



Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Meccanica e Tecnologie  
Industriali



**CORSO DI: *DISEGNO MECCANICO (FI)***

**CORSO DI: *DISEGNO TECNICO IND.LE (PO)***

Anno Accademico 2005-06

Modulo 5: TOLLERANZE DIMENSIONALI

**Docenti:**

Prof. Paolo Rissone

**Prof.ssa Monica Carfagni**

Ing. Gaetano Cascini

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ A causa delle inevitabili imperfezioni insite in qualunque procedimento tecnologico, i pezzi ottenuti presentano dimensioni e forme reali che si discostano da quelle ideali riportate sui disegni.
- ✓ **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 previste dal progetto.



**La differenza tra macchina ideale e quella reale non deve pregiudicare la funzione del pezzo**

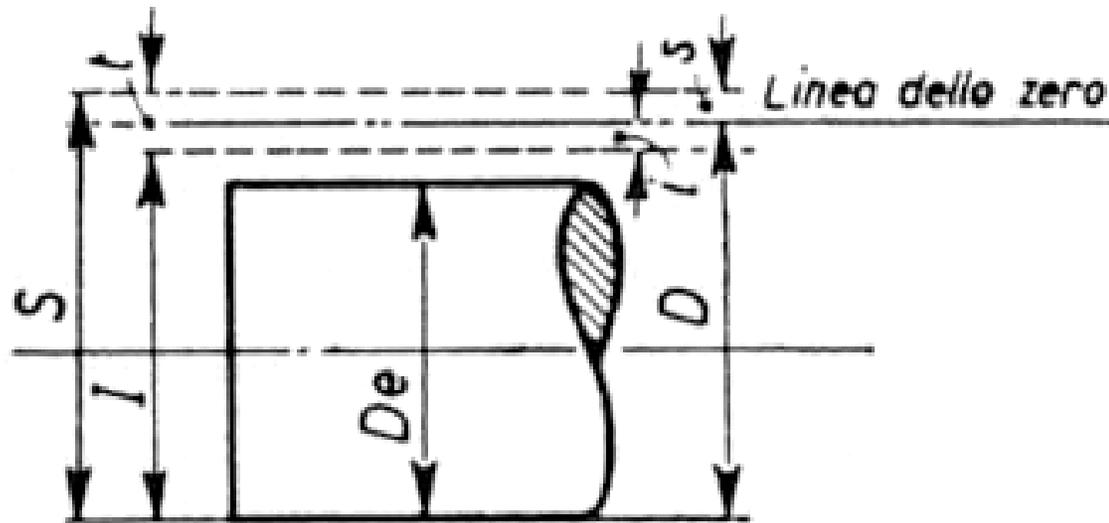


# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Classificazione degli errori di realizzazione dei pezzi



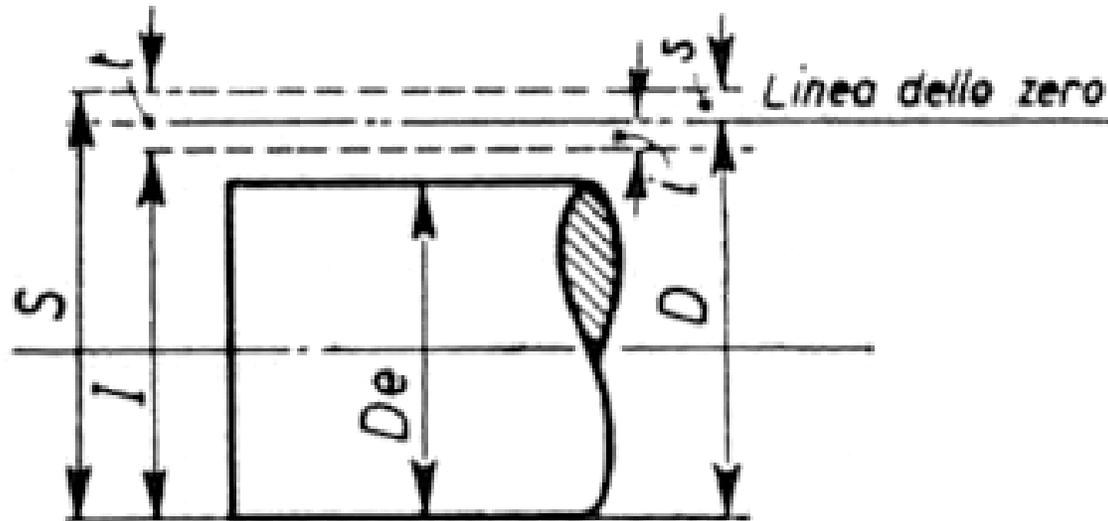
# TOLLERANZE DIMENSIONALI



- **Dimensione nominale  $D$** : quota assegnata dal progettista riferita a superfici geometriche ideali
- **Dimensione effettiva  $D_e$** : dimensione reale del pezzo
- **Dimensioni limiti  $S, I$** : valori massimo e minimo entro i quali può variare la dimensione effettiva senza pregiudicare la funzione del pezzo



# TOLLERANZE DIMENSIONALI



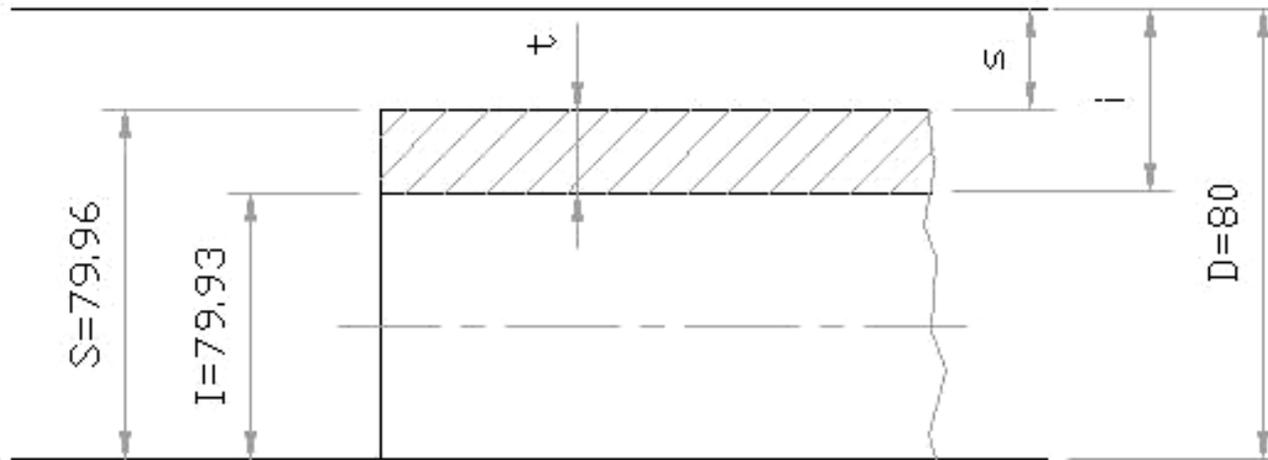
- **Tolleranza  $t$** : differenza tra le due dimensioni limiti
- **Linea dello zero**: nella rappresentazione grafica delle tolleranze è la linea che rappresenta la dimensione nominale
- **Scostamenti  $s, i$** : differenza tra le dimensioni limiti e la dimensione nominale. Per convenzione si considerano positivi gli scostamenti sopra la linea dello zero e negativi quelli situati al di sotto



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

## ➤ ESEMPIO: Calcolo degli scostamenti

linea dello zero



$$t = S - I = 79.96 - 79.93 = 0.03 \text{ mm} = 30 \mu\text{m}$$

$$s = S - D = 79.96 - 80 = -0.04 \text{ mm} = -40 \mu\text{m}$$

$$i = I - D = 79.93 - 80 = -0.07 \text{ mm} = -70 \mu\text{m}$$

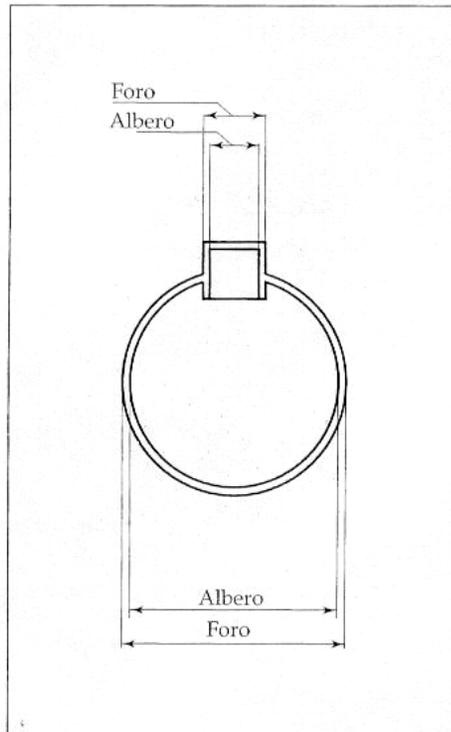
➤ perchè il pezzo sia accettabile:  **$I < De < S$**

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ La necessità di rispettare i campi di tolleranza deriva sempre dalla necessità di montare il singolo pezzo, cioè di accoppiarlo ad un altro o a più pezzi con le caratteristiche di accoppiamento previste dal progetto

✓ I due pezzi accoppiati vengono indicati come:

- **foro**: pezzo, non necessariamente cilindrico, del quale viene considerata la dimensione interna
- **albero**: pezzo da accoppiare al precedente del quale viene considerata la dimensione esterna



$E_s$ : scostamento superiore foro

$E_i$ : scostamento inferiore foro

$e_s$ : scostamento superiore albero

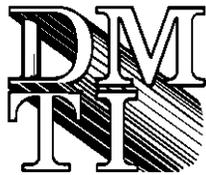
$e_i$ : scostamento inferiore albero

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



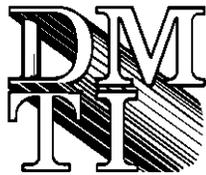
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Il sistema **ISO** di tolleranza (**UNI EN 20286/1-2**) ha unificato, per ogni dimensione nominale, una gamma di qualità di tolleranza (**ampiezza di tolleranza**) e una gamma di posizioni di tolleranza rispetto alla linea dello zero



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Il sistema **ISO** prevede **20** diverse **qualità** di tolleranza che definiscono l'ampiezza della zona di tolleranza.
- ✓ 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 **IT 0, IT 01, IT 1, IT 2 ..IT 18**, con precisione decrescente.

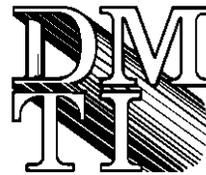


# TOLLERANZE DIMENSIONALI

## ✓ TABELLA QUALITA'

Dimensione nominale		Gradi di tolleranze normalizzate	
mm		IT01	IT0
oltre	fino a	tolleranza $\mu\text{m}$	
-	3	0,3	0,5
3	6	0,4	0,6
6	10	0,4	0,6
10	18	0,5	0,8
18	30	0,6	1
30	50	0,6	1
50	80	0,8	1,2
80	120	1	1,5
120	180	1,2	2
180	250	2	3
250	315	2,5	4
315	400	3	5
400	500	4	6

Dimensione nominale mm	GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																		
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
oltre		fino a		Tolleranze															
		$\mu\text{m}$										mm							
-	3	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	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	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
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Questi valori del campo di tolleranza sono definiti (escluse alcune eccezioni), per ciascuna qualità di tolleranza, come un multiplo delle unità di tolleranza  $i$

$$i = 0.45 \times \sqrt[3]{d} + 0.001d$$

$$d < 500$$

$$i = 0.004d + 2.1$$

$$500 < d < 3150$$

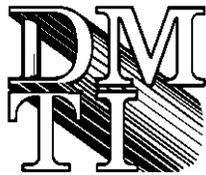
dove  $d = \sqrt{D_1 \times D_2}$

essendo D1 e D2 le dimensioni estreme del gruppo considerato.

## ✓ TABELLA UNITA' TOLLERANZA

Gradi di tolleranza normalizzati	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Moltiplicare $i$ per	2*	2,7*	3,7*	5*	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

\* Solo per dimensioni da 500 a 3150 mm.



