

3.13 Tolleranze sulle parti filettate

3.13.1 Categorie della viteria e bulloneria

Oltre che in base alla qualità del prodotto, la bulloneria è classificata secondo le tolleranze di fabbricazione, definite **categorie**. Le tre categorie definite, indicate con le lettere A, B, C, sono in ordine decrescente di precisione dell'accoppiamento.

La tabella UNI EN ISO 4759/1:2001 assegna un valore di tolleranza per ciascuna categoria, in relazione alle dimensioni del prodotto, come è schematicamente illustrato nella tabella seguente:

DIMENSIONE AFFETTA DA TOLLERANZA		Tolleranze		
		Categoria A	Categoria B	Categoria C
Diametro di filettatura	Viti	6g	6g	8g
	Madreviti	6H	6H	7H
Lunghezza di filettatura		+ 2P* 0	+ 2P* 0	+2P* 0

* P = passo di filettatura

La categoria di appartenenza non ha alcuna relazione con il materiale e relative composizione chimica, caratteristiche e prestazioni.

3.13.2 Tolleranze dimensionali generali

La misura effettiva di un elemento di un pezzo non è mai esattamente uguale alla dimensione nominale dello stesso, a causa delle approssimazioni introdotte dai processi di fabbricazione e di controllo. In ogni caso, non è economicamente conveniente raggiungere precisioni non necessarie per garantire la funzionalità del pezzo e l'adeguatezza allo scopo per cui è stato progettato. Si potrebbe pertanto affermare che un pezzo è funzionalmente idoneo se la sua dimensione effettiva si colloca tra una dimensione massima D_{max} ed una minima d_{min} . Si introduce, a questo punto, il concetto di tolleranza.

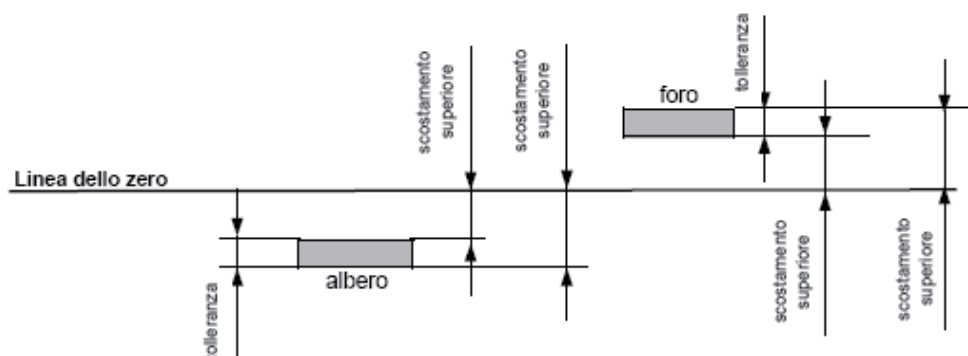
La **tolleranza** è definita come la differenza, in valore assoluto, tra queste due dimensioni limite ammissibili, ossia:

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

Valgono le seguenti definizioni:

- **Dimensione nominale:** è la quota teorica assegnata, nel disegno, al pezzo in oggetto. Essa definisce la quota ideale, ed è rappresentata dalla cosiddetta linea dello zero;
- **Tolleranza unilaterale:** è la tolleranza il cui campo si colloca tutto al di sopra o tutto al di sotto della linea dello zero;
- **Tolleranza bilaterale:** è la tolleranza il cui campo è posto parzialmente sopra e parzialmente sotto la linea dello zero;
- **Scostamento superiore:** differenza tra la dimensione massima D_{max} e la linea dello zero;
- **Scostamento inferiore:** differenza tra la dimensione minima d_{min} e la linea dello zero;
- **Scostamento fondamentale:** è quello che definisce il limite più vicino alla linea dello zero.

