

Badania wstępne dwustopniowego systemu mechanicznej regeneracji masy zużytej z technologii ALPHASET

P. Czapla, R. Dańko*

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

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

Otrzymano: 20.06.2014; zaakceptowano do druku: 14.07.2014

Streszczenie

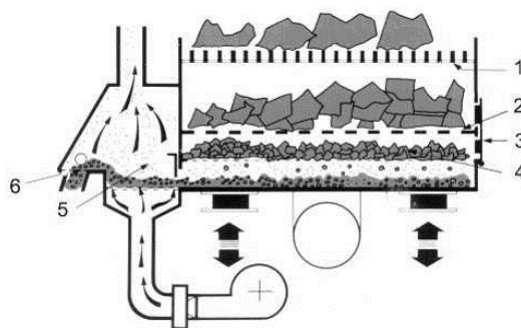
W publikacji przedstawiono wyniki badań regeneratu, uzyskanego w przemysłowym, II-stopniowym systemie mechanicznej regeneracji masy zużytej z technologii ALPHASET, na etapie jego rozruchu technologicznego. Dodatkowo w AGH, w dostępnych urządzeniach laboratoryjnych i półprzemysłowych, przeprowadzono badania możliwości stosowania zwiększonej intensywności przebiegu regeneracji, stanowiące punkt wyjścia do optymalizacji procesu realizowanego w skali przemysłowej. W ramach badań określano podstawowe parametry definiujące średnią wielkość ziarna regeneratu, wartość straty prażenia oraz wskaźnik skuteczności regeneracji. Przeprowadzone prace pozwoliły na przedstawienie wstępnych wytycznych odnośnie do oczekiwanego efektu regeneracji II stopniowej w systemie przemysłowym.

Słowa kluczowe: regeneracja, masa zużyta, regenerat, odzysk.

1. Wprowadzenie

W prezentowanych w publikacji badaniach skupiono się na określeniu regenerowalności masy zużytej z technologii Alphaset. Badano masę zużytą, pochodzącą z jednej z krajowych odlewni staliwa, w której spoiwo stanowiła żywica Momentive TPA 70, a stosowanym utwardzaczem jest ACE 1035. W warunkach odlewni dodatek żywicy wynosi 1,2% mas. w stosunku do piasku świeżego, natomiast dodatek utwardzacza wynosił 24% mas. w stosunku do żywicy.

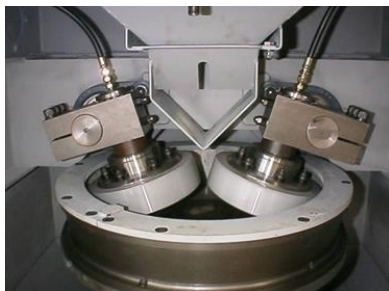
W odlewni, już w trakcie eksploatacji wstępnej zainstalowany został system II stopniowej regeneracji mas zużytych, którego istotnym elementem jest regenerator wibracyjny, przedstawiony na rysunku 1 [1, 2], użyty charakterze I stopnia obróbki regeneracyjnej.



Rys. 1. Schemat regeneratora wibracyjnego zastosowanego do I stopnia obróbki regeneracyjnej [1, 2]

Osnowa masy po tym stopniu jest poddawana dalszej obróbce, mającej na celu staranne usunięcie zużytego materiału

wiążącego z powierzchni ziaren osnowy. Obróbka ta, traktowana jako II stopień, jest realizowana urządzeniu USR, którego część robocza została przedstawiona schematycznie na rysunku 2.



