

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

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

---

**Nr 32**  
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok XI**

**Warszawa–Opole 2018**

---

JUSTYNA KUTERASIŃSKA-WARWAS\*

# Odporność na korozję siarczanową zapraw wykonanych z nowych rodzajów cementów trójskładnikowych CEM II/C i CEM VI

**Słowa kluczowe:** cementy trójskładnikowe, korozja siarczanowa, popiół lotny krzemionkowy, wapień, granulowany żużel wielkopiecowy.

W artykule przeanalizowano odporność na korozję siarczanową nowych rodzajów cementów wieloskładnikowych, będących przedmiotem prac normalizacyjnych, dotyczących nowelizacji normy cementowej EN 197-1. Badane cementy trójskładnikowe zawierały popiół lotny krzemionkowy V, granulowany żużel wielkopiecowy S i/lub zmielony wapień LL. Badania przeprowadzono na zaprawach wykonanych z 4 rodzajów zaproponowanych cementów. Wykazały one, że cementy, w których składzie znajdowała się mieszanina wapienia i popiołu lotnego krzemionkowego nie są odporne na korozję siarczanową, natomiast zastąpienie jednego z tych składników odpowiednią ilością zmielonego granulowanego żużla wielkopiecowego wpłynęło korzystnie na odporność korozyjną badanych mieszanek cementowych.

## 1. Wstęp

Agresja siarczanowa jest jedną z najgroźniejszych korozji konstrukcji betonowych [1–5]. Do skutków tego rodzaju korozji zaliczyć należy ekspansję, spękania, łuszczenie oraz spadek wytrzymałości, które mogą doprowadzić nawet do całkowitej destrukcji wyrobu. Szybkość niszczenia matrycy cementowej zależy przede wszystkim od przepuszczalności betonu. Korozja siarczanowa występuje najczęściej w konstrukcjach narażonych na działanie wód gruntowych lub wody morskiej. Jony siarczanowe w wodach gruntowych są przeważnie pochodzenia naturalnego (rozpuszczony gips, anhydryt), ale ich źródłem mogą też być określone rodzaje nawozów sztucznych oraz ścieki przemysłowe. Najmniejszą odporność na jony siarczanowe, spośród składników betonu, wykazuje stwardniały zaczyn cementowy, a zwłaszcza portlandyt  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oraz uwodnione gliniany wapnia. Dlatego w technologii cementu zwrócono uwagę na korzystny wpływ

---

\* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, j.kuterasinska@icimb.pl

dotyków o aktywności pucolanowej i/lub hydraulicznej (zwłaszcza granulowanego żużla wielkopieczowego) na odporność cementów na agresję siarczanową [3–4]. Przyczyną poprawy przez dodatki pucolanowe (i/lub hydrauliczne) odporności na agresję chemiczną kompozytów cementowych jest to, że powodują one wzrost zawartości C-S-H w zaczynie cementowym, ograniczając równocześnie zawartość  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . W matrycy cementowej tworzą się więc dodatkowe ilości fazy C-S-H, które doszczelniają mikrostrukturę matrycy. W związku z tym, że w Europejskim Komitecie Normalizacyjnym (CEN TC 51, 2011) prowadzone są prace mające na celu nowelizację aktualnej normy EN 197-1 (PN-EN 197-1:2012) poprzez znaczne rozszerzenie rodzajów cementów wieloskładnikowych (*ternary cements*) – tabela 1 [6], postanowiono przebadać wybrane rodzaje nowych cementów trójskładnikowych pod kątem ich odporności na korozję siarczanową.

Tabela 1

Nowe rodzaje cementów powszechnego użytku wg prEN 197-1 [6]

Rodzaj cementu	Nazwa cementu		Udział dodatku mineralnego w cemencie [% masy]				
			klinkier	żużel wielkopieczowy S	pucolana naturalna P	popiół lotny V	wapień I i II
CEM II	cement portlandzki wieloskładnikowy	CEM II/C-M (S-L)	50–64	16–44	–	–	6–20
		CEM II/C-M (S-LL)		16–44	–	–	6–20
		CEM II/C-M (P-L)		–	16–44	–	6–20
		CEM II/C-M (P-LL)		–	16–44	–	6–20
		CEM II/C-M (V-L)		–	–	16–44	6–20
		CEM II/C-M (V-LL)		–	–	16–44	6–20
		CEM II/C-M (S-V)		16–44	–	6–20	–
CEM VI	cement wieloskładnikowy	CEM VI (S-L)	35–49	31–59	–	–	6–20
		CEM VI (S-LL)		31–59	–	–	6–20
		CEM VI (S-V)		31–59	–	6–20	–

Cechą charakterystyczną nowych rodzajów cementów jest podwyższona zawartość mieszaniny dwóch nieklinkierowych składników głównych w ich składzie. Spoiwa te występują w kombinacjach trójskładnikowych: K-S-L/LL, K-S-V oraz K-V-L/LL (K – klinkier, S – granulowany żużel wielkopieczowy, V – popiół lotny krzemionkowy, L/LL – wapień).

## 2. Skład i właściwości badanych cementów oraz metodyka badawcza

Badaniom poddano 4 rodzaje zapraw wykonanych z nowych rodzajów cementów wieloskładnikowych, a ich skład oraz właściwości fizyczne i mechaniczne przedstawiono w tabelach 2 i 4. Cementy otrzymano poprzez zmieszanie drobno zmieszanych składników nieklinkierowych z półproduktem będącym nośnikiem klin-

kieru. Wykorzystany półprodukt (C) charakteryzował się zwiększoną zawartością  $\text{SO}_3$  (5,1%) oraz wysoką powierzchnią właściwą (6200  $\text{cm}^2/\text{g}$  wg Blaine'a). Skład chemiczny i właściwości fizyczne składników głównych cementu przedstawiono w tabeli 3. Spoiwa mieszano w homogenizatorze laboratoryjnym w odpowiednich proporcjach – każdą mieszankę homogenizowano 30 min (tab. 2).

