

# COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

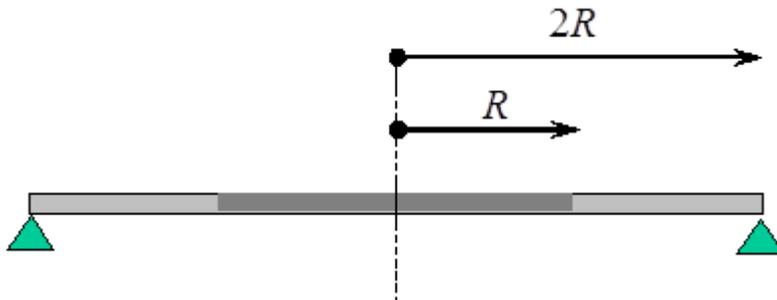
Esame del 20-02-2013

## ESERCIZIO 1

Il disco rappresentato in sezione nella figura 1.1, realizzato in acciaio inox ( $E = 190\text{GPa}$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\alpha = 18.0\mu\text{eC}^{-1}$ ,  $\sigma_{am} = 350\text{MPa}$ ), avente spessore  $h = 5\text{mm}$  e dimensioni definite da  $R = 40\text{mm}$ , subisce un riscaldamento  $\Delta T$  uniforme nella parte centrale (più scura). Il disco è appoggiato al bordo esterno, con appoggi radialmente scorrevoli.

Assumendo che le proprietà meccaniche del materiale non varino con la temperatura:

- tracciare i diagrammi qualitativi quotati delle tensioni principali in funzione della posizione radiale quando  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$ ,
- determinare di quanto varia il raggio del disco (risultato in mm) quando  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$
- determinare il valore massimo valore di  $\Delta T$  in modo da garantire che il materiale si mantenga in condizioni di ammissibilità.



$$R_0 := 40\text{-mm} \quad \alpha := 1.8 \cdot 10^{-5} \quad \Delta T := 100 \quad E := 190000\text{-MPa}$$
$$\nu := 0.3 \quad \sigma_{am} := 350\text{-MPa}$$

