

RECYKLING PYŁÓW Z ODPYLANIA STACJI PRZEROBU MAS Z BENTONITEM

Mariusz Holtzer¹, Artur Bobrowski², Dariusz Drożyński³ – Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie, Wydział Odlewnictwa.

Antoni Bigaj⁴, Daniel Kirchner⁵, Robert Żuchliński⁶ – Odlewnia Żeliwa Bydgoszcz w Bydgoszczy.

1. Wprowadzenie

Rosnące ceny surowców oraz koszty składowania odpadów zmuszają zakłady, w tym również odlewnie, do coraz intensywniejszego poszukiwania z jednej strony sposobów ograniczenia zużycia materiałów, a z drugiej strony efektywnego wykorzystania powstających odpadów (produktów ubocznych) w procesie produkcyjnym. Przy produkcji 1 tony dobrych odlewów powstaje do około 1 tony odpadów, które muszą być poddane recyklingowi lub składowane na odpowiednich składowiskach. Są to głównie zużyte masy formierskie i rdzeniowe, żużle metalurgiczne, zużyte wyłożenie ogniotrwałe z pieców i kadzi. Coraz większy udział w tych odpadach mają pyły wychwycone w urządzeniach odpylających piece topialne, stanowiska przygotowania i sporządzania mas formierskich, wybijania odlewów z form oraz oczyszczania i wykańczania odlewów, regeneracji zużytych mas.

Zgodnie z zaleceniami w zakresie Najlepszych Dostępnych Technik [1] należy dążyć do jak najszerszego wykorzystania powstających odpadów czy to w procesie odlewniczym, czy w innych dziedzinach gospodarki. Odpady te często zawierają wiele cennych składników, które przy składowaniu są bezpowrotnie tracone.

Pyły wychwycone w urządzeniach odpylających różnią się składem i stopniem zagrożenia dla środowiska.

Do odpylania instalacji związanych ze sporządzaniem i przerobem mas stosowane są dwa typy układów:

- systemy mokrego odpylania – produktem odpylania jest szlam oraz zanieczyszczona woda (ścieki), która krąży w obiegu zamkniętym. W przypadku odpylania instalacji do sporządzania mas z bentonitem ścieki zawierają koloidalne cząstki gliny, najczęściej montmorillonitu oraz cząstki substancji zawierających węgiel, które sedimentują bardzo wolno. Szlam zawiera większe i cięższe cząstki węgla, piasku i metalu, które osadzają się bardzo szybko.
- systemy suchego odpylania – powstające pyły są okresowo usuwane do pojemników. Skład tych pyłów jest zbliżony do składu masy formierskiej poddawanej odpylaniu i silnie zależy od intensywności procesu odpylania.

Instalacja odpylająca może obsługiwać jedno urządzenie lub zbierać pyły z kilku stanowisk. W tym drugim przypadku są mieszane pyły o różnych właściwościach i dlatego jest je znacznie trudniej zagospodarować.

Badania wstępne

Nowo wybudowana instalacji suchego odpylania stację przerobu mas z bentonitem w Odlewni Żeliwa Bydgoszcz spowodowała znaczną poprawę stanu środowiska i warunków pracy. Równocześnie jednak pojawił się problem z zagospodarowaniem generowanych pyłów.

¹ Prof. dr hab. e-mail: holtzer@agh.edu.pl

² Mgr inż., asystent

³ Dr inż., adiunkt

⁴ Mgr inż., prezes zarządu

⁵ Mgr inż., Kierownik Działu Jakości i Ochrony Środowiska

⁶ Mgr inż., Szef Produkcji

Prace w zakresie zagospodarowania pyłów z suchego odpylania stacji przerobu mas z bentonitem prowadzone były w trzech kierunkach [2]:

- zawracanie pyłów bezpośrednio do produkcji poprzez dodatek ich do mas formierskich w procesie odświeżania,
- wykorzystanie pyłów do sporządzania mieszanek bentonitowych dla mas,
- granulowania pyłów, w celu ich łatwiejszego transportu i składowania.

