

3.24 Precarico e serraggio

3.24.1 Metodi di serraggio e Coefficiente di serraggio αA

Il Coefficiente di serraggio αA (incertezza di montaggio) tiene conto di:

- Errori di valutazione dei coefficienti di attrito;
- Errori nel procedimento di serraggio;
- Tolleranze degli strumenti ed apparecchiature utilizzate (es. tolleranza intrinseca di coppia di un'avvitatrice);
- Errori di manovra degli strumenti;
- Imprecisioni degli strumenti di lettura;
- ...

Tale coefficiente pondera quindi la dispersione dei prevarichi in fase di montaggio, tra un valore $F_m \max$ ed un valore $F_m \min$. la vite deve pertanto essere dimensionata sulla coppia massima ammissibile di serraggio ($M_A \max$), per non sollecitare eccessivamente la vite stessa al montaggio.

Il coefficiente di serraggio è definito come:

$$\alpha A = \frac{F_m \max}{F_m \min} = \frac{\text{Massimo prevarico possibile al montaggio}}{\text{Prevarico minimo necessario al montaggio}}$$

Le chiavi dinamometriche oggi in commercio consentono di ottenere coppie di serraggio con tolleranze molto piccole, con dispersioni di coppia dell'ordine del $\pm 2\%$. Ciò nonostante, i prevarichi che risultano al montaggio evidenziano una dispersione compresa tra $\pm 9\%$ e $\pm 60\%$, in funzione del coefficiente di serraggio.

Per ottenere il valore di prevarico $F_m \min$, è necessario un minimo dimensionamento della vite, affinché possa essere serrata alla coppia di serraggio minima richiesta dal metodo di serraggio adottato (vedere tabella seguente).

| Coefficiente di serraggio αA | Dispersione $\frac{\Delta F_m}{2 \cdot F_{m \text{ medio}}}$ | Metodo di serraggio | Metodo di regolazione | Spiegazioni | |
|--|--|--|---|---|--|
| 1,2 a 1,4 | $\pm 9\%$ a $\pm 17\%$ | Serraggio con controllo del limite di snervamento, manuale o motorizzato. | Prescrizione dei coefficienti della coppia di serraggio - angolo di rotazione. | La dispersione dei valori del prevarico dipende essenzialmente dalla dispersione del limite di snervamento nella partita di viti da montare. | |
| 1,2 a 1,4 | $\pm 9\%$ a $\pm 17\%$ | Serraggio con controllo dall'angolo di rotazione manuale o motorizzato. | Determinazione sperimentale della coppia di serraggio preliminare e dell'angolo di rotazione (in gradi). | In questo caso le viti vengono dimensionate per $F_m \min$; il coefficiente di serraggio αA non è applicabile per questi metodi di serraggio. | |
| 1,2 a 1,6 | $\pm 9\%$ a $\pm 23\%$ | Serraggio idraulico. | Regolazione mediante misurazione della lunghezza o della pressione. | Valori più bassi per viti lunghe ($l_k / d \geq 5$). Valori più elevati per viti corte ($l_k / d \leq 2$). | |
| 1,4 a 1,6 | $\pm 17\%$ a $\pm 23\%$ | Serraggio con controllo dalla coppia, con chiave dinamometrica, o chiave ad emissione di segnale o avvitatore di precisione con misurazione dinamica della coppia. | Determinazione sperimentale della coppia di serraggio necessaria con i particolari originali del collegamento, p. es. mediante misura della lunghezza della vite. | Valori più bassi in caso di un elevato numero di prove di controllo e di regolazione (es. 20) Ridotta dispersione (es. $\pm 5\%$) delle corrispondenti coppie necessarie. | Valori più bassi per: - angoli di rotazione piccoli, ossia giunti relativamente rigidi - superfici di contatto ¹ relativamente tenere - superfici di contatto che non tendono a grippare, p.es. fosfatate o lubrificate Valori più elevati in caso di: - angoli di rotazione grandi, ossia giunti relativamente flessibili e filettature a passo fine - superfici di contatto dure, rivestimenti ad alta rugosità - deformazioni |
| 1,6 a 2,0 (Classe di coefficienti di attrito A) | $\pm 23\%$ a $\pm 33\%$ | | Determinazione della coppia di serraggio necessaria mediante stima del coefficiente d'attrito (condizioni della superficie e della lubrificazione). | Valori più bassi per chiavi dinamometriche con scala di lettura: - serraggio uniforme - avvitatrice di precisione | |
| 1,7 a 2,5 (Classe di coefficienti di attrito B) | $\pm 26\%$ a $\pm 43\%$ | | | Valori più elevati per chiavi dinamometriche con dispositivo di segnalazione o meccanismo di sgancio. | |
| 2,5 a 4 | $\pm 43\%$ a $\pm 60\%$ | Serraggio con avvitatore ad impulsi. | Regolazione dell'avvitatore con una coppia superiore a quella necessaria (in base al coefficiente d'attrito stimato). | Valori più bassi se: - il numero di prove di controllo è elevato (coppia superiore) - si resta sul tratto orizzontale della caratteristica della vite - la trasmissione dell'impulso è senza gioco | |

Coefficiente di attrito

I valori dei coefficienti di attrito μ_{tot} (totale), μ_G (nel filetto), μ_K (sottotesta) hanno una grande dispersione a causa di numerosi fattori, quali ad esempio:

- accoppiamento dei materiali;
- rugosità delle superfici;
- finitura superficiale;
- trattamento della superficie (brunitura, fosfatazione, zincatura elettrolitica...);
- tipo di lubrificazione (con o senza olio, con o senza paste lubrificanti...)

