

Regeneracja zużytej masy z żywicą furfurylową na stanowisku laboratoryjnym

M. Skrzyński^a, R. Dańko^a, P. Czapla^b

^a AGH - University of Science and Technology,
Faculty of Foundry Engineering, Reymonta 23 str., 30-059 Kraków, Poland

^b Swan Shephard Polska, ul. Czecha 33, 30-234 Kraków, Poland

*Corresponding author. E-mail address: rd@agh.edu.pl

Otrzymano 20.11.2014, zaakceptowano do druku 12.12.2014

Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki badań regeneracji zużytej masy formierskiej z żywicą furfurylową, które zostały przeprowadzone na stanowisku doświadczalnym regeneratora wirnikowego RD-6. W badaniach określano wpływ sposobu prowadzenia procesu odzysku oraz zastosowanej metody odpylania regeneratu (odpylanie końcowe, odpylanie okresowe, odpylanie ciągłe) na jakość odzyskanego regeneratu. Jakość regeneratu określana była poprzez analizę straty prażenia, ilości pyłów powstających w procesie regeneracji oraz na podstawie określenia własności wytrzymałościowych masy formierskiej z regeneratem.

Słowa kluczowe: masy formierskie, regeneracja, regeneracja mechaniczna

1. Wprowadzenie

Powszechne stosowanie regeneracji zużytych mas odlewniczych obejmuje praktycznie wszystkie używane masy ze znanych technologii odlewniczych, w których można wytypować masy o dużej, średniej i małej podatności do regeneracji. Niektóre rodzaje masy, mimo ich zalet technologicznych i stosunkowo niskiej ceny, są eliminowane gdyż ich regeneracja nie zapewnia odzysku osnowy o jakości porównywalnej z jakością świeżego piasku. W masach tak zwanej „nowej generacji”, zawierających chemo-utwardzalne materiały wiążące, względnie na podatność masy do regeneracji (regenerowalność) jest istotny. Możliwość łatwej regeneracji nowych mas wprowadzanych do odlewnictwa jest wyznacznikiem ich nowoczesności i przemysłowej atrakcyjności, przy czym względy ekonomiczne związane z oszczędnościami przy zakupie świeżego piasku są jednym, wcale nie najbardziej istotnym argumentem motywującym wprowadzenie regeneracji w danej odlewni [1-8].

Proces regeneracji mechanicznej, najczęściej stosowanej w praktyce ma na celu usunięcie otoczki zużytego materiału wiążącego z ziarna osnowy na skutek oddziaływań elementarnych określanych w literaturze jako ścieranie, ocieranie i kruszenie [1]. Badania Kuini [9] dotyczące zachowania się materiałów ziarnistych w technice fluidyzacji wskazują, że wzajemne tarcie ziarn w ich skupisku ma mniejszą wartość w przypadku, gdy produkty ścierania są obecne w materiale poddanym obróbce regeneracyjnej, a większą gdy frakcje pyłowe powstające po starciu zużytej otoczki materiału wiążącego, są sukcesywnie usuwane z obrabianego materiału. Stwierdzone zachowanie osnowy i frakcji pyłowych stanowi przesłankę do przeprowadzenia omówionych dalej badań.

2. Metody procesu regeneracji mas zużytych

Proces regeneracji zużytych mas formierskich i rdzeniowych jest operacją skomplikowaną i wymagającą pełnej kontroli każdego z jej etapów [1].

Masa zużyta, niezależnie od przyjętego sposobu odzysku z niej osnowy, podlega obróbce, realizowanej w odpowiednich systemach, najczęściej z zachowaniem następującej sekwencji czynności:

- wstępne oddzielenie ze zużytej masy zanieczyszczeń mechanicznych, głównie metalowych,
- rozdrobnienie zbrylonej masy po jej wybitciu z formy,
- przesianie masy i wyodrębnienie zakresu klas ziarnowych materiału do regeneracji właściwej,
- powtórne oddzielenie z masy zanieczyszczeń metalowych,
- regeneracja właściwa, czyli uwolnienie osnowy z resztek zużytego materiału wiążącego przez zastosowanie sposobów pozwalających na usunięcie otoczki materiału wiążącego z powierzchni ziaren ,
- usunięcie z osnowy niepożądanych produktów regeneracji przez jej odpylenie (procesy suche),
- wyodrębnienie osnowy o określonej wielkości i jednorodności ziarn (klasyfikacja według wielkości ziarn).

