

Collegamenti filettati

Carmine Napoli

Si possono dividere i collegamenti filettati in due tipologie:

1. di serraggio (collegamento forzato tra due elementi)
2. viti di manovra (tornio movimento torretta)

Il collegamento di serraggio prevede il collegamento (smontabile) tra due elementi strutturali, caratteristica particolare del collegamento è che la vite è sottoposta a sollecitazione al momento della messa in opera, anche in assenza di carichi esterni, le sollecitazioni sono di difficile calcolo e ci sono sollecitazioni di trazione ma anche di torsione.

Le viti di manovra come ad esempio la vite che opera il movimento della torretta in un tornio sono generalmente caricate con una sollecitazione assiale che possono essere valutate con maggiore precisione.

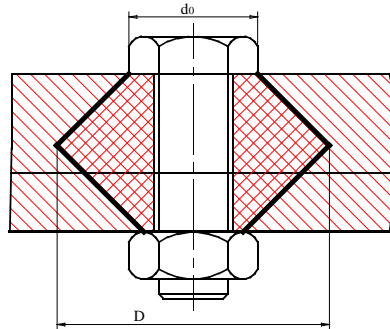
Le viti di serraggio si hanno soprattutto filetti triangolari
Per le viti di manovra i filetti sono quadri o trapezoidali

CALCOLO DELLE TENSIONI

Le tensioni che si generano nel gambo della vite e le relative deformazioni si possono calcolare utilizzando le formule della trazione in quanto esso è di solito sollecitato a sforzo normale

Le deformazioni, e le tensioni, che si generano negli elementi collegati (ad esempio due flange) sono invece di difficile valutazione

L'esperienza mostra che le deformazioni si propagano all'interno degli elementi secondo dei coni, con angolo di apertura di 45° , incontrandosi all'interno di una della due lamiera.



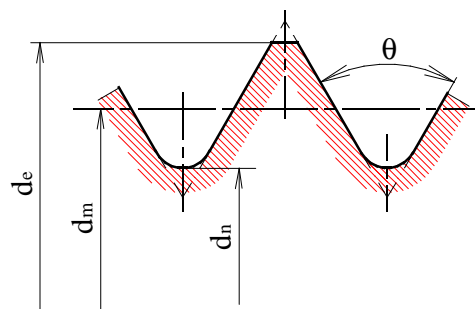
La superficie da considerare sarà la superficie media tra la massima e la minima ed è ricavata dalla relazione $S_m = \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot d_0$

La sezione resistente della vite presenta un'area un poco superiore a quella di nocciolo, anche una parte del filetto partecipa alla resistenza allo sforzo assiale

$$S_{res} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_m + d_{noc}}{2} \right)^2$$

d_m = diametro medio del filetto

d_{noc} = diametro nocciolo



Acciai per bulloneria

Sono divisi in 10 classi di resistenza

3.6 4.6 4.8 5.6 5.8 6.8 8.8 9.8 10.9 12.9

Ci sono due numeri separati da un punto

Il primo numero moltiplicato 100 è la tensione di rottura

Il secondo numero moltiplicato per il primo e per 10 da la tensione di snervamento

ad esempi 5.8

$$\sigma_r = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 5 \cdot 8 \cdot 10 = 400 \text{ MPa}$$

DIMENSIONAMENTO

Nelle viti di serraggio non si procede al calcolo dei filetti a taglio perché, normalmente, con le viti unificate la resistenza del nocciolo garantisce anche la resistenza del filetto, si verifica la resistenza del gambo.

Per serrare un dado su una vite si applica su di esso un momento torcente M_t
Possiamo dividere il momento totale in due momenti M' ed M''

M' fa scorrere tra di loro i filetti della vite e dalla madrevite, crea la tensione di trazione nel gambo della vite

M'' fa scorrere il dado sulla superficie della sede di appoggio

$$M_t = M' + M''$$

Misure sperimentali hanno permesso di ricavare

$$M' = \frac{2}{3} M_t \qquad M'' = \frac{1}{3} M_t$$

Per la valutazione delle sollecitazioni agenti si fa riferimento ad un filetto rettangolare

