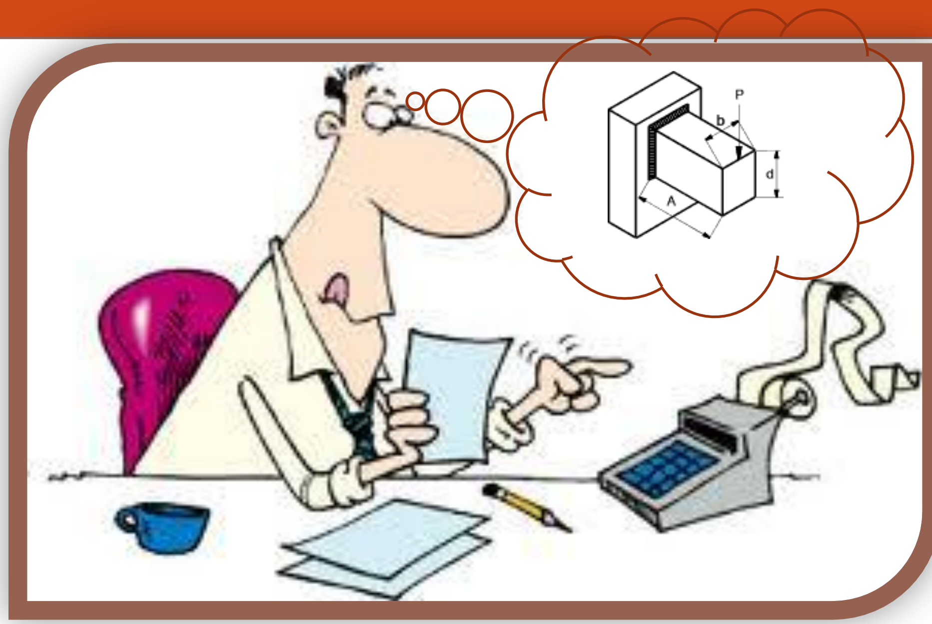
Raccolta Esercizi per il corso di Costruzione di Macchine



Versione 0.1

Dipartimento di Ingegneria
Università di Ferrara
29/10/2012
roberto.tovo@unife.it

Introduzione

Questa dispensa raccoglie alcuni esercizi per la preparazione dello scritto di Costruzione di Macchine.
Quelli riportati sono esercizi simili a quelli che si possono trovare nell'esame. In questo senso le soluzioni riportate contengono le osservazioni progettuali minime sufficienti per ritenere l'esercizio svolto sufficientemente, rispetto alle finalità del corso. Non necessariamente le osservazioni riportate possono essere sufficienti nell'affrontare casi reali.

Diversamente dal formulario, **<u>il presente documento non può essere consultato durante la prova scritta</u>**.

Sommario

Capitolo 1 Travi Sottoposte a Torsione

Esercizio 1.1

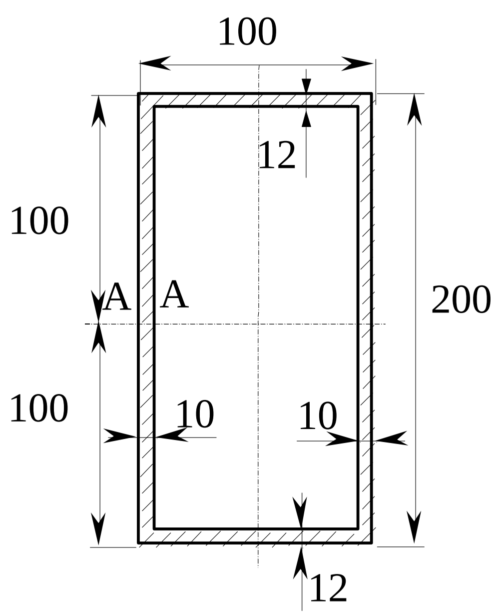
La trave a cassone di figura è incastrata ad una estremità e sollecitata in quella opposta da un momento torcente Mt. Determinare il valore del momento tale da determinare un angolo di torsione unitario α =1°/m e il valore del coefficiente di sicurezza statico relativo nei due casi:

I- la sezione sia quella chiusa di figura

II- la sezione sia aperta, senza modifiche geometriche

(apertura realizzata nella sezione A-A)

(il materiale con cui è realizzata la trave è acciaio con una tensione ammissibile σamm = 250 MPa)



SOLUZIONE:

I- In questo caso, il momento torcente si può calcolare utilizzando l'espressione:

$$\theta = \frac{Mt}{G \cdot 4 \cdot A^2} \cdot \sum \frac{l_i}{s_i}$$

dove, per l'acciaio,

$$G = \frac{E}{(1+\nu)\cdot 2} = \frac{210 \cdot 10^3}{(1+0.3)\cdot 2} = 80770\,MPa$$

E' quindi possibile calcolare il valore del momento torcente dalla formula:

$$Mt = \frac{\theta \cdot G \cdot 4 \cdot A^2}{\sum \frac{l_i}{s_i}}$$

Essendo:

$A = 188 \cdot 90 = 16920 mm^2$,

$\sum \frac{l_i}{s_i} = (2 \cdot \frac{188}{10} + 2 \cdot \frac{90}{12})$,

$\theta = 1.745 \cdot 10^{-5} rad/mm$, $Mt = 30690{,}4\,Nm$

Il valore della massima tensione di taglio può essere calcolato utilizzando la formula di Bredt:

$$\tau_{max} = \frac{Mt}{2 \cdot A \cdot s_{min}} = 90.69\,MPa$$

nota la tensione ammissibile del materiale, è possibile calcolare il coefficiente di sicurezza:

$$\nu s = \frac{\tau_{amm}}{\tau_{max}} = 1.59$$

$$\tau_{amm} = \frac{\sigma_{amm}}{\sqrt{3}} = 144.3\,MPa$$

Nel caso di sezione aperta, cambiano le equazioni da utilizzare nel calcolo del momento torcente e della massima tensione di taglio.

$$\theta = \frac{Mt}{G \cdot J_t} \qquad \tau_{max} = \frac{Mt}{J_t} \cdot s_{max}$$

dove:

$$J_t = \frac{1}{3} \cdot \sum l_i \cdot s_i^3$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left(188 \cdot 10^3 + 2 \cdot 90 \cdot 12^3 + 2 \cdot 94 \cdot 10^3\right)$$

$$= 229013\ mm^4$$

quindi:

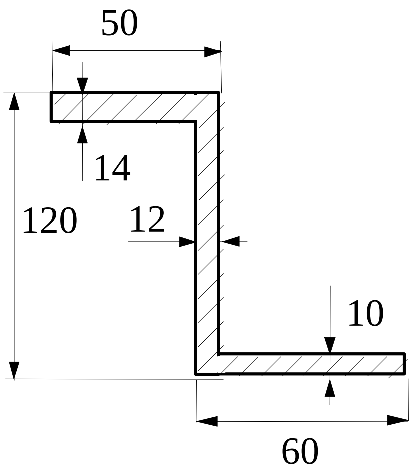
$$Mt = \theta \cdot G \cdot J_t = 322.8\ Nm$$

$$\tau_{max} = \frac{Mt}{J_t} \cdot s_{max} = 16.9\,MPa$$

$$\nu_s = \frac{\tau_{amm}}{\tau_{max}} = 8.55$$

Esercizio 1.2

Una trave in acciaio (σsnerv=235 MPa, G=80000 MPa), lunga 2 m è incastrata ad una estremità e sollecitata in quella opposta da un momento torcente Mt. La sezione della trave è rappresentata in figura.
Si determini il valore del momento torcente, tale da determinare un angolo di torsione α=4° tra la sezione incastrata e quella di applicazione del momento; si verifichi inoltre la resistenza della trave.
Infine, ipotizzando la trave a spessore costante, si determini lo spessore necessario per la resistenza al momento calcolato precedentemente. (si assumano: la lunghezza media totale pari a 215 mm ed un coefficiente di sicurezza ν=2)



SOLUZIONE:

Trattandosi di sezione aperta, si utilizza l'espressione:

$$\theta = \frac{\alpha}{l} = \frac{Mt}{G \cdot J_t}$$

Note le caratteristiche geometriche della sezione:

$$J_t = \frac{1}{3} \cdot \sum l_i \cdot s_i^3$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left(44 \cdot 14^3 + 108 \cdot 12^3 + 54 \cdot 10^3\right)$$

$$= 120453 \text{ mm}^4$$

È possibile calcolare il momento torcente applicato:

$$Mt = \frac{\alpha \cdot G \cdot J_t}{l} = \frac{6.9813 \cdot 10^{-2} \cdot 80000 \cdot 120453}{2000}$$

$$= 336.4 \text{ Nm}$$

$$\tau_{max} = \frac{Mt}{J_t} \cdot s_{max} = \frac{336400}{120453} \cdot 14 = 39.1 \text{ MPa}$$

Data la tensione di snervamento del materiale, si determina il coefficiente di sicurezza:

$$\tau_{sn} = \frac{\sigma_{sn}}{\sqrt{3}} = 135 \text{ MPa} \qquad \nu_{sn} = \frac{\tau_{sn}}{\tau_{max}} = 3.47$$

II- Supponendo la trave a sezione costante, il valore del parametro Jt diventa:

$$J_t = \frac{1}{3} \cdot \sum l_i \cdot s_i^3 = \frac{1}{3} \cdot l_{media} \cdot s^3$$

Noto il coefficiente di sicurezza richiesto, è possibile determinare la massima tensione di taglio ammissibile:

$$\tau_{amm} = \frac{\sigma_{amm}}{\sqrt{3}} = 67.8 \text{ MPa}$$

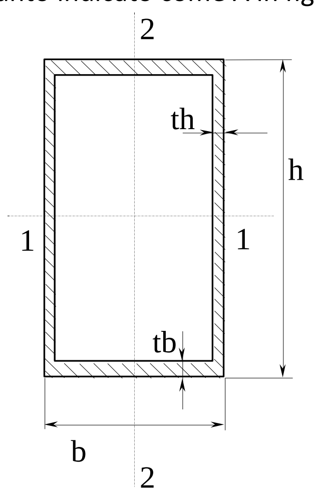
$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_{sn}}{2} = 117.5 \text{ MPa}$$

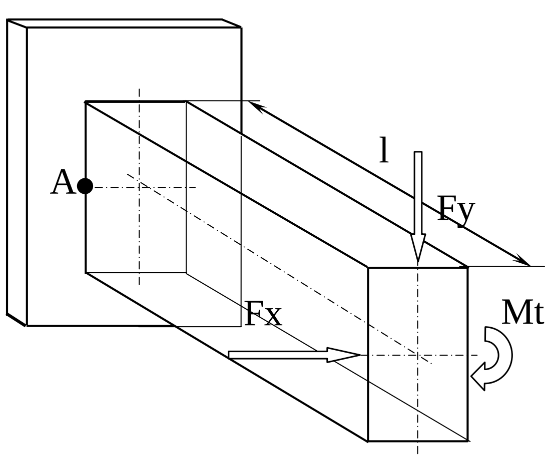
e in definitiva calcolare lo spessore minimo:

$$s_{med}^3 = \frac{3 \cdot Mt}{\tau_{amm} \cdot l_{media}} \Rightarrow s_{med} = 8.32 \text{ mm}$$

Esercizio 1.3

La trave a sbalzo di lunghezza L rappresentata in figura sia sollecitata dal sistema di forze di flessione nei due piani XZ e YZ e di torsione attorno all'asse Z , come indicato. Si voglia utilizzare per la trave un profilato di acciaio avente una sezione rettangolare a spessori diversi nei due lati, come riportato in figura.
Con riferimento alla tensione di Von Mises, di determini l'orientamento più favorevole del profilato in grado di sopportare i carichi assegnati con un valore maggiore del coefficiente di sicurezza, adottando l'ipotesi di sezione in parete sottile e trascurando l'effetto del taglio.
Adottato successivamente tale orientamento, si riporti il coefficiente di sicurezza della struttura.
Infine, si determini l'angolo ϕ formato dalla tensione principale $\sigma 1$ con l'asse Z in corrispondenza del punto indicato come A in figura.





DATI:
b = 50 mm h = 80 mm tb = 4 mm th = 2 mm

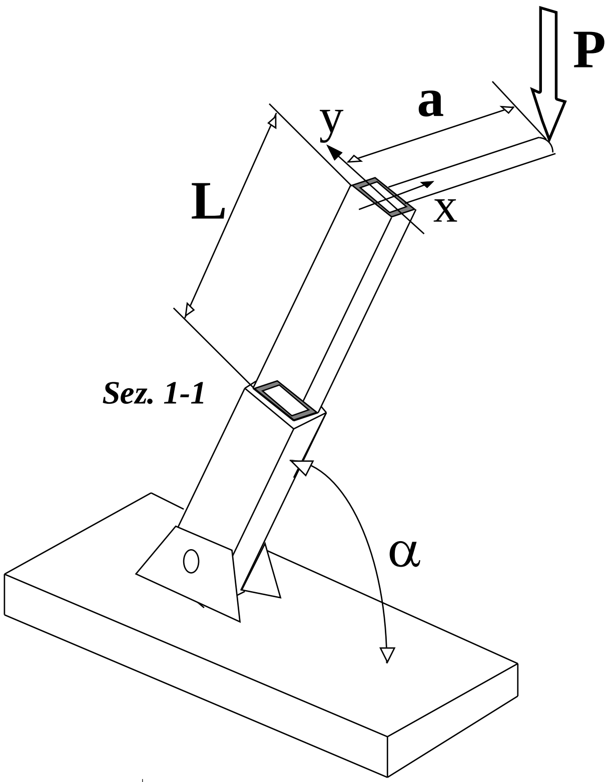
FX = 120 N FY = 180 N Mt = 900 N m

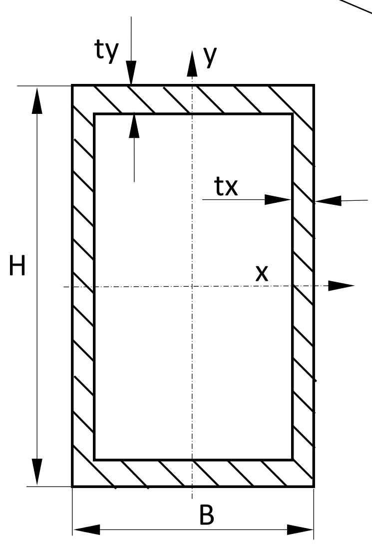
σs = 300 MPa L = 1500 mm

SOLUZIONE:

νs =2.68 ϕ = 40.84°

Esercizio 1.4





Il braccio telescopico rappresentato in figura è sottoposto ad un carico verticale P agente all'estremità con uno sbraccio pari ad *a*. Sapendo che il braccio forma con l'orizzontale un angolo α , si calcoli il valore del coefficiente di sicurezza statico nel punto più sollecitato della sezione 1-1, considerata come incastro perfetto.

