

---

***PRACE***

---

**Instytutu Szkła, Ceramiki  
Materiałów Ogniotrwałych  
i Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Glass, Ceramics  
Refractory and Construction Materials

---

**Nr 1**

ISSN 1899-3230

**Rok I**

**Warszawa–Opole 2008**

---

czliwość wypalania, skład fazowy) i na podstawie analizy wyników badań opracowano wytyczne technologii wytwarzania tych wyrobów w warunkach przemysłowych w PMO Komex, gdzie technologię wdrożono. Opracowane wyroby charakteryzują się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi i spełniają warunki pracy urządzeń cieplnych, eksploatowanych w odlewniach żeliwa, wykazując bardzo dobrą odporność na korozyjne oddziaływanie żelazistych żużli żeliwiakowych.

\* \* \*

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

T e m a t: 7/412/S/07

RAJCZYK KRYSZYNA, GIERGICZNY ELŻBIETA, SZOTA MAREK

**Opracowanie spoiw mineralnych na bazie przetworzonych odpadów kaolinowych**

(38 s., 2 tab., 35 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Inspiracją do podjęcia tematu były badania dotyczące możliwości uzyskania z krajowych złóż kaolinowych aktywnego dodatku pucolanowego do produkcji spoiw i zapraw. W wyniku badań ustalono warunki temperatury procesów dehydroksylacji kaolinitu i utworzenia amorficznej, aktywnej formy metakaolinu. Badano proces hydratacji i narastania wytrzymałości spoiw i betonu z dodatkiem metakaolinu.

W opracowaniu skoncentrowano się nad pozyskaniem materiałów odpadowych zawierających w składzie kaolinit lub inne składniki glin, które w wyniku termicznego przetwarzania mogą utworzyć aktywne dodatki mineralne, znajdujące zastosowanie jako składniki spoiw, cementu i betonu. Z przebadanych materiałów odpadowych szczególnie korzystne właściwości wykazują poddane procesowi waloryzacji odpady papiernicze oraz odpady opakowań z tektury. Odpady te, po przetworzeniu w procesie wysokotemperaturowym, charakteryzują się, obok innych składników, znaczną zawartością aktywnego wapna. Przewiduje się wykorzystanie ich do produkcji aktywnych spoiw.

\*

T e m a t: 7/415/S/07

GÓRALNA-WŁODARCZYK KATARZYNA, PŁACHETKA KARINA

**Wdrożenie metody oznaczenia metali ciężkich w laboratorium inżynierii materiałowej. Zakup i uruchomienie spektrometru absorpcji atomowej**

(52 s., 9 tab., 14 rys., 4 załącz., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Celem pracy było wdrożenie metody oznaczania metali ciężkich i uruchomienie spektrometru absorpcji atomowej SOLAAR M5.

W trybie emisyjnym uruchomiono oznaczenia alkaliów. Materiał odniesienia stanowiły wzorce, z których sporządzono krzywe kalibracyjne, i na ich podstawie dokonano analizy wybranych materiałów. Tryb emisyjny obejmował również sporządzenie wzorców i krzywych kalibracyjnych dla Na, K. Materiałem do badań były wody podziemne. Natomiast tryb absorpcyjny obejmował sporządzenie wzorców i krzywych wzorcowych dla 10 metali ciężkich: Cd, Cu, Pb, Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cr, TI. Porównano oznaczone składniki na obu aparatach: SOLAAR M5 i PERKIN ELMER.

W pracy scharakteryzowano też niezbędne przy kalibracji aparatu parametry:

- określenie granicy oznaczalności;
- określenie granicy wymywalności;
- wyznaczenie odchylenia standardowego;
- szacowanie niepewności pomiarów.

Wymienione parametry są nieodzowne w analizach fizykochemicznych do stwierdzenia zarówno poprawności uruchomionej aparatury, jak również metody używanej przy oznaczaniu poszczególnych metali ciężkich i pierwiastków śladowych.

