

6 Tecniche di controllo

La tecnica di controllo permette di produrre pezzi su misura. Avere delle tecniche di controllo appropriate, permette di evitare errori, di controllare e di provvedere alla manutenzione delle macchine e degli strumenti. Nella tecnica dell'automobile, il controllo è spesso chiamato test: test d'accensione, test dei gas di scarico, test di frenatura.

Attraverso il controllo si può verificare se il pezzo corrisponde alle esigenze richieste.

Controllo soggettivo. È eseguito solo attraverso la valutazione senza apparecchio, per esempio il controllo ottico, di funzionamento o attraverso il tatto.

Controllo oggettivo. È eseguito con l'aiuto di mezzi di controllo, attraverso la misurazione (misura di un asse) o attraverso la calibratura (spessimetro).

6.1 Nozioni di base in metrologia

6.1.1 Tipi di controllo (fig. 1)

La misurazione è un paragone numerico fra una grandezza (lunghezza, angolo) e un apparecchio di misura calibrato sulla base dell'unità normalizzata.



Figura 1: Tecnica di controllo

Valore misurato. È il valore effettivo del pezzo misurato. Viene indicato come prodotto del valore numerico moltiplicato per l'unità, per esempio 15 mm (fig. 2).

La calibratura è il confronto fra l'oggetto in esame e il calibro. Il risultato non sarà un valore numerico.

Attraverso la calibratura si determina se la grandezza e la forma dell'oggetto in esame superano il limite prescritto dalle norme di tolleranza. Il risultato sarà solamente una constatazione, "passa" o "non passa", e pertanto non sarà un valore numerico.

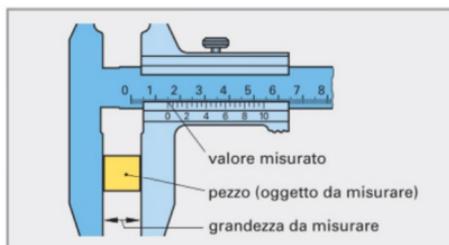


Figura 2: Designazione di una misura

6.1.2 Strumenti di misura

Il controllo di un pezzo (fig. 3) è reso possibile dagli strumenti di misura: riga, calibro, spessimetro, dima, o altri mezzi ausiliari. Gli strumenti di misura permettono di determinare grandezze con diversi gradi di precisione.

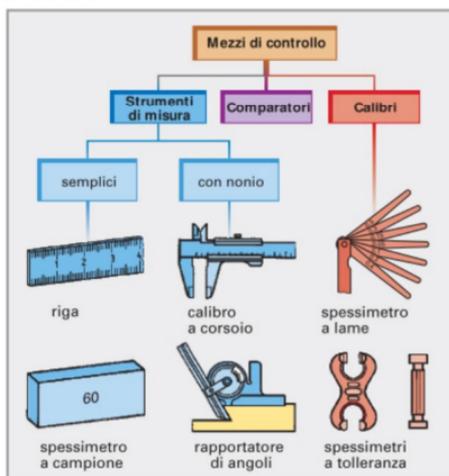


Figura 3: Mezzi di controllo

Strumenti semplici. I valori delle dimensioni sono rappresentati da un intervallo fisso (riga, calibro, campione, squadra). Durante il processo di misura, nessuna delle loro parti è in movimento rispetto alle altre.

Strumenti di misura con nonio. Il calibro a corsoio, il micrometro, il comparatore a quadrante, il rapportatore di angoli indicano il valore per riporto su una scala graduata grazie a un cursore o a un indice ad ago. Può essere utilizzata anche un'indicazione numerica ("digitale"); il valore appare sotto forma di cifre in un indicatore a quadrante.

Gli strumenti ausiliari (fig. 1) permettono di sorvegliare lo strumento di controllo o l'oggetto durante il test, per esempio un supporto di misurazione, oppure trasmettono delle misure quando si misurano indirettamente, per esempio un compasso.

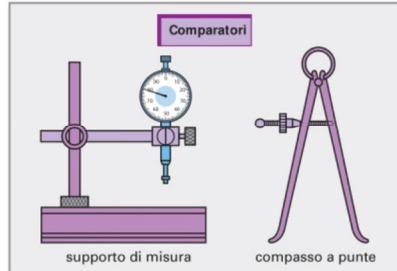


Figura 1: Gli strumenti ausiliari

6.1.3 Unità del valore misurato

Unità di lunghezza

L'unità di base è il metro [m].

Il metro corrisponde al percorso della luce nel vuoto per la durata di

$$\frac{1}{299.792.458} \text{ secondi}$$

1 m = 10 dm = 100 cm
= 1.000 mm = 1.000.000 μm (micrometro)

Il pollice (inch), adoperato soprattutto in Inghilterra e Stati Uniti, nel resto del mondo è utilizzato per indicare la misura di ruote, cerchi della ruota e pneumatici.

1 pollice = 1" = 25,4 mm

Unità d'angolo

Il grado [°] è l'unità utilizzata per gli angoli.

La circonferenza di un cerchio completo comprende 360° di cui le frazioni sono minuti e secondi.

1° (grado) = π/180 rad
= 60' (minuti) = 3600" (secondi)

6.1.4 Errori di misura

Il valore misurato differisce molto spesso dal valore esatto da misurare.

Questi errori possono essere dovuti a diverse cause. Le principali fonti d'errore sono:

- imperfezione dell'oggetto in esame;
- manipolazione errata degli strumenti di misura;
- apparecchi di misura difettosi;
- influenze ambientali (dilatazione).

Imperfezione dell'oggetto in esame. Errori d'usura come sbavature, rigature.

Manipolazione errata dello strumento di misura. Posizione sbagliata dell'apparecchio di misura (fig. 2), come un pezzo storto, il puntale di profondità non parallelo all'oggetto in esame, la misura del diametro messa di sbieco.