Si indichi infine il punto più sollecitato nella sezione riportata in figura, trascurando l'effetto di concentrazione delle tensioni agli angoli dello scatolato.

DATI:

P = 1500 N

α = 60°

tx = 4 mm

L = 4000 mm

B = 80 mm

ty = 5 mm

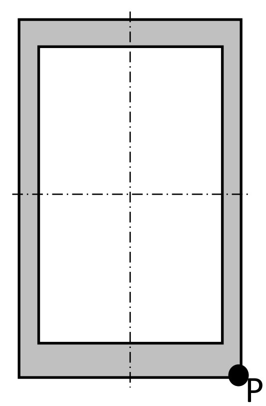
a = 1000 mm

H = 150 mm

σs = 240 MPa

SOLUZIONE:

ν min = 3.788

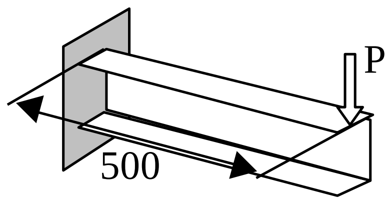


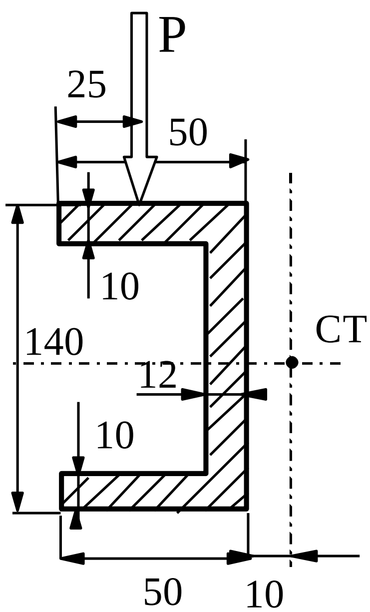
(supponendo nullo il contributo della torsione nel punto)

Esercizio 1.5

La via di corsa di un paranco è realizzata con una trave in acciaio (σsnerv=235 MPa, G=80000 MPa), lunga 500 mm e incastrata ad una estremità. All'estremità opposta è applicato un carico P come indicato in figura. La sezione della trave è rappresentata in figura.

Si determini il valore minimo del coefficiente di sicurezza della trave trascurando l'effetto del taglio, il punto più sollecitato e la rotazione torsionale in gradi della sezione di estremità della trave.





DATI: P = 15 kN

SOLUZIONE: νmin= 1.82

φ = 1.80 gradi

(angolo di rotazione torsionale)

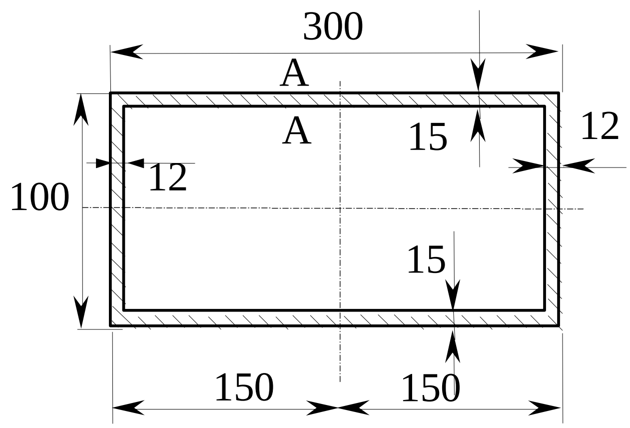
Esercizio 1.6

La trave a cassone di figura è incastrata ad una estremità e sollecitata in quella opposta da un momento torcente Mt. Determinare il valore del momento in grado di determinare un angolo di torsione unitario α =0,7 °/m e il valore del coefficiente di sicurezza statico νs rispetto allo snervamento, nei due casi:

I- la sezione sia quella chiusa di figura

II- la sezione sia aperta, senza modifiche geometriche (apertura realizzata nella sezione A-A)

(il materiale con cui è realizzata la trave è acciaio Fe360, con σS = 240 MPa)



DATI:

E = 206000 MPa ν = 0,3

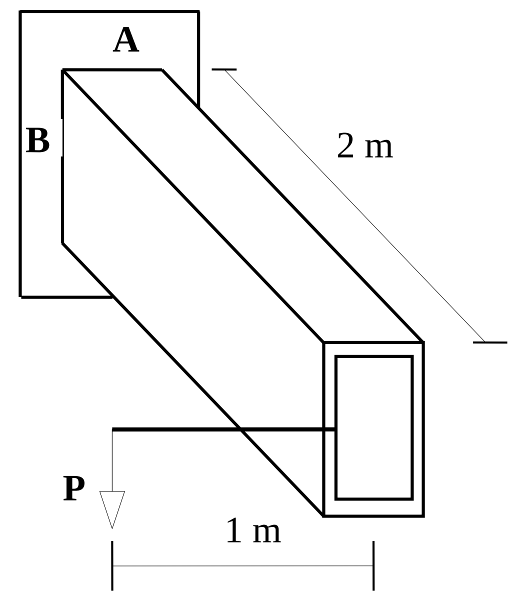
SOLUZIONE:

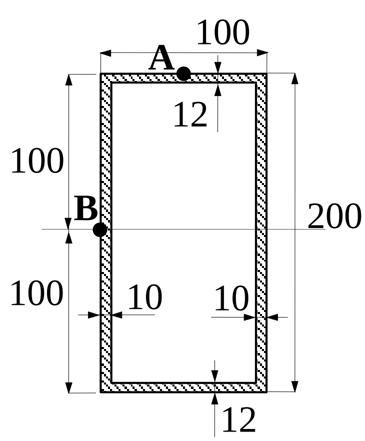
I- Mt = ... Nm νs = ...

II- Mt= .... Nm νs = ...

Esercizio 1.7

La trave a cassone di lunghezza L=2 m, è incastrata ad una estremità e sollecitata in quella opposta da un carico P = 10000 N agente lateralmente con sbraccio di 1 m, come indicato in figura. Con riferimento alla sezione resistente riportata, calcolare il coefficiente di sicurezza statico ai punti A e B rispetto alla tensione di snervamento della trave σs=240 MPa adottando l'ipotesi di Von Mises.





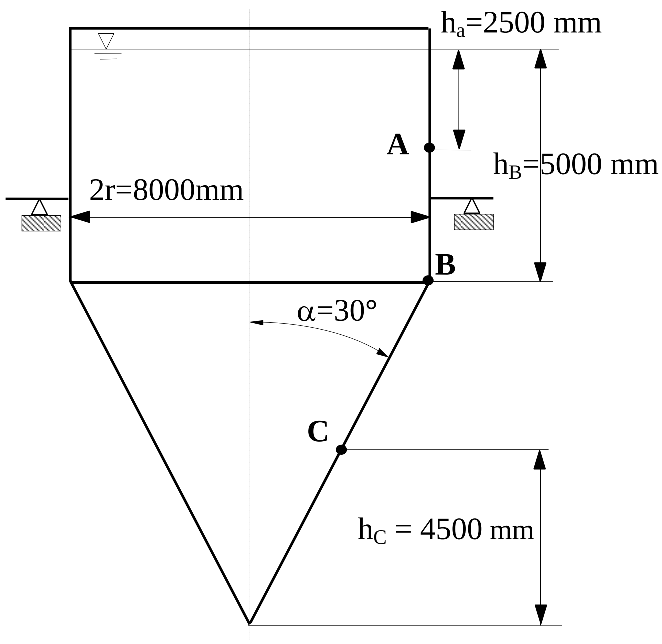
SOLUZIONE:

$\nu s(A)$ = ... $\nu s(B)$ = ...

Capitolo 2 Serbatoi in parete sottile

Esercizio 2.1

Un serbatoio cilindrico realizzato in AISI 304 (σp0,2 =180 MPa) con fondo conico è riempito d'acqua (γ = 10000 N/m^3) e vincolato come indicato in figura. Si calcolino gli spessori del fasciame nei punti A, B e C, utilizzando il criterio di Von Mises e prevedendo un coefficiente di sicurezza ν_S=3 rispetto allo snervamento. Si consideri per semplicità il punto B come appartenente alla superficie cilindrica.



SOLUZIONE :

In A,B e C, il raggio di curvatura Rm = ∞, inoltre in A,B, Rt = r,
in C, Rt = rC/cos(α), dove:

$$r_C = h_c \cdot \tan(\alpha) = 2598 \text{ mm}.$$

$$R_{Ct} = \frac{h_c \cdot \tan(\alpha)}{\cos(\alpha)} = 3000 \text{ mm}$$

Il valore della tensione ammissibile è dato dalla condizione di sicurezza:

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_{P0.2}}{\nu_s} = \frac{180}{3} = 60 \text{ MPa}.$$

Utilizzando le espressioni dei recipienti in parete sottile è possibile calcolare gli spessori ai vari livelli.

Punto A

In A la tensione σm=0, inoltre, essendo RmA = ∞, si ricava:

$$\sigma_{id\,A} = \frac{p_A \cdot R_{tA}}{t_A} = \sigma_{amm}$$

$$t_A = \frac{p_A \cdot R_{tA}}{\sigma_{amm}} = \frac{\gamma \cdot h_A \cdot R_{tA}}{\sigma_{amm}}$$

$$= \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 2500 \cdot 4000}{60} = 1.66 \text{ mm}$$

Punto B

In B la tensione σm è data dal peso del fluido, inoltre, essendo RmB = ∞, le due tensioni non nulle si possono quindi calcolare come segue:

$$\sigma_{t\,B} = \frac{p_B \cdot R_{tB}}{t_B} = \frac{\gamma \cdot h_B \cdot R_{tB}}{t_B}, \quad \sigma_{m\,B} = \frac{W}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot t_B},$$

dove il peso W del fluido è legato al volume totale.

L'altezza della zona conica vale: $h_{cono} = \frac{r}{\tan(\alpha)} = 6928 \text{ mm}$, quindi il peso totale del fluido è dato dalla seguente:

$$W = \gamma \cdot \left(\pi \cdot r^2 \cdot h_B + \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h_{cono} \right)$$

$$= \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \left(h_B + \frac{1}{3} \cdot h_{cono} \right)$$

e perciò

$$\sigma_{m\,B} = \frac{\gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \left(h_B + \frac{1}{3} \cdot h_{cono} \right)}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot t_B}$$

$$= \frac{\gamma \cdot r \cdot \left(h_B + \frac{1}{3} \cdot h_{cono} \right)}{2 \cdot t_B}$$

Introducendo le relazioni delle tensioni nell'espressione della tensione equivalente di Von Mises si ricava:

$$\sigma_{id\,B} = \sqrt{\sigma_{m\,B}{}^2 + \sigma_{t\,B}{}^2 - \sigma_{m\,B} \cdot \sigma_{t\,B}}$$

$$= \frac{\gamma \cdot r}{t_B} \cdot \sqrt{\left[\frac{1}{2} \cdot \left(h_B + \frac{1}{3} \cdot h_{cono} \right) \right]^2 + h_B{}^2 - \frac{1}{2} \cdot \left(h_B + \frac{1}{3} \cdot h_{cono} \right) \cdot h_B{}^2}$$

$$= \sigma_{amm}$$

e quindi

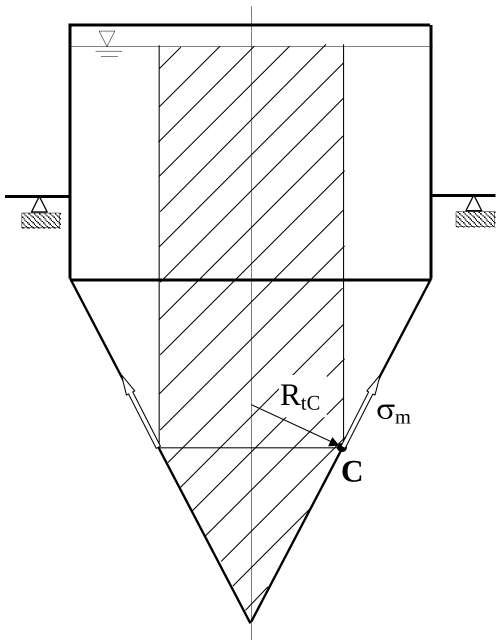
$$t_B = \frac{\gamma \cdot r}{\sigma_{amm}} \cdot \sqrt{\left[\frac{1}{2}\cdot\left(h_B + \frac{1}{3}\cdot h_{cono}\right)\right]^2 + h_B^{\,2} - \frac{1}{2}\cdot\left(h_B + \frac{1}{3}\cdot h_{cono}\right)\cdot h_B} = 2.97\ \text{mm}$$

Punto C

In C lo stato tensionale è analogo al puntoB con due tensioni principali non nulle:

$$\sigma_{t\,C} = \frac{p_C \cdot R_{tC}}{t_C} = \frac{\gamma \cdot (h_B + h_{cono} - h_C)\cdot R_{tC}}{t_C},$$

$$\sigma_{m\,C} = \frac{W_C}{2\cdot\pi\cdot r_C \cdot \cos(\alpha)\cdot t_C},$$



In questo caso, Wc rappresenta il peso del fluido compreso all'interno del raggio r=rC.

