

MECCANICA APPLICATA E MACCHINE A FLUIDO

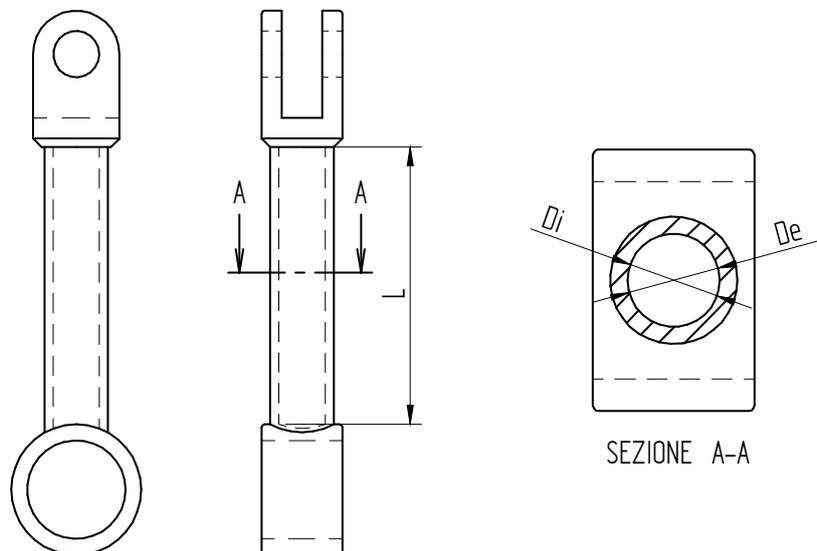
Sessione ordinaria 1999

Di un motore Diesel quadricilindrico a quattro tempi sono noti i seguenti dati:

- rapporto corsa diametro $c/d = 1.6$
- velocità media degli stantuffi $v_m = 3.86 [m/s]$
- velocità di rotazione $n = 250$ giri/min
- pressione massima nel cilindro $p_{max} = 80 [daN/cm^2]$

Eeguire il proporzionamento della biella a sezione circolare uniforme cava con rapporto fra i diametri pari a 0.4 e di lunghezza $l = 0.9 [m]$.

Determini inoltre la potenza e il consumo orario del motore.

**Ipotesi di soluzione**

Il calcolo sarà fatto seguendo le indicazioni riportate dal “Manuale di meccanica” ed. Hoepli

Per iniziare è necessario scegliere l'acciaio con cui è costruita la biella.

Dal manuale

- acciaio C50 bonificato che ha:
 - tensione di rottura $R_{ma} = 700 [N/mm^2]$,
 - tensione di snervamento $R_{sa} = 460 [N/mm^2]$,

Per il calcolo del diametro della biella è necessario conoscere preventivamente le forze agenti, per questo si devono definire le dimensioni del pistone.

Dalla relazione della velocità media v_m del pistone

$$v_m = \frac{2 \cdot c \cdot n}{60}$$

dove c è la corsa ed n è il numero di giri, si ricava la corsa

$$c = \frac{v_m \cdot 60}{2 \cdot n} = \frac{3,86 \cdot 60}{2 \cdot 250} = 0,4632 \text{ [m]} = 463,2 \text{ [mm]}$$

conoscendo il rapporto corsa su alesaggio $c/d=1,6$ si calcola l'alesaggio d

$$d = \frac{c}{1,6} = \frac{463,2}{1,6} = 289,5 \text{ [mm]}$$

La cilindrata del motore è:

$$V = i \cdot c \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 4 \cdot 463,2 \cdot \pi \cdot \frac{289,5^2}{4} = 121916000 \text{ [mm}^3\text{]} = 121,96 \text{ [dm}^3\text{]}$$

dove i è il numero di cilindri.

Essendo il numero di giri n inferiore a 350 [rpm] la biella sarà calcolata come un "Biella lenta" in questo caso:

- si trascura la sua forza di inerzia;
- si effettua il calcolo quando il piede di biella è al punto morto superiore, che corrisponde al massimo sforzo trasmesso

Il calcolo sarà effettuato ipotizzando la biella soggetta alla sola compressione, successivamente si effettuerà la verifica a carico di punta, se necessario.

Definito il coefficiente di sicurezza $\gamma = 4,5$ si ricava la tensione ammissibile

$$\sigma_{am} = \frac{R_s}{\gamma} = \frac{450}{4,5} = 100 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Sia χ il rapporto tra i diametri ovvero $\chi = \frac{D_I}{D_E}$ da cui si ricava

$$D_E = \chi \cdot D_I = 0,4 \cdot D_I$$

L'area del fusto della biella è :

$$A = \pi \frac{(D_E^2 - D_I^2)}{4} \Rightarrow A = \pi \frac{(D_E^2 - \chi^2 \cdot D_E^2)}{4} \Rightarrow A = \frac{\pi \cdot D_E^2 \cdot (1 - \chi^2)}{4}$$