\*

T e m a t: 7/753/S/07

JANECKA LUCYNA, WERYŃSKI BRONISŁAW, KALINOWSKI WOJCIECH

**Ocena możliwości wykorzystania odpadu przemysłowego – zużytego ścierniwa POLGRIT w przemyśle cementowym**

(31 s., 12 tab., 4 rys., bibliogr., 6 załącz.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

W przemyśle cementowym wykorzystywane są różnego rodzaju odpady przemysłowe, szczególnie z górnictwa, hutnictwa i energetyki, jako surowce do produkcji klinkieru oraz jako dodatek hydrauliczny lub pucolanowy w produkcji cementu.

Bardzo dobrym surowcem odpadowym, pozwalającym zastąpić klasyczny surowiec niski, a także dodatek do cementu jest żużel wielkopiecowy. Wobec deficytu żużli wielkopiecowych w pracy podjęto badania nad wykorzystaniem odpadu żużla pomiedziowego.

Zakres pracy obejmował zbadanie przydatności odpadu POLGRIT jako składnika zestawu surowcowego w produkcji klinkieru oraz jako dodatku pucolanowego w produkcji cementu. Przeprowadzono kompleksowe badania odpadu: składu ziarnowego, składu chemicznego, zawartości składników lotnych i metali ciężkich oraz składu fazowego i zawartości fazy szklistej. Wykonano normowe badania fizykochemiczne klinkieru oraz cementu. Wyniki obliczeń i badań przeprowadzone w ramach realizowanego tematu wykazały, że zarówno własności fizyczne odpadu POLGRIT, jak i skład chemiczny wskazują na możliwość wykorzystania odpadu jako składnika zestawu surowcowego w miejsce niskiego surowca naturalnego bądź też jako dodatku pucolanowego w procesie produkcji cementu portlandzkiego pucolanowego 32,5.

\*

T e m a t: 7/749/S/07

GŁODEK EWA, KALINOWSKI WOJCIECH, TREMBACZ JAROSŁAW

**Rozwój technik pozyskiwania nośników energii z odnawialnych źródeł do produkcji biogazu**

(51 s., 17 tab., 22 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Dążenie do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych skutkuje coraz większym zainteresowaniem odnawialnymi formami energii, w tym odzyskiwaniem i wykorzystaniem biogazu rolniczego.

W kraju są do zagospodarowania znaczne ilości biomasy, odpadów organicznych pochodzących z hodowli zwierząt oraz z procesów technologicznych stosowanych w rolnictwie i przemyśle spożywczym. Do produkcji biogazu można również wykorzystać specjalne uprawy roślin. Wykorzystanie biogazu z biogazowni rolniczych może stać się jedną z gałęzi krajowej energetyki rozproszonej. Biogaz fermentacyjny doskonale nadaje się do zasilania urządzeń energetycznych. W krajach Unii Europejskiej, np. w Niemczech, w ciągu ostatnich 15 lat powstało ok. 4000 biogazowni rolniczych oraz instalacji energetycznego wykorzystania biogazu. W Polsce natomiast funkcjonuje tylko jedna biogazownia rolnicza.

Mimo zainteresowania produkcją energii z biogazu, w polskim rolnictwie brakuje jednak wiedzy i technologii. W pracy przeprowadzono badania studialne dotyczące możliwości lokalnego wykorzystania biomasy, energetycznego wyko-

rzystania biogazu oraz określenia efektów ekonomicznych budowy biogazowni. Praca jest dwuetapowa.

W pierwszym etapie:

- dokonano przeglądu obecnie stosowanych technologii związanych z produkcją i wytwarzaniem biogazu;
- obliczono potencjał oraz określono możliwości wykorzystania biogazu na terenie województwa opolskiego;
- ustalono najkorzystniejsze z ekonomicznego punktu widzenia warianty pracy biogazowni (rodzaj zastosowanego substratu).

W drugim etapie pracy zostaną opracowane wytyczne projektowe dla linii produkcji biogazu dla określonego regionu.

