UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, CHIMICA
E DEI MATERIALI

C.I. Costruzioni di Macchine

Elementi Costruttivi delle Macchine

- 20190611 -

PARTE II (comune)

Si deve realizzare una macchina di prova per flessione alterna. Si decide di utilizzare uno schema di flessione su quattro punti secondo lo schema di figura 1: la camma eccentrica C ruota attorno ad un asse ortogonale al piano del foglio e mette in compressione la molla M che, a sua volta, scarica la sua sollecitazione sul provino tramite il piattello P.Sapendo

- che il materiale della molla è un acciaio al silicio con S_{ut} = 1200 MPa e che la stessa non è stata sottoposta a presetting;
- che l'eccentricità e = 2 mm e che il raggio della camma (circolare) è pari a 15 mm;
- che la sollecitazione massima del provino sarà 100 MPa;
- che il coefficiente di attrito tra camma e pistone della molla può essere assunto pari a f = 0.1;
- che la camma è larga 10 mm ed è attraversata da un albero di diametro 10 mm;
- che la sezione del provino è $b \times h$ = 20 × 8 mm
- che la frequenza di prova non supererà i 20 Hz;
- che la molla sarà inserita in un tubo di diametro interno pari a 33 mm.

1. Si dimensioni la molla di compressione (si assuma nullo il precarico).
2. Si scelga il forzamento tra albero e camma (nel calcolo si trascuri l'eccentricità del punto di contatto tra camma e molla).

PARTE I (recupero test intermedio)

Volendo valutare l'opportunità di sostituire il forzamento con una saldatura d'angolo su di un solo lato della camma, si dimensioni la stessa per verificarne la fattibilità costruttiva. Per il calcolo si faccia riferimento alla figura 2.

Il candidato ipotizzi i dati eventualmente mancanti utilizzando valori compatibili a quelli forniti ed alla tipologia del problema.

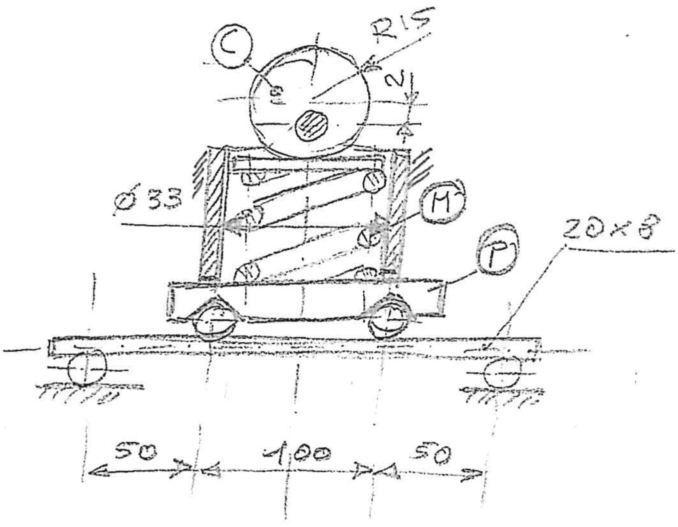


fig. 1

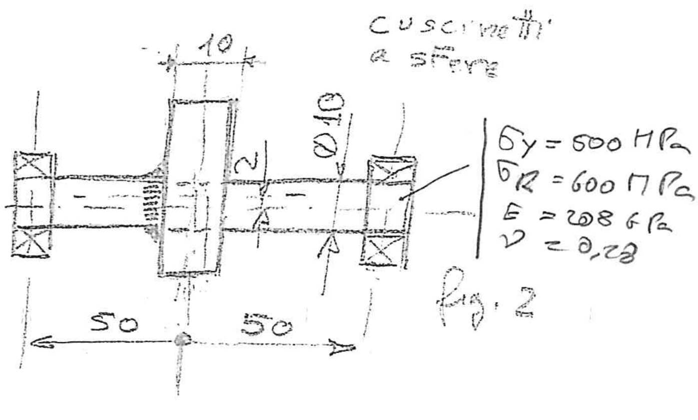
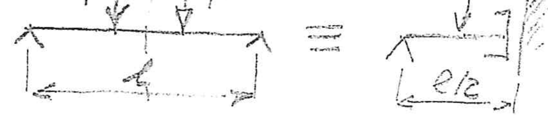
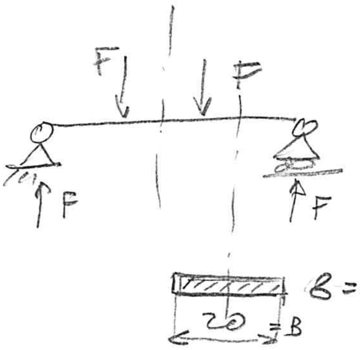


