

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

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

---

**Nr 21**  
(kwiecień–czerwiec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok VIII**

**Warszawa–Opole 2015**

---

## IV GT: MINERALNE MATERIAŁY BUDOWLANE\*

### (PG: Mineral Building Materials)

T e m a t: 3NS12C14

DARIUSZ KALARUS

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

Celem pracy było opracowanie bezpiecznego sposobu wykorzystania popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania oraz materiałów odpadowych ze spalarni termicznej utylizacji odpadów niebezpiecznych w budownictwie. Rozwiązania przewidywały unieszkodliwianie tego rodzaju odpadu poprzez immobilizację składników niebezpiecznych – metali ciężkich, przez produkty hydratacji specjalnych spoiw hydraulicznych na bazie popiołów lotnych i innych aktywatorów procesu retencji składników niebezpiecznych odpadów w matrycy.

W pierwszym etapie pracy oznaczono stopień emisji metali ciężkich z tych materiałów i ich wpływ na środowisko. Następnie określono skład spoiw dla różnych mieszanek zawierających: cement, popiół lotny krzemionkowy, wapienny, fluidalny oraz aktywator procesu retencji. Stopień wbudowania metali ciężkich w spoiwach hydraulicznych i w betonach ustalono przez pomiar całkowitej zawartości metali ciężkich w tych materiałach oraz poprzez oznaczenie wymywalności i stopnia retencji metali ciężkich w tych materiałach. Analizę wpływu oddziaływania spoiw hydraulicznych i betonów z dodatkiem popiołów lotnych na środowisko naturalne wykonywano w odniesieniu do obowiązujących norm i przepisów środowiskowych.

Wyniki badań można wykorzystać w rozwiązaniach bezpiecznego utylizowania odpadów w aglomeracjach wielkomiejskich. Dokumentują one ekologicznie bezpieczne stosowanie odpadów przemysłowych w procesie produkcji spoiw hydraulicznych, przy zachowaniu coraz bardziej ostrych wymagań środowiskowych dotyczących oddziaływań emisyjnych z materiałów budowlanych.

\*

---

\* Tematy działalności statutowej zrealizowane w 2014 r. przez Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

T e m a t: 3NS13C14

MIKOŁAJ OSTROWSKI

**Metoda uzdatniania popiołów W na drodze separacji pod kątem przydatności jako składnika pucolanowego i hydraulicznego w technologii cementu i betonu**

Celem pracy było określenie wpływu metody uzdatniania popiołów wapiennych W na drodze separacji z uwagi na polepszenie ich właściwości jako składnika pucolanowego i hydraulicznego do cementu oraz składnika typu II do betonu. Analizowana metoda uzdatniania popiołów wapiennych W przyczyni się do możliwości ich waloryzacji z uwagi na optymalizację jakości i spełnienie wymagań normatywnych. Przeprowadzone badania wykazały, że podejmując próby uzyskania cementów o nieciągłym uziarnieniu poprzez wprowadzanie do cementu portlandzkiego CEM I określonych frakcji ziarnowych wydzielonych drogą separacji z komercyjnych wapiennych popiołów lotnych, należy koniecznie uwzględnić zróżnicowanie składu chemicznego i fazowego, jakie powoduje taka separacja. Poza różnicami składu chemicznego wapiennych popiołów lotnych między poszczególnymi frakcjami ziarnowymi znaczącą rolę w ich zachowaniu się w układzie cement popiołowy–woda odgrywa nie tylko wielkość, ale i kształt ziaren dominujących w danej frakcji popiołów. O aktywności wapiennych popiołów lotnych w układach cement popiołowy–woda decyduje ich „mikronizacja”, rozumiana jako dążenie do jak największego rozdrobnienia, które skutkuje zwiększoną aktywnością pucolanową.

Przedstawiono zależności wybranych właściwości fizykochemicznych poszczególnych frakcji popiołów W z określeniem możliwości i wpływu aktywacji fizycznej popiołów na właściwości cementu i betonu. Wykazano wpływ separacji jako metody uzdatniania popiołów W na cechy reologiczne cementów i betonów z ich dodatkiem. Uzyskane wyniki uzdatniania popiołów W na drodze separacji pod kątem przydatności jako składnika pucolanowego i hydraulicznego w technologii cementu i betonu mogą być wykorzystane w przemyśle do rozwoju cementów wieloskładnikowych powszechnego użytku o niskim wskaźniku klinkierowym, przy jednoczesnym zachowaniu wymagań normowych tych cementów. Znajduje to uzasadnienie zarówno w ekonomicznych uwarunkowaniach produkcji, jak i w korzyściach ekologicznych.

\*

T e m a t: 3NS03C14

TOMASZ BARAN

**Weryfikacja oznaczania zawartości żużla w cementach metodą mikroskopową oraz metodą selektywnego rozpuszczania**

Celem pracy była weryfikacja i porównanie obowiązującej metody oznaczania zawartości granulowanego żużla wielkopieczowego w cementach według PN-B-

-19707, załącznik B z oznaczaniem zawartości żużla w cementach metodą selektywnego rozpuszczania według CEN/TR 196-4: 2007. Przedmiotem badań były żużlowe cementy powszechnego użytku według PN-EN 197-1 i cementy specjalne według PN-B-19707. Potrzeba takich działań wynikała z aktualnie stosowanych różnych procedur ilościowego oznaczania zawartości żużla: metody selektywnego rozpuszczania w cementach powszechnego użytku i metody mikroskopowej dla cementów specjalnych.

Do badań pozyskano i wytypowano 6 rodzajów żużla, krajowych i z zagranicy, różniących się mielnością, składem tlenkowym oraz zawartością fazy szklistej. Z wytypowanych rodzajów żużla wykonano w skali laboratoryjnej cementy CEM II/A-S, CEM II/B-S i CEM III/A zawierające odpowiednio 15, 30 i 60% masy żużla. Badania zawartości żużla w cementach według PN-B-19707, załącznik B, przy wykorzystaniu nowoczesnego optycznego mikroskopu polaryzacyjnego, weryfikowano korektą chemiczną. Równocześnie prowadzono oznaczenia zawartości żużla w cementach metodą selektywnego rozpuszczania według CEN/TR 196-4: 2007. Badania wykazały, że w przypadku cementów hutniczych CEM III/A zarówno dla metody mikroskopowo-chemicznej według PN-B-19707, załącznik B, jak i metody selektywnego rozpuszczania według CEN/TR 196-4: 2007 obserwujemy bardzo dobrą powtarzalność i weryfikację obydwu metod oznaczania. Natomiast dobrą weryfikację metody mikroskopowo-chemicznej obserwujemy zarówno w przypadku cementu CEM II/A-S, jak i cementu CEM II/B-S. W przypadku metody selektywnego rozpuszczania dla cementu CEM II/A-S i cementu CEM II/B-S wyniki są obarczone większym błędem w porównaniu do metody mikroskopowo-chemicznej.

