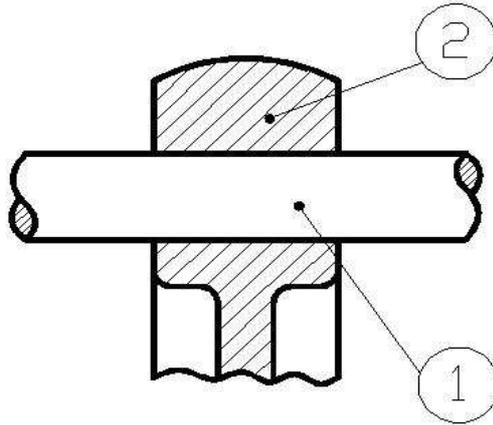


# Metrologia

Nel montaggio dei particolari meccanici è importante tener conto dell'accoppiamento.

Si ha accoppiamento quando un particolare è contenuto nell'altro.

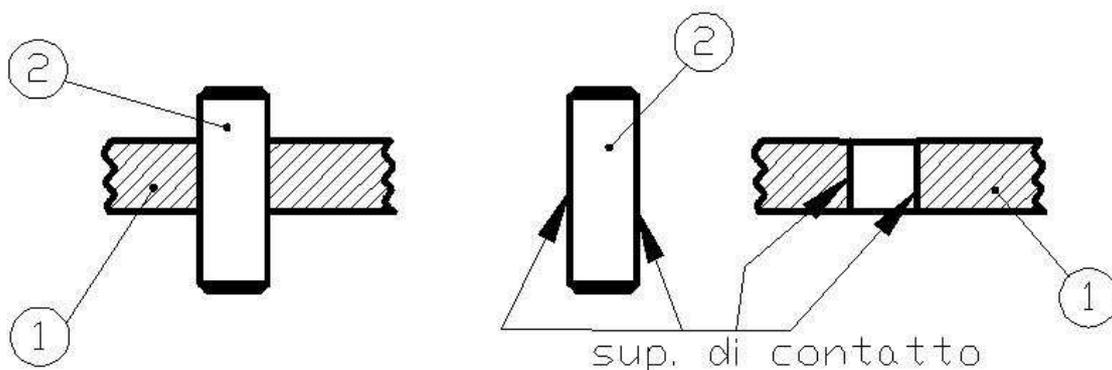


L'elemento che è contenuto nell'altro è detto elemento interno.

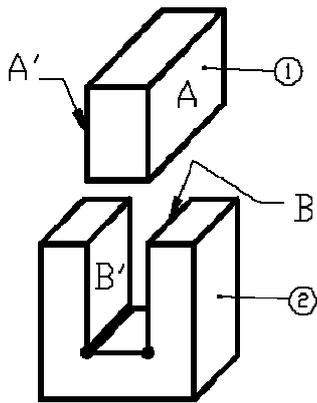
L'elemento che contiene l'altro è detto elemento esterno.

In qualsiasi accoppiamento l'elemento interno è detto albero mentre l'elemento esterno prende il nome di foro.

L'albero ed il foro vengono a contatto tra di loro su determinate superfici che prendono il nome di superfici di contatto.



I termini di foro e albero si applicano anche ad elementi rispettivamente esterni ed interni di accoppiamenti prismatici.