Interferenza iniziale

$$i := R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 0.072\text{-mm}$$

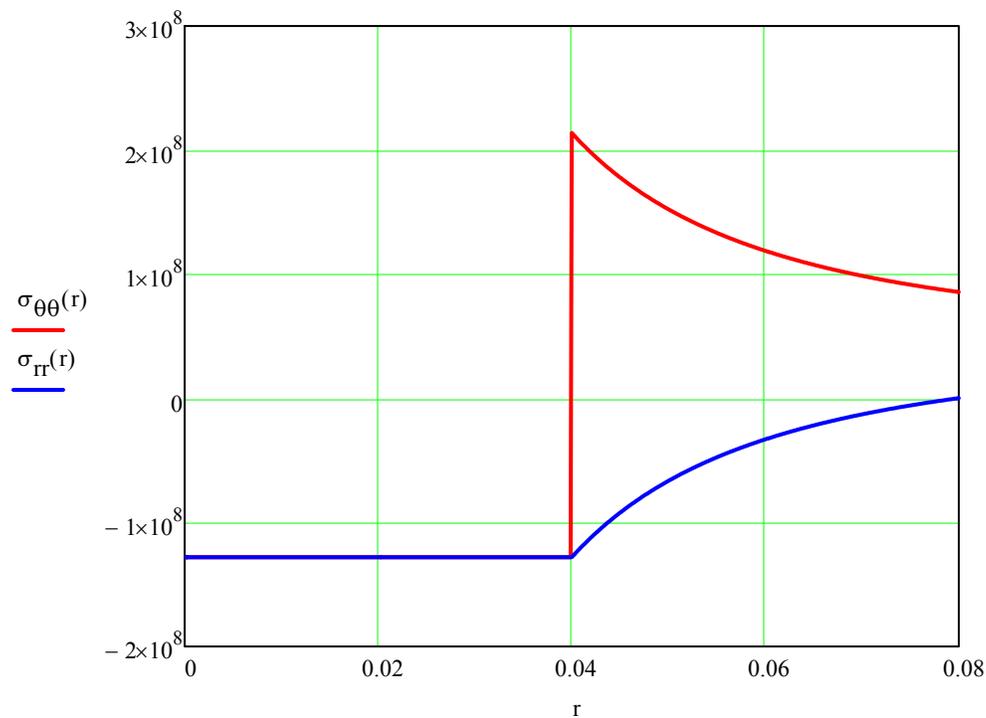
Pressione di contatto

$$p_c := \frac{E \cdot \left[ (2 \cdot R_0)^2 - R_0^2 \right] \cdot (R_0^2)}{2 \cdot R_0^3 \cdot \left[ (2 \cdot R_0)^2 \right]} \cdot i = 128.25\text{-MPa}$$

$$r := 0\text{-mm}, 0.1\text{-mm} \dots 2 \cdot R_0$$

$$\sigma_{rr}(r) := \begin{cases} -p_c & \text{if } r < R_0 \\ \left[ \frac{p_c \cdot R_0^2}{(2 \cdot R_0)^2 - R_0^2} \cdot \left[ 1 - \frac{(2 \cdot R_0)^2}{r^2} \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{\theta\theta}(r) := \begin{cases} -p_c & \text{if } r < R_0 \\ \left[ \frac{p_c \cdot R_0^2}{(2 \cdot R_0)^2 - R_0^2} \cdot \left[ 1 + \frac{(2 \cdot R_0)^2}{r^2} \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$



Spostamento raggio esterno

$$u_a := \frac{1 - \nu}{E} \cdot \frac{2p_c \cdot R_0^3}{(2R_0)^2 - R_0^2} + \frac{1 + \nu}{2E} \cdot \frac{R_0 \cdot (2R_0)^2}{(2R_0)^2 - R_0^2} \cdot p_c = 0.036 \cdot \text{mm}$$

Tensione ideale per \$\Delta T=100\$

$$\sigma_{id} := \frac{2 \cdot (2R_0)^2}{(2R_0)^2 - R_0^2} \cdot p_c = 342 \cdot \text{MPa}$$

Incremento limite di temperatura

$$\Delta T_{\text{lim}} := \frac{\sigma_{\text{am}}}{\sigma_{\text{id}}} \cdot \Delta T = 102.339$$

## ESERCIZIO 2

La trave mostrata in Fig. 2.1 è fissata all'estremità destra con una flangia bullonata e caricata all'estremità sinistra con una forza verticale ed una trasversale applicate ad una distanza "h" in verticale dalla sua fibra baricentrica.

Condurre la verifica ad attrito dei bulloni..

Dati:

- $L = 2 \text{ m}$
- $d = 300 \text{ mm}$
- $b = 500 \text{ mm}$
- $f = 0.3$  (coefficiente di attrito)
- $\Psi = 2$  (coefficiente di sicurezza richiesto)
- $F_v = 7 \text{ kN}$
- $F_T = 3.5 \text{ kN}$
- $h = 400 \text{ mm}$
- $\Phi = 12 \text{ mm}$  (diametro bullone)
- $\sigma_{ab} = 1000 \text{ MPa}$  (tensione ammissibile del materiale bullone)

