

**BADANIE WŁAŚCIWOŚCI FILTRACYJNYCH DOŚWIADCZALNYCH
WARSTW CERAMICZNYCH****STUDY OF FILTRATION CHARACTERISTICS OF THE EXPERIMENTAL
CERAMIC LAYERS**

Zdzisław Żółkiewicz¹, Wiesław Jankowski²

¹Instytut Odlewnictwa, 30-418 Kraków, ul. Zakopiańska 73

²Wydział Odlewnictwa, Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 23

Streszczenie

Jednym z podstawowych parametrów decydującym o prawidłowym przebiegu procesu zgazowywania modelu – z równoczesnym zapełnianiem przez ciekły metal formy, są właściwości powłoki ceramicznej nanoszonej na model polistyrenowy. Do tych czynników zalicza się przepuszczalność i wytrzymałość mechaniczną oraz termiczną powłoki. W artykule przedstawiono opracowany przyrząd oraz wyniki badań właściwości filtracyjnych wytypowanych doświadczalnych powłok ceramicznych nanoszonych na model polistyrenowy w procesie modeli zgazowywanych.

Słowa kluczowe: modele zgazowywane, lost foam, filtracja, przepuszczalność, wytrzymałość, warstwa ceramiczna

Abstract

One of the main parameters determining proper course of the pattern evaporation process, which takes place in parallel with pouring of the foundry mould with metal, are properties of the ceramic coating applied on a polystyrene pattern. These properties include the permeability and mechanical as well as thermal resistance of the coating. The paper presents the developed measuring apparatus and the results of experimental studies of selected properties of the ceramic coatings applied on a polystyrene pattern used in the lost foam process.

Key words: evaporative patterns, lost foam, permeability, strength, ceramic layer

Wstęp

W badaniach dążono do określenia sposobu pomiaru filtracji powłok ceramicznych nanoszonych na model zgazowywany, np. polistyrenowy. Ponieważ pomiar przepuszczalności dokonuje się na znormalizowanych próbkach o średnicy i wysokości 50 mm, a w opracowanym urządzeniu na próbkach o określonym wymiarze, można dokonać pomiaru zdolności powłoki ceramicznej do wyprowadzenia wytworzonych gazów z wnętrza formy na zewnątrz. W badaniach założono grubości warstwy ceramicznej od 1 do 3 mm. Założono również, że z zastosowaniem opracowanego urządzenia będzie

można wykonywać pomiary filtracji nie tylko w temperaturze otoczenia, ale również w podwyższonej do 1000°C. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań obejmujące ceramiczne powłoki doświadczalne oraz materiały ogniotrwałe stosowane do wykonywania powłok. O trafności doboru ceramicznych warstw ogniotrwałych na modele z polistyrenu spienionego – dla procesu pełnej formy, decydują następujące parametry: skład powłok, sposób ich sporządzania i nanoszenia na modele oraz takie właściwości technologiczne, jak: przepuszczalność, wytrzymałość i ogniotrwałość. Najczęściej stosowanymi materiałami na osnovę miazki ceramicznych powłok ogniotrwałych dla modeli z polistyrenu spienionego są: mączka kwarcowa, mączka cyrkonowa i grafit. Ziarnistość tych materiałów powinna wynosić 0,053 mm. Jako spoiwa stosuje się najczęściej roztwory wodno-alkoholowe, a ostatnio coraz częściej spoiwa zawierające krzemionkę koloidalną.

Ciekłe masy ceramiczne powinny więc charakteryzować się szeregiem specyficznych właściwości, m.in.:

- homogenicznością składu i wysoką stabilnością parametrów fizykochemicznych,
- dobrą zwilżalnością hydrofobowych powierzchni modeli polistyrenowych,
- odpowiednio wysoką wytrzymałością mechaniczną i brakiem podatności na deformacje,
- wysoką ogniotrwałością, pozwalającą na zalewanie formy ceramicznej stopami o wysokiej wartości temperatury topnienia,
- możliwie dużą przepuszczalnością,
- brakiem reaktywności chemicznej w stosunku do tworzywa metalowego odlewu.

