

Wpływ wybranych parametrów regeneracji termicznej zużytej masy rdzeniowej na skuteczność prowadzonych zabiegów

M. Łucarz*, R. Dańko*, M. Dereń*

AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza,

Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

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

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

Streszczenie

W publikacji przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie wpływu wybranych parametrów pracy doświadczalnego regeneratora termicznego na skuteczność jego działania. Efektywność pracy urządzenia przeprowadzono analizując wpływ: temperatury pracy, temperatury powietrza fluidyzacji, stopnia nagrzania komory regeneratora termicznego oraz sposobu mieszania złoża. Badania wykonano na stanowisku doświadczalnym zainstalowanym w hali maszyn odlewniczych Wydziału Odlewnictwa AGH. Ocenę wpływu poszczególnych parametrów dokonano na podstawie badania strat prażenia pozyskanego regeneratu. Wykonano także badania wytrzymałości na zginanie kształtek z masy rdzeniowej w uniwersalnej maszynie do wykonywania próbek testowych i małych rdzeni w technologii hot-box (LUT).

Słowa kluczowe: regeneracja termiczna, regenerator termiczny, masy zużyte, technologia hot-box

1. Wprowadzenie

Regeneracja termiczna jest najlepszą metodą odzysku osnowy ziarnowej z zużytych mas ze spoiwami organicznymi. Jest to jednak zabieg kosztowny ze względu na energię potrzebną do jego realizacji [1]. Aktualnie ze względu na coraz ostrzejsze przepisy związane z ochroną środowiska metoda ta, po zestawieniu wszystkich kosztów związanych z zakupem świeżego piasku i zagospodarowaniem zużytej masy, staje się ekonomicznie opłacalna [2]. W przypadku masy rdzeniowej wymagana jest osnowa ziarnowa gwarantująca wykonanie rdzeni o określonej wytrzymałości, co jest w stanie sprostać wymaganiom jakościowym odlewów. Jednocześnie proces regeneracji termicznej powinien być prowadzony w warunkach najmniejszych nakładów energetycznych. Jedną z metod ograniczenia kosztów regeneracji termicznej jest stosowanie

określonej temperatury, wystarczającej od oczyszczenia osnowy ziarnowej ze spoiwa organicznego. Wymagany zakres temperatury regeneracji można określić za pomocą analizy termicznej TG opisanej w publikacjach [3-6]. W publikacji przedstawiono wpływ innych parametrów pracy urządzenia na skuteczność procesu regeneracji termicznej zużytej masy.

2. Metodyka badań

2.1. Masa rdzeniowa

Do badań sporządzono masę rdzeniową wg następującego składu:

- piasek kwarcowy lub regenerat - 100 cz.m.

- spoiwo mocznikowo-furfurylowa Ekotec 35 - 1,2 cz.m.
- utwardzacz AM-G - 10% w stosunku do żywicy.

Masę sporządzono w mieszarce wirnikowej wg następującej procedury: do osnowy ziarnowej dodano utwardzacz i mieszano przez 2 minuty, a po wprowadzeniu żywicy mieszano jeszcze 3 minuty. Z tak przygotowanej masy wykonano rdzenie w uniwersalnej maszynie do wykonywania próbek testowych i małych rdzeni w technologii hot-box (LUT). Badania realizowano dla ciśnienia strzału 5,2 MPa, czas strzału 1 s, czas przedmuch 2 s. Kształtki do badań wytrzymałościowych wykonano w temperaturze 220 °C, a czasy przetrzymywania w rdzennicy wynosiły odpowiednio: 15 s, 30 s, 60 s i 120 s. Wytrzymałość na zginanie rdzeni realizowano w urządzeniu do badania wytrzymałości mas formierskich (LRu-2e) na gorącej osnowie i po wystygnięciu (4 h).

2.2. Regeneracja termiczna

Rdzenie wykonane ze świeżego piasku po badaniach wytrzymałościowych kruszono w kruszarce szczękowej i przesiewano przez sito 0,8 mm. Tak otrzymany materiał (wsad 10 kg) poddano zabiegom regeneracji termicznej.

Obróbkę cieplną zużytej masy formierskiej przeprowadzono w doświadczalnym regeneratorze termicznym, którego zasada działania została przedstawiona w innych publikacjach [7-8].