In tabella seguente è illustrata l'attribuzione delle classi di coefficiente di attrito per i collegamenti filettati, con valori per diversi tipi di materiali, superfici e lubrificazione, nel rispetto della direttiva VDI 2230.

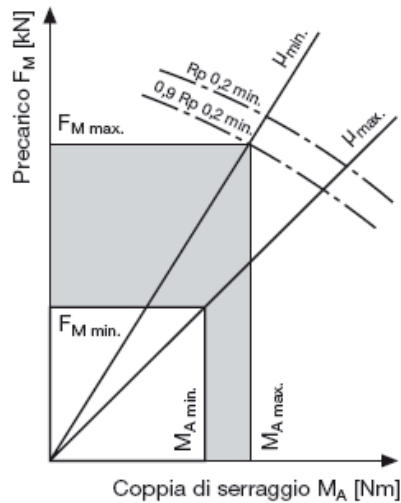
I valori sono puramente indicativi e sono riferiti alla temperatura ambiente.

| Classe di coeff. di attrito | μ_G ed μ_K compreso tra | Selezione, esempi tipici per: | |
|-----------------------------|---------------------------------|---|--|
| | | Materiale / superfici | Lubrificanti |
| A | 0,04–0,10 | metallo grezzo bonificato-brunito fosfatato rivestimenti elettrolitici in Zn, Zn/Fe, Zn/Ni rivestimenti a lamelle di zinco | Lubrificanti solidi come MoS ₂ , grafite, PTFE, PA, PE, PI sotto forma di vernici lubrificanti, Sigillanti o pasta Cerature |
| B | 0,08–0,16 | metallo grezzo bonificato-brunito fosfatato rivestimenti elettrolitiche in Zn, Zn/Fe, Zn/Ni rivestimenti a lamelle di zinco leghe di Al e Mg | Lubrificanti solidi come MoS ₂ , grafite, PTFE, PA, PE, PI sotto forma di vernici lubrificanti, sigillanti o pasta grassi oli condizioni di fornitura |
| | | zincato a caldo | MoS ₂ ; grafite Dispersioni di cera |
| | | rivestimento organico | con lubrificante integrato o ceratura |
| | | acciaio austenitico | Lubrificanti integrati o ceratura |
| C | 0,14–0,24 | acciaio austenitico | Cerature, paste |
| | | metallo grezzo fosfatato | Condizioni di fornitura (leggermente oliato) |
| | | rivestimenti elettrolitici in Zn, Zn/Fe, Zn/Ni rivestimenti a lamelle di zinco adesivo | nessuno |
| D | 0,20–0,35 | acciaio austenitico | Oli |
| | | rivestimenti elettrolitici in Zn, Zn/Fe zincato a caldo | nessuno |
| E | ≥ 0,30 | rivestimenti elettrolitici in Zn/Fe, Zn/Ni acciaio austenitico leghe di Al e Mg | nessuno |

La definizione delle condizioni di attrito è fondamentale per garantire un montaggio sicuro. Si deve inoltre cercare di mantenere la dispersione dei valori di attrito stesso entro limiti assai ristretti.

Se la dispersione dell'attrito è molto ampia, i valori del precarico possono variare sensibilmente; la normale tolleranza della coppia di serraggio, invece, ha influenza ridotta sul precarico richiesto.

In figura seguente sono illustrati graficamente gli aspetti appena descritti.



Alcuni valori approssimativi per i coefficienti di attrito al variare delle superfici, secondo la direttiva VDI 2230 sono contenuti in tabella seguente:

| Accoppiamenti dei materiali | Coefficiente di attrito statico allo stato | |
|--------------------------------------|--|-------------|
| | secco | lubrificato |
| Acciaio – Acciaio / Acciaio in getti | 0,1 – 0,23 | 0,07 – 0,12 |
| Acciaio – Ghisa grigia | 0,12 – 0,24 | 0,06 – 0,1 |
| Ghisa grigia – Ghisa grigia | 0,15 – 0,3 | 0,2 |
| Bronzo – Acciaio | 0,12 – 0,28 | 0,18 |
| Ghisa grigia – Bronzo | 0,28 | 0,15 – 0,2 |
| Acciaio – Leghe di rame | 0,07 | |
| Acciaio – Leghe leggere | 0,1 – 0,28 | 0,05 – 0,18 |
| Alluminio – Alluminio | 0,21 | |

3.24.2 Determinazione di precarico e coppia di serraggio (utilizzo delle tabelle)

Il procedimento qui illustrato non può sostituire il calcolo eseguito in base ai dettami della direttiva VDI 2230, ma in prima approssimazione è almeno in grado di impedire la rottura durante il montaggio delle viti per le quali non è stato eseguito il calcolo. La causa principale delle rotture che si verificano in questa sede è dovuta alla presenza di valori di attrito inferiori a quelli supposti.

1) Determinazione del Coefficiente di attrito μ_{tot} (totale)

In base alle caratteristiche della superficie ed alle condizioni di lubrificazione, si seleziona il coefficiente di attrito più piccolo possibile che si presenta in tabella.

Esempio: Vite o dado con caratteristiche superficiali **Zincatura elettrolitica**

Coeff. Di attrito $\mu_{tot} = 0,14-0,24$

Coeff. Minimo = 0,14

2) Determinazione della Coppia di serraggio in fase di montaggio M_A max

La coppia di serraggio massima al montaggio con un utilizzo al 90% del limite di snervamento (R_{el}) o allo 0,2% del limite di allungamento ($R_{p0,2}$) è contenuta nelle tabelle che seguono.

