

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 19**  
(październik–grudzień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok VII**

**Warszawa–Opole 2014**

---

### III GT: INŻYNIERIA PROCESOWA I ŚRODOWISKA (PG: *Process and Environment Engineering*)

T e m a t: 4N003S13

AGNIESZKA SZEWCZYK, JOANNA POLUSZYŃSKA,  
MACIEJ PACIORKOWSKI, DARIA GAŚSIOR

**Techniki chromatografii jonowej do oznaczania zawartości chlorków, chlorynów, chloranów i bromianów w wodach po dezynfekcji oraz ozonowaniu z wybranych stacji uzdatniania wód**

(19 s., 8 rys., 5 tab., 1 zał., bibl. poz. 14); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Głównym celem pracy było opisanie oraz oznaczanie ubocznych produktów dezynfekcji wód oraz omówienie powstających produktów dla jakości wód. Program badawczy objął: analizę literaturową, kalibrację sprzętu i opracowanie metody badawczej, pobranie próbek wody użytkowej, część eksperymentalną – wykonanie oznaczeń, analizę wyników, wyznaczenie parametrów walidacyjnych, podsumowanie i sformułowanie wniosków.

Próbki wody pobrane ze wszystkich punktów badawczych zostały przeanalizowane pod kątem oznaczenia chlorków, chlorynów, chloranów i bromianów metodą chromatografii jonowej. Próbki do badań pobrano z pięciu stacji uzdatniania wód, zlokalizowanych w województwie opolskim. Wodę pobrano przed procesem dezynfekcji oraz po procesie dezynfekcji w celu sprawdzenia funkcjonalności aparatury uzdatniającej z pięciu stacji uzdatniania. Pobieranie wód odbywało się w odstępach comiesięcznych – od czerwca do listopada 2013 r.

\*

T e m a t: 4N004S13

GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI, ALFRED NOLEPA,  
KATARZYNA KIPRIAN, PRZEMYSŁAW ŁACH

**Opracowanie metodyki oznaczania stopnia stabilizacji odpadów przy wykorzystaniu testu inkubacyjnego  $GS_{21}$**

(17 s., 16 rys.); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie metodyki oznaczania stopnia stabilizacji odpadów przy wykorzystaniu testu inkubacyjnego  $GS_{21}$  i przygotowanie stanowiska badawczego do przeprowadzania badań zgodnie z opracowaną metodyką.

Metodyka oznaczania stopnia stabilizacji odpadów, przy wykorzystaniu testu inkubacyjnego  $GS_{21}$ , została opracowana na podstawie austriackich normatywów.

Służy ona do określania w warunkach laboratoryjnych sumarycznej ilości gazu wydzielanego ze składowanych odpadów w okresie 21 dni.

Głównym założeniem dla opracowania metodyki badawczej było odzwierciedlenie w skali laboratoryjnej procesów, jakie zachodzą w masie odpadów deponowanych na składowiskach.

\*

T e m a t: 4N005S13

EWA GŁODEK

### **Zastosowanie zmodyfikowanego modelu matematycznego PIEC do oceny wpływu technik spalania na parametry układu pieca obrotowego**

