

Badania regeneracji termiczno-mechanicznej mieszaniny mas zużytych typu organicznego i nieorganicznego

R. Dańko^{a*}, M. Łucarz^a, J. Dańko^a

^a AGH - Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Odlewnictwa,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

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

Otrzymano 20.11.2015; zaakceptowano do druku 29.12.2015

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości regeneracji mieszaniny zużytych mas rdzeniowych pochodzących z procesów warm-box i technologii piasków otaczanych (Croninga), z dodatkiem zużytej masy klasycznej z bentonitem. Ze względu na rodzaj badanych mas zużytych poddano je regeneracji kombinowanej termiczno-mechanicznej, z wykorzystaniem stanowisk doświadczalnych zainstalowanych w Hali Maszyn Odlewniczych Wydziału Odlewnictwa AGH. Efekt regeneracji określany był poprzez badanie straty prażenia uzyskanego regeneratu, morfologii powierzchni ziaren oraz wytrzymałości na zginanie próbek mas formierskich, wykonanych z masy na osnowie regeneratu zagęszczanej metodą nadmuchiwania na stanowisku doświadczalnym PS-1 w technologii warm-box, po czasie odstawiania próbek wynoszącym 1h.

Słowa kluczowe: Masy formierskie i rdzeniowe, masy zużyte, regeneracja osnowy, ocena jakości regeneratu mas jednolitych

1. Wprowadzenie

Zagospodarowanie w odlewni mieszaniny zużytych mas formierskich i rdzeniowych powstających w procesie wytwarzania odlewów w jednorazowych formach piaskowych należy do podstawowych czynników decydujących o ekonomice tej technologii. Teoretyczne i technologiczne aspekty procesu regeneracji zużytych mas formierskich i rdzeniowych zostały szeroko opisane w dostępnej literaturze krajowej i zagranicznej [1-3]. Wybrane zostały optymalne metody regeneracji dostosowane do najczęściej stosowanych rodzajów mas zużytych oraz określone efekty tych zabiegów. Istotnym jednak elementem, ograniczającym możliwość praktycznego wykorzystania wyników badań doświadczalnych jest ich ograniczenie do określenia podatności na regenerację danego, wyodrębnionego rodzaju mas

formierskich, spełniających kryterium tak zwanych mas jednolitych (monosands) o znacznej kompatybilności cech oraz właściwości, głównie chemicznych. Takie sytuacje w warunkach przemysłowych mają miejsce jedynie wówczas, gdy odlewnia stosuje technologie mas formierskich jednolitych oraz kompatybilne względem nich technologie rdzeni [1-6]. Są to w rzeczywistości sytuacje dość rzadkie. Najczęściej, ze względów technologicznych mamy w odlewniach do czynienia z tak zwanym systemem mas mieszanych (mixed sands), w których formy odlewnicze zawierają materiały wiążące różniące się pod względem chemicznym różniące się od spoiw stosowanych w do rdzeni. W takiej sytuacji, po procesie wybijania odlewów otrzymuje się masę zużytą, przeznaczoną do regeneracji, stanowiącą mieszaninę mas formierskich i rdzeniowych, w przybliżonej proporcji ich udziału do odziedziczonej po procesie technologicznym, podobnie jak mieszaninę właściwości mas odziedziczo-

nych po masach tworzących zestaw formy. Regeneracja mieszaniny zużytych mas formierskich jest traktowana jako zagadnienie bardziej złożone, które rzadziej było przedmiotem prac badawczych, jakkolwiek w ostatnim czasie coraz częściej znajduje odniesienia literaturowe [9].

2. Idea badań własnych

W ramach prezentowanych w publikacji badań postawiono sobie za cel określenie możliwości regeneracji mieszaniny mas zużytych, dostarczonych z jednej z odlewni krajowych. Główny składnik regenerowanej mieszaniny stanowiły masy zużyte z technologii warm-box oraz z technologii piasków otaczanych (Cronina), które w odlewni stosowane były do wykonywania rdzeni. W danej odlewni pewna część produkcji wykonywana jest w formach z mas klasycznych z bentonitem, stąd pojawia się możliwość, że mieszanina zużytych mas formierskich ze spoiwami typu żywic zostanie zanieczyszczona pewną ilością masy klasycznej z bentonitem. Taką mieszaninę, o założonym zmiennym udziale masowym dodatku masy z bentonitem, poddawano procesowi regeneracji termiczno-mechanicznej. Po procesie regeneracji odzyskaną osnowę wykorzystywano do przygotowania masy rdzeniowej w technologii warm box, w ramach której wykonywano kształtki do badań wytrzymałości na zginanie poddawane badaniu po czasie odstawiania 1h.

