

Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych

**Energia i środowisko w technologiach
materiałów budowlanych,
ceramicznych, szklarskich
i ogniotrwałych**

Praca zbiorowa pod redakcją naukową
Jerzego Dudy
Krzysztofa Szamałka

Warszawa–Opole 2010

Rozdział 13

ALBIN GARBACIK*
ZBIGNIEW GIERGICZNY**
MICHAŁ GLINICKI***
JACEK GOŁASZEWSKI****

Założenia Projektu Strukturalnego Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka „Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego”

Celem projektu „Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego” jest opracowanie innowacyjnej i efektywnej kosztowo technologii nowych spoiw cementowych oraz betonów powstałych z wykorzystaniem popiołów lotnych wapiennych, będących efektem spalania węgla brunatnego w elektrowniach. W rozdziale przedstawiono genezę, przedmiot, cele, założenia i program projektu. Wdrożenie efektów projektu praktycznego stosowania może wygenerować następujące korzyści gospodarcze i techniczne: ograniczenie kosztów wytwarzania cementu dzięki redukcji emisji CO₂ w procesie produkcyjnym, możliwość użycia nowego materiału (wapniowych popiołów lotnych) w miejsce coraz trudniej dostępnych żużla wielkopieczowego i popiołu lotnego krzemionkowego, rozszerzenie bazy surowcowej dla przemysłu cementowego i betonów, możliwość wykonania nowych, dotychczas nie produkowanych w Polsce, rodzajów cementów o właściwościach istotnych z punktu widzenia krajowego rynku budowlanego oraz utrzymanie konkurencyjności przemysłu cementowego.

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

** Dr hab. inż., Politechnika Śląska w Gliwicach, Górażdże Cement S.A.

*** Doc. dr hab. inż., Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.

**** Dr hab. inż., Politechnika Śląska w Gliwicach.

1. Wprowadzenie

Ostatnie lata przyniosły bardzo znaczący, wręcz skokowy, rozwój technologii betonu. Konsekwencją tego było pojawienie się w budownictwie koncepcji technologicznych betonów nowej generacji, obejmujących m.in.:

- beton wysokowartościowy o wysokiej trwałości w środowiskach agresywnych, projektowany na podstawie modeli mikrostrukturalnych i mechanicznych;
- beton „przyjazny dla środowiska” – charakteryzujący się niską energochłonnością produkcji i niskimi emisjami do atmosfery, umożliwiający zagospodarowanie odpadów przemysłowych bądź nawet immobilizację związków toksycznych zawartych w odpadach;
- beton „przyjazny dla ludzi” – umożliwiający poprawę warunków pracy, eliminację prostych czynności na budowie, cichy, estetyczny.

Kluczową rolę we wszystkich tych koncepcjach odgrywają spoiwa cementowe, a jednym z najważniejszych kierunków ich rozwoju jest wykorzystanie dodatków mineralnych, dostępnych głównie jako uboczne produkty procesów przemysłowych.

Wykorzystanie dodatków mineralnych, obok poprawy właściwości betonu (zwłaszcza w aspekcie jego odporności na agresywne oddziaływanie środowiska), pozwala również na uzyskanie wielu korzyści ekologicznych w postaci przede wszystkim: zmniejszenia emisji CO₂, zaoszczędzenia zasobów surowców naturalnych, zmniejszenia energii zużywanej do produkcji cementu i betonu, efektywnego zagospodarowania odpadów skutkującego m.in. zmniejszeniem powierzchni składowisk i kosztu składowania odpadów przemysłowych. Tym samym wykorzystanie dodatków mineralnych w technologii betonu doskonale wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju, która obecnie w dużym stopniu determinuje wzrost gospodarczy.

Najczęściej stosowanymi do spoiw cementowych i betonów dodatkami mineralnymi są popioły lotne krzemionkowe, uzyskiwane ze spalania węgla kamiennego w paleniskach konwencjonalnych, zmielony granulowany żużel wielkopiecowych oraz pył krzemionkowy. W Polsce ponad 30% energii elektrycznej pochodni jednak ze spalania węgla brunatnego w kotłach konwencjonalnych. W wyniku tego powstaje również ok. 4 mln Mg popiołów lotnych wapiennych. Ten rodzaj popiołów wyróżnia się bogatszym od popiołów lotnych krzemionkowych składem chemicznym i mineralnym. Charakteryzuje się wysoką zawartością wolnego wapna i związków siarki oraz znaczną zmiennością składu i uziarnienia w czasie, nawet z jednej elektrowni. Skład popiołu lotnego zapewnia właściwości pucolanowo-hydrauliczne. Jest on wymieniany w normie cementowej PN-EN 197-1 w grupie dodatków pucolanowych, stosowanych jako składnik do produkcji cementu.