(19 s., 9 rys., 7 tab., bibl. poz. 17); maszyn.: ICiMB Oddział IPMB, Opole

Celem realizacji tematu było rozszerzenie obecnie stosowanego algorytmu obliczeniowego układu wypalania klinkieru o model symulacyjny wykorzystania entalpii gazów odlotowych do produkcji energii elektrycznej. Poprawność opracowanego modelu matematycznego zweryfikowano, porównując wyniki obliczeń z dostępnymi danymi literaturowymi. Po pozytywnej weryfikacji kodu obliczeniowego przeprowadzono symulację konwersji entalpii gazów odlotowych do energii elektrycznej przy wykorzystaniu układu ORC. Obliczenia energetycznego wykorzystania ciepła odpadowego przeprowadzono dla układu wypalania klinkieru metody suchej o wydajności 8000 t/dobę. W analizowanym układzie można wykorzystać ciepło odpadowe powietrza nadmiarowego chłodnika. Przeprowadzone obliczenia wykazały, iż sprawność termiczna układu wynosi 20,6%, a moc elektryczna brutto turbiny zasilanej czynnikiem organicznym wynosi 4,66 MW.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz, w warunkach krajowego przemysłu cementowego istnieje 8 linii technologicznych, w których można efektywnie wykorzystać ciepło odpadowe z gazów odlotowych i/lub powietrza nadmiarowego chłodnika klinkieru. Dla analizowanych instalacji wypalania klinkieru moc turbozespołów wynosi od 1,4 do 5,9 MWel. Łączna moc kształtuje się na poziomie 31 MWel. Natomiast roczna produkcja energii elektrycznej wynosi potencjalnie 198 GWh.

\*

T e m a t: 4N006S13

FRANCISZEK SŁADECZEK

### **Badania zanieczyszczeń organicznych w pyłach PM10 i PM2,5 z procesów przemysłowych**

(31 s., 21 rys., 2 tab., 2 zał., bibl. poz. 6); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy była ocena wielkości emisji pyłowej w zakresie najdrobniejszych frakcji, tj. PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> (wielkości ziaren poniżej 10 oraz 2,5 μm) pod kątem zanieczyszczeń organicznych, jakie wprowadzane są z tymi pyłami do atmosfery (trwale związki organiczne – TZO). Do analiz zanieczyszczeń organicznych wytypowano 9 próbek, sześć z pieców cementowych, dwie z pieców wapienniczych i jedną z ceramicznego pieca tunelowego. Tylko dwie próbki z cementowni C1 oraz C2/1 uznano ewidentnie jako PM<sub>2,5</sub>. W kolejnych próbkach C2/2, C3, W1 oraz W2 nie udało się wyraźnie uzyskać różnicy między frakcjami 10 i 2,5 μm, zatem przyjęto próbki oznaczone PM<sub>2,5</sub> (ryc. 9, 11, 13, 15) jako PM<sub>10</sub>. Analiza zanieczyszczeń TOC na wybranych pyłach przemysłowych potwierdziła ich obecność we frakcjach PM<sub>10</sub> oraz PM<sub>2,5</sub>. Jednak określenie ich rzeczywistej wielkości wymaga jeszcze znacznie większej liczby zarówno próbek, jak i analiz.

Z tych wstępnych badań wynika, że pomiar emisji TOC jedynie w formie gazowej nie odzwierciedla całkowitej ilości tego związku uwalnianego do powietrza. O tym, czy zanieczyszczenie TOC na pyłach ma znaczący wpływ na emisję całkowitą decydują zarówno wielkość emisji pyłowej, jak i koncentracja TOC. Analizy stężeń PCB wykazały, że wszystkie próbki mają wynik poniżej zakresu metody wynoszącej 20 mg/kg s.m. Nie oznacza to jednak braku tego zanieczyszczenia na pyłach przemysłowych. Z dotychczasowych badań emisyjnych wynika, że stężenia tego związku powinny być na podobnym poziomie jak dioksyn, czyli rzędu ng/próbkę. Zatem poziom PCB mogą oznaczać tylko laboratoria akredytowane w zakresie analizy dioksyn.

\*

T e m a t: 4N007S13

LUCYNA JANECKA, WOJCIECH KALINOWSKI, EWA GŁODEK

### **Opracowanie metodyki obliczeń obiegu składników lotnych dla zmiennych warunków technologicznych pieca obrotowego**

(34 s., 7 rys., 19 tab., bibl. poz. 14); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Przedmiotem pracy było opracowanie programu obliczeń pozwalającego na określenie wielkości bypassa oraz dokonywanie ocen wpływu zmian jakości stosowanych paliw, surowców na obieg składników lotnych. Program obliczeniowy bilansu składników lotnych jest zintegrowany z programem PIEC, umożliwiającym wykonywanie obliczeń bilansu materiałowo-cieplnego linii wypalania klinkieru. Opracowany model bazuje na rachunkowej metodzie Ritzmanna, Webera i Krefta, którą rozwinięto dla potrzeb bilansu instalacji oraz bilansu strefowego. W obliczeniach wykorzystuje się wyniki pomiarów technologicznych, wyniki analiz własności fizykochemicznych surowców, produktów pośrednich procesu wypalania, klinkieru oraz paliw zebranych z rzeczywistych linii produkcyjnych.

