

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Meccanica ed Energetica



IL SISTEMA DELLE TOLLERANZE DIMENSIONALI ISO

Giuseppe Di Gironimo

Agenda

- Errori di realizzazione dei pezzi
- Definizioni
- Tipi di accoppiamento
- Controllo dimensionale
- Rappresentazione semplificata delle zone di tolleranza
- Le tolleranze ISO
 - Gradi di tolleranza normalizzati
 - Posizione delle tolleranze
- Indicazione delle quote con tolleranza
- Accoppiamenti nel sistema ISO
 - Albero base e Foro base
 - Accoppiamenti raccomandati
- Tolleranze generali nel sistema ISO



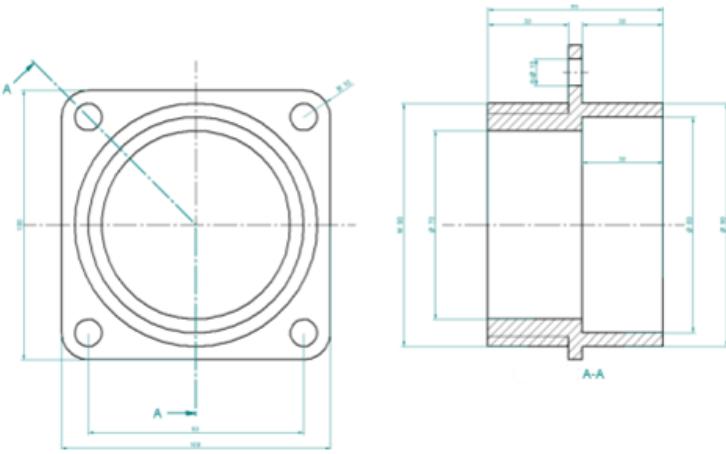
Introduzione: errori e tolleranze

La forma e le dimensioni di un oggetto a disegno rappresentano delle **condizioni ideali** che non possono essere raggiunte con precisione assoluta.

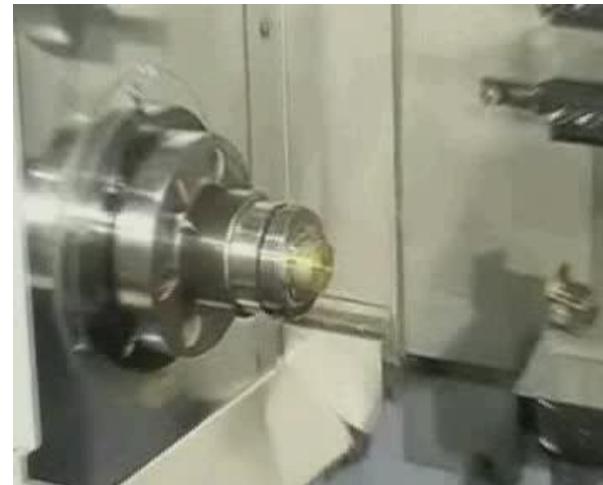
I processi di produzione sono **sempre affetti da errori**.

La geometria e le dimensioni dei pezzi realizzati (**forma e dimensioni reali**) si discostano da quelle indicate a disegno (**forma e dimensioni nominali**).

Nominale



Reale



L'OBIETTIVO del progettista non è la costruzione della macchina perfetta, ma la costruzione di una macchina che risponda ai requisiti di **funzionalità, durata** ed **economicità** previsti dal progetto.



Ingegneria della precisione e dell'imprecisione

“L’ingegneria della precisione è l’insieme delle attività e delle conoscenze che riguardano lo studio e la ricerca dei requisiti e delle caratteristiche operative che i mezzi di fabbricazione ed i sistemi di controllo debbono possedere perché i prodotti rispettino i limiti dimensionali e di forma, cioè le tolleranze, imposte dalle specifiche di progetto.”

“L’Ingegneria dell’imprecisione è l’insieme delle attività e delle conoscenze che consentono ad un ingegnere di assegnare le tolleranze, con la massima imprecisione possibile, purché il risultato sia compatibile con i requisiti funzionali.”

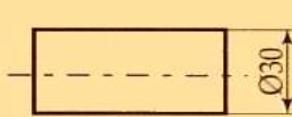
Francesco Caputo, 2007



Tipi di errori

ERRORI DI REALIZZAZIONE DEI PEZZI

ERRORI DIMENSIONALI
Deviazioni delle dimensioni reali
da quelle nominali



Prescrizione



Oggetto reale

ERRORI GEOMETRICI
Deviazioni delle superfici reali
da quelle nominali

Errori microgeometrici

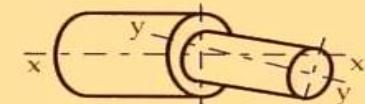
Rugosità

misurata con un rugosimetro



Errori macrogeometrici forma e posizione

Tolleranze geometriche



indipendenti da sistemi di riferimento (superficie piana) oppure relativi (perpendicolare rispetto ad un piano che introdurremo come riferimento)

datum : indicato con un triangolo ed è l'elemento di riferimento in base a cui definisco requisiti e tolleranze

Fonte: Chirone E., Tornincasa S., Disegno Tecnico Industriale, Ed. Il Capitello, vol. II, pag. 39, 2007.



Perché le tolleranze?

non si progetta un pezzo singolo ma lotti: i pezzi saranno inevitabilmente diversi tra loro ma l'accoppiamento deve essere garantito per ogni pezzo

L'utilizzo delle tolleranze è finalizzato a **garantire il corretto accoppiamento dei componenti**. L'accoppiamento di due parti può avvenire in due diversi modi:

Aggiustaggio

I pezzi da accoppiare sono lavorati nella stessa officina ed adattati al momento del montaggio

Sistema possibile soltanto per piccole produzioni o produzioni artigianali

Intercambiabilità

I pezzi da montare sono prodotti in quantità prefissate (lotti) e l'accoppiamento deve avvenire tra pezzi scelti casualmente dai lotti

- Possibile la produzione dei pezzi in luoghi e tempi diversi
- Accoppiamento senza aggiustaggi
- Sostituzione di pezzi rotti

TOLLERANZE

Necessità di definire limiti di variabilità per le dimensioni e la forma dei componenti

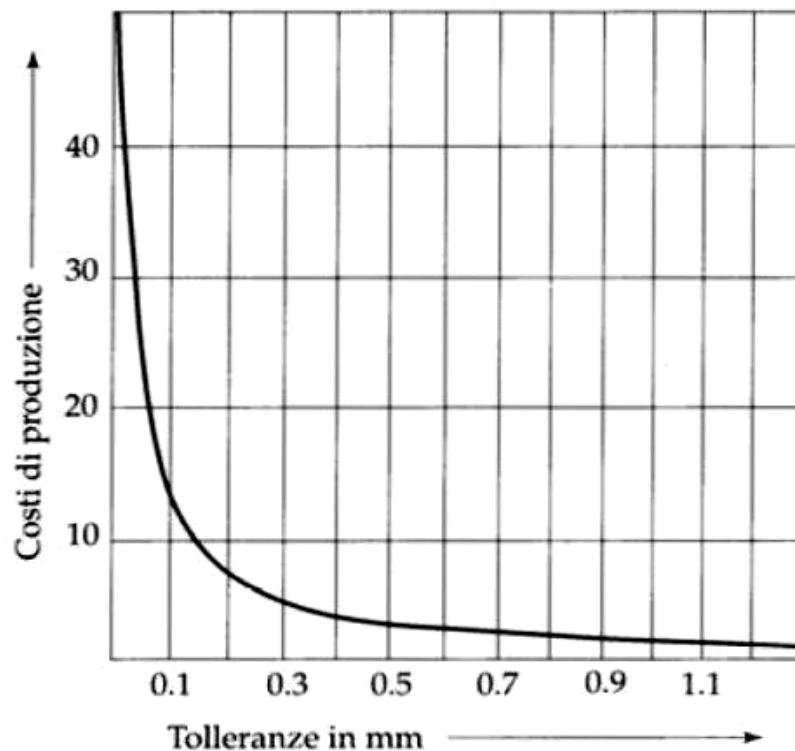


Criteri di scelta delle tolleranze

Economicità

Funzionalità

Scegliere le tolleranze più ampie capaci di garantire il rispetto delle effettive esigenze tecnico-funzionali del pezzo

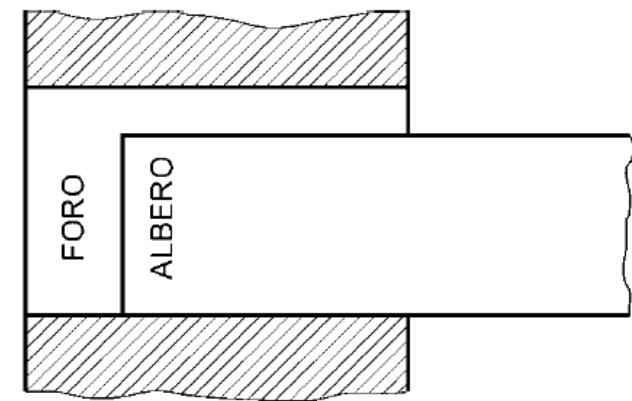
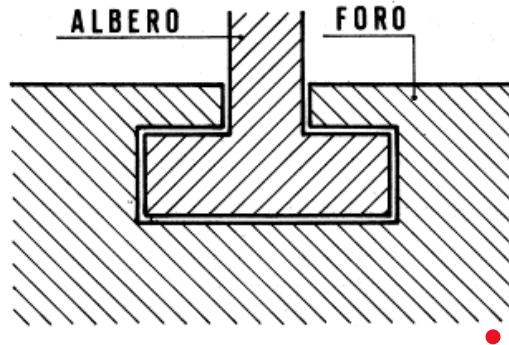
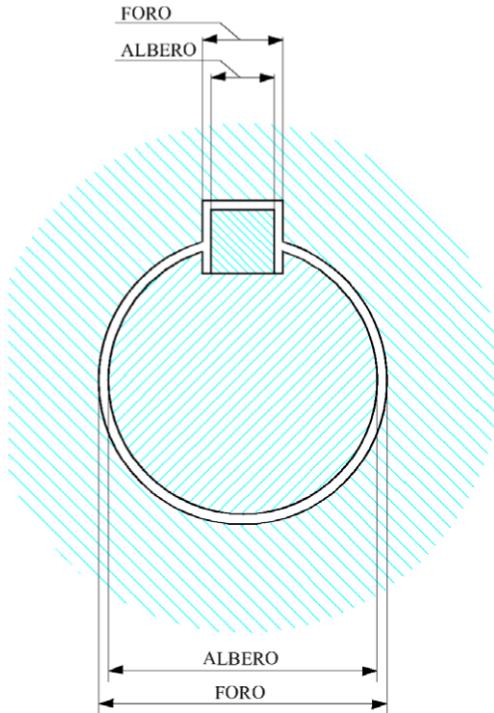


Prime definizioni

FORO: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi **interni** di un pezzo, anche non cilindrici".

ALBERO: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi **esterni** di un pezzo, anche non cilindrici".

NB: si rinuncia alla coassialità per definire solo un errore (e non un errore "superiore" e uno "inferiore")

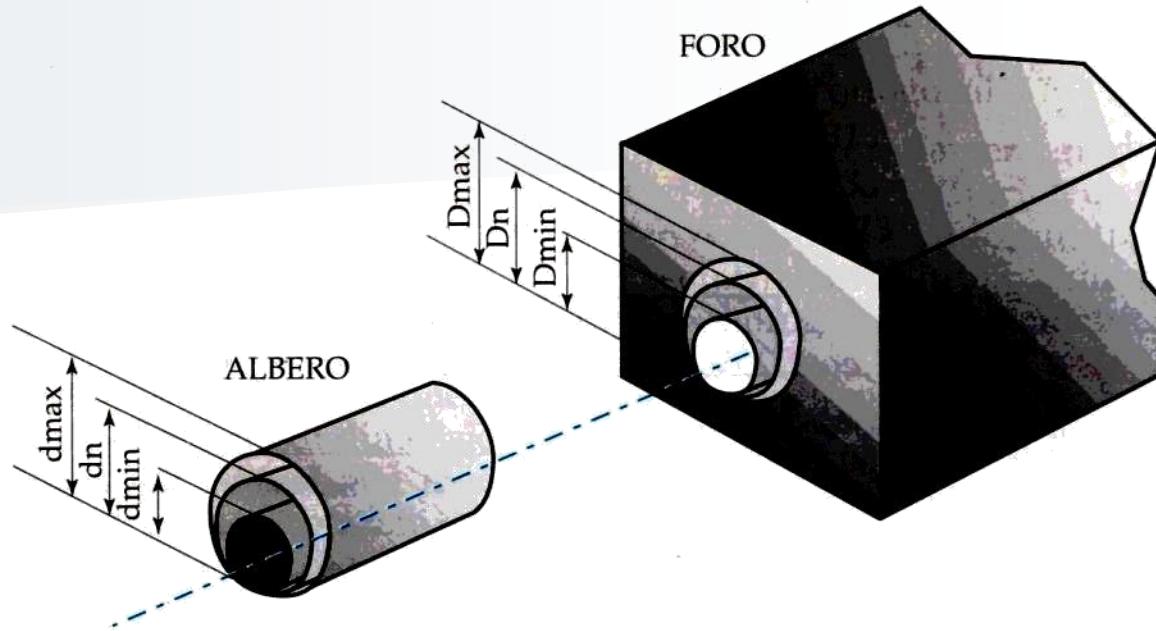


N.B.: "Foro" e "albero" designano anche lo spazio, rispettivamente contenente e contenuto, compreso entro due facce (o piani tangenti) paralleli di un pezzo qualunque.

N.B.: Si fa riferimento sempre al **Foro** con **lettere maiuscole** all'**albero** sempre con **lettere minuscole**



Prime definizioni



Tolleranza: differenza tra due dimensioni limite

Le dimensioni misurabili esternamente sono di tipo **albero**.

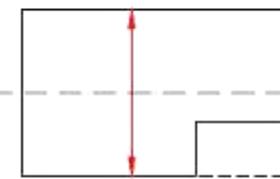
Le dimensioni misurabili internamente sono di tipo **foro**.

La temperatura di funzionamento può notevolmente influenzare le caratteristiche dell'accoppiamento. Pertanto tutte le dimensioni sono riferite alla temperatura di **20°C**.

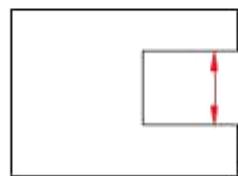
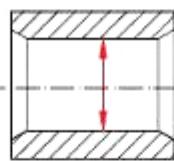


Prime definizioni

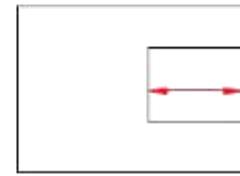
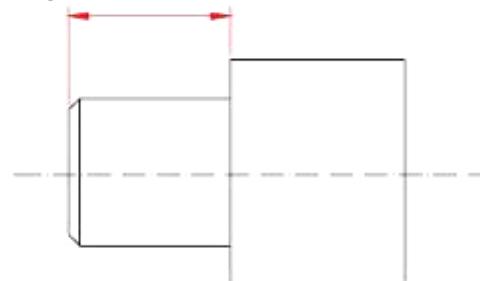
a)
Dimensioni
esterne



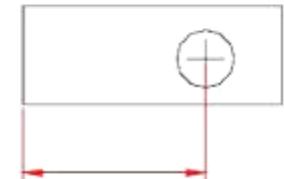
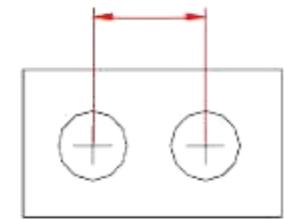
b)
Dimensioni
interne



c)
profondità



d)
distanze



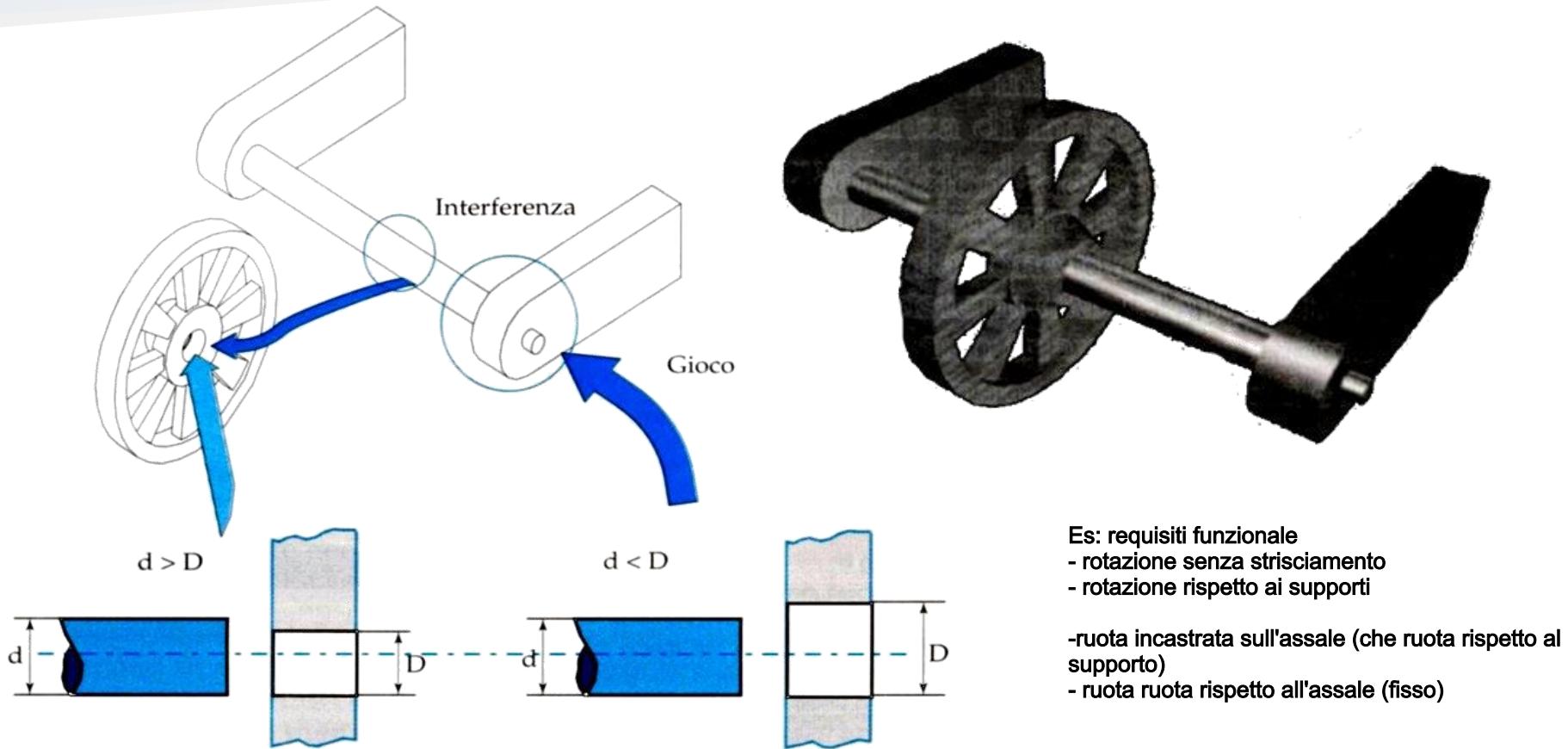
Differenti gruppi di dimensioni e quote:

a) Dimensione esterna, b) Dimensione interna, c) profondità, d) Distanze.



