

## COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Esame del 12-01-2012

### ESERCIZIO 1

Il recipiente di PVC ( $E = 3.2 \text{ GPa}$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\sigma_{am} = 20 \text{ MPa}$ ) in figura 1.1 che ha spessore  $t = 5 \text{ mm}$  è appoggiato in basso al telaio e chiuso superiormente tramite un coperchio rigido di massa trascurabile sul quale è esercitata la forza costante  $F = 9.5 \text{ kN}$ . Sulle superfici superiore e inferiore del recipiente sono disposte due guarnizioni anulari con dimensione radiale pari a  $t$  che garantiscono la tenuta purché schiacciate assialmente con una pressione non minore di 1.5 volte il valore della pressione interna. Il recipiente può essere pressurizzato attraverso il tubo posto nella parte inferiore. Trascurando gli effetti di bordo e considerando le sole parti cilindriche del recipiente, con il modello di guscio:

- tracciare i digrammi delle caratteristiche membranali con pressione interna nulla;
- determinare il valore massimo della pressione interna  $p_{max}$  perché il recipiente non perda;
- con la pressione  $p_{max}$  effettuare la verifica di resistenza del recipiente.

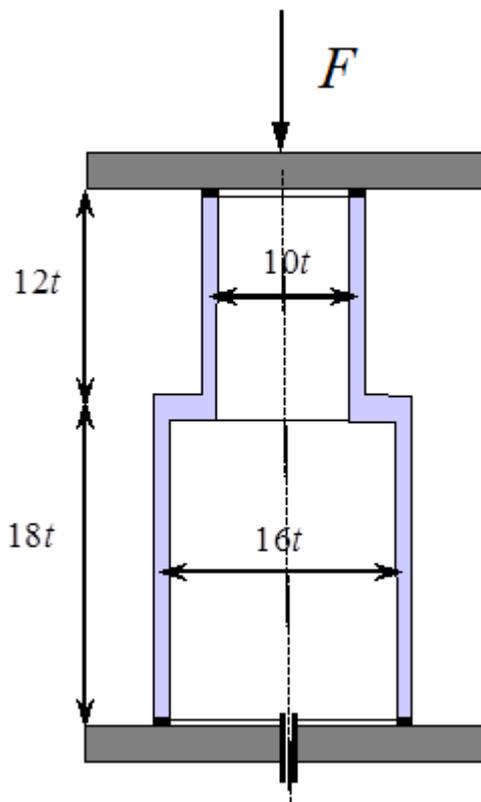


Fig. 1.1

$$E := 3 \cdot \text{GPa} \quad \nu := 0.3 \quad \sigma_{am} := 20 \cdot \text{MPa} \quad t := 5 \cdot \text{mm}$$

$$R_1 := 5 \cdot t = 25 \cdot \text{mm} \quad R_2 := 8 \cdot t = 40 \cdot \text{mm}$$

$$L_1 := 12 \cdot t = 60 \cdot \text{mm} \quad L_2 := 18 \cdot t = 90 \cdot \text{mm}$$

$$F_0 := 9.5 \cdot \text{kN} \quad r := 1.5$$

Risposta a)

$$N_{\varphi 1} := -\frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_1} = -60.479 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$N_{\theta 1} := 0$$

$$N_{\varphi 2} := -\frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_2} = -37.799 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$N_{\theta 2} := 0$$

Risposta b)

$$\sigma_{\varphi 1} := \frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot t} - \frac{p \cdot R_1}{2 \cdot t} > \frac{3}{2} \cdot p \quad \blacksquare$$

$$\sigma_{\varphi 2} := \frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot t} - \frac{p \cdot R_2}{2 \cdot t} > \frac{3}{2} \cdot p \quad \blacksquare$$

$$p_{\max 1} := \frac{F_0}{2 \pi \cdot R_1 \cdot t \cdot \left( \frac{3}{2} + \frac{R_1}{2 \cdot t} \right)} = 3.024 \cdot \text{MPa}$$

$$p_{\max 2} := \frac{F_0}{2 \pi \cdot R_2 \cdot t \cdot \left( \frac{3}{2} + \frac{R_2}{2 \cdot t} \right)} = 1.375 \cdot \text{MPa}$$

