

19

Pomiar współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni kuli w warunkach konwekcji swobodnej



POMIAR WSPÓLCZYNNIKA PRZEJMOWANIA CIEPŁA NA POWIERZCHNI KULI W WARUNKACH KONWEKCYI SWOBODNEJ .

WSTĘP

Wyznaczenie wartości współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni kuli w warunkach konwekcji swobodnej i porównanie otrzymanych wartości z wartościami uzyskanymi z równań kryterialnych zamieszczonych w literaturze.

Procedura pomiarowa

Kula miedziana zostaje podgrzana grzałką elektryczną, która jest zasilana mocą $Q = I U$ gdzie: I – prąd [A], U – napięcie [V] z zasilacz stabilizowanego do temperatury T_w . Nadwyżka temperatury powierzchni kuli nad temperaturą otoczenia powoduje ruch powietrza wokół kuli spowodowany zmianą gęstości powietrza wokół kuli.

Regulując ustawienie zasilacza uzyskujemy założoną temperaturę kuli T_w . Dla miedzianej kuli zakładamy, że temperatura wewnątrz kuli będzie równa temperaturze jej powierzchni.

Obserwując na monitorze komputera zmiany temperatury kuli w czasie ustalamy moment osiągnięcia przez kule stanu równowagi cieplnej charakteryzującej się brakiem dalszych zmian temperatury

$$T_w (\partial T / \partial t = 0).$$

W tych warunkach dokonujemy odczytu wartości prądu I [A], i napięcia U [V] określających moc elektryczną dyssypowaną przez grzałkę zamontowaną we wnętrzu kuli.

Odczytujemy również różnicę temperatur pomiędzy temperaturą kuli a temperaturą otaczającego powietrza.

Zgodnie z równaniem Newtona ciepło przepływające z powierzchni kuli do otoczenia określa zależność

$$Q = \alpha A (T_w - T_f)$$

gdzie: Q – moc oddawana z powierzchni kuli [W]

$$A = 4 \Pi R^2 \text{ powierzchnia kuli [m}^2 \text{]}$$

T_w – temperatura powierzchni kuli [m]

T_f – temperatura powietrza otaczającego kulę [K]

Moc oddawana z powierzchni kuli jest równa mocy prądu zasilającego grzałkę tzn.

$$Q = I U \text{ [W]}$$

W celu zwiększenia dokładności pomiaru mierzymy bezpośrednio różnicę ($T_w - T_f$) za pomocą termopary różnicowej.

Po wykorzystaniu mierzonych wielkości otrzymujemy relacje określającą wartość mierzonego współczynnika przejmowania ciepła

$$\alpha = \frac{I U}{A (T_w - T_f)} \quad [\text{W/m}^2 \text{ K}]$$

Zmieniając temperaturę kulki zmieniamy warunki konwekcji swobodnej na kuli.

Opracowanie wyników pomiarów

Otrzymane wyniki bezpośrednich pomiarów przekształcamy do bezwymiarowych postaci, która dla konwekcji swobodnej przyjmują formę

$$\text{Nu} = f (\text{Gr Pr}) = f (\text{Re})$$

gdzie: $\text{Nu} = \frac{\alpha l}{\lambda}$ - liczba Nusselta

$$\text{Gr} = \frac{g \beta l^3}{\nu^2} (T_w - T_f)$$

Pr – liczba Prandtla

Ra = Gr Pr - liczba Raylea

λ – współczynnik przewodzenia ciepła płynu [W / m K]

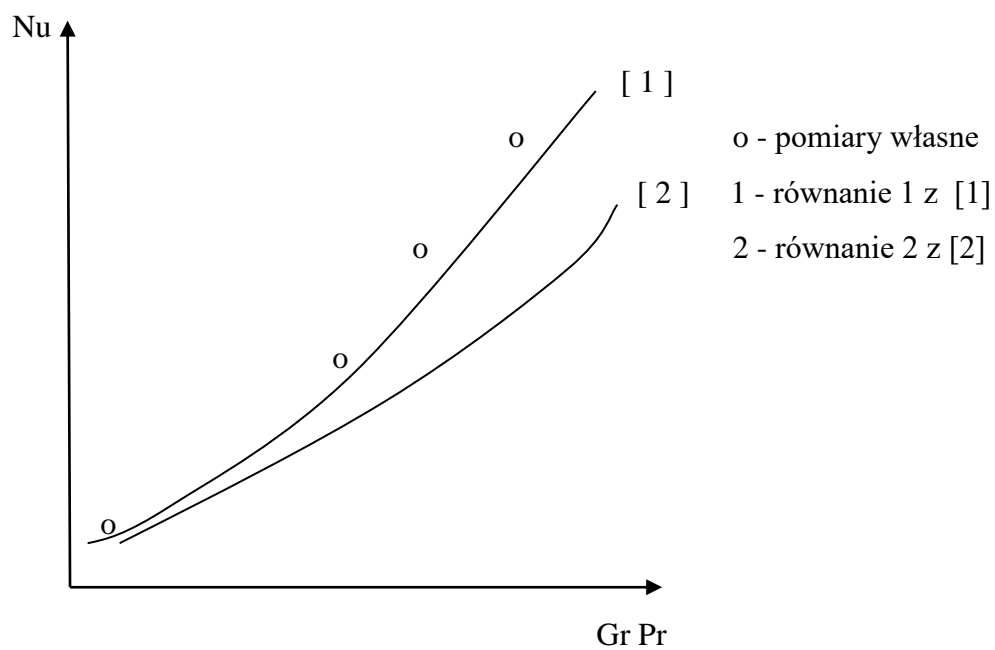
ν – współczynnik lepkości kinematycznej płynu [m² / s]

