

RDZENIE CERAMICZNIE ODLEWU SZKIELETOWEGO O KOMÓRKACH OTWARTYCH

M. DZIUBA¹, M. CHOLEWA²

Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Wydział
Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

Celem pracy jest dobór składników masy rdzeniowej i opracowanie optymalnych proporcji między jej składnikami, umożliwiającymi zastosowanie powstałej w ten sposób masy do wykonania rdzenia ceramicznego odlewu szkieletowego o regularnych komórkach otwartych. Zaproponowano skład masy rdzeniowej do wytwarzania odlewu szkieletowego po optymalizacji proporcji jej składników. Przedstawiono geometrię i sposób wykonania rdzenia krystalitowo – gipsowego.

Key words: metal skeleton materials, cell model, core

1. DOBÓR MATERIAŁÓW NA RDZEŃ CERAMICZNY ODLEWÓW SZKIELETOWYCH

1.1. Wprowadzenie

Materiały porowate o strukturze komórkowej cechują się połączeniem wielu ciekawych właściwości fizycznych i mechanicznych, takich jak wysoka sztywność połączona z małą masą albo przepuszczalność gazów połączona z wysokim przewodnictwem cieplnym.

Odlewy szkieletowe można zaliczyć do materiałów porowatych. Podstawą wytwarzania tego rodzaju odlewów jest rdzeń, od którego zależy specyficzna szkieletowa postać odlewu. Podstawową zaletą rdzeni służących do wykonania

¹ mgr inż., maria.dziuba@polsl.pl

² dr hab. inż., miroslaw.cholewa@polsl.pl

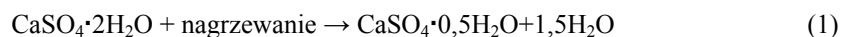
odlewów porowatych jest łatwość ich wykonania, nie wymagająca wysoce wyspecjalizowanego oprzyrządowania. Możliwość wytwarzania ich w oparciu o pojedyncze elementy daje w perspektywie możliwość wytwarzania odlewów próbnych o dowolnym kształcie i gabarytach ograniczonych jedynie zdolnością penetracji metalu w kanały rdzenia [4].

Masa rdzeniowa powinna m.in. wytrzymać ciśnienie ciekłego metalu, cechować się krótkim czasem jej sporządzenia, wypełnienia rdzennicy, zapewniać dobre odwzorowanie kształtu i wymiarów rdzenia dzięki odpowiedniej konsystencji i zdolności do wypełniania nawet skomplikowanych kształtów. Głównym wymaganiem jest łatwość usuwania rdzenia z odlewu.

1.2. Masa na rdzeń ceramiczny odlewu szkieletowego

Masa na rdzeń ceramiczny aluminiowego odlewu szkieletowego powinna charakteryzować się wysoką wytrzymałością na ściskanie połączoną z niską ścieralnością oraz wysoką wybijalnością. Zaproponowano masę o następującym składzie: mączka krystalobalitowa, uwodniony siarczan wapnia $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, glinokrzemian o wzorze ogólnym $q\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot p\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, woda destylowana.

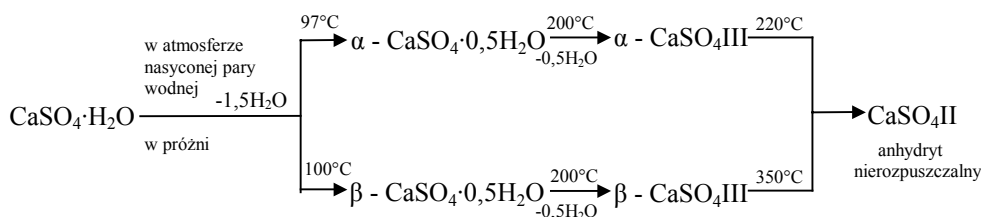
Zastosowana do badań masa gipsowa cechuje się podwójną rolą gipsu $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, który występuje w niej w roli spoiwa i jako główny składnik masy. Czysty gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, zawiera 32,5% CaO, 46,6% SO_3 oraz 20,9% H_2O . Gips dwuwodny cechuje się gęstością na poziomie ok. $2300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Mineral ten poddawany ogrzewaniu częściowo traci wodę i przechodzi w półhydrat siarczanu wapnia $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ [1] (wzór 1)[14].



