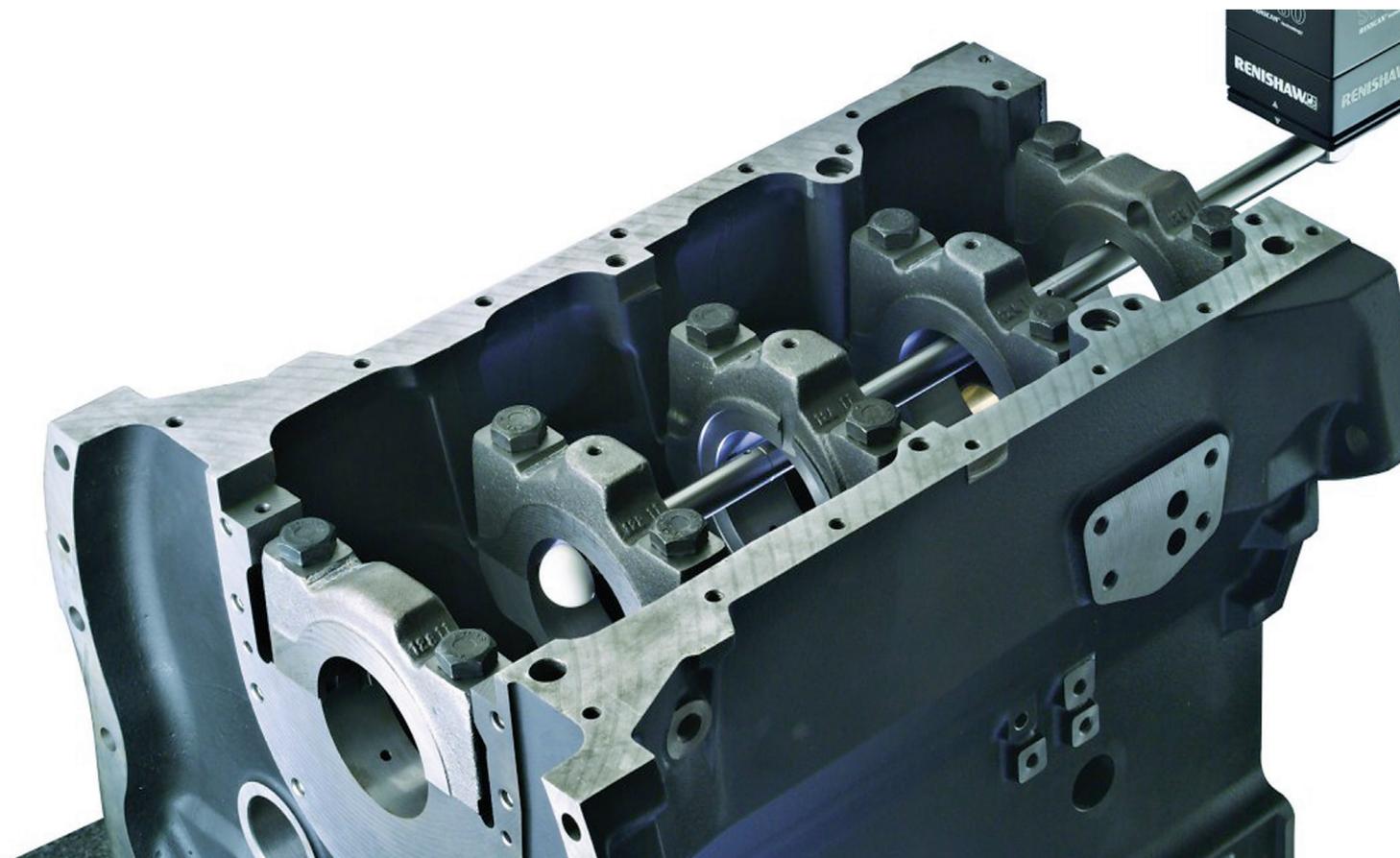


## Prolunghe

Renishaw produce una vasta gamma di prolunghe di dimensioni e materiali diversi: acciaio, titanio, alluminio, ceramica e fibra di carbonio.

### Applicazione principale

Le prolunghe vengono utilizzate per misurare fori ed elementi molto profondi oppure per ispezionare punti difficilmente raggiungibili.



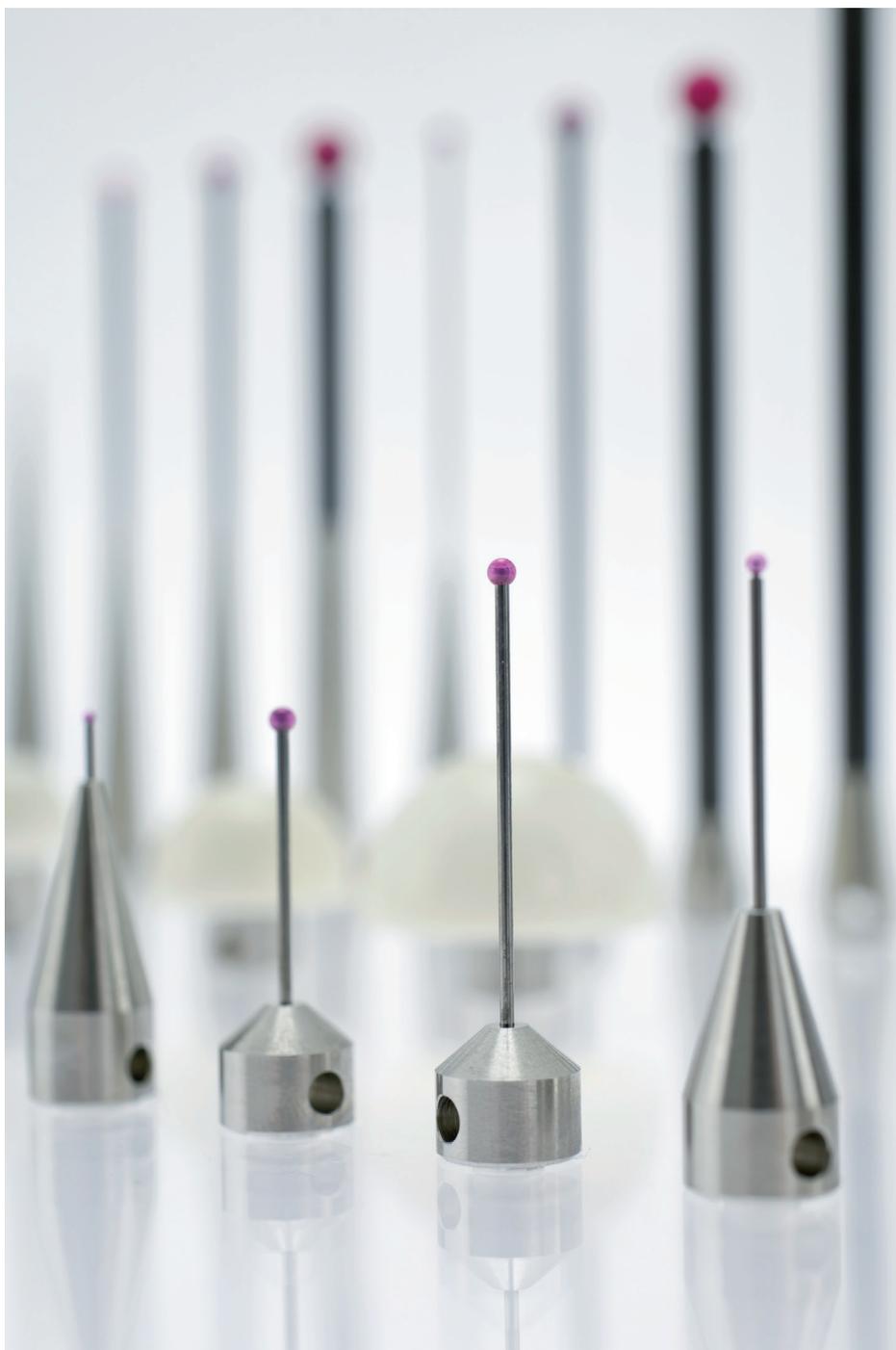
# Materiali utilizzati per i componenti degli stili Renishaw

La nostra linea di prodotti utilizza un'ampia gamma di materiali e di loro combinazioni.