3. Stanowiska doświadczalne

W badaniach wykorzystano następujące stanowiska doświadczalne znajdujące się w Hali Maszyn Odlewniczych Wydziału Odlewnictwa AGH [1]:

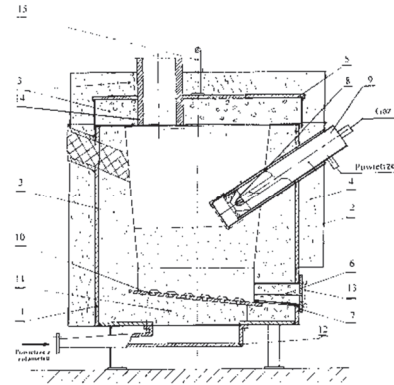
- doświadczalny regenerator termiczny,
- doświadczalny regenerator mechaniczny-wirnikowy,
- nadmuchiarka doświadczalna PS-1.

Schemat regeneratora termicznego przedstawiono na rysunku 1. Jest to generator ciepły, w którym spalanie mieszanki powietrzno-gazowej odbywa się w przestrzeni wewnętrznej pieca na powierzchni masy zużytej, ładowanej do regeneratora okresowo w porcjach do 10 kg z możliwością impulsowego, fluidyzacyjnego mieszania.

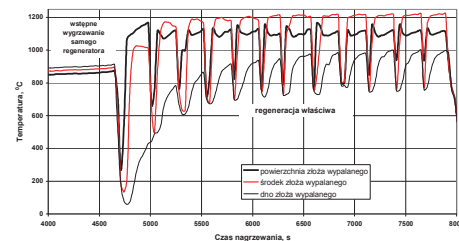
Typowy przebieg zmian temperatury w nagrzewanej powierzchniowo masie zużytej poddanej impulsowej, okresowej fluidyzacji przedstawiono na rysunku 2. Średnia temperatura regeneracji wynosiła około 900 °C, czas regeneracji 25 min.

Schemat stanowiska do regeneracji mechanicznej przedstawiono na rysunku 3. Masa zużyta, znajdująca się w komorze regeneratora (3), jest poddana obróbce regeneracyjnej za pomocą wirnikowego zespołu ściernio-udarowego (5), którego prędkość obrotową można płynnie zmieniać w szerokim zakresie wartości od 100 do 300 obrotów na minutę. Stanowisko to umożliwia również badania procesu regeneracji mechaniczno-kriogenicznej.

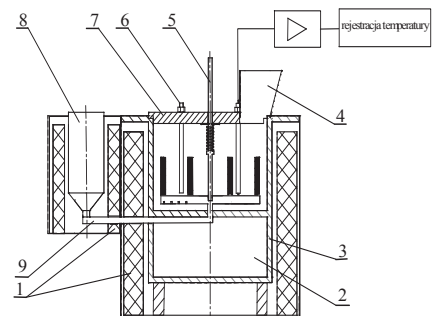
Rdzenie doświadczalne wykonywano z masy rdzeniowej o podanym dalej składzie z wykorzystaniem nadmuchiarki laboratoryjnej przedstawionej na rysunku 4.



