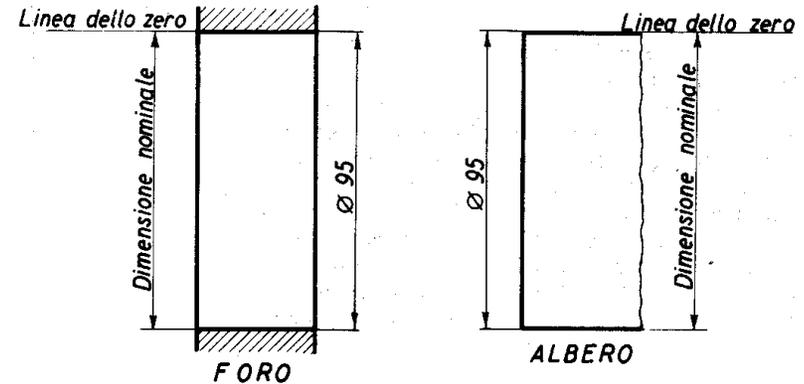


Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Dimensione nominale
- Linea dello zero
- Tolleranza

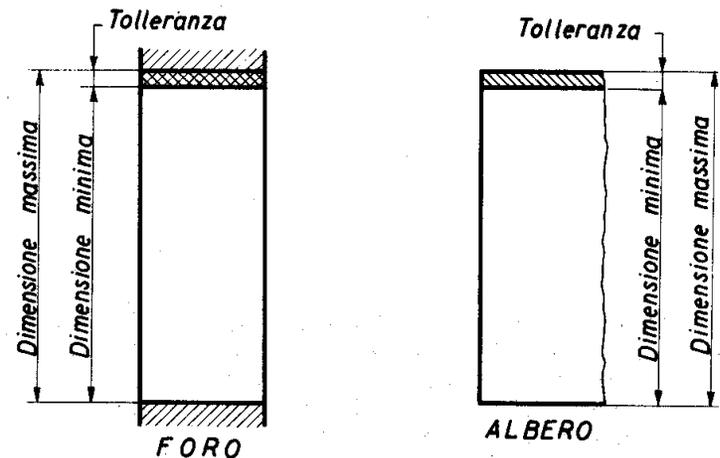
→ La dimensione nominale è la quota assegnata, nel disegno, ad un elemento di un pezzo. Essa definisce la linea dello zero. A lato, un esempio per un foro ed uno per un albero:



→ La misura effettiva di un elemento di un pezzo non è mai esattamente uguale alla dimensione nominale a causa delle approssimazioni introdotte dal processo di fabbricazione e di controllo. In ogni caso, non è economicamente conveniente raggiungere precisioni non necessarie alla funzionalità del pezzo.

Potremo pertanto dire che un elemento di un pezzo è funzionalmente idoneo se la sua dimensione effettiva è compresa tra una dimensione massima D_{max} ed una minima d_{min} . La differenza tra D_{max} e d_{min} è detta tolleranza t :

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



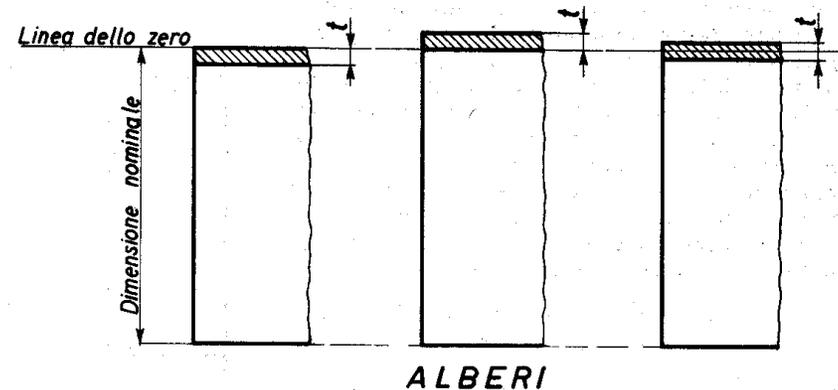
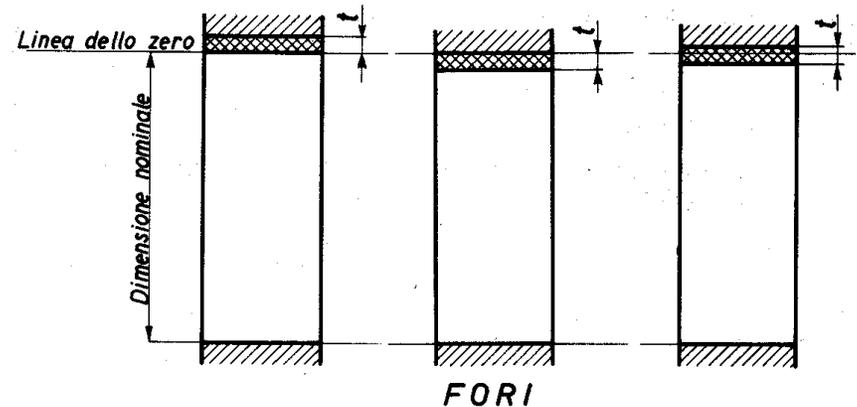
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Posizionamento del campo di tolleranza

→ Nelle figure a fianco, sono esemplificate, nel caso di un foro e di un albero, le possibili collocazioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero. Se la tolleranza si trova tutta sopra o tutta sotto alla linea dello zero, la tolleranza stessa è detta unilaterale, mentre quando si trova parzialmente sopra e sotto viene detta bilaterale.

Il valore numerico della tolleranza ed il suo posizionamento rispetto alla linea dello zero sono fondamentali per raggiungere le desiderate condizioni di accoppiamento fra vari pezzi collegati tra loro.

Se le varie dimensioni effettive di un pezzo rientrano fra le rispettive dimensioni massime e minime, si dice che il pezzo è in tolleranza ed è dichiarato accettabile.

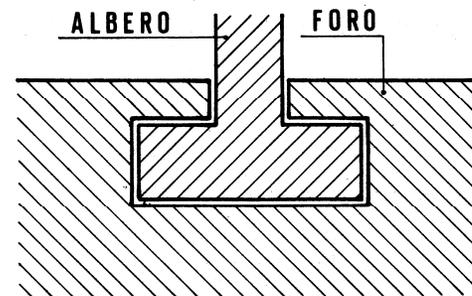
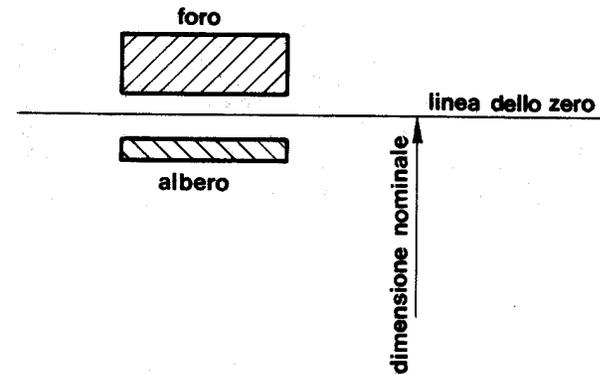


Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Generalità sugli Accoppiamenti

→ La necessità di rispettare i campi di tolleranza deriva sempre dalla necessità di montare il singolo pezzo nella posizione che gli compete nella macchina, cioè di accoppiarlo ad un altro o a più pezzi diversi nel modo e con le caratteristiche previste in sede di progetto.