Odlewnia stosuje masy z bentonitem na osnowie piasku kwarcowego Szczakowa z dodatkiem mieszanki Kormix 75, produkcji ZGH Zębica o składzie 75% bentonitu i 25% nośnika węgla. Pierwszym zadaniem było określenie optymalnych warunków odpylania stacji przerobu mas. Zbyt duża intensywność odpylania mogła powodować nadmierne straty cennych składników (bentonit i nośnik węgla) z masy. Natomiast niedostateczne odpylenie powodowałoby obecność nadmiernej ilości pyłów w masie, co pogarsza jej właściwości technologiczne (np. przepuszczalność), a tym samym może wpływać negatywnie na jakość odlewów. W tabeli 1 przedstawiono ilości wychwytywanych pyłów z instalacji odpylającej przy różnej mocy wentylatora.

Tabela 1. Ilości wychwyconych pyłów przy różnej mocy wentylatora instalacji odpylającej stację przerobu mas

Próbka pyłu	Moc urządzeń odpylających, %	Ilość wychwyconych pyłów, Mg	Produkcja odlewów, Mg	Wskaźnik ilości pyłów kg pyłów/Mg odlewów
P 1	70	12,31	426,6	29,1
P 2	80	8,65	346,3	25,0
P 3	90	8,38	299,7	28,0
P 4	90 (zdławienie schładzarek)	12,11	340,3	35,6
P 5	100	9,13	378,0	24,2

3. Charakterystyka pyłów

Wychwycone pyły poddano analizie chemicznej oraz badaniom fizykochemicznym. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka pyłów z odpylania i mieszanki Kormix

Parametr badany	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	K ¹
	Wilgotność względna, [%]	5,07	4,95	3,78	3,16	1,68
Zawartość węglanów, CO ₃ ²⁻ [%]	1,94	1,96	1,87	1,50	1,71	2,09
Zawartość montmorylonitu, [%]	27,64	20,16	20,81	21,46	21,46	51,22
Zużycie błękitu metylowego [mg/g]	127,16	92,76	-	98,74	-	-
Straty prażenia, [%]	27,28	23,46	24,87	22,06	23,90	31,24

Zawartość krzemionki [%]	52,5	56,5	55,9	62,0	57,1	48,4
pH	9,35	9,30	9,48	9,47	9,33	9,43
Przewodnictwo elektrolityczne, [mS/ cm]	1,09	1,08	0,75	1,03	1,11	0,63
Wskaźnik pęcznienia, [cm ³]	-	-	-	-	-	8,5
Zdolność do tworzenia węgla błyszczącego, [%]	0,41	0,28	0,30	0,42	0,42	2,43

¹Mieszanka Kormix 75

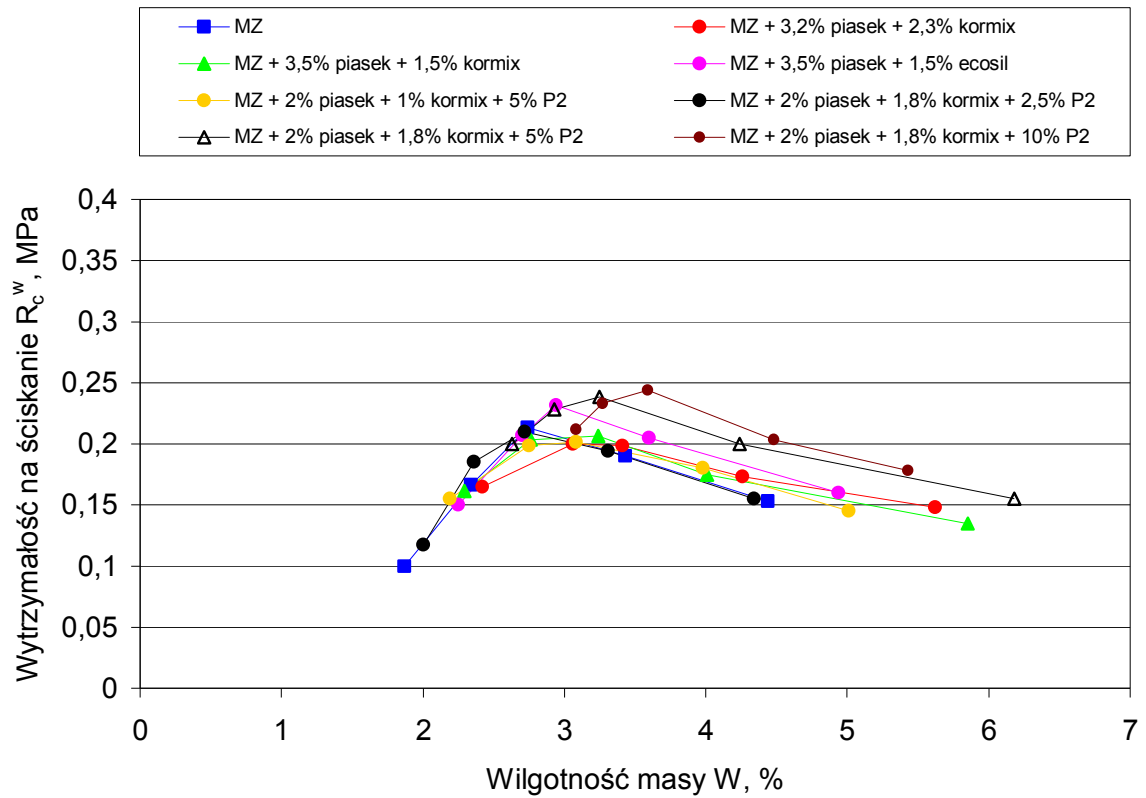
W tabeli 3 zamieszczono skład granulometryczny pyłów oraz mieszanki Kormix.

