

# Cementy specjalne – nowe kryteria klasyfikacji, wymagań i oceny zgodności

Dr inż. prof. ICiMB Albin Garbacik, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie,  
dr hab. inż. prof. PŚI Zbigniew Giergiczny, Politechnika Śląska,  
Centrum Technologiczne Betotech Sp. z o.o., Dąbrowa Górnicza/Chorula

## 1. Wprowadzenie

Zgodnie z tworzonym systemem zharmonizowanych norm europejskich hEN, z dużej grupy cementów powszechnego użytku wyróżnia się w normie PN-EN 197-1 [1] cementy specjalne, które spełniają dodatkowo wymagania dotyczące cech użytkowych, umożliwiających projektowanie i wykonywanie konstrukcji betonowych o dużej trwałości dla warunków oddziaływań destrukcyjnych. Przedmiotem postępowań normowych w zakresie składu, wymagań i oceny zgodności są cementy specjalne o niskim cieple hydratacji LH, cementy o wysokiej odporności na siarczany SR/HSR (zalecane do stosowania w klasie ekspozycji XA2 i XA3 według wymagań normy PN-EN 206-1:2003 [2] i cementy niskoalkaliczne NA. Cementy o niskim cieple hydratacji LH umożliwiają projektowanie i wykonywanie konstrukcji masywnych i wielkogabarytowych o małej egzotermii twardnienia, bez powstania naprężeń termicznych wywołujących spękania i destrukcję betonu. Cementy odporne na siarczany i cementy niskoalkaliczne umożliwiają projektowanie i wykonywanie konstrukcji trwałych w warunkach agresji siarczanowej i odpornych na oddziaływanie korozji alkalicznej w betonie przy stosowaniu kruszyw reaktywnych. Z wymienionych cementów specjalnych jedynie cementy o niskim cieple hydratacji są przedmiotem zharmonizowanych norm europejskich PN-EN 197-1 i PN-EN 14216 [1, 3]. Według PN-EN 197-1 każdy cement powszechnego użytku spełniając postawione w normie wymagania dotyczące ciepła hy-

dratacji może być certyfikowany jako wyrób wolnorynkowy ze znakiem CE. Z grupy 27 rodzajów cementów powszechnego użytku tylko nieliczne klasyfikowane są w normie PN-EN 197-1:2012 jako cementy specjalne odporne na siarczany SR. Wybraną grupę cementów SR stanowią cement portlandzki CEM I, hutniczy CEM III B-C oraz pucolanowy CEM IV/A,B [1]. Cementy uznawane w krajach członkowskich CEN za odporne na siarczany i niskoalkaliczne, nieobjęte zakresem normy europejskiej PN-EN 197-1, są przedmiotem norm krajowych. Zakres normalizacji cementów odpornych na siarczany i o niskiej zawartości aktywnych alkaliów (NA) w poszczególnych krajach CEN jest zróżnicowany. W Polsce, z uwagi na duże doświadczenie w stosowaniu w budownictwie cementów popiołowych i żużłowych, obowiązująca dotychczas norma PN-B-19707 [4] na cementy specjalne HSR i NA z 2003 r. obejmowała swoim zakresem cementy portlandzkie CEM I, cement hutniczy CEM III oraz cement portlandzki popiołowy CEM II/B-V i cement pucolanowy CEM IV/A,B. Znowelizowana w 2013 r. norma PN-B-19707:2013 [5], uwzględnia rozszerzenie klasyfikacji o cementy wieloskładnikowe CEM II/A,B-M (S,V) i cementy wieloskładnikowe CEM V/A,B (S,V). Celowość włączenia do zakresu normy PN-B-19707 cementów wieloskładnikowych CEM II i CEM V należy widzieć w świetle bardzo obszernych danych literaturowych i doświadczeń związanych z ich wykorzystaniem w technologii betonu. Wyniki badań, które dokumentują możliwość skutecznego ograniczenia destrukcji siarczanowej i alkalicznej pre-

**Tabela 1.** Wymagania dla cementów o niskim cieple hydratacji LH [1] i bardzo niskim cieple hydratacji VLH [3]

Odmiana cementu	Rodzaj cementu	Wymagania	Metody badań
Cementy o niskim cieple hydratacji LH według PN-EN 197-1	każdy cement powszechnego użytku według PN-EN 197-1	ciepło hydratacji po 41 godzinach $\leq 270$ J/g	PN-EN 196-9 Metoda semiadiabatyczna
		ciepło hydratacji po 7 dniach $\leq 270$ J/g	PN-EN 196-8 Metoda rozpuszczania
Cementy o bardzo niskim cieple hydratacji VLH według PN-EN 14216	cement hutniczy III/B i III/C cement pucolanowy IV/A i IV/B cement wieloskładnikowy V/A i V/B, wyłącznie klasy wytrzymałości 22,5	ciepło hydratacji po 41 godzinach $\leq 220$ J/g	PN-EN 196-9 Metoda semiadiabatyczna
		ciepło hydratacji po 7 dniach $\leq 220$ J/g	PN-EN 196-8 Metoda rozpuszczania

