

COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Esame del 20/07/2011

Esercizio

Un disco di materiale polimerico ($E=2.0\text{GPa}$, $\sigma_{am}=25\text{MPa}$, $\nu=0.35$, $\alpha=95\ \mu\text{E}/^\circ\text{C}$), avente spessore $h=8.0\text{mm}$ e foro con raggio nominale $a=12\text{mm}$, è forzato su un perno rigido come mostrato in figura 1. Per consentire l'accoppiamento, il disco deve essere riscaldato di almeno $\Delta T=68^\circ\text{C}$. A montaggio eseguito e alla temperatura ambiente:

- tracciare i diagrammi qualitativi quotati delle tensioni principali in funzione della distanza r dall'asse ζ
- verificare se il materiale del disco è in condizioni di ammissibilità
- determinare il massimo momento assiale M_ζ che può essere trasmesso dal collegamento se il coefficiente di attrito è $\mu=0.2$.

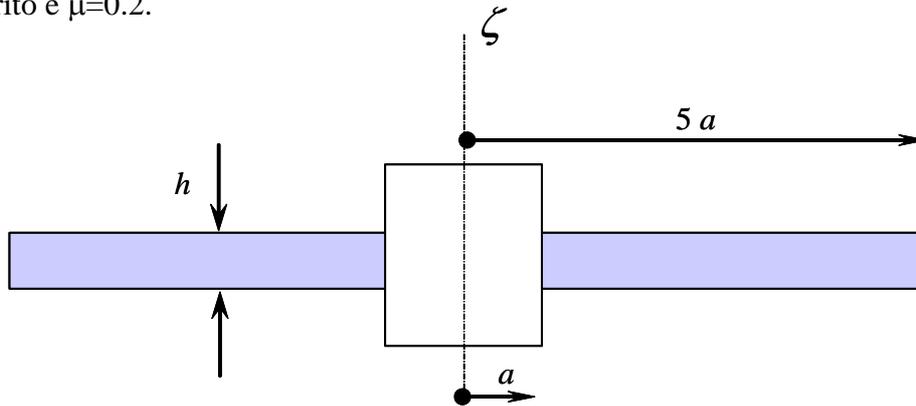


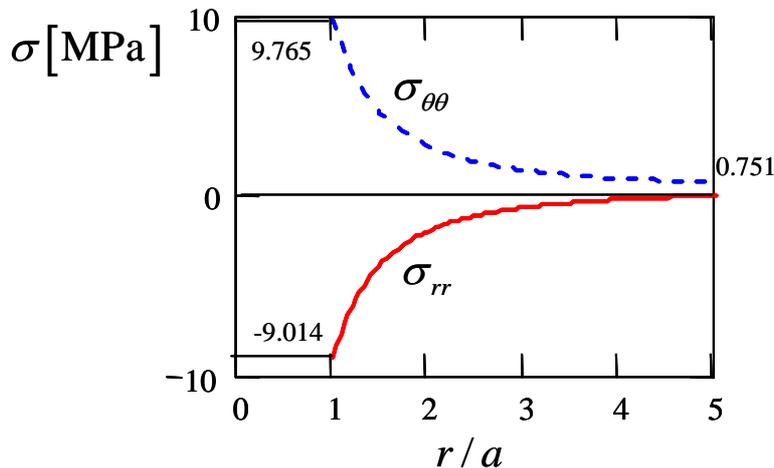
Figura 1

Risposta a)

L'interferenza radiale di montaggio vale: $i_r = \alpha a \Delta t = 0.078\text{mm}$

le C.C del problema di Lamè (con $u = c_1 r + \frac{c_2}{r}$) sono quindi:
$$\begin{cases} u(a) = i_r \\ \sigma_{rr}(5a) = 0 \end{cases}$$

da cui:



Risposta b)

Il punto critico è sul bordo interno per cui, secondo il criterio di Tresca:

$$\sigma_{eq,max} = \sigma_{\theta\theta}(a) - \sigma_{rr}(a) = 18.78\text{MPa}$$

e quindi il disco è verificato con:

$$\eta = 1.33$$

Risposta c)

La pressione di forzamento risulta: $p = -\sigma_{rr}(a) = 9.014\text{MPa}$, da cui:

$$M_\zeta = 2\pi a h a \mu p = 9.79\text{Nm}$$

ESERCIZIO 2

Il recipiente in pressione mostrato in Fig. 2.1, reca una saldatura longitudinale a piena penetrazione. Condurre la verifica della suddetta saldatura.

