

**COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE**  
**ESAME DEL 17/09/2014**

**Esercizio 1**

Il recipiente cilindrico con fondi piani mostrato in Figura 1.1 (spessore  $h$ ) è completamente riempito con un liquido di densità  $\rho$  e sostenuto da una gonna cilindrica appoggiata a terra. Al vertice superiore è applicata la forza verticale  $F$ . Il recipiente è costruito in acciaio.

Trascurando gli effetti locali ed il peso proprio del recipiente:

1. tracciare i diagrammi quotati delle caratteristiche di sollecitazione membranali nelle parti cilindriche del recipiente e della gonna
2. condurre la verifica del recipiente e della gonna
3. calcolare di quanto varia il diametro del recipiente ad un'altezza dal fondo dello stesso pari a  $\Phi$ .

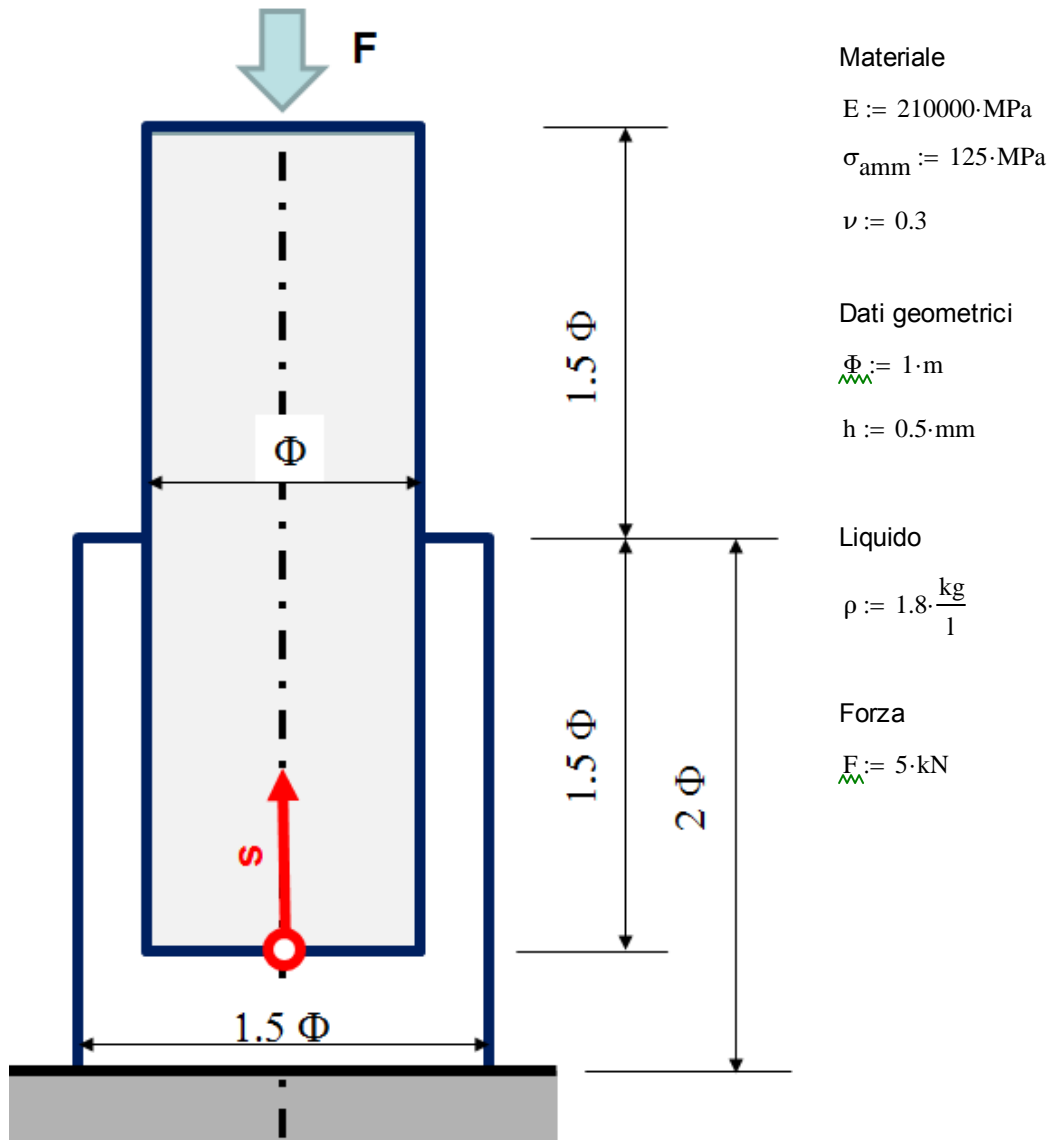


Fig. 1.1

### Quesito 1

Caratteristiche membranali nel recipiente (1) e nella gonna (2), in funzione della coordinata "s":