Właściwości popiołów lotnych wapiennych są również przedmiotem norm i specyfikacji technicznych dotyczących wielu innych rozwiązań technologicznych produkcji materiałów budowlanych. Uwzględniając jednak zapisy normy PN-EN 206-1: Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, w technologii betonów konstrukcyjnych mogą być stosowane wyłącznie popioły lotne krzemionkowe spełniające wymagania normy PN-EN 450-1: Popiół lotny do betonu. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności jako dodatku aktywnego typu II betonu. Norma ta nie wymienia popiołów lotnych wapiennych. Nie można jednak wykluczyć, że w wyniku prac badawczych, prowadzonych nad stosowaniem takich popiołów lotnych, sytuacja ta w przyszłości nie ulegnie zmianie.

W kraju popiół lotny wapienny praktycznie nie jest stosowany w technologii produkcji cementu i betonu. Jako podstawowe powody takiego stanu można wskazać:

- wymienione wcześniej charakterystyki jego składu, czyli wysoką zawartość wolnego wapna i wysoką zawartość związków siarki, które wywierają potencjalnie negatywny wpływ na właściwości betonu;
- bardzo duże wahania jakości materiału, związane ze zmiennością składu chemicznego, fazowego i uziarnienia;
- preferowanie wykorzystywania w przemyśle cementowym i technologii betonu wyłącznie popiołów krzemionkowych.

Należy zaznaczyć, że dotychczas ukazało się stosunkowo niewiele prac naukowo-badawczych na temat wykorzystania popiołów lotnych wapiennych do produkcji cementu i jako dodatku typu II do betonu. Skutkuje to bardzo ograniczoną dostępnością systematycznych wyników badań, kompleksowo ujmujących efekty stosowania popiołów lotnych wapiennych w betonie, zwłaszcza w aspekcie trwałości i doświadczeń z zastosowań praktycznych. Przeprowadzone szerokie studia literaturowe [1-27] oraz analiza istniejących dokumentów odniesienia (norm i aprobat technicznych) pokazały, że materiał ten może być składnikiem głównym cementu (popiół lotny wapienny W zdefiniowany w normie PN-EN 197-1:2002), dodatkiem typu II w składzie betonu (norma amerykańska ASTM C618, norma kanadyjska CAN/CSA-A23.5-98) oraz stanowić może podstawowy składnik spoiw stosowanych w stabilizacji gruntów, wzmacniania podłoża i innych pracach związanych z budownictwem drogowym. W tym celu wymagane jest jednak przeprowadzenie pełnego cyklu badań, mających opracować technologie produkcji cementu z zastosowaniem popiołu lotnego wapiennego jako składnika głównego cementu i określić zakres stosowania takich cementów w budownictwie. Konieczne są również systematyczne analizy, których celem winno być sprawdzenie możliwości i warunków efektywnego wykorzystania popiołów lotnych wapiennych jako dodatku do betonu.

Realizacji tego zadania podjęto się specjalnie w tym celu utworzone Konsorcjum „Smart Concrete”, składające się z trzech instytucji: Politechniki Śląskiej, będącej liderem Konsorcjum, Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szklą i Materiałów Budowlanych w Krakowie oraz Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. Instytucje te specjalizują się w analizach badawczych i aplikacyjnych oraz posiadają duże doświadczenie w realizacji innowacyjnych badań w zakresie technologii spoiw budowlanych i betonu, dysponują także kadrami naukowo-badawczą o wysokich kwalifikacjach oraz specjalistycznym zapleczem badawczym. W roku 2009 Konsorcjum wystąpiło z wnioskiem o dofinansowanie projektu pt.: Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Priorytet 1: Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.2: Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych. Wniosek ten został rekomendowany do finansowania pod koniec 2009 r., a od 2010 r. rozpoczęła się realizacja zaplanowanych w jego ramach prac naukowo-badawczych. W prezentowanym rozdziale przedstawiono cele, zakres, założenia i program badań projektu oraz przewidywane jego efekty.