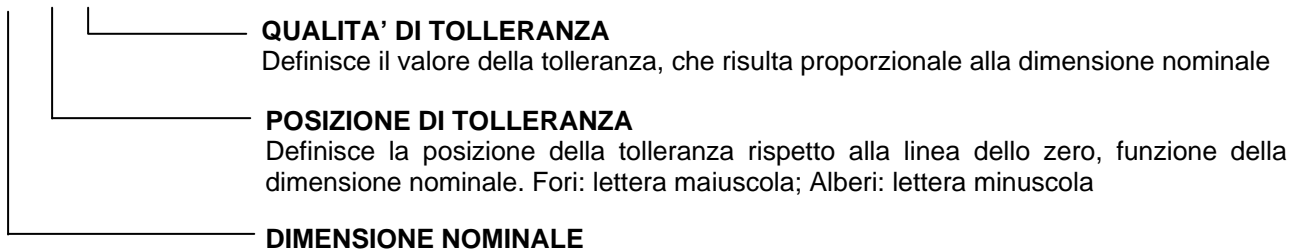
La figura seguente illustra le definizioni sopra riportate, applicate a valori di tolleranza di un albero e di un foro.



Il valore numerico della tolleranza ed il suo posizionamento rispetto alla dimensione nominale sono fondamentali per raggiungere le desiderate condizioni di accoppiamento tra vari pezzi collegati tra loro. L'accoppiamento è caratterizzato dalla differenza, in valore e segno, tra le dimensioni dei pezzi da collegare.

La tolleranza è designata con la seguente simbologia:

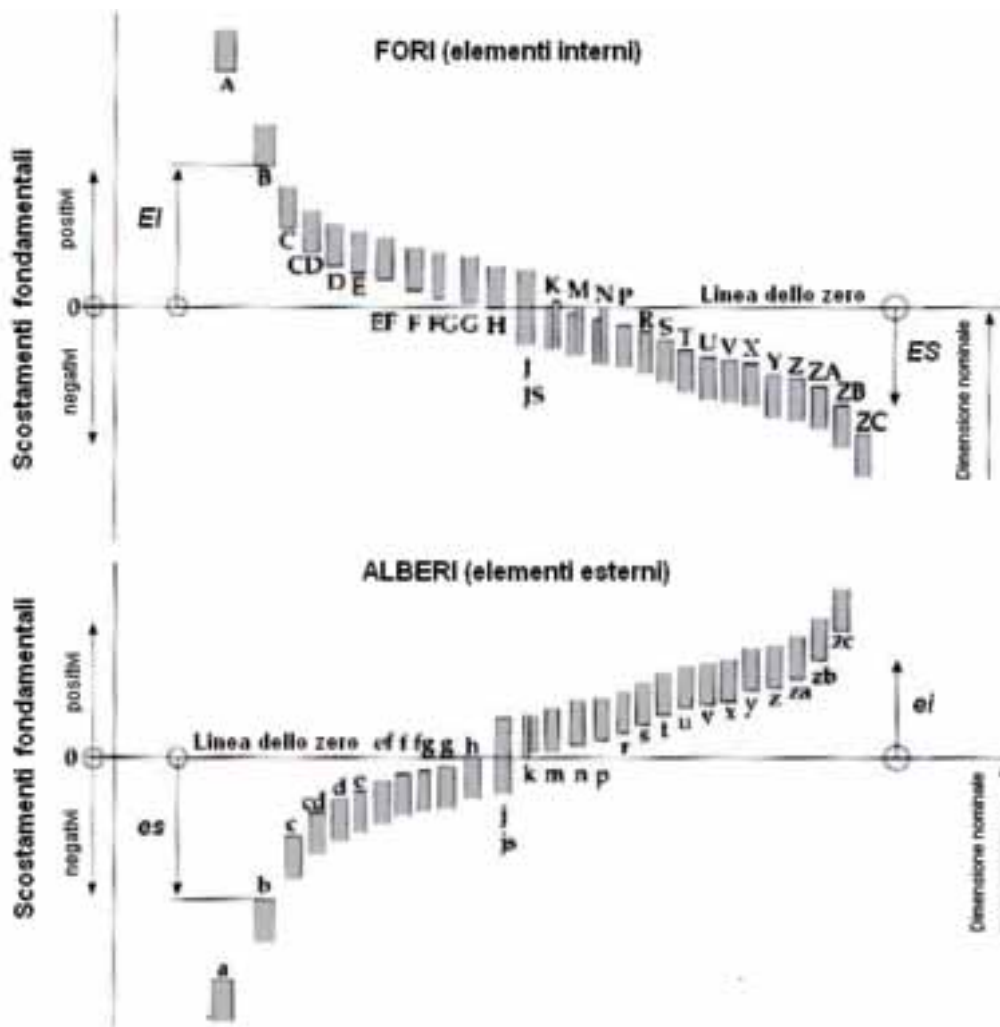
35 H 7



Sistema di tolleranze ISO

La necessità di definire delle regole ben precise per quanto riguarda tolleranze ed accoppiamenti, ha spinto gli enti internazionali di unificazione a dedicare sempre maggiore attenzione al problema. Il sistema di seguito illustrato è quello proposto dall'ISO ed accettato dall'UNI nel 1968. L'ISO prevede ventotto posizioni del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero, ciascuna individuata dalle lettere maiuscole (da A a ZC) per i fori, e dalle minuscole (da a a zc) per gli alberi.

La schematizzazione è riportata in figura seguente:



Grado di tolleranza normalizzato

Nel sistema ISO di tolleranze sono previsti 20 gradi di tolleranza normalizzati che definiscono l'ampiezza della zona di tolleranza e quindi la qualità o la precisione della lavorazione.

Di questi 20 gradi, 18 sono di uso generale (da IT1 a IT18) mentre 2 sono di usati in casi particolari (IT0 ed IT01).

Il grado di tolleranza normalizzato è funzione della dimensione nominale (l'ampiezza dell'errore tollerato è maggiore su dimensioni maggiori). Nelle due tabelle seguenti è riportato quanto illustrato:

Dimensione nominale		Gradi di tolleranze normalizzate	
mm		IT01	IT0
oltre	fino a	Tolleranza [µm]	
-	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 e 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																	
		µm									mm								
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	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

Il grado di tolleranza richiesto deve essere accuratamente valutato per la scelta della lavorazione più adatta ad ottenerlo. In linea di massima, vale quanto riportato nella tabella seguente:

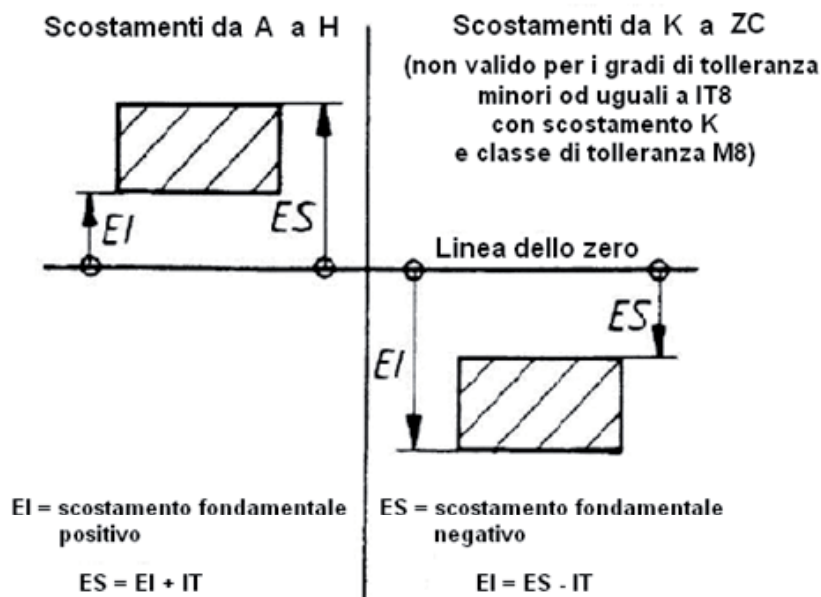
Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1-IT4			Lavorazioni con macchine speciali	Lavorazioni con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
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 e fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	Molto grossolano	Molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio e fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	Molto grossolano	Molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio e fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14-IT18	Molto grossolano	Molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio e fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	