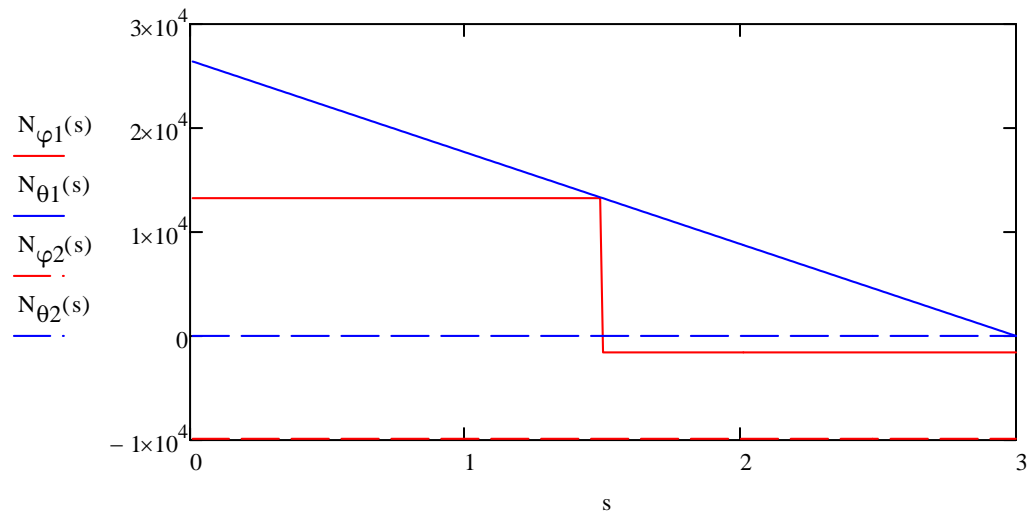
$$N_{\varphi 1}(s) := \begin{cases} \frac{\rho \cdot g \cdot (3 \cdot \Phi) \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi}{2}\right)^2}{\pi \cdot \Phi} & \text{if } 0 \cdot \text{mm} < s < 1.5 \cdot \Phi \\ -\frac{F}{\pi \cdot \Phi} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{\theta 1}(s) := [\rho \cdot g \cdot (3 \cdot \Phi - s)] \cdot \frac{\Phi}{2}$$

$$N_{\varphi 2}(s) := -\frac{\rho \cdot g \cdot (3 \cdot \Phi) \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi}{2}\right)^2 + F}{\pi \cdot 1.5 \cdot \Phi}$$

$$N_{\theta 2}(s) := 0$$

$$s := .01 \cdot \Phi, 0.02 \cdot \Phi .. 3 \cdot \Phi$$



## Quesito 2

Verifica del recipiente  
Tensione ideale massima

$$\sigma_{idr} := \frac{N_{\theta 1}(0 \cdot \text{mm})}{h} = 52.956 \cdot \text{MPa} < \sigma_{amm} = 125 \cdot \text{MPa}$$

Verifica della gonna  
Tensione ideale massima

$$\sigma_{idg} := \frac{N_{\varphi 2}(0 \cdot \text{mm})}{h} = -19.774 \cdot \text{MPa} < \sigma_{amm} = 125 \cdot \text{MPa}$$

## Quesito 3

$$\varepsilon_{\theta} := \frac{N_{\theta 1}(\Phi) - \nu \cdot N_{\varphi 1}(\Phi)}{h \cdot E} = 1.303 \times 10^{-4}$$

$$\Delta \Phi := \varepsilon_{\theta} \cdot \Phi = 0.13 \cdot \text{mm}$$

### Esercizio 2

Il mozzo mostrato in Figura 2.1 viene forzato su un albero pieno con interferenza "i". Entrambi i pezzi sono in acciaio. Occasionalmente il mozzo può contenere difetti di forma semiellittica, con rapporto  $a/b=\alpha$ .

