

# Ocena wpływu jakości regeneratu na parametry powierzchniowe odlewów

R. Dańko\*, M. Holtzer, M. Górny

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

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

Otrzymano: 20.06.2014; zaakceptowano do druku: 12.07.2014

## Streszczenie

W artykule omówiono zagadnienie wpływu jakości samoutwardzalnej masy formierskiej z żywicą furfurylową na stan powierzchni odlewów testowych. Przed wykonaniem odlewów testowych, masy formierskie, z których przygotowano formy poddano badaniom mającym ocenić ich własności mogących mieć wpływ na stan odlewu, tzn. gazotwórczość, analizę granulometryczną, zawartość pierwiastków potencjalnie niebezpiecznych dla mikrostruktury odlewu oraz badania morfologii powierzchni ziarn regeneratów stosowanych do sporządzania mas formierskich. Wykonane w różnych masach formierskich odlewy poddano ocenie parametrów geometrycznych powierzchni, przeprowadzonych z wykorzystaniem aparatu TalyScan 150, firmy Taylor Hobson z wykorzystaniem oprogramowania TalyMap Expert v.2.0.19.

**Słowa kluczowe:** powierzchnia, masa formierska, regenerat.

## 1. Wprowadzenie

Tworzywo formierskie, którym jest przygotowana masa formierska i rdzeniowa jest najczęściej oceniane pod kątem spełnienia wymagań technologii formy odlewniczej umożliwiającej wykonanie odlewu pozbawionego wad. Składnikami masy są: osnowa, którą stanowi świeży piasek formierski (głównie masy rdzeniowe) lub mieszanina piasku świeżego i zregenerowanej osnowy (masy formierskie) oraz spoiwo (np. żywice z ich utwardzaczami), a także inne dodatki.

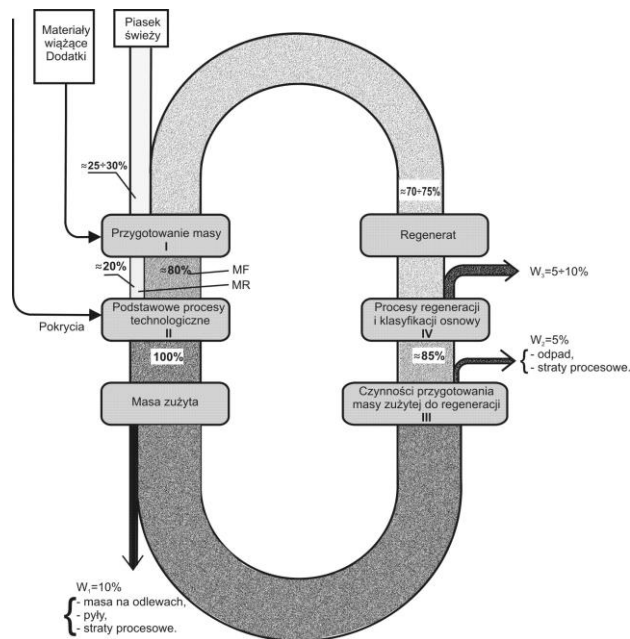
W procesach recyklingu jedną z bardziej istotnych miar technologicznej oceny jakości odzyskanej osnowy masy jest wytrzymałość na rozciąganie i zginanie mas formierskich, czy ich przepuszczalność [1-3]. Często jednak parametry te nie są wystarczające dla pełnej oceny mas formierskich, gdyż nie informują o możliwych zjawiskach zachodzących na granicy metal-forma odlewnicza, które mogą mieć istotne znaczenie dla jakości odlewu.

Do grupy ważnych, nadal traktowanych marginalnie badań mas formierskich ze spoiwem organicznym poddawanych procesowi regeneracji osnowy należą badania dotyczące oceny:

- gazotwórczości mas formierskich z osnową po procesie recyklingu,
- określenia zawartości siarki i azotu w masach formierskich,
- jakości powierzchni odlewów, w tym wad powierzchniowych i porowatości.

