

14 Doświadczalne badanie powierzchni ożebrowanych

14.1. Wprowadzenie

Żebra nakłada się na powierzchnię po to, aby obniżyć temperaturę tej powierzchni i zintensyfikować strumień ciepła przenikający przez tę powierzchnię. Strumień ciepła przekazywany przez powierzchnię ożebrowaną jest sumą:

$$\mathcal{Q}_{oż} = \mathcal{Q}_z + \mathcal{Q}_{mz} \quad (1)$$

gdzie:

\mathcal{Q}_z [W] – strumień ciepła przekazywany przez łączną powierzchnię F_z żeber,

\mathcal{Q}_{mz} [W] – strumień ciepła przekazywany przez łączną powierzchnię F_{mz} między żebrami.

Wielkości te określają wzory:

$$\mathcal{Q}_z = F_z a_z h_z (t_n - t_0) \quad (2)$$

$$\mathcal{Q}_{mz} = F_{mz} a_{mz} (t_n - t_0) \quad (3)$$

gdzie:

t_n [$^{\circ}$ C] – temperatura u nasady żebra,

t_0 [$^{\circ}$ C] – temperatura płynu,

a_z, a_{mz} [W/(m^2 K)] – średnie współczynniki wnikania ciepła na powierzchniach F_z i F_{mz} ,

η_z – sprawność żebra, zdefiniowana jako:

$$h_z = \frac{\mathcal{Q}_z}{\mathcal{Q}_{z \max}} \quad (4)$$

$\mathcal{Q}_{z \max}$ - strumień ciepła oddany do otoczenia przez żebro o stałej temperaturze $t = t_n$.

Uwaga 1:

$$\mathcal{Q}_{z \max} = \lim_{l \rightarrow \infty} \mathcal{Q}_z$$

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału żeber.

Uwaga 2:

Wzór (2) jest konsekwencją definicji (4) i prawa Newtona $\mathcal{Q} = Fa(t - t_0)$.

Temperatura powierzchni żebra, dla którego $0 < \lambda < \infty$ jest nierównomierna. Wobec tego do wzoru Newtona należy wstawić uśrednioną wartość tej temperatury:

$$\mathcal{Q}_z = F_z a_z (t_{sr} - t_0) \quad (5)$$

Zgodnie z określeniem $\mathcal{Q}_{z \max}$ mamy:

$$\mathcal{Q}_{\max} = F_z a_z (t_n - t_0) \quad (6)$$

Podstawiając zależności (5) i (6) do (4) otrzymuje się:

$$h_z = \frac{t_{sr} - t_0}{t_n - t_0} \quad (7)$$

14.2. Cel doświadczenia

Celem doświadczenia jest wyznaczenie sprawności żebra oraz obserwacja, jak skutecznie żebra obniżają temperaturę powierzchni pręta. Eksperyment realizuje się przy założeniu, że strumień ciepła przekazywany do otoczenia przez powierzchnię ożebrowaną jest stały.

14.3. Opis doświadczenia

Powierzchnią nieożebrowaną jest poziomy walec, wewnątrz którego umieszczono grzałkę elektryczną. Ciepło wydzielające się w grzałce jest w całości przekazywane przez powierzchnię walca o temperaturze t_{sc} do otoczenia o temperaturze t_0 . Ruch powietrza wokół walca ma charakter konwekcji swobodnej.

Dwie powierzchnie ożebrowane to takie same ogrzewane od środka pręty, na które nałożono żebra okrągłe o różnych średnicach. W trakcie wykonywania doświadczenia każdy z tych prętów pobiera i rozprasza taki sam strumień ciepła – tzn. pobiera taką samą moc elektryczną. W doświadczeniu dla 2 – 3 zadanych wartości mocy elektrycznej należy zmierzyć:

- t_n^i – temperaturę u nasady żebra,
 - t_k^i – temperaturę na końcu żebra,
- i – indeks numerujący nastawioną moc elektryczną P_{el}^i grzałki.

Uwaga 3:

Dla powierzchni walca nieożebrowanego mamy $t_n^i = t_{sc}^i$.

14.4. Opracowanie wyników

Przy wykonywaniu obliczeń przyjmuje się następujące uproszczenia:

- rozkład temperatury wzdłuż żebra jest liniowy,
- współczynniki a_z i a_{mz} są sobie równe,

Wówczas wzór (7) przyjmie postać:

wtedy wzór (7) ma postać:

$$h_z = 1 - \frac{1}{3} \frac{t_n - t_k}{t_n - t_0} \left[1 + \frac{1}{1 + \frac{d_w}{d_z}} \right] \quad (8)$$

$$P_{el} = \dot{Q}_{oz} = (F_z h_z + F_{mz}) a_z (t_n - t_0) \quad (9)$$

$$P_{el} = \dot{Q} = F a (t_n - t_0) \quad (10)$$

gdzie:

F [m^2] – powierzchnia nieożebrowana,

α [$W/(m^2K)$] – średni współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni F .

Dla każdej wartości P_{el}^i, t_n^i, t_k^i należy obliczyć wartości współczynników a_z^i oraz a^i ze wzorów (8), (9), (10), i porównać wartości tych współczynników. Obliczoną ze wzoru (8) sprawność żebra należy porównać ze sprawnością odczytaną z wykresu 5.21 („Przekazywanie Ciepła”, E. Kalinowski). Aby odczytać z wykresu sprawność żebra, należy wcześniej obliczyć wartość argumentu:

$$\frac{d_z - d_w}{2} \sqrt{\frac{2a_z}{sI}}$$

dla wartości α_z otrzymanych z eksperymentu.

Obserwacja i ocena skuteczności obniżenia temperatury powierzchni sprowadza się do wyznaczenia wartości wskaźnika ξ :

$$\xi = \frac{t_{sc} - t_0}{t_n - t_0}$$

14.5. Pytania sprawdzające

1. W jakim celu stosuje się powierzchnie ożebrowane?
2. Co to jest sprawność żebra? Podaj jak się ją wyznacza w przypadku żeber prostych i okrągłych.
3. Czy żebro proste można traktować jako pręt? Jakie warunki muszą być wtedy spełnione?
4. Wyprowadź wzór określający strumień ciepła przenikający przez przegrodę ożebrowaną żebrami okrągłymi.