Tipi di accoppiamento

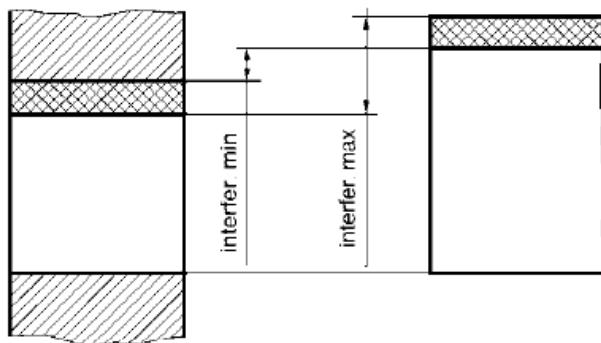
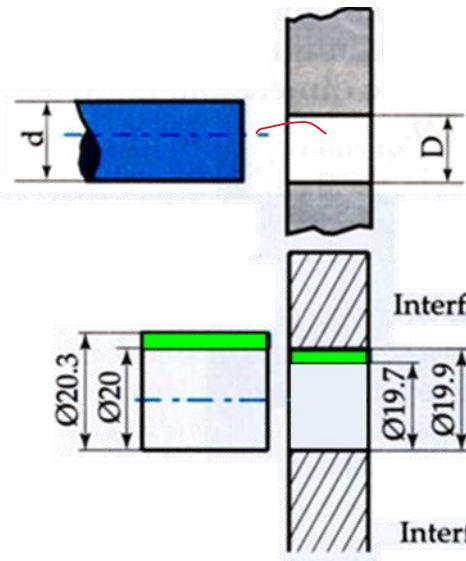
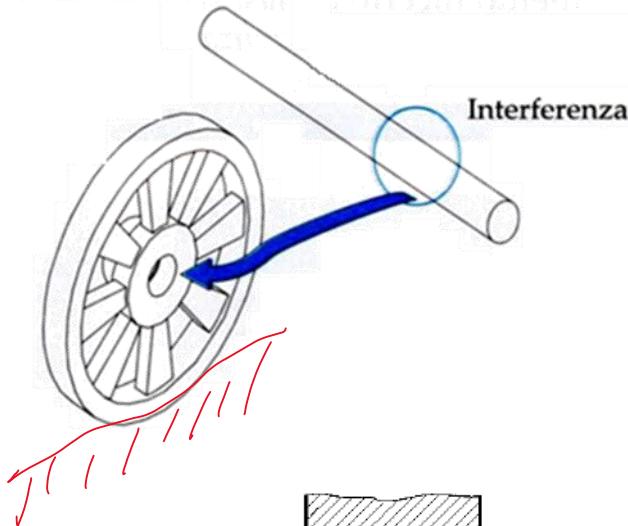
Per un corretto funzionamento della carriola la ruota viene montata con **interferenza** sull'albero e l'albero viene montato con **gioco** nell'apposita sede



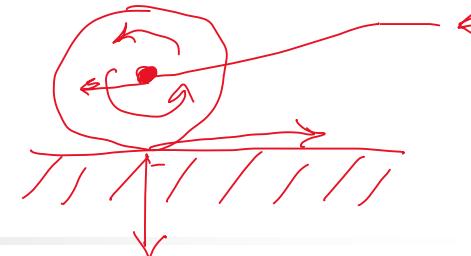
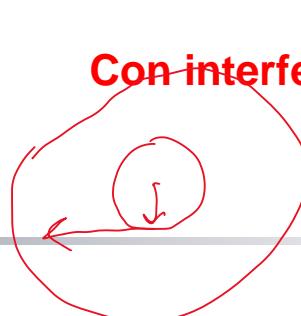
Tipi di accoppiamento

La zona di tolleranza del foro è sempre inferiore a quella dell'albero

ACCOPIAMENTO CON INTERFERENZA



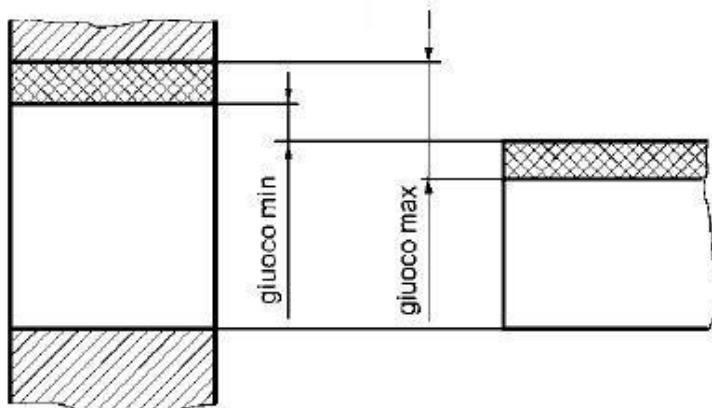
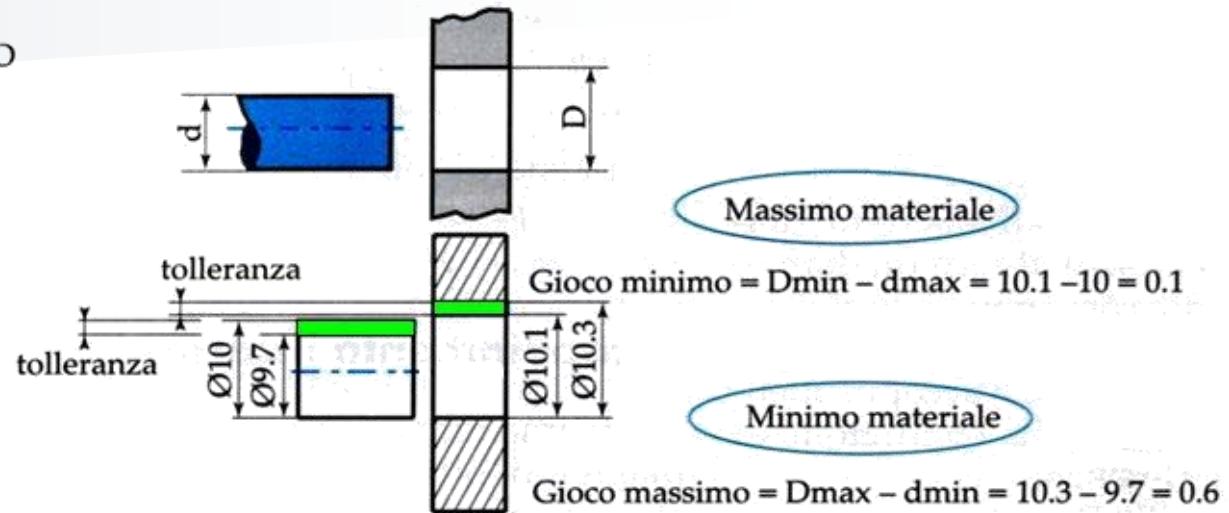
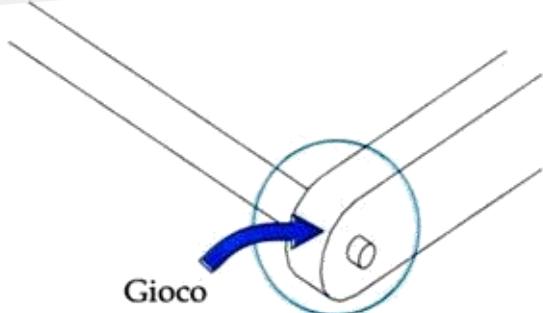
Con interferenza



Tipi di accoppiamento

La zona di tolleranza del foro è sempre superiore a quella dell'albero

ACCOPIAMENTO CON GIOCO



Con gioco

valore minimo di gioco: garantisce di avere ancora gioco anche in condizioni operative (riscaldamento, dilatazione etc)

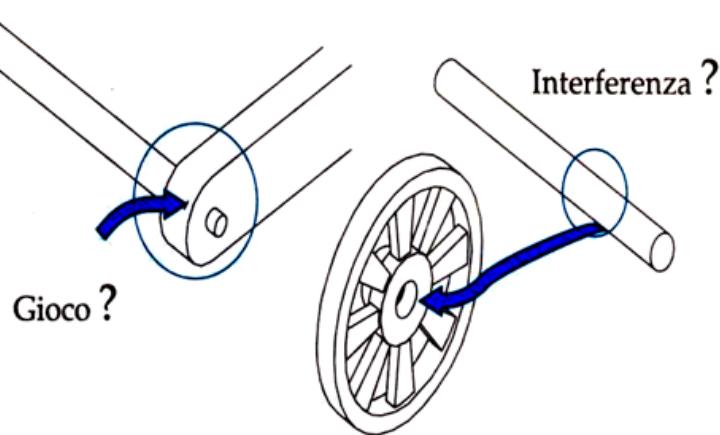
valore massimo di gioco: consente di rispettare il requisito di scorrimento funzionale dei componenti anche a valle dell'usura del componente



Tipi di accoppiamento

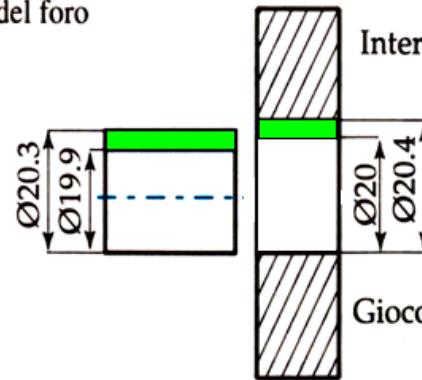
La zona di tolleranza del foro è parzialmente sovrapposta a quella dell'albero

ACCOPIAMENTO INCERTO



L'accoppiamento incerto diventa quasi sempre un accoppiamento con interferenza, visto che si tende a lavorare con condizioni di massimo materiale. Nelle condizioni di minimo materiale comunque si devono assicurare i requisiti funzionali (accoppiamento con linguetta che consente un accoppiamento albero/mozzo)

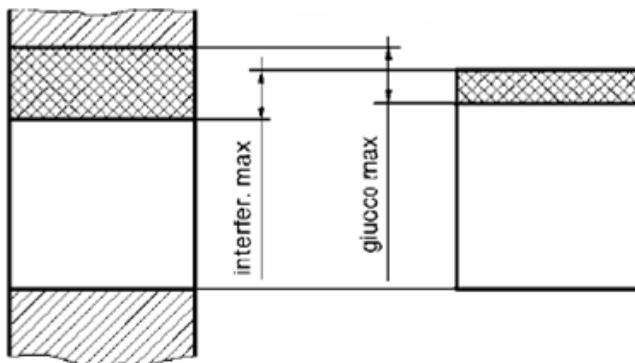
Parziale sovrapposizione delle tolleranze dell'albero e del foro



Massimo materiale

Minimo materiale

$$\text{Gioco massimo} = D_{\max} - d_{\min} = 20.4 - 19.9 = 0.5$$



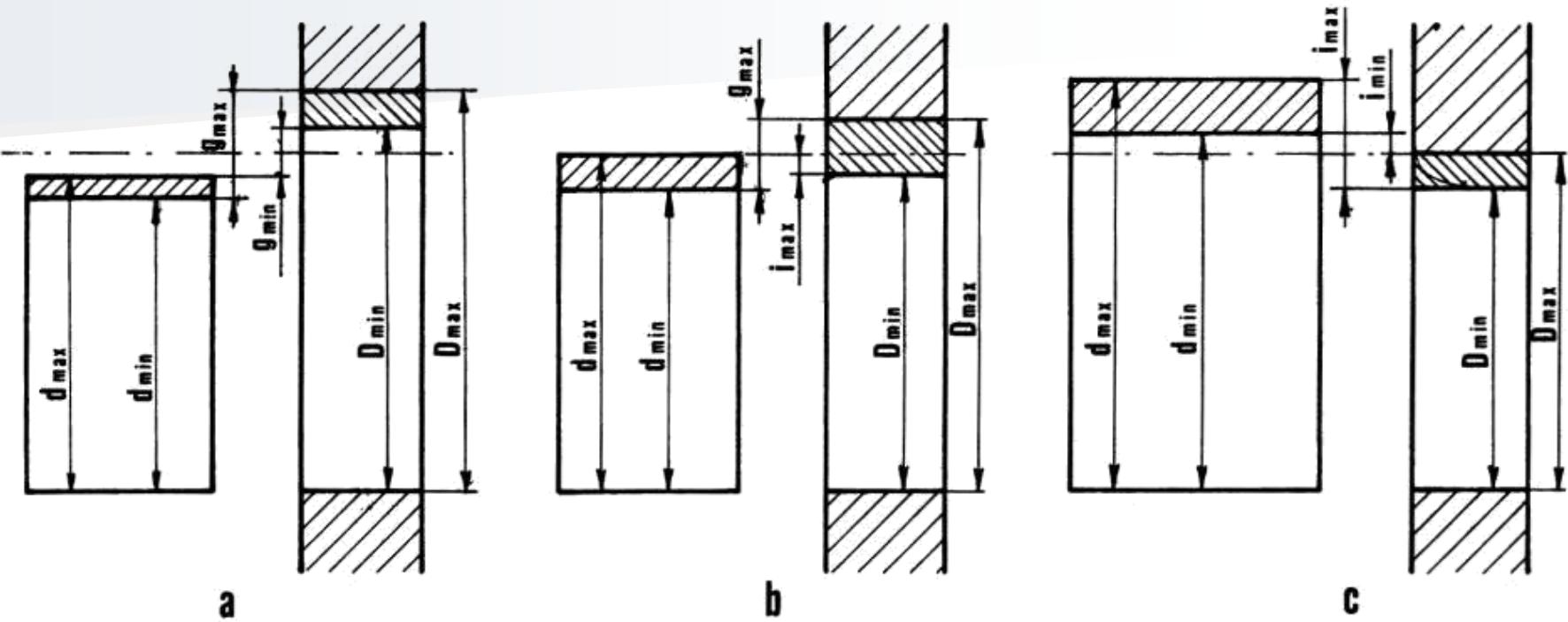
NB: conviene lavorare in condizioni di massimo materiale, in quanto in questa condizione i pezzi possono essere soggetti a successive lavorazioni

Incerto

La condizione operativa qui varia tra un gioco massimo ad una condizione di interferenza massima.



Tipi di accoppiamento



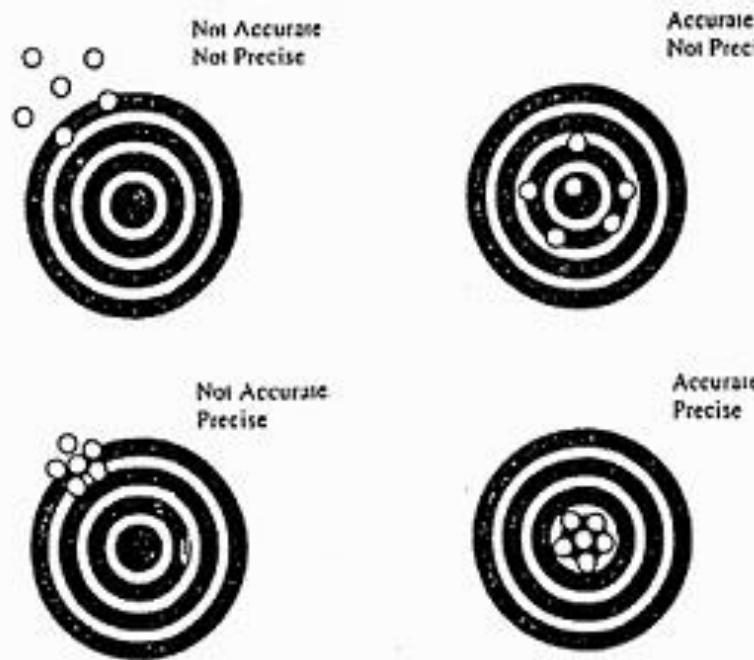
- a) Con **gioco**: dimensione del **foro** sempre **maggiore** di quella dell'albero
- b) Con **incertezza (incerto)**: zone di tolleranza sovrapposte
- c) Con **interferenza**: dimensione dell'**albero** sempre **maggiore** di quella del foro



Accuratezza vs Precisione

Precisione delle misure: livello di vicinanza di una misurazione con l'altra e da quanto le misure risultano quindi raggruppate. Questo non significa però che le varie misure siano necessariamente vicine al valore atteso.

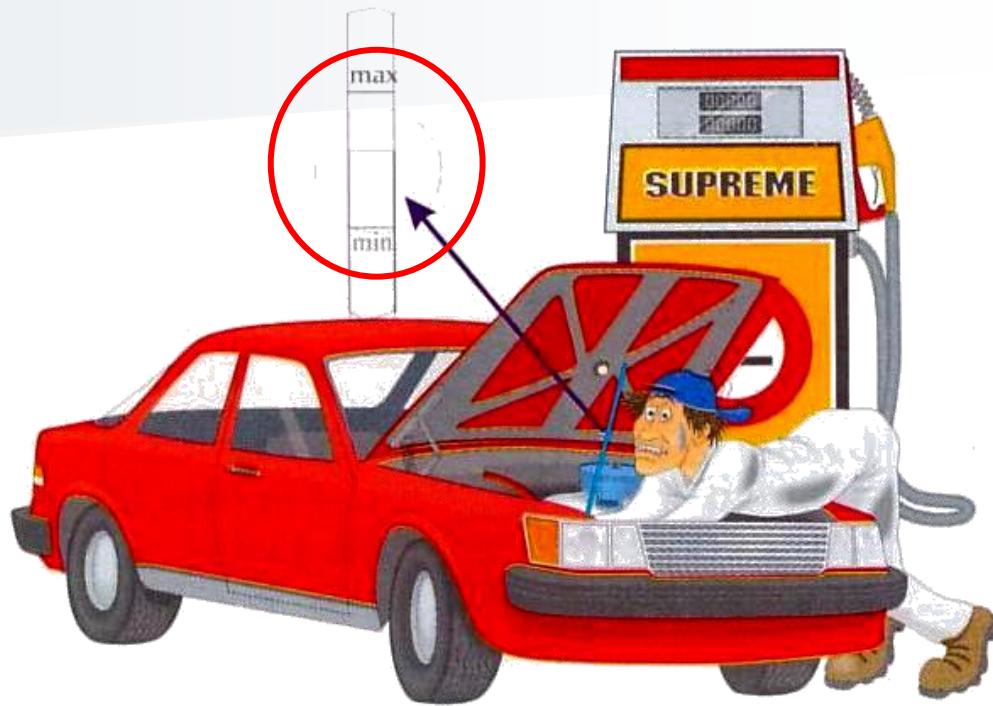
Accuratezza: livello di vicinanza delle misure rispetto al valore atteso.



