COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 30/06/2016

Esercizio 1

E' dato il sistema mozzo-albero cavo mostrato in Fig. 1.1.Il mozzo e l'albero sono in acciaio.
Si valuti, ipotizzando di scaldare il mozzo prima del montaggio fino a poter effettuare liberamente il montaggio stesso:

1. la temperatura minima del mozzo necessaria al montaggio per garantire la possibilità di trasmettere in esercizio la coppia M_0 tra il mozzo stesso e l'albero
2. la temperatura massima del mozzo necessaria al montaggio che permette di rispettare i limiti di ammissibilità del materiale

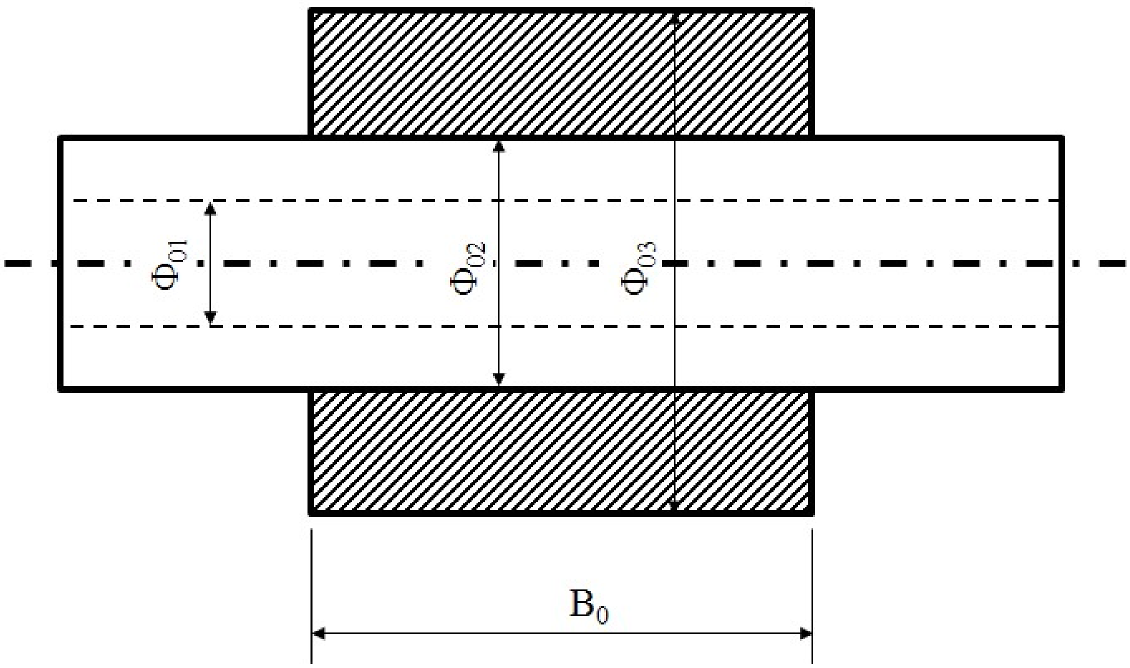


Fig. 1.1

$\Phi_{01} := 20 \cdot mm$ $\quad \Phi_{02} := 35 \cdot mm$ $\quad \Phi_{03} := 50 \cdot mm$ $\quad B_0 := 40 \cdot mm$

$E_0 := 210000 \cdot MPa$ $\quad \sigma_{amm0} := 500 \cdot MPa$ $\quad \nu := 0.3$ $\quad \alpha_0 := 1.2 \cdot 10^{-5}$

$M_0 := 5 \cdot kN \cdot m$

Quesito 1

$$p_{0min} := \frac{2 \cdot M_0}{\pi \cdot \Phi_{02}^{\ 2} \cdot B_0} = 64.961 \cdot MPa$$

pressione richiesta per trasmettere M_0

$$R_i := \frac{\Phi_{01}}{2} = 10 \cdot mm$$

$$R_c := \frac{\Phi_{02}}{2} = 17.5 \cdot mm$$

$$R_e := \frac{\Phi_{03}}{2} = 25 \cdot mm$$

$$i_{0min} := \frac{2 \cdot R_c^{\ 3} \cdot \left(R_e^{\ 2} - R_i^{\ 2}\right)}{E_0 \cdot \left(R_e^{\ 2} - R_c^{\ 2}\right) \cdot \left(R_c^{\ 2} - R_i^{\ 2}\right)} \cdot p_{0min} = 0.026 \cdot mm$$