Di seguito vengono descritti tutti i materiali utilizzati in metrologia.

## Portastili

Il gambo dello stilo è collegato a un portastilo filettato. I materiali più adatti per i portastilo sono acciaio e titanio. Il titanio è la scelta ottimale per contenere il peso degli stili M5 di grandi dimensioni.



## Stelo

Lo stelo deve essere quanto più rigido possibile, per ridurre al minimo le deflessioni durante le misure.

### Carburo di tungsteno

Garantisce una straordinaria rigidità, soprattutto con steli di piccolo diametro e sonde rinforzate.

Quando si utilizzano steli dal diametro largo e stili lunghi è necessario valutare il peso dell'assemblaggio. La scelta ideale per la maggior parte delle applicazioni standard.

### Ceramica

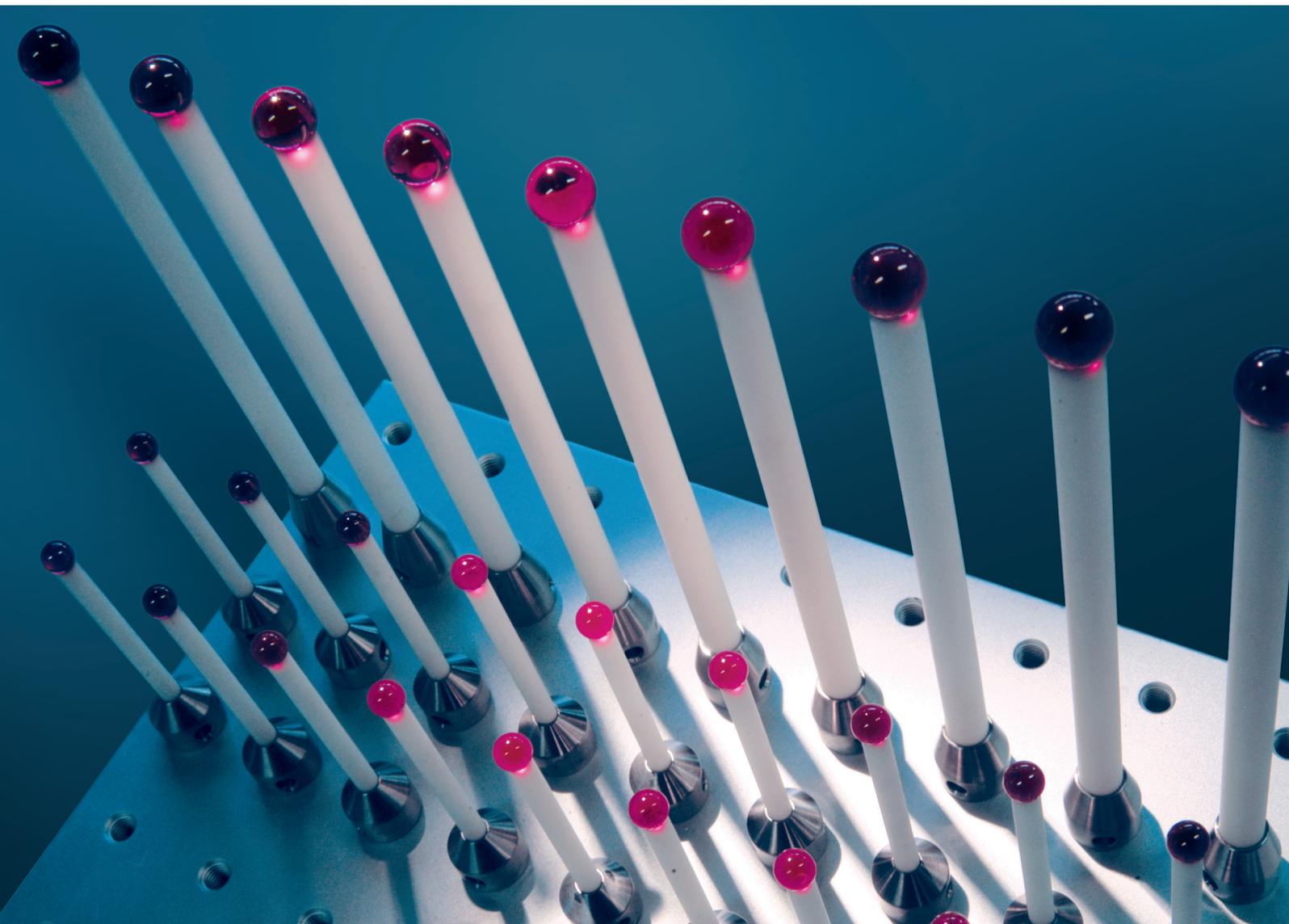
Grazie alla sua leggerezza, la ceramica viene utilizzata nella costruzione di stili lunghi. La buona stabilità termica la rende adatta ad applicazioni di tipo produttivo. Inoltre, può essere utilizzata come protezione antirottura nelle applicazioni su macchine utensili.

### Acciaio

Per stili particolarmente rigidi da utilizzare in applicazioni standard in cui il peso non è un problema.

### Fibra di carbonio (buona stabilità termica)

Risulta adatta per stili lunghi, perché il loro peso è inferiore di circa il 20% rispetto agli stili in carburo di tungsteno. La buona stabilità termica risulta particolarmente utile con gli stili lunghi e per questa ragione è ideale per applicazioni produttive.



# Parametri dei materiali per prolunghe

I parametri sono simili a quelli degli stili per stilo.



## Carburo di tungsteno

Gli stili di carburo resistono bene alle deflessioni e risultano adatti per tutte le applicazioni standard se la temperatura ambientale è stabile. Vengono utilizzati principalmente in ambienti controllati.



## Acciaio

Prolunghe dalla rigidità elevata. Ideali per applicazioni standard in cui il peso non è un problema.



## Alluminio

È un materiale molto leggero e ideale per le prolunghe. Tuttavia può essere utilizzato solo in condizioni ambientali stabili e controllate, a causa dell'espansione termica.



## Ceramica

Leggera, robusta e stabile dal punto di vista termico. Adatta per applicazioni produttive.



## Fibra di carbonio

Stabilità termica e massa ridotta. Ideale per prolunghe estese e soggette a fluttuazioni di temperatura.



## Titanio

Molto leggero, con un'ottima stabilità termica e buona rigidità strutturale rispetto all'alluminio. Adatto per prolunghe estese.



# Materiali per i componenti di connessione

## Titanio

Gli accessori M5 di grandi dimensioni, come giunti e cubi, vengono prodotti in titanio per ridurre il peso.