Posizione della tolleranza

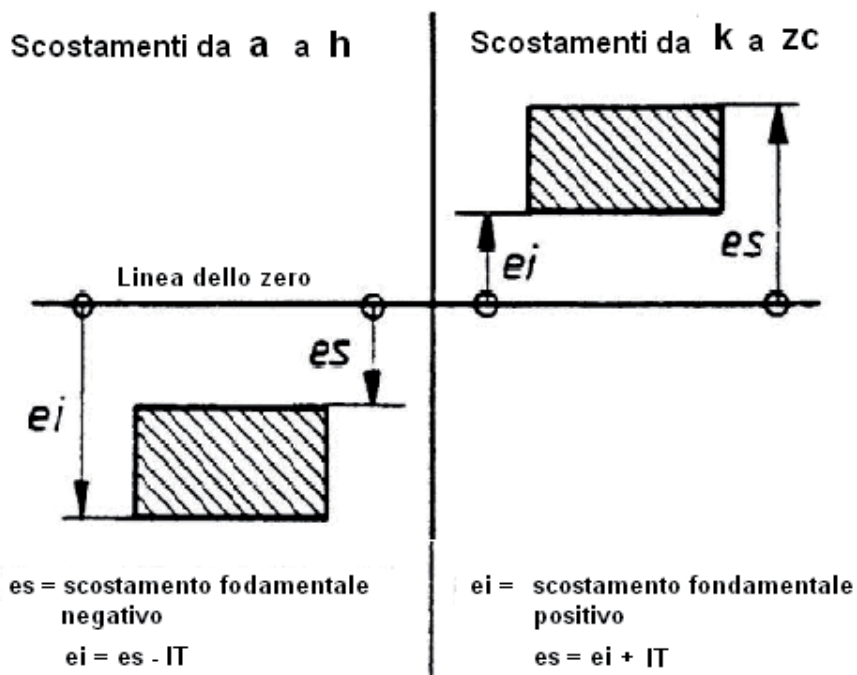
La posizione della zona di tolleranza rispetto alla linea dello zero è definita da uno dei due scostamenti, scelto convenzionalmente e detto scostamento fondamentale, legato alla dimensione nominale.

Per convenzione, lo scostamento fondamentale è quello che definisce il limite più vicino alla linea dello zero.

- Per i **fori** lo scostamento fondamentale è lo scostamento inferiore E_i per posizioni da A ad H ed è lo scostamento superiore E_s per posizioni da K a ZC. La posizione H è quella per cui lo scostamento fondamentale (inferiore) è nullo;



- Per gli **alberi** lo scostamento fondamentale è lo scostamento superiore e_s per le posizioni da a ad h ed è lo scostamento inferiore e_i per posizioni da k a zc. La posizione h è quella per cui lo scostamento fondamentale (superiore) è nullo.



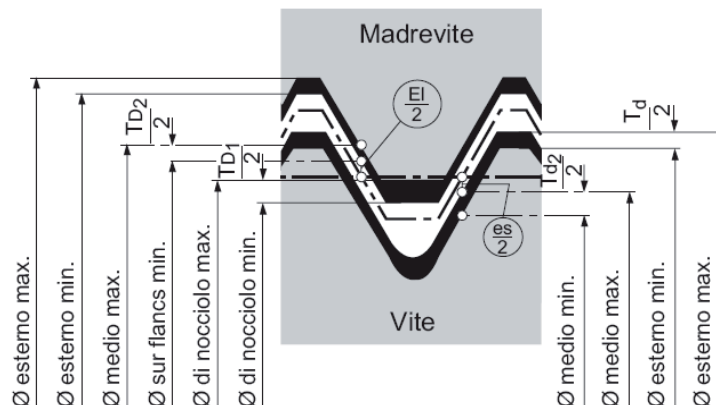
Nelle due tabelle che seguono sono riportati i valori delle tolleranze principali per alberi e fori rispettivamente:

TOLLERANZE PRINCIPALI PER ALBERI

Dimens. Albero [mm]		Le misure delle tolleranze sono espresse in micron = 0.001 mm																												
>	<=	d11	e8	f7	f8	f9	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	j6	js14	js15	js16	js17	m6	n6	r6	s6
1	3	-20	-14	-6	-6	-6	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	± 125	± 200	± 300		8	10	16	20
		-80	-28	-16	-20	-31	-6	-8	-4	-6	-10	-14	-25	-40	-60	-100	-140	-250	-400	-600		-2				2	4	10	14	
3	6	-30	-20	-10	-10	-10	-4	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	± 150	± 240	± 375	± 600	12	16	23	27
		-105	-38	-22	-28	-40	-9	-12	-5	-8	-12	-18	-30	-48	-75	-120	-180	-300	-480	-750	-1200	-2				4	8	15	19	
6	10	-40	-25	-13	-13	-13	-5	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	± 180	± 290	± 450	± 750	15	19	28	32
		-130	-47	-28	-35	-49	-11	-14	-6	-9	-15	-22	-36	-58	-90	-150	-220	-360	-580	-900	-1500	-2				6	10	19	23	
10	14	-50	-32	-16	-16	-16	-6	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	± 215	± 350	± 550	± 900	18	23	34	39
14	18	-160	-59	-34	-43	-59	-14	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70	-110	-180	-270	-430	-700	-1100	-1800	-3				7	12	23	38	
18	24	-65	-40	-20	-20	-20	-7	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	± 260	± 420	± 650	± 1050	21	28	41	48
24	30	-195	-73	-41	-53	-70	-16	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84	-130	-210	-330	-520	-840	-1300	-2100	-4				8	15	28	35	
30	40	-80	-50	-25	-25	-25	-9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	± 310	± 500	± 800	± 1250	25	33	50	59
40	50	-240	-89	-50	-64	-87	-20	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100	-160	-250	-390	-620	-1000	-1600	-2500	-5				9	17	34	43	
50	65																												60	72
		-100	-60	-30	-30	-30	-10	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	± 370	± 600	± 950	± 1500	30	39	41
65	80	-290	-106	-60	-75	-104	-23	-29	-13	-19	-30	-46	-74	-120	-190	-300	-460	-740	-1200	-1900	-3000	-7				11	20	62	78	
80	100																												43	59
		-120	-72	-36	-36	-36	-12	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	± 435	± 700	± 1100	± 1750	35	45	51
100	120	-340	-126	-71	-90	-123	-27	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	-540	-870	-1400	-2200	-3500	-9				13	23	76	101	
120	140																												54	79
																													88	117
140	160																												63	92
		-145	-85	-43	-43	-43	-14	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	± 500	± 800	± 1250	± 2000	40	52	90
160	180	-395	-148	-83	-106	-143	-32	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630	-1000	-1600	-2500	-4000	-11				15	27	65	100	
																													93	133
																												68	106	

Viti e madreviti hanno filettature con tolleranze in posizioni differenti rispetto alla dimensione nominale (al di sotto del valore nominale per le viti, al di sopra per i dadi). Questo consente di ottenere il gioco necessario all'accoppiamento ed una zona definita che permetta l'apporto di materiale di rivestimento con un certo spessore.