Riassumendo, possono esserci misure precise ma non accurate, misure accurate ma non precise, misure accurate e precise e misure non accurate e non precise.



Controllo dimensionale



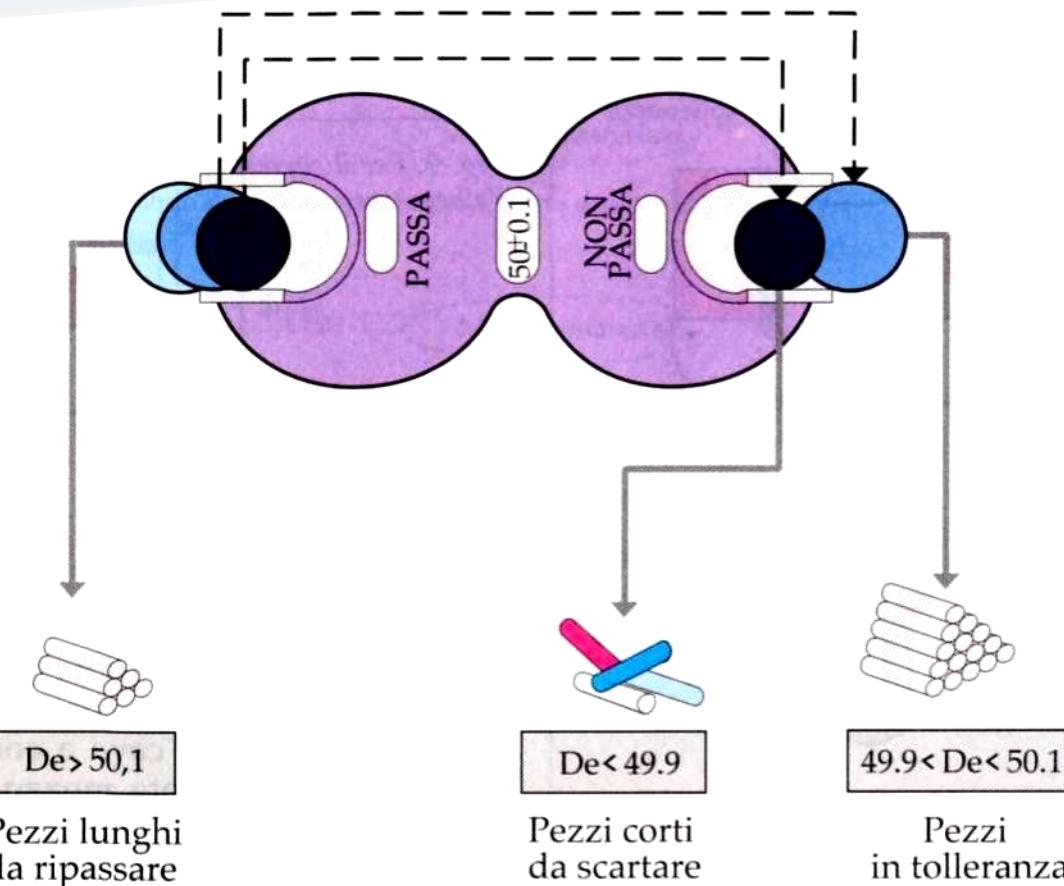
Il controllo del livello dell'olio dell'auto è un controllo tra due limiti

Il controllo dimensionale dei pezzi non comporta necessariamente la misura della dimensione effettiva del pezzo. Generalmente, è sufficiente verificare che la dimensione effettiva del pezzo sia compresa nel **campo di tolleranza** stabilito mediante un collaudo a due livelli, utilizzando **calibri fissi**.



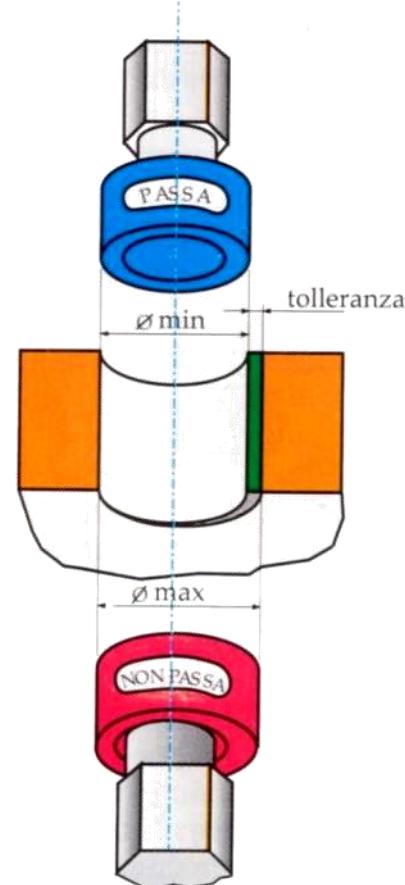
Controllo dimensionale

Calibri a forcella per alberi



Controllo dimensionale

Calibri a tampone per fori



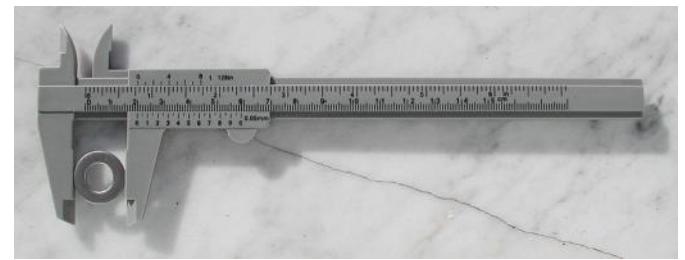
Definizioni

DIMENSIONE

È il numero che esprime, nell'unità scelta, il *valore di una lunghezza*.

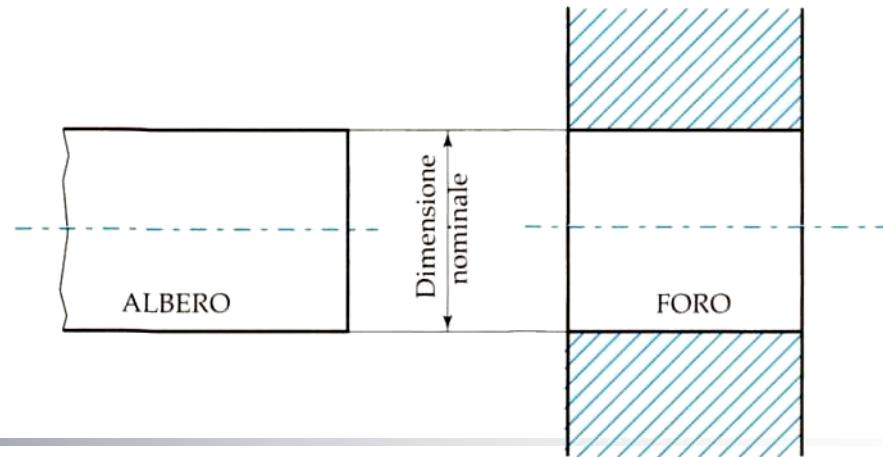
DIMENSIONE EFFETTIVA

È quella realizzata nell'esecuzione di un pezzo e viene determinata mediante misurazione della distanza fra due punti.



DIMENSIONE NOMINALE

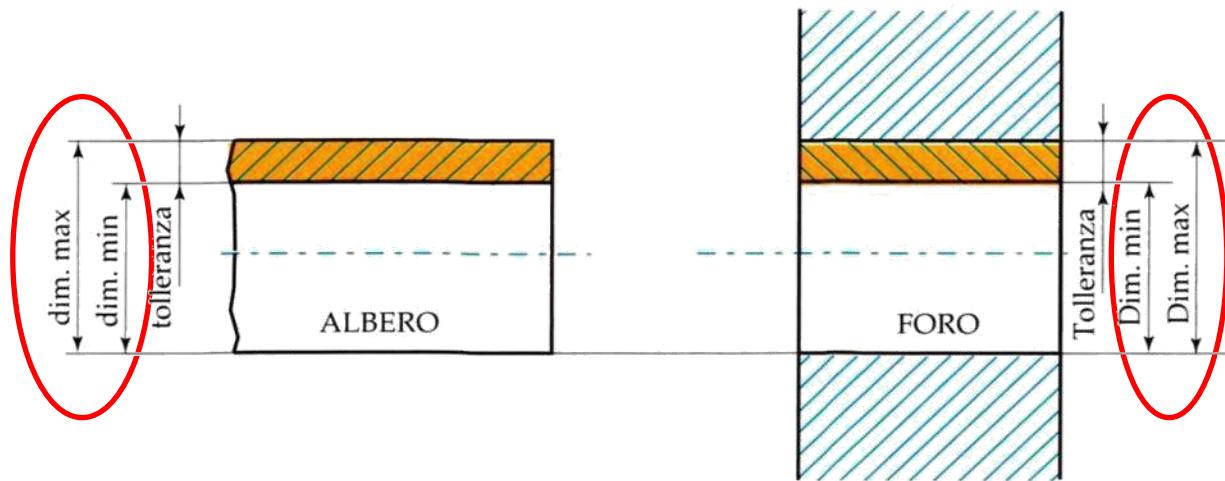
Valore di riferimento per una data dimensione e rappresenta la quota ideale che il progettista vorrebbe realizzare.



Definizioni

DIMENSIONI MASSIMA E MINIMA

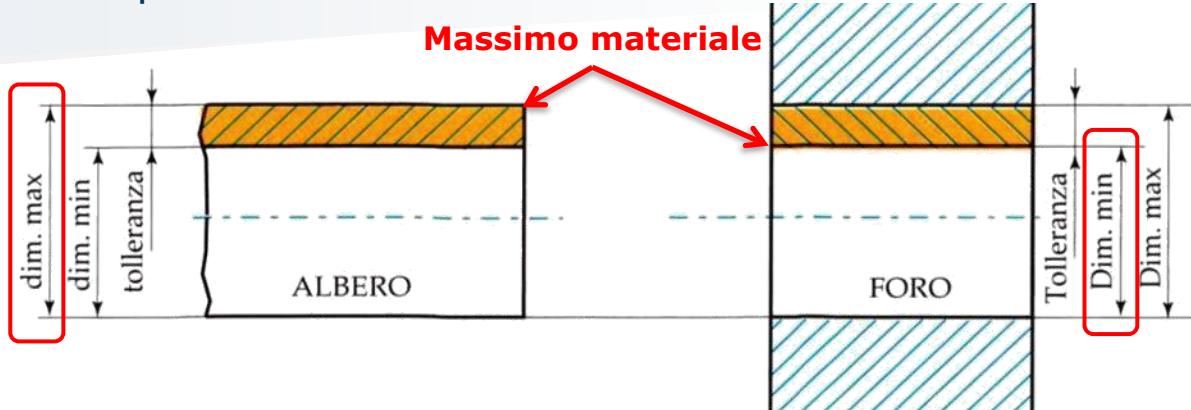
Dimensioni estreme ammissibili di un pezzo entro le quali deve trovarsi la dimensione effettiva.



Definizioni

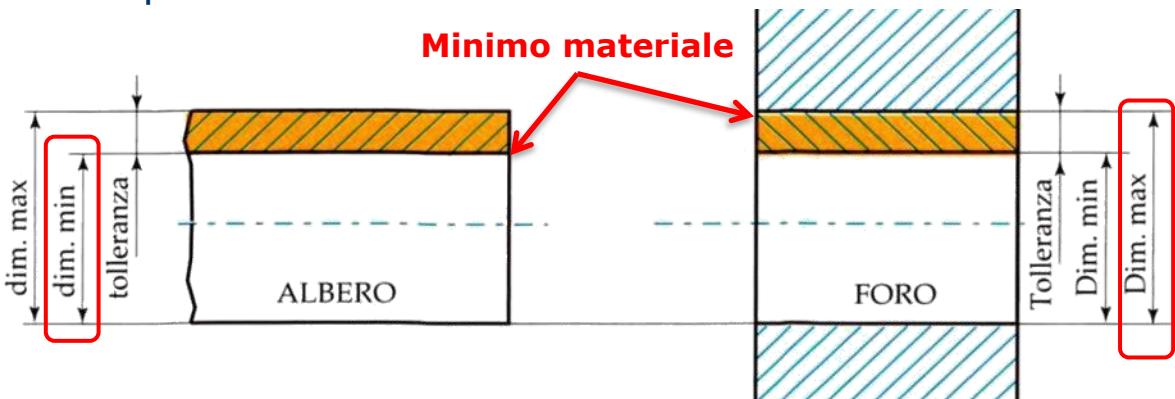
DIMENSIONE NELLA CONDIZIONE DI MASSIMO MATERIALE

Dimensione MASSIMA di un elemento esterno quale un albero e la dimensione MINIMA di un elemento interno quale un foro.



DIMENSIONE NELLA CONDIZIONE DI MINIMO MATERIALE

Dimensione MINIMA di un elemento esterno quale un albero e la dimensione MASSIMA di un elemento interno quale un foro.



Definizioni

SCOSTAMENTO SUPERIORE

Differenza algebrica tra la dimensione massima e la dimensione nominale corrispondente.

Lo scostamento è indicato con E_s per i fori e con e_s per gli alberi.

SCOSTAMENTO INFERIORE

Differenza algebrica tra la dimensione minima e la dimensione nominale corrispondente.

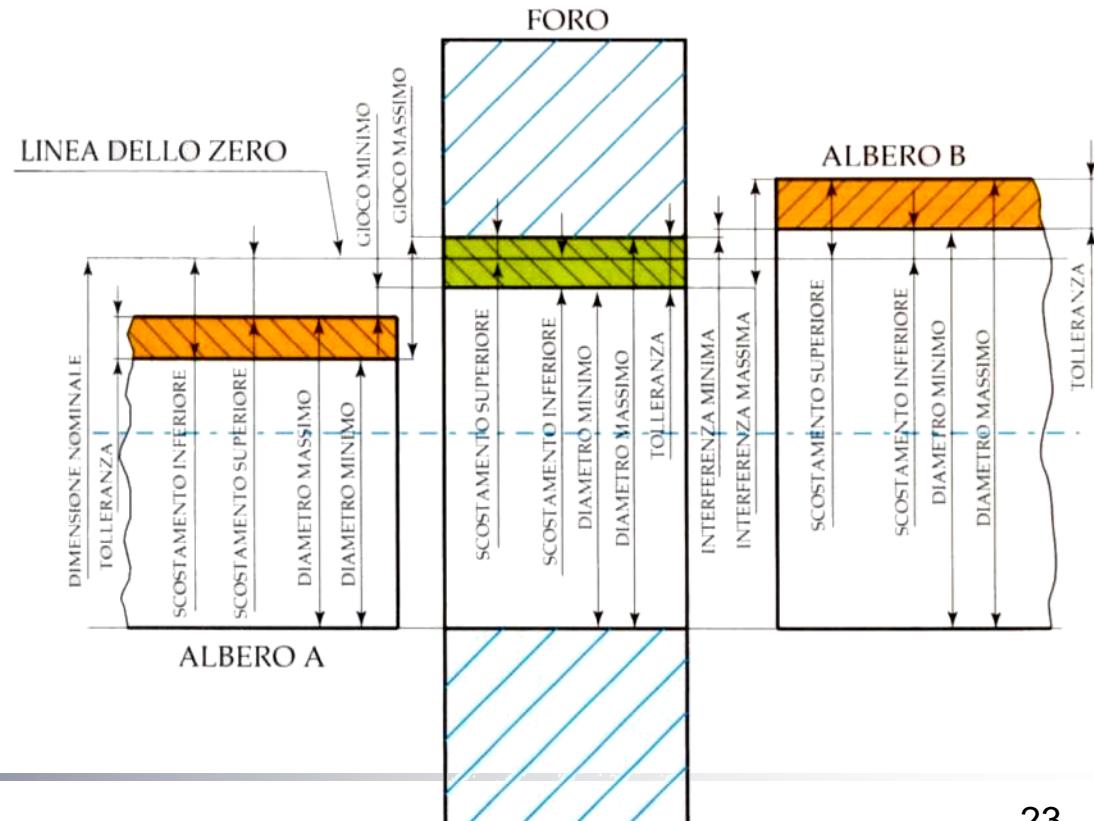
Lo scostamento è indicato con E_i per i fori e con e_i per gli alberi.

$$E_s = D_{\max} - D$$
$$E_i = D_{\min} - D$$

$$e_s = d_{\max} - D$$
$$e_i = d_{\min} - D$$

FORI

alberi



Definizioni

LINEA DELLO ZERO

Nella rappresentazione grafica delle tolleranze e degli accoppiamenti è la linea retta che rappresenta la dimensione nominale alla quale vengono riferiti gli scostamenti e le tolleranze. Per convenzione è tracciata orizzontalmente, e quindi gli scostamenti positivi sono al di sopra e gli scostamenti negativi al di sotto.

TOLLERANZA

È la differenza tra la dimensione massima e quella minima.

Ovvero la differenza algebrica tra lo scostamento superiore e lo scostamento inferiore.
La tolleranza è quindi un valore assoluto, senza segno.