**Tabela 2.** Klasyfikacja cementów odpornych na siarczany SR według PN-EN-197-1 [1]

Rodzaj cementu SR	Odmiana cementu	Kryterium klasyfikacji
Cement portlandzki CEM I-SR	CEM I-SR 0	zawartość w klinkierze $C_3A = 0\%$
	CEM I-SR 3	zawartość w klinkierze $C_3A \leq 3,5\%$
	CEM I-SR 5	zawartość w klinkierze $C_3A \leq 5\%$
Cement hutniczy CEM III-SR	CEM III /B-SR	wyłącznie minimalna zawartość żużla wielkopiecowego jak dla cementów powszechnego użytku odmiany B,C
	CEM III/C-SR	
Cement pucolanowy CEM IV-SR	CEM IV/A-SR	zawartość $C_3A$ w klinkierze $\leq 9\%$
	CEM IV/B-SR	

**Tabela 3.** Wymagania dotyczące cementu specjalnego odpornego na siarczany HSR według [5]

Rodzaj cementu HSR	Wymagania		
	udział składnika nie klinkierowego [% mas.] cementu	odporność na siarczany	klinkier
CEM II/A-V CEM II/A-S CEM II/A-M (S-V) CEM II/B-S	brak wymagań	odporność na agresję siarczanową wyrażona jako wartość ekspansji w roztworze $Na_2SO_4$ po 52 tygodniach $X_t \leq 0,5\% c$	zawartość glinianu trójwapieniowego <sup>d</sup> $C_3A \leq 5\%$
CEM II/B-V	udział popiołu lotnego krzemionkowego $^aV \geq 25\%$		brak wymagań
CEM II/B-M (S-V)	udział popiołu lotnego krzemionkowego $^aV \geq 20\%$		brak wymagań
CEM III/A	udział granulowanego żużla wielkopiecowego $S \leq 49\%$		$C_3A \leq 9\%$
CEM III/A	udział granulowanego żużla wielkopiecowego $S \geq 50\%$		brak wymagań
CEM V/A (S-V) CEM V/B (S-V)	PN-EN 197-1		brak wymagań

zestawione były również m.in. w materiałach konferencji Kontra [6]. Zależność ograniczenia skutków korozji siarczanowej i alkalicznej betonu w funkcji zawartości popiołu lotnego krzemionkowego i granulowanego żużla wielkopiecowego w cementach CEM II i CEM V została potwierdzona wieloletnimi badaniami prowadzonymi w ICI MB, jak też w innych krajowych ośrodkach badawczych [7–11]. Wyniki tych badań, z uwzględnieniem prac normalizacyjnych Komitetu Technicznego CEN TC 51 do spraw cementu i wapna, były przesłanką do rozszerzenia klasyfikacji cementów specjalnych w normie PN-B-19707:2013 [5].

W niniejszym artykule przedstawiono kryteria klasyfikacji zawarte w aktualnej normie krajowej PN-B-19707:2013 [5] na cementy odporne na siarczany HSR oraz niskoalkaliczne NA z podkreśleniem nowych rodzajów cementów wieloskładnikowych.

## 2. Klasyfikacja i wymagania dla cementów specjalnych według normy europejskiej

Zakres klasyfikacji i wymagania cementów specjalnych ujętych w aktualnych normach europejskich zestawiono w tabelach 1 i 2. W tabeli 1 podano wymagania dla cementu o niskim cieple hydratacji LH, które uwzględniają wszystkie 27 wyrobów z rodziny cementów powszechnego użytku ujętych w normie PN-EN 197-1. W tablicy 1 uwzględniono również wymagania dla cementów o bardzo niskim cieple hydratacji VLH będące przedmiotem klasyfikacji i wymagań odrębnej normy europejskiej PN-EN 14216 [3].

W tabeli 2 podano klasyfikację i wymagania dla cementów odpornych na siarczany SR wyszczególnionych w normie europejskiej PN-EN 197-1 [1]. Norma wymienia 7

rodzajów cementów z grupy CEM I, CEM III i CEM IV podając kryteria klasyfikacji z uwagi na zawartość  $C_3A$  oraz minimalną zawartość popiołu lotnego krzemionkowego i granulowanego żużla wielkopiecowego.

## 3. Kryteria klasyfikacji i wymagania cementów specjalnych w normie krajowej

Jak już podano, w normie krajowej PN-B-19707 [5] przedmiotem klasyfikacji i wymagań są cementy specjalne odporne na siarczany HSR oraz cementy specjalne niskoalkaliczne NA.

Zakres klasyfikacji cementów HSR podano w tabeli 3. W tabeli 4 podano klasyfikację i wymagania dla cementów niskoalkalicznych NA. Stanowią je cementy wieloskładnikowe CEM II i CEM V. Podstawą klasyfikacji i oceny zgodności dla cementów NA jest zawartość składnika nieklinkierowego w cemencie popiołu krzemionkowego V i żużla S kształtujących cechy odporności cementów na korozję siarczanową i reakcję ASR. Podane w tabeli 4 wymagania dotyczące całkowitej zawartości alkaliów mają jedynie znaczenie uzupełniające z uwagi na fakt wnoszenia przez popiół lotny i granulowany żużel wielkopiecowy nadmiernej ilości alkaliów, głównie z niską rozpuszczalnością (dostępnością) w porach betonu. Zawartość alkaliów czynnych w każdym cemencie wynosi poniżej  $\leq 0,6\%$  (tab. 4), co wyklucza reakcję alkaliczną ASR w stopniu prowadzącym do destrukcji betonu.