Podczas obróbki regeneracyjnej pobierano przez wysyp niewielkie porcje regeneratu (po 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 min) w celu określenia strat prażenia. Próbkę osnowy ziarnowej po określonych czasach regeneracji poddano zabiegom prażenia w piecu silitowym. Prezentowane w artykule wyniki są średnią z dwóch próbek regeneratu (30 g), które były wygrzewane w piecu przez 2 godziny w temperaturze 950 °C.

Proces regeneracji termicznej realizowano dla różnych warunków pracy urządzenia, a analizą porównawczą objęto regenerację termiczną:

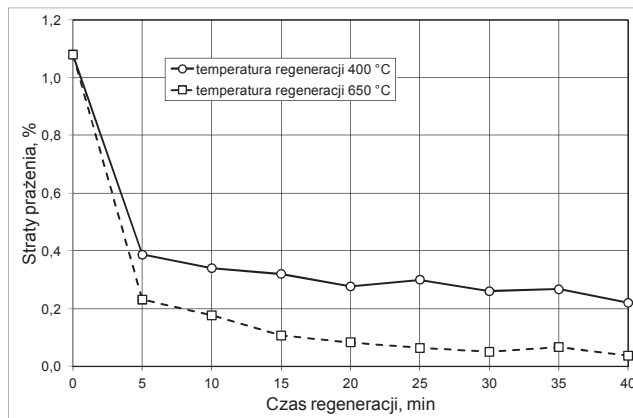
- w temperaturze 400 i 650 °C,
- w temperaturze 650 °C z zastosowaniem fluidyzacji regenerowanego złoża powietrzem z otoczenia i z rekuperatora,
- w temperaturze 650 °C przy załadunku zimnej komory regeneratora i po osiągnięciu temperatury zadanej,
- w temperaturze 650 °C dla różnych sposobów mieszania złoża (sekwencyjne - 5s_5s_5s, jednoczesne - 2s_20s).

Porównano także wytrzymałość na zginanie masy rdzeniowej wykonanej ze świeżej osnowy i regeneratu.

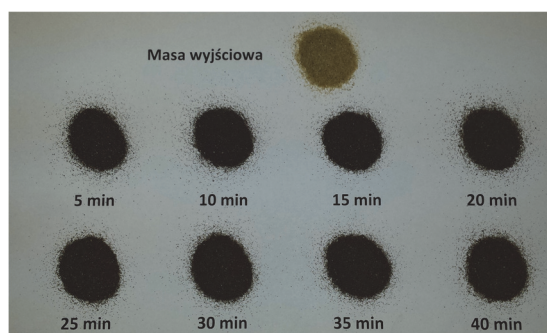
3. Analiza wyników

Na rysunku 1 zestawiono wyniki strat prażenia pobranych próbek po regeneracji w temperaturze 400 °C i 650 °C. Uzyskane rezultaty wskazują, że niższa z temperatur regeneracji jest zbyt mała, dla skutecznej destrukcji zużytego spoiwa. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono jak zmienia się stan osnowy ziarnowej w zależności od czasu trwania procesu. Realizacja zabiegu regeneracji termicznej w temperaturze 400 °C wyraźnie charakte-

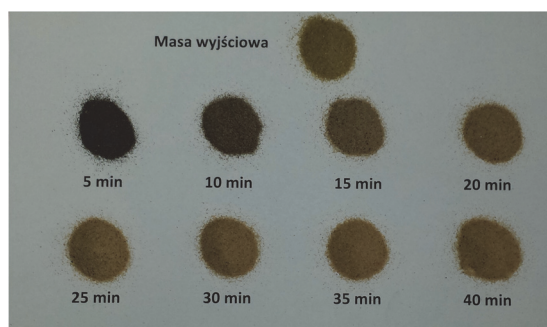
ryzuje się słabą destrukcją spoiwa (por. rys. 2 i 3), w całym badanym zakresie czasu. Proces regeneracji termicznej zużytej masy rdzeniowej w temperaturze 650 °C w zauważalny sposób przebiega do 25 min (por. rys. 1). Natomiast na zdjęciu skuteczne działanie regeneracji termicznej można zauważyć już po 15 minutach (rys. 3).



