

# 22

**Pomiar rozkładu temperatury wzdłuż przedłużonej powierzchni i porównanie wyników z analizą teoretyczną.**



# Ćwiczenie laboratoryjne A

## Cel

Pomiar rozkładu temperatury wzdłuż przedłużonej powierzchni i porównanie wyników z analizą teoretyczną.

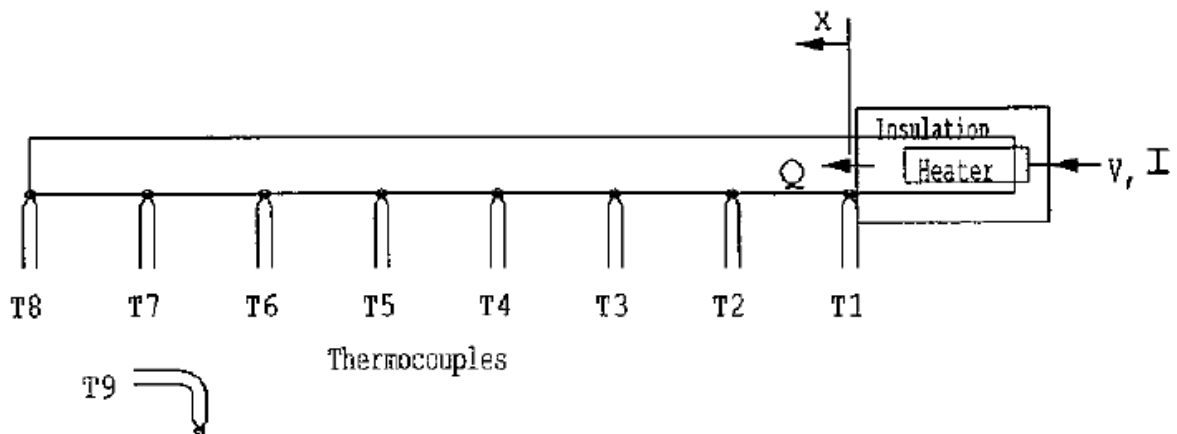
## Metoda

Poprzez stałe podgrzewanie jednego końca pręta cylindrycznego i pomiar rozkładu temperatury wzdłuż powierzchni pręta.

## Przygotowanie sprzętu

Przed przystąpieniem do ćwiczenia upewnić się że sprzęt został przygotowany w następujący sposób:-

Umieścić HT15 przy HT10X, HT 10 XC na odpowiednim stole warsztatowym. Ponieważ przekazywanie ciepła z przedłużonej powierzchni polega na naturalnej konwekcji i promieniowaniu do otoczenia, akcesoria muszą być ulokowane z dala od przewiewów i źródeł promieniowania.



Podłączyć 9 termoelementów z HT15 do odpowiednich gniazd w jednostce przesyłu ciepła HT10X.

Upewnić się że naklejki na termoelementach prowadzą od T1 do T9, dopasować naklejki na gniazdach.

Ustawić potencjometr napięcia sterującego na minimum ( odwrotnie) i przełączyć przełącznik na MANUAL, następnie podłączyć przewód zasilania do gniazda oznaczonego OUTPUT 3 ( HT10X) albo OUTPUT 2 (HT10XC) z tyłu zespołu jednostki obsługi.

Upewnić się ,że zespół jednostki obsługi jest podłączony do prądu.

## Teoria

Ustalona wymiana ciepła przez pręt.

Wymiana ciepła przez pręt o długości  $L$  oraz stałym profilu przekroju poprzecznego,  $A = \text{const}$  i stałym obwodzie  $U = \text{const}$ , który jest zamocowany jednym końcem w ciele stałym, a pozostałe jego powierzchnie są otoczone płynem o temperaturze  $t_p$ . Jeżeli współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  materiału pręta jest dostatecznie duży, a poprzeczne wymiary pręta są znacznie, mniejsze od jego długości, to można przyjąć, że temperatura w pręcie jest funkcją jednej współrzędnej  $x$  skierowanej wzdłuż pręta. Nadwyżka temperatury pręta  $t$  nad temperaturą płynu  $t_p$  określona jest wzorem

$$\vartheta = t - t_p = f(x)$$

Przy ustalonej wymianie ciepła, bilans cieplny wynosi

$$\dot{Q}_x - \dot{Q}_{x+dx} = d\dot{Q},$$

Gdzie na podstawie równania Fouriera mamy

$$\dot{Q}_x = -\lambda A \frac{d\vartheta}{dx},$$

$$\dot{Q}_{x+dx} = -\lambda A \frac{d}{dx} \left( \vartheta + \frac{d\vartheta}{dx} dx \right),$$

a na podstawie równia Newtona

$$d\dot{Q} = \alpha \vartheta U dx$$

Wobec tego:

$$-\lambda A \frac{d\vartheta}{dx} + \lambda A \frac{d}{dx} \left( \vartheta + \frac{d\vartheta}{dx} dx \right) = \alpha \vartheta U dx$$