→ Il tipo più semplice di accoppiamento è quello costituito da un albero e dal suo alloggiamento (foro); nel seguito ci riferiremo, quindi, sempre ad accoppiamenti albero-foro, intendendo con il termine albero il pezzo, anche non cilindrico, del quale consideriamo la dimensione esterna e con il termine foro il pezzo, anche non cilindrico, di cui consideriamo la dimensione interna. A fianco, un esempio:



Tolleranze dimensionali di lavorazione

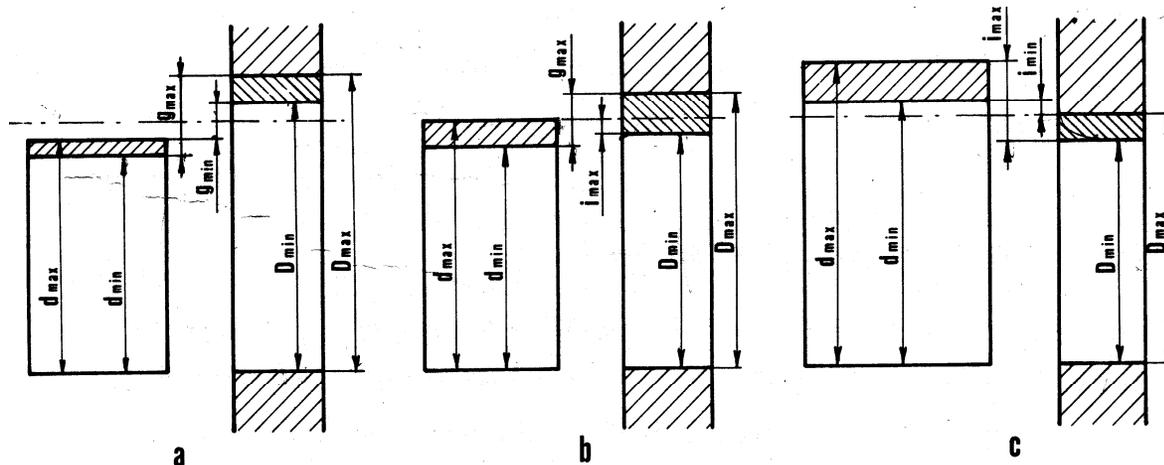
- Accoppiamenti mobili, stabili e incerti

L'accoppiamento avviene sempre tra elementi che hanno la stessa dimensione nominale alla quale è assegnato un ben preciso campo di tolleranza. Possono aversi tre casi:

→ **caso a** - il campo di tolleranza del foro sta completamente al di sopra del campo di tolleranza dell'albero. Presi un qualsiasi albero ed un qualsiasi foro in tolleranza, l'albero ha una dimensione effettiva sicuramente minore della dimensione effettiva del foro; i due pezzi si accoppiano liberamente e [l'accoppiamento si dice con gioco o mobile](#);

→ **caso b** - i campi di tolleranza dell'albero e del foro hanno una parte in comune. Presi un qualsiasi albero ed un qualsiasi foro in tolleranza, possono aversi due casi: albero accoppiato con un foro di dimensione effettiva maggiore o albero accoppiato con un foro di dimensione effettiva minore; i due pezzi possono accoppiarsi liberamente oppure richiedere il forzamento dell'uno nell'altro. [L'accoppiamento si dice incerto](#);

→ **caso c** - il campo di tolleranza del foro sta completamente al di sotto del campo di tolleranza dell'albero. L'albero ha dimensione effettiva maggiore di quella del foro; i due pezzi possono essere accoppiati solo mediante forzamento e [l'accoppiamento si dice con interferenza o stabile](#).



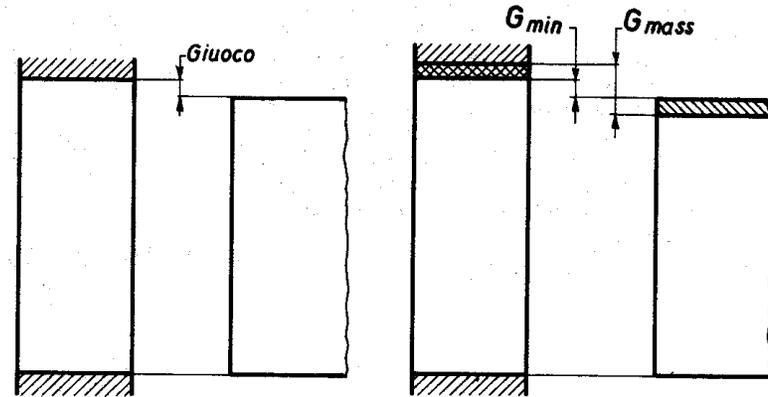
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Accoppiamenti: giochi e interferenze

→ Nel caso di accoppiamento con gioco, il gioco stesso potrà variare da un valore massimo G_{max} ad un minimo G_{min} . Sussistono le seguenti relazioni:

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

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

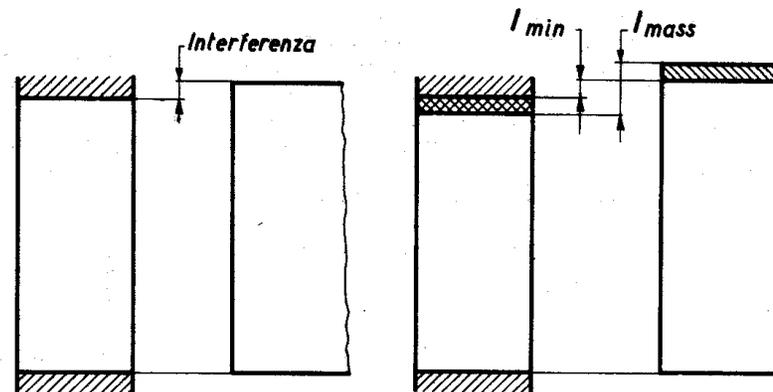


Accoppiamenti mobili

→ Nel caso di accoppiamento stabile, cioè quando la dimensione effettiva dell'albero, prima dell'effettuazione dell'accoppiamento, è maggiore di quella effettiva del foro, si ha interferenza. Anche per l'interferenza si ha un valore massimo ed uno minimo dati da:

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

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



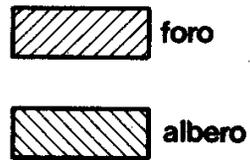
Accoppiamenti stabili

Tolleranze dimensionali di lavorazione

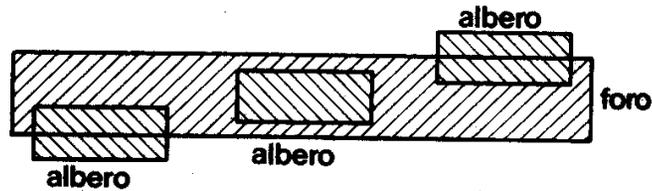
- Accoppiamenti: rappresentazione di alcuni concetti già espressi

→ Di seguito una rappresentazione diversa di alcuni concetti già precedentemente espressi sull'argomento accoppiamenti mobili, stabili ed incerti:

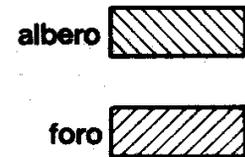
Accoppiamento con giuoco



Accoppiamenti incerti



Accoppiamento con interferenza



Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Posizione della zona di tolleranza

- Scostamenti

→ Da quanto precedentemente detto, si ha che le condizioni di un accoppiamento dipendono dalla posizione che le zone di tolleranza del foro e dell'albero presentano rispetto alla linea dello zero. Per definire ciò, si ricorre al concetto di scostamento, cioè alla distanza delle zone di tolleranza dalla linea dello zero.

Per ogni zona di tolleranza si avranno uno scostamento superiore ed uno inferiore.

Fori: $E_s = \text{scostamento superiore}$ $E_i = \text{scostamento inferiore}$

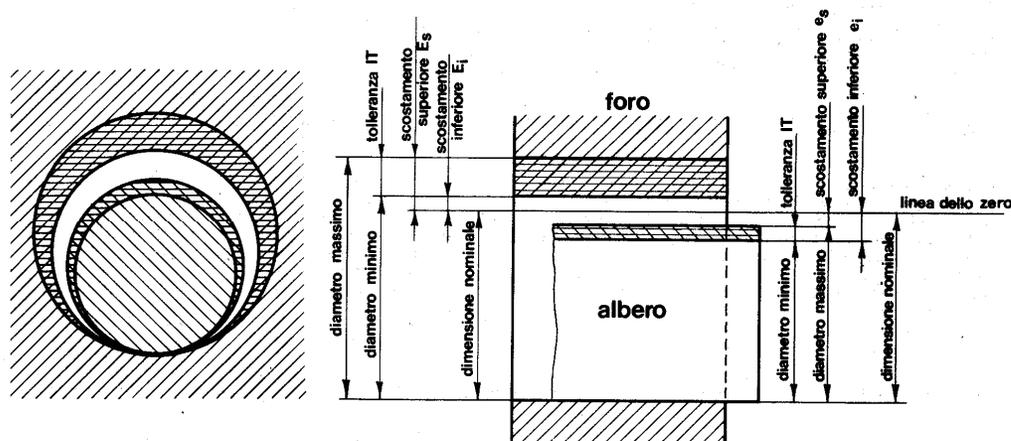
Alberi: $e_s = \text{scostamento superiore}$ $e_i = \text{scostamento inferiore}$