$$\Delta T_{min} := \frac{i_{0min}}{\alpha_0 \cdot R_c} = 126.088$$

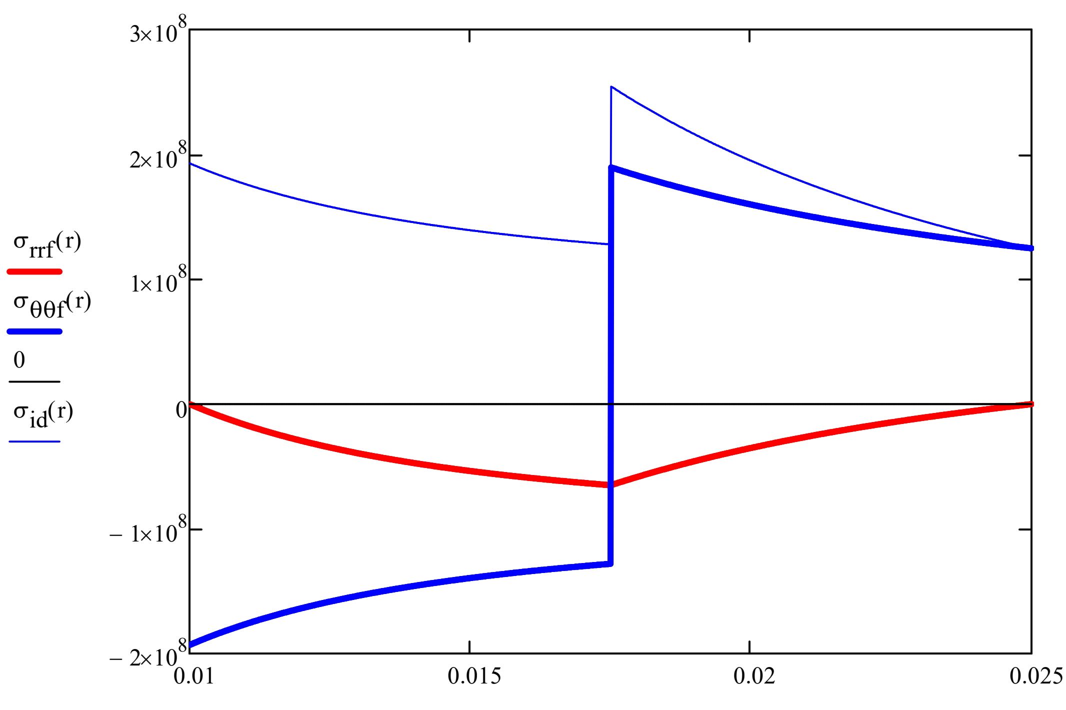
Quesito 2

$$\sigma_{rrf}(r) := \begin{cases} \left[-\left[\dfrac{p_{0min} \cdot R_c^{\ 2}}{R_c^{\ 2} - R_i^{\ 2}} \cdot \left(1 - \dfrac{R_i^{\ 2}}{r^2}\right)\right]\right] & \text{if } r < R_c \\ \left[\dfrac{p_{0min} \cdot R_c^{\ 2}}{R_e^{\ 2} - R_c^{\ 2}} \cdot \left(1 - \dfrac{R_e^{\ 2}}{r^2}\right)\right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{\theta\theta f}(r) := \begin{cases} -\left[\dfrac{p_{0min} \cdot R_c^{\ 2}}{R_c^{\ 2} - R_i^{\ 2}} \cdot \left(1 + \dfrac{R_i^{\ 2}}{r^2}\right)\right] & \text{if } r < R_c \\ \left[\dfrac{p_{0min} \cdot R_c^{\ 2}}{R_e^{\ 2} - R_c^{\ 2}} \cdot \left(1 + \dfrac{R_e^{\ 2}}{r^2}\right)\right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$r := R_i, R_i + 0.01 \cdot mm .. R_e$$

$$\sigma_{id}(r) := \max\left(\left|\sigma_{\theta\theta f}(r)\right|, \left|\sigma_{\theta\theta f}(r) - \sigma_{rrf}(r)\right|\right)$$