Stąd otrzymujemy równanie różniczkowe:

$$\frac{d^2 \vartheta}{dx^2} = \frac{\alpha U}{\lambda A} \vartheta = m^2 \vartheta$$

Tam gdzie jest wymagane ochłodzenie powierzchni przez przenikanie , szybkość wydzielania się ciepła może być ulepszona poprzez zwiększenie pola powierzchni. Zazwyczaj jest to osiągnięte poprzez dodanie poszerzonych powierzchni nazywanych żebrami albo trzpieniami.

Gradient temperatury istnieje dzięki połączeniu przewodności materiału i strat ciepła do otoczenia (większe u nasady a na końcu mniejsze).

Rozkład temperatury wzdłuż żebra albo trzpienia musi być znany w celu określenia przejścia ciepła z powierzchni do otoczenia. Ponieważ promieniowanie i naturalna konwekcja występują jednocześnie, oba efekty muszą być uwzględnione do analizy.

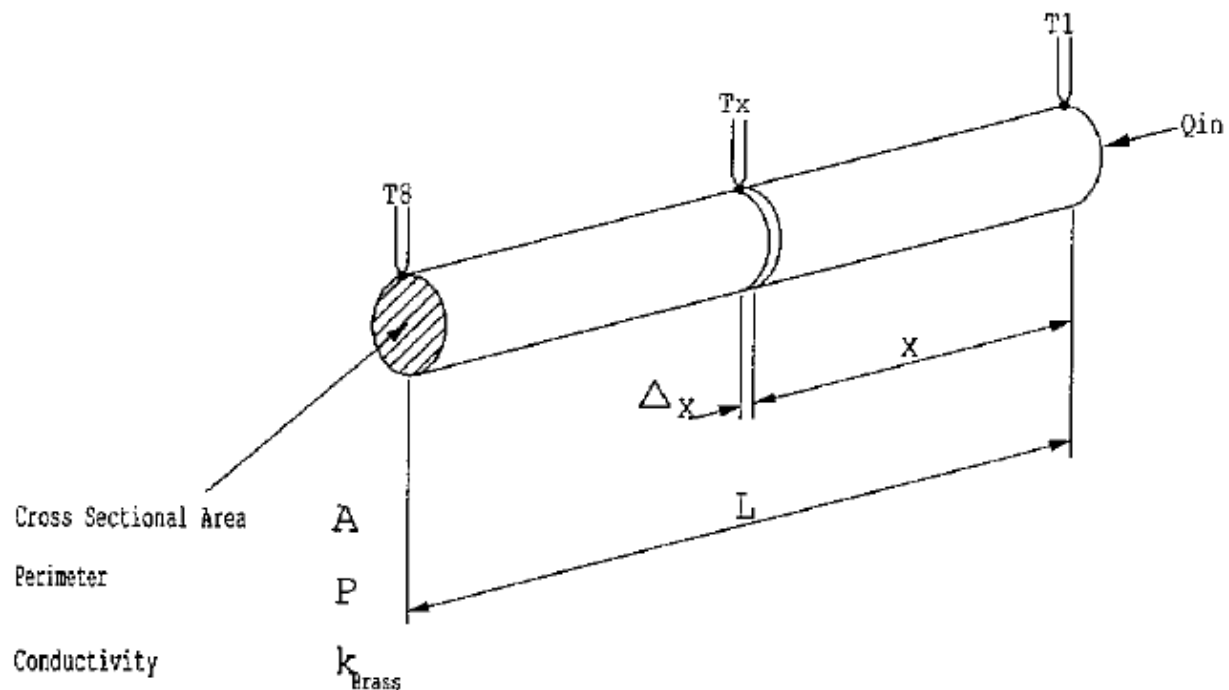
Uznając stan stacjonarny bilansu energetycznego dla zwiększonej powierzchni z jednolitego materiału i przekroju obszaru możemy zdefiniować następujące równanie.

$$\frac{d^2 \theta}{dx^2} = \frac{\alpha U}{\lambda A} \theta = m^2 \theta$$

gdzie:

$$m^2 = \frac{(\alpha U)}{(A \lambda_{Brass})}$$

Ponieważ  $\alpha$  ,U,A oraz  $\lambda_{Brass}$  są stałe dla podanego pręta to  $m^2$  musi być stałe.