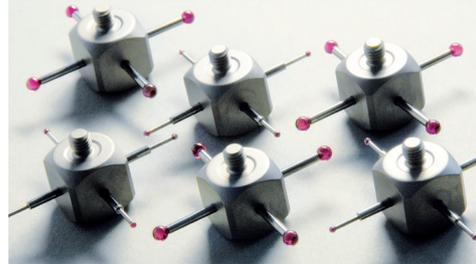
13 g



11,2 g

## Acciaio

In genere, i prodotti di dimensioni ridotte sono in acciaio inox.



I materiali qui riportati incidono sul prezzo di vendita. Tuttavia, nella scelta degli stili e dei relativi componenti, è consigliabile dare sempre priorità al tipo di applicazione di misura e alle condizioni ambientali. Misure imprecise costituiscono uno spreco di tempo e denaro!

## Consigli per la scelta del materiale più adatto per stili e accessori

Quando si sceglie il materiale, bisogna tenere presenti tre fattori principali:

- condizioni ambientali
- lunghezza/rigidità strutturale
- le masse consentite in base alle specifiche del produttore della sonda

Le fluttuazioni termiche possono provocare errori di misura anche significativi.

Se si utilizza la CMM in un ambiente con aria condizionata e temperatura stabile di 20 °C questo problema non dovrebbe evidenziarsi (a meno che non si utilizzino prolunghie particolarmente estese). In casi diversi, le fluttuazioni di temperatura causeranno sempre un'espansione termica significativa, con conseguente modifica della lunghezza del componente della sonda o della prolunga. Se tale espansione non viene compensata, può portare a errori di misura.



Sbalzi di temperatura, anche minimi, possono causare errori di misura. La scelta di un materiale corretto per lo stelo o per la prolunga consente di ridurre drasticamente tali errori.

Prolunga molto estesa in fibra di carbonio.



# Calcolo delle modifiche della lunghezza

Le modifiche della lunghezza dipendono dalle variazioni di temperatura, dalla lunghezza del cono dello stilo usato e dalle caratteristiche di espansione del materiale.

La variazione della lunghezza viene calcolata in questo modo:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t$$

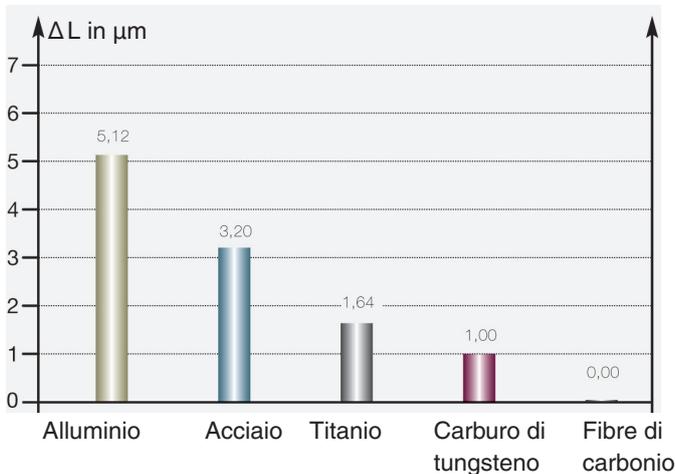
$\Delta L$  = variazione della lunghezza

$L$  = lunghezza della sonda

$\alpha$  = coefficiente di espansione

$\Delta t$  = differenza di temperatura

**Aumento della lunghezza (in  $\mu\text{m}$ ) con prolunga di 200 mm e variazione di temperatura di 1 K.**

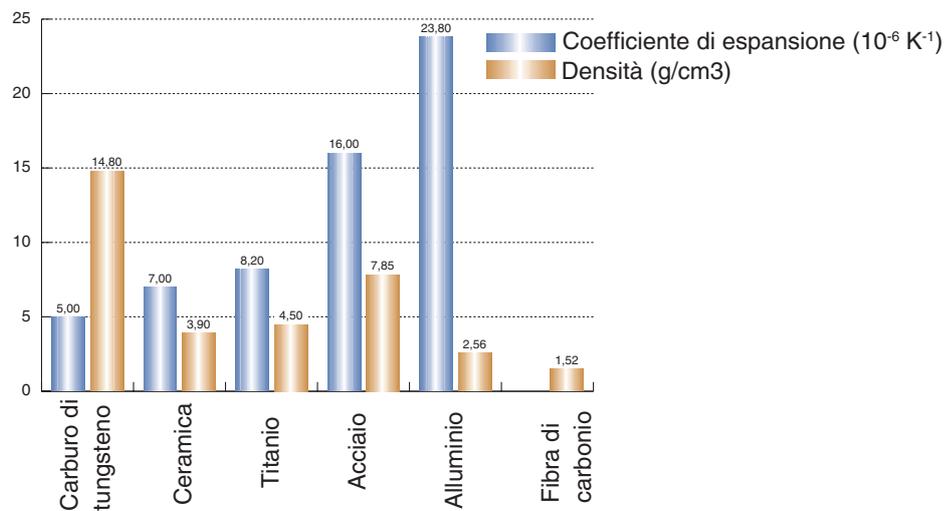


Attenzione: la misura è in  $\mu\text{m}$ .

## Confronto dei materiali in termini di coefficiente di calore/massa

Materiale	Espansione termica	Densità ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
Carburo di tungsteno	$5,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	14,8
Ceramica	$7,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	3,9
Titanio	$5,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	4,5
Acciaio	$16,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	7,85
Alluminio	$23,8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	2,56
Fibre di carbonio	$\sim 0,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	1,52

Aumento della lunghezza (in  $\mu\text{m}$ ) con prolunga di 200 mm e variazione di temperatura di 1 K.



Tra i diversi materiali esistono notevoli variazioni in termini di espansione termica e peso.

La fibra di carbonio costituisce la combinazione ideale fra massa ridotta e stabilità alle temperature.

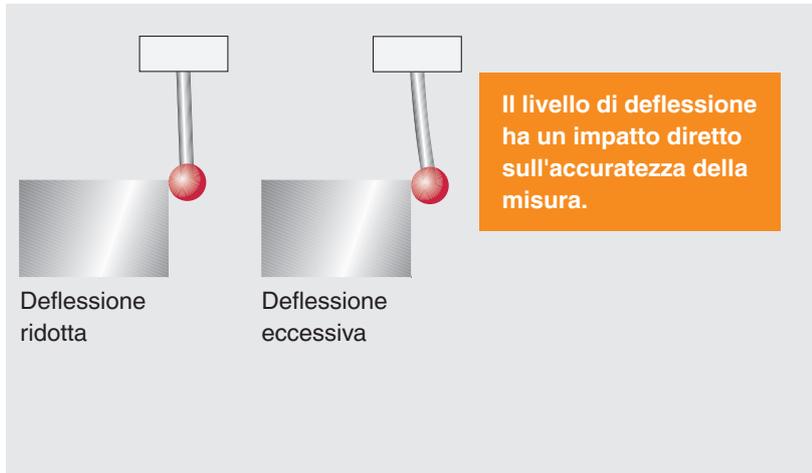
Si consiglia di utilizzare sempre la fibra di carbonio per le prolunghie molto estese, perché in questi casi anche la minima variazione di temperatura potrebbe provocare errori di misura, se si adottano altri materiali.



# Rigidità strutturale.

Lo stelo dello stilo deve essere progettato in modo da garantire la massima rigidità. Durante le operazioni di ispezione entrano in gioco forze di misura che non devono provocare l'eccessiva deflessione dello stilo. Una flessione troppo accentuata può incidere direttamente sull'incertezza della misura della macchina, in particolare nel caso delle misure dinamiche (scansioni) che effettuano ispezioni simultanee in tutte le direzioni spaziali.