Rys. 2. Część robocza regeneratora II stopnia typu USR [1, 2]

Urządzenie typu USR reprezentuje regenerator odśrodkowy misowy do pracy ciągłej, wyposażony w dodatkowe elementy ścierająco-ugniatające umieszczone w misie. Dominującymi operacjami regeneracyjnymi realizowanymi w urządzeniu jest ścieranie, kruszenie zlepków masy i ocieranie zużytej otoczki z powierzchni krążniki. Operacje te są wywołane przez skośnice ustawione krążniki, na skutek czego pojawia się różnica względnej obwodowej prędkości między misą a krążnikiem w górnej i dolnej jego części oraz zmieniająca się szerokość szczeliny powodująca kruszenie. Intensywność oddziaływania regeneracyjnego, a zwłaszcza kruszenia zlepków masy, ścierania i ocierania otoczek materiału wiążącego można zmieniać przez regulację siły docisku krążników do misy [3].

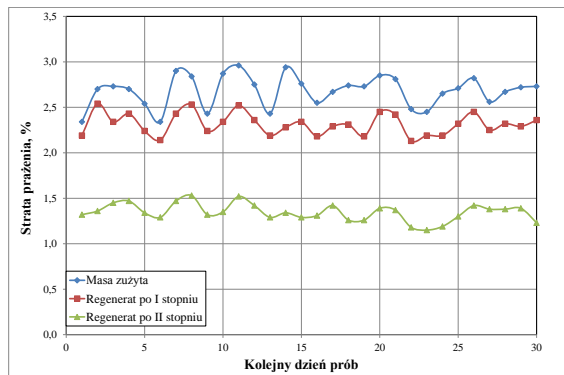
2. Przebieg i wyniki badań

Pierwszym etapem prowadzonych badań była kontrola parametrów zregenerowanej osnowy po I i II stopniu obróbki. W jej trakcie każdorazowo określano stratę prażenia masy zużytej i regeneratu po obu stopniach regeneracji.

Badania przeprowadzono w cyklu 30-dniowym, pobierając próbki do badań każdego kolejnego dnia w trakcie pierwszej zmiany roboczej, przy czym starano się pobierać próby z tej samej partii obrabianej masy celowo wyodrębnionej, w której zostały wykonane odlewy ze staliwa, w formach o średnim stosunku masy formierskiej do masy metalu wynoszącym $3,9 \div 1$.

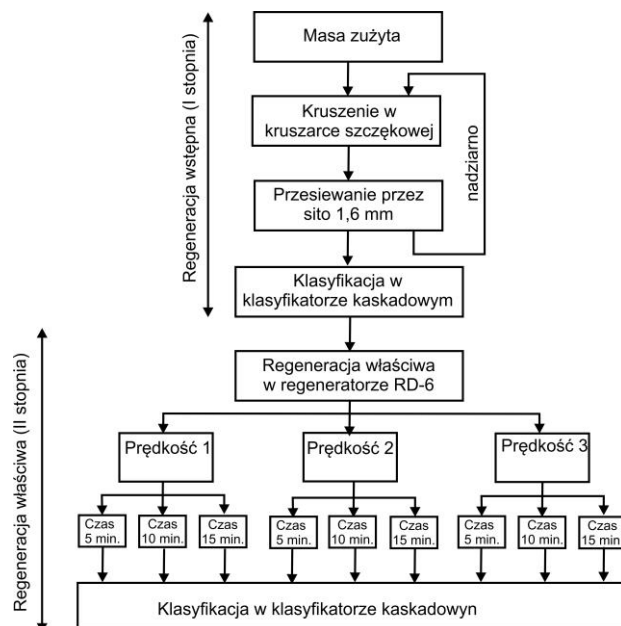
Uzyskane wyniki rejestrujące zmiany strat prażenia: masy zużytej, regeneratu po I stopniu oraz po II stopniu obróbki regeneracyjnej przedstawiono na rysunku 3.

Można zauważyć, że osiągnięte wartości straty prażenia masy zużytej w analizowanym okresie czasu mieściły się w przedziale 2,34%-2,96%, natomiast ich wartość średnia osiągnęła poziom 2,68%. Podobna analiza przeprowadzona dla regeneratu po I stopniu wskazuje na wartości straty prażenia w zakresie 2,13%-2,54%, przy wartości średniej 2,31%. Wyraźnie mniejsze wartości straty prażenia, mieszczące się w przedziale 1,15%-1,53%, (średnia wartość 1,35%) wykazywał regenerat po II stopniu obróbki regeneracyjnej. Osiągnięte wartości średnie straty prażenia były po I stopniu mniejsze o około 13,8%, natomiast po II stopniu blisko o połowę mniejsze w stosunku do straty prażenia masy zużytej, co świadczy o skuteczności zastosowanego systemu oczyszczenia osnowy z otoczki zużytego materiału wiążącego.