Data la tenacità del materiale, determinare il massimo difetto che può essere tollerato per evitare la rottura fragile del mozzo durante il montaggio.

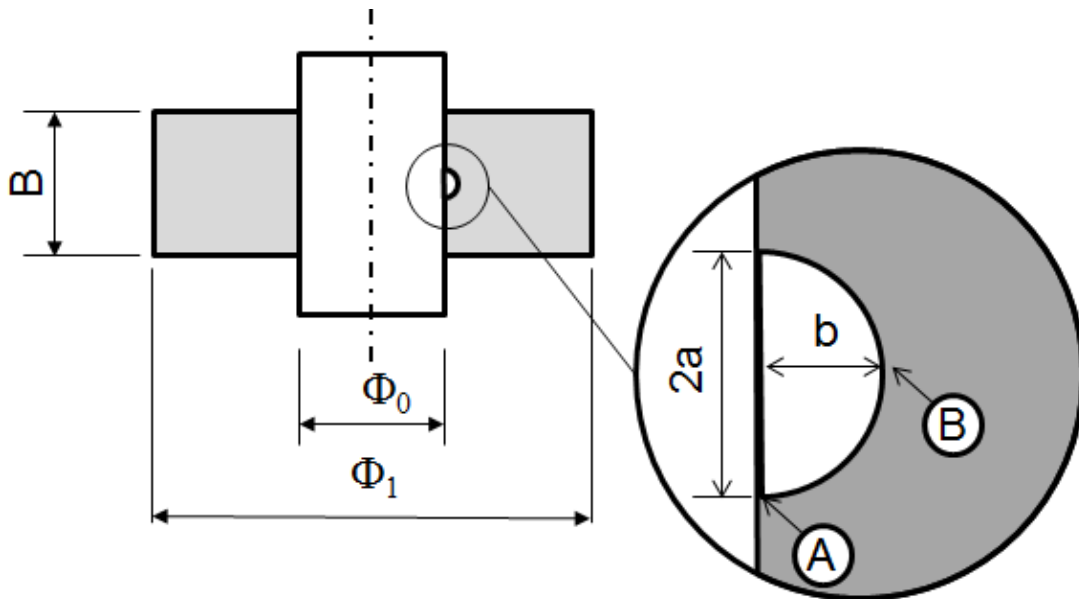


Fig. 1.1

			Dati materiale
$E := 210000 \cdot \text{MPa}$	$\nu := 0.3$	$\sigma_s := 500 \cdot \text{MPa}$	
$\Phi_0 := 50 \cdot \text{mm}$	$\Phi_1 := 100 \cdot \text{mm}$	$i := 0.1 \cdot \text{mm}$	
$\alpha := 1.5$			
$\beta_A := 1.2$	$\beta_B := 1.12$	$K_{IC} := 120 \cdot \text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$	

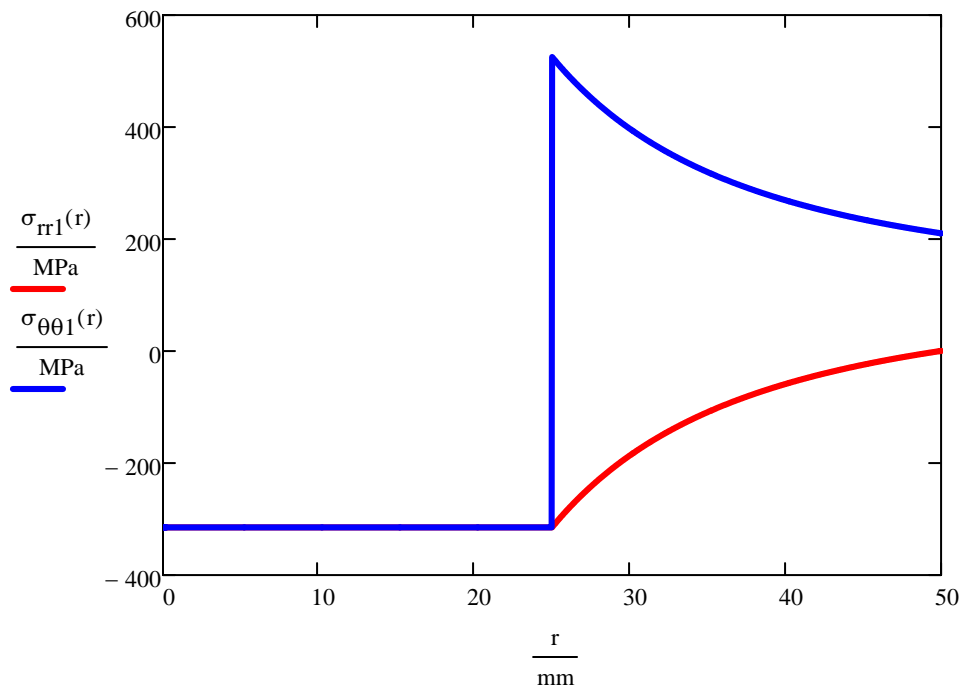
Stato di tensione conseguente al solo forzamento

