

Corso di **Disegno Tecnico Industriale**  
per i Corsi di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica e  
in Ingegneria dell'Energia

## Modificatori calcolo delle tolleranze di localizzazione tolleranze generali

Docente: Gianmaria Concheri  
E-mail: gianmaria.concheri@unipd.it  
Tel. 049 8276739



### I MODIFICATORI. Un po' di storia

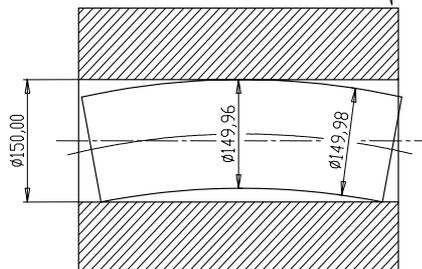
**Principio di dipendenza** (sancito dalla ISO 1101/R:69 = UNI 7226/1:73):

*«quando è prescritta solo una tolleranza dimensionale, questa limita anche alcuni errori di forma e di posizione. Le superfici reali del pezzo possono quindi scostarsi dalla forma geometrica prescritta a condizione che restino all'interno della tolleranza dimensionale. Se gli errori di forma devono trovarsi all'interno di altri limiti, deve essere prescritta la tolleranza di forma.»*

Coincide con la Rule #1 della norma ANSI Y14.5M e, in ambito ISO, con l'applicazione di default della "condizione di involuppo" a tutti gli elementi dimensionabili ("feature of size").



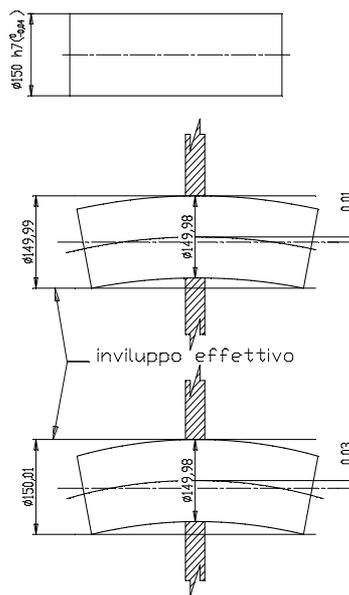
calibro di forma perfetta  
corrispondente alla condizione  
di massimo materiale



## Un po' di storia

### Controindicazioni legate all'uso del principio di dipendenza:

- il campo effettivamente utilizzabile per le variazioni delle dimensioni risulta ridotto rispetto a quanto apparentemente consentito sul disegno;
- prescrizione adeguata solo se applicata ad elementi destinati ad essere accoppiati, ma inutilmente restrittiva se applicata ad altri elementi geometrici;
- la verifica della condizione di involuppo richiede l'utilizzo di calibri funzionali specifici o l'adozione di procedure basate sull'uso di macchine di misura a coordinate (CMM) molto complesse (non è possibile usare calibri a corsoio);
- il principio di dipendenza limita esclusivamente gli errori di forma, ma non quelli di orientamento e posizione;
- l'applicazione di tale principio non sempre trova riscontro nelle effettive capacità di lavorazione delle officine meccaniche



## Un po' di storia

Il principio di dipendenza è sparito nella revisione della ISO 1101:

Nella ISO 8015:86 è stato sancito il «**principio di indipendenza**» come principio fondamentale per l'assegnazione delle tolleranze:

*«ciascuna prescrizione dimensionale o geometrica specificata su di un disegno deve essere rispettata in se stessa (in modo indipendente), salvo non sia specificata una relazione particolare. Pertanto, in mancanza di indicazioni specifiche, la tolleranza geometrica si applica senza tener conto della dimensione dell'elemento e le due prescrizioni sono trattate come prescrizioni tra loro indipendenti. Così, se è richiesta una relazione particolare tra la dimensione e la forma, oppure la dimensione e l'orientamento, o la dimensione e la posizione, essa deve essere specificata sul disegno.»*

Purtroppo in calce alla UNI ISO 8015 si legge:

Nota nazionale - In mancanza di indicazioni specifiche di norme riguardanti i principi di attribuzione delle tolleranze o dei metodi di verifica delle stesse (=> **referimento alla ISO 8015**), le tolleranze dimensionali possono limitare anche alcuni scostamenti di forma e/o di posizione. In questo caso le superfici reali del pezzo possono scostarsi dalla forma geometrica prescritta a condizione che restino all'interno delle tolleranze dimensionali (=> **vale il principio di dipendenza**).



**Ad oggi (in attesa della ISO 14405) di default vale il principio di dipendenza:**

**Comma 5.3.2 della ISO 286-1:88**

Le tolleranze dei pezzi fabbricati conformemente a disegni **senza indicazione di "Tolleranze secondo ISO 8015"** devono essere interpretati, per la dimensione in oggetto nel modo seguente:

- a) Fori: Il diametro del cilindro immaginario più grande possibile inscritto nel foro, a contatto con le creste della superficie, non deve essere più piccolo della dimensione nella condizione di massimo materiale. In nessuna porzione del foro il diametro massimo può superare la dimensione nella condizione di minimo materiale.
- b) Alberi: Il diametro del cilindro immaginario più piccolo possibile circoscritto all'albero, a contatto con le creste della superficie, non deve essere più grande della dimensione nelle condizioni di massimo materiale. In nessuna porzione dell'albero il diametro minimo può risultare minore della dimensione nella condizione di minimo materiale.