Dati:

$R_i = 1500 \text{ mm}$	raggio interno
$R_e = 1750 \text{ mm}$	raggio esterno
$P_0 = 12.5 \text{ MPa}$	pressione interna
$f_w = 0.75$	efficienza della saldatura
$\sigma_{amm} = 250 \text{ MPa}$	tensione ammissibile materiale

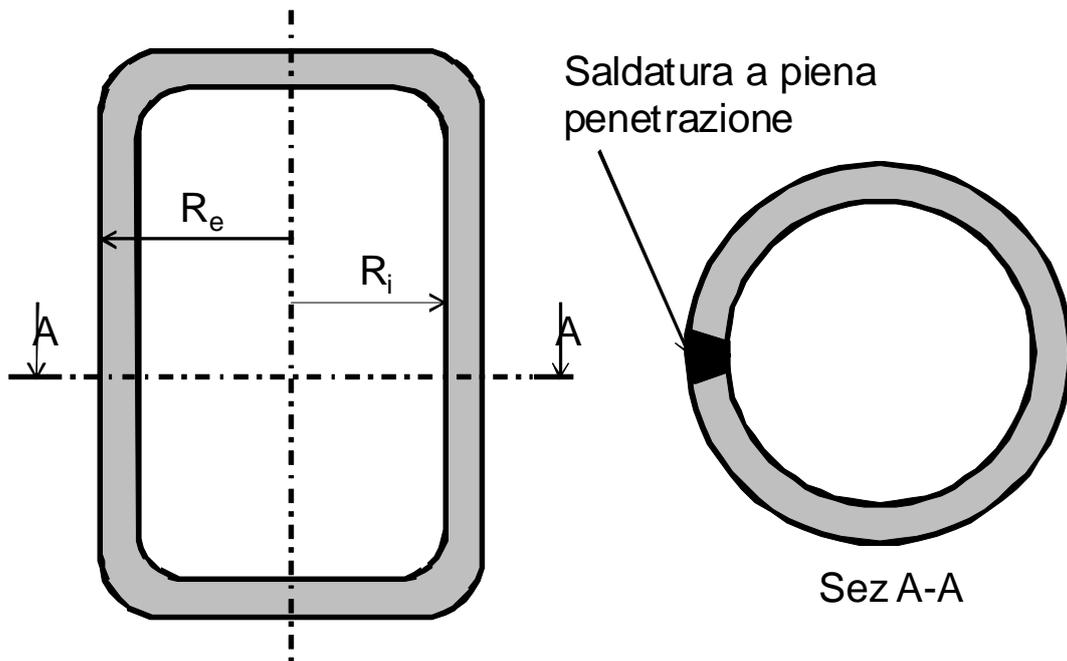


Fig. 2.1

$$R_i := 1500 \cdot \text{mm}$$

$$R_e := 1750 \cdot \text{mm}$$

$$p_0 := 12.5 \cdot \text{MPa}$$

$$f_w := 0.75$$

$$\sigma_{amm} := 250 \cdot \text{MPa}$$

Calcolo tensioni agenti

$$\sigma_z := p_0 \cdot \frac{R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} = 34.615 \cdot \text{MPa}$$

Assiale (parallela)

$$\sigma_{\theta\theta} := \frac{p_0 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} + \frac{R_e^2 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} \cdot \frac{p_0}{R_i^2} = 81.731 \cdot \text{MPa}$$

Circonfrenziale (ortogonale)

$$\sigma_{rr} := \frac{p_0 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} - \frac{R_e^2 \cdot R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} \cdot \frac{p_0}{R_i^2} = -12.5 \cdot \text{MPa}$$

Radiale (non considerata)

Verifica

$$\sigma_{id} := \sqrt{\sigma_{\theta\theta}^2 + \sigma_z^2 - \sigma_{\theta\theta} \cdot \sigma_z} = 71.056 \cdot \text{MPa} < \sigma_{ammW} := f_W \cdot \sigma_{amm} = 187.5 \cdot \text{MPa}$$

ESERCIZIO 3

La paletta per turbina schematicamente illustrata in Fig. 3.1 è montata, tramite un codolo cilindrico, su di un disco pale che ruota alla velocità Ω attorno al proprio asse.

La paletta opera in condizioni di funzionamento continuo alla temperatura di 800°C , nelle quali è richiesta, prima della sostituzione, una durata di $2 \cdot 10^4$ ore. Al termine della vita operativa, lo spostamento radiale della sezione di estremità non deve superare 0.5 mm.

Si chiede di verificare la paletta a creep, ipotizzando che quest'ultimo abbia luogo nel solo codolo circolare che collega la paletta al disco pale.

Dati:

- $L = 60$ mm, $b = 30$ mm, $h = 5$ mm (dimensioni paletta)
- $\Phi = 10$ mm, $H = 30$ mm (dimensioni codolo)
- $\Omega = 300$ s⁻¹, $R = 500$ mm (dati disco pale)
- $\rho = 8400$ kg/m³
- $\frac{d\varepsilon}{dt} = 5.078 \cdot 10^{-18} \cdot \sigma^{4.08}$ velocità di creep secondario (legge di Norton) del materiale (tensioni in MPa, risultato in 1/s)
- $T_R = \left(\frac{370}{\sigma}\right)^9$ tempo a rottura per creep del materiale della tubazione a 550°C (tensioni in MPa, risultato in ore)

