

14.6. Na rurociąg parowy o średnicy zewnętrznej $D = 150$ mm należy nałożyć dwie warstwy izolacji o grubości $\delta = 30$ mm każda. Jedna warstwa ma być wykonana z materiału o współczynniku przewodności cieplnej $\lambda_a = 0,03$ W/(m K), a druga z materiału o współczynniku przewodności cieplnej $\lambda_b = 0,06$ W/(m K). W rozważanym przypadku względy konstrukcyjne zezwalają na położenie izolacji w dowolnej kolejności. Sprawdzić, czy kolejność położenia warstw izolacji ma wpływ na wielkość strat ciepła na rzecz otoczenia.

Strumień ciepła przewodzonego przez wielowarstwową ściankę cylindryczną można obliczyć ze wzoru

$$\dot{Q} = \frac{2\pi\lambda_z l}{\ln \frac{D_z}{D_w}} (t_{w1} - t_{w2}) \quad (1)$$

gdzie λ_z jest zastępczym współczynnikiem przewodności cieplnej, l długością cylindra (rury), D_z , D_w są odpowiednio zewnętrzną i wewnętrzną średnicą cylindra, t_{w1} i t_{w2} są temperaturami odpowiednio na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni ścianki cylindrycznej. Z równania (1) wynika, że im mniejsza jest wartość λ_z , przy innych parametrach nie zmienionych, tym mniejszy jest strumień ciepła \dot{Q} . Zastępczy współczynnik przewodności cieplnej dla ścianki cylindrycznej dwuwarstwowej można obliczyć z równania

$$\lambda_z = \frac{\ln \frac{D_z}{D_w}}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{D_s}{D_w} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{D_z}{D_s}} \quad (2)$$

gdzie λ_1 i λ_2 są współczynnikami przewodności cieplnej poszczególnych warstw izolacji, D_s jest średnicą zewnętrzną pierwszej warstwy. Zgodnie z warunkami zadania

$$D_w = D = 150 \text{ mm}$$

$$D_s = D_w + 2\delta = 150 + 2 \cdot 30 = 210 \text{ mm}$$

$$D_z = D_s + 2\delta = 210 + 2 \cdot 30 = 270 \text{ mm}$$

Najpierw założymy, że

$$\lambda_1 = \lambda_a = 0,03 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\lambda_2 = \lambda_b = 0,06 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Stąd zgodnie z (2)

$$\lambda_{z1} = \frac{\ln \frac{270}{150}}{\frac{1}{0,03} \ln \frac{210}{150} + \frac{1}{0,06} \ln \frac{270}{210}} = 0,03816 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Następnie założymy, że

$$\lambda_1 = \lambda_b$$

$$\lambda_2 = \lambda_a$$

Stąd

$$\lambda_{z2} = \frac{\ln \frac{270}{150}}{\frac{1}{0,06} \ln \frac{210}{150} + \frac{1}{0,03} \ln \frac{270}{210}} = 0,04203 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$\lambda_{z1} < \lambda_{z2}$$

W przypadku ścianki cylindrycznej kolejność położenia warstw izolacji ma wpływ na wielkość strat ciepła na rzecz otoczenia. Najpierw należy położyć warstwę materiału o niższym współczynniku przewodności cieplnej.