2. Przedmiot i cele projektu

Przedmiotem projektu jest opracowanie innowacyjnej, efektywnej kosztowo, technologii nowych spoiw cementowych oraz betonów powstałych z wykorzystaniem popiołów lotnych wapiennych, będących efektem spalania węgla brunatnego w elektrowniach. Wykorzystanie popiołu lotnego wapiennego w składzie cementu i/lub betonu pozwoli na uzyskanie wielu efektów ekologicznych (zmniejszone zużycie klinkieru cementowego, zmniejszona emisja CO₂, oszczędzone zasoby surowców naturalnych, zmniejszona powierzchnia składowisk i kosztów składowania), co bardzo dobrze wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju, która znacząco wpływa na wzrost gospodarczy.

Celem strategicznym projektu jest podniesienie konkurencyjności polskiego przemysłu cementowego i dziedzin gospodarki od niego zależnych. Dzięki opracowanym w ramach projektu technologiom wykorzystania popiołów lotnych wapiennych, otrzymają one możliwość dalszego efektywnego funkcjonowania z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju.

Celami szczegółowymi projektu są:

- opracowanie technologii produkcji spoiw cementowych dla budownictwa, zawierających w swoim składzie popiół lotny wapienny;
- opracowanie wytycznych technologicznych zastosowania popiołu lotnego wapiennego jako dodatku do betonu typu II;

- opracowanie wytycznych technologicznych zastosowania popiołu lotnego wapiennego jako składnika cementu i dodatku do betonu konstrukcyjnego, samozagęszczalnego i wysokowartościowego;
- przeprowadzenie testów w skali laboratoryjnej, półtechnicznej oraz prób technologicznych w dużej skali, wraz z monitorowaniem samonagrzewania betonu;
- opracowanie systemu numerycznego symulacji procesów twardnienia betonów;
- zapewnienie rozwoju młodej kadry naukowej;
- doposażenie laboratoriów naukowych w sprzęt badawczy i oprogramowanie;
- zapewnienie wdrożenia technologii poprzez szeroką akcję promocyjną.

Podstawowymi efektami (produktami) projektu w rozumieniu rynkowym będą następujące wytyczne i instrukcje:

- wytyczne do metod waloryzacji popiołu lotnego wapiennego;
- wytyczne technologiczne produkcji cementu zawierającego popiół lotny wapienny: cementu portlandzkiego popiołowego CEM II/A, B-W, cementu portlandzkiego wieloskładnikowego CEM II/A, B-M oraz cementu pucolanowego CEM IV/A, B;
- instrukcja stosowania popiołu lotnego wapiennego jako dodatku typu II do betonu;
- wytyczne stosowania cementów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego w budownictwie.

Efekty projektu będą udostępnione w formie publikacji nieodpłatnie, za pośrednictwem strony internetowej Politechniki Śląskiej, po jego zakończeniu. Przedstawione też zostaną w wydawnictwach oraz raportach na konferencjach, a także w czasopiśmie naukowych i technicznych.

3. Założenia i program projektu

Główne założenia techniczne projektu obejmują ocenę wpływu popiołów lotnych wapiennych dodanych do klinkieru podczas produkcji cementu oraz dodatku tych popiołów jako dodatek typu II do betonów konstrukcyjnych, co wpłynie na ich właściwości mechaniczne, a zwłaszcza na trwałość. W szczególności zostanie określona ilość popiołu lotnego wapiennego, jaką można stosować bez pogorszenia właściwości betonów, oraz do jakich konstrukcji można stosować betony z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego.

W związku z tym w ramach projektu przewidziano następujące podstawowe działania:

- badania i ocena zakresu zmian jakości popiołów lotnych wapiennych, stanowią one podstawę do określenia możliwości stabilizacji i modyfikacji właściwości popiołów lotnych wapiennych przez aktywację fizykochemiczną materiału;
- określenie rozwiązań waloryzacji popiołów lotnych wapiennych do produkcji cementu i betonu;
- produkcja i badania właściwości cementów z dodatkiem popiołów lotnych wapiennych dla szerokiego zakresu rodzajów cementów z tym składnikiem, ujętych w normie PN-EN 197-1 dla cementów powszechnego użytku;
- badania mieszanek betonowych i betonów z cementów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego i z popiołem lotnym wapiennym jako dodatkiem typu II;
- badania trwałości betonów na agresywne oddziaływanie środowiska w zakresie uwzględniającym wszystkie klasy ekspozycji, określone w normie PN-EN 206-1;
- badania w celu określenia i sprawdzenia możliwości wykorzystania popiołów lotnych wapiennych w betonach nowej generacji: wysokowartościowych i samozagęszczalnych;
- uzupełniające badania mikrostruktury i zjawisk procesów twardnienia betonów, prowadzone w aspekcie oceny oddziaływania na nie popiołów lotnych wapiennych;
- podanie wytycznych technologicznych produkcji cementów wieloskładnikowych z udziałem popiołów lotnych wapiennych, z wytypowaniem optymalnych rodzajów cementów, z uwagi na warunki techniczne i efektywność produkcji oraz możliwości stosowania ich do betonu;
- podanie wytycznych technologicznych stosowania popiołu lotnego wapiennego W jako aktywnego dodatku typu II do betonu, z opracowaniem dokumentacji technicznej mającej na celu nowelizację norm, które będą uwzględniały popioły lotne wapienne jako dodatek aktywny typu II do betonu.