Le tabelle contengono i valori di coppia di serraggio nel caso dell'utilizzo al montaggio di un avvitatore moderno con una dispersione di coppia massima del 5%.

Esempio: Vite a testa esagonale DIN 933, M6 x 20, classe di resistenza 8.8 con zincatura bianca

Nella prima colonna della tabella, selezionare le righe corrispondenti alla dimensione della filettatura M6.

Tra queste, scegliere quella corrispondente al coefficiente di attrito totale $\mu_{tot} = 0,14$. Spostarsi sulla stessa riga, nella parte destra della tabella, dove sono riportati i valori di coppia di serraggio massima. Incrociare la colonna corrispondente alla classe di resistenza 8.8, determinando la coppia di serraggio in fase di montaggio $M_A = 11,3Nm$.

3) Determinazione della coppia di serraggio da utilizzare in pratica

Si può considerare un metodo di serraggio controllato dalla coppia di serraggio con una chiave dinamometria corrente e pertanto il valore del coefficiente di serraggio da impiegare nel calcolo è $\alpha_A = 1,4 - 1,6$. Utilizzare la seguente formula:

$$M_A = \frac{1}{2} \left(M_{A \max} + \frac{M_{A \max}}{\alpha_A} \right) = \frac{1}{2} \left(11,3 + \frac{11,3}{1,4} \right) = 9,68 Nm$$

4) Determinazione del Precarico massimo in fase di montaggio $F_M \max$

Con lo stesso procedimento, si estrapola dalla tabella il valore del massimo precarico relativo alla vite considerata: riga M6 / 0,14, colonna 8.8, nella parte sinistra della tabella, corrispondente ai massimi valori per i prevarichi di serraggio.

Ne risulta il valore $F_M \max = 9,9$ kN

5) Determinazione del Precarico minimo ipotizzabile in fase di montaggio $F_M \min$

Tale valore minimo si ottiene con la seguente formula:

$$F_{M \min} = \frac{F_{M \max}}{\alpha_A} = \frac{9,9}{1,4} = 7,07 kN$$

Esempio: se la vite viene serrata con una chiave dinamometria moderna comunemente reperibile in commercio e se viene stimato il coefficiente di attrito, il coefficiente di serraggio da impiegare (secondo tabella) è $\alpha_A = 1,6 - 2$. Se la chiave utilizza un dispositivo di segnalazione acustico, bisogna considerare il valore più alto $\alpha_A = 2$.

La vite selezionata M6 x 20 è corta, pertanto durante il serraggio l'angolo di rotazione è piccolo ed il collegamento è relativamente rigido. Si deve allora approssimare α_A ad un valore leggermente più basso: $\alpha_A = 1,8$, ottenendo un precarico minimo superiore, $F_{M \min} = 5,5$ kN anziché $F_{M \min} = 4,95$.

6) Verifica dei valori ottenuti, mediante il calcolo eseguito secondo VDI 2230

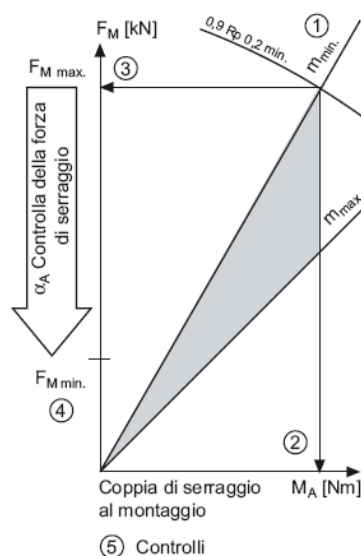
Tale passo ha lo scopo di verificare, ad esempio, che:

- il precarico minimo ipotizzato in fase di montaggio sia sufficiente a vincere le forze massime che si originano nella pratica;
- non venga superata la resistenza a fatica della vite;
- la pressione sulle superfici di appoggio non sia eccessiva;

Se durante il montaggio la coppia di serraggio utilizzata nella pratica è inferiore a quella riportata in tabella, i prevarichi F_M e $F_{M \min}$ risultano ridotti in misura analoga.

I valori qui riportati sono puramente indicativi, in quanto tutti i metodi di serraggio possiedono delle imprecisioni più o meno gravi, generate da:

- valori di attrito imprevedibilmente inferiori a quelli considerati, con conseguente rischio di rottura della vite in fase di montaggio;
- differenze di manipolazione della chiave dinamometrica (es. avvitamento lento oppure veloce);
- impiego di chiavi dinamometriche più imprecise di quelle considerate;
- deformazioni improvvise ed impreviste per gli organi di collegamento.



3.24.3 Tabelle

Le tabelle riportano i valori delle coppie di serraggio massime ammesse e dei relativi prevarichi massimi per viti a testa esagonale e con esagono incassato, per un utilizzo al 90% del limite di elasticità Rel o allo 0,2% del limite di allungamento Rp0,2. Non sono contemplati fattori di sicurezza, e si presuppone pertanto la conoscenza delle direttive correnti e dei criteri di dimensionamento.

