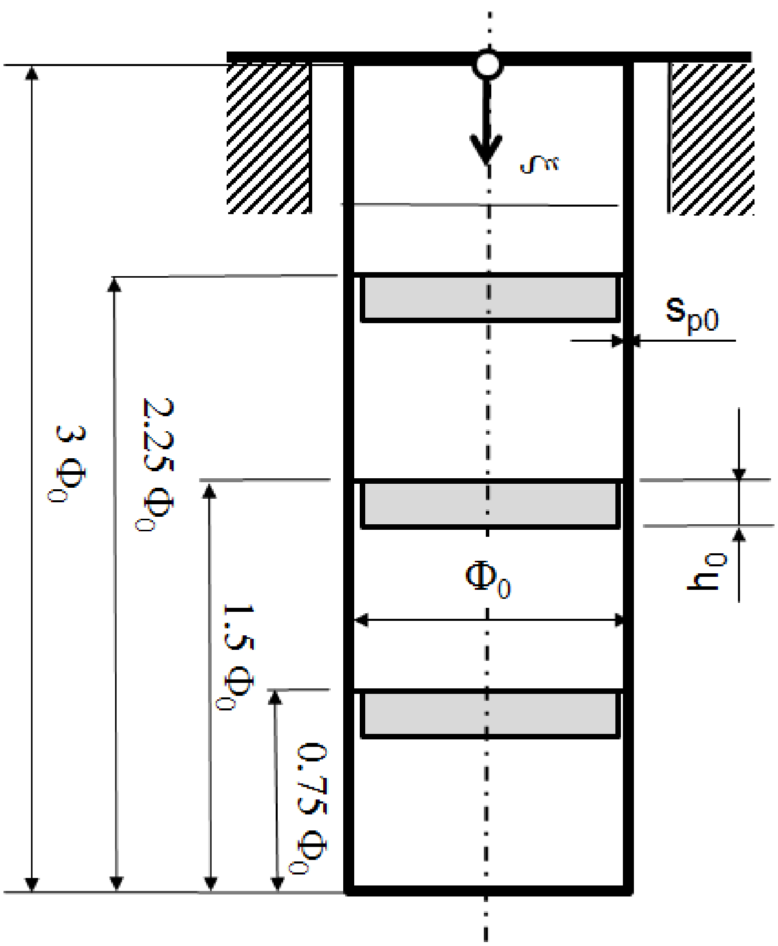
COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 11/06/2015

Esercizio 1

E' dato il recipiente cilindrico in acciaio chiuso agli estremi mostrato in Fig. 1.1. Nel recipiente sono posizionate tre vasche cilindriche coassiali appese al recipiente stesso in corrispondenza del loro bordo superiore e piene di acqua. Ai fini del calcolo, il diametro delle vasche si può assumere uguale a quello del cilindro. La pressione interna al cilindro è inferiore del valore p_0 a quella esterna. Il recipiente è sostenuto in corrispondenza della estremità superiore.
Si determini, trascurando gli effetti locali ed il peso proprio del recipiente e delle vasche, ma non quello del liquido contenuto in queste ultime:

1. l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione membranali nel cilindro in funzione della coordinata assiale ξ
2. lo spessore minimo richiesto per il cilindro
3. con lo spessore di cui al punto 2, la massima variazione di diametro del cilindro



$E := 210000 \cdot MPa$

$\nu := 0.3$

Fig. 1.1

$\Phi_0 := 1 \cdot m$ $\quad h_0 := 0.35 \cdot m$ $\quad \rho_0 := 1000 \cdot \frac{kg}{m^3}$ $\quad \sigma_{amm} := 100 \cdot MPa$ $\quad p_0 := 0.075 \cdot ba$

Quesito 1

Forza peso di ogni vasca:

$$F_V := \rho_0 \cdot g \cdot \pi \cdot \frac{\Phi_0{}^2}{4} \cdot h_0 = 2.696 \times 10^3\, N$$

