

## Problematyka badawcza Zakładu Cementu IMMB

### 1. Wprowadzenie

Zakład Cementu został wyodrębniony z działającego wcześniej Zakładu Technologii Wiążących Materiałów Budowlanych, który realizował statutowe zadania Instytutu obejmujące doskonalenie technologii produkcji cementu i spoiw hydraulicznych oraz wykorzystanie odpadów z innych gałęzi przemysłowych, przede wszystkim żużli i popiołów lotnych do produkcji spoiw wiążących. Dynamiczny rozwój technologii produkcji cementu i wymagań jakościowych w stosunku do tego materiału wiążącego spowodował konieczność utworzenia Zakładu, którego prace obejmowałyby głównie technologię cementów o nietypowych właściwościach. W roku 1973 został więc powołany Zakład Cementów Specjalnych. W roku 2003 nadano mu nazwę Zakład Cementu i Chemii Budowlanej.

### 2. Zakres działania Zakładu Cementu

Problematyka badawcza Zakładu Cementu i Chemii Budowlanej obejmuje następujące podstawowe dziedziny:

1. Technologię produkcji cementu i spoiw budowlanych ze szczególnym uwzględnieniem cementów specjalnych,
2. Doskonalenie technologii produkcji klinkieru i cementu poprzez wykorzystanie nowych surowców do produkcji klinkieru i aktywnych dodatków pucolanowych,
3. Zagospodarowanie opadów
  - Ocena przydatności jako surowców do produkcji klinkieru portlandzkiego i składnika cementu materiałów odpadowych z innych gałęzi przemysłu,
  - Analiza metod unieszkodliwiania odpadów niebezpiecznych w przemyśle cementowym.

Ponadto Zakład prowadzi badania kontrolne normowych właściwości cementu ze szczególnym uwzględnieniem ciepła hydratacji, odporności na siarczany oraz zawartości fazy szklistej w żużlach. Zakład prowadzi także badania aprobacyjne i atestacyjne nowych rodzajów cementów i spoiw oraz składników cementu. Zakład wykonuje również ekspertyzy i określa właściwości użyt-

kowe cementów dla potrzeb działań marketingowo-promocyjnych producentów i odbiorców wyrobów cementowych.

Zakład Cementu dysponuje nowoczesną aparaturą pozwalającą na przeprowadzanie wszystkich znormalizowanych badań z zastosowaniem zapisanych w normach metod, a ponadto prowadzi specjalistyczne badania mające na celu określenie ważnych dla technologii właściwości surowców i produktów. Między innymi przeprowadza analizy składu ziarnowego cementu, badania mielności klinkieru i dodatków do cementu, ilościowe oznaczenia zawartości fazy szklistej w żużlu jako dodatku do cementu, badania aktywności pucolanowej dodatków mineralnych naturalnych i sztucznych oraz oznaczenia reaktywności różnych surowców w procesie klinkieryzacji poprzez określenie lotności pierwotnej i wtórnej sodu i potasu w surowcach. Zakład prowadzi badania porowatości zaczynów i zapraw cementowych, badania ciepła hydratacji cementów oraz oznaczenia zawartości metali ciężkich w surowcach i ich wymywalności z betonu.

### 3. Główne prace badawcze Zakładu

#### *Rozwój produkcji nowych rodzajów cementu powszechnego użytku*

Współdziałanie z przemysłem cementowym w rozwoju technologii nowych rodzajów cementów było w ostatnich dziesięciu latach podstawowym zadaniem badawczym Zakładu. Prace te były związane z wprowadzeniem w Polsce norm europejskich, rozszerzających znacznie zakres klasyfikacji cementów i stawianych im wymagań. Normy PN-EN uwzględniają nowe rodzaje cementów z większą ilością dodatków mineralnych. Rozwój produkcji tych cementów leży w sferze zainteresowania tak producentów jak i odbiorców. Produkcja cementów z dodatkami zapewnia poprawę efektywności procesu produkcji cementu. Zastosowanie oprócz klinkieru portlandzkiego innych składników mineralnych wpływa na modyfikację właściwości cementów. W wyniku dodatku żużla można uzyskać cementy o małym cieple hydratacji i o dużej odporności na siarczany. Ponadto przez zastosowanie kamienia wapiennego lub popiołu

lotnego uzyskuje się cementy zapewniające lepszą urabialność betonów. Ważne są również ekologiczne aspekty produkcji cementów z dużą ilością dodatków mineralnych, takie jak zachowanie naturalnych zasobów surowcowych i zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>.