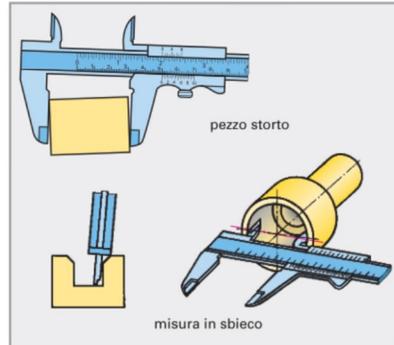


Figura 2: Posizione scorretta dello strumento di misura

Pressione di misura troppo elevata (fig. 3). Le boccole, che spesso sono elastiche, si deformeranno o l'apparecchio di misura flessibile sarà forzato.

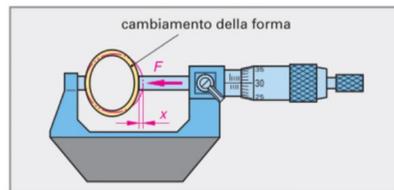


Figura 3: Pressione di misura troppo alta

Parallasse (fig. 4). Errori di lettura appaiono quando non si guarda verticalmente la graduazione dell'apparecchio di misura.

Sporcizia sulle superfici di misura. Le superfici di misura dell'apparecchio o dell'oggetto possono essere sporche, contenere dei trucioli o del grasso.

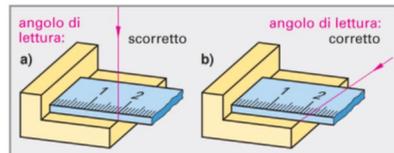


Figura 4: Errore di parallasse

Influenze della temperatura (fig. 1). Il calore della mano, l'irraggiamento del sole o il calore sviluppato dalla lavorazione dell'oggetto possono portare a differenze di misurazione.

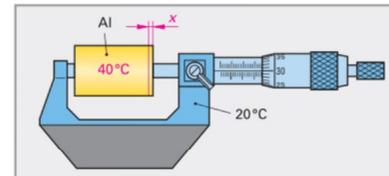


Figura 1: Differenze di misurazione dovute a influenza di temperatura

Per evitare questo tipo di errore, è stata fissata un'unica temperatura di riferimento a 20 °C.

Influenze dell'ambiente. Pressione e temperatura possono portare, nella rilevazione della pressione degli pneumatici, a differenze di misurazione rispetto a un determinato valore impostato.

Determinazione del punto zero (taratura di apparecchi di misurazione). Apparecchi di misurazione, micrometri o manometri digitali devono venire tarati prima dell'impiego per evitare errori di misurazione sistematici.

Tipi d'errore di misura

Gli errori di misura sistematici come anche i difetti degli apparecchi o gli errori accidentali non rappresentano sempre la stessa importanza allo stesso momento.

Errori di misura sistematici

Alcuni errori sistematici possono essere:

- scarto di divisione delle graduazioni;
- variazione del passo dell'asta filettata;
- spazio di misurazione diseguale;
- deformazione costante a causa di una pressione di misura eccessiva;
- errore costante della temperatura ambientale.

Errori di misura accidentali

Sono errori dovuti ad un'incertezza di misura. Per gli strumenti di misura con graduazione, l'incertezza del valore misurato può essere uguale al valore della graduazione.

Le ragioni di un errore di misura accidentale possono essere:

- errore di parallasse;
- posizione scorretta dell'apparecchio di misura causata da sporco o da uno spigolo;

- variazioni di temperatura non prevedibili;
- variazioni di pressione di misura dovute ad un cambiamento di frizione o di gioco;
- errore proveniente da un gioco o da una manipolazione scorretta;
- posizione sbagliata dell'apparecchio di misura.

6.1.5 Processi di misura

Misurazione diretta o immediata

Si tratta di un paragone fra la lunghezza reale di un oggetto e la graduazione di un apparecchio di misura della lunghezza. Il valore è leggibile direttamente.

Misurazione indiretta (fig. 2)

Quando un oggetto non è misurabile con un apparecchio di misura, è necessario utilizzare un aiuto per la misurazione, per esempio un compasso per esterni o interni. Questo processo permette di rilevare il valore dell'oggetto e di misurarlo in seguito con un apparecchio di misura.

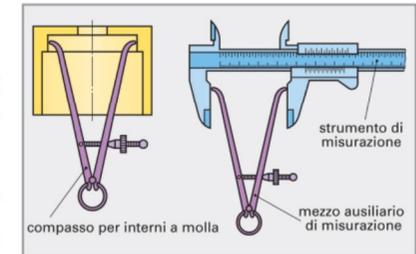


Figura 2: Misurazione indiretta

6.2 Apparecchi di misurazione

Tra i vari apparecchi di misura ce ne sono alcuni che permettono di ottenere delle misure dirette ed altri dei paragoni, come per esempio il calibro a corsoio, il micrometro, il comparatore a quadrante e il reportatore di angoli.

Campo di misura

Il campo di misura comprende di solito il campo d'indicazione dell'apparecchio di misurazione. Esso corrisponde alla differenza tra il valore finale e il valore iniziale. Il campo di misurazione non inizia necessariamente al valore zero.

Per esempio, per un micrometro la vite micrometrica comprende solamente 25 mm, affinché il puntale mobile dell'asta di misurazione non sia troppo lungo; ne derivano, quindi, micrometri con campi di misura da 0 a 25 mm, da 25 a 50 mm, da 50 a 75 mm, ecc.

Valore di graduazione - valore cifrato

Il valore di graduazione è definito dalla distanza fra due tratti. Quando si tratta di una graduazione per millimetro, il valore di graduazione comprende 1 mm. Per valore cifrato s'intende la distanza tra le cifre iscritte sull'apparecchio di misurazione. Il valore di graduazione e il valore cifrato determinano la precisione di lettura dell'apparecchio di misurazione.