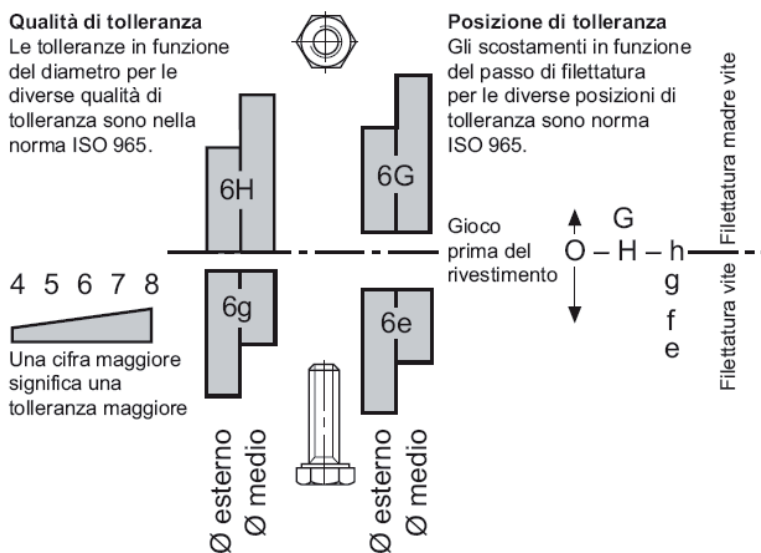
A rivestimento eseguito, le dimensioni della vite non devono essere superiori a quelle nominali e quelle del dado non devono essere inferiori alle stesse, come illustrato nella figura seguente:



Accoppiamenti raccomandati e tolleranze correnti per viti e dadi in commercio (secondo la norma ISO 965)

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

In figura seguente sono riportati due accoppiamenti vite-madrevite di uso comune. Si noti come molto spesso ad un foro di qualità n sia accoppiato un albero di qualità n-1, ciò in dipendenza della maggiore facilità con la quale si possono lavorare le superfici esterne.

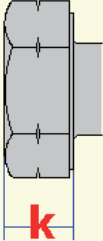
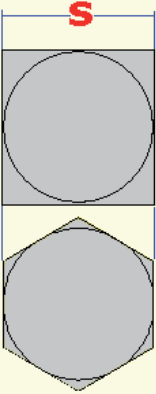
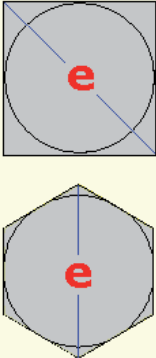
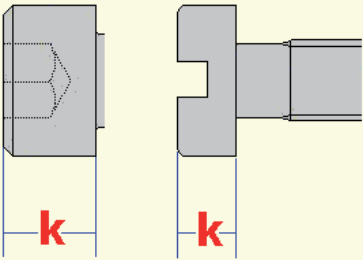
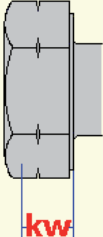


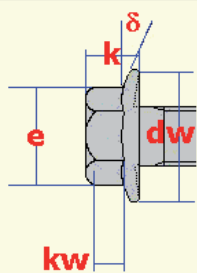
Alcune indicazioni per la scelta delle tolleranze

Nelle pagine che seguono, per i più comuni tipi di filettatura, sono riportati i valori di tolleranza per le classi g (viti) e H (dadi).

EN ISO 4759-1 10/2000

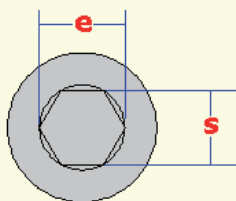
Screws-viti-vis-Schrauben

	js 14	js 15	$k < 10 = js\ 16$ $k \geq 10 = js\ 17$
<p>Characteristic Thread-Filetti-Filets-Gewinde(External)</p>	Grade A <u>6g</u>	Grade B 6g	Grade C 8g (≥ 8.8 6g)
	$s \leq 30 = h13$ $s > 30 = h14$		$s \leq 18 = h14$ $18 > s \leq 60 = h15$ $60 > s \leq 180 = h16$ $s > 180 = h17$
			$e_{min.} = 1.3 s_{min.}$ $e_{min.} = 1.13 s_{min.}$ (1.12 without cutting/senza tranciatura/sans tranchage)
	$\leq M5 = h13$ $> M5 = h14$	-	-
			$k_w_{min.} = 0.7 k_{min.}$