W zależności od warunków odwadniania dwuhydratu siarczanu wapnia otrzymuje się dwie odmiany półhydratu, tj. α lub β , różniące się wyglądem oraz właściwościami. Obydwa rodzaje znajdują zastosowanie do wykonywania form i rdzeni gipsowych. Półhydrat α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ cechuje się większą wytrzymałością, poprzez większą zdolność wiązania, dlatego w masach gipsowych półhydrat β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ wzbogaca się półhydratem α w proporcji około 20% (poprawia to właściwości wytrzymałościowe oraz przepuszczalność) [7]. Odmiana β oznacza się jednak większą energią powierzchniową niż odmiana α , a w rezultacie większą rozpuszczalnością w wodzie i reaguje z nią aktywniej [1].

Odmianę α – półhydratu otrzymuje się przez odwodnienie dwuhydratu siarczanu wapnia w wodzie lub w środowisku pary nasyconej w temperaturze powyżej 97°C . Natomiast odmianę β – półhydratu uzyskuje się przez częściowe odwodnienie dwuhydratu siarczanu wapnia w próżni w temperaturze 100°C lub poniżej, a także w powietrzu względnie suchym (nie nasyconym parą). Dehydratacja α - i β – półhydratu siarczanu wapnia prowadzi do otrzymania odpowiednio α - i β – anhydrytu III. Dopiero przez ogrzewanie α – CaSO_4III w temperaturze 220°C oraz β – anhydrytu III

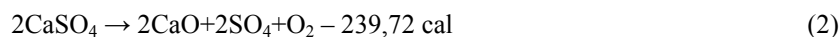
w temperaturze 350°C otrzymuje się anhydryt II (tzw. nierozpuszczalny). Przemiana anhydrytu II w anhydryt I następuje w temperaturze powyżej 1180°C [1,2]. Przemiany fazowe w układzie $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ilustruje schemat podany na rysunku 1.



Rys. 1. Przemiany fazowe w układzie $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

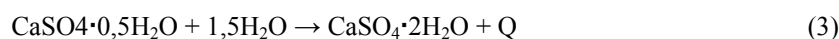
Fig. 1. Phase transition of system $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Po całkowitym odwodnieniu dwuhydratu, przy dalszym jego ogrzewaniu do wyższych temperatur następuje stopniowy rozkład siarczanu wapnia wg następującej reakcji (wzór 2) [1].



Pełny rozkład następuje dopiero powyżej 1300°C. Stopienie i całkowity rozkład siarczanu wapnia następuje jednocześnie z burzliwym wydzielaniem się gazowych produktów reakcji [1].

Proces wiązania gipsu polega na jego ponownym połączeniu z wodą i przejściu w gips dwuwodny. Proces wiązania to reakcja egzotermiczna (wzór 3) [14] (ilość wydzielanego ciepła ok. 30 kcal/kg), w reakcji tej gips zwiększa swoją objętość o ok. 1%. Po zakończeniu wiązania następuje okres twardnienia. Gips uzyskuje pełną wytrzymałość po wyschnięciu.



Masy gipsowe w przeciwieństwie do innych mas o osnowie ceramicznej mają mniejszy współczynnik przewodzenia ciepła, co wpływa na zmniejszenie szybkości krzepnięcia metalu, w efekcie, czego następuje dokładniejsze wypełnienie wnęki formy. Masy umożliwiają uzyskanie odlewów o wysokiej dokładności wymiarowej, o bardzo małej chropowatości, cienkich ścian w odlewie [7].

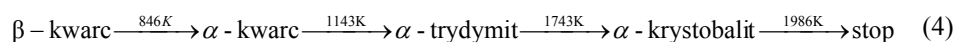
Masy gipsowe charakteryzują się mniejszą wytrzymałością, niż alternatywne masy oraz stosunkowo długim cyklem produkcyjnym związanym z dużą pracochłonnością. Korzystną cechą związaną ze stosunkowo niską wytrzymałością jest dobra wybijałość rdzenia z gotowego odlewu [7].

Materiały stosowane na osnowę mas formierskich powinna charakteryzować m.in. niewielka rozszerzalność cieplna, brak przemian polimorficznych oraz odporność

na działanie wysokiej temperatury. Materiały spełniające powyższe wymagania są stosunkowo drogie i z tego względu ich zastosowanie jest ograniczone. Zwykle stosowane są materiały tańsze, w stopniu wystarczającym odporne na działanie podwyższonej temperatury i w ograniczonym stopniu odporne na działanie tlenków kwaśnych i zasadowych [6,8].