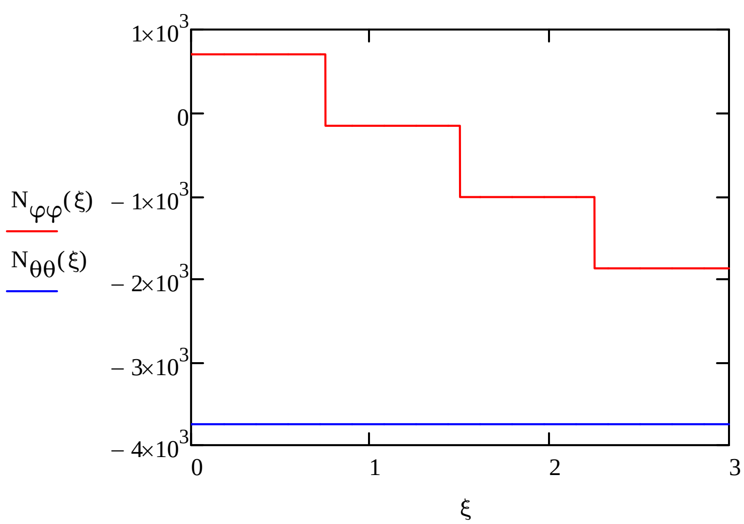
Le caratteristiche generalizzate di sollecitazione sono:

Cilindro

$$\xi := 0 \cdot mm, 0.5 \cdot mm .. 3 \cdot \Phi_0$$

$$N_{\theta\theta}(\xi) := -p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{2}$$

$$N_{\varphi\varphi}(\xi) := \begin{cases} \left(-p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{4} + \frac{3 \cdot F_V}{\pi \cdot \Phi_0}\right) & \text{if } 0 \cdot m \le \xi \le 0.75 \cdot \Phi_0 \\ \left(-p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{4} + \frac{2 \cdot F_V}{\pi \cdot \Phi_0}\right) & \text{if } 0.75 \cdot \Phi_0 \le \xi \le 1.5 \cdot \Phi_0 \\ \left(-p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{4} + \frac{F_V}{\pi \cdot \Phi_0}\right) & \text{if } 1.5 \cdot \Phi_0 \le \xi \le 2.25 \cdot \Phi_0 \\ \left(\left(-p_0 \cdot \frac{\Phi_0}{4}\right)\right) & \text{otherwise} \end{cases}$$



Quesito 2

$$s_{c1} := \frac{\left|N_{\theta\theta}(0 \cdot m) - N_{\varphi\varphi}(0 \cdot m)\right|}{\sigma_{amm}} = 0.044 \cdot mm$$

Quesito 3

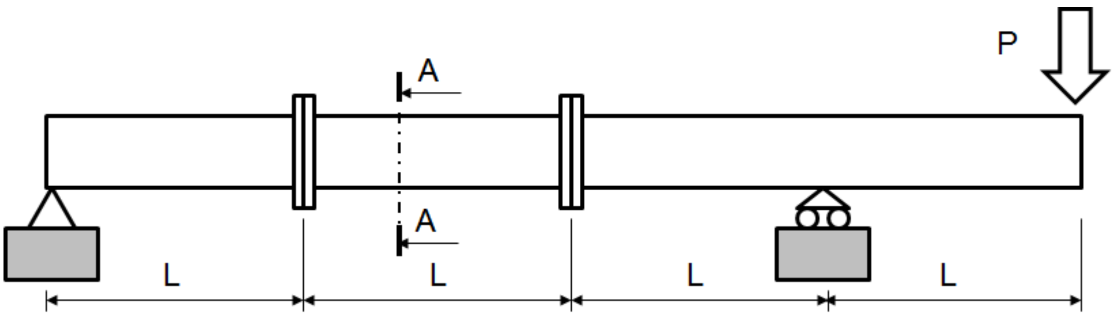
Si calcola cautelativamente come se fosse tutto alla stessa deformazione