Filettature a passo grosso

| Filettatura | Coeff. d'attrito totale μ_{tot} c. T.035 | Prearico massimo $F_{M\max}$ [N] | | | | | | | Coppia di serraggio massima $M_{A\max}$ [Nm] | | | | | | | Fattore di conversione X |
|-------------|--|--|-------|-----------|-------|------|-------|-------|--|------|-----------|------|------|------|------|--------------------------|
| | | Classe di resistenza secondo ISO 898 / 1 | | | | | | | Classe di resistenza secondo ISO 898 / 1 | | | | | | | |
| | | 3,6 | 4,6 | 5,6 (4,8) | 6,8 | 8,8 | 10,9 | 12,9 | 3,6 | 4,6 | 5,6 (4,8) | 6,8 | 8,8 | 10,9 | 12,9 | |
| M 1,6 | 0,10 | 176 | 235 | 294 | 470 | 627 | 882 | 1058 | 4,2 | 5,7 | 7,1 | 11,3 | 15,1 | 21,2 | 25,5 | 0,024 |
| | 0,12 | 171 | 228 | 285 | 455 | 607 | 854 | 1025 | 4,7 | 6,3 | 7,9 | 12,6 | 16,9 | 23,7 | 28,5 | 0,028 |
| | 0,14 | 165 | 220 | 275 | 441 | 588 | 826 | 992 | 5,2 | 6,9 | 8,7 | 13,9 | 18,5 | 26 | 31,2 | 0,032 |
| M 2 | 0,10 | 292 | 390 | 487 | 779 | 1039 | 1461 | 1754 | 9 | 11,9 | 14,9 | 23,8 | 31,7 | 44,5 | 53,5 | 0,031 |
| | 0,12 | 283 | 378 | 472 | 756 | 1008 | 1417 | 1701 | 10 | 13,3 | 16,7 | 26,7 | 35,6 | 50 | 60 | 0,035 |
| | 0,14 | 274 | 366 | 457 | 732 | 976 | 1373 | 1647 | 11 | 14,7 | 18,4 | 29,4 | 39,2 | 55 | 66 | 0,040 |
| M 2,5 | 0,10 | 485 | 647 | 809 | 1294 | 1725 | 2426 | 2911 | 18 | 24 | 30 | 49 | 65 | 91 | 109 | 0,037 |
| | 0,12 | 471 | 628 | 785 | 1257 | 1676 | 2356 | 2828 | 21 | 27 | 34 | 55 | 73 | 103 | 123 | 0,044 |
| | 0,14 | 457 | 609 | 762 | 1219 | 1625 | 2285 | 2742 | 23 | 30 | 38 | 60 | 81 | 113 | 136 | 0,050 |
| M 3 | 0,10 | 726 | 968 | 1210 | 1936 | 2582 | 3631 | 4357 | 32 | 42 | 53 | 84 | 112 | 158 | 190 | 0,044 |
| | 0,12 | 706 | 941 | 1177 | 1883 | 2510 | 3530 | 4236 | 36 | 48 | 60 | 95 | 127 | 179 | 214 | 0,051 |
| | 0,14 | 685 | 914 | 1142 | 1827 | 2436 | 3426 | 4111 | 40 | 53 | 66 | 105 | 141 | 198 | 237 | 0,058 |
| | | Prearico massimo $F_{M\max}$ [kN] | | | | | | | Coppia di serraggio massima $M_{A\max}$ [Nm] | | | | | | | |
| M 4 | 0,10 | 1,26 | 1,68 | 2,10 | 3,36 | 4,5 | 6,7 | 7,8 | 0,73 | 0,97 | 1,21 | 1,94 | 2,6 | 3,9 | 4,5 | 0,58 |
| | 0,12 | 1,22 | 1,63 | 2,04 | 3,26 | 4,4 | 6,5 | 7,6 | 0,82 | 1,09 | 1,37 | 2,19 | 3,0 | 4,6 | 5,1 | 0,67 |
| | 0,14 | 1,19 | 1,58 | 1,98 | 3,17 | 4,3 | 6,3 | 7,4 | 0,91 | 1,21 | 1,51 | 2,42 | 3,3 | 4,8 | 5,6 | 0,76 |
| M 5 | 0,10 | 2,06 | 2,74 | 3,43 | 5,48 | 7,4 | 10,8 | 12,7 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 3,8 | 5,2 | 7,6 | 8,9 | 0,70 |
| | 0,12 | 2,00 | 2,67 | 3,33 | 5,33 | 7,2 | 10,6 | 12,4 | 1,6 | 2,2 | 2,7 | 4,3 | 5,9 | 8,6 | 10,0 | 0,81 |
| | 0,14 | 1,94 | 2,59 | 3,23 | 5,18 | 7,0 | 10,3 | 12,0 | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 4,8 | 6,5 | 9,5 | 11,2 | 0,93 |
| M 6 | 0,10 | 2,90 | 3,87 | 4,84 | 7,74 | 10,4 | 15,3 | 17,9 | 2,5 | 3,3 | 4,1 | 6,6 | 9,0 | 13,2 | 15,4 | 0,86 |
| | 0,12 | 2,82 | 3,76 | 4,71 | 7,53 | 10,2 | 14,9 | 17,5 | 2,8 | 3,7 | 4,7 | 7,5 | 10,1 | 14,9 | 17,4 | 0,99 |
| | 0,14 | 2,74 | 3,65 | 4,57 | 7,31 | 9,9 | 14,5 | 17,0 | 3,1 | 4,1 | 5,2 | 8,3 | 11,3 | 16,5 | 19,3 | 1,14 |
| M 8 | 0,10 | 5,3 | 7,1 | 8,8 | 14,2 | 19,1 | 28,0 | 32,8 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 16,1 | 21,6 | 31,8 | 37,2 | 1,13 |
| | 0,12 | 5,15 | 6,9 | 8,6 | 13,8 | 18,6 | 27,3 | 32,0 | 6,8 | 9,1 | 11,3 | 18,2 | 24,6 | 36,1 | 42,2 | 1,32 |
| | 0,14 | 5,0 | 6,7 | 8,3 | 13,4 | 18,1 | 26,6 | 31,1 | 7,5 | 10,1 | 12,6 | 20,1 | 27,3 | 40,1 | 46,9 | 1,51 |
| M10 | 0,10 | 8,4 | 11,3 | 14,1 | 22,5 | 30,3 | 44,5 | 52,1 | 12 | 16,1 | 20,1 | 32,3 | 43 | 63 | 73 | 1,42 |
| | 0,12 | 8,2 | 11,0 | 13,7 | 21,9 | 29,6 | 43,4 | 50,8 | 13,7 | 18,3 | 22,9 | 36,5 | 48 | 71 | 83 | 1,65 |
| | 0,14 | 8,0 | 10,7 | 13,3 | 21,3 | 28,8 | 42,2 | 49,4 | 15,2 | 20,3 | 25,3 | 40,6 | 54 | 79 | 93 | 1,89 |
| M12 | 0,10 | 12,3 | 16,4 | 20,5 | 32,8 | 44,1 | 64,8 | 75,9 | 20 | 27 | 34 | 55 | 73 | 108 | 126 | 1,65 |