Tabela 3. Skład ziarnowy pyłów oraz mieszanki Kormix 75

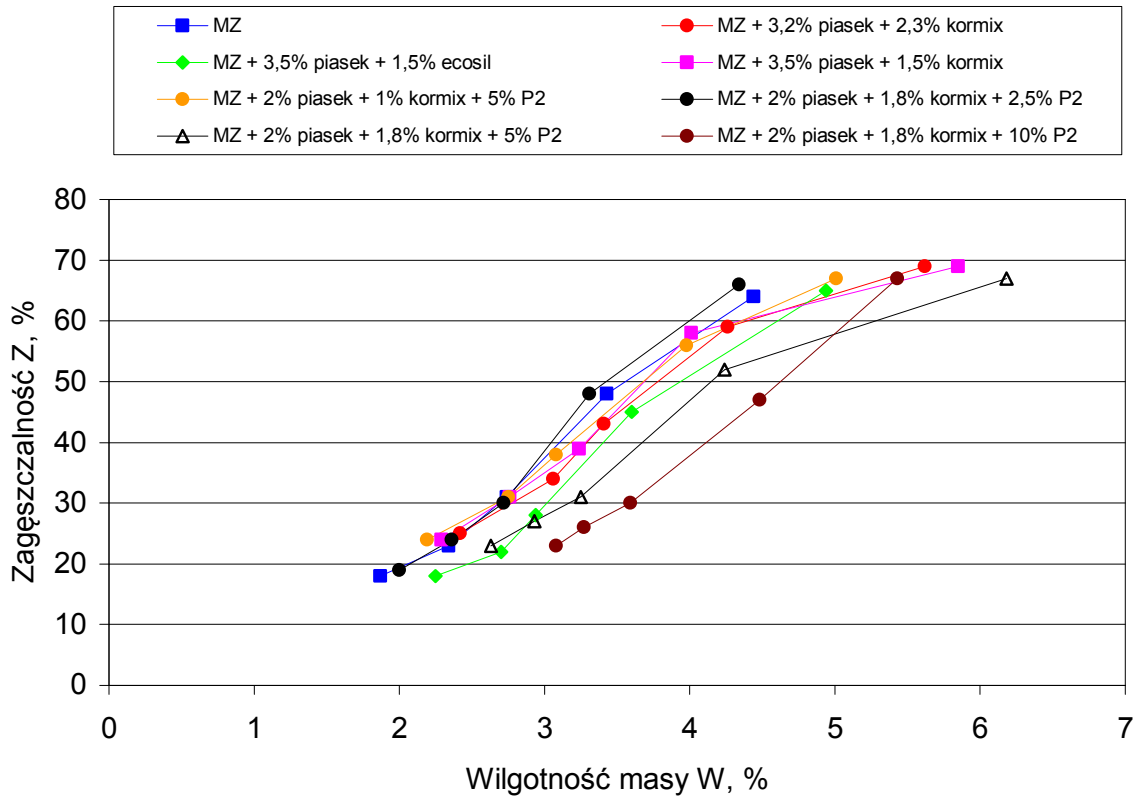
nr sita	Kormix 75		pył P1- nastawa 70%		pył P2- nastawa 80%		pył P3- nastawa 90%		pył P4- nastawa 90%- zdlawienie schładzarek		pył P5- nastawa 100%	
	Odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%
0,040	7,205	72,05	7,505	75,05	5,51	55,1	6,025	60,25	5,62	56,2	6,785	67,85
0,056	1,86	18,6	1,27	12,7	1,80	18,0	2,015	20,15	1,77	17,7	1,735	17,35
0,063	0,21	2,10	0,30	3,00	0,45	4,50	0,530	5,30	0,445	4,45	0,385	3,85
0,071	0,225	2,25	0,24	2,40	0,475	4,75	0,445	4,45	0,505	5,05	0,420	4,20
0,10	0,305	3,05	0,36	3,60	0,61	6,10	0,575	5,75	0,71	7,10	0,365	3,65
0,16	0,155	1,55	0,20	2,00	0,63	6,30	0,330	3,30	0,66	6,60	0,235	2,35
0,20	0,03	0,30	0,125	1,25	0,335	3,35	0,075	0,75	0,295	2,95	0,07	0,70

