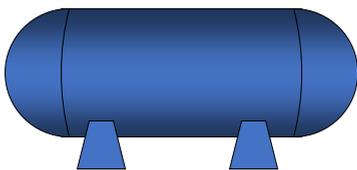


Serbatoi a parete sottile

1

Serbatoi a parete sottile



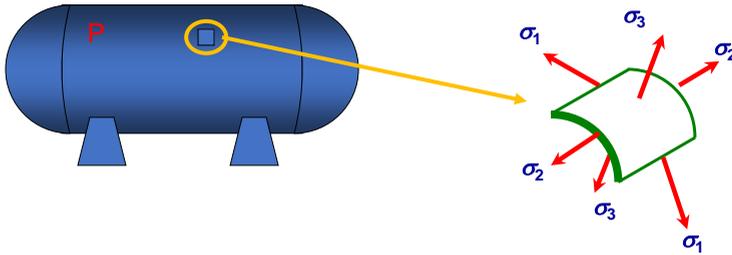
IPOTESI:

- Simmetria assiale
- Spessore costante e sottile ($D_e \cong D_i \cong D$ $D/s > 20$)
- Carichi radiali e assiali assialsimmetrici
- Assenza di brusche variazioni di diametro

3-14

2

Serbatoi a parete sottile

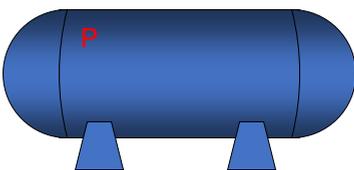


STATO DI TENSIONE:

- Per le ipotesi fatte, sul mantello di un serbatoio cilindrico le direzioni principali dello stato di tensione corrispondono alle direzioni circonferenziale (1), assiale (2) e radiale (3).

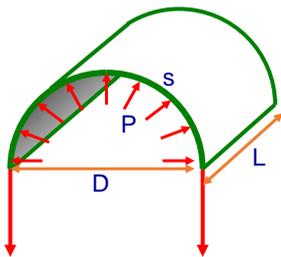
3

Serbatoi a parete sottile



Formule di *MARIOTTE* per i serbatoi cilindrici:

Equilibrio circonferenziale

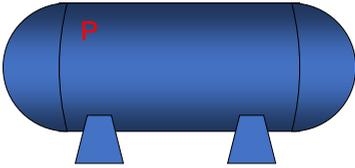


$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{F}{A} = \frac{PDL}{2sL}$$

$$\sigma_c = \frac{PD}{2s}$$

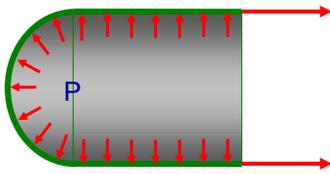
4

Serbatoi a parete sottile



Formule di **MARIOTTE** per i serbatoi cilindrici:

Equilibrio assiale

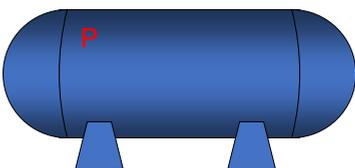


$$\sigma_2 = \sigma_a = \frac{F}{A} = \frac{P \pi D^2}{4 s \pi D}$$

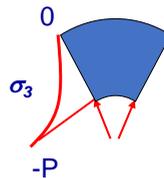
$$\sigma_a = \frac{PD}{4s}$$

5

Serbatoi a parete sottile



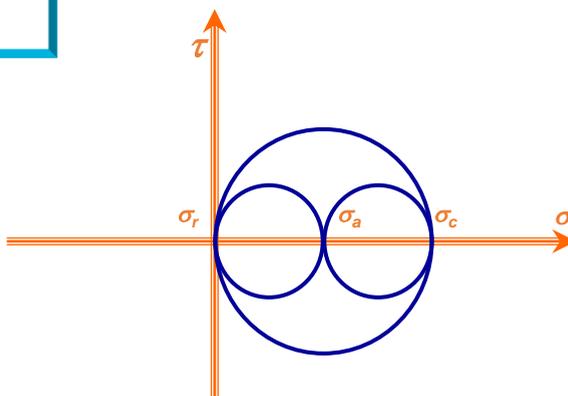
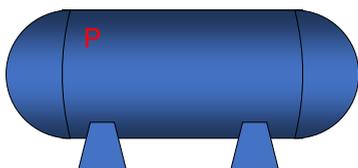
Tensione radiale