| | 0,12 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 32,0 | 43,0 | 63,2 | 74,0 | 23 | 31 | 39 | 62 | 84 | 123 | 144 | 1,94 |
| | 0,14 | 11,6 | 15,5 | 19,4 | 31,1 | 41,9 | 61,5 | 72,0 | 26 | 34 | 43 | 69 | 93 | 137 | 160 | 2,22 |
| M14 | 0,10 | 16,9 | 22,5 | 28,2 | 45,1 | 60,6 | 88,9 | 104,1 | 33 | 44 | 55 | 88 | 117 | 172 | 201 | 1,94 |
| | 0,12 | 16,5 | 21,9 | 27,4 | 43,9 | 59,1 | 86,7 | 101,5 | 37 | 50 | 62 | 100 | 133 | 195 | 229 | 2,26 |
| | 0,14 | 16,0 | 21,3 | 26,7 | 42,7 | 57,5 | 84,4 | 98,9 | 41 | 55 | 69 | 111 | 148 | 218 | 255 | 2,58 |
| M16 | 0,10 | 23,2 | 30,9 | 38,6 | 61,8 | 82,9 | 121,7 | 142,4 | 50 | 67 | 84 | 134 | 180 | 264 | 309 | 2,17 |
| | 0,12 | 22,6 | 30,1 | 37,6 | 60,2 | 80,9 | 118,8 | 139,0 | 57 | 76 | 96 | 153 | 206 | 302 | 354 | 2,54 |
| | 0,14 | 22,0 | 29,3 | 36,6 | 58,6 | 78,8 | 115,7 | 135,4 | 64 | 85 | 107 | 171 | 230 | 338 | 395 | 2,92 |
| M18 | 0,10 | 28,2 | 37,7 | 47,1 | 75,3 | 104 | 149 | 174 | 70 | 93 | 117 | 187 | 259 | 369 | 432 | 2,48 |
| | 0,12 | 27,5 | 36,7 | 45,8 | 73,4 | 102 | 145 | 170 | 80 | 106 | 133 | 212 | 295 | 421 | 492 | 2,90 |
| | 0,14 | 26,7 | 35,7 | 44,6 | 71,3 | 99 | 141 | 165 | 89 | 118 | 148 | 236 | 329 | 469 | 549 | 3,32 |
| M20 | 0,10 | 36,2 | 48,3 | 60,3 | 96,5 | 134 | 190 | 223 | 98 | 131 | 164 | 262 | 363 | 517 | 605 | 2,71 |
| | 0,12 | 35,3 | 47,0 | 58,8 | 94,1 | 130 | 186 | 217 | 112 | 150 | 187 | 300 | 415 | 592 | 692 | 3,18 |
| | 0,14 | 34,3 | 45,8 | 57,2 | 91,6 | 127 | 181 | 212 | 125 | 167 | 209 | 334 | 464 | 661 | 773 | 3,65 |
| M22 | 0,10 | 45,1 | 60,1 | 75,2 | 120,3 | 166 | 237 | 277 | 132 | 176 | 220 | 353 | 495 | 704 | 824 | 2,95 |
| | 0,12 | 44,0 | 58,7 | 73,4 | 117,4 | 162 | 231 | 271 | 151 | 202 | 252 | 403 | 567 | 807 | 945 | 3,46 |
| | 0,14 | 42,9 | 57,1 | 71,4 | 114,3 | 158 | 225 | 264 | 169 | 225 | 282 | 451 | 634 | 904 | 1057 | 3,97 |
| M24 | 0,10 | 52,1 | 69,5 | 86,9 | 139,0 | 192 | 274 | 320 | 169 | 226 | 282 | 451 | 625 | 890 | 1041 | 3,25 |
| | 0,12 | 50,8 | 67,7 | 84,7 | 135,5 | 188 | 267 | 313 | 193 | 257 | 322 | 515 | 714 | 1017 | 1190 | 3,80 |
| | 0,14 | 49,4 | 65,9 | 82,4 | 131,8 | 183 | 260 | 305 | 215 | 287 | 359 | 574 | 798 | 1136 | 1329 | 4,36 |
| M27 | 0,10 | 68,4 | 91,2 | 114,0 | 182,4 | 252 | 359 | 420 | 248 | 331 | 414 | 662 | 915 | 1304 | 1526 | 3,63 |
| | 0,12 | 66,7 | 89,0 | 111,2 | 178,0 | 246 | 351 | 410 | 284 | 379 | 474 | 759 | 1050 | 1496 | 1750 | 4,26 |
| | 0,14 | 65,0 | 86,7 | 108,3 | 173,3 | 240 | 342 | 400 | 318 | 424 | 530 | 848 | 1176 | 1674 | 1959 | 4,89 |
| M30 | 0,10 | 83,2 | 111,0 | 138,7 | 222,0 | 307 | 437 | 511 | 338 | 450 | 563 | 901 | 1246 | 1775 | 2077 | 4,06 |
| | 0,12 | 81,2 | 108,3 | 135,3 | 216,5 | 300 | 427 | 499 | 386 | 515 | 644 | 1031 | 1420 | 2033 | 2380 | 4,76 |
| | 0,14 | 79,0 | 105,3 | 131,7 | 210,8 | 292 | 416 | 487 | 431 | 575 | 719 | 1151 | 1597 | 2274 | 2662 | 5,46 |
| M33 | 0,10 | 103,5 | 138,0 | 172,5 | 276,0 | 381 | 543 | 635 | 456 | 608 | 760 | 1216 | 1679 | 2392 | 2799 | 4,41 |
| | 0,12 | 101,0 | 134,7 | 168,4 | 269,4 | 373 | 531 | 621 | 523 | 697 | 871 | 1395 | 1928 | 2747 | 3214 | 5,17 |
| | 0,14 | 98,4 | 131,2 | 164,0 | 262,5 | 363 | 517 | 605 | 585 | 780 | 975 | 1560 | 2161 | 3078 | 3601 | 5,95 |
| M36 | 0,10 | 121,6 | 162,1 | 202,7 | 324,3 | 448 | 638 | 747 | 587 | 783 | 979 | 1566 | 2164 | 3082 | 3607 | 4,83 |
| | 0,12 | 118,7 | 158,2 | 197,8 | 316,4 | 438 | 623 | 729 | 672 | 897 | 1121 | 1793 | 2482 | 3535 | 4136 | 5,67 |
| | 0,14 | 115,6 | 154,1 | 192,6 | 308,1 | 427 | 608 | 711 | 752 | 1002 | 1253 | 2005 | 2778 | 3957 | 4631 | 6,51 |
| M39 | 0,10 | 145,9 | 194,5 | 243,1 | 389,0 | 537 | 765 | 895 | 758 | 1011 | 1264 | 2022 | 2791 | 3975 | 4652 | 5,20 |
| | 0,12 | 142,4 | 189,9 | 237,4 | 379,8 | 525 | 748 | 875 | 870 | 1160 | 1450 | 2321 | 3208 | 4569 | 5346 | 6,11 |
| | 0,14 | 138,8 | 185,0 | 231,3 | 370,0 | 512 | 729 | 853 | 974 | 1299 | 1624 | 2598 | 3597 | 5123 | 5994 | 7,02 |