**Particolare 1** è l'albero

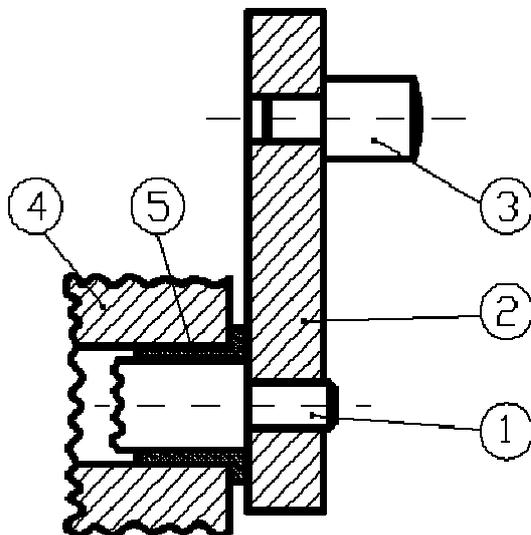
A - A' sono le superfici di contatto

**Particolare 2** è il foro

B - B' sono le superfici di contatto

- Quando tra l'albero e il foro di un accoppiamento si ha mobilità relativa l'accoppiamento si dice con gioco.
- Quando tra l'albero e il foro di un accoppiamento non esiste mobilità relativa l'accoppiamento si dice con interferenza.

Gli accoppiamenti con interferenza sono utilizzati per rendere solidali tra loro i particolari.



Particolare 1 ⇒ perno di banco

Particolare 2 ⇒ fianco della manovella

Particolare 3 ⇒ perno di manovella

Particolare 4 ⇒ basamento

Particolare 5 ⇒ cuscinetto

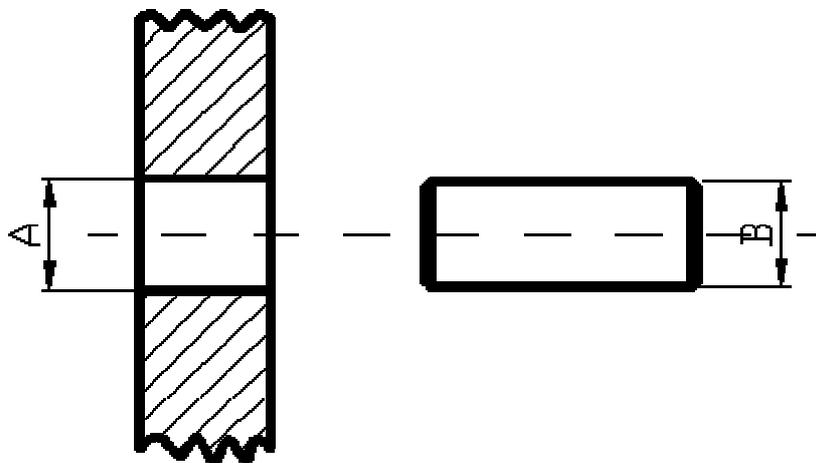
La dimensione è il numero che esprime, in una data unità di misura, il valore della lunghezza che caratterizza l'elemento selezionato.

La dimensione rilevata misurando direttamente il pezzo prende il nome di dimensione effettiva.

In un accoppiamento il contatto fra albero e foro avviene lungo le superfici di contatto.

Si comprende quindi facilmente la necessità, per avere un accoppiamento con le caratteristiche volute (cioè gioco o interferenza), di stabilire la distanza fra le superfici di contatto di ciascun elemento.

In un accoppiamento sono perciò fondamentali le dimensioni che determinano le distanze tra le superfici di contatto.



Nell'accoppiamento in figura le dimensioni fondamentali sono:

- il diametro interno  $A$  del foro
- il diametro esterno  $B$  dell'albero.

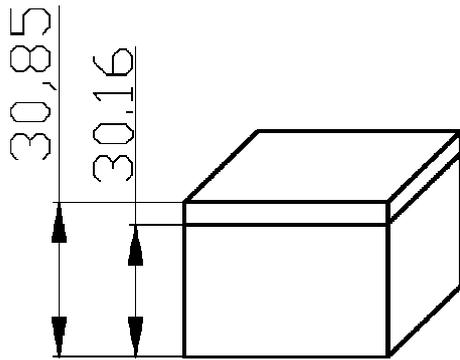
Le tecnologie di produzione sono tali per cui, data una serie di pezzi prodotti e misurati con le stesse apparecchiature e con gli stessi procedimenti, le dimensioni effettive corrispondenti non sono uguali fra di loro.

Per garantire la funzionalità dell'accoppiamento occorre che la dimensione effettiva dell'elemento abbia un valore compreso fra due valori estremi.