Umożliwia to dokonanie obliczeń bilansu składników lotnych dla różnych technologii wypalania klinkieru i różnych warunków pracy układów technologicznych. Program umożliwia prognozowanie skutków technologicznych, wynikających z planowanych zmian stosowanych surowców i paliw, w tym zwłaszcza ze zmiennego udziału paliw alternatywnych w procesie ich współspalania z paliwami konwencjonalnymi.

\*

T e m a t: 4N009S13

KRYSTYNA RAJCZYK, ELŻBIETA GIERGICZNY,  
KARINA PŁACHETKA, MAREK SZOTA

### **Aktywacja popiołów lotnych odpadami wysokoalkalicznymi**

(63 s., 71 rys., 11 tab., bibl. poz. 22); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Realizowany temat dotyczył badań związanych z modyfikacją właściwości popiołów lotnych do opracowania nowego wysokiej jakości produktu, a w ślad za tym poszerzenie zakresu wykorzystania popiołów. Badaniami objęte zostały popioły lotne konwencjonalne ze spalania węgla kamiennego i brunatnego, popioły lotne z procesów współspalania biomasy oraz popioły fluidalne. W wyniku przeprowadzonych badań ustalono, że alkaliczna aktywacja popiołów lotnych jest procesem chemicznym, który prowadzi do przekształcenia amorficznej, szklistej fazy glinokrzemianowej popiołów w geopolimerową strukturę, trudną do zdefiniowania, gdyż utworzone związki wykazują charakter zarówno krystaliczny, półkrystaliczny, jak i amorficzny. W wyniku alkalicznej aktywacji badanych popiołów w warunkach niskoprężnego naparzenia uzyskano materiał o charakterze stwardniałego cementu geopolimerowego, który charakteryzuje się wysoką wytrzymałością. Spoiwo wykazuje duże skłonności do immobilizacji metali ciężkich, co jest związane z właściwościami struktury geopolimerowej i zeolitowej.

\*

T e m a t: 4N010S13

GRZEGORZ ROLKA, MAREK SZOTA

### **Wpływ metody, przygotowania i przechowywania próbek na ocenę aktywności pucolanowej i hydraulicznej popiołów lotnych**

(13 s., 4 rys., 4 tab., bibl. poz. 7); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było zbadanie wpływu metody przygotowania i przechowywania próbek na aktywność pucolanową i hydrauliczną popiołów lotnych stosowanych do mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym. W tym celu laboratorium zostało wyposażone w automatyczny aparat Proctora oraz suszarkę laboratoryjną. Wykonano szereg badań aktywności pucolanowej i hydraulicznej według róż-

nicowanych procedur badawczych. Prace obejmowały następujące zagadnienia: dobór odpowiedniej konsystencji mieszanki, w przypadku popiołów krzemionkowych określenie optymalnej ilości wapna dodawanego do mieszanki, sposób zagęszczenia i formowania prób oraz warunków przechowywania. Analiza wyników pozwoliła ocenić wybrane metody badawcze pod kątem wykorzystania w laboratorium. Materiałami wyjściowymi użytymi do przygotowania mieszanek spoiwowych, stanowiących przedmiot badań, były: popiół lotny wapienny ze spalania węgla oraz konwencjonalny popiół lotny z węgla kamiennego.