\*

T e m a t: 7/750/S/07

KOŚCIANOWSKI JAN

**Opracowanie metody termicznej higienizacji osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków komunalnych przeznaczonych do utylizacji w piecach cementowych**

(36 s., 8 tab., 19 rys., bibliogr., 9 załącz); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

W pracy podjęto badania nad wykorzystaniem suszonych komunalnych osadów ściekowych jako paliwa alternatywnego do pieców do wypalania klinkieru cementowego. W ramach realizacji tematu przeprowadzono w jednym z zakładów przemysłu cementowego próbę przemysłowego współspalania osadów poprzedzoną pomiarami „zerowymi”, pozwalającymi oszacować wpływ współspalania osadów na emisję szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery. Sformułowano następujące wnioski:

- w wyniku termicznego suszenia odwodnionych mechanicznie komunalnych osadów ściekowych można otrzymać produkt całkowicie zhigienizowany, bezwonny, który może być wykorzystany jako paliwo;
- porównanie właściwości energetycznych węgla, paliw wytworzonych na bazie osadów ściekowych oraz suszonych osadów ściekowych pozwala stwierdzić, iż wartość opałowa badanych suszonych osadów ściekowych jest porównywalna z węglem brunatnym (15,4 MJ/kg).

Przemysłowa próba współspalania suszonych osadów ściekowych wykazała, że możliwa jest ich utylizacja w piecach obrotowych do wypalania klinkieru, z za-

chowaniem obowiązujących standardów emisji, pod warunkiem stosowania reguły, iż paliwa alternatywne o niższej wartości opałowej niż paliwo podstawowe podawane będą nie do strefy spalania, a do prekalcyntora (lepsze warunki zapłonu i spalania) wzbogacone innym wysokokalorycznym składnikiem (węgiel, guma odpadowa).

\*

T e m a t: 7/751/S/07

KALINOWSKI WOJCIECH, WERSZLER ADAM

**Zastosowanie pirolizy w procesie wypalania klinkieru. Opracowanie koncepcji technologicznej procesu porolizy i projekt stanowiska doświadczalnego**

(44 s., 11 tab., 15 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Zasadniczym celem tematu jest opracowanie sposobu zgazowania odpadów, w którym produkty rozkładu pirolitycznego będą nośnikami energii cieplnej do procesu wypalania klinkieru w suchej metodzie produkcji. Szczególnego znaczenia nabiera możliwość przetworzenia niestabilnych nośników energii, jakimi są paliwa utworzone z odpadów (zmienne własności fizykochemiczne odpadów: granulacja, skład chemiczny oraz kaloryczność), w paliwo gazowe o stabilnych własnościach, nadające się do palników pieców i kalcynatorów.

W II etapie:

- wykonano badania rozkładu pirolitycznego paliwa alternatywnego typu PASr w warunkach kontrolowanej obojętnej atmosfery;
- określono wpływ stopnia dekarbonizacji mąki surowcowej na intensywność procesu zgazowania palnych odpadów i jakość produktów stałych, gazowych i ciekłych powstałych w wyniku pirolizy;
- opracowano wytyczne projektowe stanowiska doświadczalnego;
- wykonano dokumentację, w fazie projektu wstępnego, adaptacji modelowego wymiennika cyklonowego na potrzeby przepływowego reaktora pirolizy.

Przeprowadzone badania wykazały, że w wyniku pirolizy palnych odpadów można uzyskać pełnowartościowe nośniki energii o korzystnych parametrach technologicznych.

\*

T e m a t: 7/752/S/07

TREMBACZ JAROSŁAW, KALINOWSKI WOJCIECH

**Wpływ współspalania węgla i paliwa z odpadów na proces wypalania klinkieru i emisję gazową**

(68 s., 10 tab., 30 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

W określeniu wpływu składu chemicznego paliw z odpadów na emisję zanieczyszczeń gazowych szczególnie analizowano współspalanie pyłu węglowego i opon samochodowych oraz paliw z odpadów: PASr i PASi, a także granulatu gumowego na emisję CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> w gazach za cyklonowym wymiennikiem ciepła. Analizę wyników obliczeń wykonano za pomocą zmodyfikowanego programu PIEC. W pracy przedstawiono charakterystykę paliw z odpadów oraz wyniki obliczeń symulacyjnych. Przedstawiono wpływ rodzaju paliw, ich udziału masowego i strumienia masowego przy współspalaniu w mieszaninie z pyłem węglowym w palniku głównym, na wielkość strumienia gazów odlotowych i emisję CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>.