Detta IT la tolleranza, dalla figura seguente si ricava:

Fori: $IT = E_s - E_i$

Alberi: $IT = e_s - e_i$

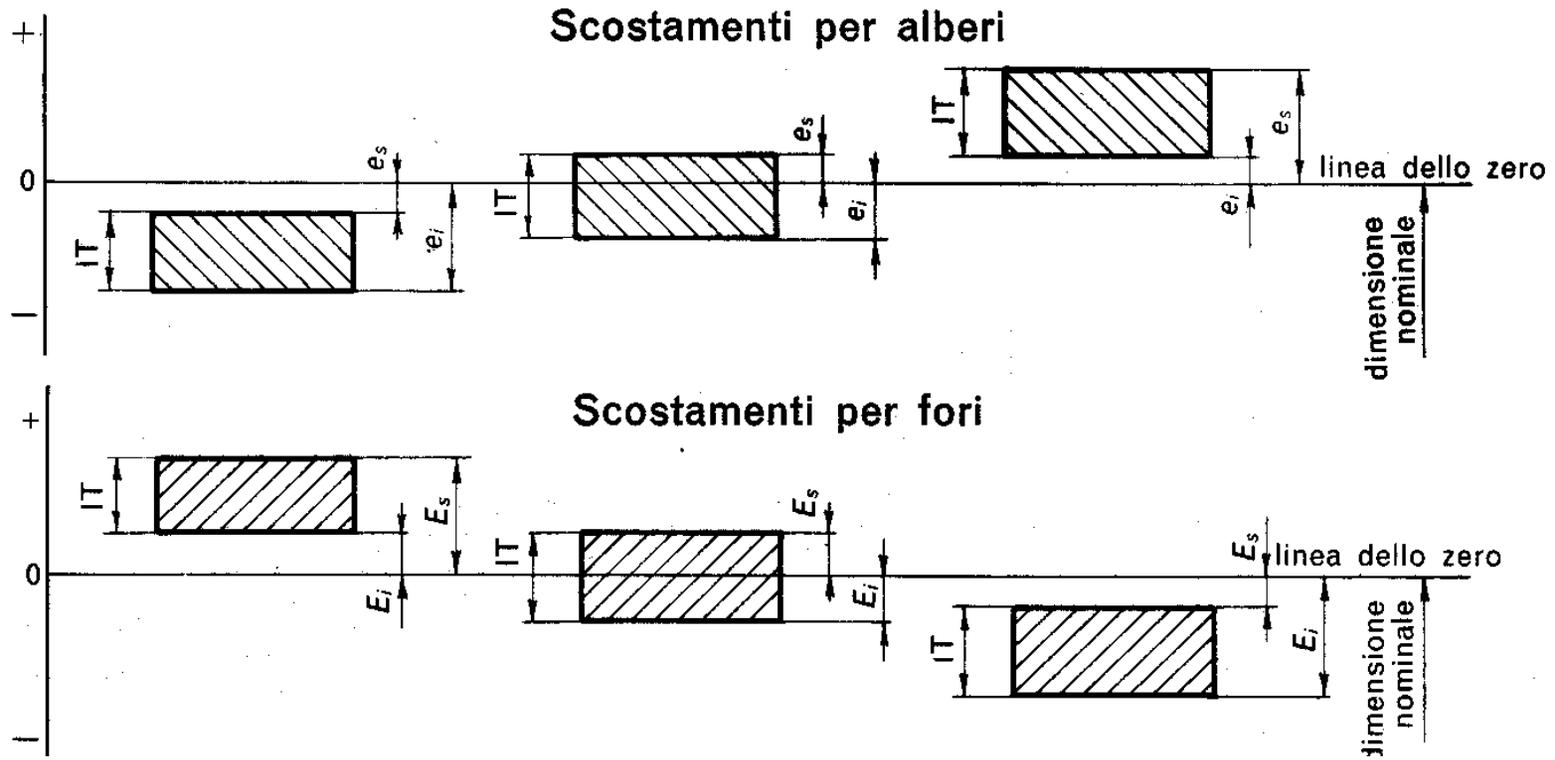
Nota: gli scostamenti sono considerati positivi se sono sopra alla linea dello zero, negativi se sotto.



Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Ancora sugli scostamenti

→ Di seguito, una piccola rivisitazione grafica sul concetto di scostamento:

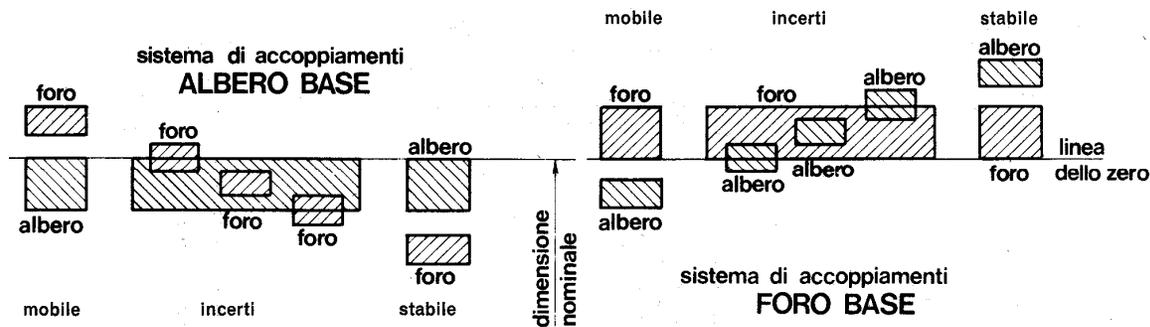


Tolleranze dimensionali di lavorazione

- **Qualità delle lavorazioni**
- **Sistemi albero base e foro base**

→ Da quanto detto, emerge che una lavorazione meccanica è tanto più precisa quanto più è piccola la zona di tolleranza con cui viene effettuata. Quindi, qualità di lavorazione e tolleranza sono concetti intimamente collegati. E' da evidenziare che, per una data qualità di lavorazione, il valore della zona di tolleranza non è costante, ma cresce con il crescere delle dimensioni del pezzo stesso.

→ Qualunque condizione di accoppiamento (mobile, stabile e incerto) potrebbe essere ottenuta posizionando opportunamente e liberamente la zona di tolleranza di foro e albero. Però, per praticità operativa, si è visto che conviene scegliere uno dei seguenti sistemi di riferimento:



→ Sistema albero base - lo scostamento superiore dell'albero viene posto uguale a zero e la zona di tolleranza sta tutta al disotto della linea dello zero. Le varie condizioni di accoppiamento si hanno posizionando la tolleranza del foro.

→ Sistema foro base - lo scostamento inferiore del foro viene posto uguale a zero e la zona di tolleranza sta tutta al disopra della linea dello zero. Le varie condizioni di accoppiamento si hanno posizionando la tolleranza dell'albero.

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Sistema di tolleranze ISO

→ La necessità di stabilire norme ben precise per quanto riguarda le tolleranze e gli accoppiamenti è così evidente e sentita che i vari enti internazionali di unificazione vi hanno dedicato da sempre una particolare attenzione. Il sistema di seguito illustrato è quello proposto dall'ISO e adottato ufficialmente dall'UNI nel 1968; deriva da quelli precedentemente utilizzati (UNIM, ISA) e ne costituisce un opportuno affinamento ed ampliamento.

Tale sistema si basa sulle definizioni di:

- una unità di tolleranza, funzione della dimensione da tollerare;
- un certo numero di qualità di lavorazione ad ognuna delle quali corrisponde un campo di tolleranza multiplo dell'unità di tolleranza stessa;
- un certo numero di possibili posizioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero.

Il sistema ISO prevede due campi di dimensioni e precisamente il campo fino a 500mm compresi e quello da 500mm fino a 3150mm. A fianco un esempio per il campo fino a 500mm:

GRUPPI DI DIMENSIONI NOMINALI			
Gruppi principali		Gruppi intermedi *	
oltre	fino a	oltre	fino a
1	3		
3	6	—	—
6	10		
10	18	10	14
		14	18
18	30	18	24
		24	30
30	50	30	40
		40	50
50	80	50	65
		65	80
80	120	80	100
		100	120
120	180	120	140
		140	160
		160	180
180	250	180	200
		200	225
		225	250
250	315	250	280
		280	315
315	400	315	355
		355	400
400	500	400	450
		450	500

* Utilizzati per gli scostamenti da *a a c* e da *r a zc*, ovvero, da *A a C* e da *R a ZC*, nei casi dove è ritenuto necessario.