6.2.1 Materializzazione della misura

Le **righe graduate** (fig. 1) sono le più utilizzate per la materializzazione delle misure. A questo scopo possiedono una scala unitaria graduata sulla quale viene letto direttamente il valore durante la misurazione. Vengono utilizzate righe in acciaio, righelli (righe di lavoro), metri a nastro avvolgibili e metri pieghevoli.

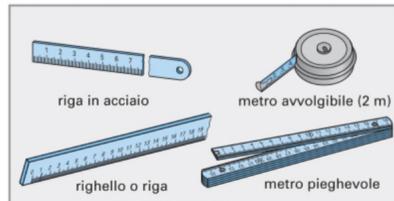


Figura 1: Righe graduate

I **blocchetti** (fig. 2) materializzano esattamente un'unità di lunghezza fra due superfici di misura parallele.

Sono di solito di sezione rettangolare, a volte circolare. Le loro superfici di misura sono di alta qualità, in

acciaio o in metallo duro. Si utilizzano per controllare e tarare dei calibri o degli strumenti di misurazione. Per ottenere diverse dimensioni di controllo, è possibile combinare diversi blocchetti paralleli.

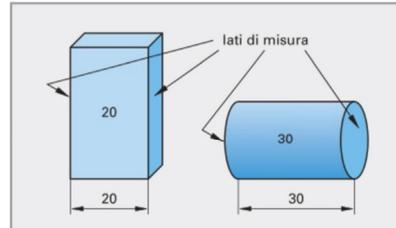


Figura 2: Blocchetti

6.2.2 Calibro a corsoio

Il **calibro a corsoio** è lo strumento di misurazione a nonio più utilizzato date le sue molteplici funzioni (misurazioni esterne, interne e in profondità).

Il **calibro a corsoio universale** (fig. 3) è formato da una riga sulla quale sono fissati dei becchi di misura per interni ed esterni. Sulla riga si trova la scala di misura principale.

Essa può contenere una divisione in millimetri e una in pollici. Una seconda serie di becchi di misura mobili si trova sul cursore.

Uno stelo collegato al cursore serve come strumento per le misure di profondità.

Una vite di bloccaggio permette di immobilizzare il cursore per facilitare la lettura.

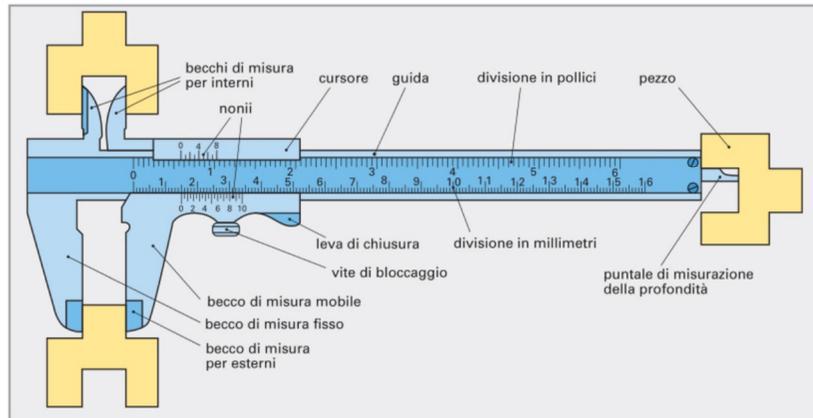


Figura 3: Calibro a corsoio universale

Il nonio permette di leggere le frazioni di millimetro o di pollici.

Il **valore del nonio** di un calibro a corsoio è dato dalla differenza fra il valore di una graduazione e il valore di una divisione del nonio. Esistono dei nonii con un grado di precisione di $1/10 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}$, di $1/20 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$, o di $1/50 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$. Il valore del nonio determina a quale frazione di millimetro è possibile la lettura (precisione di lettura).

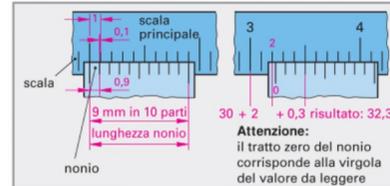


Figura 1: Nonio decimale (1/10)

Letture del calibro a corsoio

Il tratto zero del nonio è considerato come la virgola che separa i numeri interi dai decimali. Si leggono dapprima i millimetri interi che si trovano a sinistra dello zero del nonio, poi si procede a destra dello zero del nonio e si cerca la righetta in corrispondenza a quella sulla scala fissa, che indica i decimi da aggiungere. Il tratto zero del nonio non deve essere sommato nella lettura.

Nonio	Posizione	Letture
$1/10$		= 42,7
$1/10$		= 23,5
$1/20$		= 63,25

Figura 2: Esempi di lettura

Per il **nonio normalizzato 1/10** (fig. 2), il nonio è ampliato, ossia 19 mm sono divisi in 10 parti. Una graduazione di nonio corrisponde a:

$$19 \text{ mm} : 10 = 1,9 \text{ mm}$$

per cui il valore del nonio risulta:

$$2 \text{ mm} - 1,9 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm} = 1/10 \text{ mm}$$

Per il **nonio normalizzato 1/20**, 39 mm sono divisi in 20 parti. In questo caso, la graduazione del nonio corrisponde a $39 \text{ mm} : 20 = 1,95 \text{ mm}$, il valore del nonio corrisponde a $2 \text{ mm} - 1,95 \text{ mm} = 0,05 = 1/20 \text{ mm}$.

I **calibri a corsoio con indicazione elettronica** (fig. 3) hanno intervalli di lettura di $1/100 \text{ mm}$. Per mezzo dell'indicazione dei valori in cifre, la lettura viene fatta in modo semplice, veloce e senza possibilità di errori. Mediante il tasto di azzeramento l'indicazione

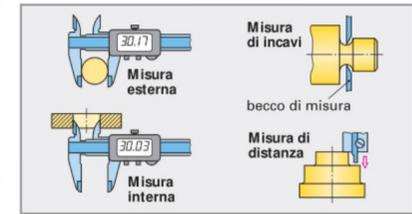


Figura 3: Misura con calibro a corsoio

può venire annullata in ogni posizione. In tal modo si possono effettuare misurazioni di confronto.

