

Ruch ten występuje na powierzchni międzyfazowej ciało stałe-płyn. Intensywność tego ruchu jest proporcjonalna do iloczynu powierzchni międzyfazowej (równej powierzchni ściany przewodu) i charakterystycznej różnicy temperatur ściany i płynu. Zależność tę wyraża równanie Newtona:

$$\dot{Q} = \alpha A \Delta T \quad (1)$$

gdzie:

\dot{Q} - strumień cieplny, którego kierunek jest zgodny z kierunkiem gradientu temperatury [W],

A - powierzchnia wymiany ciepła [m²],

ΔT - różnica temperatur ścianki wymiennika i płynu (lub odwrotnie) [K],

α - współczynnik wnikania ciepła [W/m²·K].

Liczbowe wartości współczynników wnikania ciepła (α) oraz ich charakter są bezpośrednio związane z definicjami powierzchni wymiany ciepła (A) i charakterystycznej różnicy temperatur (ΔT). Dla rur okrągłych o jednolitym przekroju poprzecznym, które są całkowicie wypełnione płynącą cieczą, powierzchnia wymiany ciepła jest definiowana jako powierzchnia zwilżana, przez którą ciepło jest transportowane. Jest ona równa:

$$A = \pi D L \quad (2)$$

gdzie:

D - średnica [m],

L - długość rury [m].

Charakterystyczna różnica temperatur może być definiowana w różny sposób lecz najczęściej jest wyrażana jako średnia logarytmiczna:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (3),$$

gdzie:

ΔT_1 - różnica temperatur na wlocie do wymiennika [K],

ΔT_2 - różnica temperatur na wylocie z wymiennika [K].

Dla ustalonego przepływu płynu strumień cieplny określa równanie:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_1 - T_2) \quad (4),$$

gdzie:

\dot{m} - masowe natężenie przepływu płynu [kg/s],

c_p - ciepło właściwe płynu [J/kg·K],

T_1 - średnia temperatura płynu w przekroju „1” wymiennika [K],

T_2 - średnia temperatura płynu w przekroju „2” wymiennika [K].

Wyprowadzenie korelacji (5) oparte jest na założeniu, że własności fizyczne płynącego medium są w badanym zakresie temperatur stałe.

$$Nu = f\left(\text{Re}, \text{Pr}, \text{Br}, \frac{L}{D}\right) \quad (5).$$

Tabela 1. Liczby bezwymiarowe

Liczba	Wzór	Oznaczenia
liczba Nusselta	$Nu = \frac{\alpha D}{\lambda}$	gdzie: α - współczynnik wnikania ciepła [W/m ² ·K],
liczba Reynoldsa	$Re = \frac{wD\rho}{\eta}$	D – wewnętrzna średnica rury [m], λ - współczynnika przewodzenia ciepła [W/m·K],
liczba Prandtla	$Pr = \frac{c_p \eta}{\lambda}$	w – prędkość płynu [m/s], ρ - gęstość płynu [kg/m ³],
liczba Brinkmana	$Br = \frac{\eta w^2}{\lambda \Delta T_m}$	η - lepkość dynamiczna płynu [Pa·s], ΔT_m – średnia logarytmiczna różnica temperatur [K].

W większości praktycznych przypadków energia wytwarzana w wyniku tarcia wewnętrznego płynu (lepkościowa dyssypacja energii) jest mała i dlatego liczba Brinkmana może być zaniedbana. Wtedy równanie (5) sprowadza się do postaci:

$$Nu = f\left(Re, Pr, \frac{L}{D}\right) \quad (6).$$

Jeżeli jest znany gradient temperatury płynu przepływającego przewodem, to można określić dokładną postać funkcji (6). Szczegółowe korelacje dla wnikania ciepła w warunkach przepływu laminarnego i burzliwego podano w literaturze.

Urządzenie, w którym zachodzi oddawanie ciepła od czynnika nośnego ciepło o wyższej temperaturze do czynnika o niższej temperaturze nosi nazwę wymiennika ciepła. Wyróżnić możemy różne typy wymienników:

- wymiennika płytowego,
- wymiennika płaszczowo-rurowego,
- wymiennika rurowego,
- wymiennika płaszczowego z mieszadłem.

2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynników wnikania i przenikania ciepła dla badanego wymiennika ciepła oraz porównanie wartości doświadczalnych z obliczonymi teoretycznie za pomocą odpowiednich korelacji.

4. Metodyka pomiarów

Badania nad wnikaniem i przenikaniem ciepła w wymienniku ciepła obejmują określenie zależności współczynników wnikania i przenikania ciepła od natężenia przepływu cieczy.