\*

T e m a t: 3NS04C14

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 procesu produkcji spoiw specjalnych i spieków hydraulicznych (cementów belitowych, wapna hydraulicznego oraz cementów siarczano-gliniano-wapniowych) o wytrzymałościach i cechach użytkowych porównywalnych do cementów portlandzkich powszechnego użytku, przy znacznym obniżeniu wskaźników efektywności procesu – energochłonności i emisji CO<sub>2</sub>. W proponowanych rozwiązaniach wykorzystano materiały odpadowe, takie jak popioły lotne W czy popioły z odsiarczania spalin, które bardzo korzystnie spełniają warunki składu i inne wymagania jako surowca w przedmiotowych technologiach produkcji klinkierów specjalnych

i spieków hydraulicznych. Do produkcji niskoemisyjnych klinkierów specjalnych i spieków hydraulicznych zastosowano popioły lotne wapienne. Krajowa baza surowcowa tych popiołów pozwoliła na uzyskanie klinkierów i spieków belitowych oraz innowacyjnych klinkierów siarczano-gliniano-wapniowych o dużej aktywności hydraulicznej, tj. wytrzymałościach i cechach użytkowych porównywalnych do cementów portlandzkich powszechnego użytku.

Zmniejszono i/lub wyeliminowano w klinkierach specjalnych i hydraulicznych spiekach zawartości wysokozasadowych alitu i  $C_3A$ , co pozwoliło obniżyć temperaturę klinkieryzacji do wartości odpowiednio: 1250 i 1100°C, a tym samym poprzez redukcję zużycia paliwa umożliwiło obniżyć wskaźniki emisji gazów. Przy zastosowaniu surowców zawierających duży udział wapna niewęglanowego obniżono wskaźnik emisji  $CO_2$  o 40–50% na tonę produktu w porównaniu do klinkieru cementu portlandzkiego. W stosunku do tradycyjnych rozwiązań wytwarzania klinkieru cementu portlandzkiego uzyskano znaczne obniżenie wskaźników zużycia energii oraz emisji gazów, związane ze zmniejszeniem stopnia zasadowości oraz temperatury wytwarzania klinkierów specjalnych i spieków hydraulicznych, jak też ze stosowaniem surowców odpadowych zawierających duże ilości wapna niewęglanowego.

\*

T e m a t: 3NS02C14

WOJCIECH DROŹDŹ

### **Opracowanie wzorcowego kruszywa do badania reakcji alkalia–krzemionka**

Z uwagi na niedostateczne rozpoznanie reaktywności krajowych kruszyw do betonu celem projektu było opracowanie reaktywnego kruszywa wzorcowego do względnej oceny potencjalnej reaktywności alkalicznej krzemionkowych kruszyw do betonu. Ponadto kruszywo wzorcowe może służyć do bezpośredniej oceny efektywności cementów powszechnego użytku w ograniczaniu reakcji alkalia–krzemionka w betonie.

Projekt zakłada dwuletnie badania. W niniejszym raporcie z prac z 2014 r. uwzględniono wyniki doświadczeń próby syntezy kruszywa wzorcowego krystalitowego do badań reakcji alkalia–krzemionka. Próby przeprowadzono w skali laboratoryjnej i półtechnicznej na małym piecu obrotowym w Zakładzie Doświadczalnym Oddziału Szkła i Materiałów Budowlanych, wykorzystując jako surowiec piaski kwarcowe i chalcedonitowe. Reaktywność uzyskanych kruszyw krystalitowych sprawdzano przy wykorzystaniu przyspieszonej metody zaprawowej ASTM C1260. Pomiaru te uwzględniały również badania reakcji alkalia–krzemionka z zastosowaniem cementów z dodatkami żużla S, popiołu

krzemionkowego V i popiołu wapiennego W, tj. dodatków mineralnych mogących skutecznie ograniczać ekspansję betonu.

Zrealizowane w 2014 r. badania nad opracowaniem wzorcowego kruszywa do badania reakcji alkalia–krzemionka ASR potwierdziły możliwość wytwarzania w Oddziale Szkła i Materiałów Budowlanych wzorcowego, reaktywnego kruszywa krystobalitowego do badań porównawczych i względnej oceny potencjalnej reaktywności krzemionkowych kruszyw do betonu oraz oceny efektywności cementów w zapobieganiu reakcji alkalia–krzemionka. Efektem pracy będzie również możliwość weryfikacji amerykańskich norm do badania reakcji alkalia–krzemionka w stosunku do reaktywnego kruszywa „Pyrex” (specjalny rodzaj szkła alkalicznego), tj. według norm amerykańskich ASTM do oceny reakcji ASR w betonie.

\*

T e m a t: 3NS14C14

HENRYK SZELAĞ

**Wiążące tworzywo mineralne o właściwościach cementów glinowych z podwyższoną zawartością żelaza, aktywujące procesy wiązania OPC (*ordinary portland cement*)**

Tradycyjnie fazy glinożelazianów wapnia, glinianów i żelazianów wapnia, nazywanych także glinoferrytami i ferrytami wapnia, są jednymi z podstawowych minerałów wchodzących w skład różnego typu cementów powszechnego użytku. Występują one również w niektórych typach cementów glinowych i portlandzkich o podwyższonej zawartości  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , szczególnie w cementach topionych „Fondu” oraz typu Górkal-40. Fazy glinoferrytowe mogą także stanowić łatwy w produkcji i stosunkowo tani samodzielny produkt będący nośnikiem jonów  $\text{Al}^{3+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$  w różnego typu tworzywach wiążących, zastępując stosowane obecnie bardzo drogie cementy glinowe.

Celem pracy było określenie sposobów działania prowadzących do uzyskania odpowiednich form syntetycznych glinożelazianów wapnia o możliwie wysokiej aktywności w procesie reagowania z wodą. Proces ten powinien przebiegać z co najmniej taką samą lub większą szybkością jak w występujących w klinierze portlandzkim i glinowym fazach typu  $\text{C}_x\text{A}_y\text{F}_z$ . Modelowanie struktury i mikrostruktury wybranych glinożelazianów wapnia prowadzono na drodze wywoływania zmian jakościowo-ilościowych składu fazowego, budowy krystalicznej, wielkości krystalitów i stopnia wykrystalizowania itd. Proces syntezy tych faz prowadzono w atmosferze obojętnej przy zróżnicowanej ilości fazy ciekłej i zmiennych warunkach chłodzenia.

