

Wpływ parametrów procesu regeneracji mas formierskich z żywicą furanową na właściwości regeneratu i pyłu poregeneracyjnego

S. Żymankowska-Kumon ^{**, K. Miś ^a}

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

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

Otrzymano 20.06.2014; zaakceptowano do druku 12.07.2014

Streszczenie

Celem niniejszego artykułu było określenie wpływu wybranych parametrów procesu regeneracji mechanicznej zużytych mas formierskich z żywicą furanową na właściwości uzyskiwanego regeneratu i pyłu poregeneracyjnego. Zmiennym parametrem pracy regeneratora było podciśnienie systemu odpylającego regenerat. Dodatkowo, aby uzyskać różny stopień przepalenia masy poddawanej regeneracji, formy zalewano żeliwem i staliwem. W ramach przeprowadzonych badań oceniono zarówno uzyskiwany regenerat, jak i pył poregeneracyjny, który w przybliżeniu był generowany wraz z tym regeneratem. Oznaczano następujące właściwości fizyko-chemiczne: przewodnictwo elektrolityczne, wilgotność, pH, straty prażenia, skład chemiczny oraz określono ilość części lotnych w zakresie temperatury od 500 do 900 °C. Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na dobór odpowiedniej nastawy podciśnienia w układzie odpylającym regeneratora, dla uzyskania regeneratu o możliwie najmniejszym zapyleniu, a równocześnie bez nadmiernej straty osnowy.

Słowa kluczowe: ochrona środowiska, pył poregeneracyjny, regenerat, lotne związki organiczne, straty prażenia.

1. Wprowadzenie

Zakład Odlewniczy Modelform Sp. z o.o. specjalizuje się w wytwarzaniu odlewów stalowych i żeliwnych. Odlewnia wykorzystuje do produkcji technologię opartą na masach formierskich z żywicą furanową. Zużyta masa formierska poddawana jest regeneracji mechanicznej. Odpadem powstającym w procesie regeneracji jest pył poregeneracyjny. W zależności od jakości instalacji, stosowanych technologii mas, stopnia przepalenia masy zużytej oraz intensywności odpylania regeneratu ilość pyłu wynosi 5-10 % w stosunku do ilości regenerowanej masy. Pył pochodzący z procesu regeneracji mas z żywicami furanowymi jest w wielu przypadkach odpadem niebezpiecznym, trudnym w operacjach transportowych, składowaniu i utylizacji. Posiada on często jednak stosunkowo

wysoką wartość opałową, wynoszącą do 10 kJ/kg. Praktycznie brak jest aktualnie wypracowanego sposobu utylizacji tego typu pyłów i odlewnie muszą często uciekać się do działań nie zawsze zgodnych z zasadami i przepisami ochrony środowiska. Praktycznie większość pyłów poregeneracyjnych deponowana jest na składowiskach odpadów. Tymczasem, dzięki właściwemu wykorzystaniu właściwości energetycznych pyłu poregeneracyjnego możliwe jest pozyskanie dodatkowej energii cieplnej. Ponadto wykorzystanie pyłów poregeneracyjnych jako paliwa energetycznego pozwoliłoby zmniejszyć ilość odpadów przeznaczonych do składowania. Takie rozwiązanie przyniosłoby oszczędności dla odlewni, wynikające z możliwości produkcji i wykorzystania „własnej energii” oraz wpłynęłoby pozytywnie na stan środowiska naturalnego [1-6].

Obecnie Zakład Odlewniczy Modelform Sp. z o.o. we współpracy z Wydziałem Odlewnictwa AGH realizuje projekt

badawczo-rozwojowy pt. „Opracowanie innowacyjnej technologii termicznej utylizacji pyłów poregeneracyjnych z procesów odlewniczych z możliwością wykorzystania ciepła odpadowego”. Projekt obejmuje szerokie badania nad koncepcją termicznej utylizacji pyłów, a jego bezpośrednim efektem będzie opracowanie dokumentacji technicznej, pozwalającej na zaproponowanie typoszeregu przemysłowych instalacji do termicznej utylizacji pyłów poregeneracyjnych, o wydajności dostosowanej do potrzeb danej odlewni.

2. Założenia badawcze i metodyka badań

Celem badań było określenie wpływu stopnia przepalenia masy poddawanej regeneracji oraz intensywności odpylania regeneratu w procesie regeneracji masy na właściwości regeneratu i pyłu poregeneracyjnego.

Do badań użyto następujące materiały:

- regeneraty uzyskane w wyniku regeneracji mechanicznej masy zużytej z żywicy furfurylową (1 % żywica Permaset 839 prod. Eurotek oraz 0,4 % utwardzacz Permacat 145 prod. Eurotek, osnowa: piasek kwarcowy) po zalaniu staliwem i żeliwem, przy podciśnieniu odpylania 10,35 kPa i 13,8 kPa;
- pyły poregeneracyjne odpowiadające w przybliżeniu powyższym regeneratom.