...

Nota - In casi particolari, gli scostamenti di forma massimi ammessi nella interpretazione data in a) e b) possono risultare troppo grandi per permettere il buon funzionamento dei pezzi assemblati. In tal caso, le tolleranze di forma indicano separatamente, per esempio, tolleranza di circolarità e/o rettilineità (vedere ISO 1101).



## Esigenza di inviluppo

Se l'elemento dimensionabile è destinato ad un accoppiamento, è opportuno legare assieme i vincoli su dimensione e forma:

applico l'**ESIGENZA DI INVILUPPO**

Si applica alle quote degli elementi dimensionabili (feature of size)

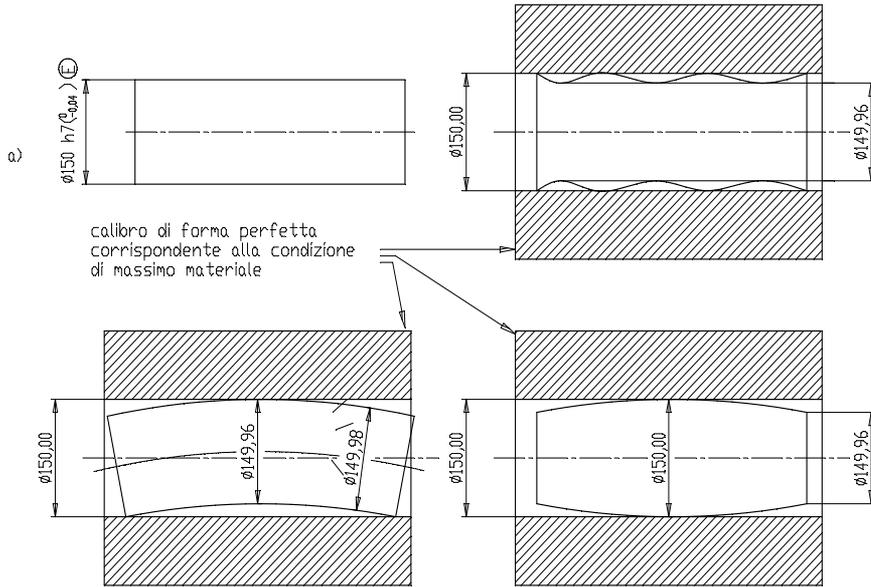
aggiungendo il simbolo 

Cosa significa:

- i punti sulla superficie dell'elemento cilindrico reale non devono superare l'inviluppo di forma perfetta alla dimensione di massimo materiale (MMC:  $\varnothing 150$  nell'esempio seguente);
- nessuna dimensione locale deve risultare minore della dimensione di minimo materiale (LMC:  $\varnothing 149,96$  nell'esempio seguente);  
quindi ciascun diametro locale deve essere contenuto entro le dimensioni di  $\varnothing 150$  (MMC) e  $\varnothing 149,96$  (LMC) nel rispetto della tolleranza dimensionale (0,04 mm);
- quando tutti i diametri locali reali siano alla dimensione corrispondente alla condizione di massimo materiale (MMC:  $\varnothing 150$ ), l'albero deve essere perfettamente cilindrico.

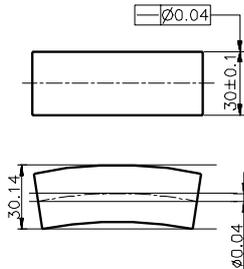


## Esigenza di involuppo



## GPS vs Geometric Dimensioning and Tolerancing

**Applicazione del principio di indipendenza (ISO 8015):**  
= condizione RFS (Regardless of Feature Size) in ANSI Y14.5M:1994



Diametro	Tolleranza di rettilineità	Condizione virtuale
30,10	0,04	30,14
30,05	0,04	30,09
30,00	0,04	30,04
29,95	0,04	29,99
29,90	0,04	29,94

La tolleranza geometrica specificata è indipendente dalla dimensione effettiva dell'elemento considerato.



## Condizione di massimo materiale

Nel caso di accoppiamenti, il gioco aumenta se le dimensioni effettive degli elementi si discostano dai limiti "di massimo materiale". Di conseguenza, le tolleranze di forma e di posizione possono essere ampliate, senza compromettere la possibilità di accoppiamento, quando le dimensioni effettive degli elementi da accoppiare non raggiungono i valori corrispondenti alla condizione di massimo materiale.

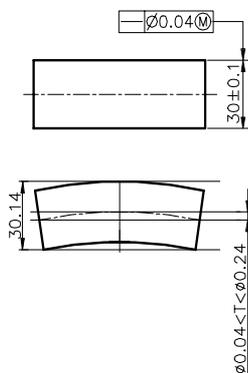
### Interpretazione:

L'aggiunta nel riquadro di tolleranza geometrica del simbolo  $\textcircled{M}$  dopo l'indicazione dell'ampiezza della zona di tolleranza ammissibile, significa che il valore di tolleranza geometrica indicato si applica quando l'elemento geometrico (e dimensionabile) a cui è attribuita tale tolleranza è realizzato nella sua condizione di massimo materiale (foro più piccolo e albero più grande). Se la dimensione effettiva dell'elemento geometrico considerato si scosta dalla sua condizione di massimo materiale, è consentito incrementare la zona di tolleranza geometrica di un'entità pari allo scostamento delle dimensione effettiva dalla condizione di massimo materiale (MMC).