Il **calibro a corsoio elettronico con indicatore numerico** (fig. 4). La precisione d'indicazione di misura equivale a $1/100 \text{ mm}$. La lettura è semplice e rapida, praticamente senza errore. Il tasto "zero" permette di posizionare lo zero a qualsiasi punto della riga, misurando gli scarti.



Figura 4: Calibro a corsoio elettronico con indicatore numerico

REGOLE DI LAVORO

- I **pezzi in rotazione** non devono mai essere misurati durante il funzionamento della macchina. Il calibro a corsoio può essere danneggiato e i rischi d'incidenti sono elevati.
- Per le **misure esterne** (fig. 3), posizionare il becco di misura fisso contro l'oggetto, poi avvicinare il becco mobile. Controllate che le superfici siano pulite, che la pressione sia giusta e che la posizione del calibro sia corretta. Si utilizzano i cottelli dei becchi di misura solo per misurare incavi, scanalature strette e diametri di fondo.
- Per le **misure interne**, posizionare prima il becco fisso nella cavità, poi il becco mobile al lato opposto.
- Non utilizzare mai i becchi d'interno per la tracciatura.
- Le **misure di profondità e di distanza** si compiono con il puntale di misurazione della profondità. Il puntale possiede un dislivello che permette di posizionarlo correttamente senza che sia influenzato dai raggi di transizione o dallo sporco.

Calibro di profondità (fig. 1). È composto da un corsoio che comprende una vite di bloccaggio e un piano d'appoggio che facilita il suo posizionamento. È indicato soprattutto per misurare le profondità di diametri sovrapposti.

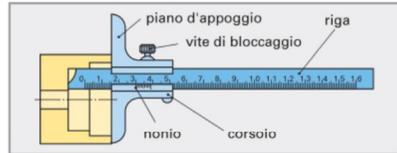


Figura 1: Calibro di profondità

6.2.3 Micrometri

I micrometri (fig. 2) utilizzano il passo elicoidale di una filettatura per determinare il valore misurato. Ogni rotazione completa del tamburo modifica lo scartamento dei lati delle superfici di misura del valore del passo di filettatura della vite micrometrica. Il tamburo graduato è solidale con il lato di misura mobile.

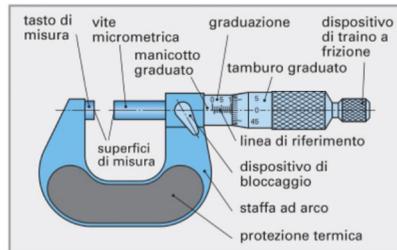


Figura 2: Micrometro per esterno

Il passo della vite usato più comunemente è di 0,5 mm; sul tamburo graduato sono iscritte 50 tacche (bussola di sovrapposizione) (fig. 3).

$$\text{graduazione} = \frac{\text{passo di filettatura della vite micrometrica}}{\text{tacche sul tamburo graduato}} = \text{scala}$$

$$= \frac{0,5 \text{ mm}}{50} = \frac{1 \text{ mm}}{100} = 0,01 \text{ mm}$$

Il tamburo graduato è collegato con la vite micrometrica.

Essa è avvitata all'interno da un filetto inserito nel manico graduato. Per far sì che la pressione di misura sia sempre uguale, la vite micrometrica è munita di un dispositivo di traino a frizione che assicura la regolarità della pressione.

La possibilità di spostamento della vite micrometrica generalmente non supera i 25 mm; in questo modo si evita che il tasto di misura sia troppo lungo.

Letture del micrometro (fig. 3). I millimetri pieni e i mezzi millimetri si leggono sul manico graduato, i centesimi sul tamburo graduato.

Se il tamburo graduato scopre un mezzo millimetro sul manico graduato, questo dovrà essere contato con i centesimi.

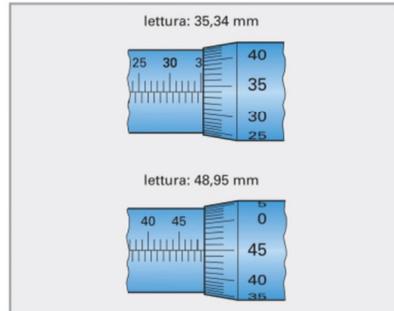


Figura 3: Esempi di lettura

Micrometro per esterno (fig. 2). Esso è utilizzato per misure esterne. È composto da una staffa ad arco con un tasto di misura fisso, delle protezioni termiche, un manico graduato, una vite micrometrica ed un tamburo graduato, un dispositivo di trascinamento a frizione e un dispositivo di bloccaggio. Per limitare l'usura, i tasti di misura sono temperati o ricoperti di metallo duro.

Micrometro con indicatore elettronico numerico (fig. 4). Esso possiede un indicatore elettronico per indicare il valore misurato oltre alla graduazione convenzionale di 1/100 mm. La precisione dell'indicatore equivale a 1/1.000 mm.

Il sistema elettronico dell'apparecchio di misura permette di effettuare delle misure differenziali, di mettere l'indicatore a zero e di memorizzare valori misurati per poi trasmetterli ad un computer.

Nella misurazione con apparecchi elettronici bisogna tenere conto che la precisione di indicazione non corrisponde alla precisione di misurazione.

