

# Ścieralność mas formierskich na bazie keramzytu

M. Cholewa, L. Kozakiewicz \*

Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska  
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

\* Kontakt korespondencyjny. E-mail: lukasz.kozakiewicz@polsl.pl

Otrzymano 06.09.2013; zaakceptowano do druku 09.09.2013

## Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę jednej z podstawowych własności technologicznych mas formierskich jaką jest ścieralność. Pierwsza część badań wykonana została bez wykorzystania promiennika, druga – z jego wykorzystaniem, co pozwoliło na nagrzanie próbek do temperatury 95°C. Do badań wykorzystano jako osnowę masy formierskiej lekkie kruszywo ceramiczne o bardzo wysokich własnościach termoizolacyjnych, które jest wytwarzane w Polsce i na bazie polskich surowców (LECA® KERAMZYT). W badaniach wykorzystano masę, w której zawartość lepiszcza bentonitowego mieściła się w granicy 7÷35%.

Przesłanką podjęcia tematyki badawczej jest brak uregulowań normatywnych dotyczących procesów technologicznych klasycznych metod wytwarzania odlewów cienko- jak i supercienkościennych, których grubość ścianki nie przekracza 3 mm, o znacznie rozwiniętej powierzchni oddawania ciepła podczas krystalizacji. Bezpośrednim przeznaczeniem podobnych mas formierskich jest wykonywanie rdzeni i form do wytwarzania odlewów szkieletowych CRS (Odlewy Wzmacniane Przestrzennie). Wykorzystany materiał badawczy pozwala na spełnienie obydwu kryteriów.

**Słowa kluczowe:** Keramzyt, Materiały termoizolacyjne, Masy formierskie

## 1. Wprowadzenie

Masy termoizolacyjne, zgodnie z ich definicją zawartą w normie PN-89/B-04620, powinny charakteryzować się współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda$ , który w temperaturze 20°C nie powinien być wyższy niż 0,175 [W/(m·K)]. Jak podaje literatura [1] współczynnik przewodzenia ciepła gazu wypełniającego pory jest znacznie mniejszy niż substancji stałej, zatem przy wzroście gęstości materiału (który jest równoznaczny ze zmniejszeniem współczynnika porowatości) zwiększa się również jego przewodność cieplna.

W masach termoizolacyjnych niezmiernie istotną rolę odgrywa ich budowa [2], która powinna charakteryzować się dość znaczną porowatością. Występujące tu wolne przestrzenie odpowiedzialne są za transport ciepła pochodzący od ciekłego

metal. Ponadto, owe przestrzenie, wypełnione są powietrzem lub innymi gazami.

Jednym z materiałów, charakteryzujących się stosunkowo niewielkim współczynnikiem przewodzenia ciepła jest keramzyt, który stanowi osnowę termoizolacyjnych mas formierskich w aspekcie ich wykorzystania przy wykonywaniu odlewów szkieletowych typu CRS [3,4,5].

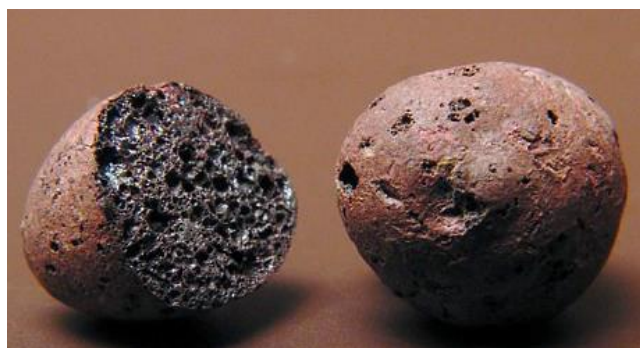
## 2. Keramzyt

Keramzyt to lekki, wypalany materiał ceramiczny powstający z gliny ilastej, która pęcznieje i spieka się pod wpływem poroforu i wysokiej temperatury. Proces produkcyjny tego materiału polega na leżakowaniu przez okres 7÷14 dni surowej gliny, a następnie

