COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 11/06/2014

Esercizio 1

E' dato il recipiente cilindrico con fondi emisferici in acciaio mostrato nella Fig. 1.1. Il recipiente è diviso internamente in tre camere separate, costituite dal fasciame cilindrico (soggetto alla pressione p_0) e dai due fondi (soggetti alla pressione p_1).

Determinare:

1. l'andamento delle caratteristiche generalizzate di sollecitazione membranali nelle tre camere
2. lo spessore minimo richiesto per la parte ciclindrica e per i fondi emisferici e la relativa deformazione radiale
3. gli spessori minimi da assegnare alla parte cilindrica ed ai fondi emisferici in modo da avere una uguale variazione di diametro

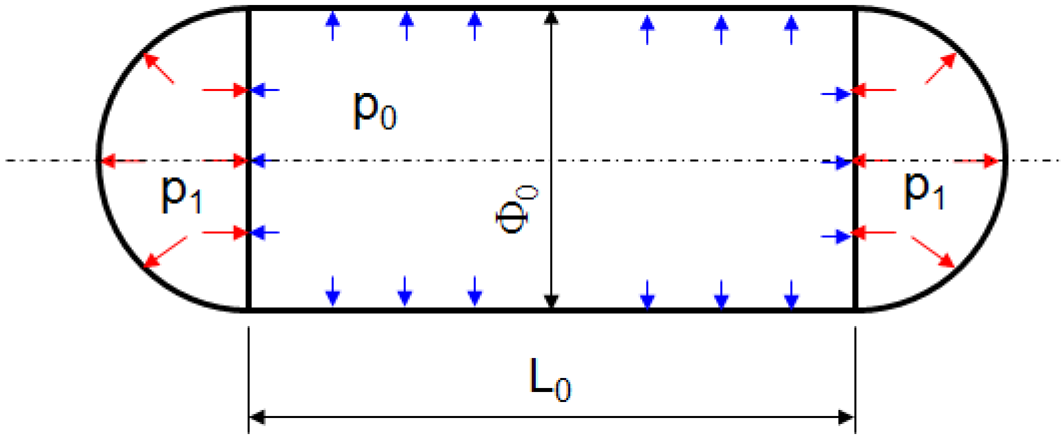


Fig. 1.1

$E := 210000\,MPa$ $\quad\nu := 0.3$ $\quad\sigma_{amm} := 300\cdot MPa$ $\quad\rho := 10\cdot\frac{kg}{l}$

$\Phi_0 := 2\cdot m$ $\quad p_0 := 150\cdot bar$ $\quad p_1 := 80\cdot bar$

Quesito 1

Le caratteristiche generalizzate di sollecitazione nella parte cilindrica sono date da :

$$N_{\theta\_c} := \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{2} = 1.5 \times 10^7 \cdot \frac{N}{m}$$

$$N_{\varphi\_c} := \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{4} = 7.5 \times 10^6 \cdot \frac{N}{m}$$

Le caratteristiche generalizzate di sollecitazione nei fondi emisferici sono date da :

$$N_{\theta\_s} := \frac{p_1 \cdot \Phi_0}{4} = 4 \times 10^6 \cdot \frac{N}{m}$$

$$N_{\varphi\_s} := \frac{p_1 \cdot \Phi_0}{4} = 4 \times 10^6 \cdot \frac{N}{m}$$

Quesito 2

Gli spessori minimi richiesti sono:

$$s_{min\_c} := \frac{N_{\theta\_c}}{\sigma_{amm}} = 50 \cdot mm$$

$$s_{min\_s} := \frac{N_{\theta\_s}}{\sigma_{amm}} = 13.333 \cdot mm$$

La variazione di diametro del cilindro con lo spessore minimo richiesto è data da:

$$\sigma_{\theta\_c} := \frac{N_{\theta\_c}}{s_{min\_c}} = 300 \cdot MPa$$

$$\sigma_{\varphi\_c} := \frac{N_{\varphi\_c}}{s_{min\_c}} = 150 \cdot MPa$$

$$\varepsilon_{\theta\_c} := \frac{\sigma_{\theta\_c} - \nu \cdot \sigma_{\varphi\_c}}{E} = 1.214 \times 10^{-3}$$

$$\Delta_c := \varepsilon_{\theta\_c} \cdot \Phi_0 = 2.429 \cdot mm$$

La variazione di diametro del fondo emisferico con lo spessore minimo richiesto è data da:

$$\sigma_{\theta\_s} := \frac{N_{\theta\_s}}{s_{min\_s}} = 300 \cdot MPa$$

$$\sigma_{\varphi\_s} := \sigma_{\theta\_s} = 300 \cdot MPa$$

$$\varepsilon_{\theta\_s} := \frac{\sigma_{\theta\_s} - \nu \cdot \sigma_{\varphi\_s}}{E} = 1 \times 10^{-3}$$

$$\Delta_s := \varepsilon_{\theta\_s} \cdot \Phi_0 = 2 \cdot mm$$

Quesito 3

Dato che la variazione di diamtero del fondo è minore di quella del cilindro, al fine di mantenere la condizione di ammissibilità dello stato di tensione è necessario aumentare lo spessore di quest'ultimo sino a rendere le variazioni di diamtero uguali:

$$s_{opt\_c} := s_{min\_c} \cdot \frac{\varepsilon_{\theta\_c}}{\varepsilon_{\theta\_s}} = 60.714 \cdot mm$$

$$\sigma_{\theta\_c1} := \frac{N_{\theta\_c}}{s_{opt\_c}} = 247.059 \cdot MPa$$

$$\sigma_{\varphi\_c1} := \frac{N_{\varphi\_c}}{s_{opt\_c}} = 123.529 \cdot MPa$$

$$\varepsilon_{\theta\_c1} := \frac{\sigma_{\theta\_c1} - \nu \cdot \sigma_{\varphi\_c1}}{E} = 1 \times 10^{-3}$$

$$\Delta_{c1} := \varepsilon_{\theta\_c1} \cdot \Phi_0 = 2 \cdot mm$$

Esercizio 2

Il recipiente cilindrico in acciaio mostrato in Fig. 2.1 è soggetto al peso proprio del recipiente stesso e del contenuto più il carico dovuto alla neve (W_0 complessivamente) ed ad una pressione interna p_c. Condurre la verifica della saldatura longitudinale a piena penetrazione.