Niniejsza praca jest rozwinięciem wcześniejszych badań prowadzonych w Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych w zakresie określenia ak-

tywności i innych właściwości faz glinożelazianów i glinianów wapniowych. Wstępne badania i obserwacje wskazują na zróżnicowanie aktywności w reagowaniu z wodą faz glinożelazianów i żelazianów wapnia typu  $C_xA_yF_z$  występujących w cementach glinowych, jak również na możliwość wpływania na niektóre ich właściwości fizykochemiczne.

\*

T e m a t: 3NS15C14

GRZEGORZ ADAMSKI

### **Opracowanie metody analizy jakościowej i ilościowej popiołu lotnego wapiennego (W) w cementach powszechnego użytku**

Obserwacja asortymentu cementów powszechnego użytku (OPC) na rynku krajowym pozwala stwierdzić obecność drobnych producentów wykorzystujących możliwość produkcji spoiw poprzez mieszanie czystych cementów portlandzkich (np. CEM I 42.5R) z popiołem lotnym krzemionkowym V. Sygnały z laboratoriów badawczych wskazują, że część popiołu w cementach deklarowanych jako np. CEM II/B-V może być zastępowana znacznie tańszym popiołem wapiennym W.

Głównym celem pracy było opracowanie metody badawczej umożliwiającej identyfikację jakościową i ilościową popiołu wapiennego definiowanego w normie na cementy powszechnego użytku PN-EN 197-1 jako popiół W. Zdefiniowano cele cząstkowe: 1) określenie przydatności dotychczasowych metod badawczych stosowanych w poszczególnych oddziałach Instytutu do analiz składników głównych OPC oraz 2) ewentualnego ich przystosowania do identyfikacji i oznaczania zawartości popiołów wapiennych W w cementach powszechnego użytku. Umożliwi to skuteczną kontrolę właściwości spoiw hydraulicznych na rynku krajowym oraz doprowadzi do eliminacji z rynku produktów złej jakości.

Do badań wybrano 12 cementów powszechnego użytku, ze szczególnym uwzględnieniem cementów zawierających popioły W, obecnych na rynku krajowym. W trakcie realizacji pracy określono:

- skład tlenkowy (według PN-EN 196-2 metodą fluorescencji rentgenowskiej oraz analizą elementarną zawartości siarki i węgla z detekcją w podczerwieni);
- zawartość składników cementów (według CEN/TR 196-4): regulator wiązania, żużel, składniki węglanowe, składniki krzemianowe, klinkier portlandzki;
- skład fazowy (metodą TG/DSC oraz metodą XRD z analizą Rietvelda w oparciu o ASTM C1365) dla cementów w stanie dostawy oraz próbek cementów poddanych obróbce termicznej zapewniającej dehydratację siarczanów wapnia i wodorotlenku wapnia lub dodatkowo rozkład węglanu wapnia.

W trakcie realizacji pracy za jedyną alternatywę osiągnięcia zakładanych celów uznano metodę XRD z analizą Rietvelda uzupełnioną o badania dla cementów poddanych obróbce termicznej. Uzyskane wyniki: 1) posłużyły do opracowania metody przygotowania próbek cementów, ich obróbki termicznej i wykonywania badań XRD z analizą Rietvelda oraz 2) odniesiono do rezultatów klasycznej metody oznaczania zawartości składników cementów powszechnego użytku (CEN/TR 196-4).

\*

T e m a t: 3NS16C14

ALBIN GARBACIK

### **Badania zmienności właściwości cementu i betonu z dodatkiem popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania**

Ogólny cel pracy zakłada badania i ocenę popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania węgla w kotłach pyłowych, jako składnika pucolanowego w technologii produkcji cementu i betonu. Założono przeanalizowanie zmian parametrów popiołów ze współspalania kształtujących cechy użytkowe cementów i betonów, w ujęciu statystycznym dla popiołów pochodzących z głównych krajowych zakładów energetyki zawodowej (elektrowni i elektrociepłowni, ZEZ).

Zakres badań obejmował cechy charakterystyczne ujęte w normach czynnościowych, powołanych w PN-EN 450-1 i PN-EN 197-1: zawartość części palnych, zmienność składu chemicznego, wskaźniki aktywności pucolanowej oraz podstawowe właściwości normowe zapraw cementowych.

Wyniki badań wskazują na istotne zmiany składu i właściwości popiołów lotnych krzemionkowych z procesów współspalania materiałów biogenych, według definicji normy PN-EN 450-1. Dla niektórych składników popiołu lotnego krzemionkowego z procesów współspalania, zawartości: alkaliów, magnezu, siarki, tlenu wapnia i fosforu, ich zawartości mogą przekraczać dopuszczalne wymagania podane w normach cementowej i betonowej, w odniesieniu do pucolanowego składnika cementów i aktywnego dodatku typu II do betonu. Zmiany składu chemicznego popiołów krzemionkowych z procesów współspalania wpływają na cechy użytkowe, kształtujące właściwości cementów i betonu, tym samym przydatności w technologii cementu i betonu. Zagadnienia oceny zgodności popiołów krzemionkowych ze współspalania powinny być szczegółowo uwzględniane w systemie certyfikacji i oceny zgodności popiołów jako składnika pucolanowego cementu oraz wyrobu CE – dodatku typu II do betonu.

\*



T e m a t: 3NS09B14

JERZY BALACHA

### **Wpływ momentu aplikacji i zacierania posypki utwardzającej na mieszance betonowej na właściwości posadzki przemysłowej**

Celem projektu było określenie w jaki sposób na właściwości posadzki przemysłowej wpływa moment rozpoczęcia aplikacji posypki i jej zacierania na świeżej mieszance betonowej na bazie cementu CEM I 42,5 R.

Zaprojektowano i przygotowano posypkę utwardzającą na bazie cementu CEM I 42,5 R, piasków kwarcowych oraz żywicy melaminowej. Ilość wypełniacza określono na podstawie równania Fullera-Thompsona. Dla posypki wyznaczono wytrzymałość na ściskanie oraz odporność na ścieranie na tarczy Böhmego. Przygotowano płyty betonowe o współczynniku w/c – 0,55, na które dokonano aplikacji posypki utwardzającej w różnych odstępach czasowych. Po nałożeniu posypka została zatarta ręcznie, a płyty kondycjonowano w warunkach laboratoryjnych. Po okresie dojrzewania zrealizowano badania cyklicznego zamrażania i rozmrażania przy zanurzeniu w soli odladzającej według PN-EN 13687-1: 2008. Następnie dokonano oceny wizualnej powierzchni próbek oraz przeprowadzono badanie przyczepności do podłoża.