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Sistema di tolleranze ISO (considerazioni per dimensioni fino a 500mm)

→ Per il campo di dimensioni fino a 500mm compresi, le qualità di lavorazione definite da ISO, in totale 19, sono denominate IT01, IT0, IT1,, IT17 e si riferiscono a lavorazioni che, procedendo dalla 01 alla 17, sono sempre meno precise.

Le qualità di lavorazione fino alla 4 per gli alberi ed alla 5 per i fori sono utilizzate solo per lavorazioni di estrema precisione (per es. nella costruzione di strumenti di misura), mentre nelle normali lavorazioni meccaniche con asportazione di truciolo si adottano qualità che vanno dalla 5 alla 11 per gli alberi e dalla 6 alla 11 per i fori.

Le qualità di lavorazione dalla 12 alla 17 sono utilizzate per lavorazioni grossolane su pezzi che normalmente non devono essere accoppiati.

Sotto è riportata la tabella di corrispondenza tra qualità di lavorazione da IT5 a IT17 e l'unità di tolleranza i che, moltiplicata per i fattori indicati fornisce il valore del campo di tolleranza stesso:

QUALITA' DI LAVORAZIONE	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
UNITA' DI TOLLERANZA	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Sistema di tolleranze ISO (considerazioni per dimensioni fino a 500mm)

→ Per le qualità di lavorazione di maggior interesse pratico (dalla 5 alla 17), l'unità di tolleranza i si definisce come segue:

$$i = 0.45 * \sqrt[3]{D} + 0.001 * D$$

dove D è espresso in mm e i in μm . Da notare che in questa formula il valore di D non è quello della dimensione nominale da tollerare, ma la media geometrica delle dimensioni estreme del gruppo al quale la dimensione stessa appartiene.

In questo modo si evita di dover calcolare un numero infinito di unità di tolleranza i , riducendosi a calcolarne un numero pari al numero dei gruppi di dimensioni in cui abbiamo diviso l'intervallo da 1mm a 500mm. Da notare anche che il secondo termine del secondo membro della formula precedente, inserito per tenere conto delle incertezze di misura, crescenti al crescere del diametro, comincia a farsi sentire in pratica per diametri maggiori di 80mm.

Stabilita la qualità di lavorazione, ora è possibile calcolare l'ampiezza del campo di tolleranza. Infatti, l'unificazione prevede che a partire dalla qualità 5 e fino alla 17, corrispondano ad ognuna di esse campi di tolleranza di ampiezza crescente come indicato nella tabella di pagina precedente.

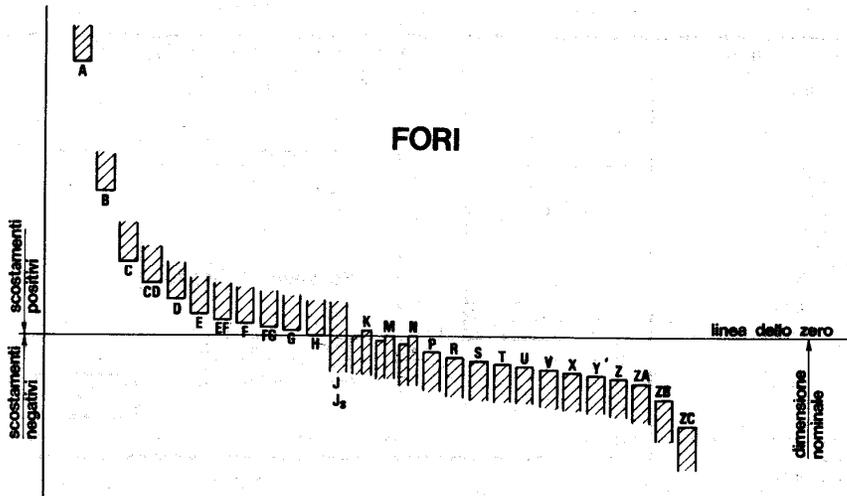
→ Per i gruppi di dimensioni da 500mm a 3150mm, i valori dei campi di tolleranza sono dati in base ad un'unità I calcolata con la formula:

$$I = 0.004 * D + 2.1$$

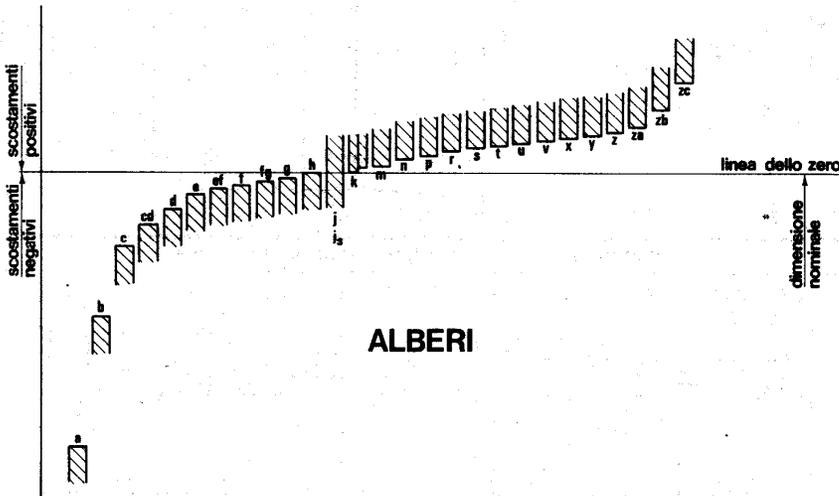
Le qualità di lavorazione previste dalle norme per questo campo di dimensioni sono undici, dalla IT6 alla IT16. Esiste, poi, una tabella analoga a quella di pagina precedente per il calcolo diretto dei valori dei campi di tolleranza in funzione della qualità di lavorazione.

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Sistema di tolleranze ISO



In questo prospetto sono schematicamente indicate le posizioni delle tolleranze dei fori nel sistema ISO.



→ Rimane a questo punto da definire soltanto la posizione del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero. Per far questo, è sufficiente definire la posizione di uno degli scostamenti nominali, il superiore o l'inferiore, che verrà quindi detto scostamento fondamentale. L'ISO prevede ventotto possibili posizioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero, ciascuna individuata dalle lettere maiuscole che vanno da A a ZC per i fori e con lettere minuscole, da a a zc, per gli alberi. A fianco, la schematizzazione:

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Sistema di tolleranze ISO

→ I valori degli scostamenti, in μm , per le varie qualità di lavorazione e posizioni unificate sono riportati in tabelle analoghe a quella illustrata di seguito.

Questa tabella si riferisce ad un albero, gruppo di dimensioni fino a 500mm compresi e posizioni del campo di tolleranza h e j.

Simbolo	Posizione	h																	j		
	Qualità	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	5	6	7
Gruppi di dimensioni in mm	da 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 2	+ 4	+ 6
	fino a 3	-0,8	-1,2	- 2	- 3	- 4	- 6	-10	-14	- 25	- 40	- 60	-100	-140	- 250	- 400	- 600	—	- 2	- 2	- 4
	oltre 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 3	+ 6	+ 8
	fino a 6	-1	-1,5	- 2,5	- 4	- 5	- 8	-12	-18	- 30	- 48	- 75	-120	-180	- 300	- 480	- 750	—	- 2	- 2	- 4
	oltre 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 4	+ 7	+10
	fino a 10	-1	-1,5	- 2,5	- 4	- 6	- 9	-15	-22	- 36	- 58	- 90	-150	-220	- 360	- 580	- 900	-1500	- 2	- 2	- 5
	oltre 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 5	+ 8	+12
	fino a 18	-1,2	-2	- 3	- 5	- 8	-11	-18	-27	- 43	- 70	-110	-180	-270	- 430	- 700	-1100	-1800	- 3	- 3	- 6
	oltre 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 5	+ 9	+13
	fino a 30	-1,5	-2,5	- 4	- 6	- 9	-13	-21	-33	- 52	- 84	-130	-210	-330	- 520	- 840	-1300	-2100	- 4	- 4	- 8
	oltre 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 6	+11	+15
	fino a 50	-1,5	-2,5	- 4	- 7	-11	-16	-25	-39	- 62	-100	-160	-250	-390	- 620	-1000	-1600	-2500	- 5	- 5	-10
	oltre 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 6	+12	+18
	fino a 80	-2	-3	- 5	- 8	-13	-19	-30	-46	- 74	-120	-190	-300	-460	- 740	-1200	-1900	-3000	- 7	- 7	-12
	oltre 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 6	+13	+20
	fino a 120	-2,5	-4	- 6	-10	-15	-22	-35	-54	- 87	-140	-220	-350	-540	- 870	-1400	-2200	-3500	- 9	- 9	-15
	oltre 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 7	+14	+22
	fino a 180	-3,5	-5	- 8	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630	-1000	-1600	-2500	-4000	-11	-11	-18
	oltre 180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 7	+16	+25
	fino a 250	-4,5	-7	-10	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720	-1150	-1850	-2900	-4600	-13	-13	-21
oltre 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 7	+16	+26	
fino a 315	-6	-8	-12	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810	-1300	-2100	-3200	-5200	-16	-16	-26	
oltre 315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 7	+18	+29	
fino a 400	-7	-9	-13	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890	-1400	-2300	-3600	-5700	-18	-18	-28	
oltre 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 7	+20	+31	
fino a 500	-8	-10	-15	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970	-1550	-2500	-4000	-6300	-20	-20	-32	

