

ESERCIZI PROPOSTI

Argomenti:

- A1 Meccanismo biella-manovella: calcolo di F , sue componenti e M_m
- A2 Meccanismo biella-manovella: calcolo di F_{in}
- A3 Meccanismo biella-manovella: calcolo di F_c
- A4 Meccanismo biella-manovella: calcolo di F_{max}
- A5 Meccanismo biella-manovella: verifica della resistenza della biella
- A6 Meccanismo biella-manovella: progetto di una biella di sezione circolare cava
- A7 Meccanismo biella-manovella: progetto di una biella di sezione circolare piena

A1 | Esercizio 1



In un motore alternativo idraulico la pressione del fluido vale 2,8 bar e si mantiene costante per l'intera corsa di andata dello stantuffo. Il manovellismo utilizzato ha le seguenti caratteristiche:

lunghezza della biella: $l = 34$ cm;
corsa dello stantuffo: $c = 20$ cm;
diametro del cilindro: $D = 16$ cm.

Determinare la forza F dovuta alla pressione del fluido e i valori assunti dalle sue componenti quando l'angolo di manovella è pari a 60° . Calcolare inoltre il momento motore che la componente F_t trasmette all'albero.

[$A_{st} \approx 20\,106 \text{ mm}^2$; $F \approx 5629,7 \text{ N}$; $r = 100 \text{ mm}$; $\sin \beta \approx 0,2547$
e quindi $\beta \approx 14,76^\circ$; $F' \approx 5821,8 \text{ N}$; $F'' \approx 1483 \text{ N}$; $F_t \approx 5617 \text{ N}$;
 $F_r \approx 1530,3 \text{ N}$; $M_m \approx 561,7 \text{ Nm}$]

A2 | Esercizio 2



La biella di un manovellismo usato in una macchina alternativa idraulica ha lunghezza $l = 36$ cm; la lunghezza della manovella è $r = 8$ cm. La manovella ha frequenza di rotazione $n = 95$ giri/min; la massa complessiva degli organi in moto alternativo è $m_{tot} = 4,2$ kg. Calcolare le forze d'inerzia che si sviluppano in corrispondenza dei punti morti e per un angolo di manovella $\alpha = 35^\circ$.

[$\mu = 4,5$; $\omega \approx 9,95 \text{ rad/s}$; $F_{in(P.M.S.)} \approx 40,66 \text{ N}$; $F_{in(P.M.I.)} \approx 25,87 \text{ N}$; $F_{in(35^\circ)} \approx 29,78 \text{ N}$]

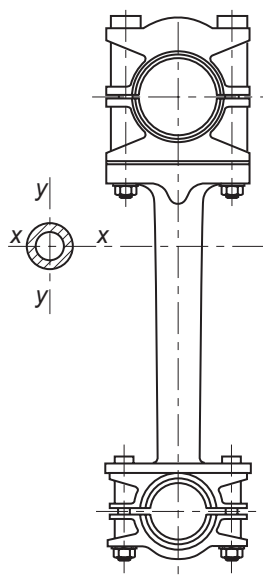
A3 | Esercizio 3



Determinare la forza centrifuga che si origina sul bottone di manovella di una macchina alternativa idraulica della quale si conoscono la frequenza di rotazione dell'albero $n = 115$ giri/min e la lunghezza della manovella $r = 12$ cm. La massa della manovella è $m_{man} = 4,5$ kg; le altre masse che partecipano con la manovella al moto rotatorio valgono complessivamente 9 kg. Il baricentro della manovella è posto a distanza $r_G = 5$ cm dall'asse di rotazione dell'albero.

[La massa fittizia della manovella, pensata concentrata sul bottone di manovella, vale: $m'_{man} = 1,875 \text{ kg}$. La massa totale degli organi che partecipano al moto rotatorio è perciò $m_c = 10,875 \text{ kg}$. La forza centrifuga pertanto vale $F_c \approx 189,17 \text{ N}$]

A4 | Esercizio 4



Il fusto di una biella di un motore navale ha sezione circolare cava (**Figura 1**), la cui sezione media ha le seguenti dimensioni:

diametro esterno: $D = 8$ cm;
diametro interno: $d = 5$ cm.

