

---

***PRACE***

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

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

---

**Nr 13**

ISSN 1899-3230

**Rok VI**

**Warszawa–Opole 2013**

---

**Teksty publikowane w „Pracach Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” poddawane są procedurze recenzyjnej**

Na okładce zdjęcie z artykułu Michała Stachów

„Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” ukazują się w wersji papierowej i elektronicznej (<http://icimb.pl/opole/wydawnictwa>).  
Wersją pierwotną jest wersja papierowa

Opracowanie redakcyjne: Maria Szwed, Janina Drozdowska



Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole, ul. Piastowska 17, tel. 77 4540 123  
e-mail: [wydawnictwo@is.opole.pl](mailto:wydawnictwo@is.opole.pl)  
Nakład: 130 egz. Objętość: 5,50 ark. wyd., 6,75 ark. druk.

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

T e m a t: 4N002S12

JAN KOŚCIANOWSKI, FRANCISZEK ŚLADECZEK,  
PAWEŁ SKOTNICKI

#### **Opracowanie metod poboru prób związanych z oznaczeniami emisji zanieczyszczeń organicznych do powietrza objętych raportowaniem PRTR**

(45 s., 13 tab., 14 rys., bibl. poz. 8), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

W pracy podjęto próbę opracowania metodyk poboru substancji organicznych, takich jak antracen, benzen, naftalen, di ftalan (DEHP), PCB PCDD/DF, WWA, NMVOC celem oznaczenia ich stężeń w fazie emisji. Laboratorium Pomiarów Przemysłowych i Środowiska jest przygotowane do pobierania omawianych w pracy zanieczyszczeń organicznych zarówno pod względem merytorycznym, jak i technicznym. W chwili obecnej z omówionej w pracy grupy zanieczyszczeń zainteresowaniem cieszy się jedynie pobór i określanie emisji PCDD/F oraz PCB, ale wynika to z innych uwarunkowań prawnych i nie jest związane z raportowaniem PRTR. Na pobór i określanie emisji PCDD/F oraz PCB Laboratorium uzyskało akredytację i prowadzi te oznaczenia jako pomiary rutynowe.

\*

T e m a t: 4N003S12

EWA GŁODEK, FRANCISZEK ŚLADECZEK, STANISŁAW MATEUSZUK,  
WOJECIECH KALINOWSKI

#### **Ocena wpływu różnych technik wypalania na parametry układu pieca obrotowego przy zastosowaniu zmodyfikowanego modelu matematycznego PIEC**

(56 s., 3 tab., 3 rys., 2 zał., bibl. poz. 3), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Praca polegała na określeniu korzyści termodynamicznych i ekologicznych związanych z zastosowaniem różnych warunków spalania w układzie pieca obrotowego. Efektem końcowym pracy było opracowanie modelu matematycznego, który zawierał zestaw odpowiednich zależności podanych w postaci analitycznej oraz algorytm pozwalający na wyznaczanie przy jego pomocy wielkości poszu-

kiwanych. Poprawność opracowanego modelu matematycznego zweryfikowana została na podstawie porównania wyników obliczeń z dostępnymi danymi pomiarowymi. Po pozytywnej weryfikacji kodu obliczeniowego przeprowadzono symulację pracy układu wypalania klinkieru przy zwiększonym udziale paliw alternatywnych. Opracowany model umożliwia symulację pracy układu wypalania klinkieru w zmiennych warunkach, jak również jest dobrym narzędziem inżynierskim umożliwiającym ocenę pracy instalacji w warunkach rzeczywistych. Model matematyczny układu należałoby rozbudować o modele cząstkowe składowych układu (chłodnika rusztowego, pieca obrotowego, cyklonowego wymiennika ciepła/prekalcynatora), a także opracować model wykorzystania entalpii gazów odlotowych do produkcji energii elektrycznej.