Tabela 2

## Skład badanych cementów

Lp.	Rodzaj cementu	Zawartość składnika [%]			
		C	S	LL	V
1	CEM II/ C (30% S + 10% LL)	60	30	10	–
2	CEM II/ C (30% V + 10% LL)	60	–	10	30
3	CEM VI (45% S + 10% LL)	45	45	10	–
4	CEM VI (45% S + 10% V)	45	45	–	10

Źródło: Tab. 2–4 – opracowanie własne.

Tabela 3

## Skład chemiczny i właściwości fizyczne składników głównych cementu

Rodzaj surowca	Zawartość składnika [%]										Gęstość [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	Powierzchnia właściwa wg Blaine'a [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]
	strata prażenia	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{SO}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	Cl		
Wapień (LL) <sup>1)</sup>	–	5,35	1,28	1,07	49,70	1,80	0,03	<0,10	<0,1	0,005	2,70	6 150
Żużel wielkopieczowy (S)	–	40,51	7,38	1,26	43,70	5,03	0,14	0,77	0,45	0,046	2,92	3 795
Popiół lotny krzemionkowy (V) <sup>2)</sup>	2,43	52,33	27,48	5,80	3,58	2,61	0,29	0,94	3,15	0,008	2,14	2 761
Półprodukt (C)	1,54	20,60	5,09	2,57	62,94	1,38	5,10	0,15	0,63	0,090	3,26	6 200

<sup>1)</sup> Zawartość  $\text{CaCO}_3$  obliczona na podstawie ilości CaO wynosi 89%, zawartość węgla organicznego (TOC) – 0,04%, zawartość gliny – 0,4 g/100 g.

<sup>2)</sup> Wykorzystano popiół lotny krzemionkowy w stanie dostawy, tj. nieaktywowany mechanicznie poprzez zmielenie.

Tabela 4

## Właściwości badanych cementów

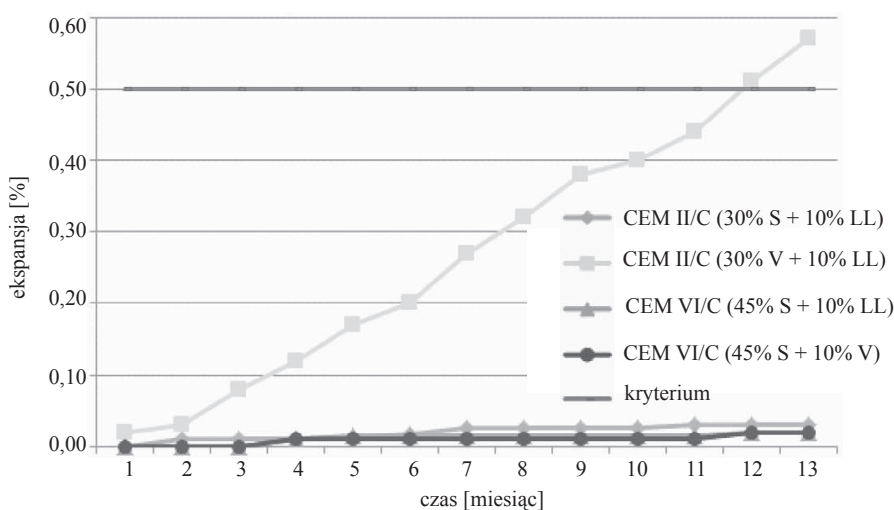
Lp.	Rodzaj cementu	Stałość objętości LeCh [mm]	Początek wiązania [h, min]	Gęstość [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	Powierzchnia właściwa [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ]	Wytrzymałość na ścislenie [MPa]			
						2 dni	7 dni	28 dni	90 dni
1	CEM II/ C (30% S + 10% LL)	0,5	2,15	3,00	4 750	19,3	36,4	60,1	69,2
2	CEM II/ C (30% V + 10% LL)	0,0	2,40	2,70	4 700	18,4	28,5	40,9	54,9
3	CEM VI (45% S + 10% LL)	0,0	3,25	2,96	4 600	12,0	28,0	50,7	57,8
4	CEM VI (45% S + 10% V)	0,0	4,00	2,92	4 280	11,4	24,8	49,5	63,2

Badanie odporności na agresję siarczanową wykonano według metodyki badawczej podanej w normie PN-B-19707:2013-10, zał. C [7]. Wielkość ekspansji li-

niowej mierzono na stwardniałych beleczkach, o wymiarach  $20 \times 20 \times 160$  mm. Próbkę poddawano działaniu roztworu siarczanu sodu  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  o stężeniu jonów siarczanowych  $\text{SO}_4^{2-}$  równym  $16 \pm 0,5$  g/dm<sup>3</sup>. Dokonano również obserwacji produktów korozji wybranych zapraw przy użyciu SEM/EDS. W celu identyfikacji produktów korozji siarczanowej wykonano również badania z wykorzystaniem dyfrakcji rentgenowskiej XRD.

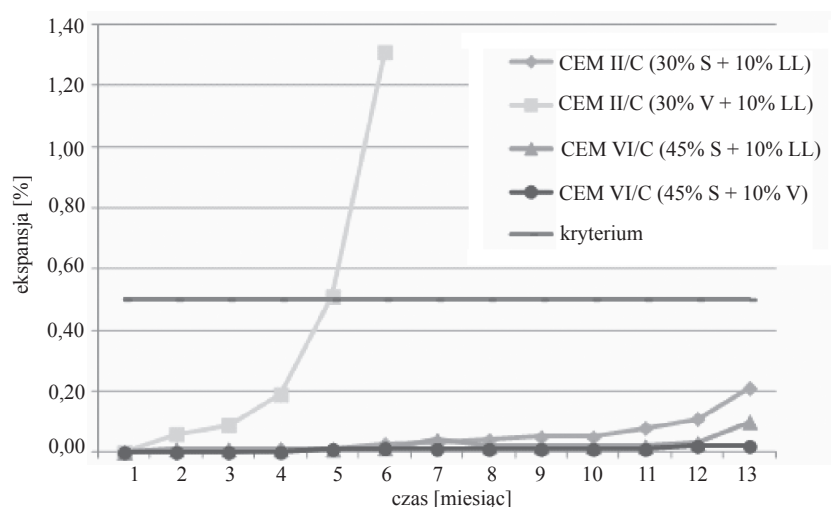
### 3. Wyniki badań i ich omówienie

Badanie zmian liniowych zapraw zanurzonych w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  przeprowadzono w temperaturze 8 i 20°C. Na rycinach 1 i 2 przedstawiono przebieg ekspansji próbek w czasie.



