
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 26
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok IX

Warszawa–Opole 2016

IV GT: MINERALNE MATERIAŁY BUDOWLANE*

(PG: Mineral Building Materials)

T e m a t: 3NS03C15

ALBIN GARBACIK

Synteza i badania hydraulicznych spoiw belitowych, wapna hydraulicznego i spoiw siarczano-gliniano-wapniowych na bazie popiołów W

Celem projektu było opracowanie rozwiązań surowcowo-technologicznych produkcji cementów specjalnych i spoiw hydraulicznych, przy znacznym obniżeniu wskaźników efektywności procesu: energochłonności i emisji CO₂.

Zagadnienia realizowane w projekcie są kontynuacją prac prowadzonych w Oddziale Szkła i Materiałów Budowlanych, w tym projektu statutowego realizowanego w 2014 r. Zakres prac wykonanych w ramach projektu uwzględniał wykorzystanie do produkcji energooszczędnych, niskoemisyjnych klinkierów materiałów odpadowych, takich jak popioły lotne czy popioły z odsiarczania spalin, odpadów przemysłu chemicznego, zawierających duży udział wapna niewęglanowego. Zebrane w pierwszym etapie pracy w 2014 r., wyniki prób syntezy zwykłych klinkierów portlandzkich (OPC) i specjalnych, stosując popiół lotny wapienny ze spalania węgla brunatnego, wykazały możliwość produkcji tych klinkierów, przy znacznie obniżonej temperaturze syntezy i przy obniżonym wskaźniku emisji CO₂. Próby wielkoprzemysłowe potwierdziły przy produkcji klinkierów OPC możliwość obniżenia wskaźnika emisji CO₂ do 15%, przy produkcji klinkierów specjalnych, siarczano-gliniano-wapniowych do 40%, przy temperaturze syntezy 1250–1300°C. Prace skoncentrowane były na wykorzystaniu popiołów lotnych wapiennych do produkcji aktywnych klinkierów belitowych. Ustalono parametry techniczno-technologiczne procesu spiekania klinkieru belitowego jak również określono efekty wynikające z obniżonej emisji CO₂ do 40% i energooszczędności z uwagi na niską temperaturę spiekania klinkieru belitowego.

T e m a t: 3NS04C15

DARIUSZ KALARUS

Warunki immobilizacji metali ciężkich z materiałów odpadowych z procesu termicznej utylizacji odpadów niebezpiecznych, przy wykorzystaniu specjalnych spoiw hydraulicznych na bazie popiołów

Celem projektu było opracowanie bezpiecznego sposobu wykorzystania popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania oraz materiałów odpa-

* Tematy działalności statutowej zrealizowane w 2015 r. przez Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

dowych ze spalarni termicznej utylizacji odpadów niebezpiecznych w budownictwie.

W projekcie zbadano całkowitą zawartość metali ciężkich w popiołach lotnych krzemionkowych z procesów współspalania oraz w materiałach będących składnikami spoiw i betonów. Określono ich oddziaływanie na środowisko naturalne, wyznaczając stopień emisji metali ciężkich z popiołów lotnych do środowiska. Określono skład spoiw dla różnych mieszanek z cementu, popiołów lotnych krzemionkowych, wapiennych, fluidalnych oraz dobranych aktywatorów procesu retencji. Warunki immobilizacji metali ciężkich badano także dla betonów wytworzonych laboratoryjnie z dodatkiem popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania węgla w kotłach pyłowych. Zbadano także długoterminowy wpływ oddziaływania betonów z dodatkiem popiołów lotnych na środowisko naturalne, określając stężenie uwalnianych substancji niebezpiecznych z betonów po terminach określonych w opracowywanych europejskich normach dotyczących oddziaływania materiału na środowisko.

Wyniki badań wskazują na duże różnice w zawartości metali ciężkich w badanych popiołach lotnych. Analiza emisji do środowiska składników szkodliwych wykazała przekroczenie dopuszczalnych granicznych wartości wymywania dla niektórych metali ciężkich wymaganych dla odpadów obojętnych. Spoiwa cementowe w kompozycji z popiołami z różnych spalarni wielkemiejskich w sposób bardzo skuteczny wiążą składniki niebezpieczne. Wymywalność metali ciężkich ze stwardniałych spoiw z dodatkami popiołów lotnych z procesów współspalania jest dużo niższa od wymagań środowiskowych dla odpadów obojętnych. Emisja metali ciężkich ze stwardniałych materiałów cementopochodnych (beton) jest niska, a wartości stężeń metali w eluatach są poniżej wartości dopuszczalnych dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia.

T e m a t: 3NS05C15

MIKOŁAJ OSTROWSKI

Rola popiołu lotnego i granulowanego żużla wielkopieczowego w kształtowaniu właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego

Celem pracy była opracowanie założeń technologicznych wytwarzania betonu konstrukcyjnego klasy od C 25/30 do C 50/60 o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego ($70\text{--}120\text{ kg/m}^3$) z wykorzystaniem mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego i popiołu lotnego. Pierwszy etap badań dotyczył efektów synergii dodatków mineralnych w składzie cementów oraz wpływu aktywacji mechanicznej tych dodatków na właściwości zapraw. Badania wykonane na zaprawach wyznaczą kierunki i możliwości zastosowania tych dodatków w celu

kształtowania właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego.

T e m a t: 3NS06C15

TOMASZ BARAN

Weryfikacja oznaczania zawartości żuźla w cementach metodą mikroskopową oraz metodą selektywnego rozpuszczania

Celem pracy była weryfikacja i porównanie obowiązującej metody oznaczania zawartości granulowanego żuźla wielkopiecowego w cementach według PN-B-19707 z oznaczaniem zawartości żuźla w cementach metodą selektywnego rozpuszczania według CEN/TR 196-4:2007. Do badań użyto 12 żużli różniących się mielnością, składem chemicznym oraz zawartością fazy szklistej. Wykonano badanie oznaczania zawartości granulowanego żuźla wielkopiecowego w cementach według dwóch wymienionych metod oraz badania wpływu zawartości fazy szklistej w żuźlu na właściwości cementów żuźlowych. Analizy prowadzono przy wykorzystaniu nowoczesnego optycznego mikroskopu polaryzacyjnego (wg PN-B-19707 załącznik B) oraz metodą selektywnego rozpuszczania (wg CEN/TR 196-4). Z wytypowanych 6 żużli, różniących się znacząco zawartością fazy szklistej, wykonano w skali laboratoryjnej cementy CEM II/A-S, CEM II/B-S i CEM III/A zawierające odpowiednio 15, 30 i 60% masy żuźla.