$$W_C = \gamma\cdot\pi\cdot r_C^{\,2}\cdot(h_B + h_{cono} - h_C) + \gamma\cdot\frac{1}{3}\cdot\pi\cdot r_C^{\,2}\cdot h_C =$$

$$= \gamma\cdot\pi\cdot r_C^{\,2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - h_C + \frac{1}{3}\cdot h_C\right) =$$

$$= \gamma\cdot\pi\cdot r_C^{\,2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - \frac{2}{3}\cdot h_C\right)$$

La tensione equivalente vale:

$$\sigma_{id\,C} = \sqrt{\sigma_{m\,C}^{\,2} + \sigma_{t\,C}^{\,2} - \sigma_{m\,C}\cdot\sigma_{tC}} =$$

$$= \frac{\gamma}{t_C}\cdot\sqrt{\left[\frac{r_C}{2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - \frac{2}{3}h_C\right)\right]^2 + (h_B + h_{cono} + h_C)^2\cdot R_{tC}^{\,2} - \frac{r_C}{2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - \frac{2}{3}h_C\right)\cdot(h_B + h_{cono} + h_C)\cdot R_{tC}}$$

$$= \sigma_{amm}$$

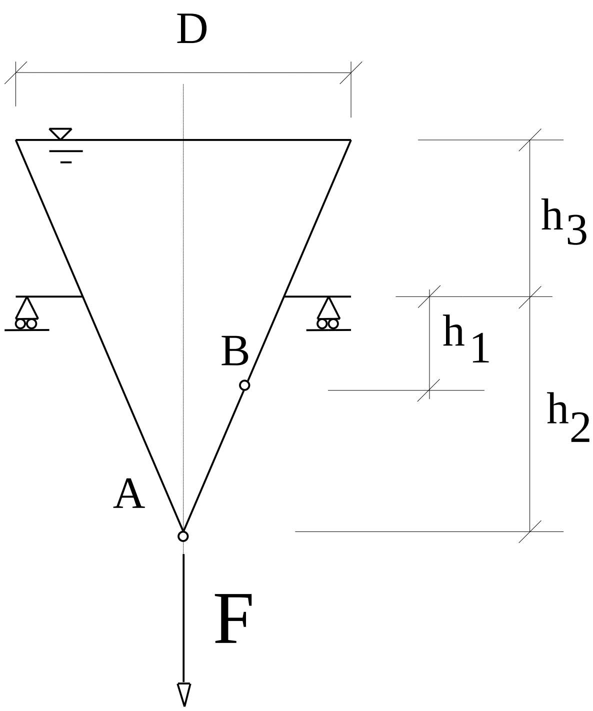
ricavando tc:

$$t_C = \frac{\gamma}{\sigma_{amm}}\cdot\sqrt{\left[\frac{r_C}{2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - \frac{2}{3}h_C\right)\right]^2 + (h_B + h_{cono} + h_C)^2\cdot R_{tC}^{\,2} - \frac{r_C}{2}\cdot\left(h_B + h_{cono} - \frac{2}{3}h_C\right)\cdot(h_B + h_{cono} + h_C)\cdot R_{tC}}$$

$$= 3.24\ \text{mm}$$

Esercizio 2.2

Il serbatoio conico di figura è riempito d'acqua (densità=10000 N/m3) e sorregge, nel punto A un carico F. Sapendo che il serbatoio è realizzato con acciaio avente $\sigma_{p0.2}$ = 200 MPa, si determini, con il criterio di von Mises, lo spessore t in corrispondenza nel punto B sufficiente a garantire un coefficiente di sicurezza statico pari a 3.



Dati
t = 3
h1 = 1 m
h2 = 5 m
h3 = 3 m
D = 5 m
F = 1500 kN

SOLUZIONE:
Si determinano innanzitutto le caratteristiche geometriche del serbatoio:

$$\alpha = \arctan\left[\frac{D}{2\cdot(h_3+h_2)}\right] = 0.303 \text{ rad}$$

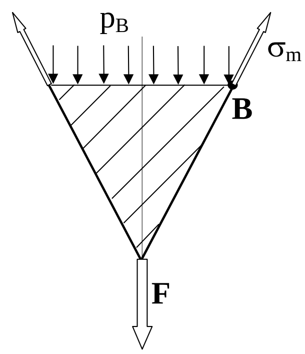
$$h_B = h_3 + h_1 = 3000 \text{ mm}$$

$$r_B = \frac{D}{2}\cdot\frac{h_2-h_1}{h_2+h_3} = 1250 \text{ mm}$$

$$R_{tB} = \frac{r_B}{\cos(\alpha)} = 1309.6 \text{ mm}$$

La tensione tangenziale può essere determinata utilizzando le relazioni dei serbatoi in parete sottile:

$$\sigma_{t\,B} = \frac{p_B\cdot R_{tB}}{t_B} = \frac{\gamma\cdot h_B\cdot R_{tB}}{t_B}$$, essendo Rm = ∞.



L'ulteriore tensione può essere calcolata sulla base di condizioni di equilibrio globale, considerando le forze agenti sul tratto di serbatoio delimitato dalla posizione del punto B.
In particolare deve essere garantito l'equilibrio alla traslazione verticale:

$$\sigma_{m\,B}\cdot 2\cdot\pi\cdot r\cdot t_B\cdot\cos(\alpha) =$$

$$= F + \gamma\cdot\pi\cdot r_B^{\,2}\cdot\frac{1}{3}\cdot h_B + p_B\cdot\pi\cdot r_B^{\,2}$$

$$\sigma_{m\,B} = \frac{F + \gamma\cdot\pi\cdot r_B^{\,2}\cdot\frac{1}{3}\cdot h_B + \gamma\cdot(h_3+h_1)\pi\cdot r_B^{\,2}}{2\cdot\pi\cdot r\cdot t_B\cdot\cos(\alpha)}$$

Il valore ammissibile della tensione equivalente vale:

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_{P0.2}}{\nu_s} = \frac{200}{3} = 66.7 \text{ MPa}$$

La tensione equivalente di Von Mises può essere calcolata con la seguente:

$$\sigma_{id\,B} = \sqrt{\sigma_{m\,B}^{\,2} + \sigma_{t\,B}^{\,2} - \sigma_{m\,B}\cdot\sigma_{t\,B}} = \sigma_{amm}$$

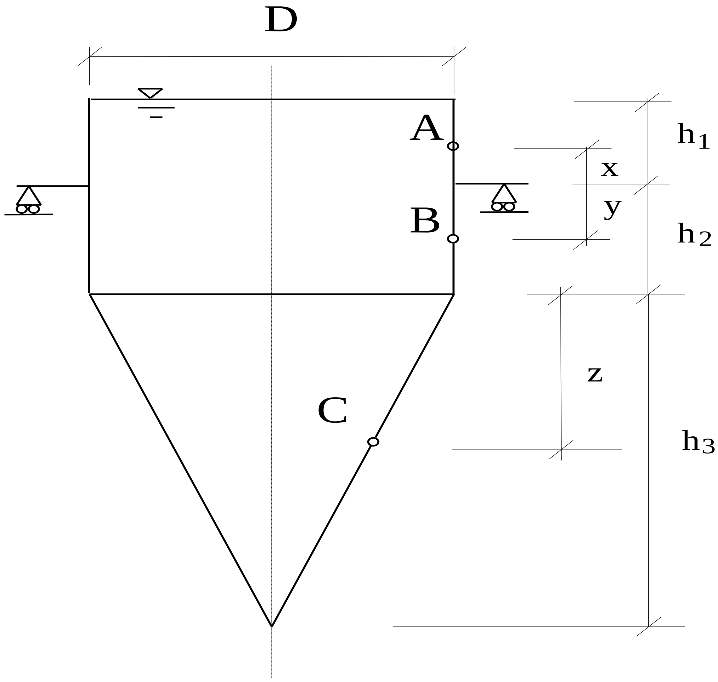
introducendo le espressioni delle tensioni appena presentate si ottiene:

$$t_B = \frac{1}{\sigma_{amm}}\sqrt{235.1^2 + 52.4^2 - 235.1\cdot 52.4}$$

$$= 3.205 \text{ mm}$$

Esercizio 2.3

Un serbatoio cilindrico realizzato in acciaio con fondo conico è riempito d'acqua e vincolato come in figura. Si calcolino gli spessori del fasciame nei punti A, B e C utilizzando il criterio di Von Mises assumendo un coefficiente di sicurezza statico νs = 3.



DATI:

D = 6 m

$\sigma_{p0.2}$ = 200 MPa

ν s= 3

h1 = 3 m

h2 = 3 m

h3 = 5 m

x = 1 m

y = 2 m

z = 3m

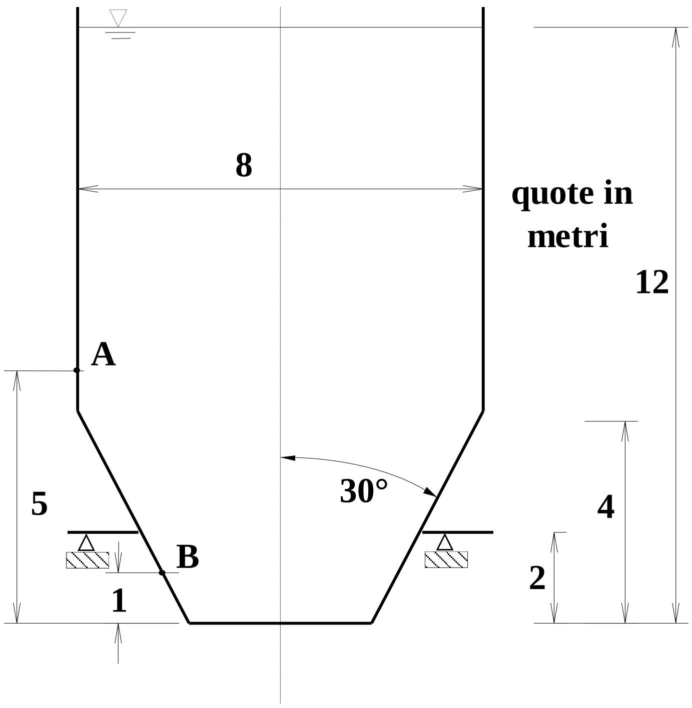
γ=10000 N/m^3

SOLUZIONE:

ta = 0.90 mm   tb = 2.04 mm   tc = 1.64 mm

Esercizio 2.4

Un serbatoio cilindrico con fondo tronco conico è riempito d'acqua (γ = 10000 N/m^3) e vincolato come indicato in figura. Lo spessore delle pareti e del fondo vale t = 3 mm. Si calcolino i valori delle tensioni σm e σt nei punti A e B. Negli stessi punti si calcoli inoltre il valore della tensione ideale utilizzando il criterio di Von Mises.



SOLUZIONE :

punto A:

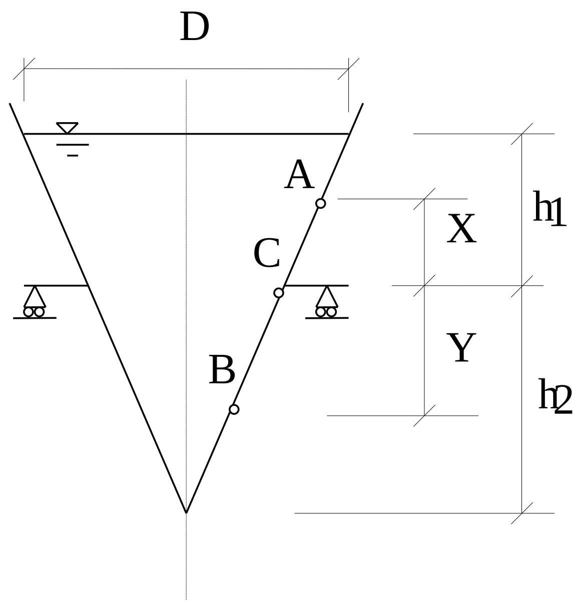
$$\sigma_m = 0 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = 93{,}3 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id.} = 93{,}3 \text{ MPa}$$

punto B:

$$\sigma_m = 51.3 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = 96{,}03 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id.} = 83{,}23 \text{MPa}$$

Esercizio 2.5

Il serbatoio conico di figura è riempito d'acqua (γ=10000 N/m^3). Sapendo che il serbatoio è realizzato con acciaio avente $\sigma p0.2$ = 180 MPa, si determini, con il criterio di Von Mises, lo spessore in corrispondenza dei punti A e B (tA e tB) sufficiente a garantire un coefficiente di sicurezza statico dato ν. Infine, si verifichi il coefficiente di sicurezza νc nel punto C ipotizzando che lo spessore calcolato nel punto B rimanga costante per tutta la parte inferiore del serbatoio (il punto C è situato appena al disotto dei vincoli).

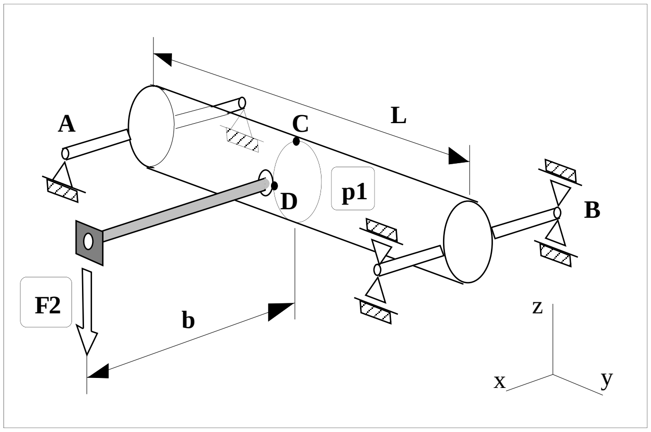


DATI:
ν = 3
D = 8m
h1 = 3 m
h2 = 5 m
x =1 m
y = 2,5 m

SOLUZIONE:

tA = ... tB = ... ν C = ...

Esercizio 2.6



Un serbatoio di gas di forma cilindrica e raggio esterno r0, dotato di fondi piani, è disposto orizzontalmente come in figura e supportato isostaticamente in corrispondenza dei fondi A e B.

Considerando dapprima la sola pressione interna p1 e l'ipotesi di recipiente in parete sottile, si calcoli lo spessore t della parete cilindrica del serbatoio adottando l'ipotesi di Guest, ipotizzando un materiale con tensione di snervamento σs ed un coefficiente di sicurezza νs.

