

[Dati tecnici]

Forza di serraggio assiale e coppia di serraggio corretta per i bulloni

Forza di serraggio assiale e limite di fatica per i bulloni

- La forza di serraggio assiale adeguata per un bullone deve essere calcolata entro una gamma di elasticità fino a 70% della resistenza allo snervamento nominale quando si utilizza il metodo con coppia.
- La resistenza alla fatica del bullone sotto carico ripetuto non deve superare la tolleranza specificata.
- Non lasciare che la sede di un bullone o dado provochi ammassature sull'area di contatto.
- Non rompere il pezzo serrato serrandolo eccessivamente.

Il serraggio di un bullone avviene a coppia, a coppia/angolo, per rotazione, con misurazione dell'allungamento e con altri metodi. Il metodo a coppia è ampiamente diffuso grazie alla sua semplicità e praticità.

Calcolo della forza di serraggio assiale e della coppia di serraggio

La relazione tra forza di serraggio assiale e Ff è rappresentata dall'Equazione (1) seguente:  
 $Ff = 0.7 \times \sigma_y \times A_s$  .....(1)  
 Per ottenere la coppia di serraggio Tfa, utilizzare la formula seguente (2).  
 $Tfa = 0.35k(1+1/Q)\sigma_y \cdot A_s \cdot d$  .....(2)

k : coefficiente di coppia  
 d : diametro nominale bullone [cm]  
 Q : coefficiente di serraggio  
 $\sigma_y$ : carico di rottura (con classe di resistenza 12.9, è pari a 112kgf/mm<sup>2</sup>)  
 A<sub>s</sub>: area effettiva sezione bullone [mm<sup>2</sup>]

Esempio di calcolo

È possibile calcolare la coppia e la forza assiale adeguate per pezzi in acciaio dolce serrati per mezzo di una vite a esagono incassato M6 (classe di resistenza 12.9) e lubrificati con olio, come segue.

- Coppia adeguata, dall'Equazione (2)  
 $Tfa = 0.35k(1+1/Q)\sigma_y \cdot A_s \cdot d$   
 $= 0.35 \times 0.17(1+1/1.4) 1098 \times 20.1 \times 0.6$   
 $= 1351 [N \cdot cm] [138 [kgf \cdot cm]]$
- Forza assiale Ff, mediante l'Equazione (1)  
 $Ff = 0.7 \times \sigma_y \times A_s$   
 $= 0.7 \times 1098 \times 20.1$   
 $= 15449 [N] [1576 [kgf]]$

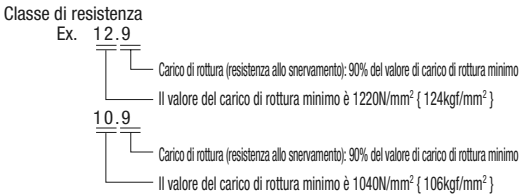
Treatment superficie del bullone e coefficiente di coppia a seconda della combinazione di materiale per l'area da serrare e materiale della filettatura femmina

Treatment superficie bullone Lubrificazione	Coefficiente di coppia k	Combinazione di materiale dell'area da serrare e materiale della filettatura femmina (a)	(b)
Bullone in acciaio pell. ossido nero lubr. a olio	0.145	SCM-FC FC-FC	SUS-FC
	0.155	S10C-FC SCM-S10C SCM-SCM	FC-S10C FC-SCM
	0.165	SCM-SUS FC-SUS AL-FC	SUS-S10C SUS-SCM SUS-SUS
	0.175	S10C-S10C S10C-SCM S10C-SUS	AL-S10C AL-SCM
	0.185	SCM-AL FC-AL	AL-SUS
0.195	S10C-AL	SUS-AL	
0.215	AL-AL		
Bullone in acciaio pell. ossido nero lubr.	0.25	S10C-FC SCM-FC	FC-FC
	0.35	S10C-SCM SCM-SCM	S10C-FC FC-SCM AL-FC
	0.45	S10C-S10C SCM-S10C	AL-S10C AL-SCM
0.55	SCM-AL	FC-AL AL-AL	

S10C: Acciaio dolce senza affinità termica SCM: Acciaio con affinità termica (35HRC) FC: Ghisa (FC200) AL: Alluminio SUS: Acciaio inox

Valore standard del coefficiente di serraggio Q

Coefficiente di serraggio Q	Metodo di serraggio	Condizioni superficie		Lubrificazione
		Bulloni	Dadi	
1.25	Chiave dinamometrica	Fosfato di manganese		
1.4	Chiave dinamometrica Chiave dinamometrica con limitatore	Senza trattamento o trattamento con fosfato.	Senza trattamento o trattamento con fosfato.	Lubrificazione con olio o pasta a base di MoS2
			Senza trattamento o trattamento con fosfato.	
1.6	Avvitatore			
1.8	Chiave dinamometrica Chiave dinamometrica con limitatore	Senza trattamento o trattamento con fosfato.	Senza trattamento	Senza lubrificazione