Rys. 3. Strata prażenia masy zużytej oraz regeneratu po I i II stopniu obróbki regeneracyjnej. Badania prowadzone w cyklu 30-dniowym

W kolejnym etapie przeprowadzonych badań dokonywano oceny regenerowalności masy zużytej pochodzącej z odlewni, poddanej obróbce regeneracyjnej na stanowiskach znajdujących się w AGH. Do prób dostarczono masy zużyte, w postaci brył, które zostały pobrane z kraty do wybierania odlewów znajdującej się w odlewni. Schemat programu prób przeprowadzonych w AGH przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat badań regenerowalności masy zużytej z żywicą Momentive TPA 70 i utwardzaczem ACE 1035

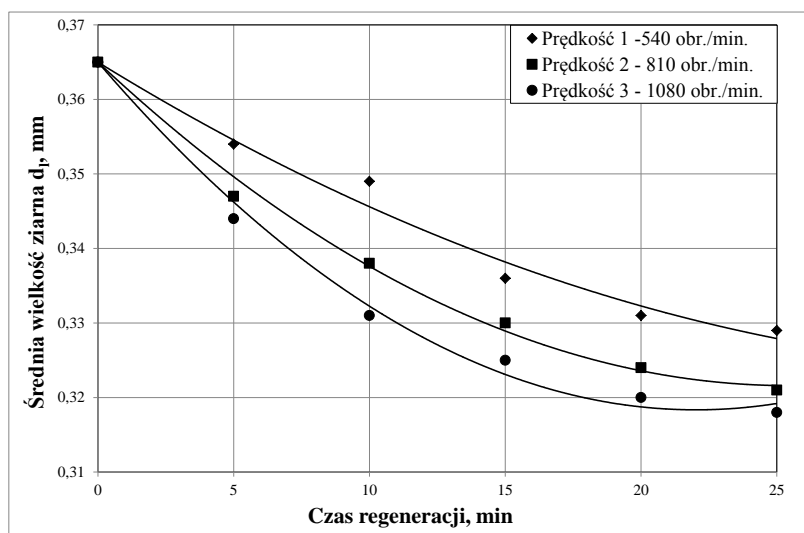
Celem realizowanych prób obróbki regeneracyjnej w doświadczalnym regeneratorze wirnikowym RD-6 [4], było stwierdzenie dopuszczalnych wartości prędkości obrotowej i czasu obróbki regeneracyjnej, które powodują że podczas I stopnia regeneracji nie następuje uszkodzenie osnowy masy. Oceny dokonywano na podstawie analizy zmian średniej średnicy ziarna d w funkcji czasu regeneracji.

Na rysunkach 5-8 przedstawiono wyniki określania parametrów geometrycznych osnowy uzyskanych w II stopniu obróbki regeneracyjnej, w stanie przed końcowym odpyleniem