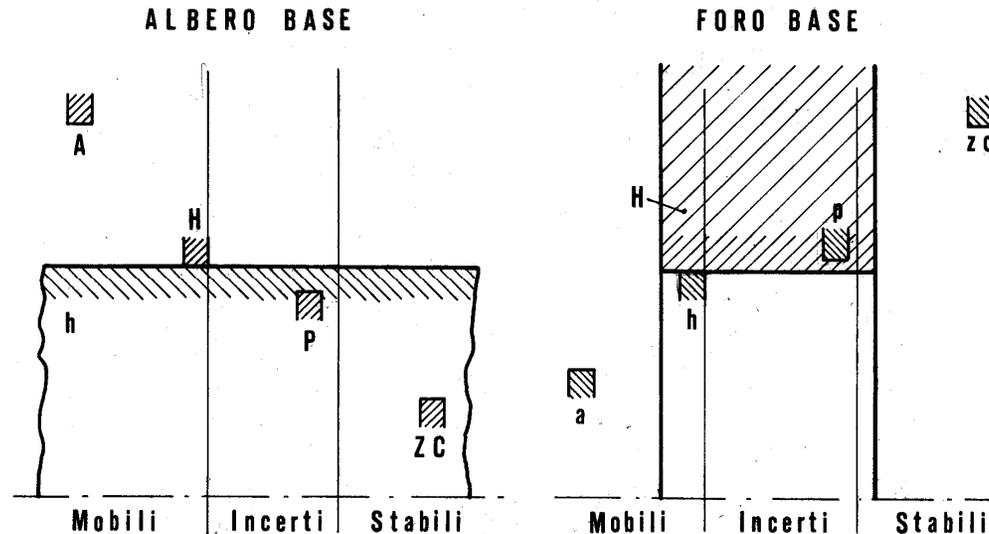
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Accoppiamenti raccomandati

→ Per conferire determinate caratteristiche ad un accoppiamento si può scegliere, in teoria, fra un numero elevatissimo di coppie albero-foro: infatti è sufficiente che le ampiezze e le posizioni relative dei campi di tolleranza per ciascuna coppia siano le stesse perché tali risultino anche le caratteristiche di accoppiamento. In pratica, però, è conveniente riferirsi sempre a coppie albero-foro particolari e di generale impiego per le quali le caratteristiche di accoppiamento sono immediatamente individuate ed il controllo è spesso possibile con un numero non troppo elevato di calibri fissi.

Per questo sono stati introdotti due sistemi unificati di accoppiamenti denominati albero base e foro base.

Per ciascuno di essi si prende come fissa la posizione con scostamento fondamentale sulla linea dello zero (h oppure H); la scelta della posizione del campo di tolleranza dell'altro elemento definisce le caratteristiche dell'accoppiamento come può vedersi dallo schema sotto riportato:



Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Accoppiamenti raccomandati (tabella 1)

→ Nelle tre tabelle seguenti sono riportati alcuni accoppiamenti foro base e albero base di uso comune con le loro caratteristiche e l'indicazione dei tipici campi di impiego. Si noti come molto spesso ad un foro di qualità n sia accoppiato un albero di qualità n-1, ciò in dipendenza della maggiore facilità con la quale si possono lavorare le superfici esterne.

Accoppiamento	Applicazione
H6/g5	Parti rotanti di alta precisione, con carichi anche forti, lubrificati razionalmente, a sustentazione idrodinamica corretta. Esempio: alberi rotanti di acciaio, bonificati e rettificati in bronzina (da non ripassare a mano, con accoppiamento esterno H6/n5; oppure da ripassare a mano, con accoppiamento esterno H6/p5). Mandrini di rettificatrici, di alesatrici, in bronzine registrabili (all'atto della registrazione). Ingranaggi per pompe d'olio, alloggiati nella cassa a elevato grado di precisione (in senso assiale e radiale). <i>Montaggio:</i> libero a mano.
H6/h5 - H6/h6	Centratura di accoppiamenti sotto alta precisione, scorrevoli assialmente o dotati di moto rotatorio lento od a carattere oscillante, con lubrificazione interna. Esempi: per leve oscillanti mosse da camme in bronzine. Aste di stantuffo e stantuffi senza segmenti, per pompe d'olio mobili nel cilindro. Manicotti porta-mandrino e mandrini per fresatrici od alesatrici di alta precisione. Perni nei pattini di comando di innesti di alta precisione. Cassetti o rubinetti a movimento alternativo longitudinale od angolare, per comandi idraulici di alta precisione nella loro sede. Spine di posizione di alta precisione. Bulloni di unione tra cappello e piede di biella. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H6/j5 - H6/j6	Accoppiamenti di precisione di parti reciprocamente fisse, sfilabili a mano; sedi fisse di centraggio di alta precisione; accoppiamenti stretti scorrevoli assialmente, a sede corta in genere. Esempi: ruote di ricambio, montate con chiavette o su alberi scanalati (centratura su albero interno). Grani di centratura di posizione con doppia superficie di centratura di diverso diametro nella parte smontabile. <i>Montaggio:</i> a mano con leggeri colpi di mazzuolo.
H6/n5	Accoppiamenti bloccati, non smontabili a mano. Parti che non necessitano di essere bloccate assialmente, ma soltanto contro la reciproca rotazione sotto l'azione di momento torcente, da montare a caldo con mazzuolo di legno od a freddo alla pressa (questa operazione non consente in genere successivi smontaggi). Esempi: ingranaggi di forza fissi, montati con chiavette o su alberi scanalati, da smontare molto raramente. Corone di bronzo per ruote elicoidali, da calettarsi sul corpo portante d'acciaio o di ghisa. Perni piantati smontabili (perni a due diametri, delle forcelle per innesti). Bronzine nella loro sede esterna (se da smontare con una certa frequenza). Grani a doppia superficie di centratura cilindrica. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H6/n6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possono essere montati soltanto mediante forte pressione: i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. Esempio: accoppiamento tra bussole di sede valvole e teste in un motore a combustione interna. <i>Montaggio:</i> con torchietto.
H6/p5	Accoppiamenti bloccati non smontabili. Per parti accoppiate che debbono comportarsi come un unico pezzo, da non smontarsi mai ed adatte a trasmettere forti carichi assiali e momenti torcenti senza l'uso di chiavette e simili, da smontare solo alla pressa a caldo. Esempi: tenoni piantati nelle forcelle per comando di pattini. Innesti di grande responsabilità. Bronzine nella loro sede esterna, da non smontarsi mai. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H7/f6	Accoppiamenti ruotanti in genere, con bassi carichi e senza esigenze di centramento preciso. Esempio: albero e boccole delle trasmissioni di comando a mano, non di notevole importanza. Pulegge folli, volanti di manovra. <i>Montaggio:</i> a mano.
H7/f7	Accoppiamenti rotanti molto veloci, con centratura anche imperfetta e sustentazione anche non perfettamente idrodinamica e gioco sensibile. Esempi: alberi veloci in genere, nelle relative bronzine (con accoppiamento esterno H7/n6 selezionato, da non ripassare). Mandrini di rettificatrici di precisione, nei relativi cuscinetti. Alberi (anche poco veloci), montati in bronzine aventi lunghezza assiale maggiore di due volte il diametro. Estremità dell'albero porta-fresa (lunga) direttamente montata nel cuscinetto del supporto di estremità. Chiavette. Albero per mandrino di trapani. Spine di posizione di media precisione. Diametri esterni di ingranaggi per pompe olio. <i>Montaggio:</i> libero a mano.