Metoda i urządzenie do pomiaru filtracji i wytrzymałości warstw ceramicznych

Do badania filtracji warstw ceramicznych skonstruowano i wykonano przyrząd, umożliwiający współpracę z aparatem do oznaczania przepuszczalności mas formierskich (typu LPiR1, rys. 1). Zasada pomiaru polega na naniesieniu warstwy lub kilku warstw powłoki ceramicznej na wycinek znormalizowanej siatki mosiężnej lub stalowej, o założonej średnicy drutu oraz prześwicie oczka. Przy wykorzystaniu tego urządzenia można wykonać pomiar filtracji oraz wytrzymałości powłoki według opracowanej, założonej metody badań. Warstwę powłoki nanosi się przez zanurzenie w niej wycinków siatki, a po obcieknięciu nadmiaru materiału powłoki utwardza się ją w zależności od rodzaju spoiwa – z reguły w strumieniu ciepłego powietrza, o temperaturze 30–50°C, w odpowiednich suszarkach. Grubość wykonanych powłok wynosiła od 1,0 ±0,1 do 3 ±0,1 mm. Siatkę z nałożoną warstwą ceramiczną umieszcza się w opracowanym przyrządzie pomiarowym współpracującym z aparatem do pomiaru przepuszczalności. Zestaw pomiarowy mocuje się na aparacie do pomiaru przepuszczalności.

Przeprowadzenie badań

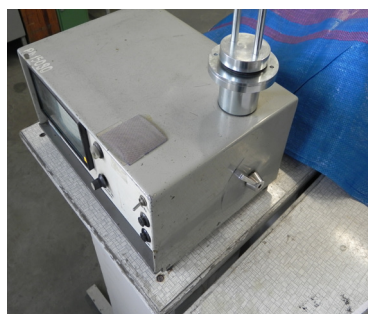
Badania przeprowadzono na wytypowanych 13 rodzajach warstw ceramicznych, wykonanych z następujących materiałów:

1. Osnowa ziarnowa

- mączka kwarcowa, poddana obróbce termicznej w temperaturze 600°C,
- mączka kwarcowa, poddana obróbce termicznej w temperaturze 1000°C,
- mączka cyrkonowa,
- mulit.



a



b

Rys. 1. Przyrząd do pomiaru przepuszczalności i wytrzymałości warstw ceramicznych: a – w stanie rozłożonym, b – w stanie złożonym, na stanowisku pomiarowym

Fig. 1. Apparatus to measure the permeability and strength of ceramic layers: a – disassembled, b – assembled on a test stand

2. Spoiwo

- zhydrolizowany krzemian etylu - 40,
 - spoiwo krzemianowo-kopolimerowe,
 - sizol 0-30.
3. Badano też warstwy ceramiczne (na wykresach oznaczone Al_2O_3) o składzie: mączka Al_2O_3 (90%) + bentonit (10%), ze spoiwem wodno-alkoholowym.

Badania filtracji i wytrzymałości doświadczalnych powłok ceramicznych prowadzono z wykorzystaniem urządzenia do badania przepuszczalności mas formierskich LPiR-2e oraz opracowanym, współpracującym z nim urządzeniem.

Siatkę z nałożoną warstwą ceramiczną umieszczono w przyrządzie pomiarowym współpracującym z aparatem do pomiaru przepuszczalności. Po dokonaniu pomiaru, na górną część przyrządu nakręcono nakrętkę, do jednego króćca nakrętki podłączono

dopływ sprężonego powietrza, a do drugiego manometru mierzący ciśnienie powietrza (P) wewnątrz przyrządu (rys. 1). Wartością, za pomocą której określano umowną wytrzymałość powłoki była wartość ciśnienia powietrza, przy której następowała jej zniszczenie. Określono filtrację i wytrzymałość badanych powłok doświadczalnych, a wyniki podano na rysunkach.