W ogólnym programie badawczym wyróżniono cztery etapy jego realizacji.

Etap I – Badania zmienności jakości popiołów lotnych wapiennych. Obejmuje on bardzo intensywny monitoring właściwości tego rodzaju popiołów lotnych pobieranych w wytypowanych zespołach elektrowni. Zakres badań pobieranych prób uwzględnia podstawowe właściwości popiołu, z uwagi na uwarunkowania technologii produkcji cementu i betonu. Będą to oznaczenia: uziarnienia, strat prażenia, zawartości reaktywnego wapna i krzemionki oraz tlenków kształtujących właściwości hydrauliczno-pucolanowe popiołów: Al_2O_3 , CaO , SO_3 i SiO_2 . Monitoring składu fazowego obejmować będzie oznaczenia zawartości anhydrytu, wolnego wapna, kwarcu, peryklazu, a także fazy szklistej oraz części palnych. Wymienione badania uzupełnione będą oznaczeniami w zakresie

właściwości wymienianych w normie PN-EN 197-1 dla popiołów lotnych wapiennych, oznaczeniami promieniotwórczości naturalnej oraz badaniami koncentracji metali ciężkich i ich wymywalności. Badane będą próbki jednostkowe pobrane w ramach monitoringu zmienności jakości popiołu oraz partie popiołu przeznaczone do realizacji zadań związanych z produkcją cementów i betonów z popiołem wapiennym.

Etap II – Badania aktywności pucolanowo-hydraulicznej popiołów i próby ich uzdatniania. Zakres badań uwzględni analizę zależności aktywności popiołów lotnych wapiennych od zmian składu chemicznego i fazowego oraz stopnia rozdrobnienia. Założono, że w trakcie tego etapu określone zostaną możliwości poprawy aktywności pucolanowo-hydraulicznej popiołu lotnego wapiennego poprzez różne metody jego aktywacji. Zakres badań uwzględni pomiary porównawcze aktywności pucolanowo-hydraulicznych popiołów lotnych wapiennych o zróżnicowanym składzie chemicznym i fazowym (zawartość Al_2O_3 oraz proporcje tlenków kształtujących właściwości hydrauliczne popiołu, tzn.: Al_2O_3 , SO_3 , z anhydrytu, zawartość reaktywnego wapna i krzemionki oraz różniących się stopniem rozdrobnienia – 2 różne stopnie mialkości). Wymagany stopień mialkości zostanie uzyskany przez mielenie lub separację odpowiedniej frakcji.

Etap III – Badania cementów z dodatkiem popiołów lotnych wapiennych. Program uwzględni badania szerokiej grupy cementów z różnym udziałem popiołu lotnego wapiennego: cementy portlandzkie wapienne, cementy portlandzkie wieloskładnikowe i cementy pucolanowe (ogółem przewiduje się badania ponad 30 cementów). Zakres badań cementów obejmować będzie wszystkie cechy charakterystyczne objęte normą PN-EN 197-1 oraz wiele dodatkowych właściwości mogących kształtować cechy betonu. Badania właściwości normowych cementów dotyczyć będą m.in.: oznaczeń zawartości chlorków, siarczanów, części nierozpuszczalnych, strat prażenia, wodożądności, czasu wiązania, stałości objętości, wytrzymałości na zginanie i ściskanie z uwzględnieniem wytrzymałości normowych oraz badań długoterminowych po 56, 91, 182, 364 i 728 dniach twardnienia. Dla celów poznawczych przebiegu procesów hydratacji i twardnienia cementów z popiołem lotnym wapiennym prowadzone będą badania składu fazowego produktów hydratacji w zaczynach cementowych. Dodatkowe badania cementów uwzględnią pomiary: konsystencji zapraw i utratę plastyczności w czasie, skurczu, ciepła hydratacji, retencji wody, dojrzewania w obniżonej temperaturze $8^{\circ}C$, podwyższonej temperaturze $38^{\circ}C$ oraz w warunkach obróbki niskoprężnej $80^{\circ}C$. Przedstawiony program badań cementów z popiołem lotnym wapiennym zakłada badania dla laboratoryjnych i półtechnicznych warunków produkcji (dla wybranych cementów).