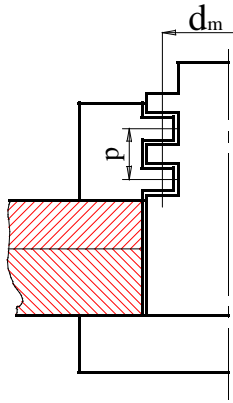


Figura A

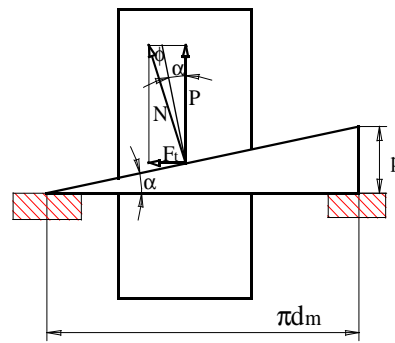


Figura B

In figura B è rappresentato un filetto svolto.

P è la forza agente sul gambo della vite e che crea la trazione nella vite.

N è la forza che si genera tra vite e madre vite essa è inclinata di un angolo ϕ rispetto alla normale per tener conto della forza di attrito

F_t è la forza tangenziale che genera il momento M'

ϕ è l'angolo di attrito tra vite e madre vite si ha $f = \text{tg } \phi$ dove f è il coefficiente di attrito

Si ottiene

$$F_t = P \cdot \text{tg}(\alpha + \phi) \quad M' = P \cdot \text{tg}(\alpha + \phi) \cdot \frac{d_m}{2}$$

dove d_m = diametro medio della vite

La forza di attrito tra dado e sede sarà

$$T = f' \cdot P$$

f' è il coefficiente di attrito tra il dado e la superficie d'appoggio

d' è diametro medio dove si ritiene agisce la forza T

Il momento è $M'' = f' \cdot P \cdot \frac{d'}{2}$

da cui si trae

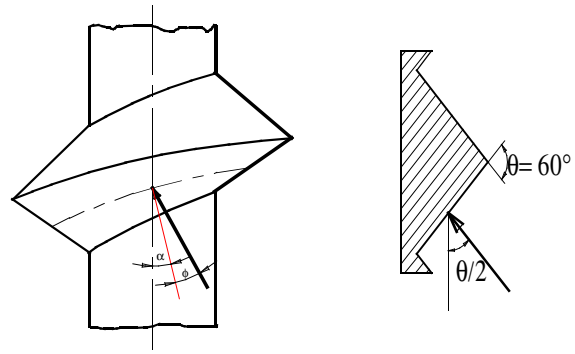
$$M_t = M' + M'' = P \cdot \text{tg}(\alpha + \phi) \cdot \frac{d_m}{2} + P f' \frac{d'}{2}$$

$$M_t = P \left(\text{tg}(\alpha + \phi) \cdot \frac{d_m}{2} + f' \cdot \frac{d'}{2} \right)$$

Per tener conto del filetto triangolare si varia il varia la f con f^* tale che

$$f^* = \frac{f}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

in tal modo varia l'angolo di attrito φ



Con i valori di f ($0,15 \div 0,2$) assunti normalmente e con l'angolo di avvolgimento α del filetto pari a ($2^\circ \div 5^\circ$)

La norma UNI CNR 10011 pone

$$M_t = 0,2 P \cdot d$$

d = diametro nominale filettatura da cui

$$P = \frac{M_t}{0,2 d} = 5 \frac{M_t}{d}$$

Applicando quindi con una chiave dinamometrica un certo momento M_t si è in grado di individuare la forza P agente sul gambo.

Le norma, per un valore ottimale del precarico, prevedono

$$\sigma_{am} = 0,8 \sigma_s \text{ da cui}$$

$$P = 0,8 \sigma_s \cdot A$$

A = area sezione resistente, corrisponde a S_{res} , ma in genere si considera A come area del nocciolo

Le tensioni possono essere ricavate dalle relazioni:

Trazione
$$\sigma = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_0^2}$$

Torsione
$$\tau = \frac{M'}{W_t} = \frac{16 M'}{\pi d_n^3} = \frac{16}{\pi} \cdot d_n^3 \cdot P \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi) \cdot \frac{d_m}{2}$$

dalle relazioni precedenti si ha $\tau = \sigma \left[2 \cdot \frac{d_m}{d_n} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi) \right]$

con i valori normalmente utilizzati per d_m , d_n , α ϕ si ha

$$\tau = 0,5 \sigma$$

ricordando Von Mises :

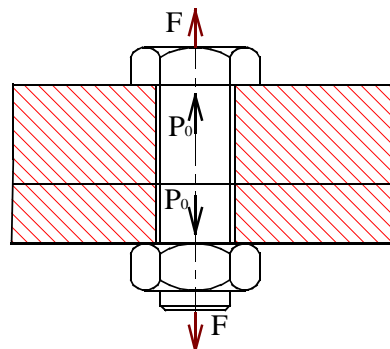
$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2}$$

si ha

$$\sigma_{id} = 1,32 \sigma$$

ponendo $\sigma_{id} = \sigma_s$ è possibile ricavare il valore del precarico P ottimale

Individuato il precarico P si considera l'effetto di un carico esterno sul collegamento



P_0 precarico della vite trazione (senza forze esterne)

P_p precarico del pezzo compressione

F Forze esterne applicate

La vite aumenta la trazione di F_v

Il pezzo diminuisce la compressione di F_p

$$F = F_v + F_p$$

Il carico agente sulla vite è

$$P_v = P_0 + F_v$$

Il carico agente sul pezzo è

$$P_p = P_0 - F_p$$

Consideriamo adesso le rigidezze della vite K_v e del pezzo K_p

per definizione la rigidezza $\frac{\text{Forza}}{\text{deformazione}}$

ponendo δ_v e δ_p le deformazioni della vite e del pezzo si ha

$$K_v = \frac{P_v}{\delta_v} \qquad K_p = \frac{P_p}{\delta_p}$$

da cui

$$\delta_v = \frac{F_v}{K_v} \qquad \delta_p = \frac{F_p}{K_p}$$

Si ipotizza che non ci sono separazioni tra gli elementi per cui si ha

$$\delta_v = \delta_p$$

e quindi

$$\frac{F_v}{K_v} = \frac{F_p}{K_p}$$

ricordando che

$$F = F_v + F_p$$

Si ha

$$F_v = F \frac{K_v}{K_v + K_p} \qquad F_p = F \frac{K_p}{K_v + K_p}$$

Sostituendo nelle relazioni precedenti

$$P_v = P_0 + F \frac{K_v}{K_v + K_p} \qquad P_p = P_0 - F \frac{K_p}{K_v + K_p}$$

da cui

$$\frac{K_v}{K_v + K_p} = \frac{1}{1 + \frac{K_p}{K_v}}$$

se $\frac{K_p}{K_v}$ è alto il termine $F \frac{K_v}{K_v + K_p}$ è piccolo e quindi P_v è molto vicino al valore di P_0 come aumentare quindi il rapporto, si può operare sulla rigidezza K_v della vite:

$K_v = \frac{F}{\delta}$ dove δ è la deformazione della vite data dalla relazione

$$\delta = \frac{N \cdot l}{A \cdot E}$$

aumentando la lunghezza l aumenta δ e diminuisce K_v in tal modo aumenta $\frac{K_p}{K_v}$ per questo si possono mettere dei distanziali

Se invece si interpone una tra dado e superficie una rosetta aumenta A

$\delta = \frac{N \cdot L}{E \cdot A}$ diminuisce il δ_p del aumenta K_p $K = \frac{F}{\delta}$

I diagrammi che seguono mettono in evidenza le forze applicate le relative deformazioni