Il concetto fondamentale è che gli stili devono essere quanto più rigidi possibile.



## Confronto fra le "rigidità strutturali" dei materiali

La scienza dei materiali utilizza il termine "modulo di elasticità" per definire la caratteristica di un materiale che esprime il rapporto fra tensione ed espansione quando un corpo solido viene deformato. L'aumento del valore del modulo di elasticità comporta una maggiore resistenza alla deformazione del materiale in oggetto. Pertanto, un materiale con un modulo di elasticità elevato risulta rigido, mentre un valore basso nel modulo di elasticità indica un materiale flessibile.

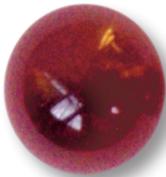
Materiale	Modulo di elasticità in kN/mm <sup>2</sup>
Carburo di tungsteno	620
Acciaio	200
Alluminio	70
Titanio	150
Ceramica	300 – 400
Fibra di carbonio	≥ 450



## Scelta e utilizzo degli stili

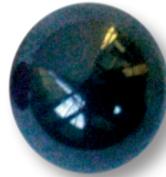
La scelta del materiale della sfera dipende dalla strategia di misura e dal materiale del pezzo di lavoro. Va ricordato che Renishaw utilizza solo sfere con un livello di precisione che va dal grado 3 fino al grado 5.

### Rubino



È lo standard industriale, adatto alla grande maggioranza delle applicazioni di misura. Il rubino è uno dei materiali più duri esistenti ed è ideale per la maggior parte delle applicazioni.

### Nitruro di silicio



Si tratta di una ceramica molto dura e resistente all'usura che può essere lavorata fino a ottenere sfere straordinariamente precise. Può anche essere levigato per produrre superfici estremamente lisce. Si consiglia di limitare le sue applicazioni all'alluminio.

### Ossido di zirconio

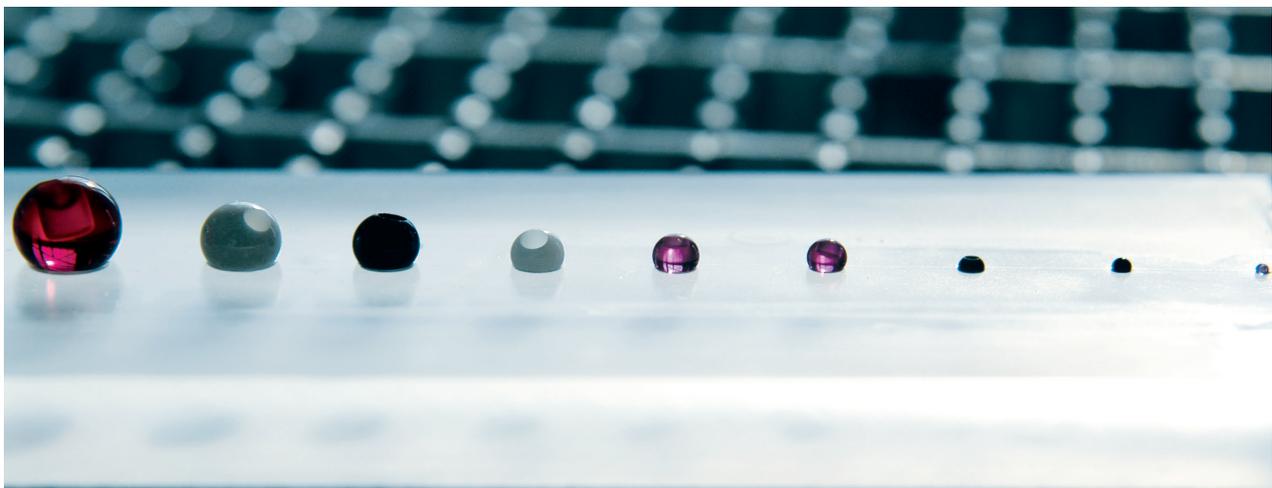


Una ceramica particolarmente resistente e con caratteristiche di durezza e resistenza all'usura prossime a quelle del rubino. Le proprietà della sua superficie lo rendono il materiale ideale per applicazioni di scansione aggressive su componenti in ghisa.

### OPTIMUM™ in diamante



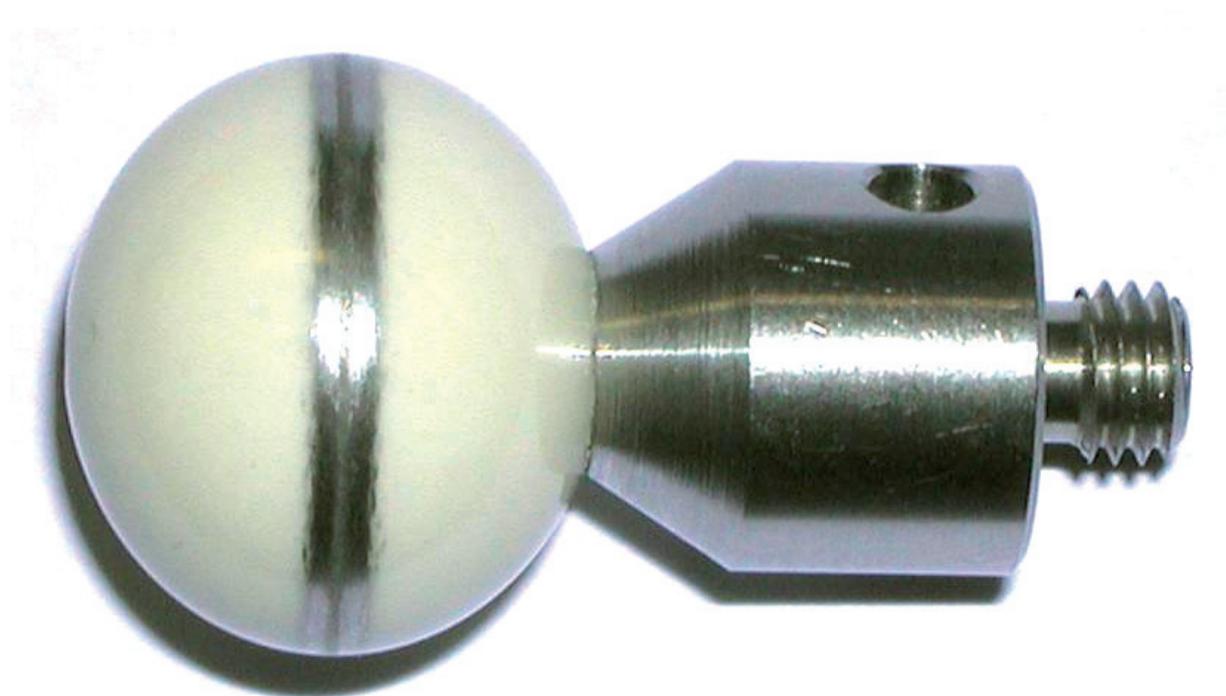
Le sfere di ceramica sono rivestite in diamante con uno spessore di circa 0,015 mm e vengono levigate con un processo molto complesso. Le sfere in diamante mantengono la propria rotondità, non sono soggette ad accumuli di materiale e non si usurano prematuramente durante l'esecuzione di una scansione.