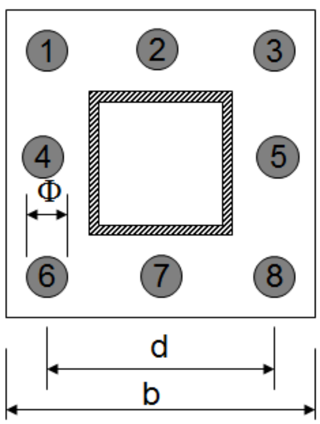
$$\varepsilon_c := \frac{N_{\theta\theta}(0 \cdot m) - \nu \cdot N_{\varphi\varphi}(0 \cdot m)}{s_{c1}} \cdot \frac{1}{E} = -4.238 \times 10^{-4}$$

$$\Delta\Phi := \Phi_0 \cdot \varepsilon_c = -0.424 \cdot mm$$

Esercizio 2

Verificare la resistenza ad attrito dei giunti bullonati a flangia presenti nella trave mostrata in Fig. 2.1. Le flange sono di forma quadrata ed i bulloni sono disposti su di esse in modo simmetrico.





Sez. A-A

$L_0 := 5000 \cdot mm$ $\quad$ $d := 200 \cdot mm$ $\quad$ $P := 2.5 \cdot kN$

$\phi := 8 \cdot mm$ $\quad$ $f := 0.3$ $\quad$ $\sigma_b := 800 \cdot MPa$

$\varphi_{min} := 1.5$ Coefficiente di sicurezza

Caratteristiche di sollecitazione in corrispondenza del giunto

$$M_x := P \cdot 2 \cdot L_0 - \frac{4}{3} \cdot P \cdot L_0 = 8.333 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

$$T_y := \frac{P}{3} = 833.333\,N$$

Azioni sui bulloni

$$T_i := \frac{T_y}{8} = 104.167\,N$$

$$N_i := \frac{M_x \cdot \frac{d}{2}}{6 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 1.389 \times 10^4\,N$$

Dati bullone

$$N_0 := 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \sigma_b = 3.217 \times 10^4\,N$$

Verifica

$N_i \cdot \varphi_{min} = 2.083 \times 10^4\,N$ < $0.8 \cdot N_0 = 2.574 \times 10^4\,N$

$T_i = 104.167\,N$ < $\dfrac{f \cdot (N_0 - N_i)}{\varphi_{min}} = 3.656 \times 10^3\,N$

Esercizio 3

Il bullone mostrato in Fig. 3.1 è soggetto ad una temperatura di esercizio di 650 °C.
Se il serraggio inziale produce una tensione assiale pari all'80% del valore ammissibile ed assumendo flange infinitamente rigide, calcolare fino a che tempo esso sarà in grado di tramettere una forza di taglio pari a T_3.

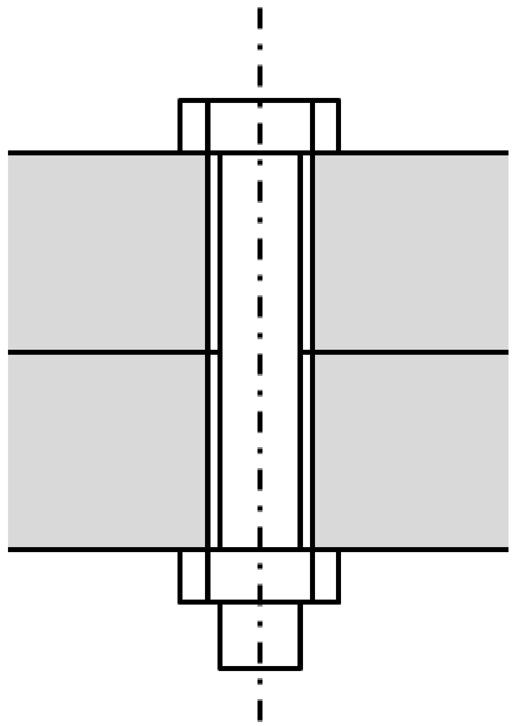


Fig. 3.1

$\Phi_b := 20 \cdot mm$ $\quad L_b := 120 \cdot mm$ $\quad \sigma_{bamm} := 280 \cdot MPa$

