

Formy i rdzenie z mas szybkowiążących - wyznaczenie prędkości przemieszczania się frontu utwardzania

J. Zych*, Ł. Jamrozowicz**

^a Pracownia Technologii Formy, Wydział Odlewnictwa, AGH, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

* Kontakt korespondencyjny: e-mail: jzych@agh.edu.pl

** Kontakt korespondencyjny: e-mail: ljamroz@agh.edu.pl

Otrzymano 20.05.2010; zaakceptowano do druku 05.06.2010

Streszczenie

W pracy przedstawiono nową metodę badań kinetyki utwardzania mas szybkowiążących, pozwalającą monitorować przemieszczanie się frontu utwardzania mas w formie (rdzeniu), a także wyznaczenie prędkości przemieszczania się tego frontu. W pracy przedstawiono stanowisko pomiarowe a także opisano metodykę pomiarową. Metoda pomiarowa jest oparta na opatentowanym sposobie pomiarów przy użyciu techniki ultradźwiękowej. Badania dotyczą wyznaczenia prędkości przemieszczania się frontu utwardzania masy w funkcji parametrów technologicznych procesu - przepuszczalności masy, wielkości ziarna czy stopnia zagęszczenia masy określanego przez gęstość pozorną.

Słowa kluczowe: Masy szybkowiążące; Technika ultradźwiękowa; Front utwardzania, Kinetyka wiązania.

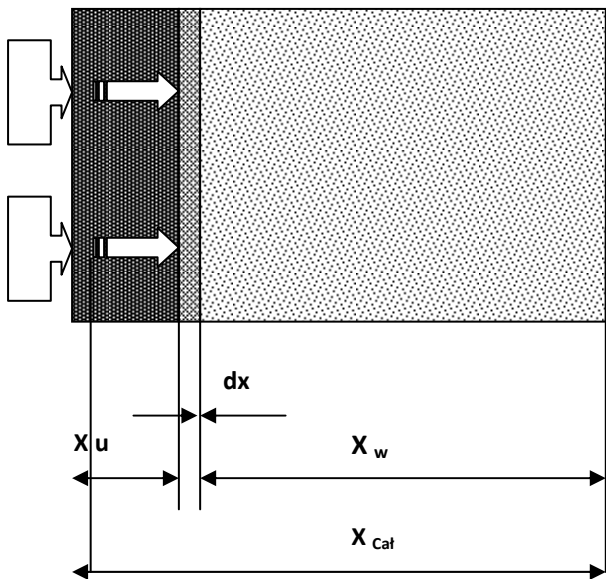
1. Wprowadzenie

Nowoczesna technologia wytwarzania rdzeni odlewniczych stosuje tzw. proces cold-box, w którym proces utwardzania (wiązania) masy ze spoiwem chemicznym osiąga się na drodze przedmuchiwania zagęszczonej w rdzennicy masy aktywnym gazem. Reakcje chemiczne pomiędzy spoiwem i gazowym utwardzaczem w masie rdzeniowej przebiega bardzo szybko. Spoiwa rozmieszczone na powierzchni ziaren osnowy najczęściej kwarcowej - tworzą silnie rozwiniętą powierzchnię. Grubość warstwy spoiwa nie przekracza kilku mikrometrów. To powoduje, że utwardzacz gazowy przemieszczający się w kapi-

larach międzyziarnowych reaguje z rozproszonym na ziarnach spoiwem niejako równocześnie w całej objętości spoiwa. Transport gazu w ośrodku porowatym, jak i szybkość jego przepływu zależy (zgodnie z równaniami H. Poiseuille'a (1) i (2)) od: różnicy ciśnień (ΔP), lepkości gazu (η), skali porowatości ośrodka (V_p) związanej z wielkością kapilar międzyziarnowych (D_p), długości kanałów kapilarnych (L) oraz wielkości powierzchni ścianek porów (S) [1,3,4].

$$\bar{u} = \frac{D_p^2 \cdot \Delta P}{32 \cdot \eta \cdot L} \quad (1)$$

$$\bar{u} = \frac{V_p^2 \cdot V_1 \cdot \Delta P}{(1 - V_p)^2 \cdot S^2 \cdot \eta \cdot 2L} \quad (2)$$