\*

T e m a t: 4N011S13

JUSTYNA KUTERASIŃSKA, ELŻBIETA GIERGICZNY,  
KARINA PŁACHETKA, EWELINA ŚLĘZAK, GRZEGORZ ROLKA

### **Spoiwa hydrauliczne otrzymywane w wyniku alkalicznej aktywacji żużła pomiedziowego**

(30 s., 12 rys., 16 tab., bibl. poz. 16); maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie rodziny spoiw hydraulicznych, których podstawowym składnikiem był zmielony, granulowany oraz szybowy żużel pomiedziowy, stanowiący odpad przemysłowy powstający w KGHM. Do aktywacji żużła użyto sodowego szkła wodnego o zmiennym stosunku molowym  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  (o różnych wartościach modułu krzemianowego). Zakres pracy obejmował: studium literaturowe, uzyskanie i zmagazynowanie odpowiednio dużej partii żużła pomiedziowego, przygotowanie próbek żużła o określonej powierzchni właściwej, oznaczenie promieniotwórczości naturalnej żużła pomiedziowego, określenie wymywalności metali ciężkich roztworami o różnym pH, oznaczenie składu chemicznego oraz składu fazowego i aktywności żużła pomiedziowego, określenie mielności żużła pomiedziowego (wskaźnik Bonda), wstępne badania wpływu rozdrobnienia żużła pomiedziowego aktywowanego sodowym szkłem wodnym o różnych modułach krzemianowych na kształtowanie się właściwości aktywowanych spoiw żużlowych, opracowanie wyników badań.

\*

T e m a t: 4N015S13

DARIA GAŚSIOR

### **Badanie zawartości substancji ropopochodnych w glebie oraz powierzchniowo spływających wodach deszczowych i roztopowych z utwardzonych powierzchni w pobliżu wybranych stacji paliw**

(31 s., 9 rys., 7 tab., bibl. poz. 26); maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było przeprowadzenie badania zawartości substancji ropopochodnych w glebie oraz powierzchniowo spływających wodach deszczowych i roz-

topowych z utwardzonych powierzchni w pobliżu wybranych stacji dystrybucji paliw.

Program badawczy objął: pobór próbek gleb, wód podziemnych oraz opadowych z terenów stacji dystrybucji paliw zlokalizowanych w mieście Opolu (ok. 20 próbek pobieranych w odstępach comiesięcznych), badanie pobranych próbek w zakresie oznaczania odczynu pH, przewodności elektrycznej właściwej oraz węglowodorów ropopochodnych, analizę otrzymanych wyników badań celem przyporządkowania badanych wód podziemnych do odpowiedniej klasy czystości wód, zgodnie z obowiązującymi dokumentami prawnymi, ocenę stopnia degradacji gleby na obszarze o wysokim ryzyku skażenia produktami naftowymi, określenie stopnia zanieczyszczenia środowiska wodnego, w tym sieci wód podziemnych oraz opadowych, produktami naftowymi na terenie stacji paliwowych w wysoce zurbanizowanym obszarze miejskim.

Analiza otrzymanych wyników wykazała, że na terenie wybranych stacji dystrybucji paliw występuje bardzo duże zanieczyszczenie wód gruntowych substancjami ropopochodnymi. Skala zanieczyszczeń wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych badań monitorujących stan wód, zwłaszcza w odniesieniu do wód podziemnych. Z kolei stan wód opadowych, obecnych na stacjach objętych monitoringiem, wykazuje ogólnie dobry stan chemiczny. Nie odnotowano przekroczeń najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń, których granice zawarte zostały w rozporządzeniu.

\*

T e m a t: 4N016S13

GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI, ALFRED NOLEPA,  
KATARZYNA KIPRIAN, PRZEMYSŁAW ŁACH

### **Opracowanie metody stabilizacji tlenowej odpadów komunalnych w bioreaktorach**

(18 s., 13 rys., 2 tab.); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie koncepcji bioreaktora umożliwiającego efektywną stabilizację tlenową odpadów komunalnych, uwzględniającą wymagania BAT oraz wymagania procesowe prawodawstwa polskiego, jak również możliwość wykorzystania ciepła powstałego w trakcie procesu tlenowej stabilizacji odpadów.