Successivamente, si consideri l'azione di un carico accidentale F2 agente su una tubazione a sbalzo posta in mezzeria come in figura, e si traccino i cerchi di Mohr in corrispondenza dei punti C e D della sezione indicata in figura, trascurando il taglio e tutti i possibili effetti locali.

Infine si valutino i coefficienti di sicurezza nei punti C e D con l'ipotesi di Von Mises.

SOLUZIONE:

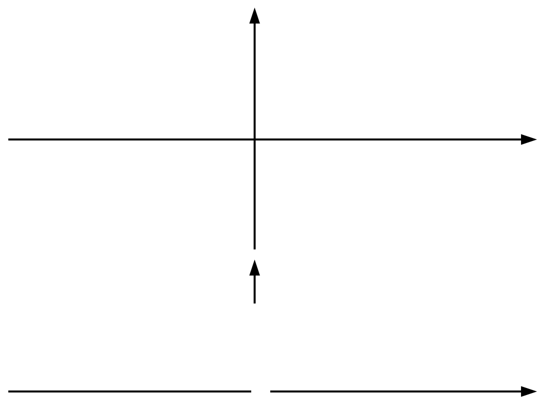
DATI:

L = 4000 mm
r0 = 300 mm
p1 = 10 bar
σs = 300 MPa
νs = 2
F2 = 15000 N
b = 2000 mm

SOLUZIONE:

1) t = ... mm

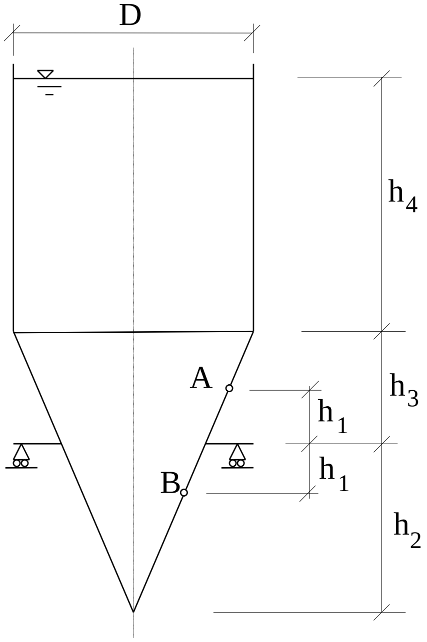
2) Punto C Punto D



3) νs (punto C) = ... νs (Punto D) = ...

Esercizio 2.7

Un serbatoio cilindrico con fondo conico è riempito con acqua (γ=10000 N/m^3). Si determini il coefficiente di sicurezza statico, utilizzando il criterio di Von Mises in corrispondenza dei punti A e B, noto lo spessore t.



DATI:
σp 0.2 = 200 MPa
t = 3
D = 5 m
h1 = 1 m
h2 = 5 m
h3 = 3 m
h4 = 7 m

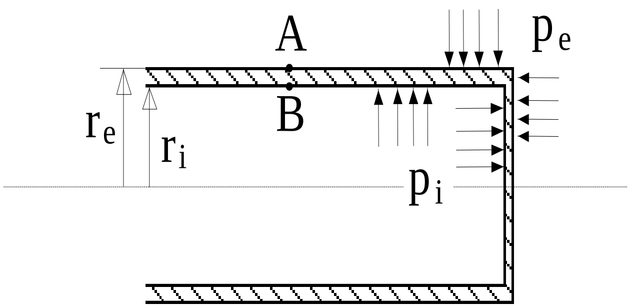
SOLUZIONE:
νA = ………………
νB = ………………

Capitolo 3 Gusci Spessi

Esercizio 3.1

Si consideri un recipiente in pressione dotato di fondi di estremità piani soggetto ad una pressione interna pi e ad una esterna pe . Si calcoli il valore delle tensioni longitudinali in funzione delle tensioni radiali e tangenziali e si dimostri che vale la relazione $\sigma_l = (\sigma_r + \sigma_t)/2$.

Si calcoli infine la tensione equivalente secondo Von Mises nei punti A e B (parete esterna ed interna) indicati in figura.



DATI:

r_i = 180 mm r_e = 220 mm

p_i = 100 MPa p_e = 40 MPa

SOLUZIONE:

Si considerano le espressioni delle tensioni radiale e longitudinale fornite dalla teoria dei gusci spessi:

$$\sigma_r = A - \frac{B}{\rho^2} + \sigma_l \cdot \frac{\nu}{1+\nu} ,$$

$$\sigma_t = A + \frac{B}{\rho^2} + \sigma_l \cdot \frac{\nu}{1+\nu} ,$$

$$\sigma_l = \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

per r=ri si ha:

$$\rho = \frac{r_i}{r_e} ,$$

$$\sigma_r = A - \frac{B}{\frac{r_i^2}{r_e^2}} + \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \frac{\nu}{1+\nu} = -p_i$$

per r=re si ha:

$$\rho = 1,\ \sigma_r = A - B + \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \frac{\nu}{1+\nu} = -p_e ,$$

Si ricavano i valori dei coefficienti A e B:

$$A = \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} - \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \frac{\nu}{1+\nu} ,$$

$$B = \frac{p_i - p_e}{r_e^2 - r_i^2} \cdot r_i^2$$

e quindi le espressioni delle tensioni:

$$\sigma_r = \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} - \frac{p_i - p_e}{r_e^2 - r_i^2} \cdot r_i^2 \cdot \frac{r_e^2}{r^2} ,$$

$$\sigma_t = \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} + \frac{p_i - p_e}{r_e^2 - r_i^2} \cdot r_i^2 \cdot \frac{r_e^2}{r^2}$$

$$\sigma_l = \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

Si verifica immediatamente che:

$$\frac{\sigma_r + \sigma_t}{2} =$$

$$\frac{\frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} - \frac{p_i - p_e}{r_e^2 - r_i^2} \cdot r_i^2 \cdot \frac{r_e^2}{r^2} + \frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} + \frac{p_i - p_e}{r_e^2 - r_i^2} \cdot r_i^2 \cdot \frac{r_e^2}{r^2}}{2} =$$

$$\frac{p_i \cdot r_i^2 - p_e \cdot r_e^2}{r_e^2 - r_i^2} = \sigma_l$$

I valori puntuali delle tensioni sono i seguenti:

r=ri

$$\sigma_t = 203\ \text{MPa} \qquad \sigma_r = -40\ \text{MPa}$$

$$\sigma_l = 81.5\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 + \sigma_l^2 - (\sigma_t \cdot \sigma_r + \sigma_l \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \sigma_l)}$$
$$= 210.4\ \text{MPa}$$

r=re

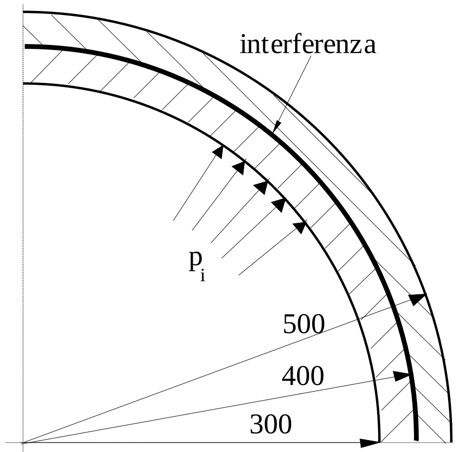
$$\sigma_t = 263\ \text{MPa} \qquad \sigma_r = -100\ \text{MPa}$$

$$\sigma_l = 81.5\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 + \sigma_l^2 - (\sigma_t \cdot \sigma_r + \sigma_l \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \sigma_l)}$$
$$= 314.4\ \text{MPa}$$

Esercizio 3.2

Si determini lo stato tensionale creato in un recipiente a doppia parete dalla presenza di una pressione interna pi e dal forzamento delle due pareti con una interferenza diametrale iϕ.
Nell'ipotesi che il recipiente sia realizzato in acciaio, si determini con il criterio di Guest il punto in cui è massima la σid.



DATI:

re = 500 mm ro= 400 mm
ri = 300 mm E = 206000 MPa
pi = 30 MPa iϕ = 1 mm

SOLUZIONE:

E' possibile calcolare subito la pressione di calettamento esistente all'interfaccia tra i due recipienti:

$$p_c = \frac{E \cdot i_\phi}{4 \cdot r_o^2} \cdot \frac{\left(r_e^2 - r_o^2\right) \cdot \left(r_o^2 - r_i^2\right)}{r_e^2 - r_i^2} = 31.7 \text{ MPa}$$

dove si è posto E=206000 MPa

Lo stato tensionale dei due recipienti può essere calcolato utilizzando le relazioni dei gusci spessi sovrapponendole tensioni prodotte da una pressione interna pi in un recipiente di dimensioni ri, re, alle tensioni prodotte da una pressione esterna pc per il recipiente interno e una pressione interna pc per il recipiente esterno.

<u>Tensioni per recipiente completo soggetto a pressione interna p_i</u>

r=ri

$$\sigma_r = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_e^2}{r_i^2}\right) = -30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_e^2}{r_i^2}\right) = 63.75 \text{ MPa}$$

r=ro

$$\sigma_r = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_e^2}{r_o^2}\right) = -9.49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_e^2}{r_o^2}\right) = 43.24 \text{ MPa}$$

r=re

$$\sigma_r = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_e^2}{r_e^2}\right) = 33.75 \text{ MPa}$$

<u>Tensioni per recipiente esterno soggetto a pressione interna pc</u>

r=ro

$$\sigma_r = \frac{p_c \cdot r_o^2}{r_e^2 - r_o^2} \cdot \left(1 - \frac{r_e^2}{r_o^2}\right) = -31.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{p_c \cdot r_o^2}{r_e^2 - r_o^2} \cdot \left(1 + \frac{r_e^2}{r_o^2}\right) = 144.41 \text{ MPa}$$

r=re

$$\sigma_r = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{p_c \cdot r_o^2}{r_e^2 - r_o^2} \cdot \left(1 + \frac{r_e^2}{r_e^2}\right) = 112.71 \text{ MPa}$$

<u>Tensioni per recipiente interno soggetto a pressione esterna pc</u>

r=ri

$$\sigma_r = 0 \text{ MPa}$$

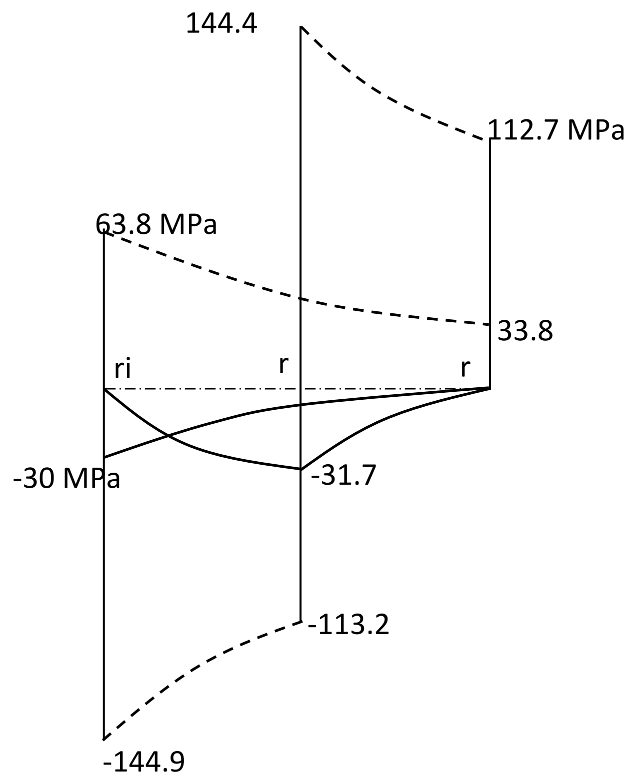
$$\sigma_t = \frac{-p_c \cdot r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_i^2}{r_i^2}\right) = -144.91 \text{ MPa}$$

r=ro

$$\sigma_r = -p_c = -31.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{-p_c \cdot r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_i^2}{r_o^2}\right) = -113.21 \text{ MPa}$$

E’ ora possibile sommare i due contributi ottenendo in ogni punto lo stato tensionale completo (nel calcolo della tensione equivalente di Guest, si considera nulla la tensione longitudinale).



r=ri recipiente interno

$$\sigma_r = -30 + 0 = -30 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = -144.9 + 63.75 = -81.5 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id} = 0 - (-81.5) = 81.5 \text{ MPa}$$

(la tensione longitudinale è supposta nulla)

r=ro recipiente interno

$$\sigma_r = -9.5 - 31.7 = -41.2 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = -113.2 + 43.2 = -70 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id} = 0 - (-70) = 70 \text{ MPa}$$

r=ro recipiente esterno

$$\sigma_r = -9.5 - 31.7 = -41.2 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = 43.2 + 144.4 = 187.6 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id} = 187.6 - (-41.2) = 228.8 \text{ MPa}$$

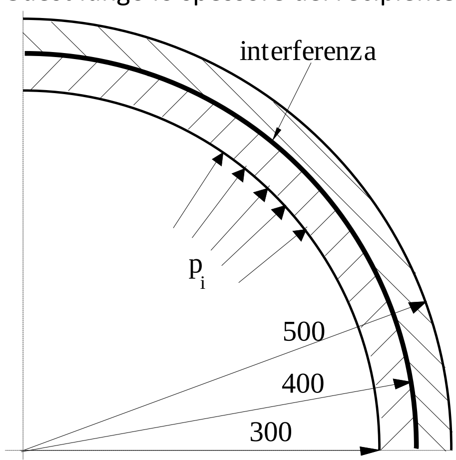
r=re recipiente esterno

$$\sigma_r = 0 \text{ MPa}$$
$$\sigma_t = 33.75 + 112.7 = 146.45 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{id} = 146.45 \text{ MPa}$$

La tensione massima si ottiene in corrispondenza del raggio $r=r_o$ sul recipiente esterno e vale σ_{id} = 228,8 MPa
Diagramma delle tensioni⇒

Esercizio 3.3

Si determini lo stato tensionale creato in un recipiente a doppia parete senza fondi dalla presenza di una pressione interna pi e dal forzamento delle due pareti con una interferenza diametrale $i\phi$.
Nell'ipotesi che il recipiente sia realizzato in acciaio con
$\sigma p02$= 275 MPa , si determini con il criterio di Guest il punto in cui è minimo il coefficiente di sicurezza .
Si tracci infine l'andamento della tensione ideale di Guest lungo lo spessore del recipiente.