4. Dodatek pyłów do odświeżania mas z bentonitem – badania laboratoryjne

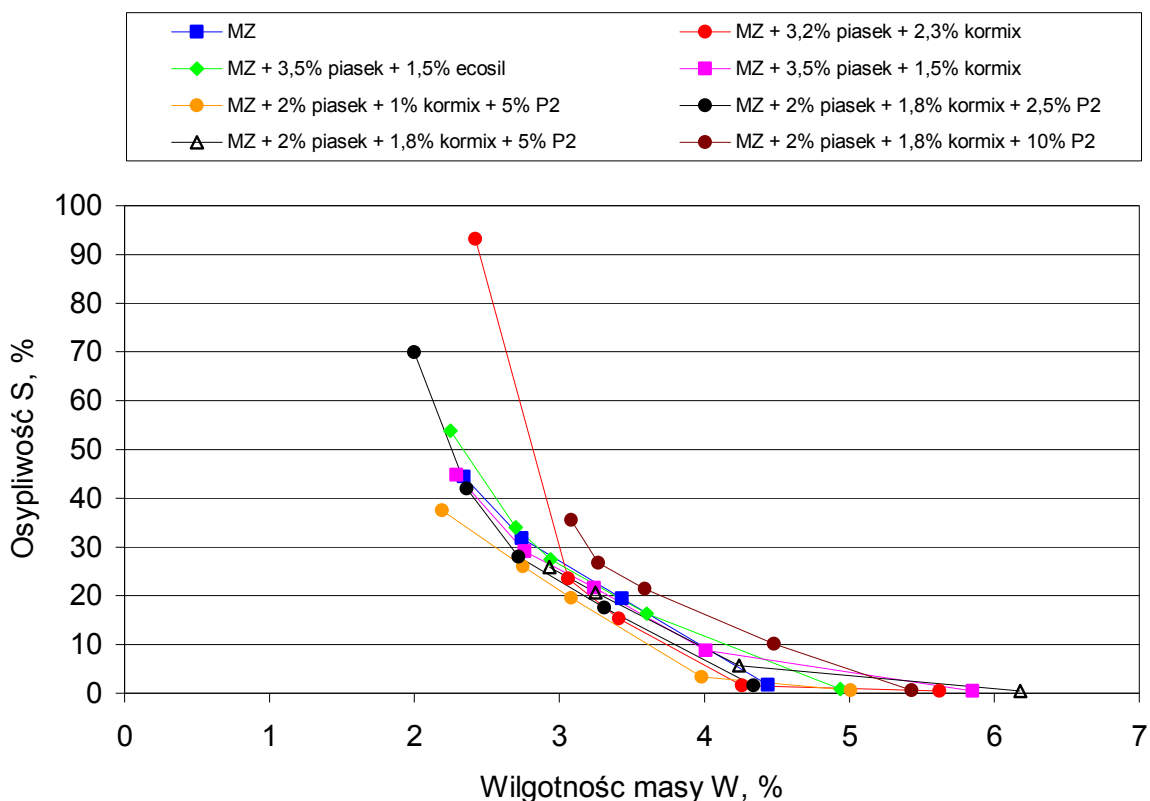
Dla oceny wpływu dodatku pyłów na właściwości technologiczne mas przeprowadzono szerokie badania laboratoryjne w tym zakresie. Wybrane właściwości mas przedstawiono na rys. 1, 2 i 3.