Tali valori prendono il nome di **dimensioni limiti**.

Delle due dimensioni limiti una avrà ovviamente valore inferiore e l'altra valore superiore.

Alla dimensione con valore inferiore si dà il nome di dimensione **minima** e alla dimensione con valore superiore si dà il nome di dimensione **massima**.



30,85 mm è la dim massima  
30,15 mm è la dimensione minima

Un particolare meccanico è accettabile, agli effetti della funzionalità dell'accoppiamento, se la sua dimensione effettiva è compresa fra le dimensioni limiti, cioè:

➤ dimensione effettiva minore della dimensione massima e maggiore della dimensione minima.

$$D \min < D \text{ eff} < D \max$$

Esempio:

Dim massima = 50,153 mm

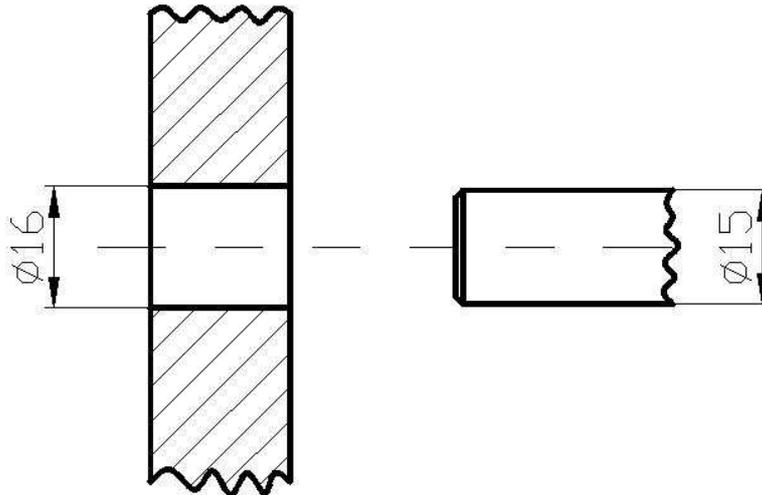
Dim minima = 50,080 mm

Dim effettiva = 50,171 mm ⇒ NON ACCETTABILE

= 50,091 mm ⇒ accettabile

Sui disegni le dimensioni sono indicate con una quota che verrà interpretata come un riferimento per la dimensione effettiva.

Nel caso di un accoppiamento generalmente sul disegno le distanze tra le superfici di contatto si indicano con lo stesso valore della quota sia dell'albero sia del foro.



Le quote caratteristiche di un accoppiamento vengono dette dimensioni **nominali** e sono di riferimento per le dimensioni limiti.

Dobbiamo perciò tener conto dello **scostamento**.

Lo scostamento è la differenza algebrica fra una data dimensione e la dimensione nominale corrispondente.

Lo scostamento in valore e segno ci indica quanto la dimensione osservata è lontana dalla dimensione nominale corrispondente.

Così lo **scostamento effettivo** è la differenza algebrica tra la dimensione effettiva e la dimensione nominale corrispondente.

$$Ee = De - Dn$$

$Ee$  = Scostamento effettivo

$De$  = Dimensione effettiva

$Dn$  = Dimensione nominale

Analogamente si definisce **scostamento superiore** la differenza algebrica fra la dimensione massima e la dimensione nominale.

$$Es = Dmax - Dn$$

$Es$  = Scostamento superiore

$Dmax$  = Dimensione massima

$Dn$  = Dimensione nominale

Infine si definisce **scostamento inferiore** la differenza algebrica fra la dimensione minima e la dimensione nominale.