Etap IV – Badania betonów. Etap badań betonów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego uwzględni analizy typowych betonów konstrukcyjnych oraz

betonów nowej generacji. Będą one wykonane dla betonów z cementów zawierających popiół lotny wapienny jako jeden ze składników głównych oraz dla betonów z dodatkiem popiołu lotnego jako dodatku typu II. Badane będą właściwości mieszanki betonowej (w tym szczególnie efektywności działania różnych domieszek w obecności dodatku popiołu lotnego wapiennego) oraz właściwości betonu, w tym m.in.: wytrzymałość na ściskanie ze szczególnym uwzględnieniem wytrzymałości krótko- i długoterminowej (co najmniej po 180 dniach), wytrzymałość na zginanie, nasiąkliwość i wodoprzepuszczalność, mrozoodporność określaną metodą objętościową i powierzchniową, skurcz plastyczny i przy wysychaniu. Ponadto, wykonane zostaną badania trwałości, w zakresie uwzględniającym szerokie spektrum środowisk agresywnych i rodzajów korozji betonu (biorąc pod uwagę specyfikę składu popiołu lotnego, a zwłaszcza dużą zawartość wapna i siarczanów). Z powodu podwyższonej zawartości wolnego wapna należy przeciwdziałać przyspieszonej utracie płynności mieszanki betonowej i w konsekwencji pojawianiu się defektów i nieciągłości mikrostruktury, obszarów o podwyższonej porowatości kapilarnej. Z tego samego powodu należy przewidywać zwiększone wydzielanie ciepła podczas hydratacji i przeciwdziałać konsekwencjom polegającym na pojawianiu się spękań w elementach konstrukcyjnych z betonu takich, w których szybkie odprowadzanie ciepła jest ograniczone (elementy masywne). Wysoka zawartość siarczanów powoduje zagrożenia wewnętrzną korozją siarczanową, ujawniającą się opóźnionym tworzeniem ettringitu i mikrorys wskutek reakcji ekspansywnej oraz degradacją systemu porów powietrznych poprzez ich częściowe wypełnienie. Bardzo ważnym etapem prac dotyczących trwałości betonu z popiołem lotnym wapiennym będą badania mikrostruktury stwardniałego betonu, poddanego różnym oddziaływaniom korozyjnym.

Ważnym elementem programu badawczego będzie również monitorowanie zmian właściwości betonu w różnych warunkach wilgotności i temperatury otoczenia. Pomiary obejmować też będą rozkłady temperatur w masywnych elementach betonowych i monitorowanie spękań wywołanych ciepłem hydratacji. Uzyskane wyniki posłużą do identyfikacji parametrów modelu komputerowego i uogólnienia wniosków, co do przydatności cementu z popiołem wapiennym w zastosowaniu do konstrukcji betonowych.

Program badań betonów nowej generacji obejmuje przede wszystkim betony wysokowartościowe i samozagęszczalne z cementów z dodatkiem popiołów lotnych wapiennych i z dodatkiem odpowiednio przygotowanych popiołów lotnych wapiennych. Badania będą uwzględniać specjalne rozwiązania dotyczące, z jednej strony, sposobów projektowania i wykonawstwa mieszanki, a z drugiej strony, monitoringu procesu twardnienia betonu między innymi poprzez analizę mikrostruktury, składu cieczy porowej, rozkładu porów i innych.

W celu realizacji założeń badawczych projektu wydzielono następujące szczegółowe zadania badawcze:

Zadanie 1. Stan wiedzy i techniki wykorzystania popiołów lotnych w produkcji mineralnych materiałów budowlanych. Rezultatem zadania jest raport opisujący istniejący stan wiedzy w zakresie wykorzystania wapniowych popiołów lotnych w produkcji mineralnych materiałów budowlanych.

Zadanie 2. Monitorowanie właściwości fizykochemicznych popiołów lotnych wapiennych W z energetyki zawodowej. Rezultatem zadania jest raport opisujący zmienność jakości popiołów i ich przydatności z uwagi na wymagania technologii cementu i betonu.