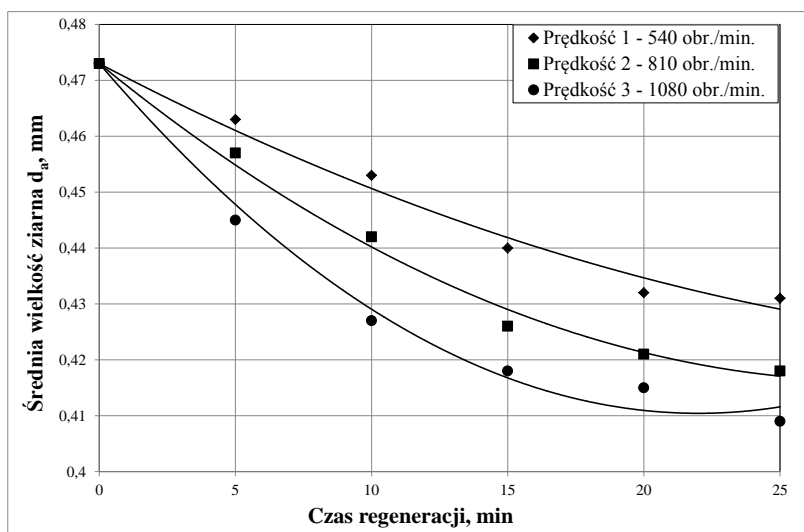
regeneratu. Charakter przebiegu krzywych jest analogiczny dla wszystkich badanych średnich wartości średnic osnowy. W początkowym okresie regeneracji (10-15 minut) następuje dość znaczne i w miarę regularne zmniejszanie się wielkości ziaren. Jest to związane głównie z usuwaniem z ich powierzchni zużytego materiału wiążącego. Po 15 minutach obróbki regeneracyjnej następuje osiągnięcie pewnego minimum wartości średnic, co jest szczególnie wyeksponowane w przypadku

regeneracji prowadzonej z prędkością obrotową 810 i 1080 obr/min (oznaczenie 2 i 3) po 20 i 25 minutach trwania procesu.

Można sądzić, że czas regeneracji wynoszący 25 minut jest czasem, po którym uzyskuje się maksymalne efekty regeneracji, nie powodujące jeszcze uszkodzenia ziaren kwarcu (co zostało potwierdzone przeprowadzonymi analizami ziarnowymi regeneratu po procesie klasyfikacji).



Rys. 5. Zmiana średniej średnicy ziarna d_p w funkcji czasu regeneracji, przed procesem klasyfikacji końcowej



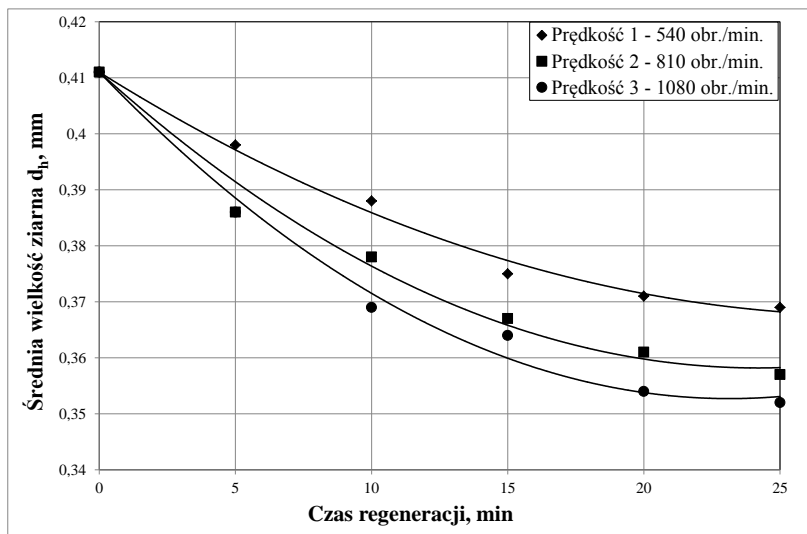
Rys. 6. Zmiana średniej średnicy ziarna d_a w funkcji czasu regeneracji, przed procesem klasyfikacji końcowej

Interpretacja zmiany powierzchni właściwej teoretycznej zbioru ziaren (rys. 9) w wyniku regeneracji jest ściśle związana z przeprowadzoną analizą zmiany średnich wartości średnic cząstek osnowy. W wyniku działania procesu regeneracji następuje wzrost powierzchni teoretycznej właściwej zbioru ziaren, co jest spowodowane większą ilością startego, zużytego materiału wiążącego wprowadzanego do mieszaniny podczas procesu uwalniania osnowy.