W przypadku cementów zawierających 15 i 30% żuźla, CEM II/A-S i CEM II/B-S, odnotowano dobrą weryfikację metody mikroskopowo-chemicznej według PN-B-19707 załącznik B, jak i metody selektywnego rozpuszczania według CEN/TR 196-4. W cementach zawierających 60% żuźla, tj. CEM III/A, obserwujemy bardzo dobrą powtarzalność i weryfikację obydwu metod oznaczania zawartości żuźla. Badania właściwości cementów żuźlowych wykazały, że największy wpływ na aktywność hydrauliczną żuźla miała zawartość fazy szklistej. Drugim ważnym czynnikiem był współczynnik aktywności żuźla – $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$.

T e m a t: 3NS07C15

TOMASZ BARAN

Wdrażanie nowej metody izotermicznej oznaczania ciepła hydratacji cementu jako metody alternatywnej w porównaniu do normowej metody semiadiabacyjnej według PN-EN 196-9

Celem pracy było określenie ciepła hydratacji cementów metodą izotermiczną aktualnie wdrażaną w państwach Unii Europejskiej jako metoda podstawowa, porównanie ciepła hydratacji dla metody izotermicznej i metody semiadiabacyjnej według PN-EN 196-9 oraz próba określenia współczynnika korelacji pomiędzy tymi metodami. Badania porównawcze prowadzono na 8 wybranych

cementach, zróżnicowanych z uwagi na rodzaj i ilość dodatku do cementu oraz stopień rozdrobnienia cementu.

Badania wykazały, że ilość wydzielonego ciepła podczas procesu hydratacji tego samego cementu jest wyraźnie wyższa dla metody semiadiabatyckiej w porównaniu z metodą izotermiczną. Szybkość wydzielania ciepła jest w pierwszym etapie hydratacji, przed okresem indukcji, ponaddwukrotnie większa w przypadku metody izotermicznej w porównaniu do semiadiabatyckiej. Szybkość wydzielania ciepła po okresie indukcji do ok. 40 godzin reakcji jest zdecydowanie większa w przypadku metody semiadiabatyckiej w porównaniu do metody izotermicznej. Wartość współczynnika korelacji dla cementów portlandzkich CEM I i cementów portlandzkich z dodatkami CEM II maleje z czasem hydratacji. W przypadku cementu hutniczego obserwujemy wzrost wartości współczynnika korelacji w przedziale czasowym ok. 24–48 godzin. Przeprowadzone badania porównawcze wykazały, że ustalenie stałego współczynnika korelacji dla wszystkich cementów, np. po 41 godzinach hydratacji, jest problematyczne i obarczone dość dużym błędem.

T e m a t: 3NS08C15

GRZEGORZ ADAMSKI

Badania odporności na karbonatyzację spoiw hydraulicznych zawierających siarczanoglinian wapnia

Celem pracy było określenie stabilności zaczynów przygotowanych ze spoiw siarczano-glinianowych poddanych oddziaływaniu gazowego CO_2 oraz jonów CO_3^{2-} .

Zaprojektowano i wykonano stanowisko badawcze do przyśpieszonej karbonatyzacji spoiw. Przyjmując emisję CO_2 z rozkładu kalcytu w trakcie syntezy C_3S za 100%, obliczono emisję CO_2 w czasie syntezy C_2S – 88%, C_3A – 85%, C_4AF – 63% i $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ – 50%. Spośród tych faz zsyntetyzowano układy modelowe o najmniejszej emisji CO_2 :

- $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$,
- mieszaniny $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ i C_2S o następujących proporcjach tych faz: 90:10, 75:25, 50:50 i 25:75,
- mieszaniny $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ i C_4AF o składach jak wyżej.

W otrzymanych mieszaninach oznaczono: stratę prażenia i skład tlenkowy oraz skład fazowy. Układy rozdrobniono i oznaczono ich skład granulometryczny, a następnie zmieszano z anhydrytem w ilości zapewniającej całkowite przereagowanie $\text{C}_4\text{A}_3\bar{\text{S}}$ do ettringitu. Przygotowano również serię spoiw jak wyżej zawierających dodatek 5 i 10% węgla wapnia. Otrzymane spoiwa zmieszano z wodą (w/s 0,5) i przechowywano w temperaturze 20°C i wilgotności względnej $< 90\%$ w atmosferze pozbawionej CO_2 lubi zawierającej 4% CO_2 . Postęp

hydratacji spoiw określano po 15 min, 1, 7, 14 i 28 dniach oraz po 3, 6, 12 miesiącach, wykorzystując DSC/TG i XRD.

T e m a t: 3NS10C15

DARIUSZ KALARUS

Zmiany właściwości klinkierów portlandzkich w funkcji nowych rozwiązań technologicznych procesu wypalania

Celem pracy było określenie wpływu paliw alternatywnych i surowców odpadowych w zestawie surowcowym na właściwości cementowych klinkierów portlandzkich OPC.

Analizie poddano klinkiery OPC z krajowych zakładów cementowych. Oznaczono całkowitą zawartość metali ciężkich w cementach portlandzkich CEM I specjalnych portlandzkich CEM I HSR NA. Analizę wpływu oddziaływania na środowisko naturalne konstrukcji betonowych wykonywano dla betonów na bazie cementu portlandzkiego CEM I i cementu specjalnego CEM I HSR NA, zgodnie z metodami badań opisanymi w europejskich normach dotyczących oddziaływania materiałów budowlanych na środowisko.