W ramach realizacji pracy opracowana została koncepcja budowy bioreaktora opartego o zamykany kontener hakowo-rolkowy o wymiarach zewnętrznych 7 m × 2,8 m × 2,8 m (długość, szerokość, wysokość). Przewidziano zaizolowanie wszystkich jego ścian oraz wieka i podłogi 10 cm warstwą wełny mineralnej. Dla prawidłowego przebiegu procesu tlenowej stabilizacji oraz uzyskania maksymalnego rozkładu frakcji organicznej konieczne jest właściwe nawilżanie

wsadu. W tym celu w otwieranym wieku bioreaktora, pomiędzy izolacją, przewidziano do zabudowy system rurowego rozprowadzania wody do zraszaczy. Ze względu na to, że instalacje do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych są nowością na rynku polskim, brak jest doświadczenia w ich eksploatacji i niewiele jest wyników badań potwierdzających jakość procesów przetwarzania w tych instalacjach. Realizacja niniejszego tematu i budowa bioreaktora pozwoli na prowadzenie badań i optymalizację procesów biologicznego przetwarzania. Samo opracowanie bioreaktora będzie podstawą do ochrony patentowej jego konstrukcji.

\*

T e m a t: 4N017S13

WOJCIECH KALINOWSKI

### **Suszenie lekkich frakcji materiałów kawałkowych w złożu fluidalnym**

(56 s., 6 rys., 20 tab., 3 zał., bibl. poz. 11); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Przedmiotem pracy badawczej było opracowanie efektywnego sposobu suszenia lekkich materiałów kawałkowych, typu paliwo alternatywne z wykorzystaniem złoża fluidalnego. Jak wykazały prace poprzedniego etapu, podczas suszenia wilgotnych paliw alternatywnych w wymienniku bezprzeponowym przy temperaturach gazów ok. 200°C obserwowano unos lekkich frakcji paliw z suszarni oraz emisję związków lotnych VOC, której głównym składnikiem są węglowodory grupy C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Dla ustalenia źródeł ich pochodzenia oraz określenia warunków prowadzenia procesu suszenia (warunki termiczne, warunki tlenowe, atmosfera gazowa) przy minimalizacji emisji zanieczyszczeń wymagane były dalsze badania.

Wyniki pomiarów były podstawą określenia parametrów procesu oraz wartości wskaźników, charakteryzujących intensywność procesów wymiany ciepła i masy w złożu fluidalnym. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń ustalono podstawowe parametry pracy modelowej suszarni: wydajności, stopnia ubytku wilgoci, zapotrzebowania ciepła w funkcji parametrów technologicznych. Wyniki symulacji procesu wskazują na bardzo wysoką efektywność procesu wymiany ciepła pomiędzy gazami grzewczymi a materiałem suszonym. Wartości współczynników wnikania masy, obliczone z danych eksperymentalnych, oraz wskaźniki charakteryzujące proces wymiany masy leżą w obszarze niskich wartości. Trzeba także zauważyć, że obliczeniowe wskaźniki są odniesione do przekroju czynnego modelu, więc wartości rzeczywiste odniesione do powierzchni rusztu będą o ok. 50% wyższe. Nie zmienia to jednak ogólnej oceny efektywności procesu. W związku z dużym zróżnicowaniem własności składników paliw alternatywnych (rodzaj materiału, gęstość właściwa, granulacja) stosowanie techniki fluidyzacji złoża może mieć ograniczone zastosowanie.