jejuplastycznianiu i rozdrabnianiu. Tak przygotowany surowiec wypalany jest w temperaturze 1150°C w specjalnych piecach obrotowych. W końcowym efekcie otrzymuje się różne frakcje spieczonych, lekkich porowatych grudek, które na zewnątrz posiadają ciągłą powłokę [6]. Uzyskany materiał jest lekki, obojętny chemicznie, odporny na działanie wilgoci i czynników biologicznych (pleśni i grzybów). Co istotne, charakteryzuje się dobrą izolacyjnością termiczną oraz wysoką ognioodpornością (klasa A). Do 1100°C jego właściwości termoizolacyjne pozostają względnie niezmiennie, gdyż proces wypalania keramzytu zachodzi w temperaturze ok. 1200°C. W sprzedaży dostępnych jest sześć podstawowych frakcji, różniących się między sobą wielkością cząstek i masą objętościową (im mniejsza frakcja tym większa masa).

Tabela 1. Przykładowe dane techniczne różnych materiałów termoizolacyjnych [7]

Własności	Pollytang	Mikrosfery	Keramzyt	Wermikulu	Perlit
skład chemiczny [% wag]					
SiO <sub>2</sub>	60	58	51	45	70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,5	28	29	17	15
MgO+CaO	3,5	6	5	26 (MgO)	4
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	5	3	8	7 (K <sub>2</sub> O)	8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8	5	7	5	3
uziarnienie [mm]	2÷5	0÷0,5	5÷10	1÷2	0÷2
gęstość objętościowa [kg/m <sup>3</sup> ]	610	400	590	170	90
temp. długotrwałego stosowania [°C]	1000	900	1000	1000	800
współczynnik przewodzenia ciepła w temp. 300°C [W/mK]	0,20	0,16	0,20	0,17	0,11



Rys. 1. Keramzyt, przekrój pojedynczego ziarna o średnicy ok. 9 mm [8]

### 3. Ścieralność

Ścieralność jest rozumiana jako powierzchniowa degradacja związana z ubytkiem na skutek zderzenia pod wpływem siły

tarcia [9,10]. Struga ciekłego metalu po wlewie do formy napotyka na swej drodze wiele przeszkód w postaci ścian kanałów doprowadzających, progów, przewężeń, filtrów itp. W wyniku ciągłego ruchu przemieszczającej się cieczy na powierzchni styku metal-forma dochodzi do zjawiska odrywania cząstek masy od formy lub znajdującego się w jej wnętrzu rdzenia.

Pojedyncze cząsteczki masy, które uległy zderzeniu, są niepożądane, gdyż bardzo często wypływają one na powierzchnie surowego odlewu, obniżając jakość odlewu, który następnie trzeba poddać zabiegom szlifowania. Ponadto oderwane cząsteczki lub nawet całe grudki masy mogą powodować, poprzez ich zamknięcie wewnątrz odlewu, wady zwane zapieszczeniem.

Siły tarcia przemieszczającego się w układzie doprowadzającym metalu są proporcjonalne m.in. do ciśnienia metalostatycznego stopu oraz jego gęstości. Powoduje to, iż zalewanie wysokich form ciężkimi stopami nie jest łatwe i dodatkowo wymusza stosowanie układy wlewowe mas o znacznej odporności na ścieranie. Nielaminarny strumień cieczy potęguje zjawisko zdzierania masy z wnętrza formy i/lub rdzenia oraz powierzchni kanałów, przez które przepływa ciekły metal.

Badanie laboratoryjne procesu ścieralności znormalizowanych próbek należy rozpatrywać jako uproszczone przedstawienie zjawiska, które zachodzi w warunkach rzeczywistych. Miarą ścieralności jest tzw. osypliwłość. Przeprowadzenie badania osypliwłości masy formierskiej pozwala na właściwą ocenę jakości spoiwa, prawidłowy dobór poszczególnych składników masy oraz odpowiedni sposób jej przeróbki [9,10].

### 4. Badania własne

Celem badań jest ocena ścieralności, przedstawionej jako ubytek procentowy masy próbek wykonanych z masy na bazie keramzytu oraz bentonitu.