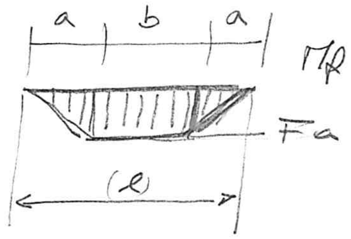
fig. 2

Suggerimento:



DIMCM - Via Marengo 2 - 09123 CAGLIARI - ITALIA - Tel. (+39) 070 6755951 - FAX (+39) 070 6755717 -C.F. 80019600925 - P.I. 00443370929



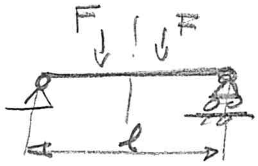


$a = 50$ mm
$b = 100$ mm | $l = 200$ mm

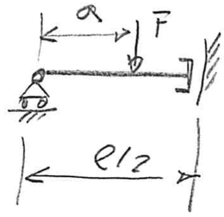
$$\sigma^{MAX} = \frac{M y^{max}}{J} = \frac{Fa \cdot \cancel{H}}{\cancel{BH^3}\,2 / 12_6} = \frac{6Fa}{BH^2} \Rightarrow F = \frac{\sigma \cdot BH^2}{6a} = \frac{100 \cdot 20 \cdot 8^2}{6 \cdot 50} = 426{,}66\ N$$
$$\simeq 426{,}7\ N$$

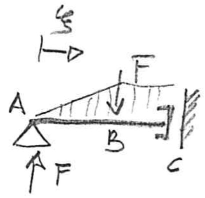
Freccia

N.b.



≡



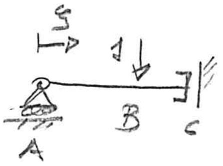


(↑⊞↓)

$M^{AB} = +F \cdot \xi$

$M^{BC} = +F \cdot \xi - [F(\xi - a)] = \cancel{F\xi} - \cancel{F\xi} + Fa = Fa$ (C.e.D)

Sist. Aux



$M_x^{AB} = 1 \cdot \xi$
$M_x^{BC} = 1 \cdot a$

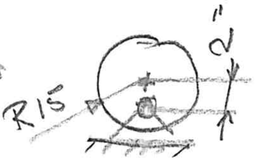
$LV_e = 1 \cdot \delta$

$$LV_i = \int_0^a \frac{(F \cdot \xi)(1 \cdot \xi)}{EJ} d\xi + \int_a^{l/2} \frac{(F \cdot a)(1 \cdot a)}{EJ} d\xi = \frac{Fa^3}{3EJ} + \frac{Fa^2 l}{2EJ} - \frac{Fa^3}{EJ}$$

$$\delta = \frac{Fa^2}{6EJ}\left(\cancel{2a} + 3l - \cancel{6a}^{-4a}\right) = \frac{Fa^2}{6EJ}(3l - 4a)$$

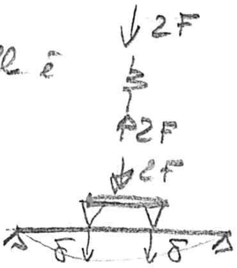
Nel nostro caso $\delta = \dfrac{426{,}67 \cdot 50^2}{6 \cdot 208 \cdot 10^3 \cdot \frac{20 \cdot 8^3}{12}} \cdot (3 \cdot 200 - 4 \cdot 50) = 0{,}4$ mm

CAMMA



⇒ Il martello si abbassa di $\Delta = 2e$

Per l'eq. delle molle è



⇒ $\Delta_{molle} = 2e - \delta = 4 - 0{,}4 = 3{,}6$ mm

$\Delta F = 2F - 0 = 426{,}66 \cdot 2 = 853{,}34\ N$

$K = \dfrac{\Delta F}{\Delta_{molle}} = \dfrac{853}{3{,}6} = 237$ N/mm

Molla

Scelgo: $(D+d)=D_e$ impongo che $D_s = 1{,}1\, D_e = \frac{11}{10}(D+d)$

$\frac{1}{d}\left(\frac{10}{11} D_s\right) = (D+d)\frac{1}{d}$ $\quad C = \frac{10}{11}\frac{D_s}{d} - 1$

nel nostro caso $D_s = 33 \Rightarrow \frac{10}{11} D_s = 30\,mm \Rightarrow \boxed{C = \frac{30}{d} - 1}$

La molla è sollecitata a fatica

$\tau f = \frac{\sigma_{ut}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0{,}85 \cdot 1 = \frac{1200}{2}\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0{,}85 \cdot 1 = 294{,}45\, MPa$

