

## ESERCIZI PROPOSTI

### Argomenti:

- A1 Collegamento con viti: progetto
- A2 Collegamento con viti: verifica di resistenza (vite mordente)
- A3 Collegamento con viti: coefficiente d'attrito
- A4 Collegamento con viti: verifica di resistenza (bullone calibrato)
- A5 Collegamento con viti: verifica di resistenza (bullone giunto a dischi)
- A6 Collegamento con viti: classe di resistenza
- A7 Collegamento con viti: coppia massima di serraggio
- B1 Chiodatura a semplice sovrapposizione
- B2 Chiodatura a doppio coprigiunto
- C Linguette: dimensionamento albero+linguetta
- D Chiavette: pressione di forzamento
- E Albero scanalato

### A1 | Esercizio 1



Coperchio di serbatoio in pressione.

Un fluido in pressione è contenuto all'interno di un recipiente cilindrico chiuso ermeticamente da un coperchio fissato al bordo del recipiente stesso tramite una serie di viti mordenti. La pressione del fluido è pari a 6 bar; il diametro interno del recipiente è  $D = 350$  mm. Calcolare il numero di viti, il loro diametro e la lunghezza assiale della parte filettata dei fori entro i quali esse vengono inserite.

[La forza complessiva che sollecita a trazione le viti è:  $F \approx 57\,727$  N.

Nell'ipotesi di scegliere n° 22 viti di acciaio appartenente alla classe di resistenza 6.8, risulta:  $R_{eL} = 480$  N/mm<sup>2</sup>; se si assume  $k_{sn} = 4$ , è:  $\sigma_{adm} = 120$  N/mm<sup>2</sup>. Si ottiene quindi:  $S_{min\,res} \approx 21,87$  mm<sup>2</sup>. Dalla Tabella 8.1 si sceglie la vite M 6 × 0,75 avente  $S_{res} = 22$  mm<sup>2</sup>. Se come pressione ammissibile si adotta il valore 18 N/mm<sup>2</sup>, si ottiene:  $H_{min\,avv} \approx 13,66$  mm, che verrà approssimato a 14 mm]

### A2 | Esercizio 2



Vite.

Una vite mordente M 8 in acciaio appartenente alla classe di resistenza 6.8 è soggetta a una coppia di serraggio  $M_{serr} = 18$  N · m. Verificare la resistenza della vite.

[ $N_{serr} = 11\,250$  N; dato che è:  $S_{res} = 36,6$  mm<sup>2</sup> (Tabella 8.1) risulta:  $\sigma \approx 307,4$  N/mm<sup>2</sup>; l'acciaio è caratterizzato da  $R_{eL} = 480$  N/mm<sup>2</sup>.

Se si assume:  $k_{sn} = 1,5$ , si ottiene:  $\sigma_{adm} = 320$  N/mm<sup>2</sup>. Dal momento che risulta:  $\sigma < \sigma_{adm}$ , la verifica di resistenza della vite ha esito positivo]

### A3 | Esercizio 3



Bullone (vite passante e dado).

Due lamiere sono collegate mediante n° 10 bulloni M 5 costruiti in acciaio appartenente alla classe di resistenza 5.6. Le lamiere sono soggette a una forza  $T = 7,1$  kN che tende a farle scorrere l'una sull'altra. Determinare il valore del coefficiente d'attrito necessario per evitare il verificarsi di slittamenti tra le lamiere.

[L'acciaio è caratterizzato da un carico unitario di snervamento che vale:  $R_{eL} = 300$  N/mm<sup>2</sup>; con  $k_{sn} = 1,5$ , si ricava:  $\sigma_{adm} = 200$  N/mm<sup>2</sup>; dato che è (Tabella 8.1):  $S_{res} = 14,2$  mm<sup>2</sup>, si ha:  $N_{max\,serr} = 2840$  N e infine:  $f_{min} = 0,25$ ]

## A4 | Esercizio 4



Vite a gambo rettificato.

Una vite a gambo rettificato M 20 per carpenteria, costruita in acciaio appartenente alla classe di resistenza 5.8, ha, nel tratto rettificato del gambo, diametro  $d_{\text{gambo}} = 22 \text{ mm}$  ed è sollecitata a trazione da una forza pari a 60 kN e a taglio da una forza  $T = 30 \text{ kN}$ .