Badaniu poddano kształtki laboratoryjne o wymiarach Ø50x50 mm wykonane zgodnie z normą *PN-83/H-11070 Odlewnicze materiały formierskie. Wykonanie próbek do badań*.

Podczas badań wykorzystano następujące materiały i urządzenia:

- keramzyt o frakcji 0 ÷ 2 mm;
- bentonit Mikrogel, nie aktywowany o frakcji 0,045 mm;
- laboratoryjną mieszarkę typu ML-92M;
- laboratoryjny ręczny ubijak LU-1;
- aparat do badania osypliwości mas formierskich typu LS.
- Etapy przygotowania masy formierskiej:
- odważenie stałych składników w wymaganych proporcjach,
- mieszanie składników przez około 1 min,
- stopniowe dodawanie wody podczas pracy mieszarki,
- mieszanie składników przez około 2 min,
- pozostawienie masy do uzyskania właściwego wiązania.

Do badań wykorzystano masy o zadanym składzie (tab. 2), dla których uzyskano korzystne własności wytrzymałościowe. Szczegółowe wyniki opublikowano w pozycji literatury oznaczonej numerem [7].

Tabela 2.

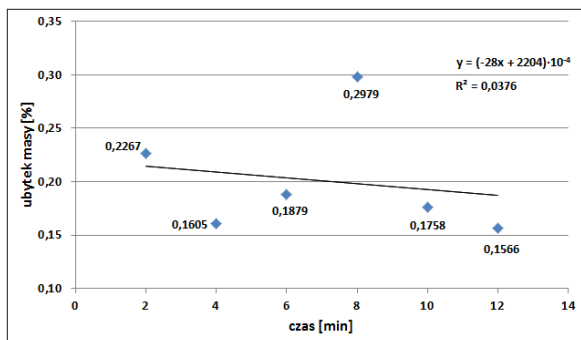
Skład mas poddanych analizie odporności na ścieranie

Oznaczenie próbki masy	Osnowa	Lepiszcze	Woda
B7	93 %	7 %	
B14	86 %	14 %	10 %
B21	79 %	21 %	
B28	72 %	28 %	20 %
B35	65 %	35 %	

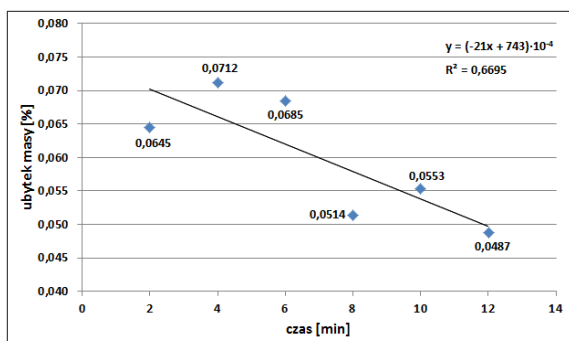
Proporcja udziału osnowy do lepiszcza w przypadku masy B7 jest zgodna z normą *PN-85/H-11003 Odlewnicze materiały formierskie. Bentonit odlewniczy*. Różnica pomiędzy poszczególnymi składnikami kolejnych mas wynosi  $\pm 7\%$ . Masy o oznaczeniach B7, B14, B21 zawierają 10% wody, pozostałe masy (B28 i B35) po 20% - zwiększona zawartość wody podyktowana była koniecznością uplastycznienia suchych składników masy.

Na rysunkach 2÷6 przedstawiono wyniki badań osypliwości bez wykorzystania promiennika, rysunki 8÷12 ukazują wyniki z lampą nagrzaną do temperatury 95°C. Dodatkowo wykresy 7 i 13 opisują zbiorcze zestawienie wyników dla wszystkich mas z rzeczywistym zachowaniem równomiernych własności osypliwości odniesionych do wszystkich wartości pomiarowych.

