

**ZASTOSOWANIE PYŁU KRZEMIONKOWEGO  
DO PRODUKCJI FORM ODLEWNICZYCH**

M. HOLTZER<sup>1</sup>, D. DROŻYŃSKI<sup>2</sup>, T. KOZA<sup>3</sup>  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa, 30-059 Kraków,  
ul. Reymonta 23

**STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu dodatku pyłu krzemionkowego, powstającego przy produkcji żelazostopów na właściwości technologiczne klasycznych mas formierskich. Jako masę wyjściową zastosowano masę z bentonitem na osnowie piasku kwarcowego. Przeprowadzono szereg prób mas z różną zawartością pyłu krzemionkowego. W badanych masach wykonano różne odlewy żeliwne i stalowe, które charakteryzowały się wymaganymi właściwościami i posiadały odpowiednią jakość powierzchni.

*Key words: silica powder, green sand, tensile strength, compression strength, friability, permeability, castings*

**1. WPROWADZENIE**

Przemysł odlewniczy w Polsce zużywa rocznie około 700.000 – 800.000 ton świeżych piasków, głównie kwarcowych. Powoduje to znaczne zubożenie zasobów naturalnych środowiska. Dlatego też poszukuje się materiałów, które mogłyby ograniczyć, chociażby częściowo, zużycie tego piasku. Jednym z takich materiałów może być pył krzemionkowy, zawierający w swoim składzie krzemionkę bezpostaciową - amorficzną (niekrystaliczną), której udział wynosi przeciętnie 92 – 94%. Pozostałe składniki to głównie: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, C. Pył krzemionkowy powstaje jako produkt uboczny przy produkcji żelazokrzemu w elektrycznym piecu łukowym. Ma on postać mikrosferycznych ziaren średniej wielkości 0,1 – 0,2 μm. Amorficzna postać SiO<sub>2</sub> w postaci mikroskopijnych cząstek posiada bardzo rozwiniętą powierzchnię właściwą rzędu 13 do 23 m<sup>2</sup>/g, co w porównaniu z innymi materiałami

---

<sup>1</sup> *prof. dr hab., holtzer@agh.edu.pl*

<sup>2</sup> *dr inż., dd@agh.edu.pl*

<sup>3</sup> *mgr inż.*

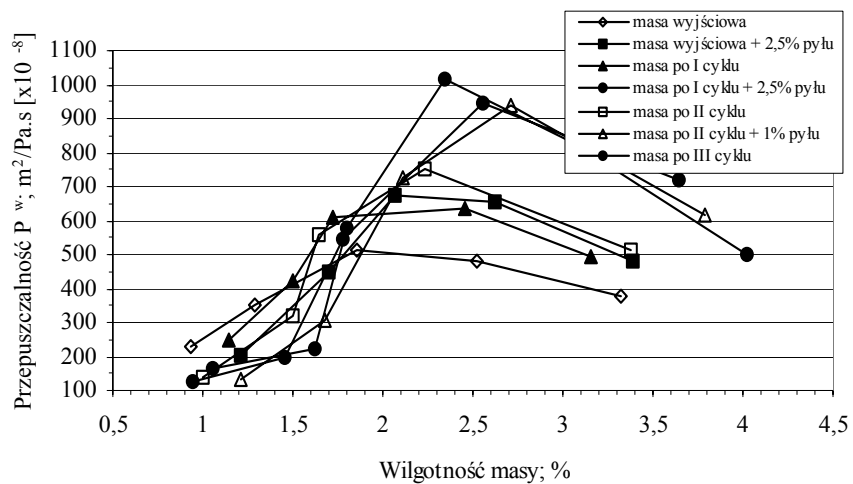
sypkimi jest bardzo wysoką wartością. Dodatek tego pyłu wpływa korzystnie na właściwości świeżej mieszanki betonowej. Największe pozytywne zmiany obserwuje się jednak dopiero w betonie po utwardzeniu [1, 2, 3]. Wytwarzany w Hucie Łaziska S.A. pył krzemionkowy wykorzystywany jest do produkcji: betonu, produkcji cementu, materiałów włóknisto-cementowych, suchych zapraw, materiałów ceramicznych, materiałów ocieplających i ochronnych dla hutnictwa, wyrobów gumowych, w przemyśle farb i lakierów oraz przemyśle zapalczanym.

