

**PAŃSTWOWA WYŻSZA SZKOŁA ZAWODOWA  
W PIŁE**

INSTYTUT POLITECHNICZNY

Zakład Budowy i Eksploatacji Maszyn

PRACOWNIA TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

**INSTRUKCJA**

Temat ćwiczenia: **WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODNOŚCI  
CIEPLNEJ.**

Piła 2008r.

# 1. Wprowadzenie:

Przewodzenie ciepła jest jednym ze sposobów wymiany ciepła. Polega na przenoszeniu energii wewnątrz ośrodka materialnego, przy ich bezpośrednim styku.

Przewodzeniem ciepła rządzi prawo Fouriera :

gdzie:  $\mathbf{q}$  - natężenie strumienia cieplnego jest proporcjonalne do gradientu temperatury mierzonego wzdłuż kierunku przepływu ciepła:

$$\mathbf{q} = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

gdzie:  $\mathbf{q}$  - natężenie strumienia cieplnego

$$\mathbf{q} = \lim \frac{\Delta Q_h}{\Delta F}$$

$\Delta Q_h$  – ilość ciepła przepływająca przez element o powierzchni  $\Delta F$

– - wynika z przepływu ciepła od miejsca o temperaturze wyższej do miejsca o temperaturze niższej

$\lambda$  - współczynnik przewodności cieplnej, jest wielkością charakteryzującą ośrodek w którym przepływa ciepła

następuje [ W / m K ]

Ilość ciepła przewodzona w jednostce czasu przez powierzchnię  $F$  prostopadłą do kierunku przepływu:

$$Q_h = -\lambda F \frac{dT}{dx}$$

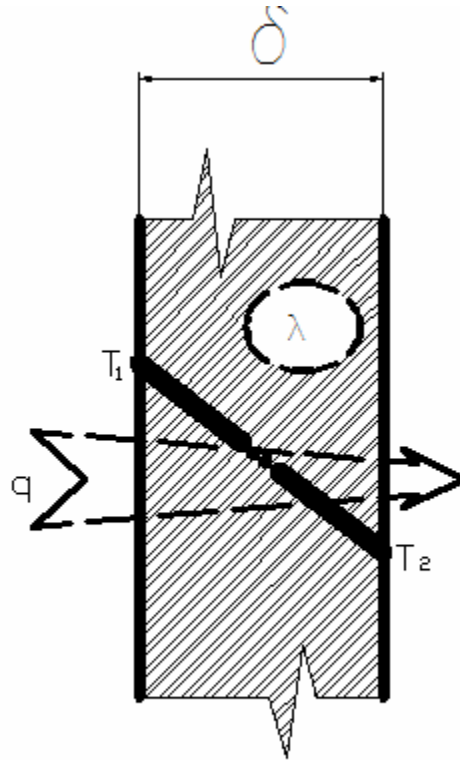
\* przy przepływie ciepła przez ściankę o grubości  $\delta$  przewodności cieplnej  $\lambda$  /rys 01/ - natężenie strumienia cieplnego wyniesie:

$$\mathbf{q} = \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) \varphi$$

$\varphi$  - współczynnik zależny od kształtu ścianki (  $\varphi = 1$  dla ścianki płaskiej)

całkowita ilość ciepła jaka przepłynie przez ściankę o powierzchni F wyniesie:

$$Q_h = \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) \varphi F$$



Rys. 01 Przepływ strumienia cieplnego  $q$  przez ściankę o przewodności cieplnej  $\lambda$ .

Przewodność cieplna ciał stałych :

$\lambda = 0,02 \text{ W/m K}$  dla najlepszych materiałów izolacyjnych

$\lambda = 420 \text{ W/m K}$  dla najlepszych przewodników ciepła

$\lambda = 0,02 - 2,9 \text{ W/m K}$  dla budowlanych materiałów izolacyjnych.

Przewodność cieplna materiałów izolacyjnych rośnie wraz ze wzrostem temperatury.

Przewodność cieplna metali maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Stopy metali mają zwykle mniejszą wartość przewodności cieplnej niż ich składniki stopowe.