Zadanie 3. Ocena aktywności pucolanowo-hydraulicznej popiołów lotnych w funkcji zmienności składu chemicznego i mineralnego oraz rozdrobnienia. Rezultatem zadania będzie raport opisujący możliwości i warunki kształtowania właściwości pucolanowo-hydraulicznych popiołów lotnych wapiennych.

Zadanie 4. Badanie cementów powszechnego użytku zawierających popiół lotny wapienny i określenie ich właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych (skala laboratoryjna). Rezultatem zadania będzie raport określający warunki rozszerzenia bazy dodatków mineralnych w Polsce do produkcji cementu o popioły lotne wapienne.

Zadanie 5. Produkcja i badanie cementów powszechnego użytku, zawierających popiół lotny wapienny i określenie ich właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych (skala półtechniczna). Rezultatem tego zadania będą wyprodukowane w skali półtechnicznej partie cementu z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego.

Zadanie 6. Badanie właściwości mieszanki betonowej wykonanej w oparciu o cementy wyprodukowane w skali półtechnicznej. Rezultatem tego zadania będzie raport charakteryzujący właściwości mieszanki betonowej z cementów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego oraz z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego jako dodatek typu II.

Zadanie 7. Badanie właściwości stwardniałego betonu zawierającego cement z popiołem lotnym wapiennym. Rezultatem tego zadania będzie raport charakteryzujący wpływ cementów powszechnego użytku zawierających popiół lotny wapienny na właściwości betonu.

Zadanie 8. Badania nad możliwością zastosowania popiołu lotnego wapiennego jako dodatku typu II w składzie betonu zwykłego. Rezultatem tego zadania będzie raport charakteryzujący wpływ popiołu lotnego wapiennego jako dodatku typu II na właściwości betonu.

Zadanie 9. Badanie korozji chemicznej betonów i zapraw cementowych. Rezultatem tego zadania będzie raport określający cechy trwałości cementów

i betonów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego, z uwagi na klasy ekspozycji środowiska według normy PN-EN 206-1.

Zadanie 10. Badania nad możliwością zastosowania nowych rodzajów cementów w technologii betonów nowej generacji. Rezultatem tego zadania będzie raport określający efekty zastosowania popiołów lotnych wapiennych w betonach samozagęszczalnych i wysokowartościowych.

Zadanie 11. Ocena szczelności betonu w warunkach wymuszonej migracji mediów. Rezultatem tego zadania będzie raport określający trwałość betonu w środowisku oddziaływania mrozu i zmiennych warunków termiczno-wilgotnościowych.

Zadanie 12. Ocena trwałości betonu w środowisku oddziaływania mrozu i zmiennych warunków ciepłno-wilgotnościowych. Rezultatem tego zadania będą raporty określające mechanizmy oddziaływania popiołów lotnych na efektywność napowietrzania betonu, mikrostrukturę porów powietrznych w betonie z cementami z dodatkiem popiołów wapiennych i popiołem wapiennym stosowanym jako dodatek typu II oraz odporność betonu na agresywne oddziaływanie temperatury, wilgoci i środków odładzających oraz związków tej odporności z właściwościami zaczynu cementowego.

Zadanie 13. Monitorowanie zagrożenia powstania pęknięć w elementach masywnych. Rezultatem tego zadania będzie system numeryczny symulacji procesów twardnienia betonu w elementach masywnych, techniki identyfikacji procesu transportu ciepła i rozwoju spękań w twardniejących elementach betonowych oraz raport techniczny na temat efektów wydzielania ciepła przy hydratacji cementu zawierającego popiół wapienny.

Zadanie 14. Opracowanie wytycznych technicznych stosowania cementów powszechnego użytku z udziałem popiołu lotnego wapiennego oraz stosowania tego rodzaju popiołów jako dodatku typu II do betonów. Efektem tego zadania będą wytyczne techniczne stosowania cementów powszechnego użytku z udziałem popiołu lotnego wapiennego oraz stosowania takich popiołów jako dodatku typu II do betonu.

Zadania badawcze rozpoczęto w styczniu 2010 r., a będą realizowane do czerwca 2013 r. Jak już wspomniano wcześniej, efekty końcowe projektu zostaną udostępnione po jego zakończeniu na stronach internetowych w formie publikacji.