## Condizione di massimo materiale

Esempio:



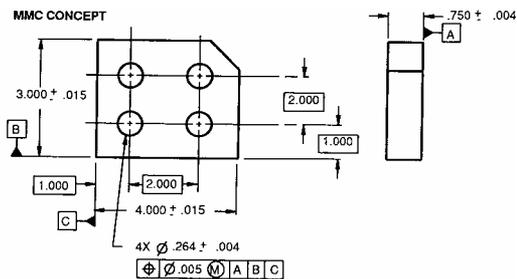
Diametro	Tolleranza di rettilineità	Condizione virtuale
30,1 (MMC)	0,04	30,14
30,05	0,09	30,14
30	0,14	30,14
29,95	0,19	30,14
29,9	0,24	30,14

Se la dimensione effettiva si scosta dal valore 30.1 (MMC), nell'ambito della tolleranza dimensionale, tale scostamento incrementa l'ampiezza della zona di tolleranza geometrica.



## Condizione di massimo materiale

Altro esempio:



Diametro fori	Tolleranza di localizzazione ammissibile	Condizione virtuale
0,260 (MMC)	0,005	0,255
0,261	0,006	0,255
0,262	0,007	0,255
0,263	0,008	0,255
0,264	0,009	0,255
0,265	0,010	0,255
0,266	0,011	0,255
0,267	0,012	0,255
0,268	0,013	0,255

La condizione di massimo materiale si applica a ciascun foro separatamente, quindi la tolleranza di localizzazione ammissibile può essere diversa per ciascun foro, a seconda della dimensione effettiva di ciascuno.



## Condizione di massimo materiale

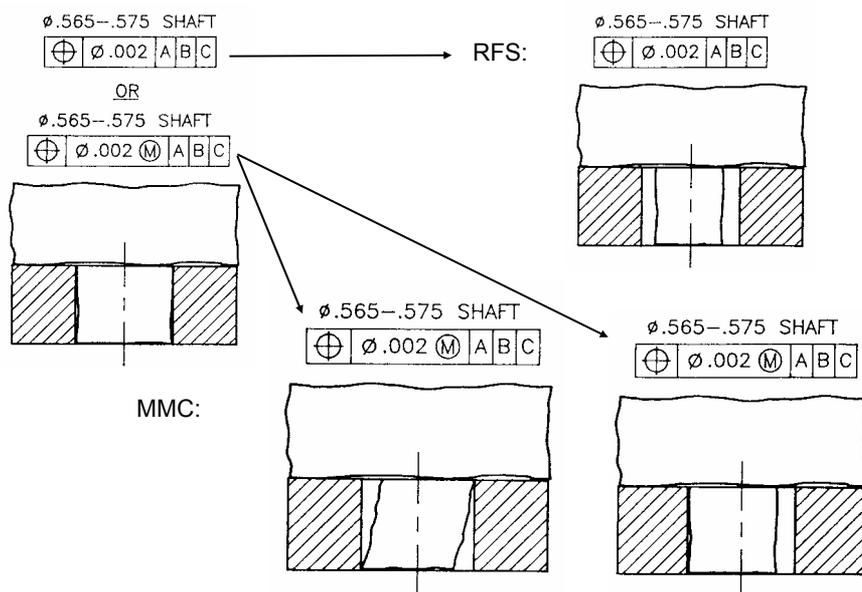
### Condizioni di applicabilità:

- 1) l'elemento al quale viene applicato la **MMC** deve essere un **elemento singolo dimensionabile (feature of size)** al quale è associata una **tolleranza dimensionale**;
- 2) la **MMC** può essere associata solo alle tolleranze geometriche indicate nella tabella di fianco;
- 3) se due o più elementi singoli sono intercorrelati rispetto ad una localizzazione o ad un orientamento, almeno una di queste singolarità dovrebbe rispettare le caratteristiche del punto 1.

Caratteristica geometrica	Applicabilità MMC
Rettilinearità	Solo se "features of size"
Planarità	no
Circolarità	no
Cilindricità	no
Forma di un profilo	no
Forma di una superficie	no
Parallelismo	Solo se "features of size"
Perpendicolarità	Solo se "features of size"
Inclinazione	Solo se "features of size"
Localizzazione	sì
Concentricità	Solo se "features of size"
Simmetria	sì
Oscillazione circolare	no
Oscillazione totale	no



## Condizione di massimo materiale



## Condizione di massimo materiale

### Vantaggi:

economia nella produzione dovuta all'allargamento dei limiti delle tolleranze e alla riduzione degli scarti, potendosi accettare particolari che, sebbene presentino errori geometrici più ampi di quanto indicato nel riquadro delle tolleranze, in pratica offrono le stesse caratteristiche funzionali degli elementi eseguiti entro i limiti e sono quindi da ritenersi accettabili.

### Attenzione:

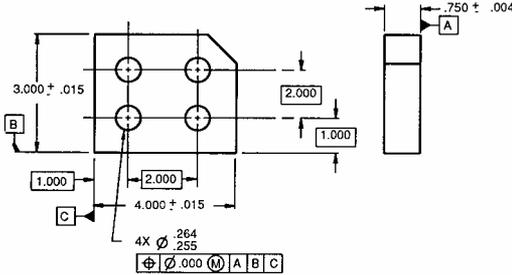
Il principio del massimo materiale risulta vantaggioso agli effetti della produzione, ma può risultare inammissibile per ragioni di ordine funzionale. L'aumento delle tolleranze di posizione può in genere essere accettato, ad esempio, per le distanze interassiali di fori per bulloni, spine, ecc., mentre risulta inammissibile per assi di ingranaggi, collegamenti cinematici, ecc.



