
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 24
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok IX

Warszawa–Opole 2016

III GT: INŻYNIERIA PROCESOWA I ŚRODOWISKA

(PG: Process and Environment Engineering)

Temat: 4N002S15

KRYSTYNA RAJCZYK, GRZEGORZ ROLKA, KARINA RÓŻYCKA,
JUSTYNA KUTERASIŃSKA

Badania zawartości rtęci w popiołach lotnych oraz cementach i betonach z ich udziałem – określenie wpływu na środowisko oraz możliwości eliminacji zagrożeń

W ramach realizacji tematu przeprowadzono badania zmierzające do określenia wpływu zawartości rtęci w popiołach lotnych na ich właściwości w świetle wymagań dla poszczególnych zastosowań oraz opracowano rozwiązania pozwalające na wykorzystanie popiołów jako składnika cementów powszechnego użytku oraz betonów.

W pracy wykazano, że mimo licznych badań i wielu publikacji, zauważalny jest brak uporządkowanej wiedzy dotyczącej zwłaszcza zawartości rtęci w węglu, w ubocznych produktach spalania i materiałach budowlanych wyprodukowanych z ich udziałem. Zwrócono uwagę na stosowanie sorbentów do usuwania rtęci, które mogą wpływać negatywnie na jakość powstających w procesie spalania popiołów lotnych. Skutkiem wprowadzenia nowych rozwiązań obniżających poziom zawartości rtęci w gazach odlotowych może być podwyższenie zawartości rtęci w ubocznych produktach spalania, głównie popiołach lotnych, co może utrudnić lub nawet uniemożliwić ich dotychczasowe zastosowanie. Z punktu widzenia użytkowego ważnym, wynikającym z przeprowadzonych badań, jest stwierdzenie, iż poziom zawartości rtęci w przebadanych cementach komercyjnych nie stanowi zagrożenia z punktu widzenia ochrony środowiska. Biorąc jednak pod uwagę tendencje do wprowadzania w skład cementu coraz większych ilości składników innych niż klinkier portlandzki, należy mieć na uwadze, że może to spowodować wzrost zawartości rtęci w cementach. Dlatego niezbędne jest monitorowanie zawartości rtęci, szczególnie w popiołach lotnych i gipsach z odsiarczania spalin, gdyż dotychczasowy poziom tej zawartości może ulec zmianie w ślad za wprowadzaniem instalacji do wychwytywania rtęci w gazach odlotowych z procesów spalania. Z punktu widzenia naukowego ważne informacje wnoszą badania z zastosowaniem SEM/EDS, które pokazują sposób wbudowania się rtęci w uwodnionej matrycy cementowej.

Problemem badawczym, który został zasygnalizowany w pracy, jest określenie wpływu rtęci na proces hydratacji cementu oraz trwałość i właściwości wytrzymałościowe zapraw i betonów z ich udziałem.

*

T e m a t: 4N004S15

KRYSTYNA RAJCZYK, MAREK SZOTA, AGNIESZKA PROCHOTA

Wpływ mikro- i makrowłókien bazaltowych na właściwości mechaniczne betonów nowej generacji

Zrealizowany temat stanowi wstępny etap badań dotyczących określenia wpływu mikrowłókien bazaltowych na właściwości mechaniczne betonów nowej generacji. Dotychczasowe doświadczenia prowadzą się do badań nad możliwością stosowania włókien szklanych do zbrojenia matrycy cementowej. Mimo że producenci włókien bazaltowych zapewniają o ich wysokiej wytrzymałości i trwałości, spotykane są opinie, iż włókna bazaltowe mogą ulegać degradacji w środowisku twardniejącego zaczynu cementowego. W związku z tym we wstępnym etapie pracy zwrócono uwagę na tego typu problemy. Z punktu widzenia utylitarne ważnym, wynikającym z przeprowadzonych badań spostrzeżeniem potwierdzającym opinie wielu badaczy jest to, że dodatek popiołu lotnego może obniżyć mrozoodporność betonu. Według uzyskanych wyników badań, stwardniała zaprawa z cementu z dodatkiem popiołu lotnego krzemionkowego nie wytrzymała 150 cykli mrozoodporności. Po 100 cyklach zamrażania i odmrażania belecзки uległy całkowitej destrukcji. Dodatek włókien nieco zwiększył trwałość zapraw zawierających popiół lotny krzemionkowy. Uzyskane wyniki badań są istotnym wkładem wiedzy na temat betonu zbrojonego krótkimi włóknami szklanymi i cementowymi.

