COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Esame del 22/06/2011

ESERCIZIO 1

Un pallone da rugby avente spessore uniforme di 3mm (?$_{am}$=50MPa) ha una generatrice che può essere approssimata , come mostrato in figura 1.1, con due archi di circonferenza B-D e D-E aventi raggi rispettivamente $R_1 = 15\text{cm}$ e $R_2 = 30\text{cm}$. Considerando una pressione interna (relativa) di 5 atm e trascurando gli effetti locali:

a) tracciare il grafico qualitativo quotato delle caratteristiche membranali in funzione dell' angolo φ tra la normale alla superficie e l'asse di simmetria nell'intervallo $[0°,90°]$

b) stimare la massima pressione a cui il pallone può essere gonfiato.

c) Sapendo che quando la pressione passa da 5 atm a 6 atm il diametro minimo del pallone cresce di 2.5 mm, stimare il modulo elastico equivalente del materiale (per ν si assuma 0.45).

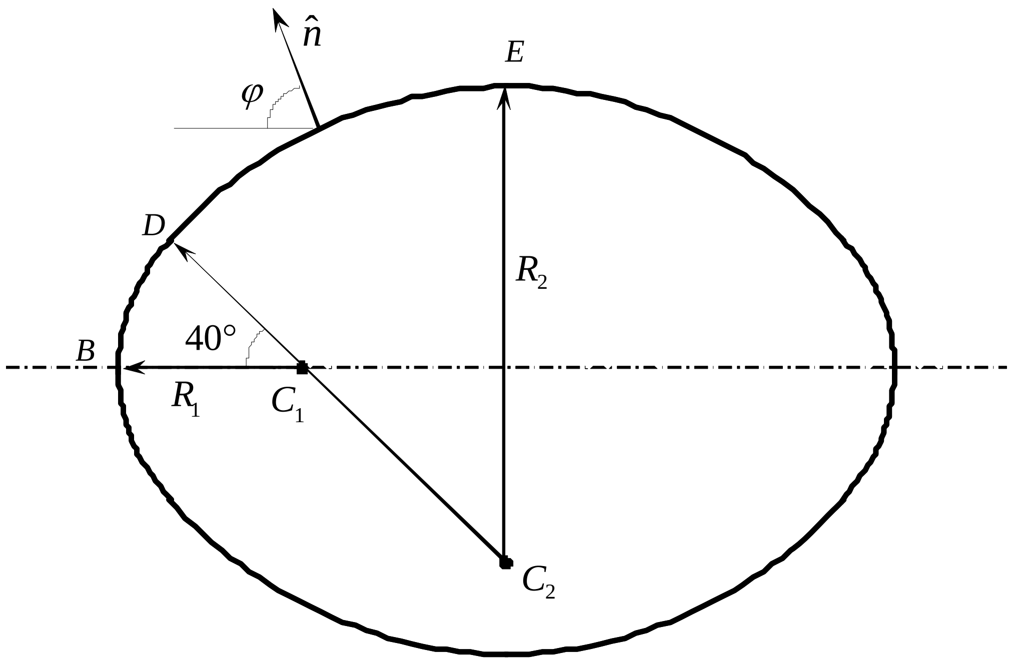


Fig. 1.1

$h := 3\cdot\text{mm}$ $\quad R_1 := 150\cdot\text{mm}$ $\quad R_2 := 300\cdot\text{mm}$ $\quad p_0 := 5\cdot\text{atm}$ $\quad \sigma_{am} := 50\cdot\text{MPa}$