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Accoppiamenti raccomandati (tabelle 2 e 3)

Accoppiamento	Applicazione
H7/g6	Accoppiamenti rotanti a velocità periferica media (2 a 4 m/sec), con buona centratura. Accoppiamenti a movimento assiale alternativo a medie ed alte velocità < 35 m/min pari a circa 0,6 m/sec. Esempio: mandrini per fresatrici di media precisione, nei relativi cuscinetti (all'atto della registrazione). Bussole del supporto di estremità e di quello intermedio dell'albero porta-frese nelle relative sedi. Estremità dell'albero porta-frese (corta) direttamente montato nel cuscinetto del supporto di estremità. Alberi e bronzine in genere (bronzine con accoppiamento esterno a H7/n6 selezionato, da non ripassare, oppure con accoppiamento H7/r6, da ripassare). Ingranaggi per pompe d'olio alloggiati con precisione nella cassa (in senso assiale e radiale). Rasamenti di cuscinetti. Giunti di trasmissione a cacciavite. Ruote di ricambio per divisori. Cuscinetti a sfere non molto veloci e poco caricati. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H7/h6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/h5, ma di minore precisione, buone centrature di scorrimento, sedi meno precise ma più lunghe che con l'accoppiamento H6/h5. Per organi con centraggio buono, sottoposti a carichi non rilevanti ed a frequenti smontaggi. Esempi: albero porta-frese. Aste di stantuffi, di pompe olio alternative nel cilindro. Cassetti e rubinetti a movimento alternativo in senso assiale ed angolare, per comandi idraulici di precisione. Mozzi di ingranaggi per catene. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H7/j6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/j5 ma di minor precisione; accoppiamenti di spinta meno precisi, ma più lunghi che con l'accoppiamento H6/j5. N.B. - Accoppiamento possibilmente da evitare; generalmente sostituibile con l'accoppiamento H7/h6. <i>Montaggio:</i> a mano col mazzuolo. Raffreddare eventualmente l'albero.
H7/m6	Impieghi analoghi a quelli dell'accoppiamento H7/j6, ovvero H7/h6, se preceduti da selezione. N.B. - Accoppiamento completamente incerto possibilmente da evitare, oppure da selezionare. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o con torchietto, e con differenze di temperatura.
H7/n6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/n5, di minor precisione e un po' meno bloccati; buone centrature, con sedi un po' lunghe ed in condizioni di montaggio di media difficoltà. N.B. - Accoppiamento spesso sostituibile con l'accoppiamento H7/r6 od H7/p6, oppure da selezionare. <i>Montaggio:</i> a mano, o con mazzuolo o torchietto, e con differenza di temperatura.
H7/r6 - H7/s6	Accoppiamenti bloccati non smontabili. Per parti accoppiate da considerarsi come un pezzo solo, da non smontarsi mai, adatte a trasmettere carichi assiali e coppie senza l'uso di chivvete o simili, da smontare alla pressa, a caldo. Impieghi analoghi a quelli dell'accoppiamento H6/p5. <i>Montaggio:</i> a mano, con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H7/u7	Per organi fissi a bloccaggio fortissimo con smontaggio effettuabile solamente per sostituzione di uno degli organi. Usato principalmente per parti di acciaio da non smontare se non per sostituzione, come ad es. boccole di acciaio e bronzo nelle relative sedi e perni con organi di moto. <i>Montaggio:</i> con torchietto od a mano con differenza di temperatura.
H8/h8	Accoppiamenti scorrevoli assialmente lubrificati, senza esigenza di precisione, a sede lunghissima, oppure con bassi carichi e montati senza sforzo. Esempio: cassette e rubinetti idraulici di pompe alternative, nei cilindri, ecc., di meccanica corrente. Alberi e boccole di trasmissione ruotanti a bassa velocità, centramenti grossolani di scorrimento soggetti a sforzi di scarsa entità. <i>Montaggio:</i> a mano.

Tabella V-5b - Accoppiamenti raccomandati albero-base.

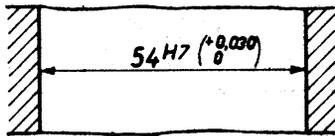
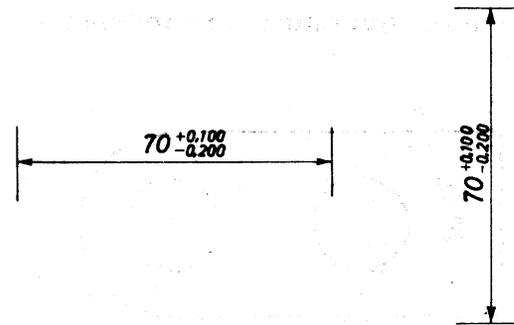
N6/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possano essere montati o smontati soltanto mediante forte pressione: i due organi vanno normalmente assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
M6/h6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possano essere montati e smontati senza grande pressione: i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.

Accoppiamento	Applicazione
K6/h6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possono essere montati o smontati facilmente: i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con martello di piombo.
J6/h6	Per organi che non devono scorrere facilmente uno rispetto all'altro ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano o con leggeri colpi di martello di legno.
H6/h6	Per organi che possono muoversi uno rispetto all'altro con movimento lento. <i>Montaggio:</i> a mano.
R8/h7 - P7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro. Per dimensioni nominali superiori a 100 mm e per il foro R8 è bene eseguire prove per determinare se l'accoppiamento dá luogo alle caratteristiche desiderate. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e differenza di temperatura.
N7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e differenza di temperatura.
K7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro montabili e smontabili senza esercitare pressioni notevoli ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano o con martello di piombo o con leggera pressa a mano.
J7/h7	Per organi che non devono scorrere facilmente uno rispetto all'altro, ma che possano essere montati e smontati facilmente, assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a semplice pressione della mano o con leggeri colpi di martello di legno.
H7/h6	Per organi che possano muoversi lubrificati uno rispetto all'altro con movimento lento. <i>Montaggio:</i> a mano.
G7/h7	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro, ma senza giuoco sensibile. <i>Montaggio:</i> a mano.
F8/h7	Per organi che debbono muoversi uno rispetto all'altro con giuoco sensibile. <i>Montaggio:</i> a mano.
E8/h7	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro con giuoco abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.
H9/h8	Per organi che possono essere montati senza sforzo e che, nelle condizioni normali di lavoro, possono scorrere facilmente uno sull'altro per mezzo di lubrificanti. <i>Montaggio:</i> a mano.
F9/h8 - E9/h8	Per organi che debbono muoversi uno rispetto all'altro: l'accoppiamento può dare giuoco piccolissimo od abbondante ed è quindi atto a soddisfare condizioni di accoppiamento diverse. <i>Montaggio:</i> a mano.
D10/h8	Per organi che debbono muoversi uno rispetto all'altro; dá sempre giuoco molto abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.
H13/h11	Per organi che in tutti i casi devono poter essere montati o smontati e per i quali, malgrado le ampie tolleranze di lavorazione, si richiede un giuoco possibilmente piccolo. <i>Montaggio:</i> a mano.
B11/h11 - C11/h11	Per organi da montare molto liberi fra loro e per i quali siano trascurabili grandi differenze di giuoco. <i>Montaggio:</i> a mano.
A11/h11	Per organi che debbano essere montati liberissimi uno rispetto all'altro e che richiedono giuoco abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.