Wyniki obliczeń współspalania pyłu węglowego i paliw z odpadów porównano z wynikami spalania tylko pyłu węglowego. Stwierdzono, że zastosowanie analizowanych paliw z odpadów (PASi-1, PASi-3, PASi-5 oraz granulatu gumowego) wpływa na zwiększenie emisji CO<sub>2</sub>, natomiast opon samochodowych i pozostałych paliw PASi oraz PASr zmniejsza emisję CO<sub>2</sub>. Z kolei emisja SO<sub>2</sub> jest mniejsza niż podczas spalania samego pyłu węglowego tylko w przypadku współspalania paliw PASi-1, PASi-2, PASr-1, PASr-7, PASr-8 i granulatu gumowego.

\*

T e m a t: 7/296/S/07

SŁADECZEK FRANCISZEK

**Ocena możliwości wprowadzenia technologii „zeroemisyjnej” (sekwestracji CO<sub>2</sub>) w procesie wytwarzania klinkieru**

(33 s., 7 tab., 15 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Z badań nad możliwością stosowania paliw kopalnych z eliminacją CO<sub>2</sub> poprzez efektywne wyłapywanie i sekwestrację najważniejsze w wypalaniu klinkieru cementowego są zaawansowane techniki separacji. Znaczącą redukcję emisji CO<sub>2</sub> dają techniki oxyfuels (spalanie w atmosferze powietrza wzbogaconego tlenem).

W pracy podjęto badania nad możliwością wprowadzenia techniki oxyfuel w piecach obrotowych do wypalania klinkieru. Wypalanie klinkieru techniką oxyfuel jest możliwe zarówno technologicznie, jak i technicznie. Na podstawie wykonanych symulacji obliczeniowych stwierdzono, że wypalanie klinkieru techniką oxyfuel daje następujące korzyści:

- wzrost temperatury płomienia w strefie spiekania;
- wzrost wydajności pieca o 10–25% i obniżenia zapotrzebowania ciepła do 10%;
- wzrost stężenia CO<sub>2</sub> w gazach odlotowych do poziomu 50%;
- obniżenie emisji gazowej CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, i NO<sub>x</sub> z pieca;
- możliwość spalania gorszych gatunkowo paliw na palniku głównym pieca (np. węgla brunatnego czy paliw alternatywnych).

Wyniki badań zostaną wykorzystane do opracowania koncepcji nowej linii technologicznej wypalania klinkieru na podstawie techniki spalania oxyfuel i sekwestracji CO<sub>2</sub>.

Aby zastosować nową technikę, przemysł mineralny powinien podjąć się współfinansowania projektów badawczych z dziedziny spalania oxyfuel i sekwestracji CO<sub>2</sub>.

Oddział Instytutu IMPiŚ w Opolu jest przygotowany do uczestnictwa w szerokim programie badawczym sekwestracji CO<sub>2</sub> w przemyśle mineralnym.

\*

T e m a t: 7/284/S/07

POLUSZYŃSKA JOANNA, DWOJAK JOLANTA

### **Metody oznaczania frakcji biomasy w paliwach alternatywnych z odpadów stałych**

(23 s., 1 tab., 1 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Przemysł cementowy oraz energetyka zużywają duże ilości paliw alternatywnych zawierających również biomasę. Celem pracy jest opracowanie metody oznaczania frakcji biomasy w paliwach. Znalezienie właściwej metody umożliwi określenie zawartości biomasy w paliwach alternatywnych, co pozwoli na odliczenie części emisji gazów cieplarnianych zgodnie z zasadami ich monitorowania i raportowania (Rozporządzenie Ministra Środowiska z 11 stycznia 2006 r., DzU nr 116, poz. 124).

Przeanalizowano trzy metody: sortowania ręcznego, selektywnego roztwarzania oraz metody oparte na oznaczaniu węgla C14. Wytypowano metodę selektyw-



nego roztwarzania, która jest stosunkowo prosta i po doposażeniu laboratorium w odpowiednią aparaturę może być wdrożona w Laboratorium Badań Środowiska, by prowadzić pomiary dla przemysłu cementowego i energetyki.