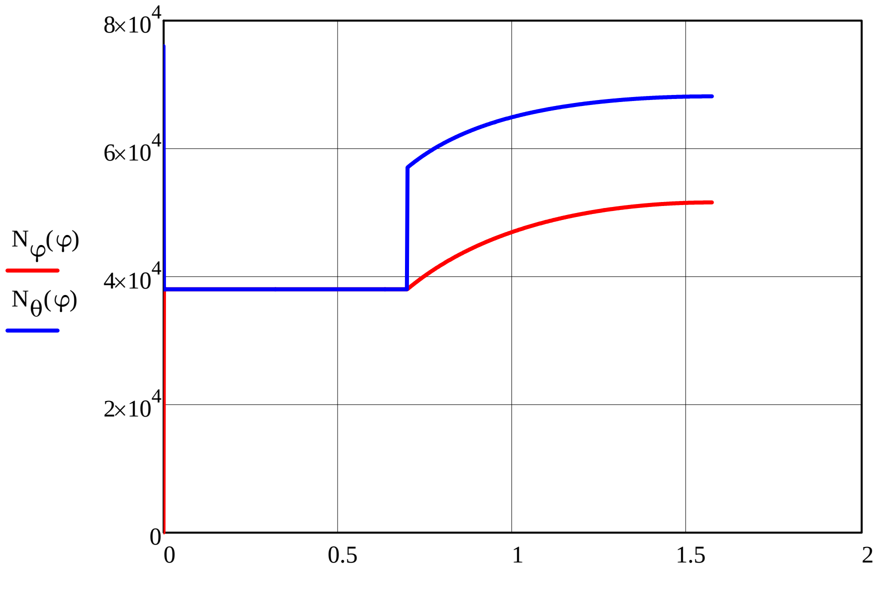
$\Delta D := 2.5\cdot\text{mm}$ $\quad \Delta R := \frac{\Delta D}{2} = 1.25\cdot\text{mm}$ $\quad \Delta p := 1\cdot\text{atm}$ $\quad \nu := 0.45$

Risposta a)

$$N_\varphi(\varphi) := \begin{cases} \dfrac{p_0\cdot\pi\cdot(R_1\cdot\sin(\varphi))^2}{2\pi\cdot R_1\cdot\sin(\varphi)\cdot\sin(\varphi)} & \text{if } 0 \le \varphi \le \frac{40}{180}\cdot\pi \\[2ex] \dfrac{p_0\cdot\pi\cdot\left[R_2\cdot\sin(\varphi) - (R_2 - R_1)\cdot\sin\left(\frac{40}{180}\cdot\pi\right)\right]^2}{2\pi\cdot\left[R_2\cdot\sin(\varphi) - (R_2 - R_1)\cdot\sin\left(\frac{40}{180}\cdot\pi\right)\right]\cdot\sin(\varphi)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_\theta(\varphi) := \begin{cases} \left[\left(p_0 - \dfrac{N_\varphi(\varphi)}{R_1}\right)\cdot R_1\right] & \text{if } 0 \le \varphi \le \dfrac{40}{180}\cdot\pi \\ \left[\left(p_0 - \dfrac{N_\varphi(\varphi)}{R_2}\right)\cdot\dfrac{\left[R_2\cdot\sin(\varphi) - (R_2 - R_1)\cdot\sin\left(\dfrac{40}{180}\cdot\pi\right)\right]}{\sin(\varphi)}\right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varphi := 0, \frac{\pi}{2000} .. \frac{\pi}{2}$$



φ

Risposta b)

La massima tensione ideale si ha per φ=π/2

$$\sigma_{\theta max} := \frac{N_\theta\left(\frac{\pi}{2}\right)}{h} = 22.715 \cdot MPa$$

$$p_{max} := p_0 \cdot \frac{\sigma_{am}}{\sigma_{\theta max}} = 11.006 \cdot atm$$

Risposta c)

$$\Delta\varepsilon := \frac{\Delta R}{R_2 - (R_2 - R_1) \cdot \cos\left[\frac{40 \cdot \pi}{(180)}\right]} = 6.753 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{\varphi max} := \frac{N_\varphi\left(\frac{\pi}{2}\right)}{h} = 17.19 \cdot MPa$$