Wyniki badań składu chemicznego i fazowego potwierdziły brak wpływu stosowania dużych ilości paliw alternatywnych oraz zmian zestawu surowcowego w kierunku zastosowania surowców odpadowych na właściwości klinkieru portlandzkiego. Badania emisji do środowiska składników szkodliwych z produkowanych obecnie cementów i klinkierów wykazały, że stężenie metali ciężkich w eluatach 1:10 jest niższe od stężeń wymaganych dla wód gruntowych i odpadów ściekowych. Emisja metali ciężkich ze stwardniałych materiałów cementopochodnych (beton) jest ekstremalnie niska, a wartości stężeń metali w eluatach są poniżej wartości dopuszczalnych dla wody przeznaczonej do spożycia. Wyniki badań składu fazowego i mikrostruktury klinkierów produkowanych z dużym udziałem paliw wtórnych nie wykazały istotnych różnic w stosunku do analizowanych klinkierów produkowanych bez lub z małą ilością paliw wtórnych.

T e m a t: 3NS11B15

MARZENA NAJDUCHOWSKA

Wpływ ilości wypełniaczy mineralnych i spoiwa organicznego na właściwości tynków organicznych

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju spoiwa organicznego oraz zastosowanego kruszywa na właściwości tynków opartych na spoiwach organicznych.

Określono właściwości tynków opartych na spoiwach organicznych oferowanych na polskim rynku materiałów budowlanych. Zbadano również właściwości tynków na spoiwie akrylowym, silikatowym, silikonowym o uziarnieniu 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 mm, przygotowanych w skali laboratoryjnej. Na podstawie uży-

skanych wyników określono wpływ rodzaju spoiwa oraz uziarnienia zastosowanego kruszywa na takie parametry, jak: przyczepność do podłoża, przenikanie pary wodnej oraz przepuszczalność pary wodnej.

T e m a t: 3NS12B15

JERZY BALACHA

Wpływ popiołu lotnego wapiennego z Bełchatowa na właściwości cementowych zapraw tynkarskich

Celem pracy było określenie wpływu popiołu lotnego wapiennego z Elektrowni Bełchatów na właściwości zapraw tynkarskich.

Zaprojektowano i przygotowano zaprawy tynkarskie na bazie cementu CEM I 42,5R, piasków kwarcowych, popiołu lotnego wapiennego z Elektrowni Bełchatów oraz domieszki modyfikującej lepkość z 30% udziałem spoiwa (cement + popiół wapienny) we wszystkich zaprawach oraz zawartością popiołu wapiennego w zaprawach od 6 do 12% (co stanowiło odpowiednio od 20 do 40% udziału spoiwa). Wykorzystany popiół nie poddano żadnym procesom aktywnym, na przykład mieleniu.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że dodatek popiołu wapiennego ma istotny wpływ na parametry zapraw. Wykazano, że wzrost zawartości popiołu lotnego wapiennego w zaprawach wpływa na spadek ich wytrzymałości na ściskanie. Efekt ten jest tym większy, im większa jest zawartość popiołu w zaprawie. Wytrzymałość na zginanie dla zapraw z dodatkiem popiołu niejednokrotnie przewyższała wytrzymałość na zginanie zaprawy bez popiołu. Wraz ze wzrostem zawartości popiołu lotnego wapiennego w zaprawie następuje spadek przyczepności do podłoża. Niezależnie od ilości popiołu lotnego wapiennego w składzie zapraw, klasa absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym wody dla wszystkich zapraw jest taka sama. Wyniki badań mrozoodporności jednoznacznie wskazują na brak możliwości zastosowania zapraw z dodatkiem popiołu wapiennego w elementach zewnętrznych budynków.

T e m a t: 3NS13B15

ZDZISŁAW NAZIEMIEC

Badania procesów rozdziału kruszyw o różnej nasiąkliwości i gęstości objętościowej

Celem projektu było znalezienie sposobu rozdziału kruszyw o zróżnicowanej gęstości ziaren, tak aby możliwe było ich optymalne wykorzystanie. Przeprowadzono próby rozdziału kruszyw o zróżnicowanej gęstości w laboratoryjnej osadzarce pulsacyjnej, klasyfikatorze pionowo prądowym i w cieczy ciężkiej.

Pozytywne wyniki uzyskano przy rozdziale chalcedonitu w osadzarce pulsacyjnej. W próbach uzyskano kruszywo chalcedonitowe o dużej porowatości i nasią-

kliwości, przydatne do produkcji grysów filtracyjnych i grysów dla ogrodnictwa. Stosując rozdział kruszywa w osadzarce równocześnie, możliwe jest uzyskanie kruszyw do betonu o podwyższonej gęstości i obniżonej nasiąkliwości.

We współpracy z pracownikami Akademii Górniczo-Hutniczej przygotowano zgłoszenie patentowe „Sposób produkcji kruszyw o zróżnicowanych właściwościach fizyczno-mechanicznych”.

T e m a t: 3NS15B15

ZDZISŁAW NAZIEMIEC

Wykorzystanie oczyszczonych drobnych frakcji chalcedonitu z Kopalni „Inowłódz” w przemyśle ceramiki i materiałów budowlanych

Celem projektu było opracowanie sposobu oczyszczania i rozdzielania najdrobniejszych frakcji chalcedonitu i przeprowadzenie badań dotyczących nowych kierunków jego zastosowania w różnych dziedzinach gospodarki.

Przeprowadzono próby płukania chalcedonitu w różnych urządzeniach płuczających, określając optymalne warunki technologiczne płukania i rozdziału poszczególnych frakcji chalcedonitu. Wykonano badania fizyko-chemiczne i mineralogiczne wydzielonych klas ziarnowych chalcedonitu. Badania nad wykorzystaniem drobnych frakcji chalcedonitu koncentrowały się nad możliwością ich zastosowania w technologiach ceramicznych i do wytwarzania zapraw i betonów.

Zastosowanie drobnych frakcji odpadowych w technologiach typowo ceramicznych nie daje znaczących efektów jakościowych tworzywa ceramicznego. Możliwe jest natomiast wykorzystanie drobnych frakcji do barwienia wyrobów ceramicznych, ze względu na dużą efektywność wbudowania hematytu do porowatej struktury chalcedonitu. Wyniki badań wskazują na możliwość i celowość podjęcia produkcji grysów filtracyjnych z porowatych odmian chalcedonitu, znajdujących zastosowanie w procesach oczyszczania wody i ścieków oraz produkcji kruszyw chalcedonitowych z litych odmian chalcedonitu o obniżonej nasiąkliwości.