Przyjmując że średnica pręta jest mała w porównaniu z jego długością tzn. że wymiana ciepła na powierzchni czołowej pręta może zostać pominięta. Wtedy otrzymujemy następujące zależności:

$$\vartheta = \vartheta_0 \frac{\cosh m(l-x)}{\cosh ml}$$

$$\vartheta_L = \frac{\vartheta_0}{\cosh ml}$$

$$\dot{Q}_0 = \lambda A m \vartheta_0 \operatorname{tgh} ml$$

**Uwaga:** Obliczanie całkowitego współczynnika przenikania ciepła i obliczenia rzeczywistego przyjmowania ciepła z przedłużonej powierzchni jest objęte w innym ćwiczeniu

Celem ćwiczenia jest obserwacja gradientu temperatury wzdłuż przedłużonej powierzchni i pokazanie, że termin  $m$  jest stały we wszystkich pozycjach wzdłuż powierzchni.

#### Instrukcja:

Aby poznać szczegóły oprzyrządowania i jak nim operować, zapoznać się z działem eksploatacji (strony 3-1)

Włączyć główny włącznik zasilania z sieci (jeśli mierniki na panelu się nie świecą sprawdzić RCD na tyle jednostki obsługi, włącznik powinien być do góry)

Nastawić napięcie grzałki na 20 woltów. Przy użyciu oprogramowania Ht15 do sterowania zdalnie akcesoriami napięcie może być nastawiane na diagramie synoptycznym przy użyciu panelu kontrolnego.

Przy operowaniu akcesoriami ręcznie używając konsoli HT10X/HT10XC ustawić potencjometr kontroli napięcia na 20wolt ,na górze panelu miernika z przełącznikiem w pozycji V.

Regularnie sprawdzać temperaturę używając ekranu oprogramowania lub przełącznika .

Gdy temperatura T1 osiągnie 80 st. C zmniejszyć napięcie grzałki do 9 wolt ( Ustawienie wyższego napięcia początkowego skróci czas potrzebny na ustabilizowanie się temperatury na pręcie).

Poczekać aż HT15 się ustabilizuje jednocześnie monitorując temperaturę.

Przy użyciu sprzętu w połączeniu z konsolą zapisywać te parametry ręcznie z wyświetlacza konsoli.

Nastawić napięcie grzejnika na 16 wolt i poczekać aż HT 15 się ustabilizuje.

Jeśli czas pozwoli powtórzyć zapisy z napięciem grzejnika ustawionym na 12wolt , następnie na 14 wolt.

### **Wyniki i kalkulacje**

Dla tego ćwiczenia bieżące wyniki są umieszczone w tabeli w następujących pozycjach:

Napięcie grzejnika	U	V
Prąd grzejnika	I	A
Temperatura na ogrzewanym końcu kiedy $x=0$	T1	°C
Temperatura przy $x=0.05m$	T2	°C
Temperatura przy $x=0.10m$	T3	°C
Temperatura przy $x=0.15m$	T4	°C
Temperatura przy $x=0.20m$	T5	°C
Temperatura przy $x=0.25m$	T6	°C
Temperatura przy $x=0.30m$	T7	°C
Temperatura na końcu $x=0.35$	T8	°C
Temperatura otoczenia	T9	°C

Należy również oszacować i ująć błędy doświadczalne dla tych pomiarów.

Stosuje się następujące stałe dla tego ćwiczenia:

Długość pręta= odległości od T1 do T8  $L=0.35$  (m)

Uwaga: Odległość pomiędzy poszczególnymi termoelementami wynosi 0.05m.

Dla każdej pozycji wzdłuż pręta ( wymiar x ) użyć odpowiedniego pomiaru temperatury aby znaleźć wartość m która spełnia zależność:

$$\frac{T_x - T_9}{T_1 - T_9} = \frac{\cosh m(L - x)}{\cosh mL}$$

Należy znaleźć średnią wartość dla m ,następnie użyć tej wartości do obliczenia teoretycznej temperatury  $T_x$  dla każdej pozycji x wzdłuż pręta.

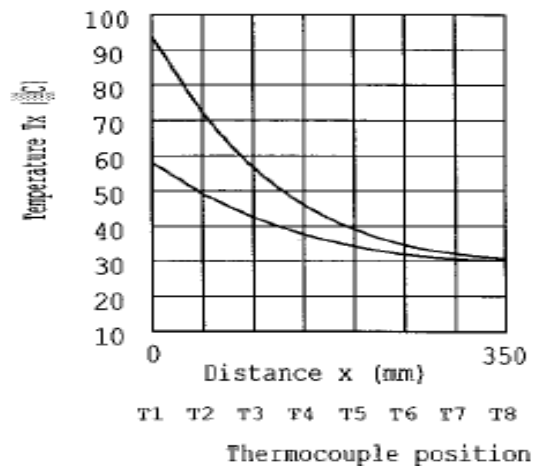
Powtórzyć to działanie dla każdego z uzyskanych odczytów temperatury i potwierdzić , że dla każdego zestawu pomiarów wartość m pozostaje stała ( w obrębie błędów doświadczalnych ).