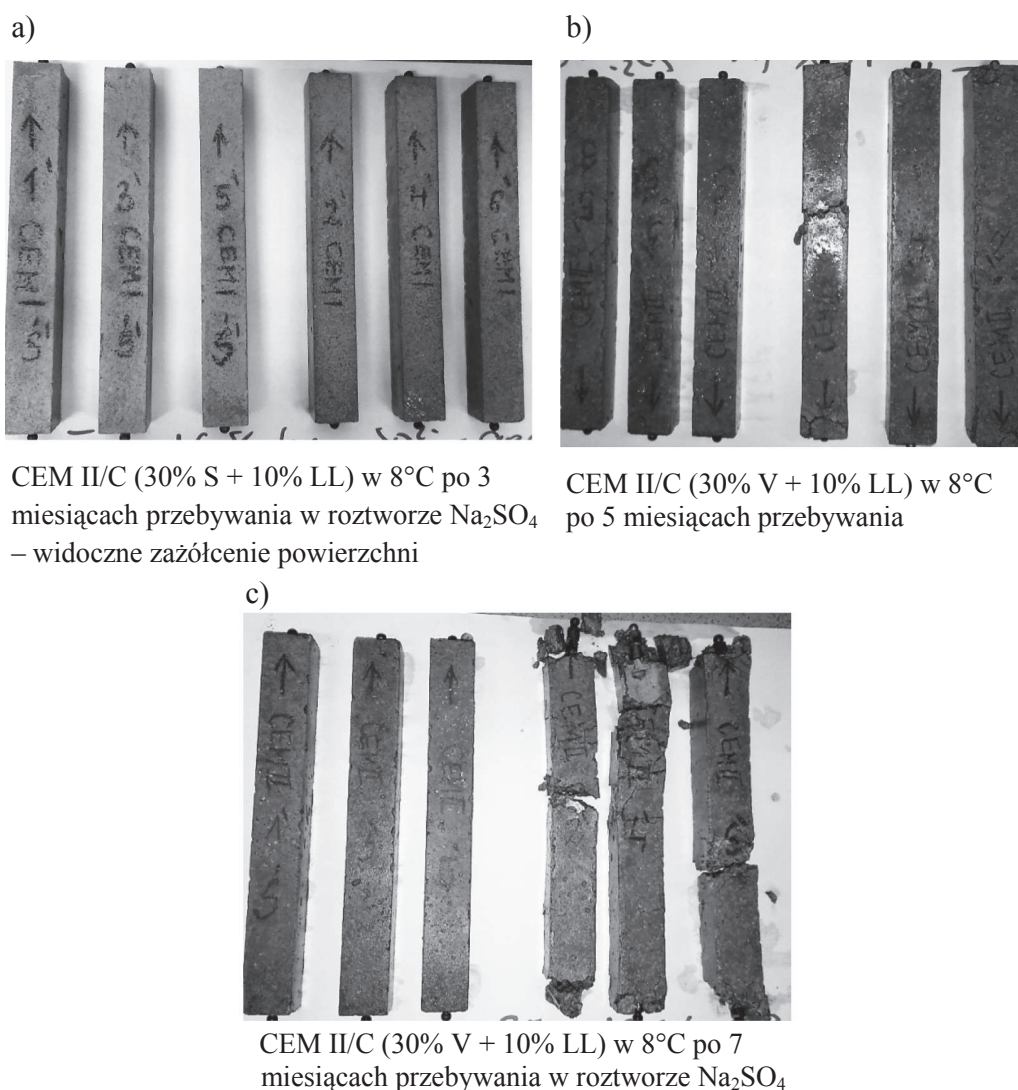
Źródło: Ryc. 1–15 – Opracowanie własne.

Ryc. 1. Ekspansja zapraw wykonanych z nowych cementów trójskładnikowych – próbki przetrzymywane w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  w temperaturze 20°C



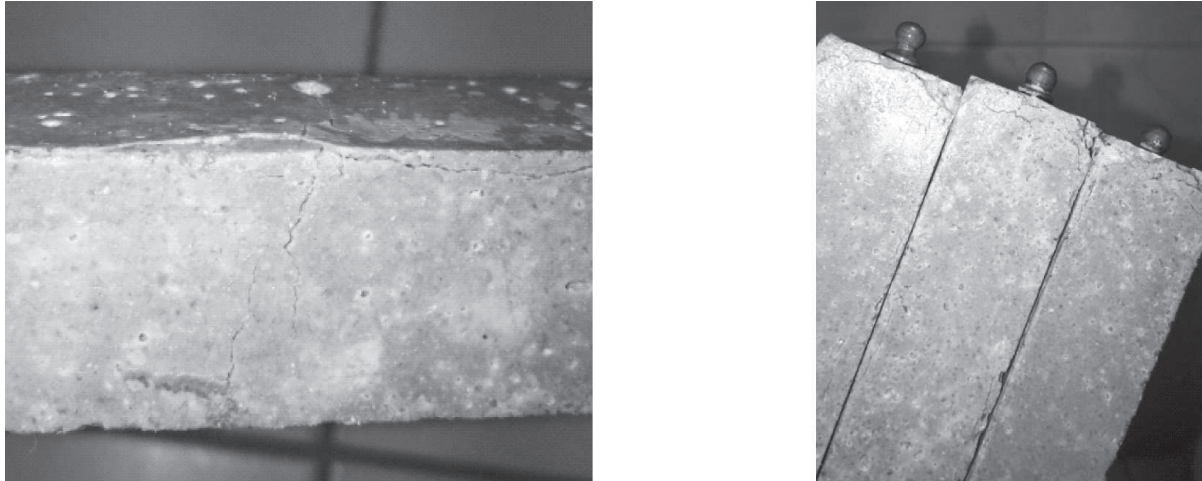
Ryc. 2. Ekspansja zapraw wykonanych z nowych cementów trójskładnikowych – próbki przetrzymywane w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  w temperaturze 8°C

