

Możliwości określenia zawartości lepiszcza w masach formierskich przy użyciu pola elektromagnetycznego

D. Nowak *, K. Granat, B. Opyd, R. Więclawek

Zakład Odlewnictwa i Automatykacji, Politechnika Wroclawska, ul. Łukasiewicza 5, 50-371 Wrocław, Polska

*Corresponding author. E-mail address: daniel.nowak@pwr.wroc.pl

Received 25.04.2012; accepted in revised form 08.05.2012

Streszczenie

W pracy zaprezentowano wyniki wstępnych badań nad możliwością określenia zawartości lepiszcza w klasycznych masach formierskich metodą mikrofalową. Przedstawione w pracy pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem specjalnego stanowiska tzw. linii szczelinowej. Zawartość lepiszcza w masie formierskiej określano na podstawie badań mocy absorbowanej oraz mocy wyjściowej fali elektromagnetycznej. Jedną z głównych zalet proponowanej, nowej metody pomiaru zawartości lepiszcza jest krótki czas pomiaru.

Słowa kluczowe: Innowacyjne technologie odlewnicze, Masa formierska, Lepiszczce, Mikrofałe

1. Wprowadzenie

Masy syntetyczne są masami które w praktyce odlewniczej mają najpowszechniejsze zastosowanie wśród klasycznych mas formierskich. Związane jest to przede wszystkim z możliwością sterowania składem, a zatem i właściwościami technologicznymi tych mas. Głównymi składnikami masy syntetycznej są osnowa piaskowa i lepiszcze. Osnowę piaskową mas syntetycznych stanowią najczęściej piaski kwarcowe, a rzadziej inne np. cyrkonowe, chromitowe, magnezytowe. Spośród lepiszczy stosowanych w odlewnictwie największe znaczenie pod względem zdolności wiązania mają bentonity [1].

O własnościach technologicznych masy formierskiej decyduje przede wszystkim jej rodzaj oraz skład. Natomiast w przypadku określonego rodzaju masy formierskiej, o jej właściwościach technologicznych decyduje ilość i jakość lepiszcza (bentonitu) oraz wilgotność. Znajomość zawartości lepiszcza, szczególnie lepiszcza aktywnego, zwłaszcza w przypadku procesu odświeżania masy obiegowej, stanowi istotną informację o właściwościach technologicznych takiej masy.

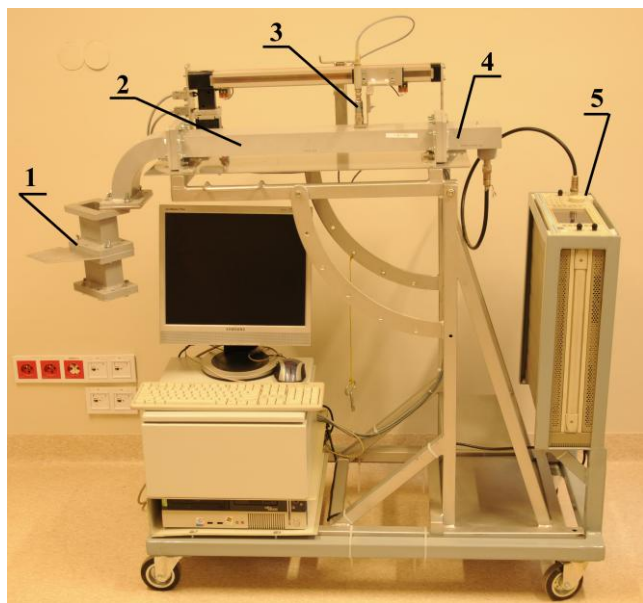
Analiza wyników wstępnych badań laboratoryjnych, przeprowadzonych z wykorzystaniem mikrofalowej linii szczelinowej w Zakładzie Odlewnictwa i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej wykazała, że możliwe jest opracowanie nowej metody identyfikacji ilościowej lepiszcza w klasycznej masie formierskiej [3-5].

2. Stanowisko pomiarowe

Zjawisko występowania w falowodzie fali stojącej, będącej rezultatem superpozycji fali odbitej od danego ośrodka i fali padającej na ten ośrodek, jest często wykorzystywane w miernictwie mikrofalowym. Za jego pomocą można wyznaczyć, odgrywający bardzo istotną rolę w procesach nagrzewania, współczynnik fali stojącej (WFS) oraz tłumienie pochłaniania. Do pomiarów wykorzystuje się mikrofalowe linie szczelinowe [2, 6 - 8]. W badaniach WFS wybranych materiałów formierskich zastosowano stanowisko pomiarowe składające się ze źródła fali elektromagnetycznej, prostokątnego falowodu z ruchomą sondą oraz miernika WFS.