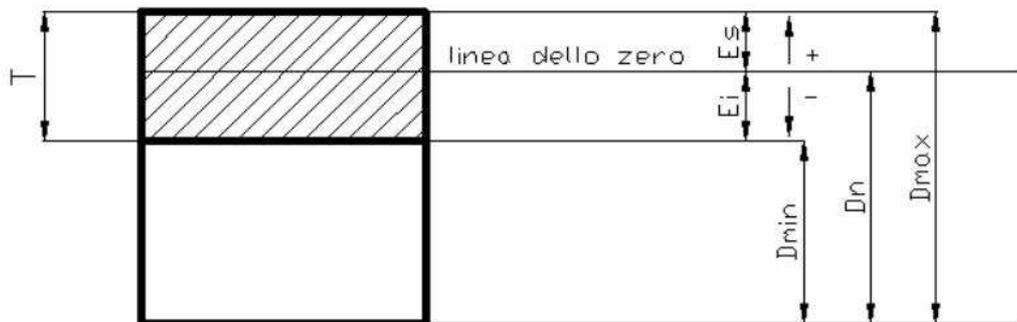
$$E_i = D_{\min} - D_n$$

$E_i$  = Scostamento inferiore

$D_{\min}$  = Dimensione minima

$D_n$  = Dimensione nominale

La linea che rappresenta la dimensione nominale prende il nome di **linea dello zero**.



Gli scostamenti sono quantità dotate di segno; alla rappresentazione grafica è associato convenzionalmente un segno.

Gli scostamenti al di sopra della linea dello zero sono considerati positivi; quelli di sotto sono considerati negativi.

Un elemento di accoppiamento è accettabile se la sua dimensione effettiva è compresa fra la dimensione massima e la dimensione minima. La dimensione massima e minima forniscono quindi l'intervallo entro il quale può oscillare senza inconvenienti la dimensione effettiva; questo intervallo prende il nome di **tolleranza**.

$$T = D_{\max} - D_{\min}$$

La relazione tra scostamenti e tolleranza sarà perciò:

$T = D_{\max} - D_{\min}$ , essendo  **$D_{\max} = D_n + E_s$**  e  **$D_{\min} = D_n + E_i$** , risulta:

$$T = (Dn + Es) - (Dn + Ei) = Dn + Es - Dn - Ei = Es + Ei$$

Le tolleranze di fabbricazione sono state introdotte con un duplice scopo:

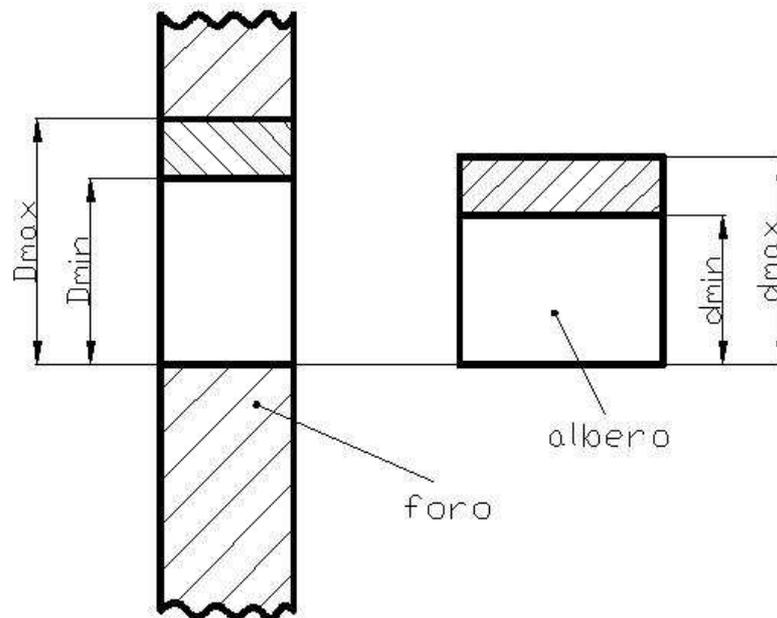
1. assegnare all'operatore ed alla macchina un adeguato margine di errore nella realizzazione di una certa dimensione;
2. garantire l'intercambiabilità dei pezzi.

Il raggruppamento sistematico di particolari valori di tolleranze prende il nome di **sistema di tolleranze**.

In Italia il primo sistema di tolleranze fu introdotto nel 1920 e fino al 1940 non vi fu un sistema internazionale.

