6/22

Archives of Foundry,
Year 2006, Volume 6, № 22
Archiwum Odlewnictwa,
Rok 2006, Rocznik 6, Nr 22
PAN – Katowice PL ISSN 1642-5308

OKREŚLENIE CIEPŁA WŁAŚCIWEGO MASY FORMIERSKIEJ METODĄ KALORYMETRII SKANINGOWEJ

F. BINCZYK[1], J. KULASA[2], R. PRZELIORZ[3], A. SMOLIŃSKI[4]
Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,
Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów i obliczeń właściwej pojemności cieplnej c_p w funkcji temperatury masy formierskiej na osnowie piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,10 wiązanej bentonitem „Zębiec Specjal" (80% ziaren poniżej 0,056 mm) i dodatkiem wody w ilości 4%. Pomiary pojemności cieplnej właściwej c_p wykonano na kalorymetrze wysokotemperaturowym Multi HTC S60 firmy Setaram, metodą ciągłą.

Key words: moulding sand,, enthalpy, specific heat, temperature

1.WSTĘP

Właściwości termofizyczne mas formierskich (właściwości związane z wymianą ciepła między odlewem a formą odlewniczą) nie zawsze są doceniane i rzadko oznaczane, nawet w laboratoriach badawczych. Główne znaczenie tych właściwości wiąże się zwykle z procesem krzepnięcia i stygnięcia odlewu [1]. Właściwości termofizyczne masy wpływają także na przebieg innych zjawisk zachodzących w masie podczas i po napełnieniu wnęki formy ciekłym stopem odlewniczym oraz na charakteryzujące te zjawiska właściwości. Typowym zjawiskiem związanym z właściwościami termofizycznymi jest tworzenie się strefy przewilżonej w masach zawierających wodę podczas i po napełnieniu wnęki formy ciekłym stopem odlewniczym[2, 3].

[1] *prof. dr hab. inż., franciszek.binczyk@polsl.pl*
[2] *mgr inż., doktorant*
[3] *dr inż., roman.przeliorz@polsl.pl*
[4] *dr inż., aleksander.smolinski@polsl.pl*

Znajomość właściwości termofizycznych masy może pozwolić także na przybliżone określenie grubości warstwy masy ogrzanej przez odlew do temperatury utraty właściwości wiążących przez glinę (przejście gliny aktywnej w nieaktywną) lub przez spoiwo (rozkład spoiw organicznych lub zachodzenie przemian w niektórych spoiwach nieorganicznych).

2. METODYKA BADAŃ

Pojemność cieplna właściwa jest to ilość ciepła potrzebna do podniesienia temperatury 1 mola substancji o jeden stopień. Tak zdefiniowana pojemność cieplna jest nazywana pojemnością cieplną molową lub ciepłem molowym. Pojemność cieplną można określić na 1 gram zamiast na 1 mol, w tym przypadku nazywa się ją ciepłem właściwym [1]. Zależność pojemności cieplnej właściwej od temperatury zazwyczaj wyraża się wzorem ogólnym, zwanym wzorem Kelley'a [4]:

$$c_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (1)$$

gdzie: a, b, c – współczynniki charakterystyczne dla danych związków i dla określonego zakresu temperatury,

Jedną z metod pomiaru pojemności cieplnej właściwej – c_p jest metoda kalorymetryczna [5, 6]. Wysokotemperaturowy kalorymetr Multi HTC S60 firmy Setaram może pracować w dwóch trybach: skaningowym (differential scanning calorimetry – DSC) oraz jako tzw. metoda opadania (drop method). W pierwszym przypadku temperatura próbki jest zmienna, zaś w drugim pomiar wykonywany jest w stałej temperaturze.

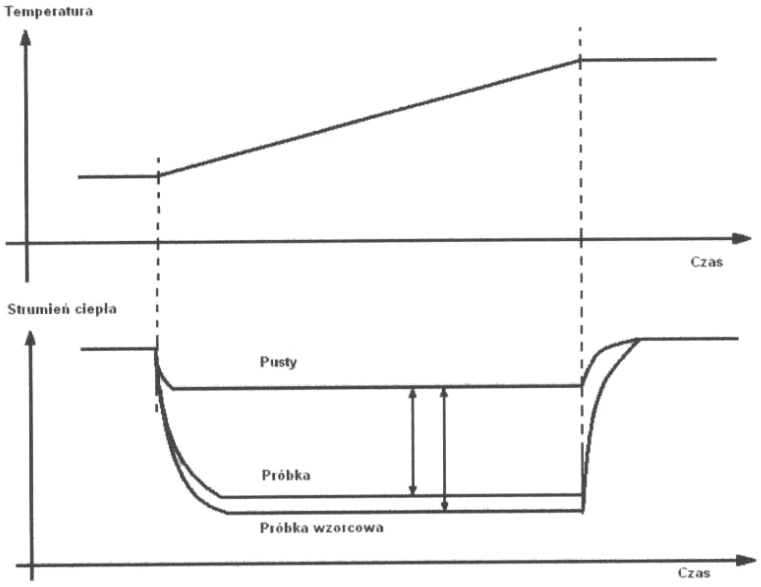
W celu wyznaczenia właściwej pojemności cieplnej dostępne są dwie metody pomiaru:

- metoda ciągła z substancją wzorcową,
- metoda krokowa z substancją wzorcową.