Verificare lo stato di tensione della vite.

[L'acciaio è caratterizzato da un carico unitario di snervamento che vale:  $R_{\text{eL}} = 400 \text{ N/mm}^2$ ; se si adotta  $k_{\text{sn}} = 1,5$ , si ricava:  $\sigma_{\text{adm}} \approx 266,6 \text{ N/mm}^2$ ; dato che è (Tabella 8.1):  $S_{\text{res}} = 245 \text{ mm}^2$ , risulta:  $\sigma = 245 \text{ N/mm}^2$ ; dal momento che si è ottenuto  $\sigma < \sigma_{\text{adm}}$ , la verifica a trazione del tratto filettato del gambo ha esito positivo. Si ricava inoltre:  $A_{\text{gambo}} = 380,13 \text{ mm}^2$ ;  $\sigma_1 \approx 157,84 \text{ N/mm}^2$ . Poiché si è ottenuto  $\sigma_1 < \sigma_{\text{adm}}$ , la verifica a trazione del tratto rettificato del gambo ha esito positivo; anche la verifica a taglio ha esito positivo in quanto si ricava:  $\tau_{\text{max}} = 105,23 \text{ N/mm}^2 < 153,96 \text{ N/mm}^2$ ; si ha infine:  $(\tau_{\text{max}}/\tau_{\text{adm}})^2 + (\sigma_1/\sigma_{\text{adm}})^2 \approx 0,82 < 1$ , quindi anche questa verifica ha esito positivo]

## A5 | Esercizio 5



Giunto a dischi.

I due dischi di un giunto rigido a dischi atto a trasmettere una potenza  $P = 50 \text{ kW}$  al regime di 620 giri/min sono collegati tra di loro mediante quattro bulloni M 12. La corona circolare che delimita le superfici a contatto dei dischi ha diametro esterno  $D_e = 260 \text{ mm}$  e diametro interno  $D_i = 170 \text{ mm}$ .

Gli assi dei bulloni giacciono sulla circonferenza media della suddetta corona circolare. Il coefficiente d'attrito vale mediamente 0,24. Si richiede di verificare la resistenza dei bulloni di collegamento realizzati in acciaio appartenente alla classe di resistenza 10.9.

[ $M_t \approx 770,1 \text{ Nm}$ ;  $r_m = 107,5 \text{ mm}$ ;  $T \approx 7163,72 \text{ N}$ ; la forza minima necessaria di serraggio delle viti è:  $N_{\text{min serr}} \approx 7462,21 \text{ N}$ ; dato che è:  $R_{\text{eL}} = 900 \text{ N/mm}^2$ , se si adotta  $k_{\text{sn}} = 4$  si ottiene:  $\sigma_{\text{adm}} = 225 \text{ N/mm}^2$ . Dalla Tabella 8.1 si ricava:  $S_{\text{res}} = 84,3 \text{ mm}^2$  per cui la forza massima ammissibile di serraggio vale:  $N_{\text{adm serr}} \approx 18967,5 \text{ N}$ . Dal momento che risulta  $N_{\text{min serr}} < N_{\text{adm serr}}$ , il collegamento tra i due dischi è realizzabile in sicurezza. Se viene meno la forza di trazione delle viti e con essa la forza d'attrito, le viti sono sottoposte a taglio. La verifica a taglio ha comunque esito positivo in quanto, dato che è:  $d_{\text{nocc}} = 9,853 \text{ mm}$ ,  $S_{\text{nocc}} \approx 76,25 \text{ mm}^2$  e di conseguenza:  $\tau_{\text{max}} \approx 31,32 \text{ N/mm}^2$ , è anche:  $\tau_{\text{adm}} \approx 129,9 \text{ N/mm}^2$  per cui si ha, in definitiva:  $\tau_{\text{max}} < \tau_{\text{adm}}$ ]

## A6 | Esercizio 6



Vite a gambo rettificato.