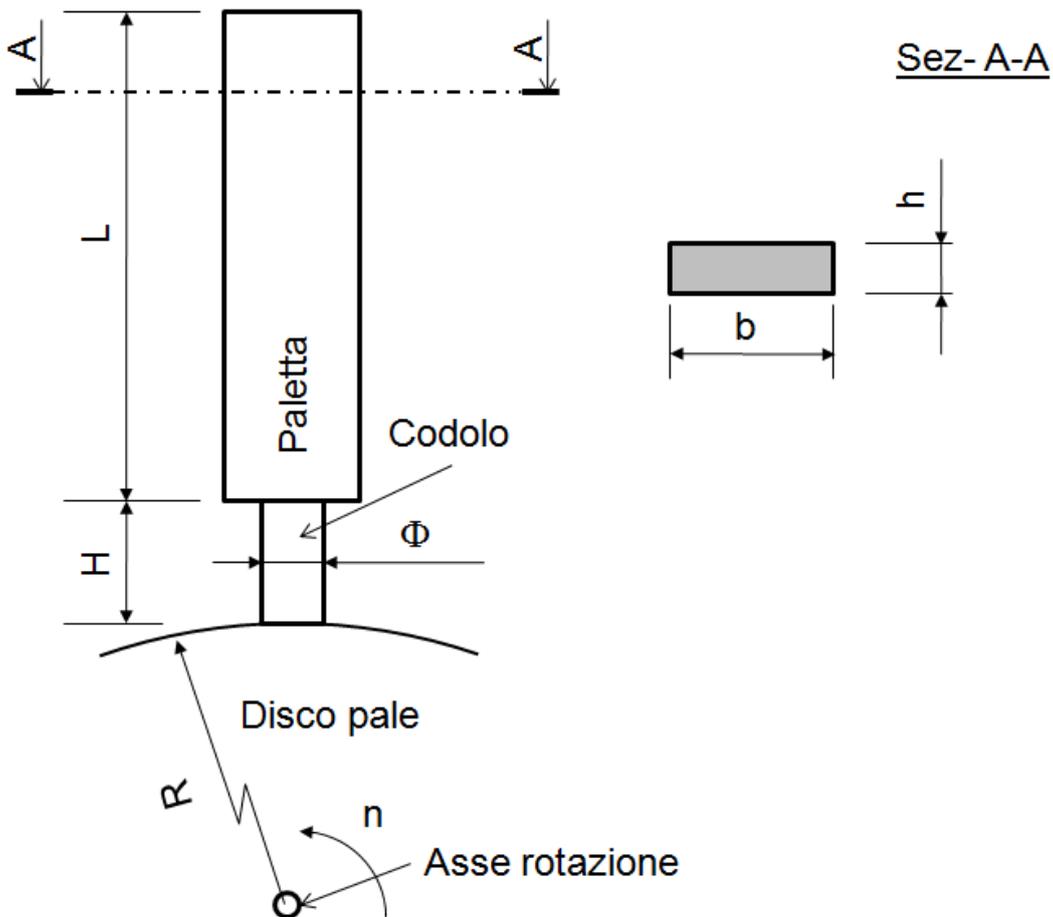


Fig. 3.1

$$\begin{aligned}
R_0 &:= 500 \cdot \text{mm} & n &:= 3000 \cdot \frac{1}{\text{min}} & E_y &:= 220000 \cdot \text{MPa} \\
\Phi_0 &:= 10 \cdot \text{mm} & T_0 &:= 800 \cdot ^\circ & \sigma_s &:= 350 \cdot \text{MPa} \\
L_p &:= 60 \cdot \text{mm} & H_p &:= 30 \cdot \text{mm} & \rho &:= 8400 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
b &:= 30 \cdot \text{mm} & h &:= 5 \cdot \text{mm} & B &:= 5.078 \cdot 10^{-18} \cdot \frac{1}{\text{s}} \\
\Omega_0 &:= 300 \cdot \frac{1}{\text{s}} & & & m_0 &:= 4.08
\end{aligned}$$

Forza centrifuga

$$F_c := \rho \cdot b \cdot h \cdot L_p \cdot \Omega_0^2 \cdot \left(\frac{L_p}{2} + R_0 + H_p \right) = 3.81 \times 10^3 \text{ N}$$

Tensione sul codolo

$$\sigma_0 := \frac{F_c}{\left(\frac{\pi \cdot \Phi_0^2}{4} \right)} = 48.513 \cdot \text{MPa}$$

Verifica allungamento

$$\Delta L := B \cdot \left(\frac{\sigma_0}{\text{MPa}} \right)^{m_0} \cdot H_p \cdot 20000 \cdot \text{hr} = 0.083 \cdot \text{mm} < 0.5 \cdot \text{mm}$$

Verifica rottura

$$2 \cdot 10^4 \cdot \text{hr} < T_R := \left(\frac{370}{\frac{\sigma_0}{\text{MPa}}} \right)^9 \cdot \text{hr} = 8.731 \times 10^7 \cdot \text{hr}$$