Aby uzyskać możliwość porównywania wytrzymałości badanych powłok, opracowano odpowiednie wskaźniki:

$$W_r = P/A, \text{ kg/m}^4$$

gdzie:

W_r – wskaźnik wytrzymałości warstw, przeliczony dla całej powierzchni oczek siatki;

P – ciśnienie wewnątrz przyrządu pomiarowego, kg/cm^2 ;

A – powierzchnia wszystkich oczek siatki pomiarowej – około 1300 mm^2 .

$$W_{r1} = P/a, \text{ kg/m}^2$$

gdzie:

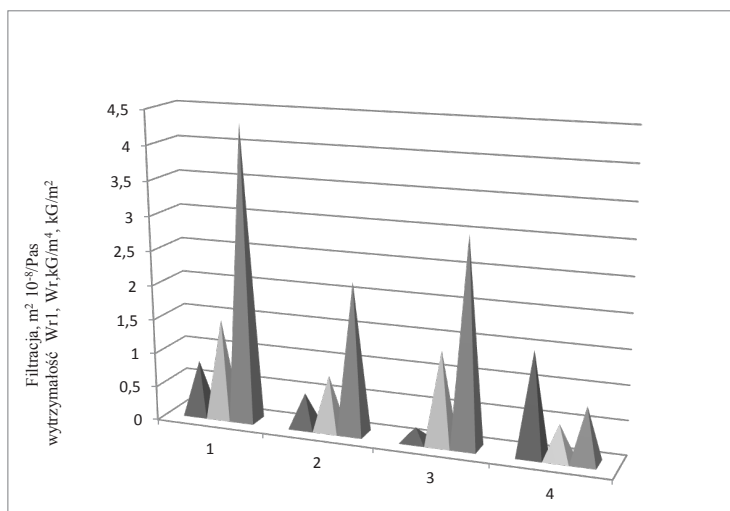
W_{r1} – wskaźnik wytrzymałości warstw przeliczony dla powierzchni jednego oczka siatki;

a – powierzchnia jednego oczka siatki pomiarowej – około $0,4 \text{ mm}^2$.

Na rysunkach 2–5 przedstawiono trójwymiarowe wykresy zależności filtracji P i wskaźników pomocniczych wytrzymałości W_r i W_{r1} , dla różnej grubości powłok ceramicznych (jedno- i dwuwarstwowe), w zależności od zastosowanego spoiwa, z zastosowaniem tej samej, miękkiej osnowy. Dla porównania dodano powłokę Al_2O_3 .

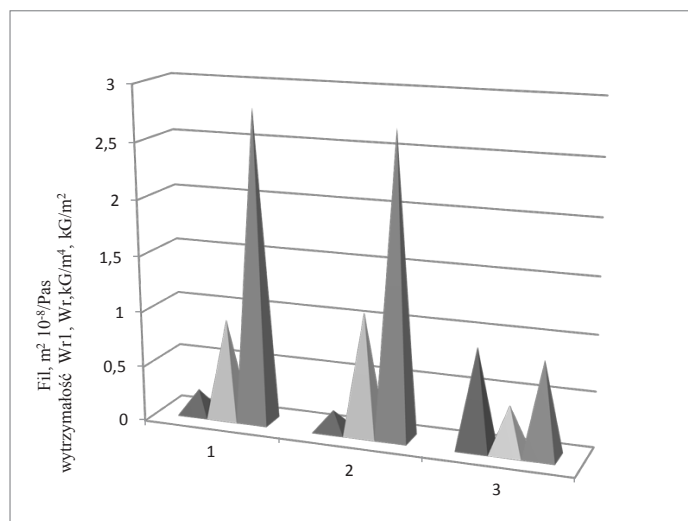
Natomiast na rysunkach 6–8 przedstawiono wartości tych samych wskaźników dla poszczególnych spoiw, w zależności od rodzaju zastosowanej osnowy.

Na rysunkach 9–11 pokazano wpływ grubości – ilości warstw, na filtrację P powłoki ceramicznej, przy różnym ich składzie.