Una vite a gambo rettificato M 16 è sollecitata a taglio da una forza  $T = 15 \text{ kN}$  e contemporaneamente a trazione da un carico  $F_{\text{ass}} = 30 \text{ kN}$ . Il diametro del tratto rettificato della vite è pari a 18 mm. Definire la classe di resistenza minima dell'acciaio che occorre utilizzare in questa applicazione.

[Se si utilizza un grado di sicurezza calcolato rispetto allo snervamento  $k_{\text{sn}} = 1,5$ , tutte le verifiche hanno esito positivo se si adotta per la vite un acciaio appartenente almeno alla classe di resistenza 5.6. Risulta infatti:  $R_{\text{eL}} = 300 \text{ N/mm}^2$ ;  $\sigma_{\text{adm}} = 200 \text{ N/mm}^2$ ;  $\tau_{\text{adm}} \approx 115,47 \text{ N/mm}^2$ ;  $\sigma_1 \approx 117,89 \text{ N/mm}^2$ ;  $\tau_{\text{max}} \approx 78,59 \text{ N/mm}^2$ ; anche l'espressione (10) è soddisfatta in quanto risulta  $0,81 < 1$ ]

## A3 | Esercizio 7



Bullone (vite passante e dado).

Calcolare il valore della forza complessiva massima che n° 6 bulloni M 14 possono opporre allo slittamento di due lamiere metalliche collegate tra di loro. Il materiale delle viti è un acciaio della classe di resistenza 3.6. Il coefficiente d'attrito radente vale 0,15.

[Se si assume un coefficiente di sicurezza relativo allo snervamento  $k_{\text{sn}} = 1,5$  e si ipotizza uno sforzo massimo di trazione dei bulloni di entità pari a quello che genera la tensione ammissibile  $\sigma_{\text{adm}}$ , risulta:  $T_{\text{adm}} = 12420 \text{ N}$ ]

**A7 | Esercizio 8**

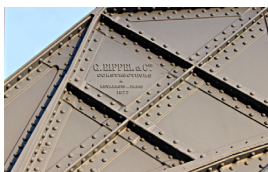


Vite.

Determinare il valore del momento massimo di serraggio tollerabile da una vite M 12 realizzata in acciaio appartenente alla classe di resistenza 5.6.

[Se si assume un coefficiente di sicurezza relativo allo snervamento  $k_{sn} = 1,5$ , risulta:  $M_{serr\ max} = 40464\ Nmm$ ]

**B1 | Esercizio 9**



Lamiere chiodate.

Verificare la resistenza di una chiodatura a caldo, a semplice sovrapposizione, della quale sono assegnati i seguenti dati:

- n° 10 chiodi di diametro  $d = 16\ mm$ , in acciaio UNI EN 10025-S 275;
- lamiere da collegare: larghezza  $b = 560\ mm$ ; spessore  $s = 8\ mm$ ;
- materiale delle lamiere: acciaio UNI EN 10025-S 235.

Sulle lamiere agisce una forza costante  $T$  pari a 58 kN che tende a farle scivolare l'una sull'altra.

Il coefficiente d'attrito è  $f = 0,16$ .

[ $d_{foro} = 17\ mm$ ;  $A_{chiodo} \approx 201,06\ mm^2$ ;  $F_{ass\ adm} \approx 36861,35\ N$ ;  $F_{attr} \approx 5897,82\ N$ ;  $F_{tot\ attr} \approx 58978,17\ N > 58000\ N$ : dunque la chiodatura riesce a produrre una forza complessiva d'attrito sufficiente a equilibrare la forza  $T$ .

Per la verifica alla pressione di rifollamento dei fori si ha:  $p_{rif} \approx 42,65\ N/mm^2$ ;

$\sigma_{adm} \approx 156,67\ N/mm^2$ , con  $k_{sn} = 1,5$ ; dato che si è ottenuto:

$p_{rif} < 2 \cdot \sigma_{adm} \approx 313,33\ N/mm^2$ , tale verifica ha esito positivo.

