

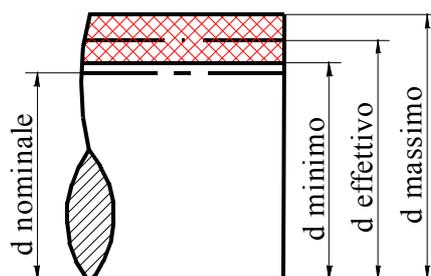
TOLLERANZE DI LAVORAZIONE

Ad ogni elemento di un pezzo meccanico viene assegnata una dimensione nominale, che però difficilmente sarà rispettata in quanto le normali lavorazioni sono sempre affette da errori più o meno grandi.

Esiste inoltre il problema della impossibilità di conoscere l'effettiva dimensione a causa degli errori misura, sia accidentali che sistematici.

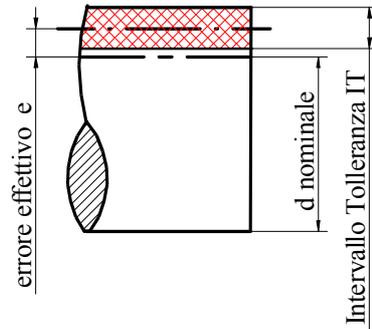
Considerando un certo numero di alberi prodotti in serie, questi dovrebbero avere tutti lo stesso diametro: quello nominale, si trova invece che ogni albero ha una sua misura, più o meno prossima a quella desiderata.

Ordinando, in modo crescente, i valori, si definirà un intervallo che conterrà tutte le misure trovate.



Gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo sono definiti diametro massimo e diametro minimo.

Costruendo altri alberi questi avranno un diametro effettivo che si posizionerà nell'intervallo.

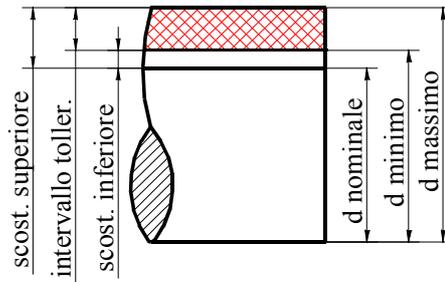


Si definisce intervallo di tolleranza IT la grandezza

$$IT = d_{\max} - d_{\min}$$

Ponendo come d_e il diametro effettivo e d_{nom} quello nominale si definisce come scostamento la quantità

$$e = d_e - d_{\text{nom}}$$



Sostituendo il diametro effettivo con quello massimo e con il minimo si ottengono rispettivamente lo scostamento superiore e lo scostamento inferiore

$$e_{\text{sup}} = d_{\max} - d_{\text{nom}} \quad e_{\text{inf}} = d_{\min} - d_{\text{nom}}$$

gli scostamenti possono assumere sia valori positivi che negativi compreso il valore nullo,

Si ricava:

$$IT = e_{\text{sup}} - e_{\text{inf}}$$

Quanto detto per l'albero può essere ripetuto anche per un foro.

Per distinguere immediatamente tra i due casi il diametro del foro e tutte le grandezze che lo riguardano sono scritte con lettere maiuscole, per cui si ha:

$$E_{\text{sup}} = D_{\text{max}} - D_{\text{non}} \qquad E_{\text{inf}} = D_{\text{min}} - D_{\text{non}} \qquad IT = E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}$$

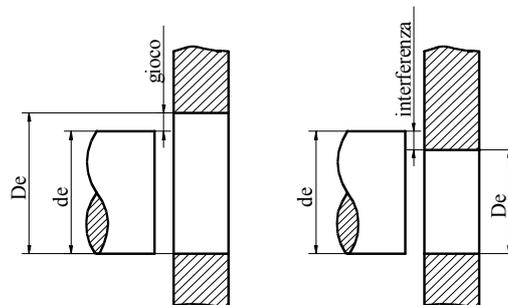
Per l'albero si utilizzano i caratteri minuscoli

Accoppiamento

Le sezioni di un albero devono essere alloggiare in un foro avente, in progetto, il medesimo diametro nominale, i diametri effettivi invece, difficilmente saranno uguali.