Rys. 1. Schemat doświadczalnego regeneratora termicznego: 1 – stalowa obudowa, 2 – płaszcz, 3 – materiał ogniotrwały, 4 – izolacja z włókien ceramicznych, 5 – pokrywa, 6 – otwór dla termopary, 7 – uszczelnienie, 8 – palnik, 9 – obudowa palnika, 10 – dno perforowane, 11 – wełna ceramiczna, 12 – skrzynia powietrzna, 13 – zamknięcie wysypu, 14 – króciec wylotowy, 15 – zawieszka



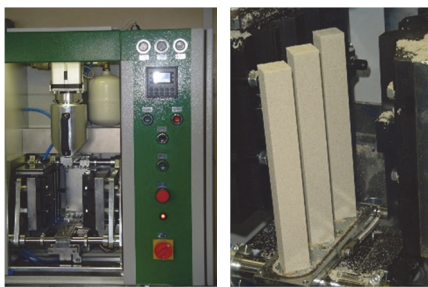
Rys. 2. Przebieg zmian temperatury w złożu masy zużytej poddanej nagrzewaniu w warunkach impulsowej, okresowej fluidyzacji [1]



Rys. 3. Schemat doświadczalnego regeneratora wirnikowego do regeneracji mechanicznej oraz mechaniczno-kriogenicznej: 1 – obudowa z warstwą izolacyjną, 2 – komora powietrzna, 3 – komora regeneratora, 4 – wysyp masy, 5 – wirnik zespołu ściernio-kruszącego, 6 – elementy udarowe, 7 – pokrywa, 8 – zbiornik azotu, 9 – podajnik azotu

4. Program badań

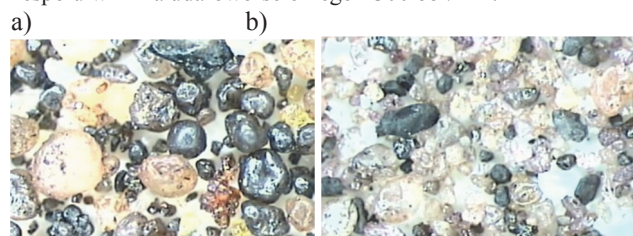
Pierwszym etapem przygotowania mieszaniny mas zużytych do obróbki regeneracyjnej osnowy i dalszych badań było pokruszenie dostarczonych mas zużytych oraz ich przesianie przez sito



Rys. 4. Widok strony przedniej stanowiska do wykonywania rdzeni oraz próbek do badań uzyskanych w technologii warm-box

o prześwicie oczka 1,5 mm. Następnie określono parametry wejściowe dostarczanych mas zużytych, tzn. stratę prażenia i zawartość lepiszcza (tabela 1). Na tym etapie badań wykonano również badania morfologii powierzchni badanych materiałów z wykorzystaniem mikroskopu optycznego (rys. 5).

Zakres przeprowadzonych badań obejmował wykonanie sześciokilogramowych prób, składających się z mieszaniny rdzeniowej masy zużytej z technologii warm-box i technologii Croninga (udział około 80% zużytej masy z technologii warm-box ÷ 20% masy zużytej z technologii Croning), z różnym udziałem masy z bentonitem, której udział w badaniach zaznaczono symbolem P, uzupełnionym cyframi wskazującymi zawartość masową tego dodatku. W kolejnych próbkach, stanowiących wsad do doświadczalnego regeneratora termicznego (nazwany umownie nabojem i oznaczony literami P0÷P5), w zależności od udziału masy z bentonitem, która wynosiła odpowiednio (w procentach masowych): P1-0%, P2 -5%, P3-10%, P4-20%, P5- 30%. Każdy z wyżej przedstawionych składów wsadu poddano najpierw termicznej obróbce regeneracyjnej przez czas 25 minut w doświadczalnym regeneratorze termicznym oraz dodatkowej obróbce w urządzeniu wirnikowym, której czas regeneracji mechanicznej wynosił 10 minut, a prędkość obrotowa zespołu wirnika udarowo-ściernego - 300 obr/min.



Rys. 5. Morfologia powierzchni mas zużytych: a) mieszanina mas zużytych pochodzących z technologii warm-box (80%) i piasku otaczanego (Croninga (20%)), b) masa zużyta z bentonitem