d – średnica kulki [m]

g = 9.81 [m / s²] – przyspieszenie ziemskie

$\beta = 1 / 0.5 (T_w + T_f)$

Uzyskane wartości nanosimy na wykres $Nu = f(Gr Pr)$. Na tym samym wykresie umieszczamy przebieg zależności literaturowych i porównujemy relacje położenia pomiarów własnych z przebiegiem danych literaturowych.



Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń

Dane:

d = [m]
A = [m²]
λ = [W / m K]
Pr =
Pb = [mbar]

Tabela wyników pomiarów i obliczeń

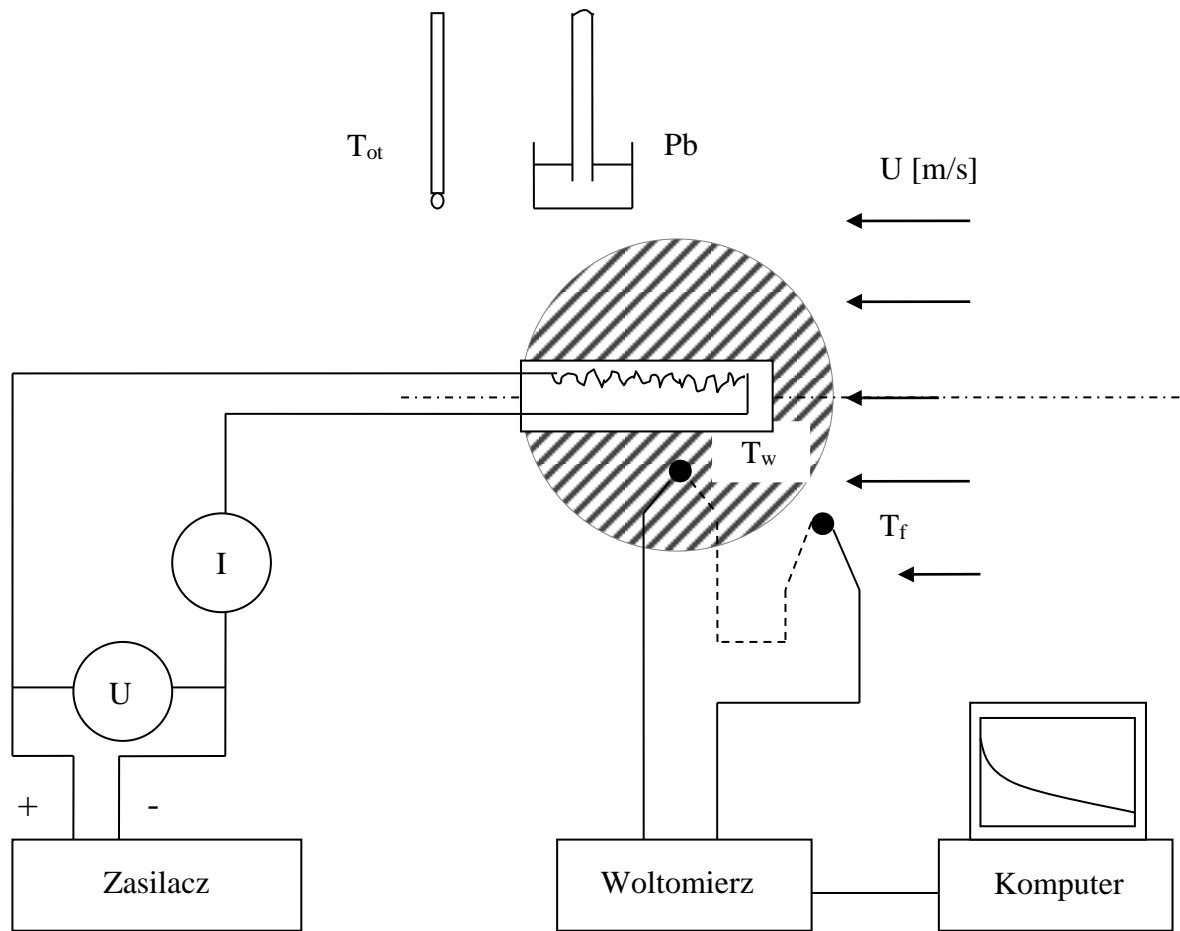
	U V	I A	ΔT C	Tf °C	α W/m ² K	Nu -	β 1/T	Gr	Ra = Gr Pr
1									
2									
3									
4									

Równania literaturowe określające wielkość przejmowania ciepła na powierzchni kuli przy konwekcji wymuszonej [1] równanie 1.

W n i o s k i

Przedyskutować źródła niedoskonałości zrealizowanych pomiarów.

Przeanalizować relacje pomiędzy własnymi pomiarami i danymi literaturowymi.



Schemat układu pomiarowego do pomiaru współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni kuli w warunkach konwekcji swobodnej.