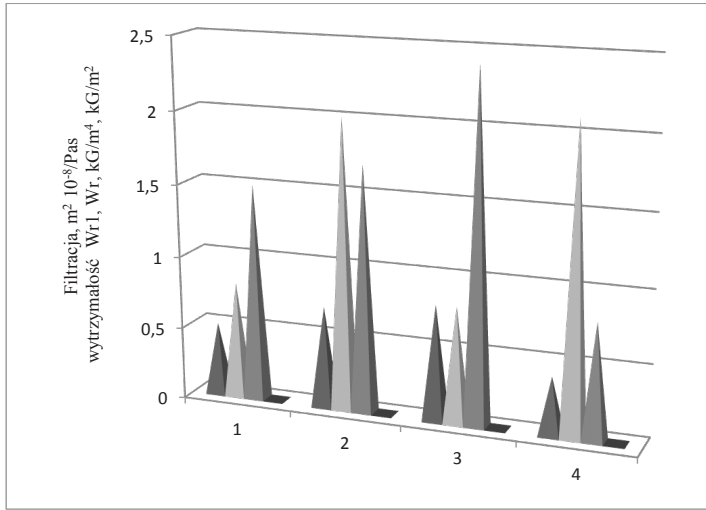
Rys. 2. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_{r1} , W_r mączki kwarcowej wyprażonej w 1000°C – 1 warstwa, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – sizol 0-30, 4 – Al_2O_3

Fig. 2. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of silica flour baked at 1000°C (single layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – 0-30 sizol, 4 – Al_2O_3



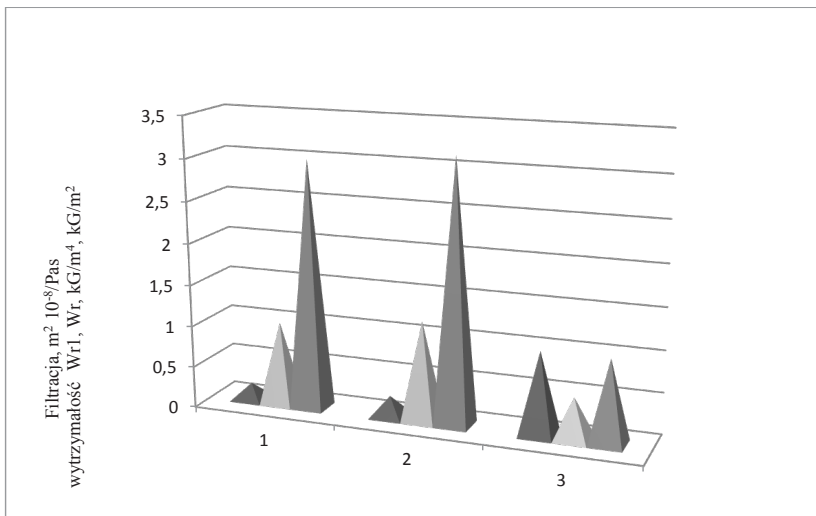
Rys. 3. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_{r1} , W_r mączki kwarcowej wyprażonej w 1000°C – 2 warstwy, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – Al_2O_3

Fig. 3. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of silica flour baked at 1000°C (double layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – Al_2O_3



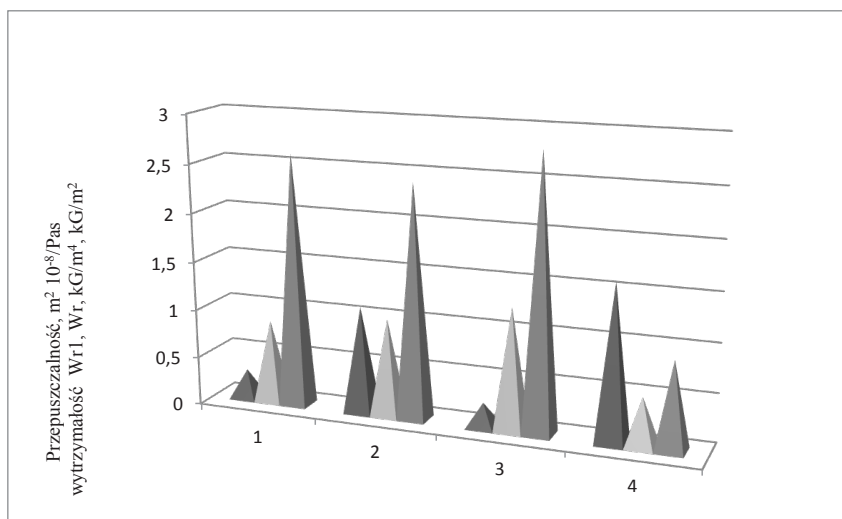
Rys. 4. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_{r1} , W_r mączki kwarcowej wyprażonej w 600°C – 1 warstwa, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – sizol 0-30, 4 – Al_2O_3