Określano następujące parametry:

- odczyn pH,
- przewodnictw elektrolityczne,
- wilgotność,
- straty prażenia,
- skład chemiczny,
- ilości lotnych związków organicznych (LZO) wydzielających się w zakresie temperatury od 500 do 900°C.

Badania świeżej masy formierskiej, regeneratu oraz pyłów zostały przeprowadzone zgodnie z odpowiednimi procedurami podanymi w Mold & Core Test Handbook (II edycja), The American Foundrymen's Society, Inc. Des Plaines w Illinois z roku 1995.

Regeneracja zużytej masy prowadzona jest w regeneraorze Sand Reclamation System firmy Eurotek (rys. 1). System regeneracji składa się z następujących urządzeń:

- kraty wstrząsowej do wybijania o szerokości 1500 x 1500 mm i zamontowanych sitach szczeliwo-otworowych,
- przenośnika wibracyjnego (pionowego),
- chłodziarko-klasyfikatora, medium chłodzące: powietrze; zużycie medium 570 litrów/minutę; maksymalna temperatura 25 °C,
- komory przegrodowej wraz z sitami oraz zasobnika.

Wydajność regeneratora mechanicznego wynosi maksymalnie 6 Mg/h i jest uzależniona od nastawy przepustnicy, która reguluje podciśnienie. Przyjmuje ona wartość 10,35 kPa oraz 13,8 kPa i dlatego można było prowadzić proces regeneracji tylko przy tych dwóch nastawach [7-9].

Masa do regeneracji pochodziła z form, w których wykonywano następujące odlewy z żeliwa i staliwa:

- dzwonek - ZL200 masa 5 kg, grubość ścianki 10 ÷ 20 mm,
- rurka - ZL200 masa 12 kg, grubość ścianki 10 mm,

- podstawa łożysko - ZL250 masa 250 kg, grubość ścianki 20 ÷ 100 mm,



Rys. 1. Zestaw urządzeń do regeneracji firmy Eurotek [8]

- korpus przekładni dolny i górny - ZL250 masa 75 + 75 kg, grubość ścianki 10 ÷ 30 mm,
- pokrywa łożyska - ZL250 masa ~ 30 kg, grubość ścianki 30 ÷ 100 mm,
- tarcza młotków - LII500 masa 250 kg, grubość ścianki 30 ÷ 100 mm (rys. 2),
- koło łańcuchowe - L35GSM masa 150 kg, grubość ścianki 20 ÷ 80 mm (rys. 3),
- płyta wozu nr 2 - ZLCr1,5 masa 48 kg, grubość ścianki 15 ÷ 30 mm,
- rusztowina - ZLCr25NiMoV masa 48 kg, grubość ścianki 15 ÷ 30 mm.

Temperatura ciekłego metalu podczas zalewania form wynosiła odpowiednio:

- żeliwo szare (1250-1280 °C),
- żeliwo stopowe (1280-1320 °C),
- staliwo (1540-1560 °C).



Rys. 2. Pokrywa łożyska



Rys. 3. Koło łańcuchowe

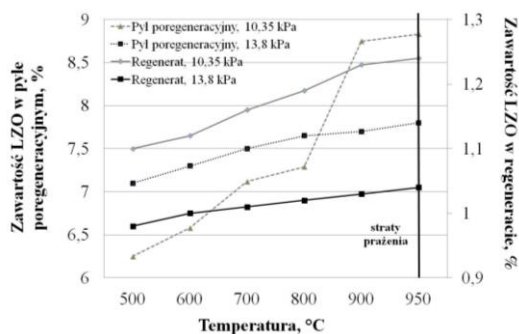
3. Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono poniżej w formie wykresów i tabel.

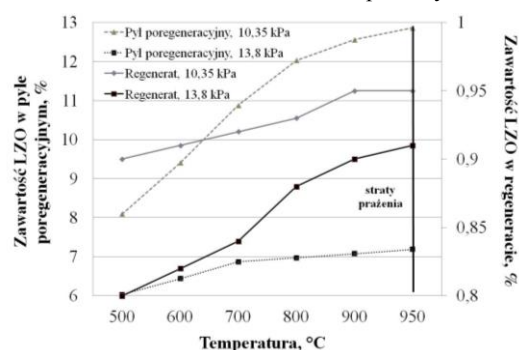
Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono wykresy zawartości części lotnych związków organicznych (LZO) w regeneracie i pyłe poregeneracyjnym w zestawieniu ze stratami prażenia, dla tych próbek po zalaniu form żeliwem i staliwem, w zależności od temperatury.