Dal 1968 è in vigore il sistema ISO di tolleranze (International Standardising Organisations).

La rappresentazione schematica della tolleranza è la seguente:



Più piccola è la tolleranza, cioè più vicine sono le dimensioni massima e la dimensione minima, più accurata è la lavorazione .

Se al contrario la tolleranza aumenta, cioè sono più distanti le dimensioni limite, meno accurata è la lavorazione.



La tolleranza  $T_1$  è più piccola della tolleranza  $T_2$ , di conseguenza la lavorazione del particolare 1 è più accurata che nel particolare 2.

Nel sistema ISO di tolleranze l'accuratezza della lavorazione prende il nome di **qualità**.

Se due elementi vengono ottenuti con la stessa accuratezza essi hanno qualità uguali.

Il sistema ISO considera un insieme definito di qualità.

Ciascuna qualità è espressa da un numero preceduto dalle lettere IT.

I numeri sono 01, 0, 1, 2, 3, ... fino a 17 dove ognuno rappresenta un particolare grado di qualità.

L'indicazione completa sarà perciò:

### **IT01, IT0, IT1, IT2, .... FINO A IT17**

E' stato convenuto di associare a ciascun numero una diversa qualità, decrescente nel senso dei numeri crescenti, ovvero a numero più piccolo corrisponde una qualità più elevata.

Ad esempio la qualità IT8 è migliore della qualità IT10.

Quindi più il numero che indica la qualità è piccolo più la lavorazione è precisa.

Qualità tra:

- IT1 e IT4 per lavorazioni di calibri extraprecisi
- IT5 e IT11 per accoppiamenti meccanici
- IT12 e IT17 per parti non soggette ad accoppiamenti

L'accuratezza della lavorazione deve tener conto anche della dimensione nominale.

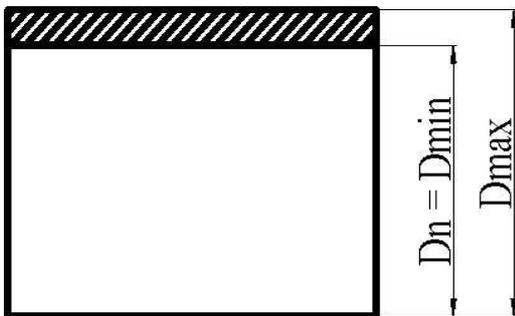
A parità di accuratezza di lavorazione con dimensioni più grandi corrispondono tolleranze maggiori.

Nel sistema ISO il campo di tolleranza è definito in base alla qualità di lavorazione (IT) e secondo gruppi di dimensioni.

	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3
Da 1 a 3 mm				↓	
3 a 6 mm	—————→			1,5	
6 a 10 mm					

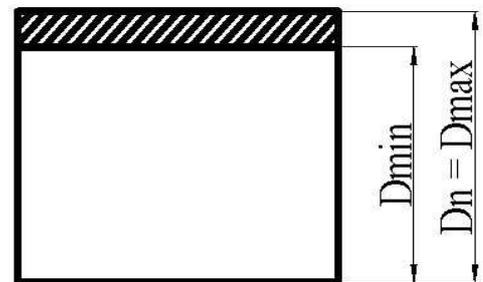
Per 5 mm IT2 la tolleranza è di 1,5  $\mu\text{m}$ .

N.B.: I valori nelle tabelle sono sempre espressi in  $\mu\text{m}$ .