Stosowany w przemyśle odlewniczym piasek kwarcowy, zawierający krystaliczną krzemionkę, stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia pracowników. Krystaliczna krzemionka wg przepisów amerykańskich uznawana jest za czynnik rakotwórczy, natomiast w Unii Europejskiej jest zaliczana do czynników o prawdopodobnym działaniu rakotwórczym. Aktualnie trwają prace nad określeniem stopnia szkodliwości tej postaci krzemionki [4, 5]. Możliwość wprowadzenia jako osnowy mas pyłu krzemionkowego zawierającego krzemionkę amorficzną, nawet w niewielkim udziale, może w sposób istotny zmniejszyć zagrożenie dla zdrowia obsługi. Przeprowadzone badania laboratoryjne [6] wykazały, że dodatek do masy z bentonitem około 5% pyłu krzemionkowego nie powoduje pogorszenia właściwości masy, a nawet poprawę niektórych jej parametrów (np. przepuszczalności). Dlatego też w ramach realizacji projektu celowego Akademii Górniczo-Hutniczej i Huty Łaziska S.A. podjęto prace nad możliwością wykorzystania pyłu krzemionkowego w przemyśle odlewniczym do produkcji form. W tym celu przeprowadzono próby przemysłowe w jednej z krajowych odlewni wykonywania odlewów żeliwnych i staliwnych [7].

## 2. WYKONYWANIE ODLEWÓW ŻELIWNYCH

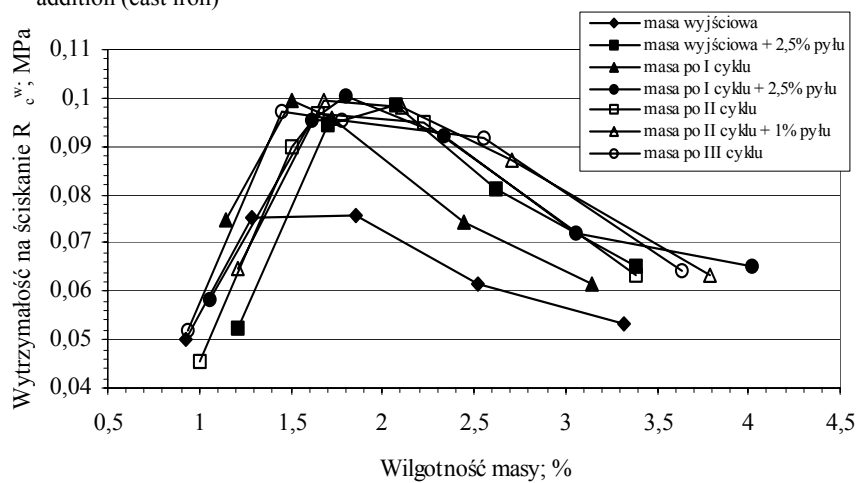
Pył krzemionkowy wprowadzany był do obiegu mas w odlewni po odświeżeniu w kolejnych cyklach formowania. Wykonano trzy cykle obiegu masy. W pierwszym cyklu formę sporządzono z masy o składzie: piasek kwarcowy – 46%, masa obiegowa – 45%, bentonit – 3,5%, dekstryna – 0,5%, pył węglowy – 2,5%, pył krzemionkowy – 2,5%. W drugim cyklu stosowano masę z dodatkiem 2,5% pyłu krzemionkowego, w cyklu trzecim do masy dodawano 1% pyłu krzemionkowego. W masach wykonano odlewy z żeliwa gatunku ZI 250, przy temperaturze zalewania 1380°C.