W procesie wykonywania odlewów w formach piaskowych, z wykorzystaniem mas jednorazowych, w których spoiwem są utwardzane chemicznie żywice różnego rodzaju, pojawia się pojęcie recyklingu osnowy mas formierskich. Recykling osnowy jest ważnym zagadnieniem dla racjonalnej gospodarki piaskiem formierskim, jako głównym tworzywem mas z żywicami służących do sporządzania form i rdzeni. W przypadku masy formierskiej ze spoiwami tego rodzaju, pojęcie „obieg masy” traci zwyczajowe znaczenie, używane w przypadku klasycznych mas z bentonitem. Masa ze spoiwem żywicznym po każdym cyklu wykonania odlewu stanowi w najlepszym przypadku produkt

uboczny (ang. byproduct), którego recykling pozwala odzyskać do 95% osnowy kwarcowej, stanowiącej substytut świeżego piasku formierskiego. Rozpatrywany w tym aspekcie obieg osnowy masy, mający miejsce po realizacji procesu technologicznego wykonania odlewu, jest związany z jej odzyskiem z zużytej masy i nazywany dalej jako proces recyklingu osnowy, którego schemat można zilustrować jak na rysunku 1. Symbolami I-IV zaznaczono etapy recyklingu osnowy, kluczowe dla prowadzenia procesów technologicznych w odlewni, związanych z jakością odlewów i prawidłową gospodarką materiałami formierskimi [4].



Rys. 1. Schemat procesu recyklingu osnowy mas formierskich z żywicami: I – przygotowanie masy formierskiej i rdzeniowej, osnowa: świeży piasek formierski i/lub mieszanina piasku świeżego i po regeneracji, spoiwo: żywice chemoutwardzalne; II – podstawowe operacje technologiczne: wykonanie form i rdzeni, zalewanie, krzepnięcie i stygnięcie odlewów, wybijanie masy i odlewów, III - rozbrzylenie i przygotowanie masy zużytej do procesu regeneracji osnowy, IV – proces regeneracji osnowy, odpylanie i wyodrębnienie klas ziarnowych użytecznych technologicznie. Inne oznaczenia: MF – masa formierska, MR – masa rdzeniowa, R – regenerat, W – odpad

## 2. Przebieg i wyniki badań

Badania dotyczące wymienionych zagadnień przeprowadzono stosując masę formierską z żywicą Kaltharz U404, utwardzaną utwardzaczem 100T3, której osnowę stanowił piasek kwarcowy, lub regenerat po różnym stopniu uzdatnienia, charakteryzowanego wartością straty prażenia. Przygotowano 4 warianty składu masy, różniące się jedynie rodzajem osnowy, przy zalecanej przez producenta zawartości spoiwa. Przygotowane do badań masy formierskie, oznaczone symbolami: M1-M4, miały następujący skład:

- osnowa (piasek kwarcowy lub regenerat) 98,5%,

- żywica Kaltharz U404 1,0 %
  - utwardzacz 100T3 0,5%
- Osnowę mas stanowiły:
- piasek kwarcowy - masa M1,
  - regenerat 1 (po jednym cyklu obiegu osnowy) – masa M2,
  - regenerat 2 (po dwóch cyklach obiegu osnowy) – masa M3,
  - regenerat 3 (po 3 cyklach obiegu osnowy) – masa M4.

W charakterze układu do regeneracji mechanicznej zastosowano wirnikowy regeneratory testowy RD-6, w którym poddawano obróbce regeneracyjnej siedmiokilogramową porcję masy zużytej przez czas 15 minut przy prędkości obrotowej zespołu wirnika wynoszącej 560 obr./min [4].

Tabela 1.