$$p_{0max1} := \frac{\sigma_{amm0}}{\left[1 + \frac{R_c^{\,2}}{R_e^{\,2} - R_c^{\,2}}\left(1 + \frac{R_e^{\,2}}{R_c^{\,2}}\right)\right]} = 127.5 \cdot \mathrm{MPa}$$

cedimento a Rc

$$p_{0max2} := \frac{\sigma_{amm0}}{\left[\frac{R_c^{\,2}}{R_c^{\,2} - R_i^{\,2}} \cdot \left(1 + \frac{R_i^{\,2}}{R_i^{\,2}}\right)\right]} = 168.367 \cdot \mathrm{MPa}$$

cedimento a Ri

$$p_{0max} := \min\left(p_{0max1}, p_{0max2}\right) = 127.5 \cdot \mathrm{MPa}$$

$$i_{0max} := \frac{2 \cdot R_c^{\,3} \cdot \left(R_e^{\,2} - R_i^{\,2}\right)}{E_0 \cdot \left(R_e^{\,2} - R_c^{\,2}\right) \cdot \left(R_c^{\,2} - R_i^{\,2}\right)} \cdot p_{0max} = 0.052 \cdot \mathrm{mm}$$

$$\Delta T_{max} := \frac{i_{0max}}{\alpha_0 \cdot R_c} = 247.475$$

Esercizio 2

La tubazione a sviluppo spaziale mostrata in Fig. 2.1 è soggetta a due forze applicate all'estremità libera.
Condurre la verifica ad attrito della giunzione bullonata di ancoraggio, contenente 4 bulloni posti ai vertici di un quadrato.