[Dati tecnici]

Resistenza di bulloni, tappi a vite e grani di riferimento

Resistenza del bullone

1) Carico di tensione bullone

$P = \sigma_t \times A_s$  .....(1)  
 $= \pi d^2 \sigma_t / 4$  .....(2)

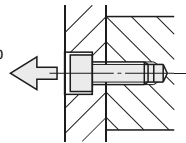
Pt : carico di tensione in direzione assiale [N]  
 $\sigma_b$  : resistenza allo snervamento del bullone [N/mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_t$  : sforzo ammesso del bullone [N/mm<sup>2</sup>]  
 ( $\sigma_t = \sigma_b / \text{Fattore di sicurezza}$ )  
 A<sub>s</sub> : area effettiva sezione bullone [mm<sup>2</sup>]  
 $A_s = \pi d^2 / 4$   
 d : diam. effettivo bullone (Diam. anima) [mm]

(Es.) È necessario determinare la misura adeguata di una vite a esagono incassato che deve tollerare un carico di tensione ripetuto (pulsante) con P=1960N (200 kgf). (Le viti a esagono incassato sono in SCM435, da 38 a 43 HRC, classe di resistenza 12.9)

(1) Uso dell'equazione

$A_s = P_t / \sigma_t$   
 $= 1960 / 219.6$   
 $= 8.9 [mm^2]$

Con l'individuazione di un valore maggiore del risultato dell'equazione nella colonna Area effettiva sezione della tabella sulla destra, è necessario selezionare M5, 14.2 [mm<sup>2</sup>]. Selezionare M6, con carico ammesso di 2087N {213 kgf}, dalla colonna per la classe di resistenza 12.9, se si tiene in considerazione la resistenza alla fatica.



2) Se il bullone, ad esempio un bullone con collare, deve tollerare un carico d'urto di tensione, selezionare la misura adeguata dalla colonna di resistenza alla fatica. (In presenza di un carico di 1960N {200kgf}, un bullone con collare in SCM435, da 33 a 38 HRC, classe di resistenza 10.9) Individuando un valore maggiore del carico ammesso di 1960N {200 kgf} nella colonna per la classe di resistenza 10.9 della tabella a destra, è necessario selezionare M8, 3116[N] {318[kgf]}. A questo punto, la scelta cadrà su MSB10 con porzione filettata M8 e diametro assiale 10 mm. In presenza di un carico di taglio, sarà necessario utilizzare anche un grano di riferimento.

Resistenza dei tappi a vite

Quando il tappo a vite MSW30 deve tollerare un carico di impatto, è necessario determinare il carico ammesso P. (MSW30 è in S45C, da 34 a 43 HRC, carico di rottura  $\sigma_T$  637N/mm<sup>2</sup> {65kgf/mm<sup>2</sup>}). Se M S W è soggetto a carico di taglio in un punto entro la sezione del diametro del fondo e si rompe, è possibile calcolare il carico ammesso P come illustrato di seguito.

Carico ammesso  $P = \tau \times A$   
 $= 3.9 \times 107.4$   
 $= 40812 [N] [4164 [kgf]]$

Area A = Diametro fondo di ×  $\pi \times L$   
 (Diametro fondo di = M - P)  
 $A = (M - P) \pi L = (30 - 1.5) \pi \times 12$   
 $= 1074 [mm^2]$   
 Resistenza allo snervamento =  $0.9 \times$  Carico di rottura  $\sigma$   
 $b = 0.9 \times 637 = 573 [N/mm^2]$   
 Sollecitazione di taglio =  $0.8 \times$  Resistenza allo snervamento = 459 [N/mm<sup>2</sup>]  
 Sollecitazione di taglio ammessa  $\tau =$  Sollecitazione di taglio / Fattore di sicurezza 12  
 $= 459 / 12 = 38 [N/mm^2] [3.9 [kgf/mm^2]]$

Trovare la forza di taglio base ammessa sul diametro dell'anima della filettatura femmina se viene eseguita una maschatura su materiale dolce.