Nowelizacja norm krajowych na cementy powszechnego użytku przebiegała w dwóch etapach. Pierwszy etap stanowiła norma przejściowa PN-B-19701 „Cement. Cement Powszechnego użytku. Skład, wymagania i ocena zgodności”, ustanowiona w roku 1997. W roku 2002 ustanowiona została norma europejska PN-EN 197-1 „Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”.

Ustanowienie i wprowadzenie normy PN-B-19701 poprzedził obszerny program badawczy Zakładu Cementu dotyczący określenia warunków produkcji nowych rodzajów cementu. Program uwzględniał również opracowanie kierunków i wytycznych technologicznych stosowania tych cementów w budownictwie. Program objął wszystkie cementownie pracujące w Polsce i uwzględniał specyficzne dla poszczególnych zakładów rozwiązania produkcyjne i możliwości surowcowe. Ustalono optymalne rozwiązania dotyczące rodzaju i ilości dodatków i zbadano właściwości nowych rodzajów cementu. Cementownie podjęły produkcję nowych rodzajów cementu, głównie cementów CEM II/B, zawierających do 35% dodatków żużla lub popiołu. Znalazło to odbicie we wzroście w latach 1997–2001 zużycia dodatków mineralnych w polskim przemyśle cementowym o około 10%.

W oparciu o zbadane właściwości nowych rodzajów cementów Zakład Cementu prowadził działania mające na celu rozpowszechnienie tych cementów na rynku oraz efektywne ich stosowanie w technologii betonu. Wyniki badań IMMB były podstawą do opracowania Instrukcji Technicznych stosowania nowych rodzajów cementu powszechnego użytku w technologii betonu<sup>1)</sup>,<sup>2)</sup> oraz wydania Informatora w tym zakresie<sup>3)</sup>. Opublikowano i zaprezentowano blisko 30 artykułów i referatów w specjalistycznych czasopismach (Cement-Wapno-Beton, Materiały Budowlane, Warstwy, Przegląd Budowlany) oraz na konferencjach krajowych i zagranicznych. Właściwości techniczne i zakres stosowania nowych rodzajów cementów prezentowano na seminariach i warsztatach prowadzonych przez SPCiW i producentów cementu („Rudniki”, „Ożarów”, „Góraźdże”, „Nowiny”, „Warta”).

W chwili obecnej prowadzone są w Zakładzie Cementu prace badawczo-wdrożeniowe dotyczące nowych rodzajów cementu ujętych w normie europejskiej PN-EN 197-1:2002. Prace dotyczą nowej grupy cementów wieloskładnikowych, zawierających mieszaninę żużla, popiołu i/lub wapienia, w tym cementu wieloskładnikowego CEM V o bardzo dużej zawartości dodatków wynoszącej od 36 do 80%. Prowadzone są prace badawcze dotyczące optymalnych warunków produkcji cementów w poszczególnych zakładach oraz badania właściwości określających warunki ich stosowania.

## Cementy specjalne

Cementy specjalne stanowią odmiany cementów powszechnego użytku o dodatkowych cechach użytkowych określonych w normach, Aprobatach lub Instrukcjach Technicznych.

Zakład Cementu czynnie uczestniczy w pracach badawczo-wdrożeniowych w zakresie opracowania technologii produkcji, warunków stosowania i wymagań technicznych takich cementów. Zakres prac badawczych Zakładu Cementu obejmował następujące grupy cementów specjalnych:

- Cementów o wysokiej wytrzymałości i szybkotwardniejących,
- Cementów o małej zawartości alkaliów NA,
- Cementów odpornych na siarczany HSR,
- Cementów o małym cieple hydratacji LH i VLH.

Ponadto Zakład Cementu prowadził badania cementów nie objętych normami, a przede wszystkim cementów ekspansywnych i bezskurczowych.