Oltre alla uguaglianza, si possono avere due casi:

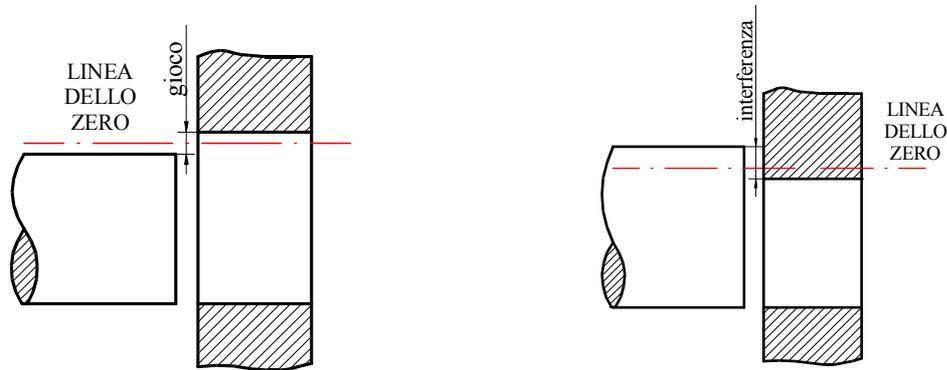
- il diametro del foro è maggiore di quello dell'albero, si dirà che c'è gioco,
- il diametro dell'albero è maggiore di quello del foro in questo caso si parla di interferenza,



un accoppiamento con gioco si dice libero,
un accoppiamento con interferenza si dice forzato.

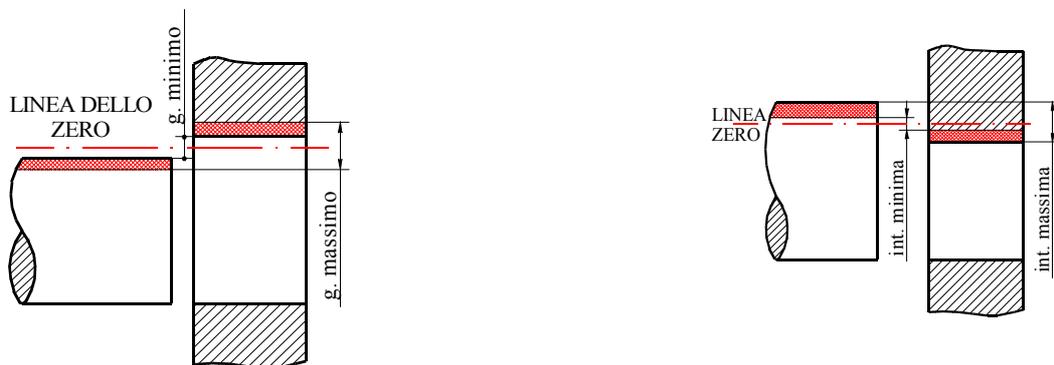
Premesso che che quanto detto per albero o per il foro vale anche per un qualunque accoppiamento dove un vuoto deve essere riempito da un pieno.

Nelle figure il diametro nominale sarà definito da una linea chiamata linea dello zero.



Nella valutazione di un accoppiamento si deve tener conto delle tolleranze previste, sia per l'albero che per il il foro.

Non ci sarà mai un solo gioco o una sola interferenza, esisteranno degli intervalli all'interno dei quali essi si posizioneranno, gli estremi definiranno i valori massimi e minimi sia del gioco e che dell'interferenza.



È possibile facilmente ricavare questi valori.

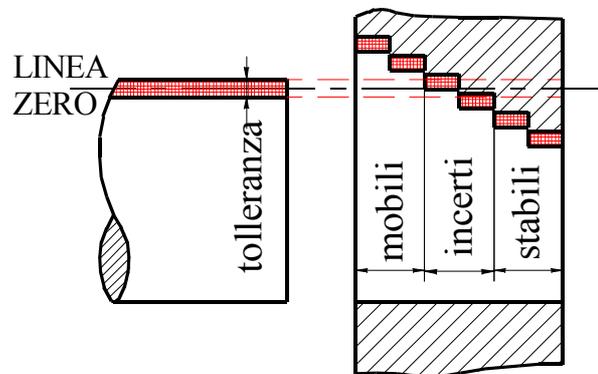
$$G_{min} = D_{min} - d_{max}$$

$$G_{max} = D_{max} - d_{min}$$

$$I_{min} = d_{min} - D_{max}$$

$$I_{max} = d_{max} - D_{min}$$

Si potranno avere accoppiamenti con sempre gioco, accoppiamenti con sempre interferenza ed accoppiamenti incerti tali cioè da poter avere a seconda del caso sia gioco che interferenza

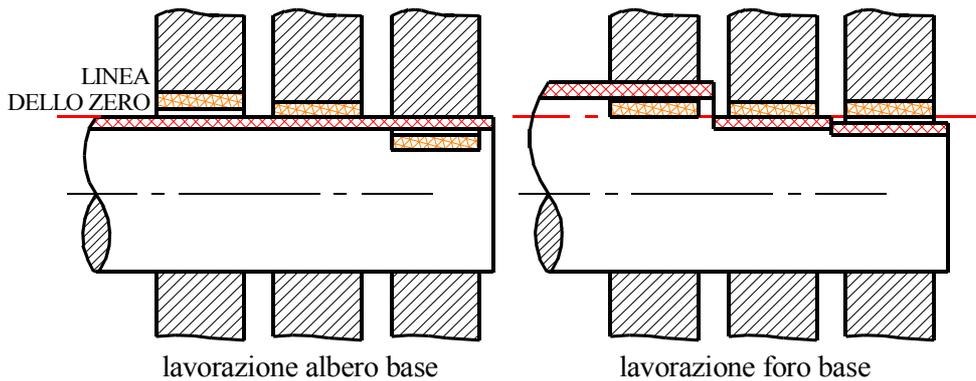


Albero base e foro base

Dovendo utilizzare un albero su cui devono essere calettati degli organi meccanici, alcuni con gioco, altri con interferenza è possibile impostare le tolleranze dei vari organi seguendo due diverse metodologie