\*

T e m a t: 4N004S12

FRANCISZEK SŁADECZEK, EWA GŁODEK, LUCYNA JANECKA

**Badanie obiegów metali lotnych (Hg, Cd, Tl) w piecu cementowym pod kątem obniżenia emisji do powietrza**

(27 s., 13 tab., 7 rys., bibl. poz. 18), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było określenie zachowania się lotnych metali (Hg, Tl, Cd) w układzie wypalania klinkieru cementowego. W ramach realizowanej pracy przeprowadzono rozpoznanie literaturowe, badania laboratoryjne lotności pierwotnej Hg, Tl i Cd w surowcach stosowanych w procesie, badanie identyfikacyjne w zakresie poziomu lotnych metali oraz obiegu metali lotnych w procesie produkcji klinkieru w dwóch wytypowanych instalacjach pieca obrotowego. W oparciu o przeprowadzone badania stwierdzono, że lotne metale Hg, Tl i Cd w instalacji wypalania klinkieru prawie całkowicie odparowują w obrębie wymiennika cyklonowego. Odparowanie rtęci nastąpiło już w temperaturze ok. 150°C, talu powyżej 350°C, a kadmu powyżej 800°C. Bilanse metali lotnych wykonane dla dwóch różnych instalacji wypalania klinkieru wykazały różnice w obiegu badanych metali wynikające z rodzaju instalacji i stosowanej technologii. Wykazały to wyraźnie bilanse rzeczywiste. W realizowanej pracy napotkano na duże trudności analityczne w oznaczaniu stężenia metali lotnych. Pomiar świadczą o tym, że dla prawidłowej analizy obiegu metali lotnych konieczne byłoby zwielokrotnienie zarówno badań analitycznych, jak i testów na obiektach w zróżnicowanych warunkach technologicznych. Dopracować należałoby także model bilansowania obiegu metali. Praca wymaga kontynuacji.

\*

T e m a t: 4N008S12

WOJCIECH KALINOWSKI, ADAM WERSZLER,  
RYSZARD SUCHODOLSKI

**Badania procesu suszenia wilgotnych materiałów kawałkowych z wykorzystaniem złoża fluidalnego**

(33 s., 22 tab., 4 rys., 2 zał., bibl. poz. 10), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy były badania zanieczyszczeń gazowych emitowanych z procesu suszenia wilgotnych paliw alternatywnych dla założonych stanów technologicznych procesu oraz ocena efektywności energetycznej procesu suszenia. Dla potrzeb badań suszenia wilgotnych materiałów typu paliwa alternatywnego dokonano adaptacji stanowiska badawczego.

Zakres prac obejmował:

- przegląd instalacji doświadczalnej przepływowej,
- wykonanie uszczelnienia instalacji gazowej,
- wykonanie instalacji doprowadzenia gazów suszących do komór podruszowych,
- modernizację układu podawania paliwa do suszenia,
- zmianę źródła ciepła z paleniska kotła WB-5 na wytwornice ciepła,
- zaizolowanie kanałów doprowadzających medium grzewcze do stanowiska.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że podczas bezpośredniego kontaktu medium grzewczego z paliwami alternatywnymi obserwuje się zwiększenie emisji zanieczyszczeń gazowych. W gazach odlotowych z suszarni fluidalnej pojawiła się zwiększona koncentracja węglowodorów  $C_nH_{2n+2}$ , zwłaszcza heksanu  $C_6H_{14}$ . Dla ustalenia źródeł ich pochodzenia oraz określenia warunków prowadzenia procesu suszenia przy minimalizacji zanieczyszczeń wymagane są dalsze badania.

Występujące rozbieżności wartości współczynników wymiany ciepła i współczynników wymiany masy mogą wskazywać na konieczność modyfikacji modelu procesu właściwego dla suszenia materiałów ziarnistych w złożu fluidalnym. Wydaje się celowym zebranie większej ilości materiału doświadczalnego do opisu procesu suszenia. Dla zwiększenia możliwości badawczych modelowej suszarni fluidalnej i zwiększenia zakresu zmienności granulacji materiału wilgotnego, proponuje się modyfikację kształtu komory procesowej.

\*

T e m a t: 4N009S12

EWELINA ŚLĘZAK, ELŻBIETA GIERGICZNY

**Wdrażanie metod badawczych dla ilościowego oznaczania składników cementów powszechnego użytku**

(21 s., 1 tab., 10 zał., bibl. poz. 7), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie i wdrożenie procedury badawczej ilościowego oznaczania składników cementu w oparciu o metodę selektywnego rozpuszczania opisaną w CEN/TR 196-4: 2007. W poszczególnych etapach pracy przeanalizowano i przygotowano procedurę badawczą, dokonano zakupu odpowiedniego sprzętu oraz odczynników chemicznych, uruchomiono stanowiska badawcze, wykonano szereg badań wybranych cementów oraz przeprowadzono międzylaboratoryjne badania porównawcze. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono odchylenia standardowe powtarzalności i odtwarzalności. Otrzymane wyniki ilościowego oznaczania składników cementu, porównanie ich z wynikami otrzymanymi w innym laboratorium oraz obliczone odchylenia standardowe powtarzalności i odtwarzalności wskazują na prawidłowe wykonywanie tych oznaczeń. Zakład Inżynierii Materiałowej ICiMB Oddział w Opolu wystąpi do Polskiego Centrum Akredytacji o wprowadzenie na najbliższym audycie ilościowego oznaczania składników w cemencie do zakresu akredytacji.