L'incremento di tensione prodotto dall'aumento di 1 atm della pressione interna è pari ad 1/5 dei valori massimi, per cui:

$$E := \frac{\Delta p}{p_0} \cdot \frac{(\sigma_{\theta max} - \nu \cdot \sigma_{\varphi max})}{5 \cdot \Delta\varepsilon} = 88.722 \cdot MPa$$

ESERCIZIO 2

La ruota per veicolo mostrata in figura 2.1, supportata da due cuscinetti, è soggetta ad un carico V trasmesso dal terreno.
Condurre la verifica a fatica per una percorrenza di 10.000 km, sapendo che il veicolo viaggia:
- per il 5% del percorso a pieno carico (V_{pc}=110 kN)
- per il 45% del percorso a carico intermedio ($V=0.9\ V_{pc}$)
- per il 50% del percorso a vuoto ($V=0.25\ V_{pc}$)

Dati ed ipotesi:
K_T = 1.3 fattore di concentrazione delle tensioni nella sezione di cambio diametro dell'albero
Curva S-N del materiale in Fig. 2.2
Trascurare l'effetto del taglio

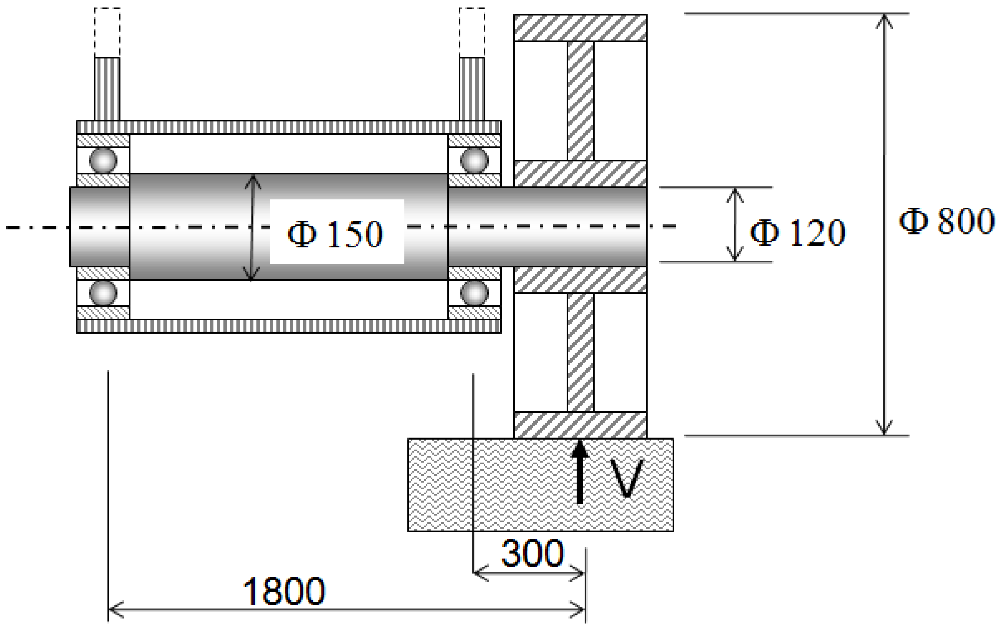


Fig. 2.1

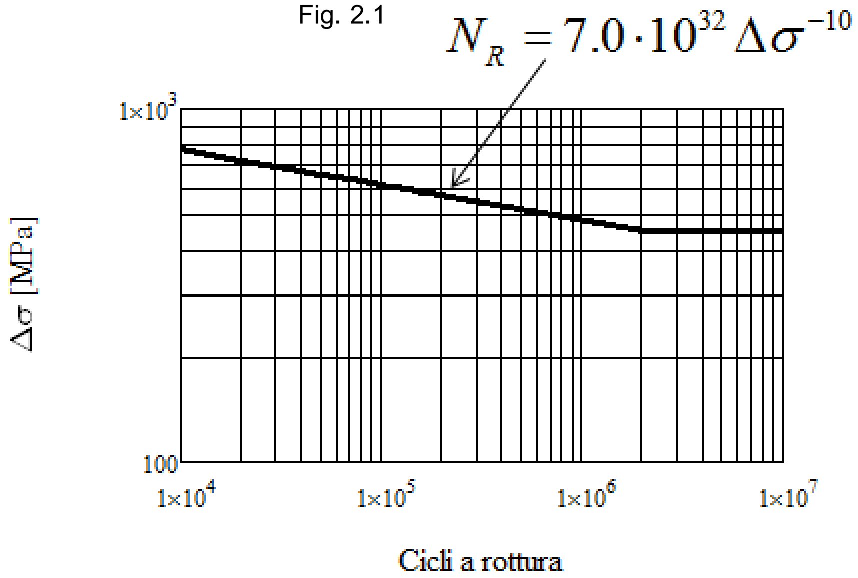


Fig. 2.2

$\phi := 1100 \cdot mm$ $\quad d_1 := 120 \cdot mm$ $\quad d_2 := 150 \cdot mm$

$sp := 5 \cdot mm$

$L_0 := 1800 \cdot mm$ $\quad L_1 := 300 \cdot mm$ $\quad K_T := 1.3$

$V_{pc} := 110 \cdot kN$

$N_R := 10000, 20000 .. 10^7$ $\quad C_0 := 7 \cdot 10^{32}$ $\quad b := 10$

$D_{pc} := 10000 \cdot km$

$$\Delta s(N_R) := \begin{cases} \left(\dfrac{N_R}{C_0}\right)^{\frac{-1}{b}} & \text{if } N_R < 2 \cdot 10^6 \\ \left(\dfrac{2 \cdot 10^6}{C_0}\right)^{\frac{-1}{b}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Calcolo numero di cicli complessivo