Rys. 1. Straty prażenia regeneratu, w zależności od czasu regeneracji, w regeneratorze termicznym z sekwencyjnym systemem mieszaniem złoża, dla różnych nastaw temperatury procesu

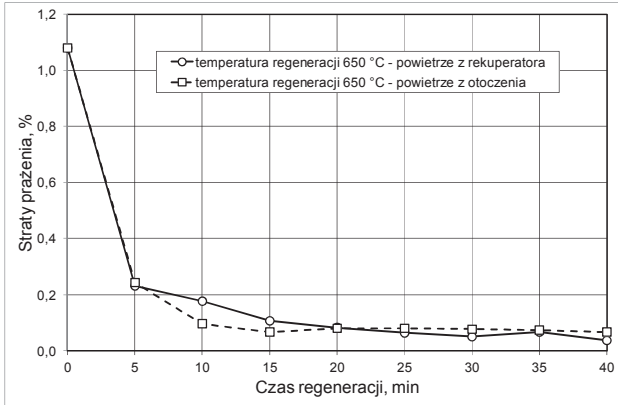


Rys. 2. Widok zużytej masy wyjściowej oraz regeneratu po regeneracji termicznej realizowanej w temperaturze 400 °C, dla różnych czasów trwania procesu



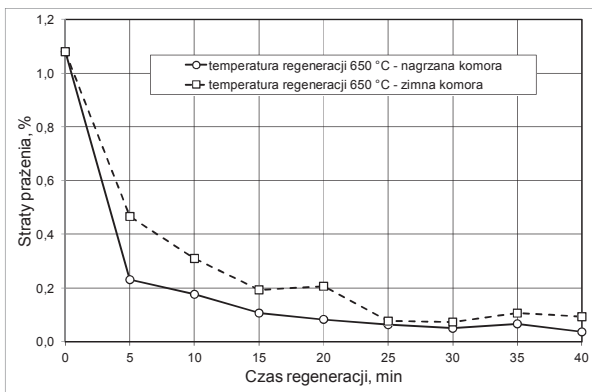
Rys. 3. Widok zużytej masy wyjściowej oraz regeneratu po regeneracji termicznej realizowanej w temperaturze 650 °C, dla różnych czasów trwania procesu

Realizacja regeneracji termicznej w temperaturze 650 °C, dla różnych temperatur powietrza stosowanego do mieszania złoża, nie wskazuje jednoznacznego wpływu ciepła odzyskiwanego z rekuperatora na zwiększenie efektywności procesu (rys. 4). Dla krótszych czasów większe straty prażenia odnotowano dla zastosowanego zimnego powietrza. Dopiero po 20 minutach trwania regeneracji zauważa się zbliżone wartości strat prażenia z niewielką przewagą na rzecz procesu prowadzonego z odzyskiem ciepła ze spalin.



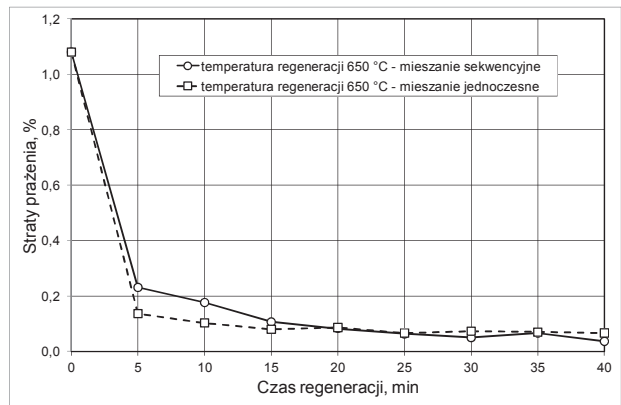
Rys. 4. Straty prażenia regeneratu, w zależności od czasu regeneracji, w regeneratorze termicznym z sekwencyjnym systemem mieszaniem złoża, powietrzem z otoczenia i nagrzanym w rekuperatorze

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki strat prażenia otrzymane dla regeneracji termicznej realizowanej w zależności od temperatury początkowej w komorze spalania urządzenia. Zakumulowane ciepło, wstępnie nagrzanego regeneratora, przyspiesza w początkowej fazie proces regeneracji termicznej, a dostarczana energia w pełni jest zużywana na destrukcję termiczną zużytego spoiwa pokrywającego ziarna osnowy. Po 25 minutach pracy urządzenia, w analizowanych warunkach, straty prażenia osiągają zbliżone wartości. Jest to czas, jak wcześniej wykazano, wystarczający do regeneracji termicznej badanego spoiwa, w urządzeniu o określonych parametrach pracy.

