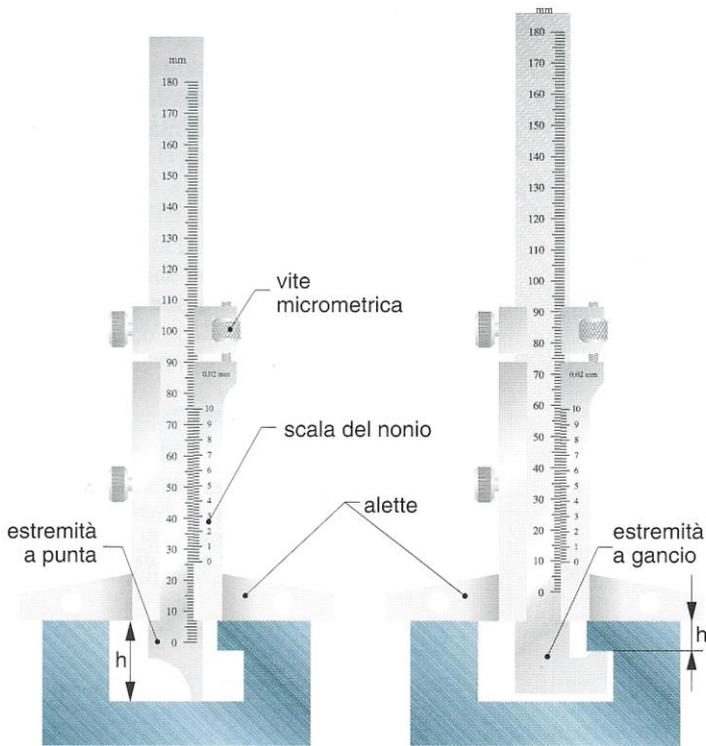


## CALIBRI A CORSOIO SPECIALI

### ■ Calibro per profondità

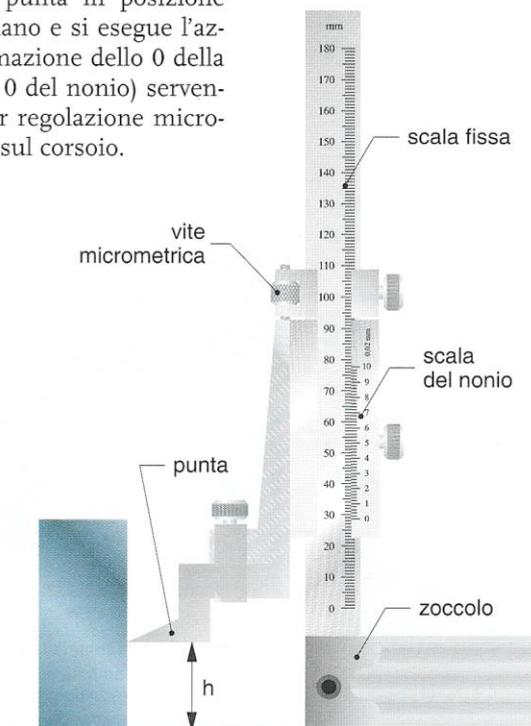
Non ha becchi ma larghe alette d'appoggio. L'asta può avere diverse estremità (a punta, a gancio) per particolari conformazioni della parte da misurare sul pezzo.



### ■ Calibro per altezze

L'asta fissa è montata su uno zoccolo. Il corsoio è provvisto di punta intercambiabile (truschino nel caso di tracciature). Lo strumento consente la misurazione di altezze dal piano su cui poggiano sia il pezzo sia lo zoccolo.

Prima della misurazione o tracciatura si porta la punta in posizione d'appoggio sul piano e si esegue l'azzeramento (collimazione dello 0 della scala fissa con lo 0 del nonio) servendosi della vite per regolazione micrometrica presente sul corsoio.



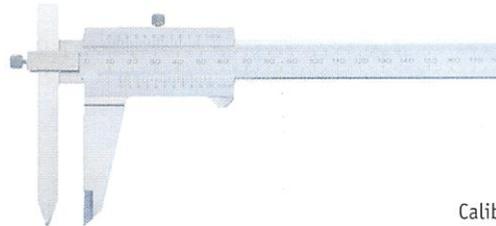
Altri calibri speciali hanno particolari destinazioni d'uso o diverse modalità di visualizzazione della misura.



Calibro a lettura digitale.



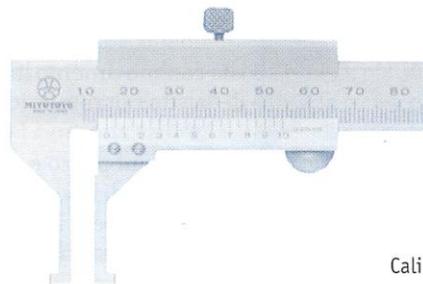
Calibro con comparatore (quadrante e indice).



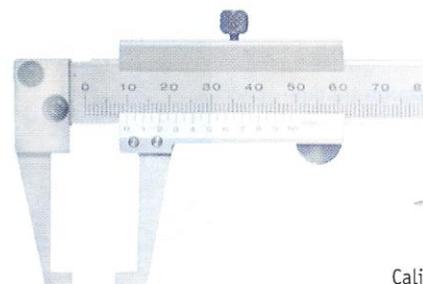
Calibro con becco regolabile.



Calibro con becco orientabile.



Calibro con becchi rivolti all'esterno.



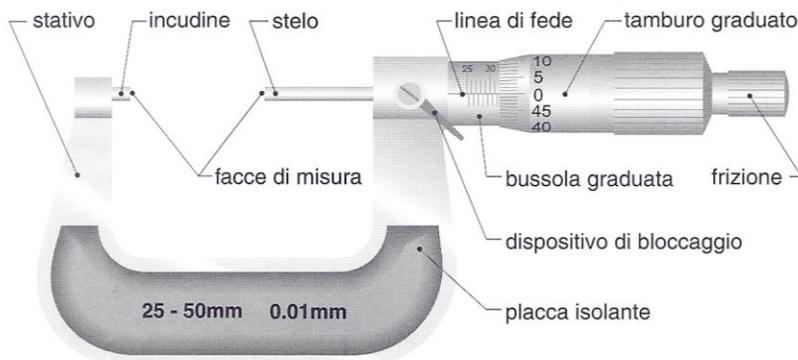
Calibro con becchi rivolti all'interno.

## MICROMETRO

È uno strumento d'officina molto usato per misurazioni di notevole precisione, la sua risoluzione, infatti, va da 0,01 mm a 0,001 mm. In generale lo strumento è composto da una parte fissa con bussola graduata e una parte mobile (un tamburo che, grazie a una vite micrometrica, crea un movimento lineare continuo dello stelo). I diversi tipi di micrometro (per esterni, per interni, per profondità) differiscono nella forma delle superfici di contatto, ma il meccanismo è essenzialmente lo stesso.

### MICROMETRO PER ESTERNI

La parte fissa è costituita da uno **stativo** (o *arco*) alle cui estremità sono solidali una **incudine** (appoggio fisso per una faccia del pezzo da misurare) e una **bussola graduata** con *linea di fede*. La parte mobile comprende un **tamburo graduato** che è solidale con una **vite micrometrica** all'interno e che aziona uno **stelo** (o *asta mobile*) da poggiare sull'altra faccia del pezzo da misurare.



### ■ Caratteristiche costruttive

Lo stativo è realizzato in acciaio o ghisa malleabile, mentre la parte mobile (tamburo, stelo e vite) sono in acciaio inox temprato, molto resistente alle deformazioni e all'usura. Particolarmente dure e resistenti all'usura sono le facce di misura dell'incudine e dello stelo. Queste devono essere piane e parallele, con spigoli smussati.