Risposta c)

$$\sigma_{\varphi 1} := \frac{p_{\max 2} \cdot R_1}{2 \cdot t} - \frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot t} = -8.659 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{\varphi 2} := \frac{p_{\max 2} \cdot R_2}{2 \cdot t} - \frac{F_0}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot t} = -2.062 \cdot \text{MPa} = 1.5 \cdot p_{\max 2} = 2.062 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\theta 1} := \frac{p_{\max 2} \cdot R_1}{t} = 6.873 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\theta 2} := \frac{p_{\max 2} \cdot R_2}{t} = 10.996 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{id1} := |\sigma_{\theta 1} - \sigma_{\varphi 1}| = 15.532 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{id2} := |\sigma_{\theta 2} - \sigma_{\varphi 2}| = 13.058 \cdot \text{MPa} < \sigma_{am} = 20 \cdot \text{MPa}$$

## ESERCIZIO 2

L'albero di trasmissione mostrato in Fig. 2.1, presenta una giunzione a flangia recante 8 bulloni. L'albero deve trasmettere una coppia attorno al proprio asse ( $M_z$ ) pari a 400 Nm ed è soggetto, in corrispondenza della flangia, ad un momento flettente ( $M_x$ ) di 550 Nm ed ad un'azione tagliante verticale ( $T_y$ ) di 1.2 kN.

Si conduca la verifica ad attrito della giunzione bullonata.

Dati:

- $\phi = 4 \text{ mm}$  - diametro bulloni
- $f = 0.3$  - coefficiente di attrito tra le flange
- $\sigma_{\text{amm,b}} = 340 \text{ MPa}$  - tensione ammissibile materiale bullone
- $\psi = 1.5$  - coefficiente di sicurezza richiesto contro lo scorrimento

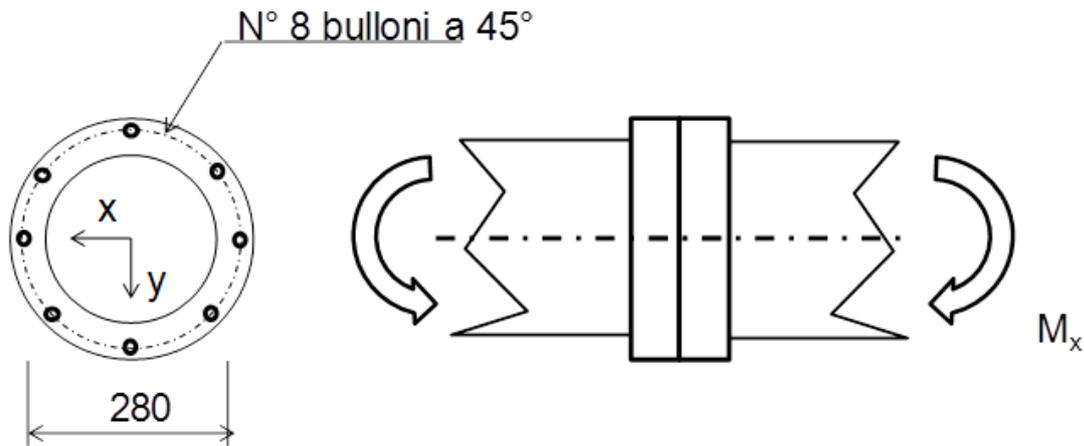


Fig. 2.1

$$M_z := 400 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_f := 550 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$F_y := 1.2 \cdot \text{kN}$$

$$f := 0.3$$

$$\sigma_{\text{amm,b}} := 340 \cdot \text{MPa}$$

$$\phi := 4 \cdot \text{mm}$$

$$\Psi := 1.5$$

$$\Phi := 280 \cdot \text{mm}$$

Dati bullone

$$A_b := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}$$

$$N_0 := 0.8 \cdot A_b \cdot \sigma_{\text{amm,b}} = 3.418 \times 10^3 \text{ N}$$

Sforzi sui bulloni

$$T_b := \frac{M_z}{8 \cdot \frac{\Phi}{2}} = 357.143 \text{ N} \quad \text{Taglio dovuto ad } M_z$$

$$T_y := \frac{F_y}{8} = 150 \text{ N} \quad \text{Taglio dovuto ad } F_y$$

$$J_b := 2 \cdot \left(\frac{\Phi}{2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{\Phi}{2\sqrt{2}}\right)^2 \quad \text{Momento di inerzia bullonatura}$$

$$N_b := \frac{M_f}{J_b} \cdot \frac{\Phi}{2} = 982.143 \text{ N} \quad \text{Forza normale dovuta a } M_x$$

Verifica

$$N_b = 982.143 \text{ N} < 0.8 \cdot N_0 = 2.734 \times 10^3 \text{ N}$$

$$T_b + T_y = 507.143 \text{ N} < T_{amm} := \frac{f \cdot (N_0 - N_b)}{\psi} = 487.182 \text{ N}$$

### ESERCIZIO 3

Il recipiente cilindrico mostrato in Figura 3.1 contiene un gas avente una pressione di 20 MPa. Il recipiente contiene una frattura mostrata nella “Vista da A”, giacente su un piano ortogonale all’asse del recipiente.