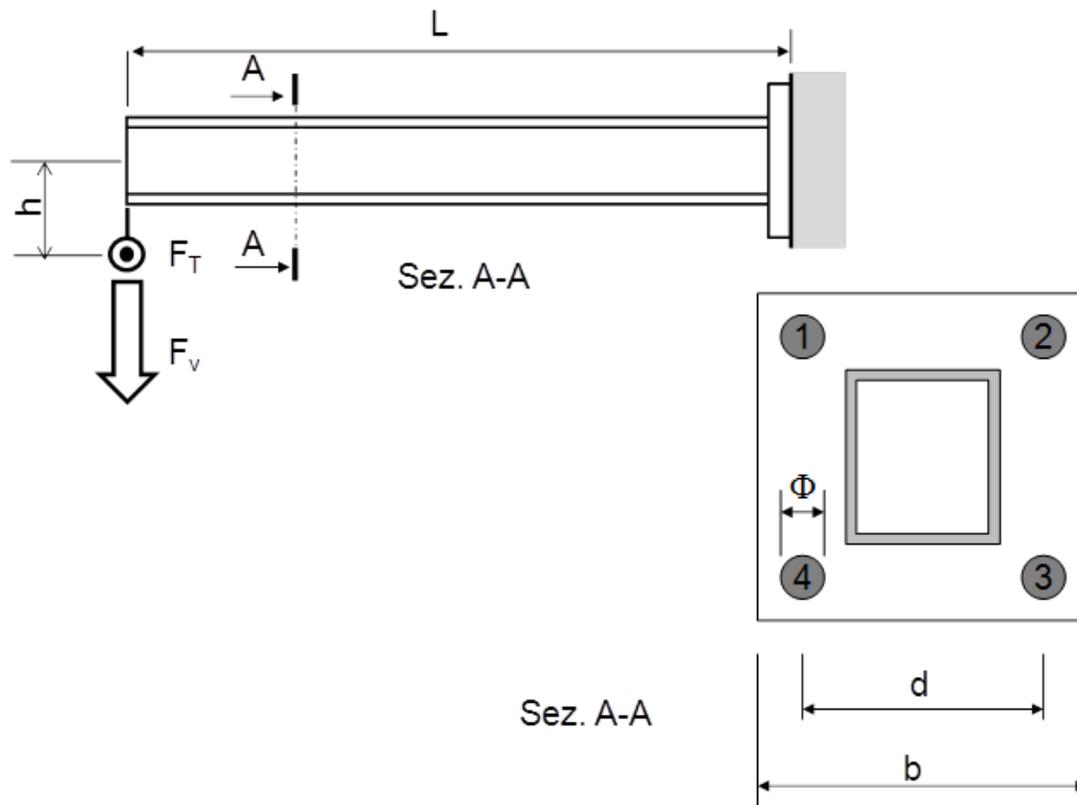


Fig. 2.1

$$L_0 := 2 \cdot \text{m} \quad f := 0.3 \quad d := 300 \cdot \text{mm} \quad \Phi := 12 \cdot \text{mm} \quad \sigma_{ab} := 1000 \cdot \text{MPa}$$

$$F_v := 7 \cdot \text{kN} \quad F_t := F_v \cdot 0.5 \quad h := 0.4 \cdot \text{m} \quad \Psi := 2$$

#### Calcolo caratteristiche sollecitazione

$$F_y := F_v \quad M_x := F_v \cdot L_0$$

$$F_x := F_t \quad M_y := F_t \cdot L_0 \quad M_z := F_t \cdot h$$

#### Calcolo azioni bullonatura

$$N_x := \frac{M_x}{2 \cdot d} \quad N_y := \frac{M_y}{2 \cdot d}$$

$$N_{\text{tot}} := N_x + N_y = 35 \cdot \text{kN}$$

$$T_x := \frac{F_x}{4} \quad T_y := \frac{F_y}{4} \quad T_z := \frac{M_z}{4 \cdot d} \cdot \sqrt{2}$$

$$T_{\text{tot}} := T_x + T_y + T_z = 4.275 \times 10^3 \text{ N}$$

#### Calcolo preserraggio bulloni

$$N_0 := 0.8 \cdot \sigma_{ab} \cdot \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi$$

#### VERIFICA

$$0.8 \cdot N_0 = 72.382 \cdot \text{kN} \quad > N_{\text{tot}}$$

$$\frac{(N_0 - N_{\text{tot}}) \cdot f}{\Psi} = 8.322 \cdot \text{kN} \quad > T_{\text{tot}}$$