## Note sulla scansione

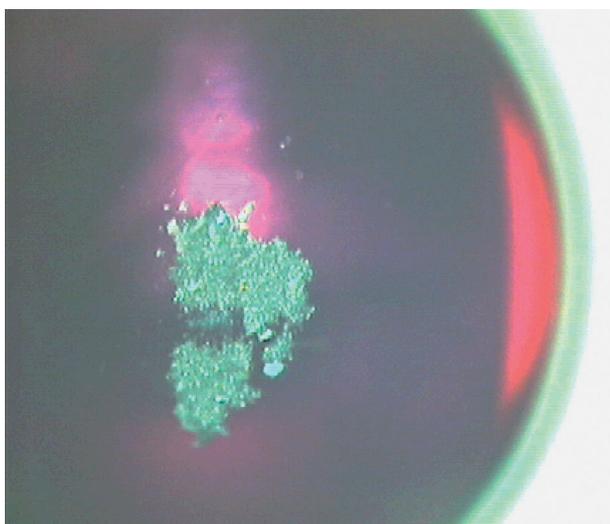
Nelle misure per punti, la sfera entra in contatto con la superficie del componente solo per un brevissimo periodo di tempo. Nel caso delle scansioni la situazione è diversa perché la sfera scivola lungo la superficie del pezzo di lavoro con un contatto costante.

L'usura della sfera e i depositi che vi si accumulano a seguito della scansione possono incidere sull'accuratezza delle misure.

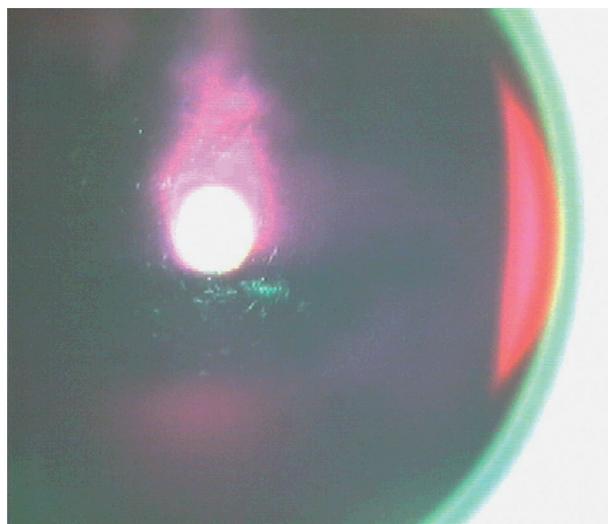


### Impurità

Tutti i test svolti con i vari tipi di materiali per sfere hanno mostrato un accumulo di depositi sulle superfici della sfera. Per tale ragione, si consiglia di pulire le sfere con un panno asciutto dopo ogni ispezione, in modo da eliminare eventuali residui.



Tipico strato di impurità su una sfera di rubino dopo 350 m di scansione.



La stessa sfera dopo essere stata pulita con un panno asciutto.

## Usura per abrasione

### Scansione di materiali abrasivi

Se si eseguono misure su componenti in ghisa o materiali simili, la sfera e il pezzo di lavoro possono essere soggetti a usura da abrasione. Le minuscole particelle di residuo possono causare leggeri graffi sullo stilo della sfera e sulla superficie del pezzo. In queste situazioni si consiglia l'utilizzo di stili con sfere in zirconio, che consentono di ridurre tale inconveniente.



Sfera in rubino con evidenti graffi sulla superficie.

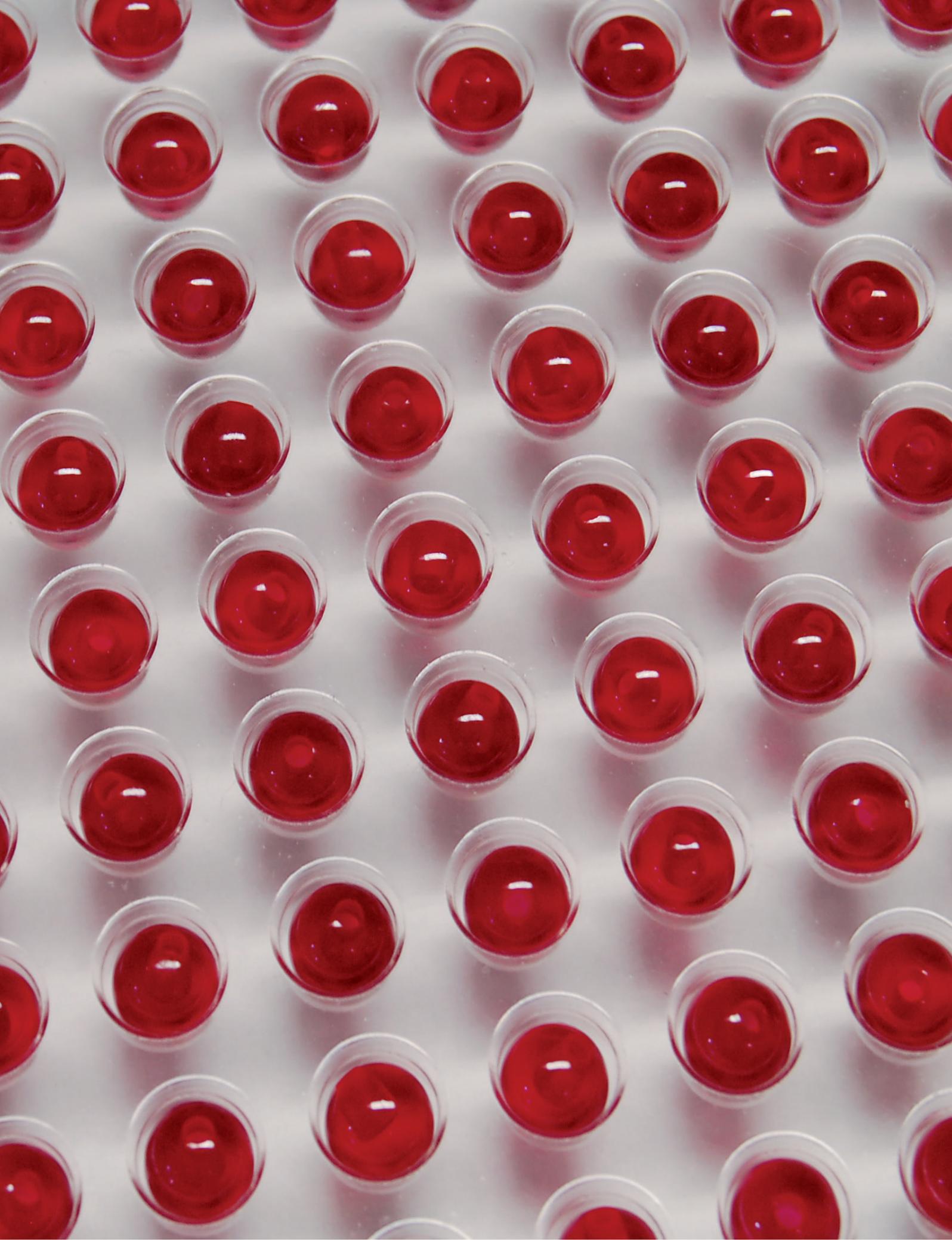
## Usura per adesione

### Scansione di pezzi in alluminio

Se si utilizza una sfera di rubino per la scansione di una superficie in alluminio, si produce un effetto di attrazione fra i due materiali. In genere, si verifica un passaggio di residui verso la superficie più dura. Ciò significa che particelle di alluminio vanno a depositarsi sulla superficie della sfera. Lo strato di alluminio diventa chiaramente visibile solo dopo 100 m di misure costanti, utilizzando un contatto singolo sulla sfera. Per questo tipo di applicazioni si consiglia l'uso di sfere in nitruro di silicio.



