

**COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE  
ESAME DEL 23/07/2015**

**Esercizio 1**

E' dato il recipiente di Fig. 1.1, costituito da due cilindri forzati, di cui quello esterno in acciaio, quello interno in alluminio.

Con i dati forniti:

1. calcolare il valore della pressione di contatto
2. tracciare i digrammi delle tensioni radiale e circonferenziale lungo il raggio
3. condurre la verifica di resistenza del recipiente

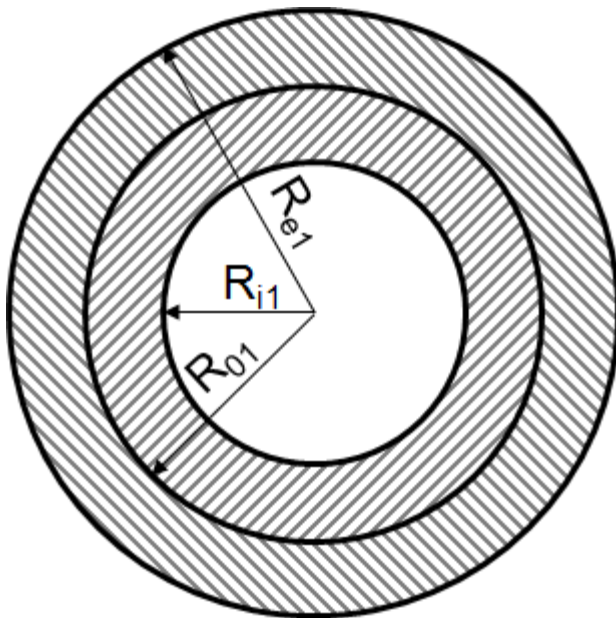


Fig. 1.1

$$R_{e1} := 1 \cdot \text{m}$$

$$R_{i1} := 0.8 \cdot \text{m}$$

$$R_{c1} := 0.9 \cdot \text{m}$$

$$\nu := 0.3$$

$$\sigma_{\text{amm}_e} := 100 \cdot \text{MPa}$$

$$E_{\text{est}} := 210000 \cdot \text{MPa}$$

Dati cilindro esterno in acciaio

$$\sigma_{\text{amm}_i} := 250 \cdot \text{MPa}$$

$$E_{\text{int}} := 80000 \cdot \text{MPa}$$

Dati cilindro interno in alluminio

$$p_1 := 25 \cdot \text{MPa}$$

Pressione interna

$$i := 0.75 \cdot \text{mm}$$

Interferenza radiale

**Quesito 1**

$$i := \left( \frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{p_c \cdot R_c^3}{R_e^2 - R_c^2} + \frac{1+\nu}{E} \cdot \frac{R_c \cdot R_e^2}{R_e^2 - R_c^2} \cdot p_c \right) - \left( \frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{p_c \cdot R_c^3}{R_c^2 - R_i^2} - \frac{1+\nu}{E} \cdot \frac{R_i^2 \cdot R_c}{R_c^2 - R_i^2} \cdot p_c \right) \blacksquare$$

$$p_{c1} := \frac{i}{\left[ \left( \frac{1-\nu}{E_{est}} \cdot \frac{R_{c1}^3}{R_{e1}^2 - R_{c1}^2} + \frac{1+\nu}{E_{est}} \cdot \frac{R_{c1} \cdot R_{e1}^2}{R_{e1}^2 - R_{c1}^2} \right) - \left( \frac{1-\nu}{E_{int}} \cdot \frac{R_{c1}^3}{R_{c1}^2 - R_{i1}^2} - \frac{1+\nu}{E_{int}} \cdot \frac{R_{i1}^2 \cdot R_{c1}}{R_{c1}^2 - R_{i1}^2} \right) \right]}$$