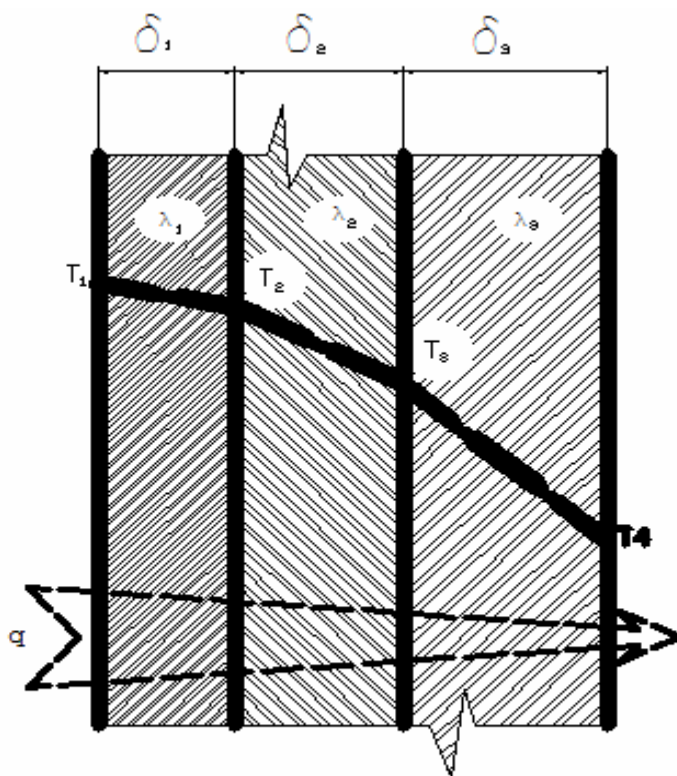
W ciałach stałych porowatych o zbyt dużej porowatości uzyskuje się efekt przewodnictwa jak w gazach i zwiększenie przewodności.

Przewodność cieplna w cieczech spowodowana jest z bezwładnym ruchem atomów i cząstek i związanym z tym przekazywaniem energii podczas zderzeń , zawiera się w granicach :

$\lambda = 0,08 - 0,7 \text{ W/m K}$  /z wyjątkiem ciekłych metali/.

Przewodzenie ciepła w gazach polega na dyfuzji cząstek gazu z obszaru o temperaturze wyższej do obszaru o temperaturze niższej i odwrotnie /po oddaniu energii/:  
 $\lambda = 0,005 - 0,6 \text{ W/m K}$  i rośnie wraz ze wzrostem temperatury.

Dla układu wielowarstwowego /rys. 02/:



Rys. 02: Przepływ strumienia cieplnego  $q$  przez ściankę wielowarstwową.

Ilość ciepła przepływającego przez ściankę złożoną z wielu warstw różnych pod względem przewodnictwa cieplnego materiałów wyniesie:

$$Q = \frac{T_1 - T_n}{\sum_{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} F t$$

$$\sum_{i=1} \lambda_i$$

gdzie:  $T_1$  - temperatura na warstwy wewnętrznej od strony napływu strumienia cieplnego

$T_n$  - temperatura po stronie zewnętrznej układu warstw

$F$  - powierzchnia przepływu ciepła

$\delta_i$  - grubości poszczególnych warstw

$\lambda_i$  - współczynnik przewodnictwa cieplnego poszczególnych warstw.

Zależność:

$$\frac{\delta}{\lambda}$$

$\lambda$  nazywana jest czasem oporem cieplnym materiału ścianki.

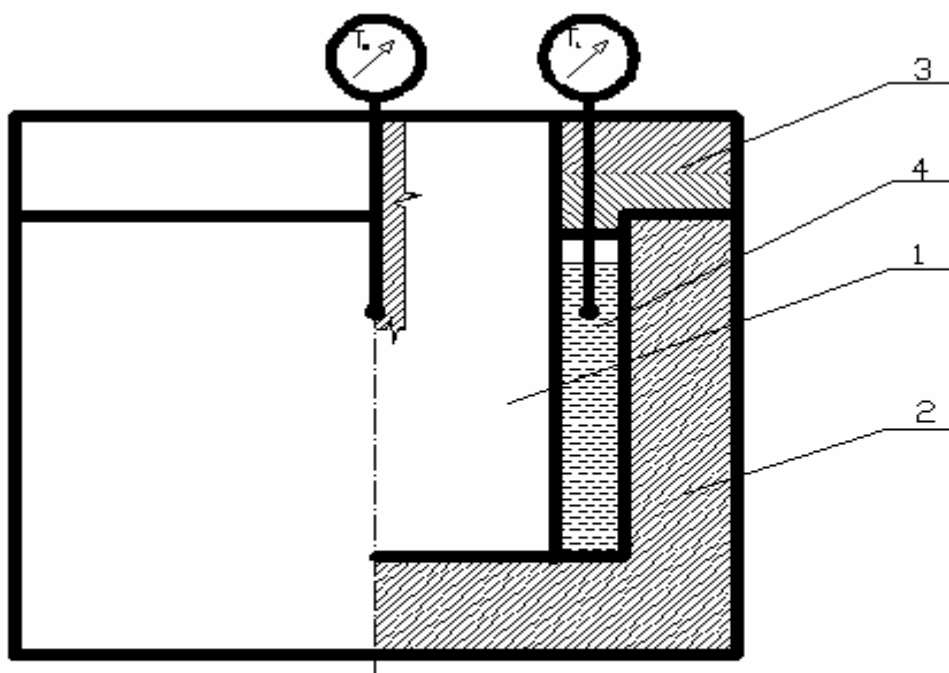
## 2. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika przewodności cieplnej różnych materiałów np.: dobry przewodnik ciepła /aluminium/, materiał budowlany /beton komórkowy/, dobry materiał izolacyjny /powietrze/.