Sfera in rubino ricoperta da uno strato di residui di alluminio.

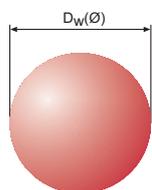


## Precisione della sfera (grado)

Il "grado" di una sfera ne indica la classe di precisione. La classe di precisione parte da un livello minimo di grado 48 e arriva fino al grado 3. Le sfere Renishaw sono di grado 3 e 5.

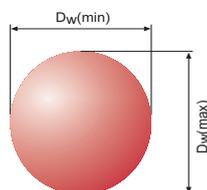
Tabella delle classi di precisione

Grado	Deviazione $\emptyset$	Rotondità
20	$\pm 0,50 \mu\text{m}$	0,50 $\mu\text{m}$
16	$\pm 0,40 \mu\text{m}$	0,40 $\mu\text{m}$
10	$\pm 0,25 \mu\text{m}$	0,25 $\mu\text{m}$
5	$\pm 0,13 \mu\text{m}$	0,13 $\mu\text{m}$
3	$\pm 0,08 \mu\text{m}$	0,08 $\mu\text{m}$



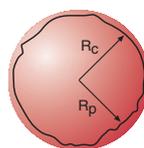
Diametro nominale della sfera  $D_w$

Il valore del diametro utilizzato per identificare le dimensioni della sfera.



Deviazione  $\emptyset$

La differenza fra il diametro massimo e quello minimo di una sfera.

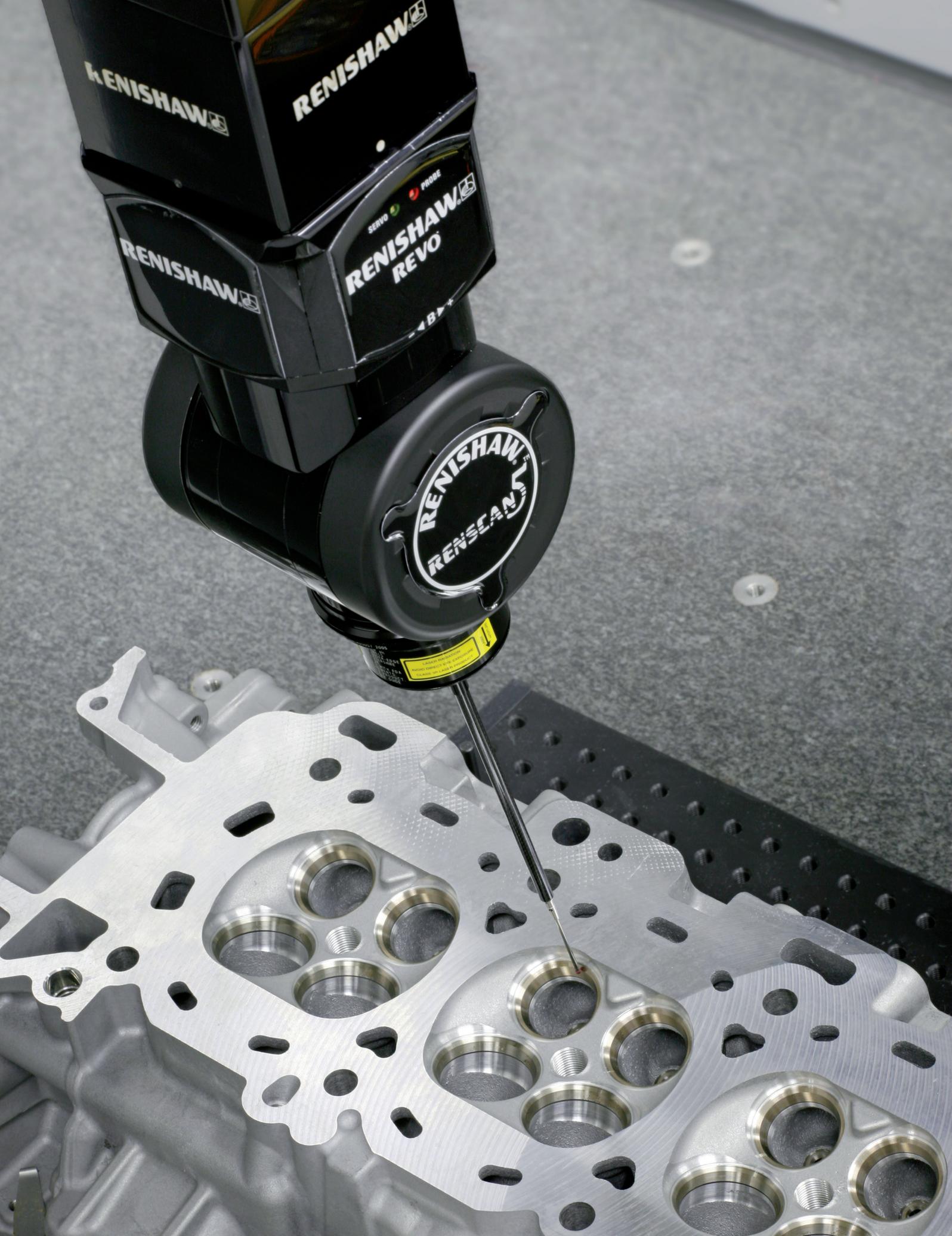


Deviazione dalla rotondità

La massima distanza radiale, in qualsiasi piano radiale, fra una perfetta sfera ideale circoscritta intorno alla superficie della sfera dello stilo e qualsiasi punto sulla superficie della sfera.

Le deviazioni dalla rotondità (ovvero i difetti di forma della sfera) incidono negativamente sull'accuratezza delle misure.

Le tolleranze diametrali sono pressoché insignificanti nella metrologia 3D perché il centro effettivo della sfera e il suo diametro vengono definiti durante il processo di calibrazione.



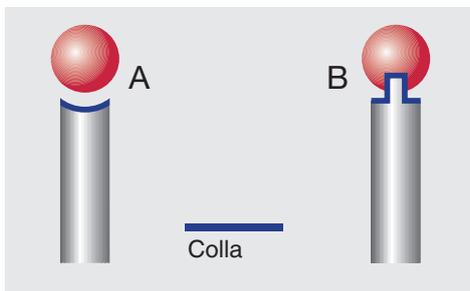
## Assemblaggio della sfera su coppa o su spina.

Esistono due opzioni per collegare lo stelo alla sfera: la connessione a coppa sferica e la connessione a spina.

La maggior parte degli stili Renishaw ha un design che prevede il montaggio a spina. Ciò significa che nella sfera viene eseguito un foro con un diametro di 0,5 mm, la spina viene rettificata sul cono e fissata alla sfera.

Il vantaggio di tale procedura è evidente: dal punto di vista tecnico, questa connessione risulta superiore e produce un'area di unione più ampia. Ciò diventa particolarmente importante per gli steli sottili che hanno un'area di unione limitata. In questi casi, i metodi di fissaggio convenzionali possono causare un distacco della sfera dallo stelo anche in presenza di forze minime.