La biella ha lunghezza $l = 0,9$ m ed è costruita in acciaio da bonifica UNI EN ISO 683-2:2018-C 35; questo acciaio ammette un carico unitario di rottura: $R_m = 500$ N/mm².

Calcolare la spinta assiale massima che può essere sopportata in sicurezza dalla biella.

$[i = 2,36$ cm; $\lambda_x \approx 38,14$; $A_{fusto} \approx 3063$ mm²; $\sigma_{adm\ compr} = 50$ N/mm² con: $k_R = 10$; dal momento che non è applicabile il metodo di Eulero, si utilizza il metodo di Rankine e si ottiene: $F_{ass\ max} \approx 121,37$ kN con $\alpha = 0,00018$]

Figura 1

A5 | Esercizio 5

Verificare la resistenza della biella di un motore alternativo a c.i. che presenta le seguenti dimensioni:

alesaggio: $d = 80$ mm;
corsa dello stantuffo: $c = 90$ mm;
lunghezza della biella: $l = 200$ mm.

La frequenza di rotazione, a regime, dell'albero motore è $n_1 = 1400$ giri/min. La pressione massima esercitata dal fluido in prossimità del P.M.S. è $p_{max} = 45$ bar; vale 4 bar la pressione del fluido quando il manovellismo è in quadratura, nel corso della fase di espansione. La massa complessiva degli organi traslanti con moto alternativo è $m_{tot} = 3$ kg; quella degli elementi del manovellismo dotati di moto circolare, ridotta al bottone di manovella, è $m_c = 2,8$ kg.

La sezione media del fusto della biella è rappresentata in **Figura 2**.

Il materiale di cui è costituita la biella è un acciaio che ammette un carico unitario di rottura: $R_m = 1000$ N/mm².

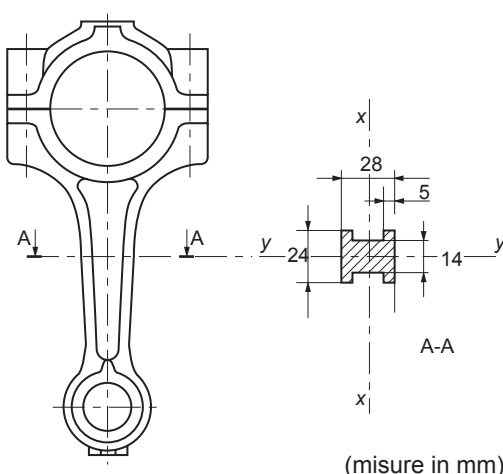


Figura 2

(misure in mm)

$[\omega \approx 146,61$ rad/s; $A_{st} \approx 5026,55$ mm²; $F_{max} \approx 22\,619,47$ N; $I_x = 39\,044$ mm⁴; $I_y = 15\,636$ mm⁴; $W_x \approx 2788,86$ mm³; $A_{fusto} = 492$ mm²; $i_x \approx 8,91$ mm; $i_y \approx 5,64$ mm; $\lambda_x \approx 22,45$; $\lambda_y \approx 24,83$; $r = 45$ mm; $\mu = 4,4$; $F_{in\ (P.M.S.)} \approx 3554,65$ N; $F_{in\ (P.M.I.)} \approx 2248,86$ N; $F_{tot\ (P.M.S.)} \approx 19\,064,82$ N. Se l'inflexione avviene con asse di sollecitazione coincidente con l'asse x-x e quindi con asse neutro = asse y-y, cioè perpendicolarmente al piano del disegno, e se si utilizza il metodo di Rankine in quanto non è applicabile il metodo di Eulero si ha: $\sigma \approx 38,74$ N/mm²;

