

BADANIE PŁYTOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA

1. Wprowadzenie

Płytowe wymienniki ciepła charakteryzują się najwyższą sprawnością wśród aparatów do wymiany ciepła. Do zasadniczych zalet wymienników płytowych zaliczyć należy:

- wysokie wartości współczynników wnikania ciepła przy stosunkowo małych oporach przepływu,
- zwartą i hermetyczną budowę,
- wysoki stosunek powierzchni wymiany ciepła do objętości aparatu,
- małe zużycie materiału na jednostkę strumienia cieplnego,
- łatwy dostęp do wnętrza wymiennika i możliwość łatwego czyszczenia powierzchni wymiany ciepła,
- prostota wykonywania elementów wymiennika i ich wysoka unifikacja.

Współczynnik unifikacji elementów i węzłów wymienników płytowych wynosi $0,87 \div 0,92$, gdy dla wymienników płaszczowo-rurowych wynosi tylko $0,04 \div 0,13$ a dla typu "rura w rurze" $0,35$.

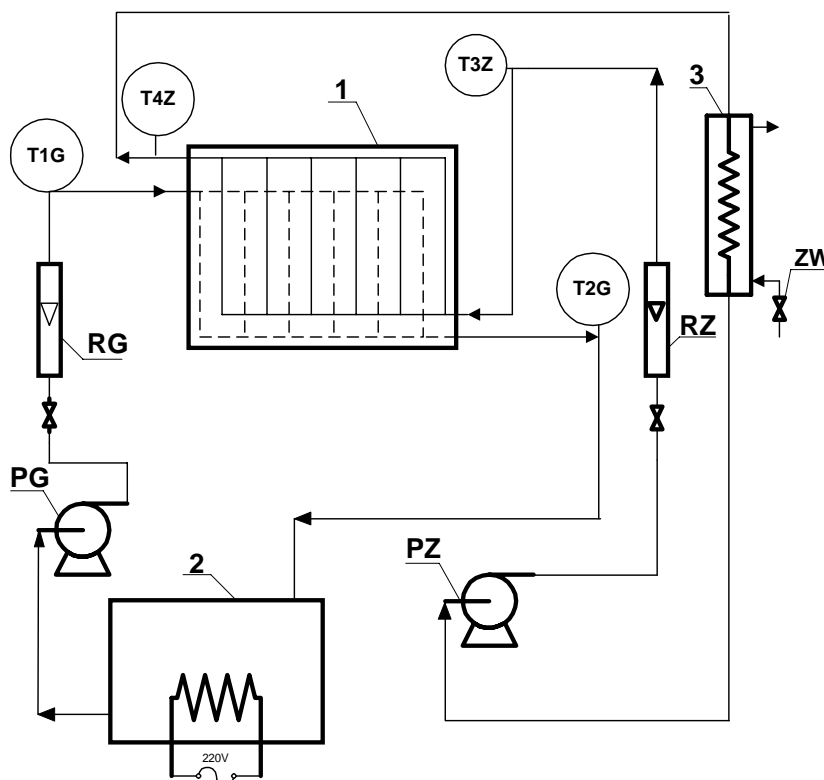
Płyty z których składa się wymiennik posiadają najczęściej wytłoczone występy choć stosuje się niekiedy płyty płaskie. Wytłoczenia powodują wzrost turbulencji przepływających czynników, co powoduje wzrost współczynników wnikania ciepła. W przypadku mediów takich jak woda czy wodne roztwory soli współczynniki wnikania ciepła osiągają wartości $3500 \div 4100 \text{ W/m}^2\text{K}$, a więc są 2-3 razy większe niż w wymiennikach płaszczowo-rurowych. Różnica temperatur między czynnikami może być bardzo mała ($2 \div 3 \text{ K}$) co zapobiega przypalaniu i koagulacji mediów. W wymiennikach płytowych można ogrzewać i chłodzić gazy i pary, ciecze bardzo lepkie i nienewtonowskie, a także emulsje i suspensje. Zakres ciśnień, w jakich pracują wymienniki płytowe, na ogół nie przekracza $1 \div 1,6 \text{ MPa}$. W aparatach przemysłowych liczba płyt może dochodzić do kilkuset, a aparat może być skonstruowany jako jednosekcyjny, wielosekcyjny lub kombinowany. Jednosekcyjnym nazywamy wymiennik, w którym wymianie uczestniczą tylko dwa robocze media. Jeżeli w aparacie zachodzi kilka wzajemnie powiązanych procesów, przebiegających w różnych jego strefach, np. grzanie produktu parą w celu sterylizacji lub pasteryzacji a następnie jego chłodzenie, to taką konstrukcję nazywa się kombinowaną.

2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynników przenikania ciepła w przeciwprądowym, płytowym wymienniku ciepła i porównanie wartości doświadczalnych z obliczonymi teoretycznie za pomocą odpowiednich korelacji.