- K_b (assumo $d \leq 8mm$)
- finitura sup.le (K_a)
- C_L (torsione)
- acciaio

$\tau_d = \frac{\tau_f}{\eta} = \frac{294{,}45}{1{,}2} = 245\, MPa$

Vale $\frac{\tau_a}{\tau_f} = \frac{1}{\eta_f} \Rightarrow \tau_a = \frac{\tau_f}{\eta} = \tau_d$

$\tau = \frac{8 P C K_w}{\pi d^2} \Rightarrow \tau_a = \frac{\cancel{8}^{4}\, C K_w}{\pi d^2}\frac{\overbrace{P^{max} - P_{min}}^{\Delta P}}{\cancel{2}}$

$P_{min} = \emptyset$ (niente precarico

$P^{MAX} = P_{min} + K\,\delta \cdot 1{,}1 = \underbrace{273 \cdot 3{,}6}_{853{,}3} \cdot 1{,}1 = 938\, N$

sicurezza x non andare a pacco

$$\begin{cases} d = \sqrt[2]{\frac{4\,\Delta P}{\pi\, \tau_d} C K_w} \\ C = \frac{30}{d} - 1 \\ K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0{,}615}{C} \end{cases}$$

$\frac{4 \cdot 938}{\pi \cdot 245} = 4{,}8762$

C	Kw	d
5	1,3105	5,653
4,307	1,3696	5,363
4,594	1,3425	5,484
4,47	1,3537	5,432

Quindi il diametro del filo è compreso tra 5,48 e 5,43 mm. Per motivi di disponibilità sul mercato assumiamo

$d = 5{,}5\, mm$ e quindi $C = 4{,}455$ e $K_w = 1{,}355$

Verifica: - $D_e = d + D = d(1+C) = 5{,}5(1+4{,}\overline{45}) = 30\, mm$ (Q.e.D.)

- poiché $d < 8mm$ la nostra assunzione su K_b era corretta.

$n = \frac{d\, G}{8 K C^3} = \frac{5{,}5 \cdot 80 \cdot 10^3}{8 \cdot 237 \cdot (4{,}\overline{45})^3} = 2{,}625$ spire $\Rightarrow N = 3{,}625$ (terminali molati)

Verifica frequenza propria molle

$$f=\frac{d}{2\pi D^2 n}\sqrt{\frac{E\,A}{4(1+\nu)\rho}}$$

$$\Downarrow$$

$$f=\frac{5{,}5}{2\pi\, 24{,}5^2\cdot 2{,}625}\sqrt{\frac{208\cdot 10^6}{4(1+0{,}3)7850\cdot 10^{-9}}}= 1254\ Hz$$

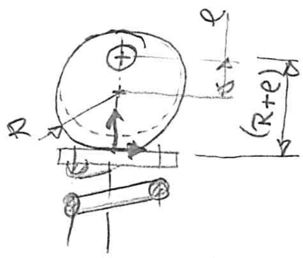
$d = 5{,}5$ mm
$D = d\cdot C = 5{,}5\cdot 4{,}45 = 24{,}5$ mm
$E = 208'000$ MPa
$A = 1000$
$\rho = 7850\cdot 10^{-9}$ kg/mm^3
$\nu = 0{,}3$

La forzante del sistema è a 20 Hz $\Rightarrow \eta = 62{,}7 \gg$ del valore consigliato $(10\div 20)$.

— o —

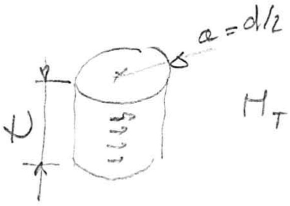
Forzamento

La configurazione di forza massima è



$\varnothing$ albero $= 10$ mm $\Rightarrow a = 5$ mm
$b = R - e = 15 - 2 = 13$ mm

Quindi il momento associato alla forza di attrito risulta $M_T = T_a(R+e) = F^{Max} f\,(R+e) = 853{,}3\cdot 0{,}1\,(15+2) = 1450{,}6$ Nmm



$$M_T = P_{min}\, f\cdot \pi \underset{10}{d}\cdot \underset{10}{t}\cdot \frac{d}{2} \Rightarrow P_{min} = \frac{2M_T}{\pi d^2 t f} = \frac{2\cdot 1450{,}6}{\pi\cdot 10^3\cdot 0{,}1} = 9{,}23\ MPa$$

Assumendo un coefficiente di sicurezza funzionale $\eta_f = 1{,}1$ abbiamo $P_{low} = P_{min}\,\eta_f = 10{,}15$ MPa