\*

T e m a t: 4N010S12

KRYSTYNA RAJCZYK, GRZEGORZ ROLKA, MAREK SZOTA, ELŻBIETA GIERGICZNY, ANNA JAROCKA

**Waloryzacja popiołów wapniowych pochodzących ze spalania węgla brunatnego w kierunku wykorzystania ich do produkcji innowacyjnych spoiw drogowych**

(36 s., 13 tab., 24 rys., bibl. poz. 7), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy były badania dotyczące możliwości waloryzacji popiołów wapniowych ze spalania węgla brunatnego do wykorzystania ich w budownictwie drogowym. W pracy omówiono możliwości zastosowania popiołu lotnego jako składnika drogowych spoiw hydraulicznych i mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym w świetle wymagań nowych norm europejskich. Przeprowadzono próbę uszlachetniania popiołu wapniowego poprzez odseparowanie frakcji węglowych i domieszanie odpowiedniej ilości konwencjonalnego popiołu krzemionkowego. Zostały także zbadane właściwości hydrauliczne i pucolanowe opracowanych popiołów.

\*

T e m a t: 4N011S12

KRYSTYNA RAJCZYK, ELŻBIETA GIERGICZNY, KARINA PŁACHETKA,  
GRZEGORZ ROLKA

**Badanie zawartości rtęci w próbkach stałych i ciekłych ze szczególnym zwróceniem uwagi na akumulację rtęci w popiołach lotnych ze spalania węgla**

(34 s., 5 tab., 22 rys., 3 zał., bibl. poz. 8), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było badanie zawartości rtęci w próbkach stałych i ciekłych. Zakres pracy obejmował:

- rozpoznanie dotyczące stanu wiedzy w zakresie emisji rtęci do środowiska w procesie spalania węgla,
- możliwości redukcji emisji rtęci ze spalania węgla w energetyce zawodowej oraz akumulacja rtęci w popiołach lotnych w świetle danych literaturowych,
- wykorzystanie metody ASA do pomiaru zawartości rtęci w próbkach stałych i ciekłych,
- badania zawartości rtęci w popiołach lotnych ze spalania węgla kamiennego i węgla brunatnego oraz z procesów współspalania.

Oznaczenie stężenia rtęci w wodach zostało wykonane poprzez zastosowanie techniki zimnych par, polegającej na tym, że rtęć, która obecna jest w roztworze w postaci jonowej redukuje się do postaci elementarnej. Wyznaczono także granicę wykrywalności oraz oznaczalności stężenia rtęci. Oznaczenie rtęci w próbkach stałych, tj. w popiołach lotnych, wykonano przez zastosowanie aparatu AMA 254, który pozwolił na oznaczenie śladowych ilości tego pierwiastka. Uzyskane wyniki mogą świadczyć o tym, że popioły lotne ze spalania węgla brunatnego zawierają większe ilości rtęci niż popioły ze spalania węgla kamiennego. Wyniki badań (metodą ASA) obecności związków rtęci w wodach stojących usytuowanych w pobliżu Elektrowni „Opole” wykazały, że zawartość rtęci jest poniżej zakresu oznaczalności.

\*

T e m a t: 4N012S12

KRYSTYNA RAJCZYK, MAREK SZOTA, ANNA JAROCKA,  
KARINA PŁACHETKA, GRZEGORZ ROLKA, EWELINA ŚLĘZAK

**Surowa glina jako tradycyjny materiał przyszłości dla naturalnego i energooszczędnego budownictwa – ETAP I „Rozpoznanie dotyczące stanu budownictwa z gliny surowej”**

(36 s., 37 rys., 3 zał., bibl. poz. 7), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

W pracy przedstawiono aktualne światowe trendy w zastosowaniu naturalnych, ekologicznych materiałów budowlanych oraz zarys rozwoju budownictwa naturalnego w kraju z wykorzystaniem jako materiału budowlanego niewypalanej gliny. Omówiono zagadnienia dotyczące normalizacji i kontroli jakości surowca, wyrobów budowlanych z surowej gliny oraz technik budowlanych opartych na zastosowaniu tego materiału. Jednym z efektów realizacji pracy będzie opracowanie projektu mającego na celu propagowanie ekologicznego i energooszczędnego budownictwa z surowej gliny na Opolszczyźnie oraz transferu wiedzy i innowacji w tym zakresie.