### ESERCIZIO 3

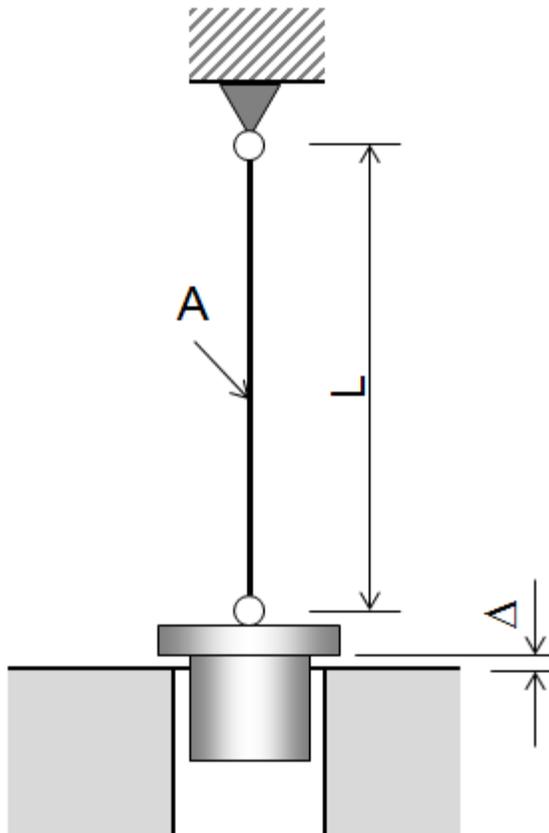
La massa M (Fig. 3.1) è sospesa ad una barra di diametro  $\Phi$  e lunghezza L, operante a 550 °C in regime di creep.

Si calcoli il tempo  $t_0$  necessario perché la flangia superiore della massa entri in contatto con il vincolo rigido sottostante.

Si calcoli inoltre la tensione agente nella barra al tempo  $2 \cdot t_0$ .

Dati:

- $L = 10 \text{ m}$
- $M = 2500 \text{ kg}$
- $\Phi = 30 \text{ mm}$
- $\Delta = 50 \text{ mm}$
- $\frac{d\varepsilon}{dt} = 5.078 \cdot 10^{-18} \cdot \sigma^{4.08}$  velocità di creep secondario (legge di Norton) del materiale (tensioni in MPa, risultato in 1/s)



$$L_0 := 10 \cdot \text{m}$$

$$M_0 := 2500 \cdot \text{kg}$$

$$E_m := 150000$$

$$\Delta := 5 \cdot \text{cm}$$

$\Phi_0 := 30 \cdot \text{mm}$       Diametro asta verticale

$B_0 := 5.078 \cdot 10^{-18} \cdot \frac{1}{\text{s}}$       Coefficienti legge di Norton

$m_0 := 4.08$

$A_R := 370$       Coefficienti legge tempo a rottura per creep

$n_R := 9$

Svolgimento

$A_0 := \pi \cdot \frac{\Phi_0^2}{4} = 7.069 \times 10^{-4} \text{ m}^2$       Area sezione asta

$N_V := M_0 \cdot g$       Forza normale asta

$\sigma_V := \frac{N_V}{A_0} = 34.684 \cdot \text{MPa}$       Tensione asta

$\varepsilon_p := B_0 \cdot \left( \frac{\sigma_V}{\text{MPa}} \right)^{m_0} = 9.759 \times 10^{-12} \frac{1}{\text{s}}$       Velocità di creep

$\Delta t := \frac{\Delta}{L_0} \cdot \frac{1}{\varepsilon_p} = 1.423 \times 10^5 \cdot \text{hr}$       Tempo per contatto

Tensione al tempo  $2\Delta t$  ( $\Delta t$  dopo il contatto)

$\sigma_{2T} := \left[ \left( \frac{\sigma_V}{\text{MPa}} \right)^{1-m_0} + (m_0 - 1) B_0 \cdot E_m \cdot \Delta t \right]^{\frac{1}{1-m_0}} \cdot \text{MPa} = 8.831 \cdot \text{MPa}$