5. Wyniki badań doświadczalnych

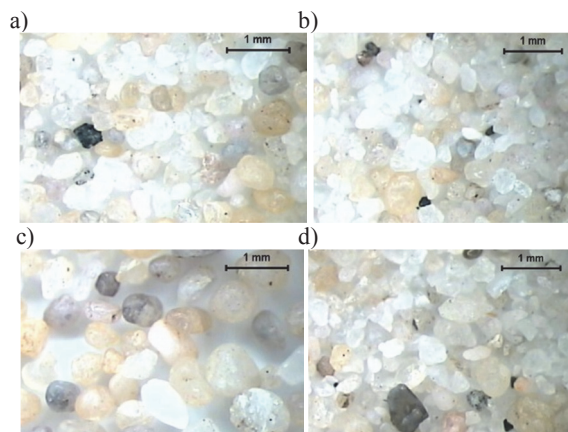
Analiza wyników badań wskazuje, że początkowa strata prażenia (P0) mieszaniny zużytych mas rdzeniowych jest na poziomie poniżej 1%. Ilość składników organicznych dodawanych do przygotowania tych mas wynosi około 1,85%, stąd wynika, że większa część tych składników uległa degradacji w wyniku „samoregeneracji” [10], zachodzącej w wyniku oddziaływania temperaturowego ciekłego stopu odlewniczego na masę rdzeniową. W wyniku regeneracji termiczno-mechanicznej

zachodzi prawie całkowite usunięcie z osnowy pozostałości substancji organicznych zawartych w zużytych masach formierskich i rdzeniowych. Dodatek zużytej masy z bentonitem powoduje zwiększenie zawartości lepiszcza w masie zużytej. Charakter zmian zawartości lepiszcza w osnowie po regeneracji jest taki sam, przy czym następuje obniżenie zawartości lepiszcza, jednak nie jest ono całkowite i mieści się w przedziale 70-82% w stosunku do stanu wyjściowego.

Tabela 1. Wyniki badań straty prażenia oraz zawartości lepiszcza badanych mieszanin mas zużytych i regeneratów

LP.	Badany materiał	Strata prażenia, LOI, %		Zawartość lepiszcza, %	
		Przed reg.	Po reg.	Przed reg.	Po reg.
1.	P0	0,66	-	7,21	-
1.	P1	0,83	0,12	-	-
2.	P2	0,79	0,10	0,41	0,12
3.	P3	0,77	0,08	0,63	0,18
4.	P4	0,73	0,08	1,75	0,32
5.	P5	0,69	0,07	1,98	0,36

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań morfologii powierzchni uzyskanych regeneratów uzyskane z wykorzystaniem mikroskopu optycznego. Na podstawie tych badań można zauważyć, że uzyskane regeneraty charakteryzują się wysokim stopniem oczyszczenia z pozostałości zużytego materiału wiążącego oraz z lepiszcza. Świadczy to o dobrze przeprowadzonym procesie odzysku na drodze obróbki regeneracyjnej.



Rys. 6. Morfologia powierzchni regeneratów po regeneracji termiczno-mechanicznej mieszaniny mas z żywicami oraz z bentonitem: a) P2, b) P3, c) P4, d) P5. Powiększenie 20x

Kolejnym etapem badań było przygotowanie nowych mas z wykorzystaniem regeneratów mas rdzeniowych. Skład mas rdzeniowych był następujący:

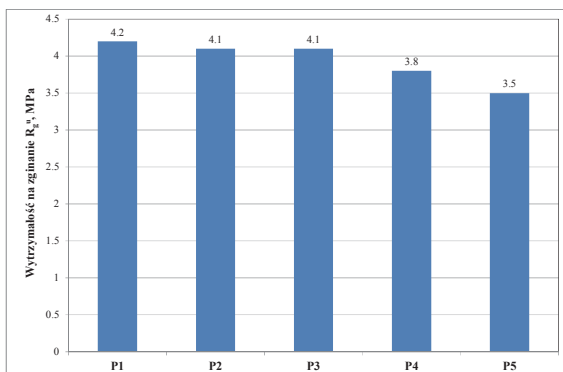
Regenerat (kolejny)	100 cz. wag.,
Żywica Furesan 6439	1,5 cz. wag.,
Utwardzacz Furedur 5242	0,3 cz. wag.

Masy przygotowywano w laboratoryjnej mieszarce wstęgowej.

Po sporządzeniu masy rdzeniowej, w doświadczalnej nadmuchiwarcie sporządzano kształtki do badań wytrzymałości na

zginanie. Stosowano następujące parametry utwardzania: (temperatura rdzennicy 150 °C, czas utwardzania – 40 s.).