Prace nad wymienionymi cementami obejmowały obok działań statutowych oraz prac zleconych przez przemysł szereg dużych programów badawczych, a mianowicie:

- Projekt Badawczy KBN „Teoretyczne i praktyczne podstawy modyfikowania cementu w celu umożliwienia technologii betonu HSC - o dużej trwałości i wysokiej wytrzymałości”,
- Projekt Celowy KBN „Opracowanie technologii produkcji i warunków stosowania cementu portlandzkiego krzemionkowego modyfikowanego pod kątem betonów wysokiej wartości BWW”,
- Projekt badawczy KBN „Badanie czynników decydujących o ekspansji betonu z kruszywem reaktywnym”,
- Projekt Badawczy KBN „Wpływ dodatków pucolanowych na ekspansję alkaliczną betonu”,
- Program badań interlaboratoryjnych odporności cementu na siarczany i ciepła hydratacji cementu w ramach grup zadaniowych Komitetu Technicznego CEN1WG12/TG1 i CEN1WG12/TG3,
- Projekt badawczy KBN „Metody i aparatura do wyznaczania ciepła hydratacji cementu w warunkach quasi-adiabatywnych i quasi-izotermicznych.

Prowadzone w Zakładzie Cementu systematyczne badania dostarczyły obszernych danych dotyczących odporności cementów na siarczany i ich ciepła hydratacji. Zebrana dokumentacja stanowiła podstawę do nowelizacji normy krajowej na cementy specjalne: siarczаноodporny HSR, o małym cieple hydratacji LH i o małej zawartości alkaliów NA. Dawne normy podające wymagania dla cementów HSR, LH i NA dotyczyły wyłącznie cementu portlandzkiego CEM I. Ustanowiona norma

PN-B-19707:2003 „Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania

1) Instrukcja ITB „Wytyczne stosowania w budownictwie cementów wg PN-B-19701 Cementy powszechnego użytku”, Warszawa 1997

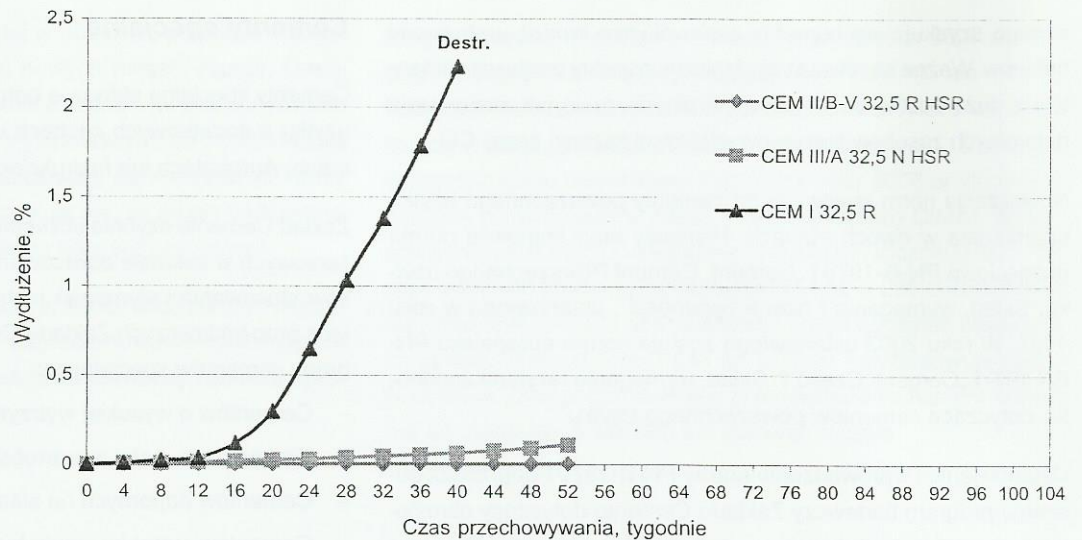
2) Instrukcja CEBET „Wytyczne stosowania nowych rodzajów i klas cementów - wg PN-B-19701 do produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego”, Warszawa 1997

3) Informator „Nowa norma cementowa”, Polski Cement, Kraków 1998 rok

i kryteria zgodności” rozszerza ich zakres, obejmując nimi cementy zawierające dodatki mineralne. Norma uwzględnia, więc znany, bardzo korzystny wpływ żużla i popiołu na trwałość betonu z cementów z dużym udziałem tych składników.