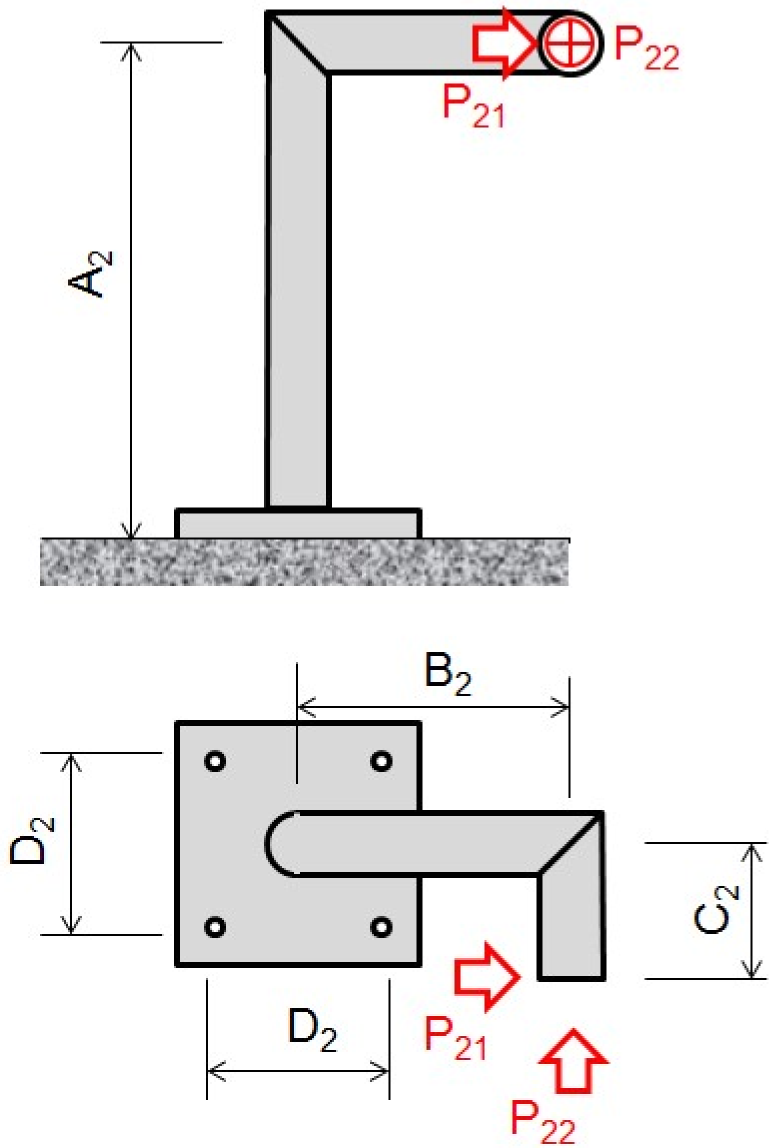


Fig. 2.1

$A_2 := 1 \cdot m$

$B_2 := 0.5 \cdot m$

$C_2 := 0.25 \cdot m$

$D_2 := 0.4 \cdot m$

$P_{21} := 12 \cdot kN$

$P_{22} := 8 \cdot kN$

Dati bulloni

$\phi_{b2} := 10 \cdot mm$

$\sigma_{ammb2} := 1200 \cdot MPa$

$f_2 := 0.3$ Coeff. attrito

$\psi := 1.5$ Coeff. sicurezza

Caratteristiche di sollecitazione

$F_x := -P_{21} = -12 \cdot kN$ $\qquad$ $F_y := -P_{22} = -8 \cdot kN$

$M_x := P_{22} \cdot A_2 = 8 \cdot kN \cdot m$ $\qquad$ $M_y := -P_{21} \cdot A_2 = -12 \cdot kN \cdot m$

$M_z := P_{21} \cdot C_2 + P_{22} \cdot B_2 = 7 \cdot kN \cdot m$

Azioni sui bulloni

$$T_x := \frac{F_x}{4} = -3 \cdot kN$$

$$T_y := \frac{F_y}{4} = -2 \cdot kN$$

$$T_z := \frac{M_z}{4 \cdot \frac{D_2}{\sqrt{2}}} = 6.187 \cdot kN$$

$$N_x := \frac{M_x}{4 \cdot \frac{D_2}{2}} = 10 \cdot kN \qquad N_y := \frac{M_y}{4 \cdot \frac{D_2}{2}} = -15 \cdot kN$$

Verifica

$$T_{tot} := |T_x| + |T_y| + |T_z| = 11.187 \cdot kN$$

$$N := |N_x| + |N_y| = 25 \cdot kN$$

$$N_0 := 0.8 \cdot \sigma_{ammb2} \cdot \frac{\pi \cdot {\phi_{b2}}^2}{4} = 75.398 \cdot kN$$

$T_{tot} = 11.187 \cdot kN$ $\quad$ < $\quad$ $\dfrac{f_2 \cdot (N_0 - N_x)}{\psi} = 13.08 \cdot kN$ $\quad$ OK

$N = 25 \cdot kN$ $\quad$ < $\quad$ $0.8 \cdot N_0 = 60.319 \cdot kN$ $\quad$ OK

Esercizio 3

La trave tubolare in acciaio a sezione circolare mostrata in Fig. 3.1 è soggetta ad una rotazione imposta all'estremità attorno al suo asse che varia ciclicamente tra zero e θ_1.

Data la curva di fatica del materiale riportata in figura (tensioni in MPa) condurre la verifica a vita infinita.

