

Le problematiche del serraggio

La giusta scelta degli elementi di fissaggio e dei parametri di serraggio permettono di evitare il rilassamento e l'autoallentamento dei collegamenti filettati.
Il fissaggio testa-basamento

Nei collegamenti filettati il tiro iniziale della vite, ottenuto applicando alla madrevite una coppia di serraggio, dovrebbe, in teoria, mantenere costante e perennemente inalterata la sua intensità, in modo da garantire che gli elementi collegati restino uniti anche nelle più gravose condizioni d'esercizio, resistendo all'azione dei carichi esterni.

Nella realtà, in molti di questi collegamenti, si può verificare nel tempo una modifica permanente della lunghezza delle viti, provocata principalmente da fenomeni di assestamento o di sprofondamento.

Si ha "assestamento" quando le superfici rugose di pezzi contigui (per esempio: dado e rondella) diventano lisce sotto l'effetto della pressione prodotta dalla tensione della vite.

Si ha "sprofondamento" quando la pressione esercitata sulla superficie d'appoggio supera la resistenza a compressione del pezzo sollecitato. La conseguenza è, in ogni caso, la riduzione della tensione iniziale, definita nella letteratura tecnica "rilassamento del carico di serraggio".

Un altro inconveniente che si può presentare è l'"autoallentamento", che si verifica quando avvengono movimenti di scorrimento tra le superfici a contatto. È evidente che il rilassamento del carico di serraggio favorisce l'insorgere di questo fenomeno.

Gli accorgimenti da adottare nella fase progettuale per evitare il rilassamento e l'autoallentamento riguardano: la scelta degli elementi di fissaggio e la scelta dei parametri di serraggio.

ELEMENTI DI FISSAGGIO

Per quanto concerne gli elementi di fissaggio occorre:

- prevedere viti con bassa rigidità a trazione (piccolo EM), ossia viti lunghe e snelle. Incrementando il rapporto $1/d$ tra la lunghezza della vite e il suo diametro nominale, si dispone di buona elasticità e soprattutto di un'ampia riserva plastica. Storicamente un rapporto $1/d \geq 6$ è risultato ottimale;
- impiegare viti ad alta resistenza. Ciò consente di ottenere elevate forze di precarico, sufficienti a prevenire movimenti relativi. Con l'impiego di viti ad alta resistenza e molto elastiche si può, quando si disponga di affidabili indicazioni sperimentali, adottare un valore del precarico pari al carico di snervamento ($N_i = N_s$). Queste viti offrono il vantaggio di arrivare a rottura con deformazioni molto più grandi di quelle che vengono raggiunte nel normale esercizio. È importante notare che ponendo l'inizio delle deformazioni nel punto di snervamento non si hanno significative variazioni del precarico, se le condizioni di esercizio provocano piccoli allungamenti. Un'ultima considerazione, interessante per la produzione di grande serie, è che l'adozione di un precarico pari al carico di snervamento consente di sfruttare al massimo le caratteristiche meccaniche della bulloneria e quindi di minimizzare sia il numero dei bulloni sia il loro diametro;
- adottare altri accorgimenti, che si potranno individuare esaminando le problematiche relative alle varie giunzioni.

PARAMETRI DI SERRAGGIO

Per quanto riguarda invece i parametri di serraggio, il più importante di tutti è:

- il metodo di serraggio. È noto che il carico di serraggio N_j e la coppia di serraggio M_s sono legati dalla relazione:

$$M_s = K \cdot N_j \cdot d$$

nella quale:

K = fattore di lubrificazione

d = diametro nominale della vite.



Quando si serra un bullone è necessario disporre di sistemi di controllo per essere certi che il precarico ottenuto con l'applicazione della coppia M_s sia quello N_i previsto dal progetto. Se si adottano viti ad alta resistenza il metodo di serraggio più idoneo è quello che i tecnici definiscono "coppia + angolo con snervamento della vite", col quale si controlla l'allungamento della vite (e. quindi la sua tensione) attraverso la misura dell'angolo di rotazione del dado. Disponendo del diagramma carichi-allungamenti delle viti è facile calcolare con quale angolo di rotazione si ottiene la deformazione assiale che determina il tiro N_i della vite previsto dal progetto. Dato che una rotazione di 360° produce un allungamento pari al passo p della vite una semplice proporzione permette di ricavare la rotazione, come mostrato nell'esempio. Cicli di avvitatura idonei e altri accorgimenti si potranno definire in base alle problematiche specifiche dei vari collegamenti.