I nostri stili di grado 3 (deviazione dalla forma sferica di 0,08 µm) sono fabbricati utilizzando una sfera non forata, inserita in una coppa sferica. Una serie di esami sul design e sulla fabbricazione di stili con una sfera così tanto specifica ha mostrato che la forma della sfera può essere degradata se vi viene praticato un foro e deformata incollandola a una spina. Le misure rilevate prima e dopo l'assemblaggio mostrano che la forma della sfera rimane ampiamente all'interno delle specifiche durante l'intero processo. A causa dei limiti delle capacità di misura e della forza di adesione, gli stili con sfere di grado 3 hanno un diametro minimo di 1 mm.

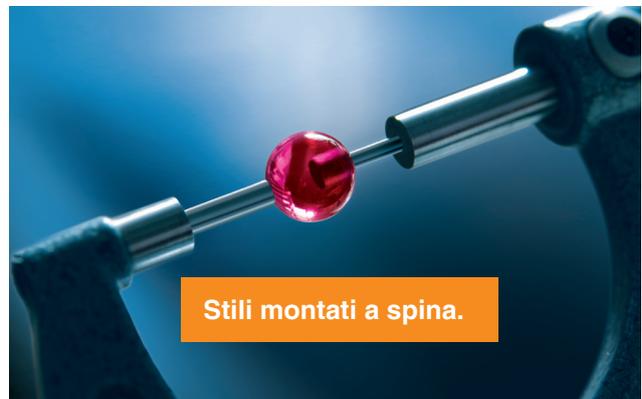


**R: Connessione a coppa - area di unione ridotta**

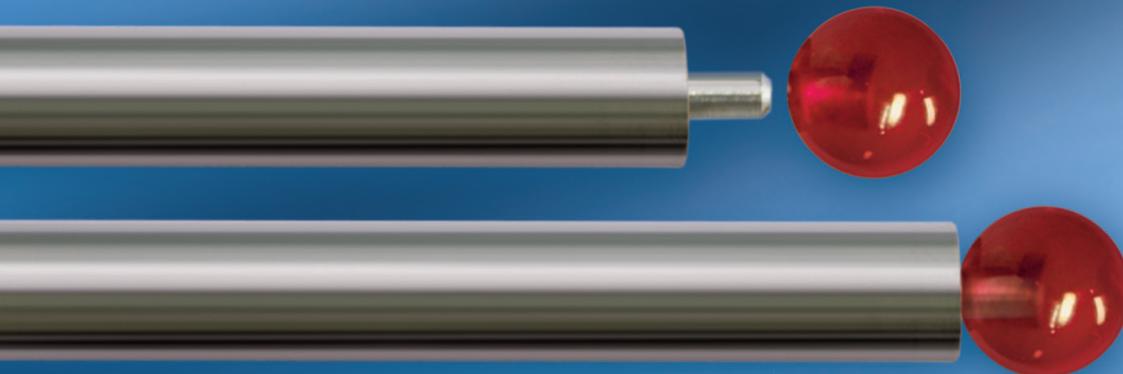
**B: Connessione a spina - maggiore area di unione e più sicurezza.**

È importante che il produttore verifichi la corrispondenza fra la lunghezza della spina e la profondità del foro. Se il foro fosse troppo profondo, l'aria rimarrebbe intrappolata e le sfere si distaccerebbero rapidamente durante le misure nella direzione Z.

Se invece la spina fosse troppo lunga, il fondo del foro diventerebbe conico o rotondo creando sacche d'aria che riducono la stabilità.



**Stili montati a spina.**



**Le sfere montate a spina garantiscono massima stabilità e lunga durata.**

## Calibrazione degli stili

In tutte le operazioni, prima di iniziare a rilevare le misure è indispensabile calibrare la sonda in modo accurato. Per ottenere risultati accurati, è necessario stabilire con precisione le dimensioni effettive dei componenti della sonda. Questi valori vengono memorizzati nel processore dati della CMM.

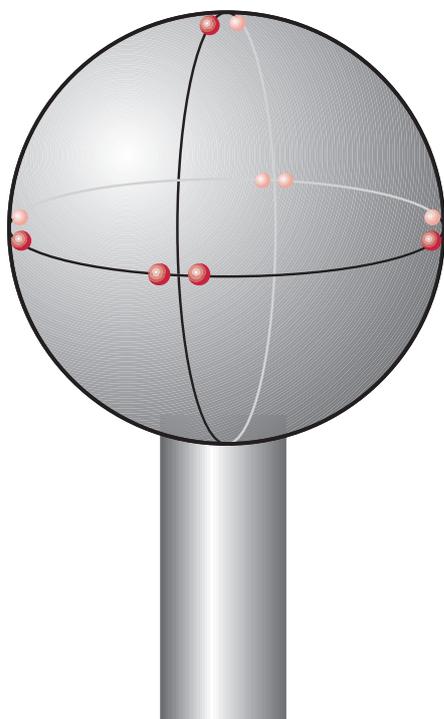
### Funzionamento

La posizione dei singoli stili a sfera e il loro diametro sono calcolati mediante un apposito programma di calibrazione (vedere il manuale dell'utente della macchina).

Si dovrà toccare un punto di riferimento con tutti gli stili da utilizzare, uno dopo l'altro. In genere, il riferimento utilizzato è una sfera molto precisa e dal diametro noto. Le dimensioni esatte della sfera da calibrare sono immesse nel software di misura.

Se gli stili devono essere utilizzati per la misura di punti separati, lo stilo viene calibrato utilizzando una serie di punti posti in corrispondenza dei punti cardinali della sfera di riferimento (vedere la figura).

Per i sistemi di scansione è necessario rilevare un numero maggiore di punti. Il manuale dell'utente della macchina include istruzioni dettagliate sulla procedura per la calibrazione degli stili.



Assicurarsi di utilizzare la sfera calibrata, corrispondente ai valori immessi nel software (ciò è particolarmente importante se si utilizzano più CMM).



## Risultato

La procedura di calibrazione della sonda serve a definire i diametri effettivi della punta dello stilo, durante la misura, e le loro posizioni in relazione l'uno all'altro rispetto al sistema di coordinate della macchina.

Per definire i diametri sconosciuti della punta dello stilo, si utilizza un apposito programma di analisi e il diametro noto della sfera calibrata.

Le coordinate del centro della sfera del primo stilo calibrato vengono memorizzate nel processore dati della CMM come coordinate di riferimento. Tutte le restanti posizioni delle punte vengono definite mediante la generazione di differenze rispetto alla prima e sono a loro volta memorizzate come coordinate del centro della sfera.

Dopo che le varie punte di una configurazione di stili sono state calibrate, la posizione del loro centro viene compensata dal software della CMM. In questo modo le misure effettuate con tutti gli stili sembreranno essere state eseguite con lo stesso strumento.

