COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 02/07/2014

Esercizio 1

E' dato il recipeinte in teflon mostrato nella Fig. 1.1, appoggiato su un basamento. Nel cilindro superiore scorre senza attrito il pistone A, di massa m_A, che è sostenuto nella posizione indicata in figura dalla pressione del gas interno al recipiente.

Determinare:

1. l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione generalizzate membranali
2. il valore minimo dello spessore richiesto per le parte conica e per quelle cilindriche
3. con gli spessori del punto precedente, lo spostamento del punto B (positivo verso l'alto)

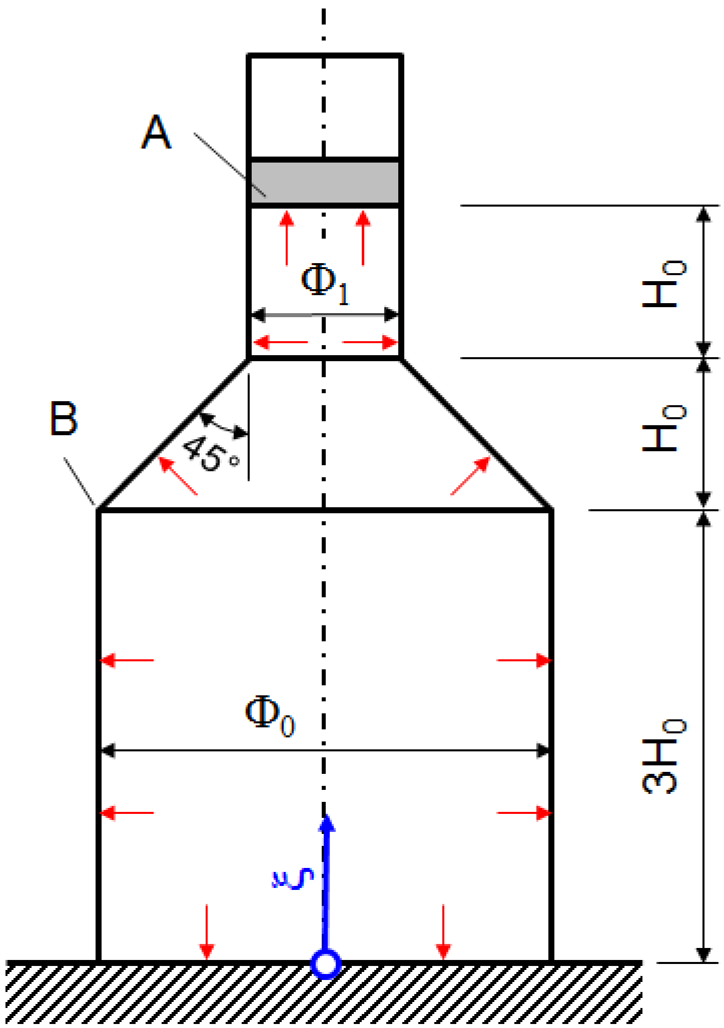


Fig. 1.1

$E := 2000 \cdot MPa$ $\nu := 0.3$ $\sigma_{amm} := 25 \cdot MPa$ $\alpha := 45°$

$\Phi_0 := 300 \cdot mm$ $H_0 := 100 \cdot mm$ $\Phi_1 := 100 \cdot mm$ $m_A := 250 \cdot kg$

Quesito 1

Pressione interna

$$p_0 := \frac{4m_A \cdot g}{\pi \cdot \Phi_1^{\,2}} = 3.122 \cdot \text{bar}$$

Caratteristiche membranali parte cilindrica inferiore:

$$N_{\varphi\_cil1} := p_0 \frac{\left(\Phi_0^{\,2} - \Phi_1^{\,2}\right)}{4 \cdot \Phi_0} = 2.081 \times 10^4 \cdot \frac{N}{m}$$

$$N_{\theta\_cil1} := p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{2} = 4.682 \times 10^4 \cdot \frac{N}{m}$$

Caratteristiche membranali raccordo conico:

$$N_{\varphi\_con}(\xi) := p_0 \cdot \frac{\left[\left(\frac{\Phi_0}{2} - \xi + 3 \cdot H_0\right)^2 - \left(\frac{\Phi_1}{2}\right)^2\right]}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_0}{2} - \xi + 3 \cdot H_0\right) \cdot \cos(\alpha)}$$

$$N_{\theta\_con}(\xi) := p_0 \cdot \frac{\left(\frac{\Phi_0}{2} - \xi + 3 \cdot H_0\right)}{\cos(\alpha)}$$