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

➤ ESEMPIO: Calcolare la tolleranza corrispondente alla dimensione  $D=20$  e al grado di tolleranza IT7

$$d = \sqrt{18 \times 30} = 23.238 \quad (\text{tabella qualità})$$

$$i = 0.45 \times \sqrt[3]{23.238} + 0.001 \times 23.238 = 1.307 \quad (D < 500)$$

$$t = 16 \times i = 16 \times 1.307 = 20.92 \approx 21 \mu m \quad (\text{tabella unità tolleranza})$$

Lo stesso dato è referibile direttamente nelle tabelle qualità.



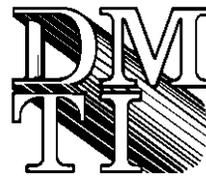
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Lavorazioni ed applicazioni tipiche corrispondenti ai gradi di tolleranza.

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 trafileatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafileatura	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	

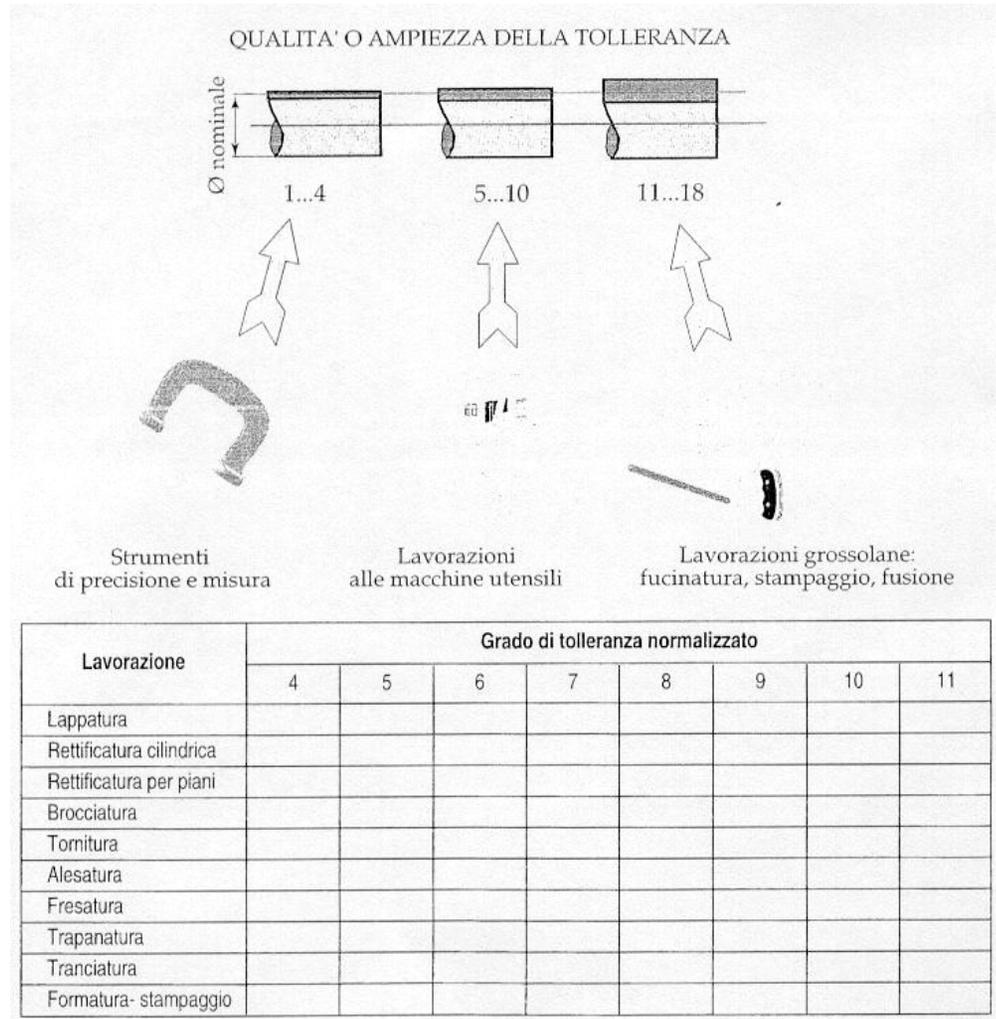
Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 12/56



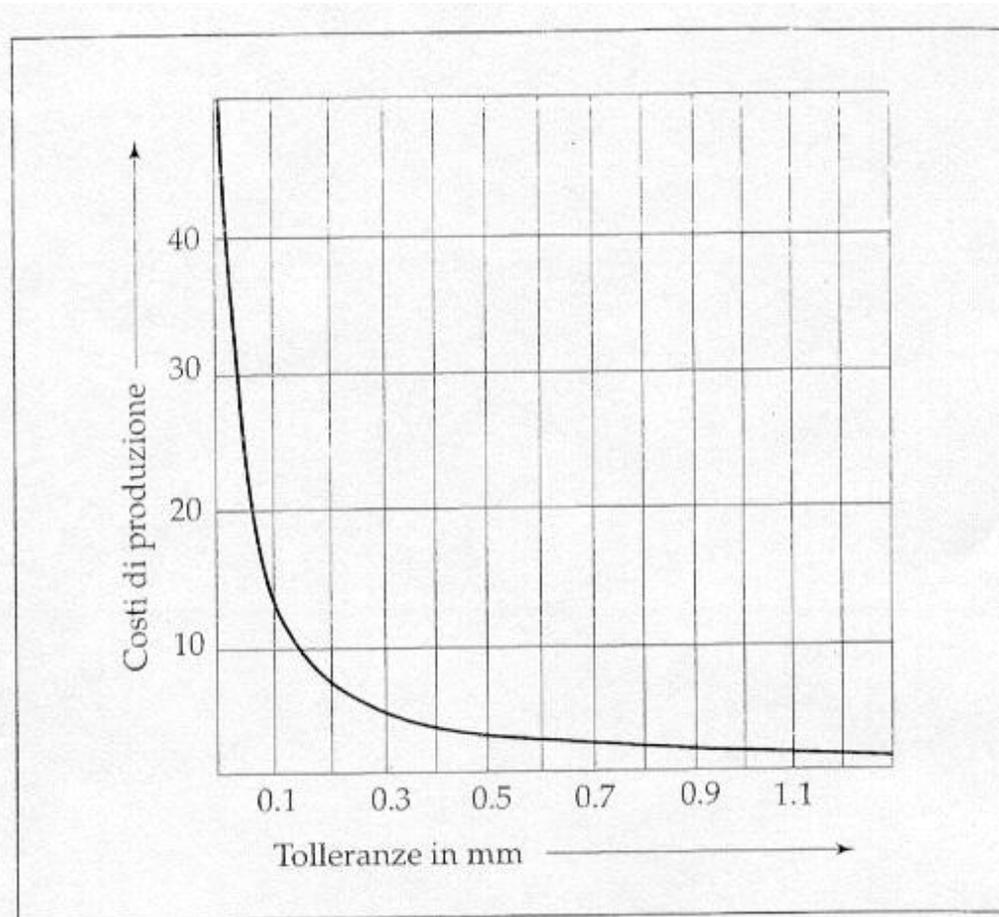
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Gradi di tolleranza ottenibili con le lavorazioni meccaniche



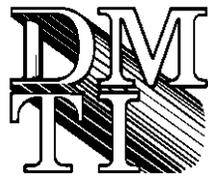
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- Nella scelta della qualità di tolleranza di deve tener presente l'enorme influenza che ha sui costi di lavorazione



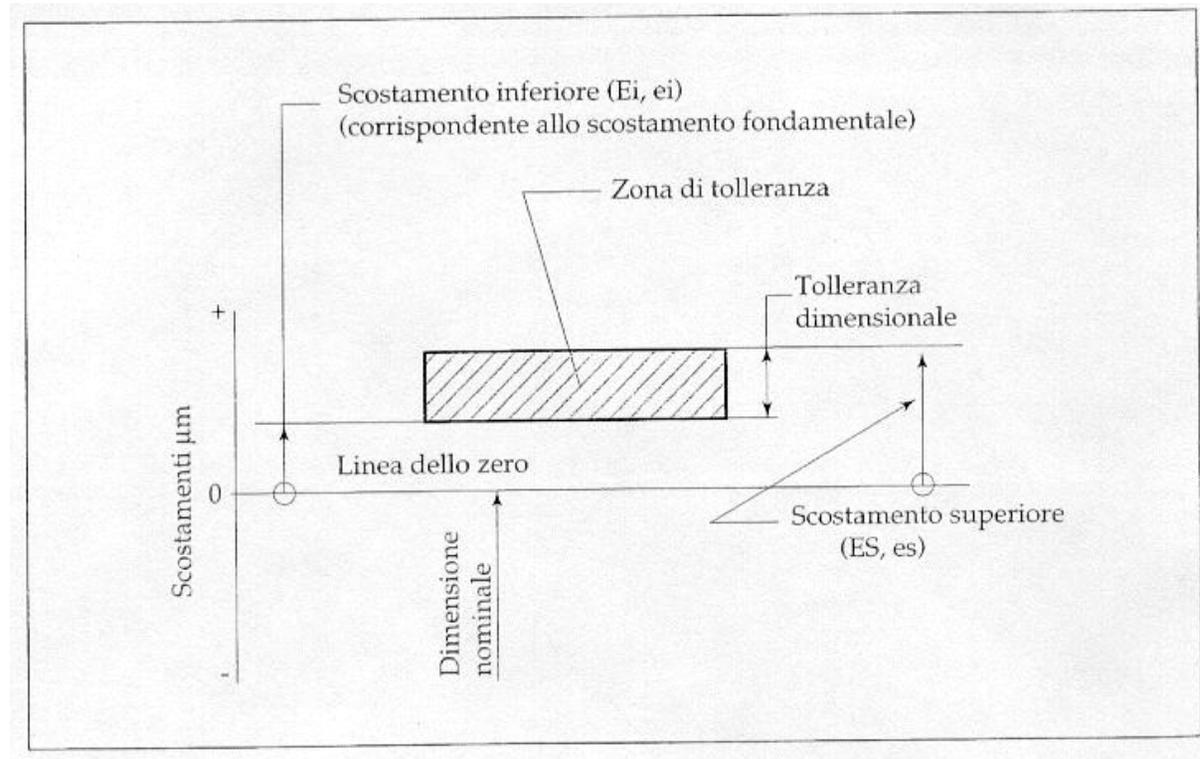
Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 14/56



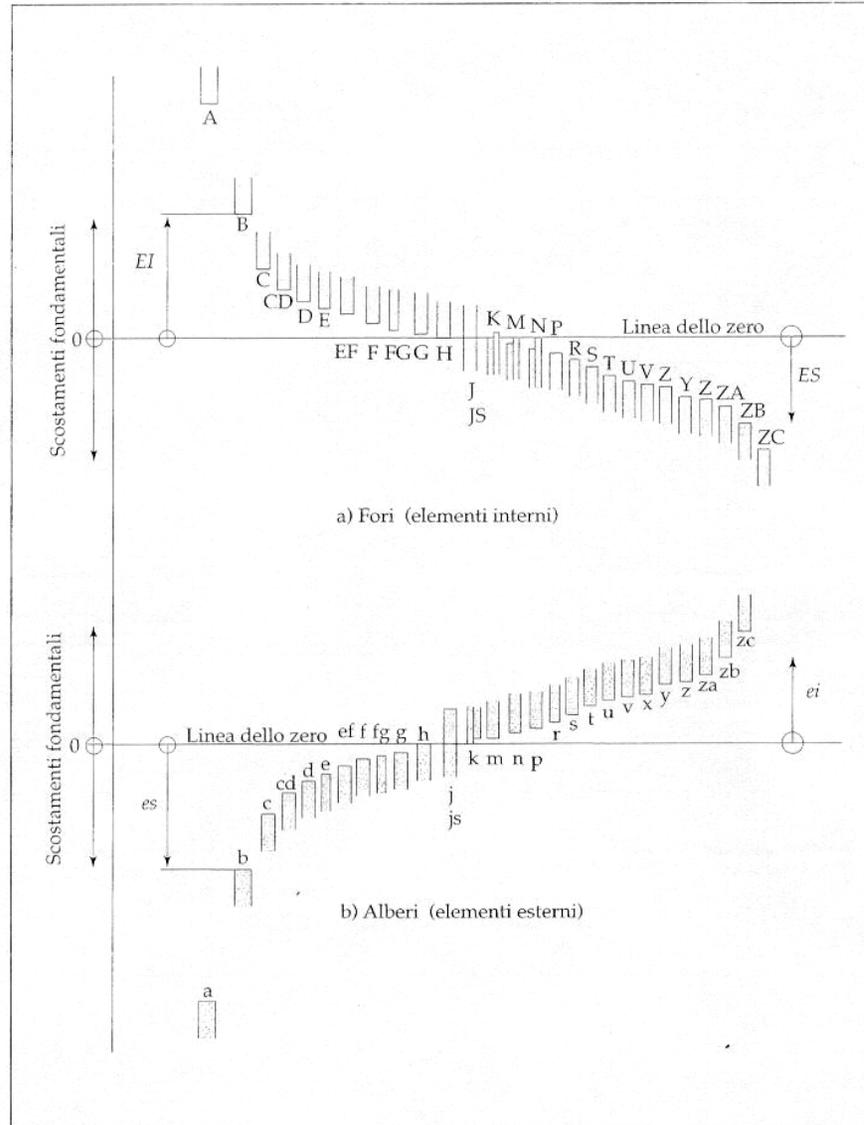
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero è definita da uno dei due scostamenti detto **scostamento fondamentale**.