Rys. 1. Wytrzymałość na ściskanie mas,



Rys. 2 . Zagęszczalność mas



Rys. 3. Osypliwość mas

W oparciu o zbadane właściwości fizykochemiczne pyłów oraz badania laboratoryjne mas z dodatkami tych pyłów wykonano odlewy testowe (model schodkowy) oraz odlewy klocków hamulcowych dla kolejnictwa w masach modelowych (rys. 4).



Rys. 4 Odlewy testowe schodkowe oraz odlew klocka hamulcowego (żeliwo fosforowe)

Próby te potwierdziły wcześniejsze badania laboratoryjne. Pozwoliło to na podjęcie decyzji o wprowadzeniu dodatku pyłów do obiegu mas w normalnym cyklu produkcyjnym. Dodatek ten wynosił około od 0,5 do 1,0%. Dzięki temu możliwe było zmniejszenie dodatku mieszanki bentonitowo – węglowej o około 20%.

5. Sporządzanie mieszanek bentonitowych do mas

Pyły wychwytywane z instalacji odpylające, ze względu na znaczną zawartość montmorylonitu, mogą być wykorzystywane do produkcji mieszanek bentonitowo-węglowych. Z kolei mieszanki te mogłyby być stosowane jako dodatek do mas z bentonitem.

W tym celu przeprowadzona badania składu chemicznego i granulometrycznego mieszanek bentonitowo – węglowych z pyłami z odpylania oraz badania technologiczne mas z tymi mieszankami.

W tabeli 4 podano wyniki analizy chemicznej mieszanek Kormixu z pyłem oznaczonym P2, a w tabeli 5 analizę ziarnową tych mieszanek.

Tabela 4. Charakterystyka mieszanki Kormix 75 + pył P 2

	90% Kormix 10% pył P2	80% Kormix 20% pył P2	70% Kormix 30% pył P2	60% Kormix 40% pył P2
Wilgotność całkowita, [%]	7,60	6,82	6,64	6,45
Zawartość węglanów CO ₃ ⁻² , [%]	2,38	2,31	2,33	2,31
Zawartość montmorylonitu, [%]	47,97	47,16	44,72	43,09
Zużycie błękitu metylowego, [mg/g]	220,66	216,92	205,70	198,22
Strata prażenia, [%]	29,72	28,68	28,06	26,90
Wskaźnik pęcznienia,[cm ³]	5,41	4,29	4,28	3,21

Tabela 5. Analiza ziarnowa mieszanki Kormix 75 + pył P 2

nr sita	90% Kormix+ 10% P2		80% Kormix+ 20% P2		70% Kormix+ 30% P2		60% Kormix+ 40% P2	
	odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%	odsiew	%
0,040	8,19	81,9	8,18	81,8	7,75	77,5	7,65	76,5
0,056	0,90	9,0	0,89	8,9	1,06	10,6	1,00	10,0
0,063	0,26	2,6	0,26	2,6	0,25	2,5	0,33	3,3
0,071	0,19	1,9	0,18	1,8	0,26	2,6	0,26	2,6
0,10	0,26	2,6	0,29	2,9	0,33	3,3	0,36	3,6
0,16	0,15	1,5	0,16	1,6	0,24	2,4	0,26	2,6
0,20	0,04	0,4	0,04	0,4	0,11	1,1	0,13	1,3

6. Granulowanie pyłów z odpylania

Wychwycone z instalacji suchego odpylania pyły stwarzają poważne trudności podczas ich załadunku i transportu na składowisko oraz samego składowania. Dlatego też jako jeden z kierunków badań zagospodarowania tych pyłów przeprowadzono próby ich granulowania. Na rys. 5 pokazano produkt uzyskany podczas granulowania w granulatorze talerzowym.



Rys. 5. Granulaty uzyskane z pyłów z odpylania mas z bentonitem

7. Wpływ na środowisko dodatku pyłów do mas z bentonitem

Warunkiem recyklingu pyłów z odpylania jest, poza zapewnieniem masie odpowiednich właściwości technologicznych, również brak negatywnego oddziaływania na środowisko.

Ocena szkodliwości mas stosowanych na formy i rdzenie obejmuje dwa podstawowe elementy:

- wydzielalność szkodliwych gazów podczas operacji sporządzania masy, formowania, zalewania formy ciekłym metalem, chłodzenia formy i wybijania odlewu;
- możliwość wymywania się z zużytej masy do środowiska niebezpiecznych substancji np. podczas jej składowania lub gospodarczego wykorzystania.