$E_{young} := 70000 \cdot MPa$ $\quad h := 3600 \cdot s$ $\quad T_3 := 1.2 \cdot kN$

$f_3 := 0.3$

$\varphi_3 := 1.25$ Coefficiente di sicurezza

$B := 5.078 \cdot 10^{-17} \cdot \frac{1}{s}$ $\quad n := 4$ Coefficienti legge di Norton

Dati bullone

$$A_b := \pi\cdot\frac{\Phi_b^{\;2}}{4} = 3.142\times10^{-4}\,m^2$$

$$N_0 := \sigma_{bamm}\cdot A_b = 8.796\times10^{4}\,N$$

Risposta a)

$$\sigma_0 := 0.8\cdot\sigma_{bamm} = 224\cdot MPa$$ Tensione iniziale

$$N_{fin} := \frac{T_3}{f_3}\cdot\varphi_3 = 5\times10^{3}\,N$$

$$\sigma_{fin} := \frac{N_{fin}}{A_b} = 15.915\cdot MPa$$

$$t_{fin} := \frac{\left[\left(\frac{\sigma_{fin}}{MPa}\right)^{1-n} - \left(\frac{\sigma_0}{MPa}\right)^{1-n}\right]}{(n-1)\cdot B\cdot\left(\frac{E_{young}}{MPa}\right)} = 2.325\times10^{7}\,s$$

$$\frac{t_{fin}}{h} = 6.459\times10^{3}$$

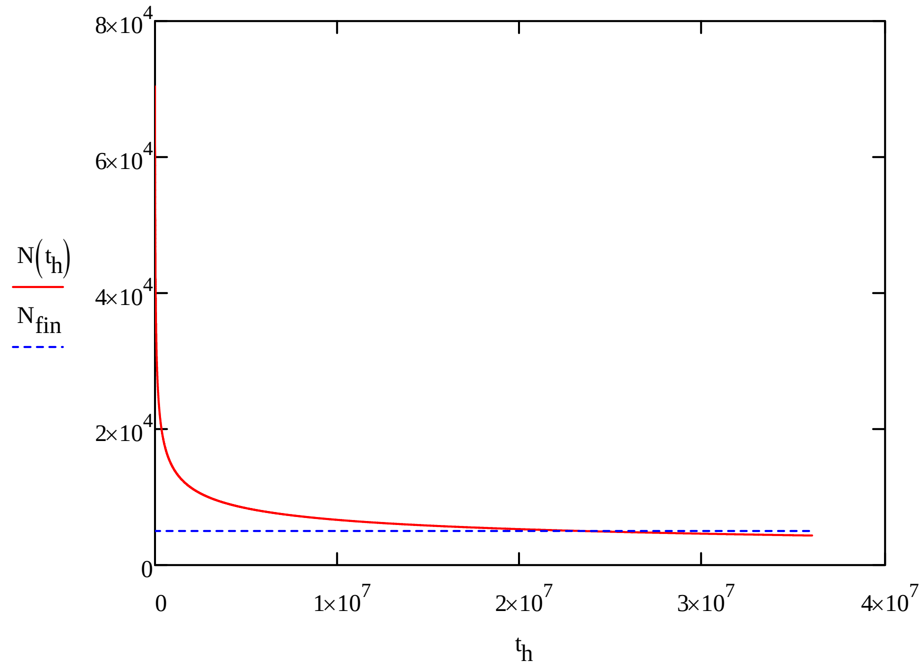
Verifica

$$t_h := 0, 1000 .. 10000\cdot3600$$

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

$$N(t) := \sigma(t)\cdot A_b$$ Legge variazione carico

$$\sigma\left(\frac{t_{fin}}{s}\right) = 1.592\times10^{7}\,Pa$$



8×10^4
6×10^4
4×10^4
2×10^4
0
$N(t_h)$
N_{fin}
0
1×10^7
2×10^7
3×10^7
4×10^7
t_h