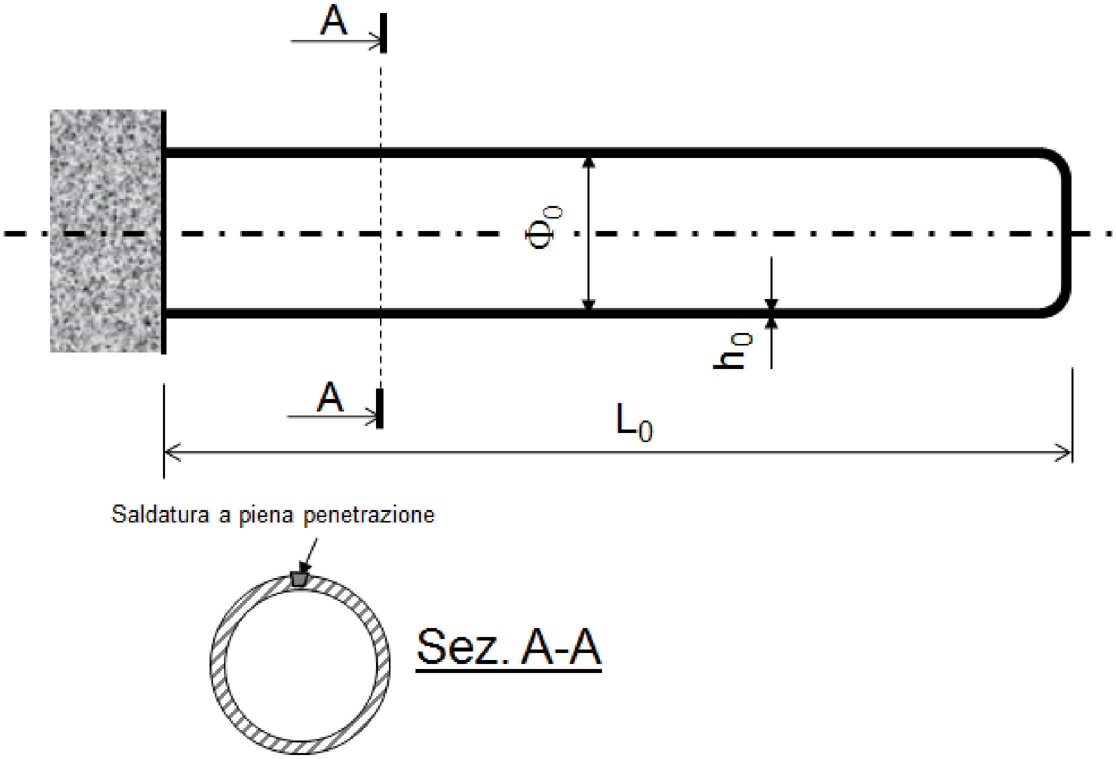


Fig. 2.1

$\Phi_c := 1500 \cdot mm$ $\qquad$ $L_0 := 5 \cdot m$

$h_0 := 5 \cdot mm$

$p_c := 10 \cdot bar$

$\rho_a := 7.81 \cdot \frac{kg}{l}$

$f_w := 0.9$ Efficienza della saldatura

$W_0 := 150 \cdot kN$ Peso recipiente + carichi da neve

$\sigma_{amm\_base} := 350 \cdot MPa$

Momento massimo dovuto al peso proprio:i

$$M_W := W_0 \cdot \frac{L_0}{2} = 3.75 \times 10^5 \cdot N \cdot m$$

Tensione assiale dovuta al peso proprio:

$$J_x := \pi \cdot \frac{\left[\left(\Phi_c + h_0\right)^4 - \left(\Phi_c - h_0\right)^4\right]}{64} = 6.627 \times 10^9 \cdot mm^4$$

$$\sigma_{zW} := \frac{M_W}{J_x} \cdot \frac{\left(\Phi_c + h_0\right)}{2} = 42.582 \cdot MPa$$

Tensioni da pressione interna

$$\sigma_\theta := \frac{p_c \cdot \left(\Phi_c + h_0\right)}{2 \cdot h_0} = 150.5 \cdot MPa$$

$$\sigma_\varphi := \frac{p_c \cdot \left(\Phi_c + h_0\right)}{4 \cdot h_0} = 75.25 \cdot MPa$$

Tensione equivalente

$$\sigma_{par} := \sigma_{zW} + \sigma_\varphi = 117.832 \cdot MPa$$

$$\sigma_{ort} := \sigma_\theta$$

Verifica

$$\sqrt{\sigma_{par}^2 + \sigma_{ort}^2 - \sigma_{par} \cdot \sigma_{ort}} = 137.117 \cdot MPa \qquad < \qquad f_w \cdot \sigma_{amm\_base} = 315 \cdot MPa$$

Esercizio 3

Il tubo in acciaio mostrato nella Figura 3.1 viene montato a temperatura ambiente (20 °C) e portato successivamente alla temperatura di 650°C.

Determinare l'andamento nel tempo dello stato di tensione nel tubo.

Se al tempo t_0 il tubo viene riportato a temperatura ambiente, quale sarà il suo stato di tensione?

Inoltre, quale sarà lo stato di tensione in seguito ad un ulteriore riscaldamento a 650°.

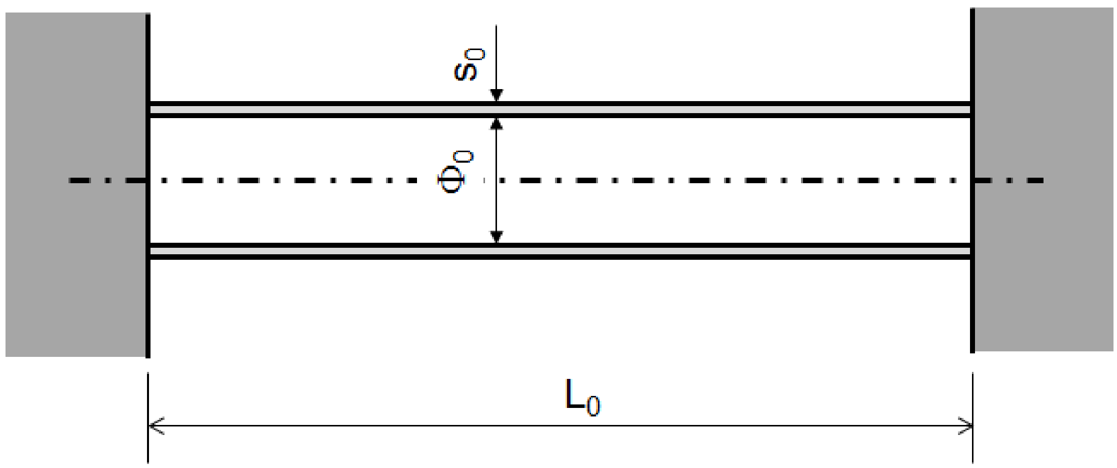


Fig. 3.1

Dati:

$s_0 := 10 \cdot mm$ $\quad \Phi_0 := 350 \cdot mm$ $\quad t_1 := 1000 \cdot hr$

$T_{amb} := 20$ $\quad T_{op} := 550$ Temperature ambiente e operativa

$E_{Top} := 100000 \cdot MPa$ Modulo di Young a T_{op}

$E_{Tamb} := 210000 \cdot MPa$ Modulo di Youg a T_{amb}

$\alpha := 1.2 \cdot 10^{-5}$ Coefficiente di dilatazione termica

$B := 1.08 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{1}{s}$ $\quad \frac{d}{dt}\varepsilon := B \cdot \sigma^n$

$n := 4.08$

Parametri legge di Norton: (velocità di deformazione in s^{-1}, tensione in MPa)

Quesito 1

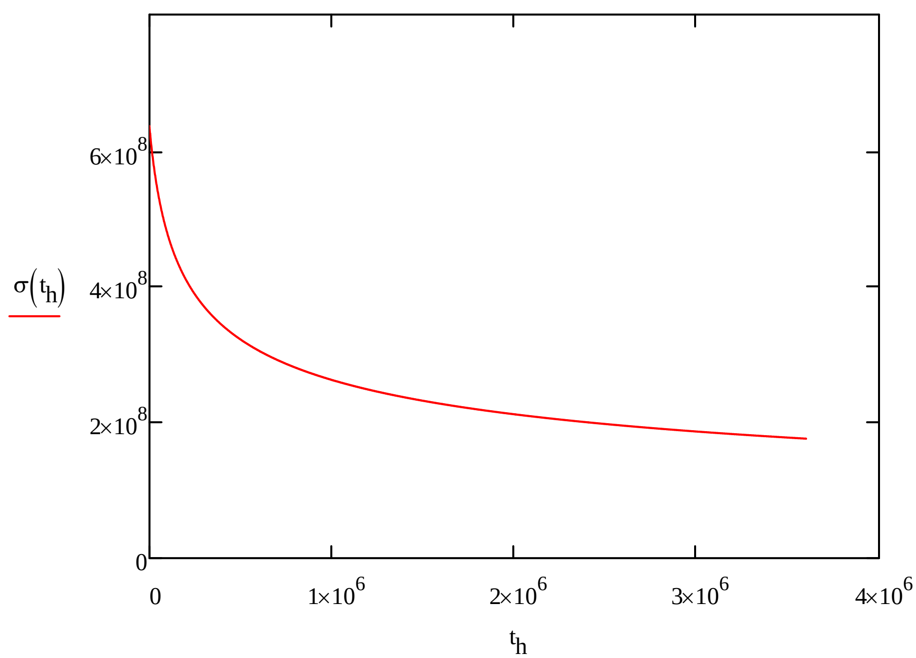
$\sigma_0 := E_{Top} \cdot \alpha \cdot (T_{op} - T_{amb}) = 636 \cdot MPa$ Tensione iniziale

$t_h := 0, 1000 .. \frac{t_1}{hr} \cdot 3600$

$$\sigma(t_h) := \left[\left(\frac{\sigma_0}{1 \cdot MPa} \right)^{1-n} + (n-1) \cdot B \cdot \left(\frac{E_{Top}}{1 \cdot MPa} \right) \cdot t_h \cdot s \right]^{\frac{1}{1-n}} \cdot MPa$$

Legge variazione tensione

$\sigma\left(\frac{t_1}{s}\right) = 175.634 \cdot MPa$ Valore tensione a t_1 ore



Quesito 2

La deformazione da creep accumulata sino a t_1 ore vale:

$$\varepsilon_{cr0} := -\alpha\cdot\left(T_{op} - T_{amb}\right) + \frac{\sigma\left(\frac{t_1}{s}\right)}{E_{Top}} = -4.604 \times 10^{-3}$$

Tale deformazione dovrà essere compensata da una deformazione elastica opposta a T ambiente:

$$\sigma_{el} := -\varepsilon_{cr0}\cdot E_{Tamb} = 966.769\cdot MPa$$