$$N_{tot} := \frac{D_{pc}}{\pi \cdot \phi} = 2.894 \times 10^6$$

Calcolo caratteristiche sollecitazione e tensioni a pieno carico

$$M_{max} := V_{pc} \cdot L_1 = 33 \cdot kN \cdot m$$

$$J_x := \frac{\pi \cdot d_1^{\,4}}{64} = 1.018 \times 10^7 \cdot mm^4$$

$$\sigma_{max} := \frac{M_{max}}{J_x} \cdot \frac{d_1}{2} = 194.523 \cdot MPa$$

$$\Delta\sigma_{pc} := 2 \cdot \sigma_{max}$$

$$N_{Rpc} := \begin{cases} \left[C_0 \cdot \left(K_T \cdot \dfrac{\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b}\right] & \text{if } C_0 \cdot \left(K_T \cdot \dfrac{\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b} < 2 \cdot 10^6 \\ 10^{99} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{Rpc} = 6.392 \times 10^5$$

$$N_{Rci} := \begin{array}{|l} \left[C_0 \cdot \left(K_T \cdot \frac{0.9\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b}\right] \text{ if } C_0 \cdot \left(K_T \cdot \frac{0.9\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b} < 2 \cdot 10^6 \\ 10^{99} \text{ otherwise} \end{array} \qquad N_{Rci} = 1.833 \times 10^6$$

$$N_{Rv} := \begin{array}{|l} \left[C_0 \cdot \left(K_T \cdot \frac{0.25\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b}\right] \text{ if } C_0 \cdot \left(K_T \cdot \frac{0.25\Delta\sigma_{pc}}{MPa}\right)^{-b} < 2 \cdot 10^6 \\ 10^{99} \text{ otherwise} \end{array} \qquad N_{Rv} = 1 \times 10^{99}$$