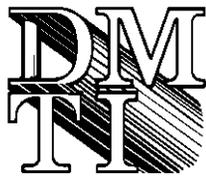
✓ Lo **scostamento fondamentale**, funzione della dimensione nominale, è quello che definisce il limite più vicino alla linea dello zero. L'altro scostamento si ottiene sommando o sottraendo il valore della tolleranza.

# TOLLERANZE DIMENSIONALI



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- La posizione è designata da una lettera **maiuscola** per i **fori** e **minuscolo** per gli **alberi**.
- Le posizioni di tolleranza sono sempre riferite alla dimensione nominale (**linea dello zero**).
- Le posizioni contraddistinte con la stessa lettera (**maiuscola** per i **fori** e **minuscolo** per gli **alberi**) sono, di massima, disposte simmetricamente rispetto alla dimensione nominale (nelle lavorazioni si procede infatti allargando il foro o diminuendo l'albero).
- La posizione di **tolleranza base**, contraddistinta dalla lettera **h** per gli **alberi** e **H** per i **fori**, è quella con **scostamento fondamentale nullo**.

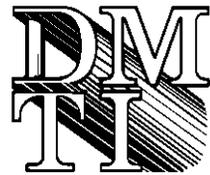


# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ **Scostamenti fondamentali per alberi** ( $\mu\text{m}$ )

DIMENSIONE NOMINALE mm	SCOSTAMENTO SUPERIORE $e_s$													VALORI DEGLI SCOSTAMENTI FONDAMENTALI				SCOSTAMENTI INFERIORI $e_i$																
	GRADI DI TOLLERANZA													IT5 e IT6	IT7	IT7	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	GRADI DI TOLLERANZA															
	oltre	fino a	a <sup>1)</sup>	b <sup>1)</sup>	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h						js <sup>2)</sup>	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb
–	3 <sup>1)</sup>	–270	–140	–60	–34	–20	–14	–10	–6	–4	–2	0		–2	–4	–6	0	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																										+39	+45		+60	+77	+108	+150	
18	24	–300	–160	–110		–65	–40		–20		–7	0		–4	–8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41		+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188		
24	30																							+41		+48		+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	–310	–170	–120		–80	–50		–25		–9	0		–5	–10	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48		+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
40	50	–320	–180	–130																				+54		+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325	
50	65	–340	–190	–140		–100	–60		–30		–10	0		–7	–12	+2	0	+11	+20	+32				+66		+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
65	80	–360	–200	–150																				+75		+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
80	100	–380	–220	–170		–120	–72		–36		–12	0		–9	–15	+3	0	+13	+23	+37				+84		+114	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120	–410	–240	–180																				+91		+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
120	140	–460	–260	–200		–145	–85		–43		–14	0		–11	–18	+3	0	+15	+27	+43				+104		+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690	
140	160	–520	–280	–210																				+122		+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
160	180	–580	–310	–230																				+134		+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
180	200	–660	–340	–240																				+146		+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
200	225	–740	–380	–260		–170	–100		–50		–15	0		–13	–21	+4	0	+17	+31	+50				+166		+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
225	250	–820	–420	–280																				+180		+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
250	280	–920	–480	–300																				+196		+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350	
280	315	–1050	–540	–330		–190	–110		–56		–17	0		–16	–26	+4	0	+20	+34	+56				+218		+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
315	355	–1200	–600	–360																				+240		+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700	
355	400	–1350	–680	–400		–210	–125		–62		–18	0		–18	–29	+4	0	+21	+37	+62				+268		+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
400	450	–1500	–760	–440																				+294		+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100	
450	500	–1650	–840	–480		–230	–135		–68		–20	0		–20	–32	+5	0	+23	+40	+68				+330		+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
500	560																							+360		+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600	
560	630					–260	–145		–76		–22	0												+400		+600								
630	710																							+450		+660								
710	800					–290	–160		–80		–24	0												+500		+740								
800	900																							+560		+840								
900	1000					–320	–170		–86		–26	0												+620		+940								
1000	1120																							+680		+1050								
1120	1250					–350	–195		–98		–28	0												+780		+1150								
1250	1400																							+840		+1300								
1400	1600					–390	–220		–110		–30	0												+960		+1450								
1600	1800																							+1050		+1600								
1800	2000					–430	–240		–120		–32	0												+1200		+1850								
2000	2240																							+1350		+2000								
2240	2500					–480	–260		–130		–34	0												+1500		+2300								
2500	2800																							+1650		+2500								
2800	3150					–520	–290		–145		–38	0												+1900		+2900								
																								+2100		+3200								

IT<sub>n</sub>, dove n è il valore del grado di tolleranza IT  
Scostamenti = ±



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

➤ ESEMPIO: 20 e7

posizione **e** →  $e_s = -40$  (tabella scostamenti)

**IT7** →  $t = 21 \mu m$  (tabella qualità)

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTO SUPERIORE						
		GRADI DI TOLLERANZA						
oltre	fino a	a <sup>1)</sup>	b <sup>1)</sup>	c	cd	d	e	ef
-	3 <sup>1)</sup>	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-15
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18
10	14	-290	-150	-95		-50	-32	
14	18							
18	24	-300	-160	-110		-60	-40	
24	30							
30	40	-310	-170	-120		-80	-50	
40	50	-320	-180	-130				

$$e_i = e_s - t = -40 - 21 = -61$$

↓

20<sup>-0.61</sup><sub>-0.04</sub>





# TOLLERANZE DIMENSIONALI

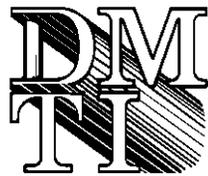
✓ *Qualità di lavorazione* consigliate per ogni posizione di tolleranza

Qualità	Posizione																			
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	j <sub>s</sub>	k	m	n	p	r	s	t	u	z	
5							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*			
6						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•		
7					•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•	•	
8				•	•	•		•												
9	•	•		•	•			•												
10				•				•												
11	*	*	*					•												

➤ **ALBERI**

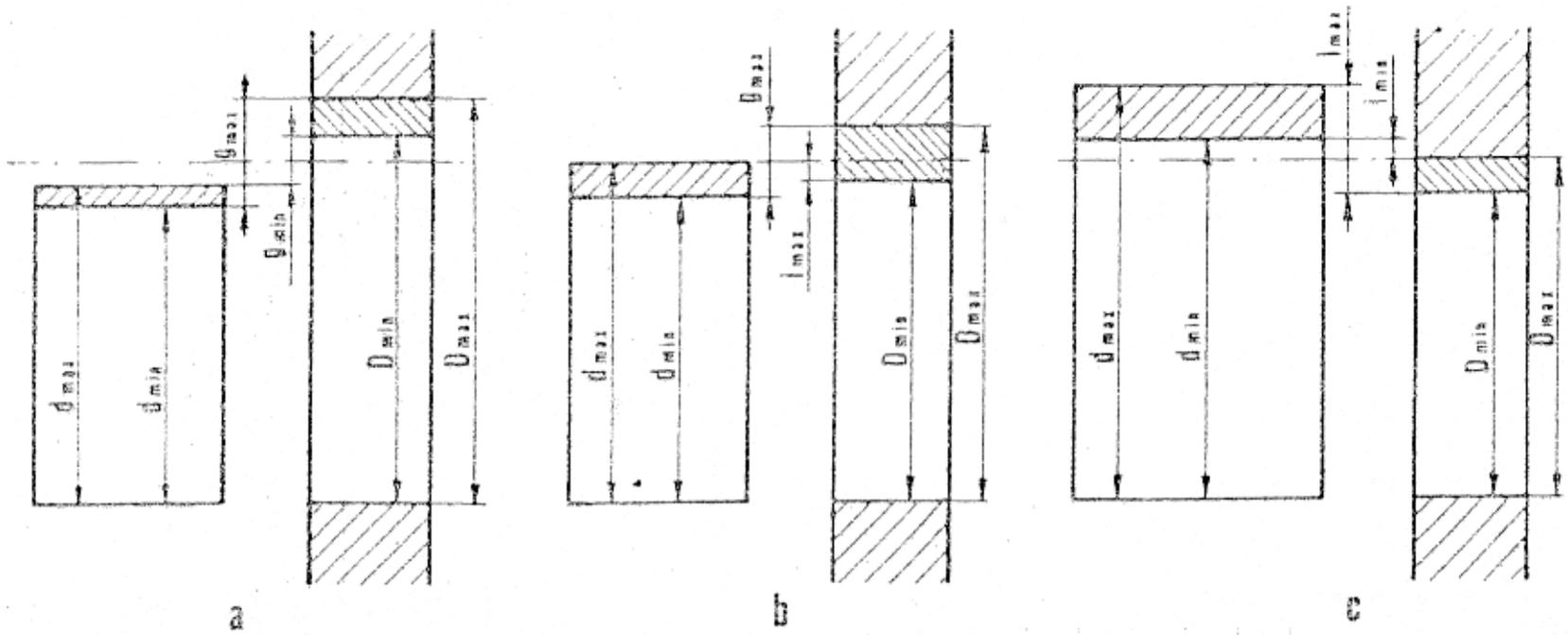
Qualità	Posizione																					
	A	B	C	CD	D	E	F	G	H	J	J <sub>s</sub>	K	M	N	P	R	S	T	Z	ZB	ZC	
6							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*				
7							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*				
8					•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•			•			
9				▲	•	•	•		•	•	•									•	•	
10				▲	•	•		•														
11	*	*	•	▲	•			•														
12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

➤ **FORI**



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

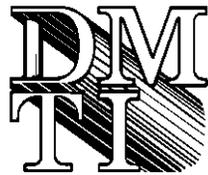
✓ L'accoppiamento tra due pezzi può essere diverso in funzione dei rispettivi valori delle dimensioni limiti



- con **gioco**: dimensione del foro sempre maggiore di quella dell'albero
- con **interferenza**: dimensione dell'albero sempre maggiore di quella del foro
- incerto**: si possono avere contemporaneamente entrambi i casi

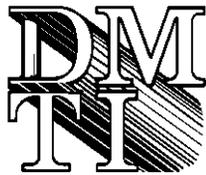
Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 22/56