Esempio

Dal diagramma carichi-allungamenti (figura 1) di una vite con passo $p = 1,5$ [mm] si legge che l'allungamento corrispondente al carico di snervamento, per una data lunghezza utile della vite è $\Delta l = 0,7$ mm.

Indicato con x° il valore dell'angolo di serraggio cercato, si può scrivere la proporzione:

$$360^\circ : p = x^\circ : \Delta l \quad \text{ossia:}$$

$$360^\circ : 1,5 = x^\circ : 0,7 \quad \text{da cui si ha:}$$

$$x^\circ = \frac{360 \cdot 0,7}{1,5} = 168^\circ$$

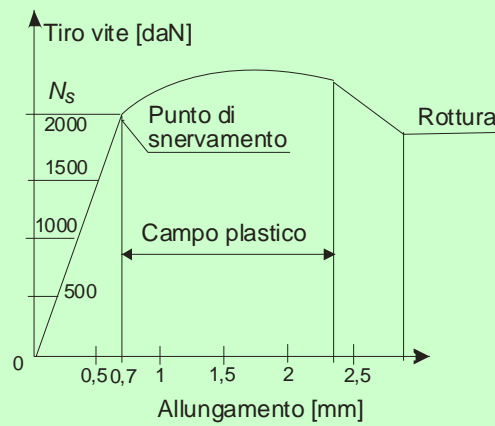


figura 1

IL FISSAGGIO TESTA-BASAMENTO

Il rilassamento del carico di serraggio e l'autoallentamento. sono problemi particolarmente sentiti nell'industria automobilistica: in un motore a combustione interna per autotrazione vengono impiegati numerosi collegamenti a vite che sono soggetti a questi fenomeni, provocati da varie cause, le principali delle quali sono:

- guarnizioni morbide interposte nell'assieme filettato,
- diverse dilatazioni termiche dei materiali,
- scorrimento viscoso dei materiali a causa delle alte temperature,
- cedimento plastico locale causato da corpi estranei, bave ecc.,
- alta velocità di serraggio,
- livellamento plastico conseguente a errori geometrici (non planarità delle superfici, non ortogonalità testa vite-appoggio, alta rugosità ecc.),
- impiego di viti o prigionieri con basso allungamento elastico (esempio: viti tozze e rigide),
- deformazioni plastiche conseguenti a pressioni superficiali al limite di snervamento dei materiali assemblati.

Un tipico esempio di giunzione con marcato rilassamento è il fissaggio della testa dei cilindri al basamento. La presenza della guarnizione, in aggiunta alla diversa dilatazione termica tra testa (generalmente in lega leggera) e basamento (in ghisa) creano una serie di problemi che progettisti e sperimentatori devono risolvere.

Utilizzando una interessante relazione tecnica, fornita gentilmente dalla Direzione Sperimentazione della Fiat Auto, si espongono di seguito i problemi connessi al fissaggio testa-basamento di un motore (nel caso specifico un motopropulsore diesel) e gli accorgimenti adottati dai tecnici Fiat (progettisti e sperimentatori) per risolverli.

La soluzione ai problemi è stata trovata effettuando una accurata scelta degli elementi di fis-



saggio e dei parametri di serraggio.