Na rysunkach 1 – 3 przedstawiono wybrane właściwości mas zastosowanych w odlewni do sporządzania form, w których wykonano odlewy. Masy te znajdowały się w normalnym obiegu mas w odlewni i były wielokrotnie wykorzystywane do sporządzania form. Ogólnie masy z dodatkiem pyłu krzemionkowego wykazywały lepsze właściwości technologiczne od mas bez dodatku tego pyłu, zarówno w stanie wyjściowym, jak i po wielokrotnym użyciu. I tak wytrzymałość na ścislenie (rys. 2) masy wyjściowej wynosiła 0,075 MPa, a masy z dodatkiem 2,5% pyłu krzemionkowego około 0,1 MPa. Przy czym w kolejnych cyklach formowania masa z pyłem krzemionkowym nie obniżała swoich właściwości technologicznych.



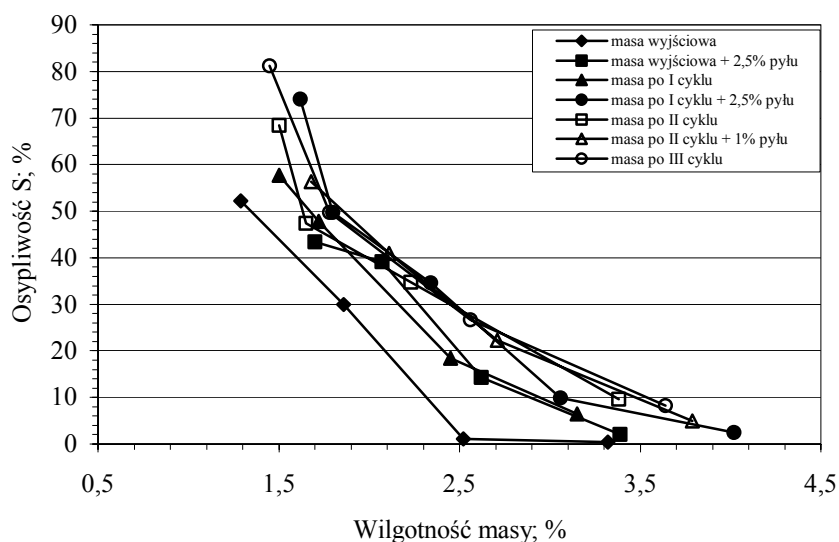
Rys. 1. Wpływ wilgotności na przepuszczalność  $P^w$  mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane żeliwem

Fig. 1. Effect of moisture on permeability  $P^w$  of moulding sand with different silica powder addition (cast iron)



Rys. 2. Wpływ wilgotności na wytrzymałość na ściskanie  $R_c^w$  mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane żeliwem

Fig. 2. Effect of moisture on compression strength  $R_c^w$  of moulding sand with different silica powder addition (cast iron)



Rys. 3. Wpływ wilgotności na osypliwość S mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane żeliwem

Fig. 3. Effect of moisture on friability S of moulding sand with different silica powder addition (cast iron)

### 3. WYKONYWANIE ODLEWÓW STALIWNYCH

Pierwsze próby obejmowały wykonanie odlewów staliwnych w masach z bentonitem i dodatkiem 5% oraz 10% pyłu krzemionkowego. Po pierwszym zalaniu form wykonanych z tych mas właściwości ich wyraźnie zmniejszyły się, ale w tym samym stopniu zarówno mas z pyłem, jak i bez pyłu. Należy tu uwzględnić fakt, że masy te były znacznie bardziej przepalane niż masy pochodzące z form zalewanych żeliwem (temperatura ciekłego staliwa wynosiła 1600-1620°C). W tej serii prób wykonano odlew tarczy o średnicy 90 cm i grubości 2 cm (ciężar odlewu 150 kg). Odlewy wykonano ze staliwa gatunku E35GSM. Formy sporządzono z trzech różnych mas o następującym składzie:

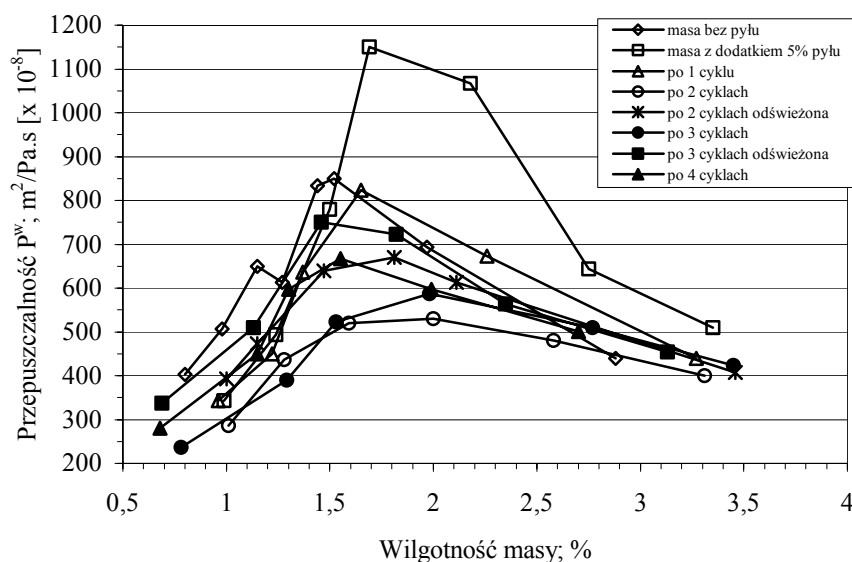
*masa I:* masa przymodelowa stosowana dotychczas w odlewni o składzie: piasek kwarcowy 48%, masa obiegowa – 48%, bentonit 3,5%, dekstryna 0,5%.

*masa II:* masa przymodelowa z dodatkiem 5% pyłu kwarcowego (w miejsce piasku kwarcowego),

*masa III:* masa przymodelowa z dodatkiem 10% pyłu kwarcowego (w miejsce piasku kwarcowego).

Dolną połówkę formy wykonywano z masy zawierającej dodatek pyłu krzemionkowego, natomiast górna połówkę z masy bez dodatku pyłu. W obu przypadkach uzyskano gładką powierzchnię odlewów, a masa nie przywierała do powierzchni.

Drugą serię prób wykonywania form dla odlewów stalowych przeprowadzono z wielokrotnym wykorzystaniem masy poprzez jej wprowadzanie do cyklu obiegowego odlewni przy normalnej produkcji. Stosowano dodatek 5% i 10% pyłu krzemionkowego do masy. Wyniki wybranych właściwości technologicznych tych mas podano na rys. 4 - 6.

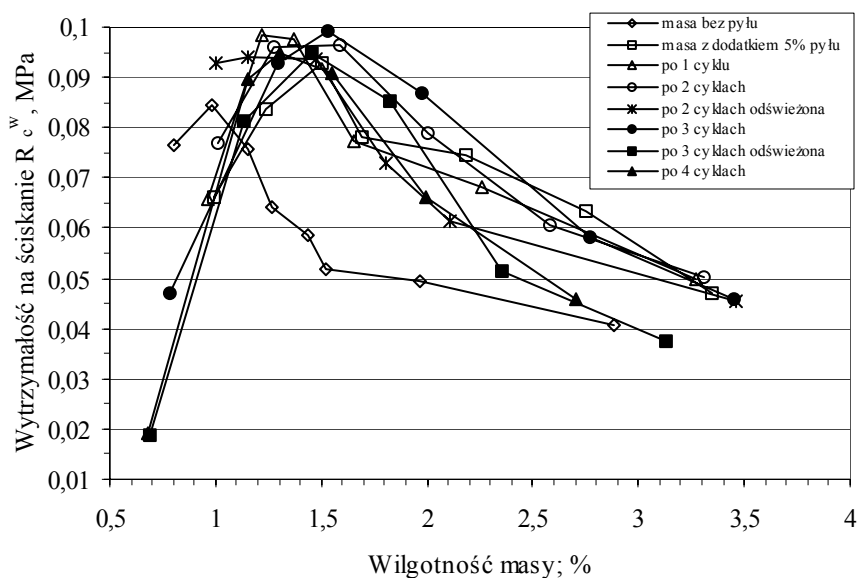


Rys. 4. Wpływ wilgotności na przepuszczalność  $P^w$  mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane staliwem  
 Fig. 4. Effect of moisture on permeability  $P^w$  of moulding sand with different silica powder addition (cast steel)