Porównanie uzyskanych wyników.

## 3. Opis ćwiczenia:

Do wyznaczenia współczynnika przewodnictwa cieplnego wykorzystamy stanowisko przedstawione na rys. 03.



Rys. 03. Stanowisko do wyznaczania współczynnika przewodności cieplnej materiału elementu badanego 1.

**Czynności do wykonania w ramach realizowanego ćwiczenia:**

1. Napełnić zbiornik 2 wodą o temperaturze ok. 373K, do linii zaznaczonej na wewnętrznej ścianie zbiornika / 3 l wody/.
2. Zanurzyć w wodzie element badany 1.
3. Przykryć zbiornik pokrywą 3.
4. Podłączyć termometry  $T_1$  i  $T_2$  oraz zanotować w tabelce ich wskazania, jako temperaturę początkową wody i elementu badanego.
5. Mierzyć kolejne zmiany temperatur: wody i elementu badanego, oraz czas jaki upłynął od początku ćwiczenia, wyniki notować w tabelce.

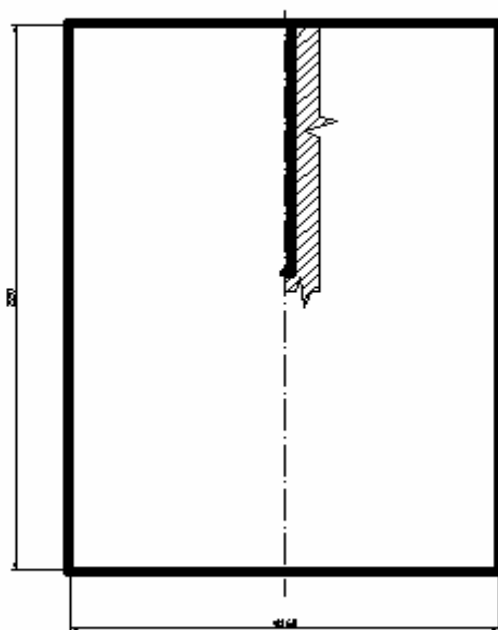
**UWAGA w ćwiczeniu jest wykorzystywana gorąca woda zachować należy szczególne środki ostrożności !!!**

Tabela wyników pomiarów:

Badany materiał	Aluminium	Beton komórkowy	Powietrze	Uwagi
Temperatura wewnętrzna badanego elementu $T_2$ [°C]				

Temperatura zewnętrzna badanego elementu $T_1$ [°C]				
Temperatura początkowa wody $\dot{i}_p = T_{1p}$ [°C]				
Temperatura końcowa wody $\dot{i}_k = T_{1k}$ [°C]				
Czas przepływu ciepła $t$ [ s ]				

Badany materiał jest w postaci walca o wymiarach jak na rys.:



#### 4. Opracowanie wyników:

1. Obliczyć powierzchnię przepływu ciepła do wnętrza walca którego zanurzenie w wodzie wynosi  $h = 160$  mm.

$$F = \Pi D h$$

gdzie :  $D$  - średnica walca [ m ]

$h$  - głębokość zanurzenia [ m ]

2. Obliczyć ilość ciepła przekazanego przez wodę:

W zagadnieniach technicznych przyjmuje się, że entalpia właściwa wody [kcal / kg], o temperaturze poniżej 150°C jest liczbowo równa temperaturze wody wyrażonej w °C.

Wobec powyższego ilość ciepła przekazanego przez wodę wyniesie:

$$Q = G_w ( \dot{i}_p - \dot{i}_k ) \quad [ \text{kcal} ]$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$$

3. Obliczyć wartość współczynnika przewodności cieplnej badanego materiału w oparciu o uzyskany rozkład temperatury w ściance walca:

$$\lambda = \frac{Q \delta}{F ( T_1 - T_2 ) t} \quad [ \text{W} / \text{m K} ]$$

gdzie: Q - ciepło przekazane przez wodę [ J ]

δ - grubość ścianki / ½ średnicy walca / [ m ]

F - powierzchnia przepływu ciepła [ m<sup>2</sup> ]

T<sub>1</sub> - temperatura na powierzchni zewnętrznej walca [ K ]

T<sub>2</sub> - temperatura wewnątrz walca [ K ]

t - czas przekazywania ciepła [ s ].

## 5. Pytania sprawdzające:

1. Zdefiniować opór przewodzenia ciepła ?
2. Od czego zależy ilość ciepła przepływającego przez przegrodę ?
3. Narysować rozkład temperatury w przegrodzie jedno i wielowarstwowej ?