$$p_{c1} = 5.568 \cdot \text{MPa}$$

**Quesito 2**

$$r := R_{i1}, R_{i1} + 1 \cdot \text{mm} .. R_{e1}$$

Tensioni dovute al forzamento

$$\sigma_{rrf}(r) := \begin{cases} \left[ \frac{p_{c1} \cdot R_{c1}^2}{R_{c1}^2 - R_{i1}^2} \cdot \left( 1 - \frac{R_{i1}^2}{r^2} \right) \right] & \text{if } r < R_{c1} \\ \left[ \frac{p_{c1} \cdot R_{c1}^2}{R_{e1}^2 - R_{c1}^2} \cdot \left( 1 - \frac{R_{e1}^2}{r^2} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{\theta\theta f}(r) := \begin{cases} \left[ \frac{p_{c1} \cdot R_{c1}^2}{R_{c1}^2 - R_{i1}^2} \cdot \left( 1 + \frac{R_{i1}^2}{r^2} \right) \right] & \text{if } r < R_{c1} \\ \left[ \frac{p_{c1} \cdot R_{c1}^2}{R_{e1}^2 - R_{c1}^2} \cdot \left( 1 + \frac{R_{e1}^2}{r^2} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

Tensioni dovute alla pressione interna

$$\sigma_{rrpi}(r) := \frac{p_1 \cdot R_{i1}^2}{R_{e1}^2 - R_{i1}^2} \cdot \left( 1 - \frac{R_{e1}^2}{r^2} \right)$$

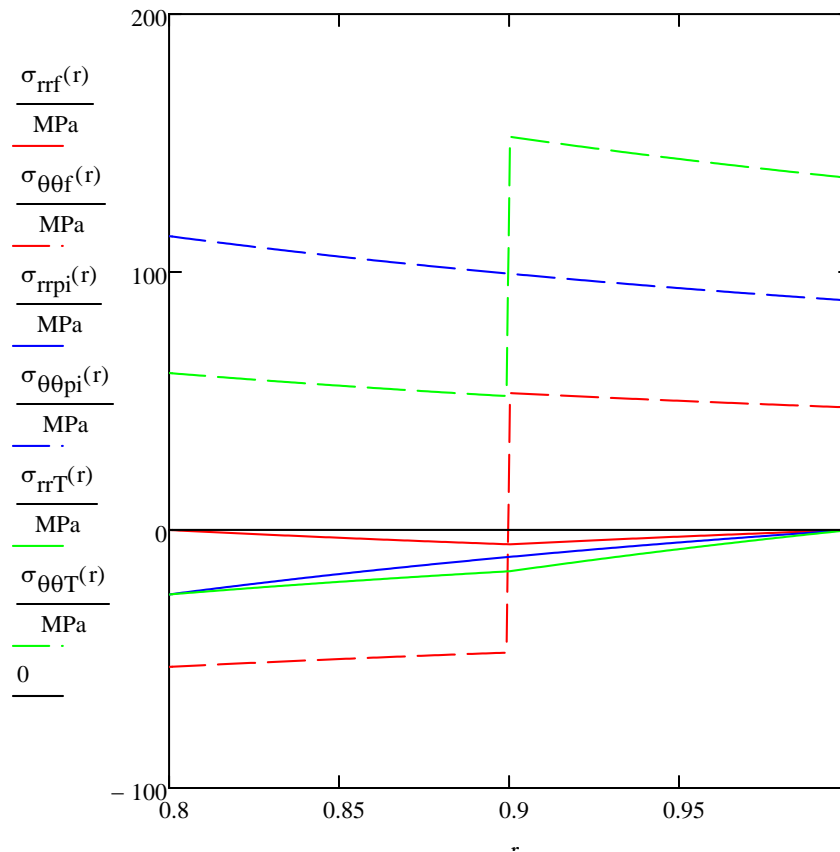
$$\sigma_{\theta\theta pi}(r) := \frac{p_1 \cdot R_{i1}^2}{R_{e1}^2 - R_{i1}^2} \cdot \left( 1 + \frac{R_{e1}^2}{r^2} \right)$$