Caratteristiche membranali parte cilindrica superiore:

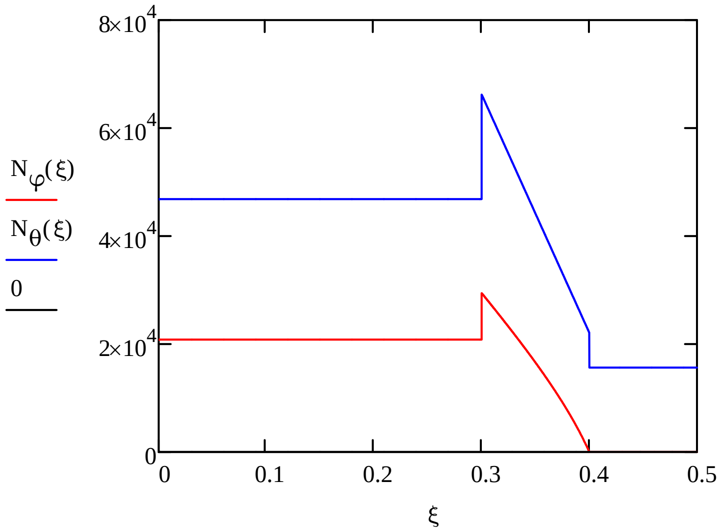
$$N_{\varphi\_cil2} := 0 \cdot \frac{N}{m}$$

$$N_{\theta\_cil2} := p_0 \cdot \frac{\Phi_1}{2} = 1.561 \times 10^4 \cdot \frac{N}{m}$$

$$N_{\varphi}(\xi) := \begin{array}{|l} N_{\varphi\_cil1} \ \text{ if } \ 0 \le \xi \le 3 \cdot H_0 \\ N_{\varphi\_con}(\xi) \ \text{ if } \ 3 \cdot H_0 \le \xi \le 4 \cdot H_0 \\ N_{\varphi\_cil2} \ \text{ otherwise} \end{array}$$

$$N_\theta(\xi) := \begin{cases} N_{\theta\_cil1} & \text{if } 0 \le \xi \le 3\cdot H_0 \\ N_{\theta\_con}(\xi) & \text{if } 3\cdot H_0 \le \xi \le 4\cdot H_0 \\ N_{\theta\_cil2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\xi := 0\cdot m, \frac{H_0}{1000} .. 5\cdot H_0$$



Quesito 2

Spessore minimo cilindro 1

$$h_{min\_cil1} := p_0\cdot\frac{\Phi_0}{2\cdot\sigma_{amm}} = 1.873\cdot mm$$

Spessore minimo cono

$$h_{min\_sfe} := p_0\cdot\frac{\Phi_0}{2\cdot\sigma_{amm}\cdot\cos(\alpha)} = 2.649\cdot mm$$

Spessore minimo cilindro 2

$$h_{min\_cil2} := p_0\cdot\frac{\Phi_1}{2\cdot\sigma_{amm}} = 0.624\cdot mm$$

Quesito 3

Allungamento cilindro

$$\sigma_{\varphi\_cil1} := p_0 \frac{\left(\Phi_0^{\ 2} - \Phi_1^{\ 2}\right)}{4\cdot\Phi_0\cdot h_{min\_cil1}} = 11.111\cdot\text{MPa}$$

$$\sigma_{\theta\_cil1} := p_0\cdot\frac{\Phi_0}{2\cdot h_{min\_cil1}} = 25\cdot\text{MPa}$$

$$\varepsilon_{\varphi\_cil1} := \frac{\sigma_{\varphi\_cil1} - \nu\cdot\sigma_{\theta\_cil1}}{E} = 1.806\times 10^{-3}$$

$$\Delta H := 3\cdot H_0\cdot\varepsilon_{\varphi\_cil1} = 0.542\cdot\text{mm}$$

Esercizio 2

Il martelletto mostrato in Fig. 2.1 viene, tramite una elettrocalamita posizionata all'interno del campanello semisferico mostrato nella Figura, portato periodicamente in contatto con il campanello stesso. Si conduca la verifica a vita infinita della barretta di acciaio che sostiene il martelletto, trascurando le forze impulsive che si generano nell'urto con il campanello. .