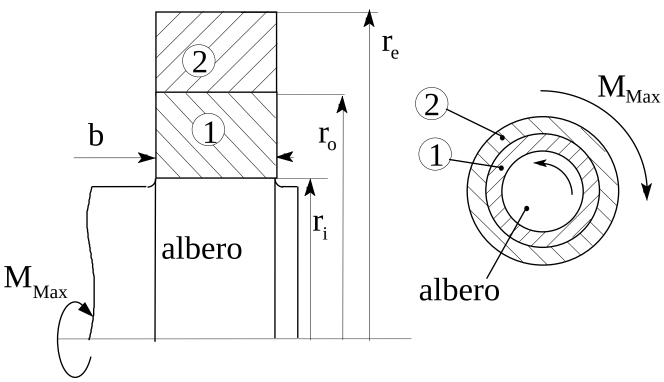


DATI:
re = 500 mm ro= 400 mm ri = 300 mm
E = 206000 MPa $\sigma p02$= 275 MPa pi = 150 bar
$i\phi$ = 0,6 mm

SOLUZIONE:
νs (minimo) =2.08 in corrispondenza di r = ro

Esercizio 3.4

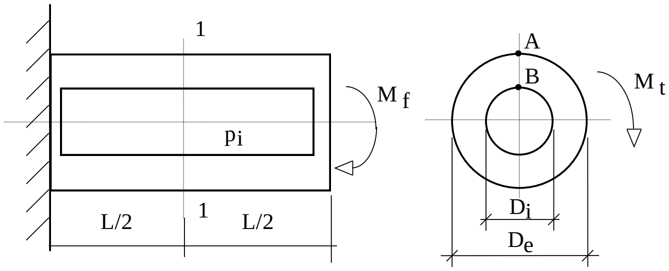
Si debba realizzare un giunto di sicurezza in grado di trasmettere per attrito un momento torcente massimo Mmax. Il giunto sia realizzato mediante due dischi calettati al raggio ro, come rappresentato in figura. Dati i valori dei raggi ri, ro ed re, si determini dapprima il valore della interferenza diametrale iϕ al raggio ro necessaria per la trasmissione di tale momento, assumendo μ=0,2.
Successivamente, supponendo che il giunto sia a sua volta calettato su un albero in corrispondenza di ri con una pressione di calettamento nota pci, si valuti il coefficiente di sicurezza statico νs rispetto allo snervamento nei diversi punti dei due dischi, adottando il criterio di resistenza di GUEST e trascurando l'effetto delle tensioni tangenziali.



DATI:
Mmax = 3000 Nm
ri = 70 mm
ro = 100 mm
re = 130 mm
b = 30 mm
μ =0,2.
pci = 15 MPa
σsn =360 MPa
E = 206 GPa
SOLUZIONE:
iϕ =0.0527 mm
νs(ri)=24
νs(ro)= 29.54 / 6.03
νs(re)= 10.19

Esercizio 3.5

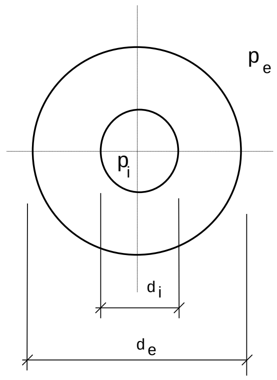
Il serbatoio di figura è realizzato in acciaio avente carico di snervamento σs = 350 MPa ed è sollecitato da una pressione interna pi e da due momenti di estremità Mf e Mt (Mf: flettente, Mt torcente).
Si esegua la verifica statica nella sezione 1-1 segnata in figura e si determini il coefficiente di sicurezza statico ν in corrispondenza dei punti A e B con l'ipotesi di Von Mises.
Inoltre si disegnino i cerchi di Mohr nel punto B.

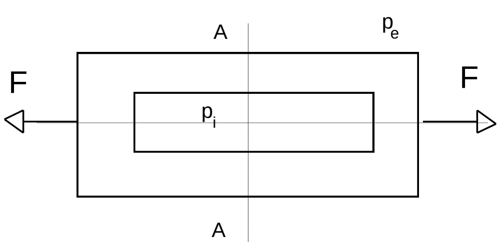


DATI:
De = 80 mm
Di = 60 mm
L = 500 mm
Mf = 7000 Nm
Mt = 5000 Nm
p = 300 bar
SOLUZIONE: νA =................ νB = ...

Esercizio 3.6

Dato il raggio interno di un recipiente in pressione a parete spessa dotato di fondi di estremità, determinare lo spessore minimo della parete in grado di garantire un coefficiente di sicurezza statico pari a ν usando il criterio di Guest. In un secondo momento al recipiente viene applicata una coppia di forze pari ad F in prossimità dei fondi di estremità. Assunto come diametro esterno quello calcolato precedentemente, effettuare la verifica statica nella sez. A-A con riferimento alla nuova configurazione di carico usando il criterio di Guest.



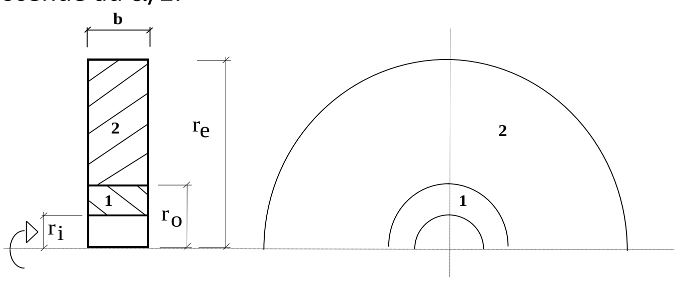


DATI:
pi = 500 bar
pe = 200 bar
di = 100 mm
F = 75 ton
materiale: acciaio avente σs = 300 MPa, ν = 3

SOLUZIONE:
de =.............mm $\qquad$ νa =...........

Esercizio 3.7

I dischi 1 e 2 di figura sono collegati tramite collegamento forzato. Supposto che il disco 1 sia tenuto fermo, applicato un momento torcente Mt al disco 2, determinare il valore dell'interferenza diametrale ϕ che garantisce un coefficiente di sicurezza α allo slittamento.
Successivamente i due dischi, accoppiati con l'interferenza ϕ, vengono fatti ruotare ad una frequenza di rotazione costante n=3000 giri/minuto. Si chiede di calcolare il valore della tensione radiale totale in corrispondenza del raggio ro e di determinare il valore della velocità angolare ω per la quale il coefficiente di sicurezza allo slittamento scende ad $\alpha/2$.



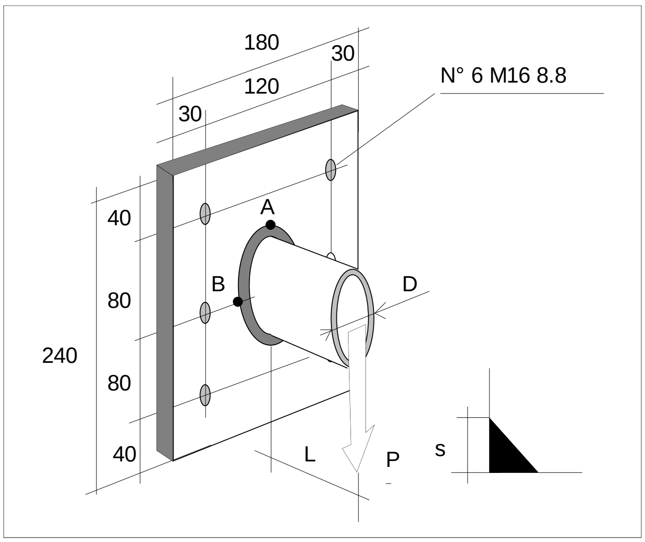
DATI:
α= 3
re = 100 mm
ro/re = 0.4
ri/re = 0.1
b = 20 mm
E = 206000 MPa ν= 0.3
Mt = 250 N·m
μ= 0.25
ρ= 7800 kg/m^3

SOLUZIONE:
ϕ = ... mm ;
σr = ... MPa;
ω = ... rad/sec

Capitolo 4 Giunti Saldati e Bullonati

Esercizio 4.1

Un supporto a sbalzo in S235 è realizzato mediante un tubo di diametro esterno D e lunghezza L saldato con cordone d'angolo piano di altezza s=10 mm ad una flangia verticale spessa 15 mm. Il supporto è caricato all'estremità da un carico P verticale come indicato in figura, ed è fissato alla parete di supporto tramite due file di bulloni M16 classe 8.8 che realizzano una giunzione ad attrito.
Si esegua la verifica di resistenza secondo la norma Eurocodice 3 del cordone d'angolo nei due punti indicati A e B. Si verifichi inoltre la giunzione bullonata per un funzionamento ad attrito, assumendo superfici non particolarmente trattate per la flangia e la parete.



DATI:

P = 40'000 N
D = 70 mm
s = 10 mm *altezza cordone d'angolo*
L = 80 mm *lunghezza tubo*
t = 15 mm *spessore piastra*

SOLUZIONE:

Altezza del cordone del cordone corretta:

$$a = \frac{s}{\sqrt{2}} = 7.07 \text{ mm}$$

Il cordone di saldatura, con il metodo semplificato, viene considerato come una circonferenza di diametro pari al diametro esterno del tubo.
Area Unitaria: $A' = 2\pi r = 219{,}9\,\text{mm}$
Sezione d'inerzia Unitaria a flessione:
$J' = \pi r^3 = 134{,}7 \cdot 10^3 \text{mm}^3$
Su tale sezione agiscono una forza di taglio pari a P e un momento flettente Mf = PL.
Calcolo delle forze per unità di lunghezza:
In ogni punto, forza parallela a P:

$$F_{w,1} = \frac{P}{A'} = 181{,}9 \frac{N}{mm}$$

Forze da momento flettente, massime in A e nulle in B, perpendicolari al piano di giunzione sono:

$$F_{w,2} = \frac{M}{J'} r = 831{,}5 \frac{N}{mm}$$

Nel Punto B vi è solo la componente di taglio, quindi la forza per area:

$$f_w = \frac{F_{w,1}}{a} = 25{,}7 \frac{N}{mm^2}$$

Equazione di verifica

$$\gamma_s f_w = 1{,}5 \cdot 25{,}7 \text{ MPa} \le \frac{f_u}{\sqrt{3}\,\beta_w\,\gamma_m}$$

$$= \frac{360}{\sqrt{3}\;0{,}8\;1{,}25} \text{MPa} = 207{,}8 \text{ MPa}$$

Verificata

Nel punto A le componenti dovute a taglio e momento flettente sono perpendicolari.

$$f_w = \frac{\sqrt{F_{w,1}^{\,2} + F_{w,2}^{\,2}}}{a} = 120{,}4 \frac{N}{mm^2}$$

Equazione di verifica

$$\gamma_s f_w = 1{,}5 \cdot 120{,}4 \text{ MPa} = 160{,}6 \text{ MPa}$$

$$\le \frac{f_u}{\sqrt{3}\,\beta_w\,\gamma_m} = \frac{360}{\sqrt{3}\;0{,}8\;1{,}25} \text{MPa}$$

Verificata

Per la verifica ad attrito della giunzione, occorre considerare la tensione normale indotta nei bulloni dalla presenza del momento flettente. Supponendo la rotazione rigida della piastra attorno allo spigolo inferiore, la distribuzione di carico risulta lineare con la distanza dallo spigolo stesso. Posto inoltre che la tensione sia circa uniforme sul bullone, è possibile

concentrare le caratteristiche di elasticità sull'asse del bullone stesso.
In questo caso è possibile scrivere, forza per bullone:

$$N_i = \frac{Mf \cdot y_i}{\sum y_i^{2}} = \frac{P \cdot (L+t) \cdot y_i}{\sum y_i^{2}}$$

Introducendo i valori numerici, si ricava:

fila superiore: $N_1 = 6786 \text{ N}$

fila intermedia: $N_2 = 4071 \text{ N}$

fila inferiore: $N_3 = 1357 \text{ N}$

Evidentemente, la condizione più pericolosa si verifica sulla fila superiore:

$$N_1 = 6786 \text{ N} < 0.8 \cdot N_s = 56000 \text{ N}$$

Il serraggio vale:

$$F_p = \frac{0{,}7 \cdot f_u \cdot A_{res}}{\gamma_m} = \frac{0{,}7 \cdot 800 \cdot 157}{1{,}25} \text{N} = 70{,}34 \text{ kN}$$

Assumendo μ=0.3 e ks=1 si ottiene:

$$F_{S,R} = \mu \cdot \frac{F_P - 0{,}8 F_t}{\gamma_m} = 15{,}25 \text{ kN}$$

La forza da trasmettere per ogni bullone vale:

$$F_s = \frac{P}{n° \text{ bulloni}} = 6.7 \text{ kN}$$

essendo $\gamma_s \cdot F_S \leq F_{S,R}$ la verifica ad attrito risulta soddisfatta.