Il tamburo graduato presenta 50 divisioni, se il passo della vite è 0,5 mm; in particolari tipi di micrometro le divisioni sono invece 100 quando il passo è 1 mm. I tratti delle diverse graduazioni devono essere nitidi, con spessore tra 0,08 e 0,2 mm. I micrometri devono possedere un dispositivo di azzeramento e per la compensazione dell'usura della vite.

**Campo di misura:** è sempre di 25 mm, anche se la portata cresce con incrementi di 25 mm. Pertanto si hanno micrometri per misure da

0 ÷ 25 mm    25 ÷ 50 mm    50 ÷ 75 mm    e così via.

**Risoluzione:** 0,01 mm (in alcuni tipi arriva a 0,001 mm).

### ■ Caratteristiche funzionali

Mediante rotazione del tamburo lo stelo si sposta con movimento lineare; a ogni giro completo del tamburo l'avanzamento è pari al passo della vite micrometrica (normalmente, **passo = 0,5 mm**).

Per evitare che lo stelo crei una pressione eccessiva sul pezzo e che di conseguenza deformi lo stativo e la vite micrometrica, il tamburo è provvisto di **frizione** (o *limitatore di coppia*) che blocca lo spostamento quando la forza di compressione supera il valore di 10 N. Pertanto la frizione viene utilizzata per gli spostamenti in prossimità dell'appoggio alla faccia del pezzo, mentre per spostamenti più ampi e rapidi si usa il tamburo.

#### nota bene

**Passo** di una filettatura è la distanza tra due creste successive del filetto.

#### glossario

**Calibro Palmer** è il nome che in officina si usa ancora spesso per il micrometro, dal nome del suo inventore Jean Louis Palmer.



### ■ Controlli preliminari all'uso

- Il movimento della vite micrometrica deve essere regolare, senza sforzo né gioco per tutta la corsa.
- Il dispositivo di bloccaggio deve funzionare in modo efficace.
- Le facce di misura devono essere ben pulite.
- Lo strumento totalmente chiuso deve fornire un perfetto azzeramento.
- La temperatura ambientale deve essere di circa 20 °C.

### ■ Uso del micrometro per esterni



Nelle foto si vede come si tiene il micrometro quando si hanno ambedue le mani libere (a sinistra) oppure come si blocca su supporto quando una mano è impegnata (sopra).

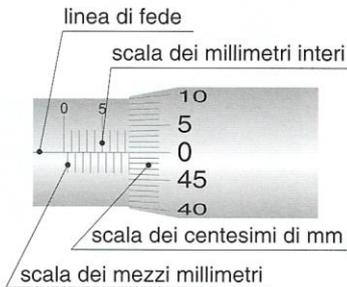
## ■ Lettura di misure con il micrometro

Come già accennato il tamburo è solidale alla vite micrometrica e allo stelo; esso inoltre presenta sul lembo conico una graduazione con 50 divisioni.

Dopo un giro completo del tamburo lo stelo avrà compiuto uno spostamento pari al passo della vite; se il passo è 0,5 mm lo spostamento per un giro completo è appunto di 0,5 mm e conseguentemente a ogni trattino della scala del tamburo corrisponderà uno spostamento di 0,01 mm (0,5 mm : 50 = 0,01 mm). Questa è la più piccola frazione di millimetro che lo strumento può misurare, quindi la sua *risoluzione* è 0,01 mm.

Se il micrometro è chiuso, il lembo del tamburo coincide perfettamente con lo 0 della scala della bussola e lo 0 della graduazione del tamburo coincide con la linea di fede.

Ruotando il tamburo si scopre gradualmente la scala della bussola; questa però è doppia. Sopra la linea di fede c'è la graduazione in mm, mentre al di sotto si trova una seconda graduazione, anch'essa in mm, ma sfalsata rispetto alla precedente di 0,5 mm. La prima segnala i millimetri interi, la seconda i mezzi millimetri.



Dopo un giro il lembo del tamburo coincide con il primo trattino della scala dei mezzi millimetri; l'avanzamento è stato quindi di 0,5 mm. Dopo due giri il lembo si trova sul primo trattino della scala dei millimetri interi, quindi la misura è 1 mm. E così via per giri completi del tamburo.

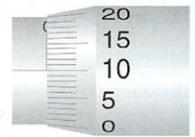
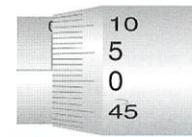


Sulla scala fissa si leggono i millimetri o i mezzi millimetri.

Per misurare invece giri incompleti del tamburo potremo leggere sulla scala graduata quale trattino coincide con la linea di fede; ognuno di essi indica la misura da aggiungere per il giro incompleto: il primo trattino corrisponde a 0,01 mm, il secondo a 0,02 mm e così via fino a 0,49 mm.

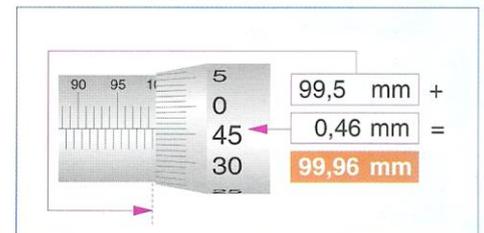
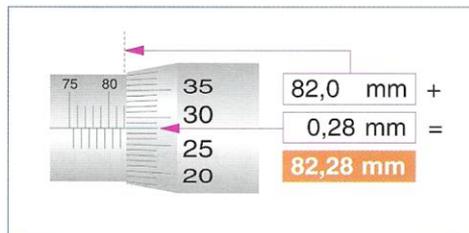
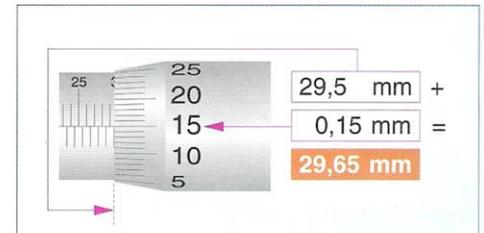
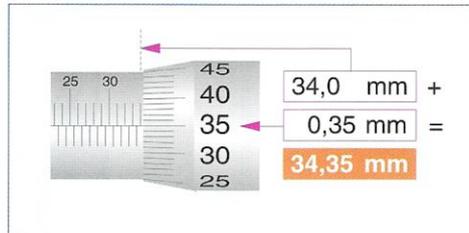
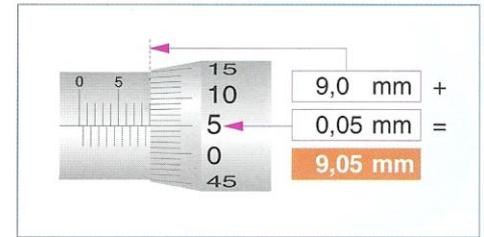
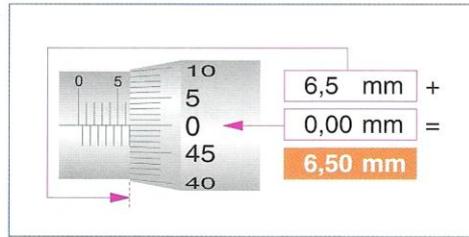
Pertanto per leggere una misura sul micrometro procederemo così:

- si legge sulla scala fissa il valore in mm, con l'aggiunta di un eventuale mezzo millimetro se il trattino più vicino al lembo del tamburo è quello della scala dei mezzi millimetri;
- si aggiungono i centesimi di mm rilevabili dalla scala graduata del tamburo.



Sulla graduazione del tamburo si leggono i centesimi di mm.