- *albero base*: l'albero viene lavorato in modo che la sua tolleranza abbia come estremo superiore il diametro nominale, i giochi e le interferenze si ottengono assegnando ai vari fori le opportune tolleranze
- *foro base*: i vari fori sono lavorati in modo che tutti i diametri minimi coincidono con il diametro nominale, gli eventuali giochi o interferenze sono determinati dalle tolleranze dell'albero.

Tra i due metodi si sceglie quello che permette una lavorazione più rapida ed economica.



Si deve tenere presente che a parità di lavorazione risulta meno costosa quella fatta sull'albero.

LA NORMATIVA

La norma che tratta le tolleranze è la UNI EN 20286 del 1985 essa è composta da un insieme di tabelle che permettono di individuare i più opportuni valori della tolleranza e degli scostamenti.

I gradi di tolleranza

- ci sono 19 gradi di tolleranza, si va da IT01 al IT17,
- ogni IT indica una qualità di lavorazione,
- si hanno qualità migliori con IT più piccoli,
- gli IT da 1 a 5 si utilizzano per lavorazioni precise,
- gli IT da 5 a 12 sono per le lavorazioni medie che si impiegano per i normali accoppiamenti,
- gli IT da 13 a 17 sono lavorazioni grossolane, utilizzate per pezzi isolati.

La tabella che segue riporta parte della tabella della norma.

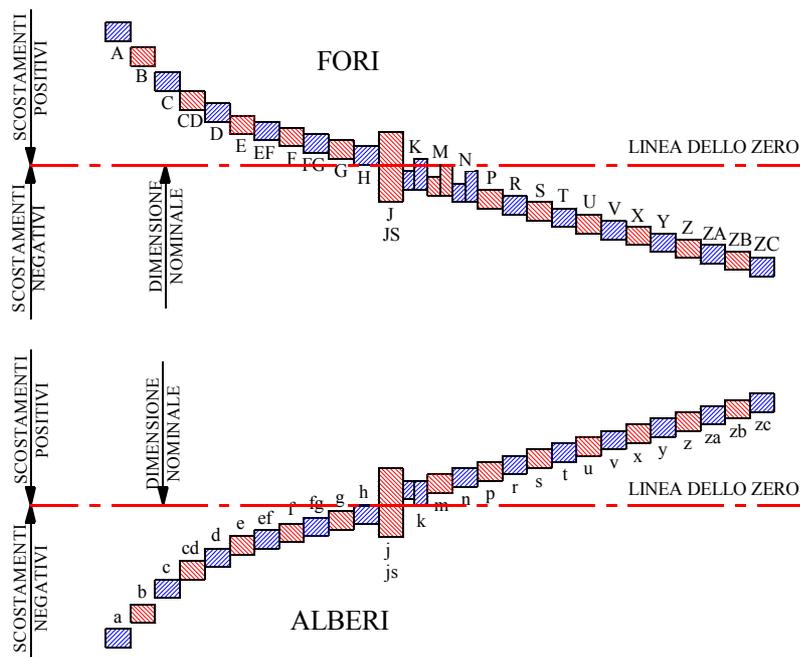
Valori numerici delle tolleranze fondamentali in μm (UNI EN 20286 del 1995)																		
Gruppi di dimensioni in mm	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	
Da 1 a 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	---	
Oltre 3 a 6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	---	
Oltre 6 a 10	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	
Oltre 10 a 18	1,2	2,0	3,0	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	
Oltre 18 a 30	1,5	2,5	4,0	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
Oltre 30 a 50	1,5	2,5	4,0	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
Oltre 50 a 80	2,0	3,0	5,0	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
Oltre 80 a 120	2,5	4,0	6,0	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	

Le dimensioni delle tolleranze, definite in micrometri, si ricavano tenendo conto anche delle dimensioni degli alberi una tolleranza di $6 \mu\text{m}$ è considerata media per i diametri da 1 a 3 mm è invece precisa per diametri da 80 a 120 mm