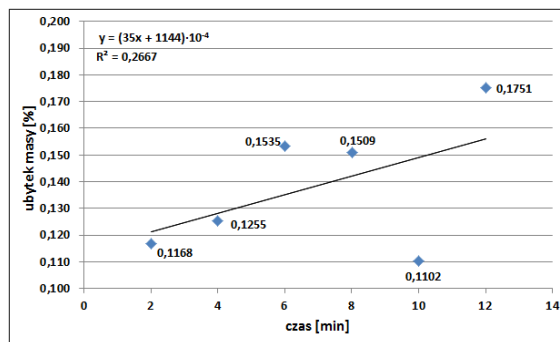
#### 4.1. Osypliwść bez nagrzewania



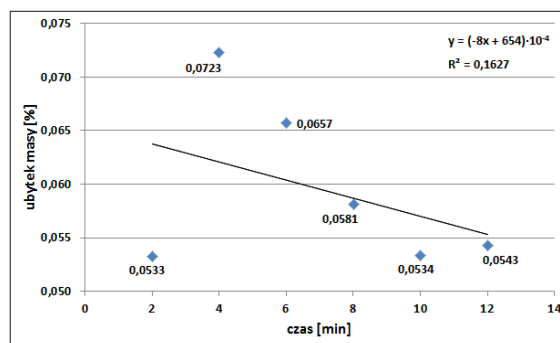
Rys. 2. Wykres osypliwości masy B7 bez nagrzewania



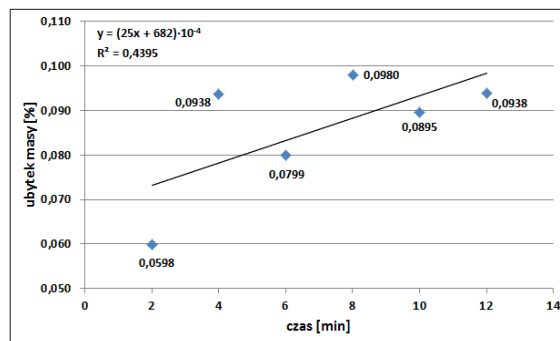
Rys. 3. Wykres osypliwości masy B14 bez nagrzewania



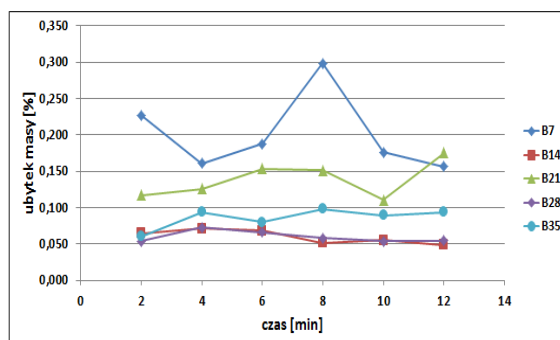
Rys. 4. Wykres osypliwości masy B21 bez nagrzewania



Rys. 5. Wykres osypliwości masy B28 (bez lampy)