*

T e m a t: 4N005S15

GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI, ALFRED NOLEPA,
KATARZYNA KIPRIAN

Badania nad wzrostem efektywności wykorzystania zasobów – etap 1: Surowce odpadowe jako odnawialne źródło zasobów – bogactwo krajowe, doświadczenia światowe i nowe wyzwania dla ICiMB

Celem pracy było ustalenie w skali kraju ilości odpadów szklanych, ceramicznych, budowlanych i rozbiórkowych – odseparowanych z całkowitego strumienia odpadów – oraz określenie, na podstawie doniesień i praktyk światowych, możliwości efektywnego odzyskiwania z nich surowców produkcyjnych.

Z analizy uzyskanych danych wynika, że w Polsce w 2013 r. zebrano w sumie 1 266 000 Mg odpadów z budowy, remontów, demontażu obiektów bu-

dowlanych oraz infrastruktury drogowej (z wyłączeniem gleby i ziemi z placów budowy). Dodatkowo w 2013 r. wytworzono ok. 1 050 000 Mg odpadów ze szkła gospodarcze oraz 19 490 300 Mg odpadów z przemysłu energetycznego. Analizując doniesienia i praktyki światowe dotyczące technicznych i technologicznych aspektów efektywnego odzyskiwania surowców z odpadów określono, że w przypadku odpadów budowlanych i rozbiórkowych (głównie betonowych) ich ponowne użytkowanie polega na kruszeniu i wykorzystywaniu jako kruszywo do podbudowy dróg, budowy parkingów i fundamentów. Rozdrobnione odpady budowlane stosuje się także jako dodatek do betonu. Większy problem stanowią odpady ceramiczne. O ile odpady ceramiczne z glin szlachetnych (białych) znajdują zastosowanie jako substytut kruszyw naturalnych w betonie, powodując wzrost parametrów wytrzymałościowych betonu i lepszą odporność na ścieranie, o tyle odpady ceramiczne z glin czerwonych nie mają takich możliwości zastosowania. Doświadczenia z zastosowań odpadów ceramicznych z glin czerwonych jako dodatku do betonu wykazały pogorszenie jego wytrzymałości na ściskanie oraz rozciąganie. Odpady te stanowią zatem wyzwanie do ponownego ich wykorzystania. Pozytywnym aspektem wykorzystania kruszyw z odpadów ceramicznych z glin czerwonych do produkcji betonu jest stworzenie produktu znajdującego zastosowanie w elementach niekonstrukcyjnych, gdzie wymagany jest mały ciężar i duża ognioodporność. W przypadku szkła problematycznym okazuje się wykorzystanie drobnej stłuczki szklanej (głównie żarówkowej). Dotychczasowe wyniki badań świadczą także o dużym potencjale zastosowania w przemyśle materiałów budowlanych odpadów energetycznych oraz z przemysłu rud metali nieżelaznych.

*

T e m a t: 4N006S15

KATARZYNA KIPRIAN, PRZEMYSŁAW ŁACH, ALFRED NOLEPA,
GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI

Wybór optymalnej metody oznaczania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych

Celem pracy było przeprowadzenie badań i porównanie dwóch metod oznaczania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych oraz wytypowanie dokładniejszej metody. Frakcja podsitowa (< 80 mm) zmieszanych odpadów komunalnych charakteryzuje się dużą niejednorodnością. Z tego względu większość uzyskanych w poszczególnych frakcjach wyników, poza frakcją – „odpady papieru i tektury”, charakteryzowały się mniejszym odchyleniem standardowym, rozstępem oraz współczynnikiem zmienności dla próbki o masie 100 kg.