Fig. 4. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of silica flour baked at 600°C (single layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – 0-30 sizol, 4 – Al_2O_3



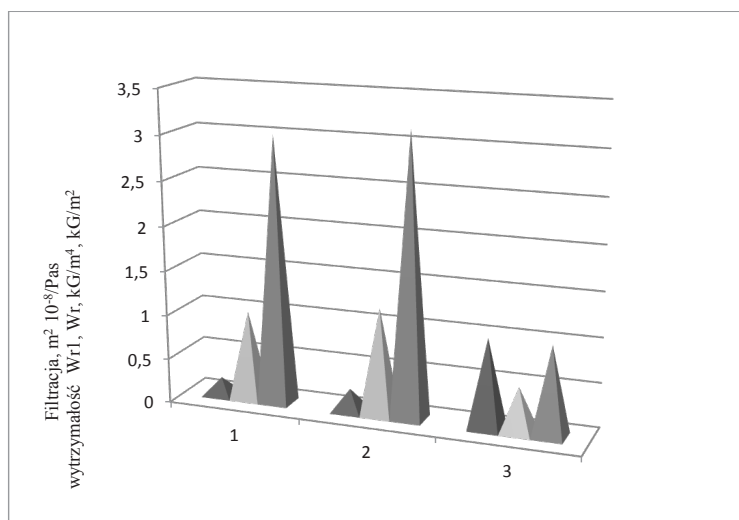
Rys. 5. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_{r1} , W_r mączki kwarcowej wyprażonej w 600°C – 2 warstwy, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – Al_2O_3

Fig. 5. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of silica flour baked at 600°C (double layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – Al_2O_3



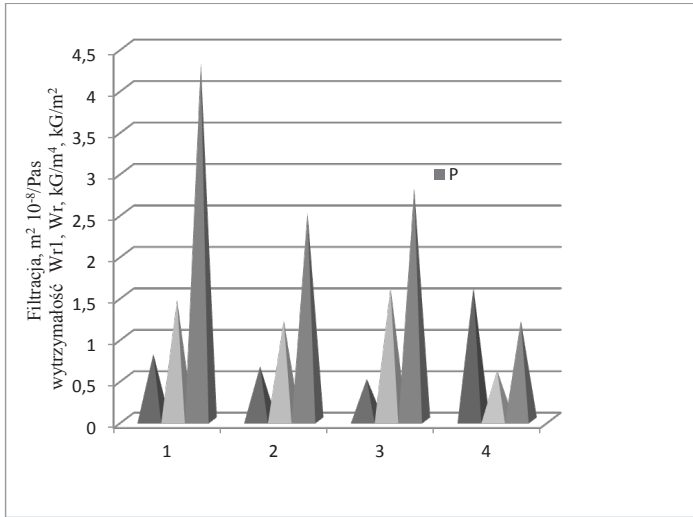
Rys. 6. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_r , W_{r1} mullitu – 1 warstwa, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – sizol 0-30, 4 – Al_2O_3

Fig. 6. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of mullite (single layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – 0-30 sizol, 4 – Al_2O_3



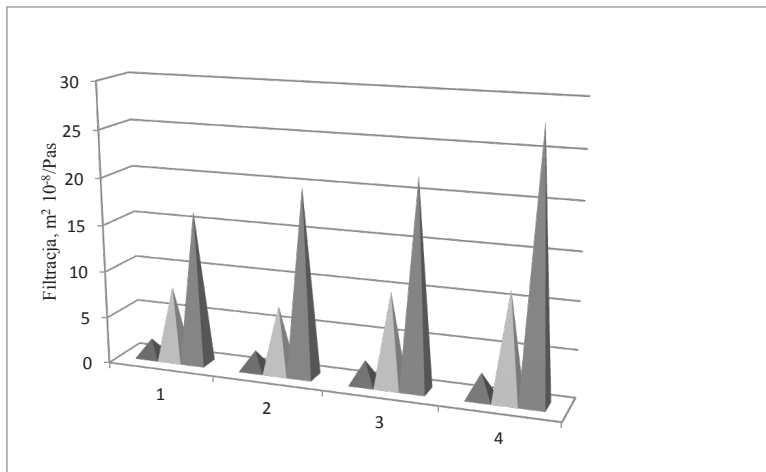
Rys. 7. Zależność (od lewej strony) filtracji P , W_r , W_{r1} mullitu – 2 warstwy, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – Al_2O_3