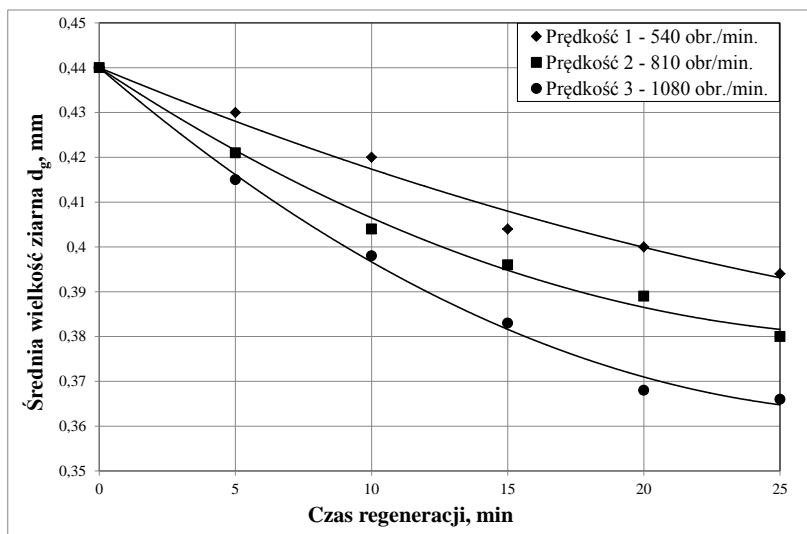
Przeprowadzono próbę korelacji uzyskanych przebiegów zmian średnich średnic charakterystycznych ziaren z powierzchnią właściwą teoretyczną. Dla wszystkich przebiegów najlepsza okazała się krzywa regresji wykreślona wielomianem 2 stopnia. Uzyskane wartości znajdowały się w przedziale $R^2=0,978-0,996$. Można przyjąć, że w badanym zakresie zmian parametrów obróbki regeneracyjnej, krzywe tego typu dobrze opisują wyniki realizowanego procesu regeneracji mechanicznej. W pierwszym etapie jest on intensywny, natomiast w chwili dojścia do wartości

minimalnych (w przypadku średnich wartości średnic), lub maksymalnych (powierzchnia właściwa teoretyczna) intensywność obróbki znacznie maleje. Potwierdza to również, że dla

badanych parametrów pracy regeneratora doświadczalnego osiągnięto maksymalne, możliwe efekty regeneracji.



Rys. 7. Zmiana średniej średnicy harmonicznej ziarna d_h w funkcji czasu regeneracji, przed procesem klasyfikacji końcowej



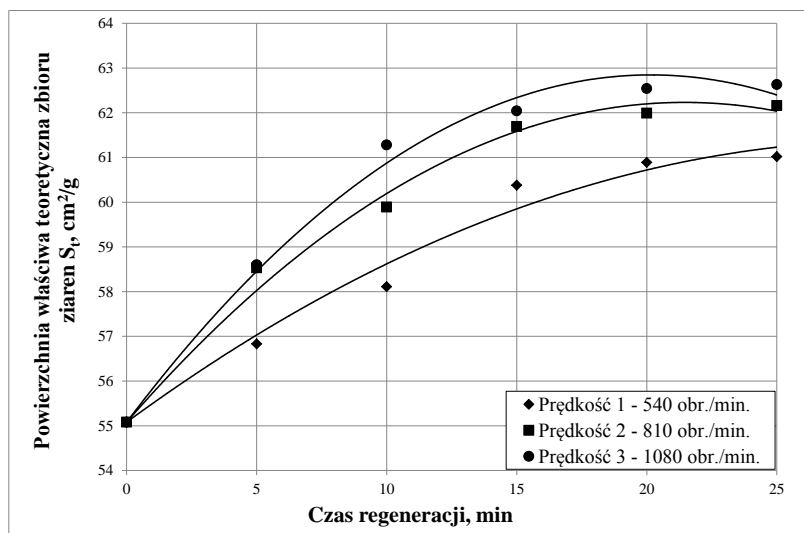
Rys. 8. Zmiana średniej średnicy ziarna d_g w funkcji czasu regeneracji, przed procesem klasyfikacji końcowej

