ESAME 21/07/2017

BILANCIO DI MASSA

① $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 150\ kg/s$

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 = \dot{m}_2$$

$$v_1 = \frac{\dot{m}}{\rho_1 A_1} = \frac{\dot{m}}{\rho \frac{\pi D_1^2}{4}} = 0{,}53\ m/s \quad \text{(VELOCITÀ NEL PRIMO TRATTO)}$$

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = \frac{\dot{m}}{\rho} = \dot{V} = 0{,}167\ \frac{m^3}{s} \quad \text{(REGIME STAZIONARIO E FLUIDO INCOMPRIMIBILE)}$$

$$\dot{V}\left[\frac{m^3}{h}\right] = \dot{V}\left[\frac{m^3}{s}\right] \cdot \frac{3600\ s}{h} = 600\ \frac{m^3}{h}$$

$$v_2 = \frac{\dot{m}}{\rho \frac{\pi D_2^2}{4}} = 2{,}358\ m/s$$

→ CALCOLO ~~COEFF.~~ ATTRITO

TUBO 1

$$\frac{\varepsilon_1}{D_1} = 1{,}67 \cdot 10^{-4} \qquad Re_1 = \frac{\rho v_1 D_1}{\mu} = 3{,}54 \cdot 10^5 \qquad f_1\left(Re_1, \frac{\varepsilon_1}{D_1}\right) = 0{,}0155$$

μ: VISCOSITÀ DINAMICA

TUBO 2

$$\frac{\varepsilon_2}{D_2} = 3{,}33 \cdot 10^{-4} \qquad Re_2 = 7{,}07 \cdot 10^5 \qquad f_2\left(Re_2, \frac{\varepsilon_2}{D_2}\right) = 0{,}0162$$

→ CALCOLO PRESSIONE 2

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + g z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + g z_2 + \Delta P \qquad \underline{z_2 = z_1}$$

$$P_2 = P_1 + \left(\frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2}\right)\rho - \Delta P$$

$$\Delta P = \Delta P_{1,D} - \Delta P_{2,D} - \Delta P_C$$

$$\Delta P_{1,D} = f_1 \frac{L_1}{D_1} \rho \frac{v_1^2}{2} = 464,52 \text{ Pa} \rightarrow \text{PERDITE CARICO DISTRIBUITE}$$

$$\Delta P_{2,D} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \rho \frac{v_2^2}{2} = 17474,5 \text{ Pa} \rightarrow \text{PERDITE CARICO DISTRIBUITE}$$

$$\Delta P_C = K_C \frac{v_2^2}{2} \rho = 1250,88 \text{ Pa} \rightarrow \text{PERDITE A CARICO CONCENTRATE}$$

$$P_2 = 9,78 \text{ bar}$$

→ CALCOLO SPINTA DEL FLUIDO SULLA PARETE

$$\boxed{-\vec{R}} = \vec{G} - \vec{\Pi}_1 - \vec{\Pi}_2 + \vec{M}_1 - \vec{M}_2$$

↳ FORZA DEL FLUIDO SULLA PARETE

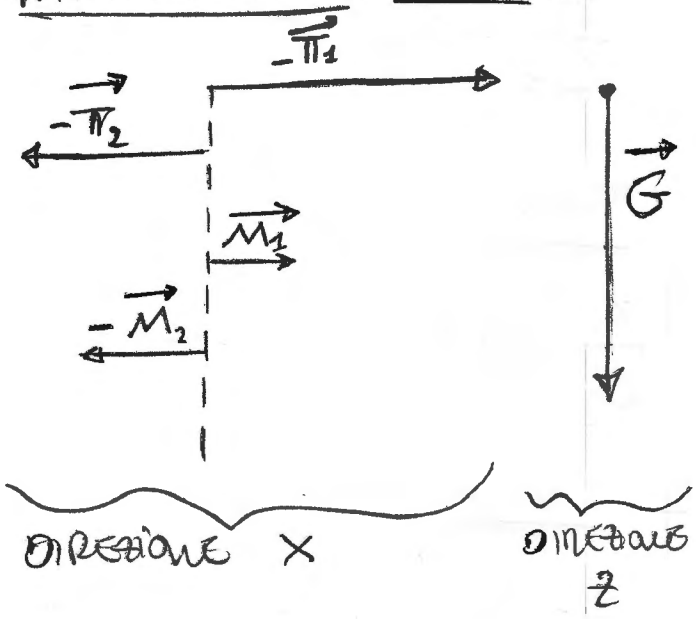
$$\text{Volume Fluido} = \left[\frac{\pi D_1^2}{4} L_1 + \frac{\pi D_2^2}{4} L_2 \right] = 41,70 \text{ m}^3$$

$$S_z = -(\text{Volume Fluido}) \rho g = -3,68 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$S_y = 0 \text{ N}$$

$$S_x = 2,13 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

* RAPPRESENTAZIONE FORZE *



$|\Pi_1| = 2,83 \cdot 10^5 \text{ N}$
$|\Pi_2| = 6,88 \cdot 10^4 \text{ N}$
$|M_1| = 88,42 \text{ N}$
$|M_2| = 353,68 \text{ N}$

