

Approfondimenti:

PROBLEMATICHE TECNICHE di FISICA APPLICATA

CASO A):

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi

CASO B):

misurazione dell'energia termica e dimensionamento preliminare delle sottocentrali

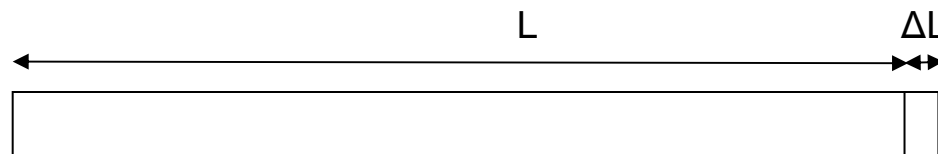
CASO C):

isolamento termico dei tubi, perdita di energia nel trasporto e rendimento del sistema

CASO A)

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi.

RICHIAMI DI FISICA



coefficiente di dilatazione lineare $\lambda = \frac{\Delta L}{L \cdot \Delta T} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$$\lambda_{\text{acc}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta L_{\text{impedito}} = 0,8 \cdot \Delta L_{\text{libero}}$$

CASO A)

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi.

esercizio:

Determinare l'allungamento reale (impedito) di un tratto di doppia tubazione del teleriscaldamento di $L = 100$ m, considerando che le tubazioni sono state posate a 20 °C e che nella tubazione di mandata scorre acqua a 90 °C, mentre in quella di ritorno scorre acqua a 65 °C.

CASO A)

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi.

SOLUZIONE

pag.1/2

Tubo mandata:

$$\Delta L_{\text{impedito}} = 0,8 \cdot \Delta L_{\text{libero}}$$

$$\Delta L_{\text{libero}} = \lambda_{\text{acc}} \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\lambda_{\text{acc}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$\Delta T = 90 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta L_{\text{libero}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100\text{m} \cdot 70^\circ\text{C} = 84 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta L_{\text{impedito}} = 0,8 \cdot 84 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 67,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

CASO A)

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi.

SOLUZIONE

pag.2/2

Tubo ritorno:

$$\Delta L_{\text{limpedito}} = 0,8 \cdot \Delta L_{\text{libero}}$$

$$\Delta L_{\text{libero}} = \lambda_{\text{acc}} \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\lambda_{\text{acc}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$\Delta T = 65 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta L_{\text{libero}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100 \text{ m} \cdot 45 \text{ } ^\circ\text{C} = 54 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta L_{\text{limpedito}} = 0,8 \cdot 54 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 43,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

CASO A)

dilatazione termica dei tubi in acciaio e compensazione degli sforzi.

NOTE:

1. per assorbire le dilatazioni termiche, dopo averle calcolate, si utilizzano pannelli elastici detti “materassini”;
2. poiché l’attrito del terreno limita la dilatazione libera, la tubazione sarà sollecitata con sforzi sempre maggiori all’aumentare della dilatazione libera stessa, cioè all’aumentare della lunghezza del tubo o della variazione di temperatura. Poiché lo sforzo non può superare valori sopportabili dall’acciaio utilizzato, ne consegue che il tratto di lunghezza lineare del tubo non può superare valori ben calcolabili. Per questo si utilizzano tipologie di posa dette “Zeta” o “Omega”.



CASO B)

misurazione dell'energia termica e dimensionamento preliminare delle sottocentrali

RICHIAMI DI FISICA

Quantità di Calore $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ *kCal è Energia*

dove

$$c = \text{calore specifico} \left(\frac{\text{kCal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \quad c_{\text{acqua}} = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$m = \text{massa}(\text{kg})$

$\Delta T = \text{variazione di temperatura } (^\circ\text{C})$

Equivalente meccanico della kCal : 1kCal = 4186 J

L'energia è la somma integrale della potenza per il tempo

Nel caso di potenza costante, $E = P \cdot t$ ovvero $P = \frac{E}{t}$

$$P = \frac{4186 \cdot c \cdot m \cdot \Delta T}{t} \quad \text{e si misura in W}$$

definendo la portata in massa $q = \frac{m}{t}$, si ottiene $P = 4186 \cdot c \cdot q \cdot \Delta T$

nel caso dell'acqua si può ritenere $q = q_{\text{massa}} = q_{\text{volume}} \left(\frac{l}{s} \right)$

CASO B)

misurazione dell'energia termica e dimensionamento preliminare delle sottocentrali

esercizio:

Sapendo che nel teleriscaldamento di Riva l'acqua di mandata è a 90 °C e quella di ritorno è a 65 °C, calcolare la portata di acqua necessaria in una sottocentrale da 100 kW e descrivere le apparecchiature necessarie e sufficienti per misurare l'energia fornita.