W tabeli 1 przedstawiono wartości straty prażenia masy zużytej oraz uzyskanych w badaniach regeneratów, które ilustrują wpływ intensywności obróbki regeneracyjnej na jej efekty. Najbardziej korzystne wyniki strat prażenia miały regeneraty uzyskane przy prędkości obrotowej zespołu wirnika regeneratora wynoszącej 810 obr./min. i 1080 obr./min. i czasie regeneracji 20 i 25 minut. Nastąpiło znaczne obniżenie straty prażenia regeneratu w wyniku II stopnia obróbki regeneracyjnej w stosunku do rezultatów uzyskanych po I stopniu regeneracji.

Tabela 1.

Wartości straty prażenia masy zużytej oraz regeneratu po I i II stopniu obróbki regeneracyjnej w regeneratorze doświadczalnym RD-6

Czas regeneracji	Prędkość 1 540 obr./min.	Prędkość 2 810 obr./min.	Prędkość 3 1040 obr./min.
Masa zużyta	2,67	2,67	2,67
Regenerat I st.	2,42	2,42	2,42
5	2,25	2,12	1,89
10	1,84	1,58	1,42
15	1,64	1,48	1,11
20	1,55	1,33	1,03
25	1,42	1,19	0,94

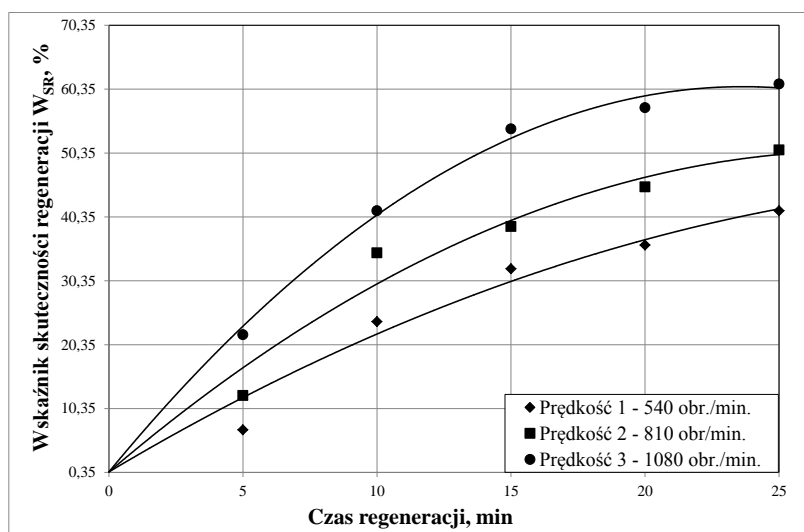


Rys. 9. Zmiana powierzchni właściwej teoretycznej ziarna S_p w funkcji czasu regeneracji, przed procesem klasyfikacji końcowej

Na rysunku 9 przedstawiono wartości zmian wskaźnika skuteczności regeneracji W_{SR} [1] dla badanych prędkości obrotowych zespołu wirnika urządzenia RD-6 oraz badanych czasów regeneracji. Wskaźniki te zostały obliczone w stosunku do strat prażenia regeneratu uzyskanych po I stopniu regeneracji, a zatem oznaczają procentową ilość zużytego materiału wiążącego usuniętego w II stopniu regeneracji z materiału poddanego I stopniowi regeneracji charakteryzującego się stratą prażenia wynoszącą 2,42%.