Charakterystyka granulometryczna i strata prażenia mas formierskich i osnowy stosowanej do sporządzania masy testowych M1 ÷ M4

Oznaczenie masy	Charakterystyka masy formierskiej	Charakterystyka osnowy poddanej różnej liczbie obiegów				
		Rodzaj osnowy	Analiza granulometryczna (Analissette 22 NanoTec)			
			Strata prażenia SP <sub>(mz)</sub> %	d <sub>a</sub> mm	d <sub>g</sub> mm	S <sub>t</sub> cm <sup>3</sup> /g
Masa formierska M1	Piasek kwarcowy	1,47	0,287	0,235	1173	0,02
Masa formierska M2	Regenerat 1 cykl obiegu	2,47	0,307	0,238	1750	1,01
Masa formierska M3	Regenerat 2 cykle	3,36	0,308	0,248	1779	1,88
Masa formierska M4	Regenerat 3 cykle	3,91	0,321	0,262	1876	2,36

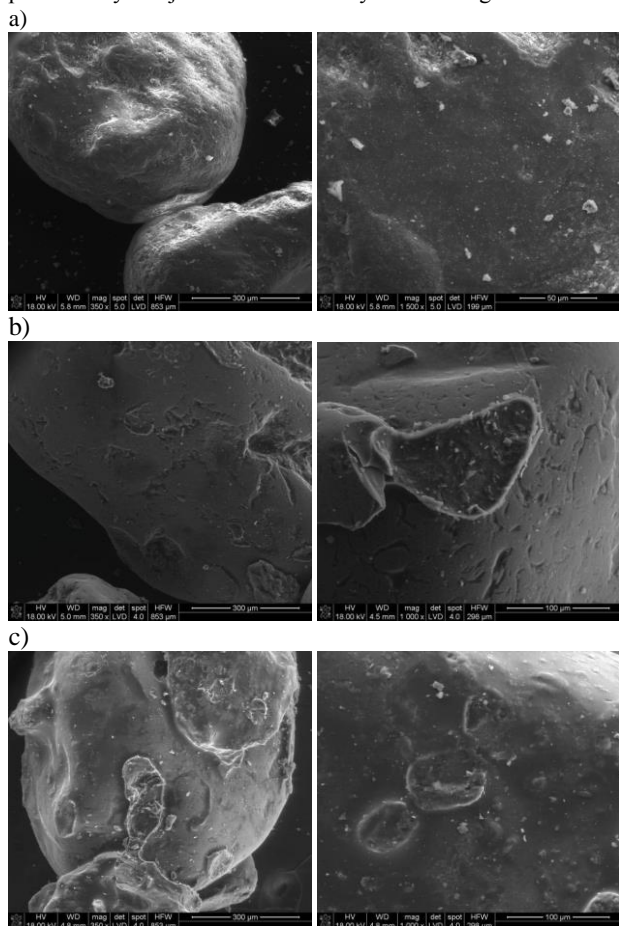
Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcia mikroskopowe piasku świeżego oraz masy zużytej po 2 i po 3 cyklu przeróbczym.

Własne badania w zakresie emisji gazów prowadzono według oryginalnej metody opracowanej na Wydziale Odlewnictwa AGH [5].

Badania ilości oraz kinetykę gazów generowanych w procesie zalewania kształtek przeprowadzono dla podanych wariantów mas formierskich (M1 ÷ M4). Otrzymane przebiegi wydzielalności gazów w funkcji czasu przedstawiono na rysunku 3, natomiast kinetykę ich wydzielania na rysunku 4. Można zauważyć, że największa intensywność wydzielania gazów ma miejsce bezpośrednio po zalaniu formy ciekłym metalem. Zapis kinetyki wydzielania się gazów, pozwala stwierdzić, że w badanych warunkach największa emisja gazów następuje w pierwszych 90 sekundach po zalaniu metalu. Analiza przebiegów wskazuje także, że zarówno objętość jak i kinetyka emitowanych gazów w sposób istotny zależy od wartości strat prażenia badanej masy formierskiej.

W ramach badań jakości zregenerowanej osnowy wykonano badanie zawartości siarki i azotu w badanych masach formierskich, które miały na celu określenie, czy pierwiastki te mają negatywny wpływ na mikrostrukturę odlewu [6-7]. Wyniki badań przedstawione graficznie na rysunku 5 potwierdzają efekt kumulowania się siarki i azotu w masie formierskiej podlegającej wielokrotnej obróbce regeneracyjnej. Wzrost zawartości siarki

i azotu w masach formierskich analizowany w funkcji ich strat prażenia wykazuje charakter zbliżony do liniowego.

