

Imię i Nazwisko	Grupa dziekańska	Indeks	Ocena	Ocena
			(kol.wejściowe)	(sprawozdanie)
.....	.....	.....		
Ćwiczenie: <b>F2B</b>			Podpis prowadzącego	



Politechnika Łódzka  
Wydział Mechaniczny  
Instytut Inżynierii Materiałowej



# LABORATORIUM

## NAUKI O MATERIAŁACH

**Blok 2:** Właściwości fizyczne materiałów

Ćwiczenie **F2B**

**Temat: Przewodność cieplna materiałów**

## Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie właściwości materiałów zwanej przewodnictwem cieplnym oraz poznanie jednego ze sposobów pomiaru przewodnictwa cieplnego materiałów dobrze przewodzących ciepło

## Definicja przewodności cieplnej

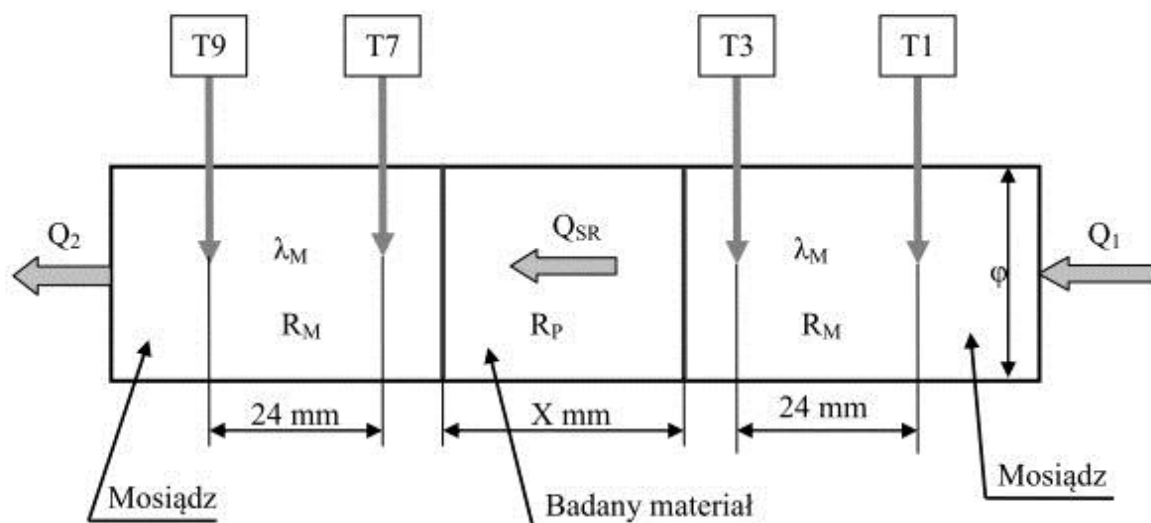
Przewodność cieplna określa zdolność materiału do przewodzenia energii cieplnej.

Oznaczana jest często literą  $\lambda$  i wyrażana w jednostkach  $\left[ \frac{W}{K m} \right]$ . Podana w jednostkach

układu SI **przewodność cieplna** oznacza ilość ciepła jaka przepłynie w ciągu sekundy przez blok materiału w kształcie sześcianu o boku **1 m**, jeżeli różnica temperatury dwóch przeciwległych ścian będzie wynosić **1 K**.

## Opis ćwiczenia

Do pomiaru przewodności cieplnej materiałów można wykorzystać zależności analogiczne jak przy pomiarach przewodności elektrycznej. Aby to było możliwe należy tak zbudować układ pomiarowy aby ciepło przepływało przez badany materiał tylko w jednym kierunku, z jednakową gęstością w całym przekroju, podobnie jak prąd elektryczny przepływa przez jednorodny przewód. Uproszczony schemat takiego układu pokazuje rys.1.



Rys.1. Uproszczony schemat układu pomiarowego przewodności cieplnej

Tor przepływu ciepła składa się kolejno, idąc od lewej: z mosiężnego wałka o średnicy **30 mm**, badanej próbki o takiej samej średnicy i długości odpowiednio **12, 24, lub 36 mm**, oraz z następnego wałka mosiężnego o takich samych wymiarach. Do wałków mosiężnych przylegają na ich wolnych końcach, z lewej chłodnica i z prawej strony grzałka dostarczająca strumień ciepła. Dla uproszczenia elementy te pokazano na schemacie w postaci wektorów symbolizujących dopływający i odpływający strumień ciepła. W obu mosiężnych wałkach umieszczone są w jednakowych odległościach, sondy pomiaru temperatury **T1, T3, T7 i T9**. Znając wartość współczynnika przewodności cieplnej mosiądzu  $\lambda_M=120 \text{ W/Km}$  możemy dla odcinka wałka mosiężnego znajdującego się między sondami **T1 i T3** napisać wzór na opór cieplny **R<sub>M</sub>**.

$$R_M = \frac{l}{\lambda_M S} \quad [1]$$

Gdzie:  $l = 24 \text{ mm}$  jest długością odcinka wałka równą odległości między sondami, a  $S = \frac{1}{4} \pi d^2$  jest przekrojem wałka.

Znając opór cieplny odcinka wałka możemy z „cieplnego prawa Ohma” obliczyć strumień cieplny, jaki przepływa przez badany odcinek.

$$Q_1 = \frac{\Delta T}{R_M} \quad [2]$$

Gdzie:  $\Delta T = T_1 - T_3 \text{ [K]}$  jest różnicą temperatur między początkiem i końcem odcinka, odpowiadającą w klasycznym prawie Ohma napięciu elektrycznemu,  $R_M \text{ [K/W]}$  jest wyliczonym wcześniej oporem cieplnym zaś  $Q_1 \text{ [W]}$  – jest strumieniem cieplnym przepływającym przez prawy odcinek mosiężnego wałka, odpowiadającym w prawie Ohma natężeniu prądu elektrycznego.