Należy podkreślić, że zasady klasyfikacji cementów w normie PN-B-19707:2003 opierają się na wymaganiach, które wchodzi w zakres metod badawczych. Jest to zasada powszechnie stosowana w przypadku wyrobów objętych znakiem CE. Odporność cementów na siarczany określa się w oparciu o metodę podaną w normie europejskiej ENV 196-10, a ciepło hydratacji według norm PN-EN 196-8 i PN-EN 196-9.

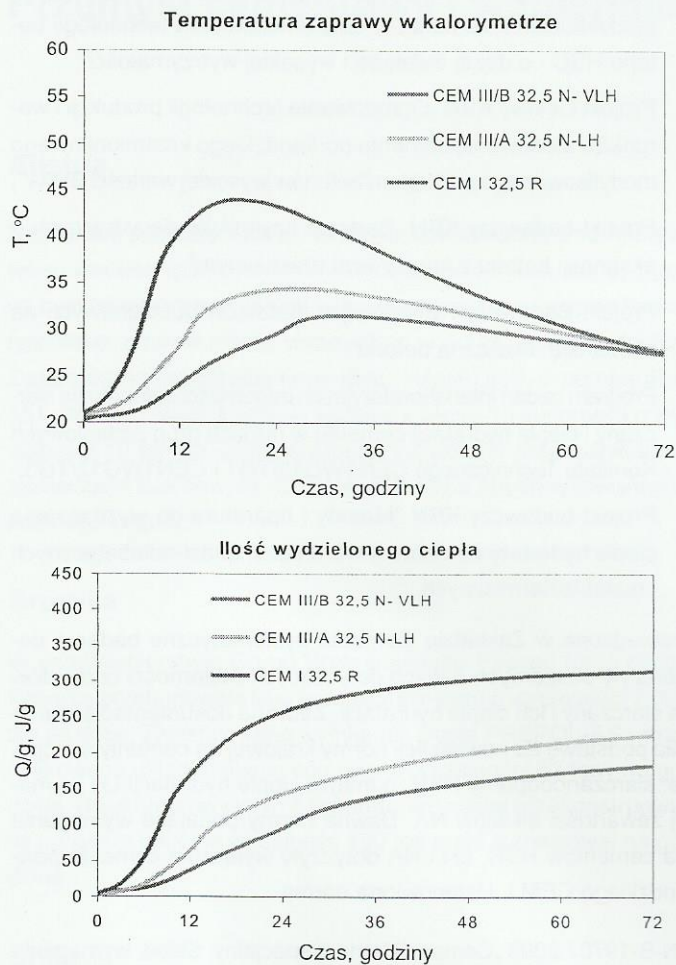
Odporność cementu na siarczany oznacza się w oparciu o ekspansję zaprawy cementowej w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Metodę tę



Rysunek 1. Ekspansja próbek cementów dojrzewających w 3% roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

sprawdzono na podstawie badań ponad stu cementów, co pozwoliło ustalić jej powtarzalność i odtwarzalność. Wyniki z dziesięciu lat potwierdziły między innymi bardzo dobrą odporność na siarczany cementów z dodatkami żużla i popiołu (rysunek 1).

Metoda badania ciepła hydratacji polega na pomiarze przyrostu temperatury próbki twardniejącego betonu w warunkach quasi-adiabatycznych w naczyniu Dewara<sup>4)</sup>. Metoda ta jest zbliżona do warunków dojrzewania betonu w konstrukcjach. Przyrost temperatury próbki można wykorzystać dla oszacowania przyrostu temperatury betonu w konstrukcji masywnej lub efektu samoociepnięcia elementu w procesie obróbki cieplnej. Ciepło hydratacji cementu można praktycznie wykorzystywać do projektowania mieszanek betonowych o założonym przyroście temperatury. Cementy o małym i bardzo małym cieple hydratacji zapewniają bardzo małe przyrosty temperatury w procesie twardnienia mieszanki betonowej (rysunek 2), co ma podstawowe znaczenie w przypadku konstrukcji masywnych.



Rysunek 2. Ciepło hydratacji cementów.

4) W. Zielenkiewicz, E. Utzig "Kalorymetr do oznaczeń ciepła hydratacji cementów według normy europejskiej., CWB, artykuł oddany do druku w numerze 6/2004