Analizując wyniki badania składu morfologicznego odpadów w próbce o masie 5 kg stwierdzono, że w 2 powtórzeniach nie zauważono obecności frakcji –

„odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego”. Przyczyną tego stanu rzeczy była zbyt mała masa próbki pobrana do badań w stosunku do niejednorodności zmieszanych odpadów komunalnych. Dla próbek o masie 100 kg sytuacja taka nie miała miejsca.

Na podstawie przeprowadzonych badań składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych stwierdzono, że wyniki dla próbki o masie ok. 100 kg dają lepszą korelację z wynikami badań próbki reprezentatywnej, aniżeli wyniki uzyskane dla próbek o masie 5 kg.

Trzeba jednak zaznaczyć, że czasochłonność ręcznego sortowania materiału próbki o masie 100 kg (2 osoby – ok. 8 godz.) w stosunku do próbki o masie 5 kg (2 osoby – ok. 1 godz.) jest znacznie większa. Biorąc pod uwagę konieczność wykonania przynajmniej dwóch równoległych badań, pracochłonność jest istotnym czynnikiem dla wykonania oznaczenia morfologii odpadów. Reasumując, należy stwierdzić, że w celu uzyskania najbliższego rzeczywistości obrazu składu morfologicznego odpadów komunalnych powinno się stosować metodę przedstawioną w wytycznych Ministerstwa Środowiska, pobierając próbkę do badań o masie 100 kg.

*

T e m a t: 4N007S15

FRANCISZEK SŁADECZEK, EWA GŁODEK-BUCYK,
WOJCIECH KALINOWSKI, JOANNA POLUSZYŃSKA,
EWELINA ŚLĘZAK, IRENA SŁAWIŃSKA, DARIA GĄSIOR,
EWELINA KIREJCZYK, MICHAŁ LENKIEWICZ

Opracowanie technologii pirolizy biomasy odpadowej pod kątem wytwarzania biowęgla oraz przygotowanie laboratorium OIPMB do jego certyfikacji

Podstawowym celem pracy było opracowanie koncepcji oraz bazowej technologii dla instalacji pirolizy biomasy odpadowej w skali technicznej do wytwarzania biowęgla. W pracy przedstawiono koncepcję własnej instalacji technicznej do otrzymywania biowęgla, obejmującą schemat procesowy i obliczenia inżynierskie procesu. Opracowano bazową technologię pirolizy biomasy odpadowej obejmującą dobór maszyn i urządzeń, rysunki zestawieniowe (mechaniczne, konstrukcje) oraz oszacowanie kosztów instalacji w skali technicznej. Instalacja składa się z komory reaktora o objętości roboczej 0,7 m³, wyposażonej w grzałkę o mocy 3 kW, kondensatora, zbiornika sedymentacyjnego oraz skrubera do końcowego oczyszczania gazów. Układ kontroli i regulacji procesu składa się z programatora temperatury i czasu pirolizy, rejestratora wielokanałowego temperatur i ciśnień procesu, licznika strumienia pirogazu oraz licznika zużycia energii elektrycznej.

Opracowanie technologii pirolizy biomasy wykonano równocześnie z przygotowaniem laboratorium do certyfikacji biowęgla. Opracowano procedury wła-

sne oraz ich walidację zgodnie z wytycznymi EBC. Dostosowano obowiązujące normy do wymogów EBC oraz opracowano budżety niepewności oraz raporty z walidacji metod badawczych.