Fattore di sicurezza  $\alpha$  Unwin basato su carico di rottura

applicabili	Carico statico	Carico ripetuto		Carico dinamico
		Pulsante	Inverso	
tenore di carbonio	3	5	8	12
Ghisa	4	6	10	15
Rame, metallo dolce	5	5	9	15

Resistenza di riferimento: resistenza allo snervamento per materiali duttili  
 Sollecitazione di frattura per materiali fragili

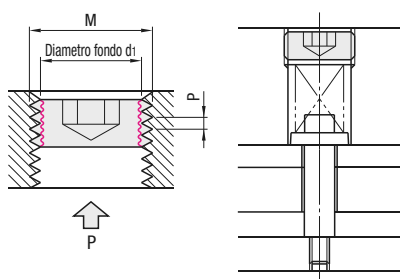
Storzo ammesso =  $\frac{\text{Resistenza di riferimento}}{\text{Fattore di sicurezza}}$

La resistenza allo snervamento per la classe di resistenza 12.9 è  $\sigma_b = 1098 [N/mm^2] [112 [kgf/mm^2]]$ . Storzo ammesso  $\sigma = \sigma_b / \text{Fattore di sicurezza}$  (dalla tabella fattori di sicurezza 5 sopra) = 1098/5 = 219.6 [N/mm<sup>2</sup>] [22.4 [kgf/mm<sup>2</sup>]]

Resistenza alla fatica del bullone (filettatura: resistenza alla fatica per 2 milioni di volte)

Nominale filettatura	Area effettiva sezione As mm <sup>2</sup>	Classe di resistenza			
		12.9		10.9	
		Resistenza alla fatica N/mm <sup>2</sup> [kgf/mm <sup>2</sup> ]	Carico ammesso N [kgf]	Resistenza alla fatica N/mm <sup>2</sup> [kgf/mm <sup>2</sup> ]	Carico ammesso N [kgf]
M 4	8.78	128 { 13.1 }	1117 { 114 }	89 { 9.1 }	774 { 79 }
M 5	14.2	111 { 11.3 }	1568 { 160 }	76 { 7.8 }	1088 { 111 }
M 6	20.1	104 { 10.6 }	2087 { 213 }	73 { 7.4 }	1460 { 149 }
M 8	36.6	87 { 8.9 }	3195 { 326 }	85 { 8.7 }	3116 { 318 }
M10	58	73 { 7.4 }	4204 { 429 }	72 { 7.3 }	4145 { 423 }
M12	84.3	66 { 6.7 }	5537 { 565 }	64 { 6.5 }	5370 { 548 }
M14	115	60 { 6.1 }	6880 { 702 }	59 { 6 }	6762 { 690 }
M16	157	57 { 5.8 }	8928 { 911 }	56 { 5.7 }	8771 { 895 }
M20	245	51 { 5.2 }	12485 { 1274 }	50 { 5.1 }	12250 { 1250 }
M24	353	46 { 4.7 }	16258 { 1659 }	46 { 4.7 }	16258 { 1659 }

Resistenza alla fatica è una revisione di un estratto da "Limiti di fatica stimati per viti piccole, bulloni e viti metriche per dadi" (Yamamoto).



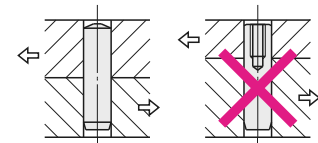
Resistenza dei grani di riferimento

È necessario determinare la misura adeguata di un grano di riferimento sotto carico di taglio ripetuto di 7840N (800 kgf) (pulsante). Procedere come descritto di seguito. (I grani di riferimento sono in SUJ2. Durezza 58HRC~)

$P = A \times \tau$   
 $= \pi D^2 \tau / 4$   
 $D = \sqrt{(4P) / (\pi \tau)}$   
 $= \sqrt{(4 \times 7840) / (3.14 \times 188)}$   
 $= 7.3$

Resistenza allo snervamento per SUJ2  $\sigma_b = 1176 [N/mm^2] [120 [kgf/mm^2]]$   
 Sollecitazione di taglio ammessa  $\tau = \sigma_b \times 0.8 / \text{Fattore di sicurezza } \alpha$   
 $= 1176 \times 0.8 / 5$   
 $= 188 [N/mm^2] [19.2 [kgf/mm^2]]$

Selezionare una misura D8 o superiore per MS. Se i grani di riferimento sono di misura grossomodo uniforme, è possibile ridurre il numero di utensili e grani extra richiesti.



Il grano di riferimento non deve essere soggetto a carichi.

(Nota) Condizioni di serraggio: utilizzare una chiave dinamometrica (lubrificazione a olio, coefficiente di coppia k=0.17, coefficiente di serraggio Q=1.4)

- Il coefficiente di coppia varia con le condizioni di utilizzo. I valori in tabella si intendono come valori di riferimento approssimativi.
- La tabella è un estratto dal catalogo di Kyokuto Seisakusho Co., Ltd.

Vengono qui presentati i calcoli della resistenza tipica. Nella pratica, è necessario tenere in considerazione ulteriori condizioni, tra cui la precisione del passo tra i fori, la perpendicolarità dei fori, la rugosità della superficie, la circolarità, il materiale della piastra, il parallelismo, la presenza o meno di tempratura in bagno d'olio, la precisione della pressa, la potenza del prodotto e l'usura degli utensili. Pertanto, i valori in questi esempi sono tipici ma non garantiti.