Oszacowanie łącznego wpływu błędów doświadczalnych na obliczone wartości m i pomierzone wartości od T1 do T9 , x i L.

Dla każdego zestawu pomiarów sporządzić wykres temperatury powierzchni  $T_x$  do pozycji(odległości) x

Wzdłuż przedłużonej powierzchni. Narysować gładką krzywą poprzez poszczególne punkty.

Wykresy powinny być podobne do następującego diagramu:



Rozkład temperatury dla przepływu ciepła wzdłuż powierzchni przedłużonej.

Wykreślić teoretyczny profil temperatury , który obliczono przy użyciu średniej wartości m i porównać z krzywą pomierzonych wartości.

Można zaobserwować ,że wraz ze wzrostem odległości od źródła ciepła temperatura spada.

Można zaobserwować również ,że gradient temperatury zmniejsza się szybciej na ogrzewanym końcu pręta i zmniejsza się wolniej na zimnym końcu pręta.

Co było efektem zmiany mocy grzejnika ( przepływ ciepła wzdłuż pręta)?

### **Wnioski**

Pokazano jak profil temperatury zmienia się wzdłuż przedłużonych powierzchni posiadających stały przekrój i stałą przewodność cieplną.

Teoretyczny profil temperatury można określić jeśli stała  $m$  jest znana.



**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**  
**Instytut Energetyki Ciepłej**  
**ite.put.poznan.pl**

**Temat:**

**Pomiar rozkładu temperatury wzdłuż przedłużonej powierzchni i porównanie wyników z analizą teoretyczną.**

Imię Nazwisko:

Rok akademicki:

Nr indeksu:

Grupa:

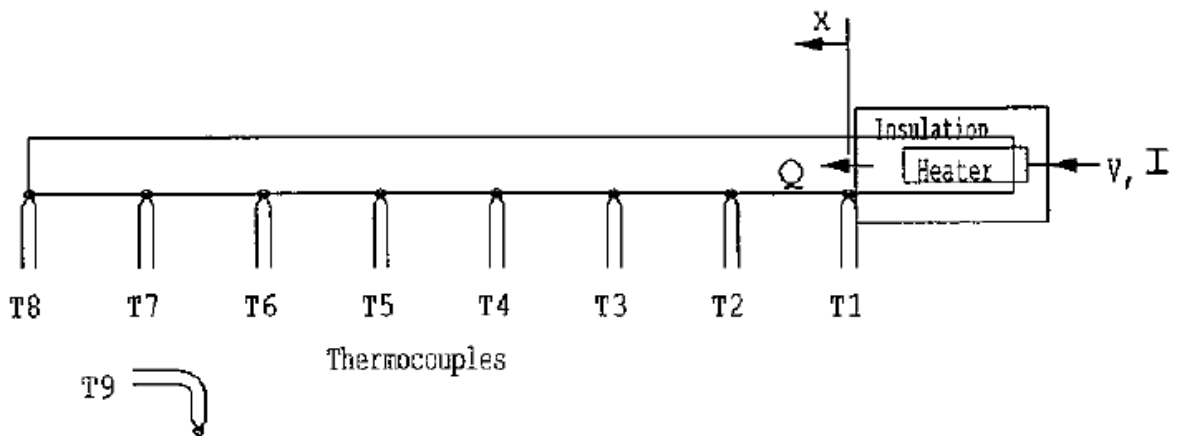
Data wykonania:

Data zaliczenia:

Ocena ze sprawdzianu:

Ocena z ćwiczenia:

1. Schemat stanowiska



2. Tabela pomiarowa

Napięcie grzejnika	U	V	9	12	14	16	20
Prąd grzejnika	I	A					
Temperatura na ogrzewanym końcu kiedy $x=0$	T1	°C					
Temperatura przy $x=0.05m$	T2	°C					
Temperatura przy $x=0.10m$	T3	°C					
Temperatura przy $x=0.15m$	T4	°C					
Temperatura przy $x=0.20m$	T5	°C					
Temperatura przy $x=0.25m$	T6	°C					
Temperatura przy $x=0.30m$	T7	°C					
Temperatura na końcu $x=0.35$	T8	°C					
Temperatura otoczenia	T9	°C					

3. Obliczenia

4. Podsumowanie i wnioski