Analizując wykresy przedstawiające zmiany liniowe beleczek cementowych, można stwierdzić, że bardzo ważną rolę odgrywa skład i ilość zastosowanych dodatków nieklinkierowych. Zarówno dla temperatury 20°C, jak i 8°C widać, że beleczki z cementu CEM II/C, zawierającego 30% popiołu lotnego krzemionkowego i 10% wapienia, nie spełniają wymagań normowych dotyczących zachowania objętości (ekspansja większa niż 0,5%). W temperaturze 8°C próbki popękały i rozpadły się już w 5 miesiącu trwania badania (ryc. 3 b, c). Zauważyć należy, że zastąpienie popiołu lotnego krzemionkowego taką samą ilością zmielonego granulowanego żużla wielkopiecowego zdecydowanie zmniejszyło ekspansję (cement CEM II/C [30% S + 10% LL]). Pomimo zmniejszenia ekspansji próbki na powierzchni były żółte oraz wyraźnie popękane i napęczniałe (ryc. 4), co nie pozwala uznać wykorzystanych cementów CEM II/C jako odpornych na korozję siarczanową.



Ryc. 3. Próbki zapraw zanurzonych w roztworze korozyjnym  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  w porównaniu do próbek odniesienia (przetrzymany w wodzie dejonizowanej)





Ryc. 4. Zaprawy wykonane z cementu CEM II/C (30% S + 10% LL). Badanie przeprowadzone w temperaturze 8°C. Popękana i poróżniona powierzchnia próbek

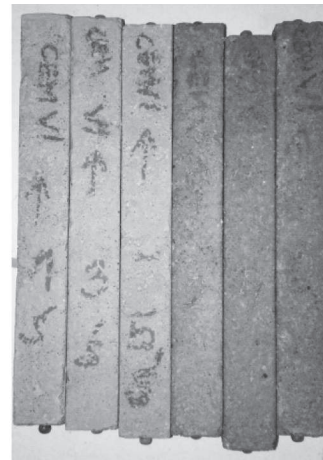
Zaprawy z cementu o wyższej 55% zawartości mieszaniny dodatków nieklinkierowych (CEM VI) nie wykazały większych zmian liniowych, złuszczeń ani pęknięć zarówno w temperaturze 20°, jak i 8°C, natomiast widoczna była zmiana barwy ich powierzchni (ryc. 5).

a)



CEM VI (45% S + 10% LL) w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  po 7 miesiącach trwania badania w 8°C

b)

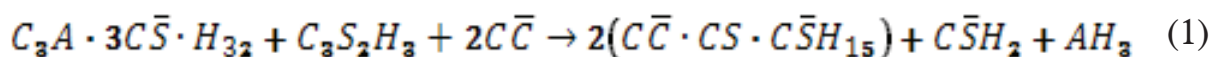


CEM VI (45% S + 10% V) w roztworze  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  po 9 miesiącach trwania badania w 20°C

Ryc. 5. Zaprawy wykonane z cementów z grupy CEM VI po upływie 7 i 9 miesięcy trwania badania w temperaturze 8° i 20°C w porównaniu do próbek odniesienia

Cementy zawierające dodatek granulowanego żużla wielkopieczowego charakteryzują się wysoką odpornością na korozję siarczanową, stąd przede wszystkim cementy hutnicze CEM III z dużą ilością zmielonego granulowanego żużla wielkopieczowego znane są jako cementy siarczanoodporne. Wynika to z właściwości żużla, który zagęszcza mikrostrukturę zaczynu dodatkowymi produktami hydratacji, sprawiając, że jest ona bardziej zwarta [8–9]. W przypadku badań

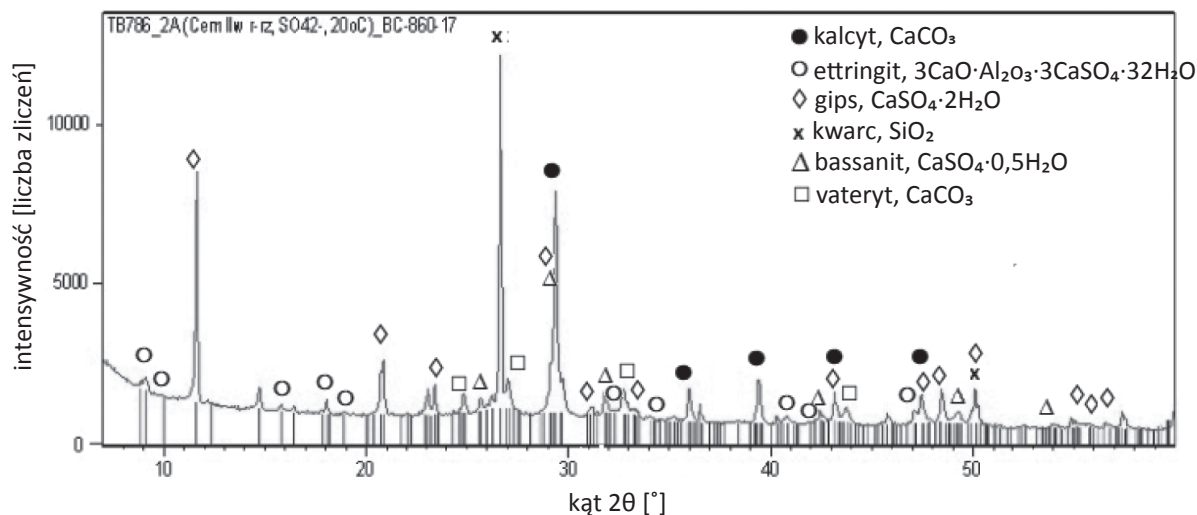
przeprowadzonych w temperaturze 20°C, poza wymienionym wcześniej cementem popiołowo-wapiennym CEM II/C (30% V + 10% LL), żadne z pozostałych beleczek cementowych nie wykazały spękań i znaczących zmian liniowych. Z kolei zmianę barwy powierzchni próbek odnotowano we wszystkich przypadkach (ryc. 5 b). Wpływ obniżonej temperatury (8°C) na przyspieszenie procesu korozyjnego jest znaczący. Proces hydratacji cementu w próbkach umieszczonych w niskiej temperaturze był spowolniony, przez co matryca cementowa mogła być mniej zwarta, co z pewnością miało wpływ na szybszy postęp korozji. Ponadto niska temperatura mogła wpłynąć na tworzące się produkty korozji. Poza standardową obecnością gipsu i ettringitu, w obniżonej temperaturze może dodatkowo powstawać thaumasyt. Thaumasyt pojawia się tylko w temperaturze poniżej 15°C, gdyż taka temperatura zapewnia stabilność grupy  $[\text{Si}(\text{OH})_6]^{2-}$ , stanowiącej podstawę jego struktury. Ważnym jest również, że thaumasyt może powstawać na drodze przekształcenia ettringitu (wzór 1). Reakcja ta zachodzi pomiędzy C-S-H i kalcytem przy udziale wcześniej uformowanego ettringitu (w temperaturze od 0 do 15°C) [9–10].