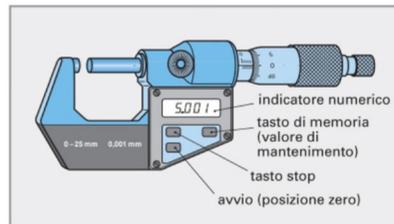


Figura 4: Micrometro elettronico numerico

Micrometro per interni (fig. 1). Questo strumento permette di misurare diametri e distanze interne. Le superfici di misura sono sferiche per permettere una corretta adesione dell'interno dei diametri. Per la misura di diametri molto grandi, è possibile avvitare delle prolunghe al micrometro.



Figura 1: Micrometro con puntali di misurazione per interni

6.2.4 Comparatore

Il comparatore (fig. 2) serve alla calibratura delle macchine utensili, per il controllo dei pezzi in rotazione (per esempio alberi) e alla determinazione delle irregolarità delle superfici (dischi di freni, frizioni). Se combinato con un apparecchio per misure interne, permette di constatare l'usura del cilindro di un motore.

Il comparatore serve dunque all'effettuazione di misure differenziali. Non si misura un valore effettivo, bensì lo scarto in rapporto ad un valore nominale.

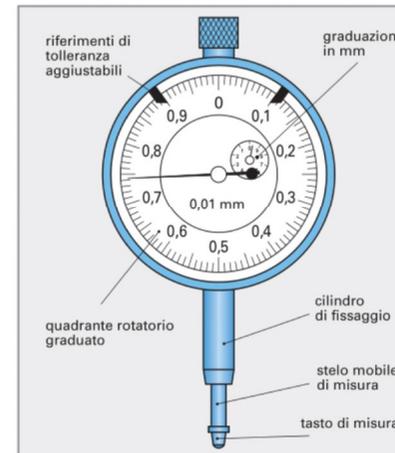


Figura 2: Comparatore

La corsa dello stelo mobile è demoltiplicata da pignoni. Grazie a questa demoltiplicazione è possibile una facile lettura dei centesimi di millimetro.

Il quadrante rotatorio permette anche di posizionare lo zero della graduazione sulla posizione dell'ago. Due riferimenti di tolleranza regolabili servono a determinare la zona di controllo.

Il quadrante del comparatore è suddiviso in 100 parti. Per un giro d'ago, lo stelo di misura si sposta di 1 mm. Una graduazione equivale dunque a 0,01 mm = 1/100 mm.

Se l'ago del comparatore durante una misura compie più rotazioni, il numero di giri è indicato su di un piccolo quadrante graduato in millimetri. Ogni giro corrisponde ad una distanza di 1 mm. La corsa utile normalizzata equivale a 3 e 10 mm.

Esistono anche dei comparatori con un valore di graduazione di 0,01 e 1 mm di corsa utile.

Il gioco, la frizione nella cremagliera e l'ingranaggio provocano errori di misura durante il cambiamento di direzione dello stelo di misura. Le differenze prodotte (errore di reversibilità) possono arrivare fino a 0,005 mm.

6.2.5 Goniometro

Il goniometro semplice (fig. 3) permette di misurare angoli in gradi. Il suo campo di misura comprende 180°.

Il valore indicato non corrisponde al valore misurato, dunque deve essere calcolato.

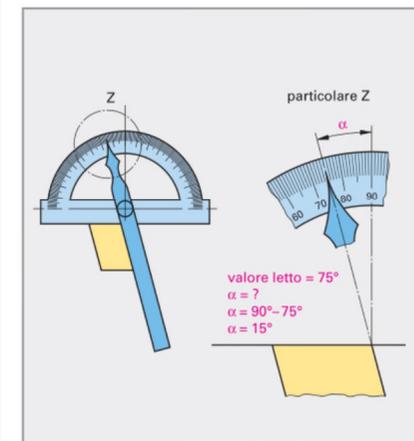


Figura 3: Goniometro semplice

6.3 Calibri

I calibri permettono di controllare il valore delle dimensioni o delle forme del pezzo. Il calibro non possiede parti mobili.

6.3.1 Calibri semplici

Si definiscono calibri semplici: lo spessimetro, il calibro per fori, il calibro per lamiere (fig. 1).

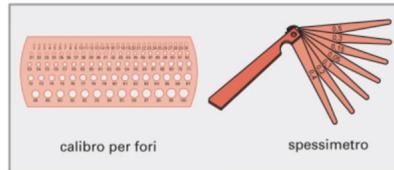


Figura 1: Calibri di forma

Lo **spessimetro** (fig. 1) è costituito da lame in acciaio di diverso spessore, da 0,05 a 1 mm. La dimensione nominale è iscritta sulla lama. Lo spessimetro serve per controllare il gioco dei supporti, delle fasce elastiche nei pistoni, delle valvole, ecc.

6.3.2 Calibri di forma

Con i calibri di forma, come per esempio il calibro per raggi, il calibro per angoli e la riga di precisione, si controllano la forma dei raggi, dei profili d'angolo e il piano delle superfici attraverso il "procedimento della fessura luminosa". La fessura luminosa dovrebbe essere la più piccola possibile.

I **calibri per raggi** (fig. 2) servono per controllare i raggi dei pezzi.

Molto spesso consistono in un gioco di lame d'acciaio con diversi raggi concavi e convessi.

I **calibri per angoli** materializzano la forma di un angolo fisso. Servono per le squadre piatte, a cappello o di precisione.

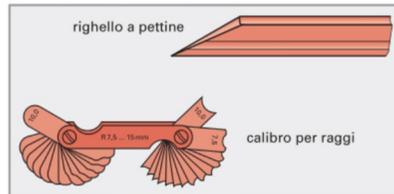


Figura 2: Righello a pettine e calibro per raggi

6.3.3 Calibri di tolleranza

Esistono dei calibri a tampone e dei calibri a forcella. Questi calibri hanno un lato "passa" e un lato "non passa". Per distinguerli meglio, il lato "non passa" è verniciato in rosso. Il **calibro a tampone** (fig. 3) serve per controllare i diametri. La dimensione della parte "passa" corrisponde alla tolleranza minima dell'alesaggio, quella della parte "non passa" corrisponde alla tolleranza massima. Inoltre, il cilindro della parte "non passa" è più corto. Il **calibro a forcella** (fig. 3) serve a controllare gli alberi. La dimensione della parte "passa" corrisponde alla tolleranza massima dell'albero, quella della parte "non passa" corrisponde alla tolleranza minima. La forcella del lato "non passa" è smussata per non rovinare l'albero durante il controllo.