Jako materiał osnowy masy formierskiej wybrano mączkę krystobalitową (o wielkości ziarna $0,05 \div 0,06$ mm), która cechuje się dobrym współdziałaniem z wszystkimi rodzajami materiałów oraz odpornością na penetrację ciekłego stopu zależną od wielkości ziarna.

Kwarc SiO_2 tworzy dwie odmiany polimorficzne – wysokotemperaturową α , przechodzącą podczas oziębiania przy temperaturze 846 K w niskotemperaturową β (wzór 4). Wysoka rozszerzalność cieplna kwarcu, zwiększa się jeszcze bardziej podczas jego przemiany w trydymit i krystobalit. Rozszerzalność cieplna kwarcu i jego polimorfizm są źródłem powstania wad odlewniczych [8,9].



Wybór mączki kwarcowej jest najkorzystniejszy ze względu na jej cenę i dostępność.

Do masy wprowadzono również cement w celu poprawy właściwości wiążących i wytrzymałości.

1.3. Badania mechanicznych właściwości masy rdzeniowej

Do badań zastosowano masę o składzie: mączka krystobalitowa, gips $\text{CaSO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, cement $\text{qAl}_2\text{O}_3 \cdot \text{pSiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, woda destylowana. Wykonanych zostało 6 serii po 10 próbek. Każda seria posiadała inny skład (tabeli 1).

Tabeli 1. Skład mas poddanych badaniu

Table 1. Composition of mass examine

lp.	Mączka krystobalitowa [g]	Gips [g]	Cement [g]	Woda [g]
1	100	12	2	55
2	100	12	3	55
3	100	12	4	56
4	100	15	2	58
5	100	15	3	58
6	100	15	4	59

Badanie wytrzymałości na ściskanie masy rdzeniowej R_c^s

Badanie wytrzymałości na ściskanie masy rdzeniowej wykonano za pomocą aparatu uniwersalnego Lru.

Średnie wartości wyników badań wytrzymałości na ściskanie dla każdej z badanych mas formierskich przedstawiono w tabeli 2.

Tabeli 2. Uśrednione wyniki badań wytrzymałości na ściskanie R_c^s
Table 2. Average results of research of compression strength R_c^s

Numer masy	Średnia wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Odchylenie standardowe
1	0,037	0,0009
2	0,045	0,0033
3	0,043	0,0065
4	0,044	0,0029
5	0,055	0,0026
6	0,066	0,0032

Badanie ścieralności masy rdzeniowej

Odporność na ścieranie dla poszczególnych masa obliczono z zależności (wzór 5):

$$S = \frac{a-b}{a} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie:

a- masa kształtki przed badaniem

b- masa kształtki po badaniu

Uśrednione wyniki badań ścieralności przedstawiono w tabeli 3.

Tabeli 3. Uśrednione wyniki badań ścieralności
Table 3. Average results of research grindability

Numer masy	Średnia ścieralność [%]	Odchylenie standardowe
1	0,752	0,1237
2	0,138	0,0750
3	0,110	0,0125
4	0,289	0,1415
5	0,584	0,2572
6	0,083	0,0119

Na podstawie wyników badań właściwości mechanicznych przedstawionych w powyższych tablicach, określono wpływ składu masy na własności użytkowe. W celu uzyskania maksymalnej wybijałości zastosowano masę o składzie z tablicy 4.

Tablica 4. Proporcje składników masy

Table 4. Proportions components of mass

Mączka krystalalitowa [g]	Gips [g]	Cement [g]	Woda [g]
100	10	2	42

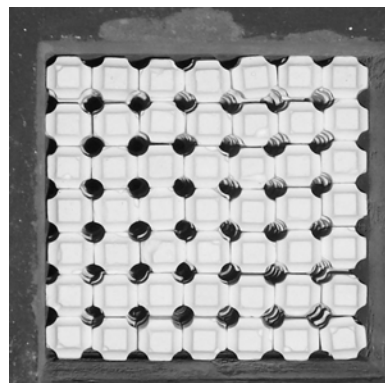
Masa o tym składzie chemicznym posłużyła do wykonania rdzeni odlewu szkieletowego. Powyższy skład zapewnia dobrą odtwarzalność kształtu elementów rdzenia i wystarczające własności mechaniczne.