Utilizzando il criterio di V. Mises e $\eta_s = 1{,}1$ abbiamo $P_{hi} = \dfrac{\sigma_y(b^2-a^2)}{\eta_s\sqrt{3b^4+a^4}} =$

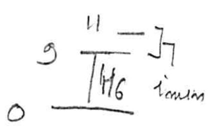
$$P_{hi} = \frac{500(13^2-5^2)}{1{,}1\sqrt{3\cdot 13^4+5^4}} = 222{,}79\ MPa$$

Quindi: $i_{min} = \dfrac{P\cdot d\ 2b^2}{E(b^2-a^2)} = \dfrac{10{,}15\cdot 10\cdot 2\cdot 13^2}{208'000(13^2-5^2)} = 1{,}14\cdot 10^{-3}$ mm $\Rightarrow 2\ \mu m$ (N.b.: arrotondamento verso l'alto)

$i^{MAX} = \dfrac{222{,}8\cdot 10\cdot 2\cdot 13^2}{208'000(13^2-5^2)} = 1{,}14\cdot 10^{-3}\cdot\dfrac{222{,}8}{10{,}15} = 25{,}1\cdot 10^{-3}$ mm $\Rightarrow 25\ \mu m$ (N.b.: arrotondamento verso il basso)

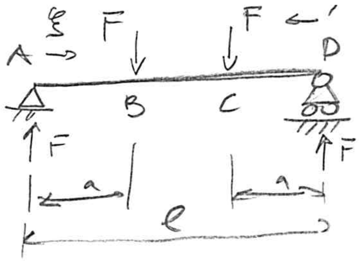
IT	μm	
7	15	
6	9	→ H6
5	6	

alberi	
m	+6
n	+10
p	+15
r	+19

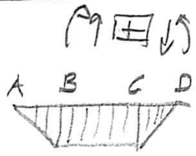


$\rightarrow\ >11 \rightarrow p \rightarrow$ $25 -$ $15 =$ $10\mu \rightarrow$ IT6

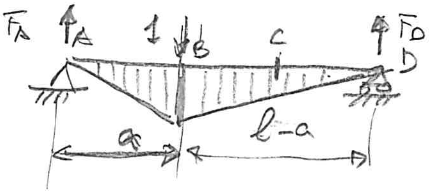
$\Rightarrow \boxed{\varnothing 10\ H_6 p_6}$



$$M_{AB} = F \cdot \xi$$
$$M_{BC} = F \cdot a$$
$$M_{DC} = F \cdot \eta$$



Freccia struttura completa



$$1 \cdot a = F_D \cdot l \Rightarrow F_D = \frac{a}{l} \qquad \text{(eq. Rotazione in A)}$$

$$F_D + F_A = 1 \Rightarrow F_A = 1 - \frac{a}{l} = \frac{l-a}{l} \qquad \text{(eq. Verticale)}$$

$$M_{AB} = \left(\frac{l-a}{l}\right)\xi$$
$$M_{BC} = \frac{a}{l} \cdot \eta$$
$$M_{CD} = \frac{a}{l} \cdot \eta$$

$$\delta = \underbrace{\int_0^a (F \cdot \xi)\left(\frac{l-a}{l} \cdot \xi\right)\frac{1}{EJ}\, d\xi}_{\text{tratto AB}} + \underbrace{\int_0^a (F \cdot \eta)\left(\frac{a}{l} \cdot \eta\right)\frac{1}{EJ}\, d\eta}_{\text{tratto DC}} + \underbrace{\int_a^{l-a} (F \cdot a)\left(\frac{a}{l}\eta\right)\frac{1}{EJ}\, d\eta}_{\text{tratto BC}} =$$

$$= \frac{F}{EJ}\frac{l-a}{l}\frac{a^3}{3} + \frac{F}{EJ}\frac{a}{l}\frac{a^3}{3} + \frac{F}{EJ}\frac{a^2}{l}\frac{\overbrace{[(l-a)^2 - a^2]}^{l^2+\cancel{a^2}-2al-\cancel{a^2}}}{2} =$$

$$= \frac{F}{3EJ}\frac{a^3\cancel{l} - \cancel{a^4} + \cancel{a^4}}{\cancel{l}} + \frac{F}{2EJ}\frac{a^2 l^{\cancel{2}} - 2a^3\cancel{l}}{\cancel{l}} =$$

$$= \frac{Fa^2}{6EJ}(2a + 3l - 6a) = \frac{Fa^2}{6EJ}(3l - 4a)$$

Che è ovviamente identica al risultato ottenuto in precedenza.