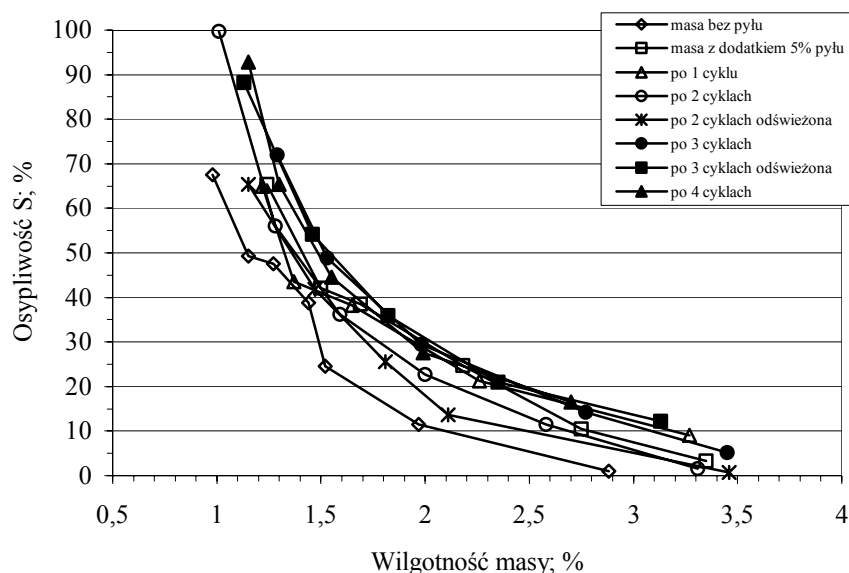
Przeprowadzono 4 cykle wykonywania form, zalewania i wybijania odlewów. Część masy poddawano procesowi odświeżania poprzez dodatek bentonitu. Właściwości mas, po kolejnych cyklach zalewania, tylko w niewielkim stopniu ulegały obniżeniu. Wykonano następujące serie odlewów:

- odlew płyty o ciężarze około 20 kg (wraz z układem wlewowym) ze staliwa gatunku L30G5. Na powierzchnię form nakładano powłoki ochronne z dodatkiem pyłu krzemionkowego. Formy sporządzano z masy przymodelowej z dodatkiem 5% pyłu krzemionkowego;

- odlew wieńca zębatego o masie około 140 kg (wraz z nadlewem i układem wlewowym) ze staliwa gatunku L35GSM. Formy sporządzano z użyciem masy przymodelowej z dodatkiem 5% pyłu krzemionkowego;
- odlew belki osi tylnej o masie około 145 kg (wraz z nadlewem i układem wlewowym) ze staliwa gatunku L500. Formy z masy przymodelowej z dodatkiem 5% pyłu krzemionkowego oraz z masy wybitej po odświeżaniu – z II cyklu obiegu (tylko z dodatkiem odpowiedniej ilości wody);
- odlew koła jezdneho o masie 160 kg (wraz z nadlewem i układem wlewowym) ze staliwa gatunku L500. Formy wykonano z masy pochodzącej z III cyklu obiegu po odświeżeniu;
- odlew obudowy o masie 140 kg (wraz z nadlewem i układem wlewowym) ze staliwa gatunku L500. Formy wykonano z masy z IV cyklu obiegu (po odświeżeniu).