Zrealizowano także badanie odporności na ścieranie według PN-EN 13892-3:2005/Ap1: 2005. Wyniki badań kwalifikują wszystkie próbki w klasie odporności na ścieranie A9, jednak z analizy wyników można wnioskować, że późniejsze nałożenie i zatarcie posypki skutkuje niższą odpornością na ścieranie.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że moment aplikacji posypki ma istotny wpływ na walory techniczne posadzki. Wykazano, że zbyt wczesne zatarcie posypki skutkuje powstawaniem obszarów o obniżonej wytrzymałości. Pod wpływem obecności soli w niskiej temperaturze następuje degradacja wierzchniej zatartej warstwy oraz spadek przyczepności do podłoża. W przypadku późniejszego zatarcia posypki wyraźnie spada możliwość połączenia struktury betonu z zacieraną warstwą. Efektem ubocznym jest słabe związanie posypki utwardzającej i niższa odporność na ścieranie.

\*

T e m a t: 3NS08B14

MARZENA NAJDUCHOWSKA

### **Badania mrozoodporność zapraw do murów z uwzględnieniem zależności sposobu przygotowania i różnych warunków przechowywania próbek od ich składu**

Celem pracy było porównanie mrozoodporności próbek zapraw do murów przygotowanych i przechowywanych w różnych warunkach pod kątem nowe-

lizacji normy na oznaczanie trwałości. W 2011 r. norma PN-85/B-04500 została wycofana przez Polski Komitet Normalizacyjny bez zastąpienia. Normy europejskie dotyczące wymagań dla zapraw murarskich i tynkarskich wskazują, że odporność na zamrażanie–odmrażanie powinna być oceniana i deklarowana na podstawie uznanych przepisów w miejscu przewidzianego zastosowania zapraw do momentu ustalenia metody badania w normie europejskiej. W związku z powyższym od 2011 r. brakuje w kraju odpowiedniego obowiązującego dokumentu dotyczącego oceny mrozoodporności zapraw do murów.

W niniejszej pracy zostały przeprowadzone badania mrozoodporności próbek zapraw przygotowywanych i dojrzewających w różnych warunkach. W wyniku przeprowadzonych badań został określony wpływ warunków przygotowania i pielęgnacji próbek zapraw do murów na podstawie ubytku masy oraz spadku wytrzymałości w porównaniu do próbek kontrolnych. Na wybranych próbkach zostały przeprowadzone badania jakościowe (analiza rentgenowska oraz skaningowa) w celu próby określenia przyczyn braku mrozoodporności zapraw.

Przeprowadzone badania wykazały, że przygotowanie próbek do badań ma znaczący wpływ na uzyskane wyniki badań mrozoodporności zapraw. Problem ten dotyczy zarówno zagęszczania, przygotowania, sezonowania oraz suszenia próbek, np. suszenie próbek w temperaturze 105°C w niektórych przypadkach prowadzi do zniszczenia próbek przed poddaniem ich cykлом zamrażania–rozmarzania. W pracy przedstawiono różnice w uzyskanych wynikach oraz przeanalizowano przyczyny ich powstawania.

\*

T e m a t: 3NS10B14

ZDZISŁAW NAZIEMIEC

### **Zagospodarowanie zanieczyszczonych frakcji wapieni z zakładów produkcji kruszyw łamanych**

Celem pracy było przebadanie drobnych frakcji wapieni zawierających zanieczyszczenia gliniaste oraz ustalenie optymalnych kierunków przemysłowego wykorzystania tych frakcji.

Przebadano skład ziarnowy i chemiczny drobnych frakcji wapieni z Kopalni Dolomitu w Sandomierzu (Kopalnia Jurkowice–Budy), zakładu Nordkalk w Miedziance i Kans-Pol w Płazie. Scharakteryzowano zmianę zawartości zanieczyszczeń gliniastych w zależności od granulacji kruszywa. Przebadano możliwości wytworzenia mieszanek kruszyw o różnym uziarnieniu, które mogą znaleźć zastosowanie w budownictwie drogowym. Dla szlamów popłuczkowych z KD Sandomierz i Kans-Pol w Płazie wykonano badania optymalnej wilgotności objętościowej i współczynnika filtracji. Zbadano podatność

na mielenie drobnych frakcji wapieni uzyskiwanych z wapienia czystego i wapienia zanieczyszczonego.

W niektórych przypadkach zanieczyszczone frakcje kruszyw wapiennych o granulacji 0/20(30) mm mogą być wykorzystane jako surowiec do przemiału na mączki bitumiczne, dla których wymagana jest zawartość  $\text{CaCO}_3$  powyżej 90%. Wapienie o uziarnieniu 0/4 mm uzyskiwane w końcowych stadiach operacji kruszenia i przesiewania charakteryzują się niższą wartością indeksu pracy  $W_i$ , niż wapienie wydzielane jako kruszywa grube, z tego powodu przemiał drobnych frakcji tych wapieni jest mniej energochłonny. Najtańszym rozwiązaniem jest wykorzystanie zanieczyszczonych frakcji wapieni do produkcji mieszanek mineralnych o różnym uziarnieniu, stosowanych w budownictwie drogowym.

Zastosowanie pras filtracyjnych do odwadniania szlamów popłuczkowych może być nieopłacalne, ze względu na trudności zagospodarowania odwodnionego materiału. Istnieje możliwość wykorzystania tego materiału do uszczelniania wałów przeciwpowodziowych, osadników i składowisk odpadów.

\*

T e m a t: 3NS17B14

PIOTR FUDALEJ

### **Kruszywo szklano-krystaliczne do wytwarzania betonu lekkiego o właściwościach dźwiękochłonnych. Pilotażowe badania własności dźwiękochłonnych**

Celem badań było pilotażowe określenie fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku oraz próba opracowania receptury betonu cementowego z wykorzystaniem kruszywa szklano-krystalicznego opracowanego przez Oddział Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Krakowie. Zaprojektowano i wykonano próbki betonu z wykorzystaniem kruszywa szklano-krystalicznego oraz keramzytu, a także określono podstawowe parametry świeżego i stwardniałego betonu. Zbadano takie parametry świeżej mieszanki betonowej, jak konsystencja i gęstość, oraz parametry stwardniałego betonu: nasiąkliwość, wytrzymałość na ściskanie, mrozoodporność.