Tensioni totali

$$\sigma_{rrT}(r) := \sigma_{rrpi}(r) + \sigma_{rrf}(r)$$

$$\sigma_{\theta\theta T}(r) := \sigma_{\theta\theta pi}(r) + \sigma_{\theta\theta f}(r)$$

$$\sigma_{idT}(r) := |\sigma_{\theta\theta T}(r) - \sigma_{rrT}(r)|$$



**Quesito 3**

$$\sigma_{id\_i} := \max(|\sigma_{\theta\theta T}(R_{i1})|, |\sigma_{rr T}(R_{i1})|, |\sigma_{\theta\theta T}(R_{i1}) - \sigma_{rr T}(R_{i1})|) = 85.827 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{id\_c} := \max(|\sigma_{\theta\theta T}(R_{c1})|, |\sigma_{rr T}(R_{c1})|, |\sigma_{\theta\theta T}(R_{c1}) - \sigma_{rr T}(R_{c1})|) = 168.352 \cdot \text{MPa}$$

## Esercizio 2

Il verricello di sollevamento in acciaio mostrato in Fig. 2.1 è collegato ad un bocchello, a sua volta collegato alla parete verticale tramite una saldatura a piena penetrazione. Condurre la verifica della saldatura

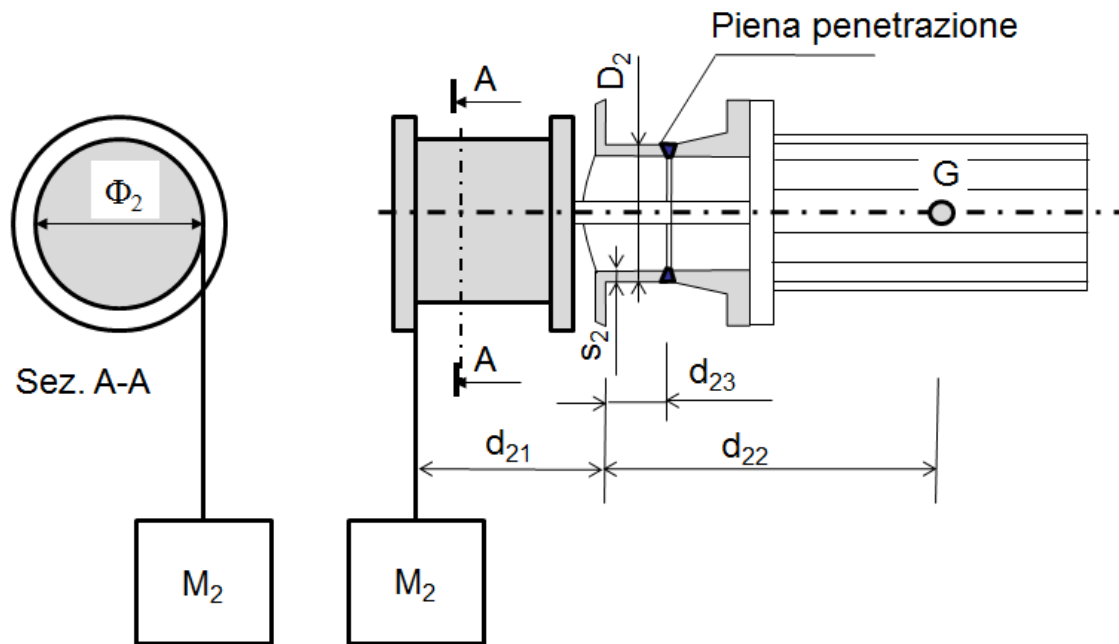


Fig. 2.1

$$M_2 := 1600 \cdot \text{kg}$$

$$W_M := 80 \cdot \text{kg}$$

$$D_2 := 200 \cdot \text{mm}$$

$$s_2 := 3 \cdot \text{mm}$$

$$\Phi_2 := 400 \cdot \text{mm}$$

$$d_{21} := 500 \cdot \text{mm}$$

$$d_{22} := 1200 \cdot \text{mm}$$

$$d_{23} := 200 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{amm2} := 450 \cdot \text{MPa}$$