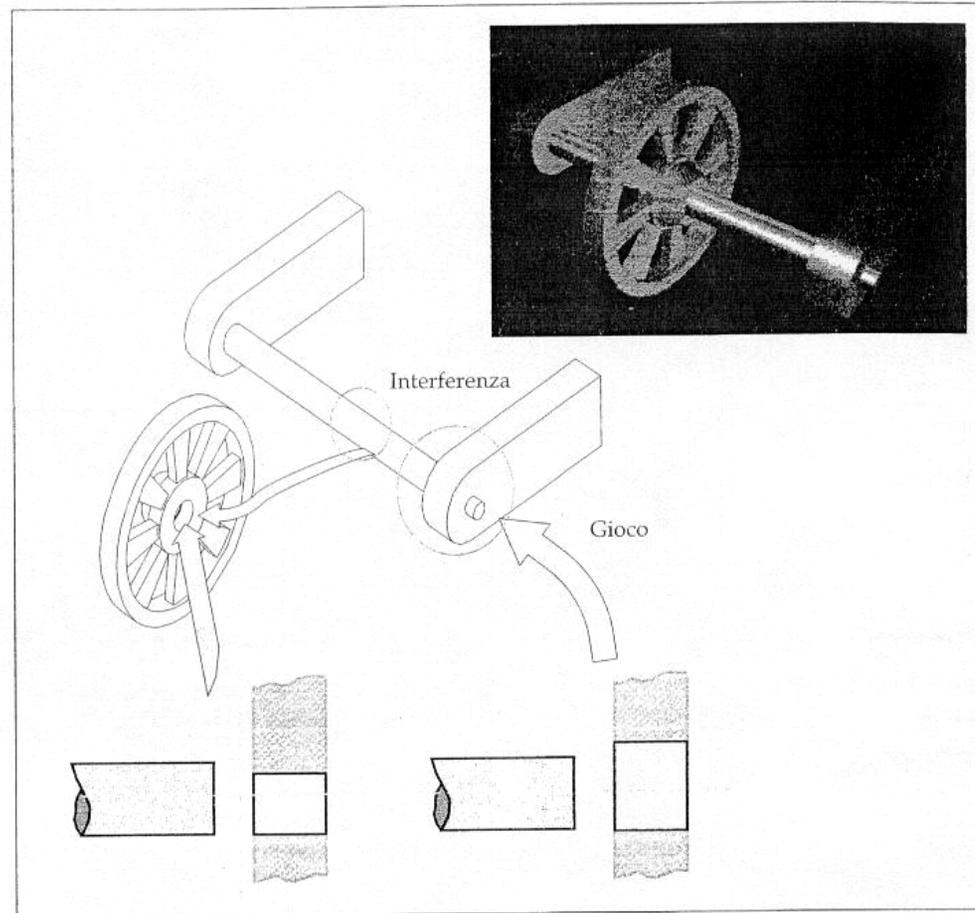
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- Essendo le tolleranze riferite ad una temperatura di riferimento di 20°, la temperatura di funzionamento può influenzare le caratteristiche dell'accoppiamento.
- Il carattere di mobilità o stabilità dell'accoppiamento dipende inoltre dalla qualità della lavorazione e quindi dalla finitura superficiale dei due elementi (*rugosità*)



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

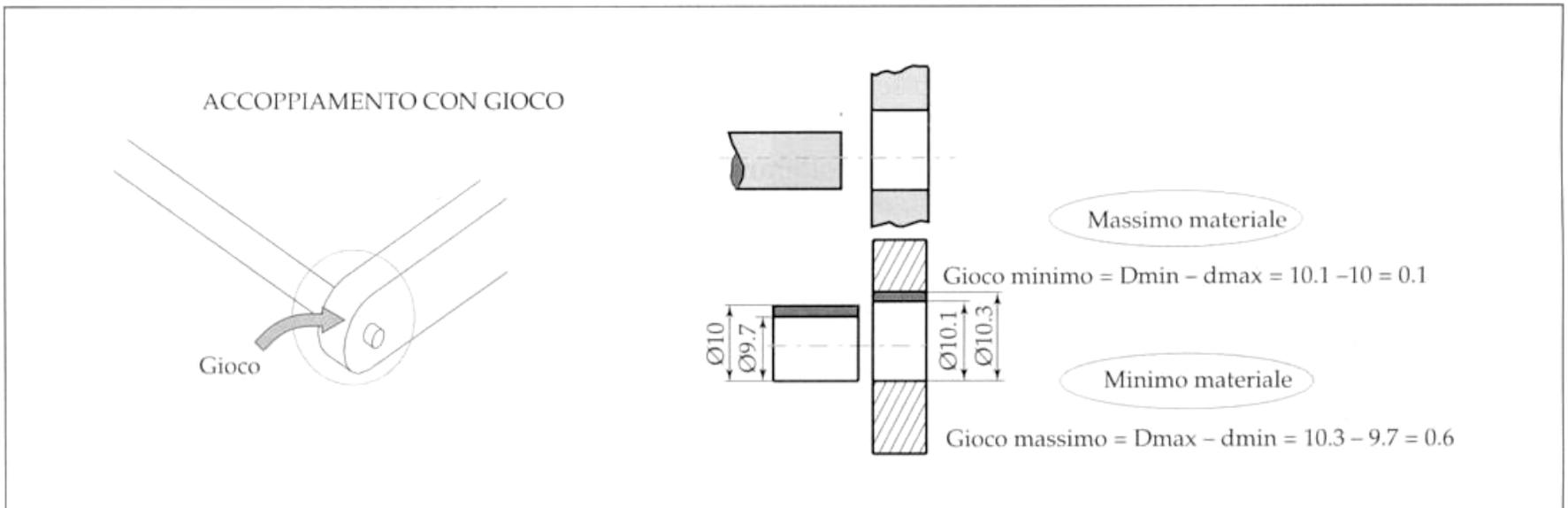
- ESEMPIO: Per un corretto funzionamento della carriola la ruota viene montata con interferenza sull'albero e l'albero viene montato con gioco nell'apposita sede



(segue)

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

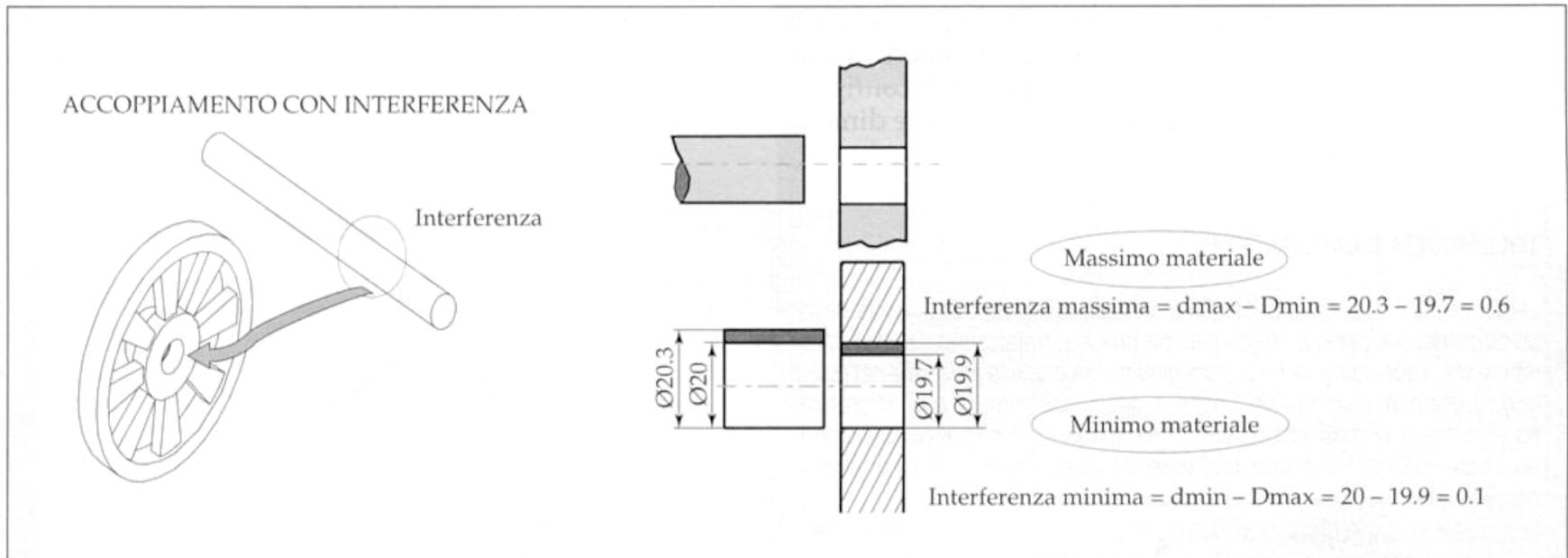
- ESEMPIO: Per un corretto funzionamento della carriola la ruota viene montata con interferenza sull'albero e l'albero viene montato con gioco nell'apposita sede



(segue)

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

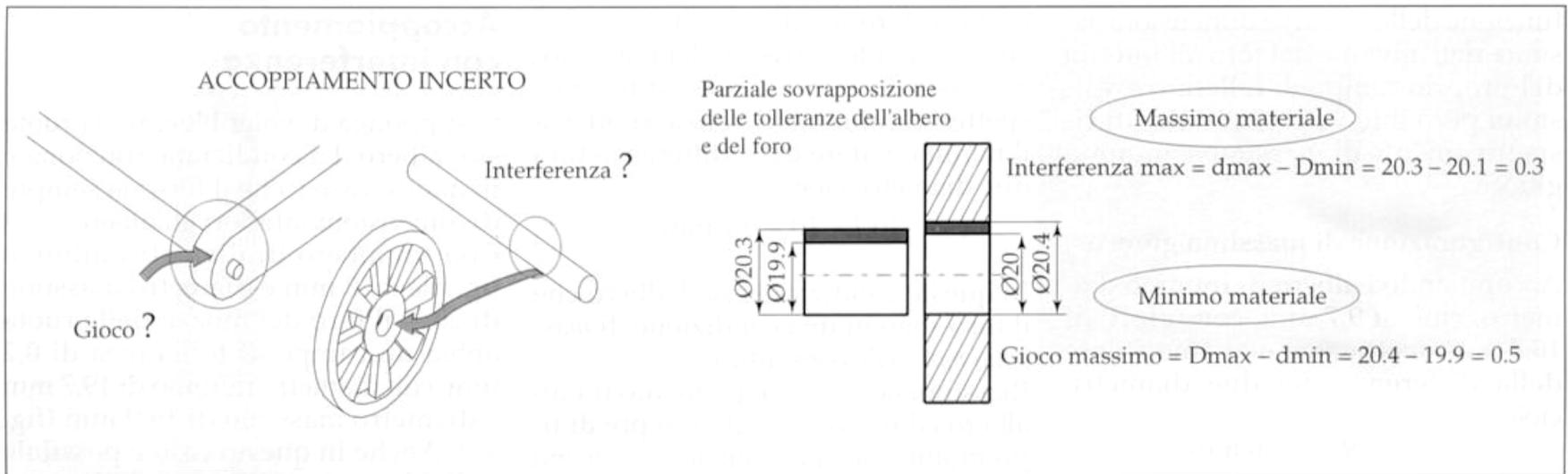
- ESEMPIO: Per un corretto funzionamento della carriola la ruota viene montata con interferenza sull'albero e l'albero viene montato con gioco nell'apposita sede



(segue)

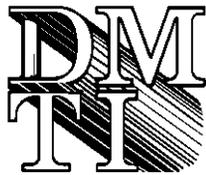
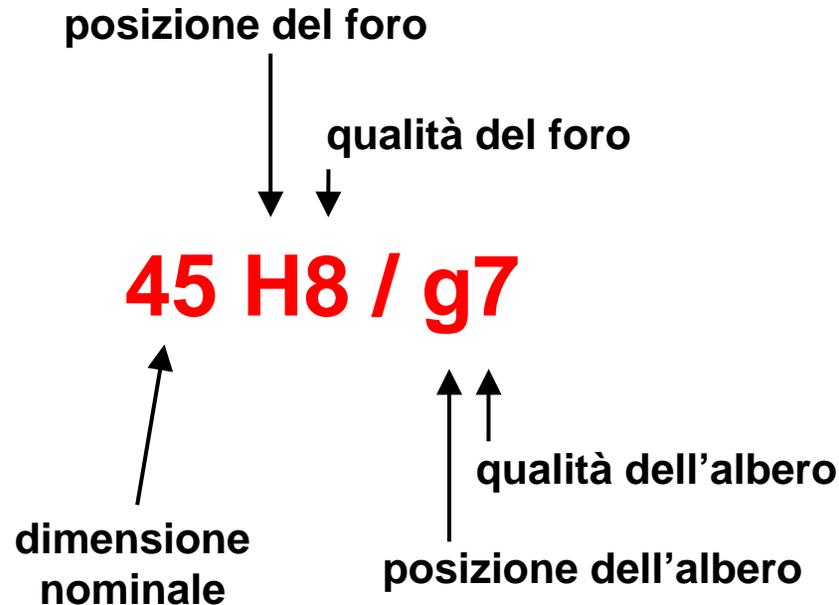
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

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



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Il sistema ISO prevede per gli accoppiamenti la seguente designazione



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Cambiando gli alberi ed i fori previsti dal sistema di tolleranza ISO si otterrebbe un numero enorme di possibili accoppiamenti. La ISO prescrive allora *due sistemi di accoppiamento*:

➤ *albero base*: combinando **fori** con **diverse posizioni** di tolleranza con un **albero** in **posizione base h**

es: **G7/h6**      **P6/h5**

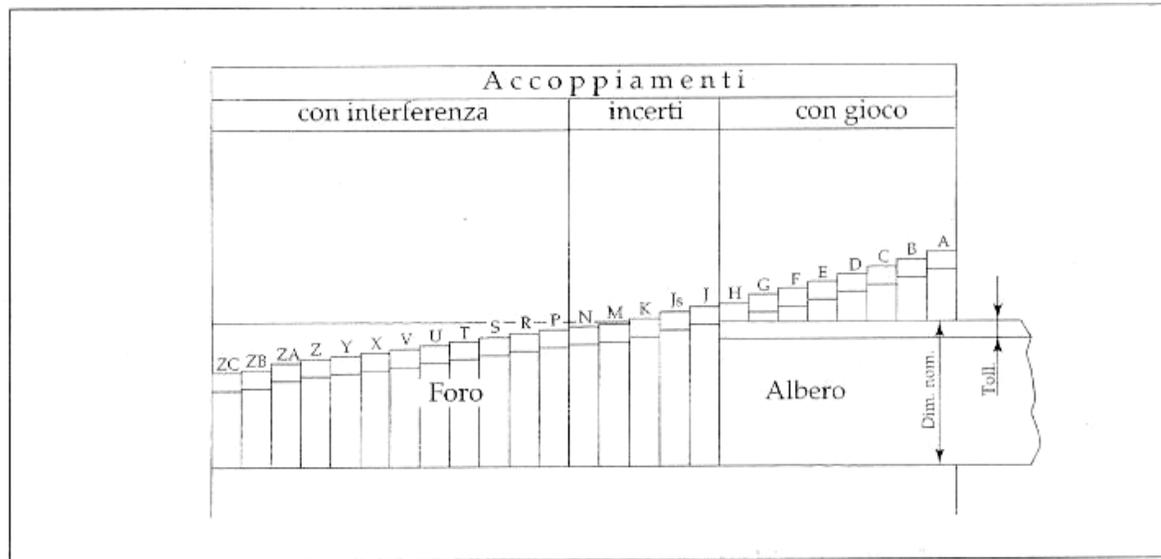
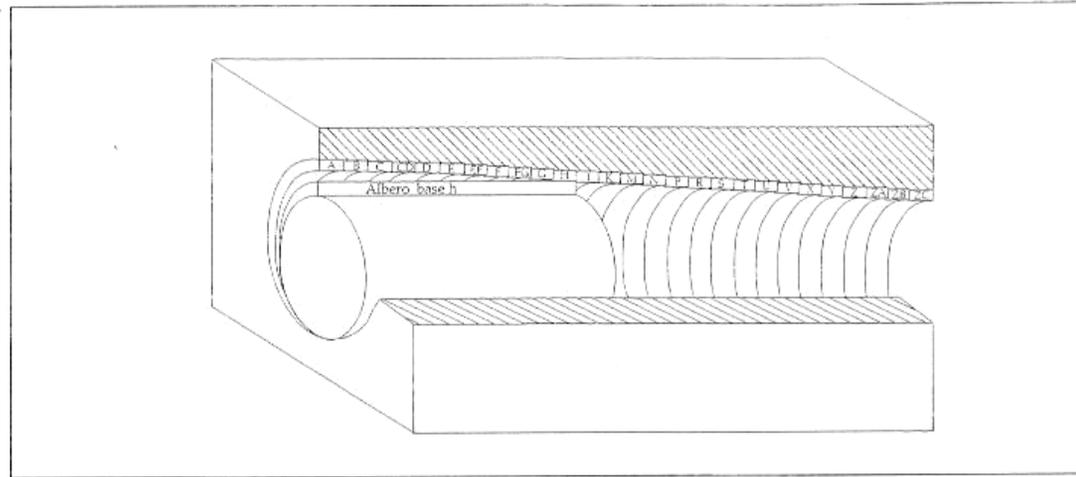
➤ *foro base*: combinando **alberi** con **diverse posizioni** di tolleranza con un **foro** in **posizione base h**

es: **H7/g6**      **H7/r6**



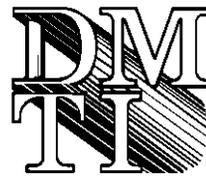
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Il sistema *albero base*



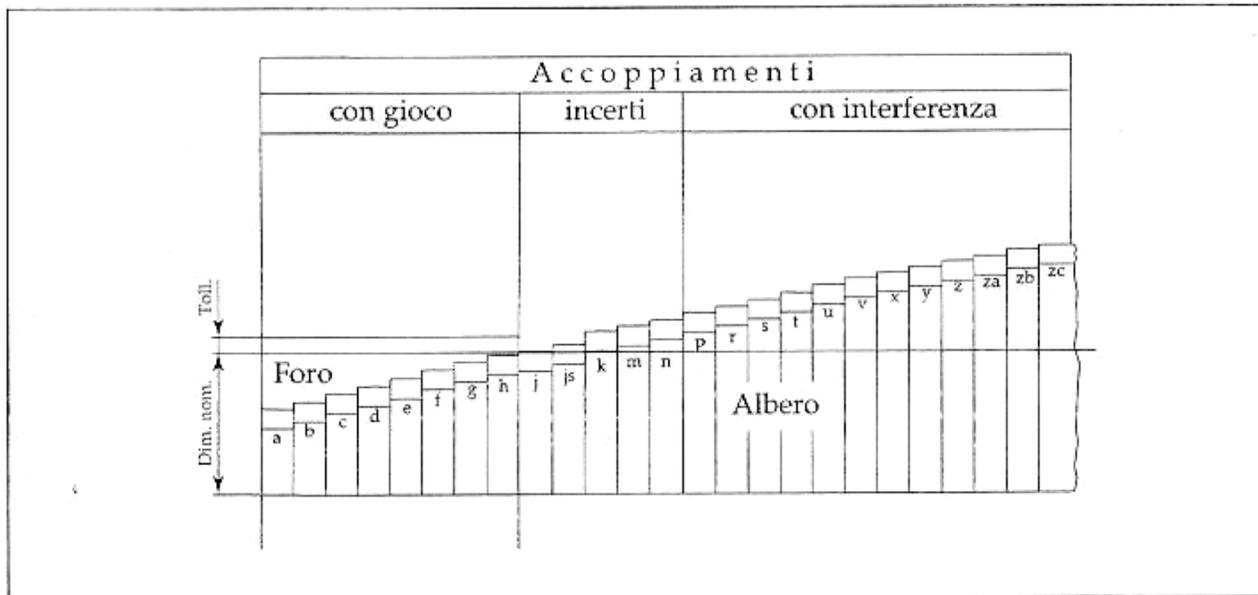
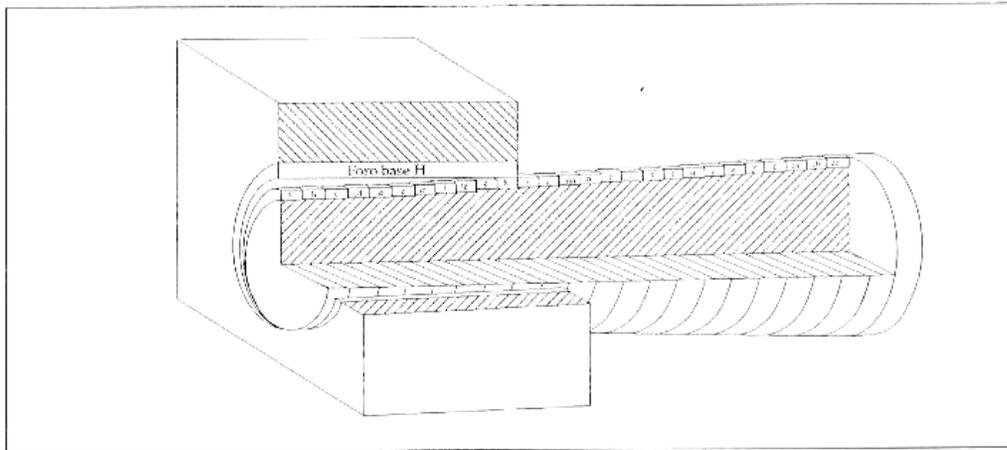
Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 30/56



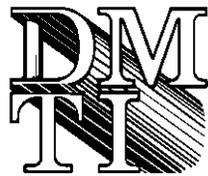
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Il sistema *foro base*



Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 31/56



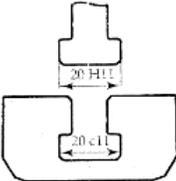
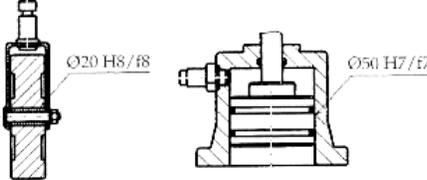
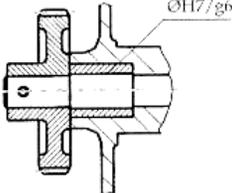
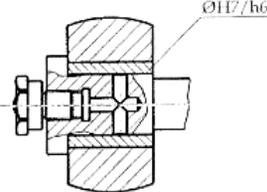
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Indicazioni per la scelta degli accoppiamenti:
  - preferire il sistema **foro base**. Adottare il sistema **albero base** solo nel caso che questo comporti sicuri vantaggi economici nella produzione e/o nel controllo dei pezzi.
  - scegliere la tolleranza dell'albero e del foro in modo che giochi ed interferenze corrispondono alle condizioni di impiego richieste. A tale scopo consultare le tabelle con gli accoppiamenti di uso comune.



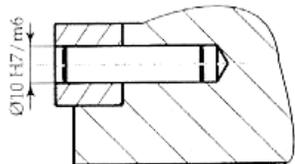
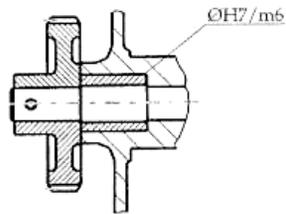
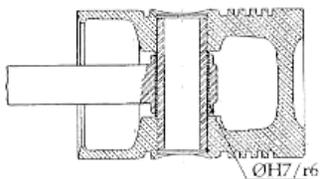
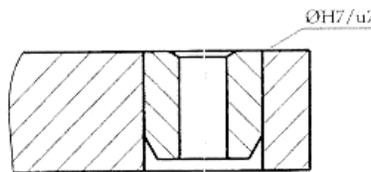
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

## ✓ Accoppiamenti mobili

	ACCOPPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑ ↑↑↑	H8/e8 H8/d8 H11/c11  <b>Libero largo</b>	Montaggio con giuoco abbondante; perni per leve e articolazioni in macchine agricole, senza esigenze di precisione.	  Guida utensili
Precisione ↑ ↑↑	H7/f6 H7/f7 H8/f7 H8/f8  <b>Libero normale</b>	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  <b>Libero stretto</b>	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 <b>Di scorrimento</b>	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

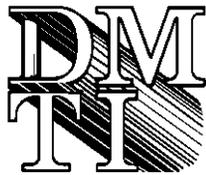
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

## ✓ Accoppiamenti stabili

	ACCOPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑	H6/js5 H6/js6 H7/m6  <b>Bloccato di spinta</b>	Accoppiamenti di precisione di parti reciprocamente fisse; accoppiamenti stretti scorrevoli assialmente; montaggio a mano con mazzuolo.	 Spina cilindrica di riferimento
Precisione ↑	H6/n5 H7/n6 H8/n8  <b>Bloccato serrato</b>	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.	 Montaggio di bronzine nella loro sede esterna
Precisione ↑	H6/p5 H7/p7 H7/r6  <b>Bloccato alla pressa</b>	Accoppiamenti bloccati, non scomponibili, adatte a trasmettere forti carichi assiali e momenti torcenti; trasmissioni senza linguette o scanalati, bronzine nella loro sede da non smontarsi mai.	 Accoppiamento spinotto-pistone biella-cuscinetto
Precisione ↑	H7/s6 H7/u7  <b>Bloccato a caldo</b>	Organi fissi a bloccaggio fortissimo, non scomponibili senza danneggiare irrimediabilmente i pezzi; accoppiamenti per trasmettere forti carichi, senza chiavette; giranti per pompe nella loro sede.	 Bussola di guida per utensili

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Indicazioni per la scelta degli accoppiamenti:
  - tenere presente che 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 con gioco accertarsi che il gioco minimo sia tale da garantire la scorrevolezza anche al variare della temperatura. Il gioco massimo deve inoltre garantire la guida a seguito di eventuali usure.
  - per gli accoppiamenti forzati l'interferenza minima deve prevenire il distacco dei pezzi, quella massima non deve causare danneggiamento dei pezzi.
  - si devono scegliere le zone di tolleranze più larghe compatibili con le condizioni di impiego.