## ■ Esempi di lettura

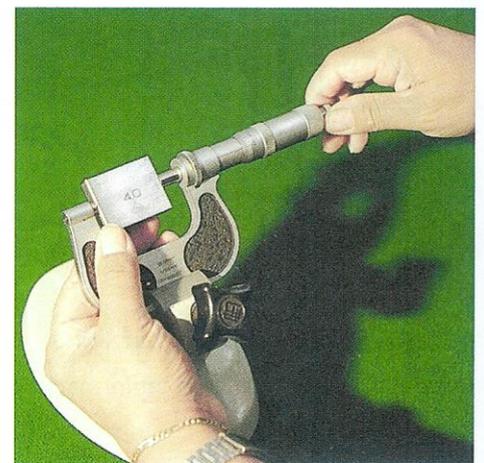


## ■ Accorgimenti dopo l'uso

- Dopo la lettura estrarre il pezzo dal micrometro solo dopo aver allontanato le facce di misura dalle facce del pezzo.
- Ripetere la misurazione più volte per attenuare l'incidenza negativa di errori operativi o di lettura della misura.
- Pulire lo strumento e metterlo nella sua custodia, che va tenuta al riparo da calore, polveri e umidità.

## ■ Controlli periodici sul micrometro

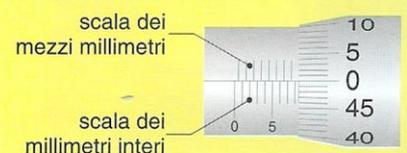
- Azzeramento e taratura con blocchetti piano-paralleli.
- Planarità (con dischi interferometrici) e parallelismo delle facce di misura.
- Pulizia e lubrificazione della vite.



Taratura di un micrometro con blocchetti piano-paralleli.

## nota bene

Alcuni costruttori realizzano micrometri con una scala fissa simmetrica rispetto a quella illustrata in queste pagine: sotto la linea di fede c'è la scala dei millimetri interi, sopra c'è quella dei mezzi millimetri.

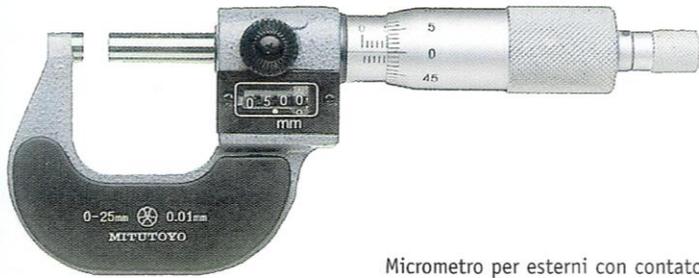


## MICROMETRI SPECIALI

Micrometri speciali hanno particolari destinazioni d'uso o diverse modalità di visualizzazione della misura. In generale hanno lo stesso corpo (tamburo e bussola), ma forme diverse delle superfici di contatto.

### ■ Micrometri a lettura digitale

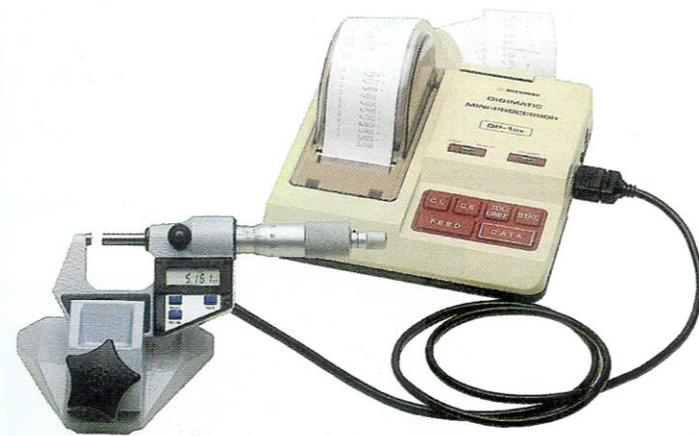
La visualizzazione dei dati è fornita da contatori oppure da display. La lettura è rapida e sicura. I micrometri elettronici possiedono *risoluzione* = 0,001 mm; inoltre consentono di trasmettere i dati ad appositi processori per eseguirne elaborazioni statistiche.



Micrometro per esterni con contatore.



Micrometro elettronico per esterni.



Micrometro elettronico collegato a un miniprocessore.

### ■ Micrometri per esterni a piattelli

Le superfici di contatto sono conformate a disco per misurare ruote dentate, lamine, ecc.



Micrometro per esterni a piattelli.

### ■ Micrometri per esterni filettati

L'asta mobile e l'incudine hanno particolari conformazioni (*punta conica e capruggine*) per facilitare il contatto con il filetto.



Micrometro per esterni con capruggine e punta conica.

### ■ Micrometri per profondità

Possiedono larghe facce d'appoggio solidali alla parte fissa dello strumento.



Micrometro per profondità a lettura digitale.



Misurazione eseguita con micrometro per profondità.

### ■ Micrometri per interni

Presentano diverse soluzioni per le superfici di contatto con le facce da misurare: con becchi misuratori, ad aste componibili, ecc.



Micrometro per interni ad aste componibili.



Micrometro per interni con becchi.

## COMPARATORE

Al contrario dei precedenti, questo strumento non fornisce misure assolute (il loro valore effettivo) ma solo **misure per confronto** (comparazione: di qui il suo nome), cioè la differenza tra due grandezze misurate.

### ■ Caratteristiche funzionali

Il comparatore è fornito di un **tastatore**, mobile lungo il suo asse, che trasmette il suo movimento a un meccanismo amplificatore che aziona un indice su **quadrante**, diviso in 100 parti.

Se il tastatore si sposta di 1 mm, l'indice compie un giro intero. Pertanto, essendo il quadrante diviso in 100 parti, a ogni trattino del quadrante corrisponde uno spostamento di 0,01 mm.

Poiché questa è la più piccola misura che lo strumento può apprezzare, si deduce che la **risoluzione del comparatore è 0,01 mm**.

Sul quadrante è spesso presente un **contagiri**, che rileva i millimetri interi dello spostamento.

Lo strumento consente una escursione limitata al tastatore; normalmente il suo **campo di misura è di 10 mm**.

Esistono comparatori con risoluzioni più elevate (fino a 0,001 mm) ma con campi di misura più ristretti (1 mm).

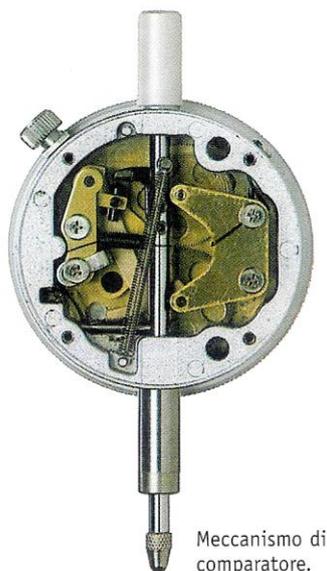
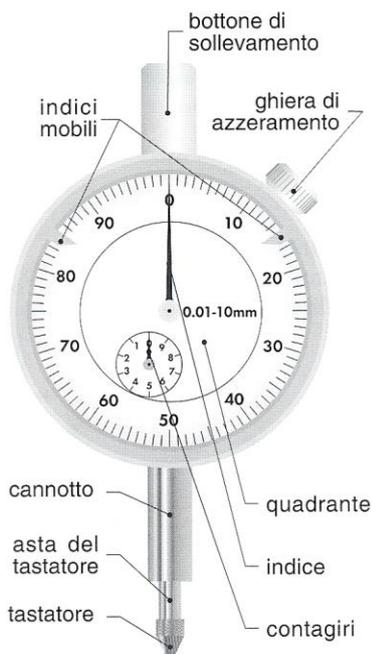
### ■ Caratteristiche costruttive

Il comparatore è racchiuso in una cassa metallica in acciaio o alluminio, chiusa anteriormente da uno schermo trasparente per la protezione del quadrante. Sul bordo dello schermo sono presenti due **indici mobili** per individuare i limiti di tolleranza prescritti per la misura.

Sotto la cassa si trova il **cannotto** per il fissaggio del comparatore sul supporto. Dal cannotto esce l'**asta del tastatore**, che termina con il **tastatore**, intercambiabile e dalla punta molto dura e resistente all'usura.

Sopra la cassa sporgono il **bottono di sollevamento** del tastatore e la **ghiera di azzeramento** dell'indice.