Fig. 7. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of mullite (double layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – Al_2O_3



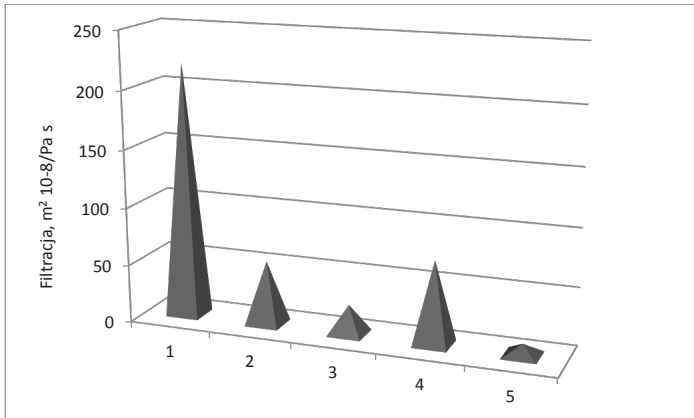
Rys. 8. Zależność wskaźników (od lewej strony) filtracji P , W_r , W_{r1} mączki cyrkonowej – 1 warstwa, w funkcji rodzaju spoiwa: 1 – zhydrolizowany krzemian etylu, 2 – spoiwo krzemianowo-kopolimerowe, 3 – sizol 0-30, 4 – Al_2O_3

Fig. 8. Dependence of W_r , W_{r1} coefficients and permeability P of zirconia flour (single layer) on binder type: 1 – hydrolysed ethyl silicate, 2 – silicate copolymer binder, 3 – 0-30 sizol, 4 – Al_2O_3



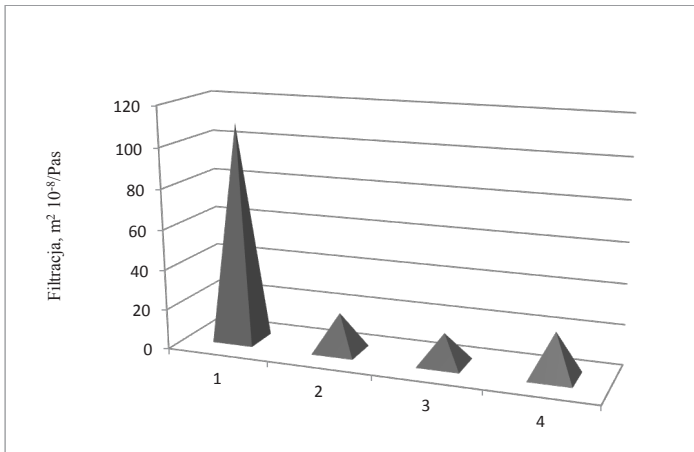
Rys. 9. Zależność filtracji od ilości (grubości) warstwy ceramicznej naniesionej na model: 1 – mullit + spoiwo krzemianowe (krzemionka koloidalna), 2 – mączka kwarcowa + spoiwo krzemianowe, 3 – mączka kwarcowa + spoiwo wodno-alkoholowe, 4 – Al_2O_3 + 10 % bentonit + spoiwo wodno-alkoholowe

Fig. 9. Dependence of permeability on the number of ceramic layers applied on pattern: 1 – mullite + silicate binder (colloidal silica), 2 – silica flour + silicate binder, 3 – silica flour + water-alcohol binder, 4 – Al_2O_3 + 10% bentonite + water-alcohol binder