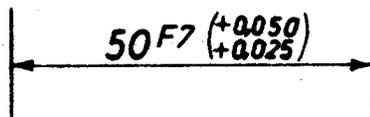
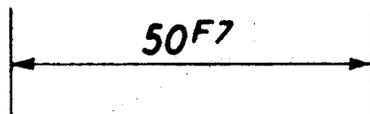
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Indicazioni delle tolleranze nei disegni

→ Esempio di applicazione di tolleranze su una quota orizzontale ed una verticale. Questo metodo di indicazione è l'unico consentito quando le tolleranze non sono quelle unificate:



→ I valori degli scostamenti devono essere espressi tutti con lo stesso numero di cifre, eccetto il caso in cui uno scostamento sia nullo, nel qual caso è sufficiente indicarlo con 0:



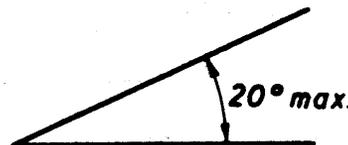
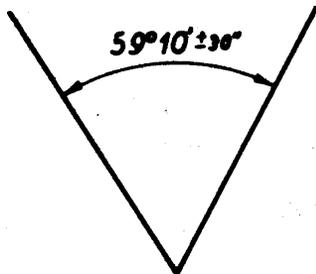
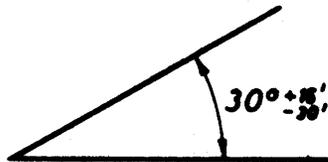
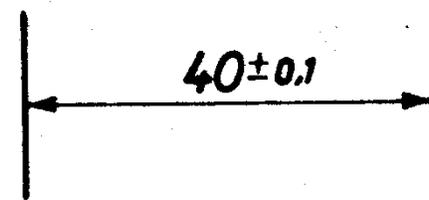
→ Le tolleranze ISO possono essere indicate mediante la sola quota nominale seguita dal simbolo alfanumerico ISO corrispondente, ma per motivi di praticità di costruzione e controllo, si possono aggiungere tra parentesi gli scostamenti relativi:

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Indicazioni delle tolleranze nei disegni

→ Nell'indicazione della tolleranza, i relativi scostamenti devono essere scritti uno sotto l'altro: sopra si scrive sempre lo scostamento superiore e sotto quello inferiore.

Se i valori degli scostamenti sono simmetrici rispetto alla dimensione nominale, il valore assoluto dello scostamento deve essere scritto una sola volta e preceduto dai segni + e - come da figura a lato:

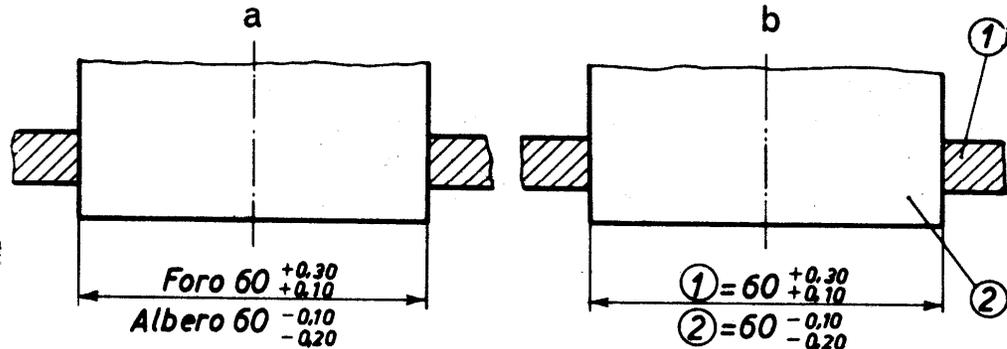


→ Nel caso di tolleranze relative a dimensioni angolari, a fianco alcuni esempi:

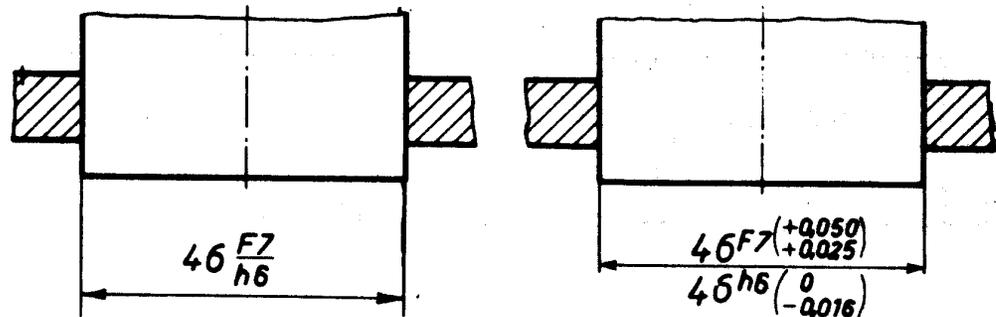
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Indicazioni delle tolleranze nei disegni

→ Quando per particolari esigenze si quota un insieme, le quote di ciascun elemento devono essere precedute dalla denominazione dell'elemento cui le quote si riferiscono (caso a), oppure dal riferimento dell'elemento stesso (caso b). In entrambi i casi, la quota del foro è sempre scritta sopra la linea di misura e quella dell'albero sotto:

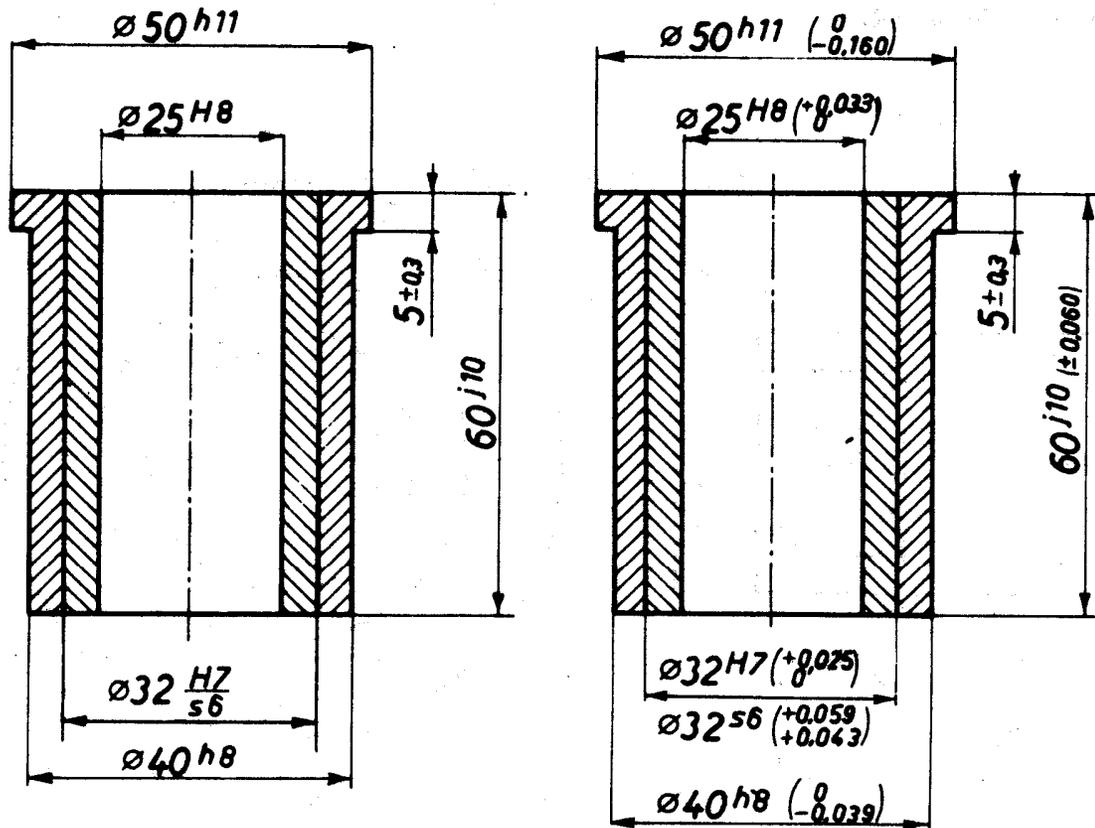


→ Se si quota un accoppiamento ISO, si devono indicare i simboli delle tolleranze mentre la dimensione nominale dei due elementi viene riportata una sola volta; il simbolo del foro viene posto sopra la linea mentre quello dell'albero al di sotto:



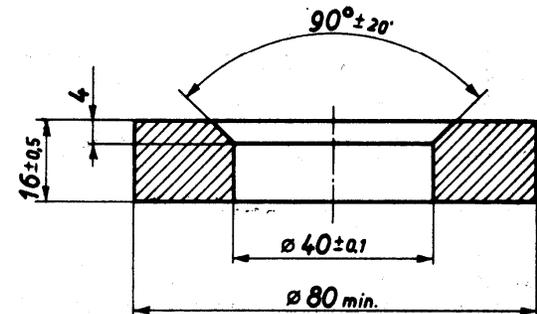
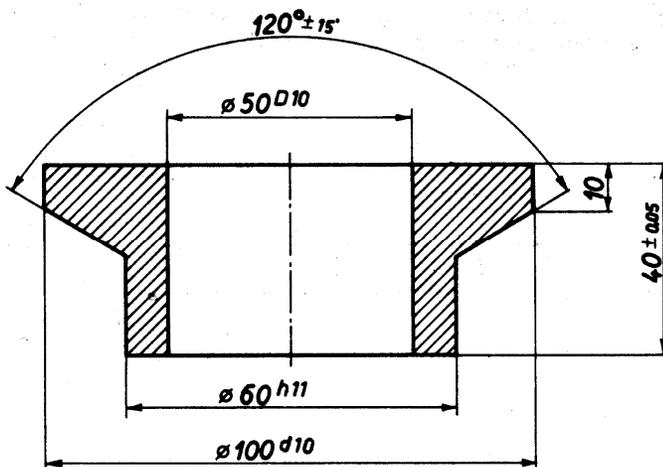
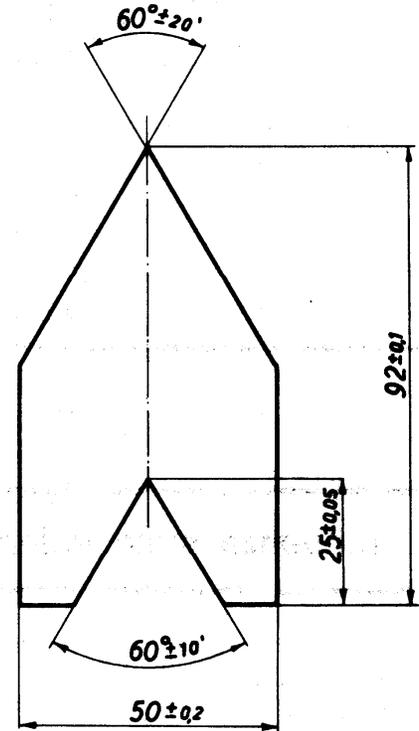
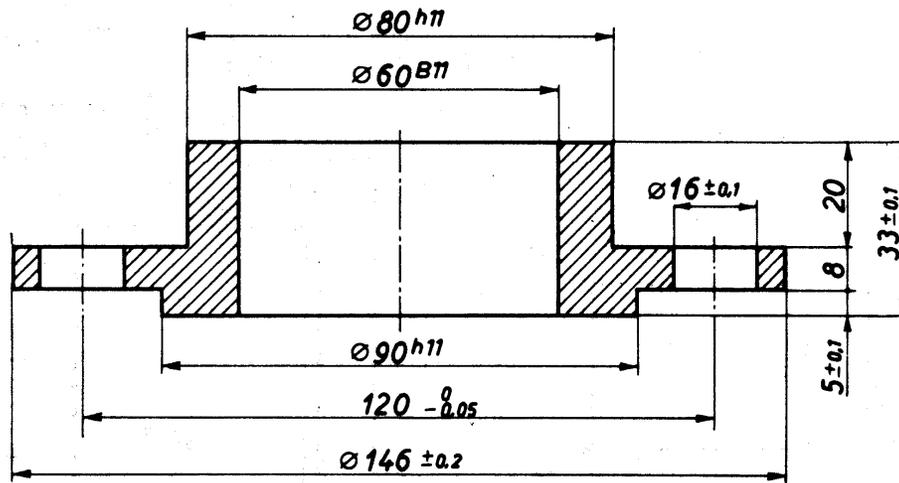
Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi riassuntivi)



Tolleranze dimensionali di lavorazione

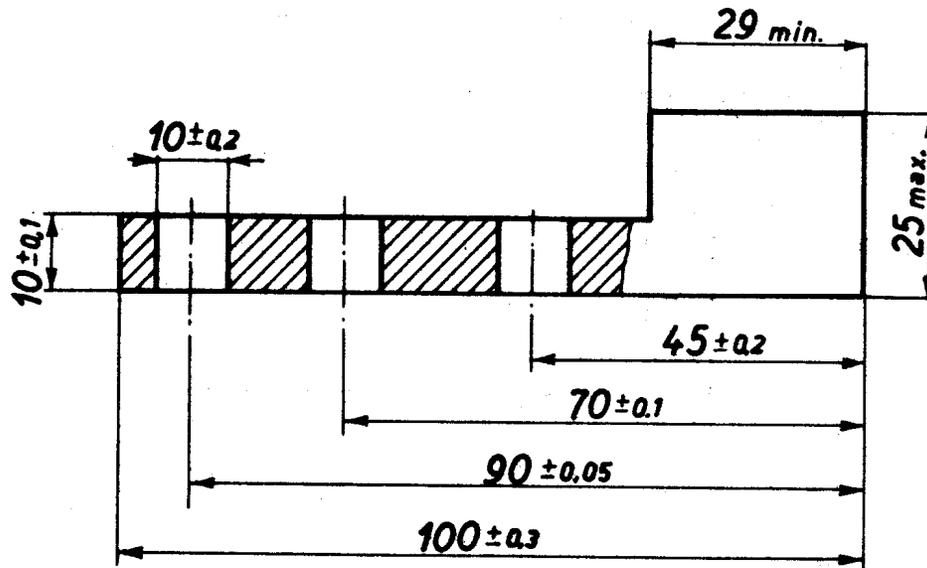
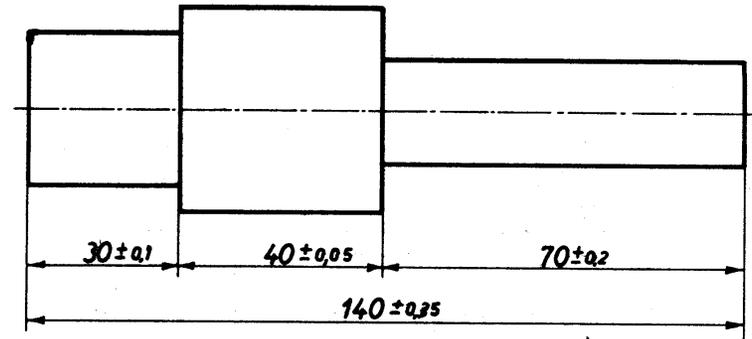
- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi)



Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi)

→ Nelle due figure seguenti viene illustrata la comparazione dell'effetto delle tolleranze nei casi di quotatura in serie e in parallelo:



Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Scostamenti per quote senza indicazione di tolleranza per pezzi lavorati con asportazione di materiale

→ Nei disegni costruttivi di particolari, devono essere indicate le tolleranze solo per quelle quote legate a dimensioni del pezzo funzionalmente importanti. Per le altre dimensioni è normalmente sufficiente la precisione che si ottiene con normali processi tecnologici. Quindi è il progettista che, conoscendo ogni dettaglio strutturale, funzionale e tecnologico del pezzo, può indicare quali siano le quote che debbano riportare un preciso campo di tolleranza.

Nei due prospetti seguenti sono riportati gli scostamenti e le tolleranze per dimensioni lineari e angolari, per tre gradi di precisione definiti come: grossolano, medio e preciso. La norma dalla quale sono ricavate le tabelle in questione è la UNI 5307. Le lavorazioni alle quali è applicabile la citata unificazione, indipendentemente dai tipi di macchine utensili utilizzate, sono: sbavatura, sgrossatura, taglio, tranciatura, molatura, lisciatura, rettifica, smerigliatura e simili dove sia coinvolta l'asportazione di truciolo.

Grado di precisione		Dimensioni in mm							
		Gruppo di dimensioni							
		fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 315	oltre 315 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000	oltre 4000
Grossolano	Scostamenti	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5
	Tolleranza	0,4	1,0	1,6	2,4	4	6	8	10
Medio	Scostamenti	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3
	Tolleranza	0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6
Preciso	Scostamenti	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	—	—
	Tolleranza	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1	—	—

Tolleranze dimensionali di lavorazione

- Scostamenti per quote senza indicazione di tolleranza per pezzi lavorati con asportazione di materiale

Grado di precisione	Gruppo di dimensioni (dimensione del lato più lungo).			
	oltre 3 fino a 6 mm	oltre 6 fino a 30 mm	oltre 30 fino a 120 mm	oltre 120 mm
Grossolano	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$
Medio				
Preciso				
Si deve considerare come lato minore dell'angolo, per l'angolo α la dimensione l e per l'angolo β la dimensione l_1 .				

→ Nota

Relativamente al Gruppo di dimensioni della tabella, "dimensione del lato più lungo" si riferisce al lato di maggior lunghezza tra i due che individuano l'angolo in questione.