Filettature a passo fine

| Filettatura | μ_{tot} | Precarico F_{Mmax} [kN] | | | Coppie di serraggio M_{Amax} [Nm] | | |
|-------------|-------------|--|-------|-------|--|------|------|
| | | Classe di resistenza secondo ISO 898 / 1 | | | Classe di resistenza secondo ISO 898 / 1 | | |
| | | 8.8 | 10.9 | 12.9 | 8.8 | 10.9 | 12.9 |
| M 8 x 1 | 0,10 | 20,7 | 30,4 | 35,6 | 22,8 | 33,5 | 39,2 |
| | 0,12 | 20,2 | 29,7 | 34,7 | 26,1 | 38,3 | 44,9 |
| | 0,14 | 19,7 | 28,9 | 33,9 | 29,2 | 42,8 | 50,1 |
| M10 x 1,25 | 0,10 | 32,4 | 47,5 | 55,6 | 44 | 65 | 76 |
| | 0,12 | 31,6 | 46,4 | 54,3 | 51 | 75 | 87 |
| | 0,14 | 30,8 | 45,2 | 52,9 | 57 | 83 | 98 |
| M12 x 1,25 | 0,10 | 49,1 | 72,1 | 84,4 | 79 | 116 | 135 |
| | 0,12 | 48,0 | 70,5 | 82,5 | 90 | 133 | 155 |
| | 0,14 | 46,8 | 68,7 | 80,4 | 101 | 149 | 174 |
| M14 x 1,5 | 0,10 | 66,4 | 97,5 | 114,1 | 124 | 182 | 213 |
| | 0,12 | 64,8 | 95,2 | 111,4 | 142 | 209 | 244 |
| | 0,14 | 63,2 | 92,9 | 108,7 | 159 | 234 | 274 |
| M16 x 1,5 | 0,10 | 89,6 | 131,6 | 154,0 | 189 | 278 | 325 |
| | 0,12 | 87,6 | 128,7 | 150,6 | 218 | 320 | 374 |
| | 0,14 | 85,5 | 125,5 | 146,9 | 244 | 359 | 420 |
| M18 x 1,5 | 0,10 | 120 | 171 | 200 | 283 | 403 | 472 |
| | 0,12 | 117 | 167 | 196 | 327 | 465 | 544 |
| | 0,14 | 115 | 163 | 191 | 368 | 523 | 613 |
| M20 x 1,5 | 0,10 | 151 | 215 | 252 | 392 | 558 | 653 |
| | 0,12 | 148 | 211 | 246 | 454 | 646 | 756 |
| | 0,14 | 144 | 206 | 241 | 511 | 728 | 852 |
| M22 x 1,5 | 0,10 | 186 | 264 | 309 | 529 | 754 | 882 |
| | 0,12 | 182 | 259 | 303 | 613 | 873 | 1022 |
| | 0,14 | 178 | 253 | 296 | 692 | 985 | 1153 |
| M24 x 2 | 0,10 | 213 | 304 | 355 | 666 | 949 | 1110 |
| | 0,12 | 209 | 297 | 348 | 769 | 1095 | 1282 |
| | 0,14 | 204 | 290 | 339 | 865 | 1232 | 1442 |