Falowód wykonano w taki sposób, aby możliwe było wprowadzenie do jego wnętrza, poprzez specjalnie wykonaną szczelinę, sondy pomiarowej połączonej z detektorem. Ruchoma sonda umożliwia pomiar rozkładu pola elektromagnetycznego wewnątrz falowodu. Na podstawie tego rozkładu można wyznaczyć współczynnik odbicia fali od impedancji obciążenia (substratu).

Na rysunku 1 przedstawiono widok stanowiska badawczego. Jako źródło fali elektromagnetycznej wykorzystano urządzenie firmy MARCONIC wyposażone w syntezer częstotliwości. Wygenerowany przez to urządzenie sygnał ma stałą moc, której wartość wynosiła w trakcie całego cyklu pomiarów 3,98 mW.



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego: 1- komora obciążeniowa z wymiennymi substratami, 2 – pomiarowa linia falowodowa, 3 – sonda z detektorem, 4 – przejście falowodu w układ współosiowy w standardzie WR340, 5 –generator mikrofalowy

Wartość modułu zmierzonego współczynnika fali stojącej WFS odczytywano na mierniku. Przed przystąpieniem do badań dokonano obliczenia długości fali w falowodzie λ_f dla częstotliwości pomiarowej 2,45 GHz. W tym celu zastosowano równanie (1), w którym λ_0 jest długością fali w próżni [6-8]:

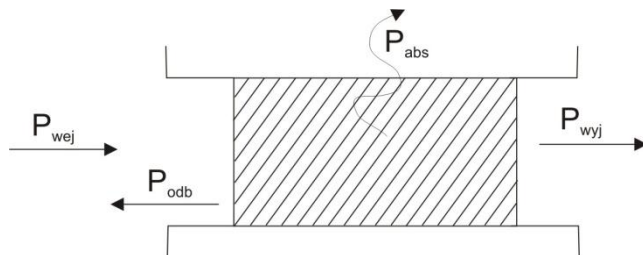
$$\lambda_f = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{gr}}\right)^2}} \quad (1)$$

Długość fali λ_{gr} dla częstotliwości granicznej, równą 188 mm, obliczono na podstawie wymiarów falowodu i przyjętego rodzaju pola TE_{10} . Na podstawie równania (1) wyznaczono długość fali w falowodzie $\lambda_f = 174$ mm. Miejsca mierzonych minimum i maksimum sygnału będą się powtarzać co 0,5 długości fali w falowodzie, czyli dokładnie co 87 mm. Dodatkowo, aby możliwym było odczytanie pozycji przynajmniej jednego minimum i jednego maksimum, powinien być spełniony warunek minimalnej długości falowodu wynoszącej: $L \gg 0,5 \lambda_f$ [1].

3. Pomiar absorpcji mikrofal

Celem podjętych badań było precyzyjne określenie, jaka część mocy wejściowej mikrofal P_{wej} jest absorbowana przez badany materiał. Znajomość tego parametru pozwala, w omawianym przypadku, na określenie ilości lepszca w masie formierskiej.

Na rysunku 2 pokazano bilans mocy mikrofal działających na badaną próbkę, który przedstawia się następująco:



Rys. 2. Bilans mocy mikrofal działających na próbkę

$$P_{wej} = P_{odb} + P_{abs} + P_{wyj} \quad (2)$$

stąd:

$$P_{odb} = \left(10^{\frac{RL}{10}}\right) * 100\% \quad (3)$$

$$P_{abs} = \left(1 - \left(10^{\frac{IL}{10}} + 10^{\frac{RL}{10}}\right)\right) * 100\% \quad (4)$$

$$P_{wyj} = \left(10^{\frac{IL}{10}}\right) * 100\% \quad (5)$$

gdzie:

P_{wej} = moc wejściowa,

P_{odb} = moc odbita,

P_{abs} = moc absorbowana,

P_{wyj} = moc wyjściowa

R_L = strata związana z odbiciem

I_L = tłumienność przesyłania

Parametrem bezpośrednio związanym ze stratami, w wyniku pochłaniania mocy w badanym materiale, jest tłumienie pochłaniania A_d [6].

$$Ad := \frac{P_{wej}}{(P_{wej} - P_{odb})} \quad Ad := 10 \times \log \left[\frac{1 - (|S_{11}|)^2}{(|S_{21}|)^2} \right] \quad (6)$$

gdzie:

S_{11} , S_{21} – współczynniki macierzy rozproszenia.