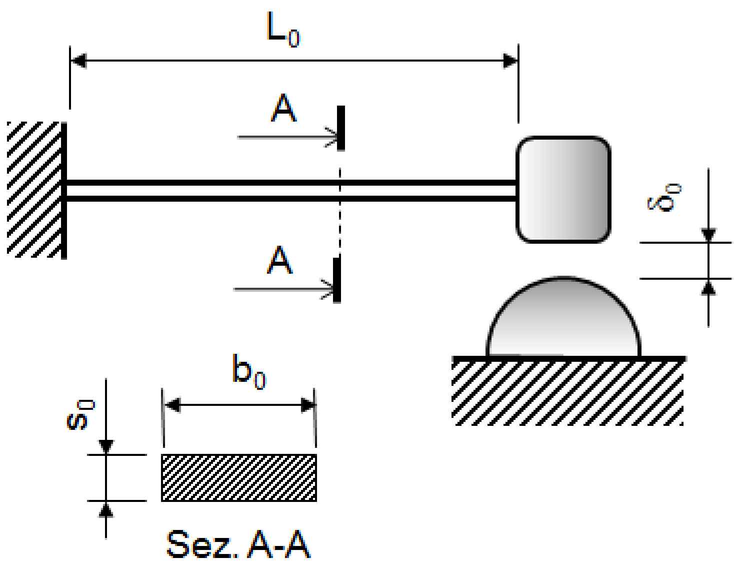


Fig. 2.1

$L_0 := 20 \cdot mm$

$b_0 := 5 \cdot mm$ $\quad s_0 := 0.5 \cdot mm$

$\sigma_s := 800 \cdot MPa$ Tensione di snervamento materiale barretta

$\Delta\sigma_{lim} := 800 \cdot MPa$ Limite di fatica materiale barretta

$\delta_0 := 1 \cdot mm$ Gap tra il martelletto ed il campanello

$E := 210000 \cdot MPa$

$\psi := 1.5$ Coefficiente di sicurezza

Dati sezione

$$J_x := \frac{b_0 \cdot s_0^{\,3}}{12} = 0.052 \cdot mm^4$$

Forza massimo agente sul martelletto

$$P_{max} := \delta_0 \cdot \frac{3 \cdot E \cdot J_x}{L_0^{\,3}} = 4.102 \cdot N$$

Momento massimo barretta

$$M_{max} := P_{max} \cdot L_0 = 0.082 \cdot N \cdot m$$

Tensioni

$$\sigma_z := \frac{M_{max}}{J_x} \cdot \frac{s_0}{2} = 393.75 \cdot MPa$$

Parametri ciclo di fatica

$$\Delta\sigma := \sigma_z$$

$$\sigma_m := \frac{\sigma_z}{2}$$

$$\Delta\sigma_{eq} := \Delta\sigma \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma_s - \sigma_m} = 522.28 \cdot MPa$$

Verifica

$\Delta\sigma_{eq} \cdot \psi = 783.42 \cdot MPa$ < $\Delta\sigma_{lim} = 800 \cdot MPa$ OK

Esercizio 3

Il recipiente mostrato in figura 3.1 viene periodicamente pressurizzato alla pressione p_3 e successivamente depressurizzato. Sapendo che il recipiente contiene una frattura semiellittica, calcolare il numero di cicli di pressurizzazione per i quali può essere mantenuto in esercizio, assimilando anche l'eventuale frattura passante ad una rottura.

