COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 23/07/2013

Esercizio 1

E' data la semisfera mostrata in Fig. 1.1, semplicemente appoggiata alla base e connessa, nella parte superiore, ad ubn cilindro rigido che sottende, rispetto al centro della sfera, un angolo α.
Al cilindro è applicato il carico verticale P.
Trascurando gli effetti locali ed il peso proprio della sefra e del cilindro:

- determinare l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione membranali della sfera in funzione della coordinata angolare φ
- determinare la variazione del diametro della sfera in corrispondenza dell'appoggio
- determinare di quanto può essere aumentato P per arrivare al limite di sollecitazione ammesso per il materiale.

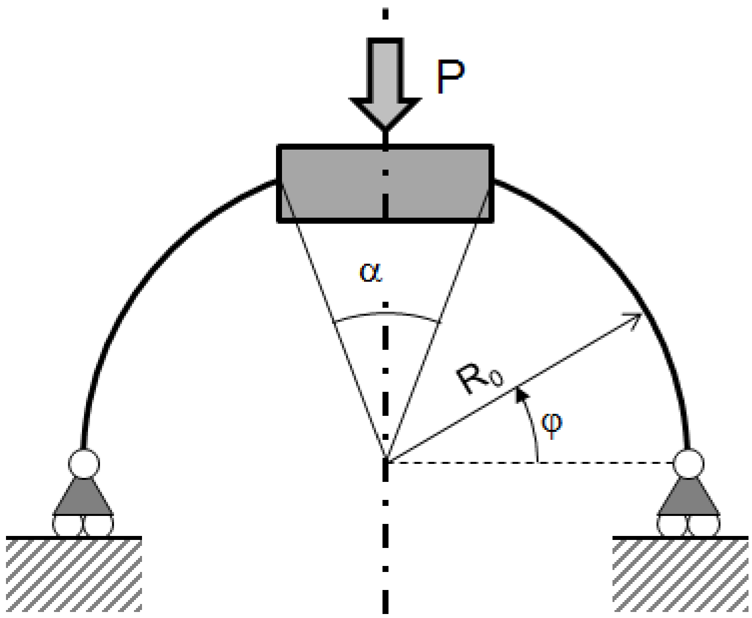


Fig. 1.1

$E := 210000 \cdot MPa$ $\nu := 0.3$ $\sigma_{amm} := 125 \cdot MPa$ Dati materiale (acciaio)

$R_0 := 5000 \cdot mm$ Raggio sfera

$h := 3 \cdot mm$ Spessore sfera

$\alpha := \frac{\pi}{6}$ Angolo sotteso dal cilindro

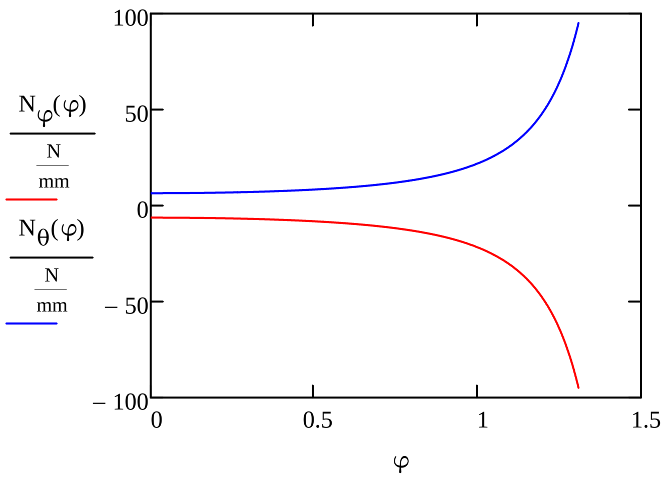
$P := 200 \cdot kN$ Carico applicato

Quesito 1

Caratteristiche memebranali nella sfera :

$$N_{\varphi}(\varphi) := -\frac{P}{2\pi \cdot R_0 \cdot \cos(\varphi)^2} \qquad \varphi := 0, \frac{(\pi - \alpha)}{2000} .. \frac{(\pi - \alpha)}{2}$$

$$N_{\theta}(\varphi) := -N_{\varphi}(\varphi)$$



Quesito 2

Variazione del diametro della sfera sul piano di appoggio

$$\varepsilon_{\theta} := \frac{N_{\theta}(0) - \nu \cdot N_{\varphi}(0)}{h \cdot E} = 1.314 \times 10^{-5} \qquad \frac{N_{\theta}(0)}{h} = 2.122 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\Phi := \varepsilon_{\theta} \cdot 2 \cdot R_0 = 0.131 \cdot \text{mm}$$

