

Termodynamika techniczna

Temat:

Wymiana ciepła na drodze przewodzenia - wyznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła powłoki ochronnej stosowanej na formy metalowe (kokile).

I. Wprowadzenie

Założenia:

- forma metalowa (kokila doświadczalna) w kształcie walca, obie powierzchnie czołowe pokryto grubą warstwą materiału izolacyjnego,
- badaną powłokę naniesiono na powierzchnię boczną formy (walca),
- nagrzewanie formy metalowej odpowiada warunkom nagrzewania nieskończenie długiego walca, czyli promieniowemu przepływowi ciepła.

Względną temperaturę środka formy (osi walca) przy promieniowym przepływie ciepła w warunkach brzegowych III rodzaju (warunki Newtona), ujmuje równanie kryterialne:

$$Q_c = \frac{T_c - T_{mc}}{T_0 - T_{mc}} = f(F_o, B_i) \quad (1)$$

gdzie: T_c – temperatura zmienna w osi walca, K,

T_0 – temperatura początkowa kokili, K,

T_{mc} – temperatura ciekłego metalu (otoczenia), K,

Równania kryterialne:

$$F_o = \frac{a_k \cdot \tau}{R_k^2} \quad \text{kryterium Fouriera} \quad (2)$$

$$B_i = \frac{\alpha_p}{\lambda_k} \cdot R_k \quad \text{kryterium Biota, intensywność stygnięcia} \quad (3)$$

gdzie: R_k – promień kokili, m,

a_k – współczynnik wyrównywania temperatury, m^2/s ,

λ_k – współczynnik przewodzenia ciepła, W/mK,

τ - czas, s,

α_p – współczynnik wymiany ciepła, W/m²K

W równaniu (1) wartością niewiadomą jest liczba B_i , równanie to przekształcimy do postaci:

$$B_i = f(Q_c, F_o) \quad (4)$$

Wartości Q_c oraz F_o wyznacza się z wyników pomiaru przebiegu nagrzewania formy metalowej doświadczalnej przez podstawienie wartości zmiennych T_c i τ .

Znając Q_c oraz F_o i korzystając z nomogramu typu $Q_c = f(F_o, B_i)$ odczytujemy wartość B_i , którą się uśrednia:

$$B_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i \quad (5)$$

Następnie oblicza się wartość współczynnika λ_p na podstawie związków:

$$B_{i'sr} = \frac{\alpha_p}{\lambda_k} \cdot R_k \quad (6)$$

po przekształceniu:

$$\alpha_p = B_{i'sr} \frac{\lambda_k}{R_k} \quad (7)$$

opór cieplny powłoki:

$$S = \frac{1}{\alpha_p} = \frac{X_p}{\lambda_p} \Rightarrow \lambda_p = \alpha_p \cdot X_p \quad (8)$$

gdzie: X_p – grubość powłoki izolacyjnej, m

II. Przebieg ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła powłoki ochronnej stosowanej do form metalowych (kokile)

1. W piecu laboratoryjnym wytapiamy stop odlewniczy AlZn
2. Metal przegrzewamy do temperatury ok. 750 °C
3. Formę metalową (kokilę doświadczalną) w kształcie walca pokrywamy powłoką ochronną (azotkiem boru)
4. W ścianie formy (w osi walca) oraz we wnęce formy (po zewnętrznej stronie walca), umieszczamy termopary w celu rejestracji temperatur podczas procesu zalewania, krzepnięcia i stygnięcia odlewu
5. Formę metalową umieszczamy w kadzi odlewniczej
6. Po osiągnięciu przez metal temperatury ok. 750 C, z powierzchni metalu ściągamy zgar i zalewamy formę ciekłym metalem
7. Włączamy urządzenie rejestrujące zmiany temperatury w czasie procesu zalewania, krzepnięcia i stygnięcia odlewu
8. Na urządzeniu rejestrującym (mierniku Agilent) obserwujemy zmiany temperatury od momentu zalewania do temperatury poniżej temperatury krzepnięcia odlewu.
9. Na podstawie danych temperatura – czas należy sporządzić wykresy krzywych stygnięcia
10. Korzystając z zależności zamieszczonych we rozdziale 1 oraz nomogramu pola temperatury należy sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia laboratoryjnego na załączonym druku.