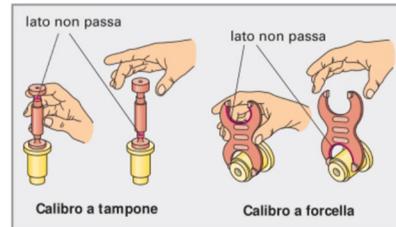


Figura 3: Manipolazione dei calibri di tolleranza

REGOLE DI LAVORO

- Non introdurre mai il calibro a tampone nell'alesaggio quando il pezzo è ancora caldo.
- I calibri a forcella e i calibri a tampone non devono subire pressione durante il controllo.
- Posizionare il calibro a forcella con prudenza. Esso deve scivolare sul pezzo con il proprio peso.
- Nella misurazione, appoggiare il righello a pettine (fig. 2) in modo perpendicolare alla superficie.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Qual è la differenza tra una misura e una calibratura?
- 2 Quali possono essere le fonti d'errore durante una misurazione?
- 3 Da dove provengono gli errori di parallasse?
- 4 Come si legge un nonio?
- 5 Dove si leggono i millimetri, i mezzi millimetri e i centesimi su un micrometro?
- 6 Perché il micrometro possiede un dispositivo di trascinamento a frizione?
- 7 Elencate i diversi utilizzi dei comparatori.
- 8 Quali precauzioni si devono prendere quando si utilizza un calibro a tampone?

6.4 Tolleranze e aggiustaggi

6.4.1 Lo scopo della standardizzazione

Durante la produzione di pezzi meccanici, di pezzi meccanizzati e di prodotti semi-finiti non è possibile, per ragioni tecniche ed economiche, ottenere esattamente le quote di costruzione di un disegno.

La precisione di un pezzo deve essere adattata alla sua utilizzazione e alla sua funzione.

Affinché un pezzo corrisponda alle esigenze richieste, è necessario che la misura effettiva sia posizionata tra il valore minimo e il valore massimo definito dal campo di tolleranza (fig. 1).

Se il pezzo prodotto si trova nel limite di tolleranza, è "buono", se invece supera il campo di tolleranza, si deve verificare se esso può essere ritoccato, per esempio attraverso la rimozione con utensili; in caso contrario, è "inutilizzabile".

6.4.2 Termini tecnici

I segni fra () non sono normalizzati.

Dimensione nominale (DN). È la dimensione di riferimento attraverso cui le dimensioni mini e maxi sono definite (fig. 1).

Dimensione effettiva (DE). È la dimensione di un elemento constatata attraverso misura (fig. 1).

Dimensioni limite. La **dimensione massima** (maxi) e la **dimensione minima** (mini) di un pezzo sono le dimensioni limite. La dimensione effettiva si deve situare entro le dimensioni limite ammesse (fig. 1).

Linea dello zero (LZ). È la linea di riferimento per la dimensione nominale.

Scarti. Lo scarto è la differenza matematica fra la dimensione limite inferiore o superiore e la dimensione nominale corrispondente.

Gli scarti per alberi sono indicati da minuscole (ss e si), gli scarti per i fori da maiuscole (SS e SI) (fig. 1).

Scarto superiore (SS e ss). È la differenza tra la dimensione massima e la dimensione nominale corrispondente.

Scarto inferiore (SI e si). È la differenza tra la dimensione minima e la dimensione nominale corrispondente.

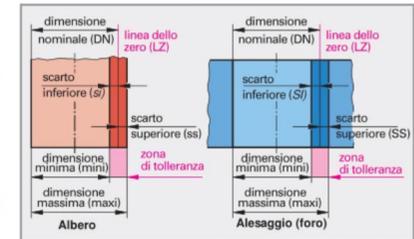


Figura 1: Termini tecnici

Tolleranza di dimensione o tolleranza (T). Corrisponde allo scarto ammissibile fra la dimensione minima e massima.

Rappresenta la differenza tra lo scarto superiore e quello inferiore.

Zona di tolleranza. È la rappresentazione grafica della tolleranza. Corrisponde alla zona fra le due linee che rappresentano la dimensione massima e la dimensione minima.

Ci sono quattro possibilità di posizionare la zona di tolleranza (figg. 2a – 2d):

- i due scarti sono positivi (2a);
- i due scarti sono negativi (2b);
- gli scarti sono positivi e negativi (2c);
- uno degli scarti è sulla linea dello zero, l'altro è negativo o positivo (2d).

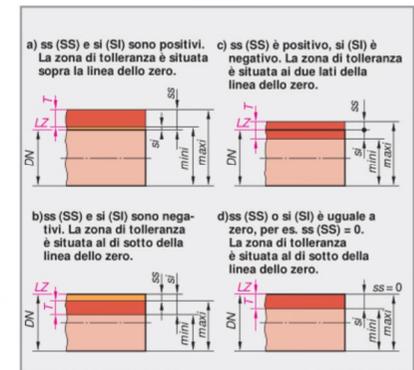


Figura 2: Posizione della zona di tolleranza in rapporto alla linea dello zero

6.4.3 Campi di applicazione

Il sistema ISO, per le dimensioni e gli aggiustaggi, è valido per i seguenti tipi di rettifica (fig. 1):

- **rettifica di superfici piane.** Si tratta di un aggiustaggio tra le superfici piane, per esempio tra scanalature a incastro (fig. 1a);
- **rettifica cilindrica.** Si tratta di un aggiustaggio di pezzi cilindrici, per esempio tra un albero ed un alesaggio (fig. 1b).