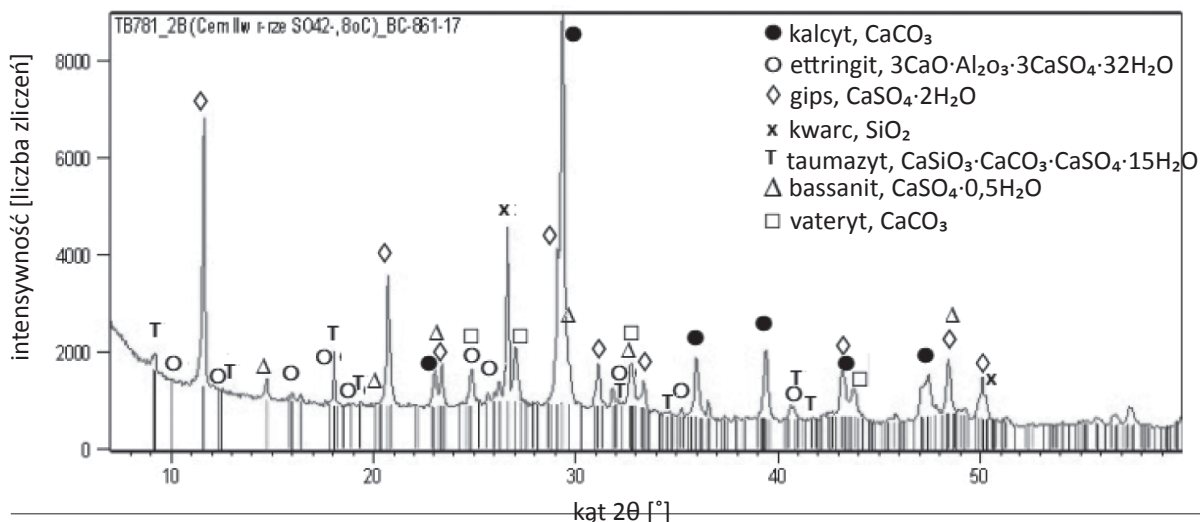
Destrukcja betonu spowodowana powstawaniem thaumasytu opiera się na innym mechanizmie niż korozja związana z krystalizacją ettringitu i gipsu. Powstający w stwardniałym betonie krystaliczny ettringit i gips zwiększają swoją objętość, co jest przyczyną naprężeń rozciągających, które w przypadku przekroczenia wytrzymałości betonu prowadzą do powstawania spękań i odprysków. Z kolei w przypadku tworzenia się thaumasytu następuje sukcesywne przekształcanie się stwardniałego zaczynu cementowego w niespójną, bezpostaciową masę, w związku z czym traci on swoją podstawową funkcję. Beton traci wytrzymałość, powstają obszary wypełnione proszkiem nieposiadającym właściwości wiążących, które odsłaniają głębsze warstwy betonu. Przekształcanie się stwardniałego zaczynu cementowego w bezpostaciową masę powoduje wzrost porowatości betonu, a to z kolei ułatwia wnikanie do jego wnętrza roztworów agresywnych, przyspieszając proces korozji [9–11]. Cementy zawierające zmielony wapień są bardziej narażone na ten rodzaj korozji, gdyż w matrycy cementowej obecne są wszystkie substraty niezbędne do reakcji tworzenia thaumasytu (obecność  $\text{CaCO}_3$ ) [10–11].

Analizę XRD produktów korozji siarczanowej próbek zapraw wykonanych z cementu popiołowo-wapiennego CEM II/C (30% V + 10% LL) w temperaturze 8 i 20°C przedstawiono na dyfraktogramach (ryc. 6 i 7).





Ryc. 6. Dyfraktogram próbki zaczynu z zaprawy wykonanej z cementu CEM II/C (30% V + 10% LL) po skończonym badaniu korozji siarczanowej w temperaturze 20°C

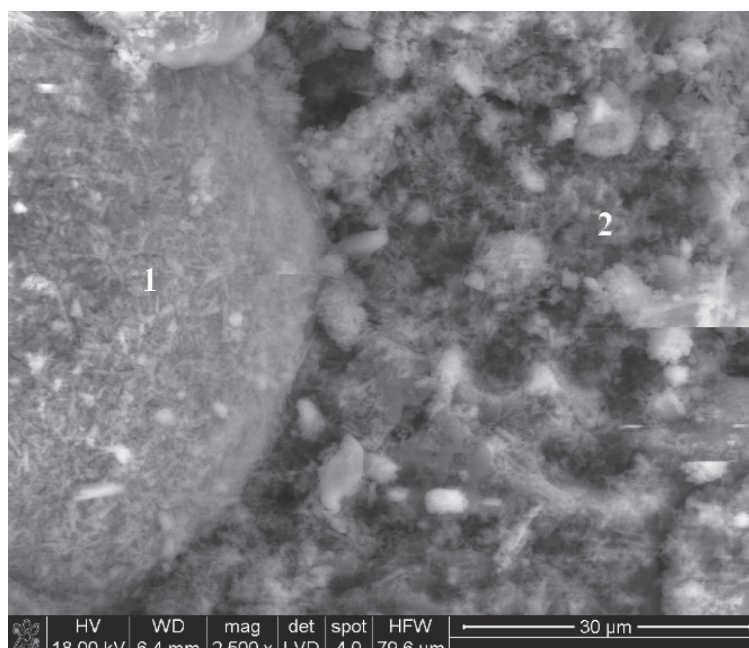


Ryc. 7. Dyfraktogram próbki zaczynu z zaprawy wykonanej z cementu CEM II/C (30% V + 10% LL) po 7 miesiącu trwania badania w temperaturze 8°C