*

T e m a t: 4N008S15

EWA GŁODEK-BUCYK, WOJCIECH KALINOWSKI,
FRANCISZEK SŁADECZEK

Opracowanie technologii odzysku ciepła odpadowego niskotemperaturowego w układzie trigeneracji – etap 2

Celem realizacji tematu było opracowanie sposobu możliwości wykorzystania entalpii gazów odlotowych niskotemperaturowych do produkcji energii elektrycznej, ciepła i chłodu oraz opracowanie koncepcji stanowiska doświadczalnego i projektu instalacji do badań wymienników. Na podstawie badań bilansowych linii wypalania klinkieru portlandzkiego obliczono potencjał energii odpadowej krajowego przemysłu cementowego. Ciepło odpadowe z układu wypalania klinkieru jest niemal w całości wykorzystane do suszenia surowców, gdyż w zdecydowanej większości linii produkcyjnych wilgotność złożowa surowców wynosi ok. 9–10%. Praktycznie tylko w 2 instalacjach wypalania klinkieru istnieje znaczny nadmiar energii cieplnej, kwalifikujący do nadbudowy układu wymiennika pieca typowym kotłem energetycznym. Ciepło z powietrzem nadmiarowym chłodnika bywa coraz częściej wykorzystywane do suszenia paliw alternatywnych lub wilgotnych żużla. Jak wykazano, poziom wykorzystania tej formy energii wynosi średnio ok. 39%. We wszystkich cementowniach stosuje się natomiast układy bypassa, w których temperatura gazów odlotowych może sięgać poziomu 200–300°C. Dla ochrony materiałów filtracyjnych gazy odlotowe są schładzane do ok. 120–130°C, zwykle przez zasysanie powietrza z otoczenia. Ciepło odpadowe z gazami bypassa nie jest praktycznie wykorzystywane, a może stanowić atrakcyjną alternatywę dla konwencjonalnych rozwiązań, zwłaszcza do produkcji energii elektrycznej lub suszenia paliw alternatywnych. Oprócz wymienionych źródeł energii odpadowej, we wszystkich instalacjach występują gazy emitowane w procesie, których temperatura w większości przypadków wynosi 120–1600°C.

Elementem łączącym układy wypalania materiałów budowlanych oraz układy odzysku energii odpadowej są wymienniki ciepła. W układach produkcji energii elektrycznej energia ta pełni funkcję źródła ciepła dla czynników roboczych w obiegu energetycznym. Z uwagi na małe siły napędowe procesów wymiany ciepła w zakresie temperatury gazów odlotowych poszukuje się nowych rozwiązań wymienników o dużych powierzchniach wymiany, dobrym przewodnictwie oraz odporności na zanieczyszczenia gazowe spalin. Zwiększenie strumienia energii odzyskanej, np. przez podniesienie temperatury gazów odpadowych lub odzyskanie ciepła odparowania wilgoci z gazów, może być źródłem dodatkowych korzyści.

T e m a t: 4N009S15

AGNIESZKA SZEWCZYK, JOANNA POLUSZYŃSKA,
EWELINA ŚLĘZAK, IRENA SŁAWIŃSKA

Prognoza stanu zanieczyszczeń wód powierzchniowych na podstawie ich składu jonowego

Celem pracy było przeprowadzenie badań wód o różnym stopniu zanieczyszczenia oraz składzie chemicznym wraz z analizą wyników i wytypowaniem substancji, które poza zawartością biogenów mogą wskazywać na postępujący proces zakwitu wód. Badania te zmierzają do opracowania łatwej metody oznaczania stopnia zanieczyszczenia wód. Wyniki badań wskazują, że w ekosystemach wodnych, które zakwalifikowano jako czyste, suma stężeń anionów równa jest sumie stężeń kationów, natomiast w wodach zanieczyszczonych i eutroficznych obserwuje się przewagę anionów nad kationami, w tych samych próbkach zaobserwowano również wysokie stężenia ogólnego węgla organicznego OWO i wysoką przewodność elektryczną właściwą. Można wywnioskować, że część oznaczanych w tych wodach kationów zmieniła swoją formę, tworząc hydroksokationy i kationy metaloorganiczne, nieoznaczalne metodą chromatografii jonowej. Wyniki badań wykazały duże różnice w składzie chemicznym badanych wód. W wodach zanieczyszczonych przeważają chlorki, siarczany, bromki, sól i potas, co świadczy o dużym zasoleniu. Na podstawie tych wyników zostaną podjęte próby opracowania metody oceny stanu zanieczyszczeń wód, w oparciu o różnice w składzie chemicznym wód czystych (suma anionów = suma kationów) oraz wód zanieczyszczonych (suma anionów > suma kationów).