All'interno della cassa è alloggiato il meccanismo dello strumento, che amplifica lo spostamento del tastatore mediante diversi sistemi meccanici (cremagliera e ruota dentata, vite senza fine e ruota dentata, leve, ecc.) o elettronici, ottici e pneumatici.



### nota bene

I comparatori sono sempre costruiti in modo che a un **sollevamento** del tastatore corrisponda una **rotazione dell'indice in senso orario**.

## MODALITÀ D'USO

### ■ Fissaggio su supporto

Il comparatore deve innanzi tutto essere fissato su supporto. Esistono vari tipi di supporto:

- mobili, con bracci articolati, per misurazioni con pezzo poggiato su piano di riscontro;
- fissi, con piano d'appoggio perfettamente piano;
- magnetici, pneumatici, ecc. per il posizionamento stabile su diversi tipi di superfici.



### ■ Precarica

Come già accennato il tastatore ha una escursione limitata (usualmente 10 mm), segnalata nelle sue posizioni estreme dall'indice del contagiri. Affinché il tastatore possa salire o scendere senza creare pressioni nulle o eccessive sul pezzo, si ricorre alla **precarica**.

Si sistema il pezzo sotto la punta del tastatore, regolando l'altezza del comparatore in modo che l'indice del contagiri si trovi in posizione intermedia (in prossimità del valore 5).



### ■ Azzeramento

Per leggere comodamente la differenza tra la prima misura (quella di riferimento) e la seconda, è opportuno eseguire l'**azzeramento** dell'indice subito dopo la prima misurazione.

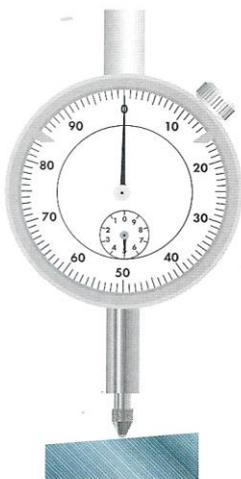
Agendo sulla ghiera si può ruotare l'indice finché non coincide con lo zero della graduazione. Alcuni comparatori, privi di questa ghiera, consentono di ruotare il quadrante per farne coincidere lo zero con l'indice.



## Misurazione e lettura

Azzerato lo strumento, questa posizione dell'indice mostra il *valore di riferimento* per il confronto con le successive grandezze.

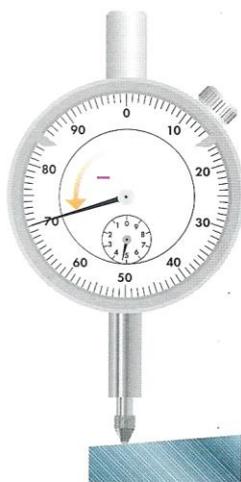
Spostando il pezzo (o sostituendolo con altri) l'indice fornisce un nuovo valore (*valore finale*); la lettura si completa con il calcolo dello *scarto* (la differenza) tra i due valori. Si tenga presente che il valore finale può essere maggiore o minore di quello iniziale e che quindi lo *scarto* può essere sia *positivo* sia *negativo*. A questo scopo è essenziale controllare lo spostamento del contagiri.



Valore di riferimento  
5,00



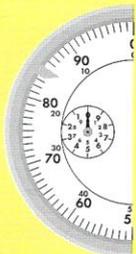
Scarto  
 $5,60 - 5,00 = +0,60$



Scarto  
 $4,70 - 5,00 = -0,30$

### nota bene

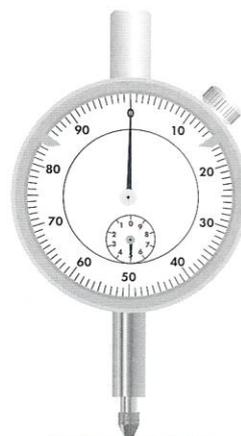
Per facilitare il calcolo dello scarto la graduazione del quadrante porta talvolta una **doppia numerazione**: una per gli scarti positivi (l'indice si è mosso in senso orario e il contagiri presenta un incremento) e una per gli scarti negativi (in caso opposto).



## IMPIEGHI DEL COMPARATORE

### Misura di una grandezza per confronto con un campione

La misura assoluta di una grandezza può essere rilevata assumendo come riferimento un campione di valore noto (per esempio un blocchetto piano-parallelo) e aggiungendo o sottraendo lo scarto segnalato dal comparatore.



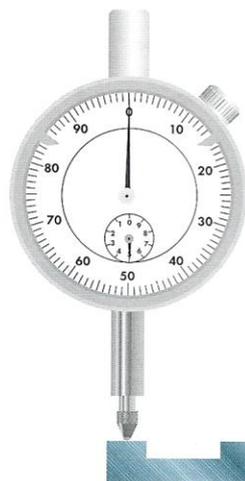
15 mm  
Misura di riferimento  
15,00



Scarto = +0,67  
Misura = 15,67

### Misura di una profondità

Azzerato lo strumento sulla prima altezza, si rileva lo scarto sulla seconda altezza, ottenendo direttamente la profondità.



Valore di riferimento  
5,00



Scarto =  $0,72 - 5,00 = -4,28$   
Profondità = 4,28

### Controlli di planarità

Si eseguono misurazioni su diversi punti della superficie. Rilevati gli scarti superiore e inferiore, si esegue la somma dei loro valori assoluti, ottenendo il valore dell'*errore di planarità*.



Valore di riferimento = 5,00



Scarto superiore = + 0,06  
Errore di planarità = 0,14



Scarto inferiore = -0,08

### Controlli di parallelismo, perpendicolarità, cilindricità e conicità

Anche in questi casi si eseguono misurazioni su diversi punti della superficie con specifici spostamenti del pezzo; per questi controlli il pezzo viene poggato su piani di riscontro o bloccato su supporti speciali per misurare l'errore radiale.

## COMPARATORI SPECIALI

Anche nel caso dei comparatori esistono molteplici varianti a seconda della destinazione d'uso o del formato d'uscita della misura.

### ■ Comparatori a lettura digitale

La misura è visualizzata su display. La lettura è rapida e sicura. I comparatori elettronici possiedono risoluzione = 0,001 mm e possono trasmettere i dati ad appositi processori per eventuali elaborazioni statistiche.



Comparatore a lettura digitale (a destra) e comparatore elettronico (a sinistra).

### ■ Comparatori per profondità

Larghe alette consentono un appoggio sicuro per questo tipo di misurazioni. L'asta del tastatore è intercambiabile per l'inserimento di eventuali prolunghe.



Comparatore per profondità.

### ■ Comparatori universali

Il tastatore è montato su asta orientabile per misurazioni in qualsiasi posizione.



Comparatore universale.

### ■ Comparatori per spessori (spessimetri)

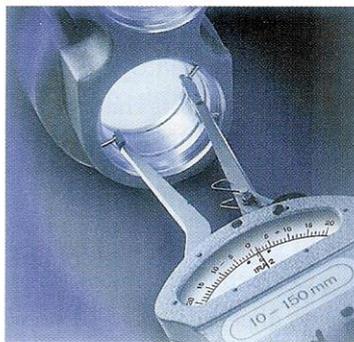
Destinati al controllo rapido di spessori, sono montati su uno stativo simile a quello del micrometro. Il tastatore può avere forme diverse (a piattello, a coltello, sferico).



Comparatore per spessori.

### ■ Comparatori con bracci

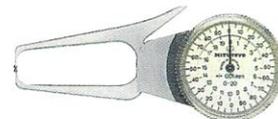
Sono muniti di bracci di varia forma, lunghezza e superfici di contatto. Sono adatti alla misurazione di parti poco accessibili (fori, gole o cave su alberi e su fori, spessori di tubi). I bracci sono comandati da una leva o da un bottone.



Misurazione di diametro interno con comparatore a bracci tastatori.