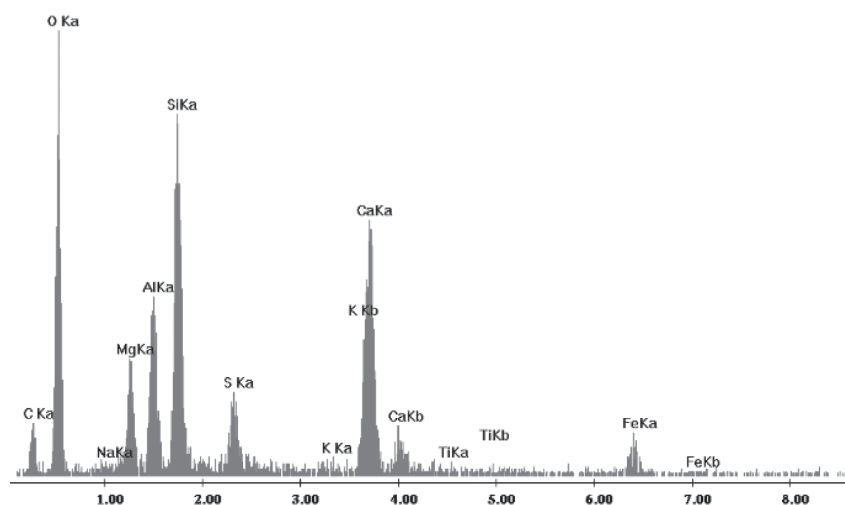
W badaniach stwardniałych zaczynów stwierdzono strefowe zmiany składu fazowego, związane ze zmniejszającym się wraz z odległością od powierzchni próbek stężeniem jonów siarczanowych. Zbadano warstwę powierzchniową oraz warstwę na głębokości 5 mm. Nie stwierdzono obecności portlandytu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  w strefie przypowierzchniowej, gdyż jako faza najmniej odporna na korozję chemiczną uległ on całkowitemu przereagowaniu. Śladowe ilości portlandytu zidentyfikowano w głębszej warstwie zaprawy. Natomiast w stwardniałych zaczynach próbek porównawczych, przebywających w wodzie, portlandyt występował w obu warstwach. Na powierzchni wszystkich zapraw przebywających w roztworze korozyjnym, zarówno w temperaturze 8°C, jak i 20°C, obecne były następujące fazy: gips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  i ettringit  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$

jako produkty korozji, kalcyt  $\text{CaCO}_3$ , wateryt  $\text{CaCO}_3$  oraz kwarc  $\text{SiO}_2$ . Dla zapraw z cementów CEM II/C (30% S + 10% LL) i CEM II/C (30% V + 10% LL) w temperaturze  $8^\circ\text{C}$  produktem korozji, poza gipsem i ettringitem, był również thaumasyt  $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ .

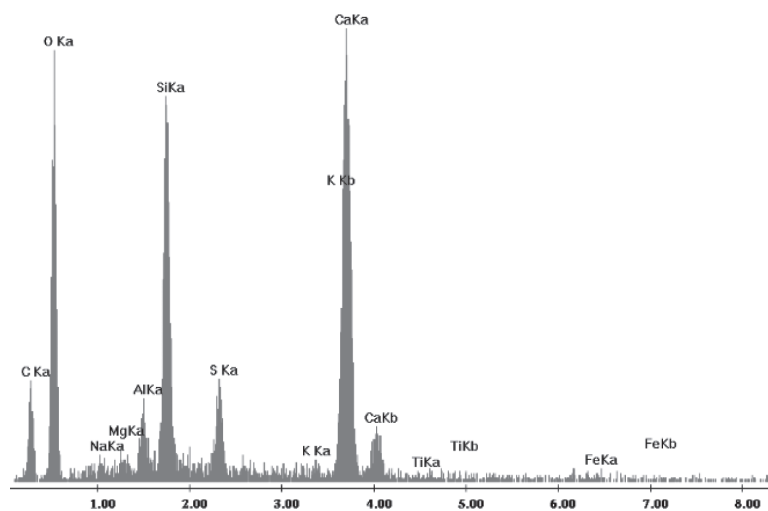
Wyniki badań mikrostrukturalnych (SEM/EDS) potwierdziły dane uzyskane z dyfrakcji rentgenowskiej XRD, że głównymi produktami korozji były gips i ettringit, a w przypadku cementów CEM II/C w temperaturze  $8^\circ\text{C}$  również thaumasyt. Na rycinach 8–15 zamieszczono przykładowe obrazy z mikroskopu elektronowego SEM, przedstawiające typowe produkty korozji.



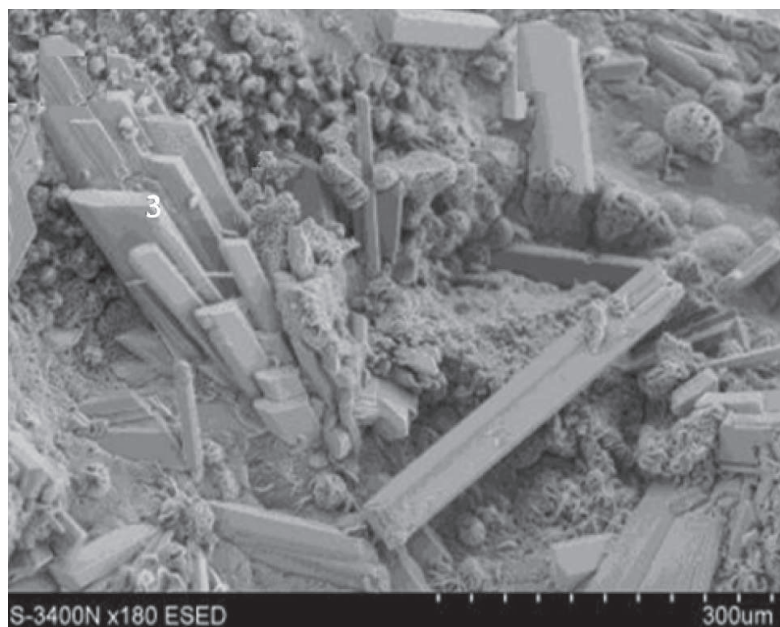
Ryc. 8. Obraz SEM dla próbki zaprawy CEM II/C (30% V + 10% LL) po zakończonym badaniu korozji siarczanowej w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  – widoczne ziarno popiołu i ettringit