Alcuni problemi

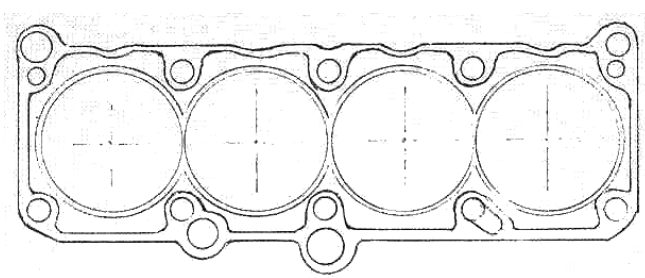


Figura 2

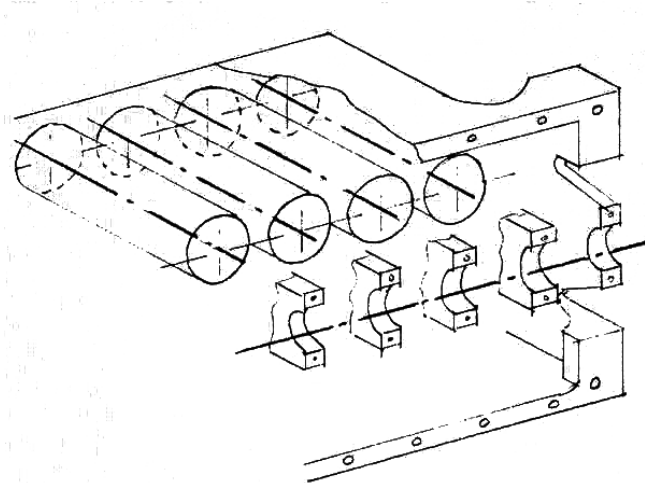


Figura 3

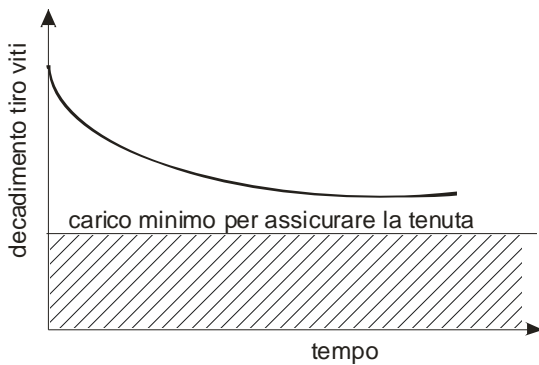


Figura 4

Distribuzione delle pressioni sulla guarnizione di tenuta, prodotta dalle viti di serraggio (figura 2).

Occorre ottenere una distribuzione uniforme e tale da garantire in ogni punto una pressione minima che assicuri la tenuta per tutta la durata del motore.

Deformazione delle canne cilindriche e della linea

d'assi dei supporti di banco indotte al bloccaggio della testata (figura 3). Per evitare questi inconvenienti occorre ottimizzare gli elementi di fissaggio e il metodo di serraggio.

Decadimento nel tempo del tiro vite imposto al montaggio (figura 4).

L'esperienza indica che, dopo breve funzionamento, c'è un decadimento "fisiologico" del precarico che è mediamente del 30 + 35%.

Occorre perciò tenerne conto nel calcolare il tiro vite necessario per assicurare la tenuta dei fluidi.

ELEMENTI DI FISSAGGIO

♦ In base al valore del tiro vite, calcolato in modo da assicurare nel tempo la tenuta, tenendo conto del decadimento "fisiologico", sono state adottate viti a passo fine:

M 12 x 1,25 x 215 - classe di resistenza R 10

Si tratta di viti rullate a testa cilindrica con esagono incassato, interamente filettate, di lunghezza $l = 215$ mm, per cui il rapporto lunghezza-diametro risulta:

$$l/d = 215/12 = 18$$

che è molto maggiore del valore $l/d \geq 6$ che, come si è visto in precedenza è ritenuto già ottimale.

Le viti di classe R 10 sono ad alta resistenza, con tensione di snervamento:

$$R_{p0.2} \geq 110 \text{ [daN/mm}^2\text{]}.$$

Essendo la sezione resistente di nocciolo:



$$A_2 = \pi \cdot \frac{d_2^2}{4} = \pi \cdot \frac{10,466^2}{4} = 86 [\text{mm}^2]$$

il carico che produce lo snervamento è:

$$N_s = R_{p0.2} \cdot A_2 = 110 \times 86 = 9460 [\text{daN}]$$

In figura 5 è riportato il diagramma tiro-allungamento della vite rilevato con banco Erichsen.

Si distinguono:

- il campo elastico,
- il campo plastico,
- il campo di decadimento delle caratteristiche meccaniche prima della rottura.

Risulta evidente la notevole riserva di deformazione plastica, che consente un allungamento permanente senza pericolo fino a 4mm.