2. WYKONANIE CERAMICZNEGO RDZENIA ODLEWU SZKIELETOWEGO

Suche składniki masy po dodaniu do siebie mieszano mechanicznie, po czym dolewano wody kontynuując mieszanie [7]. Powstałą w ten sposób masą wypełniano rdzennicę. Po wypełnieniu rdzennicy suszono ją w temperaturze 80°C w czasie ok. 3 godzin. Masę ceramiczną zagęszczono wibracyjnie. Usunięte z rdzennicy kształtki cechowały się dobrym odwzorowaniem kształtu i wymiarów (rysunek 2). Pakiety elementów rdzenia układano w kompletny rdzeń ceramiczny z zastosowaniem podciśnienia. Kompletny rdzeń ceramiczny, który posłużył następnie do wytwarzania aluminiowego odlewu szkieletowego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Kształtki rdzeniowe.
Fig. 2. Elements of core.



Rys. 3. Kompletny rdzeń – widok od górnej powierzchni podziału formy.
Fig.3. Complete core - view from upper mould joint.

3. WNIOSKI

1. Zaproponowany skład masy rdzeniowej do wytwarzania odlewu szkieletowego po określeniu wpływu dodatków gipsu i cementu zapewnia dobrą odtwarzalność kształtu elementów rdzenia i wystarczające własności mechaniczne oraz maksymalną wybijalność rdzenia.
2. Opracowana metoda wytwarzania rdzenia ceramicznego odlewu szkieletowego stwarza przesłanki do wytwarzania odlewów szkieletowych z wykorzystaniem tradycyjnych technik odlewniczych bez angażowania drogich „laboratoryjnych” urządzeń w procesie wytwórczym.

LITERATURA

- [1] Akerman K.: *Gips i anhydryt*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1964.
- [2] Chudek M.; Janiczek S.; Plewa F.: *Materiały w budownictwie geotechnicznym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [3] Darlak P.; Dudek P.: *Materiały wysokoporowate – metody wytwarzania i zastosowanie*, *Odlewnictwo: Nauka i Praktyka*, 2004, nr 1, s.3-17.
- [4] Dziuba M.; Cholewa M.: *Dobór geometrii i materiału rdzenia odlewu szkieletowego o komórkach otwartych*, *Archiwum Odlewnictwa*, 2006, nr 19, s. 95 – 102.
- [5] Guzera J.: *Gips – masą formierską w odlewnictwie*, *Przegląd Odlewnictwa*, 1998, vol. 48, z. 3, s. 105 – 107.
- [6] Janicki E.; Sakwa W.: *Materiały formierskie – właściwości i zastosowanie*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1965.
- [7] Lewandowski J.L.: *Tworzywa na formy odlewnicze*, Wydawnictwo Akapit, Kraków 1997.
- [8] Murza-Mucha P.; Błaszowski K.: *Wytwarzanie rdzeni z mas termo- i samoutwardzalnych w produkcji wielkoseryjnej*, Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa 1973.
- [9] Sakwa W.; Wachelko T.: *Materiały na formy i rdzenia odlewnicze*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980.
- [10] Sakwa W.; Wachelko T.: *Teoria i praktyka technologii materiałów formierskich*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1970.
- [11] Sobala M.: *Podział i zastosowanie modyfikowanych spoiw gipsowych*, *Materiały Budowlane*, 2004, nr 10, s. 30 – 31.
- [12] Sobczak J.: *Piany metalowe monolityczne i kompozytowe oraz gazary*, Wydawnictwo Instytutu Odlewnictwa, Kraków 1998.
- [13] Stachowski A.: *Materiały porowate przyszłościowym zastosowaniem w konstrukcjach*, *Kompozyty*, 2001, nr 2, s.225-227.
- [14] www.pl.wikipedia.org

CORES OF CERAMIC IN SKELETON CASTING WITH OPEN CELLS

SUMMARY

The main aim of this work is components of mass on core selection and optimal proportion between its components elaborations, this way bringing application of this mass execution skeleton casting with open cells regular. Composition of mass skeleton casting was presented. Geometry and method of core cristobalite – gypsum were presented.

Recenzował Prof. Zbigniew Konopka