L'area della sezione resistente della lamiera è:  $A_{res} = 3120\ mm^2$ ;

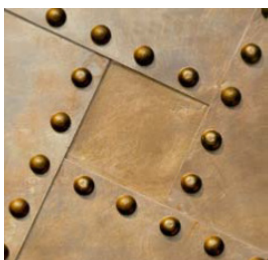
$\sigma \approx 18,59\ N/mm^2 < \sigma_{adm}$ : dunque la verifica della resistenza a trazione della sezione della lamiera in corrispondenza dei fori ha esito positivo]



**RISORSE DIGITALI**

**10** Su foglio elettronico:  
Esercizio 9 - Verifica  
di una chiodatura  
a semplice  
sovrapposizione

**B2 | Esercizio 10**



Lamiere chiodate.

Due lamiere aventi larghezza  $b = 300\ mm$ , spessore  $s = 12\ mm$ , in acciaio UNI EN 10025-S 235 sono collegate tramite n° 4 chiodi di diametro nominale  $d = 25\ mm$ . La chiodatura, a doppio coprigiunto, è effettuata a caldo ed è soggetta a una forza  $T$  che tende a far slittare le lamiere l'una sull'altra. Il coefficiente d'attrito è  $f = 0,18$ . Determinare l'entità della forza massima ammissibile  $T_{adm}$  senza scorrimento relativo delle lamiere. Nell'ipotesi di forza d'attrito complessiva uguale a  $T_{adm}$ , effettuare la verifica al rifollamento dei fori e la verifica della resistenza a trazione della sezione trasversale della lamiera in corrispondenza dei fori.

[ $d_{foro} = 26\ mm$ ;  $A_{chiodo} \approx 490,87\ mm^2$ ; se la chiodatura agisce ad attrito,

risulta:  $F_{ass\ adm} \approx 89993,54\ N$ ;  $F_{attr} \approx 16198,84\ N$ ;  $T_{adm} \approx 64795,35\ N$ .

Per la verifica alla pressione di rifollamento dei fori si ha:  $p_{rif} \approx 51,92\ N/mm^2$ ;

dato che è:  $\sigma_{adm} \approx 156,67\ N/mm^2$  con  $k_{sn} = 1,5$ ,

risulta:  $p_{rif} \approx 51,92\ N/mm^2 < 2,3 \cdot \sigma_{adm} \approx 360,33\ N/mm^2$ ,

perciò questa verifica ha esito positivo.

L'area della sezione resistente della lamiera vale:  $A_{res} = 2352\ mm^2$ ;

di conseguenza si ha:  $\sigma \approx 27,55\ N/mm^2 < 156,67\ N/mm^2 = \sigma_{adm}$ .

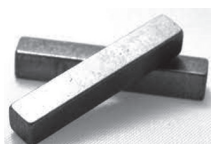
Dunque, anche la verifica della resistenza a trazione della sezione della lamiera in corrispondenza dei fori ha esito positivo]



**RISORSE DIGITALI**

**11** Su foglio elettronico:  
Esercizio 10 -  
Verifica di una  
chiodatura a doppio  
coprigiunto

**C | Esercizio 11**



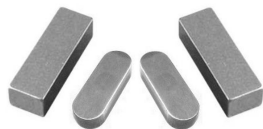
Linguette diritte.

Calcolare il diametro di un albero in corrispondenza della sezione dove è calettata, mediante linguetta, una ruota dentata. Sono assegnati i seguenti dati: potenza da trasmettere  $P = 10\ kW$  al regime di 900 giri/min; il momento flettente agente sulla suddetta sezione può essere ritenuto trascurabile. Determinare inoltre le dimensioni della linguetta che viene utilizzata per tale collegamento. Il materiale con cui è stato realizzato l'albero è un acciaio da cementazione avente un carico unitario di scostamento dalla proporzionalità:

$$R_{p\ 0,2} = 245\ N/mm^2$$

[Se si assume un coefficiente di sicurezza relativo allo snervamento  $k_{sn} = 1,5$ , si ottiene:  $\sigma_{adm} \approx 163,3 \text{ N/mm}^2$ ;  $\tau_{adm} \approx 94,3 \text{ N/mm}^2$ ;  $M_t \approx 106\,103 \text{ Nmm}$ ;  $d_{min} \approx 17,89 \text{ mm}$ . Occorre arrotondare questo valore almeno a 26 mm perché solo così il diametro della sezione resistente vale almeno 18 mm. La linguetta da usarsi può essere la linguetta UNI 6604 – B – 8 × 7 × 32]

#### D | Esercizio 12

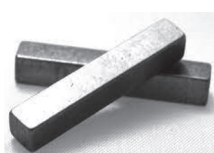


Chiavette (diritte e arrotondate).