Questa riserva consente ampiamente d'impiegare le viti fino a quattro volte, come è richiesto dalla Norma Fiat, senza che decadano completamente le caratteristiche iniziali.

In figura 6a si può notare l'aspetto della vite dopo i quattro riutilizzi ammessi dalla norma: l'allungamento permanente totale è di 1,5 mm e la riserva plastica ancora disponibile è di $\approx 2,5$ [mm]. In figura 6b invece è rappresentata la vite tensionata oltre il limite di riserva plastica disponibile, ma prima della rottura: l'allungamento permanente totale è di circa 6 mm.

◆ I punti di fissaggio sono stati definiti in modo da realizzare una distribuzione uniforme delle pressioni tra i piani di unione della testa e del basamento.

◆ Le madreviti sono state posizionate lontane dalla parte alta delle canne cilindri, cioè nella zona più rigida del basamento, che è quella dei cappelli di banco.

PARAMETRI DI SERRAGGIO

◆ È stato adottato il metodo di serraggio "coppia+angolo con snervamento predeterminato delle viti", perché è il metodo che fornisce un riferimento preciso del tiro in funzione della loro resistenza, uniforma le condizioni di sollecitazione di tutti i bulloni sfruttando in pieno le loro capacità di carico e non richiede elevate precisioni sull'angolo di rotazione.

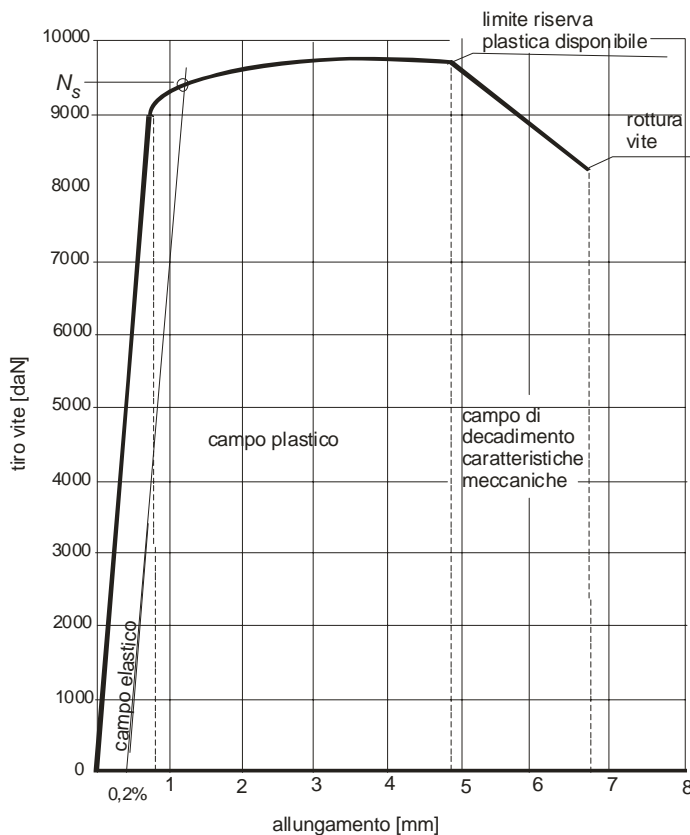


Figura 5



a) b)
figura 6



Rilevato dal diagramma di figura 5 che il valore dell'allungamento corrispondente al carico di snervamento è $\Delta l = 1,28$ [mm], l'angolo di rotazione risulta:

$$\alpha^\circ = \frac{360 \cdot 1,28}{1,25} \approx 360^\circ$$

Il calcolo del momento di serraggio si può effettuare solo in modo piuttosto approssimativo, poiché non si conosce il valore del fattore di lubrificazione.

Assumendo un valore medio valido per l'acciaio lubrificato con olio ($K = 0,14$) il valore "presunto" del momento di serraggio risulta:

$$M_s = 0,14 \times 9460 \times 12 : 15900 \text{ [daNmm]} = 159 \text{ [Nm]}$$

♦ È stato stabilito un ciclo d'avvitatura con modalità tali da:

- plasmare la guarnizione con serraggio a scalare dei mandrino dal centro verso l'esterno;
- recuperare l'assestamento del giunto, che si verifica nei primi minuti dopo il serraggio, mediante il riserraggio delle viti.