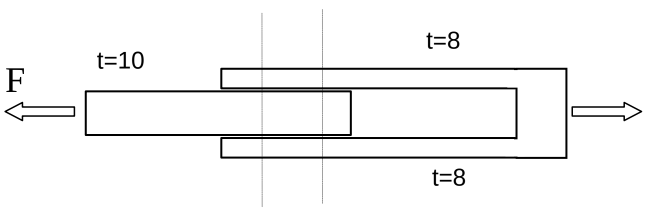
Esercizio 4.2

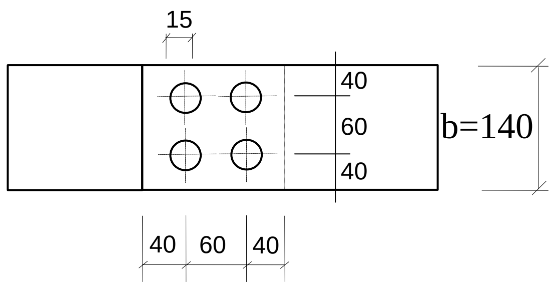
La giunzione bullonata a doppio coprigiunto di figura, è sollecitata da una forza F statica. Le lamiere sono realizzate in acciaio S355 e le superfici non sono state particolarmente trattate. Si richiede di effettuare:

a) la verifica dei bulloni nel caso di funzionamento a taglio per viti M14 classe 5.6;

b) la verifica del coprigiunto e del piatto principale;

c) la verifica dei bulloni nel caso di funzionamento ad attrito per viti M14 classe 8.8;





Dati

F = 120 kN

SOLUZIONE:

a)

La forza di taglio per ciascuna sezione resistente dei bulloni è pari a:

$$F_V = \frac{F}{n_{bulloni} \cdot n_{sezioni}} = \frac{F}{4 \cdot 2} = 15 \text{ kN}$$

Per la classe 5.6, M14 passo normale, la resistenza a taglio vale:

$$F_{v,R} = \frac{\alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A_{Res}}{\gamma_m} = \frac{0{,}6 \cdot 500 \cdot 115}{1{,}25} = 27{,}46 \text{ kN}$$

La verifica, in termini di forze è soddisfatta se:

$$\gamma_S \cdot F_V = 1{,}5 \cdot 15 \text{ kN} = 22{,}5 \text{ kN} \leq F_{v,R}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

b) Si osserva che lo spessore totale dei coprigiunti è maggiore dello spessore del piatto principale, quindi le verifiche vanno eseguite solo su questo.

La forza di contatto vale:

$$F_b = \frac{F}{n_{bulloni}} = \frac{F}{4} = 30 \text{ kN}$$

Resistenza a rifollamento, in figura i fori sono riportati con diametro pari a 15 mm:

$$F_{b,R} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_m} = \frac{2{,}5 \cdot \frac{40}{3 \cdot 15} \cdot 510 \cdot 14 \cdot 10}{1{,}25} = 127 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta in base a:

$$\gamma_S \cdot F_b = 1{,}5 \cdot 30 \text{ kN} = 45 \text{ kN} \leq F_{v,R}$$

I fori per i bulloni presentano un diametro foro=15 mm, la condizione di resistenza a strappo del piatto principale è perciò la verifica della sezione resistente netta:

$$\sigma_{res} = \frac{F}{(b - 2d) \cdot t} = 109.1 \text{ MPa} \leq \frac{\sigma_s}{\gamma_s} \approx 240 \text{ MPa}$$

c)

Per viti classe 8.8 con diametro 14mm, il precarico è:

$$F_p = \frac{0{,}7 \cdot f_u \cdot A_{res}}{\gamma_m} = \frac{0{,}7 \cdot 800 \cdot 115}{1{,}25} = 51{,}1 \text{ kN}$$

considerando le superficie non trattate, la forza trasmissibile da un bullone e una superfice di contatto è data dalla:

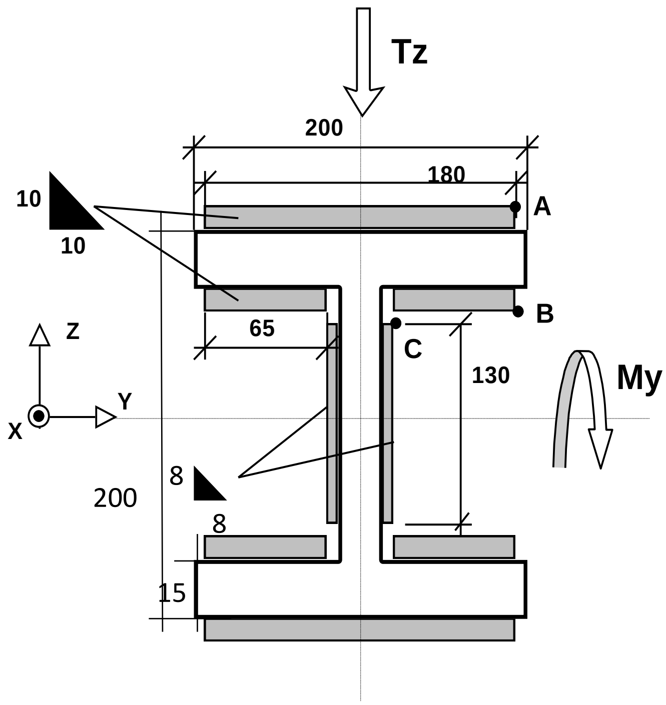
$$F_{S,R} = \mu \cdot k_S \cdot \frac{F_P}{\gamma_m} = 12.26 \text{ kN}$$

Di conseguenza la forza trasmissibile per attrito dal giunto vale:

$$F_{S,R,tot} = F_{S,R} \cdot n_{bulloni} \cdot n_{sezioni} = F_{S,R} \cdot 4 \cdot 2 = 97 \text{ kN}$$

La forza trasmissibile non è sufficiente per sostenere la forza applicata.

Esercizio 4.3



Una trave HEB 200 B è saldata a sbalzo su una parete verticale con cordoni d'angolo come indicato in figura. Assumendo che le dimensioni dei cordoni riportate siano quelle efficaci per la resistenza, si esegua la verifica statica sulla saldatura sollecitata dai carichi di taglio e flessione nel piano XZ in corrispondenza dei punti indicati come A, B e C

DATI:
Materiale: S235
Tz = 60 kN My = 35 kNm

SOLUZIONE:

J'_{YY} = 5,84 10^6 mm^3

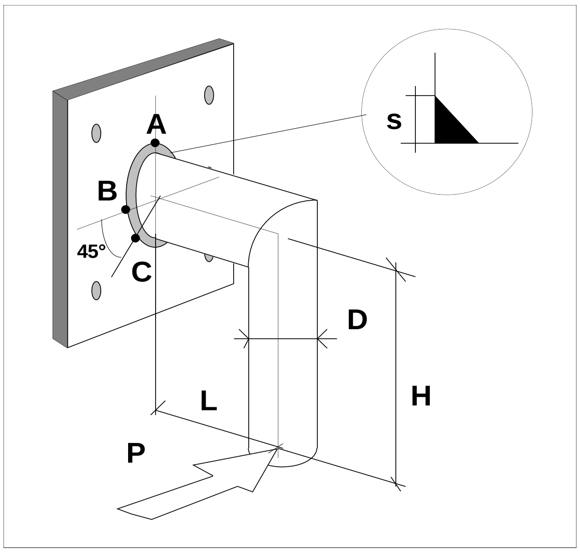
Punto A: f_w = 84,8 MPa

Punto B: f_w = 72,1 MPa

Punto C: f_w = 80,9 MPa

Esercizio 4.4

Una tubazione di diametro esterno D è flangiata ad una piastra verticale in corrispondenza di un gomito di lunghezza L e altezza H. Il tubo, realizzato in S355, è saldato con cordone d'angolo piano di altezza s e caricato all'estremità inferiore da un carico P orizzontale orientato come in figura.
Si esegua la verifica di resistenza nei punti indicati A , B e C.



DATI:
P = 30’000 N
L = 80 mm *Lunghezza tratto orizzontale del gomito*
H = 60 mm *Lunghezza tratto verticale del gomito*
D = 70 mm *Diametro esterno tubo alla saldatura*
s = 10 mm *Altezza cordone d’angolo*

SOLUZIONE:
A’ = 220 mm
$J'_p = 0{,}269\ 10^6\ mm^3$
$J'_{YY} = 0{,}135\ 10^6\ mm^3$

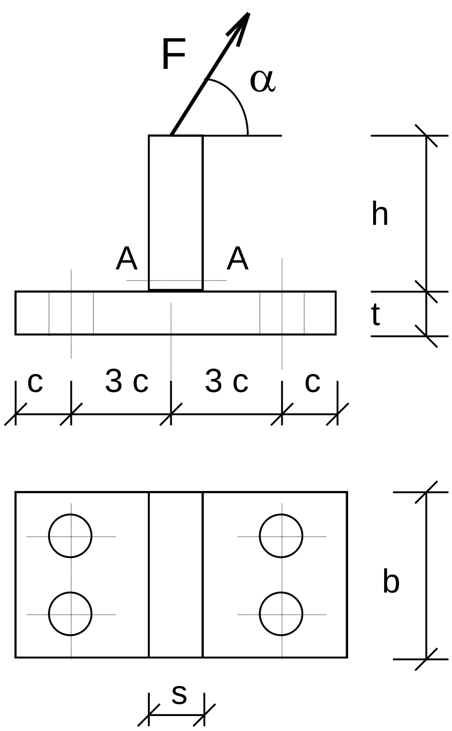
Punto A: $f_w = 13{,}8$ MPa

Punto B: $f_w = 96{,}1$ MPa

Punto C: $f_w = 79{,}1$ MPa

Esercizio 4.5

La struttura di figura è realizzato in S355 ed è soggetta ad una forza F inclinata rispetto all'orizzontale di un angolo α.
Si richiede di:
- verificare staticamente la sezione A-A;
- calcolare il diametro minimo delle viti in modo tale che non si verifichi lo slittamento e che sia garantita la condizione di resistenza statica delle viti stesse (si assuma un coefficiente di attrito pari a 0.3 e una piastra di base infinitamente rigida).

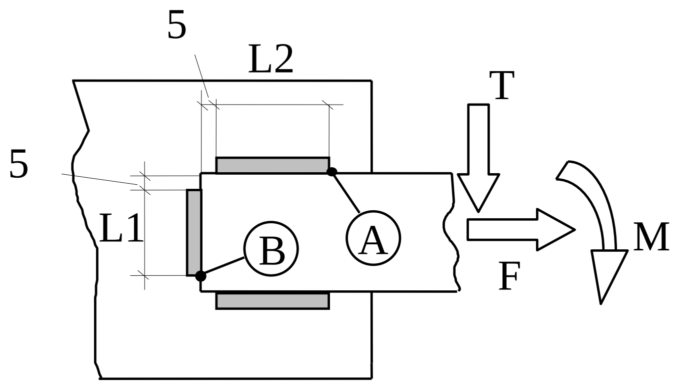


DATI:
F = 40 kN
h = 200 mm
b = 100 mm
c = 30 mm
t = 30 mm
s = 20 mm
α = 60°

SOLUZIONE:
Verifica sezione A-A:
$\sigma max \approx 620$ MPa
(non sono quindi verificate le condizioni di sicurezza)
Vite: M 14 classe: 8.8
oppure
Vite: M 12 classe: 10.9

Esercizio 4.6

Si consideri il giunto saldato con cordoni d'angolo riportato in figura, costituito da un piatto di dimensioni 100 x 6 saldato ad una piastra fissa con un cordone d'angolo a sezione triangolare e lato 6 mm, pari allo spessore del piatto. Sul baricentro del collegamento sono applicati i carichi F, T ed M.
Si esegua dapprima la verifica statica del collegamento con il metodo delle tensioni ammissibili, assumendo per la struttura il materiale S235, nei punti indicati.
Successivamente si valuti negli stessi punti il coefficiente di sicurezza ν rispetto alla tensione di snervamento σsn= 240 MPa.

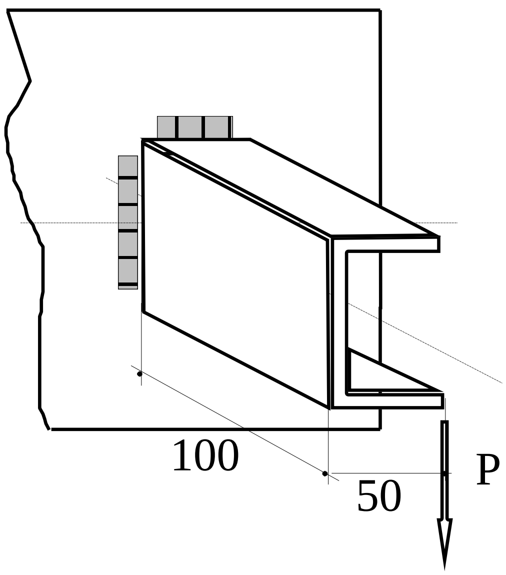


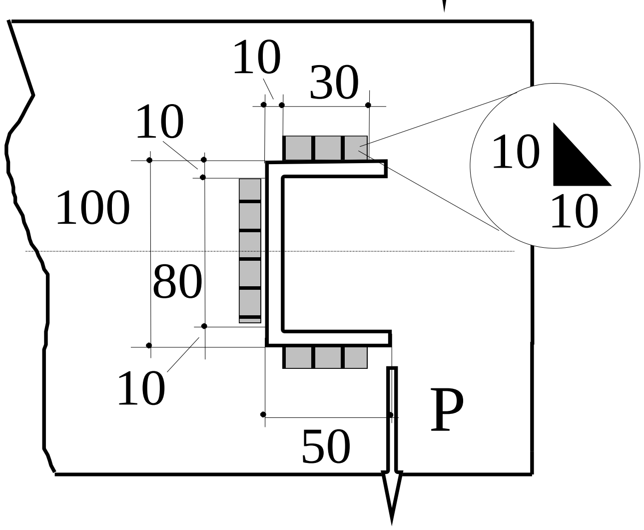
DATI:
L1 = 90 mm
L2 = 100 mm
F = 45 kN
T = 40 kN
M = 2,5 kNm

SOLUZIONE:
ν(A) = ... ν(B) = ...