Rys. 1. Model procesu utwardzania masy ze spoiwem chemicznym przez przedmuchiwanie aktywnym gazem; X_u - warstwa utwardzona, d_x – warstwa, w której proces utwardzania jest w „toku”, X_w - warstwa masy nieutwardzonej, X_{cat} - całkowita grubość utwardzanej warstwy [2,5]

Przepływ gazu przez masę zagęszczoną w rdzennicy powoduje postępujące jej utwardzanie się w kolejnych warstwach, jak pokazuje to rysunek 1. Szybkość, z jaką postępuje przyrastanie warstwy utwardzonej (lub szybkość przemieszczania frontu utwardzania) jest jednak inna od szybkości przepływu gazu w ośrodku porowatym (którą można wyliczyć z równań H. Poiseuille'a). Szybkość przemieszczania się frontu utwardzania decyduje o czasie przedmuchu rdzeni reaktywnym gazem czyli decyduje o cyklu technologicznym [6].

Dotychczas określenie prędkości przemieszczania się frontu utwardzania było bardzo trudne, jednakże zastosowanie nowej ultradźwiękowej, opatentowanej metody badawczej pozwoliło w łatwy sposób na jej wyznaczenie.

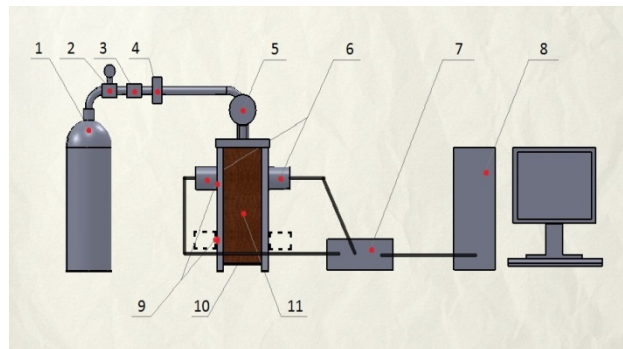
2. Badania własne

2.1. Cel i metodyka badań

Utwardzanie masy przedmuchiwanej aktywnymi gazami następuje gdy cząstki gazu zostaną przetransportowane do miejsca tworzenia się mostka łączącego ziarna i zostaną w kontakcie ze spoiwem w dostatecznie długim czasie. W utwardzanym rdzeniu wraz z upływem czasu, od powierzchni przez którą dostarczany jest gaz narasta warstwa związanej masy. Prędkość z jaką powiększa się grubość utwardzonej masy zależy od wielu czynników. W pracy przedstawiono sposób wyznaczania prędkości przemieszczania się frontu utwardzania.

Na rysunku 2 pokazano schemat stanowiska badawczego do wyznaczania kinetyki utwardzania masy co jest pierwszym etapem na drodze do określenia prędkości frontu utwardzania.

Wyznaczanie kinetyki utwardzania masy było prowadzone w następujący sposób. Przygotowana masa formierska była umieszczana w rdzennicy (11). Czynnikiem utwardzającym masę był gaz CO_2 podawany do rdzennicy z butli (1) przez reduktor z manometrem (2) i podgrzewacz (3). Sposób podawania gazu był regulowany przez elektrozawór (4). W trakcie utwardzania przez CO_2 masy formierskiej dokonywany był pomiar czasu przejścia fali ultradźwiękowej przez masę-rdzeń.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Pomiaru dokonywano w dwóch miejscach na wysokości rdzenia (9) – w górnej części rdzenia przy otworze przez, który był dostarczany gaz, a także w dolnej części rdzenia, w pobliżu perforowanego dna (10), przez który nadmiar gazu wydostaje się poza rdzennicę. Fala ultradźwiękowa generowana była w generatorze (7) za pomocą głowic (6) nadawczej i odbiorczej a następnie przepuszczana jest przez rdzeń. Czas przejścia fali ultradźwiękowej przez rdzeń był odczytywany przez odbiornik a następnie za pomocą specjalnego programu był gromadzony i zapisywany w urządzeniu zewnętrznym – komputerze (8). Podczas pomiaru było także odczytywane za pomocą manometru (5) nadciśnienie w rdzennicy ponad górną warstwę masy.