Obróbka zużytej masy polegająca na połączeniu pierwszych czterech, wymienionych czynności jest określana jako proces regeneracji wstępnej lub pierwotnej (ang. primary reclamation) [1, 7]. Na tym etapie obróbki, ziarna regeneratu nie są dostatecznie oczyszczone z otoczki materiału wiążącego, a proces ten polega na dezintegracji dużych zlepków ziaren osnowy.

Regeneracja właściwa, która w literaturze anglojęzycznej jest określana terminem „secondary reclamation” (regeneracja wtórna) stanowi wraz z regeneracją wstępną komplementarny system obróbki regeneracyjnej mający na celu oczyszczenie ziaren osnowy z pozostałości otoczek zużytego materiału wiążącego i nieprzydatnych technologicznie, zazwyczaj pyłowych frakcji osnowy. W prezentowanych w publikacji badaniach przeprowadzono pełny cykl regeneracji obejmujący jej wstępny i właściwy etap.

3. Program badań, metody badawcze

Uzyskaną z odlewni użytą masę z żywicą furfurylową poddano kruszeniu mechanicznemu i przesiano przez sito o prześwicie oczka 1,5 mm, a następnie poddawano określonemu sposobowi regeneracji w doświadczalnym regeneratorze wirnikowym RD-6 opisanym w pracy [3] i przedstawionym na rysunku 1.

W pracy przyjęto trzy następujące sposoby realizacji regeneracji:

- I. Poddanie tej samej porcji masy zużytej kolejnym cyklom regeneracyjnym w doświadczalnym regeneratorze wirnikowym RD-6, a następnie klasyfikacji w klasyfikatorze kaskadowym i ocenie skutków przeprowadzonych operacji. Próba zużytej masy, po wstępnym odpyleniu w regeneratorze kaskadowym, została poddana kolejno: 1, 5, 10, 15, 20

minutowej regeneracji z każdorazowym odpyleniem międzyoperacyjnym.

- II. Regeneracja, w trakcie której określona próba masy była poddawana założonemu oddziaływaniu regeneracyjnemu, a następnie odpylana w klasyfikatorze kaskadowym. Poszczególne próby poddane zostały regeneracji, której czas wynosił 1, 5, 10, 15 i 20 minut.
- III. Regeneracja, podczas której doświadczalny regenerator wirnikowy RD-6 został podłączony do systemu odpylania, co powodowało usuwanie frakcji pyłowych w trakcie trwania zabiegu regeneracji ze średnią szybkością przepływu powietrza przez regenerator ok. 1 m/s. Poszczególne próby poddane zostały regeneracji, której czas wynosił 1, 5, 10, 15 i 20 minut.



Rys. 1. Widok zewnętrzny regeneratora mechanicznego wirnikowego zaprojektowanego na Wydziale Odlewnictwa AGH wraz z wewnętrznym systemem elementów ścierających

Ocena efektów procesu suchej regeneracji mechanicznej była analizowana przede wszystkim pod kątem określenia możliwości uwalniania ziarn osnowy z otoczek materiału wiążącego. W badaniach stosowano następujące metody oceny jakości regeneratu i charakteru przebiegu procesu odzysku:

- strata prażenia,
- wskaźnik skuteczności regeneracji W_{SR} ,
- analiza sitowa,
- zawartość pyłów powstałych w wyniku regeneracji,
- wytrzymałość na zginanie mas formierskich z regeneratem.

4. Wyniki badań

Na rysunku 2 graficznie przedstawiono zależność straty prażenia regeneratów w zależności od czasu prowadzenia procesu, dla analizowanych sposobów jego realizacji. Można zauważyć, że odpylanie towarzyszące procesowi regeneracji w sposobie III, daje większy efekt obniżenia wartości straty prażenia niż w pozostałych przypadkach. Jest to związane z unoszeniem frakcji pyłowych z obrabianego materiału. Proces prowadzony według sposobu I charakteryzuje się równomiernym i szybkim spadkiem wartości straty prażenia, jednak nie tak intensywnym, jak w przypadku prowadzenia procesu według sposobu III. Najmniej korzystny jest sposób II, w którym produkty ścierania pozostają w próbce masy w czasie założonej liczby cykli regeneracyjnych.