## Modificatori associati alla prescrizione di tolleranza zero

È possibile individuare numerosi casi in cui è opportuno controllare elementi dimensionabili mediante una **tolleranza geometrica nulla**. Ovviamente, una tolleranza geometrica nulla **deve** essere associata ad un modificatore (MMC o LMC). In tal caso, l'entità della tolleranza geometrica ammissibile dipende totalmente dalla dimensione effettiva dell'elemento.

ZERO TOLERANCING AT MMC



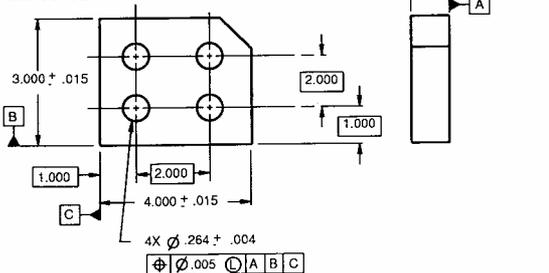
Diametro fori	Tolleranza di localizzazione ammissibile	Condizione virtuale
0,255	0,000	0,255
0,256	0,001	0,255
0,257	0,002	0,255
0,258	0,003	0,255
0,259	0,004	0,255
0,260	0,005	0,255
0,261	0,006	0,255
0,262	0,007	0,255
0,263	0,008	0,255
0,264	0,009	0,255

## Condizione di minimo materiale (LMC)

### Interpretazione:

L'aggiunta nel riquadro di tolleranza geometrica del simbolo (L) dopo l'indicazione dell'ampiezza della zona di tolleranza ammissibile, significa che il valore di tolleranza geometrica indicato si applica quando l'elemento geometrico (e dimensionabile) a cui è attribuita tale tolleranza è realizzato nella sua condizione di minimo materiale (foro più grande e albero più piccolo). Se la dimensione effettiva dell'elemento geometrico considerato si scosta dalla sua condizione di minimo materiale, è consentito incrementare la zona di tolleranza geometrica di un'entità pari allo scostamento delle dimensione effettiva dalla condizione di minimo materiale (LMC).

LMC CONCEPT



Anche la condizione di minimo materiale si applica a ciascun foro separatamente.

Diametro fori	Tolleranza di localizzazione ammissibile
0,268 (LMC)	0,005
0,267	0,006
0,266	0,007
0,265	0,008
0,264	0,009
0,263	0,010
0,262	0,011
0,261	0,012
0,260	0,013

## Utilizzo dei modificatori

Ma quando utilizzare i modificatori MMC e LMC ?

In ambito ANSI, in passato sembrava che qualunque elemento dovesse essere localizzato facendo riferimento alla sua condizione di massimo materiale (MMC), poiché risultava semplice realizzare un calibro funzionale.

Oggi si riconosce che questo approccio non è più accettabile:

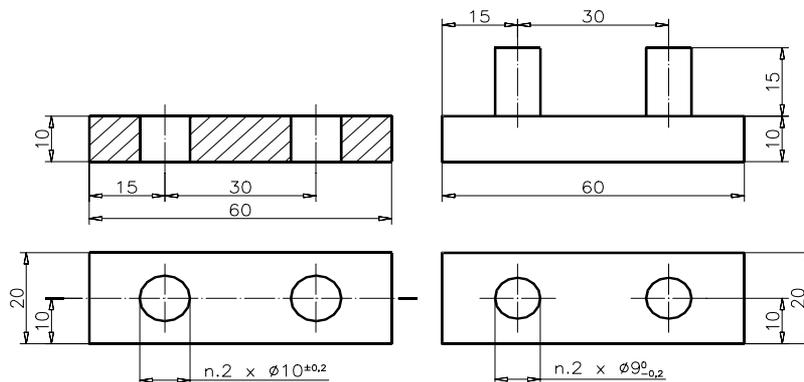
- il progettista deve definire la funzione del componente e considerare attentamente la specifica applicazione;
- oggi si utilizzano sempre più spesso macchine di misura a coordinate (CMM) e il progettista non deve progettare un componente pensando ad una specifica metodologia di controllo;
- la selezione dell'eventuale modificatore è determinata dalla funzione del componente.



## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

### Requisito funzionale:

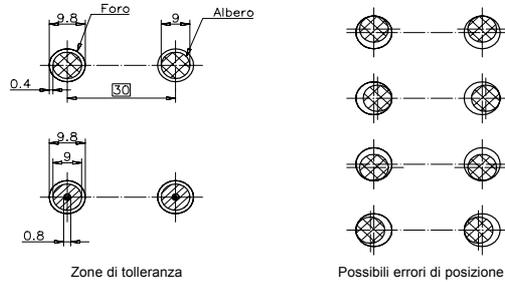
accoppiamento di una piastra con due fori e una piastra con due perni fissi



## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

Situazione più critica per l'accoppiamento:

- **foro:** diametro minimo ( $\varnothing 9.8$ ) = condiz. di massimo materiale (MMC)
- **albero:** diametro massimo ( $\varnothing 9.0$ ) = MMC



**Massimo errore** nella posizione reciproca di fori e alberi compatibile con l'accoppiamento:

$$\Delta_{\text{foro}} + \Delta_{\text{albero}}: \varnothing_{\text{foro MMC}} - \varnothing_{\text{albero MMC}} = 9.8 - 9.0 = 0.8 \text{ mm}$$



## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

Condizione per l'accoppiamento:

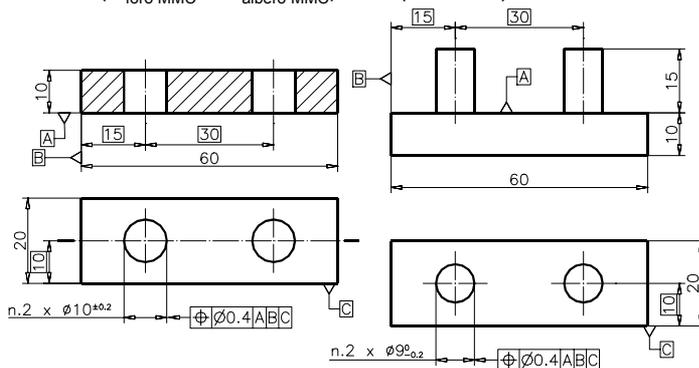
condizione virtuale foro  $\geq$  condizione virtuale albero

$$\varnothing_{\text{foro MMC}} - \text{toll}_{\text{foro}} \geq \varnothing_{\text{albero MMC}} + \text{toll}_{\text{albero}}$$

Si assuma:  $\text{Toll}_{\text{foro}} = \text{Toll}_{\text{albero}} = \text{Toll}$

Sostituendo:

$$\text{Toll} = (\varnothing_{\text{foro MMC}} - \varnothing_{\text{albero MMC}}) / 2 = (9.8 - 9.0) / 2 = 0.4 \text{ mm}$$

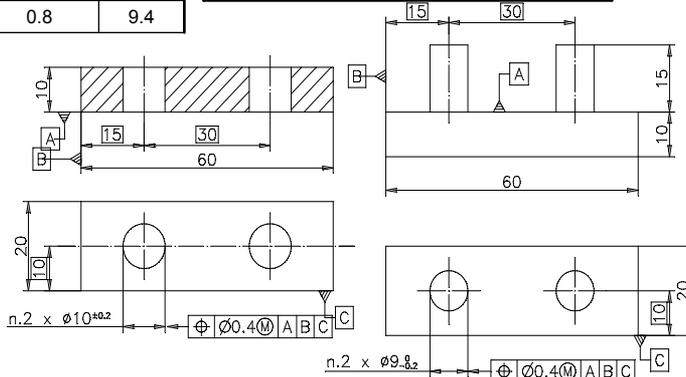


## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

Se aggiungo la condizione di massimo materiale (M) :

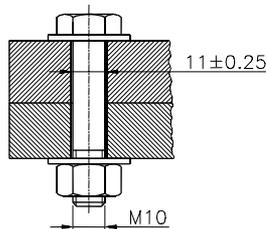
Ø foro	Bonus foro	tolleranza ammissibile	Cond. Virt.
9.8 (MMC)	0.0	0.4	9.4
9.9	0.1	0.5	9.4
10.0	0.2	0.6	9.4
10.2	0.4	0.8	9.4

Ø albero	Bonus albero	tolleranza ammissibile	Condizione virtuale
9.0 (MMC)	0.0	0.4	9.4
8.9	0.1	0.5	9.4
8.8	0.2	0.6	9.4

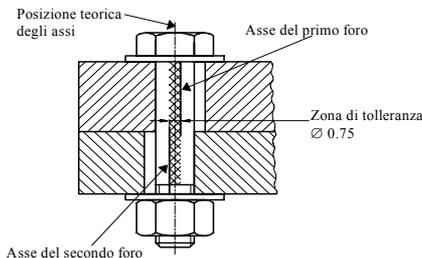


## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

Collegamento mediante bulloni:



Tolleranze ripartite equamente sulle 2 piastre



Per ogni foro:

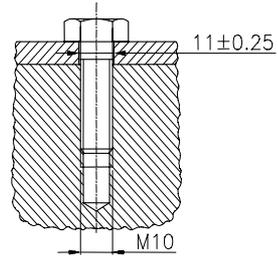
$$\text{Toll} = \text{Ø}_{\text{foro MMC}} - \text{Ø}_{\text{nominale vite}}$$

$$\text{Toll} = 10.75 - 10 = 0.75\text{mm}$$

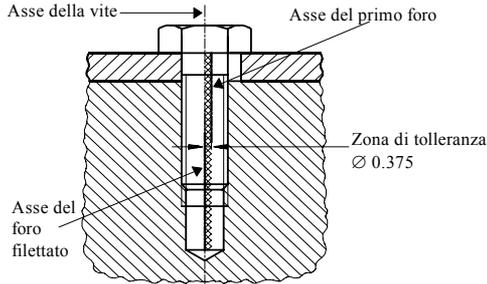


## Calcolo delle tolleranze di localizzazione

Collegamento di due piastre con viti mordenti:



Tolleranze ripartite equamente sulle 2 piastre:



Per ogni foro:

$$T_{\text{OII}} = \frac{\varnothing_{\text{foro MMC}} - \varnothing_{\text{nominale vite}}}{2}$$

$$T_{\text{OII}} = (10.75 - 10) / 2 = 0.375 \text{ mm}$$



## Tolleranze Generali Dimensionali

### Obiettivo:

Assicurare una **specificazione completa** (associare tolleranze a tutte le quote) **senza riempire di indicazioni i disegni** (avendo di conseguenza disegni difficili da leggere, difficoltà nel riconoscere le quote critiche, controllo esteso anche alle quote non critiche, aumento dei costi, ecc.)