Przeprowadzone badania betonu cementowego z wykorzystaniem kruszywa szklano-krystalicznego potwierdziły jego przydatność do zastosowań w wyrobach pochłaniających dźwięk, np. ekrany akustyczne. Wykazano, że kompozyt wykonany z cementu jako materiału wiążącego i kruszywa szklano-krystalicznego jest materiałem pochłaniającym dźwięk, ponieważ fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku wynosi powyżej  $\alpha_{sr} \geq 0,4$ . Przeprowadzono wstępną ocenę właściwości pochłaniającego dźwięk półfabrykatu wykonanego na bazie kruszywa szklano-krystalicznego, a tym samym starano się określić jego przydatność do

stosowania w konstrukcji biernych zabezpieczeń przeciwhałasowych. W pracy określono fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku dla stwardniałego betonu z zastosowanym kruszywem szklano-krystalicznym. Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku jest podstawowym parametrem pozwalającym określić, czy materiał (wyrób) posiada własności dźwiękochłonne czy nie.

\*

T e m a t: 3NS19B14

MARZENA NAJDUCHOWSKA

### **Opracowanie metody odtworzenia składu betonu z uwzględnieniem nowych rodzajów cementów, dodatków i kruszyw (międzyoddziałowa)**

Celem pracy było zweryfikowanie istniejących metod określenia składu stwardniałego betonu oraz opracowanie metody odtworzenia składu betonu z uwzględnieniem nowych rodzajów cementów, dodatków i kruszyw. W roku 2014 zrealizowano dwa etapy pracy: przegląd literaturowy w zakresie odtwarzania składu betonu oraz opracowanie metodologii badań.

Z przeglądu literaturowego wynika, że znanych jest kilka metod określania składu betonu, które są oparte na jednym lub kilku z następujących oznaczeń: składu chemicznego, analizy XRF, spektroskopowych technik: FT-IR (w trybie ATR) i Ramana, składu granulometrycznego, analizy termicznej próbki, objętości spoiwa i kruszywa przy zastosowaniu analizy mikroskopowej, ilości energii promieniowania izotopu  $^{241}\text{Am}$ , metoda mikroskopii optycznej (ASTM C457), optycznej mikroskopii fluorescencyjnej Nordtest NT Build 361, skaningowej mikroskopii elektronowej z detektorem elektronów odbitych BEI czy metoda akustyczno-ultradźwiękowa.

W Polsce do tej pory nie ma oficjalnego dokumentu normatywnego dotyczącego metod określania składu betonu oprócz instrukcji ITB: nr 212 – „Instrukcja określania składu stwardniałego betonu wykonanego z cementu portlandzkiego i żwiru lub wapienia oraz piasku” z 1978 r., nr 277 – „Instrukcja określania składu stwardniałego betonu” z 1986 r. oraz nr 357/98 – „Badania składu fazowego betonu”. Należy podkreślić, że instrukcje ITB nie biorą pod uwagę nowych rodzajów cementów, dodatków oraz kruszyw, przez co mogą być obecnie nieaktualne. W powszechnym użyciu są bowiem cementy z różnym rodzajem dodatków, zmieniła się również jakość kruszyw. W dalszych etapach pracy przewiduje się sprawdzenie tej metody do odtworzenia składów betonów z obecnie stosowanych surowców. Opracowana metoda będzie wykorzystywana przy wykonywaniu ekspertyz dotyczących między innymi oceny zgodności betonu wbudowanego w konstrukcji z projektem.

\*

T e m a t: 3NS21O14

PIOTR ZAPOLSKI

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

Badania mające na celu określenie wpływu wanadu i arsenu wprowadzanych do pieca obrotowego z paliwami alternatywnymi na przebieg procesu klinkieryzacji zostały przeprowadzone na mące piecowej przemysłowej, do której dozowano po 1% wagowym  $V_2O_5$  i  $As_2O_3$ . Tak przygotowane próbki wypalono w temperaturach 1000°C, 1100°C, 1200°C, 1300°C, 1350°C, 1400°C i 1450°C. Wykonano badanie zmian zawartości wolnego wapna w poszczególnych próbkach. Wyniki pokazały obniżenie ilości wolnego wapna w przedziale temperatur od 1000°C do 1200°C. Natomiast od temperatury 1300°C nastąpił wzrost ilości wolnego wapna, osiągając w próbkach z wanadem 3% w temperaturze 1450°C, gdzie w próbce kontrolnej stwierdzono 1,35%. Podobne zachowanie obserwowane było w próbkach z arsenem.

Badanie XRD z analizą Rietvelda pokazało zmniejszenie ilości  $C_3S$  wraz ze wzrostem  $C_2S$ , co razem z wynikami ilości wolnego wapna świadczy o zmianie warunków tworzenia się fazy  $C_3S$  w stosunku do klinkieru kontrolnego. We wszystkich próbkach badanych pod mikroskopem optycznym stwierdzono, że struktura petrograficzna kryształów  $C_3S$  i  $C_2S$  zawiera się w przedziale 10–80  $\mu m$ , kryształy alitu charakteryzują się nieregularnymi bądź pseudoheksagonalnym przekrojem, a przekrój kryształów belitu jest przeważnie izometryczny. W klinkierze kontrolnym faza ciekła o składzie gliniano-żelazianowym, w której  $C_3A$  i  $C_4AF$  średnio występują mniej więcej w równych ilościach, ale są również obszary, gdzie zaznacza się przewaga brownmillerytu, natomiast w pozostałych klinkierach w fazie ciekłej o składzie gliniano-żelazianowym dominuje w wielu obszarach  $C_4AF$ . Klinkier otrzymany z próbki kontrolnej zawierał mniejsze ilości belitu w stosunku do klinkierów z tlenkiem wanadu oraz tlenkiem arsenu. Badania wpływu metali ciężkich wanadu i arsenu dozowanych do próbek jako tlenki w ilości 1% pokazały brak wpływu na właściwości fizyczne cementów, tj.: wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie, początek i koniec czasu wiązania.