Viti in acciai INOX austenitico A1 / A2 / A4

| Filett. | μ_{tot} | Precarico F_M [kN] | | | Coppia di serraggio M_A [Nm] | | |
|---------|-------------|----------------------|------|-------|--------------------------------|------|------|
| | | Classe di resistenza | | | Classe di resistenza | | |
| | | 50 | 70 | 80 | 50 | 70 | 80 |
| M 1,6 | 0,1 | 0,4 | 0,55 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| | 0,2 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,35 |
| | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,35 | 0,2 | 0,25 | 0,45 |
| M 2 | 0,1 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,15 | 0,2 | 0,3 |
| | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,25 | 0,3 | 0,4 |
| | 0,3 | 0,25 | 0,36 | 0,4 | 4 | 0,4 | 0,55 |
| M 2,5 | 0,1 | 0,65 | 0,9 | 1 | 0,25 | 0,45 | 0,6 |
| | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,85 | 0,45 | 0,6 | 0,65 |
| | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,75 | 0,8 |
| M 3 | 0,1 | 0,9 | 1 | 1,2 | 0,7 | 1 | 1,3 |
| | 0,2 | 0,6 | 0,65 | 0,95 | 1 | 1,1 | 1,6 |
| | 0,3 | 0,4 | 0,45 | 0,7 | 1,25 | 1,35 | 1,85 |
| M 4 | 0,1 | 1,08 | 2,97 | 3,96 | 0,8 | 1,7 | 2,3 |
| | 0,2 | 1,12 | 2,4 | 3,2 | 1,3 | 2,6 | 3,5 |
| | 0,3 | 0,9 | 1,94 | 2,59 | 1,5 | 3 | 4,1 |
| M 5 | 0,1 | 2,26 | 4,85 | 6,47 | 1,6 | 3,4 | 4,6 |
| | 0,2 | 1,83 | 3,93 | 5,24 | 2,4 | 5,1 | 6,9 |
| | 0,3 | 1,49 | 3,19 | 4,25 | 2,8 | 6,1 | 8 |
| M 6 | 0,1 | 3,2 | 6,85 | 9,13 | 2,8 | 5,9 | 8 |
| | 0,2 | 2,59 | 5,54 | 7,39 | 4,1 | 8,8 | 11,8 |
| | 0,3 | 2,09 | 4,49 | 5,98 | 4,8 | 10,4 | 13,9 |
| M 8 | 0,1 | 5,86 | 12,6 | 16,7 | 6,8 | 14,5 | 19,3 |
| | 0,2 | 4,75 | 10,2 | 13,6 | 10,1 | 21,4 | 28,7 |
| | 0,3 | 3,85 | 8,85 | 11 | 11,9 | 25,5 | 33,9 |
| M10 | 0,1 | 9,32 | 20 | 26,6 | 13,7 | 30 | 39,4 |
| | 0,2 | 7,58 | 16,2 | 21,7 | 20,3 | 44 | 58 |
| | 0,3 | 6,14 | 13,1 | 17,5 | 24 | 51 | 69 |
| M12 | 0,1 | 13,6 | 29,1 | 38,8 | 23,6 | 50 | 67 |
| | 0,2 | 11,1 | 23,7 | 31,6 | 34,8 | 74 | 100 |
| | 0,3 | 9 | 19,2 | 25,6 | 41 | 88 | 117 |
| M14 | 0,1 | 18,7 | 40 | 53,3 | 37,1 | 79 | 106 |
| | 0,2 | 15,2 | 32,6 | 43,4 | 56 | 119 | 159 |
| | 0,3 | 12,3 | 26,4 | 35,2 | 66 | 141 | 188 |
| M16 | 0,1 | 25,7 | 55 | 73,3 | 56 | 121 | 161 |
| | 0,2 | 20,9 | 44,9 | 59,8 | 86 | 183 | 245 |
| | 0,3 | 17 | 36,4 | 48,6 | 102 | 218 | 291 |
| M18 | 0,1 | 32,2 | 69 | 92 | 81 | 174 | 232 |
| | 0,2 | 26,2 | 56,2 | 74,9 | 122 | 260 | 346 |
| | 0,3 | 21,1 | 45,5 | 60,7 | 144 | 308 | 411 |
| M20 | 0,1 | 41,3 | 88,6 | 118,1 | 114 | 224 | 325 |
| | 0,2 | 33,8 | 72,4 | 96,5 | 173 | 370 | 494 |
| | 0,3 | 27,4 | 58,7 | 78,3 | 205 | 439 | 586 |
| M22 | 0,1 | 50 | 107 | 143 | 148 | 318 | 424 |
| | 0,2 | 41 | 88 | 118 | 227 | 488 | 650 |
| | 0,3 | 34 | 72 | 96 | 272 | 582 | 776 |
| M24 | 0,1 | 58 | 142 | 165 | 187 | 400 | 534 |
| | 0,2 | 47 | 101 | 135 | 284 | 608 | 810 |
| | 0,3 | 39 | 83 | 110 | 338 | 724 | 966 |
| M27 | 0,1 | 75 | | | 275 | | |
| | 0,2 | 61 | | | 421 | | |
| | 0,3 | 50 | | | 503 | | |
| M30 | 0,1 | 91 | | | 374 | | |
| | 0,2 | 75 | | | 571 | | |
| | 0,3 | 61 | | | 680 | | |
| M33 | 0,1 | 114 | | | 506 | | |
| | 0,2 | 94 | | | 779 | | |
| | 0,3 | 76 | | | 929 | | |
| M36 | 0,1 | 135 | | | 651 | | |
| | 0,2 | 110 | | | 998 | | |
| | 0,3 | 89 | | | 1189 | | |
| M39 | 0,1 | 162 | | | 842 | | |
| | 0,2 | 133 | | | 1300 | | |
| | 0,3 | 108 | | | 1553 | | |