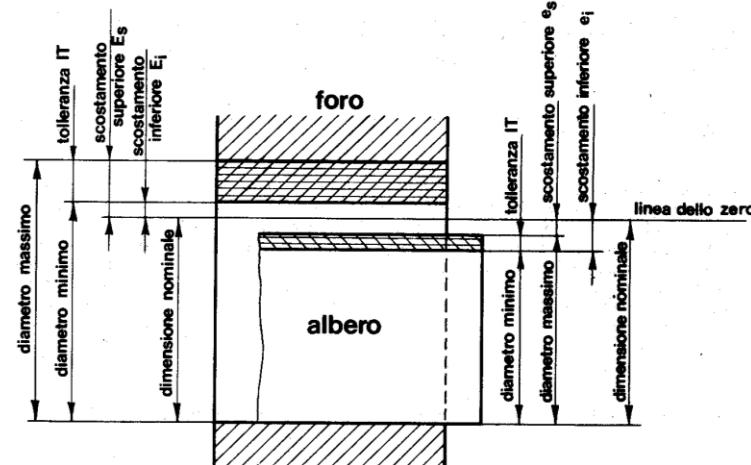
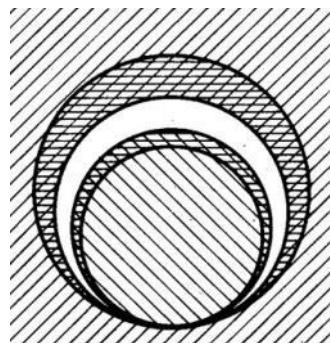
Una tolleranza fondamentale nel sistema ISO unificate è indicata con **IT** (*International Tolerance*).

$$\begin{aligned} IT &= E_s - E_i \\ E_s &= IT + E_i \\ E_i &= E_s - IT \end{aligned}$$

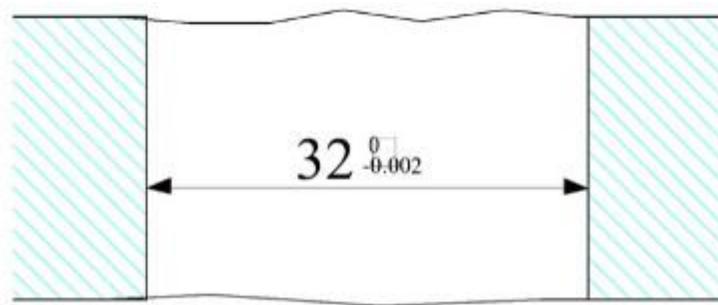
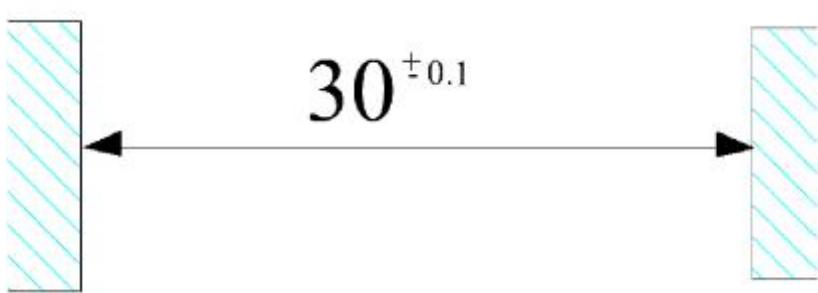
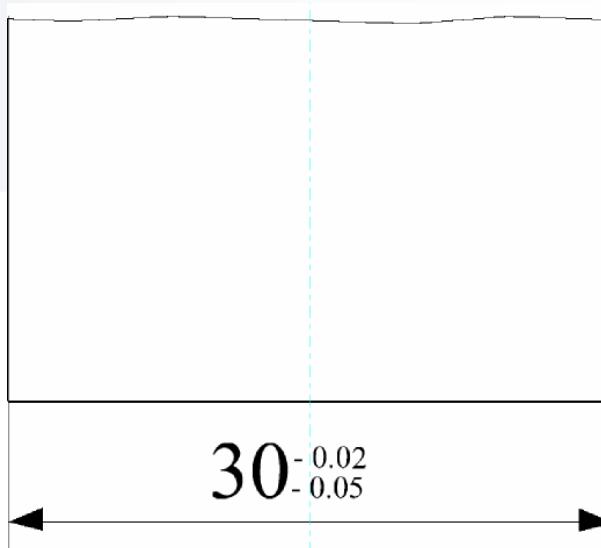
FORI

$$\begin{aligned} IT &= e_s - e_i \\ e_s &= IT + e_i \\ e_i &= e_s - IT \end{aligned}$$

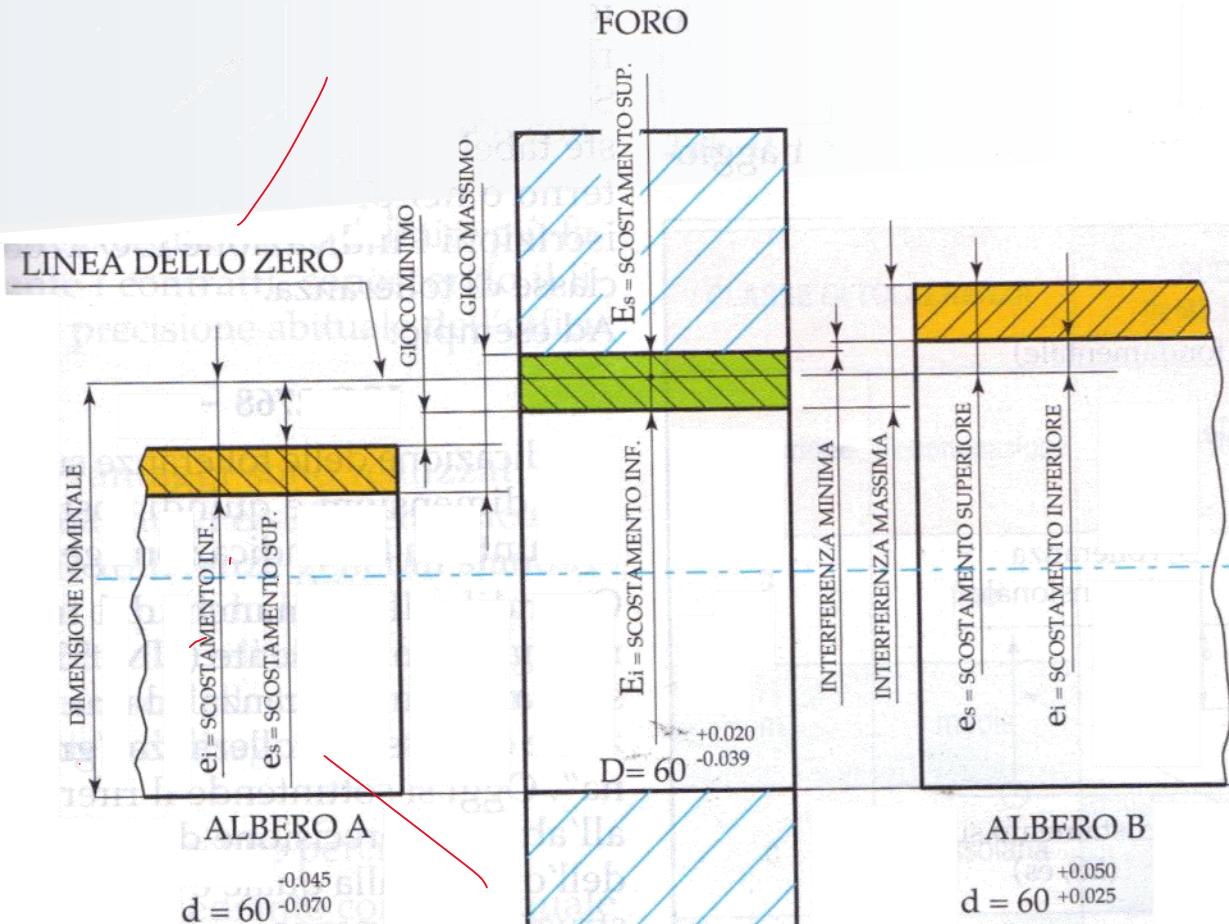
alberi



Indicazione delle tolleranze mediante gli scostamenti limite



Tipi di accoppiamento: esempio



A) Accoppiamento con gioco

$$G_{\max} = 0,090 \text{ mm}$$

$$G_{\min} = 0,006 \text{ mm}$$

B) Accoppiamento con interferenza

$$I_{\max} = 0,089 \text{ mm}$$

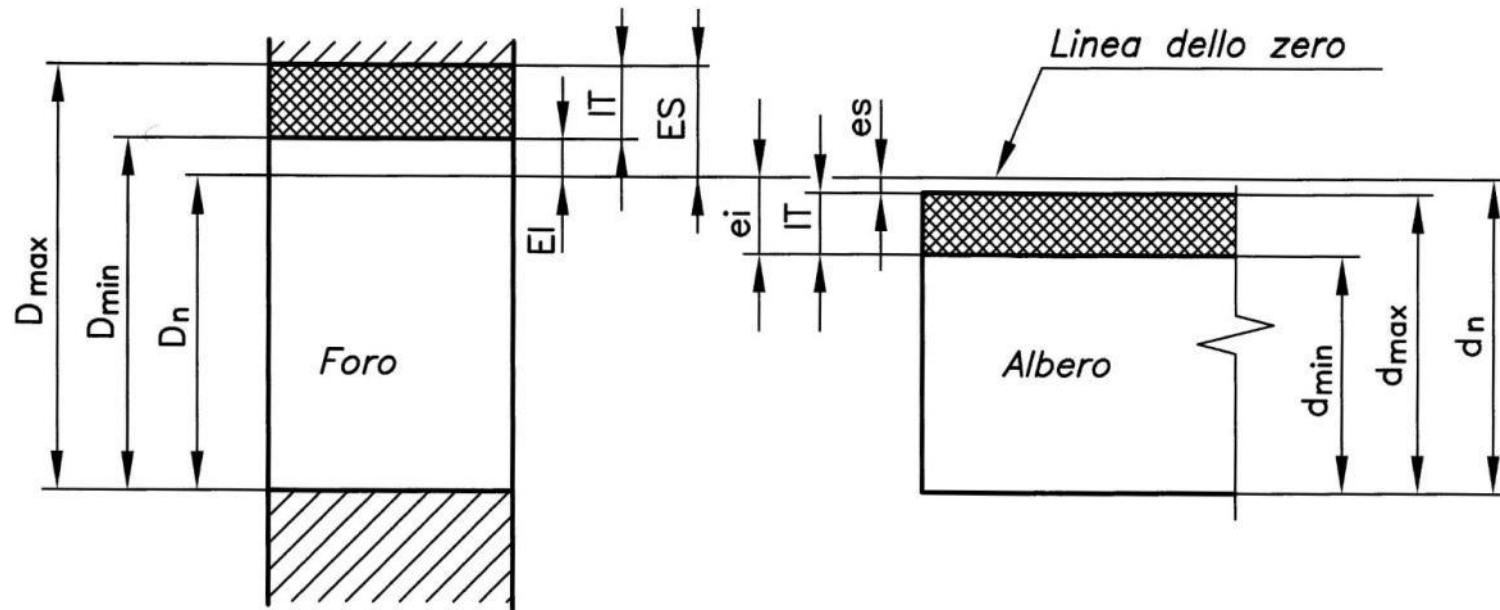
$$I_{\min} = 0,005 \text{ mm}$$



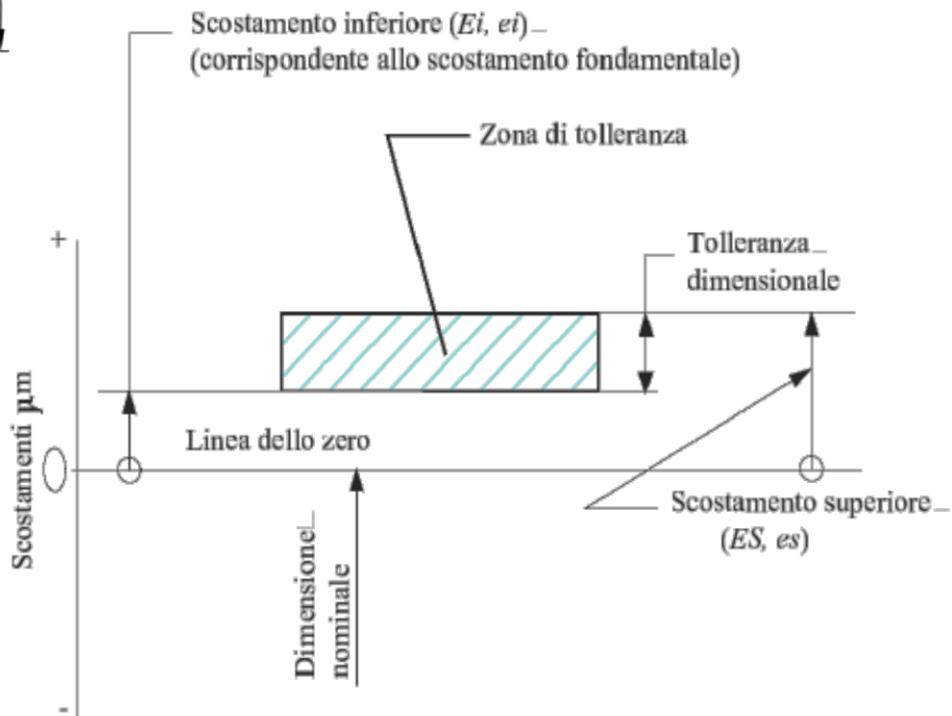
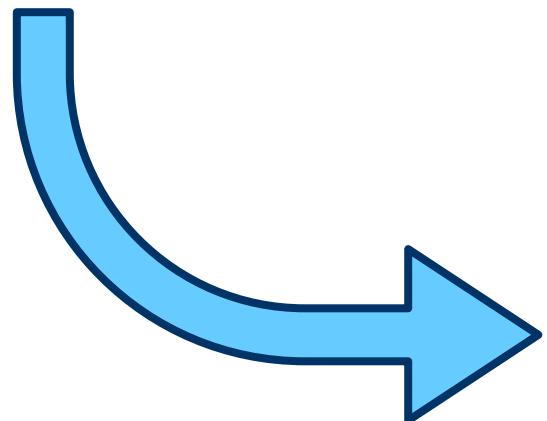
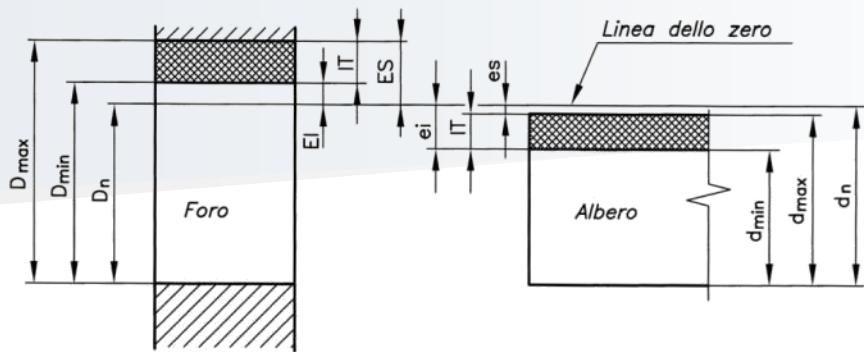
Assegnazione di una tolleranza dimensionale

I limiti di variabilità dimensionali (tolleranza dimensionale) sono univocamente determinati tramite:

- 1) La tolleranza (**ampiezza** del campo di tolleranza)
- 2) Uno dei due scostamenti (**posizione** del campo di tolleranza)



Rappresentazione semplificata delle zone di tolleranza

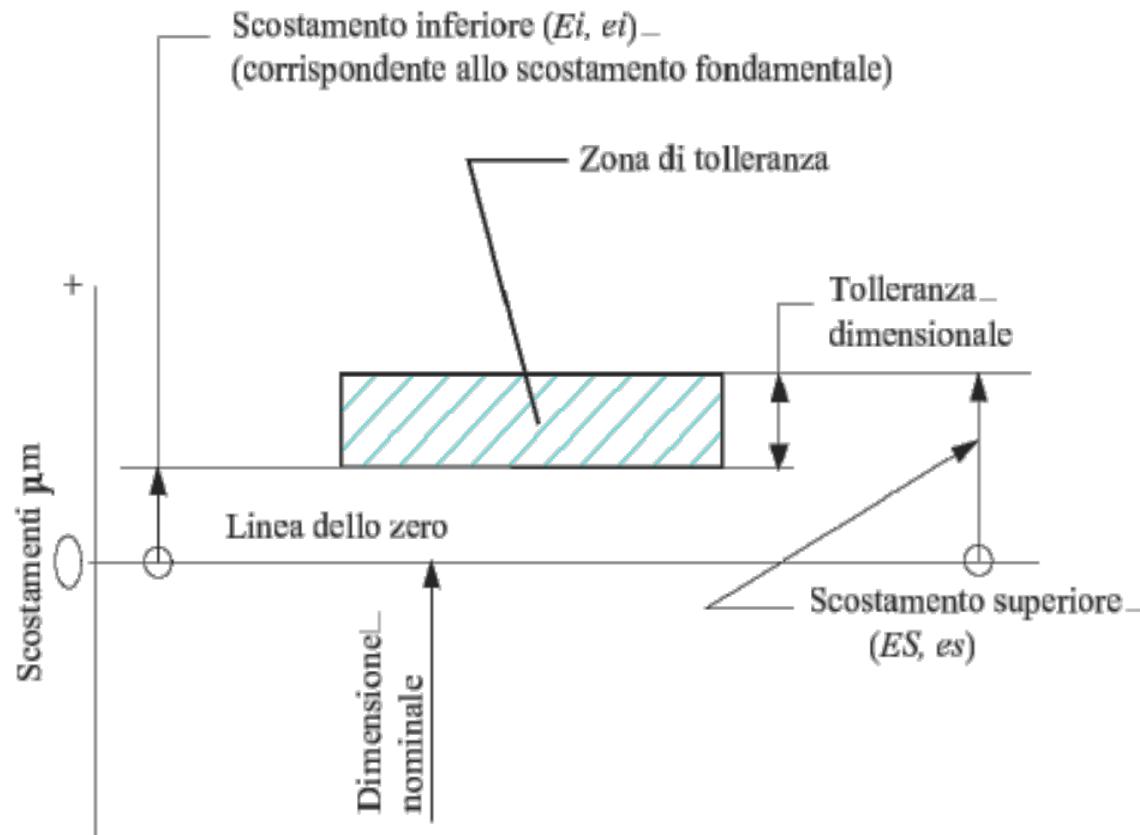


Lo scostamento fondamentale, funzione della dimensione nominale, è quello che definisce il limite più vicino alla linea dello zero.



Le tolleranze ISO

Il sistema **ISO** di tolleranza (**UNI EN 20286/1-2**) ha unificato, per ogni dimensione nominale (fino a 3150 mm), 20 gradi di tolleranza **normalizzati** (ampiezza di tolleranza) e una gamma di scostamenti fondamentali (**posizione di tolleranza** rispetto alla linea dello zero)



Gradi di tolleranza normalizzati

- ✓ Il sistema **ISO** prevede **20** gradi di tolleranza normalizzati che definiscono l'ampiezza della zona di tolleranza e, quindi, la qualità della lavorazione.
- ✓ Tale ampiezza è funzione della dimensione nominale. A parità di grado di precisione, ad esempio a parità di tipo di lavorazione, si ottengono infatti variazioni crescenti all'aumentare della dimensione del pezzo.
- ✓ La qualità di tolleranza è indicata dalle sigle **IT0, IT01, IT1, IT2...IT18**, con precisione decrescente.