4. Efekty projektu

Wdrożenie efektów projektu praktycznego zastosowania może wygenerować następujące korzyści gospodarcze i techniczne:

- ograniczenie kosztów wytwarzania cementu, dzięki redukcji emisji CO₂ w procesie produkcyjnym;

- możliwość użycia nowego materiału (wapniowych popiołów lotnych) jako pełnowartościowego zamiennika coraz trudniej dostępnego żużla wielkopieczowego i popiołu lotnego krzemionkowego;
- rozszerzenie bazy surowcowej dla przemysłu cementowego i betonów;
- możliwość wykonania nowych, dotychczas nieprodukowanych w Polsce, rodzajów cementów o właściwościach istotnych z punktu widzenia krajowego rynku budowlanego;
- utrzymanie konkurencyjności na rynku, a w przyszłości wzrost eksportu i zachowanie lub wręcz zwiększenie zatrudnienia w przemyśle cementowym.

Przykładowo, przy założeniu, że zastosowanie w produkcji cementu i betonu znajdzie ok. 1000 tys. t popiołu wapiennego, do uzyskania możliwe są następujące efekty:

- oszczędność od 1,5 do 1,7 mln t surowców naturalnych niezbędnych do wyprodukowania 1 mln t klinkieru;
- ograniczenie emisji CO₂ o ok. 900,0 tys. t;
- wykorzystanie 1 mln t ubocznych produktów i ograniczenie powierzchni koniecznej do ich składowania.

Potencjalne korzyści, które będą efektem realizacji projektu wykraczają jednak znacznie poza opisane powyżej. Będą one istotne dla wszystkich gałęzi budownictwa stosujących cement (budownictwo mieszkaniowe, inżynieryjne i komunikacyjne), przedsiębiorstw produkujących beton, firm zajmujących się gospodarczym wykorzystaniem i przetwarzaniem ubocznych produktów spalania z energetyki oraz dla całego społeczeństwa, a zwłaszcza zamieszkującego tereny położone w bezpośredniej bliskości elektrowni i cementowni*.

Literatura

- [1] Antiohos S., Papadakis V. G., Maganari K., Tsimas S., *The development of blended supplementary cementing materials consisting of high and low calcium fly ashes*, w: *Proceedings of 11th International Cement Chemistry Congress*, Durban 2003, s. 747-756.
- [2] Antiohos S., Maganari K., Tsimas S., *Evaluation of blends of high and low calcium fly ashes for use as supplementary cementing materials*, „Cement and Concrete Composites” 2005, Vol. 27, Issue 3, s. 349-356.
- [3] Antiohos S.K., Papageorgiou A., Papadakis V.G., Tsimas S., *Influence of quicklime addition on the mechanical properties and hydration degree of blended cements containing different fly ashes*, „Construction and Building Materials” 2008, Vol. 22, Issue 6, s. 1191-1200.

* Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

- [4] Atis C. D., Kiliç A., Sevim U.K., *Strength and shrinkage properties of mortar containing a nonstandard high-calcium fly ash*, „Cement and Concrete Research” 2004, Vol. 34, Issue 1, s. 99–102.
- [5] Chudek M., Hycnar J., Piewa F., *Węgiel brunatny – utylizacja surowców towarzyszących i odpadów elektrowniowych*, Gliwice 1999.
- [6] Docket B.C., *Using class C fly ash to mitigate alkali-silica reactions in concrete*, w: *2009 World of Coal Ash Conference (WOCA)*, Lexington, KY, USA, 2009, <http://www.flyash.info/> (1.04.2010).
- [7] Ender M., *The CaO distribution to mineral phases in a high calcium fly ash from Eastern Germany*, „Cement and Concrete Research” 1996, Vol. 26, Issue 2, s. 243–251.
- [8] Yueming Fan, Suhong Yin, Zhiyun Wen, Jingyu Zhong, *Activation of fly ash and its effects on cement properties*, „Cement and Concrete Research” 1999, Vol. 29, Issue 4, s. 467–472.
- [9] Felekoğlu B., Türkel S., Kalyoncu H., *Optimization of fineness to maximize the strength activity of high-calcium ground fly ash – Portland cement composites*, „Construction and Building Materials” 2009, Vol. 23, Issue 5, s. 2053–2061.
- [10] Giergiczny Z., *Aktywność hydrauliczna wapniowych popiołów lotnych*, Prace Komisji Nauk Ceramicznych PAN, „Polski Biuletyn Ceramiczny «Ceramika»” 1992: *Materiały z I Konferencji Ceramicznej „Postępy w technologii ceramiki, szkieł i materiałów wiążących”*, Zakopane–Kraków, s. 83–90.
- [11] Giergiczny Z., *Effect of fly ash from different sources on the properties of hardened cement composites*, „Silicates Industries, Ceramic Science and Technology” 2005, Vol. 70, Issue 3/4, s. 35–40.
- [12] Giergiczny Z., *Popioły lotne z dużą zawartością związków wapnia*, „Cement, Wapno, Beton” 2005, nr 5, s. 271–282.
- [13] Giergiczny Z., *Rola popiołów lotnych wapniowych i krzemionkowych w kształtowaniu właściwości współczesnych spoiw budowlanych i tworzyw cementowych*, Kraków 2006.
- [14] Giergiczny Z., Michniewicz E., *Badanie procesu zestalania zaczynów z popiołów bełchatowskich*, „Górnictwo Odkrywkowe” 1991, nr 1, s. 63–73.
- [15] Grzeszczyk S., Lipowski G., *Popioły lotne i ich wpływ na reologię i hydratację cementów*, Opole 2002.
- [16] Hycnar J.J., Szczygielski T., *Stan i perspektywy zagospodarowania popiołów lotnych i żużli rodzaju wapniowego*, „Karbo” 2007, nr 1, s. 45–54.
- [17] Kikas W., *Composition and binder properties of Estonian kukersite of Estonian kukersite oil shale ash*, „ZKG International” 1997, Vol. 50, No. 2, s. 112–126.
- [18] Naik T.R., Singh S.S., *Use of high calcium fly ash in cement based construction materials*, w: *Fifth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, Milwaukee, USA. *Supplementary Papers*, Milwaukee 1995, s. 144–156.
- [19] Namagga C., Atadero R.A., *Optimization of fly ash in concrete: High lime fly ash as a replacement for cement and filler material*, w: *2009 World of Coal Ash Conference (WOCA)*, Lexington, KY, USA, 2009, <http://www.flyash.info/> (1.04.2010).
- [20] Papadakis V.G., *Effect of fly ash on Portland cement systems. Part 1: Low-calcium fly ash*, „Cement and Concrete Research” 1999, Vol. 29, Issue 11, s. 1727–1736.
- [21] Papadakis V.G., *Effect of fly ash on Portland cement systems. Part 2: High-calcium fly ash*, „Cement and Concrete Research” 2000, Vol. 30, Issue 10, s. 1647–1654.

- [22] Poon C.S., Lam L., Wong Y.L., *A study on high strength concrete prepared with large volumes of low calcium fly ash*, „Cement and Concrete Research” 2000, Vol. 30, Issue 3, s. 447–455.
- [23] Ramachandran V.S., *Concrete Admixtures Handbook. Properties, Science and Technology*, 2. ed., Park Ridge 1995.
- [24] Sun Wei, Yan Handong, Zhan Binggen, *Analysis of mechanism on water-reducing effect of fine ground slag, high-calcium fly ash, and low-calcium fly ash*, „Cement and Concrete Research” 2003, Vol. 33, Issue 8, s. 1119–1125.
- [25] Tsimas S., Moutsatsou - Tsimas A., *High-calcium fly ash as the fourth constituent in concrete: problems, solutions and perspectives*, „Cement and Concrete Composites” 2005, Vol. 27, Issue 2, s. 231–237.
- [26] Zhang Yamei, Sun Wei, Shang Li, *Mechanical properties of high performance concrete made with high calcium high sulfate fly ash*, „Cement and Concrete Research” 1997, Vol. 27, Issue 7, s. 1093–1098.
- [27] Yazici H., *The effect of silica fume and high-volume Class C fly ash on mechanical properties, chloride penetration and freeze-thaw resistance of self-compacting concrete*, „Construction and Building Materials” 2008, Vol. 22, Issue 4, s. 456–462.

ALBIN GARBACIK
ZBIGNIEW GIERGICZNY
MICHAL GLINICKI
JACEK GOLASZEWSKI

THE PRINCIPLES OF POIG STRUCTURAL PROJECT „INNOVATIVE CEMENT BINDERS AND CONCRETES USING CALCIUM FLY ASH”

The aim of the project „Innovative cement binders using calcium fly ash” is to evaluate the innovative and cost effective technology of new cement binders and concretes made with the application of calcium fly ash – the result of brown coal combustion process in electric power stations. The chapter presents the genesis, subject, aim, principles and program of the project. The implementation of practical project effects may generate the following economical and technical benefits: decrease of cement production costs thanks to CO₂ reduction in production process; application of new products (calcium fly ash) as substitutes to blast furnace slag and silica fly ash becoming less and less accessible; the expansion of raw materials assortment for cement and concrete industry; the possibility of production of new cements, the types so far unavailable to produce in Poland, though essential from the domestic building market standpoint and the competitiveness of cement industry.