$$R_0 := \frac{\Phi_0}{2} \quad R_1 := \frac{\Phi_1}{2}$$

$$p_c := i \cdot E \cdot \frac{(R_1^2 - R_0^2)}{2 \cdot R_0 \cdot R_1^2} = 315 \cdot \text{MPa} \quad \text{Pressione di contatto}$$

$$\sigma_{rr1}(r) := \begin{cases} -p_c & \text{if } r < R_0 \\ \left[ \frac{p_c \cdot R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} \cdot \left( 1 - \frac{R_1^2}{r^2} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases} \quad r := 0, \frac{R_0}{1000} \dots 2R_0$$

$$\sigma_{\theta\theta1}(r) := \begin{cases} -p_c & \text{if } r < R_0 \\ \left[ \frac{p_c \cdot R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} \cdot \left( 1 + \frac{R_1^2}{r^2} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$



$$\sigma_{\text{nom}} := \sigma_{\theta\theta1}(R_0) = 525 \cdot \text{MPa}$$

$$a_{\max} := \frac{1}{\pi} \cdot \left( \frac{K_{IC}}{\beta_A \cdot \sigma_{\text{nom}}} \right)^2 = 11.549 \cdot \text{mm}$$

$$b_{\max} := \frac{1}{\pi} \cdot \left( \frac{K_{IC}}{\beta_B \cdot \sigma_{\text{nom}}} \right)^2 = 13.257 \cdot \text{mm}$$

Dimensioni della massima frattura tollerabile

$$a_{\text{tol}} := a_{\max} = 11.549 \cdot \text{mm}$$

$$b_{\text{tol}} := \frac{a_{\max}}{\alpha} = 7.699 \cdot \text{mm}$$

### ESERCIZIO 3

Il tubo in acciaio mostrato in Fig. 3.1 è internamente pressurizzato alla pressione “ $p_0$ ”. Esso è inoltre soggetto all’azione del peso proprio.  
Condurre la verifica della saldatura.