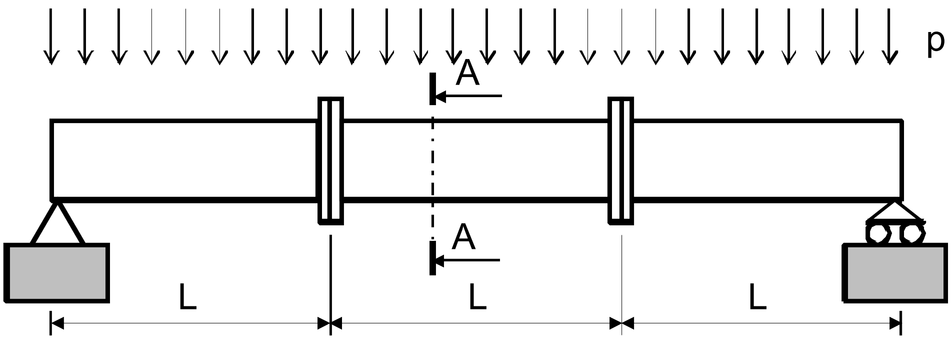
Calcolo danneggiamento a fine vita

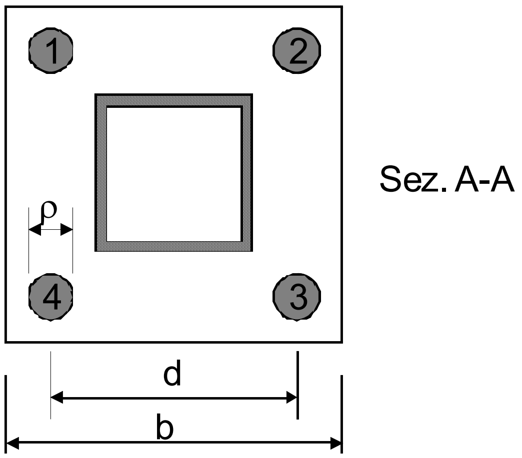
$$D := \frac{0.05 \cdot N_{tot}}{N_{Rpc}} + \frac{0.45 \cdot N_{tot}}{N_{Rci}} + \frac{0.5 \cdot N_{tot}}{N_{Rv}} = 0.937$$

ESERCIZIO 3

Verificare la resistenza di uno dei giunti bullonati a flangia posti in posizione intermedia nella trave mostrata in Fig. 3.1, soggetta a carico distribuito. La flangia è di forma quadrata ed i bulloni sono disposti su di essa in maniera simmetrica.
Condurre la verifica ad attrito.
Dati:

- L = 5000 mm
- b = 250 mm
- d = 200 mm
- p = 0.25 N/mm
- F_2 = 2000 N
- Φ = 8 mm
- σ_b = 800 MPa (tensione limite materiale bullone)
- f=0.3 (coefficiente di attrito flange)
- φ_{min} = 1.5 (coefficiente di sicurezza minimo richiesto)





$L_0 := 5000 \cdot mm$ $\quad d := 200 \cdot mm$ $\quad p := 0.25 \cdot \dfrac{N}{mm}$

$f := 0.3$

$\phi := 8 \cdot mm$

$sp := 10 \cdot mm$ $\quad \varphi_{min} := 1.5$ $\quad \sigma_b := 800 \cdot MPa$

Caratteristiche di sollecitazione in corrispondenza del giunto

$$M_x := p \cdot L_0^{\,2} = 6.25 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

$$T_y := \frac{p \cdot L_0}{2} = 625\,N$$

Azioni sui bulloni

$$T_i := \frac{T_y}{4} = 156.25\,N$$

$$N_i := \frac{M_x \cdot \frac{d}{2}}{4 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 1.562 \times 10^4\,N$$

Dati bullone

$$N_0 := 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \sigma_b = 3.217 \times 10^4\,N$$

Verifica

$$N_i \cdot \varphi_{min} = 2.344 \times 10^4\,N \qquad < \qquad 0.8 \cdot N_0 = 2.574 \times 10^4\,N$$

$$T_i = 156.25\,N \qquad < \qquad \frac{f \cdot \left(N_0 - N_i\right)}{\varphi_{min}} = 3.309 \times 10^3\,N$$