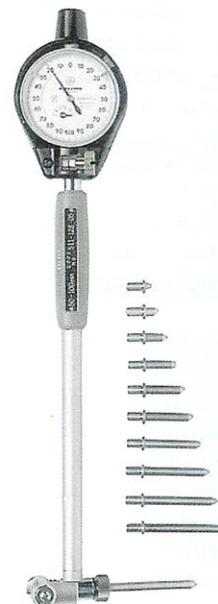
Comparatore elettronico a bracci tastatori.



Comparatore a bracci tastatori.

### ■ Comparatori per alesaggi (alesametri)

Sono muniti di astine e tastatori intercambiabili per controllare l'alesaggio di fori. Lo strumento viene prima azzerato mediante calibri fissi ad anello.



Alesametro con astine di ricambio.

### ■ Manutenzione e controllo

Lo strumento, per le sue caratteristiche di precisione, deve essere utilizzato e conservato con le ovvie precauzioni (pulizia, protezione da polveri, umidità e calore); ma deve anche essere sottoposto a verifiche periodiche del suo stato funzionale.

- **Tastatore:** se usurato o danneggiato deve essere sostituito.
- **Parti mobili:** lo scorrimento deve essere fluido e continuo, pulendo e lubrificando le parti interne ed esterne.
- **Carico di misura:** non deve superare il valore certificato dal costruttore (in genere mai superiore a 2 N).
- **Precisione:** la verifica si esegue con blocchetti piano-paralleli di cui si verifica lo scostamento tra le misure rilevate e quelle dichiarate sul campione; le diverse misurazioni si eseguono con intervalli di 0,1 mm lungo tutta la corsa del tastatore. Dall'elaborazione dei dati nelle zone di maggiore scostamento si verifica il valore della precisione certificato dal costruttore.

## glossario

**Alesaggio** è il diametro di fori di particolare precisione e finitura superficiale.

# Strumenti per misure angolari

## CAMPIONI MATERIALI

### ■ Blocchetti angolari

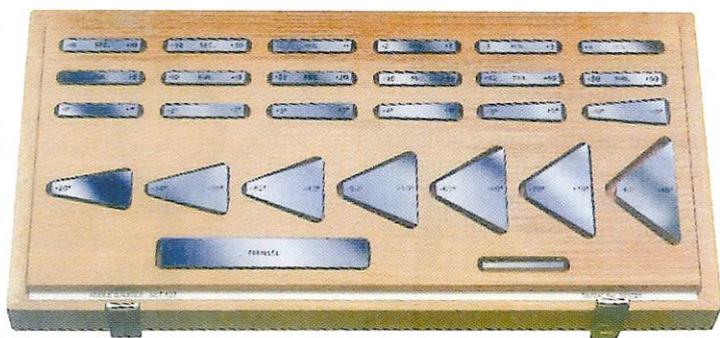
Realizzati in acciaio temprato e lappato, particolarmente resistente all'usura e alla corrosione, possiedono garanzia di precisione e di stabilità nel tempo.

Hanno forma prismatica con due facce piane opposte che formano angoli tarati su un valore nominale impresso sul singolo blocchetto.

Se l'angolo è minore di 5° sul blocchetto è anche inciso il simbolo V, rivolto verso il vertice dell'angolo; ciò al fine di evitare incertezze nell'uso.

L'uso dei blocchetti angolari è prevalentemente quello del controllo e della taratura degli strumenti di lavoro.

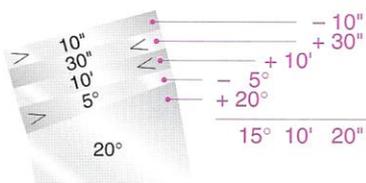
Sono venduti in serie con assortimento di pezzi di angoli diversi; ciò consente di combinarli fino a formare l'angolo desiderato.



Serie di blocchetti angolari.

Nella combinazione si può realizzare una addizione oppure una sottrazione tra gli angoli a seconda se si attua una disposizione concorde (vertici dalla stessa parte) o una disposizione discorde (vertici da parti opposte), come nella figura a fianco.

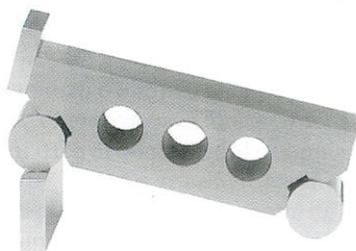
L'estrema levigatezza delle superfici consente una elevata adesione spontanea tra le facce a contatto.



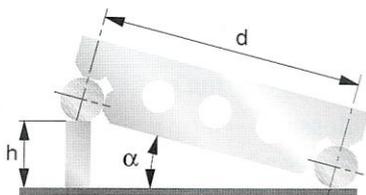
Assemblando diversi blocchetti in modo concorde o discorde si può ottenere un angolo qualsiasi.

### ■ Barra seno

Consiste in una barra d'acciaio di forma adatta a disporsi su due cilindri di diametro uguale, anch'essi in acciaio; la barra è conformata in modo che resti costante la distanza d'appoggio dei cilindri. Sollevando uno dei due appoggi di una certa altezza, il piano acquista una determinata inclinazione; utilizzando come appoggi delle composizioni di blocchetti piano-paralleli, si ottengono campioni di angoli molto precisi.



Barra seno poggiata su blocchetto piano-parallelo.



Al variare di  $h$  si può calcolare  $\alpha$  mediante la relazione  $h/d = \sin \alpha$ .

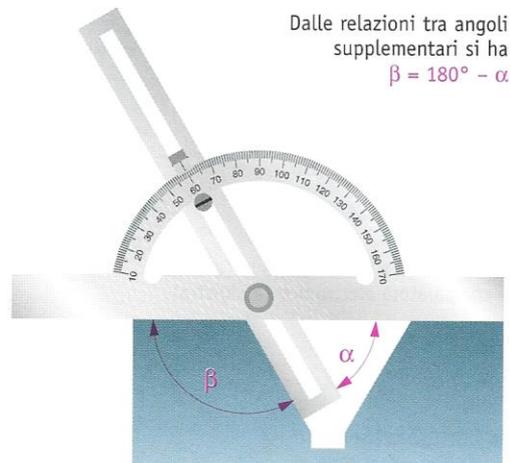
## GONIOMETRO

### ■ Goniometro semplice

È costituito da un semicerchio graduato, al cui centro è impennata un'asta mobile con indice.

Questo tipo di goniometro ha una *risoluzione massima di 1°*, pertanto esso è adatto a misurazioni abbastanza ordinarie.

Angoli ottusi o concavi possono essere misurati con le note relazioni geometriche.

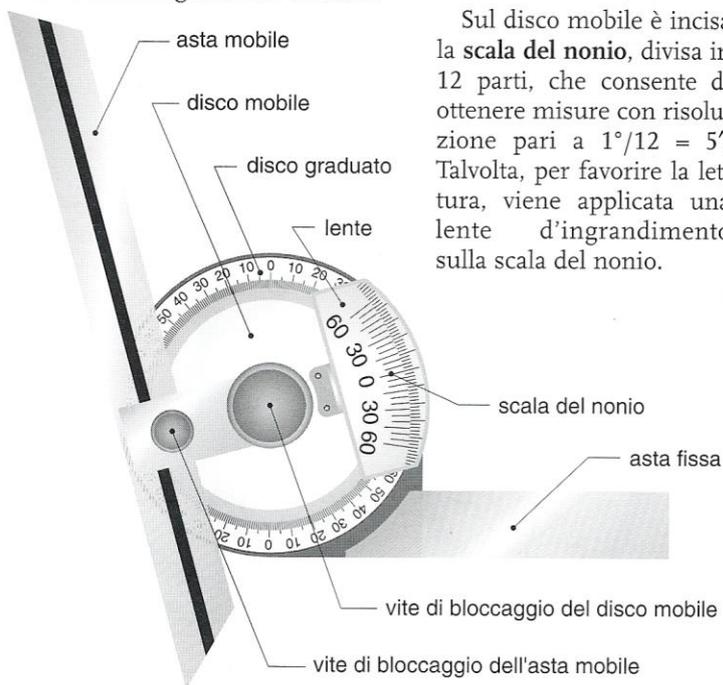


Goniometro semplice.