\*

T e m a t: 3NS11O14

PAWEŁ LIS

### **Wpływ metakaolinitu na proces hydratacji cementu**

Celem niniejszej pracy było rozeznanie możliwości zastosowania prażonych łupków karbońskich jako składnika materiałów wiążących, takich jak np. cement. Koszty otrzymywania głównego składnika cementu portlandzkiego – klinkieru

oraz możliwość uzyskiwania szczególnych właściwości mieszanki betonowej, uzasadniają konieczność badania dotyczącego pozyskiwania nowych surowców do ich wytwarzania. Dodatkowo istotny aktualnie problem ograniczania emisji CO<sub>2</sub>, powstającego w dużych ilościach podczas produkcji klinkieru stanowi kolejny argument za koniecznością ograniczania ilości klinkieru, w masie cementu na korzyść innych składników.

Materiałów posiadających potencjalne właściwości wiążące poszukuje się między innymi wśród zalegających na hałdach odpadów przemysłowych, takich jak będący przedmiotem niniejszej pracy łupki karbońskie. Celem pracy było badanie łupków karbońskich oraz metakaolinitu – aktywowanego termicznie minerału ilastego kaolinitu – występującego w wyprażonych łupkach. Materiał ten, posiadający właściwości pucolanowe, może być stosowanym jako składnik CEM II (portlandzkich wieloskładnikowych) oraz CEM IV (pucolanowych).

Przyjęta metodyka zakładała badania modelowe polegające na dookreśleniu właściwości pucolanowych metakaolinitu oraz charakterystyki produktów hydratacji cementu z zawartością tego składnika w celu naświetlenia mechanizmów reakcji hydratacji i produktów tego materiału. Badania technologiczne polegały natomiast na określeniu właściwości (w tym również normowych) cementów zawierających różne, dopuszczalne normowo, ilości łupka karbońskiego. Przeprowadzone zostały badania w celu określenia optymalnej temperatury, w jakich łupki o różnym składzie mineralnym wykazują najkorzystniejsze właściwości pucolanowe oraz właściwości cementów zawierających w swoim składzie różną ilość wybranego uprzednio materiału.

\*

T e m a t: 3NS24K14

TOMASZ FOSZCZ, PELAGIA LASKA-JÓZEF CZAK

### **Badania zawartości szkodliwych pierwiastków i związków w pyłach z pieców obrotowych (CKD) w procesie produkcji cementu**

Celem pracy było opracowanie sposobu oznaczania w pyłach CKD zawartości pierwiastków i związków, które mogą szkodzić procesowi produkcji cementu (głównie chlorek potasu i siarczan sodu). W ramach badań wytypowano dwadzieścia próbek pyłów bypassowych i pyłów z pieców obrotowych z kilku cementowni na terenie Polski, które następnie przebadano pod kątem ich składu chemicznego oraz fazowego. Ponieważ oznaczenie zawartości związków przy użyciu jednej metody analitycznej jest bardzo trudne, zastosowano kilka metod jednocześnie. Były to: fluorescencja rentgenowska, dyfrakcja rentgenowska, metody chemii „mokrej”, absorpcja atomowa oraz analiza termiczna.

Otrzymane wyniki pozwalają na sformułowanie wniosku, że dokładna analiza składu chemicznego pyłów z bocznika oraz pyłów CKD nie jest możliwa przy wyko-

rzystaniu tylko jednej metody analitycznej. Obróbka termiczna tych materiałów powoduje ulatnianie (całkowite lub częściowe) zawartych w nich związków lotnych, co prowadzi do znacznej zmiany składu chemicznego – to ogranicza na przykład możliwości zastosowania analizy metodą XRF po przygotowaniu próbki przez stapianie. Na wartość straty prażenia mają wpływ nie tylko zawartość wilgoci, wodorotlenków i węglanów, ale również kilku związków lotnych – przede wszystkim chlorku potasu. Z analitycznego punktu widzenia, dobrym rozwiązaniem byłoby wyznaczanie straty prażenia przy użyciu metod termicznych (TG/DTA czy DSC), to jednak znacznie wydłużyłoby czas i koszt analizy. Głównym związkiem lotnym w tych materiałach jest sylwin – chlorek potasu, jednak zarówno potas, jak i chlor mogą być związane także z innymi pierwiastkami, co uniemożliwia zastosowanie uproszczenia wyznaczania zawartości KCl poprzez określenie zawartości chloru lub potasu. W obecności dużych ilości soli kwasów nietlenowych, traci sens podawanie składu chemicznego materiałów w postaci tlenkowej – przykładowo, należałoby tu raczej podawać zawartość KCl oraz – jednocześnie – zawartość  $K_2O$  związanego w innej postaci (np.  $K_2SO_4$ ), zastosowanie przybliżenia tlenkowego spowoduje, że suma tak wyrażonych stężeń przekroczy znacznie 100%.

\*

T e m a t: 3NS07G14

MAŁGORZATA NIZIURSKA

### **Wpływ wybranych dodatków modyfikujących na proces hydratacji spoiwa dwuskładnikowego – cementu portlandzkiego i cementu glinowego**

Celem realizacji projektu 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. Dodatki przyspieszające wiązanie i twardnienie cementu glinowego są powszechnie stosowane przy produkcji zapraw budowlanych. Uzyskanie zapraw klejowych szybkowiązających o przyczepności min. 0,5 MPa po 6 h od zarobienia z wodą wymaga np. odpowiedniego doboru spoiw oraz dodatków modyfikujących.

W ramach niniejszej pracy wykonano badania mające ocenić wpływ dodatku węglanu litu na czas wiązania i wytrzymałość zapraw z cementu glinowego oraz ich porowatość. Badaniami objęto zaprawy z dodatkiem węglanu litu przy zastosowaniu różnej ilości domieszki w zakresie wytrzymałości w normowych terminach badania. Przedstawione wyniki badań obejmują również wpływ wytypowanej optymalnej ilości węglanu litu na wytrzymałość zapraw we wczesnym etapie hydratacji oraz w czasie dłuższym niż wymagania normowe.

Przedstawione wyniki dowodzą istotnego wpływu węglanu litu na przyspieszenie wiązania cementu glinowego, co skutkuje uzyskaniem znacznie większej wytrzymałości zapraw we wczesnym etapie hydratacji. Jednocześnie zastoso-

wanie domieszki powoduje zahamowanie narastania wytrzymałości po 6 h od wymieszania z wodą, czego efektem jest znacznie niższa wytrzymałość końcowa niż zapraw z cementu glinowego bez węgla litu.

\*

T e m a t: 3NS27G14

PAWEŁ PICHNIARCZYK

### **Wpływ metylocelulozy na hydratację cementu portlandzkiego**

W oparciu o dotychczasowe wyniki realizacji tego tematu można stwierdzić, że jest to bardzo ciekawy problem naukowy, a jego rozwiązanie pozwoli na wyjaśnienie roli eterów celulozy w materiałach budowlanych, w których jako spoiwo stosowano cement portlandzki.