Badaniom poddano masę stosowaną aktualnie w odlewni żeliwa oraz masę z dodatkiem wytypowanego pyłu pochodzącego z instalacji odpylania stacji przerobu mas, wprowadzonego do masy w miejsce pewnej ilości bentonitu.

Skład masy wyjściowej (bez pyłu) (masa M1): masa wybita, mieszanka bentonitowo-węglowa Kormix 2,3 cz. wag., świeży piasek kwarcowy 3,2 cz. wag., wilgotność 3,32%.

Skład masy z dodatkiem pyłu P2 (masa M2): masa wybita, mieszanka bentonitowo-węglowa Kormix 1,8 cz. wag., pył P2 5 cz. wag., świeży piasek kwarcowy 2 cz. wag., wilgotność 3,58%.

Badania wydzielalności gazów (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny - BTEX) podczas zalewania formy ciekłym metalem [3] oraz wymywalności składników z mas wybitych [4] wykonano według metodyki opracowanej w Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie na Wydziale Odlewnictwa.

7.1. Badania wydzielalności szkodliwych gazów

Badano próbki masy z bentonitem i pyłem węglowym (mieszanka Kormix) oraz z dodatkiem pyłu z odpylania stacji przerobu mas. Przed wymieszaniem do mas tych wprowadzano wymaganą, ze względów technologicznych, ilość wody, aby zapewnić odpowiednią wilgotność masy. Z masy tej sporządzano kształtki Φ 50x50 mm, które poddawano suszeniu w temperaturze 110°C przez 2 godziny. Tak przygotowane próbki umieszczano w odpowiedniej formie i zalewano ciekłym żelazem o temperaturze 1350°C. Wydzielające się gazy adsorbowano na węglu aktywnym i analizowano przy pomocy chromatografu gazowego z zastosowaniem detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID).

W tabeli 7 przedstawiono wyniki emisji gazów z mas zalewanych ciekłym żelazem.

Tabela 7. Emisja gazów z badanych mas

Parametr	Emisja gazów z próbki		Emisja gazów z 1 kg masy	
	Masa M1	Masa M2	Masa M1	Masa M2
Objętość gazów, dm ³	4,25	6,4	22,15	32,64
Benzen, mg	10,2	25,6	53,17	130,55
Toluen, mg	1,3	1,93	6,78	9,84
Ethylbenzen, mg	<0,01	0,03	<0,05	0,153
o-,m-,p-kylen, mg	0,09	0,11	0,47	0,561

Ilość i skład wydzielających się gazów z masy bez dodatku pyłu (masa M1) oraz z masy z dodatkiem tych pyłów (masa M2) nie wykazywały zasadniczych różnic. W tym względzie wpływu tych mas na środowisko jest porównywalny, czyli zastąpienie pewnej ilości bentonitu pyłem z odpylania nie spowodował wzrostu szkodliwości masy.

7.2. Badania wymywalności szkodliwych substancji

Przedmiotem badań były te same masy oznaczone M1 i M2. Każdą masę po wybiciu odlewu poddawano procesowi wymywania wodą dejonizowaną zgodnie z zalecaną procedurą, przy zachowaniu stosunku ciecz : masa = 10 : 1. Uzyskane przesącze poddawano analizie chemicznej na zawartość wybranych substancji szkodliwych, w tym WWA, oraz metali. Wyniki przedstawiono w tabeli 8 i 9.

Tabela 8. Wyniki wymywalności mas

Parametr	Jednostka	Masa M1	Masa M2
pH	pH	7,1	5,3
Przewodnictwo elektrolityczne	μS/cm	25,6	9,25
OWO	mg C/l	1,59	<1,0
ChZT – Cr	mgO ₂ /l	10,2	6,0
BZT-5	mg O ₂ /l	0,9	3,1
Chlorki	mg Cl/l	1,58	<5,0
Zn	mgZn/l	0,014	0,0115
Pb	mgPb/l	<0,005	<0,005
Cd	mgCd/l	<0,001	<0,001
Cu	mgCu/l	0,043	0,0023
Cr	mgCr/l	0,0037	<0,002
Ni	mgNi/l	<0,005	<0,005
As	mgAs/l	<0,005	<0,005
Fenole lotne	mg/l	<0,002	<0,002
Formaldehyd	mg/l	0,034	0,002