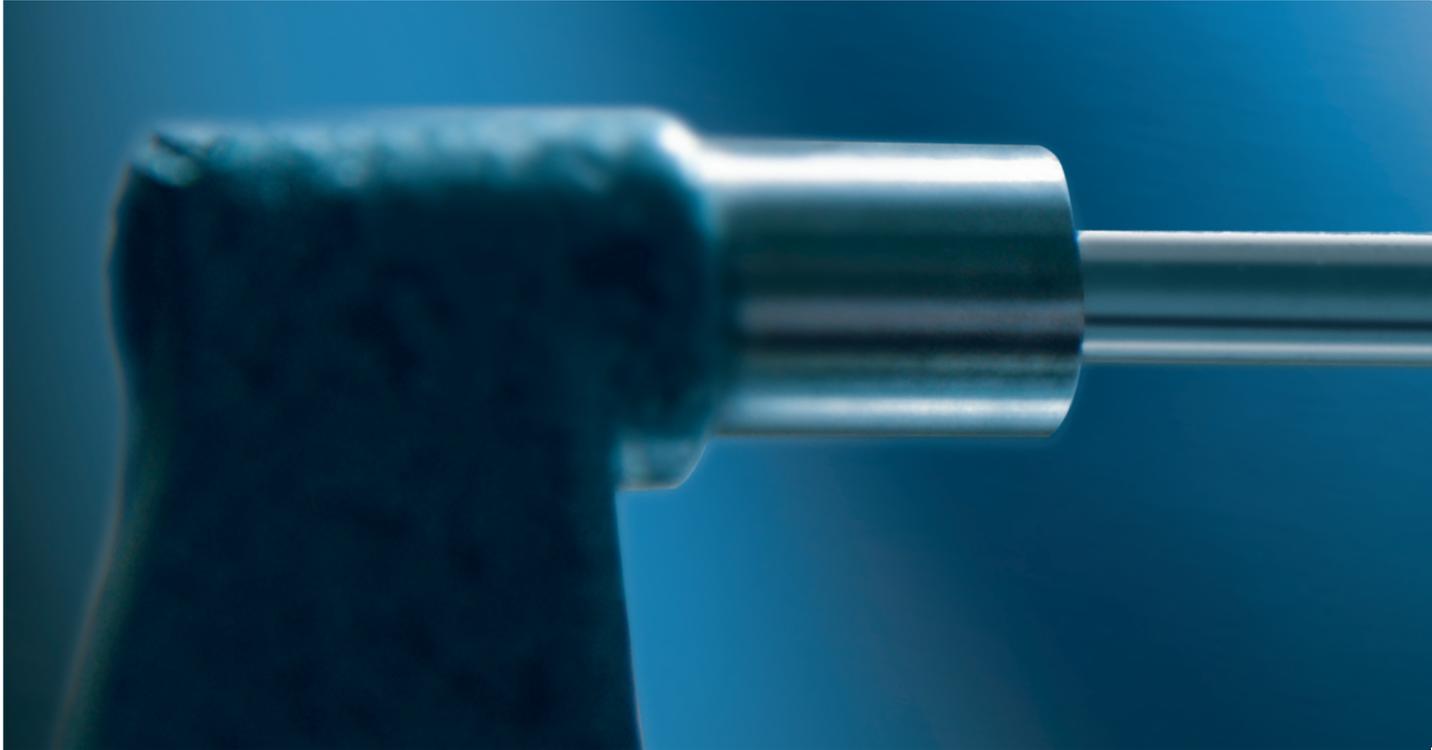
Ciò significa che, a prescindere dallo stilo utilizzato per l'ispezione di un punto, il risultato sarà sempre identico.

Quando si effettuano delle misure, la CMM compensa le differenze di posizionamento dello stilo e di dimensionamento della punta. Questo implica che l'unico fattore che influenza le misure è la forma della punta dello stilo.

## Calibrazione di componenti con altre forme

Oltre che con le sfere, la calibrazione può essere eseguita utilizzando riferimenti di altro tipo, come ad esempio blocchetti di riferimento, anelli calibrati o spine. Alcuni esempi tipici sono le operazioni di calibrazione di stili a cilindro o a disco. Il principio di base non cambia. I manuali dell'utente forniti dal produttore dovrebbero includere una descrizione delle routine per questi tipi di calibrazione.





## Riepilogo dei punti chiave per l'utilizzo dei componenti della sonda

Nel settore delle CMM, tutti i produttori si adoperano per ridurre al minimo ogni incertezza nelle misure e spesso questa ricerca si riflette sui costi delle macchine.

La qualità delle calibrazioni può essere facilmente compromessa se si utilizza uno stilo con una scarsa rotondità della sfera, un'insufficiente filettatura o una forma che provochi un'eccessiva piegatura durante la misura. Per garantire l'integrità dei dati raccolti, assicurarsi di specificare e utilizzare uno stilo originale Renishaw.



## Elenco di controllo

- Utilizza sempre stili quanto più corti e stabili possibile.
- Nel caso in cui sia indispensabile utilizzare stili lunghi, controllare che possano garantire la stabilità richiesta.
- Verificare che gli stili utilizzati non abbiano difetti, in particolare nella filettatura e nella zona di innesto. Queste misure servono a garantire un solido montaggio.
- Variazioni? Controllare che la sonda sia ben fissata.
- Sostituire gli stili usurati.
- I componenti utilizzati sono stabili in caso di variazioni termiche? Non trascurare le condizioni ambientali.
- Quando si crea una configurazione di stili, controllare quali sono le masse consentite dalle specifiche del produttore.
- Evitare le connessioni eccessive o superflue. Utilizzare il minor numero possibile di componenti separati.
- Applicazioni a scansione?
- Quando si eseguono scansioni di pezzi in alluminio, sfruttare i vantaggi forniti dalle sfere in nitruro di silicio.
- Utilizzare una sfera quanto più grande possibile.
- Le sfere di grandi dimensioni operano da filtro meccanico sulla superficie del pezzo di lavoro. Le strutture più fini del pezzo di lavoro vengono spesso ignorate dalle sfere di grandi dimensioni e ciò evita variazioni casuali nelle misure.
- Controllare che la dinamica e la forza di misura siano adatte ai componenti dello stilo. Se si utilizzano stili dallo stelo sottile, ridurre tali valori in modo appropriato.

[www.renishaw.it/contatti](http://www.renishaw.it/contatti)



#renishaw

 +39 011 966 67 00

 [italy@renishaw.com](mailto:italy@renishaw.com)

© 2008–2025 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati. Il presente documento non può essere copiato o riprodotto nella sua interezza o in parte, né trasferito su altri supporti o tradotto in altre lingue senza previa autorizzazione scritta da parte di Renishaw.

RENISHAW® e il simbolo della sonda sono marchi registrati di Renishaw plc. I nomi dei prodotti Renishaw, le denominazioni e il marchio "apply innovation" sono marchi di Renishaw plc o delle sue società controllate. Altri nomi di marchi, prodotti o società sono marchi dei rispettivi proprietari.

SEBBENE SIANO STATI COMPIUTI SFORZI NOTEVOLI PER VERIFICARE L'ACCURATEZZA DEL PRESENTE DOCUMENTO AL MOMENTO DELLA PUBBLICAZIONE, TUTTE LE GARANZIE, LE CONDIZIONI, LE DESCRIZIONI E LE RESPONSABILITÀ, COMUNQUE DERIVANTI, SONO ESCLUSE NELLA MISURA CONSENTITA DALLA LEGGE. RENISHAW SI RISERVA IL DIRITTO DI APPORTARE MODIFICHE AL PRESENTE DOCUMENTO E ALLE APPARECCHIATURE, E/O AL SOFTWARE E ALLE SPECIFICHE QUI DESCRITTE SENZA ALCUN OBBLIGO DI PREAVVISO.

Renishaw plc. Registrata in Inghilterra e Galles. Numero di registro dell'azienda: 1106260. Sede legale: New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK.

Per una migliore leggibilità, in questo documento viene utilizzato il maschile per i nomi e i sostantivi personali. I termini corrispondenti si applicano generalmente a tutti i generi per quanto riguarda la parità di trattamento. Questa forma abbreviata del linguaggio è dovuta unicamente a motivi editoriali e non implica nessun tipo di giudizio.

Codice: H-1000-3306-02-C

Pubblicato: 03.2025