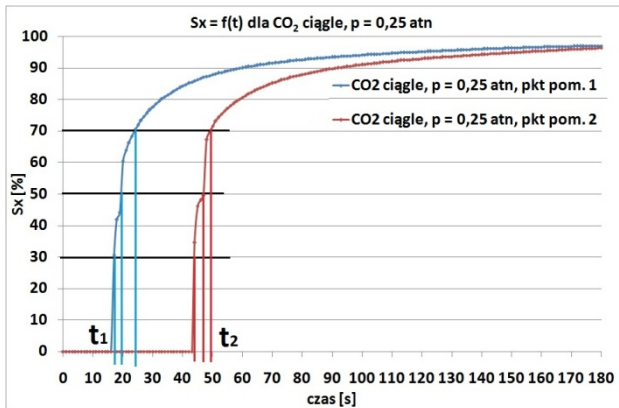
W celu wyznaczenia prędkości przemieszczania się frontu utwardzania należało z wykresów wyznaczonych wcześniej kinetyk utwardzania masy odczytać, dla danego stopnia utwardzenia S_x , czas jaki upłynął od startu podawania CO_2 - czyli startu procesu utwardzania masy do momentu osiągnięcia przez masę danego stopnia utwardzenia. Sposób odczytu prezentuje rysunek 3.

Po odczytaniu czasów z wykresu: t_1 - czas dla pomiarów w punkcie 1 i t_2 - dla pomiarów w punkcie 2, można wyznaczyć prędkość frontu utwardzania masy wg wzoru 3.

$$v = \frac{d}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

gdzie:

- v – prędkość przemieszczania się frontu utwardzania
- t_2, t_1 – czas odczytany z wykresu kinetyki utwardzania
- d – odległość między punktami pomiarowymi: $d = 17$ cm.



Rys. 3. Sposób odczytu czasów $t_{1,2}$ – potrzebnych do obliczenia prędkości przemieszczania się frontu utwardzania - z kinetyki utwardzania masy dla danego stopnia utwardzenia masy S_x

2.2. Wyniki badań

Badaniami objęto masy wykonane na osnowie piasku kwarcowego „Szczakowa” o różnej średniej wielkości ziarna; $d_L = 0,24; 0,28; 0,34$ mm.

Jako spoiwo zastosowano żywicę fenolowo-formaldehydową typu rezolowego - SuperEko NFC. Żywica dodawana była w ilości 2,5%, natomiast wykonane rdzenie przedmuchiwało CO_2 , przy ciśnieniu 0,25; 0,50; i 1,0 atn. Czas przedmuchiwania CO_2 przez rdzenie wynosił 5 minut.

2.3. Prędkość przemieszczania się frontu utwardzania

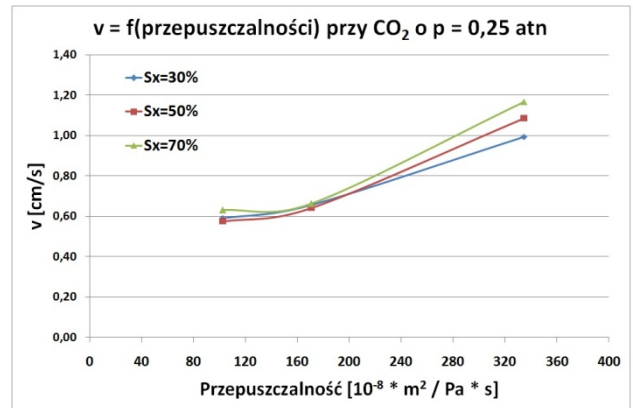
Na rysunku 4 pokazano wpływ przepuszczalności na prędkości przemieszczania się frontu utwardzania masy. Badania wykonano przy ciśnieniu gazu utwardzającego (CO_2) wynoszącego 0,25 atn. Wyznaczano prędkość przemieszczania frontu dla różnych stopni utwardzenia masy S_x .

Jak pokazują badania, niezależnie od stopnia utwardzenia masy S_x , prędkość przemieszczania się frontu utwardzania masy ma podobną wartość i wraz ze wzrostem przepuszczalności masy rośnie ale tylko powyżej pewnej przepuszczalności.