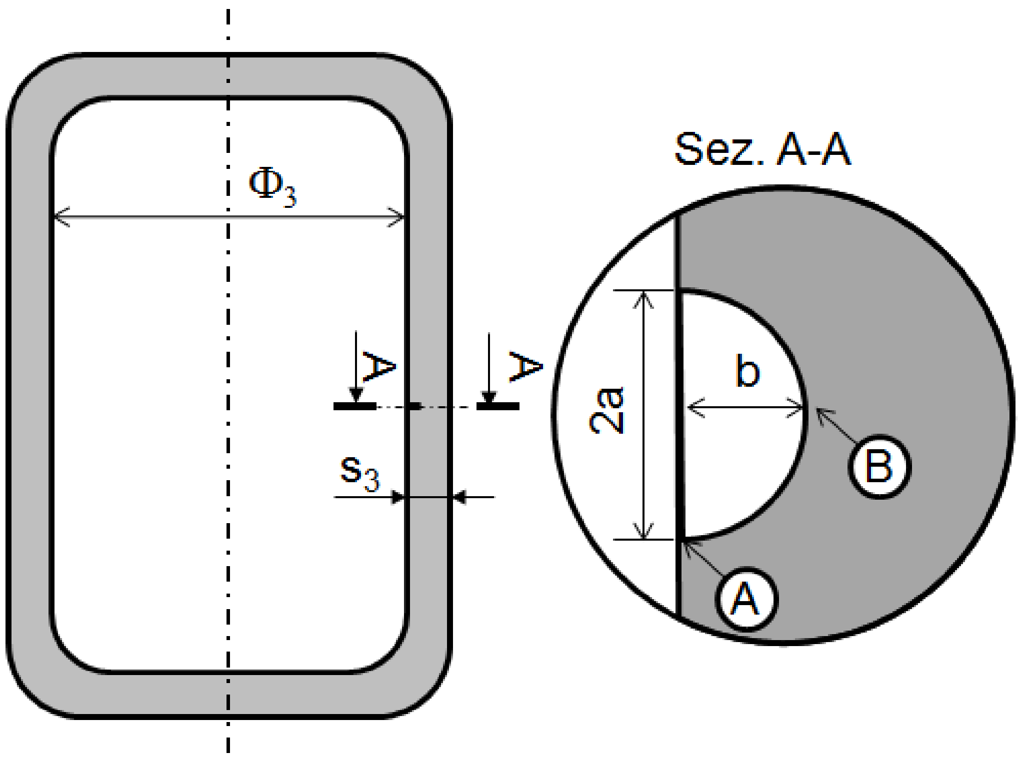


Fig. 3.1

$s_3 := 100 \cdot mm$ $\Phi_3 := 2000 \cdot mm$ $n_d := 8$

$a_3 := 1 \cdot mm$ $b_3 := a_3$ Dimensioni INIZIALI della frattura

$p_3 := 350 \cdot bar$

$K_{IC} := 105 \cdot MPa \cdot \sqrt{m}$ Tenacità a frattura

$m_0 := 2$

$\frac{d}{dN} a := C_0 \cdot \Delta K^{m_0}$ Legge di Paris (ΔK in MPa*m$^{0.5}$, da/dN in m/ciclo)

$C_0 := 4 \cdot 10^{-10}$

$\beta_A := 1$ Fattore correttivo per calcolo K_I nel punto A

$\beta_B := 1.1$ Fattore correttivo per calcolo K_I nel punto B

Tensioni assiali:

$$\sigma_{zz} := \frac{p_3 \cdot \Phi_3^{\,2}}{\left(\Phi_3 + 2 \cdot s_3\right)^2 - \Phi_3^{\,2}} = 166.667 \cdot \mathrm{MPa}$$

Dimensione critica difetto punto A

$$a_{finA} := \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{K_{IC}}{\beta_A \cdot \sigma_{zz}}\right)^2 = 126.337 \cdot \mathrm{mm}$$

$$a_{finB1} := \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{K_{IC}}{\beta_B \cdot \sigma_{zz}}\right)^2 = 104.411 \cdot \mathrm{mm}$$

$$a_{finB} := \min\left(a_{finB1}, s_3\right) = 100 \cdot \mathrm{mm}$$

Calcolo numero di cicli a rottura

$$N_R := \int_{\frac{a_0}{m}}^{\frac{a_{fin}}{m}} \frac{1}{4 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta K_I(a)^2} \, da = \int_{a_0}^{a_{fin}} \frac{1}{4 \cdot 10^{-5} \cdot \beta^2 \cdot \left(\sigma_{zz}\right)^2 \cdot \pi \cdot a} \, da$$

$$N_{RA} := \frac{1}{C_0 \cdot \beta_A^{\,2} \cdot \left(\frac{\sigma_{zz}}{\mathrm{MPa}}\right)^2 \cdot \pi} \ln\left(\frac{a_{finA}}{a_3}\right) = 1.386 \times 10^5$$

$$N_{RB} := \frac{1}{C_0 \cdot \beta_B^{\,2} \cdot \left(\frac{\sigma_{zz}}{\mathrm{MPa}}\right)^2 \cdot \pi} \ln\left(\frac{a_{finB}}{b_3}\right) = 1.09 \times 10^5$$

$$N_R := \min\left(N_{RA}, N_{RB}\right) = 1.09 \times 10^5$$