Aby właściwie wyznaczyć parametry rozproszenia S_{11} i S_{21} niezbędne jest dokonanie pomiarów współczynnika odbicia dla badanej próbki przy obciążeniu dopasowanym oraz przy zwarciu na końcu linii szczelinowej.

Wejściowy współczynnik odbicia dla symetrycznego dwuwrotnika obciążonego impedancją Z_L opisany jest zależnością:

$$G_{wej} = S_{11} + \frac{S_{21}^2 \times G_L}{1 - S_{11} \times G_L} \quad (7)$$

Parametr S_{11} wyznaczamy wprost z pomiaru współczynnika odbicia dla badanej próbki przy obciążeniu dopasowanym, dla którego $\Gamma_L = 0$

$$\text{stad} \\ G_{wej} = S_{11} \quad (8)$$

Γ_{wej} jest wielkością zespoloną, którą można zapisać w postaci

$$G_{wej} = |G_{wej}| \times e^{j\phi_{wej}} \quad (9)$$

gdzie:

$$Q_{wej} = \rho + \frac{4\rho}{l} \times dL \quad (10)$$

$$|G_{wej}| = \frac{wfs - 1}{wfs + 1} \quad (11)$$

oraz

$$wfs = \frac{U_{max}}{U_{min}} \quad (12)$$

gdzie: U_{max} – napięcie maksymalne, U_{min} – napięcie minimalne fali stojącej, dL – przesunięcie minimum fali stojącej, λ – długość fali.

Wielkości U_{max} , U_{min} oraz dL są wyznaczane w trakcie pomiarów na stanowisku (rys. 1).

Dla badanej próbki i zwartej na końcu linii ($\Gamma_L = -1$) z zależności (7) otrzymujemy wyrażenie na parametr S_{21} :

$$S_{21} = \sqrt{(S_{11} - G_{wej2})(1 + S_{11})} \quad (13)$$

gdzie Γ_{wej2} jest zmierzonym współczynnikiem odbicia, a S_{11} wyznaczono z (5).

$$G_{wej2} = \frac{wfs_2 - 1}{wfs_2 + 1} \quad (14)$$

$$wfs_2 = \frac{U_{max}}{U_{min}} \quad (15)$$

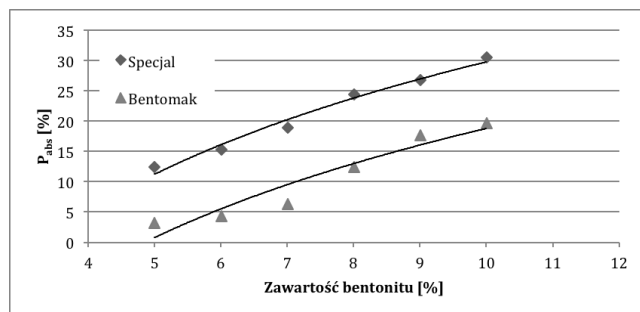
Zatem do wyznaczenia tłumienia pochłaniania A_d niezbędne jest uzyskanie wyników pomiarów napięcia maksymalnego i minimalnego fali stojącej (patrz wzór 12 i 15), długości fali oraz przesunięcia fali (patrz wzór 10) dla próbki z dopasowanym obciążeniem oraz przy zwarciu linii szczelinowej.

3.1 Przygotowanie próbek do badań

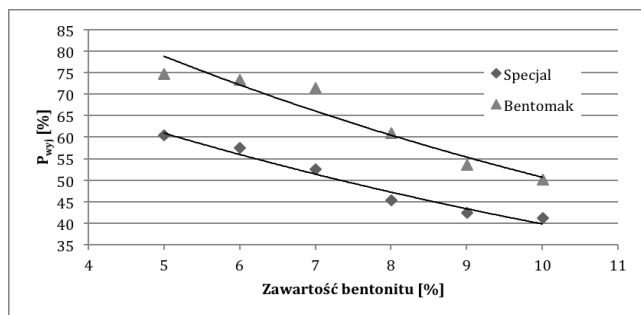
Badane próbki wprowadzano do zamontowanej na końcu falowodu komory o stałej objętości. Została ona wykonana z materiału o bardzo niskim współczynniku tłumienia mikrofal zapewniającym swobodne przejście przez jej ścianki fali oraz jej penetrację w głąb, znajdującej się w komorze, masy formierskiej. Masy przeznaczone do badań posiadały stałą, ustaloną wilgotność oraz temperaturę otoczenia. Próbki zagęszczano wstępnie za pomocą ubijaka laboratoryjnego typu LU zapewniając w ten sposób stały stopień zagęszczenia masy formierskiej. Następnie zagęszczone próbki poddano suszono.