Tabala 9. Wyniki wymywalności WWA z mas

Parametr	Jednostka	Masa M1	Masa M2
Naftalen	µg/l	0,033	0,080
Acenaftylen	µg/l	0,007	0,016
Acenaftalen	µg/l	0,008	0,017
Fluoren	µg/l	0,023	0,034
Fenantren	µg/l	0,069	0,068
Antracen	µg/l	0,014	0,064
Fluoranten	µg/l	0,060	0,029
Piren	µg/l	0,047	0,017
Benzo(a)antracen	µg/l	0,009	<0,005
Chryzen	µg/l	0,003	0,007
Benzo(b)fluoranten	µg/l	<0,002	<0,004
Benzo(k) fluoranten	µg/l	<0,002	<0,003
Benzo(a)piren	µg/l	<0,002	<0,005
Dibenzo(a,h)antracen + indeno(1,2,3cd)piren	µg/l	<0,002	<0,012
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,002	<0,010
SUMA	µg/l	<0,283	<0,371

Zarówno masa bez dodatku pyłu (M1), jak i masa z dodatkiem tego pyłu (M2) nie stanowią zagrożenia dla środowiska w przypadku ich składowania lub gospodarczego wykorzystania. Spełniają one wszelkie parametry jakie są wymagane przy składowaniu tych mas na składowisku odpadów obojętnych. Dodatek pyłu z odpylania do masy z bentonitem nie pogarsza jej wpływu na środowisko i w tym względzie takie masy mogą być stosowane w odlewniach.

8. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych szerokich badań w zakresie możliwości zagospodarowania pyłów z suchego odpylania stacji przerobu mas z bentonitem, można przedstawić następujące wnioski:

Dodatek pyłów do odświeżania mas z bentonitem

- Dodatek pyłów w ilości 0,5 – 1,0% do masy obiegowej nie powoduje zmian właściwości technologicznych masy i pozwala na otrzymywanie odlewów o wymaganych parametrach. Ilość braków utrzymuje się na dotychczasowym poziomie lub jest mniejsza. W ten sposób możliwe jest zastąpienie około 20% mieszanki Kormix. Jest to najbardziej ekonomicznie i technologicznie uzasadniona forma zagospodarowania tych pyłów.

Sporządzanie mieszanek bentonitowych do mas

- Pyły z odpylania mogą być stosowane przez producentów do sporządzania mieszanek bentonitowo – węglowych dla mas z bentonitem i sprzedawane innym odlewniom.

Granulowanie pyłów z odpylania

- Pyły z odpylania stacji przerobu mas z bentonitem mogą być granulowane bez stosowania spoiwa, tylko z dodatkiem wody, dzięki wykorzystaniu właściwości wiążących lepiszcza aktywnego zawartego w pyłach. Uzyskany granulatur w całym okresie sezonowania pozostaje plastyczny i posiada odpowiednie właściwości

wytrzymałościowe. Bezpośrednio po zbryleniu można go transportować do odbiorcy bez zagrożenia pylenia lub rozpadu.

Wpływ na środowisko

Dodatek pyłu z odpylania stacji przerobu mas z bentonitem nie powoduje pogorszenia jakości tych mas pod względem ich negatywnego oddziaływania na środowisko. Masy z pyłem mogą być składowane na składowiskach odpadów obojętnych lub wykorzystywane do innych celów (np. jako warstwa pośrednia na składowiskach odpadów komunalnych).

Przedstawione powyżej wyniki badań oraz wnioski odnoszą się dla konkretnego pyłu oraz dla danej odlewni. W przypadku wdrożenia tej technologii w innej odlewni konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych badań uwzględniających istniejące warunki.

Literatura

1. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry. European Commission, May 2005.
2. Sprawozdanie merytoryczne z realizacji wykonanych zadań badawczych w ramach projektu celowego Nr ROW-II-089/2005
3. SolarSKI W., Zawada J., Lewandowski J.L.: Znaczenie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla oceny toksyczności. Przegląd Odlewnictwa r. 1997, nr 78, s.234
4. Holtzer M., Lewandowski J.L., Bilska M., Grabowska B.: Characteristics of moulding sands and cores used in iron foundries – in terms of harmful substances. Przegląd Odlewnictwa t.54, 2004, nr 6, s. 482

Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2006 - 2007 w ramach projektu celowego ROW-II-089/2005.