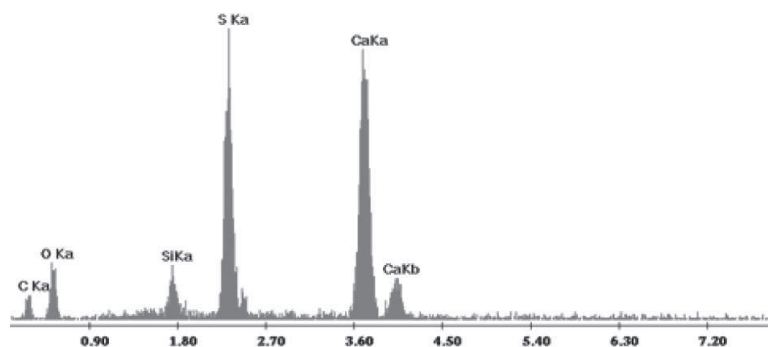
Ryc. 9. Skład chemiczny w punkcie 1 – ettringit



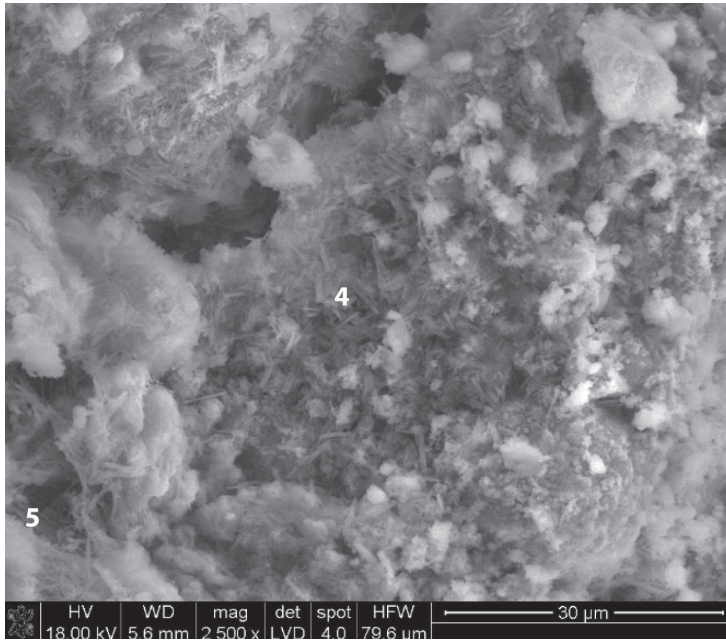
Ryc. 10. Skład chemiczny w punkcie 2 – ettringit



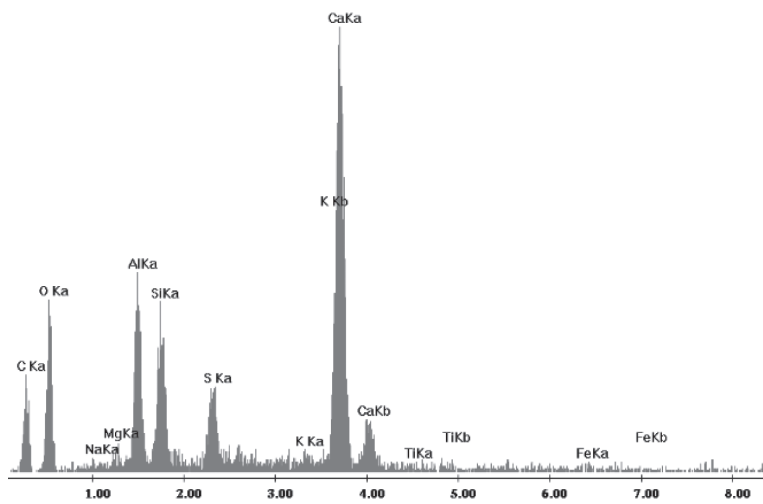
Ryc. 11. Obraz SEM dla próbki CEM II/C (30% V + 10% LL) po zakończonym badaniu korozji siarczanowej w temperaturze 20°C – widoczne kryształy gipsu



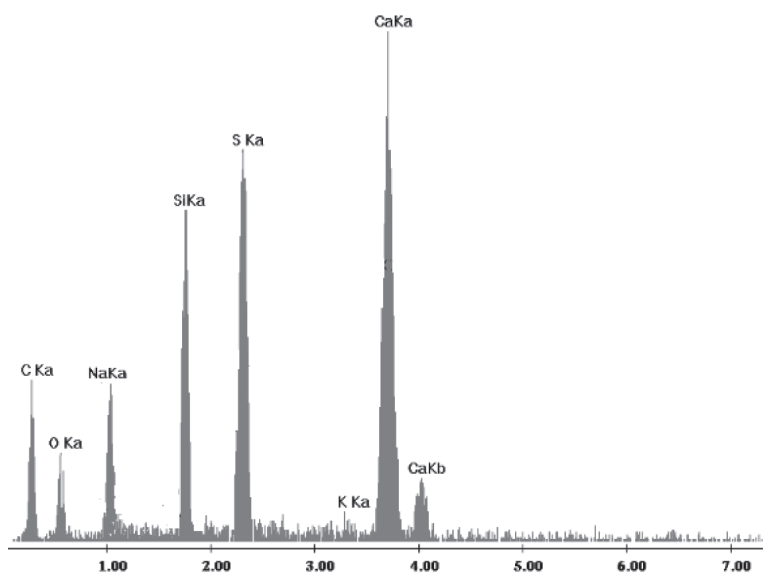
Ryc. 12. Skład chemiczny w punkcie 3 – gips