Rys. 5. Wpływ wilgotności na wytrzymałość na ściskanie  $R_c^w$  mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane staliwem  
 Fig. 5. Effect of moisture on compression strength  $R_c^w$  of moulding sand with different silica powder addition (cast steel)



Rys. 6. Wpływ wilgotności na osypliwość S mas o różnej zawartości pyłu krzemionkowego (kolejne cykle obiegu masy w odlewni). Formy zalewane staliwem  
 Fig. 6. Effect of moisture on friability S of moulding sand with different silica powder addition (cast steel)

#### 4. WNIOSKI

1. Wykonane w masach z bentonitem i dodatkiem pyłu krzemionkowego odlewy żeliwne i staliwne charakteryzowały się wymaganymi właściwościami oraz posiadały odpowiednią jakość powierzchni. Wybijalność odlewów z mas z dodatkiem pyłu krzemionkowego była poprawna i nie gorsza niż w przypadku odlewów wykonywanych w masach bez dodatku pyłu.
2. Wszystkie wyprodukowane odlewy spełniały wymagania jakościowe i zostały przekazane do klienta.
3. Zastosowanie dodatku pyłu krzemionkowego do mas z bentonitem wymaga jednak przeprowadzenia każdorazowo badań w warunkach danej odlewni.
4. Co prawda w chwili obecnej cena pyłu krzemionkowego jest znacznie wyższa niż piasku kwarcowego, ale w przyszłości, kiedy mogą zostać wprowadzone ograniczenia w stosowaniu piasku kwarcowego, pył ten może okazać się cennym zamiennikiem przynajmniej części osnowy kwarcowej.

*Praca wykonana w ramach projektu celowego KBN Nr 10 T08 083 2001 C/5447 zrealizowanego w latach 2001-2004.*

*Autorzy dziękują kierownictwu Panu Prezesowi Andrzejowi Rybie i Wiceprezesowi Bogdanowi Guzikowi oraz Załodze Krakowskich Zakładów Odlewniczych ZREMB S.A. za umożliwienie i pomoc w przeprowadzeniu prób przemysłowych.*

## **LITERATURA**

- [1] J. Mąkosza: *Nowa technologia wykonywania betonów na bazie mikrokrzemionki*. Materiały Budowlane nr 1, 1992, s. 4-6.
- [2] J. Szwabowski: *Dodatki do betonu – rodzaje, rola. Stosowanie, efekty*. Materiały Budowlane nr 2, 1998, s. 51.
- [3] Cz. Wolska – Kottańska: *Kierunki wykorzystania pyłów krzemionkowych w budownictwie światowym*. Przegląd Budowlany nr 2, 1006, 1995, s. 19-21.
- [4] G. Mosher: *Quartz in Environment. Health, Safety and Legal Aspects in Foundries*. CIATF International Conference on Environmental Protection 24 – 25 May 2000, Leipzig/Germany. Ref, No. 18.
- [5] Materiały Committee of Associations of European Foundries (CEAF).
- [6] M. Holtzer, T. Rygulski, A. Wyrobek, D. Drożyński: *Wpływ dodatku pyłu krzemionkowego na właściwości klasycznych mas formierskich*. Archiwum Odlewnictwa, Rok 2003, Rocznik 3, Nr 9, s. 196-202.
- [7] Raport z realizacji projektu celowego „Uruchomienie produkcji materiałów na osnowie pyłu krzemionkowego, pochodzącego z produkcji żelazokrzemu, dla potrzeb technologii wytwarzania form odlewniczych” Nr 10 T08 083 2001 C/5447 (kierownik projektu M. Holtzer). Kraków 2004.

## **APPLICATION OF SILICA POWDER ADDITION TO PRODUCTION OF SAND MOULDS**

### **SUMMARY**

This paper deals with industrial tests carried out to determine influence of silica powder contents on selected properties of green sand. The addition of silica powder was as a way leading to some replacement. During the tests the sand mould prepared with addition of determined amount of silica powder were poured using both cast iron as well as cast steel. Obtained castings had a good surface and quality.

Recenzował: Prof. Józef Dańko