T e m a t: 3NS16B15

MARZENA NAJDUCHOWSKA

Opracowanie metody odtworzenia składu betonu z uwzględnieniem nowych rodzajów cementów, dodatków i kruszyw

Celem prezentowanego etapu pracy była weryfikacja istniejących metod określania składu stwardniałego betonu, w szczególności Instrukcji ITB: 212 „Instrukcja określania składu stwardniałego betonu wykonanego z cementu portlandzkiego i żwiru lub wapienia oraz piasku” z 1978 r. oraz nr 277 „Instrukcja określania składu stwardniałego betonu” z 1986 r., poprzez ocenę ich dokładności i powtarzalności.

Przygotowano próbki betonowe o różnej, znanej recepturze w zakresie ilościowego i jakościowego dobrania surowców i zmiennego współczynnika wodno-/cementowego. Zgromadzone wyniki badań odtwarzania składu stwardniałego betonu, zgodnie z Instrukcją ITB 212 i 277 wykazały, że metody tej nie można wykorzystać do obecnie stosowanych cementów, kruszyw i dodatków do betonu, zwłaszcza w przypadku zastosowania kruszywa węglanowego. Uzyskiwane tą metodą dane dają jedynie pewien obraz w tym zakresie. Uzyskane wyniki oznaczeń metodą ITB wykazują duży błąd. W przypadku betonów na bazie czystego cementu portlandzkiego błąd szacowania zawartości cementu w odniesieniu do udziału rzeczywistego kształtuje się w zakresie od 6 do 11% masy (tj. 20–32 kg/m³).

Metodyka instrukcji ITB bazuje na wykonaniu kilku analiz chemicznych oraz badania termograwimetrycznego. W związku z powyższym procedura ta nie daje w pełni możliwości określenia współczynnika masowego kruszywa grubego do drobnego w betonie.

Znaczącym osiągnięciem realizowanego tematu było przeprowadzenie próby odtworzenia składu stwardniałego betonu według wstępnie opracowywanej procedury. Precyzja opracowanej procedury wynosi 5% w zakresie określenia ilości cementu w betonie.

T e m a t: 3NS20O15

PIOTR ZAPOLSKI

Problem wpływu niklu, wanadu i arsenu na proces klinkieryzacji oraz właściwości cementów

Celem projektu było uzupełnienie badań, które miały dać podstawę do określenia oddziaływania niklu, wanadu i arsenu wprowadzanych z paliwami alternatywnymi i surowcami odpadowymi na właściwości fizyczne cementów. Przedmiotem badań były zestawy surowcowe zawierające 0,5% wagowego wymienionych metali ciężkich.

Wykazano, że dodatek Ni nieznacznie wpływa na proces klinkieryzacji, natomiast przy dodatku V i As w temperaturze 1100–1200°C proces klinkieryzacji przebiega w sposób zbliżony jak w próbce kontrolnej w przeciwieństwie do dodatku 1% tych metali, gdzie stwierdzono większe ilości wolnego wapna w temperaturze powyżej 1300°C oraz powstanie znacząco większej ilości fazy C₂S w stosunku do klinkieru kontrolnego; struktura kryształów i ich wymiary badane pod mikroskopem optycznym nie różnią się znacząco w zależności od procentowego dodatku metalu domieszkowego; wraz ze wzrostem procentowej zawartości domieszki, nastąpiło zwiększenie ilości C₂S i C₄AF kosztem pozostałych faz klinkierowych oraz zmniejszenie ilości CaO i MgO, jednakże w porównaniu do próbki kontrolnej są to ilości większe; niezależnie od procentowego dodatku

metali brak jest znaczącego wpływu na właściwości fizyczne cementów otrzymanych z badanych klinkierów.

T e m a t: 3NS21O15

PIOTR ZAPOLSKI

Analiza asortymentu produkowanych cementów w połączeniu z trendami zmian jakościowych na przykładzie wytrzymałości na ściskanie, w odniesieniu do sytuacji rynkowej w latach 2009–2014

Celem projektu było określenie zmian asortymentów produkowanych cementów przez największe cementownie zlokalizowane w Polsce wraz z analizą zmian jednego z podstawowych wymagań dla cementów, jakim jest wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach. Analizą objęte zostały lata 2009–2014 wraz z przedstawieniem sytuacji rynkowej w obszarze sprzedaży cementów w badanym okresie.

Analizując średnie wytrzymałości na ściskanie wybranych najbardziej reprezentatywnych cementów z rozpatrywanych grup wykazano, że dla cementu CEM I 42,5 R nastąpił w badanych latach sukcesywny wzrost wytrzymałości od ok. 54 do 58 MPa. Natomiast dla pozostałych rozpatrywanych cementów, tj. CEM II/B-V 32,5 R i CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R wykazano stały poziom wartości wytrzymałości odpowiednio ok. 45 MPa i 42 MPa.

Analizując całościową wielkość sprzedaży cementów w Polsce w rozpatrywanym okresie można zauważyć, że największą sprzedaż osiągnięto w roku 2011 (18,7 mln ton), natomiast w pozostałych latach sprzedaż kształtowała się na poziomie ok. 15 mln ton. Stwierdzono, że od 2011 r. następowało sukcesywne zmniejszanie ilości produkowanych rodzajów cementów w grupie CEM II/A-M i CEM II/B-M na korzyść innych rodzajów znajdujących się poza analizowanymi 3 głównymi grupami obejmującymi: CEM I, CEM II/A-M i CEM II/B-M oraz CEM II/A-V i CEM II/B-V.