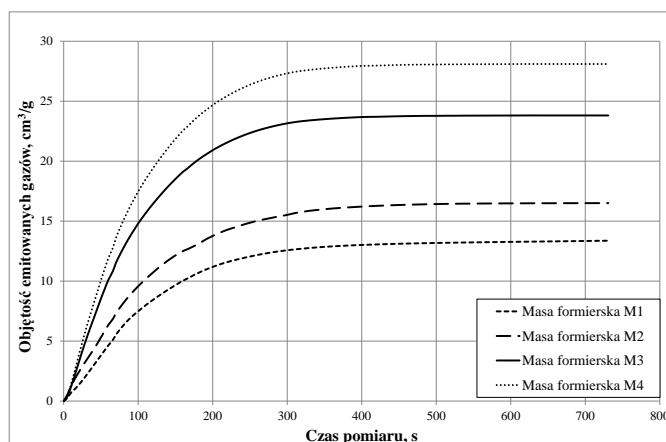


Rys. 2. Zdjęcia mikroskopowe powierzchni ziaren osnowy w powiększeniu 350x (zdjęcia -strona lewa) i 1000-1500x (zdjęcia- strona prawa): a) piasek kwarcowy świeży jako osnowa masy testowej M1; b) osnowa masy zużytej po drugim cyklu przeróbczym; c) osnowa masy zużytej po trzecim cyklu przeróbczym

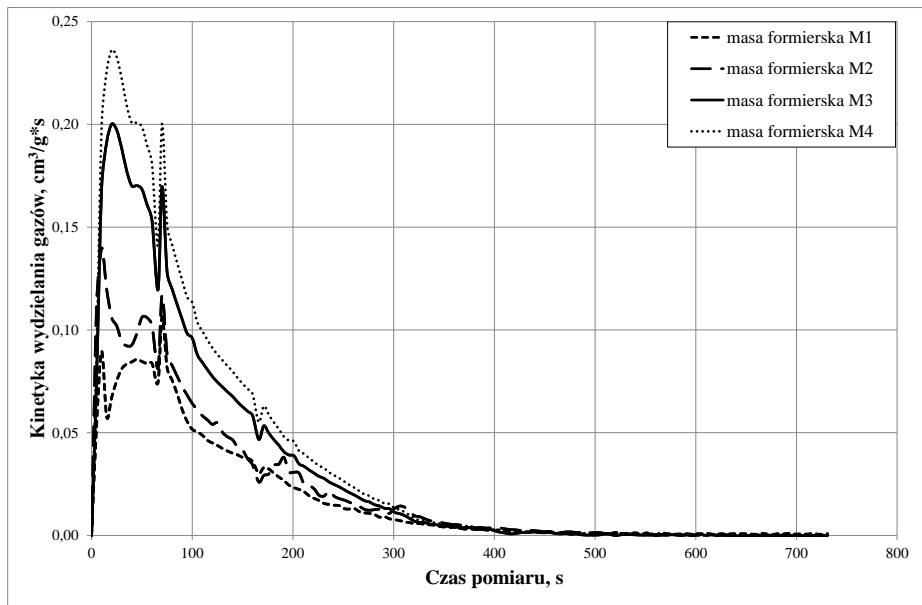
Masy formierskie M1 ÷ M4 posłużyły do wykonania form klina według normy ASTM A 536-84. Obciążenie termiczne masy formierskiej, wyrażone stosunkiem masy odlewu do masy formierskiej wynosiło:  $m_{\text{odl}}:m_{\text{masy}}=1:1,6$  przy masie odlewu równej 1,7 kg. Średnia gęstość pozorna zagęszczonej masy około 1600 kg/m<sup>3</sup>.