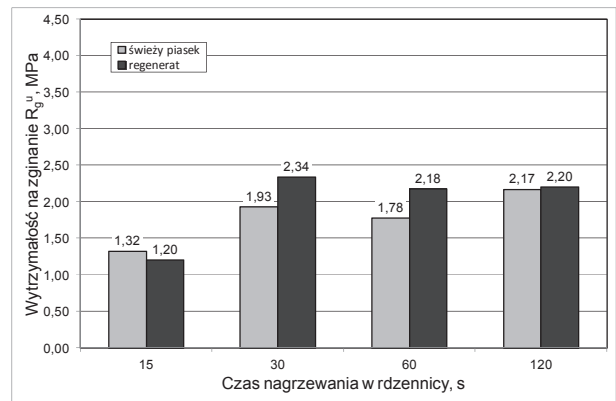


Rys. 5. Straty prażenia regeneratu, w zależności od czasu regeneracji, w regeneratorze termicznym z sekwencyjnym systemem mieszaniem złoża, powietrzem z otoczenia i nagrzanym w rekuperatorze

Przeprowadzono także analizę wpływu sposobu mieszania złoża regenerowanej masy na efekt zabiegu. Porównano sekwencyjne, fluidalne mieszanie regenerowanej masy przez 5 sekund w trzech strefach kanału fluidyzacyjnego z jednoczesnym mieszaniami całego wsadu. Realizując to działanie znacznie zróżnicowano czas przedmuchu – krótki impuls podawanego powietrza (2 sekundy) i długi okres bez mieszania złoża (20 sekund). Nieznacznie lepszy efekt regeneracji termicznej, oceniany stratami prażenia otrzymano dla krótkiego, jednoczesnego mieszania całego złoża (rys. 6). Otrzymane wyniki sugerują, że zbyt częste, lub długo trwające przedmuchiwanie złoża regenerowanej masy powietrzem (nawet ogrzanym w rekuperatorze) wychładza regenerowaną masę i jednocześnie skraca czas skutecznego działania palników na obrabianą termicznie osnowę.



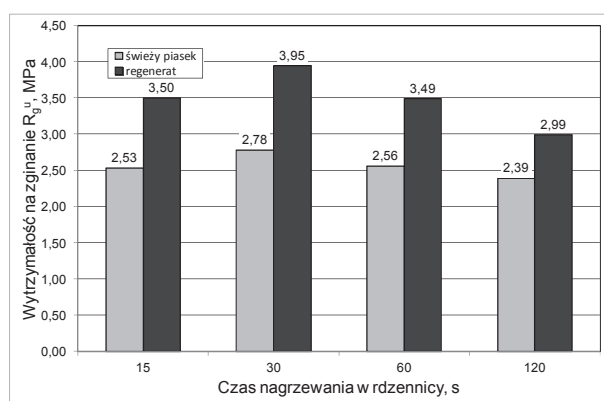
Rys. 6. Straty prażenia regeneratu, w zależności od czasu regeneracji, w regeneratorze termicznym dla różnych sposobów mieszania złoża, sekwencyjnym (każda strefa 5 sekund) oraz jednoczesnym (2 sekundy przedmuch wszystkich stref i 20 sekund brak mieszania)



Rys. 7. Porównanie wytrzymałości na zginanie próbek w stanie utwardzonym na gorąco wykonanych ze świeżego piasku i z regeneratu

Przeprowadzone w różnych warunkach zabiegi regeneracji termicznej miały za zadanie wskazać efektywne działania zmierzające do otrzymania dobrego regeneratu z zużytej masy rdzeniowej. Jakość pozyskanej osnowy ziarnowej, po regeneracji termicznej, zweryfikowano wykonując badania wytrzymałości na

zginanie na rdzeniach wykonanych z regeneratu. Na rysunku 7 przedstawiono wyniki wytrzymałości na zginanie masy rdzeniowej na gorącej świeżej osnowie i regeneracie. Większą wytrzymałość na zginanie otrzymano łamiąc rdzenie (kształtki do badań wytrzymałościowych) sporządzone z regeneratu. Różnice w wartościach wytrzymałości w tym przypadku są niewielkie. Znacznie lepsze wyniki uzyskano, gdy proces utwardzania ulegnie zakończeniu, czyli po ostygnięciu kształtek do badań wytrzymałościowych (rys. 8). Można stwierdzić, że proces destrukcji termicznej zużytego spoiwa z powierzchni ziarn, połączony z częściowym odwianiem pyłów i drobnych frakcji wpływa korzystnie na wytrzymałość masy rdzeniowej. Dla czasu 30 sekund przetrzymywania rdzeni na osnowie regeneratu w rdzennicy nagrzanej do 220 °C uzyskano ok. 1,2 MPa większą wytrzymałość niż na świeżej osnowie.