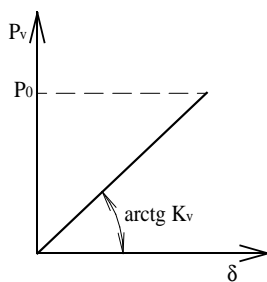


diagramma vite

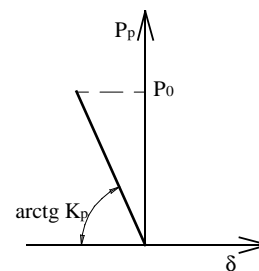
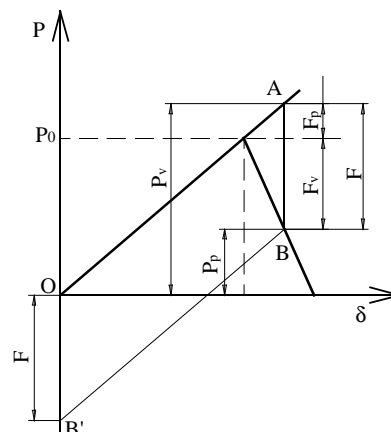
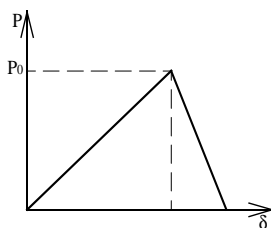


diagramma pezzo



Per non avere il distacco dei due pezzi

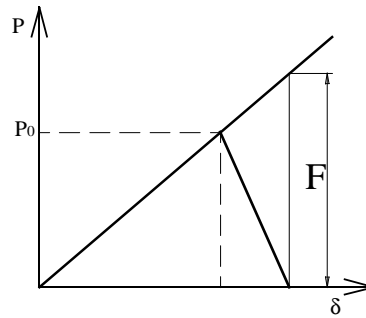
$$P_p > 0$$

Ricordando che

$$P_p = P_0 - F \frac{K_p}{K_v + K_p}$$

si ha

$$P_0 > F \frac{K_p}{K_v + K_p}$$



Rigidezza pezzo

$$S = \frac{D \cdot d_0}{\pi} \cdot 4$$

$$K_p = \frac{L}{E \cdot A}$$

$$\frac{1}{K_p} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots$$

ESEMPIO

Vite M6 x 20 acciaio 8.8 lunghezza $l = 14$ mm
Forza applicata $F = 1400$ N

$$\sigma_R = 800 \text{ MPa} \quad \sigma_s = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640 \text{ MPa}$$

Diametro nocciolo $d_n = 4,77$ mm
Diametro medio filettatura $d_m = 5,35$ mm (tabella filettature)

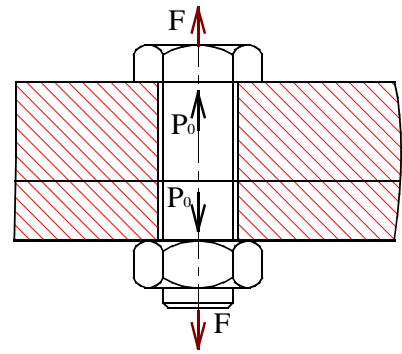
$$D_{res} = \frac{D_m + D_n}{2} = \frac{5,35 + 4,77}{2} = 5,06 \text{ mm}$$

$$A_{res} = \frac{D_{res}^2 \cdot \pi}{4} = 20,61 \text{ mm}^2$$

Pezzo

$d = 11$ mm cerchio minore cono
 $D = 25$ mm cerchio maggiore cono

$$S_{res} = \frac{D \cdot d \cdot \pi}{4} = \frac{25 \cdot 11 \cdot \pi}{4} = 216 \text{ mm}^2$$



Forza applicata $F = 1400$ N

Norma : $P_0 < 0,8 \cdot \sigma_{sn} \cdot A_{res}$

si pone $P_0 = 0,7 \cdot \sigma_{sn} \cdot A_{res} = 0,7 \cdot 640 \cdot 20 = 8960$ N

vale la relazione $P_v = P_0 + F \frac{K_v}{K_v + K_p} < 0,8 \sigma_{sn} \cdot A_{res}$

$$K_v = \frac{E \cdot A_{res}}{l} = \frac{210\,000 \cdot 20,61}{14} = 309\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K_p = \frac{E \cdot S_{res}}{l} = \frac{210\,000 \cdot 216}{14} = 3\,240\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$P_v = P_0 + F \frac{K_v}{K_v + K_p} = 8960 + 1400 \frac{309\,000}{309\,000 + 3\,240\,000} = 9\,081 \text{ N}$$

$$\sigma_{app} = \frac{P_v}{A_{res}} = \frac{9081}{20,61} = 440,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$