**UNI EN 22768-1:1996 - Tolleranze generali per dimensioni lineari ed angolari prive di indicazione di tolleranze specifiche**

Classe di tolleranza		Scostamenti limite per campi di dimensioni nominali							
Designazione	Denominazione	da 0,5 <sup>1)</sup> fino a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	—
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossolana	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	molto grossolana	—	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

1) Per le dimensioni nominali minori di 0,5 mm, lo scostamento deve essere indicato dopo la dimensione nominale.

Scostamenti limite ammessi per dimensioni lineari, esclusi smussi e raccordi per eliminazione di spigoli (valori in mm)





## Tolleranze geometriche generali UNI EN 22768-2:1996

---

Le tolleranze geometriche generali per elementi isolati:

- rettilineità,
- planarità,
- circolarità.

Le tolleranze geometriche generali per elementi associati:

- parallelismo,
- perpendicolarità,
- simmetria,
- oscillazione circolare.

Le tolleranze geometriche generali **non** si applicano alle seguenti caratteristiche geometriche:

- cilindricità,
- forma di una linea qualunque,
- forma di una superficie qualunque,
- inclinazione,
- coassialità,
- localizzazione,
- oscillazione totale.

Sono fornite tre classi per le tolleranze geometriche generali, (designate attraverso le lettere maiuscole H, K, L)



## Tolleranze Geometriche Generali UNI EN 22768-2:1993

---

La norma specifica le tolleranze geometriche generali per le caratteristiche prive di indicazioni di tolleranze geometriche specifiche.

Essa prevede **tre** gradi di precisione di tolleranze geometriche ed ha lo scopo di:

1. **semplificare le indicazioni sui disegni** riguardanti le tolleranze geometriche e di
2. **indirizzare i progettisti** alla scelta della classe di tolleranza ottenibile con macchine o tecnologie correnti

Una prescrizione di tolleranza più ampia non arreca alcun vantaggio al costruttore



## Tolleranze Geometriche Generali UNI EN 22768-2:1993

Quando la funzione dell'elemento ammette una tolleranza uguale o più ampia delle tolleranze geometriche generali, la stessa tolleranza **non va indicata** accanto alla quota, ma è sufficiente indicarla sul disegno.

Questo tipo di tolleranza permette la completa applicazione del concetto di tolleranze geometriche generali.

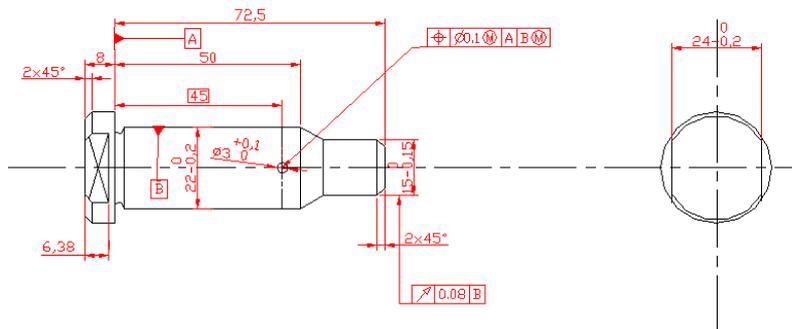
Fa eccezione alla regola il caso in cui la funzione dell'elemento ammetta una tolleranza più ampia della tolleranza generale, che permetta di realizzare un'economia nella produzione.



In questo caso particolare la tolleranza più ampia **deve essere indicata** singolarmente vicino alla relativa caratteristica (per esempio, la tolleranza di circolarità di un grande anello di piccolo spessore).



## Tolleranze Geometriche Generali UNI EN 22768-2:1993



Tolleranze generali secondo ISO 2768 - mH



Il superamento della tolleranza generale non dovrebbe dare  
origine allo scarto della produzione  
se la sua funzionalità non è compromessa

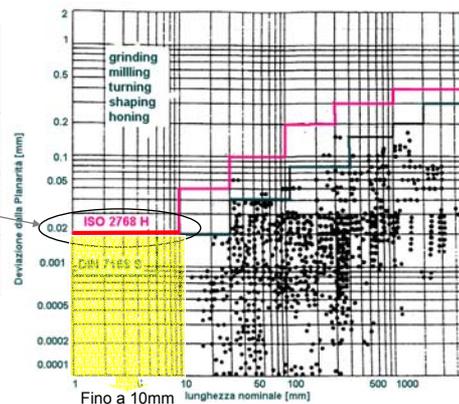


### Rettilineità e Planarità

Le tolleranze di planarità e di rettilineità sono specificate nella tabella seguente.  
Quando una tolleranza è scelta tra quelle in tabella, deve essere riferita:

- 1 - per la rettilineità, alla **lunghezza della linea corrispondente**;
- 2 - per la planarità, alla **più grande dimensione laterale della superficie** o del **diametro** nel caso di superficie circolare.