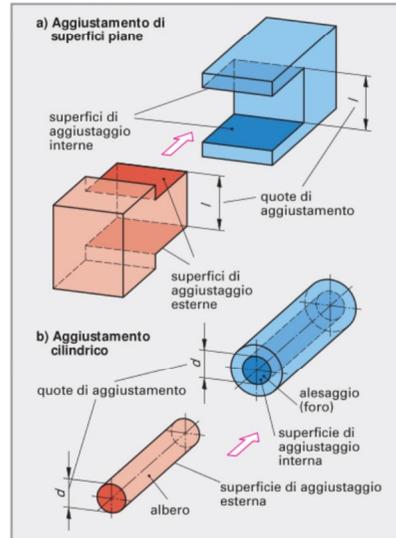


Figura 1: Forme di accoppiamento

ISO è l'abbreviazione inglese di International Organization for Standardization. È l'organismo internazionale di normalizzazione. Le norme ISO sono universali.

6.4.4 Accoppiamenti

Durante l'assemblaggio di un albero e di un alesaggio (foro) dalle dimensioni nominali identiche e secondo la posizione delle zone di tolleranza, possono risultare i seguenti accoppiamenti:

- **accoppiamento mobile** (con gioco);
- **accoppiamento stabile** (con interferenza);
- **accoppiamento incerto.**

Le due parti di un accoppiamento hanno lo stesso valore nominale. L'aggiustaggio è la relazione risultante dalla differenza, prima dell'assemblaggio, di due pezzi destinati ad essere assemblati.

Accoppiamento mobile. Dopo la giunzione, l'alesaggio e l'albero hanno sempre un po' di gioco. Il minimo dell'alesaggio è superiore (o uguale) al massimo dell'albero (fig. 2).

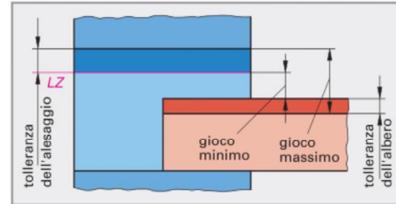


Figura 2: Accoppiamento mobile

Il **gioco minimo** in un accoppiamento mobile è la differenza tra la dimensione minima dell'alesaggio e la dimensione massima dell'albero.

Il **gioco massimo** in un accoppiamento mobile o un accoppiamento incerto è la differenza tra la dimensione massima dell'alesaggio e la dimensione minima dell'albero.

Esiste un accoppiamento mobile quando la differenza di misura è positiva.

Accoppiamento stabile (con interferenza). Assicura sempre un serraggio durante la giunzione dell'albero e dell'alesaggio. La dimensione massima dell'alesaggio è inferiore o uguale alla dimensione minima dell'albero (fig. 3).

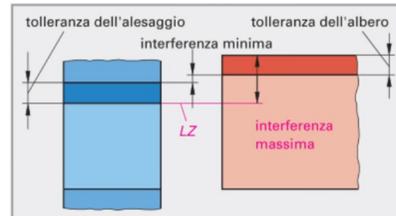


Figura 3: Accoppiamento stabile (con interferenza)

L'**interferenza minima** in un accoppiamento stabile è la differenza negativa fra la dimensione massima dell'alesaggio e la dimensione minima dell'albero.

L'**interferenza massima** in un accoppiamento stabile o un aggiustamento incerto è la differenza negativa fra la dimensione minima dell'alesaggio e la dimensione massima dell'albero.

Si ha un accoppiamento stabile quando la differenza di misura è negativa.

Accoppiamento incerto. Può avere sia un gioco sia un'interferenza. Le zone di tolleranza dell'alesaggio e dell'albero si sovrappongono completamente o parzialmente (fig. 1).

Si ha un accoppiamento incerto quando è possibile ottenere sia un gioco sia un'interferenza.

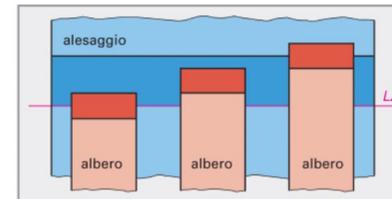


Figura 1: Accoppiamento incerto

6.4.5 Indicazioni di tolleranza

Indicazioni di tolleranza dagli scarti

Le tolleranze possono essere scelte liberamente. Nel piano di costruzione, gli scarti saranno indicati dopo il valore nominale. Lo scarto superiore è sempre posizionato in alto e lo scarto inferiore in basso. Esempio: $80_{-0,3}^{+0,5}$

Indicazione attraverso tolleranze ISO

Le tolleranze ISO sono caratterizzate da lettere e cifre.

Posizione della zona di tolleranza. La posizione della zona di tolleranza in rapporto alla linea dello zero è caratterizzata da una maiuscola (A fino a ZC), o da una minuscola (a fino a zc).

Più le lettere si allontanano da H o h, più la zona di tolleranza si allontana dalla linea dello zero.

Gradi di tolleranza fondamentali. Sono caratterizzati da una cifra, come 01, 0, 1...18. Esistono dunque 20 gradi di tolleranza fondamentali. Più la cifra è grande, più la zona di tolleranza aumenta, ossia le esigenze di precisione diminuiscono (fig. 2).

La precisione è tanto più alta quanto la cifra del grado di tolleranza fondamentale è bassa.

L'indicazione della tolleranza si compone della dimensione nominale e del segno ISO; essa è formata da lettere e da cifre, per esempio alesaggio 25 H7; albero 25 n6; aggiustaggio 25 H7/n6 o 25^{H7}/_{n6}

6.4.6 Sistemi di accoppiamento

Esistono due sistemi di accoppiamento: con foro base e con albero base.