### ■ Goniometro universale

Presenta una risoluzione di 5', pertanto è adatto a misurazioni accurate. Consiste in un'asta fissa alla quale è solidale un **disco graduato**. Su di esso è impennato un **disco mobile** a cui è fissata un'asta mobile. Viti con pomello servono al bloccaggio della parte mobile e alla regolazione dell'asta.

Sul disco mobile è incisa la **scala del nonio**, divisa in 12 parti, che consente di ottenere misure con risoluzione pari a  $1^\circ/12 = 5'$ . Talvolta, per favorire la lettura, viene applicata una lente d'ingrandimento sulla scala del nonio.



### memo

Nel SI l'unità di misura degli angoli è il **radiante** (simbolo: rad).  
Unità ammessa dal SI è il **grado sessagesimale** (simbolo: °) molto diffusa in tutto il mondo della tecnica.  
Sottomultipli del grado sono:

- il **minuto di angolo** (simbolo: '), equivalente a  $1^\circ/60$ ;
- il **secondo di angolo** (simbolo: ''), equivalente a  $1'/60$ .

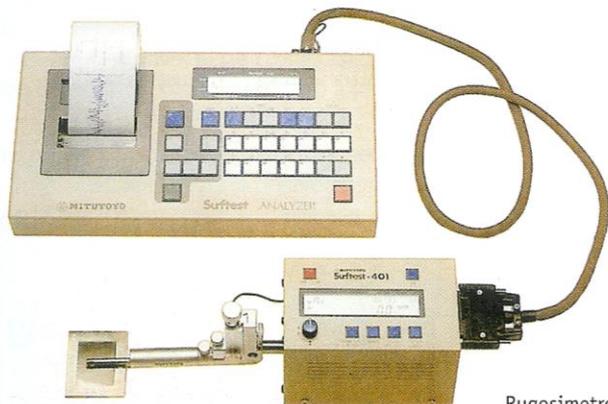
## Strumenti di misura speciali

### RUGOSIMETRI

Sono strumenti speciali per la misurazione della **rugosità**. Generalmente sono provvisti di un **sensore** che scorre sulla superficie e che trasmette le escursioni del profilo a un **amplificatore**. I dati sono poi elaborati da **apparati di calcolo**, registrazione e visualizzazione.

Il sensore, in diamante o zaffiro, ha forma sferica di diametro ridottissimo ( $\varnothing 12 \mu\text{m}$ ) e invia i valori dei suoi movimenti a un trasduttore, che traduce il moto in segnali elettrici mediante diversi sistemi: a **induzione elettromagnetica**, **piezoelettrici**, **pneumatici**.

Nei casi di superfici delicate, si utilizza come sensore un raggio laser.



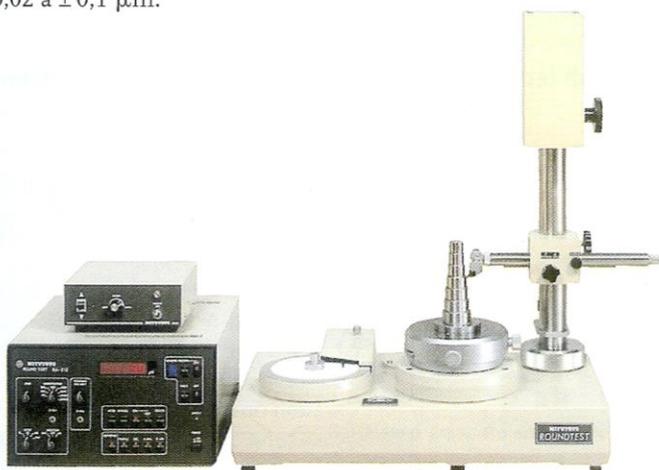
Rugosimetro a batteria.

### ROTONDIMETRI

Sono strumenti destinati specificamente alla misurazione della **rotondità** di superfici cilindriche e sferiche.

Le misurazioni di rotondità sono normalmente eseguite su una sola sezione dell'oggetto, cioè su un piano di misura ortogonale all'asse di rotazione dello strumento.

Lo scostamento dalla rotondità viene espresso come **differenza tra raggio maggiore e raggio minore** del profilo. L'incertezza della misura, a seconda dello strumento e del metodo utilizzato, oscilla da  $\pm 0,02$  a  $\pm 0,1 \mu\text{m}$ .



Rotondimetro.

#### memo

**Rugosità** è il valore medio delle escursioni del profilo di una superficie da una linea media.

La rugosità, espressa in  $\mu\text{m}$ , indica il grado di finitura di una superficie.

### PROIETTORI DI PROFILI



Proiettore di profili.

Sono strumenti ottici per il rilievo, l'ingrandimento e la proiezione di profili di pezzi, filettature, ruote dentate.

Il pezzo viene poggiato su un piano regolabile o fissato su appositi sostegni. Il sistema di illuminazione può essere **diascopico** (per trasparenza) o **episcopico** (con luce riflessa). L'apparato ottico ingrandisce l'immagine ( $10 \div 500 \times$ ) e la proietta su un quadro girevole con riferimenti assiali e angolari.

Il profilo può essere misurato e confrontato con un eventuale profilo di progetto.



### MACCHINE PER MISURE TRIDIMENSIONALI

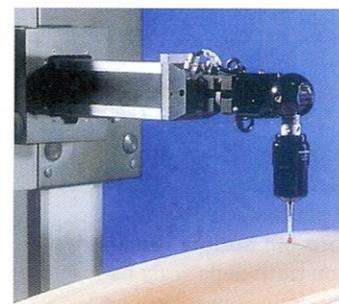
Questi apparati servono a rilevare mediante coordinate (x, y, z) la posizione di punti su pezzi di qualsiasi forma. Hanno in genere un campo di misura di  $300 \div 2000$  mm sulle diverse coordinate.

Il **tastatore** è fissato a un braccio azionato da strutture con sostenimento a cuscini d'aria o a cuscinetti a sfere. Il tastatore viene mosso mediante sistemi automatici oppure manuali; il pezzo è invece fissato su un piano di granito.



Macchina per misure tridimensionali.

Questi strumenti hanno **risoluzioni di  $0,001 \div 0,005$  mm** e comprendono apparati per l'elaborazione dei dati e l'integrazione con sistemi CAD-CAM.



Tastatore per misure tridimensionali.

#### glossario

**CAD** (Computer Aided Design) è un tipo di software per la progettazione assistita dal computer.

**CAM** (Computer Aided Manufacturing) è un sistema produttivo basato su mezzi informatici.

# Strumenti di controllo

Questi strumenti non presentano indici o altro segnale di lettura delle misure; essi permettono solo una *verifica qualitativa* di alcune grandezze, un **controllo geometrico** di pezzi lavorati. Per l'immediatezza e la facilità d'uso, questi strumenti sono molto diffusi nelle lavorazioni d'officina per controllare la rispondenza geometrica del manufatto ai requisiti di progetto.

Essi hanno inoltre un ruolo importante sia come supporto agli strumenti di misura, sia come strumenti di controllo degli stessi.

In sintesi possono essere distinti in:

- strumenti di controllo della **planarità**;
- strumenti di controllo della **perpendicolarità**.