$$D_n = D_{min} = 30\text{mm}$$

$$D_{max} = 30,125\text{ mm}$$



$$D_{min} = 29,875\text{ mm}$$

$$D_n = D_{max} = 30\text{ mm}$$

La dimensione nominale è la stessa  $D_n = 30\text{ mm}$  per entrambi i particolari, così pure la tolleranza

$$\mathbf{T = D_{max} - D_{min} = 0,125\text{ mm}}$$

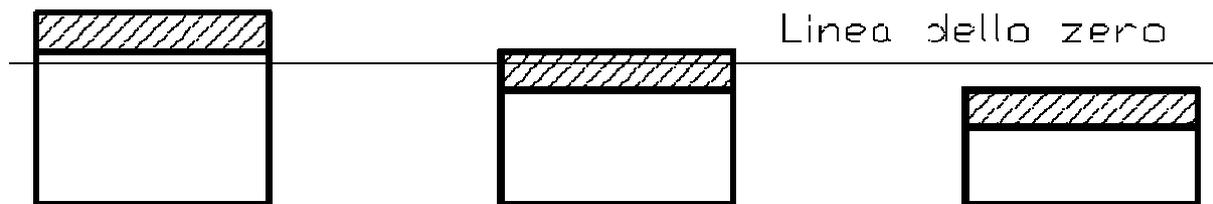
Fra i due casi c'è però una differenza sostanziale: cambia la posizione della tolleranza rispetto alla dimensione nominale.

Anche nel sistema ISO, nella rappresentazione grafica, la linea che rappresenta la dimensione nominale viene detta linea dello zero.

Nel caso precedente la prima tolleranza è sopra la linea dello zero, mentre l'altra è tutta al di sotto.

E' necessario quindi definire oltre il valore della tolleranza anche come la tolleranza è disposta rispetto alla dimensione nominale.

Occorre precisare la posizione del campo di tolleranza rispetto alla dimensione nominale.



La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero nel sistema ISO viene indicata mediante simboli letterari.

Le lettere:

- **maiuscole** si usano nel caso dei fori;
- **minuscole** si usano nel caso degli alberi.

La posizione della tolleranza dei fori:

- **H** fori in cui la dimensione minima è uguale a quella nominale
- da **A** a **G** Dmin al di sopra della linea dello zero
- da **P** a **Zc** al di sotto della linea dello zero
- **Js** le dimensioni limite sono simmetriche alla linea dello zero
- Da **J** a **N** la Dmax varia rispetto allo zero in funzione della qualità

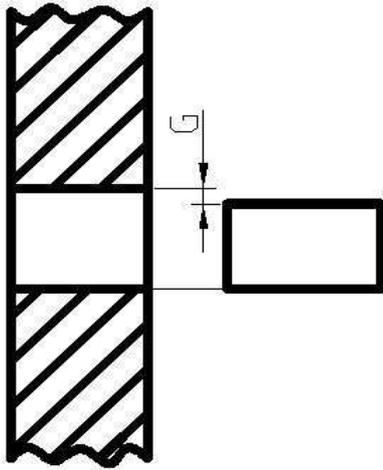
La posizione della tolleranza degli alberi:

- **h** alberi in cui la dmax è sulla linea dello zero
- da **a** a **g** la dmax è al di sotto della linea dello zero
- da **m** a **zc** la dmin è al di sopra della linea dello zero
- **js** le dimensioni limite sono simmetriche
- da **j** a **k** la dmin varia in funzione della qualità.

Lo scostamento fondamentale è lo scostamento che dà la posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero; è lo scostamento più vicino alla linea dello zero e per ogni posizione rimane costante pur variando la qualità.

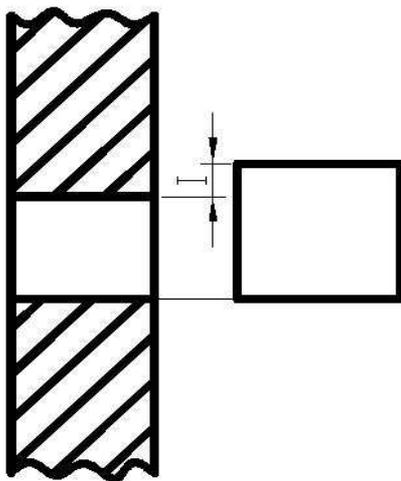
Il sistema ISO di tolleranze prevede dei sistemi di accoppiamento per ottenere delle determinate funzioni: di gioco o interferenza.