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Indicazioni per la scelta degli accoppiamenti:

➤ il foro, la cui lavorazione è più difficile, può essere spesso affetto da una tolleranza di qualità superiore di un grado rispetto a quella dell'albero.

es: **H7/g6**      **G7/h6**

➤ 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

es: **H7/g6**            **G7/h6**

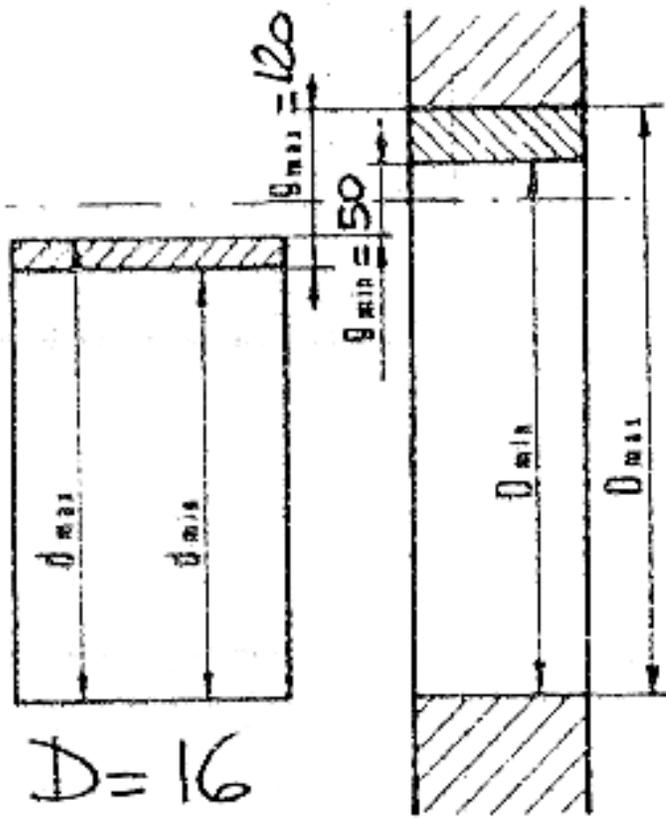






# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ESEMPIO: Fissati i giochi  $G_{\min}$  e  $G_{\max}$  si vogliono determinare le tolleranze  $t_a$  e  $t_f$  incognite dell'albero e del foro.



$$\bullet G_{\max} - G_{\min} = t_a + t_f$$

$$t_a + t_f = 120 - 50 = 70 \mu\text{m} \quad (1)$$

$$\bullet IT(n+1) = 10 ITn = 1.6 ITn \quad (\text{dalla qualit\`a 6 in poi})$$

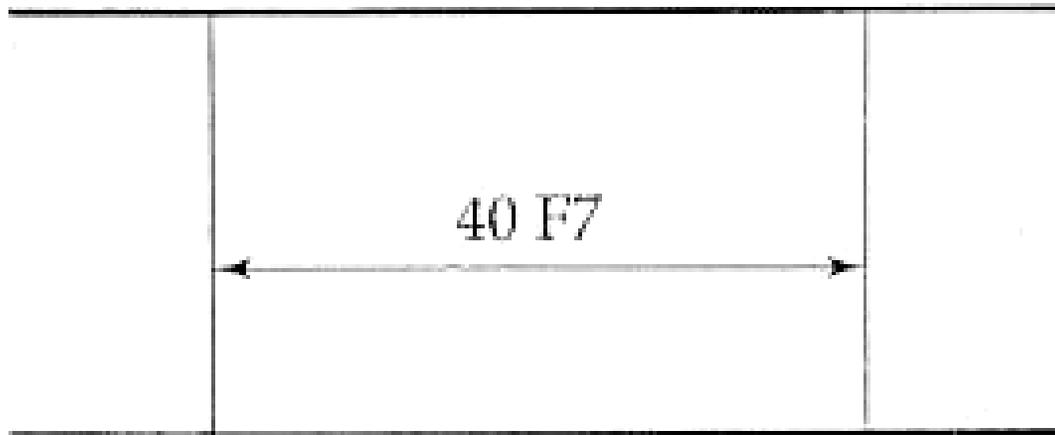
$$t_f = 1.6 t_a \quad (2)$$

- Unendo le equazioni (1) e (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} t_a + t_f = 70 \mu\text{m} \\ t_f = 1.6 t_a \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} t_a = 26.9 \mu\text{m} \\ t_f = 43.04 \mu\text{m} \end{array} \right.$$

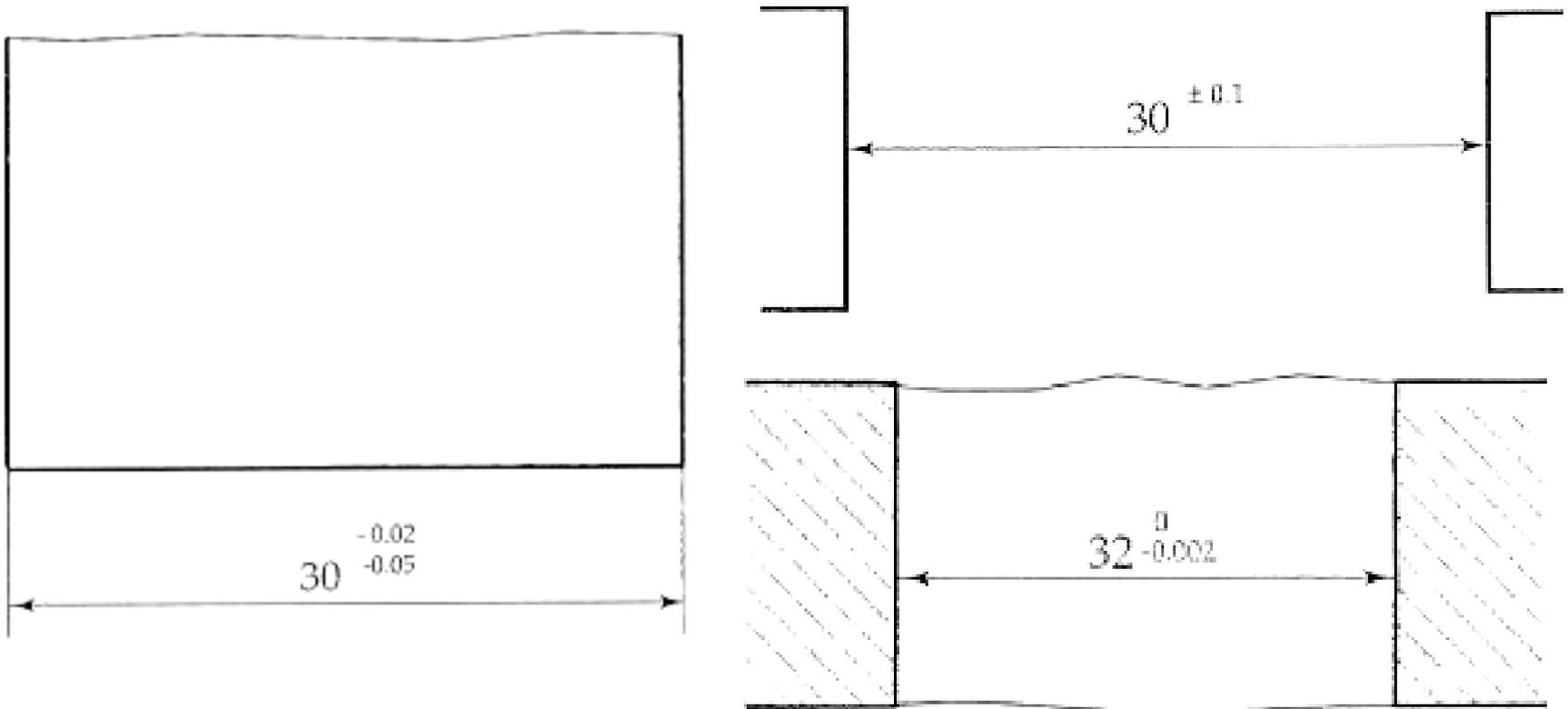
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ **Indicazione delle tolleranze** nei pezzi singoli
  - mediante il simbolo della zona di tolleranza ISO



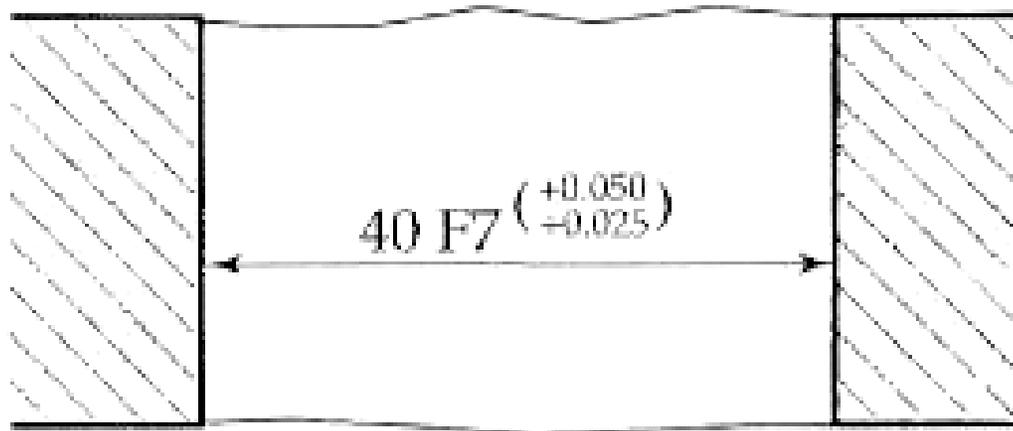
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ **Indicazione delle tolleranze nei pezzi singoli**
  - mediante gli scostamenti limite: lo scostamento superiore sempre sopra quello inferiore



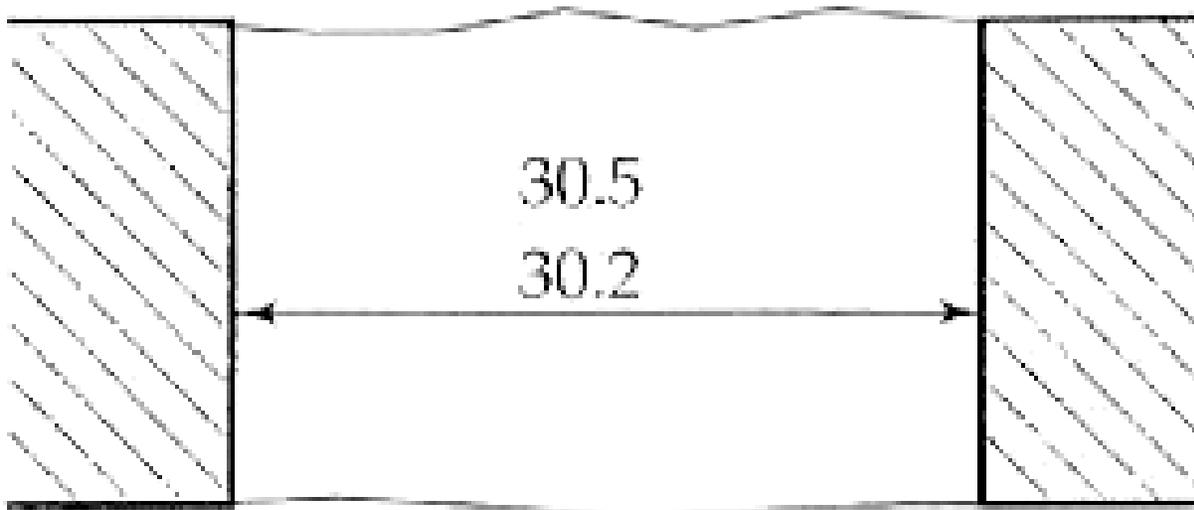
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ **Indicazione delle tolleranze** nei pezzi singoli
  - con entrambe le indicazioni