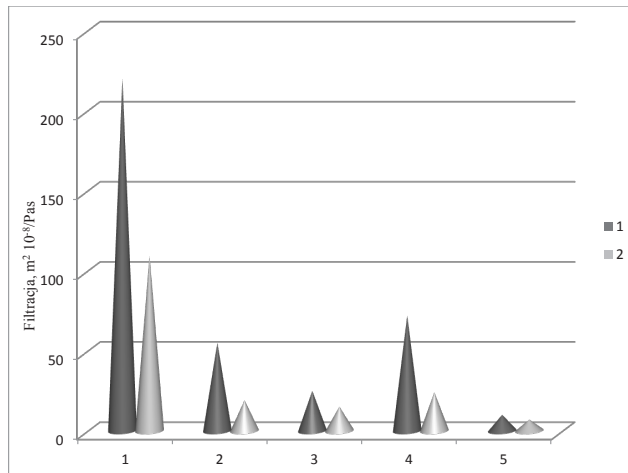
Rys. 10. Zależność filtracji jednej warstwy pokrycia w funkcji rodzaju osnowy: 1 – Al₂O₃, 2 – mączka kwarcowa wyprażona w 1000°C, 3 – mullit, 4 – mączka kwarcowa wyprażona w 600°C, 5 – cyrkon

Fig. 10. Dependence of permeability of single-layer coating on the type of base material: 1 – Al₂O₃, 2 – silica flour baked at 1000°C, 3 – mullite, 4 – silica flour baked at 600°C, 5 – zirconium



Rys. 11. Zależność filtracji dwie warstwy pokrycia w funkcji rodzaju osnowy: 1 – Al₂O₃, 2 – mączka kwarcowa wyprażona w 1000°C, 3 – mullit, 4 – mączka kwarcowa wyprażona w 600°C

Fig. 11. Dependence of permeability of double-layer coating on the type of base material: 1 – Al₂O₃, 2 – silica flour baked at 1000°C, 3 – mullite, 4 – silica flour baked at 600°C



Rys. 12. Zależność filtracji warstwy powłoki (jedna, dwie) w funkcji rodzaju osnowy: 1 – Al₂O₃, 2 – mączka kwarcowa wyprażona w 1000°C, 3 – mulit, 4 – mączka kwarcowa wyprażona w 600°C (od lewej – jedna warstwa, 2 warstwy)

Fig. 12. Dependence of coating layer filtration (single-layer and double-layer coating) on the type of base material: 1 – Al₂O₃, 2 – silica flour baked at 1000°C, 3 – mullite, 4 – silica flour baked at 600°C (from the left – one layer, two layers)

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały pełną przydatność metody i przyrządu do badania filtracji i wytrzymałości warstw ceramicznych powłok ogniotrwałych, stosowanych na modele z polistyrenu spienionego w procesie pełnej formy. Sam pomiar jest łatwy i szybki (nie wliczając czasu nanoszenia warstw powłoki). Badaniami objęto 13 różnych powłok. Różniły się one rodzajem spoiwa i rodzajem stosowanej osnowy. Powłoki nakładane były jako jedna lub dwie warstwy. Z badań wynika, że zwiększenie grubości i ilości warstw nie wpływa w znacznym stopniu na wytrzymałość, ale powoduje zauważalne do 70% obniżenie filtracji gazów. Porównując zdolność filtracji materiałów ceramicznych, nie zauważono wyraźnych różnic pomiędzy nimi, również ich wytrzymałość mieści się w założonym przedziale wyników.

Podziękowanie

Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2012 przyznanych w ramach projektu badawczego nr N N507 270736 pt. „Wpływ właściwości materiałów modelowych i formierskich na przebieg procesu odlewania w metodzie modeli zgazowywanych”.