Gli scostamenti

- gli scostamenti sono designati con delle lettere, maiuscole per i fori e minuscole per gli alberi,
- le tabelle forniscono uno solo dei due scostamenti, l'altro si ricava dopo avere definito la tolleranza.
- si definisce scostamento fondamentale o base, quello riportato dalle tabelle
- gli scostamenti fondamentali individuati alla lettera **h** sia per l'albero che per i fori hanno valore nullo

il diagramma che segue riporta l'andamento degli scostamenti



Dal diagramma si può ricavare che

• per gli alberi

- gli scostamenti da **a** a **g** sono negativi, sono cioè situati al di sotto della linea nominale,
- gli scostamenti da **k** a **zc** si hanno invece scostamenti positivi,
- per la **j** il campo di tolleranza è attraversato dalla linea dello zero,
- lo scostamento **js** da la tolleranza centrata perfettamente sullo 0 si ha

$$e_s = -e_i = \frac{IT}{2}$$

• per i fori,

- sono positivi gli scostamenti da **A** a **G**
- sono e negativi quelli che vanno da **M** a **ZC**
- **J** e **K** hanno il campo di tolleranza attraversato dalla linea nominale,

- per **Js** si ha $E_s = -E_i = \frac{IT}{2}$.

Scegliendo opportunamente il campo della tolleranza e la posizione degli scostamenti si possono avere accoppiamenti con gioco, con interferenza o incerti.

come esempio si determinare l'accoppiamento $\text{Ø } 35 \text{ H7 / f6}$

Si inizia valutando gli elementi delle tolleranza dell'albero di diametro $\text{Ø } 35 \text{ f7}$

Dalle tabelle

$$IT = 16 \text{ } \mu\text{m} = 0,016 \text{ mm} \quad e_{\text{sup}} = -25 \text{ } \mu\text{m} = -0,025 \text{ mm}$$

$$e_{\text{inf}} = e_{\text{sup}} - IT = -0,025 - 0,016 = -0,041 \text{ mm}$$

$$d_{\text{max}} = d_{\text{non}} + e_{\text{sup}} = 35 + (-0,025) = 34,975 \text{ [mm]}$$

$$d_{\text{min}} = d_{\text{non}} + e_{\text{inf}} = 35 + (-0,041) = 34,959 \text{ [mm]}$$

per il foro avente $\text{Ø } 35 \text{ H7}$ si avrà.

Dalle tabelle

$$IT = 25 \text{ } \mu\text{m} = 0,025 \text{ mm} \quad E_{\text{inf}} = 0 \text{ } \mu\text{m} = 0 \text{ mm}$$

$$E_{\text{sup}} = E_{\text{inf}} + IT = 0 + 0,025 = 0,025 \text{ [mm]}$$

$$D_{\text{max}} = D_{\text{non}} + E_{\text{sup}} = 35 + 0,025 = 35,025 \text{ [mm]}$$

$$D_{\text{min}} = D_{\text{non}} + E_{\text{inf}} = 35 + 0 = 35,0 \text{ [mm]}$$

E' adesso possibile valutare l'accoppiamento $\text{Ø } 35 \text{ H7 / f6}$

$$G_{\text{min}} = D_{\text{min}} - d_{\text{max}} = 35,0 - 34,975 = 0,025 \text{ [mm]}$$

$$G_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 35,025 - 34,959 = 0,066 \text{ [mm]}$$

Gli accoppiamenti

La scelta di un accoppiamento deve essere fatta in relazione alle esigenze funzionali, evitando una tolleranza migliore di quella necessaria in quanto ad una migliore tolleranza è associato anche un costo maggiore e cercando di dare la preferenza ad un accoppiamento foro base o albero base.

Accoppiando l'albero base con un foro avente lo scostamento base compreso tra **A** ed **H** si avrà sempre un accoppiamento mobile, se è accoppiato gli scostamenti da **P** a **ZC** si avrà sempre interferenza, l'accoppiamento con **J K M N** sarà incerto.

In modo analogo per il foro base sono mobili gli accoppiamenti con gli scostamenti da **a** ad **h**, stabile quelli con scostamenti da **p** a **zc**, incerti con **j,k,m,n**

Esempi di accoppiamenti raccomandati

H6 – g5 di scorrimento montaggio libero a mano	Parti rotanti di elevata precisione, lubrificazione razionale
H6 – n5 bloccato serrato montaggio con mazzuolo	Accoppiamenti bloccati non smontabili a mano
N6 – h7 bloccato serrato	Per organi fissi uno rispetto all'altro, smontabili solo con forti pressioni
F8 – h7 libero normale	Per organi che devono avere mobilità relativa, ma senza gioco apprezzabile

L'indicazione delle quote può essere fatta sia indicando lo scostamento e tolleranza che i di scostamenti è equivalente scrivere

$$\phi 35 f6 \text{ con } \phi 35 \begin{matrix} -0,025 \\ -0,041 \end{matrix} \text{ o anche } \phi 35 f6 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,041 \end{pmatrix}$$

Esempio