T e m a t: 3NS39O15

PRZEMYSŁAW SZOSTAK

Dysocjacja termiczna różnej wielkości ziaren (brył) wsadu niektórych wapieni stosowanych w produkcji wapna palonego (etap I)

Celem projektu było wykazanie istnienia statystycznie istotnych różnic szybkości dysocjacji termicznej wybranych wapieni przy tej samej wielkości próbek i różnej zawartości CO₂ w mieszaninie gazów podawanych do komory grzewczej, przy zastosowaniu nieizotermicznych krzywych TG. W badaniach użyto wapieni pochodzących z polskich złóż wykorzystywanych w produkcji wapna palonego w piecach szybowych regeneracyjnych typu Maerz. Badano wpływ geometrii układu komora grzewcza – nagrzewana próbka wapienia i niejedno-

rodności właściwości próbki na jednostkowy czas dysocjacji termicznej i reaktywność otrzymanego produktu dysocjacji oraz zależności współczynnika zmienności jednostkowego czasu dysocjacji termicznej próbek wapienia wynikającej z różnych właściwości termicznie dysocjowanego wapienia i warunków kalcynacji próbki, w tym wpływu wymiany ciepła na drodze promieniowania pomiędzy ścianami komory grzewczej i powierzchnią próbki.

Wykazano, że jednostkowy czas dysocjacji termicznej próbek różnych wapieni o takiej samej wielkości wykazuje statystycznie istotne różnice i zależy od właściwości kalcynowanego wapienia związanych z jego pochodzeniem. Mikrostruktura wapieni, w tym wielkość ziaren kalcytu, wpływa decydująco na jednostkowy czas kalcynacji. Duże ziarna kalcytu pękają podczas kalcynacji wskutek różnych wartości współczynnika rozszerzalności objętościowej zależnych od kierunku krystalograficznego komórki elementarnej kalcytu i powstają drogi szybkiej dyfuzji ditlenku węgla od strefy reakcji na zewnątrz kalcynowanej próbki. Zaobserwowano zmniejszenie jednostkowego czasu dysocjacji termicznej próbek odniesionego do jednostki masy wraz ze wzrostem średnicy próbki, kalcynowanej w komorze grzewczej o niezmienną średnicę. Tym samym geometria układu komora grzewcza – nagrzewana próbka wapienia i niejednorodności właściwości próbki mają wpływ na jednostkowy czas dysocjacji termicznej. Stwierdzono, że współczynnik zmienności jednostkowego czasu dysocjacji termicznej próbek wapienia zależy zarówno od właściwości termicznie dysocjowanego wapienia, jak i od warunków kalcynacji próbki. Obserwuje się przede wszystkim wpływ wymiany ciepła na drodze promieniowania pomiędzy ścianami komory grzewczej i powierzchnią próbki na wartość tego współczynnika.

T e m a t: 3NS23K15

TOMASZ FOSZCZ

Analiza rodzajów i skutków zagrożeń w badaniach fizycznych cementów powszechnego użytku

Celem pracy było wykorzystanie metody FMEA w ocenie badań cech fizycznych cementów powszechnego użytku. Metoda ta pozwala określić możliwości wystąpienia potencjalnych wad, najbardziej istotnych obszarów zagrożeń, a także czynników mających bezpośredni wpływ na proces badawczy z uwagi na bezpośredni i zasadniczy wpływ na uzyskane wyniki badań.

Przedstawiono istotne wymagania dotyczące badawczego wyposażenia laboratorium. Określono wpływ podstawowych czynników oraz cele, wymagania i przykładowe wady odnośnie do procesów badawczych. Dla wskazanych wad wyznaczono relacje „wada → skutek → przyczyna”, a następnie określono skutki oraz przyczyny ich powstawania. Wykonana analiza pozwoliła wskazać możliwe zagrożenia, a w konsekwencji rodzaje wad, z którymi możemy się zetknąć podczas wykonywania badań. Umożliwiła wytypowanie obszarów o wysokim

stopniu ryzyka, w których wystąpienie błędu daje podstawy do podważenia wyniku oznaczenia. Pozwoliła zaszeregować błędy w zależności od ich znaczenia, co ułatwia zaplanowanie odpowiednich działań zapobiegawczych i określenie ich przewidywaną skuteczność.

Podjęto próbę opracowania katalogu typowych zagrożeń oraz zabezpieczeń, których wystąpienie można przewidzieć i podjąć działania zmierzające do ich ograniczenia lub wyeliminowania.

T e m a t: 3NS24K15

PELAGIA LASKA-JÓZEFCZAK, PAWEŁ KOPCIAŁ

Analiza problemów związanych z oznaczeniem zawartości rtęci w próbkach po mineralizacji oraz bez mineralizacji

Celem pracy była analiza zagrożeń występujących w trakcie ilościowego oznaczenia rtęci za pomocą dwóch metod – absorpcji atomowej z generacją zimnych par rtęci (CVAAS) oraz absorpcji atomowej z pirolitycznym rozkładem próbki na analizatorze rtęci z techniką amalgamacji.

Wskazano istotne trudności podczas przeprowadzania oznaczeń oraz wyodrębniono czynniki mające zasadniczy wpływ na ostateczny wynik, podkreślając rolę możliwych interferentów bądź operacji analitycznych, wywołujących straty analitu. Przeprowadzono wnikliwą analizę porównawczą dwóch proponowanych metod na podstawie wyników uzyskanych dla tych samych materiałów, zarówno po mineralizacji za pomocą kwasów, jak i bez, z przeznaczeniem do rozkładu pirolitycznego.

Badaniom poddano próbki różnego rodzaju i pochodzenia m.in. klinkiery, cementy, różnego rodzaju surowce przemysłowe (głównie z branży materiałów ogniotrwałych), paliwa konwencjonalne oraz alternatywne, odpady itp. Ponadto określono dodatni bądź ujemny wpływ na wyniki z obu metod takich czynników, jak sposób przygotowania próbek do analizy, czas oraz parametry prowadzenia procesu w celu ich udoskonalenia. Wskazano metodę charakteryzującą się lepszą precyzją i dokładnością oznaczeń, której wybór byłby uzasadniony w przypadku analiz materiałów „trudnych” lub próbek o zawartości rtęci bliskich dopuszczalnym progom.