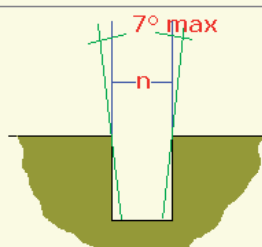
$$k_{w \text{ min.}} = 0.7 ((k_{\text{max.}} - IT15) - (x + (dw_{\text{min.}} - e_{\text{min.}})/2 \tan \delta_{\text{max.}}))$$

$$x = 1.25 c_{\text{min.}} \text{ (or } c_{\text{min.}} + 0.4)$$

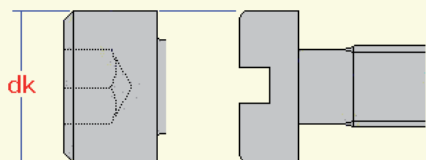


$$e_{\text{min.}} = 1.14 s_{\text{min.}}$$

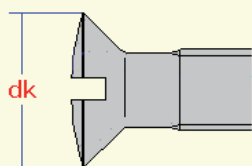
s	Tolerance
0.7	EF8
0.9	JS9
1.3	K9
1.5	D11
2	
2.5	
3	E11
4	
5	
6	E12
8	
10	
12	
14	D12
> 14	



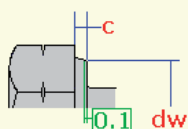
n	Tolerance
≤ 1	+0.20
	+ 0.06
> 1 ≤ 3	+ 0.31
	+ 0.06
> 3 ≤ 6	+ 0.37
	+ 0.07



h13
 ± IT13



h14



$$s < 21 \quad dw_{\text{min.}} = s_{\text{min.}} - IT16$$

$$s \geq 21 \quad dw_{\text{min.}} = 0.95 s_{\text{min.}}$$

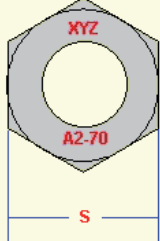
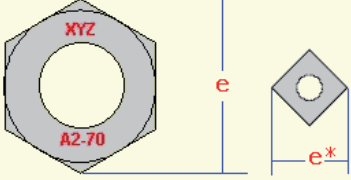
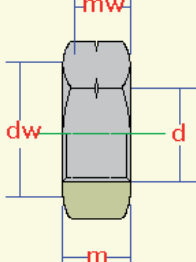
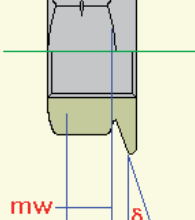
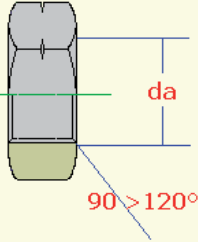
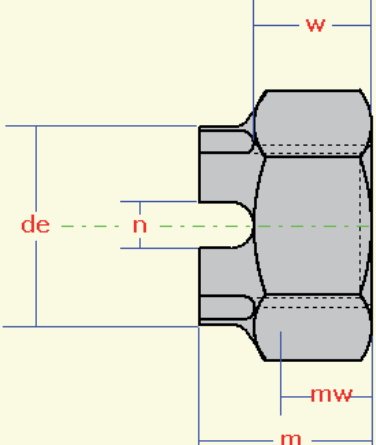
$$dw_{\text{max.}} = s$$

d	c	
	min.	max.
1.6 > 2.5	0.10	0.25
2.6 > 4	0.15	0.40
4.5 > 6	0.15	0.50
7 > 14	0.15	0.60
16 > 36	0.20	0.80
36 >	0.30	1.00