Najczęściej stosuje się metodę ciągłą. W celu wyznaczenia wartości $\mathbf{c_p}$ przeprowadza się trzy pomiary temperatury i strumienia ciepła HF (heat flow), co w sposób schematyczny przedstawiono na rys. 1.. Pierwszy pomiar wykonuje się z dwoma pustymi tygielkami, drugi z tygielkiem i próbką wzorcową oraz trzeci z tygielkiem i próbką badaną. Wartość $\mathbf{c_p}$ oblicza się z zależności:

$$Cp(T) = \frac{HF_{próbki} - HF_{pusty}}{HF_{wzorca} - HF_{pusty}} \cdot \frac{M_{wzorca}}{M_{próbki}} \cdot Cp_{wzorca}(T) \quad (2)$$

gdzie: c_p – właściwa pojemność cieplna, J/(g·°C)
HF – strumień ciepła, W
M – masa, g



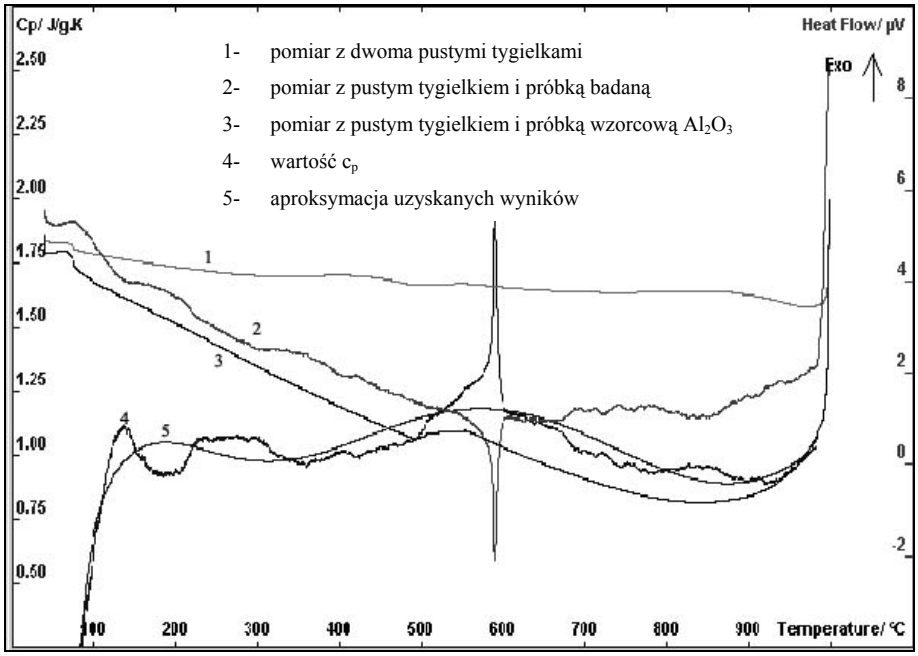
Rys. 1. Metoda ciągłego obliczania c_p z próbką wzorcową. Przebieg krzywych strumienia ciepła HF (heat flow).
Fig. 1. The method of continuous calculation cp with standard sample. The course of curves of stream heat HF (the heat flow).

3. WYNIKI BADAŃ

Jak już wspomniano pomiary pojemności cieplnej właściwej przeprowadzono dla masy formierskiej na osnowie piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,10 wiązana bentonitem „Zębiec Specjal" (80% ziaren poniżej 0,056mm) i dodatkiem wody w ilości 4%. Jako próbkę wzorcową zastosowano Al_2O_3, jako materiał o znanej wartości ciepła właściwego. (jako wzorzec zastosowano Al_2O_3). Szybkość nagrzewania wynosiła 3°C/min., zakres temperatury 100 - 1000°C, atmosferę stanowił argon N50. Próbki do pomiarów kalorymetrycznych posiadały masę 150 mg.
W celu wyznaczenia c_p wykonano trzy pomiary przepływu strumienia ciepła HF:

- pierwszy pomiar, z dwoma pustymi tygielkami (krzywa nr 1);
- drugi, z pustym tygielkiem i próbką wzorcową Al_2O_3 (krzywa nr 3);
- trzeci, z pustym tygielkiem i próbką badaną (krzywa nr 2).

Ostateczny wynik pomiarów i obliczeń pojemności cieplnej c_p w funkcji temperatury, dla badanej masy formierskiej przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zestawienie kolejnych etapów pomiarów i obliczeń ciepła właściwego.
Fig. 2. The composition of next stages of measurements and the calculations of specific heat.