3. Aparatura

Schemat aparatury doświadczalnej przedstawiono na rys.1. Zasadniczym elementem stanowiska jest płytowy wymiennik ciepła wykonany ze stali nierdzewnej ($\lambda = 15 \text{ W/mK}$). Jest to wymiennik jednoosekowy, w którym każdy z czynników płynie 6-cio ma kanałami. Na powierzchnię wymiany ciepła, wynoszącą $A = 0.194 \text{ m}^2$ składa się 11 płyt o grubości $s_{pt} = 0,3 \text{ mm}$ każda. Odległość między sąsiednimi płytami wynosi $s = 1,2 \text{ mm}$, długość kanału między płytami $L = 220 \text{ mm}$, a jego szerokość $b = 80 \text{ mm}$. Temperaturę wody gorącej na wlocie **T1G** i wylocie **T2G** oraz zimnej na wlocie **T3Z** i na wylocie **T4Z** mierzy się termometrami rtęciowymi, a regulacja i pomiary natężenia przepływów dokonywane są za pomocą zaworów i rotametrów oznaczonych jako **RG** dla wody gorącej i **RZ** dla wody zimnej., zainstalowanych na przewodach zasilających i wyskalowanych w l/h. Woda gorąca z podgrzewacza 3 jest tłoczona pompą **PG** do wewnętrznej rury wymiennika ciepła. Podgrzewacz ma automatyczną regulację temperatury wody w zakresie $25\text{--}95^{\circ}\text{C}$. Woda zimna tłoczona jest pompą **PZ** przez rotametr **RZ** do wymiennika ciepła. Z wymiennika woda przepływa do chłodnicy 4, skąd po ochłodzeniu jest zwracana do aparatu.



Rys. 1. Schemat instalacji z płytowym wymiennikiem ciepła :

- 1 – wymiennik płytowy, 2 – podgrzewacz elektryczny wody gorącej, 3 – chłodnica wody zimnej,
- PG, PZ – pompy obiegowe wody gorącej i zimnej, RG, RZ – rotametry wody gorącej i zimnej,
- T1G, T2G, T3Z, T4Z – termometry rtęciowe do pomiaru temperatur wlotowych i wylotowych wody, ZW – zawór odcinający dopływ wody wodociągowej do chłodnicy.

4. Metodyka pomiarów

Przed rozpoczęciem pomiaru należy wykonać następujące czynności wstępne:

1. włączyć główne zasilanie tablicy elektrycznej,
2. włączyć bezpieczniki oznaczone symbolami PG, PZ, G1, G2, G3 i S,
3. uruchomić pompy wyłącznikami PG i PZ,
4. włączyć sterownie podgrzewaniem wody wyłącznikiem S oraz grzałki G1, G2 i G3,
5. ustalić zaworami przy rotametrach RG i RZ podane przez prowadzącego natężenia przepływu wody gorącej i zimnej oraz otworzyć zawór wody wodociągowej ZW.

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 T1G, T2G, T3Z, T4Z oraz natężenia przepływu wody gorącej i zimnej. Należy wykonać serię pomiarów dla ustalonej wartości natężenia przepływu wody gorącej wynoszącej 500 l/h i zmiennego natężenia przepływu wody zimnej wynoszącego kolejno 200, 300, 400 i 500 l/h.

Po zakończeniu pomiarów należy wyłączyć grzałki G1, G2, G3, wyłączniki S, PG i PZ oraz bezpieczniki oznaczone tymi symbolami. Następnie należy wyłączyć zasilanie główne oraz zamknąć zawór ZW.

5. Opracowanie wyników pomiarów.

Doświadczalne wartości współczynników przenikania ciepła k_d oblicza się ze wzoru Pecleta:

$$\dot{Q} = k_d \cdot A \cdot \Delta T_m \quad (1)$$

Średnia różnica temperatur ΔT_m jest obliczana jako średnia logarytmiczna lub arytmetyczna ze wzoru (2), przy czym ΔT_1 i ΔT_2 oznaczają różnice temperatur między czynnikami na wlocie i wylocie wymiennika. Tak więc $\Delta T_1 = T1G - T4Z$ a $\Delta T_2 = T2G - T3Z$.

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}, \quad [K] \quad (2)$$

W warunkach przepływu ustalonego strumień cieplny wyznacza się z bilansu dla wody gorącej:

$$\dot{Q} = \dot{m}_g c_p (T1G - T2G), \quad [W] \quad (3)$$

w którym: \dot{m}_g - masowe natężenie przepływu wody gorącej [kg/s],

Obliczenia teoretycznych wartości współczynników przenikania ciepła należy przeprowadzić wg równania (4):

$$\frac{1}{k_{\text{teoret}}} = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_z}, \quad (4)$$

Współczynniki wnikania ciepła dla wody gorącej α_g i zimnej α_z należy obliczać wg odpowiednich korelacji, po uprzednim określeniu charakteru przepływu wody w kanałach wymiennika. Liczba Reynoldsa dla przepływu czynnika w kanale, po uwzględnieniu, że średnica zastępcza w takim przypadku wynosi $d_z = 2s$ ma postać:

$$\text{Re} = \frac{2\dot{m}}{nb\eta} \quad (5)$$

gdzie n – jest liczbą kanałów dla czynnika ($n_g = n_z = 6$).

Dla przepływu burzliwego ($\text{Re} > 1000$):

$$\text{Nu} = 0,2 \cdot \text{Re}^{0,67} \cdot \text{Pr}^{0,4} \left(\frac{\eta}{\eta_{\text{śc}}} \right)^{0,1} \quad (6)$$

Dla przepływu laminarnego ($\text{Re} < 10$):

$$\text{Nu} = 1,68 \cdot \left[\text{Re} \cdot \text{Pr} \cdot \frac{d_e}{L} \right]^{0,4} \cdot \left(\frac{\eta}{\eta_{\text{śc}}} \right)^{0,1} \quad (7)$$

W obszarze przejściowym ($10 < \text{Re} < 1000$):

$$\text{Nu} = 0,0033 \text{ Re Pr}^{0,37} \quad (8)$$

W równaniach (7-9) własności fizyczne czynników należy wstawiać w średniej temperaturze (między wlotem a wylotem).

W sprawozdaniu należy umieścić:

- wyniki pomiarów,
- zestawienie doświadczalnych i teoretycznych wartości współczynników przenikania ciepła k_d i k_{teoret} wraz z obliczeniami,
- bilans cieplny dla wykonanych pomiarów.