\*

T e m a t: 7/337/S/07

DUDA JERZY, SŁADECZEK FRANCISZEK, GOŁAS KRZYSZTOF

**Opracowanie technologii suszenia wielkopieczowych żużli granulowanych i popiołów lotnych mokrych z wykorzystaniem ciepła odpadowego z pieca obrotowego**

(37 s., 9 tab., 16 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Deficyt dodatków hydraulicznych i pucolanowych – takich jak żużle hutnicze i suche popioły lotne do produkcji cementu – zwrócił uwagę na wykorzystanie tych odpadów zdeponowanych w odstojnikach, tj. w postaci mokrej.

Podjęty temat dotyczy opracowania nowej energooszczędnej technologii suszenia odpadów. Zaproponowano suszenie w pneumatycznej ruro-suszarce lub suszarni fluidalno-wibracyjnej z wykorzystaniem ciepła odpadowego z procesu wypalania klinkieru (ciepło powietrza nadmiarowego chłodnika klinkieru). Wyszuszone żużel lub popioły lotne proponuje się wprowadzić do przemiału na cement wspólnie z klinkierem lub mleć w oddzielnym młynie. Wyniki pracy stanowią wytyczne do modernizacji istniejących układów suszenia lub zaprojektowania i budowy nowych instalacji do suszenia żużla wielkopieczowego i popiołów mokrych.

\*

T e m a t: 7/295/S/07

POLUSZYŃSKA JOANNA, DWOJAK JOLANTA

**Opracowanie metody oznaczania WWA metodą wzorca wewnętrznego z wykorzystaniem chromatografii gazowej połączonej ze spektrometrią mas GC/MS**

(44 s., 3 tab., 4 rys., 3 załącz., bibliogr.); maszyn.: Oddział IMPiŚ, Opole

Techniką referencyjną do oznaczania WWA w próbkach środowiskowych jest chromatografia gazowa z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym, według której można oznaczać te związki na poziomie  $10^{-6}$ g. Aby zwiększyć zakres oznaczalności WWA, w Laboratorium Badań Środowiska opracowano metodę oznaczania WWA aparatem GC/MS. W tym celu uruchomiono analizator GC/MS oraz

przeprowadzono jego kalibrację za pomocą wzorców 16 WWA EPA (*Environmental Protection Agency*) z dodatkiem wzorca wewnętrznego trifentylometanu. Na bazie opracowanej metody ustalono granicę wykrywalności i oznaczalności dla wzorców 16 WWA na poziomie  $10^{-9}$ g.

Temat obejmował także analizę wyników WWA z próbek środowiskowych, do czego wykorzystano próbki wód pochodzące ze studni głębinowych, które podano analizie na GC/MS i w których oznaczono sumę WWA poniżej 0,1  $\mu$ g/l. Praca pozwoli na rozszerzenie zakresu oznaczanych stężeń WWA, zaliczanych do trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO). Wzbogaci to ofertę usług Laboratorium Badań Środowiska Oddziału Instytutu w Opolu o oznaczanie wymienionych zanieczyszczeń w wodach pitnych i głębinowych.

\* \* \*

#### **IV GT: MINERALNE MATERIAŁY BUDOWLANE** **(PG: Mineral Building Materials)**

T e m a t: 01/5041/07

SZELAĞ HENRYK

**Czynniki warunkujące właściwości ekspansywne ettringitu powstającego z różnych glinianów wapniowych**

(17 s., 14 rys., bibliogr.); maszyn.: Oddział MMB, Kraków

Badano wpływ dodatku glinianów wapniowych i kleinitu oraz stosunku gliniany/gips na ilość powstającego ettringitu. Doświadczeniami objęto najważniejsze czynniki, które mogą mieć wpływ na ekspansję i powstające naprężenia, a mianowicie: ilość dodatku ekspansywnego, powierzchnię właściwą dodatku ekspansywnego, wielkość stosunku dodatek/gips, powierzchnię właściwą cementu stanowiącego matrycę oraz dodatek wapna w przypadku kleinitu. Wybrane zestawy poddano oznaczeniu naprężeń powstających w próbkach.

\*