Wykonując podobne obliczenia możemy obliczyć strumień cieplny  $Q_2$ , przepływający przez drugą część wałka mosiężnego między sondami  $T_7$  i  $T_9$ . W idealnie wyizolowanym układzie strumienie  $Q_1$  i  $Q_2$  powinny być sobie równe. W układzie rzeczywistym, izolowanym osłoną teflonową, część energii cieplnej ucieka z wałka przez powierzchnie boczne. Dlatego jeżeli z wyznaczonych strumieni cieplnych obliczymy wartość średnią, to będzie ona dobrze odpowiadać strumieniowi cieplnemu przepływającemu przez badaną próbkę umieszczoną pomiędzy wałkami.

$$O_{sr.} = \frac{1}{2} (Q_1 + Q_2)$$

Znając strumień cieplny przepływający przez badaną próbkę możemy korzystając ponownie z „cieplnego prawa Ohma” wyliczyć wartość oporu cieplnego  $R_P$  odcinka toru znajdującego się między sondami  $T_3$  i  $T_7$ .

$$R_P = \frac{\Delta T}{Q_{sr.}} \quad [3]$$

Jak wynika z rysunku 1 obliczony opór cieplny  $R_P$  składa się z szeregowo połączonych oporów: oporu odcinka wałka mosiężnego, oporu przejścia między wałkiem a próbką, oporu badanej próbki  $R_X$ , oporu przejścia między próbką a wałkiem i oporu kawałka wałka mosiężnego  $R_0$ . Aby z tego szeregu oporów wyznaczyć poszukiwaną wartość oporu próbki należy wykonać pomiary dla kilku próbek wykonanych z tego samego materiału o różnej długości. Wyznaczone w ten sposób wartości oporu wykreślamy na wykresie  $R_P = f(x)$ , gdzie  $x$  jest długością próbki. Zaznaczone na wykresie punkty łączymy linią prostą poprowadzoną do przecięcia z osią rzędnych. Odczytana, dla tak wyznaczonego punktu wartość oporu  $R_0$  odpowiada zgodnie z równaniem prostej  $R_P(x) = R_J x + R_0$  sumie oporów nie zmieniających się części mierzonego oporu  $R_P$ . Współczynnik kierunkowy  $R_J$  wykreślonej prostej odpowiada oporowi cieplnemu przypadającemu na jednostkę długości badanej próbki. Znając wartość  $R_0$  możemy z przekształconego wzoru [1] wyznaczyć przewodność cieplną materiału badanej próbki  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{l}{(R_P - R_0)S} \quad [4]$$

Gdzie:  $l$  – długość badanej próbki,  $S$  – przekrój poprzeczny badanej próbki,  $R_P$  – obliczony opór cieplny badanej próbki.

Aby wartość  $R_0$  pozostawała stała, podczas pomiarów próbek o różnej długości należy zadbać aby powierzchnie czołowe próbek miały jednakową gładkość, ilość pasty termoprzewodzącej

nakładana na powierzchnie styku była porównywalna i aby docisk elementów toru pomiarowego był jednakowy (ta sama wartość na wskaźniku siły).

### **Wymagania**

1. Znajomość jednostek podstawowych wielkości fizycznych: energia, moc, temperatura itd.
2. Znajomość definicji przewodności cieplnej i jej interpretacja.
3. Znajomość definicji ciepła właściwego i pojemności cieplnej.
4. Znajomość mechanizmów odpowiadających za przepływ ciepła w ciałach stałych.
5. Znajomość przykładów zastosowania materiałów o różnym przewodnictwie cieplnym.

### **Przebieg ćwiczenia**

1. Studenci uczestniczą w procesie pomiaru przewodności cieplnej, prowadzonego za pomocą specjalnego stanowiska dydaktycznego. Obserwują obsługę stanowiska, wymianę próbek oraz śledzą przebiegi temperatury w punktach pomiarowych, które są wykreślane na monitorze komputera sterującego.
2. Każdy student otrzymuje od prowadzącego kartę pomiarową z zarejestrowanymi danymi z pomiarów. W oparciu o otrzymane dane student wylicza wartość oporu cieplnego  $R_p$  dla jednej długości próbki zgodnie z procedurą opisaną powyżej.
3. W ramach 3-osobowej grupy laboratoryjnej studenci wymieniają się wyliczonymi dla różnych długości próbek wartościami  $R_p$ , wykreślają prostą  $R_p = f(x)$  i wyznaczają rzeczywistą wartość przewodności cieplnej  $\lambda$  badanego materiału.
4. Prawidłowo wypełniona, **w trakcie zajęć**, karta pomiarowa z wyliczeniami, wykresem i wnioskami jest jednocześnie sprawozdaniem z wykonanego ćwiczenia.
5. **Uwaga:** Dla prawidłowego przebiegu ćwiczenia każdy student oprócz przygotowania teoretycznego i znajomości instrukcji powinien na zajęciach posiadać przybory do pisania, linijkę i kalkulator inżynierski.

### **Literatura**

1. Pracownia fizyczna, Szydłowski Henryk, PWN 1989
2. Inżynieria materiałowa, Ashby Michael, Shercliff Hugh, Cebon David, Galaktyka Wydawnictwo 2012
3. Wstęp do inżynierii materiałowej, Blicharski Marek, WNT 2001
4. Podstawowa literatura do nauki fizyki