Doświadczenie mające na celu zbadanie wpływu dodatku metylocelulozy na równoczesną reakcję alitu i C3A z wodą przeprowadzono w trzech seriach: dwie fazy bez dodatków, dwie fazy z dodatkiem gipsu oraz oba te przypadki z dodatkiem metylocelulozy. Stosowano metylocelulozę o lepkościach plastycznych wynoszących 40 i 70 Pa·s.

Z wymienionych wyżej materiałów przygotowano serię sześciu zestawów w proporcjach 86% alitu i 14% C3A. Proporcje tych faz w mieszaninie dobrano w oparciu o ich przeciętną zawartość w kilku cementach przemysłowych, która jest zwykle bliska: alit – 60%, C3A – 10%. Stałe były także dodatek gipsu wynoszący 9% masy alitu oraz 0,3% masowego metylocelulozy w odniesieniu do całej masy próbki. Skład zestawów był zatem następujący: alit + glinian trójwapniowy bez dodatków, alit + glinian trójwapniowy + gips, alit + glinian trójwapniowy + MC-40, alit + glinian trójwapniowy + MC-70, alit + glinian trójwapniowy + MC-40 + gips oraz alit + glinian trójwapniowy + MC-70 + gips.

Proces hydratacji przerywano po upływie 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 oraz 168 godzin. Jakościowy skład fazowy próbek oznaczano rentgenograficznie. Przebieg procesu hydratacji zestawów zbadano również przy zastosowaniu mikrokalorimetrii.

Uzyskane wyniki doświadczalne pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- 1) dodatek metylocelulozy zmniejsza szybkość reakcji mieszaniny alitu z C3A,
- 2) brak jest wyraźnych różnic we wpływie metylocelulozy o lepkościach 40 i 70 Pa·s,
- 3) C3A w obecności gipsu przyśpiesza hydratację alitu, zarówno w próbce bez eteru celulozy, jak i z jej domieszką,



- 4) w przypadku próbek zawierających dodatek gipsu wpływ metylocelulozy jest znacząco mniejszy na proces hydratacji mieszaniny alitu i glinianu trójwapniowego,
- 5) dodatek metylocelulozy modyfikuje pokrój kryształów gipsu.

\*

T e m a t: 3NS28G14

KRZYSZTOF NOSAL

### **Wpływ zanieczyszczeń zawartych w wodzie przeznaczonej do sezonowania zapraw klejowych do płytek na przyczepność po zanurzeniu w wodzie**

Celem pracy było określenie wpływu zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie przeznaczonej do sezonowania zapraw klejowych na przyczepności po zanurzeniu w wodzie.

Podstawową właściwością kleju do płytek jest przyczepność po różnych warunkach sezonowania symulujących rzeczywiste warunki stosowania badania. Zgodnie z normą wykonawczą PN-EN 1348: 2008 – Kleje do płytek. Oznaczanie przyczepności dla klejów cementowych, jedną z takich właściwości jest przyczepność po zanurzeniu w wodzie. Laboratoria badawcze wykonują wiele badań z wykorzystaniem wody jako medium do sezonowania próbek. W normie przedmiotowej nie określono jednak wymagań odnośnie do rodzaju tej wody, natomiast badania przeprowadzone w Zakładzie Gipsu i Chemii Budowlanej potwierdziły wpływ wody zastosowanej jako medium do sezonowania na przyczepności zapraw klejących po zanurzeniu w wodzie.

W badaniach wpływu wody do sezonowania porównano wytrzymałości sześciu klejów do płytek o zróżnicowanych parametrach na trzech wytypowanych wodach:

- woda destylowana jednokrotnie za pomocą destylatora elektrycznego,
- woda wodociągowa,
- woda „kranowa”, tj. wodociągowa, przechodząca przez filtr mechaniczny i stację uzdatniania wody, zmniejszającą zawartość soli wapnia i magnezu za pomocą tabletek solnych – chlorku sodu.

Na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych można stwierdzić, że woda zastosowana do sezonowania ma duży wpływ na przyczepność zapraw klejących. Próbki przechowywane w wodzie destylowanej charakteryzują się w większości wypadków wyższą przyczepnością niż te przechowywane w wodzie wodociągowej czy zmiękczonej wodzie „kranowej”. W zależności od zastosowanej wody do sezonowania próbek można uzyskać wyniki wytrzymałości po zanurzeniu w wodzie, które spełniają wymagania normy bądź takie, które ich nie spełniają. Na podstawie uzyskanych wyników okazuje się konieczne wprowadzenie zmian w przedmiotowej normie.

\*

T e m a t: 3NS29G14

MAŁGORZATA NIZIURSKA

**Określenie korelacji wyników przyczepności zapraw klejowych do styropianu po różnych okresach sezonowania oraz wpływu zastosowanego podłoża na rozrzut wyników**

Celem realizacji badań było określenie korelacji przyczepności zapraw klejowych do styropianu po różnych okresach sezonowania oraz wpływu zastosowanego podłoża na rozrzut wyników. W ramach realizowanej pracy podjęto badania w celu wyznaczenia korelacji pomiędzy wartościami przyczepności normowej a przyczepnością wstępną oraz jednocześnie oceny wpływu niejednorodności podłoża (styropianu) na niepewność uzyskiwanych wyników. Badania równoległe prowadzone były w innym niezależnym laboratorium jednego z producentów zapraw klejowych.

Badania zaprawy klejowej obejmowały przyczepność do styropianu po 2, 7, 14, 21 i 28 dniach dla próbek przechowywanych w warunkach powietrzno-suchych.

W toku prac nie udało się wyznaczyć korelacji pomiędzy wynikami badań przyczepności dla któregośkolwiek z przyjętych terminów badań. Na podstawie przeprowadzonych badań nie wykazano korelacji pomiędzy wynikami przyczepności po różnych okresach sezonowania w żadnym laboratorium. Oznacza to, że nie można na podstawie wyników przyczepności po normowych 28 dniach sezonowania stwierdzić, jaka jest wytrzymałość wczesna, czyli po 24 h, 48 h czy nawet 14 dniach. Brak korelacji, a zatem brak możliwości określenia przyczepności wczesnej na podstawie wyników uzyskanych po 28 dniach sezonowania wskazuje na konieczność określenia przyczepności wczesnej w oparciu o przeprowadzone badania. Badania pokazały też jak istotny jest wpływ niejednorodności podłoża styropianowego na powtarzalność uzyskiwanych wyników przyczepności. Stanowi to potwierdzenie konieczności niezależnego potwierdzania przyczepności zapraw klejowych po krótkim czasie sezonowania oraz w terminie wymaganym normą.