Applicando l'equazione di stabilità al fusto della biella si ha

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{am} \Rightarrow \frac{F_{max}}{A_b} \leq \sigma_{am} \Rightarrow A_b \geq \frac{F_{max}}{\sigma_{am}}$$

La traccia ci fornisce il valore della pressione massima, dai calcoli precedenti è stato calcolato il diametro del pistone, si ha:

$$p_{max} = 80 \left[\frac{daN}{cm^2} \right] = 8000 \cdot 000 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 8000 [MPa]$$

L'area del pistone vale:

$$A_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 289,5^2}{4} = 5265,95 [mm^2]$$

La forza massima applicata sul pistone è:

$$F_{max} = p_{max} \cdot A_p = 8000 \cdot 5265,95 = 5,27 \cdot 10^5 [N]$$

Si ricava infine il valore minimo della superficie della sezione della biella

$$A_b \geq \frac{F_{max}}{\sigma_{am}} \geq \frac{5,27 \cdot 10^5}{100} = 5265,95 [mm^2]$$

Dalla relazione relativa all'area trovata in precedenza si ricava il diametro esterno

$$D_E = \sqrt{\frac{4 \cdot A_b}{\pi \cdot (1 - \chi^2)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5265,95}{\pi \cdot (1 - 0,4^2)}} = 89,34 [mm]$$

Si sceglie $D_E = 90 [mm]$ e quindi $D_I = \chi \cdot D_E = 0,5 \cdot 90 = 36 [mm]$

Con queste dimensioni si calcola il momento di inerzia assiale minimo è:

$$I_{min} = \pi \cdot \frac{D_E^4 - D_I^4}{64} = \pi \cdot \frac{90^4 - 36^4}{64} = 3138175,39 [mm^2]$$

e l'area delle sezione del fusto della biella

$$A = \pi \frac{(D_E^2 - D_I^2)}{4} = \pi \frac{(90^2 - 36^2)}{4} = 5343,85 [mm^2]$$

ed il relativo raggio d'inerzia

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{3138175,39}{5343,85}} = 24,23 [mm]$$

Per definire la lunghezza libera di inflessione si ipotizza che la biella sia incastrata in una estremità ed incernierata nell'altra per cui si ha

$$l_{ef} = \frac{l_b}{\sqrt{2}} = \frac{900}{\sqrt{2}} = 636,40 [mm]$$

il rapporto di snellezza vale

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{\rho_{min}} = \frac{636,40}{24,23} = 26,27$$

essendo il rapporto inferiore a 100 non è necessario effettuare la verifica a carico di punta.

Calcolo potenza e consumo orario.

Per il calcolo delle grandezze richieste è necessario effettuare delle scelte da cui deriveranno risultati che dipenderanno dalle scelte fatte, per cui gli stessi risultati non potranno che essere indicativi.

Il calcolo della potenza sarà fatto definendo la pressione media effettiva; il manuale Cremonese di Meccanica riporta, per i diesel 4 tempi media velocità, un intervallo di pressione massima di fine combustione tra 8 e 12 [MPa] ed una pressione media tra 1.5 e 2.2 [MPa], ricordando che la traccia fornisce una pressione massima di 8 [MPa] si ipotizza:

$$p_{me} = 1,5 [MPa] = 1,5 \cdot 10^6 [Pa]$$

definita la pressione si è in grado di ricavare un valore indicativo della potenza del motore utilizzando la relazione

$$P_e = p_{me} \cdot V \cdot \frac{n}{\varepsilon}$$

di ε è una costante che vale 1 se il motore è a due tempi e 2 se il motore è a 4 tempi, con i valori definiti in precedenza si ottiene

$$P_e = p_{me} \cdot V \cdot \frac{n}{\varepsilon} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{121,96}{1000} \cdot \frac{250}{2 \cdot 60} = 381125 [W] = 381,17 [kW]$$

Per il calcolo del consumo orario si ipotizza un rendimento volumetrico $\eta_v = 0,8$

La portata d'aria \dot{m}_a si ricava dalla relazione

$$\dot{m}_a = V \cdot \frac{n}{30 \cdot h} \cdot \rho_a \cdot \eta_v$$

dove la cilindrata V è misurata in [dm³], h rappresenta il numero di tempi e vale 4, ρ_a è la massa volumica dell'aria e si considera 1,2 [kg/m³], si ottiene:

$$\dot{m}_a = V \cdot \frac{n}{30 \cdot h} \cdot \rho_a \cdot \eta_v = 121,96 \cdot \frac{250}{30 \cdot 4} \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 243,92 \left[\frac{g}{s} \right]$$

Definito il rapporto stechiometrico $\alpha = \frac{m_a}{m_c} = 20$ tra la massa dell'aria e quella del combustibile si ottiene

$$\dot{m}_c = \frac{\dot{m}_a}{\alpha} = \frac{243,92}{20} = 12,20 \left[\frac{g}{s} \right] = 43,91 \left[\frac{kg}{h} \right]$$