Literatura

1. Baliński A., Wisła-Walsh E.: *Fly ash from hard coal combustion as a ceramic base material of moulding sands*. Polish Journal of Environmental Studies, 2008, Vol. 14, No. 3A, pp. 44–48.
2. Baliński A.: *Advanced oxidation and adsorption modification of dust waste from standard moulding sands*. Archives of Foundry Engineering, 2010, Vol. 10, issue 2, pp. 5–8.
3. Izdebska-Szanda I.: *Investigations of a correlation between the type and amount of modifier, high-temperature transformations and residual strength of sands with modified sodium silicates*, Transaction of Foundry Research Institute, 2008, No. 1, pp. 49–64.
4. Izdebska-Szanda I., Baliński A.: *Zmiany potencjału zeta układu wiążącego „uwodniony krzemian sodu – dioctan glikolu etylenowego”* [w:] Polska Metalurgia w latach 2006–2010, Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, s. 418–425.
5. Izdebska-Szanda I., Baliński A.: *Ecological and technological aspects uses of chemical modification of hydrated sodium silicate*, [w:] Wysokojakościowe technologie odlewnicze, materiały i odlewy, pp. 19–34.
6. Jankowski W., Żółkiewicz Z.: *A method to evaluate the permeability and strength of ceramic protective coatings applied on lost foam patterns*. Archives of Metalurgy, 2003, Vol. 48, No. 3, pp. 277–283.
7. Karwiński A., Żółkiewicz Z.: *Application of modern ecological technology lost foam for the implementation of machinery*. TEKA, PAN Lublin, Komisja Motoryzacji i Energetyki 2011, Lublin, Vol. XIC, pp. 91–99.
8. Pacyniak T., Kaczorowski R.: *Investigating the properties of refractory coatings applied on polyester patterns used in casting production by Lost Foam Process*. PAN Katowice, Archiwum Odlewnictwa, Rocznik 3, nr 8, pp. 147–155.
9. Pacyniak T.: *Theoretical and technological backgrounds of the full mold process of casting manufacture*. Zeszyty Naukowe – Politechnika Łódzka, 2006, nr 985.
10. Pielichowski J., Sobczak J.J., Żółkiewicz Z., Hebda E., Karwiński A.: *Analiza termiczna polistyrenowego modelu odlewniczego*. Prace Instytutu Odlewnictwa, 2011, Vol. L, No. 1, pp. 15–22.
11. Pirowski Z.: *Application of Nickel Superalloys On Castings For Conventional Energy Equipment Items*. TEKA, 2011, Vol. XIC, pp. 246–255.
12. Piech K.: *Technologia wykonywania odlewów z zastosowaniem modeli z polistyrenu spienionego*. Prace Instytutu Odlewnictwa, 1994, R. 44, z. 3, s. 202–216.
13. Pysz S., Żółkiewicz Z., Żuczek R., Maniowski Z., Sierant Z., Młyński M.: *Badanie symulacyjne warunków wypełnienia wnętrza formy ciekłym metalem w technologii modeli zgazowywanych*. Prace Instytutu Odlewnictwa, 2010, Vol. L, nr 3, s. 27–37.
14. Szinskij O.I., Anderson V.A., Šinskij I.O.: *New Directions in the Theory and Practice of Lost Foam Process*. 62. Int. Foun.Congress, Philadelphia 1996, ref. 31, 1–10.kkk.
15. Wilk J., Żółkiewicz Z.: *Determination of optimum Technology in Respect of the Required Values of Casting Quality Parameters by Application of the Weighted Variables Metric*. Materials Engineering, 2006, T. 13, nr 3, p. 89.
16. Żmudzińska M., Faber J., Perszewska K., Żółkiewicz Z., Maniowski Z.: *Badania emisji produktów zgazowania modelu styropianowego w procesie lost foam w aspekcie ochrony środowiska*. Prace Instytutu Odlewnictwa, 2011, Vol. L, nr 1, s. 23–34.

17. Żółkiewicz Z., Żółkiewicz M.: *Pattern evaporation process*. Archives of Foundry Engineering 2007, Vol. 7, Issue 1, January–March, Katowice-Gliwice, ref. 10/2, pp. 49–52.
18. Żółkiewicz Z., Żółkiewicz M.: *Characteristic properties of materials for evaporative patterns*. Archives of Foundry Engineering, 2010, Vol. 10, special issue, pp. 289–292.
19. Żółkiewicz Z., Żółkiewicz M.: *Lost Foam Process – the Chance for Industry*, TEKA PAN Lublin, 2009, Vol. IX, pp. 431–436.