Gradi di tolleranza normalizzati

DIMENSIONE NOMINALE		GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																			
		Dimensione nominale mm		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16		
oltre	fino a	Tolleranze															mm				
		μm															mm				
mm	IT01	IT0																			
oltre	fino a	tolleranza μm																			
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,60	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8		
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2		
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7		
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3		
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9		
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6		
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4		
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3		
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2		
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1		
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9		
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7		
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11		
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5		
800	1.000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14		
1.000	1.250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5		
1.250	1.600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5		
1.600	2.000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23		
2.000	2.500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28		
2.500	3.150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33		



Gradi di tolleranza normalizzati

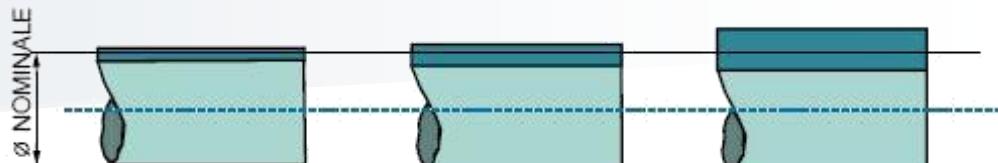
Corrispondenza del grado di tolleranza normalizzato con le lavorazioni e le applicazioni tipiche

Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
IT5	extra preciso		rettifica	rettifica speciale	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT6	preciso	extra preciso	rettifica	rettifica	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT7	preciso - medio	preciso	tornitura	rettifica alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT8	medio	medio	tornitura	alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT9	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT11	grossolano	grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14 - IT18	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	



Gradi di tolleranza normalizzati

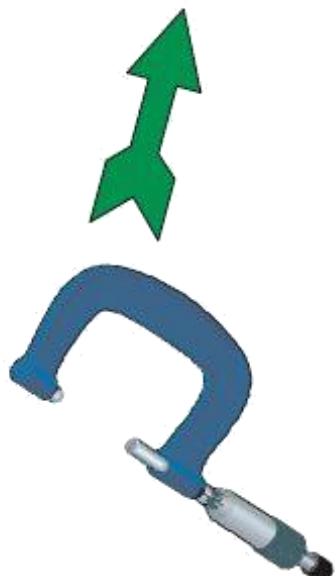
Gradi di tolleranza ottenibili con le lavorazioni meccaniche



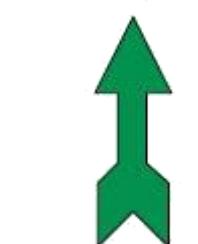
1...4

5...10

11...18



Strumenti di precisione
e misura



Lavorazioni alle
macchine utensili



Lavorazioni grossolane
Fucinatura Stampaggio
Fusione



Gradi di tolleranza normalizzati

Gradi di tolleranza ottenibili con le lavorazioni meccaniche

Lavorazione	Grado di tolleranza normalizzato							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Lappatura								
Rettificatura cilindrica								
Rettificatura per piani								
Brocciatura								
Tornitura								
Alesatura								
Fresatura								
Trapanatura								
Tranciatura								
Formatura- stampaggio								



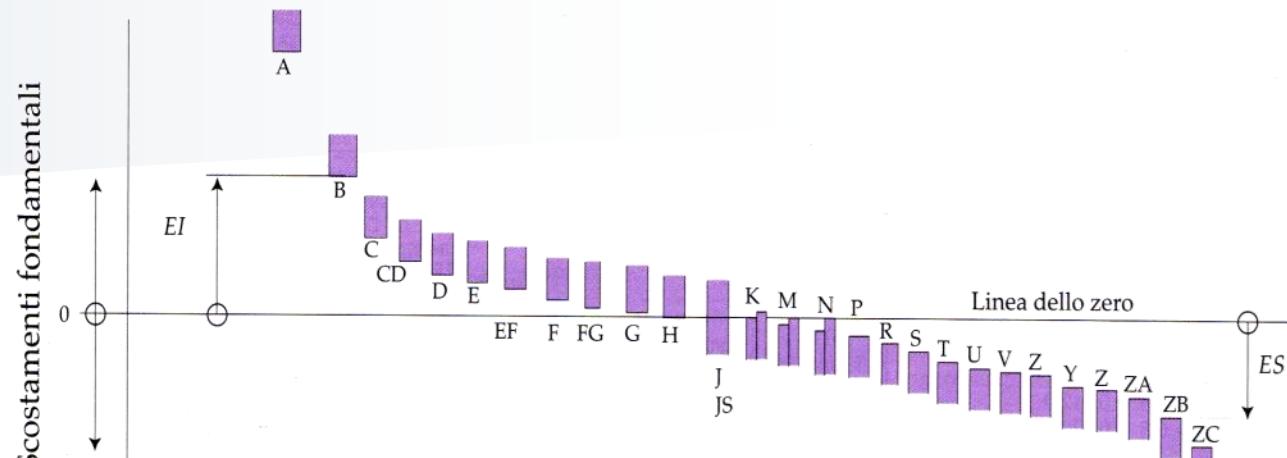
Posizione delle tolleranze

La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero è **designata da una lettera** che indica il valore dello **scostamento fondamentale**.

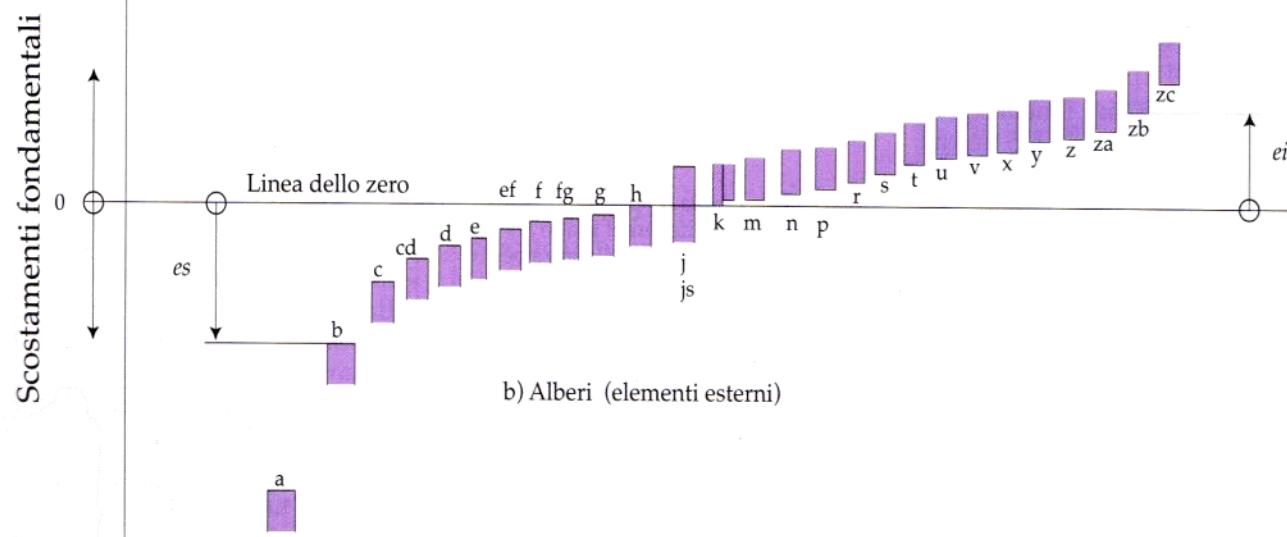
Esistono **27 posizioni normalizzate** nel sistema ISO, designate con lettere da **A** a **ZC** per fori e da **a** a **zc** per alberi.

La posizione di **tolleranza base**, contraddistinta dalla lettera **h** per gli alberi e **H** per i fori, è quella con *scostamento fondamentale nullo*.

Gli scostamenti **Js** e **js** prescrivono una zona di tolleranza a cavallo della linea dello zero.



a) Fori (elementi interni)



b) Alberi (elementi esterni)



DIMENS. NOMINALE mm		SCOSTAMENTI INFERIORI EI												SCOSTAMENTI SUPERIORI ES																														
GRADI DI TOLLERANZA: tutti														IT6	IT7	IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT7	GRADI DI TOLLERANZA SUPERIORI A IT7																				
oltre	fino a	A1)	B1)	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js2)	J	K3)	M3)	N3)	PàZC3)	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC														
-	3	+ 270	+ 140	+ 60	+ 34	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	+ 2	0		+ 2	+ 4	+ 6	0	0	-2	-2	-4	-4		-18		-20	-26	-32	-40	-60														
3	6	+ 270	+ 140	+ 70	+ 46	+ 30	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	0		+ 5	+ 6	+ 10	-1+Δ		-4+Δ	-4	-8+Δ	0		-12	-15	-19	-28	-35	-42	-50	-80													
6	10	+ 280	+ 150	+ 80	+ 56	+ 40	+ 25	+ 18	+ 13	+ 8	+ 5	0		+ 5	+ 8	+ 12	-1+Δ		-6+Δ	-6	-10+Δ	0		-15	-19	-23	-28	-42	-52	-67	-97													
10	14	+ 290	+ 150	+ 95		+ 50	+ 32		+ 16		+ 6	0		+ 6	+ 10	+ 15	-1+Δ		-7+Δ	-7	-12+Δ	0		-18	-23	-28	-33	-40	-50	-64	-90	-130												
14	18	+ 300	+ 160	+ 110		+ 65	+ 40		+ 20		+ 7	0		+ 8	+ 12	+ 20	-2+Δ		-8+Δ	-8	-15+Δ	0		-22	-28	-35	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188										
18	24	+ 310	+ 170	+ 120		+ 80	+ 50		+ 25		+ 9	0		+ 10	+ 14	+ 24	-2+Δ		-9+Δ	-9	-17+Δ	0		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274									
24	30	+ 320	+ 180	+ 130		+ 100	+ 60		+ 30		+ 10	0		+ 13	+ 18	+ 28	-2+Δ		-11+Δ	-11	-20+Δ	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405									
50	65	+ 340	+ 190	+ 140		+ 100	+ 60		+ 36		+ 12	0		+ 16	+ 22	+ 34	-3+Δ		-13+Δ	-13	-23+Δ	0		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585									
65	80	+ 360	+ 200	+ 150		+ 120	+ 72		+ 43		+ 14	0		+ 18	+ 26	+ 41	-3+Δ		-15+Δ	-15	-27+Δ	0		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800									
80	100	+ 380	+ 220	+ 170		+ 145	+ 85		+ 50		+ 15	0		+ 22	+ 30	+ 47	-4+Δ		-17+Δ	-17	-31+Δ	0		-50	-80	-130	-180	-258	-310	-340	-415	-535	-700	-900										
100	120	+ 410	+ 240	+ 180		+ 170	+ 100		+ 56		+ 17	0		+ 25	+ 36	+ 55	-4+Δ		-20+Δ	-20	-34+Δ	0		-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550									
120	140	+ 460	+ 260	+ 200		+ 190	+ 110		+ 62		+ 18	0		+ 29	+ 39	+ 60	-4+Δ		-21+Δ	-21	-37+Δ	0		-62	-108	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700									
140	160	+ 520	+ 280	+ 210		+ 210	+ 125		+ 68		+ 20	0		+ 33	+ 43	+ 66	-5+Δ		-23+Δ	-23	-40+Δ	0		-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400									
160	180	+ 580	+ 310	+ 230		+ 230	+ 135		+ 76		+ 22	0					0		-26		-44			-78	-150	-280	-400	-600																
180	200	+ 660	+ 340	+ 240		+ 260	+ 170		+ 80		+ 24	0				0			-30		-50			-88	-175	-340	-500	-740																
200	225	+ 740	+ 380	+ 260		+ 290	+ 200		+ 86		+ 26	0				0			-34		-56			-100	-210	-430	-620	-840																
225	250	+ 820	+ 420	+ 280		+ 320	+ 210		+ 98		+ 28	0				0			-40		-66			-120	-230	-450	-640	-860																
250	280	+ 920	+ 480	+ 300		+ 350	+ 220		+ 110		+ 30	0				0			-48		-78			-140	-250	-470	-680	-880																
280	315	+ 1050	+ 540	+ 330		+ 380	+ 240		+ 120		+ 32	0				0			-58		-92			-160	-270	-490	-700	-900																
315	355	+ 1200	+ 600	+ 360		+ 410	+ 260		+ 130		+ 34	0				0			-68		-110			-230	-340	-560	-760	-960																
355	400	+ 1350	+ 680	+ 400		+ 440	+ 280		+ 145		+ 38	0				0			-76		-135			-240	-350	-570	-770	-970																
400	450	+ 1500	+ 760	+ 440		+ 480	+ 300		+ 150		+ 40	0																																
450	500	+ 1650	+ 840	+ 480		+ 520	+ 290																																					
500	560																																											
560	630																																											
630	710																																											
710	800																																											
800	900																																											
900	1000																																											
1000	1120																																											
1120	1250																																											
1250	1400																																											
1400	1600																																											
1600	1800																																											
1800	2000																																											
2000	2240																																											
2240	2500																																											
2500	2800																																											
2800	3150																																											

Scostamenti = IT_n - IT_{n-1}

1) gli scostamenti A e B non vanno utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm; così lo scostamento N per gradi di tolleranza superiori a IT8; per M6 nella fascia da 250 a 315 mm, ES = -9 μm invece di -11 μm;

2) per le classi di tolleranza da JS7 a JS11, il valore di IT_n si arrotonda come nel caso degli alberi;

3) per determinare i valori K, M e N per i gradi di tolleranza fino a IT8 e gli scostamenti P a ZC per i gradi di tolleranza fino a IT7, si assumono valori di Δ come indicati nel testo.

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$$

DIMENSIONE NOMINALE mm	SCOSTAMENTI SUPERIORI es											SCOSTAMENTI INFERIORI ei																								
	GRADI DI TOLLERANZA: tutti											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	GRADI DI TOLLERANZA: tutti																			
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc							
-	31)	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60					
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80					
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97					
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130					
14	18													-4	-8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41		+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188				
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-5	-10	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+41		+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218			
24	30													-7	-12	+2	0	+11	+20	+32			+48		+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274				
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-9	-15	+3	0	+13	+23	+37			+54		+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325				
40	50	-320	-180	-130										-10	-60	-30	-10	0						+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
50	65	-340	-190	-140										-120	-72	-36	-12	0						+43	+59	+75	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
65	80	-360	-200	-150										-145	-85	-43	-14	0						+51	+71	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
80	100	-380	-220	-170										-190	-110	-56	-17	0						+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800		
100	120	-410	-240	-180										-170	-100	-50	-15	0						+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900		
120	140	-460	-260	-200										-145	-85	-43	-14	0						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000		
140	160	-520	-280	-210										-190	-110	-56	-17	0						+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150		
160	180	-580	-310	-230										-210	-125	-62	-18	0						+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250		
180	200	-660	-340	-240										-230	-135	-68	-20	0						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350		
200	225	-740	-380	-260										-230	-135	-68	-20	0						+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1150		
225	250	-820	-420	-280										-230	-135	-68	-20	0						+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700		
250	280	-920	-480	-300										-230	-135	-68	-20	0						+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900		
280	315	-1050	-540	-330										-230	-135	-68	-20	0						+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100		
315	355	-1200	-600	-360										-230	-135	-68	-20	0						+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400		
355	400	-1350	-680	-400										-230	-135	-68	-20	0						+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600		
400	450	-1500	-760	-440										-230	-135	-68	-20	0						+150	+280	+400	+600									
450	500	-1650	-840	-480										-260	-145	-76	-22	0						+155	+310	+450	+660									
500	560													-290	-160	-80	-24	0						+175	+340	+500	+740									
560	630													-320	-170	-86	-26	0						+185	+380	+560	+840									
630	710													-350	-195	-98	-28	0						+210	+430	+620	+940									
710	800													-390	-220	-110	-30	0						+220	+470	+680	+1050									
800	900													-430	-240	-120	-32	0						+250	+520	+780	+1150									
900	1000													-290	-145	-145								+260	+580	+840	+1300									
1000	1120													-350	-195	-98	-28	0						+300	+640	+960	+1450									
1120	1250													-390	-220	-110	-30	0						+330	+720	+1050	+1600									
1250	1400													-430	-240	-120	-32	0						+370	+820	+1200	+1850									
1400	1600													-290	-145	-145								+400	+920	+1350	+2000									
1600	1800													-350	-195	-98	-28	0						+440	+1000	+1500	+2300									
1800	2000													-390	-220	-110	-30	0						+460	+1100	+1650	+2500									
2000	2240													-430	-240	-120	-32	0						+550	+1250	+1900	+2900									
2240	2500													-290	-145	-145								+580	+1400	+2100	+3200									
2500	2800													-350	-195	-98	-28	0						+23)	+34)	+42)	+52)	+67)	+97)	+130)	+160)	+2100)	+2600)	+3200)		
2800	3150													-430	-240	-120	-32	0						+39)	+45)	+60)	+77)	+108)	+150)	+210)	+260)	+320)	+480)	+640)		

1) gli scostamenti fondamentali a e b non devono essere utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm.

2) per le classi di tolleranza da $js7$ a $js11$, se il valore n di IT è un numero dispari, l'arrotondamento si effettua al numero pari immediatamente inferiore in modo che lo scostamento risultante, cioè $\pm \frac{ITn}{2}$, possa essere espresso in un numero intero di micrometri.