Si verifichi l’integrità del recipiente, sapendo che la tenacità a frattura del materiale è pari ad  $80 \text{ MPa m}^{1/2}$ . Si conduca la verifica considerando la frattura come se fosse un difetto passante in una lastra di dimensioni infinite.

Si verifichi inoltre l’applicabilità della Meccanica della Frattura Lineare Elastica al problema in esame.

Dati:

$R_i = 1800 \text{ mm}$  raggio interno

$R_e = 2150 \text{ mm}$  raggio esterno

$\sigma_{amm} = 250 \text{ MPa}$  tensione ammissibile materiale

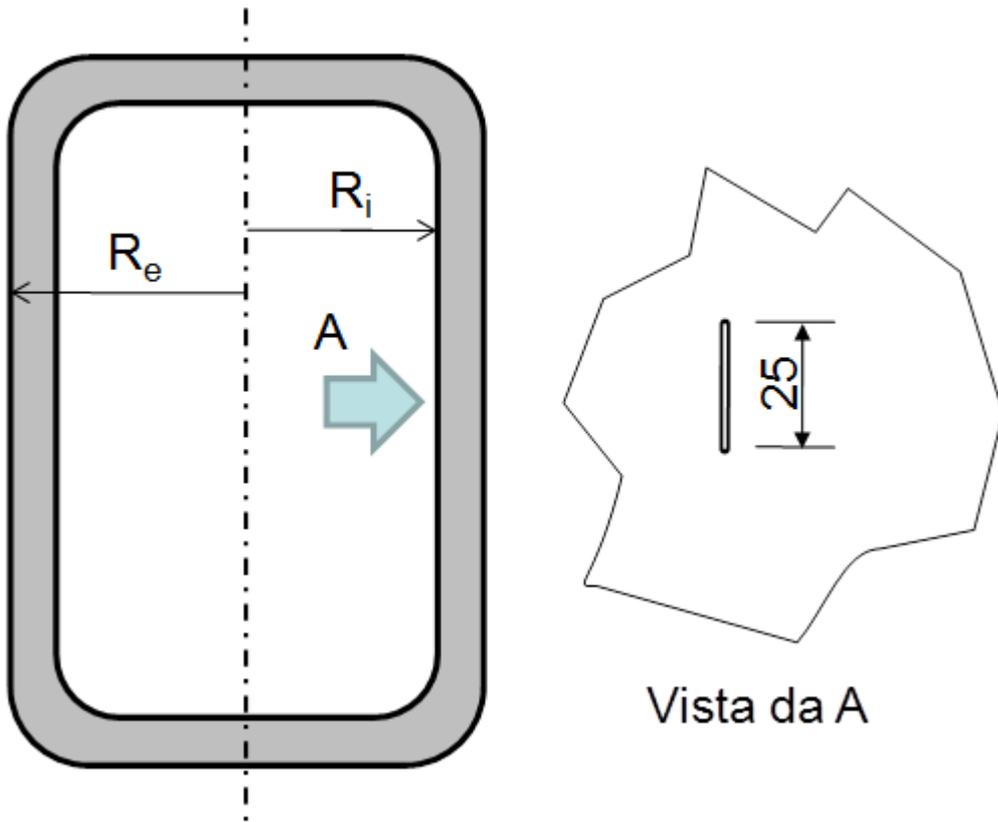


Fig. 3.1

$$R_i := 1800 \cdot \text{mm}$$

$$R_e := 2150 \cdot \text{mm}$$

$$p_0 := 20 \cdot \text{MPa}$$

$$a := \frac{25}{2} \cdot \text{mm}$$

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

$$K_{IC} := 80 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

Risposta a)

$$\sigma_{\theta\theta} := \frac{p_0 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} + \frac{R_e^2 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} \cdot \frac{p_0}{R_i^2} = 113.743 \cdot \text{MPa} \quad \text{Tensione circonferenziale}$$

$$K_I := \sigma_{\theta\theta} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} = 22.54 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}} \quad \text{FIS modo I}$$

$$K_I = 22.54 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}} < K_{IC} = 80 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$$

Risposta b)

$$r_{pa} := \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\sigma_{\theta\theta}}{\sigma_{amm}} \right)^2 = 0.104 \quad \text{Rapporto tra raggio plastico e dimensione difetto}$$

$$r_{pa} = 0.104 < 0.1 \quad \text{Quasi valida}$$