T e m a t: 3NS25G15

MAŁGORZATA NIZIURSKA

Wpływ węglanu litu na proces hydratacji cementu glinowego

Celem badań było określenie wpływu węglanu litu na proces hydratacji cementu glinowego i właściwości zapraw, uzyskanych na bazie tego spoiwa oraz spoiwa złożonego z mieszaniny cementu portlandzkiego i cementu glinowego.

Badaniami objęto zaprawy z dodatkiem węglańcu litu przy zastosowaniu różnej ilości domieszki w zakresie wytrzymałości w normowych terminach badania. Zbadano wpływ wytypowanej optymalnej ilości węglańcu litu na wytrzymałość zapraw we wczesnym etapie hydratacji oraz w czasie dłuższym niż wymagania normowe. Określono wpływ węglańcu litu na ciepło hydratacji cementu glinowego oraz monoglinianu wapniowego na gęstość i porowatość struktury zaczynów. Zbadano przemiany fazowe zachodzące w zaczynach monoglinianu wapniowego i cementu glinowego oraz wskazano istotne różnice w przebiegu hydratacji zaczynów aktywowanych węglanem litu i bez aktywacji.

T e m a t: 3NS26G15

PAWEŁ PICHNIARCZYK

Wpływ metylocelulozy na hydratację cementu portlandzkiego

Celem badań było wyjaśnienie wpływu dodatku metylocelulozy na szybkość reakcji cementu z wodą, co stanowi ważne uzupełnienie prac związanych z wpływem tej domieszki na reakcję z wodą glinianu trójwapniowego, alitu oraz mieszaniny tychże faz. Doświadczenia przeprowadzono przy zastosowaniu cementu o podwyższonej zawartości siarczanów. Do badań wykorzystano cement portlandzki CEM I 52,5R oraz hydroksypropylometylocelulozę o lepkości plastycznej 70 Pa·s (MC-70). Zastosowana w badaniach, w ilości 0,3%, metyloceluloza jest eterem celulozy niezawierającym domieszek w postaci eterów skrobiowych, poliesterów lub akrylanów. Proces przygotowania serii próbek poddanych badaniom był analogiczny jak we wcześniejszych pracach. Hydratację próbek przerywano odpowiednio po 24 i 168 godzinach. Właściwości cementu zastosowanego do badań oznaczono według normy PN-EN 197-1:2012 – Cement. Część 1. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku. Do oceny wpływu HPMC na proces hydratacji cementu wykorzystano metodę dyfraktometrii rentgenowskiej oraz elektronowej mikroskopii skaningowej.

Uzyskane rezultaty wskazują na duży wpływ dodatku HPMC na przebieg hydratacji cementu w początkowych godzinach hydratacji, który to wpływ praktycznie zanika po dłuższym okresie. Zaobserwowano, iż dodatek metylocelulozy hamuje nie tylko powstawanie ettringitu, lecz także monosiarczanu. Wyniki rentgenograficzne oraz obserwacje mikrostruktury pod mikroskopem elektronowym potwierdzają obecność gipsu po 24 godzinach hydratacji cementu z dodatkiem metylocelulozy.

T e m a t: 3NS27G15

MICHAŁ WIECZOREK

Określenie wpływu dodatków organicznych na klasę reakcji na ogień zapraw klejowych do płytek oraz mas tynkarskich

W celu oceny wpływu dodatku substancji organicznych na palność zapraw klejowych do płytek oraz mas tynkarskich przebadano następujące modyfikatory:

metyloceluloza, proszek redyspergowalny, włókna celulozowe oraz włókna polipropylenowe. Dodatek organiczny stosowano w proporcjach odpowiadających rzeczywistemu zastosowaniu w mieszankach budowlanych.

Wykazano, że ze wszystkich parametrów określających niepalność spalanie płomieniowe jest najistotniejszym kryterium identyfikującym wyroby budowlane, które nie będą przyczyniały się wcale lub w sposób znaczący do rozwoju pożaru. Uzyskane wyniki wskazują, że dodatek proszku redyspergowalnego ma wpływ na pogorszenie właściwości ogniowych wyrobów budowlanych w znacznie większym stopniu niż metyloceluloza. Należy zwrócić uwagę, że wpływ na palność końcowego wyrobu mają również czynniki wynikające pośrednio z działania dodatków chemicznych, jak np. porowatość gotowego elementu. Przeprowadzone badania potwierdziły ponadto znikome oddziaływanie na palność wyrobu dodatku organicznego w ilości do 1% niezależnie od jego rodzaju.

T e m a t: 3NS28G15

KRZYSZTOF NOSAL

Wpływ włókien celulozowych i polimerowych na wytrzymałość połączeń płyt gipsowo kartonowych spoinowanych masami szpachlowymi z taśmą i bez taśmy

Celem pracy było sprawdzenie i określenie wpływu długości i rodzaju włókien celulozowych oraz polimerowych (polipropylenowych) na wytrzymałość połączeń płyt gipsowo-kartonowych spoinowanych masami szpachlowymi zbrojonymi włóknem. W tym celu przygotowano dwa rodzaje mas szpachlowych: typu 3A oraz 3B według PN EN 13963:2014. Do przygotowanych mas szpachlowych dodawano wytypowane wcześniej włókna: celulozowe FD 00, FD 40 oraz polietylenowe F PE 920 T w ilości 0,1%_{mas}, 0,25%_{mas} oraz 0,5%_{mas}. Tak przygotowane próby przebadano zgodnie z PN EN 1396, oceniając przyczepność, odporność na pęknięcie oraz wytrzymałość złącza. Przeprowadzone badania pozwoliły dokładnie określić wpływ ilości oraz rodzaju włókien na przenoszenie obciążeń na połączeniach płyt.

Stwierdzono znaczną poprawę wytrzymałości połączenia płyt gipsowo-kartonowych wykonanych masami szpachlowymi z dodatkiem włókien; szczególnie w przypadku masy szpachlowej na bazie gipsu zauważono wzrost wytrzymałości wraz ze wzrostem ilości włókien. W przypadku stosowania włókien jako dodatku do masy szpachlowej polimerowej znaczny wzrost wytrzymałości obserwowano przy minimalnym i średnim dodatku włókien, natomiast dodatek włókien w ilości 0,5% nie powodował znaczącego wzrostu wytrzymałości. Ze względu na charakter badanego wyrobu (masa wykończeniowa) badaniom poddano włókna o długości poniżej 1 mm.