4. Wyznaczenie mocy absorbowanej oraz wyjściowej

Przed rozpoczęciem badań przeprowadzono wstępne pomiary mające na celu określenie wpływu korelacji różnej zawartości bentonitu w stosunku do strat wtrąceniowych IL oraz tłumienia pochłaniania TP energii mikrofalowej. Badania polegały na wyznaczeniu wartości IL oraz TP dla wysuszonej masy formierskiej z różną zawartością w jej składzie bentonitów Specjal oraz Bentomak.



Rys. 3. Wpływ zawartości bentonitów w klasycznej masie formierskiej na moc absorbowaną P_{abs}



Rys. 4. Wpływ zawartości bentonitów w klasycznej masie formierskiej na moc wyjściową P_{wyj}

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono na wykresach zależność mocy absorbowanej oraz mocy wyjściowej od zawartości bentonitu Specjal oraz Bentomak w klasycznej masie formierskiej.

Analizując wyniki badań wstępnych przedstawione na rysunku 3 i 4 możemy stwierdzić, że zależności mocy absorbowanej oraz mocy wyjściowej są liniowe. Można zatem stwierdzić, że wystarczającym jest zmierzenie tylko jednego parametru tj. mocy absorbowanej lub mocy wyjściowej, aby możliwe było wyznaczenie ilości zawartego w masie formierskiej bentonitu.

5. Wnioski końcowe

Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych w pracy badań można stwierdzić, że:

- możliwy jest pomiar, z zastosowaniem promieniowania mikrofalowego, zawartości lepiszcza w masie formierskiej z wykorzystaniem nowej metody pomiaru polegającej na wyznaczeniu za pomocą linii szczelinowej wartości jednego z dwóch parametrów tj. mocy absorbowanej lub mocy wyjściowej,

- zaletą opracowanej nowej metody pomiaru zawartości lepiszcza masy formierskiej jest, związany ze specyfiką promieniowania mikrofalowego, krótki czas pomiaru,

- przedstawione wyniki badań wstępnych z wykorzystaniem mikrofalowej linii szczelinowej, polegające na pomiarze mocy absorbowanej lub mocy wyjściowej, stanowią wstęp do opracowania metody pomiaru ilości lepiszcza aktywnego w masach obiegowych, identyfikacji rodzaju lepiszcza oraz w dalszym etapie wyznaczania wilgotności masy formierskiej.

- w programie dalszych badań przewiduje się ustalenie wpływu zmiennej temperatury mas obiegowych, odświeżanych do ustalonej wartości R_c .

Literatura

- [1] Lewandowski, J.L. (1998). *Tworzywa na formy odlewnicze*. Kraków: Akapit.
- [2] Thomas H. E. (1978). *Techniki i urządzenia mikrofalowe Poradnik*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo – Techniczne.
- [3] Pigiel, M., Granat, K., Nowak, D. & Florczak, W. (2006). Wykorzystanie energii mikrofalowej w procesach odlewniczych. *Archiwum Odlewnictwa*. 6(21), 443-452.
- [4] Granat, K., Nowak, D., Pigiel, M., Stachowicz M. & Wikiera R. (2008). Pomiar współczynnika fali stojącej dla oceny skuteczności pochłaniania mikrofal przez materiały formierskie. *Archives of Foundry Engineering*. (8), Special Issue 3/2008, 31-34.
- [5] Nowak, D. (2012). Application of microwaves for binder content assessment in moulding sands. *Archives of Foundry Engineering*. 12(3), 81-84.
- [6] Galwas, B. (1985). *Miernictwo mikrofalowe*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- [7] Litwin, R., Suski, M. (1972). *Technika mikrofalowa*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo – Technicznej.
- [8] Garczyński, W. (2003). *Podstawy techniki mikrofalowej*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.

Possibilities of Determination of the Binder Content in Sand Molds with the use of Electromagnetic Field

Abstract

This paper presents the results of a preliminary study of the possibility to determining binder content in conventional moulding sands using microwave method. Measurements presented in this paper were carried out using a special work station - microwave slot line. Binder content in the moulding sands was defined by analyzing power absorbed and output power of an electromagnetic wave. One of the main advantage of the suggested, new method of binder content measurement is a short measuring time.