Otrzymane krzywe przepływu ciepła stanowią podstawę do obliczenia pojemności cieplnej właściwej. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu komputerowego Setsoft [5]. Wartości c_p (krzywa nr 4) otrzymano w oparciu o zależność (2). Wartości c_p podano w tabeli 1.

Tabela 2. Wyniki pomiarów ciepła właściwego masy formierskiej
Table 2. The results of measurements of specific heat of moulding sand

Temperatura, °C	Ciepło właściwe, J/(g·°C)
100	0,6173
200	0,9439
300	1,066
500	1,097
573	przemiana
600	1,179
700	1,02
800	0,949

W oparciu o program komputerowy Setsoft obliczono współczynniki a, b, c, d z równania (1) i wykonano aproksymację uzyskanych wyników uzyskując krzywą oznaczoną na rys. 2 jako nr 5.

$$\mathbf{c_p = a + bT + cT^2 + dT^3} \quad (3)$$

Tabela 3. Wartości współczynników a, b, c, d dla badanej masy formierskiej
Table 3. The value of coefficients and, the b, c, d for studied of the moulding sand

Temperatura, °C	$c_p = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3$			
	$a \cdot 10^1$	$b \cdot 10^4$	$c \cdot 10^7$	$d \cdot 10^{10}$
100 - 984	7,669158	6,862901	-3,280709	-6,957514

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Z przedstawionych wartości pojemności cieplnej wynika, że w temperaturze 100°C wartość c_p wynosi 0,6173 J/(g·°C) natomiast w temperaturze 984°C wartość ta powiększa się do około 1.082 J/(g·°C).

Z analizy rys. 2 wynika, że w zakresie temperatury od 170 do 210°C, występuje wyraźna zmiana pojemności cieplnej $\mathbf{c_p}$, która jest prawdopodobnie spowodowana utratą wody miedzypakietowej z montmorillonitu. W zakresie temperatury od 250 do 470°C występują niewielkie wahania wartości pojemności cieplnej, które można tłumaczyć wpływem zanieczyszczeń obecnych w masie formierskiej. W temperaturze 573°C widoczna jest przemiana polimorficzna SiO_2 (niskotemperaturowego β-kwarcu, w wysokotemperaturowy α-kwarc). W temperaturze powyżej 900°C występuje efekt cieplny, najprawdopodobniej związany z destrukcja sieci krystalicznej montmorillonitu [7].

5. PODSUMOWANIE

Badania kalorymetryczne z użyciem kalorymetru skaningowego pozwalają na bezpośredni i precyzyjny pomiar najważniejszych właściwości termofizycznych materiałów. Wartość pojemności cieplnej właściwej – c_p określa się eksperymentalnie drogą pomiarów kalorymetrycznych. Znajomość wartości c_p oraz współczynnika przewodzenia ciepła „λ", pozwala obliczyć współczynnik przewodzenia temperatury „a" i współczynnik akumulacji ciepła „b". Znając te wartości można wnioskować o zachowaniu się mas w podwyższonej temperaturze (wybijalność, podatność i gazotwórczość niektórych mas; stopień rozkładu spoiwa organicznego w masie itp.)

LITERATURA

[1] Lewandowski J.L.: *Tworzywa na formy odlewnicze*. Wyd. „Akapit" Kraków 1997.
[2] Tomeczek J. *Termodynamika*. Wydawnictwo Politechnika Śląska Gliwice 1999.
[3] Tyrkiel E. *Termodynamiczne podstawy materiałoznawstwa*. Warszawa 1987 PWN.
[4] Liberski P., Przeliorz R., Gierek A.: *Pojemność cieplna właściwa i kinetyka utleniania faz międzymetalicznych Ni_3Al, Fe – 36 Al. i Ti –48Al*. Ochrona przed Korozją. Nr 11s/A/2005, s.184-189
[5] Multi HTC User Manual. Setaram – Materiały Informacyjne. Caluire 2001.
[6] Ufnalski W. *Obliczenia fizykochemiczne na Twoim PC*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
[7] Lewandowski J.L.: *Materiały formierskie*. Laboratorium. Wydawnictwo AGH Kraków 1997.

THE DEFINITION OF SCANNING CALORYMETRY METHOD THE SPECIFIC HEAT OF THE MOULDING SAND

SUMMARY

In this work the results of measurements and were introduced was and the calculations of proper the specific heat cp in function of temperature of moulding sand on base of quartz sand about main fraction 0,20 / 0,16 / 0,10 from binder bentonite the "The Zębiec Specjal " (80% grains below 0,056) and the addition of water in quantity 4% It the measurements of thermal proper capacity cp were executed was on high-temperature calorimeter Multi the HTC the S60 of firm Setaram, the continuous method.

Recenzował Prof. Jan Lech Lewandowski