CASO B)

misurazione dell'energia termica e dimensionamento preliminare delle sottocentrali

SOLUZIONE

pag. 1/2

$$P = 4186 \cdot c \cdot q \cdot \Delta T$$

$$q = \frac{P}{4186 \cdot c \cdot \Delta T}$$

$$c = 1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = 90^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{quindi, } q = \frac{100 \text{ kW}}{4186 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kCal}} \cdot 1 \cdot \frac{\text{kCal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 25^\circ\text{C}} = 0,95 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,95 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

CASO B)

misurazione dell'energia termica e dimensionamento preliminare delle sottocentrali

SOLUZIONE

pag.2/2

$$\textit{poich\`e } E = P \cdot \Delta t = 4186 \cdot q \cdot \Delta T \cdot \Delta t$$

sono necessari e sufficienti 4 dispositivi:

- termometro misuratore della temperatura in ingresso
- termometro misuratore della temperature in uscita
- misuratore di portata
- dispositivo calcolatore ed integratore con orologio

CASO C)

isolamento termico dei tubi e perdita di energia nel trasporto

RICHIAMI DI FISICA

coefficiente di conducibilità termica $k = \frac{P \cdot d}{S \cdot \Delta T} \quad \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

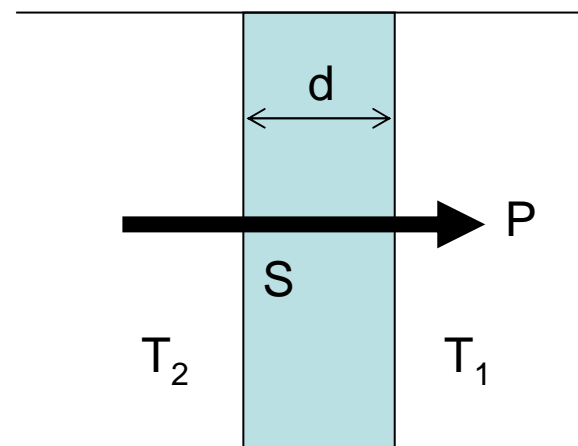
dove

$P =$ *potenza trasferita (W)*

$d =$ *spessore dell'isolante (m)*

$S =$ *superficie di trasferimento (m^2)*

$\Delta T = T_2 - T_1$ *differenza di temperatura ($^\circ C$)*



$$k_{\text{schiuma poliuretanic}} = 0,027 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

CASO C)

isolamento termico dei tubi e perdita di energia nel trasporto

esercizio:

Si semplifichino le condizioni reali supponendo la temperatura del terreno costante a 15 °C, le temperature dell'acqua nei due tubi del teleriscaldamento rispettivamente a 90 °C e a 65 °C, il diametro delle tubazioni di 200 mm, lo spessore dell'isolamento in schiuma poliuretana di 42 mm, e si stimi in prima approssimazione la potenza persa su 100 metri di doppia tubazione.

CASO C)

isolamento termico dei tubi e perdita di energia nel trasporto

SOLUZIONE

$$P = \frac{k \cdot S \cdot \Delta T}{d} \quad W$$

$$k = 0,027 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

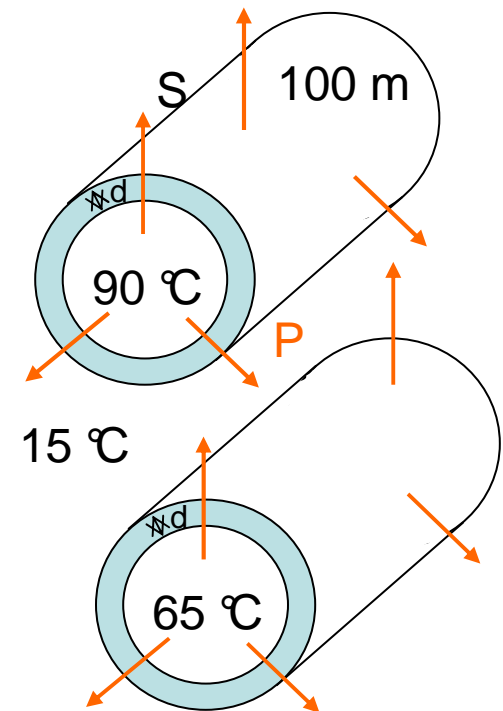
$$\text{per ogni tubo } S = \pi \cdot 0,2 \cdot 100 \text{ m}^2 = 62,8 \text{ m}^2$$

$$d = 0,042 \text{ m}$$

$$\text{nel tubo di mandata } \Delta T = 90^\circ C - 15^\circ C = 75^\circ C$$

$$\text{nel tubo di ritorno } \Delta T = 65^\circ C - 15^\circ C = 50^\circ C$$

$$P = \frac{0,027 \cdot 62,8 \cdot 75}{0,042} W + \frac{0,027 \cdot 62,8 \cdot 50}{0,042} W = 3028 W + 2018 W = 5046 W$$



CASO C)

isolamento termico dei tubi e perdita di energia nel trasporto

NOTE:

Diamo un'idea delle grandezze in gioco:

- Supponiamo che tale tratto di tubazione serva utenti per una potenza installata di 400 kW.
- Questo potrebbe corrispondere ad un'energia annua di
500.000 kWh
- La perdita in termini di energia annua sarebbe di
 $5,046 \text{ kW} * 8.760 \text{ h} = 44.203 \text{ kWh}$
- Il rendimento del tratto di linea sarebbe di
 $1 - 44.203/700.000 = 0,91$

cioè $\eta = 91 \%$