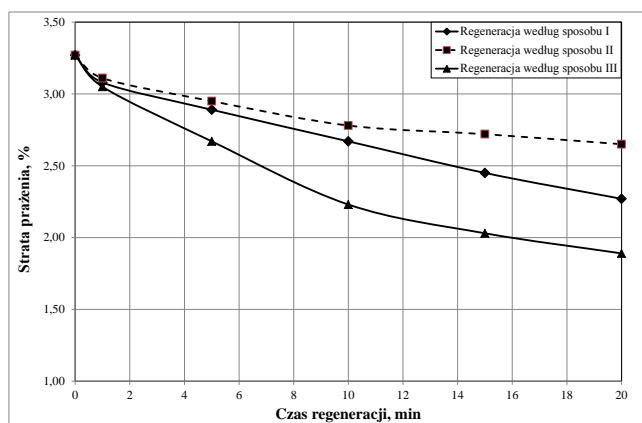
Na rysunku 3 przedstawiono zależność wskaźnika skuteczności regeneracji W_{SR} od czasu regeneracji, określanego ze wzoru:

$$W_{SR} = \left(1 - \frac{U_c}{S}\right) \cdot 100\%$$

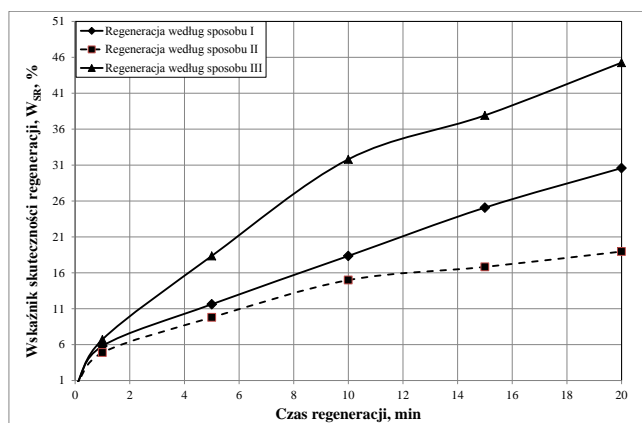
gdzie:

- S – całkowita zawartość spoiwa w masie zużytej, %,
- U_c – zawartość spoiwa w masie po określonym sposobie i czasie regeneracji, %.

Wyniki określenia wskaźnika skuteczności regeneracji potwierdzają wcześniejsze obserwacje, związane z analizą wartości straty prażenia. Najbardziej skutecznie proces regeneracji przebiega dla sposobu III, gdzie uzyskuje się około 42% oczyszczenia ziarna osnowy z otoczek zużytego materiału wiążącego po czasie trwania procesu wynoszącym 20 minut. Należy zaznaczyć, że przeprowadzone analizy sitowe nie wykazały po tym czasie uszkodzenia ziarn odzyskanej osnowy, co świadczy, że przy dłuższym czasie regeneracji stopień oczyszczenia mógłby być jeszcze większy. Dla regeneracji prowadzonej sposobem II, po czasie regeneracji uzyskano jedynie 18% stopień usunięcia zużytego materiału wiążącego z ziarn osnowy.