$$f_2 := 0.85 \text{ Efficienza saldatura}$$

Forze agenti sul giunto

$$F_Y := (M_2 + W_M) \cdot g = 1.648 \times 10^4 \text{ N}$$

$$M_X := M_2 \cdot g \cdot (d_{21} + d_{23}) - W_M \cdot g \cdot (d_{22} - d_{23}) = 1.02 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_Z := M_2 \cdot g \cdot \frac{\Phi_2}{2} = 3.138 \times 10^3 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Caratteristiche giunto

$$A_2 := \frac{\pi}{4} \cdot [D_2^2 - (D_2 - 2 \cdot s_2)^2] = 1.857 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$J_{x2} := \frac{\pi}{64} \cdot [D_2^4 - (D_2 - 2 \cdot s_2)^4] = 9.009 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$\Omega_2 := \frac{\pi}{4} \cdot [(D_2 - s_2)^2] = 3.048 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

Tensioni

$$\tau_Y := \frac{F_Y}{A_2} = 8.873 \cdot \text{MPa} \quad \text{Taglio da } F_y$$

$$\tau_Z := \frac{M_Z}{2 \cdot \Omega_2 \cdot s_2} = 17.159 \cdot \text{MPa} \quad \text{Taglio da } M_z$$

$$\sigma_{\text{ort}} := \frac{|M_X| \cdot \frac{D_2}{2}}{J_{x2}} = 113.207 \cdot \text{MPa} \quad \text{Normale da } M_x$$

Verifica

$$\sigma_{\text{eq}} := \sqrt{\sigma_{\text{ort}}^2 + 3 \cdot (\tau_Y + \tau_Z)^2} = 121.856 \cdot \text{MPa} < f_2 \cdot \sigma_{\text{amm2}} = 382.5 \cdot \text{MPa} \quad \text{OK}$$

### Esercizio 3

La struttura mostrata in Fig. 3.1 è soggetta periodicamente al carico  $P_3$ . La trave orizzontale, di sezione rettangolare, contiene in mezzeria una frattura di dimensione iniziale  $a_{30}$ . Approssimando il comportamento del materiale come elastico-perfettamente plastico calcolare il numero di cicli necessario per produrre la rottura della trave