Classe di tolleranz.	Fino a 10	Oltre 10 fino a 30	Oltre 30 fino a 100	Oltre 100 fino a 300	Oltre 300 fino a 1000	Oltre 1000 fino a 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6



Rappresentazione dell'errore di planarità in funzioni delle dimensioni nominali del pezzo



## Circolarità

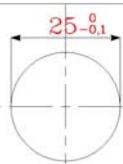
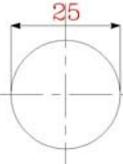
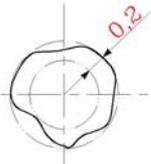
La tolleranza generale di circolarità è uguale, in valore numerico, alla tolleranza sul diametro, ma in nessun caso deve essere più grande del corrispondente valore della tolleranza di oscillazione circolare radiale

Tolleranza di circolarità =  
Tolleranza dimensionale

Tolleranza di circolarità ≤  
Tolleranza di oscillazione  
circolare radiale

Quindi i valori numerici delle tolleranze di oscillazione radiale sono stati presi come limiti superiori delle tolleranze generali di circolarità

K, 25 mm = 0,2 (osc. cir. rad.)  
m, 25 mm => ±0,2 (0,4)

INDICAZIONE DEL DISEGNO	ZONA DI TOLLERANZA CIRCOLARE
 <p>Tolleranze generali UNI ISO 2768-K</p>	
 <p>Tolleranze generali UNI ISO 2768-mK</p>	

La lettera m indica la classe di tolleranza media per gli scostamenti limite, per le tolleranze dimensionali e per dimensioni lineari

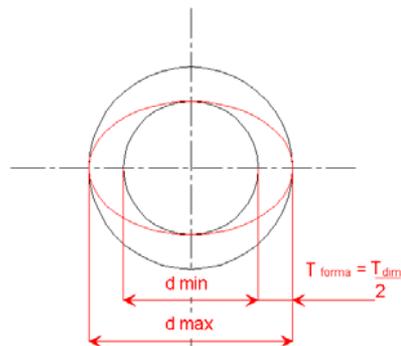


## Circolarità

La tolleranza sul diametro e la forma della deviazione dalla circolarità definiscono se la deviazione dalla circolarità può occupare tutta o una porzione della zona di tolleranza.

Nel caso di una forma ellittica, la deviazione può solamente occupare metà del valore numerico della zona di tolleranza, altrimenti la dimensione locale potrebbe uscire dalla zona di tolleranza.

Forma ellittica



## Cilindricità (non stabilite)

Cilindricità  $\cong$  circolarità + rettilineità + parallelismo

Lo scostamento di cilindricità comprende i tre seguenti scostamenti: scostamento di circolarità, scostamento di rettilineità dell'asse, scostamento di parallelismo delle generatrici opposte.

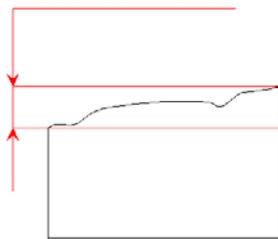
Ciascuno di questi scostamenti è limitato da proprie tolleranze specifiche o da una tolleranza generale.

Se la funzionalità dell'oggetto richiede una tolleranza di cilindricità minore allora bisogna indicarlo sull'elemento geometrico.



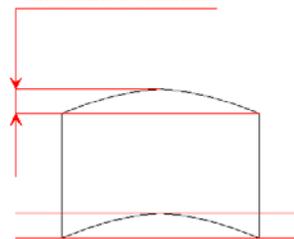
## Parallelismo

Tolleranza dimensionale



Scostamento di parallelismo uguale al valore numerico della tolleranza dimensionale.

Mancanza di rettilineità



Scostamento di parallelismo uguale al valore numerico della tolleranza generale di rettilineità

La tolleranza di parallelismo è uguale, in valore numerico, alla tolleranza dimensionale o alla tolleranza di planarità, **assumendo il valore più grande.**

Parallelismo = massimo(tolleranza dimensionale, tolleranza di planarità)

Si prende come riferimento la superficie più grande



## Perpendicolarità

Classe di tolleranza	$\leq 100$	$>100$ $\leq 300$	$>300$ $\leq 1000$	$>1000$ $\leq 3000$
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

Tolleranze generali di perpendicolarità (valori in mm).

Deve essere preso come riferimento **il maggiore dei due lati formanti l'angolo retto** ma, se i lati hanno lunghezza nominale uguale, può essere preso come riferimento uno qualsiasi.

La zona di tolleranza limita anche lo scostamento di rettilineità o di planarità e l'oscillazione assiale degli elementi in tolleranza. Perciò la tolleranza generale di perpendicolarità non deve essere più piccola della tolleranza generale di planarità e quella di oscillazione assiale.