*

T e m a t: 4N010S15

JOANNA POLUSZYŃSKA, EWELINA ŚLĘZAK, IRENA SŁAWIŃSKA

Odzysk związków fosforu z komunalnych osadów ściekowych

Celem prezentowanego tematu było przeprowadzenie prób laboratoryjnych odzysku fosforu z osadów ściekowych stabilizowanych, suszonych oraz z popiołów powstałych ze spalania osadów ściekowych. Realizując temat, pozyskano nowe informacje dotyczące zawartości fosforu w osadach ściekowych i popiołach z osadów ściekowych oraz informacje na temat stopnia odzysku fosforu z badanych próbek. Wyniki badań wykazały, iż w przypadku niskich zawartości fosforu w materiale, z którego starano się go odzyskać (poniżej 5%), stopień odzysku jest niewielki i może okazać się nieopłacalny na skalę przemysłową. Badania te posłużą do usprawniania procesów związanych z odzyskiem fosforu z osadów ściekowych oraz innych materiałów odpadowych o wyższych zawartościach tego pierwiastka w matrycy.

*

T e m a t: 4N011S15

MICHAŁ LENKIEWICZ, WŁODZIMIERZ PAPROTNY,
EWELINA ŚLĘZAK

Możliwości zastosowania metody ciekłej scyntylicji oraz ICP-MS w kontroli jakości opakowań ekologicznych

Określenie przydatności dwóch metod badawczych: spektrometrii mas z indukcyjnie sprzężoną plazmą oraz spektrometrii ciekłoscyntylicyjnej do oceny jakości opakowań ekologicznych było celem pracy. W wyniku jej realizacji pozyskano informacje dotyczące zawartości metali ciężkich, takich jak Zn, Ni, Cd, Pb, Mn, Fe, Cr, As, Cu oraz zawartości surowców odnawialnych w badanych próbkach. Przeprowadzone badania wykazały, że metoda spektrometrii mas z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP-MS) oraz spektrometria ciekłoscyntylicyjna są w pełni przydatne do kontroli jakości opakowań ekologicznych.

*

T e m a t: 4N012S15

DARIA GAŚSIOR, EWELINA KIREJCZYK

Ocena możliwości zastosowania surowców odpadowych jako potencjalnych materiałów sorpcyjnych w procesach oczyszczania wód

Celem badań było określenie zdolności biowęgla do adsorpcji jonów rtęci z roztworów wodnych. Tym samym określono przydatność biowęgla różnego pochodzenia do oczyszczania ścieków i wód technologicznych zasobnych w związku rtęci oraz możliwości zastosowania biowęgla jako nowoczesnego, atrakcyjnego ekonomicznie adsorbentu. Zbadane biowęgla stanowiły produkty beztlenowej, termicznej obróbki biomasy (słomy żytniej) lub odpadów organicznych (odchodów zwierzęcych i osadów ściekowych). Opracowano również metody oznaczania w próbkach wodnych śladów czterech związków farmaceutycznych: 17α -etynyloestradiolu, estronu, 17β -estradiolu oraz diklofenaku. Otrzymane wyniki mogą stanowić bazę do opracowania nowych materiałów sorpcyjnych, które przyczynią się do usprawnienia procesu oczyszczania wód zanieczyszczonych związkami rtęci.

