

**Katedra Silników Spalinowych
i Pojazdów ATH
ZAKŁAD TERMODYNAMIKI**

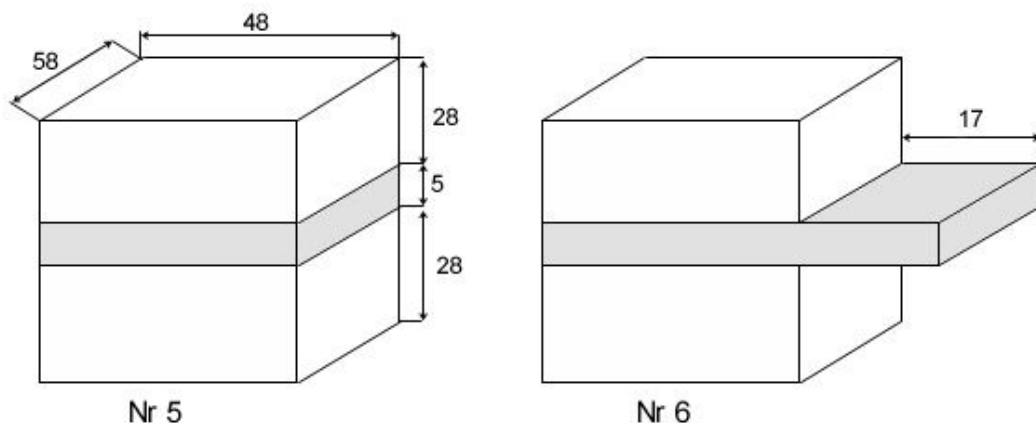
Wymiana ciepła przez żebra

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest badanie wpływu zastosowania żeber na intensywność wymiany ciepła. Badanie przeprowadza się na stanowisku z żebrzem wykonanym z betonu imitującym mostek cieplny umieszczony między izolatorami.

Opis stanowiska pomiarowego

Stanowisko składa się z dwóch styropianowych domków – jeden posiada mostek cieplny w postaci płyty betonowej umieszczonej w połowie wysokości domku, i wielkości podstawy domku, natomiast płyta betonowa w drugim domku jest z jednej strony przedłużona w postaci żebra (Rys.1)



Rys. 1 Wymiary domków użytych w ćwiczeniu

W obu domkach w dolnej i górnej części umieszczono źródła ciepła w postaci żarówek których moc dobrano tak by temperatura w obu częściach była taka sama. Temperaturę w komorach mierzymy za pomocą termopar.

Przebieg ćwiczenia

Aby możliwe było poprawne przeprowadzenie pomiarów stanowisko musi być włączone co najmniej 24 godz. przed zajęciami, aby ustaliło się pole temperatur oraz strumień ciepła przenikający z domku do otoczenia. W czasie ćwiczenia odczytujemy napięcia na termoparach i w oparciu o ich charakterystyki wyznaczamy temperatury wewnątrz komór oraz w pomieszczeniu.

Strumienie ciepła obliczamy dla ścianek styropianowych oraz dla przegrody betonowej:

Dla ścianki styropianowej współczynnik przenikania ciepła jest równy odwrotności sumy oporów cieplnych wnikania oraz przewodzenia i wynosi:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

gdzie:

- $\alpha_1 = \alpha_2$ współczynniki wnikania ciepła
przyjmujemy 10 W/m²K
- δ_s grubość ścianki styropianowej
80 mm
- λ_s współczynnik przewodzenia ciepła dla styropianu
0,04 W/mK

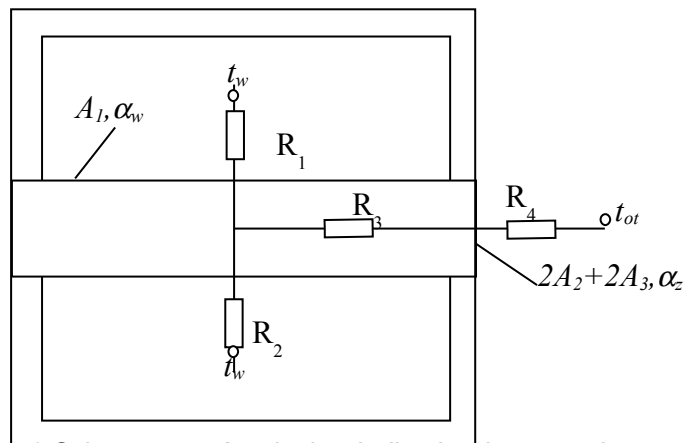
Strumień ciepła obliczamy:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t$$

gdzie:

- A powierzchnia sumaryczna ścian styropianowych (w przybliżeniu średnia arytmetyczna powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej ścianek)
- Δt różnica temperatur wewnątrz komory i otoczenia

W przypadku elementów betonowych strumień ciepła obliczamy wyznaczając współczynnik przenikania ciepła jako sumę odwrotności wszystkich oporów cieplnych. (Rys. 2)



Rys. 2 Schemat oporów cieplnych dla płyty betonowej

Opory R_1 oraz R_2 są oporami wnikania ciepła połączonymi równolegle, opór R_3 jest oporem przewodzenia w betonie, natomiast opór R_4 w przypadku domku nr 5 jest oporem wnikania z czterech powierzchni bocznych płyty betonowej czyli jest równy czterem oporom połączonym równolegle:

$$R_4 = \frac{1}{(2 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3) \cdot \alpha_z}$$

a w przypadku domku nr 6 oporem wnikania z 3 boków płyty betonowej oraz oporem przenikania przez żebro także połączonych równoległe:

$$R_4 = \frac{1}{(2 \cdot A_3 + A_2) \cdot \alpha_z + A_z \cdot \alpha_z \cdot \eta_z}$$

Opory wnikania wyznaczamy jako odwrotności iloczynów współczynników wnikania ciepła i odpowiednich powierzchni natomiast opór przewodzenia wyznaczamy wykorzystując współczynnik kształtu s zdefiniowany jako stosunek grubości zastępczej δ_z do średniej powierzchni przewodzenia \bar{A}

Otrzymujemy więc dla domku nr 5 zależność:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{2 \cdot A_1 \cdot \alpha_w} + \frac{s}{\lambda_b} + \frac{1}{(2 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3) \cdot \alpha_z}}$$

a dla domku nr 6:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{2 \cdot A_1 \cdot \alpha_w} + \frac{s}{\lambda_b} + \frac{1}{(A_3 + 2 \cdot A_2) \cdot \alpha_z + A_z \cdot \alpha_z \cdot \eta_z}}$$

gdzie:

Δt	różnica temperatur
A_1	powierzchnia wewnętrzna płyty betonowej
A_2	powierzchnia krótszego boku płyty betonowej
A_3	powierzchnia dłuższego krótszego boku płyty betonowej
\bar{A}	średnia powierzchnia przewodzenia płyty betonowej
A_z	powierzchnia żebra
δ_z	grubość zastępcza betonu
λ_b	współczynnik przewodzenia ciepła betonu (przyjęto 0,84 W/mK)
α_z	współczynnik wnikania ciepła wewnątrz domku (przyjęto $\alpha_z=10\text{W/m}^2\text{K}$)
α_w	współczynnik wnikania ciepła na zewnątrz domku (przyjęto $\alpha_w=10\text{W/m}^2\text{K}$)
η_z	sprawność żebra
s	współczynnik kształtu dla przewodzenia w płycie (przyjęto $s=0.79\text{ K/W}$)

Dla wyznaczenia sprawności żebra wyliczamy kolejno:

parametr m

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha}{\lambda \cdot \delta}}$$

następnie zastępczą wysokość żebra h'

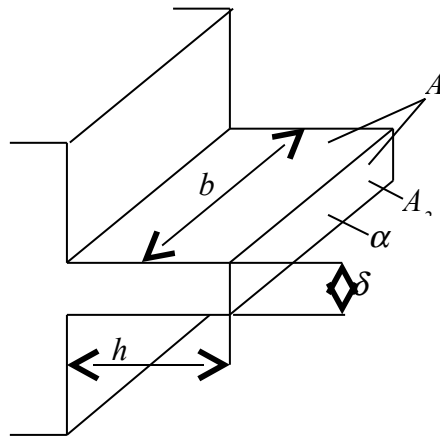
$$h' = h + \frac{\delta \cdot \alpha}{2\alpha}$$

oraz

$$\operatorname{tgh}(mh') = \frac{e^{2mh'} - 1}{e^{2mh'} + 1}$$

ostatecznie wyliczamy sprawność żebra η :

$$\eta = \frac{\operatorname{tgh}(mh')}{mh'}$$



$$\begin{aligned} h &= 17 \text{ cm} \\ b &= 58 \text{ cm} \\ \delta &= 5 \text{ cm} \\ A_z &= 2 \cdot b \cdot h = 0,197 \text{ m}^2 \\ A_z &= b \cdot \delta = 0,029 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Rys. 3 Wymiary żebra