Wyniki badań przedstawiono graficznie na rysunku 7.



Rys. 7. Wytrzymałość na zginanie próbek wykonanych w technologii warm-box na osnowie uzyskanych regeneratów (temperatura rdzennicy 150°C, czas utwardzania – 40 s.)

Analiza wyników badań wytrzymałości na zginanie próbek wykonanych w technologii warm-box z wykorzystaniem uzyskanych regeneratów wskazuje, że zwiększenie dodatku zużytej, klasycznej masy formierskiej do regenerowanej mieszanki mas z żywicami powoduje spadek właściwości wytrzymałościowych sporządzanych kształtek. Jest to prawdopodobnie związane ze zwiększaniem się zawartości lepiszcza w regeneracie. Uzyskane regeneraty charakteryzowały się znacznym przekroczeniem tych wartości, co miało negatywny wpływ na efekt wiązania międzyziarnowego w masie formierskiej.

Do sporządzania mas rdzeniowych w technologii warm-box rekomenduje się stosowanie piasków 1K, charakteryzujących się maksymalną zawartością lepiszcza 0,1%.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania stanowią element szerszych prób związanych z określeniem optymalnych metod regeneracji mieszanki zużytych mas formierskich i rdzeniowych. Celem tych prób jest określenie optymalnych, możliwych do osiągnięcia w warunkach przemysłowych efektów procesów regeneracyjnych wraz z określeniem możliwości zastosowania regeneratu do sporządzania mas rdzeniowych.

Na podstawie tych prac wstępnych można zauważyć, że proces odzysku osnowy z zużytych mas mieszanych jest znacznie trudniejszy niż zwyczajowo stosowany w procesach mas jednolitych. Regenerat pochodzący z procesu mas mieszanych

należy oceniać pod kątem stopnia usunięcia składników wiążących pochodzących z każdej, z mas wchodzących w skład zużytej mieszanki, a także pod względem zgodności jego właściwości chemicznych z masą do sporządzenia której ma być użyty. Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy w skład tego materiału wchodzi zarówno masy typu organicznego i nieorganicznego, jak miało to miejsce w prezentowanych wynikach badań.

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

Literatura

- [1] Dańko J., Dańko R., Łuczczak 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] Łuczczak M. (2013). *Utilisation of the reclaim from the cold-box technology in the core sands production*. Archives of Foundry Engineering 13(spec. iss.3), 107-112.
- [4] Wang, J. N.; Fan, Z. T. (2010). *Freezing-mechanical' reclamation of used sodium silicate sands*. International Journal of Cast Metals Research, Volume 23, Number 5, 257-263.
- [5] Wijk J. (2001). *Moulding and core making with reclaimed greensand*. Foundry Trade Journal October, 11
- [6] Leidel D. S. (1994) : The influence of sand and binders on reclaimability. *Foundry Trade Journal*, 3497 (168), 384-387
- [7] Integrated Pollution and Control. Reference Document on the Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry. *European Commission*, May 2005.
- [8] Used Foundry Sand – classification and disposal. EPA (Environmental Protection Act) Guidelines. Re-issued September 2003.
- [9] Fan Z., Liu F., Long W., Li G. (2014). *A new low-cost method of reclaiming mixed foundry waste sand based on wet-thermal composite reclamation*. China Foundry 5,
- [10] Dańko R. (2012). *Strength model of self-setting moulding sands with synthetic resins in an aspect of the of the integrated matrix recycling process*. Gliwice. Archives of Foundry Engineering Publishing House, 193 pages.

Examination of the Thermal-mechanical Reclamation of Used Organic and Unorganic Sands Mixtures

The aim of the study was to determine the possibility of reclamation of used core sands mixtures originated from the processes of warm-box and croning with the addition of the classical sand with bentonite. Due to the nature of studied sands combined thermal and mechanical regeneration was performed, with the use of experimental stands installed at the Foundry Engineering Faculty of AGH University of Science and Technology. The effects of reclamation process were determined by studying the loss on ignition of the reclaim, as well as the particle surface morphology and a bending strength of samples prepared according to warm-box core molding sands technology, performed using the laboratory PS-1 blower.