*

T e m a t: 4N013S15

ARTUR KILIAN, JAN KOŚCIANOWSKI, SEBASTIAN ĆWIK,
TOMASZ KRYSZEK, CEZARY KULTYS

Charakterystyka emisji pyłowo-gazowej ze spalania biomasy w paleniskach małej mocy – etap 2

Określenie efektywności spalania biomasy w paleniskach kotłowych małej mocy było celem realizacji pracy. Jednym z elementów oceny efektywności procesu

spalania paliwa jest zawartość zanieczyszczeń gazowych w spalinach. Celem praktycznym pracy była weryfikacja istniejących procedur pomiarowych (pomiar odbiorcze) dla kotłów energetycznych lub ich adaptacja dla warunków pracy małych kotłów na biomasę. Praca pozwoliła na określenie parametrów procesu spalania wybranego asortymentu paliw, dla minimalnej wartości koncentracji TVOC w emitowanych gazach. Dokonano oceny porównawczej efektywności palenisk pod kątem oceny ich uciążliwości dla środowiska naturalnego. Opracowano propozycję zmian konstrukcji palenisk, by dostosować je do potrzeb niskoemisyjnego procesu spalania.

*

T e m a t: 4N014S15

EWELINA ŚLĘZAK, IRENA SŁAWIŃSKA

Ocena wpływu procedur mineralizacji w piecu mikrofalowym na wyniki zawartości metali ciężkich w próbkach środowiskowych

Celem pracy była optymalizacja i dobór najskuteczniejszej procedury roztwarzania matrycy biowęglu oraz zbadanie wpływu sposobu mineralizacji próbek na wynik oznaczania w nich zawartości metali ciężkich. Technika mineralizacji z udziałem pieca mikrofalowego posiada wiele zalet, zużywa niewielkie ilości odczynników i wymaga zdecydowanie krótszego czasu mineralizacji w porównaniu z innymi technikami roztwarzania. Optymalizacja najskuteczniejszej procedury mineralizacji matrycy biowęglu stanowiła najważniejsze wyzwanie w zrealizowanej pracy badawczej. Opracowana metoda okazała się specyficzną i selektywną dla wybranych pierwiastków (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, As, Zn), a tym samym można było zastosować ją podczas walidacji metody wielopierwiastkowej techniką spektrometrii mas (ICP-MS).

*

T e m a t: 4N017S15

KRYSTYNA RAJCZYK, KATARZYNA ŁASKAWIEC, TOMASZ BARAN

Możliwości wykorzystania przetworzonego termicznie odpadu papierniczego do produkcji materiałów budowlanych (temat międzyoddziałowy)

Celem pracy było sprawdzenie możliwości uzyskania aktywnego spoiwa wiążącego z odpadowej masy papierniczej. W oparciu o dotychczasowe wyniki ustalone zostały optymalne warunki termicznego przetworzenia odpadów papierniczych w aktywne spoiwo. Założona koncepcja realizacji tematu przewidywała przeprowadzenie próby otrzymania aktywnego spoiwa w Oddziale Szklania i Materiałów Budowlanych w Krakowie, z wykorzystaniem do tego celu instalacji pieca obrotowego opalanego olejem opałowym. Otrzymane spoiwo (charakteryzujące się zawartością reaktywnego tlenku wapnia oraz mineralnego składnika

o właściwościach pucolanowych) stanowiło materiał doświadczalny do dalszych badań, których celem było wskazanie kierunków zastosowania go do produkcji materiałów dla budownictwa. Z przeprowadzonych badań przydatności spoiwa z odpadu papierniczego do produkcji betonu komórkowego wynika potrzeba kontynuacji prac w kierunku dopracowania optymalnej receptury ABK. Dalsze próby powinny być wykonane zarówno w skali laboratoryjnej, jak i półtechnicznej. Do przeprowadzenia prób w szerszym zakresie niezbędna jest większa ilość surowca (odpadu papierniczego). Reasumując, w wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych i próby w skali półtechnicznej możliwe jest otrzymanie z odpadu papierniczego materiału, charakteryzującego się właściwościami wiążącymi, który może być wykorzystany jako dodatek do cementu białego, spoiw, tynków i zapraw budowlanych. Celowym jest jednak prowadzenie dalszych badań w tym zakresie oraz pozyskanie partnera przemysłowego wytwarzającego odpowiednie odpady papiernicze.