\*

T e m a t: 4N018S13

WŁODZIMIERZ PAPROTNY, LUCYNA JANECKA,  
WOJCIECH KALINOWSKI

**Modernizacja kształtu drążeń typoszeregu pustaków ceramicznych dla podwyższenia izolacyjności cieplnej**

(24 s., 23 rys., 3 tab., bibl. poz. 5); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem realizowanego tematu było opracowanie projektu pustaków z grupy produkowanych typoszeregów optymalnie drążonych pod kątem podwyższenia ich izolacyjności cieplnej. W ramach realizacji projektu przewidywano: opracowanie programu obliczeniowego i wykonanie oceny wpływu rodzaju i liczby drążeń na izolacyjność cieplną pustaków ceramicznych, optymalizację drążeń wytypowanych pustaków, powszechnie stosowanych w budownictwie pod kątem uzyskania największej izolacyjności, opracowanie projektu nowej konstrukcji pustaków ceramicznych.

Istnieją techniczne przeszkody, które ograniczają dowolność przy projektowaniu i produkcji pustaków ceramicznych. Przeprowadzona w zakładzie produkcji ceramiki budowlanej próba cięcia pasma w kierunku poprzecznym do drążeń dała wynik negatywny. Pasma masy po prasie próżniowej wykazało deformacje czerepu. Zrezygnowano w związku z tym z dalszych prób przemysłowych, zadania projektowe skoncentrowano na optymalizacji układu drążeń, wykorzystując w tym celu opracowany program obliczeniowy. Parametry cieplne pustaków ceramicznych uzależnione są od grubości szczelin powietrznych, ich kształtu oraz grubości ścianek wewnętrznych i zewnętrznych. Wyniki symulacji wskazują, że zmniejszenie grubości szczelin i ich wydłużenie mają większy wpływ na współczynnik przewodzenia ciepła niż grubość ścianek wewnętrznych pustaka.

\*

T e m a t: 4N021S13

MACIEJ CEKUS

**Analiza metod inwentycznych rozwoju innowacyjności instytutów badawczych i ich wpływ na rozwój innowacyjności w przemyśle**

(18 s., 7 rys., bibl. poz. 11); maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Praca badawcza objęła przeprowadzenie analizy metod poszukiwania twórczych rozwiązań problemów i wybór odpowiedniej metody. Celem było przeprowadzenie badania w przemyśle cementowym, opracowanie wyników, odnalezienie obszarów działania dla wdrożeń innowacyjnych w tym przemyśle w powiązaniu z jednostkami badawczymi. Opracowanie umożliwiło ustalenie kluczowych ele-

mentów, które w istotny sposób wpływają na rozwijanie i inicjowanie procesów sprzyjających innowacjom w instytutach badawczych. T e m a t: 4N019S13

Zespół IPMB: STANISŁAW MATEUSZUK, WŁODZIMIERZ PAPROTNY, MARIUSZ RZĄSA, ZBIGNIEW ADAMCZYK, PATRYK WEISSER

Zespół Centrali ICiMB: DANUTA CHMIELEWSKA, ROMAN GEBEL, BARBARA SYNOWIEC

**Uruchomienie prototypu laboratoryjnego drukarki atramentowej do zdo-  
bienia digitalnego płytek ceramicznych ściennych i podłogowych**

(32 s., 24 rys., 2 tab., bibl. poz. 14); maszyn.: Oddział IPMB–Centrala ICiMB, Opole–Warszawa

Praca była kontynuacją tematu z 2012 r. Liczne problemy, które się wtedy pojawiły, zostały przeanalizowane i wyciągnięto wnioski. Przeanalizowano dokładnie literaturę pod kątem badań podstawowych właściwości atramentów przewodzących prąd elektryczny dla technologii InK-Jet oraz zostały określone parametry i wymagania, co do wielkości kropeł nanoszonych na elementy ceramiczne, średnicy dyszy wylotowej głowicy drukarki oraz lepkości atramentu pigmentowego. Przeprowadzone eksperymenty zadruku płytek ceramicznych drukarką HP340C oraz Epson Stylus Kolor potwierdziły, że można zbudować prototyp drukarki drukującej atramentem pigmentowym opracowanym w Zakładzie Środków Zdobniczych ICiMB w Warszawie.