Esercizio 4.7

Un profilato unificato C 100 in materiale S355 è saldato con cordoni d'angolo ad una piastra verticale come indicato in figura.
La trave funziona come una mensola lunga 100 mm ed è caricata all'estremità libera da un carico P disassato, mentre i cordoni sono tutti cordoni d'angolo piani 10x10 mm, disposti come in figura.
Applicando il procedimento di calcolo più dettagliato, si esegua la verifica, facendo riferimento all'intera lunghezza dei tratti dei cordoni riportata.
In alternativa si esegua la verifica ipotizzando un unico cordone continuo su tutto il bordo esterno 50x100





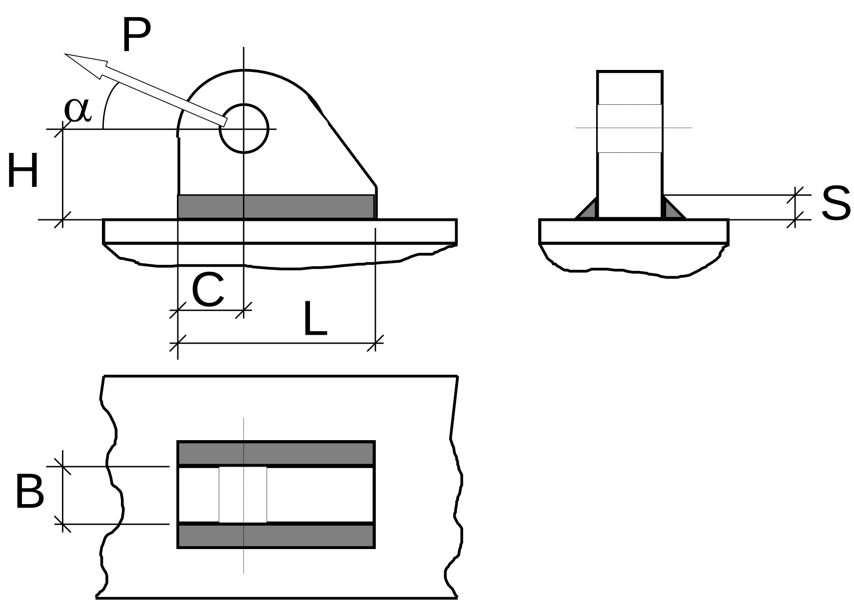
DATI:
P = 30 kN

SOLUZIONE:
Verifica cordone verticale
Verifica cordoni orizzontali

…………………………… ……………………………

Esercizio 4.8

Un tirante in acciaio è collegato ad una trave IPE orizzontale tramite una flangia forata saldata con due cordoni d'angolo longitudinali, come in figura.
Il tirante è caricato da una forza P inclinata di 30° sull'orizzontale. Si esegua la verifica statica del cordone di saldatura e si tracci sul disegno il punto più sollecitato, sapendo che il materiale utilizzato è S235.



DATI:
P = 20000 N
L = 80 mm
s = 10 mm
α = 30°
B = 20 mm
C = 30 mm
H = 70 mm

SOLUZIONE:

Punto più sollecitato: ....

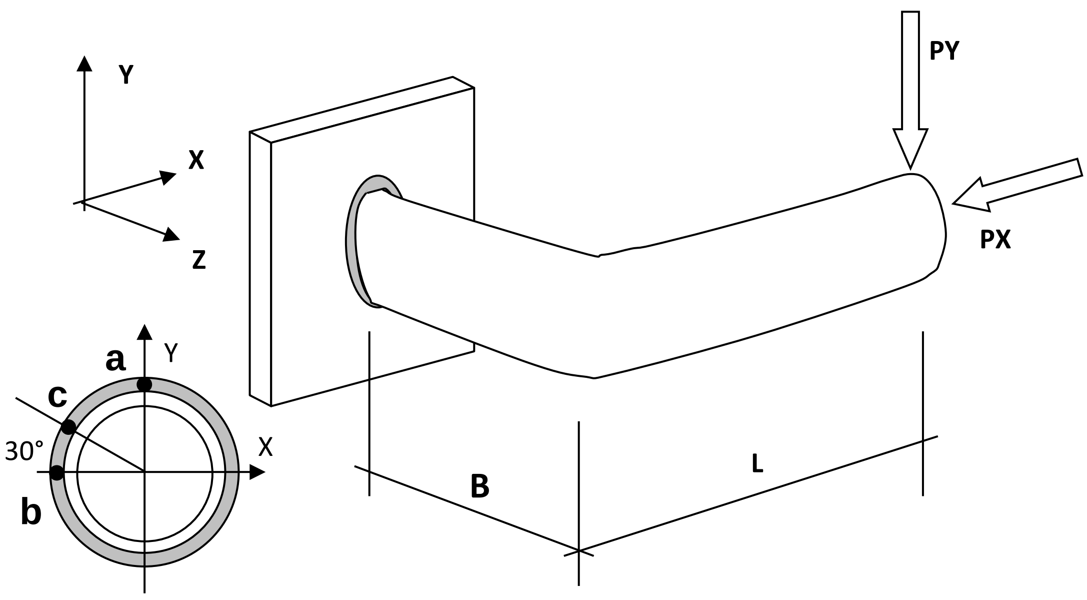
Relazione di verifica:......................................

Esercizio 4.9

Una tubazione a gomito in acciaio è collegata ad una flangia verticale mediante saldatura d'angolo piana, come rappresentato in figura. La tubazione è caricata ad una estremità da due forze PX e PY dirette come in figura. Si valuti se il cordone risulta verificato staticamente e si riportino le relazioni di verifica ai punti a, b e c indicati.

DATI:
Acciaio S235
D = 50 mm (diametro esterno tubazione)
s= 8 mm (altezza cordone)
L=200 mm
B = 100 mm

SOLUZIONE:
Punto a= ……………………
Punto b= ……………………
Punto c= ……………………

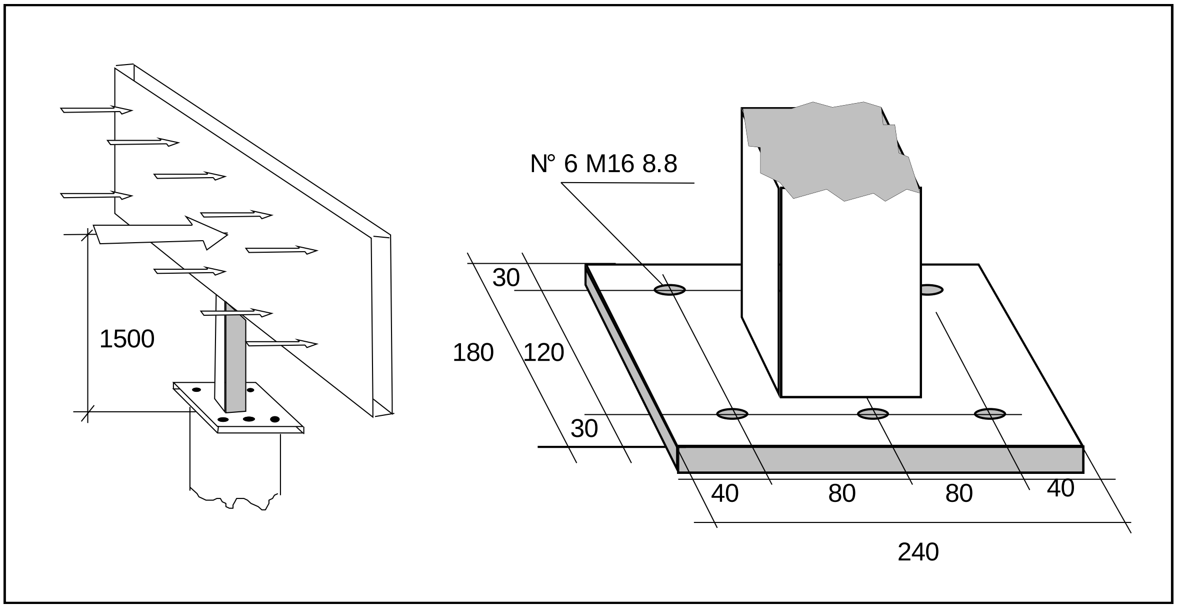


Esercizio 4.10

Il basamento di un grande pannello è realizzato mediante giunzione bullonata disposta come in figura con due file di bulloni M16 classe 8.8 che realizzano una giunzione ad attrito.
Il pannello ha una massa di 2000 kg e può essere caricato dal vento laterale fino ad una forza orizzontale risultante di 16000 N applicata ad una altezza di 1500 mm dalla superficie di attrito.
Si esegua la verifica ad attrito della giunzione bullonata, assumendo superfici non particolarmente trattate per la flangia e la parete.

DATI:
Massa pannello = 2000 kg
Risultante Forza Orizzontale = 16000 N
Distanza di Azione della risultante = 1500 mm

SOLUZIONE:
(*riportare la relazione di verifica*)



CAP. 5 Verifica e Dimensionamento a Fatica

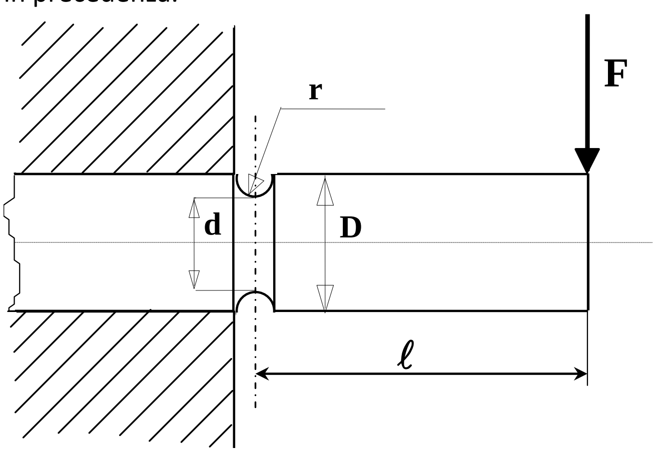
Esercizio 5.1

L'albero in figura è realizzato in acciaio 35CrMo4 e presenta un intaglio ad U circonferenziale. Si considerino le due condizioni di carico:

I-albero rotante, F =costante

II-albero fermo, F variabile tra (+1,5 F) e (0).

Si determini per il caso di carico I il valore del diametro D tale da garantire un coefficiente di sicurezza a fatica γ_S = 1,5 per una vita di 10^5 cicli.
Per il caso di carico II si calcoli invece il valore del coefficiente di sicurezza a fatica γ_S per vita infinita (10^6 cicli), utilizzando il valore del diametro calcolato in precedenza.



DATI:
$\sigma_r = S_{ut}$= 800 MPa
$\sigma_{p,0.2}$ = 665 MPa
S'_e = 440 Mpa
F = 5000 N
ℓ = 150 mm
D/d = 1,3 r/d = 0,2
Si assuma: $k_a = k_b$ = 0,9

SOLUZIONE:

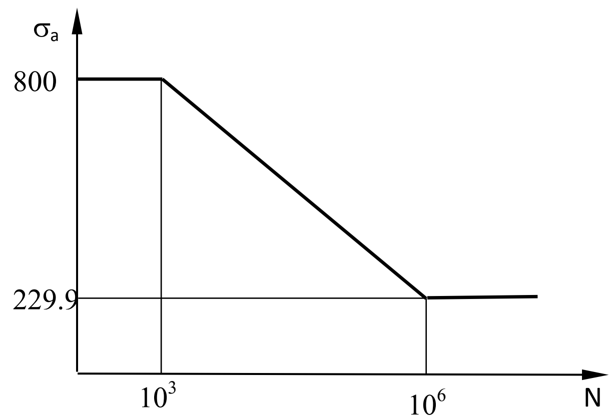
I- In questo caso il perno è soggetto a momento flettente rotante con rapporto di ciclo R=-1; noti i rapporti r/d e D/d, è possibile determinare i coefficienti di intaglio K_t.
Dalla letteratura si ricava: K_t=1,55.

Note le tensioni ammissibili per il materiale, si ricavano i valori limite per il componente:

$$S_{e,nom} = k_a \cdot k_b \cdot \frac{S'_e}{k_t} = 229.9\ \text{MPa}$$

inoltre è possibile determinare la tensione ammissibile a vita finita, in particolare la pendenza del diagramma di Wholer del componente vale:

$$b = -\frac{1}{3}\log\frac{0,9 \cdot S_{ut}}{S_e} = -0.165$$



La tensione limite a·10^5 cicli:

$$S_{f,10^5} = S_e\left(\frac{10^5}{10^6}\right)^b = 336,2\ \text{MPa}$$

Il valore del diametro d può essere ottenuto utilizzando la relazione di verifica:

$$\sigma_a = \frac{32 \cdot Mf}{\pi \cdot d^3} = \frac{S_{f,10^5}}{\gamma_S}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F \cdot l}{\pi} \cdot \frac{\gamma_S}{S_{f,10^5}}} = 32.4\ \text{mm}$$

va osservato che con questo valore per il diametro d, r=6.48 mm, risulta quindi lecito aver posto K_f=K_t.

II- in questo caso il momento flettente presenta andamento pulsante, si deve calcolare il relativo limite a fatica.

$$S_{e,R=0} = \frac{S_e S_{ut}}{S_e + S_{ut}} = 178.6\ \text{MPa}$$

L'ampiezza della tensione nominale risulta:

$$\sigma_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{1.5 \cdot F \cdot l}{\pi / 32 \cdot d^3} = 168.5\ MPa$$

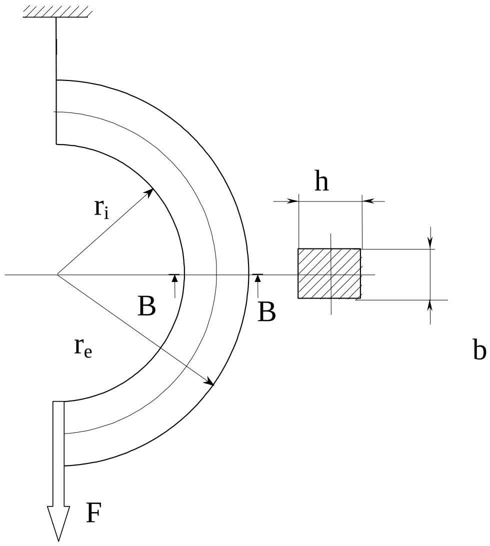
Con coefficiente di sicurezza:

$$\gamma_S = \frac{S_{e,R=0}}{\sigma_a} = 1.06$$

Il coefficiente di sicurezza risulta minore di 1,5 e quindi insufficiente.

Esercizio 5.2

Il componente rappresentato in figura è realizzato in acciaio ed è sottoposto ad una forza variabile tra +F e –F. Si determini il valore del coefficiente di sicurezza a fatica per il punto più sollecitato della sezione B-B, per una vita a termine di 10^5 cicli.



DATI:

ri = 50 mm=2h
re = 75 mm
h = 25 mm
b = 20 mm
F = 8 kN
σ_R **=** 640 MPa
S'_e = 320 MPa

Si assuma il materiale grezzo di fucinatura.