\*

T e m a t: 4N014S12

ALFRED NOLEPA, GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI

**Techniczne możliwości odzysku lub unieszkodliwiania odpadów po ich mechaniczno-biologicznym przetworzeniu**

(47 s., 3 tab., 23 rys., bibl. poz. 19), maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było przeprowadzenie analizy technologii przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych, odpadów pozostałych po selektywnym zbieraniu frakcji przeznaczonej do: odzysku (frakcji energetycznej lub materiałowej) i ich unieszkodliwiania (termicznego lub poprzez deponowanie na składowisku). Zakres tematu objął:

- studium literaturowe,
- analizę metod stabilizacji,
- analizę możliwości odzysku i unieszkodliwiania odpadu po mechaniczno-biologicznym przetworzeniu,
- analizę efektywności różnych technologii mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów.

\*

T e m a t: 4N015S12

PRZEMYSŁAW ŁACH, KATARZYNA KIPRIAN, ROKSANA KOSACKA

**Opracowanie metod poboru próbek gleby z uwzględnieniem dyrektywy 2010/75/UE**

(57 s., 13 tab., 23 rys., bibl. poz. 30), maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie metod poboru próbek gleby. W pracy przeprowadzono przegląd literaturowy w aspekcie analizy aktów prawnych i norma-



tywów w celu określenia metod i technik wykonywania poboru próbek gleby, aby możliwe było spełnienie wymogów prawa krajowego w tym zakresie. Określono główne obowiązki operatorów instalacji z zakresu ochrony gleb w związku z wejściem w życie Dyrektywy 2010/75/UE (IED). Przedstawiono i opisano rodzaje zanieczyszczeń emitowanych przez różne gałęzie przemysłu. Przedstawiono podstawowe schematy sprzętu do poboru prób gleby. Opisano rodzaje stosowanych pojemników. Opracowana została także instrukcja poboru prób gleby zgodna z PN-ISO 10381-5: 2009.

\*

T e m a t: 4N016S12

JOANNA POLUSZYŃSKA, DARIA GAŚSIOR, AGNIESZKA SZEWCZYK,  
MACIEJ PACIORKOWSKI, EWELINA KILIAN

**Opracowanie metody oznaczania węglowodorów aromatycznych w próbkach pobranych na stanowiskach pracy przy wykorzystaniu chromatografii gazowej**

(27 s., 12 tab., 13 rys., bibl. poz. 7), maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie metody oznaczania wybranych węglowodorów aromatycznych, takich jak: benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny, kumen (izopropylbenzen), styren w próbkach pobranych na stanowiskach pracy, z wykorzystaniem chromatografii gazowej z detekcją jonizacji płomieniowej (GC-FID). Analizie poddano 26 próbek pobranych metodą pasywną w pomieszczeniach Laboratorium Pomiarów Przemysłowych i Środowiska (sekcja ds. środowiska), w pomieszczeniach warsztatu oraz 3 próbki wzbogacane i 3 próbki do wyznaczenia współczynników desorpcji. W wyniku realizacji tematu możliwe będzie wdrożenie do praktyki laboratoryjnej nowych metod analitycznych. Przewiduje się również rozwój badań związanych z problematyką zanieczyszczeń powietrza występujących na stanowiskach pracy.