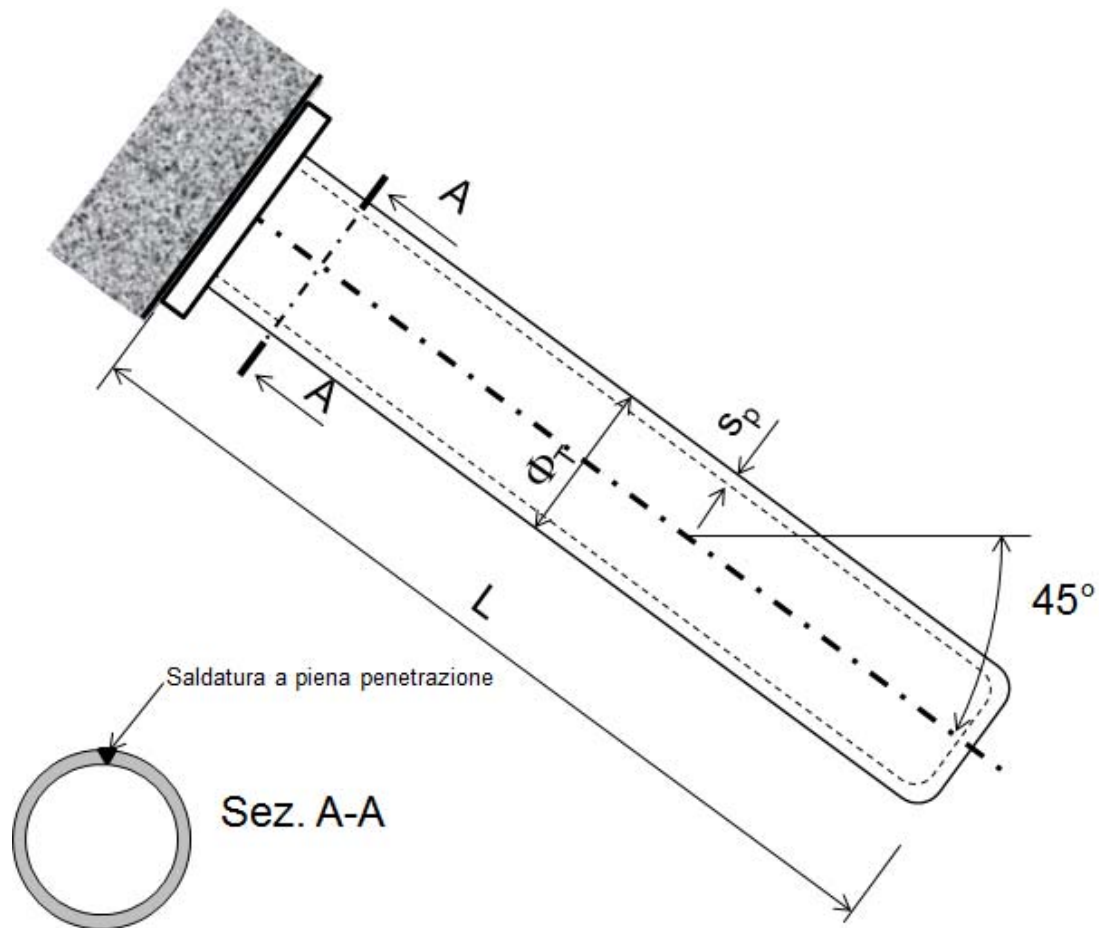


Fig. 3.1

$$\begin{aligned} \Phi_T &:= 2 \cdot \text{m} & s_p &:= 10 \cdot \text{mm} & L_0 &:= 10 \cdot \text{m} & \rho_{\text{Fe}} &:= 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \sigma_{\text{amm\_base}} &:= 300 \cdot \text{MPa} & p_0 &:= 2 \cdot \text{MPa} \\ f_W &:= 0.9 & \text{Efficienza della saldatura} & \end{aligned}$$

Tensioni dovute al peso proprio

$$W_T := \frac{\pi}{4} \cdot \left[ \Phi_T^2 - (\Phi_T - 2 \cdot s_p)^2 \right] \cdot L_0 \cdot \rho_{Fe} \cdot g = 4.813 \times 10^4 \text{ N}$$

$$N_T := W_T \cdot \sin\left(\frac{45 \cdot \pi}{180}\right) = 3.403 \times 10^4 \text{ N}$$

$$M_T := W_T \cdot \cos\left(\frac{45 \cdot \pi}{180}\right) \cdot \frac{L_0}{2} = 1.702 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$A_T := \frac{\pi}{4} \cdot \left[ \Phi_T^2 - (\Phi_T - 2 \cdot s_p)^2 \right] = 0.063 \text{ m}^2$$

$$J_T := \frac{\pi}{64} \cdot \left[ \Phi_T^4 - (\Phi_T - 2 \cdot s_p)^4 \right] = 0.031 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{\text{par}_W} := \frac{N_T}{A_T} + \frac{M_T}{J_T} \cdot \frac{\Phi_T}{2} = 6.043 \cdot \text{MPa}$$

Tensioni dovute alla alla pressione

$$\sigma_{\text{par}_\text{pres}} := \frac{p_0 \cdot \Phi}{4 \cdot s_p} = 50 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{ort}_\text{pres}} := \frac{p_0 \cdot \Phi}{2 \cdot s_p} = 100 \cdot \text{MPa}$$

Verifica

$$\sigma_{\text{ort}} := \sigma_{\text{ort}_\text{pres}}$$

$$\sigma_{\text{par}} := \sigma_{\text{par}_\text{pres}} + \sigma_{\text{par}_W} = 56.043 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{idW}} := \sqrt{\sigma_{\text{ort}}^2 + \sigma_{\text{par}}^2 - \sigma_{\text{ort}} \cdot \sigma_{\text{par}}} = 86.813 \cdot \text{MPa} < \sigma_{\text{amm}_W} := \sigma_{\text{amm}_\text{base}} \cdot f_W = 270 \cdot \text{MPa}$$