## 4. Podsumowanie

Aktualne normy cementowe zawierają szeroką klasyfikację cementów o właściwościach specjalnych: o ni-

**Tabela 4.** Wymagania dotyczące cementu specjalnego niskoalkalicznego NA, według PN-B-19707 [5], oraz zawartość alkaliów czynnych w cementach

Rodzaj cementu NA	Wymagania		Alkalia czynne *Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> [% mas.]
	udział składnika nieklinkierowego [% mas.] cementu	całkowita zawartość alkaliów Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> [% mas.]	
CEM I CEM II/A-LL	brak wymagań	≤ 0,60	0,30–0,47
CEM II/A-V	udział składnika klinkierowego S,V i S+V ≥ 14	≤ 1,20	0,51
CEM II/A-S		≤ 0,70	0,48
CEM II/A-M (S-V)		≤ 1,20	0,47
CEM II/B-V	udział popiołu lotnego krzemionkowego <sup>b</sup> V ≥ 25	≤ 1,50	0,52
CEM II/B-S	PN-EN 197-1	≤ 0,80	0,48
CEM II/B-M (S-V)	udział popiołu lotnego krzemionkowego <sup>b</sup> V ≥ 20	≤ 1,30	0,51
CEM III/A	udział granulowanego żużla wielkopieczowego S ≤ 49	≤ 0,95	0,28
	udział granulowanego żużla wielkopieczowego S ≥ 50	≤ 1,10	0,34
CEM III/B-C	PN-EN 197-1	≤ 2,00	0,18–0,25
CEM IV/A (V)	udział popiołu lotnego krzemionkowego <sup>b</sup> V ≥ 25	≤ 1,50	0,48
CEM IV/B (V)	PN-EN 197-1	≤ 2,00	0,36
CEM V/A (S-V)	udział sumy popiołu lotnego krzemionkowego <sup>b</sup> i granulowanego żużla wielkopieczowego (S+V) ≤ 49	≤ 1,60	0,28
	udział sumy popiołu lotnego krzemionkowego i granulowanego żużla wielkopieczowego (S+V) ≥ 50	≤ 2,00	0,16
CEM V/B (S-V)	PN-EN 197-1	≤ 2,00	0,16–0,21

\*oznaczono według metody zawartej w normie ASTM C 114-04 [12]

skim (LH) i bardzo niskim ciepłem hydratacji (VLH), odpornych na siarczany SR i HSR oraz o niskiej zawartości dostępnych (aktywnych) alkaliów NA. Właściwe ich stosowanie powinno przyczynić się do trwalszego wykonawstwa obiektów i konstrukcji betonowych. Zwraca uwagę fakt, że właściwościami specjalnymi charakteryzują się przede wszystkim cementy z wysoką zawartością dodatków mineralnych CEM II – CEM V, przede wszystkim popiołu lotnego krzemionkowego V i granulowanego żużla wielkopieczowego S.

Właściwe stosowanie w budownictwie cementów CEM II-CEM V to nie tylko podwyższona trwałość betonu, ale jest to także działanie proekologiczne. Niższa zawartość klinkieru cementowego w składzie cementu to także niższa emisja gazów cieplarnianych, głównie CO<sub>2</sub> oraz ochrona nieodnawialnych zasobów surowcowych.

#### BIBLIOGRAFIA

[1] PN-EN 197-1:2012. Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku

[2] PN-EN 206-1:2003. Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność

[3] PN-EN 14216:2005 Cement – Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów specjalnych o bardzo niskim ciepłem

[4] PN-B-19707:2003 Cement, Cement specjalny – Skład, wymagania i kryteria zgodności

[5] PN-B-19707:2013 Cement, Cement specjalny – Skład, wymagania i kryteria zgodności

[6] Chłędziński S, Garbacik A., Problemy standaryzacji metod badania odporności cementów na agresję siarczanową w systemie norm europejskich, Kontra 2002

[7] Giergiczyński Z., Rola popiołów lotnych wapniowych i krzemionkowych w kształtowaniu właściwości współczesnych spoiw budowlanych i tworzyw cementowych. Monografia 325. Politechnika Krakowska, Kraków 2007

[8] Garbacik A, Normalizacja cementów niskoalkalicznych, Budownictwo i Architektura 2006, str. 56–58

[9] Chłędziński S., Garbacik A., Cementy wieloskładnikowe w budownictwie. Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2008

[10] Giergiczyński Z., Popiół lotny w składzie cementu I betonu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013

[11] 12th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Beijing, China, 2004

[12] ASTM C114-04. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

**Prenumerata 239,40 zł**  
**ulgowo tylko 119,70 zł**

[www.przeглядbudowlany.pl](http://www.przeглядbudowlany.pl)