$$\sigma_3 = \sigma_r = -P = -\underbrace{\frac{2s}{D}}_{< \frac{1}{20}} \sigma_1 \quad \Leftrightarrow \quad \cong \frac{1}{10} \sigma_1 \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\sigma_r \cong 0}$$

6

Serbatoi a parete sottile



Tensione equivalente

$$\sigma_{Tresca} = \sigma_1 - \sigma_3 = \frac{PD}{2s}$$

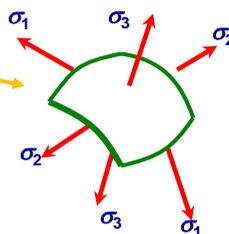
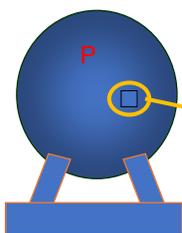
$$\sigma_{von Mises} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{PD}{2s}\right)^2 \left[\left(1 - \frac{1}{2}\right)^2 + (1-0)^2 + \left(\frac{1}{2} - 0\right)^2 \right]} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{PD}{2s}$$

Tensione ammissibile (serbatoi per liquidi)

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_L}{X} = \min\left(\frac{\sigma_S}{1.5}, \frac{\sigma_R}{2}\right)$$

7

Serbatoi a parete sottile



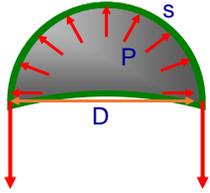
STATO DI TENSIONE:

- Per le ipotesi fatte, sul mantello di un serbatoio sferico le tensioni principali 1 e 2 sono uguali tra loro e hanno per direzione qualsiasi coppia di rette ortogonali giacenti sul piano tangente al mantello nel punto considerato.
La terza direzione principale è orientata radialmente.

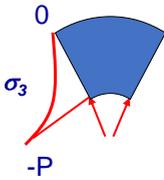
8

Serbatoi a parete sottile

Tensioni principali:



$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{P \pi D^2}{4 s \pi D} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{1,2} = \frac{P D}{4 s}$$

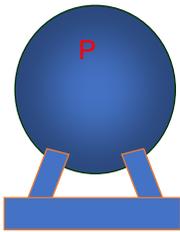


$$\sigma_3 = \sigma_r = -P = -\frac{4s}{D} \sigma_1 \quad \Rightarrow \quad \sigma_3 \cong 0$$

$< \frac{1}{20}$

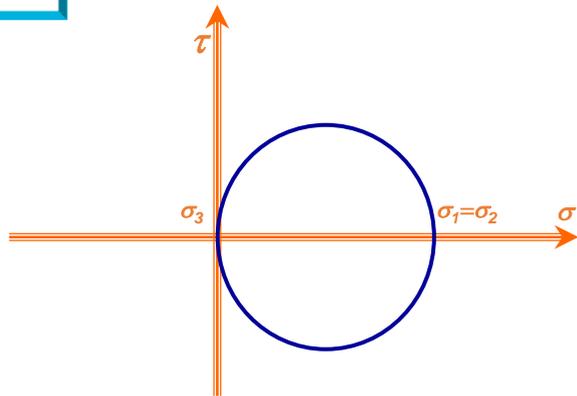
9

Serbatoi a parete sottile



Tensione equivalente

$$\sigma_{Tresca} = \sigma_{von Mises} = \frac{P D}{4 s}$$



Tensione ammissibile (serbatoi per liquidi)

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_L}{X} = \min\left(\frac{\sigma_S}{1.5}, \frac{\sigma_R}{2}\right)$$