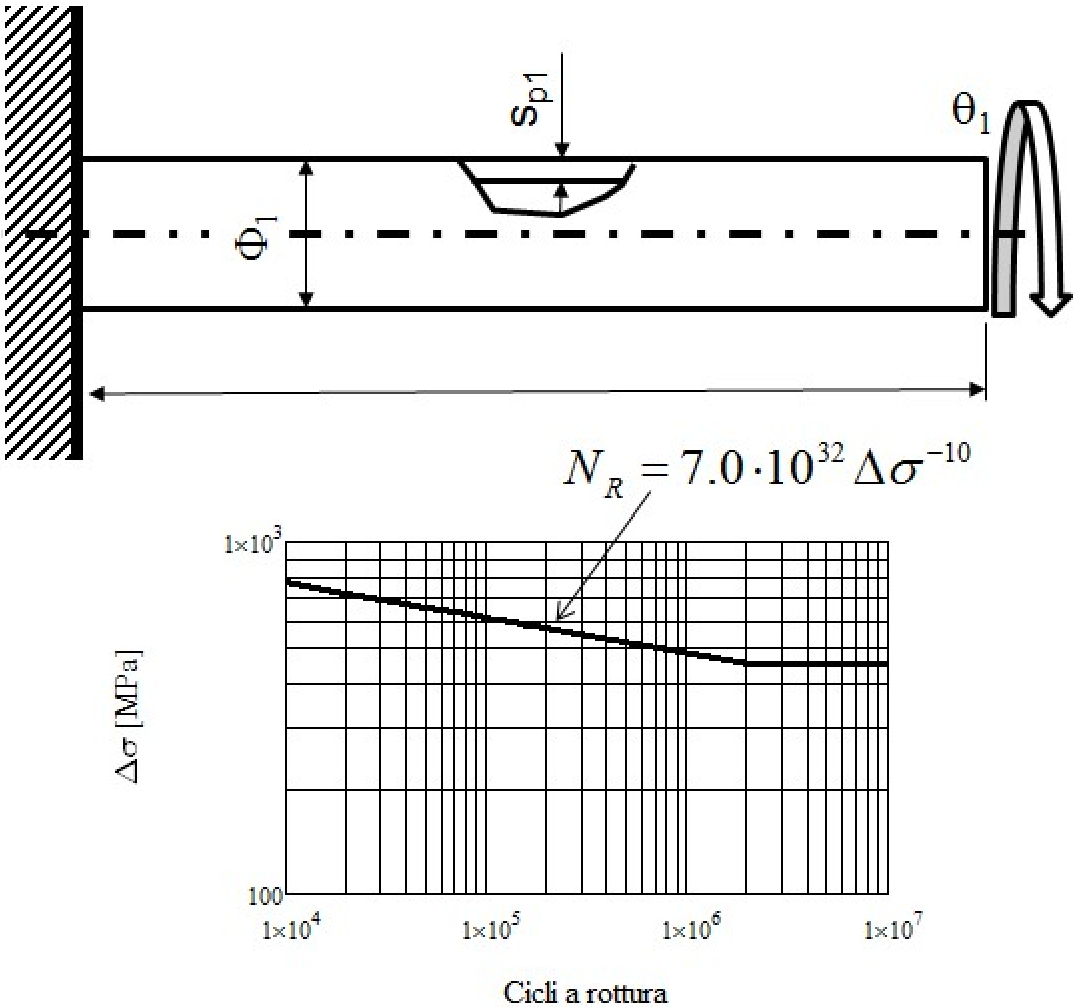


Fig. 3.1

$\Phi_1 := 0.4 \cdot \mathrm{m}$ $\quad L_1 := 2 \cdot \mathrm{m}$ $\quad s_{p1} := 5 \cdot \mathrm{mm}$ $\quad \theta_1 := \dfrac{1}{180} \cdot \pi$

$E_1 := 210000 \cdot \mathrm{MPa}$ $\quad \nu_1 := 0.3$ $\quad \sigma_{y1} := 450 \cdot \mathrm{MPa}$ Tensione di snervamento

$$G_1 := \frac{E_1}{2\cdot(1+\nu_1)} = 8.077\times 10^4\cdot\mathrm{MPa}$$

$$J_{p1} := \frac{\pi\cdot\left[\Phi_1{}^4 - \left(\Phi_1 - 2\cdot s_{p1}\right)^4\right]}{32} = 2.421\times 10^8\cdot\mathrm{mm}^4$$

Sollecitazioni agenti

$$M_{z1} := \frac{\theta_1\cdot G_1\cdot J_{p1}}{L_1} = 6.825\cdot\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}$$

Tensioni agenti

$$\tau_{max1} := \frac{M_{z1}}{J_{p1}}\cdot\frac{\Phi_1}{2} = 140.969\cdot\mathrm{MPa}$$

$$\tau_{y1} := \frac{\sigma_{y1}}{\sqrt{3}} = 259.808\cdot\mathrm{MPa}$$

$$\Delta\tau_1 := \tau_{max1} = 140.969\cdot\mathrm{MPa}$$

$$\tau_{m1} := \frac{\tau_{max1}}{2} = 70.484\cdot\mathrm{MPa}$$

$$\Delta\tau_{eq1} := \Delta\tau_1\cdot\frac{\tau_{y1}}{\tau_{y1}-\tau_{m1}} = 193.451\cdot\mathrm{MPa}$$

$$\Delta\tau_{lim} := \left(\frac{2\cdot 10^6}{7\cdot 10^{32}}\right)^{-\frac{1}{10}}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\mathrm{MPa} = 260.523\cdot\mathrm{MPa}$$

Risposta

$\Delta\tau_{eq1} = 193.451\cdot\mathrm{MPa}$ < $\Delta\tau_{lim} = 260.523\cdot\mathrm{MPa}$