Posizione delle tolleranze

Qualità di lavorazione consigliate per ogni posizione di tolleranza

Qualità	Posizione																								
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	j _s	k	m	n	p	r	s	t	u	v	w	x	y	z		
5							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
6						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
7					•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
8				•	•	•		•																	
9	•	•		•	•			•																	
10					•			•																	
11	•	•	•					•																	

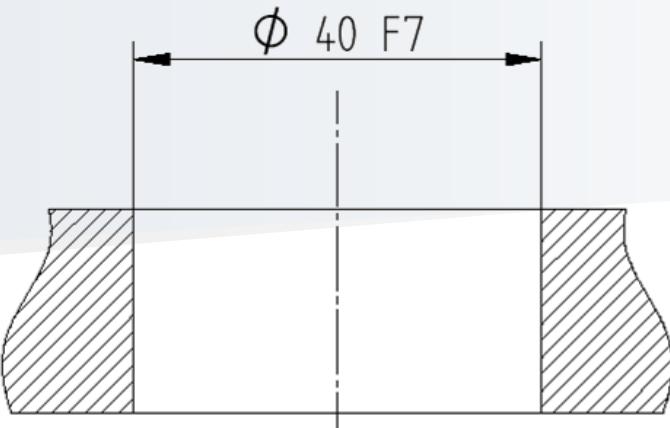
Alberi

Qualità	Posizione																				
	A	B	C	CD	D	E	F	G	H	J	J _s	K	M	N	P	R	S	T	Z	ZB	ZC
6							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
7						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
8					•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
9				▲	•	•	•		•	•	•									•	•
10				▲	•	•	•		•												
11	•	•	•	▲	•				•												
12																					
13		▲																			

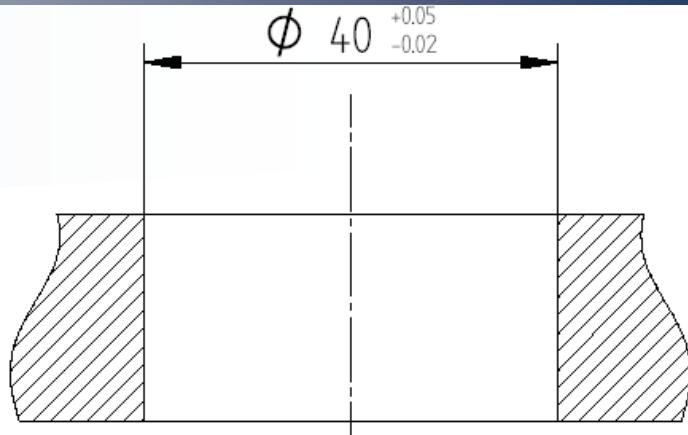
Fori



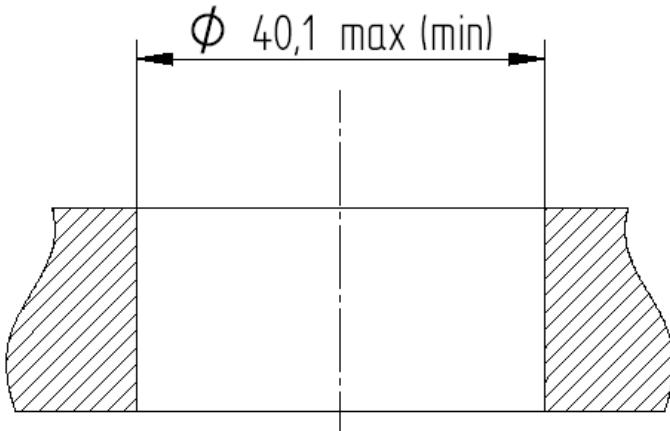
Indicazione delle quote lineari con tolleranza



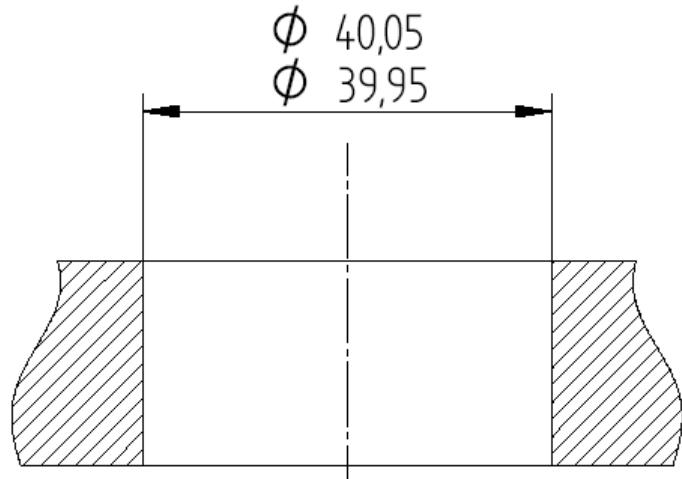
Indicazione secondo simbologia ISO



Indicazione esplicita degli scostamenti



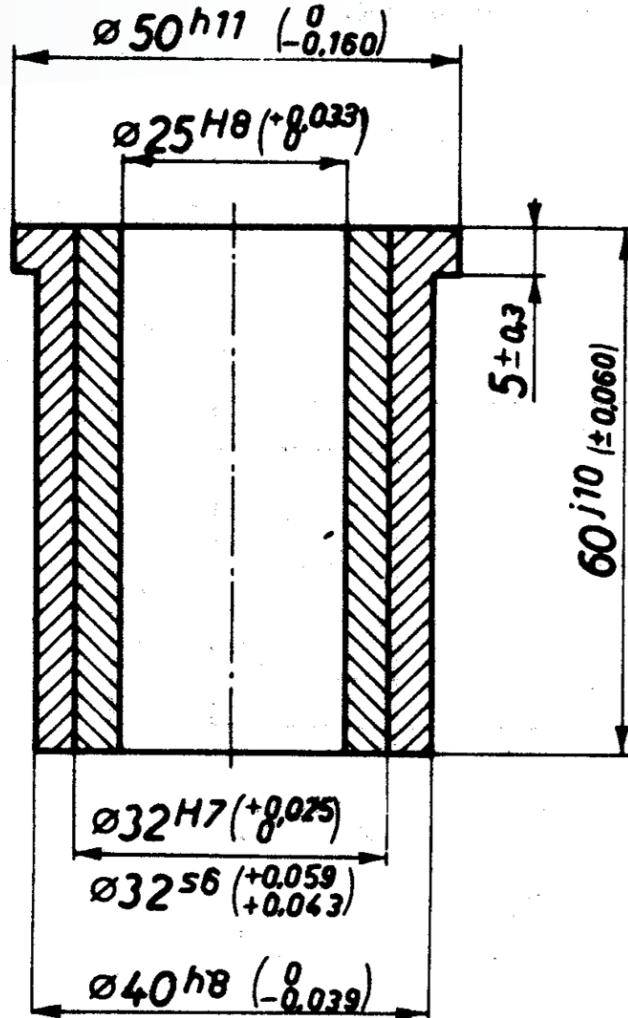
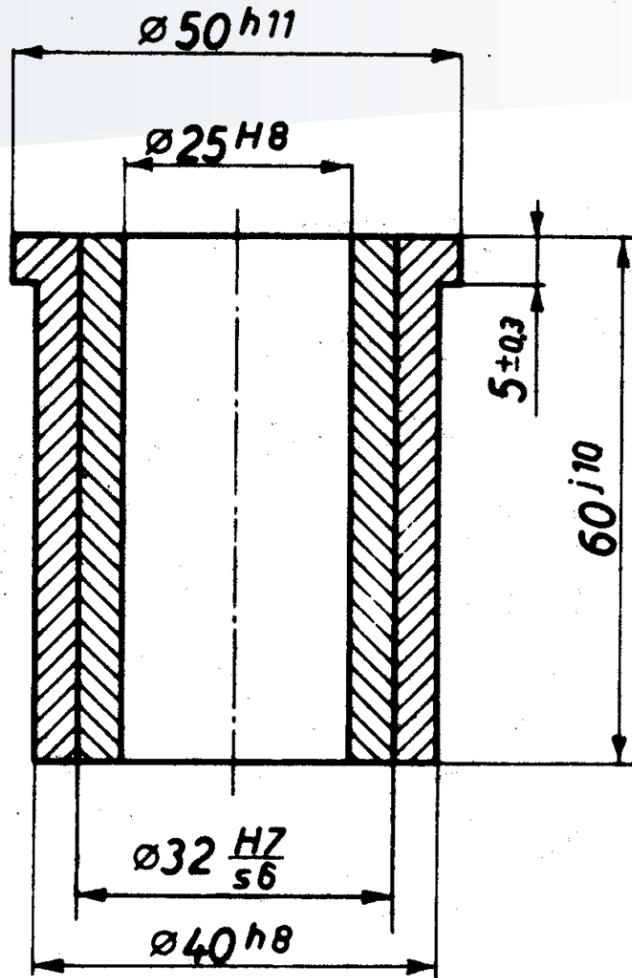
Indicazione di dimensione massima (minima) consentita



Indicazione delle dimensioni limite



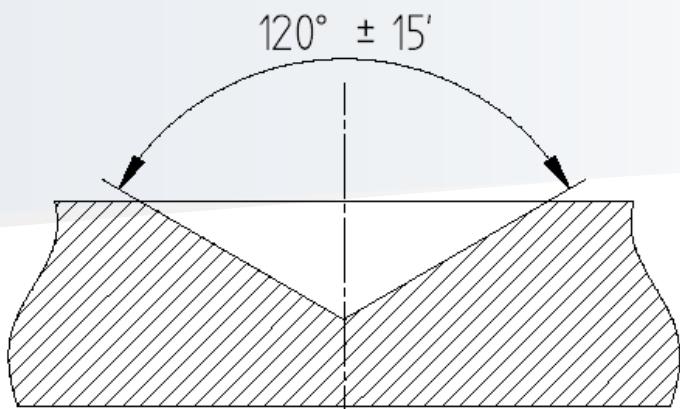
Indicazione delle quote lineari con tolleranza



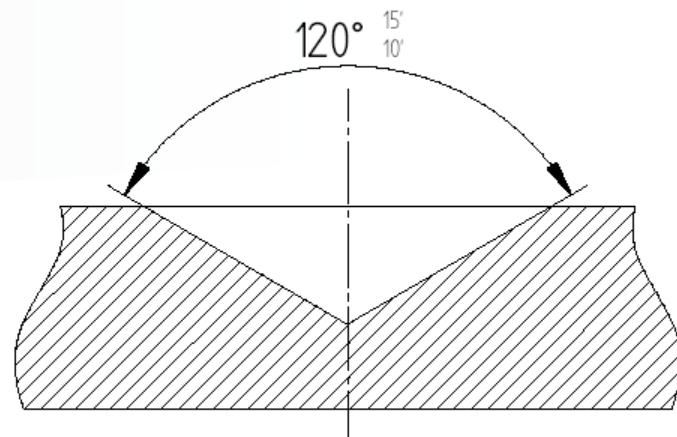
riesco a capire subito che H7 s6 è un accoppiamento di interferenza



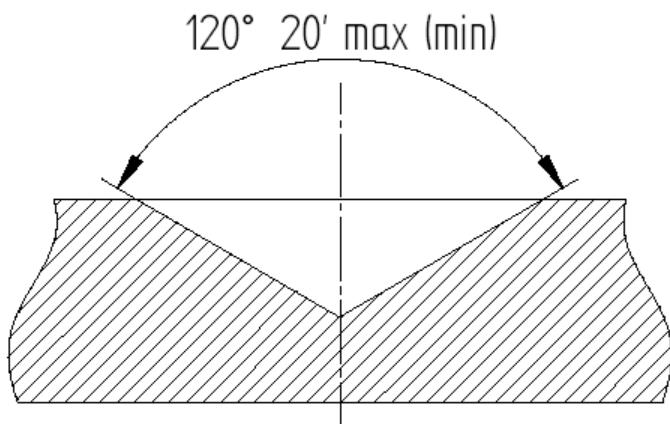
Indicazione delle quote angolari con tolleranza



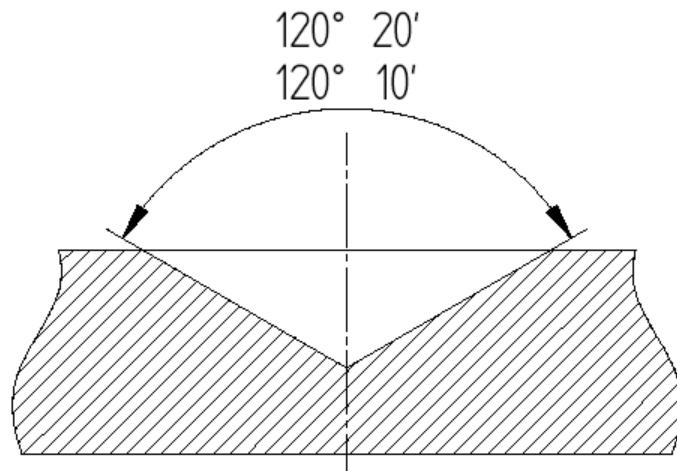
Indicazione di scostamenti simmetrici



Indicazione esplicita degli scostamenti



Indicazione di dimensione massima (minima) consentita

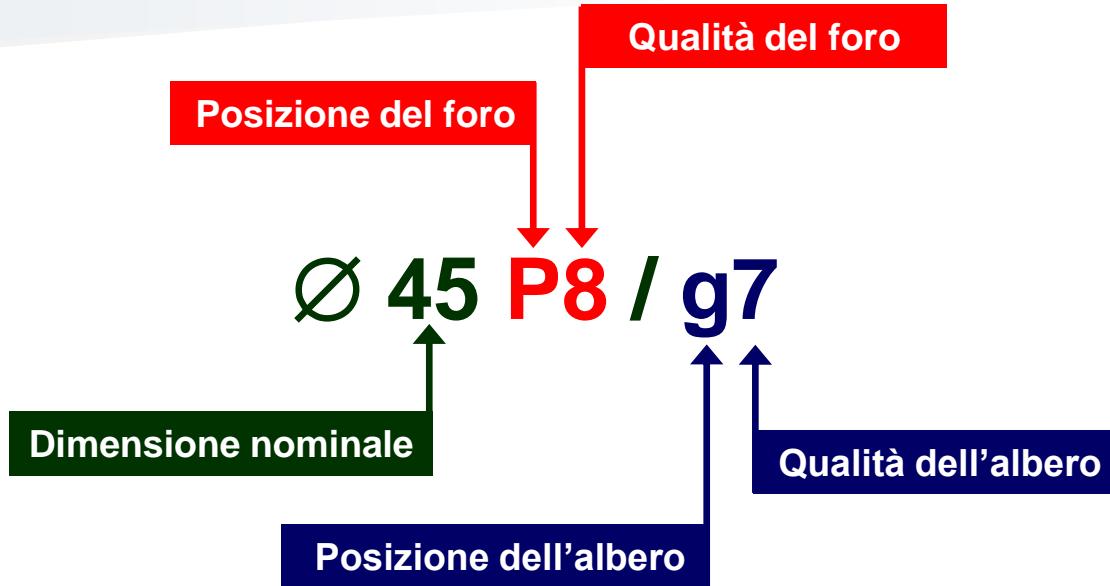


Indicazione delle dimensioni limite



Accoppiamenti nel sistema ISO

Il sistema ISO prevede per gli accoppiamenti la seguente designazione



Nota: lavorando con la stessa accuratezza si realizzano più facilmente le dimensioni esterne che quelle interne, cioè gli alberi sono più precisi dei fori e la finitura dei fori è in genere più costosa e difficoltosa di quella degli alberi.

Per questo di solito **si accoppia un albero di grado ITn con un foro di grado $IT(n+1)$**



Accoppiamenti nel sistema ISO

Combinando a due a due gli alberi ed i fori previsti dal sistema di tolleranza ISO si otterrebbe un numero molto elevato di possibili accoppiamenti.

La ISO prescrive allora due sistemi di accoppiamento:

albero base

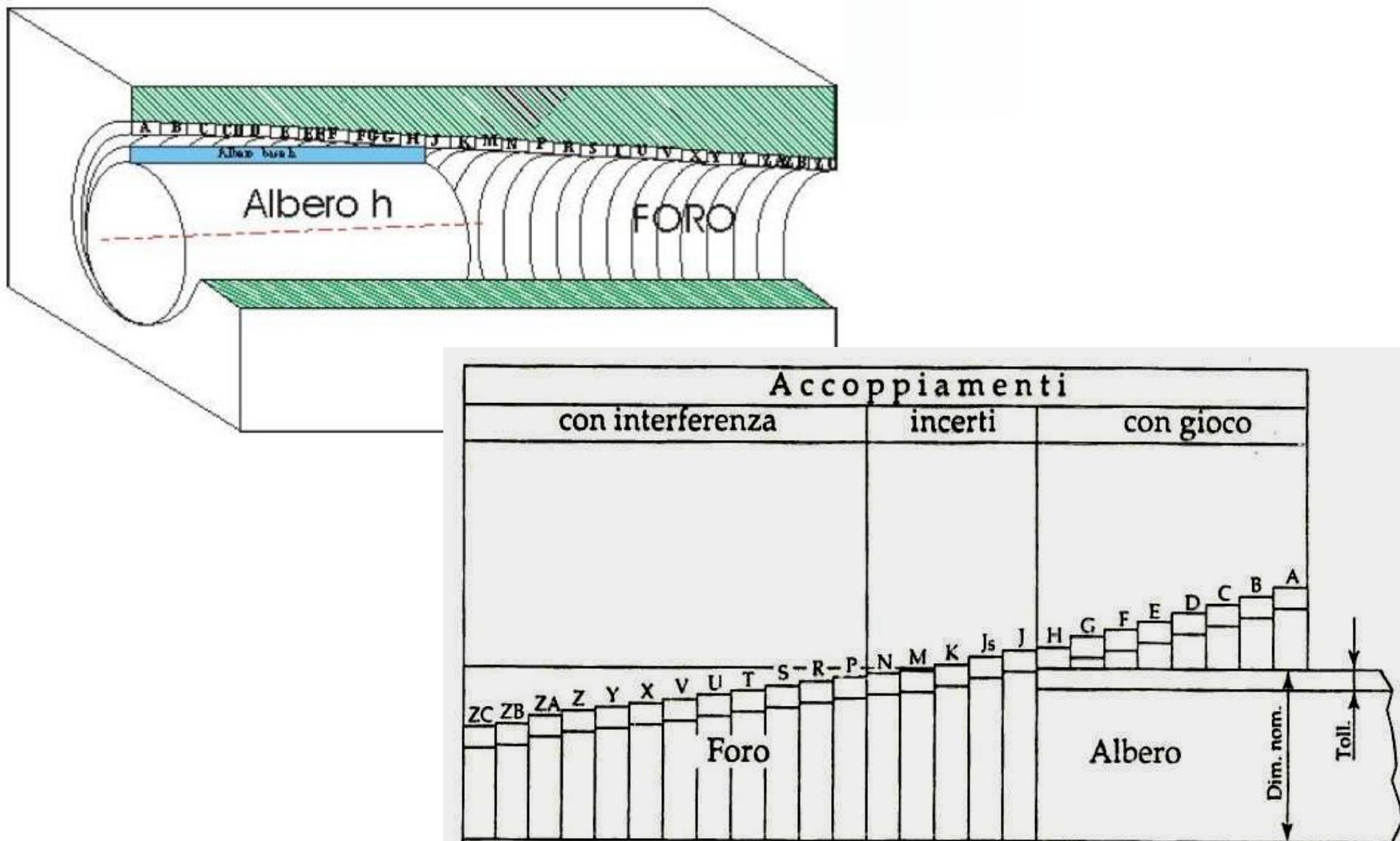
Le diverse condizioni di accoppiamento si realizzano combinando **fori** aventi **diverse posizioni** di tolleranza con un **albero in posizione base h**
es: 40 G7/h6 ; 28 P6/h5

foro base

Le diverse condizioni di accoppiamento si realizzano combinando **alberi** aventi **diverse posizioni** di tolleranza con un **foro in posizione base H**
es: 45 H7/g6 ; 32 H7/j6