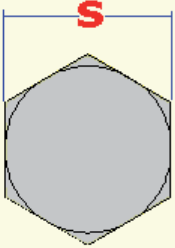
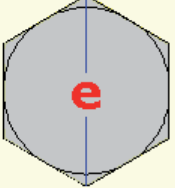
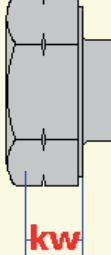
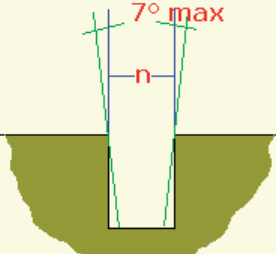
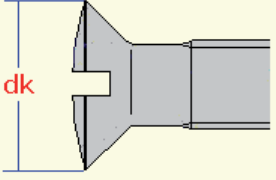
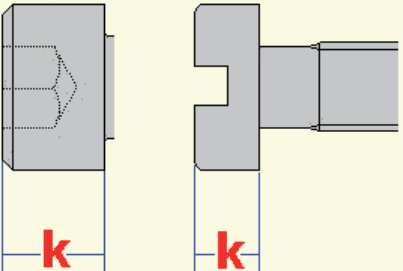
	d		dw
	>	≤	min.
	-	2.5	$dk_{min.} - 0.14$
	2.5	5	$dk_{min.} - 0.25$
	5	10	$dk_{min.} - 0.40$
	10	16	$dk_{min.} - 0.50$
	16	24	$dk_{min.} - 0.80$
	24	36	$dk_{min.} - 1.00$
36	-	$dk_{min.} - 1.20$	
	js15	js17	$l \leq 150 = js17$ $l > 150 = \pm IT17$
	b^{+2P-0} $bm = js16$	b^{+2P-0} $bm = js17$	b^{+2P-0} $bm = js17$
	h13	h14	$\pm IT15$
	$ds = d_2$		

Nuts-dadi-écrous-Muttern

Characteristic	Grade A	Grade B	Grade C
Thread-Filetti-Filets-Gewinde	<u>6H</u>	6H	7H
	$m \geq 0.8 d \quad X_{min.} = 0.5 m_{max.}$ $0.5 d \leq m < 0.8 d \quad X_{min.} = 0.35 m_{max.}$		
	$X_{min.} \geq 0.35 d$		

	$s \leq 30 = h13$ $s > 30 = h14$	$s \leq 18 = h14$ $s > 18 \leq 60 = h15$ $s > 60 \leq 180 = h16$ $s > 180 = h17$	
	$e_{min.} = 1.13 S_{min.}$ $e^*_{min.} = 1.3 S_{min.}$		
	$d \leq 12 \ m = h14$ $12 < d \leq 18 \ m = h15$ $d > 18 \ m = h16$	h17	
	$m_{w \ min.} = 0.8 \ m_{min.}$ dw $m_{w \ min.} = 0.8 (m_{min.} - (x + (d_{w \ min.} - e_{min.}) / 2 \ \text{tang} \ \delta_{max.}))$ $x = 1.25 \ c_{min.}$ (or $c_{min.} + 0.4$)		
	$d \leq 5 \ da_{max.} = 1.15 \ d$ $5 < d \leq 8 \ da_{max.} = 0.75 + d$ $d > 8 \ da_{max.} = 1.08 \ d$ $da_{min.} = d$		
	$de = h14$	h15	h16
	$m = h14$	h15	h17
	$n = h14$	h14	h15
	$w = h14$	h15	h17
	$mw = \text{ISO 4032}$		

Self tapping screws-viti autofilettanti-vis à tôle-Blechschauben

Characteristic	Grade A	
Thread-Filetti-Filets-Gewinde(External)	ISO 1478	
	h13	
	$e_{min.} = 1.12 s_{min.}$	
	$k_{w min.} = 0.7 k_{min.}$	
	n	Tolerance
	≤ 1	+0.20
	$> 1 \leq 3$	+ 0.06
	$> 3 \leq 6$	+ 0.31
	h14	
	h14	