Determinare quale pressione di forzamento occorre esercitare sulla chiavetta UNI 6607 B 8745 per trasmettere un momento torcente pari a 100 Nm. L'albero sul quale è montata la chiavetta ha diametro  $d = 30 \text{ mm}$ . Assumere come coefficiente d'attrito il valore  $f = 0,1$ .

$$[p \approx 120,77 \text{ N/mm}^2]$$

#### C | Esercizio 13

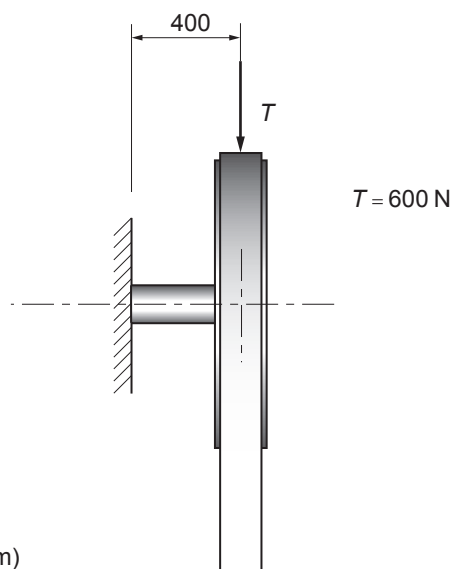


Linguette diritte.

Una trasmissione mediante pulegge e cinghia trapezoidale deve trasmettere una potenza pari a 4 kW. L'albero motore ha una frequenza di rotazione  $n = 400 \text{ giri/min}$  e porta calettata a un'estremità una puleggia che, per effetto del tiro della cinghia, gli trasmette una spinta radiale  $T = 600 \text{ N}$ .

Il materiale utilizzato per la costruzione dell'albero è un acciaio legato. Il carico unitario di sicurezza, per l'albero, è:  $\sigma_{adm} = 150 \text{ N/mm}^2$ . Calcolare il diametro dell'albero nella sezione di calettamento della puleggia e determinare le dimensioni della linguetta necessaria per questo calettamento (Figura 1).

Figura 1



(misure in mm)

$$[M_t \approx 95\,493 \text{ Nmm}; M_{f_{max}} = 240\,000 \text{ Nmm}; M_{f_{id}} \approx 253\,848,74 \text{ Nmm}; d \approx 25,8 \text{ mm, valore che deve essere portato a 32 mm in quanto viene adottata la linguetta UNI 6604 – B – 10 × 8 × 36 avente } t_1 = 5 \text{ mm}]$$

#### E | Esercizio 14



Albero scanalato.

Un albero scanalato utilizzato in un innesto a frizione deve trasmettere una potenza di 90 kW al regime di 2400 giri/min. L'albero scanalato è del tipo con centraggio interno e appoggio stretto. L'accoppiamento è scorrevole non sotto carico.

Considerare trascurabile il momento flettente agente sull'albero. Il materiale di cui è costituito l'albero è un acciaio legato. Assumere come carico unitario di sicurezza statico a torsione  $\sigma_{adm} = 200 \text{ N/mm}^2$ .

Calcolare le dimensioni dell'albero scanalato.

$$[M_t \approx 358\,099 \text{ Nmm}; \sigma_{adm \text{ a fatica}} \approx 66,67 \text{ N/mm}^2 \text{ con } k_{fatica}, \text{ coefficiente di sicurezza a fatica, pari a 3; } d_{min} \approx 30,13 \text{ mm. Se si assume: } d = 32 \text{ mm, risulta: } D = 36 \text{ mm; } b = 6 \text{ mm; n}^\circ 8 \text{ scanalature; con } K_3 = 0,67, \text{ la lunghezza utile minima delle scanalature diventa: } l_{min} = 162,14 \text{ mm}]$$