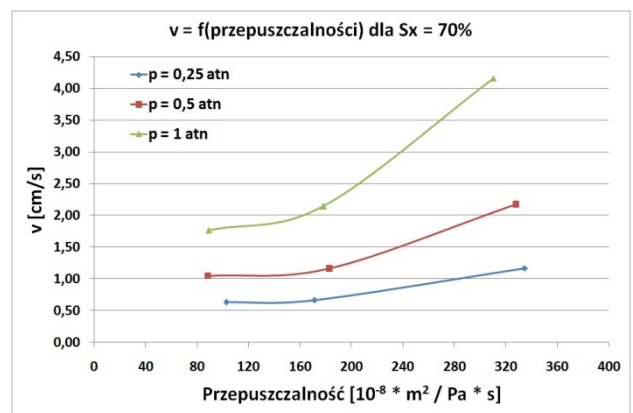
Na rysunku 5 porównane zostały przebiegi zmian prędkości przemieszczania się frontu utwardzania masy w zależności od przepuszczalności przy stopniu utwardzenia masy $S_x=70\%$ dla różnych ciśnień podawanego gazu reaktywnego.

Z wykresu wynika że dla danej przepuszczalności masy wraz ze wzrostem ciśnienia podawanego gazu rośnie prędkość przemieszczania się frontu utwardzania. Ten wzrost jest bardziej intensywny dla większych przepuszczalności masy.

Z analizy danych pomiarowych wynika również, iż prędkość przemieszczania się frontu utwardzania masy zależna jest od ciśnienia podawanego gazu, jak i przepuszczalności masy ściśle związanej ze stopniem zagęszczenia masy.



Rys. 4. Prędkość przemieszczania się frontu utwardzania masy w funkcji przepuszczalności przy CO_2 o ciśnieniu 0,25 atn dla różnych stopni utwardzenia masy



Rys. 5. Prędkość przemieszczania się frontu utwardzania masy w funkcji przepuszczalności przy stopniu utwardzenia masy $S_x=70\%$ dla różnych ciśnień gazu reaktywnego

3. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania dotyczące zastosowania techniki ultradźwiękowej do kontroli procesów technologicznych związanych z produkcją odlewniczą pozwalają na przedstawienie następujących wniosków:

- technika ultradźwiękowa pozwala kontrolować w trybie "on line" kinetykę utwardzania mas ze spoiwami chemicznymi przedmuchiwanymi gazami
- w oparciu o pomiary ultradźwiękowe można w łatwy sposób wyznaczyć prędkość przemieszczania się frontu utwardzania mas
- prędkość narastania warstw (utwardzania) masy zależy od szybkości z jaką przemieszcza się gaz reaktywny w osrodku porowatym - czyli od przepuszczalności masy.
- wyznaczone zależności prędkości przemieszczania się frontu utwardzania masy od przepuszczalności i ciśnienia gazu mogą znaleźć praktyczne wykorzystanie do sterowania procesem utwardzania masy z żywicą fenolową - formaldehydową SuperEko NFC

Literatura

- [1] J. Zych, The synthesis of the uses of ultrasonic technique in the analysis of the kinetics of chosen processes setting in moulding sands. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne. Seria: Rozprawy i Monografie nr 163, Kraków 2007 (in Polish).
- [2] J. Zych, The new non-destructive method of the control of the quality of the elements of forms executed from moulding sand with chemical binder, *Archiwum Odlewnictwa (Kielce)* vol. 3 (2002) nr 5, s. 132-139 (in Polish)
- [3] J. Zych, The methode of the investigation of the process of hardening the core or moulding sand with binder, *Zgłoszenie patentowe; P.-334 715 (z dnia 27.07.99)* (in Polish).
- [4] J. Zych, Bestimmung der scheinbaren Dichte von Naßformsand mit Ultraschallverfahren; *Giesserei Rundschau*, Heft 9/10, Sept/Okt.. (1999), s. 14-18.
- [5] J. Zych, The setting kinetic of moulding sands with water glass, *Acta Metallurgica Slovaca*, t.8, (2002), nr 2, s.93-98.
- [6] J. Zych, The testing of the kinetics of the bond of moulding sand with chemical binders, *Archiwum Odlewnictwa*, t.1 (2001) nr 1, s.586-593 (in Polish).

The moulds and cores made of fast setting moulding sands – determination of speed rate of front hardening transfer

Abstract

The work present the new method of investigation enabling to determine the speed rate of front hardening transfer in moulds and cores made of fast setting moulding sands. The methodology of measurement applied in the work involved own patented way using the ultrasonic technique, and self designed testing equipment. The speed rate of front hardening transfer in moulds and cores is regarded as a function of the technological parameters of the process – generally, the mould sand permeability, as a result of sand compaction defined by the apparent density of moulds and cores.