② $\dot{Q}_{GEN} = q_{GEN}\left[\frac{W}{m^3}\right] \cdot (l^2 \cdot h) = 300W$

(l: 0,5 m, h: 0,2 m)

$\dot{q} = \frac{\dot{Q}_{GEN}}{l^2} = 1200 W/m^2$ Flusso Termico Ambiente

Coeff. Scambio Termico Convettivo

$\dot{q} = h(T_1 - T_\infty) \Rightarrow h = \frac{\dot{q}}{T_1 - T_\infty} = 923 \frac{W}{m^2 K}$

(T_1: 145°C, T_∞: 15°C)

Per Calcolare la Velocità dello Convezione la Correlazione

$Re = \frac{\rho v_\infty l}{\mu}$ $Pr = \frac{c_p \mu}{k} = 0,717$ $Nu = \frac{hl}{k}$

$$\frac{hl}{k} = \left(0,037\left(\frac{\rho v_\infty l}{\mu}\right)^{0,8} - 871\right) Pr^{1/3}$$

$$\left[\frac{\left(\frac{hl}{k}\cdot\frac{1}{Pr^{1/3}} + 871\right)}{0,037}\right]^{10/8} = \frac{\rho v_\infty l}{\mu}$$

$$v_\infty = \left[\frac{\left(\frac{hl}{k}\frac{1}{Pr^{1/3}} + 871\right)}{0,037}\right]^{\frac{10}{8}} \frac{\mu}{\rho l} = 15,8 \text{ m/s}$$

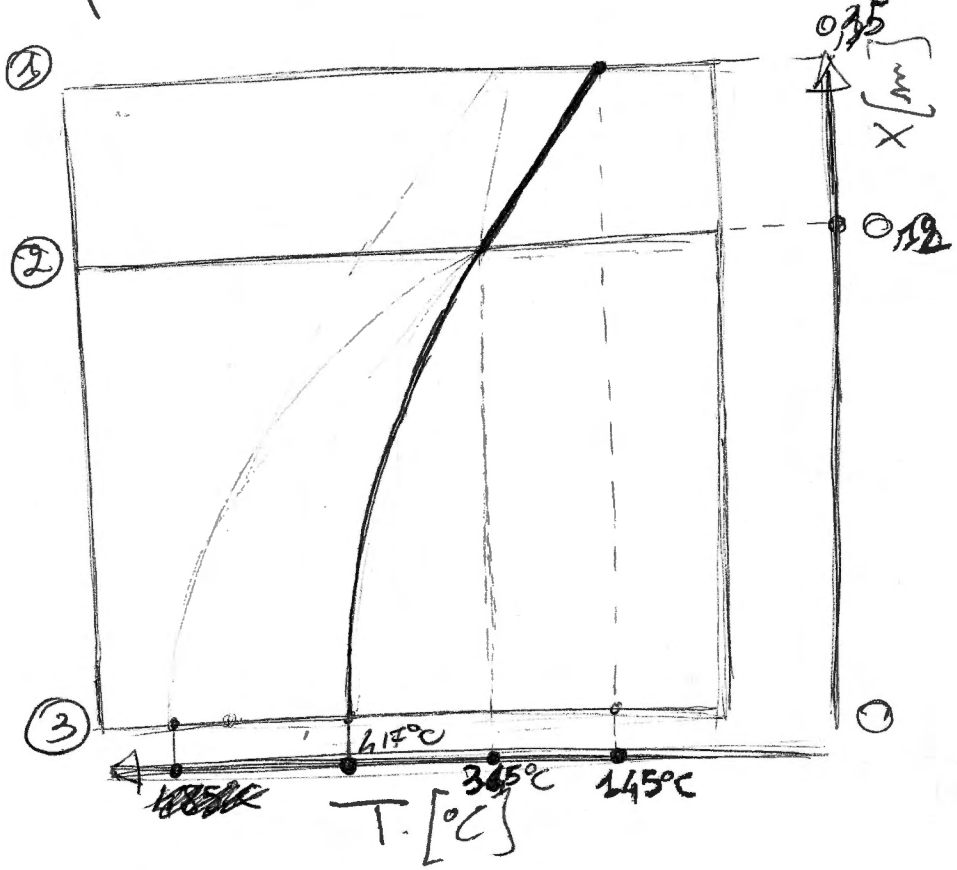
Resistenza Termica Strato 1-2

$$R_{12} = \frac{s_{12}}{k_{12}} = 0,167 \frac{m^2K}{W} \quad \Delta T_{12} = R_{12}\, q = 200°C$$

$$T_2 = T_1 + \Delta T_{12} = 345°C$$

Profilo di Temperatura nei 2 Strati

- Strato 1 → 2 (Lineare)
- Strato 2 → 3 (Parabolico con massimo sulla superficie 3)