$\sigma_{\text{adm compr.}} = 125 \text{ N/mm}^2$ con $k_R = 8$; $\sigma_{\text{adm (Rankine)}} = 114,60 \text{ N/mm}^2$ con $\alpha = 0,00018$;
 dal momento che risulta $\sigma < \sigma_{\text{adm (Rankine)}}$, la verifica ha esito positivo.
 Se l'inflessione avviene sul piano del disegno e quindi con asse neutro = asse x-x
 si ha: $\sigma_{\text{adm (Rankine)}} \approx 112,51 \text{ N/mm}^2$, con $\alpha = 0,00018$.
 Anche questa verifica ha esito positivo.
 Verifica a pressoflessione in posizione di quadratura: $\alpha = 77,32^\circ$; $\beta = 12,68^\circ$;
 $F_Q = 2010,62 \text{ N}$; $F'_Q = F_Q / \cos \beta \approx 2060,88 \text{ N}$; $M_{f \text{ max}} \approx 34\,666 \text{ Nmm}$;
 $\sigma_N = 4,19 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{\text{max M}} \approx 12,43 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{\text{tot}} \approx 16,62 \text{ N/mm}^2$; dato che risulta:
 $\sigma_{\text{tot}} < \sigma_{\text{adm compr.}}$ la verifica a colpo di frusta della biella ha esito positivo.

A6 | Esercizio 6

La biella di un motore Diesel ha il fusto, che si suppone a sezione costante, circolare cavo e della lunghezza di 1 metro. Il suo diametro interno è pari a 4/10 del diametro esterno. Il motore ha cilindri di diametro di 280 mm. La pressione massima raggiunta dal fluido all'inizio della combustione è di 55,92 bar. Il materiale è l'acciaio da bonifica UNI EN ISO 683-1:2018-C 40, che ammette un carico unitario di rottura $R_m = 550 \text{ N/mm}^2$.

Calcolare il valore del diametro esterno del fusto della biella dopo aver scelto in modo opportuno i dati eventualmente mancanti nell'enunciato del problema.

[Se si assume come coefficiente di sicurezza $k_R = 6$ si ha: $\sigma_{\text{adm compr.}} \approx 91,6 \text{ N/mm}^2$;
 se si procede per tentativi e per il fusto si assume come diametro esterno $d_{\text{est}} = 100 \text{ mm}$, risulta: $d_{\text{int}} = 40 \text{ mm}$; $i \approx 26,93 \text{ mm}$; $\lambda_x = 37,14$. Si adotta il metodo di Rankine in quanto non è applicabile il metodo di Eulero; dato che l'area della sezione retta del cilindro è $A \approx 61\,575 \text{ mm}^2$, la forza massima esercitata sul pistone al P.M.S. è: $F_{\text{max}} \approx 344\,329 \text{ N}$; risulta inoltre: area della sezione retta del fusto: $A_{\text{fusto}} \approx 6254 \text{ mm}^2$; $\sigma = F_{\text{max}} / A_{\text{fusto}} \approx 55,06 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{\text{adm (Rankine)}} = 73,43 \text{ N/mm}^2$ con: $\alpha = 0,00018$; dal momento che si è ottenuto $\sigma < \sigma_{\text{adm (Rankine)}}$ la verifica ha esito positivo: il dimensionamento ipotizzato è quindi accettabile.

A7 | Esercizio 7

La biella di un motore idraulico alternativo ha il fusto a sezione circolare piena, costante. Si conoscono le seguenti caratteristiche:

pressione massima esercitata dal fluido sullo stantuffo: $p_{\text{max}} = 2,8 \text{ bar}$;

diametro del cilindro: $D = 22 \text{ cm}$;

lunghezza della biella: $l = 1,3 \text{ m}$;

materiale: acciaio che ammette modulo di elasticità $E = 206\,000 \text{ N/mm}^2$.

Dimensionare la biella.

[L'area della sezione retta del cilindro vale: $A_{\text{st}} \approx 38\,013 \text{ mm}^2$. La spinta massima esercitata dal fluido è: $F_{\text{max}} \approx 10\,643,7 \text{ N}$. Se si ricava I_{min} dall'espressione di Eulero e si trascurano le forze d'inerzia alternative si ottiene: $I_{\text{min}} \approx 44\,237 \text{ mm}^4$, se si è posto $I_x = I = 1300 \text{ mm}$ e con l'assunzione di un coefficiente di sicurezza $k_{\text{(Eulero)}} = 5$. Si ricava $d_{\text{min fusto}} \approx 30,81 \text{ mm}$, che viene arrotondato a 32 mm; dato che risulta: $i = 8 \text{ mm}$, $\lambda_x = 162,5 > \lambda_{\text{min (Eulero)}}$, si ha la conferma che l'applicazione della formula di Eulero è corretta]