W tabeli 1 zestawiono wyniki badań właściwości fizykochemicznych, a w tabeli 2 zawartość lotnych związków organicznych (LZO) w regeneracie oraz pyłe poregeneracyjnym [8].

W tabeli 3 i 4 zestawiono wyniki składu chemicznego dla badanych próbek [10, 11].



Rys. 4. Zawartość lotnych związków organicznych w regeneracji i odpowiadającym mu pyłu poregeneracyjnym w zestawieniu ze stratami prażenia dla próbek po zalaniu staliwem w zależności od temperatury



Rys. 5. Zawartość lotnych związków organicznych w regeneracji i odpowiadającym mu pyłu poregeneracyjnym w zestawieniu ze stratami prażenia dla próbek po zalaniu żeliwem w zależności od temperatury

4. Analiza wyników i wnioski

Wilgotność badanego pyłu poregeneracyjnego uzyskanego w wyniku regeneracji zużytej masy formierskiej zalanej staliwem i żeliwem wynosiła od 1,30 do 2,06% natomiast wilgotność regeneratu od 0,55 do 0,75%, czyli 2-3 razy mniejsza.

W zakresie strat prażenia największą wartość (12,86%) miał pył ze zużytej masy formierskiej po zalaniu żeliwem (podciśnienie 10,35 kPa), a najmniejszą pył poregeneracyjny pochodzący z zużytej masy formierskiej po zalaniu staliwem (podciśnienie 13,8 kPa), która wyniosła 7,19%.

Dla pyłu poregeneracyjnego, pochodzącego z regeneracji zużytej masy formierskiej uzyskanej po zalaniu staliwem, zmiana nastawy podciśnienia nieznacznie tylko wpływała na stratę prażenia. Wszystkie regeneraty charakteryzowały się bardzo małymi stratami prażenia (rzędu 1%), co świadczy o dobrze przeprowadzonym procesie regeneracji masy zużytej. Odczyn pH próbek pyłów poregeneracyjnych jest zbliżony do obojętnego, co jest korzystne szczególnie w przypadku ich składowania lub zagospodarowania poza odlewnię.

W przypadku regeneratów praktycznie straty prażenia (oznaczane w temperaturze 950 °C w atmosferze powietrza) są porównywalne z emisją LZO już w 500 °C. Natomiast dla pyłów poregeneracyjnych występują różnice pomiędzy tym parametrami, dochodzące nawet do 4,5%.

Tabela 1.

Właściwości fizyko-chemiczne badanych materiałów

Material	Parametr		pH	W [% mas.]	P.E. [mS]	SP [%]
	Stop	p [kPa]				
R	staliwo	10,35	4,23	0,65	0,99	1,24
		13,80	3,49	0,55	0,88	1,04
	żeliwo	10,35	3,67	0,75	0,81	0,95
		13,80	3,77	0,75	0,85	0,91
P.P.	staliwo	10,35	7,60	1,40	5,25	8,83
		13,80	7,07	1,50	5,04	7,80
	żeliwo	10,35	7,30	2,06	7,18	12,86
		13,80	7,29	1,30	4,91	7,19

P.E. – przewodnictwo elektrolityczne, R – regenerat, P.P. – pył poregeneracyjny, p – podciśnienie, W – wilgotność, SP – straty prażenia.

Tabela 2.

Zawartość części lotnych w regeneracji i pyłu poregeneracyjnym w zależności od temperatury

Material	Parametr		Temperatura [°C]				
			500	600	700	800	900
	Stop	p [kPa]	Zawartość LZO [%]				
R	staliwo	10,35	1,10	1,12	1,16	1,19	1,23
		13,80	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03
	żeliwo	10,35	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95
		13,80	0,80	0,82	0,84	0,88	0,90
P.P.	staliwo	10,35	6,25	6,58	7,12	7,29	8,75
		13,80	7,10	7,30	7,50	7,65	7,70
	żeliwo	10,35	8,10	9,41	10,88	12,03	12,56
		13,80	6,03	6,44	6,87	6,97	7,08

R – regenerat, P.P. – pył poregeneracyjny, p – podciśnienie, SP – straty prażenia.

Tabela 3.

Zawartość siarki i węgla w badanych regeneratach

Parametr		Zawartość [%]	
Stop	p [kPa]	Węgiel	Siarka
staliwo	10,35	1,21	0,099
	13,80	1,14	0,093
żeliwo	10,35	1,25	0,096
	13,80	1,30	0,101

p – podciśnienie.

Zawartość siarki w regeneracji, bez względu na stosowaną intensywność odpylania (podciśnienie) i rodzaj stopu, jest praktycznie na tym samym poziomie. W próbkach pyłu poregeneracyjnego zawartość siarki jest mniejsza niż w odpowiadających im regeneratach przy czym ze wzrostem podciśnienia zawartość siarki rośnie prawie dwukrotnie. Wraz ze wzrostem podciśnienia maleje zawartość K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 i SiO_2 (w tym przypadku nawet 10-krotnie). Rośnie natomiast udział Al_2O_3 i MgO .