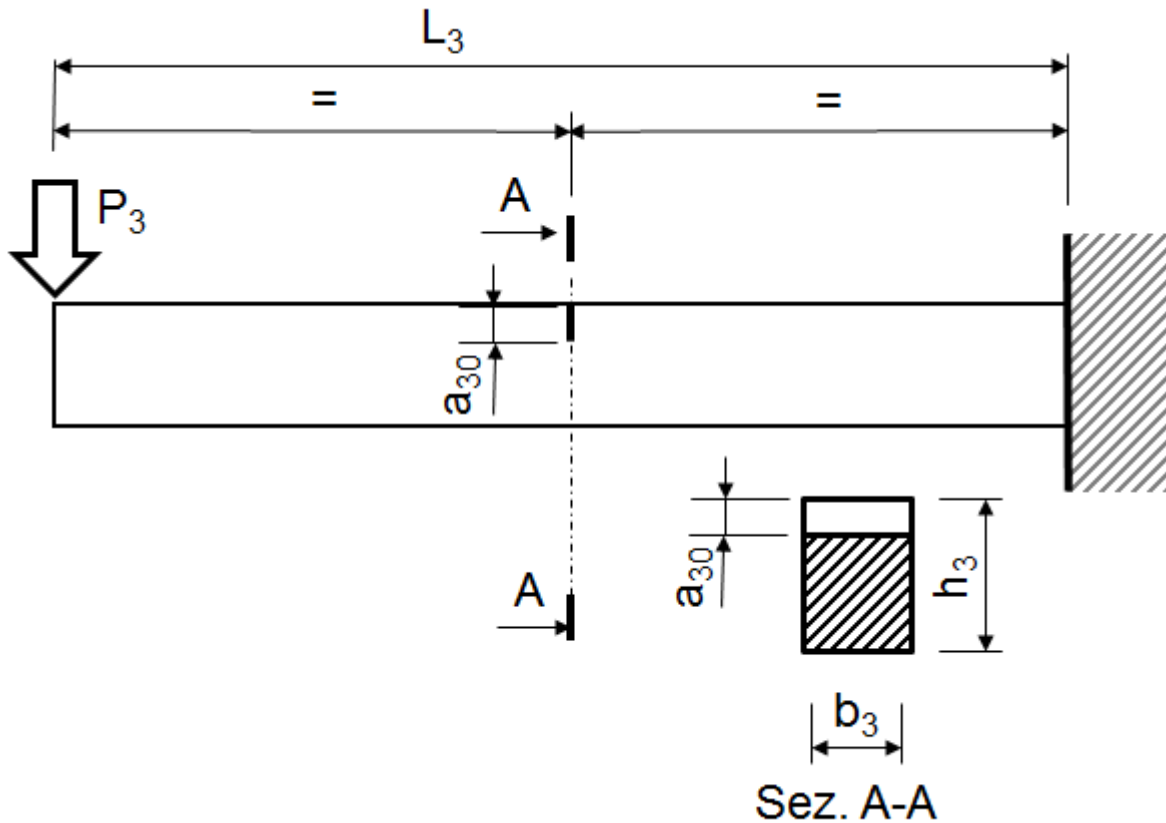


Fig. 2.1

$$K_{IC} := 150 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

Tenacità a frattura

$$s_{p0} := 10 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y := 400 \cdot \text{MPa}$$

Tensione di snervamento/rottura materiale (elastico perfettamente plastico)

$$L_3 := 2 \cdot \text{m}$$

$$P_3 := 800 \cdot \text{kN}$$

$$a_{30} := 5 \cdot \text{mm}$$

$$h_3 := 300 \cdot \text{mm}$$

$$b_3 := 200 \cdot \text{mm}$$

$$m_0 := 2$$

$$\frac{d}{dN} := C_0 \cdot \Delta K^{m_0}$$

Legge di Paris ( $\Delta K$  in  $\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ ,  $da/dN$  in  $\text{m}/\text{ciclo}$ )

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

$$\beta := 1.12 \quad \text{Fattore correttivo per calcolo } K_I$$

Momento agente nella sezione con frattura:

$$M_{x3} := P_3 \cdot \frac{L_3}{2} = 8 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Momento inerzia sezione

$$J_{x3} := \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} = 4.5 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

Tensioni nominali

$$\sigma_{\text{nom}} := \frac{M_{x3}}{J_{x3}} \cdot \frac{h_3}{2} = 266.667 \cdot \text{MPa}$$

Dimensione critica difetto

$$a_{\text{finK}} := \frac{1}{\pi} \cdot \left( \frac{K_{\text{IC}}}{\beta \cdot \sigma_{\text{nom}}} \right)^2 = 80.29 \cdot \text{mm}$$

$$a_{\text{finp}} := \sqrt{\frac{2 \cdot P_3 \cdot L_3}{\sigma_y \cdot b_3}} = 200 \cdot \text{mm}$$

$$a_{\text{fin}} := \min(a_{\text{finK}}, a_{\text{finp}}) = 80.29 \cdot \text{mm}$$

Calcolo numero di cicli a rottura

$$\Delta K_I(a) := \beta \cdot \sigma_{\text{nom}} \cdot \sqrt{\pi a \cdot m}$$

$$N_R := \int_{\frac{a_{30}}{m}}^{\frac{a_{\text{fin}}}{m}} \frac{1}{4 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta K_I(a)^2} da \quad \blacksquare \quad \blacksquare$$

$$N_R := \frac{1}{C_0 \cdot \beta^2 \cdot \left( \frac{\sigma_{\text{nom}}}{\text{MPa}} \right)^2 \cdot \pi} \ln \left( \frac{a_{\text{fin}}}{a_{30}} \right) = 2.477 \times 10^4$$