Espressione Analitica Profilo di T

Strato 1-2 ($q_{GEN} = 0$) $\quad \frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad T(x) = C_1 x + C_2$

- Segmento rettilineo che congiunge i 2 punti (145°C, 0,31m) e (°C; 0,3 m)

LE COSTANTI DI INTEGRAZIONE SI RICAVANO:

$$T(0{,}33\,m) = 145°C = 0{,}33\,C_1 + C_2$$

$$T(0{,}12\,m) = 165°C = 0{,}12\,C_1 + C_2$$

STRATO 2 – 3 (GENERAZIONE DI POTENZA)

$$\frac{d^2T}{dx^2} = -\frac{\dot{q}_{GEN}}{k}$$

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{q_{GEN}}{k}\,x + C_3$$

$$T(x) = -\frac{q_{GEN}}{2k}\,x^2 + C_3 x + C_4$$

PER RICAVARE LE COSTANTI DI INTEGRAZIONE

$$\left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=0} = 0 = C_3$$ (PARETE ADIABATICA)

$$T(0{,}12) = -\frac{q_{GEN}}{2k}(0{,}12)^2 + C_4 = T_2 \Longrightarrow C_4 = \text{~~488 °C~~}$$

417 °C

~~349,8 °C~~

↓

TEMPERATURA MASSIMA $T(0) =$ ~~488 °C 349,8 °C~~ 417 °C

③ $P_1 = P_2 = 100$ bar $\quad P_5 = P_4 = 0{,}1$ bar $\quad P_7 = P_6 = 10$ bar

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_7 = 20$ kg/s

PUNTO 2 (noto T_2, P_2) $\longrightarrow$ $h_2 = 3392{,}7$ kJ/kg ($x \rightarrow$ vapore surriscaldato)

PUNTO 3 (noto P_3, h_3) $\longrightarrow$ $T_3 = 209{,}06$ °C ($x \rightarrow$ vapore sat.)

PUNTO 4 (noto P_4, h_4) $\longrightarrow$ $T_4 = 45{,}8$ °C ($x \rightarrow 0{,}923$)

PUNTO 5 (liquido saturo, $P_5 = 0{,}1$ bar) $\rightarrow$ $T_5 = T_4$ ($x = 0$)

PUNTO 6 (P_6, T_6) $\longrightarrow$ $h_6 = (\text{dato}) = 193$ kJ/kg (liq. sottoraffreddato)

PUNTO 7 (liquido saturo, $P_7 = 10$ bar) $\rightarrow$ $T_7 = 179{,}9$ °C $h_7 = 762{,}68$ °C

PUNTO 1 (trasformazione isoentropica nella pompa)

$\Delta h_{7\to1} = v_{liq}(P_1 - P_7) =$

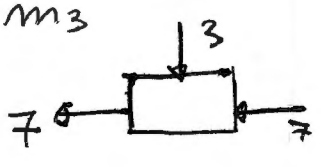
$h_1 = h_7 + \Delta h_{7\to1} =$

→ Fornita direttamente in tabella (difficile da leggere sul diagramma)

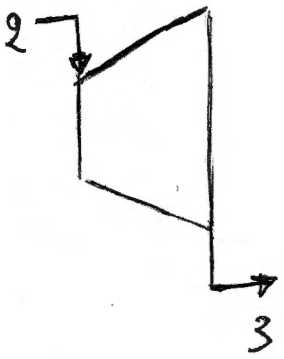
- CALCOLARE PORTATA MASSICA SPILLAMENTO

$$\begin{cases} \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_7 h_7 \\ \dot{m}_7 = \dot{m}_6 + \dot{m}_3 \end{cases} \longrightarrow \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_6 h_7 + \dot{m}_3 h_7$$

$$\dot{m}_3 = \frac{\dot{m}_6 h_7 - \dot{m}_6 h_6}{h_3 - h_7} = 3{,}998 \text{ kg/s}$$



RENDIMENTO ISOENTROPICO TRATTO DI ESPANSIONE 2→3



$$\eta_{IS} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3,IS}} = 0,9065$$

ESPANSIONE ISOENTROPICA $s_2 = s_{3,IS}$

$$\dot{W}_{TURB} = \left[\dot{m}_2 (h_2 - h_3) + (\dot{m}_2 - \dot{m}_3)(h_3 - h_4) \right] \eta_{ORG-EL} = 17,69 MW$$

SPILLAMENTO

$$\dot{W}_{POMPE} = \left[\dot{m}_5 (h_6 - h_5) + \dot{m}_7 (h_1 - h_7) \right] / \eta_{ORG-EL-POMPA} = 284,13 kW$$

$$\dot{W}_{NETTA} = \dot{W}_{TURB} - \dot{W}_{POMPE} = 17409 kW$$

$$\dot{Q}_{ENTRANTE\ CICLO} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) = 52348 kW$$

$$\eta_{NETTO} = \frac{\dot{W}_{NETTA}}{\left[\dot{Q}_{ENTRANTE\ CICLO} / \eta_{CALDAIA} \right]} = 0,3259$$