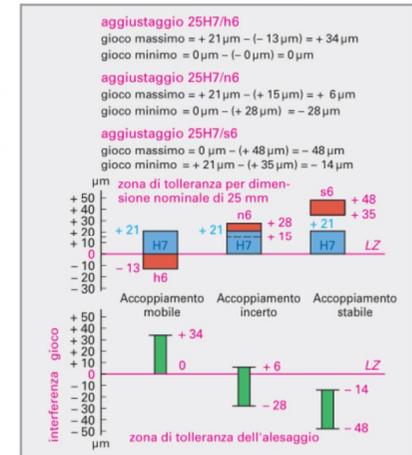


Figura 2: Zone di tolleranza

Foro base. La dimensione minima dell'alesaggio è uguale alla dimensione nominale, ossia lo scarto inferiore dell'alesaggio è uguale a zero. Gli alberi sono più piccoli per ottenere un accoppiamento con gioco o più grandi per ottenere accoppiamenti con interferenza (fig. 3).

Albero base. La dimensione massima dell'albero è uguale alla dimensione nominale, ossia lo scarto dell'albero è uguale a zero. Gli alesaggi sono più piccoli per ottenere un accoppiamento con interferenza o più grandi per ottenere un accoppiamento con gioco (fig. 3).

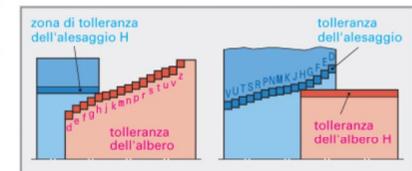


Figura 3: Sistemi di accoppiamento

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Definite i termini di dimensione nominale, linea dello zero e dimensione effettiva.
- 2 Spiegate i termini di scarto e tolleranza.
- 3 Come si caratterizzano le tolleranze ISO?
- 4 In quale maniera sono contrassegnate le tolleranze?
- 5 Cosa si intende per accoppiamento mobile con interferenza?

6.5 Tracciatura

Con la tracciatura si riportano le quote del disegno sul pezzo da fabbricare.

- La tracciatura deve essere facilmente visibile.
- Le misure devono essere trasferite con precisione.
- Si deve evitare di danneggiare le superfici dei pezzi.

La **punta da tracciatura o punta per segnare**, in acciaio o in ottone, serve per la tracciatura delle linee (fig. 1).

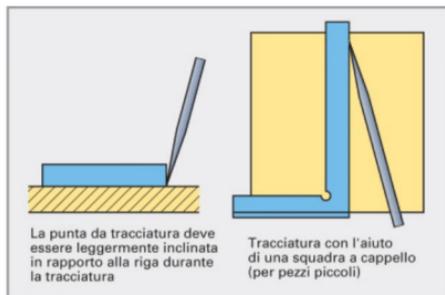


Figura 1: Tracciatura con la punta per segnare

Si utilizzano punte da tracciatura in ottone per tracciare su lamiere ossidate, su materiali molto duri e su superfici che non devono essere danneggiate durante la tracciatura. Per tracciare gli angoli di piegatura di lamiere in acciaio leggero, si impiega una matita per evitare l'effetto d'intaglio. Questo effetto d'intaglio potrebbe produrre la rottura del pezzo durante la piegatura. Il compasso a punte e il compasso ad asta (fig. 2) si usano per trasferire quote, per tracciare cerchi e per trascrivere delle distanze uguali.

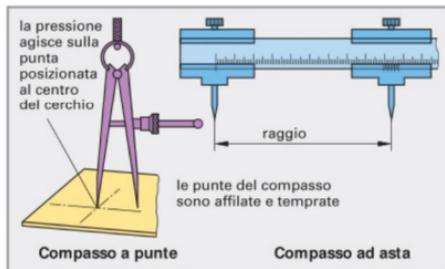


Figura 2: Compasso a punte e compasso ad asta

Il tracciatore parallelo (truschino) permette di tracciare linee a qualsiasi altezza, parallelamente al piano di tracciatura. La regolazione dell'altezza si effettua con l'aiuto di una riga graduata (fig. 3).

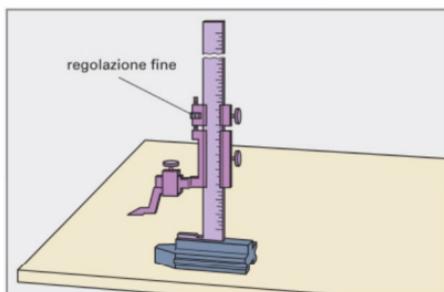


Figura 3: Truschino con nonio regolabile

Il **truschino con nonio regolabile** permette di ottenere una tracciatura di precisione perché generalmente è equipaggiato di un nonio di 1/50.

Per la tracciatura si utilizzano anche delle **righe in acciaio, squadre a cappello, squadre a unghietto, squadre piatte** e delle **righe**. Per determinare il centro delle superfici circolari e degli alberi, si utilizzano campane di centraggio o squadre cercacentri.

Per rendere più visibili le linee di taglio, si possono colorare le superfici lucide con pittura di tracciatura o trattarle con solfato di rame. Le superfici scure possono essere schiarite con del gesso.

Il **bulino** (fig. 4) serve per indicare i centri o le linee di taglio. Dopo la lavorazione, i punti di controllo devono restare leggermente visibili.



Figura 4: Uso del bulino

REGOLE DI LAVORO

- La punta da tracciatura deve essere la più corta possibile nel truschino.
- È proibito usare il piano tracciatura per raddrizzare i pezzi.
- Per posizionare il bulino, inclinarlo; per la punteggiatura, raddrizzarlo in posizione verticale.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Qual è lo scopo della tracciatura?
- 2 Quali sono gli strumenti necessari per la tracciatura?
- 3 Qual è il vantaggio delle punte da tracciatura in ottone?
- 4 Perché il piano di tracciatura non deve essere utilizzato per raddrizzare i pezzi?