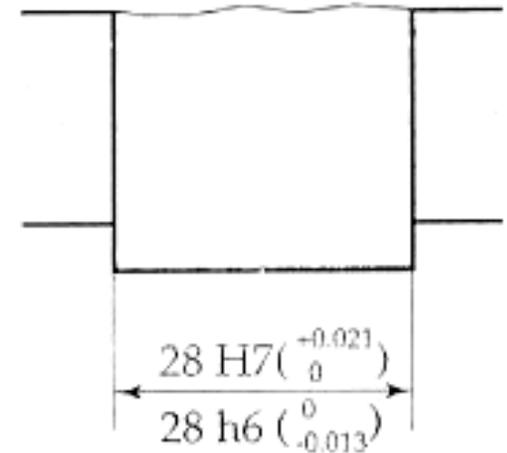
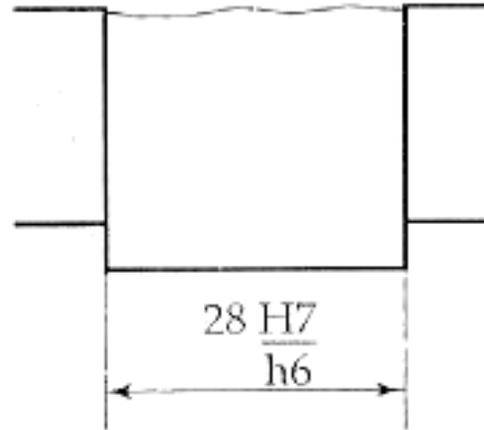
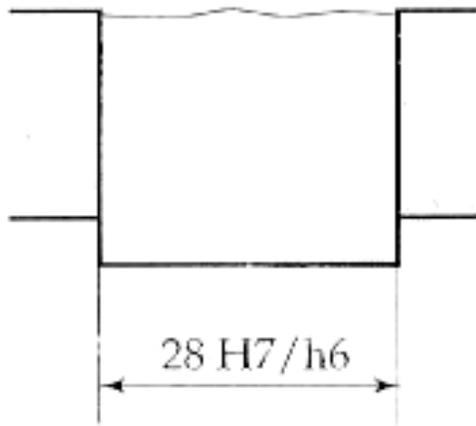
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ **Indicazione delle tolleranze** nei pezzi singoli
  - mediante le dimensioni limite



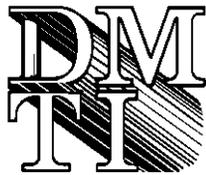
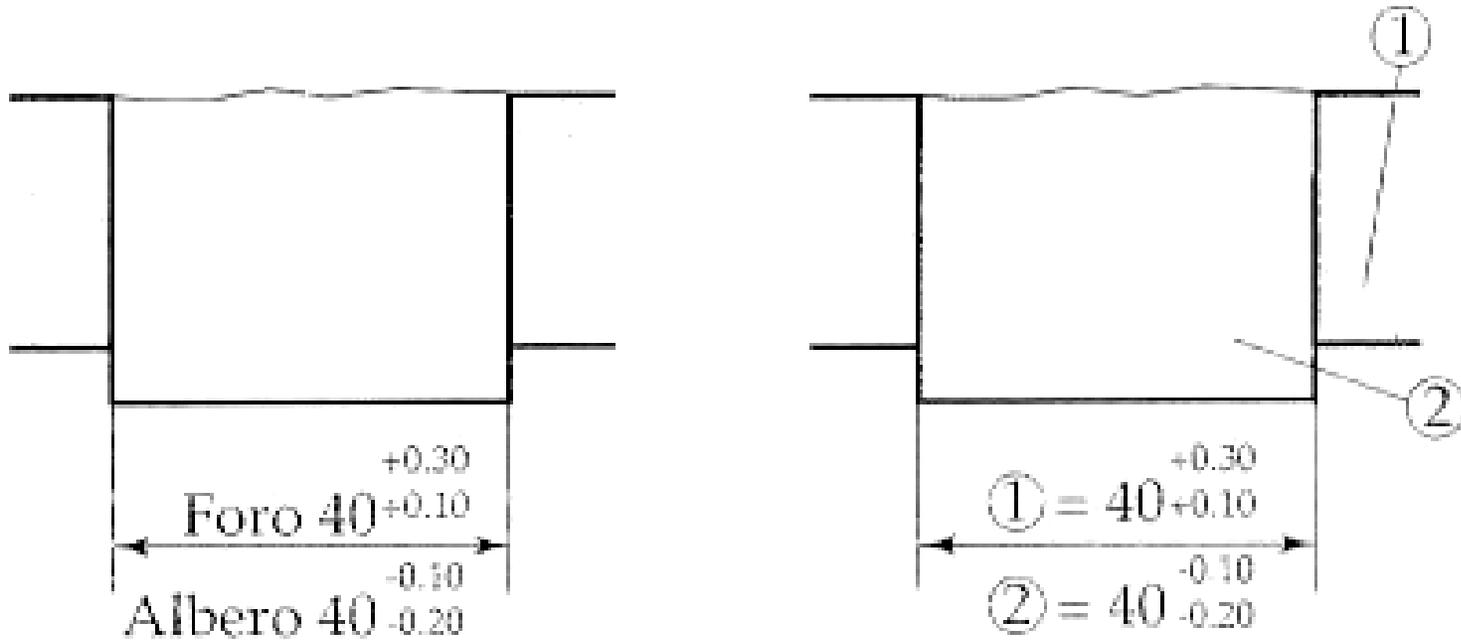
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Indicazione delle tolleranze negli accoppiamenti



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- ✓ Indicazione delle tolleranze negli accoppiamenti



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ 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

CLASSE DI TOLLERANZA		SCOSTAMENTI LIMITE PER CAMPI DI DIMENSIONI NOMINALI							
Designazione	Denominazione	da 0,5 <sup>1)</sup> fino a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1.000	oltre 1.000 fino a 2.000	oltre 2.000 fino a 4.000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	–
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossolana	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	molto grossolana	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

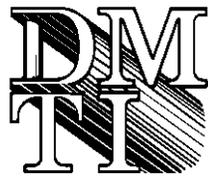
1) per le dimensioni nominali minori di 0,5 mm, lo scostamento deve essere indicato dopo la dimensione nominale

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

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

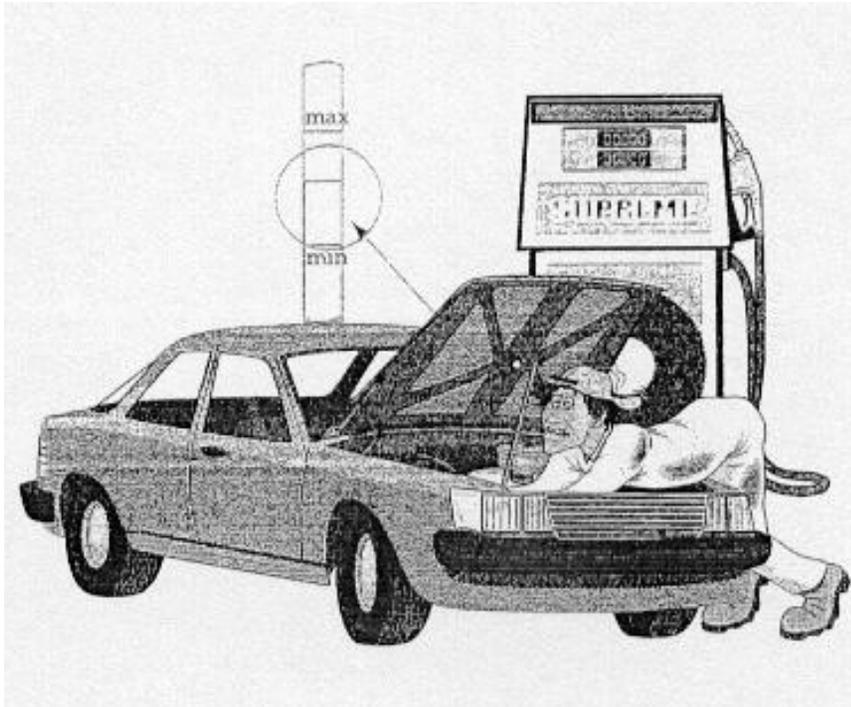
Corso di Disegno Meccanico – Anno Accademico 2005-06

tolleranze dimensionali 46/56



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

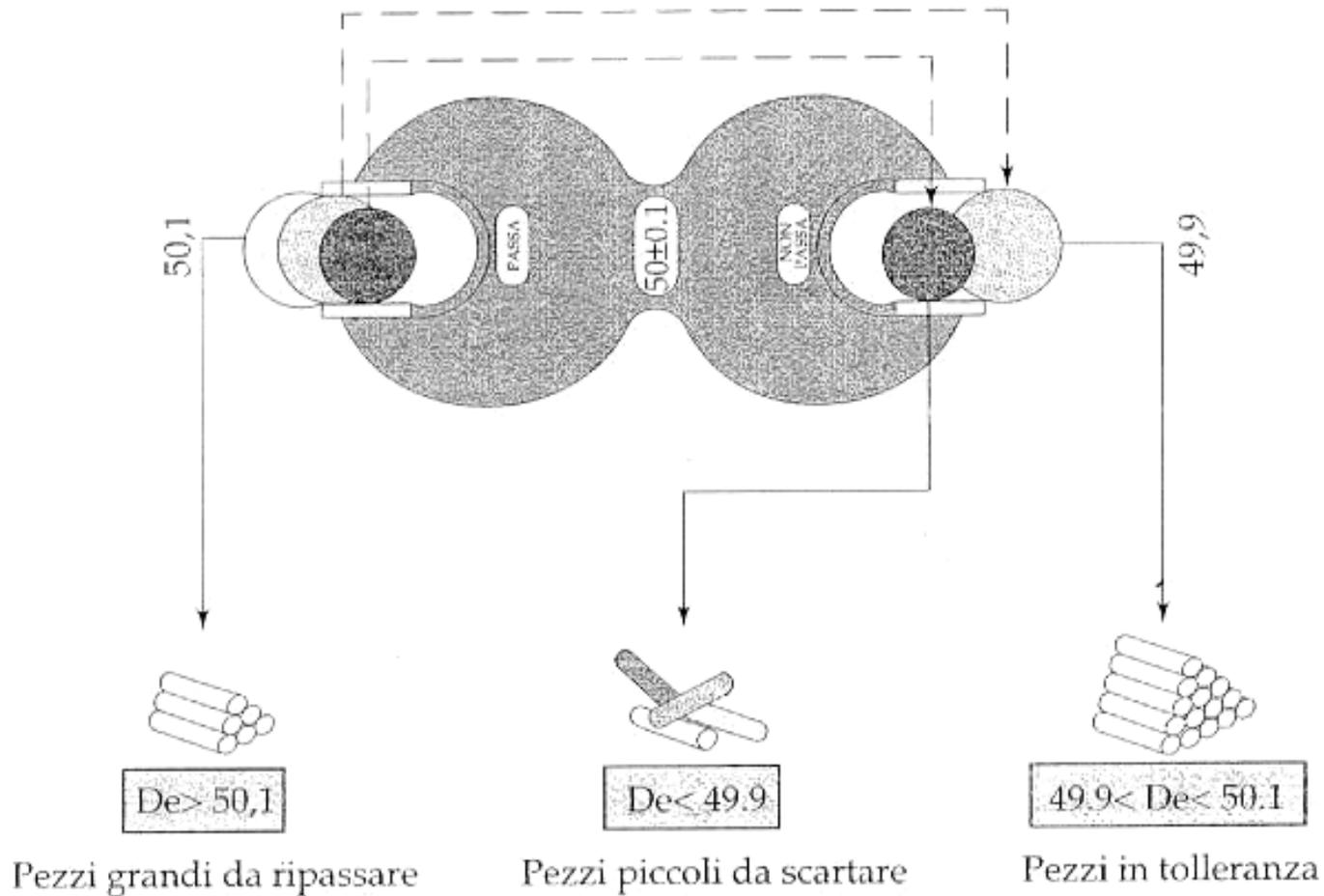
✓ Il controllo dimensionale dei pezzi non comporta necessariamente la misura della dimensione effettiva del pezzo. È normalmente sufficiente verificare che la dimensione effettiva del pezzo cada nel campo di tolleranza stabilito mediante un collaudo a due livelli, utilizzando *calibri fissi*.