Per ottenere la condizione di gioco la dimensione effettiva del foro deve essere maggiore della dimensione effettiva dell'albero.



**De foro > De albero**

Per ottenere la condizione di interferenza la dimensione effettiva del foro deve essere minore della dimensione effettiva dell'albero.



**De foro < De albero**

Quando si esamina un disegno per rendersi conto se un dato accoppiamento è con gioco o interferenza si devono confrontare le dimensioni limiti.

Si dovranno fare due differenze:

$$\mathbf{D_{max} (foro) - d_{min} (albero) =}$$

$$\mathbf{D_{min} (foro) - d_{max} (albero) =}$$

Quando il risultato della differenza è positivo abbiamo **gioco** mentre se il risultato è negativo abbiamo **interferenza**.

Precisamente:

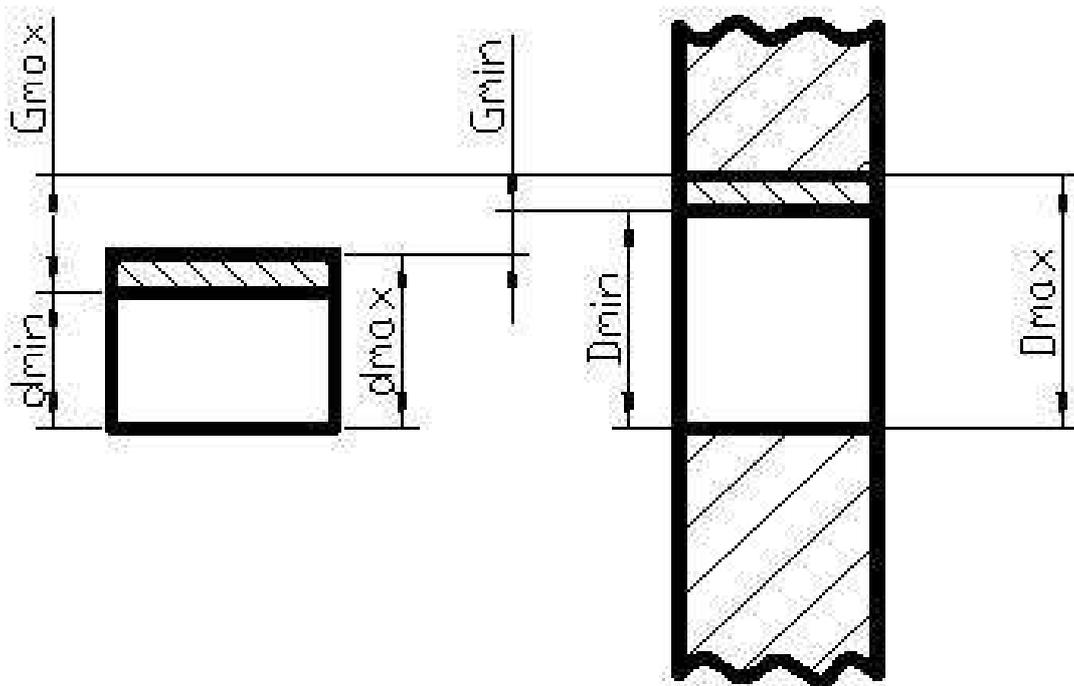
$$D_{\max} \text{ foro} - d_{\min} \text{ albero} = +G_{\max} - I_{\min}$$

$$D_{\min} \text{ foro} - d_{\max} \text{ albero} = +G_{\min} - I_{\max}$$

Si possono riscontrare tre tipi di accoppiamento:

- Libero (gioco)
- Incerto
- Piantato (interferenza)

Abbiamo un accoppiamento **libero** quando entrambe le differenze sono positive cioè quando otteniamo  $G_{\max}$  e  $G_{\min}$ .



Abbiamo un accoppiamento **incerto** quando la prima differenza è positiva e la seconda è negativa, cioè se otteniamo  $G_{\max}$  e  $I_{\max}$ .