## STRUMENTI DI CONTROLLO DELLA PLANARITÀ

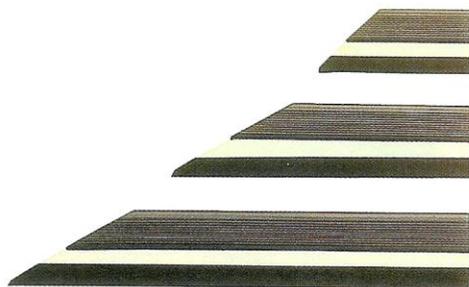
### ■ Righe di riscontro

Servono per controllare superfici piane e profili rettilinei. Il controllo si esegue visivamente, disponendosi contro luce e verificando eventuali infiltrazioni di luce.

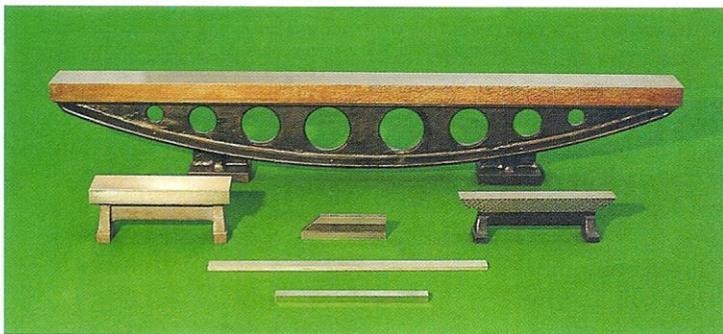
Esistono righe a sezione quadrata, rettangolare, a doppio T, triangolare; le più lunghe hanno forma di trave con arco inferiore, nervature e fori di alleggerimento.

Quelle destinate in particolare al controllo di profili rettilinei prendono il nome di *righe a filo* (o *guardapiani*) e sono rastremate verso lo spigolo di riscontro.

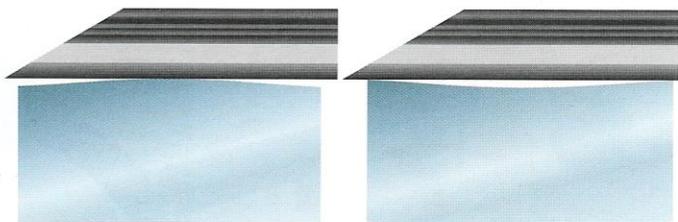
In generale sono realizzate in acciaio temprato con superfici di riscontro rettificate e lappate.



Righe a filo.



Righe di riscontro.



Uso delle righe a filo per il controllo di superfici piane.

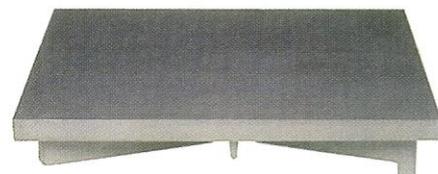
### ■ Piani di riscontro

Sono strumenti essenziali per i controlli di planarità, ma anche per supportare strumenti di misura come il comparatore.

In generale hanno forma di parallelepipedo di dimensioni diverse, sostenuti da nervature e piedini oppure da una struttura d'appoggio. I piani di riscontro sono realizzati prevalentemente in ghisa o in granito.

I *piani di riscontro in ghisa* hanno la superficie di riscontro rettificata e lappata (oppure raschiata), talora quadrettata con piccoli solchi.

I *piani di riscontro in granito* sono blocchi di roccia (*granito nero blu*) molto resistenti all'usura e alla deformazione, inattaccabili da acidi e agenti atmosferici. In genere sono poggiati su strutture di sostegno molto robuste e stabili.



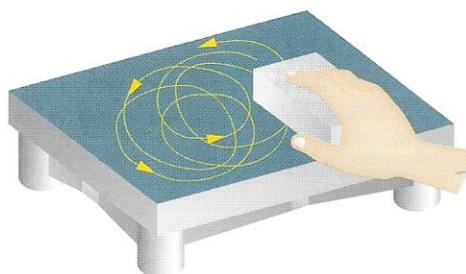
Piani di riscontro in ghisa.



Piano di riscontro in granito.

Per il controllo di facce piane si usa spesso il *metodo del colore su piano di riscontro*. Esso consiste in una fase preparatoria in cui, dopo accurata pulizia del piano di riscontro, si stende un velo sottile e uniforme di colorante (blu di Prussia o minio). Quindi si poggia sul piano la faccia da controllare, facendola ruotare in varie direzioni con pressione costante.

L'osservazione successiva della faccia del pezzo rivela zone prive di colore e quindi che non sono entrate in contatto con il piano; su di esse vengono poi realizzate ulteriori operazioni di correzione della planarità.



Dopo aver strofinato il pezzo sul colorante, si verificano le zone venute a contatto col piano di riscontro.

## ■ Dischi interferometrici

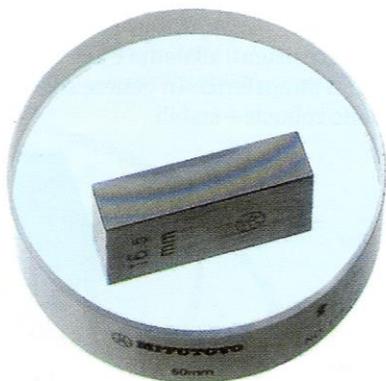
Sono dischi di vetro speciale per controlli di planarità di notevole accuratezza (scostamento di planarità =  $0,1 \mu\text{m}$ ). Con essi, infatti, si possono controllare le facce di misura di micrometri o di blocchetti piano-paralleli, ma sempre di dimensioni limitate.

Con facce perfettamente piane e parallele, i dischi sono realizzati in quarzo; questo materiale, attraversato da raggi luminosi, crea il fenomeno ottico dell'interferenza.

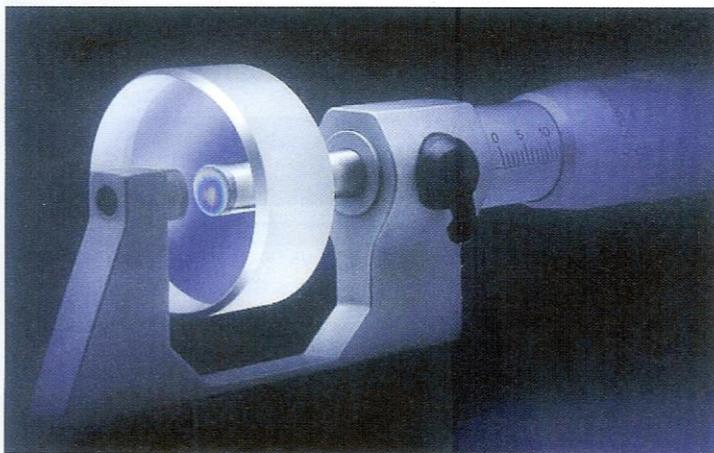
Quando le facce del disco sono poggiate sulla faccia da esaminare, all'osservatore risultano visibili delle *frange d'interferenza*, zone chiare o scure di forma e distanza diversa.

Se l'illuminazione è monocromatica, la visibilità delle frange interferometriche è più accentuata.

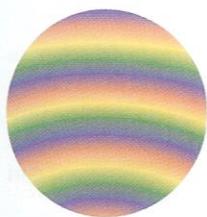
La forma delle frange rileva irregolarità nella superficie piana (concavità, convessità, deformazioni a sella) come illustrato di seguito.



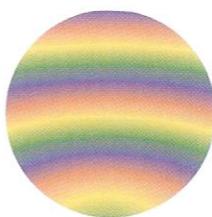
Controllo di planarità su un blocchetto piano-parallelo.



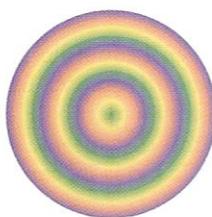
Controllo di planarità sulla faccia di misura di un micrometro.