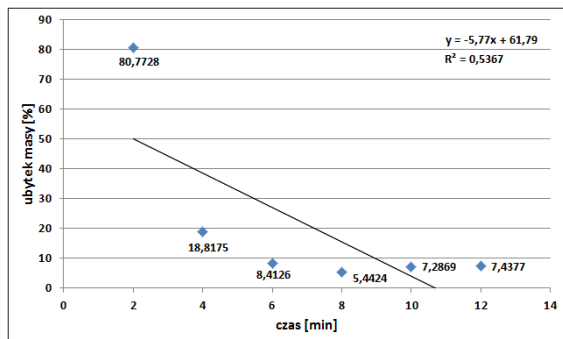


Rys. 6. Wykres osypliwości masy B35 bez nagrzewania

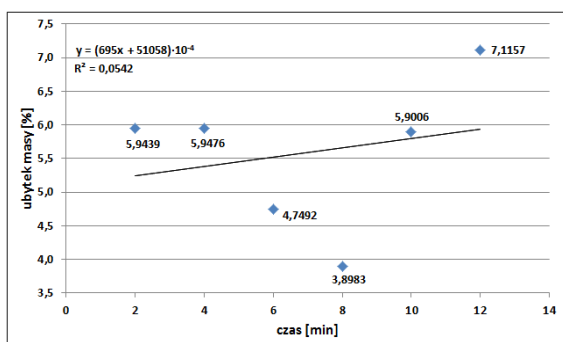


Rys. 7. Zbiorcze zestawienie wyników osypliwości dla mas B7÷B35 bez nagrzewania

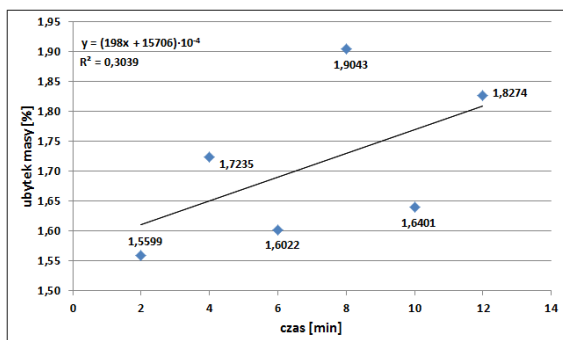
## 4.2. Osypliwość z nagrzewaniem próbek



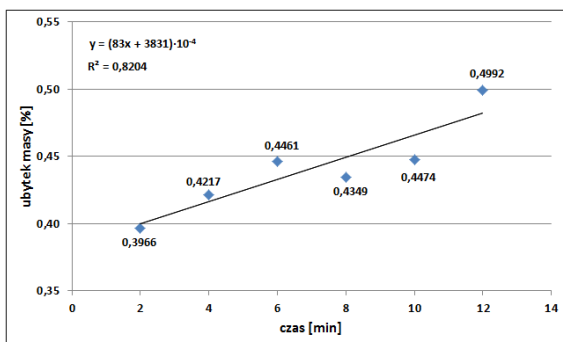
Rys. 8. Wykres osypliwości masy B7 z nagrzewaniem próbki



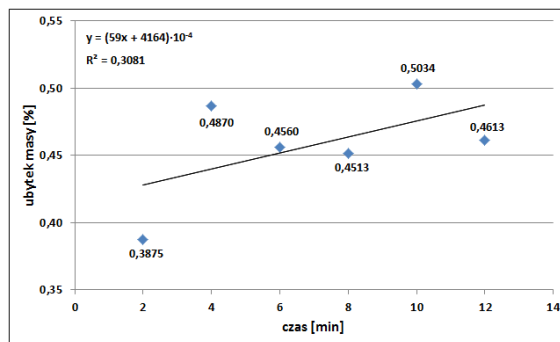
Rys. 9. Wykres osypliwości masy B14 z nagrzewaniem próbki



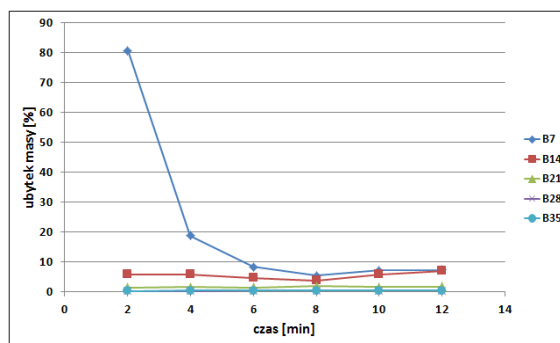
Rys. 10. Wykres osypliwości masy B21 z nagrzewaniem próbki



Rys. 11. Wykres osypliwości masy B28 z nagrzewaniem próbki



Rys. 12. Wykres osypliwości masy B35 z nagrzewaniem próbki



Rys. 13. Zbiórce zestawienie wyników osypliwości dla mas B7÷B35 z nagrzewaniem próbki

## 5. Podsumowanie

Badania osypliwości dowodzą, iż sporządzone próbki laboratoryjne tracą niewielką ilość masy. Wyjątek stanowi próbka B7, której ubytek masy podczas próby z nagrzewaniem wynosił aż 81%. Tak wysoka wartość spowodowana była częściowym rozpadnięciem się próbki, co na tle pozostałych wyników traktować należy jako błąd grubý.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto następujące wnioski:

- zarówno w badaniu z nagrzewaniem próbki, jak i bez nagrzewania największy ubytek masy odnotowano w próbce B7, spowodowane jest to najmniejszym udziałem bentonitu, przez co nie nastąpiło odpowiednie wiązanie na styku osnowa-lepiszcze,
- najmniejszy ubytek masy bez nagrzewania zaobserwowano w masach B14 i B27, których wartości były na porównywalnym poziomie rzędu 0,05÷0,07%,
- zauważyć można znaczny wpływ nagrzewania na osypliwość poszczególnych rodzajów mas, który powodował odparowanie związanej wody,
- w badaniach nie analizowano mechanizmu wbudowywania się cząstek wody w strukturę montmorylonitu oraz wymaganego minimalnego jej udziału, uwzględniano jedynie konieczność uplastycznienia suchych składników w celu wykonania kształtek laboratoryjnych,
- przebadana masa nie wykazuje odpowiednich własności technologicznych, których można byłoby się spodziewać po

masie przymodelowej, może za to z powodzeniem być wykorzystywana, jako masa wypełniająca o bardzo dobrych własnościach termoizolacyjnych.

## Podziękowania

Dziękujemy firmie Saint-Gobain Construction Products Polska sp. z o.o. oraz przedstawicielowi Firmy doradcy technicznemu Panu Tadeuszowi Kaczmarkowi za przekazanie do badań keramzytu oraz Instytutowi Ceramiki i Materiałów Budowlanych Oddziałowi Inżynierii Procesów Materiałów Budowlanych w Opolu za pomoc w realizacji badań oraz wsparcie techniczne.

## Literatura

- [1] Stefańczyk, B. (2005). *General construction Volume 1. Building materials and products*. Warsaw: ARKADY Publisher.
- [2] Gulajew, B. (1963). *The theory of foundry processes*. Warsaw: Publisher of Science and Technology.
- [3] Cholewa, M. & Szuter, T. (2010). Geometrical and mechanical analysis of 3D casted skeleton structure. *Archives of Foundry Engineering*. 10(2), 23-26.
- [4] Cholewa M. & Szuter T. (2012). Structure of AlSi skeleton castings. *Archives of Foundry Engineering*. 12(2), 147-152.
- [5] Szuter, T., Cholewa, M., Hufenbach, W., Czulak, A. (2013). Investigation of mechanical properties of composite skeleton casting. In METAL 2013, 15-17 May 2013. Brno, Czech Republic.
- [6] Material trading of Saint-Gobain Construction Products Polska Company Sp. z o.o.
- [7] Cholewa, M. & Kozakiewicz Ł. (2013). The influence of bentonite content on mechanical properties of moulding sands containing expanded clay matrix. In S. Borkowski & P. Sygut (Eds.). *Quality Control Meaning in Products and Processes Improvement*. Monography. 33-46.
- [8] PRAEFA Sp. z o. o. Retrieved Retrieved July 28, 2013, from <http://www.praefa.com/?praefa-w-polsce,3>.
- [9] Sakwa, W., Wachelko, T. (1970). *Theory and practice of technology of moulding materials*. Katowice: „Śląsk”.
- [10] Sakwa, W., Wachelko, T. (1981). *Materials for foundry moulds and cores*. Katowice: „Śląsk”.

# Grindability of moulding sand based on expanded clay

The paper presents an analysis of one of the fundamental properties of moulding technology which is abrasion. The first part of the study was performed without the use of the heater, the second - with its use, which allowed to warm up the samples to temperature of 95°C. During the study a moulding lightweight ceramic aggregate with very high thermal insulation properties, which are manufactured in Poland and Polish-based raw materials (LECA® KERAMZYT) was used as a matrix. The study utilizes the mass, wherein the content of bentonite binder was in the range of 7 ÷ 35%.

The reason for taking the research subject is the lack of regulations on normative processes of classical methods of producing thin-walled and superthin-walled castings whose thickness is less than 3 mm, with significantly expanded area of heat dissipation during crystallization. The direct purpose of similar sands is the manufacturing of cores and moulds in skeletal castings production by CRS (Casting Reinforce Spatially) method. The research material is sufficient to comply with these two criteria.