SOLUZIONE:

A partire dalla teoria delle travi curve, è possibile determinare la posizione del raggio neutro:

$$r_n = \frac{b\cdot h}{b\cdot\int_{2\cdot h}^{3\cdot h}\frac{dr}{r}} = \frac{h}{\ln\frac{3}{2}} = 2.466\cdot h = 61.65\text{ mm}$$

l'eccentricità vale quindi:

$$e = r_g - r_n = 2.5\cdot h - 2.466\cdot h =$$
$$= 0.034\cdot h = 0.85\text{ mm}$$

nota l'espressione per il calcolo delle tensioni:

$$\sigma = \frac{M\cdot y}{A\cdot e\cdot r},$$

è possibile determinare il valore della tensione in corrispondenza del raggio interno e del raggio esterno:

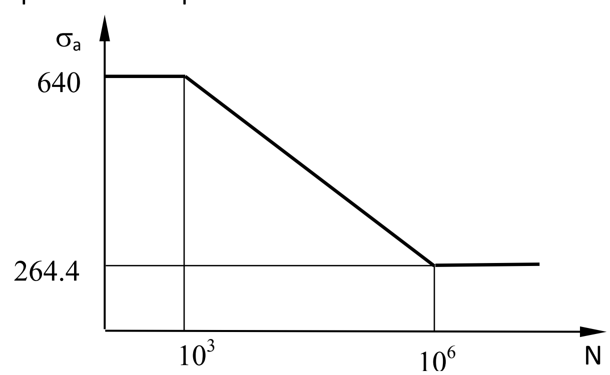
$$\sigma_i = \frac{F}{A} + \frac{M\cdot y_i}{A\cdot e\cdot r_i} = \frac{F}{b\cdot h} + \frac{F\cdot r_g\cdot(0.5\cdot h - e)}{b\cdot h\cdot e\cdot r_i}$$
$$= \frac{F}{b\cdot h} + \frac{F\cdot 2.5\cdot h\cdot(0.5\cdot h - 0.034\cdot h)}{b\cdot h\cdot 0.034\cdot h\cdot 2\cdot h} = 18.13\cdot\frac{F}{b\cdot h}$$
$$\sigma_e = \frac{F}{A} - \frac{M\cdot y_i}{A\cdot e\cdot r_i} = \frac{F}{b\cdot h} - \frac{F\cdot r_g\cdot(0.5\cdot h + e)}{b\cdot h\cdot e\cdot r_e}$$
$$= \frac{F}{b\cdot h} - \frac{F\cdot 2.5\cdot h\cdot(0.5\cdot h + 0.034\cdot h)}{b\cdot h\cdot 0.034\cdot h\cdot 3\cdot h} = -12.09\cdot\frac{F}{b\cdot h}$$

Introducendo i valori numerici nelle equazioni si ricava: $\sigma_i = 290.08\text{ MPa}, \quad \sigma_e = -193.41\text{ MPa}$

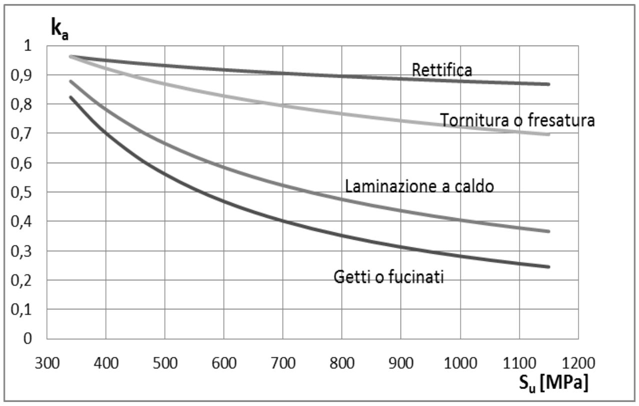
Appare evidente che, la fine della vita a fatica del componente, il punto più pericoloso risulta essere in corrispondenza del raggio interno.

Verifica a fatica:

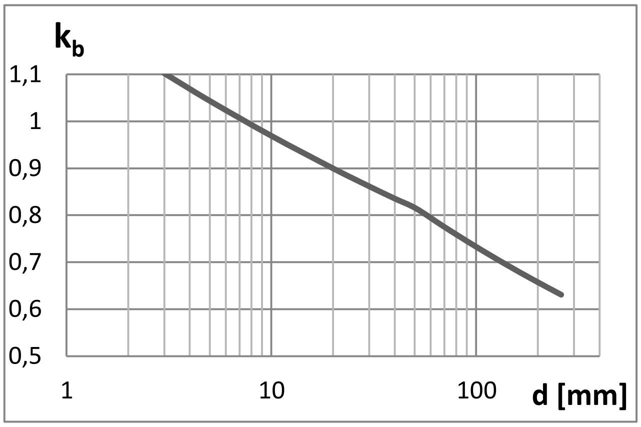
Nel caso in esame, il componente non presenta intagli ed è soggetto ad un ciclo alterno simmetrico (σ_m=0). Le uniche correzioni da introdurre sono relative all'effetto dimensionale e allo stato superficiale del pezzo.



Nel caso in esame, K_t=K_f=1, mentre K_a e K_b si devono calcolare dai relativi diagrammi.



$K_a = 0,45$



$K_b = 0.88$,

Il limite di fatica

$$S_{e,nom} = k_a \cdot k_b \cdot \frac{S'_e}{k_t} = 126.7\ \text{MPa}$$

La pendenza del diagramma di Wholer del componente vale:

$$b = -\frac{1}{3}\log\frac{0,9 \cdot S_{ut}}{S_e} = -0.219$$

Il valore dell'ampiezza di tensione a 10^5 cicli vale:

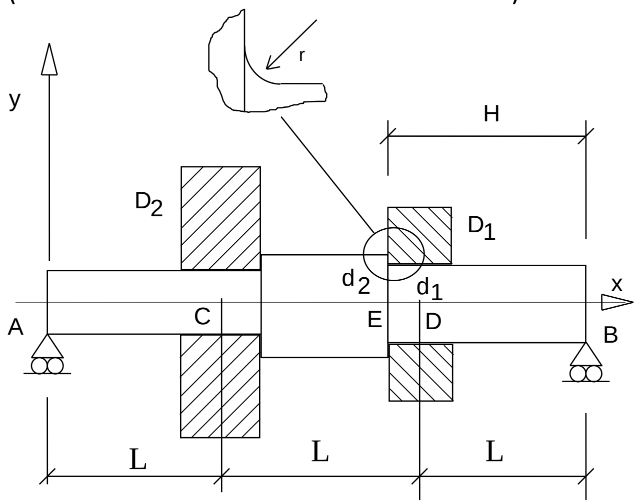
$$S_{f,10^5} = S_e\left(\frac{10^5}{10^6}\right)^b = 209,8\ \text{MPa}$$

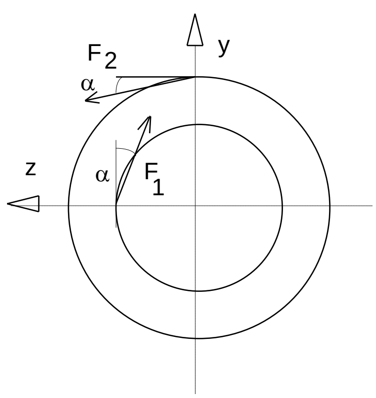
e quindi il valore del coefficiente di sicurezza:

$$\nu f = \frac{\sigma_{A(10^5)}}{\sigma_i} = \frac{209.9}{290.8} < 1$$

Esercizio 5.3

Sull'albero di figura sono calettate due ruote dentate di diametro primitivo D_1 e D_2 sulle quali agiscono le forze F_1 e F_2 rispettivamente (forze da considerare applicate all'albero). Si richiede di determinare il valore del diametro d_1 idoneo a garantire un coefficiente di sicurezza a fatica pari a ν_f nel punto E. (si trascuri l'effetto del momento torcente)





DATI:

$\sigma_r = S_{ut} = 700$ MPa

$\sigma_{p,0.2} = 620$ MPa

$F_1 = 1553$ N

$F_2 = 1200$ N

$D_1 = 85$ mm

$D_2 = 110$ mm

$d_1 / d_2 = 0.8$

$r / t = 0.5$

$L = 300$ mm

$H = 320$ mm

$\alpha = 20°$

$\nu_f = 2$

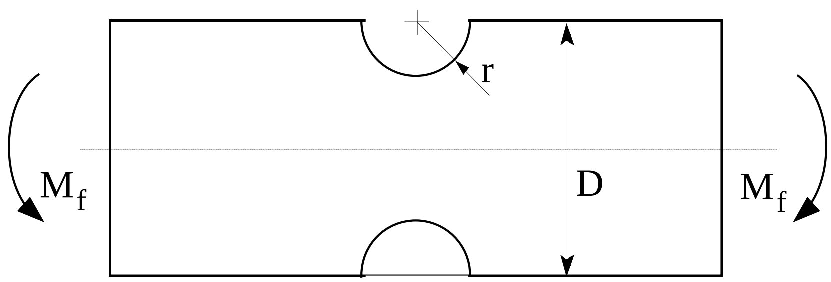
Si assuma: $k_a = k_b = 0,9$

SOLUZIONE

d1 = 34 mm

Esercizio 5.4

La piastra intagliata di figura, di spessore pari a 8 mm, è soggetta ad un momento flettente variabile tra +Mf e - Mf.
Si determini la larghezza D della piastra in modo da garantire:
- resistenza a vita infinita con un coefficiente di sicurezza ν pari a 2.
- resistenza a $5 \cdot 10^4$ cicli con un coefficiente di sicurezza ν pari a 2
Si determinino inoltre i valori dei coefficienti di sicurezza statici nei due casi.



DATI:

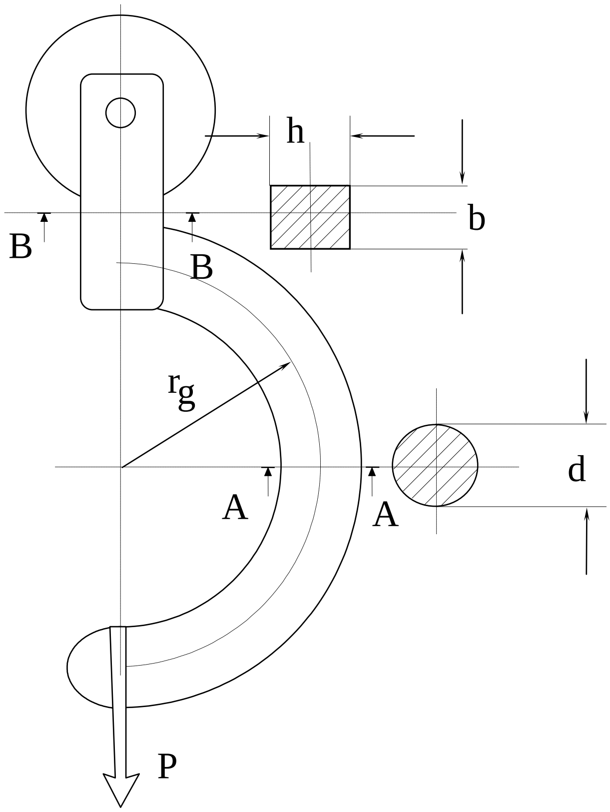
Acciaio bonificato
$\sigma_r = S_{ut} = 700$ MPa
r/D = 0,2
superfici intaglio rettificate;
pendenza della curva di Wohler k=6;
Mf = 50 kgm

SOLUZIONE:

D1 = ...
D2 = ...
νst,1 = ...
νst,2 = ...

Esercizio 5.5

Il gancio schematizzato in figura è realizzato in acciaio con forgiatura di precisione. Sapendo che il gancio alza per 25 volte al giorno un carico pari a P, si determini la durata in giorni del gancio. Si esegua inoltre la verifica statica della sezione B-B.



DATI:

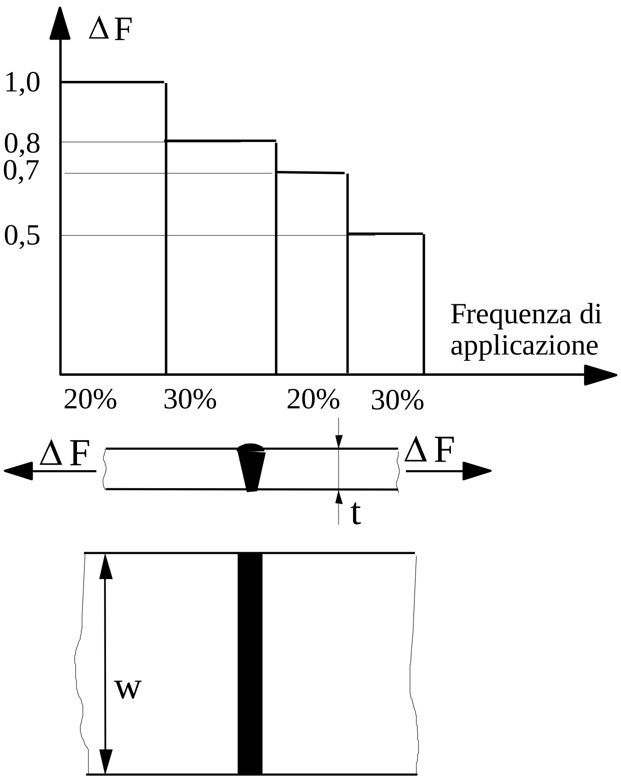
rg = 60 mm
h = 30 mm
b = 30 mm
d = 30 mm
Kl = 1.5
Kd = 1.17
P = 13 kN
σR = 580 MPa
σS = 450 MPa

SOLUZIONE:

N giorni = ...
νB = ...

Esercizio 5.6

Una piastra saldata è soggetta alla storia di carico riportata in figura. Si determini la larghezza della piastra w per garantire una vita di $3.5 \cdot 10^6$ cicli totali.
Il particolare strutturale ha una curva di resistenza con pendenza k=3 e resistenza S_e pari 40 MPa, presenta uno spessore t = 35 mm.
Il massimo del range ΔF applicato risulta pari a 700 kN.



SOLUZIONE:

La larghezza del giunto vale circa:

$$w = 300 \text{ mm}$$