10

Serbatoi a parete sottile

Effetto dei fondelli

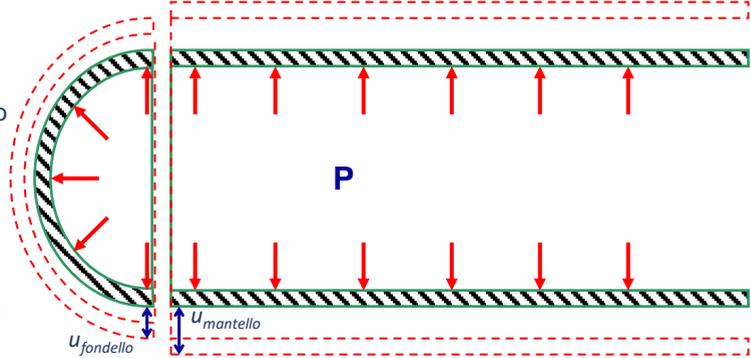
Serbatoio cilindrico con fondi emisferici

L'interazione tra fondi e mantello cilindrico può essere studiata pensando le forze tra essi scambiate come quelle necessarie a garantire la congruenza degli spostamenti radiali.

Infatti, sotto l'azione della pressione interna, se pensiamo mantello e fondi separati, l'aumento di diametro del mantello sarebbe maggiore di quello del fondo:

$$u_{r(\text{mantello})} = \frac{D}{2} \varepsilon_c = \frac{D}{2} \frac{1}{E} [\sigma_c - \nu(\sigma_a + \sigma_r)] = \frac{1}{E} \frac{PD^2}{s} \left(\frac{2-\nu}{8} \right)$$

$$u_{r(\text{fondello})} = \frac{D}{2} \varepsilon_1 = \frac{D}{2} \frac{1}{E} [\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3)] = \frac{1}{E} \frac{PD^2}{s} \left(\frac{1-\nu}{8} \right)$$



11

Serbatoi a parete sottile

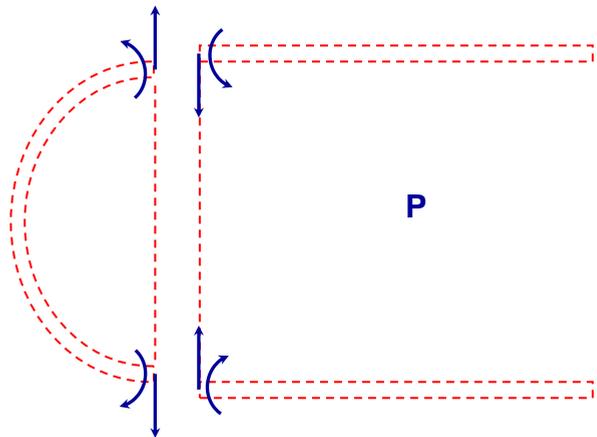
Effetto dei fondelli

Serbatoio cilindrico con fondi emisferici

Le forze ed i momenti necessari a ripristinare la congruenza portano ad un peggioramento dello stato tensione nella zona di interfaccia mantello-fondo.

In particolare, la tensione assiale aumenta del 30% e quella circonferenziale del 3%.

L'adozione di fondi con profilo più schiacciato porta a sovrasolleccitazioni via via crescenti.



$$\sigma_a \cong 1.3 \frac{PD}{4s}$$

$$\sigma_c \cong 1.03 \frac{PD}{2s}$$

12

Serbatoi a parete sottile

Esercizio:

Utilizzando la teoria dei serbatoi a parete sottile e trascurando gli effetti di bordo, si valutino per i tre serbatoi mostrati a lato lo stato di tensione ($\sigma_c, \sigma_a, \sigma_r$) e di deformazione ($\varepsilon_c, \varepsilon_a, \varepsilon_r$) sul mantello cilindrico.

Si determini, inoltre, quale dei tre serbatoi raggiunge per primo lo snervamento all'aumentare della pressione interna.