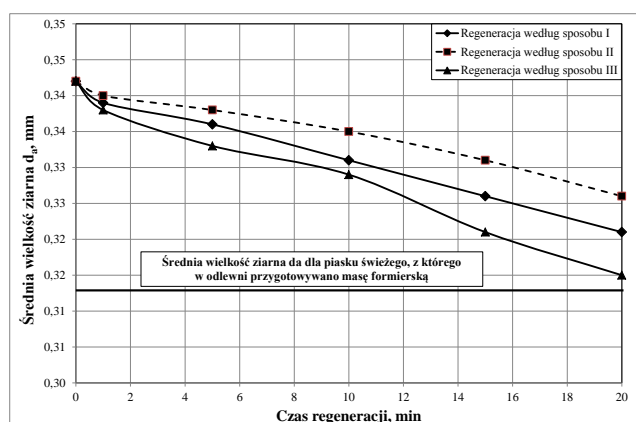


Rys. 2. Wyniki badania straty prażenia regeneratów uzyskanych sposobami I, II i III



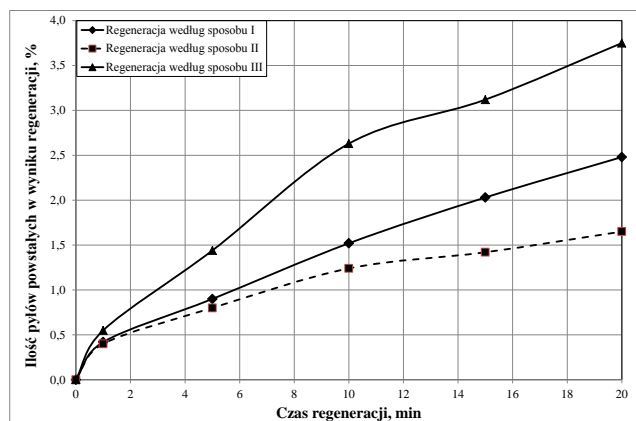
Rys. 3. Wartość wskaźnika skuteczności regeneracji przeprowadzonej sposobami I, II i III

Wyniki analizy sitowej zostały skrótkowo przedstawione na rysunku 4. Jako reprezentatywną dla charakteru przebiegu procesu odzysku regeneracyjnego wybrano średnią średnicę arytmetyczną d_a [7]. Na podstawie przedstawionych wyników zmian wielkości ziarna d_a w wyniku procesów regeneracyjnych zachodzących w urządzeniu RD-6, można zauważyć, że wartość tego parametru maleje wraz ze wzrostem intensywności oddziaływania regeneracyjnego. Efekt taki jest spowodowany stopniowym usuwaniem z powierzchni ziarna osnowy zużytego materiału wiążącego. Najbardziej intensywnie zmniejszanie się średnicy d_a obserwuje się w przypadku prowadzenia procesu sposobem III. Należy zauważyć, że żaden z badanych sposobów regeneracji nie powodował uszkodzenia odzyskiwanych ziaren.



Rys. 3. Wyniki zmian średniej średnicy arytmetycznej ziarn regeneratu d_a uzyskanego sposobami I, II i III

Na rysunku 4 przedstawiono graficznie ilość pyłów powstających w wyniku prowadzonego różnymi metodami procesu odzysku. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia, że proces regeneracji najbardziej efektywnie zachodzi w przypadku jego prowadzenia według sposobu III. Powstaje wtedy największa ilość pyłów będących produktem procesów ocierania, ścierania i kruszenia otoczki zużytego materiału wiążącego z ziarn osnowy.



Rys. 4. Ilość pyłów powstałych w wyniku prowadzenia procesu regeneracji mechanicznej sposobem I, II i III

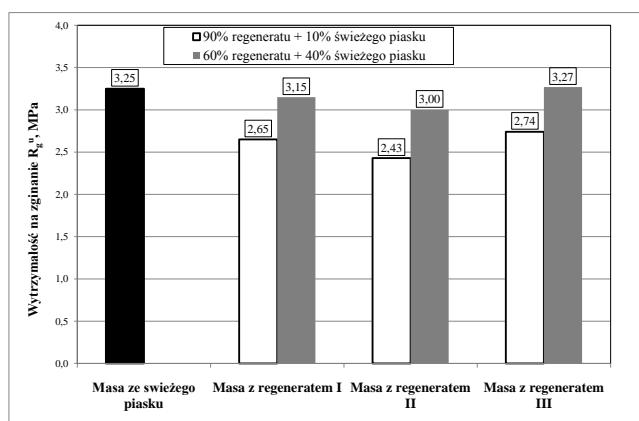
Uzyskane regeneraty posłużyły jako osnowa mas formierskich, dla których określono wytrzymałość na zginanie po 1 godzinie odstawiania. Stosowano dwie mieszanki osnowy:

- 90% regeneratu + 10% świeżego piasku,
- 60% regeneratu + 40% świeżego piasku,

Skład masy formierskiej był następujący:

- osnowa
- żywica Kaltharz 404U - 1% w stosunku do osnowy,
- utwardzacz 100T3 - 0,5% w stosunku do osnowy,

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie przedstawiono na rysunku 5. Na podstawie tych wyników można zauważyć, że w każdym przypadku najwyższe wartości wytrzymałości na zginanie uzyskano dla mas formierskich przygotowanych z regeneratem uzyskanym w wyniku zastosowania III sposobu odzysku. Potwierdza to wcześniejsze spostrzeżenia mówiące, że jest to najskuteczniejszy z badanych sposobów odzysku osnowy ze zużytej masy formierskiej.



Rys. 5. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie mas formierskich z uzyskanymi regeneratami

5. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na uwypuklenie wpływu sposobu prowadzenia regeneracji mechanicznej, na jakość osnowy. Bardzo istotny wpływ ma szczególnie sposób prowadzenia procesu odpylania. Pozostawienie startego zużytego materiału wiążącego w regenerowanym złożu znacznie obniża efektywność prowadzonych procesów regeneracyjnych.

Uzyskane dane świadczą o bardziej intensywnie przebiegającym procesie ścierania otoczek materiału wiążącego z powierzchni ziarn w środowisku pozbawionym frakcji pyłowych, w związku z tym, należy wyposażać instalacje do regeneracji w staranny system odpylania nie tylko podczas klasyfikacji zregenerowanej osnowy, ale także w trakcie trwania procesu regeneracji.

Podziękowania

Praca zrealizowana w ramach Grantu Dziekańskiego nr 15.11.170.515.

Literatura

- [1] Dańko J., Dańko R., Łuczak M., (2007). *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit”
- [2] Izdebska-Szanda I., Angrecki M., Palma A. (2013). *Recycling of waste moulding sands with new binders*. Archives of Foundry Engineering. 13 (2), 43-48
- [3] Dańko R. (2012). *Strength model of self-setting moulding sands with synthetic resins in an aspect of the of the integrated matrix recycling process*. Archives of Foundry Engineering Publishing House, 193 pages
- [4] Czapla P., Dańko R., (2013), *The State of Art of the Mechanical Reclamation of Used Foundry Sands*. Archives of Foundry Engineering 13 (spec. iss. 3), 15-20
- [5] Ignaszak Z., Prunier J.B., Piault R. (2002). *Regeneracja termiczna i recykling piasków żywicznych z wykorzystaniem transportu pneumatycznego*. Archives of Foundry. 2 (5), 64-73
- [6] Holtzer M., Drożyński D., Bobrowski A., Mazur M., Isendorf B. (2010). *Ocena wpływu regeneratu na właściwości mas z żywicą furanową*. Archives of Foundry Engineering. 10(spec. iss. 2), 61-64
- [7] Dańko R. (2006) *Podstawy teoretyczne i technologiczne doboru optymalnych sposobów regeneracji suchej zużytych mas odlewniczych*. Praca doktorska. Wydział Odlewnictwa AGH, Kraków
- [8] Skrzyński M., Dańko R., Kamińska J. (2013). *Reclamation of mixtures of spent sands of inorganic and organic type*. Archives of Foundry Engineering. 13(4), s. 93-96.
- [9] Kunii D., Levenspiel O. (1968). *Fluidisation Engineering*. John Wiley and Sons Inc. New York

Reclamation of Used Furan Sand at Laboratory Stand

Summary

The paper presents the results of the regeneration of spent molding sand with furan resin, which were carried out at the experimental station rotary regenerator RD-6. In studies, the effects of the method of the reclamation process and the extraction of the dust (final dusting, periodic dusting, dusting continuous) on the quality of the recovered regenerate is determined. The quality of the reclaim was determined by analyzing the loss on ignition, the amount of dust generated in the process of regeneration, the sieve analysis and on the basis of determining the mechanical properties of the molding sands prepared with recovered material.