

SERRAGGIO A MANO DEI BULLONI... facile da dire... un po' meno da fare...



È noto tra gli addetti ai lavori che le indicazioni della norma EN 1090-2 sul serraggio a mano della bulloneria non precaricata SB sec. EN 15048 siano piuttosto generiche, se non carenti. È certamente corretta la norma là dove raccomanda particolare attenzione nel serraggio a mano dei bulloni più corti e di piccolo diametro. In ogni caso, chiudere i bulloni con il serraggio stretto della norma potrebbe, di volta in volta, rivelarsi eccessivo (se non pericoloso!) per i piccoli diametri o invece diventare insufficiente per quelli più grandi. In alternativa al serraggio manuale è consentito l'impiego di un avvitatore a percussione, non andando oltre il punto di inizio martellamento, ma anche questa avvertenza non definisce chiaramente.

Entriamo allora più nello specifico, stabilendo alcune correlazioni sulla base di semplici valutazioni.

- Coppia di serraggio → varia all'incirca con d^3 del bullone (a parità di tutto il resto, in particolare del fattore k)
- Lunghezza della chiave o braccio della coppia → è più o meno lineare con il diametro (ad es. secondo UNI 6733)
- Forza tangenziale applicata → in assenza di altre indicazioni si può ritenere all'incirca costante con il diametro, di valore 15 ± 5 daN, anche se da qualche operatore possono essere percepiti come "normali" fino a $25 \div 30$ daN. Più "istintivamente" la tendenza è di aumentare la forza salendo con i diametri.

Vediamo di analizzare gli effetti del serraggio a mano per due casi reali, che abbiano le caratteristiche opposte più sopra accennate, cioè di coppia da relativamente elevata a modesta.

- Bullone M12 → la chiave di manovra sec. UNI 6733 è lunga ca. 170 mm, e la coppia potrebbe arrivare a 30 Nm e oltre, che nelle viti lubrificate induce un non trascurabile precarico di oltre 23 kN, valore questo che può portare a ridosso del limite elastico nelle classi normali. Ad es. per cl. 4.8 ($R_e = 320$ N/mm²) abbiamo $23.000/84,3 \approx 270$ N/mm² che sono oltre l'80% di R_e . Per le classi AR si arriva invece a un più modesto $30 \div 50\%$ del limite elastico.
- Bullone M27 → la chiave avrà lg. ca. 340 mm e la coppia diventa ad es. 60 Nm. Per un 8.8 con $k = 0,14$ il serraggio a coppia richiederebbe 970 Nm, quindi la chiusura a mano con 60 Nm è appena il 6%.

Tutti d'accordo quindi che parlare semplicemente di serraggio a mano è troppo generico e può comportare problemi di montaggio e funzionali.

E non è tutto, perché anche il carico esterno che poi agirà sul collegamento ci mette del suo. Il progettista ben sa che nei giunti precaricati con flange di adeguato spessore relativo (relativo al diametro si intende) il carico esterno graverà sui bulloni solo in minima parte, quantificabile in un $10 \div 15\%$. Nei giunti non precaricati - che magari abbiano anche flange sottili - questa percentuale tende a ribaltarsi, con il carico esterno che ora va in buona parte sul bullone, cui si aggiunge (non dimentichiamolo!) il precarico dovuto al serraggio. E sommando i due effetti, quello del carico esterno e quello del precarico, il bullone potrebbe andare in crisi.

Tutto questo ci fa concludere che il progettista avveduto dovrebbe definire e indicare la coppia di serraggio anche quando utilizza bulloni non precaricati. Lo farà tenendo conto delle diverse variabili come sopra accennato e avrà anche la sensibilità di non indicare per la coppia un valore troppo preciso, "con le virgole", bensì arrotondato, meglio ancora un campo di valori, es. $30 \div 35$ Nm.

Ma allora, stabilito che è opportuno farlo, quali coppie di serraggio assumere?

Precisiamo subito che non c'è un criterio unico, e nemmeno uno migliore, possiamo però limitare la scelta a due "filosofie di serraggio", entrambe valide, sicure e compatibili con EN 1090-2.

La prima tiene conto sia del diametro che della classe del bullone e propone di arrivare a una certa percentuale del precarico che la norma prevede per la stessa vite se precaricata al 70% di R_{ub} , tenuto conto di lubrificazione e attrito (con i quali si definisce il k del bullone). Ma che percentuale della coppia di riferimento? È consigliato assumerla da un $20 \div 25\%$ fino al $40 \div 50\%$, dopodiché il progettista avrà cura di eseguire una verifica di resistenza del bullone, sommando il carico esterno di competenza e il precarico generato dal serraggio (→ tutto, quando è minimo l'effetto flangia). La seconda filosofia (consigliata e ripresa dallo *Stahlbau Kalender*) mantiene invece il serraggio costante per ogni diametro, indipendentemente dalla classe, assumendolo attorno al 10% di quello normativo per la classe più alta in ambito strutturale, la 10.9. In questo caso allora, con riferimento a bulloni bruniti leggermente oliati, cui possiamo abbinare un $k \approx 0,17$, i valori delle coppie di serraggio (M) saranno indicativamente quelli della tabella seguente, nella quale si leggono anche il passo (p) e la chiave (s) della bulloneria.

(Nm, mm)	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36
M	15	30	60	100	150	200	350
P	1,75	2	2,5	3	3	3,5	4
s	HV/HR	22	27	32	41	46	60
	SB	19	24	30	36	41	55

Si vede subito che per la classe inferiore in acciaio al carbonio, la 4.6, si arriva al $15 \div 20\%$ della rottura (o $20 \div 25\%$ del limite elastico).

Si tratta in definitiva di valori di compromesso, accettabili e compatibili per tutte le classi. Non dimentichiamo che la bulloneria non precaricata chiusa a mano non è adatta e non è prevista per carichi a fatica (ciclici) o dinamici (urti): per questi casi si adotta la bulloneria precaricata. Un ultimo chiarimento è utile fare, considerato che talvolta si "confonde" il fattore k con il coefficiente di attrito. Non è corretto, il fattore k è piuttosto un coefficiente "globale", nel quale oltre all'attrito entrano le caratteristiche geometriche della vite. Per stabilire una relazione tra loro, ricordiamo che il lavoro della coppia di serraggio (piccola o grande che sia) va in buona parte ($50 \pm 5\%$) a vincere l'attrito (coeff. μ_m) tra le superfici striscianti di dado (o eventualmente testa) e rondella, altra fetta ($40 \pm 5\%$) l'attrito (coeff. μ_{th}) di contatto tra i filetti di vite e dado e solo una piccola parte (appena il 10% ca.) va a precaricare il bullone...un meccanismo questo con un rendimento di appena il 10%, che degrada in calore il 90% del lavoro!

Il k , che nella formula seguente mette in relazione coppia e precarico generato, può allora essere visto come "indice di rendimento della coppia":

$$M = k d F_p \quad \text{dove}$$

$$k = \{ \mu_n d_n / 2 + \mu_{th} d_{th} / (2 \cos \pi/6) + p / 2\pi \} / d$$

$d_{th} \approx d - 0,65p$ diametro di contatto medio tra filetti
 $d_n \approx (s + d_o) / 2$ diametro di contatto medio dado-rondella,
 s chiave e d_o diametro foro rondella
 p passo filettatura



ing. A. PERENTHALER
Ispettore funiviario Systemcert (A)
e WPK Alto Adige (I)