\*

T e m a t: 4N017S12

MACIEJ PACIORKOWSKI, JOANNA POLUSZYŃSKA, DARIA GAŚSIOR,  
AGNIESZKA SZEWCZYK, EWELINA KILIAN

**Opracowanie i walidacja metody oznaczania parametru AT4 w odpadach**

(15 s., 13 tab., 6 rys., bibl. poz. 12), maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było opracowanie metod: poboru prób odpadów po mechaniczno-biologicznym przetworzeniu, oznaczenia parametru AT4 oraz walidacja otrzymanej metody. Opracowano instrukcję postępowania podczas oznaczania

parametru AT4 w próbkach odpadu. W instrukcji określono zakres czynności podczas przygotowania prób do badań oraz pomocniczych, takich jak nawilżenie materiału. Sporządzono kompletną procedurę PO-ZP-4 oznaczania parametru AT4 oraz metody obliczeń stosowane po pomiarze. Poprawność metody sprawdzono porównując otrzymane wyniki z wynikami dla tych samych próbek otrzymanymi w innym niezależnym laboratorium. W ostatnim etapie pracy przygotowano program walidacji do opracowanej metody. Z uwagi na charakter oznaczenia i specyficzne właściwości badanych materiałów nie było możliwe oznaczenie wszystkich parametrów walidacyjnych.

\*

T e m a t: 4N018S12

STANISŁAW MATEUSZUK, WOJCIECH KALINOWSKI,  
WŁODZIMIERZ PAPROTNY, MAREK RZĄSA,  
ZBIGNIEW ADAMCZYK, PATRYK WEISSER,  
DANUTA CHMIELEWSKA, BARBARA SYNOWIEC, ROMAN GEBEL

**Budowa prototypu laboratoryjnego drukarki atramentowej do zdobienia digitaalnego płytek ceramicznych ściennych i podłogowych**

(21 s., 2 tab., 20 rys., bibl. poz. 14), maszyn.: ICiMB, Oddział IPMB, Opole

W wyniku przeprowadzonych eksperymentów dokonano wyboru drukarki atramentowej do nanoszenia na płytki ceramiczne ściennie i podłogowe atramentu pigmentowego opracowanego w Zakładzie Środków Zdobniczych ICiMB w Warszawie. Wybrano do drukowania drukarkę firmy Hewlett-Packard o symbolu HP 940C. Drukarkę przerobiono w sposób mechaniczny, tak aby mogła drukować na płytkach ceramicznych o maksymalnych wymiarach 210 x 297 cm (format A4). Przeróbki dotyczyły układu podawania płytek pod głowice drukujące oraz układu sterowania poprzez wyłączenia niektórych czujników. Do wydruku wykorzystano oprogramowanie i sterowniki zaimplementowane dla niej przez producenta Hewlett-Packard. Podczas wstępnych zadruków atramentami pigmentowymi zauważono, że można drukować ok. 15–20 płytek bez zmian kolorystycznych zaimplementowanych rysunków. Wszystkie wydruki były realizowane z programu Microsoft Office Word 2003. Przeprowadzone eksperymenty zadruku płytek ceramicznych drukarką HP 940C potwierdziły, że można zbudować prototyp drukarki drukującej atramentem pigmentowym, opracowanym w Zakładzie Środków Zdobniczych ICiMB w Warszawie. Na podstawie wniosków z pierwszych zadrukowanych płytek sformułowano wytyczne do konstrukcji prototypu drukarki.

\*

T e m a t: 4N019S12

RYSZARD SUCHODOLSKI, ZBIGNIEW ADAMCZYK

**Opracowanie sposobu rozdrabniania próbek kompostu, wykonanie prototypu młynka do rozdrabniania kompostu powstałego z odpadów komunalnych**

(34 s., 1 tab., 2 rys., 1 zał.), maszyn.: ICI MB, Oddział IPMB, Opole

Celem pracy było wykonanie prototypu młynka do rozdrabniania kompostu. Prototyp urządzenia zaprezentowano po raz pierwszy na Międzynarodowych Targach Ochrony Środowiska POLEKO w Poznaniu w dniach 20–23 listopada 2012 r. Główne zalety wykonanego urządzenia to:

- lej zasypowy o pojemności ok. 50 l zamykany z zabezpieczeniem,
- kontener o pojemności 120 l odbierający rozdrobniony materiał,
- funkcja automatycznego nawrotu napędu w przypadku zatrzymania noży tnących,
- zabezpieczenie przeciążeniowe napędu rozdrabniacza,
- stabilna i trwała konstrukcja,
- zautomatyzowany serwis.

Zaprojektowane urządzenie dostosowane jest do przygotowywania próbek odpadów pod kątem badań AT4. Przeprowadzone próby wykazały pełną przydatność młynka do realizacji postawionego zadania, ponieważ uzyskany wymiar ziarna jest mniejszy od wymaganego (2 cm).