Rys. 8. Porównanie wytrzymałości na zginanie próbek w stanie utwardzonym na zimno (po 4 h) wykonanych ze świeżego piasku i z regeneratu

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania stanowią wybrany fragment szerszej analizy poszukiwania skutecznego sposobu regeneracji termicznej pod kątem zoptymalizowania procesu, w aspekcie doboru parametrów pracy urządzeń i czynników wpływających na zabieg regeneracji.

Jak stwierdzono w innych badaniach, w przypadku analizowanego spoiwa temperatura regeneracji nie powinna być mniejsza niż 530 °C. Czas regeneracji, dla różnych nastaw urządzenia, powinien być nie krótszy niż 20 – 25 minut.

The Impact of Selected Parameters of Thermal Reclamation of Used Sand on the Effectiveness of Reclamation Treatments

The publication presents the results of a study aimed at determining the effect of selected parameters of the experimental thermal regenerator on its effectiveness. Efficiency of operation was carried out by analysing the effect of: operating temperature, fluidizing air temperature, heat degree in regenerator chamber and method of mixing fluidized bed. The research was conducted at the experimental station installed in the machine hall of the Faculty of Foundry Engineering AGH UST. Assessment of the impact of individual parameters was based on loss on ignition of achieved reclaims. Studies of bending strength of the core sands prepared with reclaim in hot-box technology are also presented.

Nie stwierdzono w trakcie przeprowadzonych badań (dla danej procedury i nastaw urządzenia) znaczącego wpływu sposobu mieszania złoża nagrzanym powietrzem z rekuperatora, czy też powietrzem o temperaturze otoczenia. Jednocześnie nie zauważono wyraźnego wpływu na skuteczność regeneracji sposobu mieszania złoża, czy to sekwencyjnego, czy też jednoczesnego.

Zrealizowane zabiegi regeneracji skutecznie oczyszczają osnowę ziarnową z zużytego spoiwa, a masa rdzeniowa wykonana z regeneratu ma większą wytrzymałość na zginanie w stanie utwardzonym w stosunku do masy wykonanej ze świeżego piasku.

Podziękowania

Badania zrealizowano w ramach pracy statutowej AGH, nr 11.11.170.318, zad. 2

Literatura

- [1] Dańko, J., Dańko, R., Łucarz, M. (2007). *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*. Kraków, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT.
- [2] Łucarz, M. (2015). Ecological aspects of the performed thermal reclamation. *Archives of Metallurgy and Materials*. Volume 60, Issue 1, 329-333.
- [3] Łucarz, M.: (2015). Thermal Reclamation of the used Moulding Sands. *Metallurgija* Volume 54 Issue1, 109 – 112.
- [4] Grabowska, B. (2013). *New polymer binders in form of aqueous compositions with poly(acrylic acid) or his salts and modified biopolymer for foundry practice applications*. Kraków, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT (in Polish).
- [5] Łucarz, M., Grabowska, B., Grabowski, G. (2014). Determination of parameters of the moulding sand reclamation process, on the thermal analysis bases. *Archives of Metallurgy and Materials*. Volume 59, Issue 3, 1023-1027.
- [6] Łucarz, M. (2015). Setting temperature for thermal reclamation of used moulding sands on the basis of thermal analysis. *Metallurgija* 54 (2), 319 – 322.
- [7] Łucarz, M. (2014). Influence of the Thermal Reclamation of the Spent Core Sand Matrix on Its Reuse. *Archives of Foundry Engineering*. 14 (1), 27-30.
- [8] Łucarz, M. (2010). Study of thermal reclamation of used hot-box sand. *Archives of Foundry Engineering*. Volume 10, Special Issue 2/2010, 99-102 (in Polish).