Przed rozpoczęciem pomiaru należy wykonać następujące czynności:

- włączyć główne zasilanie;
- ustalić jak będzie przepływała woda w wymienniku (przeciwprąd czy współprąd),
- uruchomić pompę P;

- włączyć sterowanie podgrzewaniem wody H;
- ustalić zaworami przepływomierzy FI1 i FI2 podane przez prowadzącego natężenia przepływu wody gorącej i zimnej.

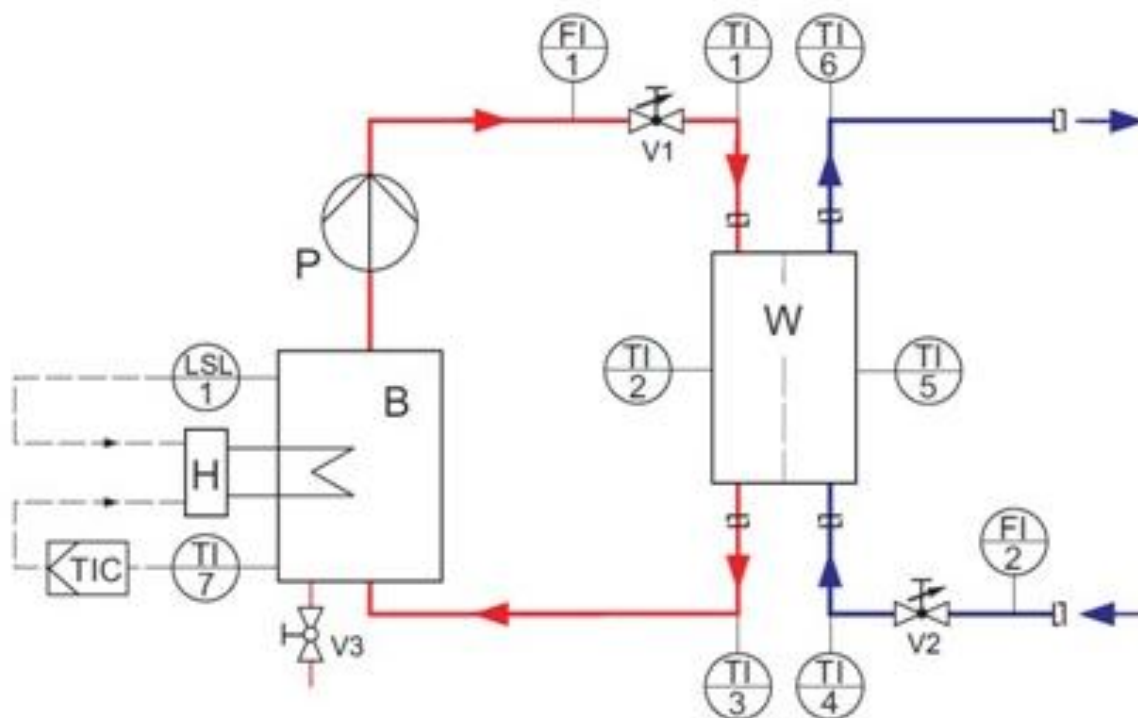
Właściwy pomiar rozpoczyna się wówczas, gdy w aparaturze doświadczalnej ustali się stan równowagi cieplnej. Stan ten charakteryzuje się stałością temperatur wody gorącej i zimnej na wlocie i wylocie z wymiennika.

W chwili rozpoczęcia pomiaru należy zanotować temperatury wody gorącej i zimnej na wlocie i wylocie z wymiennika TI1, TI3, TI4 i TI6 oraz natężenia przepływu wody gorącej i zimnej. Następnie zmienić natężenia przepływu, odczekać 10 min i wykonać pomiar.

Po wykonaniu pomiarów dla wymiennika ciepła pracującego w przeciwprądzie/współprądzie zamienić na współprąd/przeciwprąd. I powtórzy pomiary.

Po zakończeniu pomiarów należy zakręcić zawory, wyłączyć podgrzewanie wody oraz pompę, a na końcu zasilanie główne.

3. Aparatura pomiarowa



Rysunek 2. Schemat aparatury

- B – zbiornik wody gorącej; H – podgrzewacz wody gorącej; P – pompa wody gorącej;
 W – wymiennik ciepła; V1 – zawór regulujący wodę gorącą; V2 – zawór regulujący wodę zimną;
 V3 – zawór kulowy; FI1 – przepływ wody gorącej; FI2 – przepływ wody zimnej;
 TI1 – temperatura wody gorącej na wlocie; TI2 – temperatura wody gorącej w wymienniku;
 TI3 – temperatura wody gorącej na wylocie; TI4 – temperatura wody zimnej na wlocie;
 TI5 – temperatura wody zimnej w wymienniku; TI6 – temperatura wody zimnej na wylocie.