Perpendicolarità  $\geq$  planarità, oscillazione assiale (circolare e totale)



## Simmetria

Le tolleranze generali di simmetria si applicano quando:

- 1 - almeno due elementi del pezzo hanno un piano mediano di complanarità;
- 2 - gli assi di due elementi del pezzo sono coassiali tra loro;

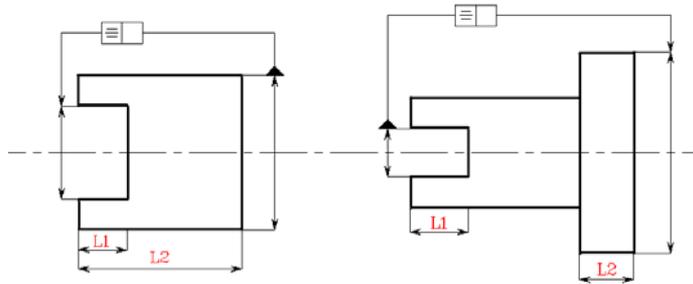
Classe di tolleranza	$\leq 100\text{mm}$	$>100\text{mm}$ $\leq 300\text{mm}$	$>300\text{mm}$ $\leq 1000\text{mm}$	$>1000\text{mm}$ $\leq 3000\text{mm}$
H	0,5			
K	0,6		0,8	1
L	0,6	1	1,5	2

La zona di tolleranza di simmetria limita lo scostamento di planarità del piano mediano, e nello stesso tempo non deve essere inferiore alla tolleranza di rettilineità (quindi limita anche la rettilineità dell'asse).



## Simmetria

Deve essere preso come riferimento l'elemento maggiore; se gli elementi hanno lunghezza nominale uguale può essere preso come riferimento uno qualsiasi.



Riferimento elemento maggiore L2 Riferimento elemento maggiore L1

NOTA: l'indicazione del riferimento come riportata in figura NON è conforme alla nuova ISO 1101:2004 poiché non identifica il riferimento mediante lettera.



## Coassialità e Concentricità (non stabilite)

Lo scostamento di concentricità, in casi estremi, può essere grande quanto il valore della tolleranza di oscillazione radiale, dal momento che lo scostamento di oscillazione radiale può considerarsi come l'effetto congiunto dello scostamento di concentricità e quello di circolarità.

Analogamente lo scostamento di coassialità può essere grande quanto il valore della tolleranza di oscillazione radiale totale, dal momento che lo scostamento di oscillazione radiale totale può considerarsi come l'effetto congiunto dello scostamento di coassialità e quello di cilindricità.

Oscillazione radiale (circolare o totale)  $\cong$  coassialità o concentricità +  
cilindricità o circolarità



## Oscillazione Circolare

---

Le tolleranze generali di oscillazione circolare (radiale, assiale e di superfici qualunque di rivoluzione) sono indicate nella tabella.

Per le tolleranze generali di oscillazione circolare, le superfici portanti (sedi dei cuscinetti) devono essere prese come riferimento solo se esse sono state disegnate come tali; negli altri casi deve essere preso in considerazione l'**elemento più lungo**; se gli elementi hanno lunghezza nominale uguale, può essere preso come riferimento uno qualsiasi.

Classe di tolleranza	Tolleranza di oscillazione radiale
H	0,1
K	0,2
L	0,5

Tolleranze generali di oscillazione radiale (valori in mm).



## Oscillazione totale (non stabilite)

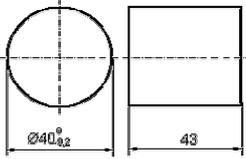
---

L'oscillazione radiale totale consiste in tre componenti: scostamento di oscillazione radiale, scostamento di rettilineità delle generatrici e di parallelismo.

L'oscillazione assiale totale consiste in due componenti: scostamento di oscillazione assiale e scostamento dalla planarità.

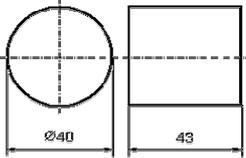


## Esempi

Indicazione sul disegno	Interpretazione
 <p data-bbox="312 602 673 657">Tolleranze secondo <b>ISO 8015</b> Tolleranze generali <b>ISO 2768-mL</b></p>	<p data-bbox="705 242 1063 414">Lo scostamento del diametro è indicato direttamente nel disegno tecnico; perciò le tolleranze generali si applicano solamente alla lunghezza del cilindro e alla forma dello stesso.</p> <p data-bbox="705 414 1049 498">La tolleranza generale sulla lunghezza del cilindro è 0,6 mm (scostamento di <math>\pm 0,3</math> mm)</p> <p data-bbox="705 498 1085 642">La tolleranza generale di circolarità è uguale alla tolleranza del diametro. Per le tolleranze di forma 3D e orientamento si veda in precedenza.</p>



## Esempi

Indicazione sul disegno	Interpretazione
 <p data-bbox="289 1594 642 1648">Tolleranze secondo <b>ISO 8015</b> Tolleranze generali <b>ISO 2768-cK</b></p>	<p data-bbox="668 1175 1104 1403">Tolleranze generali in accordo con l'applicazione della ISO 2768-cK. La tabella fornisce uno scostamento per il diametro di <math>\pm 0,8</math> mm (tolleranza generale 1,6 mm) ma la tolleranza di oscillazione permessa è di soli 0,2 mm, perciò viene applicato quest'ultimo valore al diametro</p> <p data-bbox="668 1403 1101 1486">La tolleranza generale sulla lunghezza del cilindro è di 1,6 mm (scostamento di <math>\pm 0,8</math> mm).</p> <p data-bbox="668 1486 1071 1548">La tolleranza generale di circolarità è pari a quella di oscillazione (0,2 mm).</p> <p data-bbox="668 1548 1107 1610">La tolleranza generale di rettilineità della generatrice del cilindro è di 0,2 mm.</p>