Quesito 3

$$\sigma_{idmx} := \frac{2\, N_{\theta}\left[\frac{(\pi - \alpha)}{2}\right]}{h} = 63.357 \cdot \text{MPa}$$

$$\Psi := \frac{\sigma_{amm}}{\sigma_{idmx}} = 1.973$$

$$P_{max} := P \cdot \Psi = 394.588 \cdot \text{kN}$$

Esercizio 2

Il tubo mostrato in Fig. 2.1 è saldato all'estremità sinistra ad un bocchello molto rigido con una saldatura circonferenziale a piena penetrazione. Il tubo è internamente pressurizzato da una pressione p_0, la cui risultante assiale non si scarica sulle pareti del tubo stesso (tubo "aperto").

All'estermità della tubazione viene imposto uno spostamento pari a $\delta_{.0}$.

Condurre la verifica della saldatura.

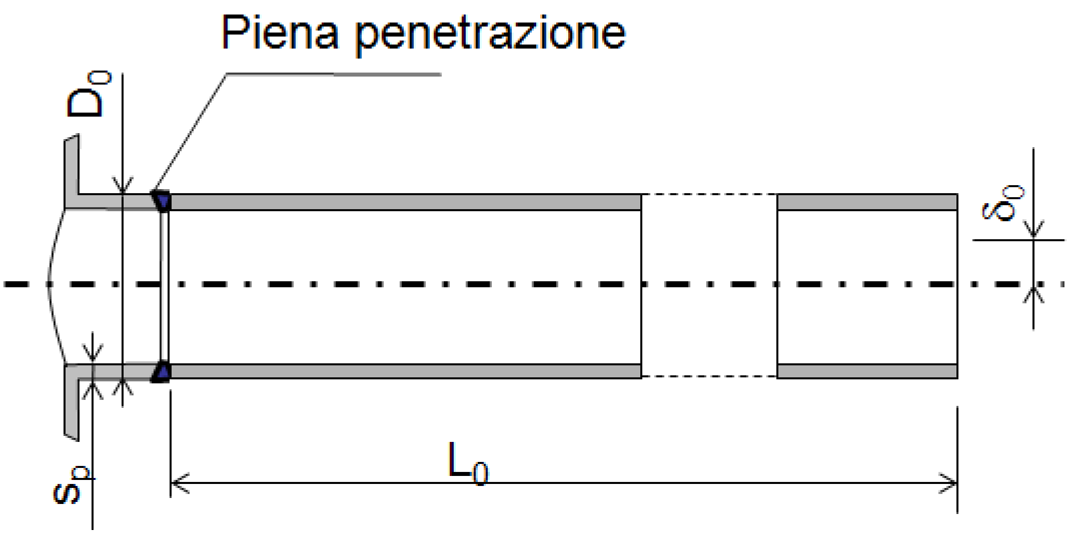


Fig. 2.1

$\sigma_{amm} := 550 \cdot MPa$ $\quad E := 210000 \cdot MPa$ $\quad \nu := 0.3$ $\quad$ Dati materiale (acciaio)

$D_0 := 0.5 \cdot m$ $\quad s_p := 3 \cdot mm$ $\quad L_0 := 3.5m$ $\quad p_0 := 1.5 \cdot MPa$

$\delta_0 := 12.5 \cdot mm$ $\quad f_w := 0.90$ $\quad$ Efficienza saldatura

Dati sezione

$$A_0 := \frac{\pi}{4}\cdot\left[D_0^{\,2} - \left(D_0 - 2\cdot s_p\right)^2\right] = 4.684 \times 10^3\cdot mm^2$$

$$J_x := \frac{\pi}{64}\cdot\left[D_0^{\,4} - \left(D_0 - 2\cdot s_p\right)^4\right] = 1.446 \times 10^8\cdot mm^4$$