Po zalaniu form ciekłym żelazem sferoidalnym klasy PN-EN-GJS-500-7 o temperaturze zalewania 1400 °C wystudzeniu i wybitiu odlewów poddano analizie jakość ich powierzchni. Mapy warstwiczne powierzchni próbek wyciętych z klina odlanego w formach z samoutwardzalnej masy z żywicą organiczną o różnych stratach prażenia zostały przedstawione na rysunku 6, natomiast zestawienie parametrów wysokościowych na rysunku 7. Można zauważyć, że najlepszą ocenianą wizualnie jakość powierzchni ma odlew odlany w formie z masy formierskiej M1, sporządzonej na osnowie czystego piasku kwarcowego. Kolejne odlewy mają pogarszającą się powierzchnię i rozwijające się pęcherze gazowe w miarę wzrostu straty prażenia stosowanych mas formierskich, charakteryzujących pośrednio gazotwórczość tych mas.

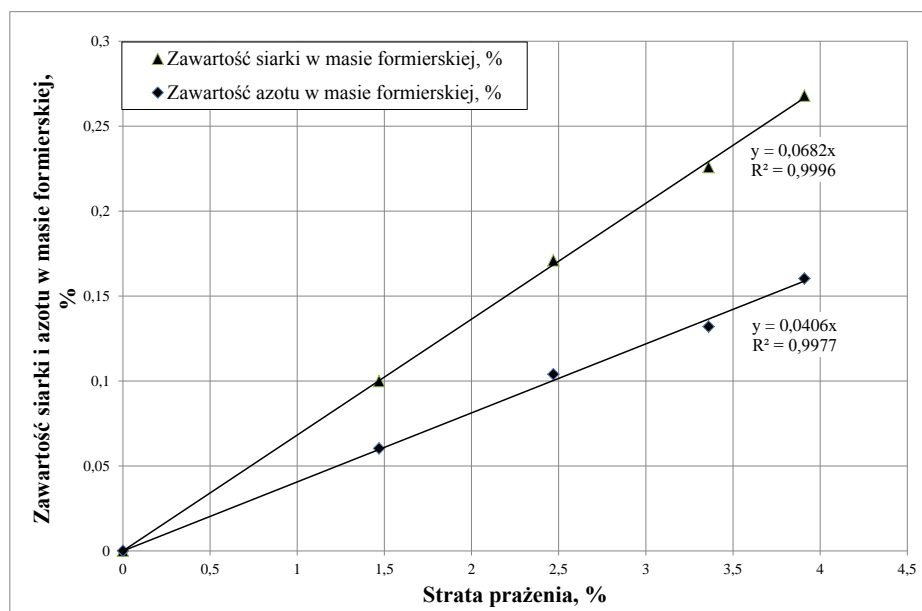
W próbkach wyciętych z odlewów testowych przeprowadzono również badania mikrostruktury. We wszystkich stwierdzono warstwę zdegenerowanego grafitu kulkowego oraz perlitu od strony kontaktu metalu z masą formierską, przy czym grubość warstwy wzrastała wraz ze stratą prażenia masy formierskiej, a tym samym zawartością w niej siarki i azotu, co można zaobserwować na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 8.



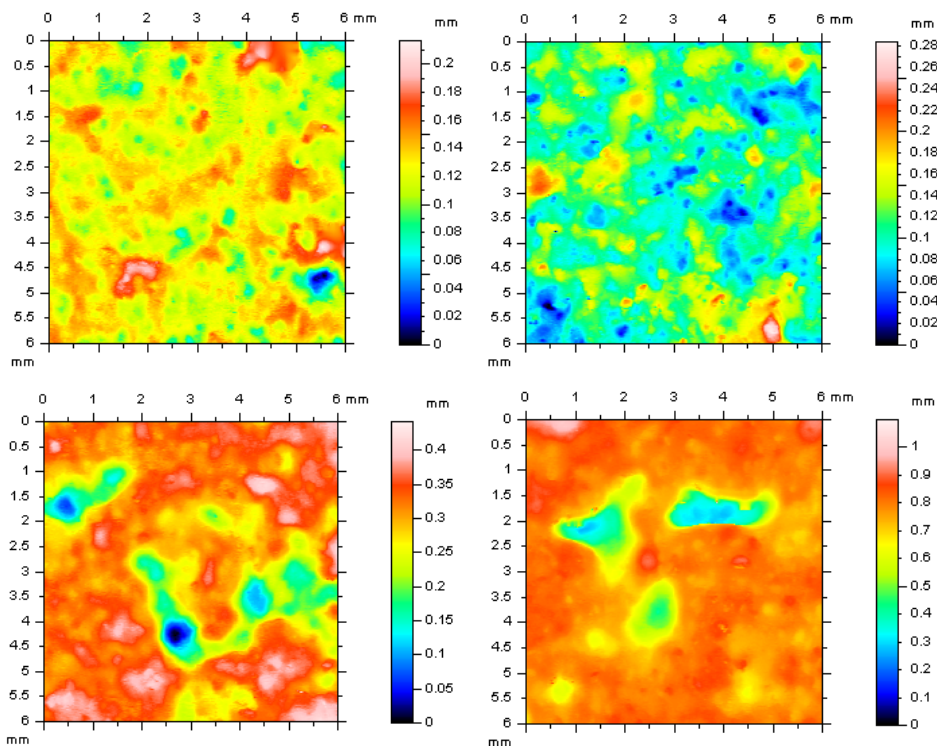
Rys. 3. Objętość emitowanych gazów przez badane masy formierskie w procesie ich zalewania ciekłym metalem. Temperatura zalewania 1350 °C