T e m a t: 3NS30T15

AGNIESZKA MARCZEWSKA, ANNA BALON-WRÓBEL

Szklą galowe aktywowane pierwiastkami ziem rzadkich

Celem pracy było przeprowadzenie prób domieszkowania szkieł i materiałów szklano-krystalicznych zawierających w swym składzie gal pierwiastkami ziem rzadkich, sprawdzenie możliwości wprowadzenia do struktury tego typu materiałów jonów fluoru i określenie możliwości otrzymania przezroczystej szkło-ceramiki niskofononowej.

W trakcie realizacji pracy opracowano składy szkieł oraz procesu wytopu. W efekcie uzyskano szkła i materiały szklano-krystaliczne zawierające w swym składzie gal oraz pierwiastki ziem rzadkich, takie jak Pr^{3+} oraz Er^{3+} . Wybrane materiały zostały poddane badaniom trwałości termicznej określonymi metodami termicznymi DTA/DSC, badaniom rentgenograficznym (XRD) oraz właściwości optycznych (spektrofotometrycznych i luminescencji). W celu otrzymania przezroczystej szkło-ceramiki przeprowadzono kontrolowaną krystalizację szkła. Wprowadzenie do szkieł optycznie aktywnych jonów lantanowców pozwoli na przeprowadzenie badań efektów luminescencji w następnych etapach prac.

T e m a t: 3NS31T15

SŁAWOMIR PABIAN

Badanie właściwości szkieł warstwowych autoklawizowanych PVB oraz porównanie właściwościami szkieł PVB ze szklami warstwowymi EVA laminowanymi próżniowo

Celem pracy było przeprowadzenie badań porównawczych szyb warstwowych z folią PVB i EVA, ze względu na różną technologię produkcji przygotowania laminatu.

Przeprowadzono badania odporności na działanie wysokiej temperatury, odporności na działanie wilgoci, odporności na działanie promieniowania słonecznego oraz badania wytrzymałości mechanicznej na uderzenie wahadłem.

Badania porównawcze wykazały, że szyby laminowane z folią PVB posiadają większą wytrzymałość mechaniczną na uderzenie oraz wyższą odporność na promieniowanie niż szyby laminowane z folią EVA. Ustalono, że szyby laminowane z folią EVA o takiej samej konstrukcji mogą uzyskiwać różne klasy wytrzymałości mechanicznej na uderzenie wahadłem oraz tworzywa sztuczne EVA wykazują od 5 do 10 razy niższy współczynnik przenikania pary wodnej (WVTR) niż tworzywa sztuczne PVB. W obu przypadkach wymagania odporności na działanie wilgoci oraz odporności na działanie wysokiej temperatury są zgodnie z normami europejskimi.

T e m a t: 3NS32T15

ANNA KUŚNIERZ, AGNIESZKA MARCZEWSKA, MAGDA KOSMAL

Szklą kolorowe dla małych i średnich producentów szkieł artystycznych

Celem pracy było rozeznanie możliwości i ewentualne uruchomienie produkcji szkieł kolorowych w Zakładzie Doświadczalnym ICiMB w Krakowie, dla potrzeb małych i średnich producentów szkła artystycznego. Przeprowadzono próby wytopienia szkieł o dobrej jakości z dużą ilością stłuczki szklanej uzyskanej z recyklingu. Do badań wytypowano 5-składnikowe szkło modelowe (bazowe). Przyjęto następujący skład chemiczny szkła modelowego [% mas.]: 73,0% SiO₂, 1,0% Al₂O₃, 10,0% CaO, 2,0% MgO i 14,0% Na₂O. Skład ten odwzorowuje szeroką grupę szkieł komercyjnych, przy równoczesnej minimalizacji ich składników.

Jako bazę surowcową dla laboratoryjnych wytopów szkła modelowego przyjęto typowe techniczne surowce szklarskie stosowane w przemysłowym procesie topienia szkieł, tj. piasek szklarski kl. I i II, wodorotlenek glinu, mączkę wapienną, mączkę dolomitową i sodę. Dodano 60% stłuczki szkła opakowaniowego z recyklingu. Jako tlenki barwiące zastosowano dla szkła żółtego: CeO₂ + TiO₂; szkła zielonego: Cr₂O₃ + CuO oraz Cr₂O₃ + MnO₂; szkła dymnego: CoO + NiO + Fe₂O₃; szkła niebieskiego: CoO + CuO.

Udowodniono, że możliwe jest otrzymanie dobrej jakości szkieł barwnych, uzyskanych z zastosowaniem tańszych surowców (surowce wtórne). Wytopione szkła pozwalają na dowolne ich łączenie i wykorzystanie w małych manufakturach wytwarzających bibeloty szklane.

T e m a t: 3NS33T15

JOANNA RYBICKA-ŁADA, JÓZEF ZAWIŁA, SŁAWOMIR PABIAN,
MAGDA KOSMAL, JACEK BRZEZICKI

Próby zastosowania popiołów lotnych do topienia szkieł i otrzymywania szkło-ceramiki

Celem pracy była wykorzystanie popiołu lotnego krzemionkowego, powstałego jako uboczny produkt w procesie spalania węgla w jednej z krajowych elektrowni, do topienia szkieł sodowo-wapniowo-krzemianowych na opakowania oraz określenie jego wpływu na przebieg procesu topienia szkieł. Zakres prac laboratoryjnych obejmował m.in. wytypowanie odpowiedniego (odpowiadającego szkłom komercyjnym) składu chemicznego na szkła opakowaniowe, odpowiednie modyfikacje podstawowego składu zestawu surowcowego na szkło opakowaniowe, sporządzenie na podstawie składu bazowego zestawów zawierających różne ilości popiołu lotnego krzemionkowego, dobór parametrów procesu topienia i klarowania, przeprowadzenie prób ich topienia oraz ocenę uzyskanych szkieł. Obserwacje przebiegu i analiza wyników procesu topienia wykazały,

że wszystkie sporządzone i poddane topieniu zestawy topiły się prawidłowo w założonych warunkach.