Tensioni dovute a pressione interna

$$\sigma_\theta := \frac{p_0\cdot D_0}{2\cdot s_p} = 125\cdot MPa$$

Forze e momenti dovute allo spostamento imposto

$$P_{max} := \frac{\delta_0\cdot 3\cdot E\cdot J_x}{L_0^{\,3}} = 2.657 \times 10^4\,N$$

$$M_{max} := P_{max}\cdot L_0 = 9.298 \times 10^4\cdot N\cdot m$$

Tensioni dovute allo spostamento imposto.

$$\sigma_z := \frac{M_{max}\cdot D_0}{2\cdot J_x} = 160.714\cdot MPa$$

Verifica

$$\sigma_{ort} := \sigma_z = 160.714\cdot MPa$$

$$\sigma_{par} := \sigma_\theta = 125\cdot MPa$$

$$\tau_{par} := 0\cdot MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{par}^{\,2} + \sigma_{ort}^{\,2} - \sigma_{par}\cdot\sigma_{ort} + 3\cdot\tau_{par}^{\,2}} = 146.167\cdot MPa \qquad < \qquad f_w\cdot\sigma_{amm} = 495\cdot MPa \qquad \text{OK}$$

Esercizio 3

Il recipiente cilindrico aperto mostrato in Figura 3.1 è soggetto ad una pressione interna p_0. Il recipiente viene portato alla temperatura di 650 °C ed è pertanto soggetto a fenomeni di creep Calcolare:

1. quanto tempo il recipiente può restare in servizio accumulando un danneggiamento da crep pari a 0.5.
2. qual'è la variazione di diametro del recipiente al tempo calcolato al punto 1.

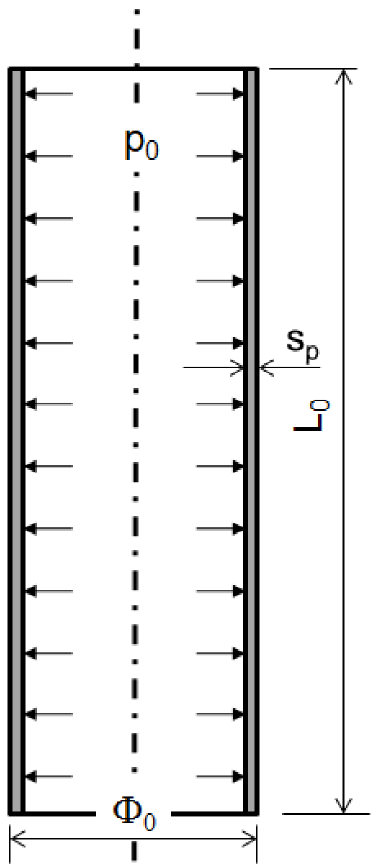


Fig. 3.1

$L_0 := 5000 \cdot mm$ $\qquad$ $\Phi_0 := 800 \cdot mm$

$p_0 := 1.5 \cdot MPa$ $\qquad$ $s_p := 4 \cdot mm$

Legge di Norton (tensioni in MPa, risultato in s^{-1})

$$\dot{\varepsilon} = B_0 \cdot \sigma^{m_0}$$

$$B_0 := 1.08 \cdot 10^{-18} \cdot \frac{1}{s}$$

$$m_0 := 4.08$$

Legge di rottura a creep (tensioni in MPa, risultato in hrs)

$$t_R = \left(\frac{A_R}{\sigma} \right)^{n_R}$$

$$A_R := 590$$

$$n_R := 9$$

Tensioni dovute a pressione interna

$$\sigma_\theta := \frac{p_0 \cdot \Phi_0}{2 \cdot s_p} = 150 \cdot \text{MPa}$$

Tempo a rottura per creep

$$t_R := \left(\frac{A_R}{\frac{\sigma_\theta}{\text{MPa}}} \right)^{n_R} \cdot \text{hr} = 2.253 \times 10^5 \cdot \text{hr}$$

$$t_S := t_R \cdot 0.5 = 1.127 \times 10^5 \cdot \text{hr}$$ tempo per D=0.5

Variazione di diametro a t_S

$$\varepsilon_\theta := B_0 \cdot \left(\frac{\sigma_\theta}{\text{MPa}} \right)^{m_0} \cdot t_S = 0.331$$

$$\Delta\Phi := \Phi_0 \cdot \varepsilon_\theta = 264.902 \cdot \text{mm}$$