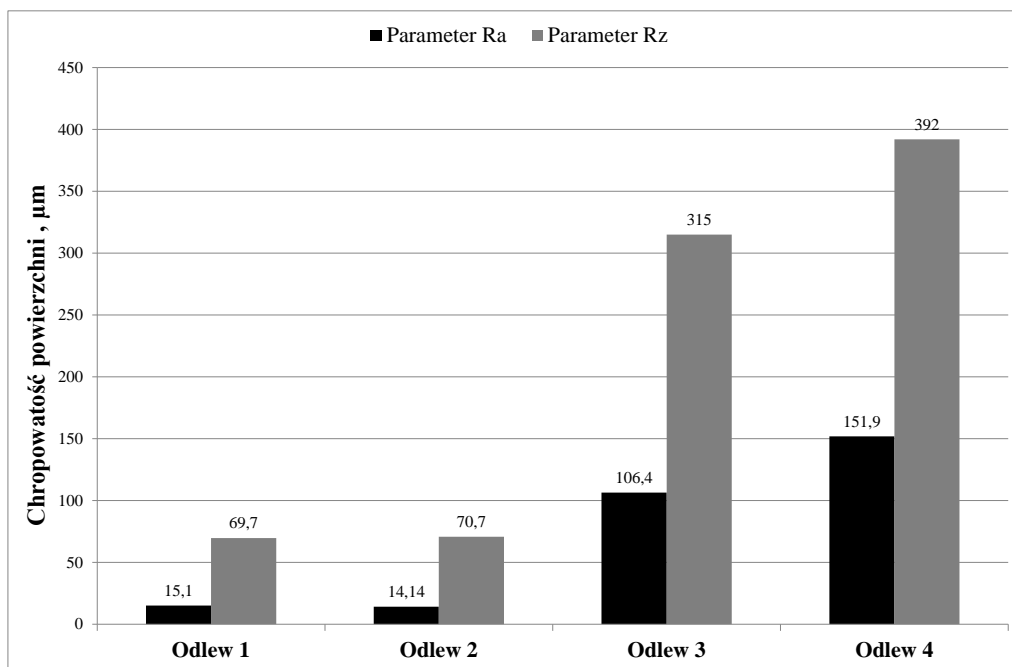
Rys. 4. Kinetyka gazów emitowanych przez badane masy formierskie w procesie ich zalewania ciekłym metalem. Temperatura zalewania 1350 °C