Tabela 4.

Skład chemiczny pyłów poregeneracyjnych

Nazwa	Skład chemiczny [%]			
	staliwo		żeliwo	
	10,35 [kPa]	13,80 [kPa]	10,35 [kPa]	13,80 [kPa]
Al ₂ O ₃	0,26	0,92	0,05	0,30
K ₂ O	15,41	7,63	7,64	0,078
Na ₂ O	2,97	0,58	3,23	0,13
Fe ₂ O ₃	1,43	1,33	3,0	1,86
SiO ₂	66,70	5,40	57,40	11,65
CaO	4,31	5,74	5,39	1,79
MgO	0,58	2,44	0,81	1,31
C	4,81	8,07	4,87	7,88
S	0,544	0,874	0,553	0,857

Realizacja Zadania 6 projektu w ramach Programu „INNOTECH” w ścieżce programowej IN-TECH nr umowy INNOTECH/IN1/57/156360/NCBR/12 (2014 r.) oraz Grantu Dziekańskiego umowa nr 15.11.170.510 (2014 r.)

Literatura

- [1] Holtzer, M. (2001). Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi w odlewniach. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- [2] Holtzer, M., Dańko, R., Dańko, J., Kubecki, M., Żybankowska-Kumon, S., Bobrowski, A., Spiewok, W. (2013). Ocena szkodliwości materiałów wiążących stosowanych do mas formierskich i rdzeniowych nowej generacji. Wydawnictwo AKAPIT, Kraków.
- [3] 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(2), 61-64.
- [4] Holtzer, M., Kubecki, M., Dańko, R., Żybankowska-Kumon, S., Bobrowski, A. (2013). Research on the influence of moulding sand with furan resin on the environment. Material proceedings from 4th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing, 643-650.
- [5] <http://www.odlewnictwo.agh.edu.pl/badania/projekty-ncbir/projekty/mh20122015/>, 15.04.2014, godz. 14:30.
- [6] Humfrey, C.D.N, Levy, L.S. & Faux, S.P. (1996). Potential carcinogenicity of foundry fumes: a comparative in vivo-in vitro study. Food and Chemical Toxicology 34, 1103-1111. DOI: 10.1016/S0278-6915(97)00081-1.
- [7] Ji, S., Wan, L., Fan, Z. (2001). The toxic compounds and leaching characteristics of spent foundry sands. Water, Air and Soil Pollution 132, 347-364. DOI: 10.1023/A:1013207000046.
- [8] Miś, K. (2014). Badania wpływu parametrów procesu regeneracji mas formierskich z żywicą furanową na właściwości pyłu poregeneracyjnego z zakładu odlewniczego Modelform Sp. z o.o. Praca inżynierska, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Polska.
- [9] Ribeiro, M.G. & Filho, W.R.P. (2006). Risk assessment of chemicals in foundries: the international chemical toolkit pilot-project. Journal of Hazardous Materials A136, 432-437. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.01.019.
- [10] Raport Zakładu Odlewniczego MODELFORM S.A. z realizacji Zadania 6 projektu w ramach Programu „INNOTECH” w ścieżce programowej IN-TECH nr umowy INNOTECH/IN1/57/156360/NCBR/12 (2014 r.).
- [11] Dańko, R., Holtzer, M., Dańko, J. (2014). Investigations of physicochemical properties of dusts generated in mechanical reclamation process of spent moulding sands with alkaline resins. China Foundry 11(2), 132-138.

Research of Influence of the Reclamation Process for Molding Sand with Furan Resin on the Properties of the Post-Reclamation Dust

The aim of this study was to influence the parameters of reclamation process from molding sand with furan resin, derived from foundry ModelForm Ltd, on properties of the post-reclamation dust. Samples differed in two parameters: vacuum setting configured on reclamation device and type of casting alloy (cast iron, cast steel). As part of the study rated dust and reclaim in terms of their physico-chemical properties (electrolytic conductivity, moisture, pH, loss on ignition), and determined the amount of volatile organic compounds in the temperature range from 500 to 900 °C. By analyzing the results of the study, will be possible to assess the impact of the type of casting alloy and vacuum settings configured on reclamation device on properties of post-reclamation dust.

The studies are important for the circulation of post-reclamation dust. Determinate its subsequent manage, land-use and accurate guidance relating to the destruction of the environmental. Dust can be exploited as a source of energy or as a filler in the production of mineral-asphalt mixes. In addition, define the properties of fine fraction of reclaim, gives the opportunity to assess and selection parameters of the reclamation process and technical condition of reclaimer.