Ryc. 13. Obraz SEM dla próbki CEM II/C (30% V + 10% LL) po zakończonym badaniu korozji siarczanowej w temperaturze 8°C – widoczne kryształy ettringitu (pkt 4) i thaumasytu (pkt 5)



Ryc. 14. Skład chemiczny w punkcie 4 – ettringit



Ryc. 15. Skład chemiczny w punkcie 5 – thaumasyt

## 4. Podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że niektóre rodzaje nowych cementów nie są odporne na korozję siarczanową. Dotyczy to głównie cementów zawierających w swoim składzie wapień. Udział zmielonego kamienia wapiennego w składzie cementu wpływa niekorzystnie na odporność korozyjną w środowisku siarczanowym. Szczególnie niekorzystna była kombinacja popiołu lotnego krzemionkowego i wapienia w cemencie CEM II/C (30% V + 10% LL), gdyż zarówno w temperaturze 20°C, jak i 8°C ekspansja zapraw z tego cementu przekroczyła graniczną wartość 0,5%. Zastąpienie popiołu lotnego krzemionkowego zmielonym granulowanym żużlem wielkopieczowym znacznie zmniejszyło ekspansję. Im większy był dodatek żużla (cementy CEM VI z 45% dodatkiem żużla), tym mniej zmian na powierzchni próbek można było zauważyć. Również zastąpienie wapienia popiołem lotnym krzemionkowym w cemencie CEM VI (45% S + 10% V) wpłynęło korzystnie na jego właściwości. Bardzo ważnym czynnikiem oddziałującym na szybkość korozji siarczanowej była temperatura w jakiej prowadzono badania. W temperaturze 8°C doszło do całkowitego zniszczenia niektórych próbek, co można tłumaczyć powstawaniem thaumasytu (w cementach z dodatkiem wapienia). Pomimo że dla cementu CEM II/C (30% S + 10% LL) ekspansja nie przekroczyła wartości 0,5%, nie można uznać, iż jest on odporny na korozję siarczanową, gdyż na powierzchni próbki pojawiły się spękania i spęcznienia. Dla cementów CEM VI w obu temperaturach, w których prowadzono badania, nie zaobserwowano pęknięć ani spęcznień. Stwierdzono natomiast zmianę barwy powierzchni próbek.

Korozja siarczanowa jest jedną z częstszych przyczyn zniszczenia konstrukcji betonowych. Z tego względu duże znaczenie ma wcześniejsze rozpoznanie zagrożeń, a więc warunków eksploatacyjnych i środowiska, w celu zastosowania odpowiedniego cementu i doboru składu betonu [9].

## Literatura

- [1] B r y l i c k i W., *Czynniki determinujące trwałość betonu i iniekcyjnych z czynów cementowych*, [w:] *Cementy w budownictwie, robotach wiertniczo-inżynierskich oraz hydrotechnice: materiały sympozjum naukowo-technicznego, Płotki k. Piły, maj 2001*, Wydawnictwo Instytut Śląski, Opole 2001, s. 57–79.
- [2] D e j a J., *Trwałość z przewagi w betonach żużlowo-łecicznych*, Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków 2004.
- [3] G i e r g i c z n y Z., *Metody badania odporności na korozję chlorkową i siarczanową*, [w:] *Trwałość betonu: metody badania właściwości determinujących trwałość materiału w różnych warunkach eksploatacji: materiały II sympozjum naukowo-technicznego „Cement – właściwości i zastosowanie”*, Kraków, kwiecień 2008, Wydawnictwo Instytut Śląski, Opole 2008, s. 77–96.
- [4] K u r d o w s k i W., *Chemia cementu i betonu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Polski Cement, Warszawa–Kraków 2010.



- [5] Neville A.M., *Właściwości betonu*, Polski Cement, Kraków 2000.
- [6] Giergiczny Z., Sybilski M., *Nowelizacja normy EN 197-1 – trójskładnikowe cementy powszechnego użytku o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego*, „Materiały Budowlane” 2014, nr 11, s. 3–5.
- [7] PN-B-19707:2013-10 – Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania i kryteria zgodności. Załącznik C: Oznaczanie odporności cementu na agresję siarczanową.
- [8] Dąbrowska M., Giergiczny Z., *Odporność na korozję siarczanową zapraw na cementach zawierających popiół lotny wapienny*, „Przegląd Budowlany” 2014, nr 5, s. 11–14.
- [9] Pawluk J., *Korozja siarczanowa betonu, analiza problemu*, „Cement, Wapno, Beton” 2017, nr 3, s. 230–238.
- [10] Małolepszy J., Mróz R., *Warunki powstawania taumazytu i jego rola w betonie*, „Cement, Wapno, Beton” 2002, nr 6, s. 265–269.
- [11] Mróz R., *Wpływ korozji siarczanowej na trwałość zapraw cementowych z dodatkami mineralnymi, w obniżonych temperaturach*, „Cement, Wapno, Beton” 2010, nr 3, s. 169–173.

JUSTYNA KUTERASIŃSKA-WARWAS

RESISTANCE TO SULPHATE CORROSION OF MORTARS  
MADE OF NEW TYPES OF TERNARY CEMENTS  
CEM II/C AND CEM VI

**Keywords:** ternary cements, sulfate corrosion, siliceous fly ash, limestone, granulated blast furnace slag.

The article analyzes the resistance to sulphate corrosion of new types of multi-component cements, that are the subject of standardization works related to the amendment of the cement standard EN 197-1. Ternary cements contained siliceous fly ash (V), granulated blast furnace slag (S) and / or limestone (LL). The tests were carried out on mortars made of 4 types of proposed cements. Studies have shown that cements which composition was a mixture of limestone and siliceous fly ash are not resistant to sulphate corrosion, whereas substitution of one of these components with a suitable amount of ground granulated blast furnace slag had a positive effect on the corrosion resistance of tested cements.