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

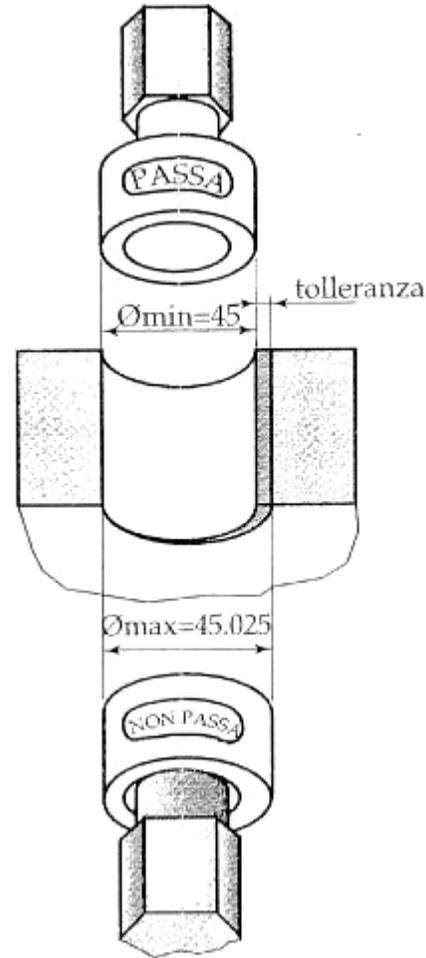
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

## ➤ Calibri a forcelle per alberi



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

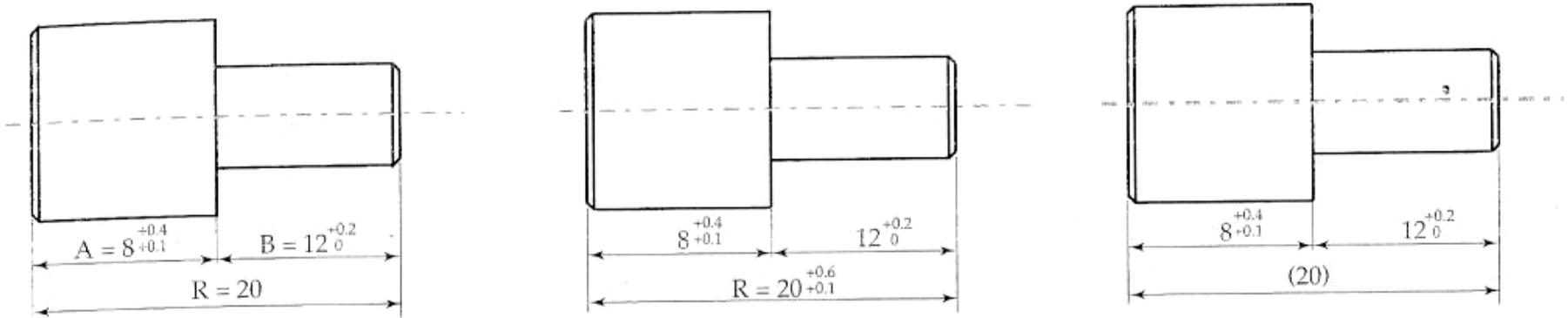
## ➤ Calibri a tampone per fori



# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Un *insieme di quote tollerate* è un insieme di quote tollerate disposte nella stessa direzione, nello stesso verso o versi diversi.

➤ Serie nello *stesso verso*



$$R = A + B = 8 + 12 = 20$$

➤ Il valore nominale della quota risultante è uguale alla somma dei valori nominali parziali

$$R = \sum \text{quote parziali} \begin{cases} R_{\min} = A_{\min} + B_{\min} \\ R_{\max} = A_{\max} + B_{\max} \\ t_R = R_{\max} - R_{\min} = A_{\max} + B_{\max} - A_{\min} - B_{\min} = t_A + t_B = 0.3 + 0.2 = 0.5 \end{cases}$$

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

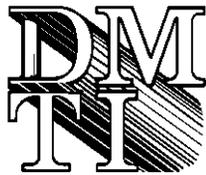
- La tolleranza risultante è data dalla somma dei valori assoluti delle tolleranze delle quote parziali

$$t^* = \sum |t| \quad \left\{ \begin{array}{l} R_{\max} = A_{\max} + B_{\max} \\ R + s_R = A + s_A + B + s_B = R + s_A + s_B \\ s_R = s_A + s_B = 0.4 + 0.2 = 0.6 \end{array} \right.$$

analogamente  $i_R = i_A + i_B = 0.1 + 0 = 0.1$

- Gli scostamenti globali superiori e inferiori sono dati rispettivamente dalla somma algebrica degli scostamenti parziali

$$s^* = \sum s \qquad i^* = \sum i$$



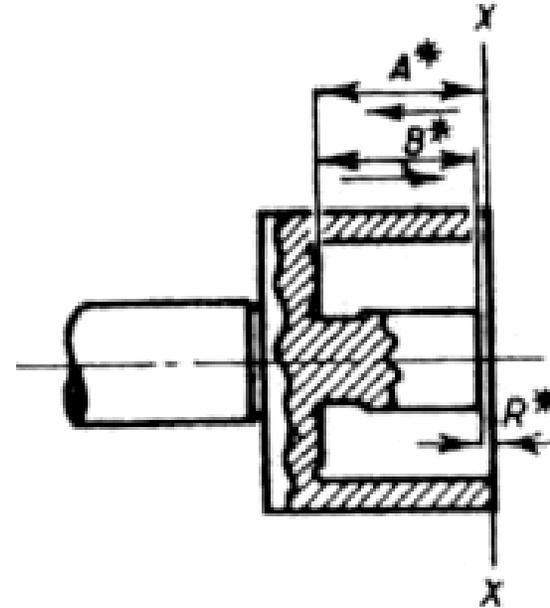
# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Un *insieme di quote tollerate* è un insieme di quote tollerate disposte nella stessa direzione, nello stesso verso o versi diversi.

➤ Serie *con versi opposti*

$$A = 25^{+0.10}_{-0.05}$$

$$B = 24^{-0.03}_{-0.10}$$



$$R = A - B = 25 - 24 = 1$$

➤ Il valore nominale della quota risultante è uguale alla somma algebrica dei valori nominali parziali

$$R = \sum \text{quote parziali} \left\{ \begin{array}{l} R_{\min} = A_{\min} - B_{\max} \\ R_{\max} = A_{\max} - B_{\min} \\ t_R = R_{\max} - R_{\min} = A_{\max} - B_{\min} - A_{\min} + B_{\max} = t_A + t_B = 0.15 + 0.07 = 0.22 \end{array} \right.$$

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

- La tolleranza globale è uguale alla somma dei valori assoluti delle tolleranze parziali

$$t^* = \sum |t| \quad \left\{ \begin{array}{l} R_{\max} = A_{\max} - B_{\min} \\ R + s_R = A + s_A - (B + i_B) \\ s_R = s_A - i_B = 0.1 + 0.1 = 0.2 \end{array} \right.$$

analogamente

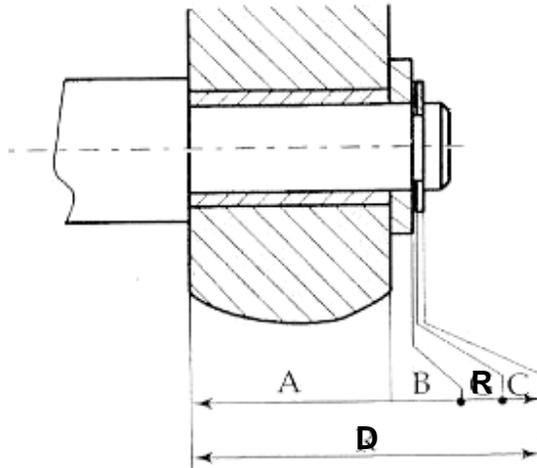
$$i_R = i_A - s_B = -0.05 + 0.03 = -0.02$$

- Gli scostamenti superiore ed inferiore della quota risultante sono dati, indicando con  $Q$  e  $Q'$  rispettivamente le quote con segno positivo o negativo, dalle relazioni:

$$s^* = s_Q - i_{Q'} \quad i^* = i_Q - s_{Q'}$$

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

✓ Una **catena di quote tollerate** è un insieme di quote tollerate relative a pezzi diversi in un gruppo o complessivo.



$$A = 22 \begin{matrix} +0.052 \\ 0 \end{matrix}$$

$$B = 3 \begin{matrix} +0.025 \\ 0 \end{matrix}$$

$$C = 1 \begin{matrix} 0 \\ -0.06 \end{matrix}$$

$$D = 26 \begin{matrix} +0.4 \\ +0.2 \end{matrix}$$

L'analisi delle catene di tolleranze è fondamentale per l'analisi di montaggio, funzionamento e intercambiabilità dei singoli organi di un meccanismo.

Il calcolo è identico a quello delle serie in quote

$$R^* = D - A - B - C = 26 - 22 - 3 - 1 = 0$$

$$t^* = 0.052 + 0.025 + 0.06 + 0.2 = 0.337$$

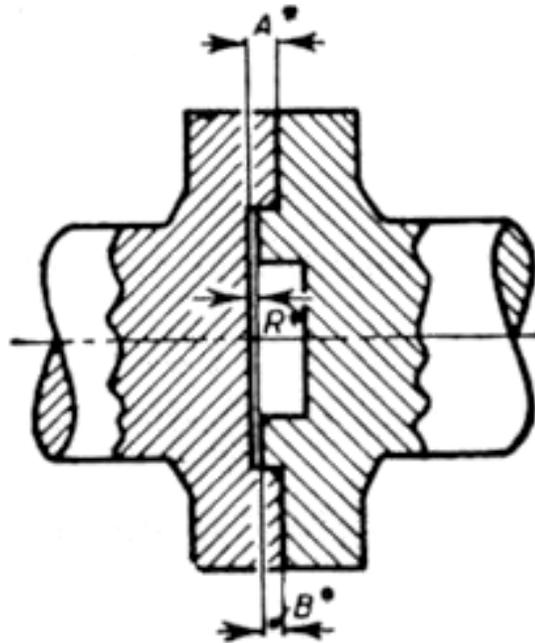
$$s^* = 0.4 - (0 + 0 - 0.06) = +0.46$$

$$i^* = 0.2 - (0.052 + 0.025 + 0) = 0.123$$

$$R = 0 \begin{matrix} +0.46 \\ +0.123 \end{matrix}$$

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

➤ ESEMPIO: Analisi di montaggio del sistema formato da due flange munite una di risalto e l'altra di un incavo cilindrici per la mutua centratura: Valutazione del campo di variazione del gioco assiale  $R$  tra le superfici di fondo.



$$A = 10^{+0.09}_{+0.03}$$

$$B = 10^{-0.02}_{-0.08}$$

$$R^* = A - B = 10 - 10 = 0$$

$$t^* = 0.06 + 0.06 = 0.12$$

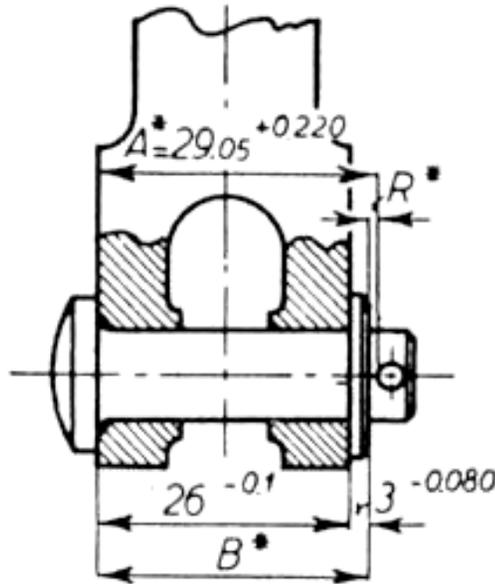
$$s^* = 0.09 - (-0.08) = +0.17$$

$$i^* = 0.03 - (-0.02) = 0.05$$

$$R = 0^{+0.17}_{+0.05}$$

# TOLLERANZE DIMENSIONALI

➤ ESEMPIO: Analisi di montaggio di un perno munito di testa ed infilato nei fori di una forcella, munito di rondella e di coppiglia di arresto: valutazione del gioco assiale  $R^*$  del perno.



$$B = 26 + 3 = 29$$

$$t_B = 0.10 + 0.08 = 0.18$$

$$s_B = 0$$

$$i_B = -0.10 + (-0.08) = -0.18$$

$$B = 29^{0-0.18}$$

$$R^* = A - B = 29.05 - 29 = 0.05$$

$$t^* = t_A + t_B = 0.22 + 0.18 = 0.40$$

$$s^* = s_A - (i_B) = 0.22 - (-0.18) = +0.40$$

$$i^* = i_A - (s_B) = 0$$

$$R^* = 0.05^{0+0.40}$$