Elementi di collegamento a testa ridotta con esagono incassato e cava esalobata

| Tipo della vite | Coppia di serraggio massimo $M_{A \max}$ [Nm] | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|----------------|----------|----------------|----------|-----------|----------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| | DIN 6912 | | DIN 7984 | | DIN 7991 | ISO 14581 | DIN 7991 | ISO 7380 | ISO 7380 | ISO 4029 / DIN 916 | |
| Filettatura | 8.8 | A2-70 A4-70 | 8.8 | A2-70 A4-70 | 10.9 | 8.8 | A2-70 A4-70 | 10.9 | A2-70 A4-70 | 45 H ¹⁾ | A2 A4 |
| M 3 | | | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 |
| M 4 | 2 | 1 | 2 | 1,2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0,5 |
| M 5 | 6 | 4 | 4 | 2,5 | 5 | 5 | 2,5 | 4 | 2 | 3 | 1,5 |
| M 6 | 9 | 5 | 8 | 5 | 9 | 9 | 4,5 | 8 | 4 | 5 | 2,5 |
| M 8 | 20 | 12 | 12 | 7 | 15 | | 8 | 12 | 6 | 10 | 5 |
| M10 | 40 | 24 | 35 | 21 | 40 | | 20 | 30 | 15 | 20 | 10 |
| M12 | 65 | 40 | 50 | 30 | 65 | | 33 | 60 | 30 | 45 | 22 |
| M14 | 110 | 66 | | | 100 | | 50 | | | 45 | 22 |
| M16 | 180 | 110 | 110 | 66 | 110 | | 55 | | | 90 | 45 |
| M18 | | | | | | | | | | 140 | 70 |
| M20 | 280 | 170 | 200 | 120 | 150 | | 75 | | | 140 | 70 |
| M22 | | | | | | | | | | 220 | 110 |
| M24 | | | 390 | 235 | 400 | | 200 | | | 220 | 110 |

¹⁾ La classe di resistenza e le caratteristiche meccaniche ai sensi della norma ISO 898 parte 5 sono valide per le viti senza testa non sottoposte a trazione.

Viti e dadi di sicurezza, viti e dadi con flangia

Valori derivati da indicazioni del produttore

| Classe di resistenza | Materiale d'appoggio | Coefficiente d'attrito μ_{Tot} | Coppia di serraggio massima $M_{A \max}$ [Nm] | | | | | | |
|---|---|---|---|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | | M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M14 | M16 |
| Viti – Cl. di resistenza 100 | Acciaio $R_m > 800 \text{ N/mm}^2$ | 0,13 fino 0,16 | 10 | 18 | 37 | 80 | 120 | 215 | 310 |
| | Dadi – Cl. di resistenza 10 | Acciaio $R_m < 800 \text{ N/mm}^2$ | 0,14 fino 0,18 | 11 | 19 | 42 | 85 | 130 | 230 |
| | Ghisa grigia $R_m \text{ ca. } 150 \text{ fino } 450 \text{ N/mm}^2$ | 0,125 fino 0,16 | 9 | 16 | 35 | 75 | 115 | 200 | 300 |
| I valori di precarico ottenibili devono essere verificati in pratica. | | | Precarico F_m [kN] | | | | | | |
| | | | 9 | 12,6 | 23,2 | 37 | 54 | 74 | 102 |

| Classe di resistenza | Materiale d'appoggio | Coefficiente d'attrito μ_{Tot} | Coppia di serraggio massima $M_{A \max}$ [Nm] | | | | | | |
|---|---|--|---|----|------|------|------|------|-----|
| | | | M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M14 | M16 |
| Viti – Cl. di resistenza 90 | Acciaio $R_m \approx 500 \text{ bis } 1000 \text{ N/mm}^2$ | 0,16 fino 0,22 | 9 | 16 | 34 | 58 | 97 | 155 | 215 |
| | Dadi – Cl. di resistenza 8 | Ghisa grigia GG $R_m \approx 150 \text{ bis } 450 \text{ N/mm}^2$ | 0,16 fino 0,22 | 7 | 13 | 28 | 49 | 83 | 130 |
| I valori di precarico ottenibili devono essere verificati in pratica. | | | Precarico F_m [kN] | | | | | | |
| | | | 6,35 | 9 | 16,5 | 26,2 | 38,3 | 52,5 | 73 |