Superficie lievemente convessa



Superficie convessa



Superficie concava o convessa



Superficie con deformazione a sella



Superficie piana con lieve curvatura ai bordi



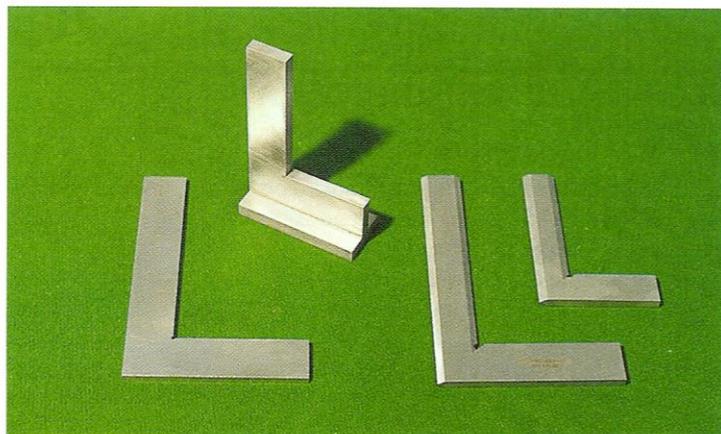
Superficie piana ma inclinata

## STRUMENTI DI CONTROLLO DELLA PERPENDICOLARITÀ

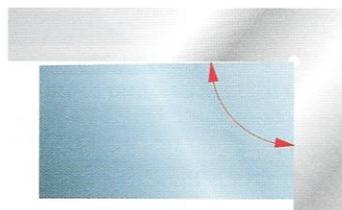
### ■ Squadre

Strumenti tra i più usati in officina, le squadre sono prodotte in notevole varietà di forme, dimensioni e grado di precisione. Prevalentemente sono realizzate in acciaio temprato, ma per quelle di maggiori dimensioni è utilizzato anche il granito, più stabile e resistente dell'acciaio.

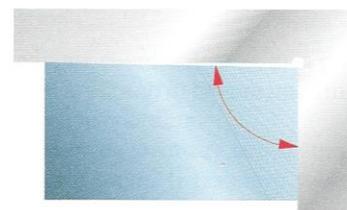
Il controllo di perpendicolarità con le squadre si esegue mediante appoggio della squadra alle due superfici e osservazione controllata di eventuali spiragli luminosi che segnalano angoli acuti o ottusi.



Squadre di controllo.



Angolo acuto



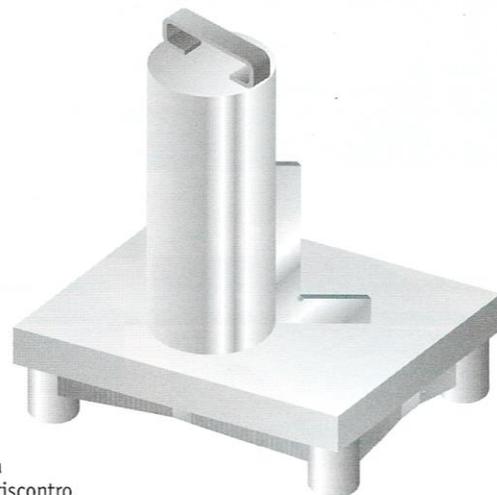
Angolo ottuso

### ■ Cilindri di riscontro

Sono realizzati in acciaio o ghisa, in dimensioni diverse. La lavorazione dei cilindri prevede una notevole accuratezza sia della superficie cilindrica, che viene rettificata, sia della perpendicolarità delle basi rispetto all'asse.

Poggiato il cilindro su un piano di riscontro, si accosta il pezzo da controllare al suo profilo e si rilevano eventuali infiltrazioni luminose che rivelano errori di perpendicolarità.

Il controllo mediante cilindri è in genere più affidabile di quello con squadre, tanto che le squadre stesse vengono controllate mediante cilindri.



Controllo di una squadra con piano e cilindro di riscontro.

# Attrezzature complementari

## STRUMENTI DI RIPORTO

Servono a rilevare dimensioni lineari o angolari, per poi riportarle su uno strumento di misura; facilitano le misurazioni, specialmente quando i pezzi sono ingombranti o pesanti, ma aumentano l'incertezza della misura.

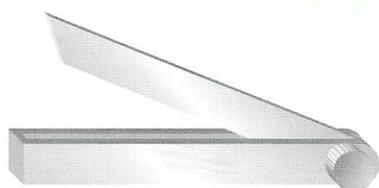
**COMPASSI.** Hanno forme e dimensioni diverse, a seconda della conformazione del pezzo e della dimensione da misurare. In genere sono realizzati in acciaio temprato.

**TRUSCHINI.** Sono supporti articolati e regolabili, che sostengono un'asticella, spesso costituita da un'affilata punta a tracciare. Servono per riportare altezze rispetto a un piano di riferimento, utilizzando a questo scopo un piano di riscontro.

**FALSE SQUADRE.** Servono per il riporto di dimensioni angolari. Sono squadre con bracci incernierati su una vite con pomello. In alcuni casi la cerniera è scorrevole.



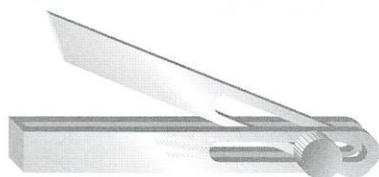
Compasso semplice



Falsa squadra a cerniera fissa



Compasso per alberi



Falsa squadra a cerniera scorrevole



Compasso per fori

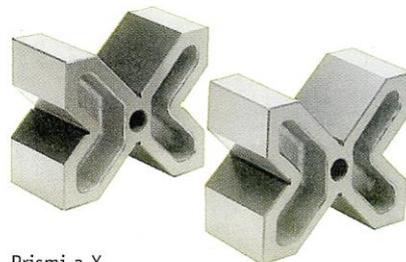


Truschini universali

## SUPPORTI

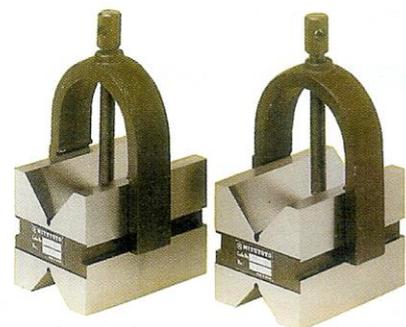
Sono attrezzature per poggiare stabilmente o fissare pezzi da sottoporre a misurazioni. I supporti sono indispensabili quando i pezzi hanno forma cilindrica o irregolare.

**PRISMI.** Sono blocchetti d'acciaio con forme varie (a V, a X, con o senza incavi), in genere forniti a coppie, per facilitare l'appoggio di cilindri di notevole lunghezza; sono talvolta corredati con staffe di serraggio.



Prismi a X.

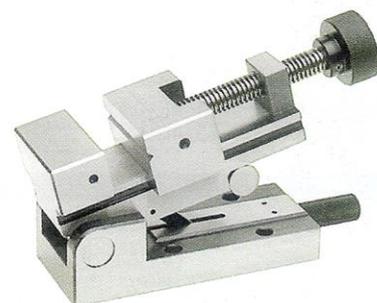
**MORSE.** Semplici o articolate, sono impiegate per serrare pezzi in posizione comoda; alcune morse di precisione hanno facce di serraggio rettificata.



Prismi con staffe.

**SQUADRE DI FISSAGGIO.** Con asole o scanalature a T, bloccano il pezzo poggiato su un piano perpendicolare a quello di riferimento.

**BANCHI PROVA.** Permettono di fissare elementi cilindrici con eventuale rotazione o traslazione lungo l'asse; presentano punte e contropunte sostenute da strutture regolabili.

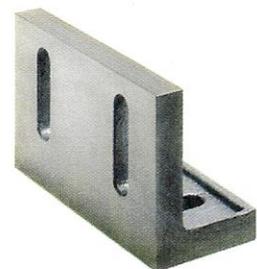


Morsa articolata di precisione.

### nota bene

Alcuni supporti sono già stati citati nelle pagine precedenti:

- piani di riscontro;
- supporti per micrometri;
- supporti per comparatori.



Squadra di fissaggio con asole.

Banco di prova per controlli radiali.