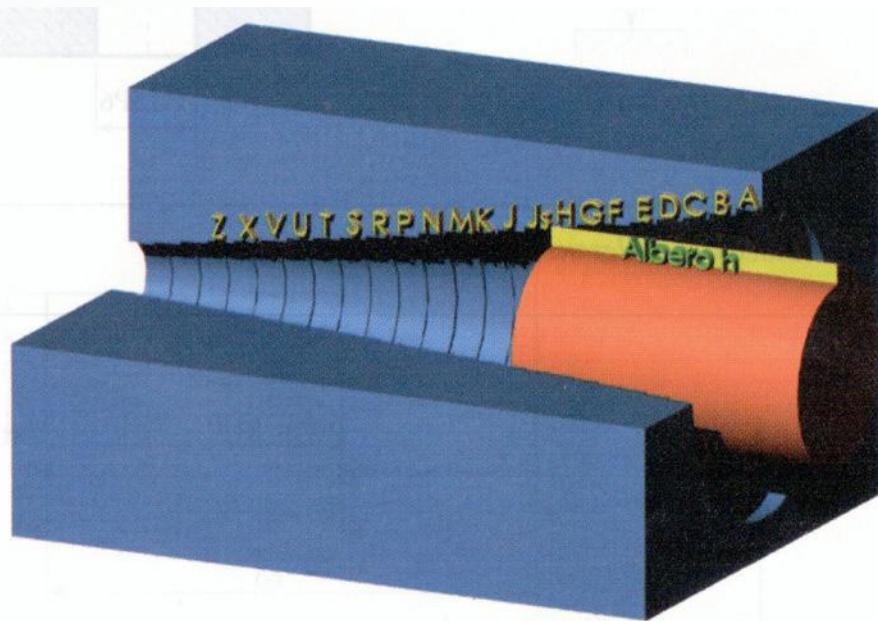
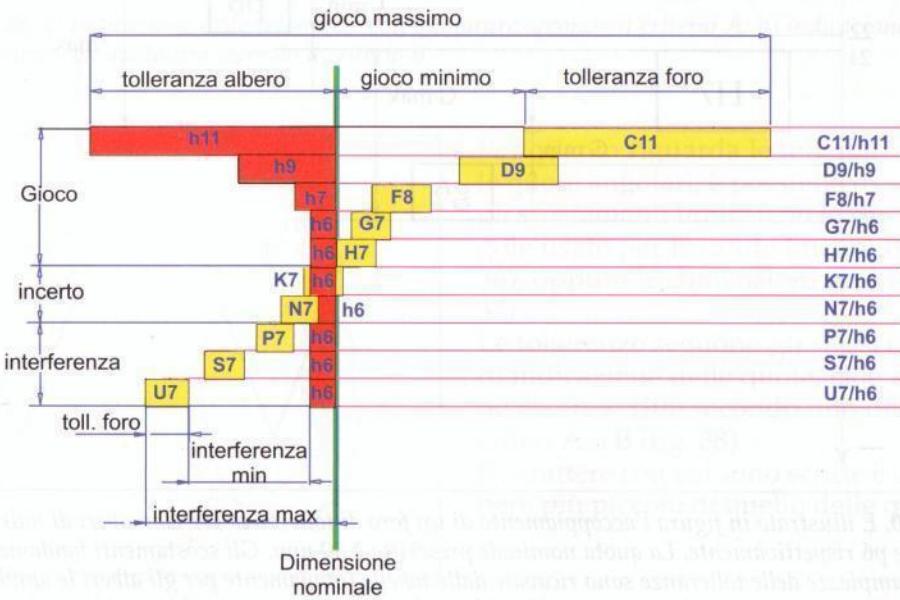


Accoppiamenti nel sistema ISO: albero base



Accoppiamenti nel sistema ISO: *albero base*

Accoppiamenti Raccomandati



Sistema albero base (albero in posizione h)

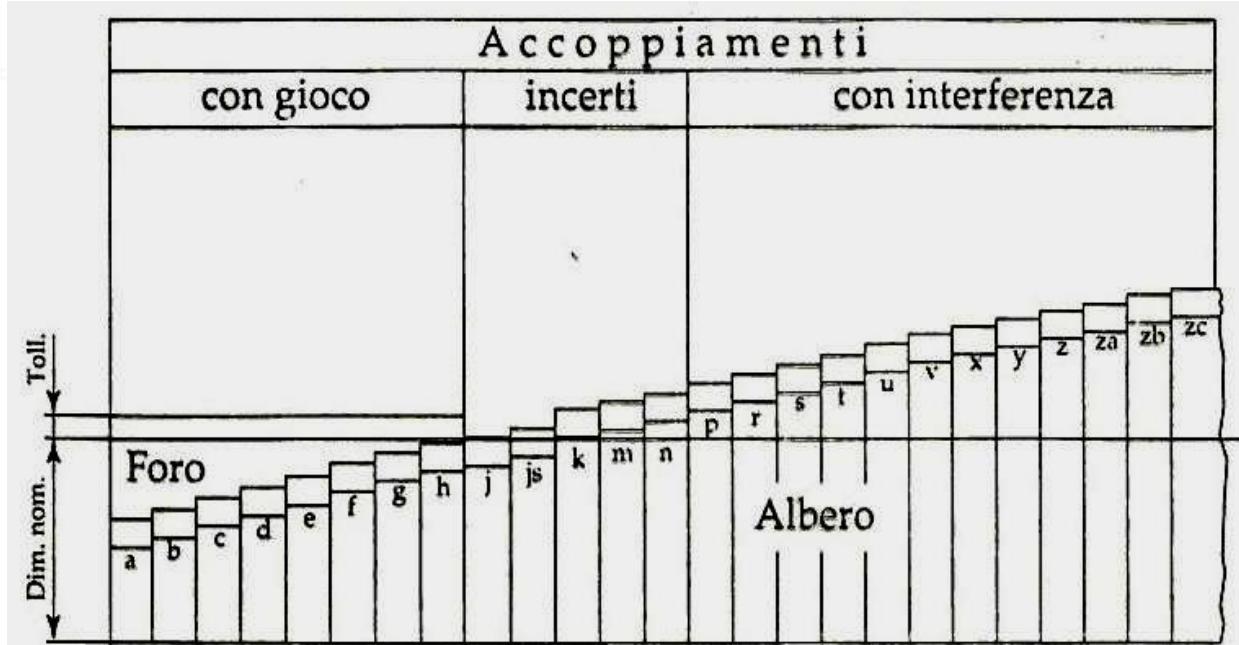
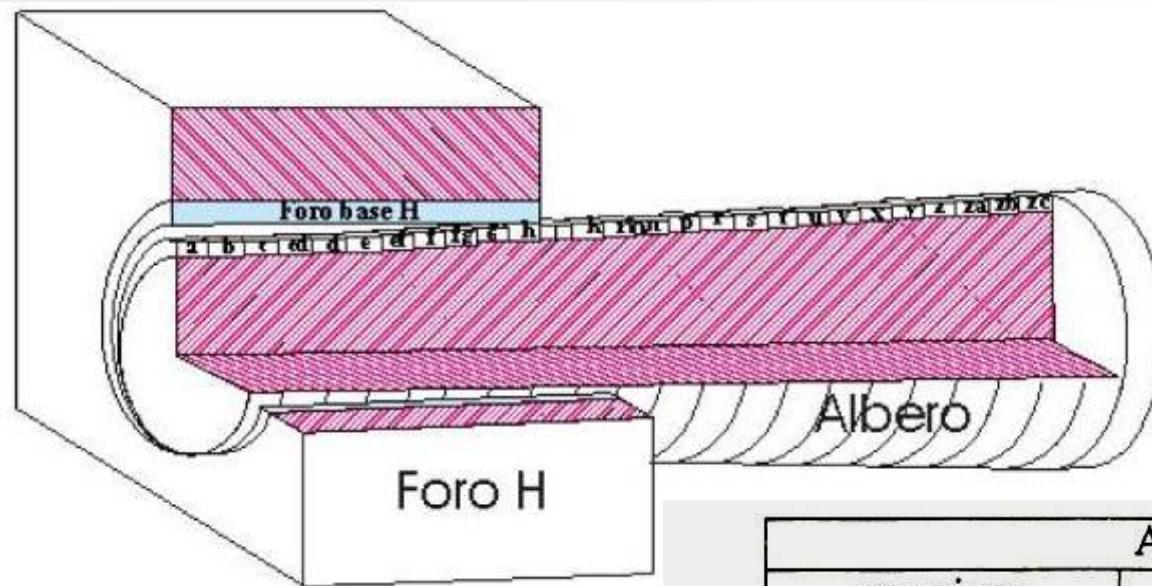
Accoppiamento con gioco: posizioni del foro da A ad H

Accoppiamento incerto: posizioni del foro da J ad N

Accoppiamento con interferenza: posizioni del foro da P a ZC

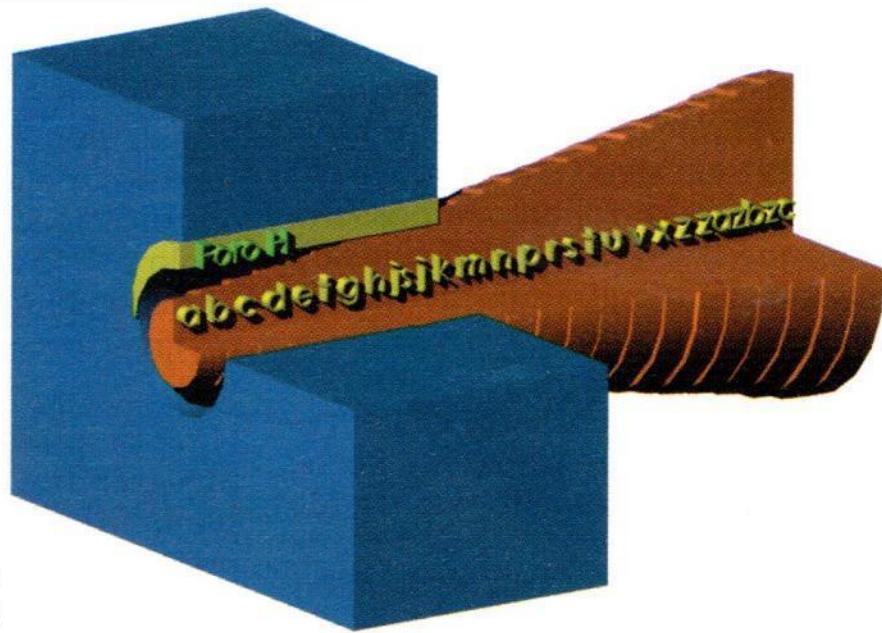
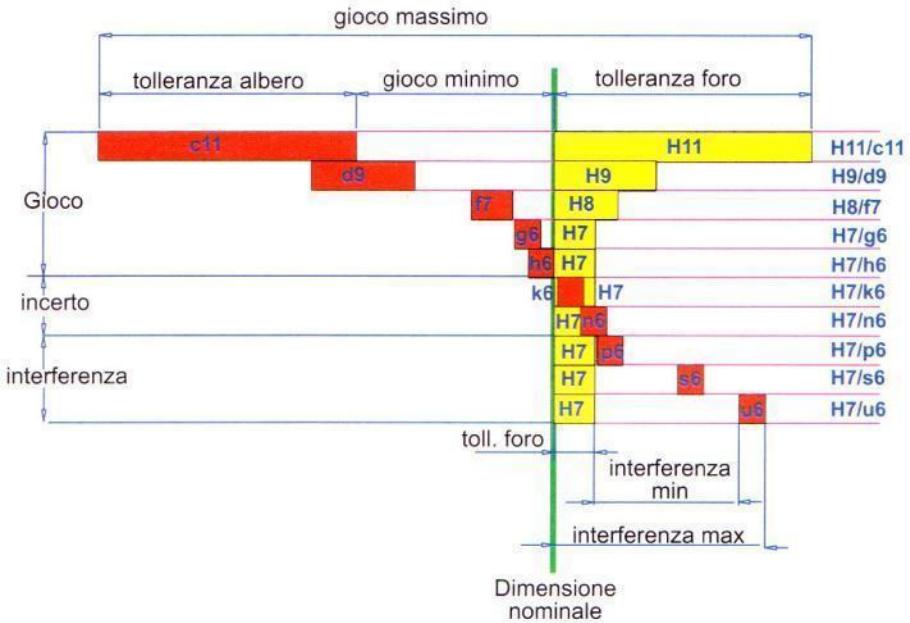


Accoppiamenti nel sistema ISO: *foro base*



Accoppiamenti nel sistema ISO: *foro base*

Accoppiamenti Raccomandati



Sistema **foro base** (foro in posizione H)

Accoppiamento con gioco: posizioni dell'albero da a ad h

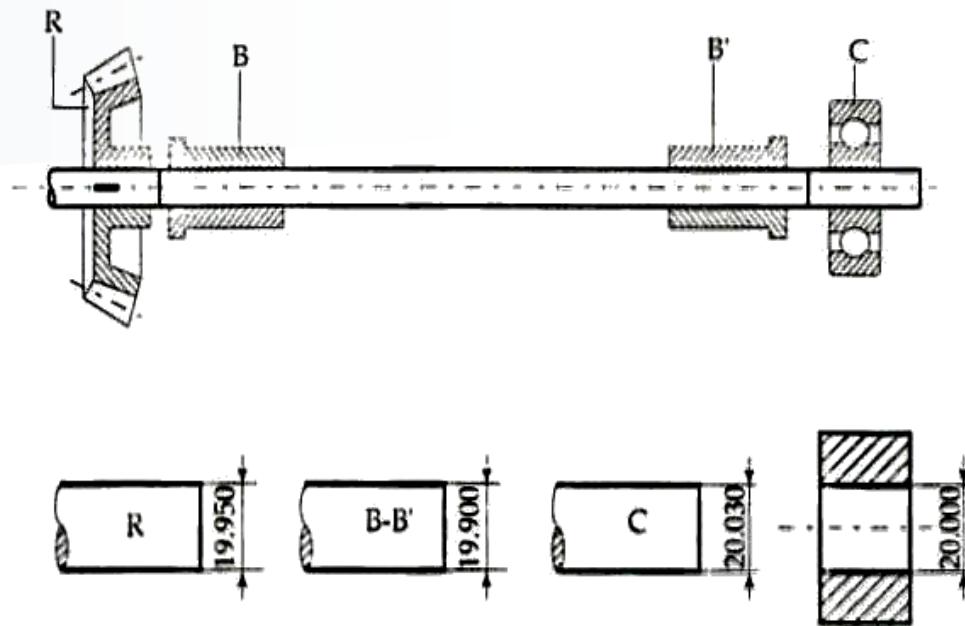
Accoppiamento incerto: posizioni dell'albero da j ad n

Accoppiamento con interferenza: posizioni dell'albero da p a zc



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

Foro base



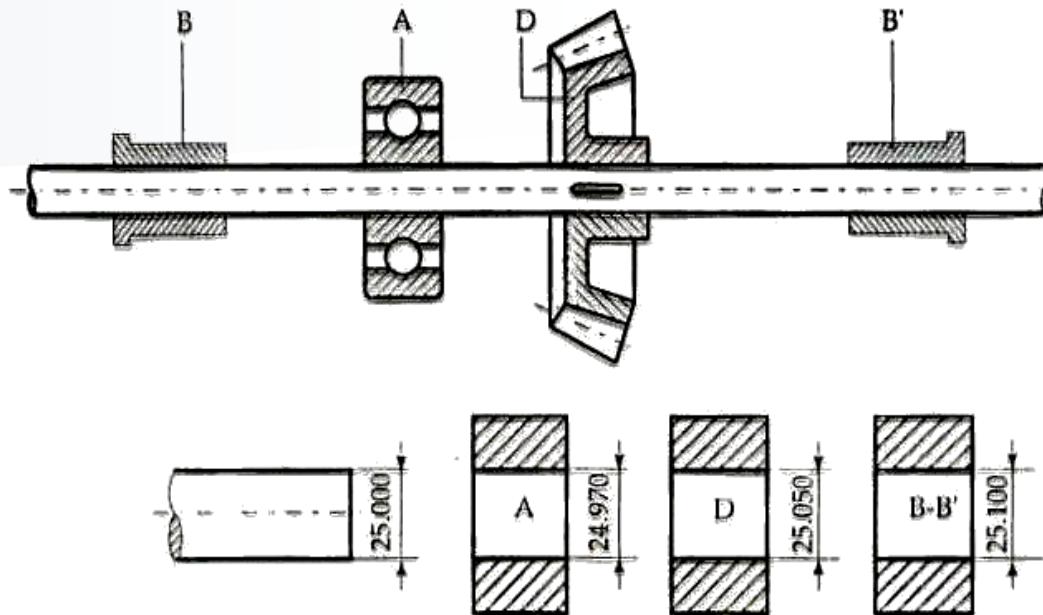
In genere è preferito rispetto al sistema albero base.

Spesso adottato nelle principali industrie meccaniche (automobilistica, aeronautica, macchine utensili).

- 😊 ✓ Lavorazione di un minor numero di fori (minor numero di alesatori e di brocche).
- 😊 ✓ Maggiore dotazione di calibri per esterni.



Albero base



Spesso adottato in tutti quei casi (costruzione di trasmissioni, apparecchi di sollevamento, macchine agricole) dove è frequente la presenza di ***un unico albero su cui sono accoppiati in vario modo più elementi.***

- 😊 ✓ Minore dotazione di calibri per esterni e maggior numero di calibri a tampone (meno costosi).
- 😢 ✓ Lavorazione di un maggior numero di fori.



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

- **Ingegneria della imprecisione:** si devono scegliere le zone di tolleranze più larghe compatibili con le condizioni di impiego.
- Un **accoppiamento incerto** diviene in pratica, quasi sempre, un accoppiamento con leggera interferenza. Nelle lavorazioni, infatti, gli alberi tendono ad essere prodotti con dimensione più vicine alla massima che alla minima. Il contrario avviene per i fori.
- Negli **accoppiamenti liberi** il gioco minimo deve essere tale da garantire la scorrevolezza anche al variare della temperatura. Il gioco massimo deve inoltre garantire la guida a seguito di eventuali usure.
- Negli **accoppiamenti forzati** l'interferenza minima deve prevenire il distacco dei pezzi, quella massima non deve causare danneggiamento dei pezzi.