\*

T e m a t: 3NS30G14

MICHAŁ WIECZOREK

**Wpływ włókien celulozowych na właściwości zapraw klejowych do płytek**

Celem realizacji projektu było sprawdzenie i określenie wpływu długości i rodzaju włókien celulozowych na właściwości zapraw klejowych do płytek. Zastosowanie dodatków chemicznych w zaprawach klejowych do płytek, których udział na ogół nie przekracza kilku procent masy suchej mieszanki, pozwala na znaczne ograniczenie lub wręcz wyeliminowanie typowych wad mie-

szanek przy jednoczesnej poprawie przygotowania, użycia i obróbki zaprawy oraz przyczepności do klejonych podłoży. Dodatki pozwalają też na uzyskanie właściwości specjalnych klejów do płytek, takich jak obniżony spływ, wydłużony czas otwarty, wysoka elastyczność czy zdolność do szybkiego wiązania i twardnienia.

Do badań wytypowano pięć rodzajów włókien dostępnych na rynku i różniących się długością. Zakres badań obejmował właściwości normowe (według PN-EN 12004) oraz robocze przygotowanych zapraw klejowych. Wyniki badań wykazały, że dodatek włókien nie wpływa zasadniczo na wartości przyczepności oznaczonej w badaniach po różnych warunkach kondycjonowania. W przypadku badań czasu otwartego zaobserwowano zmniejszenie przyczepności zapraw z dodatkiem włókien oznaczanej w badaniach czasu otwartego zapraw klejowych. Bardzo korzystny wpływ włókien potwierdzają badania normowe spływu według PN-EN 1308, z których wynika, iż dodatek włókien celulozowych wydatnie zmniejsza tendencje zaprawy do spływania. Podobnie jak w przypadku badań wytrzymałościowych, wyniki analiz odkształcenia poprzecznego zapraw klejowych z dodatkiem włókien nie wykazały jednoznacznie na znaczącą poprawę wartości ugięcia, przy którym następuje pęknięcie badanych próbek zaprawy. Ocena właściwości roboczych zaprawy wykazała łatwiejsze mieszanie z wodą i szybszą homogenizację próbek z dodatkiem włókien celulozowych. Stwierdzono również wyraźnie łatwiejsze nakładanie i rozprowadzanie w porównaniu do zaprawy bazowej. Dodatek włókien pozwolił na redukcję kleistości do narzędzi.

\*

T e m a t: 3NS35T14

ANNA KUŚNIERZ, LESZEK STOCH

**Rozeznanie możliwości uruchomienia nowych badań – oznaczania LZO (lotnych związków organicznych) zgodnie z Dyrektywą 2004/42/WE metodą chromatografii gazowej z zastosowaniem spektrometru mas**

Celem pracy było rozeznanie możliwości uruchomienia nowych badań zgodnie z Dyrektywą 2004/42/WE. Dotyczy to badań oznaczania lotnych związków organicznych w farbach i lakierach stosowanych w materiałach budowlanych. Uruchomienie nowych badań zwiększyłoby ofertę badawczą Oddziału Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie i pozwoliłoby na kompleksowe badania materiałów budowlanych oraz lepsze wykorzystanie posiadanej aparatury.

Lotne związki organiczne występują jako uboczne produkty w wielu procesach przemysłowych i stanowią źródło zanieczyszczeń środowiska. Z tego względu istnieją normy ograniczające ich emisję do środowiska, poprzez określenie dopuszczalnych wartości maksymalnej zawartości LZO w produktach. Zakład

Technologii Szkła posiada podstawową aparaturę do realizacji tematu, konieczne jest jednak doposażenie stanowiska badawczego o elementy potrzebne do analiz LZO oraz przeszkolenie personelu. Przeanalizowano szczegółowo dostępną literaturę oraz wymagania w kontekście już posiadanej aparatury badawczej oraz niezbędnych elementów, potrzebnych do analiz LZO. Rozesłano zapytanie ofertowe do firm zajmujących się aparaturą chromatograficzną. Z uwagi na brak dotychczasowego doświadczenia w analizach środowiskowych, przeprowadzono również poszukiwania wykonawcy do przeprowadzenia niezbędnego szkolenia.

Szczegółowa analiza dostępnej literatury oraz wymagań dotyczących metodyki pozwoliła opanować istotną wiedzę na temat analizy LZO metodą chromatograficzną. Szczegółowa analiza odnosząca się do uzupełnienia potrzebnej aparatury badawczej zmniejszy do niezbędnego minimum czas potrzebny na wytypowanie i zakup koniecznego oprzyrządowania. Poszukiwanie potencjalnych dostawców pozwoliło na lepsze rozeznanie dostępnych na rynku rozwiązań aparaturowych oraz szkoleń na temat analiz środowiskowych. Poszukiwania informacji dotyczących analiz LZO pozwoliły również na lepszą orientację w temacie potencjalnych zleceniodawców.

\*

T e m a t: 3NS05N14

WIESŁAW KURDOWSKI

### **Ustalenie optymalnych warunków zabezpieczania zapraw cementowych przed korozją siarczanową za pomocą faz barowych**

Celem pracy było opracowanie technologii zabezpieczania betonów przed korozją siarczanową, która opiera się na dodatku do cementu krzemianu dwuwapniowego zawierającego bar w roztworze stałym. Można także uzupełniać ten dodatek fazami barowymi glinianowymi lub ferrytowymi.

Przeprowadzono doświadczenia polegające na dodawaniu do cementu portlandzkiego krzemianu dwuwapniowego zawierającego różne ilości baru w formie roztworu stałego i wyznaczono korzystny skład tej fazy. Ustalono także jej korzystny skład ziarnowy dodawanego krzemianu oraz zbadano równoczesny dodatek dwóch faz zawierających bar – krzemianu i glinianu.

Potwierdzono łatwe uzyskiwanie krzemianu dwuwapniowego, zawierającego zmienne ilości baru w roztworze stałym, ustalono korzystny skład krzemianu dwuwapniowego i dodatek oraz jego uziarnienie. Jest to  $0,1 \text{ Ba}_2\text{SiO}_4 \cdot 0,9 \text{ Ca}_2\text{SiO}_4$  o uziarnieniu zawartym w przedziale  $0,63 \mu\text{m}$ . Potwierdzono również łatwą możliwość powstawania glinianu baru  $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  w trakcie produkcji klinkieru portlandzkiego w piecu obrotowym.