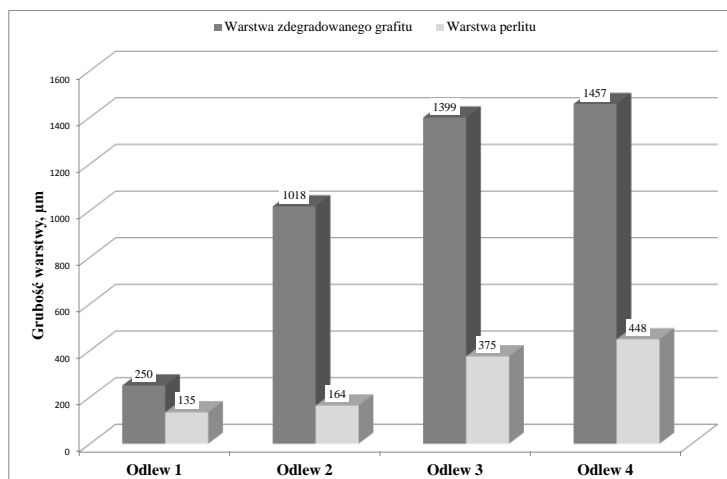
Rys. 5. Wyniki pomiarów zawartości siarki (S) i azotu (N<sub>2</sub>) w badanych masach formierskich z żywicą Kaltharz U404 (1% mas.) oraz utwardzaczem 100T3 (0,5%) mas. Wartość strat prażenia jak w tabeli 1



Rys. 6. Mapa warstwiczna powierzchni próbki odlewu odlanego w formie z masy: a) M1, b) M2, c) M3, d) M4



Rys. 7. Zbiorcze zestawienie geometrycznych parametrów wysokościowych Ra, Rz uzyskanych dla odlewów klina według normy ASTM A 536-84 wykonanych w formach z badanych rodzajów masy formierskiej



Rys. 8. Grubość warstwy zdegenerowanego grafitu i perlitu określonych w próbkach wyciętych z odlewów wykonanych w formach z mas formierskich M1-M4

### 3. Wnioski

Stosowanie zregenerowanej w procesie recyklingu osnowy kwarcowej, jako substytutu świeżego piasku wymaga opracowania metody oceny osnowy w aspekcie szkodliwego oddziaływania masy sporządzonej na tej osnowie na jakość odlewów. Zamieszczone wyniki badań uzasadniają celowość okresowych kontroli osnowy po procesie recyklingu pod kątem kumulowania się w niej substancji, które mogą stanowić potencjalne zagrożenia dla jakości wykonywanego odlewu. Testy przeprowadzono na prostych odlewach klinów, wykonanych z wysokojakościowego żeliwa sferoidalnego potwierdzają możliwość formowania się zdegenerowanego grafitu kulkowego w warstwie wierzchniej odlewu.

### Podziękowania

Publikacja wykonana w ramach projektu badawczego NCN nr UMO-2011/03/B/ST8/05869

### Literatura

- [1] J. Dańko, R. Dańko, M. Łucarz, (2007). *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit”.
- [2] I. Izdebska-Szanda, F. Pezarski, K. Stępniewski K., (2008). *Application of design Project developer by Foundry Research Institute in Krakow in construction of integrated stand for processing and reclamation of moulding sands*. Archives of Foundry Engineering 8 (1), 133-138.
- [3] J. Dańko, M. Holtzer, R. Dańko R., (2010): *Problems of scientific and development research concerning the reclamation of used foundry sands*. Archives of Foundry Engineering. 10 (4), 29-34.
- [4] Stanowisko do badania intensywności emisji i szkodliwości gazów wydzielających się z materiałów technologicznych, stosowanych w procesach odlewniczych i hutniczych. Opis zgłoszeniowy wynalazku; P-389709 z dnia 02.04.2012.
- [5] D.M. Stefanescu, F.R. Juretzko, (2007). *Study of the Effect of some process variables on the surface roughness and the tensile properties of thin wall ductile iron castings*. AFS Transactions, 1-4.

# Evaluation of the Impact of Quality of Regenerated Sand on the Surface Parameters of Casting

### Summary

The article discusses the impact of the quality of self-hardening furan molding sand on the casting surface condition. Before performing the test casting, molding sands from which test molds were prepared were tested by the point of view of their properties which may affect the quality of the casting, ie. Gas evolution rate, granulometric analysis, the content of elements potentially dangerous for cast microstructure and surface morphology. Geometric parameters of castings made in a various molding sands were measured with using the camera TalyScan 150, Taylor Hobson and software TalyMap Expert v.2.0.19.