Na podstawie uzyskanych wyników można zauważyć, że przebieg regeneracji w II stopniu jest bardzo efektywny. Po czasie obróbki wynoszącym 25 minut wskaźnik W_{SR} uzyskał wartości

odpowiednio 41,32%, 50,83%, oraz 61,16% dla regeneracji prowadzonej z prędkościami obrotowymi wirnika oznaczonymi kolejno 1, 2 i 3. Biorąc pod uwagę wyniki analiz sitowych regeneratów (por. rys. 5-8) można sądzić, że w przypadku prędkości 2 i 3 dalsze wydłużanie czasu regeneracji nie przyniosłoby pożądanego efektu zmniejszenia wartości straty prażenia regeneratu, powodowałoby natomiast niekorzystne zjawisko kruszenia osnowy. W przypadku regeneracji prowadzonej z prędkością obrotową 1, można oczekiwać nadal korzystnego wpływu wydłużenia czasu obróbki regeneracyjnej na stopień uwolnienia ziaren osnowy z otoczek zużytego materiału wiążącego.



Rys. 9. Zmiana wartości straty prażenia regeneratu w funkcji czasu regeneracji dla różnych prędkości obróbki regeneracyjnej w regeneratorsze doświadczalnym RD-6

3. Wnioski

Podsumowując przedstawione powyżej badania wstępne można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że w przypadku badanej masy zużytej, z żywicą Momentive TPA 70, i utwardzaczem ACE 1035, przeprowadzone badania laboratoryjne pozwalają na określenie optymalnych wartości strat prażenia regeneratów, możliwych do uzyskania w urządzeniu przemysłowym z jednoczesnym uniknięciem mechanicznej degradacji samej osnowy kwarcowej. W tym przypadku racjonalna wartość straty prażenia powinna znajdować się w przedziale wartości 0,9-1,0%.
2. Wartości straty prażenia regeneratów uzyskane w urządzeniu przemysłowym (por. rys. 3) świadczą o tym, że nie zostały jeszcze osiągnięte warunki uzyskania strat prażenia w podanym, racjonalnym zakresie wartości.
3. W celu uzyskania parametrów regeneratu z urządzenia przemysłowego na określonym w badaniach poziomie należy zwiększyć intensywność oddziaływania regeneracyjnego w regeneratorsze USR. Można to uzyskać przez odpowiednią regulację prędkości obrotowej elementów roboczych

urządzenia i/lub zwiększenie docisku kłaników roboczych do misy urządzenia.

4. Wprowadzenie sugerowanych zmian w urządzeniu przemysłowym powinno łączyć się z szeroką kontrolą uzyskanego regeneratu, w celu zapobieżenia niekorzystnemu zjawisku kruszenia osnowy.

Literatura

- [1]. J. Dańko, R. Dańko, M. Łucarz, (2007). *Procesy i urządzenia do regeneracji osnowy zużytych mas formierskich*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit”.
- [2]. P. Czaplą, R. Dańko, (2013), *The State of Art of the Mechanical Reclamation of Used Foundry Sands*. Archives of Foundry Engineering 13 (spec. iss. 3), 15-20.
- [3]. M. Łucarz, (2013), Wykorzystanie regeneratu z technologii cold-box do wykonywania mas rdzeniowych, Archives of Foundry Engineering 13 (spec. iss. 3), 107-112.
- [4]. R. Dańko, (2012), *Model wytrzymałości samouwardzalnych mas formierskich z żywicami syntetycznymi w aspekcie zintegrowanego procesu recyklingu osnowy*. Monografia. Archives of Foundry Engineering. Katowice-Gliwice, s. 193.

Preliminary Studies of Two-Stage Mechanical Reclamation of Used ALPHASET Sand

Summary

The paper presents the results of the reclaim quality investigations originated from ALPHASET technology. Used sand was subjected to mechanical reclamation during two-stage mechanical treatment. Finally the reclaim was achieved in industrial device USR in the stage of its start-up. Additionally at the AGH reclamation pilot plant facilities a study of possibility of increased intensity of the reclamation treatment of the tested used sand were performed. The goal of these tests was to obtain guidance for optimization of the process performed in an industrial scale.

The study determined the basic parameters defining the average grain size of the reclaim, the loss on ignition and the rate of regeneration efficiency. The executed work made it possible to present the preliminary guidelines on the expected effect of the sand recovery in the two-stage industrial system.