Na podstawie wykonanych prac stwierdzono, że popiół lotny krzemionkowy może być dodatkiem do zestawów na szkła, co do których nie są stawiane wysokie wymagania jakościowe, np. do zestawów na barwne szkła na opakowania, i tylko w niewielkim stopniu, ze względu na dużą zawartość żelaza, jego stosowanie w produkcji jest ograniczone.

T e m a t: 3NS34T15

JÓZEF ZAWIŁA, JOANNA RYBICKA-ŁADA, MAGDA KOSMAL,
JACEK BRZEZICKI

Zastosowanie surowców odpadowych przemysłu cementowego i przetwórstwa mineralnego do topienia szkieł sodowo-wapniowo-krzemianowych

Celem pracy było zbadanie możliwości zastosowania surowców odpadowych przemysłu cementowego i przetwórstwa mineralnego do topienia szkieł sodowo-wapniowo-krzemianowych oraz określenie ich wpływu na właściwości i przebieg procesu topienia tych szkieł. W projekcie jako surowce odpadowe wykorzystano pył cementowy oraz pylistą, odpadową frakcję perlitu ekspandowanego, powstającą w procesie przetwórstwa rudy perlitowej.

Prace laboratoryjne ukierunkowano na próby topienia szkieł o składzie typowym dla komercyjnych szkieł: na opakowania, szkła płaskiego i szkła użytkowego (gospodarczego).

W ramach projektu:

- opracowano składy zestawów na szkło opakowaniowe, płaskie i gospodarcze zawierających odpadowe pyły, drogą modyfikacji ich podstawowych składów surowcowych;
- określono dopuszczalne udziały pyłów w zestawach;
- określono wpływ dodatku pyłów na podstawowe właściwości topionego szkła, w tym na charakterystyki spektralne.

T e m a t: 3NS35T15

MAGDA KOSMAL, ANNA KUŚNIERZ, JÓZEF ZAWIŁA

Wpływ nukleatorów na mikrostrukturę i krystalizację szkieł krzemianowo-strontowo-barowych

W pracy zaprojektowano składy szkieł na bazie szkła krzemianowo-strontowo-barowego z różnymi dodatkami odpowiednich nukleatorów – tlenku cyrkonu i tlenku tytanu. Zostały przeprowadzone badania eksperymentalne tych szkieł, obejmujące analizę termiczną, kierowaną krystalizację, badania mikroskopowe i rentgenograficzne. Otrzymany rodzaj ceramiki szklanej ma doskonale wła-

ściwości piroelektryczne oraz charakteryzuje się nieliniowymi właściwościami optycznymi, takimi jak druga generacja fotoluminescencji.

T e m a t: 3NS36N15

WIESŁAW KURDOWSKI

Wpływ dużych zawartości cynku w klinkierze na właściwości cementu portlandzkiego

Celem pracy było ustalenie maksymalnej zawartości cynku niepowodującej pogorszenia właściwości cementu oraz wpływ gliniano-cynkanów wapnia na te właściwości. Uzyskano interesujące wyniki dotyczące cynku wprowadzanego do zestawu surowcowego, jak i dodawanego do cementu w formie faz cynkowych. Ustalono, że maksymalna zawartość cynku (w przeliczeniu na Zn) może wynosić 1,2%. Zbadano wpływ dwóch faz cynkowych, tj. $\text{Ca}_3\text{ZnAl}_4\text{O}_{10}$ i $\text{Ca}_{14}\text{Zn}_6\text{Al}_{10}\text{O}_{35}$ na właściwości cementu. Stwierdzono, że w przypadku fazy pierwszej dodatek do cementu portlandzkiego nie powinien przekraczać 0,8% w przeliczeniu na Zn. W odniesieniu do drugiej fazy już dodatek 0,4% w przeliczeniu na Zn powoduje wydłużenie początku wiązania. Dużym znaczeniem praktycznym jest określenie dopuszczalnej zawartości cynku w zestawie surowcowym.

T e m a t: 3NS37N15

WIESŁAW KURDOWSKI

Zbadanie wpływu stopnia przemiany fazy C-S-H w krystaliczny tobermoryt na właściwości autoklawizowanych betonów komórkowych

Głównym celem pracy było określenie wpływu tobermorytu na wytrzymałość autoklawizowanego betonu komórkowego. Uzyskanie próbek bogatych w tobermoryt okazało się trudne, bowiem kwarc z piasku, stosowanego w autoklawizowanym betonie komórkowym, reagował z tlenkiem wapnia i zawsze powstawał także skautyt. Stwierdzono, że zastąpienie znacznej części fazy C-S-H tobermorytem nie powoduje wzrostu wytrzymałości, a powstawanie skautytu do jego zawartości nawet 50% nie ma wykrywalnego wpływu na wytrzymałość autoklawizowanego betonu komórkowego. Ustalono także, że zastąpienie gipsu wapieniem nie zmniejsza ilości powstającego w autoklawizowanym betonie komórkowym tobermorytu.

T e m a t: 3NS01N15

WIESŁAW KURDOWSKI

Opracowanie technologii betonu drogowego o trwałości powyżej 50 lat

Głównym celem prac badawczych było opracowanie betonu drogowego, a także wykazanie przyczyn ponad 80-letniej trwałości nawierzchni betonowej autostra-

dy oddanej do eksploatacji ok. 1935 r. Zbadano skład kruszywa, którym jest bazalt. Przeanalizowano skład matrycy cementowej, która wykazuje dużo niezhydratowanego cementu. Stwierdzono małą porowatość i małą przepuszczalność; wytrzymałość 88 Mpa. Ustalono, że podstawową przyczyną dużej trwałości betonu jest duża zawartość niezhydratowanego cementu i dobrej jakości kruszywo bazaltowe. Mały stopień hydratacji cementu jest spowodowany jego składem, bogatym w belit i brownmilleryt oraz niewielki stopień rozdrobnienia. Nawet działanie soli odladzającej w okresie zimowym spowodowało jedynie obecność niezbyt dużej zawartości soli Friedla.