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

- La scelta degli accoppiamenti incerti e forzati deve tener conto oltre che delle caratteristiche funzionali anche dei ***criteri di montaggio*** e delle *proprietà meccaniche* delle parti accoppiate.



- Dare la preferenza agli ***accoppiamenti raccomandati***



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

Allo scopo di limitare ulteriormente le attrezzature per il controllo e gli utensili per la lavorazione, le tabelle ISO presentano una serie di **accoppiamenti raccomandati** da usare nella progettazione.

Accoppiamenti raccomandati Foro base

PRECISIONE	LIBERO	MOBILE DI SCORRIMENTO	BLOCCATO LEGGERO	BLOCCATO SERRATO
ALTA	H6/g5 Parti rotanti lubrificate; acciaio bonificato rettificato	H6/h5 Accoppiamento di centratura lubrificato internamente	H6/n5 Parti non bloccate assialmente (vincolo torsionale linguetta o profili scanalato)	H6/p5 Parti da considerarsi un sol pezzo
BUONA	H7/g6 Accoppiamenti rotanti con buona centratura; lubrificazione mediocre	H6/h6 Alberi veloci poco caricati	H7/n6 Parti bloccate assialmente (senza linguetta o scanalato); buona centratura	H7/r6 Trasmissione con carichi assiali e torsionali senza linguette o scanalati
MEDIA	H7/f7 Accoppiamenti rotanti veloci; centratura imperfetta	H7/h6 Centratura di scorrimento; comandi idraulici di precisione	H8/n8 Ingranaggi di forza da smontare raramente	
GROSSOLANA	H11/d11 Macchine agricole; apparati di sollevamento; organi esposti ad intemperie	H8/f8; H8/h8 Accoppiamenti rotanti in genere con bassi carichi e limitate esigenze di centratura		



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

Allo scopo di limitare ulteriormente le attrezzature per il controllo e gli utensili per la lavorazione, le tabelle ISO presentano una serie di **accoppiamenti raccomandati** da usare nella progettazione.

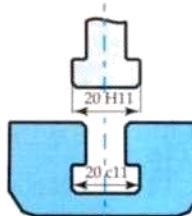
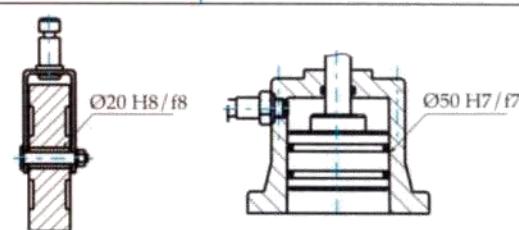
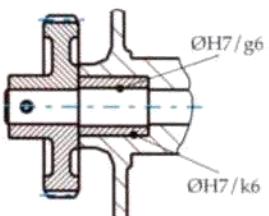
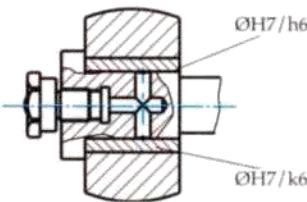
Accoppiamenti raccomandati Albero base

PRECISIONE	LIBERO	MOBILE DI SCORRIMENTO	BLOCCATO LEGGERO	BLOCCATO SERRATO
ALTA			M6/h6 Smontabile senza forte pressione con vincolo rotatorio e di scorrimento assiale	
BUONA		H6/h6 Parti con movimento relativo; alberi veloci lubrificati	J6/h6 Senza scorrimento assiale relativo	N6/h7 Smontabile con forte pressione
MEDIA	E8/h7; F8/h8; H9/h8 Parti scorrevoli con gioco abbondante	F8/h7 Movimento relativo con gioco sensibile		
GROSSOLANA	D10/h8 Parti scorrevoli con gioco abbondante senza esigenze di precisione			



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

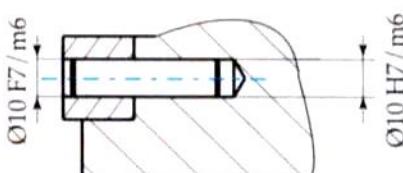
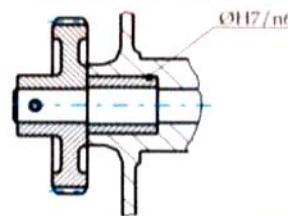
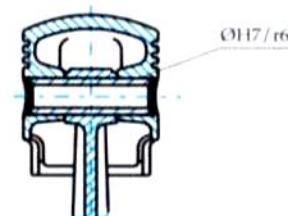
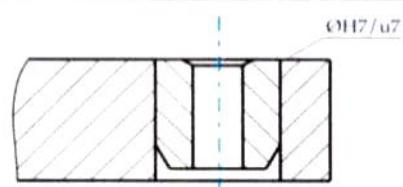
ACCOPIAMENTI RACCOMANDATI NEL SISTEMA FORO BASE: *Mobili*

ACCOPPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑ H8/e8 H8/d8 H11/c11 Libero largo	Montaggio con gioco abbondante; perni per leve e articolazioni in macchine agricole, senza esigenze di precisione.	 Guida
Precisione ↑ H7/f6 H7/f7 H8/f7 H8/f8 Libero normale	Accoppiamenti rotanti molto veloci, con centratura anche imperfetta e bassi carichi; accoppiamenti pistone cilindro nei comandi oleodinamici.	 Accoppiamento albero-bronzina, pistone-cilindro
Precisione ↑ H6/g5 H7/g6 Libero stretto	Accoppiamenti rotanti a bassa velocità, con buona centratura e precisione di guida; accoppiamento albero-bronzina.	 Accoppiamenti rotanti con buona centratura
Precisione ↑ H6/h5 H6/h6 H7/h6 H11/h11 Di scorrimento	Montaggi e centrature ad alta precisione, scorrevoli assialmente e dotati di moto rotatorio lento o a carattere oscillante con buona lubrificazione; accoppiamento biella-manovella, anelli interni di cuscinetti a sfere.	 Accoppiamento albero-bronzina con buona lubrificazione



Accoppiamenti nel sistema ISO: *criteri di scelta*

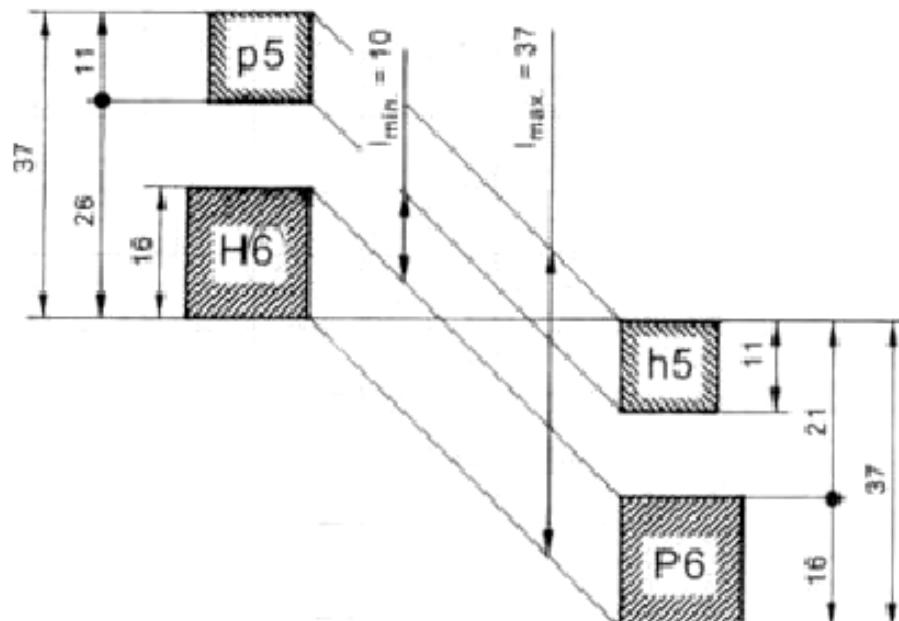
ACCOPIAMENTI RACCOMANDATI NEL SISTEMA FORO BASE: *Stabili*

Precisione ↑	ACCOPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
H6/js5 H6/js6 H7/m6	Bloccato a spinta	Accoppiamenti di precisione di parti reciprocamente fisse; accoppiamenti stretti scorrevoli assialmente; montaggio a mano con mazzuolo.	 <p>Spina cilindrica di riferimento</p>
H6/n5 H7/n6 H8/n8	Bloccato serrato	Accoppiamenti bloccati, non smontabili a mano; parti che non necessitano di essere bloccate assialmente, ma solo assicurate contro la reciproca rotazione; bronzine nella loro sede esterna, boccole di guida, ingranaggi collegati con linguetta.	 <p>Montaggio di bronzine nella loro sede esterna</p>
H6/p5 H7/p7 H7/r6	Bloccato alla pressa	Accoppiamenti bloccati, non scomponibili, adatti a trasmettere forti carichi assiali e momenti torcenti; trasmissioni senza lingue o scanalati, bronzine nella loro sede da non smontarsi mai.	 <p>Accoppiamento spinotto-pistone</p>
H7/s6 H7/u7	Bloccato a caldo	Organi fissi a bloccaggio fortissimo, non scomponibili senza danneggiare irreparabilmente i pezzi; accoppiamenti per trasmettere forti carichi, senza chiavette; giranti per pompe nella loro sede.	 <p>Bussola di guida per utensili</p>



Accoppiamenti nel sistema ISO: criteri di scelta

Si dicono **accoppiamenti equivalenti** quelli nei quali è possibile scambiare tra loro, nel simbolo, le lettere di foro e albero (lasciando ferme le rispettive lavorazioni) realizzando gli stessi giochi o interferenze



40 H6/p5 equivalente a 40 P6/h5

Foro:

$t = + 16 \mu\text{m}$ (IT6 tabella qualità)

Posizione H → $E_i = 0$

$$E_s = E_i + t = + 16 \mu\text{m}$$

Albero:

$t = + 11 \mu\text{m}$ (IT5 tabella qualità)

Posizione p → $e_i = + 26 \mu\text{m}$

$$e_s = e_i + t = + 37 \mu\text{m}$$

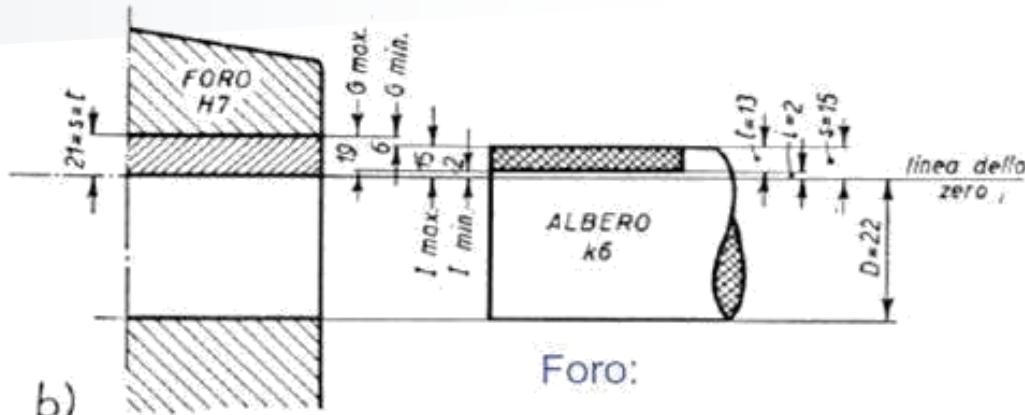
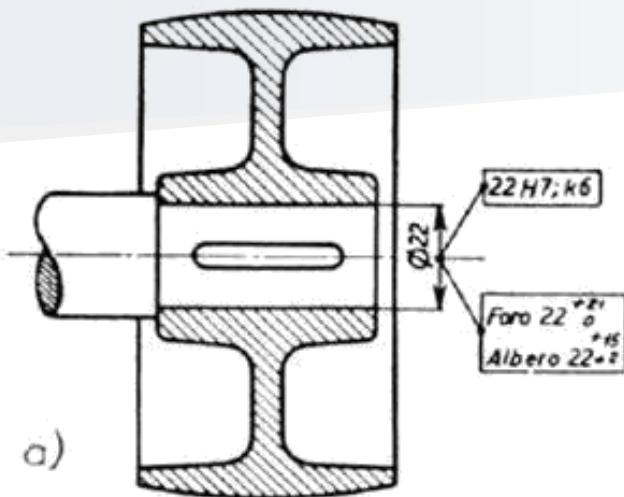
Accoppiamento: $I_{\max} = (D + e_s) - (D + E_i) = + 37 \mu\text{m}$

$$I_{\min} = (D + e_i) - (D + E_s) = + 10 \mu\text{m}$$



Accoppiamenti nel sistema ISO: esempio

ESEMPIO: calettamento di una puleggia all'estremità di un motore elettrico



È opportuno scegliere un accoppiamento incerto in modo che i due elementi siano assicurati contro la reciproca rotazione ma non siano necessari sforzi eccessivi per smontaggio e montaggio:

Φ 22 H7/k6

Accoppiamento:

$$G_{\max} = (D + E_s) - (D + e_i) = +19 \mu\text{m}$$

$$I_{\max} = (D + e_s) - (D + E_i) = +15 \mu\text{m}$$

Foro:

$$t = +21 \mu\text{m} \quad (\text{IT7 tabella qualità})$$

Posizione H → $E_i = 0$

$$E_s = E_i + t = +21 \mu\text{m}$$

Albero:

$$t = +13 \mu\text{m} \quad (\text{IT6 tabella qualità})$$

Posizione k → $e_i = +2 \mu\text{m}$

$$e_s = e_i + t = +15 \mu\text{m}$$



TOLLERANZE GENERALI

Per non appesantire la quotatura, senza lasciare indefinite alcune tolleranze, la norma **UNI 22768/1** stabilisce le **tolleranze generali** per le dimensioni prive di indicazioni specifiche

Le tolleranze vanno messe sulle quote funzionali: nelle altre lavorazioni (nel cartiglio) vengono messe indicazioni sulle tolleranze generali (non funzionali)

Classe di tolleranza		Scostamenti limite ammessi per classi di dimensioni nominali (in mm)							
Designazione	denominazione	da 0,5 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	-	-	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

L'utilizzo di questa tabella deve essere indicato nei pressi o all'interno del riquadro delle iscrizioni, precisando la classe di tolleranza scelta: **Tolleranze generali ISO 2768 – m**

La norma prescrive tabelle apposite per smussi, raccordi e dimensioni angolari



TOLLERANZE GENERALI

Le tolleranze dimensionali sono di solito applicate alle quote funzionali del disegno. Per tutte le **quote non oggetto di specifica tolleranza si fa riferimento alle tolleranze generali.**

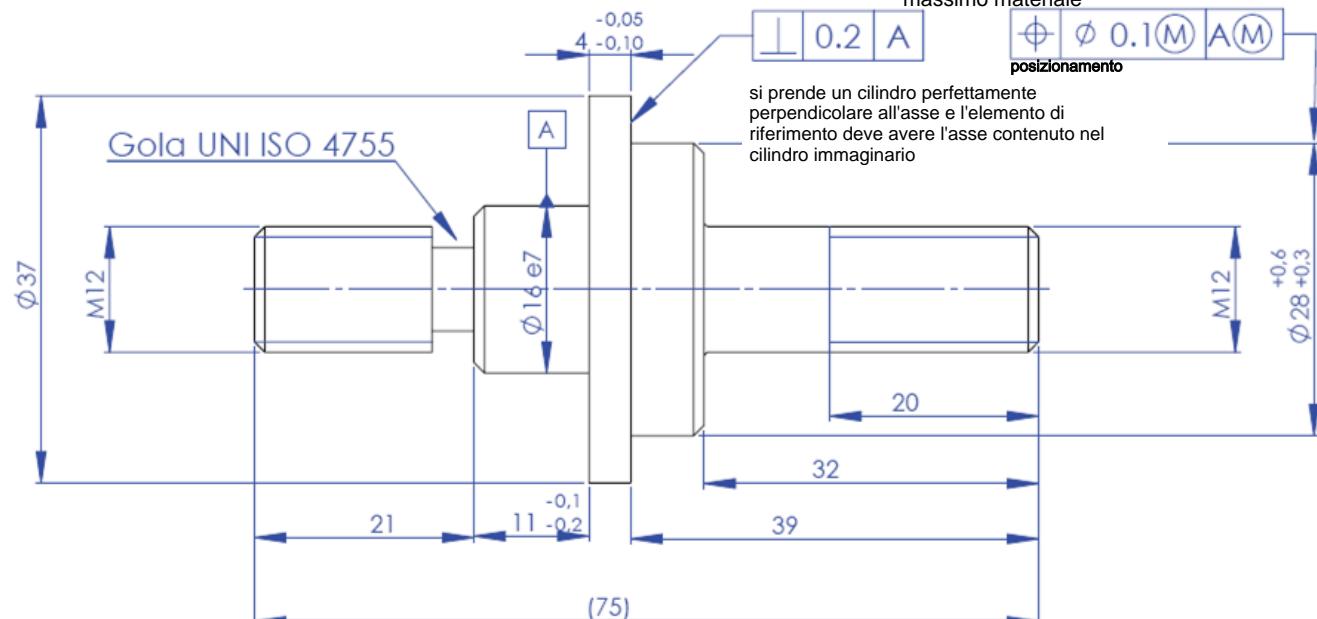
Datum A : l'elemento di riferimento è l'asse della superficie cilindrica (le misure sono prese dopo aver bloccato il pezzo rispetto ad un asse di riferimento)

Indicazioni di **rugosità** secondo UNI 4600 sostituita nel 2001 dalla ISO 1302 a sua volta sostituita nel 2004 dalla UNI EN ISO 1302

UNI EN ISO 1302

ISO 1302

UNI 4600



M cerchiato indica che la tolleranza si applica alla condizione di massimo materiale

3.2 Tolleranze generali ISO 2768-mK
smussi non quotati 1x45°
Raccordi non quotati R0.5

Nota: Le tolleranze generali non si applicano alle dimensioni ausiliarie indicate tra parentesi



TOLLERANZE GENERALI

Vantaggi derivanti dall'applicazione delle tolleranze generali:

1. I disegni sono di più facile lettura ed interpretazione;
2. Il progettista risparmia tempo evitando calcoli dettagliati di tolleranze;
3. Sono evidenziati gli elementi che possono essere prodotti con il consueto gradi di precisione dell'officina;
4. I restanti elementi (quelli funzionali) richiedono tolleranze più strette e quindi necessitano di maggiore attenzione durante la produzione. Questo aiuta la pianificazione della produzione ed il controllo della qualità;
5. L'ufficio acquisti può definire più facilmente i contratti, conoscendo il livello di precisione abituale delle officine

